

植物防疫

11

2022
VOL.76

Plant Protection

ミニ特集：ネギアザミウマにおける
薬剤抵抗性と防除方法



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。^{*1}
だから、
収量に差がつく。^{*2}



無処理 残葉率 0%



A剤 残葉率 20%



グレースシア乳剤 残葉率 90%

食害される前に駆除できる。^{*}

野菜・
茶用
殺虫剤

グレースシア[®] 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。詳しくはグレースシアホームページをご覧ください。
^{*}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。
 ※ グレースシア乳剤のハスモンヨトウ終齢幼虫に対する速効性試験 2018年日産化学生物科学研究所(社内試験)
 【試験方法】虫体浸漬、処理1時間後投入、20時間後撮影



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

サンケイ ダブルシューター™ SE

園芸用殺虫剤

登録番号：第24054号
有効成分：脂肪酸グリセリド…75.0%
スピノサド…5.0%

殺虫剤分類 一,5



ダブルのパワーで、きゅうり・なす・トマト・ミニトマト・ピーマン・ねぎ等の主要害虫をこの1剤が防除！

- ・天然物由来の2成分を配合した殺虫剤。
- ・コナジラミ類の全ステージ(卵・幼虫・成虫)に優れた効果。
- ・薬剤感受性が低下したハダニ類、アザミウマ類にも有効。

「ねぎ」の主要害虫に高い効果を示します！
「すいか」「メロン」「いちご」に使えるようになりました！



ねぎの登録内容抜粋

2022年1月26日現在

作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	脂肪酸グリセリドを含む農業の総使用回数	スピノサドを含む農業の総使用回数
ねぎ	シロイチモジヨトウ アザミウマ類 ネギハモグリバエ	1,000倍	100~300ℓ /10a	収穫3日前まで	3回以内	散布	—	3回以内

※ダブルシューターSEはネギハモグリバエのB系統にも高い効果を示します



サンケイ化学株式会社

本社：鹿児島県鹿児島市南榮2丁目9 TEL 099-268-7588
東京営業部：埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1 TEL 048-551-2122
<http://www.sankei-chem.com/>

TM コルテバ・アグリサイエンス
ならびにその関連会社商標

月刊「植物防疫」価格改定のお知らせ

平素より月刊誌「植物防疫」をご愛読いただき、厚く御礼申し上げます。

本誌は、植物防疫に携わる皆様にお役に立つべく、実践的でかつ最新の情報を提供する国内唯一の科学情報雑誌として発行してまいりました。72巻以降はA4版・全頁カラーとし、誌面の充実を図りつつ、これまで22年間価格を据え置いておりました。

最近の原材料費の高騰等に伴う製作費の上昇により、この度やむを得ず77巻（2023年1月号）より本誌の価格改定を実施させていただきますので、ご理解を賜りますようお願い申し上げます。

今後も、購読者の皆様に有益な情報を提供できるよう誌面の充実に努めてまいりますので、変わらぬご愛読をお願い申し上げます。

価格変更

■本体価格（税込み・送料サービス）

対象商品	現行価格	新価格
「植物防疫」77巻1月号より	965円	1,100円

■年間購読料（税込み・送料サービス）

対象商品	年間購読	現行価格	新価格
植物防疫77巻 1～12月号	前払い価格	11,000円	12,540円
	後払い価格	11,580円	13,200円
第76巻PDF版 CD-ROM付き	前払い価格	12,650円	14,190円
	後払い価格	13,230円	14,850円

*前払い価格は割引適用

なお、2023年3月号までの年間購読をお申し込みいただいている方の差額のご負担はございません。

ご不明な点、お問い合わせ等ございましたら下記までご連絡ください。

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 TEL：03-5980-2183

植物防疫の年間購読が本年12月号で誌代切れとなります方には、本11月号の封筒に「12月号で誌代切れ」と印刷させていただいております。

農薬適用一覧表 2022年版

2022年11月14日
発刊予定



A4判, 価格: 17,600円
税込, 送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会

2022年9月30日現在の作物・病害虫別の殺虫剤・殺菌剤, 作物別の除草剤, 使用目的別の植物成長調整剤について, 適用情報を一覧表形式で掲載しました。

また, 稲用の殺虫・殺菌剤, 種子処理・箱施用剤, 水田用速度連動式少量散布機(ブームスプレーヤ), 常温煙霧, 空中散布・無人ヘリコプターなど, 用途別の登録薬剤を併せてまとめました。

ご注文はJPPAオンラインストアより
<https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/>



農薬要覧 2022年 令和3農薬年度

2022年12月中旬発刊予定



A5判, 価格: 11,000円
税込, 送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会

農薬の生産・出荷, 輸出・輸入, 流通・消費など農薬に関する統計資料や, 登録されている農薬名の一覧, 新農薬の解説, 病害虫の発生面積・防除面積, 関係先名簿などをまとめた資料集です。

掲載内容

- ◆ 農薬の生産・出荷に関する, 総数, 種類別, 剤型別などに区分した数量や金額の一覧表
- ◆ 農薬の流通・消費に関する, 流通機構図, 県別出荷金額・数量, 農家購入価格の推移など
- ◆ 農薬の輸出・輸入に関する, 国別数量・金額, 種類別数量, 会社別農薬取扱金額表など

ご注文はJPPAオンラインストアより
<https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/>





イネリーグ®

イネを守る実績の3成分、
イネリーグ®の除草が
頼もしい！

新登場



1キロ粒剤と
フロアブルは
無人航空機での
処理ができます！

水稲用初・中期一発処理除草剤「イネリーグ」

- | | |
|--|--|
| 1 3成分で高い除草効果 | 5 特殊雑草に対する高い除草効果(クサネム・イボクサ) |
| 2 広い散布適期幅
1キロ粒剤(田植同時~ノビエ3葉期)、
フロアブル・ジャンボ®(移植直後~ノビエ3葉期) | 6 水稲に対する高い安全性(田植同時散布可能:1キロ粒剤) |
| 3 ノビエへの高い除草効果(殺草効果・残効性) | 7 直播水稲に使用可能
1キロ粒剤(イネ1葉期~ノビエ2.5葉期)、
フロアブル・ジャンボ®(イネ1葉期~ノビエ3葉期) |
| 4 SU抵抗性雑草に対する高い除草効果(ホタルイ・コナキアザミ等) | 8 無人航空機による処理可能(1キロ粒剤・フロアブル) |

●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの記載以外には使用しないで下さい。●本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。
®イネリーグはバイエルグループの登録商標。®ジャンボは(公財)日本植物調節剤研究協会の登録商標。

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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

ハダニ防除に 新たな一手!

農林水産省登録 第24213号

特長

- ★既存剤に対して感受性の低下したハダニ類に優れた効果を示します。
- ★各種ハダニ類の全ステージに活性を示します。
- ★気温による効果変動が小さく、安定して高い効果を示します。
- ★天敵・有用昆虫に対する影響の少ない薬剤です。
- ★登録作物への高い安全性が確認されています。

登録作物

かんきつ、りんご、なし
おうとう、小粒核果類
いちご、なす、すいか

殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ®フロアブル



●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。



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

HPはこちらから
ご覧いただけます



目次

巻頭言

正確，迅速な病害虫診断が冤罪，風評被害を防ぐ……………竹内 純 1

ミニ特集：ネギアザミウマにおける薬剤抵抗性と防除方法

ネギアザミウマの各生殖型における薬剤感受性および寄主作物について……………城塚 可奈子 2

香川県におけるネギアザミウマの生殖系統の発生状況と薬剤感受性について……………相澤美里・佃 晋太朗 6

総説

東北地域のタマネギリん茎に発生する腐敗性病害の病原細菌とその薬剤感受性について……………遠 瑞枝 11

花粉に乗り新たな植物に感染する植物ウイルスの伝染メカニズム……………磯貝 雅道 19

研究報告

和歌山県における菌核病菌子のう胞子の飛散消長とキャベツ菌核病の防除……………菱池 政志 24

イチゴ炭疽病に対する育苗期の薬剤防除……………武山桂子・石井直樹・内田祐太 28

トピックス

新しい侵入害虫トマトキバガについて……………水谷 信夫 34

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方

愛媛県におけるカンキツ病害虫防除暦作成の考え方……………金崎 秀司 42

植物防疫講座

病害編-51 果樹類に発生する紋羽病（その1）……………松本 直幸 47

研究室紹介

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 花・野菜技術センター 研究部

生産技術グループ……………佐々木 純 53

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所……………大谷 洋子 54

農林水産省プレスリリース（2022.9.13～2022.10.13）……………33

新しく登録された農薬（2022.9.1～9.30）……………55

登録が失効した農薬（2022.9.1～9.30）……………56

発生予察情報・特殊報（2022.9.1～9.30）……………10

【表紙写真】

上段：ネギアザミウマによるネギの被害と成虫

下段：トマトキバガの被害を受けたトマト果実と成虫および幼虫

大地を守る！

倒してきた線虫の数に、
自信あり。

殺線虫剤

石原

有効成分：ホスチアゼート…1.5%

ネマトリン[®]エース

粒剤

®は登録商標



ホームページ
の製品情報

ネマトリンエース粒剤は、高品質な作物づくりをしっかりと支えます。

👑 優れた殺線虫効果

線虫と薬剤が接触することで線虫の活動を阻害し、殺線虫効果を発揮します。

👑 土壌条件に左右されにくい

土性の違いや処理後の土壌水分の変動による影響が少なく、安定した効果を示します。

👑 簡便な作業性

揮発性がなくガス抜き作業が不要のため、処理直後から播種や定植が可能です。

●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。



ISK 石原産業株式会社

ISK 石原バイオサイエンス株式会社
〒102-0071 東京都千代田区富士見2丁目10番2号

ホームページ アドレス <https://ibj.iskweb.co.jp>


 巻頭言

正確、迅速な病害虫診断が冤罪、 風評被害を防ぐ

東京都農林総合研究センター たけ竹 うち内 じゅん純



突然に起きる不可解で深刻な状況を冷静に観察し、客観的に判断することは極めて難しい。日頃から生産者に寄り添っている普及指導や営農指導に従事する方々は篤農家の意見に疑念を抱くことや、反論的な質問をすることを躊躇することもあるかも知れない。しかし、初動で間違った方向に進むとその後の修正は容易ではない。

私が経験した事例を紹介しながら、植物防疫を担う次世代の方々にちょっとアドバイスできればと思う。

1. 東京都西部の山間地のリンゴ園で葉がミイラ状に枯れて枝に貼りついたりする今までに見たことのない症状が発生し、生産者は驚き、近在する産業廃棄物処理場が関係しているのではとの噂が広がった。その地域のほとんどのリンゴ園で、どの品種にも同じ被害が起きたため、そのような考え方に結びついたのであろうか。しかし、この現象はすべて多犯性の植物病原菌である *Rhizoctonia solani* AG-IIB によるものであり、分離、再現、再分離等の実験結果を示し、生産部会員の産廃施設への疑念は払拭された。所謂「くもの巣病」である。

2. 東京都の島しょ部において梅雨明けと同時に極相林のスダジイが一気に赤変し、山全体の景観が変わる異常事態となった。普段から硫黄臭がする地帯であったこともあり、火山性ガスではないかなどの問い合わせが多く寄せられた。見たこともない現象を普段から懸念していることと結びつけて噂になり、広がっていく自然の流れと考えられる。実際に樹木の調査に行くと萎凋枯死しているスダジイの幹には大量のフラスが生じていたため、幹内部を調べると褐変腐敗した組織に多数の孔道があり、キクイムシの幼虫が観察され、幸いにも成虫も確保できたためカシノナガキクイムシ伝搬の *Raffaelea* 属菌による集団枯損と判断できた。所謂「ナラ枯れ」である。その後は東京都が依頼した森林総合研究所の所 雅彦博士他専門家チームが本格的に調査を行い、住民説明会を実施するなどして平静な状況となった。

3. その他、市役所の道路工事で自宅庭木が次々枯れ

出したとの行政クレーム発生、でも実は白紋羽病でしたとか、誰かが圃場に油をまいて枝が枯れていると農家は訴えるが実はくもの巣病でした、とか、清掃工場周辺で植物に異常が出ているとの騒動の原因はササのスゴモリハダニやツタ褐色円斑病であったなど、色々と思ひ込みや思い入れが強過ぎて科学的なエビデンスを示しても納得が得られない事例も多々あった。

現役時代の思い出は大半がこうしたトラブル対応であった。病害虫自体が生産者や栽培管理者にはトラブルであり、植物に関する苦情処理は植防関係者の宿命なのである。

日々沢山の相談や診断依頼を受けられている最前線で活躍されている現役世代に年寄りから一言。どんなに優秀でも個人の能力には限界があり、視野も一人分しかない。私が長らく身を置いている植物防疫の分野には非常に強力な見えないネットワークがある。それは制度とかメーリングリストとかではなく、困ったら助け合う文化が醸成されていることである。正に「植防一家」。現場の問題解決のため、文献を頼りに面識のない方々、大先生にでも教えを乞い、情報収集して初動で植防の専門家として正しい判断をすることが重要。文献調査も容易となった現在、是非、トラブル解決をネタに人脈ネットワークを広げていただきたい。

自分の専門分野に拘りつつ、ウイルス、微生物、害虫、雑草、獣害、大気汚染・気象・生理障害、薬害等に幅広く興味を持ち、何かあれば専門家を頼りにトラブルの最前線で誤った噂話に屈しない植防関係者としての意地を示していただけることを期待する。

状況を広く見渡し、小さな異変を客観的に見つめ、的確な原因究明を行い、最適な対策を講じることが植防関係者の使命である。

(関東東山病害虫研究会 会長)



ネギアザミウマにおける薬剤抵抗性と防除方法

ネギアザミウマの各生殖型における薬剤感受性および寄主作物について

地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所 しろ城 つか塚 か可 な奈 こ子

はじめに

ネギアザミウマ *Thrips tabaci* Lindeman は、ネギ、タマネギ等の野菜類、ミカン、イチジク等の果樹類、キク、カーネーション等の花き類といった多様な作物を加害する(今井ら, 1988)。また、IYSV (アイリス黄斑ウイルス; CORTÈS et al., 1998) やTSWV (トマト黄化えそウイルス; LEMMETTY and LINDQVIST, 1993) を媒介する。

国内で確認されているネギアザミウマの生殖様式は、雄が存在し雄と雌が交尾すると雄雌が生じる「産雄性単為生殖型(以下、産雄型。図-1 上)」および雄が確認されず雌のみが生じる「産雌性単為生殖型(以下、産雌型。図-1 下)」の二つである。従来、日本では産雌型のみが分布するとされていたが、1989年以降、国内各所で産雄型が確認され(例えば、MURAI, 1990; TODA and MURAI, 2007)、産雄型は海外から侵入した可能性が指摘されている(TODA and MURAI, 2007)。

近年、ネギアザミウマでは、各種薬剤に対する感受性が低下しているとの報告があり(例えば、柴尾・田中, 2003; AIZAWA et al., 2016; 徳丸, 2022)、本種を効率的に防除するためには、各薬剤に対する感受性の現状把握が必要である。また、本種は、各生殖型で薬剤に対する感受性が異なることが報告されており(十川ら, 2013; AIZAWA et al., 2016; 徳丸, 2022)、各圃場で発生している生殖型を把握できれば、適切な薬剤の選択につながると考えられる。

ネギアザミウマの各生殖型の識別には高温時の体色の違いを利用でき、産雄型は暗色、産雌型は淡色となる(MURAI and TODA, 2002; 中野ら, 2013)。しかし、生産者にとって、体長1 mm前後のネギアザミウマの体色を肉眼で判別するのは困難である。このことから、どちらの生殖型の個体群にも殺虫効果の高い薬剤を選択せざるを得ない状況にある。

Insecticide-Resistance and Host Plants in Each Reproductive Form of *Thrips tabaci* Lindeman. By Kanako SHIROTSUKA
(キーワード: ネギアザミウマ, 生殖型, 感受性, 寄主作物)

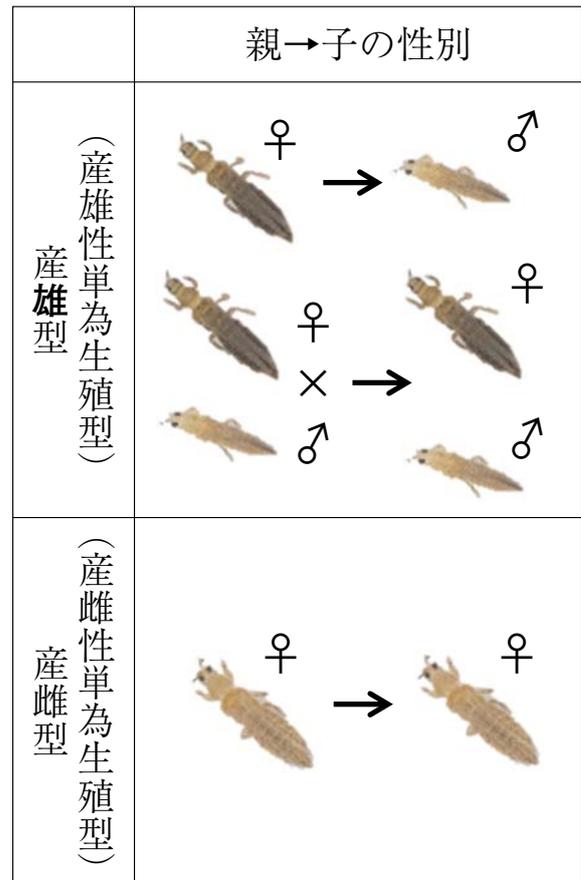


図-1 ネギアザミウマの生殖型

大阪府では、ネギ、タマネギ、イチジク等で本種の被害が問題となっており、本種に対する防除対策の確立が必要となっている。当研究所ではネギアザミウマの薬剤感受性について継続して調査しており、近年、殺虫効果が低い薬剤が見られる(柴尾・田中, 2003; 2012; 城塚ら, 2019; 2020)。一方で、一部薬剤では感受性の変動が見られた(城塚ら, 2019)。これは、薬剤の使用状況や採集圃場の周辺圃場で栽培されている作物が採集年により異なることが原因と考えられるが、それらを詳細に調査した事例は少ない。

そこで本稿では、まず、大阪府内のネギアザミウマの発生および薬剤感受性の状況について説明する。次に、

国内の文献により、ネギアザミウマ個体群の各生殖型と薬剤感受性、生殖型と寄主作物の関係について取りまとめる。

なお、本研究結果の一部は農林水産省委託プロジェクト「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発・ネギアザミウマの薬剤抵抗性メカニズム解明と管理技術の開発 (PRM04)」により実施した。

I 大阪府でのネギアザミウマの発生状況

大阪府では、特に、タマネギ、ネギ (志摩ら, 1994)、イチジク (柴尾ら, 2007; 城塚ら, 2018) 等でネギアザミウマの加害が問題となっている。

タマネギやネギでは、ネギアザミウマの加害によりかすり状の白斑が生じるほか、IYSVに感染し、えそ条斑が生じる (善ら, 2005; 植草ら, 2005; 福田・中山, 2007)。ネギなどネギアザミウマの寄主作物を1年中栽培する地域では、いったんIYSVが発生すると感染・被害が拡大する可能性が高いため、十分な防除対策を講じる必要がある。

イチジクでは、果実の果頂中央の開口部 (目) が開くとネギアザミウマが果実内部に侵入して加害し、褐変症状を引き起こす。大阪府のイチジク圃場では、5月下旬~6月上旬にネギアザミウマの発生が多い (城塚ら, 2018) ことから、この時期に目が開く果実が被害を受けやすい。イチジクでは、ネギアザミウマの多発時期に薬剤散布を行っているが、殺虫効果の高い薬剤に限られ、防除に苦慮している。

II 大阪府内のネギアザミウマの薬剤感受性の変遷

当研究所では、大阪府内のネギアザミウマについて薬

剤感受性の現状を把握するため、2000年以降継続して調査を実施している。表-1には、羽曳野市、泉佐野市、岸和田市の3地域について、葉片浸漬法による薬剤殺虫効果の調査結果 (柴尾・田中, 2003; 2012; 城塚ら, 2019; 2020) をまとめた。なお、羽曳野2019年個体群はネギ、それ以外はタマネギから採集した。2002年および2005年採集の個体群は、採集後ソラマメ催芽種子を用いて村井 (2002) の方法により累代飼育した個体群、そのほかの個体群は、採集直後の個体群を使用した。MEP乳剤では、調査したすべての個体群で殺虫効果が高かった。シベルメトリン乳剤では、羽曳野2002年および2018年個体群では殺虫効果が高かったものの、そのほかのほとんどの個体群で殺虫効果が低かった。ジノテフラン水溶剤では、羽曳野個体群で2005年および2015年個体群を除き比較的高い殺虫効果を示したものの、泉佐野個体群および岸和田2017年および2018年個体群での殺虫効果は低く推移した。スピノサド水和剤では、各地域の2015年までに調査した個体群で殺虫効果が高かった。羽曳野個体群は、依然として殺虫効果が高い状態が続いている。泉佐野個体群は、2017年個体群で殺虫効果の低下が認められたのち、その後も低く推移した。岸和田個体群は、2017年個体群のみやや低かった。ネギアザミウマは各生殖型で薬剤による感受性が異なる (十川ら, 2013; 徳丸, 2022) ため、薬剤殺虫効果試験の結果だけでは各採集年で各生殖型の割合が変化したことを否定できない。たとえば、表-1の羽曳野2015年採集の個体群は、産雄型が約81%、産雌型が約19% (JORAKU et al., 2019)、羽曳野2016年採集の個体群は、産雄型が約21%、産雌型が約79% (上樂, 未発表) であった。このように同一圃場の同一作物で採集しても採集年により

表-1 ネギアザミウマ成虫に対する各種薬剤の殺虫効果 (処理2日後)

採集地域	死亡率 (%) *															
	羽曳野							泉佐野				岸和田				
採集年	2002	2005	2015	2016	2017	2018	2019	2015	2017	2018	2019	2015	2017	2018	2019	
MEP乳剤	98.0 (96.7)	-	-	-	-	-	97.9 (97.5)	-	-	-	100 (100)	-	-	-	100 (100)	
シベルメトリン乳剤	94.4 (90.8)	-	10.9 (4.5)	83.3 (77.6)	40.9 (37.0)	93.0 (93.0)	46.8 (37.7)	20.4 (18.4)	48.8 (36.7)	3.7 (0)	41.5 (37.7)	32.7 (28.4)	15.9 (15.9)	19.3 (19.3)	50.0 (44.0)	
ジノテフラン水溶剤	-	53.5 (51.4)	56.8 (53.7)	92.4 (89.9)	76.2 (74.6)	96.0 (96.0)	88.1 (86.1)	44.0 (42.6)	44.6 (31.7)	41.5 (36.5)	50.0 (46.8)	75.8 (74.2)	37.1 (37.1)	38.2 (38.2)	76.8 (73.8)	
スピノサド水和剤	100 (100)	-	100 (100)	100 (100)	100 (100)	100 (100)	100 (100)	100 (100)	69.0 (61.7)	32.0 (26.2)	65.9 (63.7)	100 (100)	79.1 (79.1)	95.2 (95.2)	95.9 (95.4)	
無処理 (水)	39.1	4.3	6.7	25.5	6.3	0	14.6	2.4	19.0	7.8	6.0	5.9	0	0	10.6	

* () 内は補正死亡率。

表中の“-”は未調査をあらわす。

場によって生殖型割合が異なった。また、ニンニク、ラッキョウおよびチンゲンサイでは1圃場ずつの調査であるものの、産雄型が優占していた(横山・鹿島, 2013)。なお、圃場ごとの調査結果ではないが、北海道では、タマネギ、ネギおよびキャベツの3作物においては地域により生殖型の割合が異なったが、アスパラガスでは産雌型のみが確認されている(武澤, 2012)。

Li et al. (2014) では、キャベツおよびタマネギで海外個体群のネギアザミウマを飼育し増殖能力について調べたところ、タマネギでは産雄型、キャベツでは産雌型の増殖能力がそれぞれ高いと報告されている。さらに、今井ら(1988)では、ネギアザミウマの寄主作物としてキャベツの記載があることから、国内で従来生息していた産雌型はキャベツを被害できると考えられる。一方で、京都府のキャベツのすべての調査圃場ですべての個体が産雄型であった事例(徳丸ら, 2021)が報告されている。各生殖型の寄主作物の関係について、より詳細に調査する必要がある。

おわりに

大阪府では、2022年にIYSVのタマネギへの感染・被害が初確認され(大阪府, 2022)、同年にトルコギキョウへの感染が確認されたことから、本ウイルスによる被害の拡大を防ぐためにも、ネギアザミウマの防除が重要である。ネギアザミウマの国内個体群では一般的には産雄型で感受性が低い事例が多く、産雌型で感受性が高い。薬剤抵抗性管理において、抵抗性個体を増加させずに感受性個体を維持・移入させることが基本戦略の一つである(山本, 2020)。ネギアザミウマの両生殖型は圃場では混発し、その割合は地域(十川ら, 2013)、調査年(十川ら, 2013; 徳丸ら, 2021)あるいは作物で異なる可能性がある。ネギアザミウマの各生殖型について薬剤感受性や生態をより詳細に調査し、ネギアザミウマ薬剤抵抗性管理や防除対策を開発する必要がある。

謝辞

本稿の執筆にあたり、農研機構生物機能利用研究部門の上樂明也氏には貴重なデータを提供いただき、多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) AIZAWA, M. et al. (2016): *J. Pestic. Sci.* **41**: 167~170.
- 2) ——— et al. (2018): *Appl Entomol Zool* **53**: 11~17.
- 3) CORTÉS, I. et al. (1998): *Phytopathology* **88**: 1276~1282.
- 4) 土井 誠ら (2014): 関西病虫研報 **56**: 111~113.
- 5) 福田 充・中山喜一 (2007): 関東東山病虫会報 **54**: 39~42.
- 6) 春山直人・松本華苗 (2013): 同上 **60**: 121~124.
- 7) 今井國貴ら (1988): 農作物のアザミウマ, 梅谷猷二ら 編, 全国農村教育協会, 東京, p.283~292.
- 8) 猪苗代翔太ら (2018): 北日本病虫研報 **69**: 168~172.
- 9) JORAKU, A. et al. (2019): *Pestic. Biochem. Physiol.* **158**: 77~87.
- 10) LEMMETTY, A. and I. LINDQVIST (1993): *Agricultural and Food Science* **2**: 189~194.
- 11) LI, X.-W. et al. (2014): *J. Econ. Entomol.* **107**: 1526~1534.
- 12) MURAI, T. (1990): *Advances in Invertebrate Reproduction 5*, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, p.357~362.
- 13) 村井 保 (2002): 植物防疫 **56**: 305~309.
- 14) MURAI, T. and S. TODA (2002): *Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera*, Australian National Insect Collection, Canberra, p.377~378.
- 15) 中野昭雄ら (2013): 植物防疫 **67**: 672~676.
- 16) 大阪府 (2022): 病害虫発生予察特殊報第1号, 2 pp.
- 17) 柴尾 学ら (2007): 応動昆虫学会報 **49**: 1~6.
- 18) ———・田中 寛 (2003): 関西病虫研報 **45**: 61~62.
- 19) ———・——— (2012): 同上 **54**: 185~186.
- 20) 志摩 暁ら (1994): 同上 **36**: 51~52.
- 21) 城塚可奈子ら (2018): 同上 **60**: 157~160.
- 22) ———ら (2019): 同上 **61**: 161~163.
- 23) ———ら (2020): 同上 **62**: 193~195.
- 24) 十川和士ら (2013): 植物防疫 **67**: 666~671.
- 25) 武澤友二 (2012): 北日本病虫研報 **63**: 184~188.
- 26) TODA, S. and M. MORISHITA (2009): *J. Econ. Entomol.* **102**: 2296~2300.
- 27) ——— and T. MURAI (2007): *Appl. Entomol. Zool.* **42**: 309~316.
- 28) 徳丸晋虫ら (2021): 応動昆虫 **65**: 165~171.
- 29) ——— (2022): 同上 **66**: 45~52.
- 30) 植草秀敏ら (2005): 関東東山病虫会報 **52**: 31~34.
- 31) 山本敦司 (2020): 同上 **67**: 1~9.
- 32) 横山朋也・鹿島哲郎 (2013): 同上 **60**: 125~127.
- 33) 善 正二郎ら (2005): 日植病報 **71**: 123~126.



ネギアザミウマにおける薬剤抵抗性と防除方法

香川県におけるネギアザミウマの生殖系統の発生状況と薬剤感受性について

香川県農業試験場病害虫防除所 ^{あい}相 ^{ざわ}澤 ^み美 ^{さと}里*
 香川県農業試験場 ^{つくだ}佃 ^{しん}晋 ^た太 ^{ろう}朗**

はじめに

ネギアザミウマ *Thrips tabaci* はアザミウマ目アザミウマ科に属し、全世界に分布している (MOUND, 1997)。本種は英名 onion thrips の由来通り、タマネギの重要害虫であるが、寄主範囲が広く、野菜、花き、果樹を含む 20 科以上の作物を加害し (今井ら, 1988; 武田, 2014)、最近ではカキ (森下・大植, 2001) やブドウ (薬師寺ら, 2014) にも被害をもたらす。本種による被害の様相は作物により異なるが、成虫および幼虫が葉の表皮を穿孔して吸汁すると食害痕がカスリ状の白斑となるため、葉ネギのように美葉を商品とする作物では少発生による軽い被害でも商品価値が著しく低下する (今井ら, 1988)。また本種は、ブニヤウイルス科トスポウイルス属のトマト黄化えそウイルス (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV) やアイリス黄斑ウイルス (*Iris yellow spot virus*, IYSV) を媒介する (ZAWIRSKA, 1976; 土井ら, 2003)。

ネギアザミウマでは三つの異なる生殖型 (産雌単為生殖, 産雄単為生殖, 産雌雄単為生殖) が報告されている (MORTZ, 1997; NAULT et al., 2006)。産雄単為生殖 (arrhenotoky) (以後, 産雄型と表記) は未受精卵が雄, 受精卵が雌となるアザミウマ科の主要な生殖様式である (MORTZ, 1997)。産雌単為生殖 (thelytoky) (以後, 産雌型と表記) では雄が確認されず, 未受精卵から雌のみが生じる (MORTZ, 1997)。海外では未受精卵から雌と雄が生じる産雌雄単為生殖 (deuterotoky) も報告されているが (NAULT et al., 2006)、日本では現時点において確認されていない。本種における産雌雄性単為生殖については固定された生殖様式ではないとする報告もある

Occurrence and Insecticide Susceptibility of Two Distinct Reproductive Types in *Thrips tabaci* in Kagawa Prefecture. By Misato AIZAWA and Shintaro TSUKUDA

(キーワード: 殺虫剤抵抗性, 産雄単為生殖, 産雌単為生殖, 生物検定, ナトリウムチャンネル)

*現所属: 香川県西讃農業改良普及センター

**現所属: 香川県農政水産部農業経営課

(WOLDEMELAK, 2020)。日本に生息する本種の生殖型は、元々は産雌型であったと考えられており (SAKIMURA, 1937; 今井ら, 1988)、産雄型が確認されたのは 1980 年代後半とされている (MURAI, 1990)。その後、産雄型の生息が日本各地で確認され、現在では産雌型よりも産雄型の割合が高まっている地域がある (TODA and MURAI, 2007; 武澤, 2012; 十川ら, 2013; 横山・鹿島, 2013; 武田, 2014; 笹山ら, 2020)。ネギアザミウマは、複数の殺虫剤に対する感受性の低下が報告されており、合成ピレスロイド剤に対する感受性の低下が産雄型の分布域において著しい (柴尾・田中, 2012; 春山・松本, 2013; 鹿島ら, 2013; 十川ら, 2013; 土井ら, 2014; 農研機構, 2019)。合成ピレスロイド剤は、神経軸索の電位依存性ナトリウムチャンネル (以後, ナトリウムチャンネルと表記) の開口状態を安定化し、脱分極を連続的に生じさせることによって殺虫効果を発揮する殺虫剤である (SATELLE and YAMAMOTO, 1988; BLOOMQUIST, 1993; SODERLUND, 1995; NARAHASHI, 1996)。ナトリウムチャンネルは一つの α -サブユニットと複数の β -サブユニットで構成される (GOLDIN, 2001)。機能的により重要な α -サブユニットは、四つのドメイン (I-IV) から構成され、各ドメインは六つの膜貫通セグメント (S) に区分される (NODA et al., 1984)。本種の合成ピレスロイド剤に対する基幹的な抵抗性機構として、ナトリウムチャンネルのドメイン IIS4-IIS6 におけるアミノ酸変異 (M918T, M918L, T929I, V1010A, L1014F, K1774N) による感受性の低下が報告されている (TODA and MORISHITA, 2009; WU et al., 2014; JOURAKU et al., 2019)。M918T と L1014F を併せ持つ系統は高度の抵抗性を、T929I を持つ系統は中程度の抵抗性を示し (TODA and MORISHITA, 2009)、M918T と L1014F を併せ持つ系統の生殖型はすべて産雌型であった。しかしながら、現在、日本では合成ピレスロイド剤殺虫剤に対して抵抗性を示す多くのネギアザミウマは、生殖型に関係なく、T929I のホモ接合体であった (AIZAWA et al., 2016; 2018 a; 農研機構, 2019)。

香川県では2021年にネギアザミウマの産雄型が初めて確認された。そのため、県内各地からネギアザミウマを2021年5月～7月に採集し、まず、合成ピレスロイド剤（シベルメトリン）とスピノシン系（スピノサド）を用いた薬剤感受性検定を行った。次に、生殖型とT929Iの遺伝子型を調べた。さらに、実験室内で確立した産雄型系統を用いた各種薬剤に対する試験を行った。得られた結果に基づき、香川県内における産雄型の分布、生殖型とT929Iの割合および産雄型の殺虫スペクトルについて議論した。

I 薬剤感受性検定

薬剤はシベルメトリン（6.0%乳剤，2,000倍）およびスピノサド（25.0%水和剤，5,000倍）を用いた。検定方法は、ガラスピペット内部に薬剤を含む寒天をコーティングした装置を用いた簡易モニタリング法（AIZAWA et al., 2018 b）とした。検定には雌成虫を用いた。生死の判定は処理48時間後に行い、ABBOTT（1925）の補正式を用いて補正死亡率を算出した。殺虫効果は便宜的に補正死亡率90%以上を「高い」、70%以上90%未満を「中程度」、70%未満を「低い」とした。その結果、シベルメトリンの殺虫効果は、10地点で低く、1地点で中程度であり、3地点では高かった（表-1）。スピノサドの殺虫効果は2地点で低く、4地点で中程度となり、7地点では高かった。シベルメトリンの殺虫効果が低い地点は調査したすべての作物（アスパラガス3地点、タマネギ5地点、ネギ2地点）で確認された。

II 生殖型とT929Iの遺伝子型の判定法および調査結果

ネギアザミウマの生殖型の判定には二つの方法がある。一つ目は、圃場で採集した雌成虫を個体ごとに飼育し、次世代（F₁）および次々世代（F₂）での雄の出現を確認する方法である（個体飼育法）。二つ目は、ミトコンドリアDNAのシトクロームオキシダーゼサブユニットI（cytochrome-c oxidase subunit I, COI）遺伝子の塩基配列を用いたPCR-RFLP法（竹内・土田，2011）である。この手法では、まれに産雄型個体が産雌型と判定される場合もあるが（Sogo et al., 2015）、時間をかけずに簡易的に調べたい場合に有用である。

県内14地点で採集されたネギアザミウマの生殖型は、雌成虫1頭から抽出したDNAを用いたPCR-RFLP法（竹内・土田，2011）（14地点）と個体飼育法（10地点）により判定した。個体飼育法については、採集したネギアザミウマ雌成虫を1頭ずつ催芽ソラマメとキッチンタオ

ル（直径50mm）（王子ネピア株式会社）を含むプラスチックシャーレ（直径50mm×高さ9mm）（BD Falcon）内において14日間以上飼育する（飼育条件は23℃，長日条件（16L：8D））（図-1）。催芽ソラマメに産卵された卵から雄成虫が確認できれば産雄型と判定し、雌成虫のみが確認された場合は、さらにF₂世代を得るまで個体飼育し、再び雌成虫のみが確認できれば産雌型と判定した（AIZAWA et al., 2016；2018 a）。T929Iの遺伝子型は、武澤（2012）を一部改変した手法により調べた。その結果、タマネギおよびネギでは9地点中8地点で産雄型が存在し、その多くがT929Iを持っていたのに対し（40.9%～100%），T929Iを持つ産雌型の割合は低かった（0～9.1%）（表-1）。タマネギとネギで産雌型の割合が低くアスパラガスで高いことは、十川ら（2013）やAIZAWA et al.（2018 a）の報告と一致する。アスパラガスには産雌型のみが生息し、T929Iを持つ産雌型の比率はタマネギやネギよりも高かった（11.1%～100%）。アスパラガスでは産雄型は存在せず産雌型のみが生息し、T929Iを持つ個体の割合が高いのは何故であろうか？アスパラガスでは、ネギアザミウマを対象とした合成ピレスロイド剤の登録はない。それでもネギアザミウマ以外の害虫（ヨトウムシおよびオオタバコガ）の防除に合成ピレスロイド剤が栽培期間に2回程度使用されている（JA香川県アスパラガス病害虫防除暦（ハウス栽培））。T929Iを持つ産雌型の増殖能力はT929Iを持たない個体よりも低い（AIZAWA et al., 2018 a），合成ピレスロイド剤の選択圧のある条件では有利なのであろう。さらに、香川県のアスパラガスの栽培施設では、側面に設置した



図-1 ネギアザミウマの個体飼育に用いた飼育容器

表-1 香川県内から採集したネギアザミウマにおける生殖型、生殖型と T929I の組合せ、薬剤感受性検定について

採集地	露地/ 施設	採集作物	採集年月日	生殖型		生殖型と T929I の組合せ						薬剤感受性検定 ^{d)}		
				生殖型比率 ^{a)} (%)		PCR 増幅数	生殖型 ^{c)} と T929I ^{d)} の組合せ 比率 (%)				補正死亡率 ^{e)} (%)			
				産雄型	産雌型		産雄型	産雌型	RR	SS	RR	SS	シベルメト リン乳剤 2,000 倍	スピノサド 水和剤 5,000 倍
個体数	供試数	RR	SS	RR	SS	RR	SS	RR	SS					
さぬき市志度	施設	アスパラガス	2021年6月10日	27	0	100	48	33	0	0	100	0	12.5	77.1
綾川町①	施設	アスパラガス	2021年6月25日	28	0	100	38	20	0	0	85.0	15.0	37.2	100
綾川町②	施設	アスパラガス	2021年6月25日	28	0	100	33	9	0	0	11.1	88.9	96.8	100
綾川町③	施設	アスパラガス	2021年6月25日	24	0	100	37	19	0	0	94.7	5.3	29.0	100
丸亀市綾歌町	施設	アスパラガス	2021年6月10日	- ^{b)}	-	-	36	5	0	0	60.0	40.0	100	100
さぬき市寒川町	露地	タマネギ	2021年6月10日	28	64.3	35.7	41	24	83.3	0	4.2	12.5	39.0	100
高松市昭和町	露地	タマネギ	2021年6月11日	-	-	-	35	9	0	0	0	100	93.1	-
三豊市高瀬町	露地	タマネギ	2021年6月8日	26	88.5	11.5	44	38	97.4	0	0	2.6	13.0	78.2
観音寺市室本	露地	タマネギ	2021年6月8日	23	91.3	8.7	53	37	94.6	0	0	5.4	20.8	62.0
観音寺市大野原町	露地	タマネギ	2021年6月8日	-	-	-	35	30	96.7	0	3.3	0	35.6	82.9
観音寺市豊浜町	露地	タマネギ	2021年6月8日	25	96.0	4.0	37	32	96.9	0	0	3.1	13.1	97.4
さぬき市志度	露地	ネギ	2021年6月10日	27	18.5	81.5	49	22	40.9	0	9.1	50.0	76.1	100
三豊市高瀬町	露地	ネギ	2021年7月12日	22	100	0	43	21	95.2	0	4.8	0	11.5	28.6
観音寺市室本	露地	ネギ	2021年7月12日	-	-	-	37	19	100	0	0	0	41.3	78.3

a) 採集した雌成虫を個体飼育し、F₁世代もしくはF₂世代の雌雄により生殖型を判定。

b) -は調査なし。

c) PCR-RFLP法(竹内・主田, 2011)により判定。

d) PCR-RFLP法(武澤, 2012)を一部改変した方法により判定。

e) RR: T929I 抵抗性ホモ接合体, SS: T929I 感受性ホモ接合体。

f) 圃場から採集した雌成虫(産雄型と産雌型が混在)を AIZAWA et al. (2018 a) により検定。

g) 補正死亡率(%) = [(無処理区の生存率 - 処理区の生存率) / 無処理区の生存率] × 100。

防虫ネットにより、(基本的にすべての個体が T929I を持つ)産雄型を含む本種の外部からの侵入が低く抑えられている。加えて、冬季には雑草や擬葉残渣に生息することで、施設内で個体群が維持されていることも T929I をもつ産雌型が優占する一因かもしれない。一方、産雄型はアスパラガスに対する選好性が低い可能性もある。実際、本研究の調査地点として、産雄型が確認されたネギ圃場から約 25 m しか離れていないアスパラガス施設が含まれているが、そこで採集された個体はすべて産雌型であった。今後、両生殖型の分布の違いについて、T929I に加えて寄主選好性も考慮しつつ注意深く観察する必要がある。

スピノサドの殺虫効果が低い 2 地点(観音寺市室本のタマネギと三豊市高瀬町のネギ)では、産雄型の割合が高かった(それぞれ、91.3%および 100%)。スピノシン系薬剤に対する感受性の低下は、産雄型比率の高い地点で報告されている(農研機構, 2019)。さらに、今回、アスパラガスから採集し、産雌型が 100%の地点でも補正死亡率が 77.1%と感受性の低下が認められた。産雌型においてもスピノサドの感受性の低下が懸念されることから、今後、両生殖型における抵抗性メカニズムの解明が求められる。

III 個体飼育法から得られた産雄型系統における薬剤感受性検定

香川県全域に産雄型が分布し、シベルメトリンおよびスピノサドの殺虫効果の低下が示された。香川県内に生息する産雄型の殺虫スペクトルを調べるため、個体飼育法により単一雌由来の産雄型 3 系統を作出し、複数の薬剤において感受性検定を行った。

薬剤は表-2 の通りとした。検定方法は、食餌浸漬法とドライフィルム法の併用法(渡邊ら, 2011)とし、生死の判定は処理 48 時間後に行った。試験には雌成虫を供試した。その結果、シベルメトリン乳剤、クロチアニジン水溶剤、ピリダリル水和剤は、3 系統すべてで殺虫効果が低かった。なお、3 系統は T929I を持っていた。チオシクロラム水和剤は 2 系統、スピノサド水和剤は 1 系統で殺虫効果が低かった。スピノサド水和剤の殺虫効果が低かった系統ではスピネトラムを用いた試験で生存虫が認められた(補正死亡率 91.4%)。イミダクロプリド水和剤とトルフェンピラド乳剤は殺虫効果が中程度もしくは高い、メソミル水和剤、MEP 乳剤、フルキサメタミド乳剤およびフロメトキン水和剤は殺虫効果が高かった。2010 年に採集した香川県内の産雌型個体群を用いた薬剤感受性では、シベルメトリンに対して感受性の低

表-2 香川県内のタマネギから採集し、個体飼育法により作出したネギアザミウマ産雄型系統の雌成虫における薬剤感受性検定

系統分類	IRAC コード ^{a)}	薬剤名	希釈倍率	補正死亡率 (%) ^{b)}		
				さぬき市寒川町 産雄型	観音寺市木之郷町 産雄型	三豊市財田町 産雄型
				採取年月日 さぬき市 2021年5月6日	採取年月日 観音寺市 2021年5月25日	採取年月日 三豊市 2021年5月25日
				RR	T929I ^{c)} RR	RR
カーバメート系	1A	メソミル水和剤	1,000	100	100	100
有機リン系	1B	MEP乳剤	700	100	94.3	100
ピレスロイド系	3A	シベルメトリン乳剤	2,000	20.0	17.9	43.5
ネオニコチノイド系	4A	イミダクロプリド水和剤	5,000	90.2	83.3	94.4
		クロチアニジン水溶剤	2,000	42.6	40.6	37.7
スピノシン系	5	スピノサド水和剤	5,000	100	56.1	100
		スピネトラム水和剤	2,500	100	91.4	100
ネライストキシン類縁体	14	チオシクラム水和剤	1,500	67.5	63.2	100
METI 剤	21A	トルフェンピラド乳剤	1,000	73.8	78.8	94.4
イソオキサゾリン系	30	フルキサメタミド乳剤	2,000	100	100	100
ミトコンドリア電子伝達系 複合体 III 阻害剤 (Qi 部位)	34	フロメトキン水和剤	1,000	100	100	100
—	UN	ピリダリル水和剤	1,000	5.1	21.6	15.2

^{a)} 殺虫剤抵抗性対策委員会 (IRAC) により、殺虫剤の有効成分を作用機構により分類し、コード化したもの。

^{b)} 雌成虫 1 頭から増殖した系統を食餌浸漬法 + ドライフィルム併用法 (渡邊ら, 2011) により検定。

^{c)} RR: T929I 抵抗性ホモ接合体。

下を示す個体群があったものの、MEP 乳剤、イミダクロプリド水和剤、スピノサド水和剤に対する感受性は高かった (十川ら, 2013)。本稿では、産雌型系統に対する各種薬剤の殺虫効果を調べてはいないものの、以前調査した産雌型と今回調べた産雄型では、明らかに薬剤に対する感受性が異なる。このことは、生殖型の違いが殺虫効果に影響を及ぼすことを示唆しているのかもしれない。近年、産雄型が優占する地域では、複数の薬剤に対する感受性の低下が報告されており、シベルメトリン乳剤、ピリダリル水和剤およびトルフェンピラド乳剤の殺虫効果は低く、スピノサド水和剤、イミダクロプリド顆粒水和剤、クロチアニジン水溶剤およびチオシクラム水和剤の効果は調査地点により異なる (農研機構, 2019; 笹山ら, 2020; 徳丸, 2022)。今後、他県において殺虫効果の低下が認められる薬剤については、定期的に殺虫効果を調べる必要がある。

おわりに

香川県では産雄型の県全域における生息と複数の薬剤で殺虫効果の低下が確認された。産雌型と産雄型はしば

しば同所的に生息し、同一地域においても圃場ごとに両生殖型の比率が異なり、両者の比率は変動することが報告されている (十川ら, 2013; 徳丸ら, 2021)。産雌型と産雄型で殺虫スペクトルが異なる場合、両生殖型の比率により殺虫効果が変動することから、薬剤の選択する際に両者の変動を考慮する必要がある。一方、本稿では栽培作物により生殖型の比率が異なることが明らかとなり、栽培作物が生殖型や殺虫スペクトルの指標の一つとなる可能性も考えられる。また、産雄型は複数薬剤において殺虫効果の低下が認められるものの、産雌型で報告されていたのは合成ピレスロイド剤のみである (Toda and MORISHITA, 2009; AIZAWA et al., 2016)。今回、スピノサドにおいて殺虫効果の低下が懸念されたことから、今後、産雄型のみならず産雌型についても、複数薬剤で殺虫効果を調べるとともに、両生殖型の分布の変化について注意深く観察する必要がある。

昆虫の採集にご助力いただいた渡邊丈夫氏 (JA 香川県)、高橋孝明氏 (香川県西讃農業改良普及センター)、小河原良文氏 (現香川県農政水産部農業生産流通課)、平田早貴子氏 (香川県東讃農業改良普及センター) に感

謝する。本稿にご助言いただいた宇都宮大学の園田昌司教授に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. **18**: 265~267.
- 2) AIZAWA, M. et al. (2016): J. Pestic. Sci. **41**: 167~170.
- 3) ——— et al. (2018 a): Appl. Entomol. Zool. **53**: 11~17.
- 4) ——— et al. (2018 b): ibid. **53**: 165~170.
- 5) BLOOMQUIST, J. R. (1993): Rev. Pestic. Tox. **2**: 185~226.
- 6) 土井 誠ら (2003): 日植病報 **69**: 181~188.
- 7) ———ら (2014): 関西病虫研報 **56**: 111~113.
- 8) GOLDIN, A. L. (2001): Annu. Rev. Physiol. **63**: 871~894.
- 9) 春山直人・松本華苗 (2013): 関東病虫研報 **60**: 121~124.
- 10) 今井國貴ら (1988): ネギアザミウマ (梅谷献二ら 編), 農作物のアザミウマ 分類から防除まで, 全国農村教育協会, 東京, p.283~292.
- 11) JOURAKU, A. et al. (2019): Pestic Biochem Physiol. **158**: 77~87.
- 12) 鹿島哲郎ら (2013): 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 **20**: 35~42.
- 13) 森下正彦・大植晴之 (2001): 関西病虫研報 **43**: 43~44.
- 14) MORITZ, G. (1997): Structure, growth and development, In: Lewis T (ed), Thrips as Crop Pests, CAB International, Wallingford, p.15~64.
- 15) MOUND, L. A. (1997): Biological diversity, In: Lewis T (ed), ibid., CAB International, Wallingford, p.197~215.
- 16) MURAI, T. (1990): Parthenogenetic reproduction in *Thrips tabaci* and *Frankliniella intonsa* (Insecta: Thysanoptera), In: Hoshi M and Yamashita O (eds), Advances in invertebrate reproduction 5, Elsevier Science, Amsterdam, p.357~362.
- 17) NARAHASHI, T. (1996): Pharmacol. Toxicol. **78**: 1~14.
- 18) NAULT, B. A. et al. (2006): Environ. Entomol. **35**: 1264~1271.
- 19) NODA, M. et al. (1984): Nature **312**: 121~127.
- 20) 農研機構 (2019): 薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案, 平成 26~30 年度農林水産相委託プロジェクト研究「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発」コンソーシアム編.
- 21) SAKIMURA, K. (1937): Oyo dobutsubugaku Zasshi **9**: 1~24.
- 22) 笹山哲央ら (2020): 関西病虫研報 **62**: 161~163.
- 23) SATTELLE, D. B. and D. YAMAMOTO (1988): Adv. Insect Physiol. **20**: 147~213.
- 24) 柴尾 学・田中 寛 (2012): 関西病虫研報 **54**: 185~186.
- 25) SODERLUND, D. M. (1995): Mode of action of pyrethrins and pyrethroids, In: Casida JE and Quistad GB (eds), Pyrethrum Flowers, Production, Chemistry, Toxicology, and Uses, Oxford University Press, New York, p.217~233.
- 26) Sogo, K. et al. (2015): Appl. Entomol. Zool. **50**: 73~77.
- 27) 十川和士ら (2013): 植物防疫 **67**: 666~671.
- 28) 武田光能 (2014): 同上 **68**: 248~254.
- 29) 武澤友二 (2012): 北日本病虫研報 **63**: 184~188.
- 30) 竹内亮一・土田 聡 (2011): 応動昆 **55**: 254~257.
- 31) TODA, S. and M. MORISHITA (2009): J. Econ. Entomol. **102**: 2296~2300.
- 32) ——— and T. MURAI (2007): Appl. Entomol. Zool. **42**: 309~316.
- 33) 徳丸晋虫ら (2021): 応動昆 **65**: 165~171.
- 34) ——— (2022): 同上 **66**: 45~52.
- 35) 渡邊丈夫ら (2011): 香川県農業試験場研究報告 **62**: 11~21.
- 36) WOLDEMELEAK, A. W. (2020): J. Hortic. Res. **28**(1): 21~28.
- 37) Wu, M. et al. (2014): Pest Manag. Sci. **70**: 977~981.
- 38) 薬師寺 賢ら (2014): 応動昆大会講演要旨 **58**: 41 (講要).
- 39) 横山朋也・鹿島哲郎 (2013): 関東病虫研報 **60**: 125~127.
- 40) ZAWIRSKA, I. (1976): Arch. Phytopathol. Pfl. **12**: 411~422.

発生予察情報・特殊報 (2022.9.1~9.30)

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/>) でご確認ください。

- トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (広島県: 初) 9/2
- ネギ: ネギハモグリバエ B 系統 (長崎県: 初) 9/16
- ネギ: ネギハモグリバエ B 系統 (岡山県: 初) 9/21
- トマト, ナス, オクラ, キク: クロテンコナカイガラムシ (兵庫県: 初) 9/21
- メロン, メロン炭腐病 (島根県: 初) 9/21
- トマト, トマト立枯病 (佐賀県: 初) 9/22
- ネギ: ネギハモグリバエ B 系統 (広島県: 初) 9/27
- オクラ: フタテンミドリヒメヨコバイ (徳島県: 初) 9/28
- ウメ, ハナモモ等: モモヒメヨコバイ (神奈川県: 初) 9/30



東北地域のタマネギりん茎に発生する腐敗性病害の病原細菌とその薬剤感受性について

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
東北農業研究センター畑作園芸研究領域

つじ
達

みず
瑞 枝

はじめに

タマネギは、私たちの食生活に欠かすことのできない重要な野菜作目の一つであり、国内では北海道から九州まで、全国各地の様々な作型により年間約 130 万 t が生産されている。その一方で、タマネギは最も輸入量が多い野菜品目であり、国内生産量約 130 万 t の約 23% に相当する約 30 万 t が、主に中国から輸入されている（作物統計調査，令和 2 年）。消費量の内訳は、家庭消費が約 4 割，加工・業務用が約 6 割とされている。国内では、主要産地である北海道、兵庫県、佐賀県の 3 道県が生産量の 7 割を占めるが、これらの産地からの出荷では、7～8 月に供給量が少なくなる端境期が生ずることが問題であった。国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）では、この端境期に収穫できる新たな作型を開発し、東北地域を中心に普及を進めてきた（室ら，2020）。ところが、この作型の導入と普及の過程において、収穫後のタマネギりん茎に細菌によると思われる腐敗症状が生じ、普及拡大を阻害する大きな問題となった。細菌によりタマネギりん茎に発生する腐敗性病害として、国内では、タマネギ腐敗病（大内ら，1983）、軟腐病（田部井・吉田，1952）、りん片腐敗病（田中・青田，1990）が挙げられるが、2017 年の研究開始時点では病原体は不明だった。その一方で、この東北地域のタマネギの腐敗に対して、細菌性病害の防除に一般的に用いられる銅剤の散布では期待通りの防除効果が得られないという意見が、一部の研究者や生産者から挙げられていた。新規作型においてタマネギに寄生する病原体を特定し、効率的な防除対策を確立するため、病原細菌の同定と効果的な薬剤の選定を行った過程を以下に紹介する。

なお、本稿の内容の一部は、令和 4 年 3 月 30 日第 31 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウムで発表したものである。

The Causal Agent of Rots of Onion Bulbs in Tohoku Region of Japan and Its Susceptibility to Agricultural Chemicals. By Mizue TSUJI

（キーワード：タマネギ，腐敗，細菌，薬剤，感受性）

I 東北地域のタマネギに腐敗を起こす病原細菌とその多様性

1 東北地域の春まき作型において分離されたタマネギ病原細菌について

東北地域の春まき作型で発生したタマネギりん茎の腐敗では、りん茎上部から下方にかけて 1～複数枚のりん片に半透明、淡黄色、淡褐色等の水浸状腐敗が観察された。軟腐症状は伴わず、腐敗したりん片の表皮組織は保たれており、隣接する健全なりん片への腐敗の拡大は観察されなかった。腐敗したりん茎は、首部がやや軟化していることをのぞき、外観から健全なりん茎と識別することは困難だった（図-1a, b）が、腐敗部分からは、特徴的な酢のような臭い（vinegar-like odor）がした。さらに、腐敗した葉とつながりりん片に腐敗が観察された（図-1c, d）、病原細菌のりん茎への侵入口と考えられた（達ら，2019 a；TSUJI and KADOTA, 2020）。これらの症状を先行研究と照らし合わせたところ、細菌による腐敗が疑われた。研究を開始する段階では、細菌によるタマネギりん茎の腐敗性病害として、*Burkholderia cepacia* (SOTOKAWA and TAKIKAWA, 2004)、*Erwinia rhapontici*、*Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis* (大内ら，1983) による腐敗病、*Burkholderia gladioli* (田中・青田，1990)、*Pantoea ananatis* (白川ら，2010；守川ら，2014) によるりん片腐敗病（鱗茎腐敗症）、*Pectobacterium carotovorum* による軟腐病（田部井・吉田，1952）が報告されていたが、これらの病原細菌では、タマネギ生育中に葉や地上部に現れる症状や、細菌が活発に活動する時期、病害の発生が報告された作型は様々である。そこで、2016～17 年東北地域の 5 県 6 圃場において、圃場で栽培中の葉や葉鞘およびりん茎の腐敗症状、収穫時期のりん茎の腐敗症状、収穫後 2 か月貯蔵したりん茎の腐敗症状から、合計 241 サンプルを採集し 280 菌株を分離して、分離菌株の群集構造を調査した。調査は、タマネギりん片切片的腐敗能、基本的な細菌学的性状、特異的検出 PCR によって、分離菌株をグルーピングする方法で行った（達ら，2019 a）。

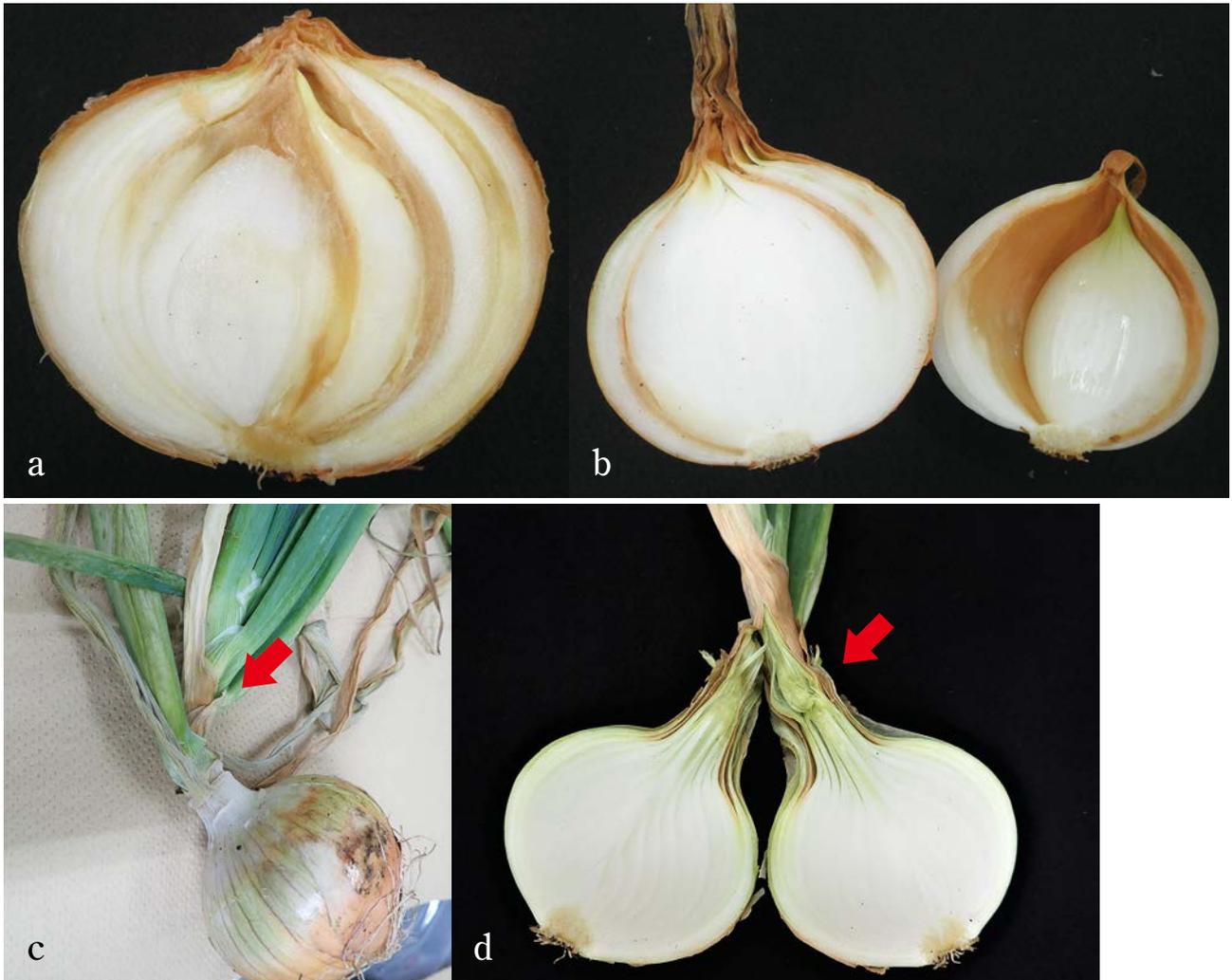


図-1 東北地域の春まきタマネギで観察された腐敗症状 (a, b, c, d)
赤矢印は腐敗した葉がりん茎の腐敗へつながる様子。

その結果、圃場での栽培期間中に、葉折れ部のえ死や新葉の枯死周辺の腐敗、葉鞘の腐敗から分離された細菌は、おもにタマネギ腐敗病菌 *P. marginalis* や *E. rhapsontici*、タマネギりん片腐敗病菌 *P. ananatis* のグループに属する菌株だったが、収穫時期から貯蔵中のりん茎の腐敗からは、タマネギ腐敗病菌 *B. cepacia* とその近縁種 (*Burkholderia cenocepacia*, *Burkholderia ambifaria*, *Burkholderia pyrrocinia*) に属する細菌が多く分離された。また、タマネギりん茎を用いた腐敗能試験では、*B. cepacia* のグループに属する菌株はいずれも原病徴と同様の症状を示したのに対し、*P. marginalis*, *E. rhapsontici*, *P. ananatis* のグループに属する菌株は異なる症状を示した。以上のことから、東北地域の春まきタマネギのりん茎に腐敗を起こす病原は、*B. cepacia* とその近縁種であると考えられた。

また、*B. cepacia* は、栽培中の茎葉部の腐敗からはほ

とんど分離されなかったが、収穫直後に茎葉部を切り落とす段階では、上述のように腐敗した葉とつながるりん片に腐敗が観察され、*B. cepacia* が分離された。このことから、*B. cepacia* は収穫時の葉切り作業により茎葉部の切断部分から侵入するのではなく、栽培中のいずれかの時期に茎葉部を通じてりん茎に侵入すると推測され、栽培期間中の薬剤防除の重要性が示された (遠ら, 2019 a ; TSUJI and KADOTA, 2020)。

2 タマネギ腐敗性病害の病原細菌の多様性

上述のように、東北地域のタマネギには生育期間を通し様々な細菌が寄生するが、収穫時期から収穫後にかけてりん茎に腐敗を起こすのは、*B. cepacia* とその近縁種であることが明らかになり、新規の病原として提案された (TSUJI and KADOTA, 2020)。その後、TSUJI et al. (2020) により *Erwinia persicina* が、SAWADA et al. (2021) により *Pseudomonas allii* が、TSUJI and FUJI (2021) により

Pseudomonas viridiflava が、それぞれタマネギ腐敗病の病原細菌として報告され、日本植物病名データベース (https://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_pl_diseases.php) によると、2022年9月現在では、タマネギおよびその近縁種で混同しやすい(と思われる)ネギの病原細菌として、表-1に挙げる14種が報告されている。同一の病名の病原として複数種の細菌が記載されていたり、タマネギ-ネギ間で病原の寄生性が微妙に異なったりすることが、病名-病原の対応関係を複雑にしていることをご確認いただけると思う。一つの病名に対し多くの病原が属することになった大きな原因の一つは、病原細菌種の再分類であるため、もともと *P. marginalis* pv. *marginalis* (BROWN, 1918; 大内ら, 1983) 菌株と考えられていた *P. allii* (SAWADA et al., 2021), *E. rhapontici* (MILLARRD, 1924; 大内ら, 1983) 菌株と考えられていた *E. persicina* (HAO et al., 1990; TSUJI et al., 2020), かつては *B. cepacia* (BURKHOLDER, 1950; YABUCHI et al., 1992) としてひとまとめにされていた *B. cenocepacia* (VANDAMME et al., 2003; TSUJI and KADOTA, 2020), *B. ambifaria* (COENYE et al., 2001; TSUJI and KADOTA, 2020), *B. pyrrocinia* (VIALARD et al., 1998; TSUJI and KADOTA, 2020) が、再分類前の種と類似した病徴を示すことは想像に難くない。

ところが、これらの中には、同じ病名が付けられていても病原によって症状が異なる場合(図-2a, b)や、病名が異なってもその病徴が極めて類似している場合(図-2c, d)がある。例えば、東北地域の春まきタマネギの腐敗症状は、上述のように、「1~複数枚のりん片の上部から下方に向かって伸びる半透明、淡黄色、淡褐色等

の水浸状腐敗」で、「隣接する健全なりん片へ拡大せず」、「外観から腐敗したりん茎と健全なりん茎を識別することは困難」だが、酢のような特徴的な臭気をのぞき、これらの症状は、他の病原細菌に由来するタマネギ腐敗病や、タマネギりん片腐敗病にも共通する症状である。同じようなことが、ネギの細菌性病害にも当てはまる。

さらに、国内の他産地の研究者の協力を得て調査を行ったところ(図-3)、東北地域の春まきタマネギからは *B. cepacia* とその近縁種が多く分離されるが、他の産地・作型においては、収穫後のタマネギりん茎から分離される病原細菌の群集構造がそれぞれ異なることが明らかになった(遠・善林, 2020)。しかし、上述の事情により、圃場での病徴のみによってタマネギ腐敗症状の病名や病原を診断するには熟練が必要である。

地域・作型により分布が異なり、多様な生態を示す多種のタマネギ病原細菌を効率的に防除するため、病原体の同定に続いて効果的な薬剤の選定を行った。

II 東北地域で分離されたタマネギ病原細菌の薬剤感受性と抗菌活性

ところで、東北地域の春まきタマネギ栽培導入時期には、「他の作型において細菌性病害の防除に一般的に用いられている銅剤の効果が、東北地域の春まき作型では期待通りに得られない」という意見が、病原体が明らかになる以前から一部の研究者や生産者から上がっていた(山崎篤氏, 私信)。*B. cepacia* の銅耐性能については GOTO et al. (1994) により報告されているが、農業分野で利用される他の薬剤に関する情報はこれまで限定さ

表-1 国内で報告されるタマネギ・ネギに腐敗症状を起こす病害と病原細菌種

病名(宿主)	タマネギ病原細菌	ネギ病原細菌
軟腐病 (タマネギ・ネギ)	<i>Pectobacterium carotovorum</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> <i>Dickeya</i> sp.
腐敗病 (タマネギ・ネギ)	<i>Burkholderia ambifaria</i> <i>Burkholderia cenocepacia</i> <i>Burkholderia cepacia</i> <i>Burkholderia pyrrocinia</i> <i>Erwinia persicina</i> <i>Erwinia rhapontici</i> <i>Pseudomonas allii</i> <i>Pseudomonas marginalis</i> pv. <i>marginalis</i> <i>Pseudomonas viridiflava</i>	<i>Pseudomonas kitaguniensis</i> <i>Pseudomonas marginalis</i> pv. <i>marginalis</i> <i>Pseudomonas viridiflava</i> (<i>Burkholderia cenocepacia</i>) (<i>Burkholderia cepacia</i>) (<i>Burkholderia pyrrocinia</i>)
りん片腐敗病 (タマネギ)	<i>Burkholderia gladioli</i> <i>Pantoea ananatis</i>	
褐色腐敗病 (ネギ)		<i>Burkholderia gladioli</i>

※括弧内は提案中。

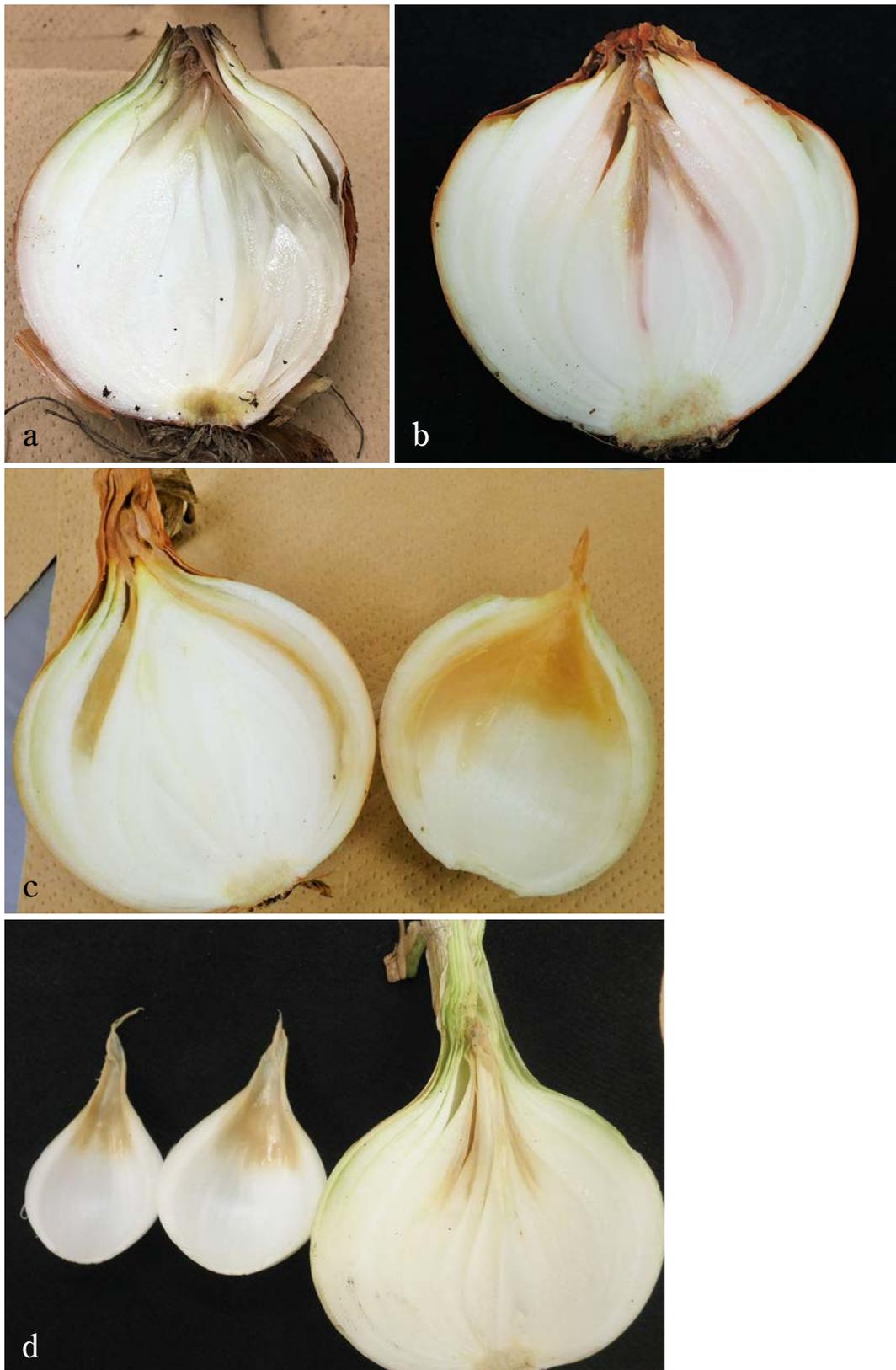


図-2 *Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis* によるタマネギ腐敗病 (a) と *Erwinia persicina* によるタマネギ腐敗病 (b), *Burkholderia cepacia* によるタマネギ腐敗病 (c) と *Pantoea ananatis* によるタマネギりん片腐敗病 (d)

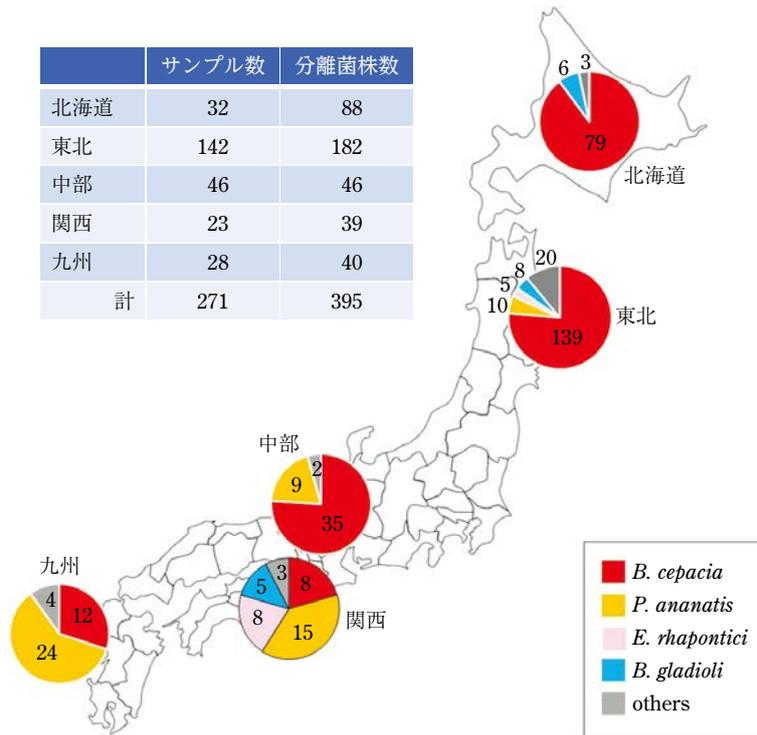


図-3 タマネギ病原細菌の国内分布

れていた(篠原, 2014)。また, タマネギで使用可能な薬剤の多くは, 適用病害がりん片腐敗病・軟腐病に限られるため, 本研究初期段階では, 東北地域の春まきタマネギの腐敗(おもに腐敗病)で有効な薬剤の成分は不明だった。そこで, 効果的な腐敗性病害防除対策を確立するため, 東北地域の分離菌株のうち *B. cepacia*, *B. cenocepacia*, *P. marginalis*, *P. ananatis*, *E. rhapsontici* の薬剤感受性を培地上で試験した。

さらに, 東北地域の春まき作型においては, 収穫直前の時期から貯蔵中にかけて *B. cepacia* とその近縁種 (*B. cepacia*, *B. cenocepacia*, *B. ambifaria*, *B. pyrrocinia*) が優占的に分離されるため, 分離頻度の高い *B. cepacia*, *B. cenocepacia* の *P. marginalis*, *P. ananatis*, *E. rhapsontici* に対する抗菌活性能を調査した。

1 薬剤感受性試験(ペーパーディスク法, 最小生育阻止濃度試験)の方法

供試細菌の薬剤感受性は, ペーパーディスク法(後藤・瀧川, 1984, 抗生物質感受性試験)による細菌の生育阻害試験と, 最小発育阻止濃度(MIC)試験に基づき評価した。ペーパーディスク法では, 銅水和剤(水酸化第二銅), オキシリニック酸・ストレプトマイシン水和剤(オキシリニック酸・ストレプトマイシン硫酸塩), オキシリニック酸水和剤, カスガマイシン・銅水和剤(塩基性塩化銅・カスガマイシン塩酸塩), バリダマイシン

液剤に加え, 0.4M 硫酸銅五水和物水溶液とストレプトマイシン硫酸塩(試薬)水溶液を供試した。MIC 試験では, 0.4M 硫酸銅五水和物水溶液, ストレプトマイシン硫酸塩(試薬), オキシリニック酸(試薬), カスガマイシン液剤, バリダマイシン液剤に加え, オキシテトラサイクリン塩酸塩(試薬)を供試した(達・善林, 2020)。

ペーパーディスク法では, 肉エキス 5 g, ペプトン 10 g, 塩化ナトリウム 2.5 g, グルコース 10 g, 寒天 10 g, 蒸留水 1,000 ml を含む培地(pH7.0, 121°C 10分高温高压滅菌)を用いた。被験菌は, 滅菌蒸留水に約 10^8 cfu/ml の濃度で懸濁し, 培地が高温高压滅菌後 55°C まで冷めた時点で, 培地 10 ml 当たり 100 μ l を添加して静かに混和した。被験菌を含む培地が固まったのち, 直径 8 mm のペーパーディスク(抗生物質検定用)を培地表面に置き, 供試薬剤 30 μ l を滴下した。27°C で 24~48 時間培養後に, ペーパーディスク周辺の阻止円(薬剤の効果により培地中の被験菌の生育が阻害された部分)形成の有無と直径により評価を行った(図-4 参照)。それぞれの試験を 2 反復行った。

MIC 試験は, 1%グルコースを添加した改変 Ayers 培地(Ayers et al., 1919; Gordon and Smith, 1953; 後藤・瀧川, 1984)に, フィルタ滅菌した供試薬剤を 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 500, 750, 1,000 ppm になるように添加したものをを用い

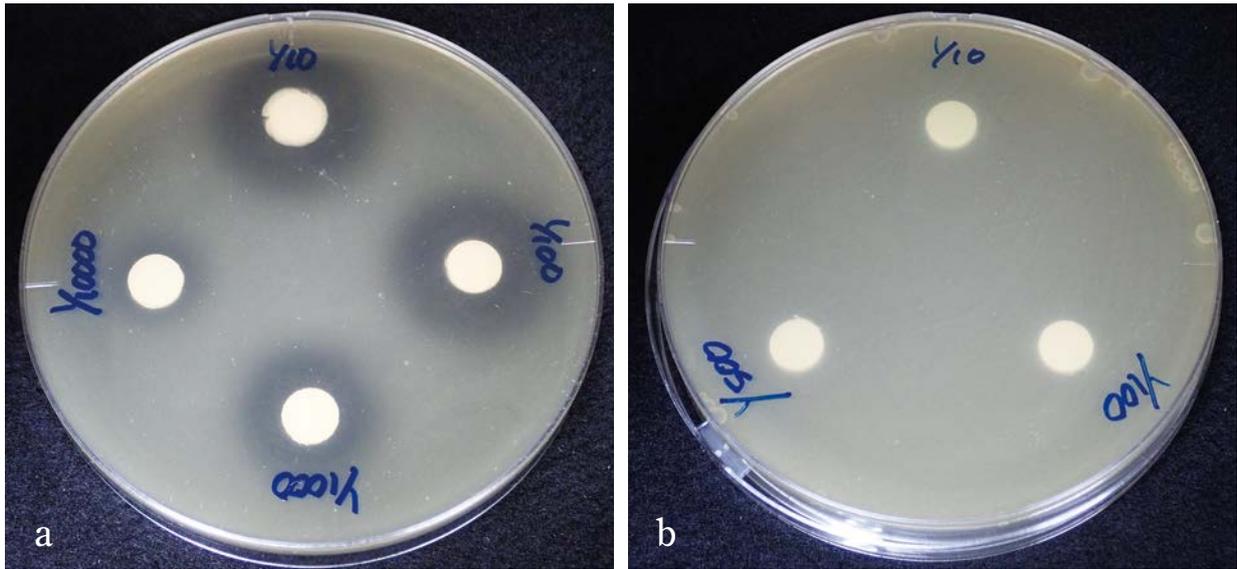


図-4 薬剤への感受性試験，感受性 (a) と非感受性 (b)

て行った。オキシリニック酸剤は，2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 ppm でも試験した。被験菌は，滅菌蒸留水に約 10^6 cfu/mlの濃度で懸濁し，培地表面に画線した。27℃で24～48時間培養し，細菌の生育の有無で判定した。細菌の生育の有無を明らかに判定するため，薬剤を添加しない陰性対照を設けた。それぞれの試験を2反復行った。

2 抗菌活性試験の方法

抗菌活性試験は，1%グルコースを添加した改変Ayers培地に，滅菌蒸留水に約 10^8 cfu/mlの濃度で懸濁した指示菌を添加し，被験菌をスポット接種して行った。27℃で24～48時間培養後に，被験菌周辺の阻止円形成の有無により評価を行った（図-5参照）。

3 結果

薬剤感受性試験において，ペーパーディスク法では，*P. marginalis*, *P. ananatis*, *E. rhapontici*は，銅水和剤（1,000倍希釈）と0.4M硫酸銅五水和物水溶液により生育を阻害された。*B. cepacia*, *B. cenocepacia*では，銅水和剤（1,000倍希釈）では阻止円形成は観察されなかったが，0.4M硫酸銅五水和物水溶液では，ごくわずかに生育の弱い部分が観察された。それに対し，オキシリニック酸水和剤（1,000倍希釈）とオキシリニック酸・ストレプトマイシン水和剤（1,000倍希釈）は，試験したすべての菌株の生育を阻害した。一方，1%ストレプトマイシン硫酸塩水溶液は*B. cepacia*, *B. cenocepacia*の生育を阻害しなかったことから，混合剤での効果はオキシリニック酸によるものと考えられた。カスガマイシン・銅水和剤は，*P. marginalis*, *P. ananatis*, *E. rhapontici*だけで

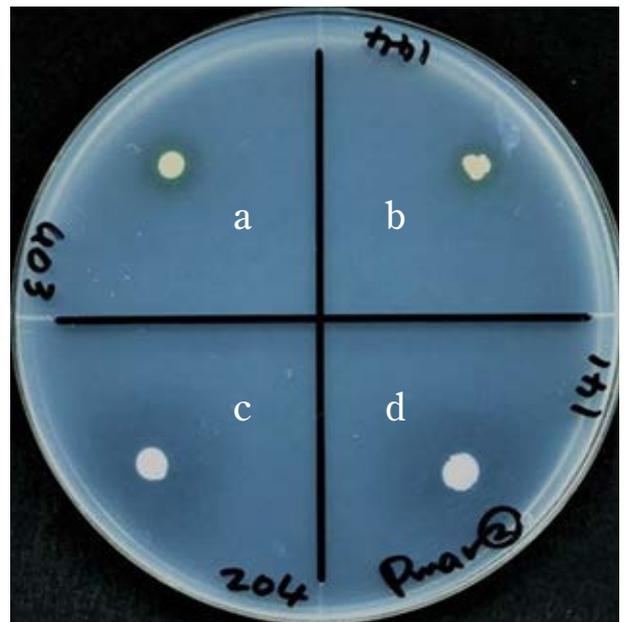


図-5 *B. cepacia* (a,b) と *B. cenocepacia* (c,d) が，培地中に混ぜ込まれた *P. marginalis* の生育を阻害する様子

なく *B. cepacia*, *B. cenocepacia* に対しても，一定の生育阻害効果を示した（表-2）。MIC試験の結果においても，オキシリニック酸（試薬）は圃場散布濃度（1,000倍希釈で200 ppm）よりも低い濃度で，すべての供試菌株の生育を阻止した。*B. cepacia*, *B. cenocepacia* は1,000 ppm濃度の硫酸銅五水和物を含む試験培地上でも生育し，硫酸銅五水和物の *B. cepacia* に対するMICを4.0～4.5 mMとする Goro et al. (1994) と矛盾しない結果を示した（表-3）。

ペーパーディスク法とMIC試験の結果から，オキシ

表-2 細菌を懸濁した培地上での農薬と試薬による阻止円形成の有無

種類	銅水和剤 (1,000倍)	0.4M CuSO ₄ ・5H ₂ O	オキシリニック酸・ ストレプトマイシン 水和剤 (1,000倍)	1% (w/v) ストレプトマイシン	オキシリニック酸 水和剤 (1,000倍)	カスガマイシン・ 銅水和剤 (1,000倍)	バリダマイシン 液剤 (500倍)
成分	水酸化第二銅	硫酸銅五水和物	ストレプトマイシン硫酸塩 オキシリニック酸	ストレプトマイシン 硫酸塩	オキシリニック酸	カスガマイシン 塩基性塩化銅	バリダマイシン
<i>B. cepacia</i> (n = 5)	—	w	+	—	+	w	—
<i>B. cenocepacia</i> (n = 3)	—	w	+	—	+	w	—
<i>P. marginalis</i> (n = 2)	++	++	+	+	+	+	—
<i>P. ananatis</i> (n = 4)	+	++	+	+	+	+	—
<i>E. rhapontici</i> (n = 2)	+	+	+	+	+	+	—

※ (—) 阻止円形成なし, (+) 阻止円形成あり, (++) 直径20 mm以上の阻止円, (w) ディスク周辺1 mm程度のごくわずかな生育阻害。農薬・試薬は, 抗生物質耐性検定用のペーパーディスクに30 μlを滴下し, それぞれ2反復を試験した。

表-3 試薬による細菌の最小発育阻止濃度 (MIC)

成分 (ppm)	硫酸銅 五水和物	カスガマイシン 一塩酸塩	オキシリニック酸	ストレプトマイシン 硫酸塩	オキシテトラサイクリン 塩酸塩	バリダマイシン
<i>B. cepacia</i> (n = 5)	1,000 以上	125~300	1~12	1,000 以上	750~1,000	1,000 以上
<i>B. cenocepacia</i> (n = 3)	1,000 以上	125~150	2~5	1,000 以上	1,000 以上	1,000 以上
<i>P. marginalis</i> (n = 2)	75~200	10~20	3~4	1~5	1~5	1,000 以上
<i>P. ananatis</i> (n = 4)	200~500	1~5	1 以下	10~100	1 以下	1,000 以上
<i>E. rhapontici</i> (n = 2)	200~300	5~10	1 以下	1 以下	1~5	1,000 以上

※すべての試薬・供試菌株に対し, 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 500, 750, 1,000 ppmを2反復試験した。オキシリニック酸は, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 ppmでも試験した。

表-4 タマネギ分離菌株の抗菌活性能

指示菌 被験菌	<i>B. cepacia</i>	<i>B. cenocepacia</i>	<i>P. marginalis</i>	<i>P. ananatis</i>	<i>E. rhapontici</i>
<i>B. cepacia</i>		w+	++	+	+
<i>B. cenocepacia</i>	—		++	+	+
<i>P. marginalis</i>	—	—		—	—
<i>P. ananatis</i>	—	—	++		++
<i>E. rhapontici</i>	—	—	++	w+	

リニック酸剤は, 東北地域で分離されたタマネギ病原細菌のすべての種について, 培地上での生育を抑制することが明らかになった。

抗菌活性試験では, *B. cepacia* と *B. cenocepacia* は, 指示菌として培地中に混和された *P. marginalis*, *P. ananatis*, *E. rhapontici* の生育を抑制した。*B. cepacia* は *B. cenocepacia* に対しても, わずかながら生育抑制効果を示した。また, *P. ananatis*, *E. rhapontici* は *P. marginalis* の生育を抑制した (表-4)。*B. cepacia* とその近縁種の細菌は, これまでたびたび生物農薬への利用が検討され (奥田ら, 1997; 2000; 井上・宮川, 2005), 他種細菌への抗菌活性や競合作用を有する菌株が含まれることが報告されている。東北地域においては, タマネギに病原性を示す *B. cepacia* とその近縁種の細菌が, 他のタマネギ

病原細菌の生育を抑制し, 収穫後のりん茎で優位に増殖すると考えられた。

III 防 除

東北地域における防除体系の一例については, 室ら (2020) (https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134247.html) で紹介されているのでご参照いただきたい。本研究を通し, オキシリニック酸を成分に含む薬剤は, *B. cepacia* やその近縁種をはじめとする多くの種に有効であることが明らかになったが, 同じく *Burkholderia* 属細菌であるイネもみ枯細菌病菌 (*Burkholderia glumae*) では, すでにオキシリニック酸耐性菌の出現が報告されている (HIKICHI et al., 1998; 清田, 2016) ため, 防除体系の構築にあたっては

配慮が必要である。

一方、農研機構では、害虫防除が不十分であるとタマネギりん茎の腐敗割合が増加するという横田・福田(2016)の研究に基づき、*B. cepacia*は、タマネギ害虫であるネギアザミウマの食痕上に寄生・増殖し、収穫後のりん茎に腐敗を起こすこと(達ら, 2019b)と、害虫防除によりタマネギりん茎の腐敗が減少することを明らかにしている(室ら, 2020)。よって、タマネギ腐敗病の防除においては、適切な薬剤と併せて、ネギアザミウマに効果のある殺虫剤による防除を行うことが重要である。

さらに海外では、*B. cepacia*は一般的なタマネギ病原細菌であるが、30~35℃程度の高温条件下において高い確率でりん片へ病原性を示すことが報告されている。よって、収穫後は0~2℃の低温で貯蔵することが推奨されている(SCHWARTZ and MOHAN, 2008)。

おわりに

以上の研究を通し、東北地域の春まきタマネギ栽培では、圃場での栽培期間中から貯蔵中にかけて、複数種の腐敗性の病原細菌がタマネギに寄生し病害を引き起こすことと、そのおもな病原細菌は*B. cepacia*とその近縁種であることが明らかになった。また、分離された病原細菌群は、種によって異なる薬剤耐性能を示したことから、病原細菌の同定と、病原細菌の活動時期や感染経路に応じた効果的な薬剤防除が不可欠であることが示された。農研機構では現在、令和3年農林水産省みどりの食料システム戦略に基づき、リビングマルチや天敵昆虫、生物農薬の利用を組合せた総合的タマネギ病害虫防除技術開発研究を開始している。効果的かつ効率的な防除だけでなく、薬剤耐性菌の出現を回避するためにも、植物病原体の性質と動態に基づく多面的な病害防除対策の開発が期待される。

なお、本稿で述べたタマネギ腐敗性病害病原細菌の薬剤感受性、抗菌活性については、あくまで培地上で行われた試験の結果であることをご承知おきいただきたい。病原細菌の栄養条件や、他の植物や微生物との共生・競合関係が異なる自然環境下での実態は、本試験の結果とは異なる可能性がある。ただし、試験場内の圃場において行った実験においては、収穫前の4週間、殺細菌剤として銅剤のみ使用した区とオキシソニック酸剤のみ使用した区では、収穫時の腐敗発生率は、銅剤区25%、オキシソニック酸区2.6%と約10倍の違いが見られた(データなし)。

最後に、本文中で述べたように、タマネギ・ネギの病原と病名の対応関係が複雑化しつつある。効果的な薬剤

を幅広く選択可能にするため、病名と病原の整理が必要と思われる。

謝辞 本研究の遂行にあたり、貴重な保存菌株をご分譲いただいた静岡大学農学部植物病理学研究室の瀧川雄一教授、数々のご助言をいただいた静岡県農林環境専門職大学生産環境経営学部の外側正之教授、農研機構東北農業研究センターの山崎篤博士、上杉龍士博士、岩手県農業研究センターの横田啓博士、手厚いご指導をいただいた農研機構東北農業研究センター(当時)の門田育生博士、善林薫博士、サンプルや知見をご提供いただいた多くの皆様に心よりの感謝を表したい。

引用文献

- 1) AYERS, S. H. et al. (1919): Bull. U.S. Dep. Agric. No. 782.
- 2) BROWN, N. A. (1918): J. Agr. Res. 13: 367~388.
- 3) BURKHOLDER, W. H. (1950): Phytopathol. 40: 115~117.
- 4) COENYE, T. et al. (2001): Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 51: 1481~1490.
- 5) GORDON, R. E. and M. M. SMITH (1953): J. Bacteriol. 66: 41~48.
- 6) 後藤正夫・瀧川雄一(1984): 植物防疫 38: 432~437, 479~484.
- 7) GOTO, M. et al. (1994): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 60: 147~153.
- 8) HAO, M. V. et al. (1990): Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 40: 379~383.
- 9) HIKICHI, Y. et al. (1998): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 147~152.
- 10) 井上博喜・宮川久義(2005): 近中四農研報 4: 15~23.
- 11) 清田裕司(2016): 北日本病虫研報 67: 24~27.
- 12) MILLARD, W. A. (1924): Univ. Leeds and Yorkshire Council for Agric. Educ. Bull.: 134.
- 13) 守川俊幸ら(2014): 関東病虫研報 61: 175.
- 14) 室 崇人ら(2020): 東北地域における春まきタマネギ栽培マニュアル, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134247.html
- 15) 奥田 充ら(1997): 日植病報 63: 515.
- 16) ———ら(2000): 九病虫研報 46: 11~14.
- 17) 大内 昭ら(1983): 日植病報 49: 619~626.
- 18) SAWADA, H. et al. (2021): Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 71: 004582.
- 19) SCHWARTZ, H. F. and S. K. MOHAN (2008): Compendium of onion and garlic diseases and pests, American Phytopathological Society, St. Paul, MN, p.32~33.
- 20) 篠原弘亮(2014): 微生物遺伝資源利用マニュアル 36.
- 21) 白川 隆ら(2010): 日植病報 76: 176.
- 22) SOTOKAWA, N. and Y. TAKIKAWA (2004): J. Gen. Plant Pathol. 70: 348~352.
- 23) 田部井英夫・吉田孝二(1952): 日植病報 16: 180~181.
- 24) 田中民夫・青田盾彦(1990): 同上 56: 393~394.
- 25) 達 瑞枝ら(2019a): 同上 85: 205~210.
- 26) ———ら(2019b): 同上 85: 296.
- 27) ———・善林 薫(2020): 同上 86: 242.
- 28) TSUJI, M. et al. (2020): J. Gen. Plant Pathol. 86: 24~33.
- 29) ——— and I. KADOTA (2020): J. Gen. Plant Pathol. 86: 376~386.
- 30) ——— and S. FUJI (2021): Plant Dis., <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-21-0296-PDN>
- 31) VANDAMME, P. et al. (2003): Res. Microbiol. 154: 91~96.
- 32) VIALLARD, V. et al. (1998): Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 48: 549~563.
- 33) YABUCHI, E. et al. (1992): Microbiol. Immunol. 36: 1251~1275.
- 34) 横田 啓・福田拓斗(2016): 北日本病虫研報 67: 154~158.



花粉に乗り新たな植物に感染する 植物ウイルスの伝染メカニズム

岩手大学農学部植物生命科学科 いそ 磯 がい 貝 まさ 雅 みち 道

はじめに

花粉は雌蕊の柱頭に付着すると、花粉管を発芽・伸長させ精細胞を胚珠の内部にある胚のうに運び、重複受精により新たな遺伝子の組合せを持った種子が形成される。また、植物の果実は、受粉をきっかけにして生成される植物ホルモンによって形成促進される。つまり、花粉は、新品種育成・種子生産・果実生産にとって重要なものである。しかし、植物ウイルスには、花粉により伝染するものが存在する。この花粉伝染性ウイルスには、二つのタイプが存在する (MINK, 1993)。一つは、感染植物由来の花粉が健全植物に受粉されると、受精により形成される種子にウイルスが感染し、そこから生じる次世代の植物へとウイルスが伝染するもので、種子伝染の1種である (花粉による垂直伝染)。もう一つは、感染植物由来の花粉が健全植物に受粉されることで、ウイルスが受粉された植物へと伝染するものである (花粉による水平伝染)。CARDら (2007) は、45種ある花粉伝染性ウイルスは、すべて花粉により垂直伝染するが、そのうち、花粉により水平伝染できるものは17種のみであると報告している (表-1)。つまり、花粉により水平伝染できるウイルスは、花粉による垂直伝染もできる。このことから、ウイルス感染した植物由来の花粉を受粉することで形成された種子に、ウイルスが感染 (花粉による垂直伝染) し、そのうち、17種は感染種子から抜け出すことができ、植物本体へと感染が進行 (花粉による水平伝染) すると仮説が立てられた。しかしながら、種子はカロース層によって、親植物と独立しており、種子から親植物本体へのウイルス移行について異議を唱える研究者がいた。さらに、MINK (1992) は、植物ウイルスの花粉による水平伝染は、訪花性アザミウマが、ウイルスに汚染された花粉を摂食する際にできた傷に、汚染花粉

Transmission Mechanism of Plant Viruses that Hitch a Ride on Pollen to Infect Plants. By Masamichi ISOGAI

(キーワード: 花粉伝染性ウイルス・花粉による水平伝染・花粉による垂直伝染・ラズベリー黄化ウイルス・リンドウ子房輪紋ウイルス・ブルーベリー小球形潜在ウイルス, リンゴステムグルーピングウイルス)

表-1 花粉により水平伝染すると報告された植物ウイルス一覧*

科	属	ウイルス名**
ビルガウイルス	ホルデイウイルス	ムギ斑葉モザイクウイルス
マヨウイルス	イデオウイルス	ラズベリー黄化ウイルス
プロモウイルス	イラルウイルス	アスパラガスウイルス 2 blueberry shock virus fragaria chiloensis latent virus ブルーベリー萎縮ウイルス プルナスえそ輪点ウイルス spinach latent virus タバコ条斑ウイルス
	アルファモウイルス	アルファモザイクウイルス
セコウイルス	ネボウイルス	artichoke yellow ringspot virus bleuberry leaf mottle virus チェリー葉巻ウイルス トマト黒色輪点ウイルス トマト輪点ウイルス
ポティウイルス	ポティウイルス	ダイズモザイクウイルス
ソベモウイルス	ソベモウイルス	アカザモザイクウイルス

* CARD et al., (2007) に記載の花粉により水平伝染するウイルスを参考に作製。

** 日本での発生報告のあるウイルスは和名で、日本での発生報告のないウイルスは英名でウイルス名を表記した。

のウイルスが侵入することでウイルス感染を成立させると指摘した。これは、タバコ条斑ウイルスに感染した植物の花粉を摂食したアザミウマが、ウイルスを水平伝染すると報告されたことに起因する (SDOODIE and TEAKLE, 1987)。アザミウマは0.8 mm~2 mmの微小昆虫であり、花の中などに隠れている。そのため、過去に行われた花粉による水平伝染試験でのアザミウマ混入を検証することは不可能であった。REDDICK and STEWART (1918) により、初めて植物ウイルスの花粉による水平伝染の可能性について報告されてから100年以上になるが、その伝染の存在さえも疑問視する研究者がいた。

I 花粉による水平伝染の研究の端緒

2012年に我々は日本のレッドラズベリー樹に初めてラズベリー黄化ウイルス (raspberry bushy dwarf virus,

RBDV) が発生したことを報告した (ISOGAI et al., 2012 b)。RBDV は、レッドラズベリー (*Rubus idaeus*) の世界的な重要病原ウイルスである (JONES et al., 1982)。RBDV が花粉により水平伝染することを最初に報告したのは、MURANT ら (1974) である。そして、彼らは、感染樹のそばに健全樹を設置すると、それら樹はウイルスに感染してしまうが、花を除去した樹ではウイルスに感染しないことを報告した。つまり、花が唯一のウイルス感染経路であることを指摘した。さらに、BULGER and MARTIN (1990) は、米国の圃場において、900 樹のレッドラズベリーが、5~6 年ではほぼすべて RBDV に感染した事例を報告した。そして、アザミウマによる見せかけの花粉による水平伝染ではないことも示唆した。それ以降、RBDV に関する花粉による水平伝染の研究はなく、他のウイルスについても同様な状況であった。そこで我々は、日本に発生した RBDV を供試ウイルスとして、100 年の謎である「花粉による水平伝染」の研究を開始した。

II RBDV の花粉による水平伝染に垂直伝染は必須ではない

花粉による水平伝染の仮説は、「感染植物由来の花粉の受粉により形成された種子に感染し、その種子から植物本体へとウイルス感染が進行する」というものであった。この仮説に従うと、花粉による水平伝染には、種子の形成が必須であり、生殖的に隔離された植物種間では、花粉による水平伝染は生じないことになる。そこで、種子が形成されない植物種間での、花粉による水平伝染試験を計画した。我々は、RBDV に無病徴感染する草本植物で、多くの花をつけ、人工授粉が容易なトレニア (*Torenia fournieri*) が、レッドラズベリーと同様に、RBDV が花粉により水平伝染することを突き止めていた。RBDV に感染したレッドラズベリー樹 (バラ科) の花粉をトレニア (アゼトウガラシ科) に人工授粉し、授粉したトレニアへの RBDV 感染を解析した。驚いたことに、18 個体中 6 個体のトレニアに RBDV が検出され、RBDV が人工授粉により、レッドラズベリーからトレニアへと水平伝染することを示した。つまり、仮説と違い、RBDV の花粉による水平伝染に、種子への感染 (垂直伝染) が必須ではないことが示された (ISOGAI et al., 2014)。

III ラズベリー花粉はトレニア柱頭上で花粉管を発芽し、その花粉管はトレニア柱頭に侵入する

上記に述べたように、RBDV に感染したレッドラズベリーの花粉を健全トレニアに授粉すると、RBDV がトレ

ニアに水平伝染することを明らかにした。当初、人工授粉の際に柱頭にできた傷から、ウイルスに汚染された花粉由来のウイルスが侵入し、ウイルス感染が進行するのではないかと考えたが、解析を進めると以下の①~④のことがわかってきた。① RBDV に感染したレッドラズベリー樹由来の花粉は、トレニア柱頭上で発芽して、柱頭の内部へ侵入し、全長約 2 cm あるトレニア花柱の柱頭から 1 cm 未満で花粉管の伸長を停止する (図-1a)。② RBDV 感染植物由来の花粉は、RBDV に感染しており、発芽すると花粉管内にウイルスが蓄積する (図-1b-e)。③ RBDV 感染花粉を花粉管発芽培地に入れ、経時的にウイルス RNA 量を解析すると、ウイルス RNA 量が増加し、花粉から培地へとウイルス RNA が排出される (ISOGAI et al., 2018)。④ RBDV 感染花粉を人工授粉した柱頭がウイルスに感染し、花柱の基部へとウイルス感染を進行する (図-1f, g)。これらをまとめると、RBDV に感染した花粉が発芽し、ウイルスを蓄積した花粉管が、柱頭へと侵入・伸長する際に、ウイルスを蓄積した花粉管からウイルスが放出され、柱頭にウイルス感染が確立し、植物本体へとウイルス感染が進行すると考えられた。しかし、依然として、人工授粉の際にできた傷から花粉のウイルスが侵入し、柱頭にウイルス感染が成立して植物本体へと感染が進行することを否定できなかった。その可能性を否定できたのは、ビルガウイルス科ゴラウイルス属に所属するリンドウ子房輪紋ウイルス (*gentian ovary ring spot virus*, GORV) を用いた解析であった (ISOGAI et al., 2017)。GORV は、リンドウ (*Gentiana trifloral*) およびベンサミアーナ (*Nicotiana benthamiana*) の同種植物間での人工授粉により、花粉による水平伝染が可能であるが、GORV 感染ベンサミアーナ花粉をリンドウに人工授粉しても、花粉による水平伝染を生じないことを見いだした。水平伝染が生じない理由を調べると、リンドウ柱頭上では、ほとんどの感染ベンサミアーナ花粉は花粉管を発芽できず、発芽しても花粉管が柱頭上をジグザグに進むのみであった。これにより、ウイルス感染花粉が発芽し、ウイルスを蓄積した花粉管が柱頭に侵入することが、花粉による水平伝染に必須であることを示した (ISOGAI et al., 2017)。さらに研究を進め、植物のウイルス防御機構である RNA サイレンシングを抑制する RBDV のサプレッサーである 1b 遺伝子が、花粉でのウイルス蓄積量を増加させ、花粉による水平伝染率を上昇させることを明らかにしている (ISOGAI et al., 2019 ; 2020 a)。

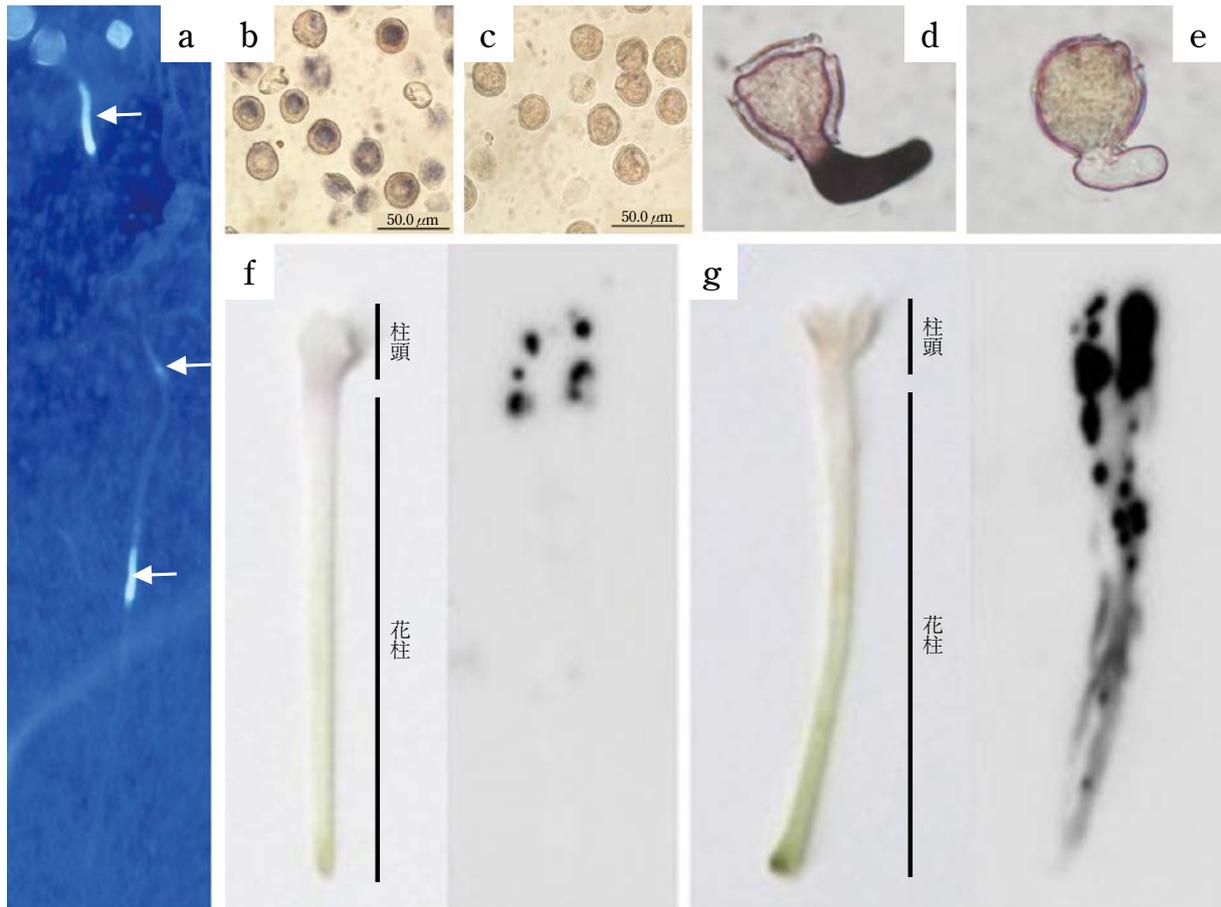


図-1 RBDVの花粉による水平伝染のメカニズム解析

(a) アニリンブルー染色および蛍光顕微鏡観察による、RBDV感染ラズベリー花粉のトレンニア柱頭上での動態解析。RBDV感染ラズベリー花粉が、トレンニア柱頭上で発芽し、花粉管がトレンニア柱頭に侵入した(矢印は花粉管を示す)。(b, c) *in situ hybridization* による、RBDV感染トレンニア (b) および健全トレンニア (c) 由来の花粉のウイルス局在解析。RBDV感染トレンニア由来の花粉中に、RBDVの陽性シグナルが観察された (b, 黒色)。(d, e) RBDV感染トレンニア (d) および健全トレンニア (e) 由来の花粉の whole mount *in situ hybridization* 解析。RBDV感染トレンニア花粉の花粉管に、RBDVの陽性シグナルが観察された (d, 黒色)。(f, g) Tissue blot *hybridization* による、RBDV感染ラズベリー花粉をトレンニア柱頭に人工授粉して30分後 (f) および1日後 (g) の柱頭および花柱のウイルス感染解析。授粉1日後に、柱頭から花柱の基部までウイルス感染が進行した (g)。左の写真は *hybridization* に用いた植物試料 (柱頭および花柱)。右の写真は *hybridization* 解析の結果 (RBDVの存在を示す陽性シグナルは黒色)。

IV ブルーベリー小球形潜在ウイルスの花粉による水平伝染について

ブルーベリー小球形潜在ウイルス (blueberry latent spherical virus, BLSV) は、岩手大学滝沢農場で我々が発見したセコウイルス科ネポウイルス属に所属するウイルスである (Isogai et al., 2012 a)。ネポウイルス属に所属するウイルスは、花粉、線虫、ダニにより伝搬されることで知られる。BLSVは圃場内で種々のハイブッシュブルーベリー (*Vaccinium corymbosum*) 品種に分散して検出され、しかもこれらBLSV感染樹には接木歴がなく、ダニの発生も観察されなかった。これらのことから、BLSVが花粉による水平伝染により伝搬されることが予想された。さらに、17種の花粉による水平伝染する植

物ウイルスの中で、5種がネポウイルス属に所属しているが (表-1)、そのメカニズムについては不明であった。そこで、BLSVの花粉による水平伝染試験およびそのメカニズム解析を行った。解析の結果、BLSVは花粉による水平伝染により伝搬され、ウイルス分類学上で異なるRBDVおよびGORVと同様のメカニズムで伝搬されることがわかった (Isogai et al., 2020 b)。

V リンゴステムグルーピングウイルスの花粉による水平伝染について

リンゴステムグルーピングウイルス (apple stem grooving virus, ASGV) は、これまでウイルス分類学上、花粉による水平伝染するウイルスとしてリストアップされていないベータフレキシウイルス科カピロウイルス属に所

属するウイルスである(表-1)。ASGVは、リンゴ属植物(*Malus species*)、セイヨウナシ(*Pyrus communis*)、ウメ(*Prunus mume*)、ニホンナシ(*Pyrus pyrifolia*)、サルナシ(*Actinidia chinenses*)、ビワ(*Eriobotrya japonica*)、レモン(*Citrus limon*)、ナンテン(*Nandina domestica*)、オウトウ(*Prunus avium*)等、多くの果樹を自然感染宿主にもつ。ASGVは、接木伝染することが知られるが、これら果樹はそれぞれ特異的な台木を用いて栽培されるため、これら果樹間での台木を介した接木伝染は考え難い。これについては、野生イチジク(*Ficus palmata*)、キミノヒマラヤキイチゴ(*Rubus ellipticus*)といった接木とは縁のない永年性の植物が自然感染宿主であることから支持される。また、ASGVは草本植物であるベンサミアーナや*Chenopodium quinoa*に汁液接種可能であるが、木本植物には汁液接種困難である。これらのことから、ASGVにはベクターが存在する可能性について指摘されていたが、そのベクターが特定されていなかった。そこで、ASGV感染リンゴ樹から感染花粉を採取し、ベンサミアーナの柱頭に人工授粉を行うと、ASGVがベンサミアーナに水平伝染した(Isogai et al., 2022)。そして、そのメカニズムについてもRBDVやGORVと同様であることが示唆された。今後、リンゴ(*Malus pumila*)からリンゴへの花粉による水平伝染試験を計画している。

VI 花粉による垂直伝染には、感染花粉授粉による柱頭および花柱へのウイルス感染は必須ではない

RBDVの花粉による水平伝染では、ウイルスを蓄積した花粉管が侵入することにより、柱頭でウイルス感染が確立することを明らかにした。そこで、この柱頭でのウイルス感染と花粉による垂直伝染との関係について解析を行った。まずは、柱頭でのウイルス感染が進行し、種子と唯一つながっている胎座に感染した後に種子へと垂直伝染する可能性について解析した。感染トレニア花粉を健全トレニア柱頭に人工授粉し、受精が終了している授粉3日後に、花柱の基部で柱頭および花柱を切り離して、柱頭および花柱でのウイルス感染を検定した。そして、ウイルス感染が柱頭および花柱に確立されていないものを見つけ、それらを切り離した子房を特定し、それらの子房内部におけるウイルス局在を解析した。つまり、柱頭でのウイルス感染が確立されなくとも種子への感染が可能なのかについて解析した。その結果、種子にウイルスが検出される一方で、胎座にはウイルスは検出されなかった。つまり、柱頭・花柱・胎座に感染することなく、ウイルスがあたかも感染花粉からジャンプする

ように種子に感染することを示した。このことから、ウイルスを蓄積した花粉管が、受精のため、胚のうに侵入する際、ウイルスを胚のうに持ち込んだと考えた。しかし、ウイルスの検出限界を考慮せず、これを証明するためには、感染花粉から発芽した花粉管を直接、胚のうへ侵入させ、それによって形成される種子がウイルスに感染していることを示す必要がある。トレニアの花粉管は、花柱を通過することで子房内部にある胚珠に向かって伸長するように教育される。さらに、花粉管は、胚のうの助細胞から分泌される花粉管誘因ペプチドより導かれ、胚のうに侵入する(Higashiyama et al., 2001)。トレニアの胚のうは、胚珠の珠孔から突き出しているため、花粉管は、他の雌性組織と強くコンタクトすることなく、胚のうへと侵入する特徴を持つ(図-2)。そこで、健全トレニアの子房上部を切断し、その柱頭に感染トレニア花粉を人工授粉した後、切断した上部を子房の上に戻して胚のうと受精させ、形成された未熟種子のウイルス感染を解析した(図-3)。つまり、子房上部を切断することにより、柱頭および花柱からのウイルス細胞間移行および長距離移行をブロックし、花粉管のみを子房内へと伸長させ、他の雌性組織と強くコンタクトすることなく胚のうに侵入させ、受精により形成された種子のウイルス感染を解析した。結果は、花粉管が子房上部の切断面から突出し、子房内へと侵入して種子が形成され、それら種子からRBDVが検出された(Isogai et al., 2015)。これらのことから、ウイルスを蓄積した花粉管が、受精のため胚のうに侵入する際、ウイルスを胚のうに持ち込み、受精により形成された種子にウイルスが感染することを示した。

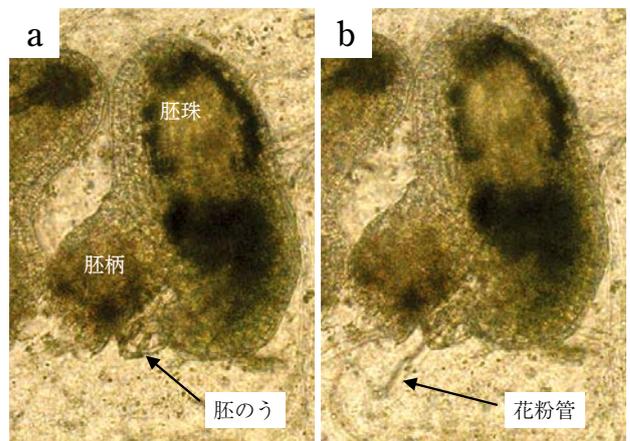


図-2 トレニアの人工授粉

(a, b) トレニアの胚のうは、胚珠の珠孔から突き出しており、花粉管はトレニアの助細胞から分泌される花粉管誘因ペプチドにより導かれ、(a) を撮影してから60分後、花粉管が胚のうに侵入した(b)。

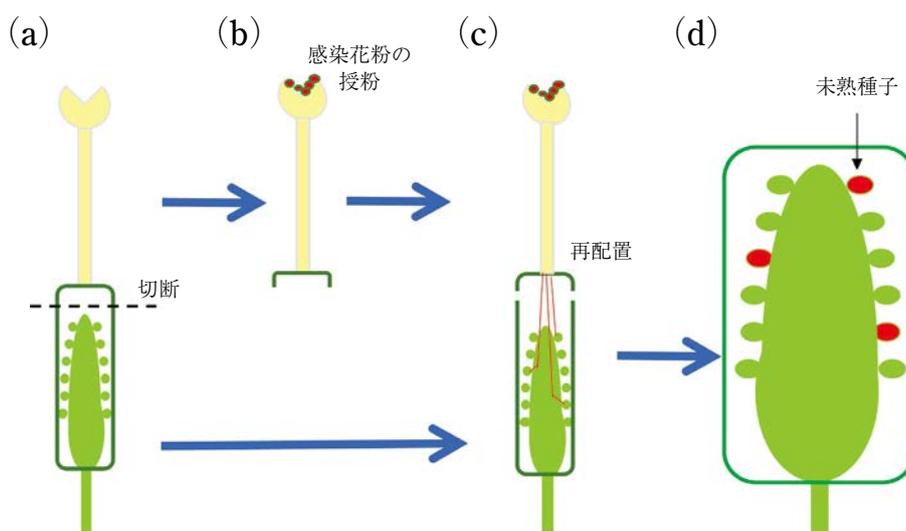


図-3 花粉による垂直伝染には、感染花粉の授粉による柱頭および花柱でのウイルス感染が必須ではないことを示すための実験方法の概略図

健全トレニアの子房上部を切断し (a)、切断した子房上部の柱頭に RDV 感染トレニア花粉を人工授粉した (b)。授粉後、切断した上部を再び子房の上に配置し (c)、約 3 週間、子房を生育させた (d)。子房上部を切断することで、柱頭および花柱からのウイルス細胞間移行および長距離移行をブロックし、花粉管のみを子房内へと侵入させて、種子を形成させ、未熟種子のウイルス感染を検定した。

おわりに

RBDV, GORV, BLSV, ASGV の花粉による水平伝染は、ウイルスを蓄積した花粉管が柱頭へ侵入することで、ウイルスが柱頭および花柱に感染し、その感染が植物本体へと進行することで生じる。一方、花粉による垂直伝染は、ウイルスを蓄積した花粉管が受精のため胚のうに侵入する際に、ウイルスが胚のうに持ち込まれ、そのウイルスが種子に感染することで生じる。つまり、花粉による水平伝染および垂直伝染は、花粉がベクターとなり、ウイルス感染花粉の受粉により花粉管が発芽し、ウイルスを蓄積した花粉管が柱頭へと侵入する共通点を持つが、その後は独立した経路により、両伝染を成立させている。このように、花粉伝染性ウイルスは、花粉に乗り、種子植物の有性生殖を巧みに利用して、水平および垂直にウイルスを伝染していく。ウイロイドでも、RBDV の実験と類似の花粉による水平伝染試験が行われ、RBDV と同様のメカニズムで伝染すると考えられている (YANAGISAWA and MATSUSHITA, 2018)。花粉により水平伝染した植物は、感染した初年度は潜在感染するため、1 年生作物の場合は、水平伝染の影響は小さいと考えられるが、垂直伝染 (種子伝染) に注意を払う必要がある。一方、果樹のような多年生作物は、毎年、感染花粉の受粉により健全植物へと水平伝染するため被害の拡大に注意が必要である。さらに、植物分類学上の異科の植物へ

もウイルスを水平伝染してしまうため、風や花粉媒介昆虫等の花粉媒介者により感染が拡大する可能性がある。植物ウイルスの伝染メカニズムを明らかにすることは、適切な防除法の確立に不可欠である。今後も花粉伝染性ウイルスの研究を続け、防除に役立てたい。

引用文献

- 1) BULGER, M. A. and R. R. MARTIN (1990): *Plant Dis.* **74**: 514~517.
- 2) CARD, S. D. et al. (2007): *Australas. Plant Pathol.* **36**: 455~461.
- 3) HIGASHIYAMA, T. et al. (2001): *Science* **293**: 1480~1483.
- 4) ISOGAI, M. et al. (2012 a): *Arch. Virol.* **157**: 297~303.
- 5) ——— et al. (2012 b): *J. Gen. Plant Pathol.* **78**: 360~363.
- 6) ——— et al. (2014): *Virology* **452-453**: 247~253.
- 7) ——— et al. (2015): *ibid.* **484**: 341~345.
- 8) ——— et al. (2017): *ibid.* **503**: 6~11.
- 9) ——— et al. (2018): *J. Gen. Plant Path.* **84**: 376~380.
- 10) ——— et al. (2019): *Virology* **526**: 222~230.
- 11) ——— et al. (2020 a): *ibid.* **542**: 28~33.
- 12) ——— et al. (2020 b): *Arch. Virol.* **165**: 2807~2815.
- 13) ——— et al. (2022): *J. Gen. Plant Pathol.* **88**: 81~87.
- 14) JONES, A. T. et al. (1982): *Ann. Appl. Biol.* **100**: 135~147.
- 15) MINK, G. I. (1992): *Ilarvirus Vectors*, In *Advances in Disease Vector Research*, Volume 9, Edited by K. F. HARRIS, New York, Springer-Verlag, p.261~281.
- 16) ——— (1993): *Annu. Rev. Plant Physiol.* **31**: 375~402.
- 17) MURANT, A. F. et al. (1974): *Ann. Appl. Biol.* **77**: 271~281.
- 18) REDDICK, D. and V. B. STEWART (1918): *Phytopathology* **8**: 530~534.
- 19) SDOODIE, R. and D. S. TEAKLE (1987): *Plant Pathol.* **36**: 377~380.
- 20) YANAGISAWA, H. and Y. MATSUSHITA (2018): *Virology* **516**: 258~264.

和歌山県における菌核病菌子のう胞子の
飛散消長とキャベツ菌核病の防除

和歌山県農業試験場 菱 池 まさ 志*

はじめに

和歌山県では、冬どり、春どりキャベツの栽培が行われているが、主産地の和歌山市では春どりキャベツで菌核病の発生が問題となっている（図-1）。特に、10月定植、3月収穫の作型および11月定植、4月収穫の作型で発生が多い。本病は土壌中の菌核から発生した子のう盤（図-2）が開盤、成熟し、そこから子のう胞子が飛散して伝染する。キャベツでは結球期以降に発病することが多く、本県の春どりキャベツでは1月ころに防除することが一般的であるが、1年で最も寒い時期に子のう胞子が飛散しているか疑問であった。そこで、子のう盤の形成状況を調べたところ、主に10~11月と3~4月に子のう盤の形成が認められた（菱池, 2018）。また、2月に薬剤散布しても防除効果が得られず（菱池, 2018）、子のう盤の形成が認められない1~2月は防除時期ではないと考えられた。正確な防除時期を知るためには、子のう胞子の飛散消長を明らかにする必要がある。その方法として、海外ではリアルタイム PCR を用いて、子のう胞子の飛散消長を調べた事例がある（ROGERS et al., 2009; PARKER et al., 2014; ALMQUIST and WALLENHAMMAR, 2015）。そこで、本稿では、リアルタイム PCR を用いて、菌核病菌の子のう胞子の飛散消長を明らかにするとともに、子のう胞子の飛散時期に体系防除を行い、防除効果を検証したので紹介する。

I リアルタイム PCR による菌核病菌子のう胞子の
飛散消長

草野ら（2014）および野村ら（2017）を参考に作製した、簡易型胞子採集器（図-3）を用いて、空気中の菌核病菌子のう胞子を採集した。簡易型胞子採集器は、自動

Seasonal Pattern of *Sclerotinia sclerotiorum* Ascospores Dispersal in Wakayama Prefecture and Chemical Control of *Sclerotinia* Rot of Cabbage. By Masashi HISHIUE

（キーワード：キャベツ、菌核病、子のう胞子、飛散消長、防除効果）

*現所属：和歌山県果樹試験場うめ研究所



図-1 菌核病の発病の様子

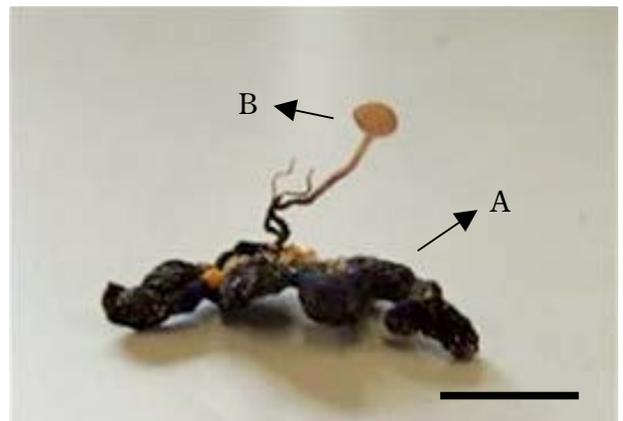


図-2 菌核と子のう盤

A: 菌核, B: 子のう盤, スケールは1 cm.

車用バッテリーを動力源として、採集器内の DC ファンモーターを駆動させて空気を吸入し、スライドガラスに貼り付けた両面テープに子のう胞子を捕捉するものである。調査は2か年行い、簡易型胞子採集器を、2018年11月22日から2019年6月12日までと、2019年9月18日から2020年6月12日まで農業試験場内のキャベツ栽培圃場の中央または近傍に設置した。両面テープトラップは6~8日ごとに交換した。両面テープからのDNAの抽出および精製は、ALMQUIST and WALLENHAMMAR (2015) を参考に行った。リアルタイム PCR には、Ss_F と Ss_R (YIN et al., 2009) のプライマーセットを使用し、PCR の反応条件もこれに従った。1 胞子当たりの DNA

量を 0.35 pg (ROGERS et al., 2009) として 1 平方センチメートル当たりの胞子数を算出した。試験期間中の平均気温および降水量は、農業試験場内設置の気象観測装置のデータを利用した。簡易型胞子採集器の作製およびリアルタイム PCR の詳細は、菱池 (2021) を参照していただきたい。

2018 年作における子のう胞子の主な飛散時期は、調査を開始した 11 月 22 日から 12 月 20 日までと、3 月 6 日から 6 月 5 日までであった (図-4)。捕捉された 1 平方センチメートル当たりの子のう胞子数は 1~43 個であった。子のう胞子が検出された期間の平均気温は、5.4~20.4℃であった。

2019 年作における子のう胞子の主な飛散時期は、12

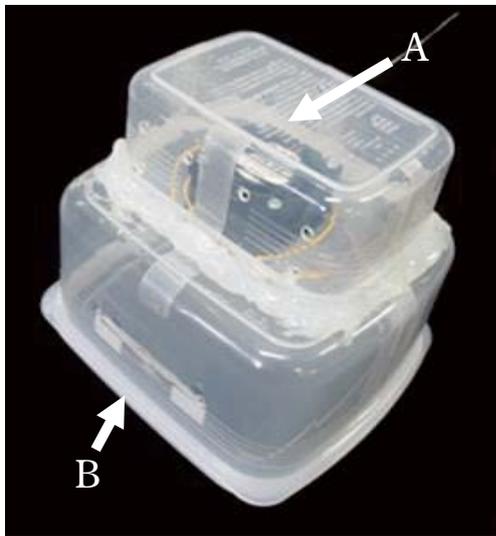


図-3 簡易型胞子採集器

A: DC ファンモーター B: 空気の吸入口.

月 6 日から 2 月 5 日までと、4 月 2 日から 5 月 7 日までであった (図-5)。捕捉された 1 平方センチメートル当たりの子のう胞子数は 1~240 個であった。子のう胞子が検出された期間の平均気温は、5.9~19.6℃であった。この 2 か年の結果から、本県の春どりキャベツの作型では、気温低下による一時中断を挟んだ作期前半と作期後半に子のう胞子が飛散することがわかった。また、子のう胞子の飛散時期の平均気温は 5~20℃であった。子のう盤の形成が認められる温度範囲については、10~20℃ (長井・深津, 1970) や 10~25℃ (ABAWI and GROGAN, 1975), 5~25℃ (CLARKSON et al., 2004) といった報告があり、本研究における子のう胞子の飛散が見られる温度範囲もほぼ同様であった。今回の調査に加えて、アメダスデータ (和歌山) の平均気温が 5~20℃の時期や、子のう盤の主な形成時期が、2016 年作で 10~11 月および 3~4 月 (菱池, 2018), 2017 年作で 11~12 月および 3 月 (菱池, 2021) であったことを併せて考えると、本県における菌核病菌子のう胞子の飛散時期は 10~12 月および 3~5 月と考えられた。

ただし、2019 年作の作期前半の子のう胞子の飛散時期は 12~1 月と異なった (図-5)。これは気象条件の影響を受けていると考えられる。子のう盤の形成には前述した気温だけでなく、土壌水分が飽和状態もしくはそれに近い状態であることが必要とされており (ABAWI and GROGAN, 1975; 1979; CLARKSON et al., 2004), 土壌の乾燥は子のう盤形成の抑制要因になると考えられる。2019 年 10 月から 2020 年 1 月の気象表を表-1 に示した。10 月は降水量が多かったものの気温が平年よりかなり高く、11 月の気温は平年並であったものの降水量がかな

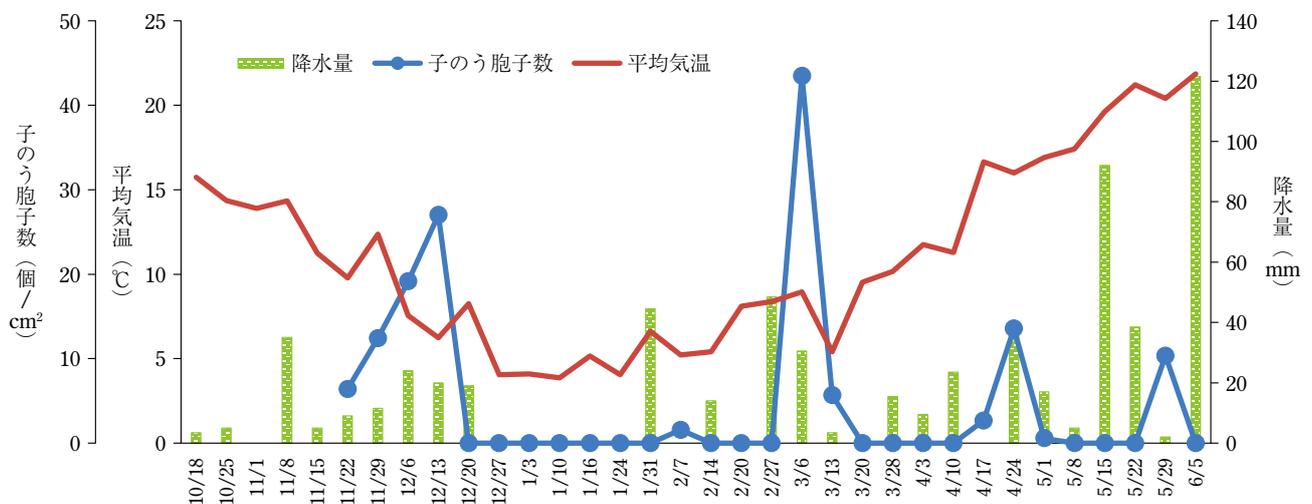


図-4 菌核病菌子のう胞子の飛散量と平均気温、降水量の推移 (2018~19 年)
日付はトラップの設置日.

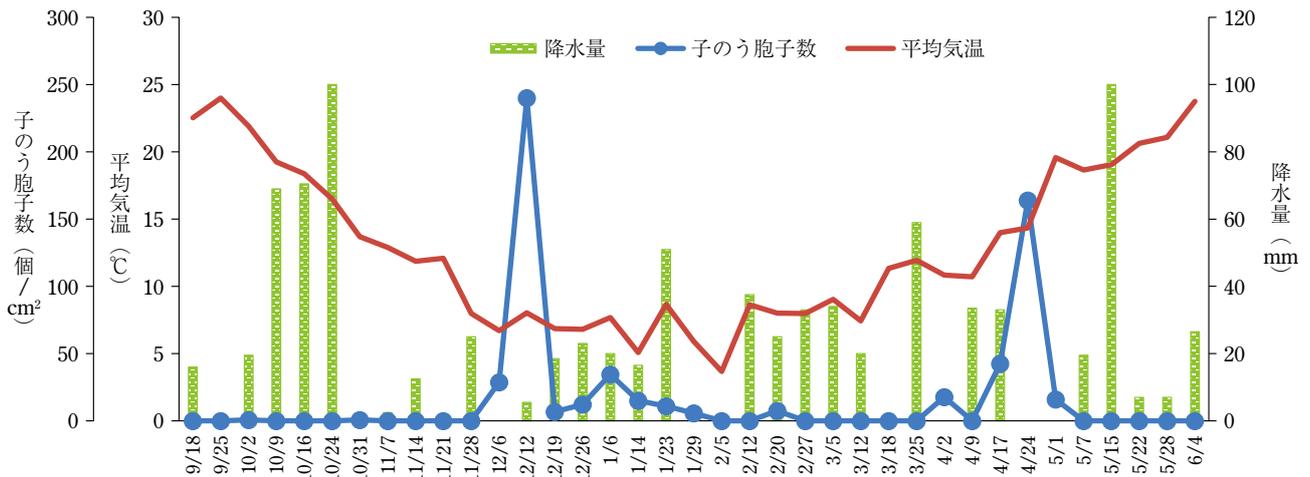


図-5 菌核病菌子のう胞子の飛散量と平均気温、降水量の推移（2019～20年）
日付はトラップの設置日。

表-1 2019年10月から2020年1月までの気象表（和歌山）

年	月	気温		降水量	
		平年差 (℃)	階級	平年比 (%)	階級
2019	10	+1.9	かなり高い	195	多い
2019	11	+0.5	平年並	17	かなり少ない
2019	12	+1.1	かなり高い	188	多い
2020	1	+2.6	かなり高い	177	多い

和歌山県の気象（和歌山地方気象台作成）から抜粋。

り少なかった。このため、子のう盤の発生が抑制された可能性がある。一方、12月と1月は気温が平年よりかなり高く、降水量は多かったため、子のう盤の発生が促され、通常であれば終息する1月も子のう胞子の飛散が認められたと考えられた。

II 体系防除の防除効果

極力散布回数を減らした効率的な防除を行うため、2017年作において主要薬剤の残効期間を調べた。その結果、ボスカリド水和剤、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤は、35日程度の長期間の残効が認められた（菱池，2021）。2018年作では、これらの薬剤を用いた体系防除を検討した。また、2019年作では、ピラジフルミド水和剤の散布またはセルトレイ灌注を1回目の処理とした体系防除を検討した。ピラジフルミド水和剤は残効期間の検討を行っていない。しかし、ピラジフルミド水和剤は優れた耐雨性および残効性を有するとされている（伯野，2018）。また、ピラジフルミド水和剤のセルトレイ灌注処理の効果持続期間は定植後5週間とされ（西村・山下，2020）、ボスカリド水和剤やピラクロスト

ロビン・ボスカリド水和剤の散布処理と同等の残効期間が期待できると考えられた。2か年とも農業試験場内露地圃場で、11月定植、4月収穫の作型で試験を行った。品種は‘めぐみ’を供試した。

2018年作では、12月上旬、12月中旬、2月下旬の3回散布区、12月上旬、2月下旬の2回散布区の2試験区を設けた。3回散布、2回散布区とも防除価70.8と同等の防除効果であった（表-2）。2019年作では、11月下旬、12月中旬、3月上旬の3回散布区、11月下旬、3月上旬の2回散布区、11月中旬の定植前日にセルトレイ灌注、3月上旬に散布のセルトレイ灌注+1回散布区の3試験区を設けた。3回散布区の防除価は90.5、2回散布区で90.4と同等の防除効果で、セルトレイ灌注+1回散布区でも防除価76.2と防除効果が認められた（表-3）。

無処理区の発病株率は2018年作で7.8%、2019年作で23.3%と発生程度は異なったが、いずれの試験でも3回散布区と2回散布区の防除価に差はなかった。このため、11月定植、4月収穫の作型では、長期間の残効が期待できる薬剤を、定植直後と3月上旬ころの2回散布することで防除効果が得られると考えられた。

2019年作の試験では、定植直後の1回目の散布をピラジフルミド水和剤のセルトレイ灌注に置き換えても、防除効果が認められた。このことから、セルトレイ灌注処理を利用することで、圃場における散布回数が削減でき、省力化につながると考えられた。この試験では、ピラジフルミド水和剤をセルトレイ灌注した区が、散布した区に比べて防除効果がやや劣った。この年は定植時に子のう胞子の飛散が始まっておらず、作期前半の終息時期が遅かったため、処理時期が遅かった散布処理で防除効果が高かった可能性がある。

表-2 キャベツ菌核病に対する体系防除の防除効果 (2018 年作)

試験区	散布日			調査 株数	発病 株数	発病株率 (%)	防除価
	12/1	12/18	2/26				
3回散布	C	F	S	88	2	2.3	70.8
2回散布	C	-	F	88	2	2.3	70.8
無処理				90	7	7.8	

定植日：2018年11月21日。調査日：2019年4月19日。

1区28~30株 3反復 数値は合計。

C：ボスカリド水和剤1,500倍，F：ピリベンカルブ水和剤2,000倍，

S：ピラクロストロピン・ボスカリド水和剤1,500倍。

表-3 キャベツ菌核病に対する体系防除の防除効果 (2019 年作)

試験区	セルトレイ灌注日	散布日		調査 株数	発病 株数	発病株率 (%)	防除価	
	11/19	11/25	12/19					3/7
3回散布	-	P	C	S	90	2	2.2	90.5
2回散布	-	P	-	S	89	2	2.2	90.4
セルトレイ灌注+1回散布	P	-	-	S	90	5	5.6	76.2
無処理					90	21	23.3	

定植日：2019年11月20日。調査日：2020年4月17日。

1区29~30菌株 3反復 数値は合計。

セルトレイ灌注 P：ピラジフルミド水和剤100倍 500ml/トレイ。

散布 P：ピラジフルミド水和剤2,000倍，C：ボスカリド水和剤1,500倍，

S：ピラクロストロピン・ボスカリド水和剤1,500倍。

おわりに

本県における菌核病菌の子のう胞子の飛散時期は、気象条件によりやや前後するものの、10~12月と3~5月であると考えられた。このことから、本県の春どりキャベツの作型では、定植時~12月と3月以降が防除時期であり、この時期に薬剤処理することで防除効果を得られることがわかった。

今回の対象作物はキャベツであったが、病原菌の *Sclerotinia sclerotiorum* は、129品目で病害として報告がある（日本植物病名データベース、2022年9月現在）多犯性の病原菌である。子のう胞子の飛散時期に防除が必要なことはどの品目でも共通であるので、菌核病の防除を成功させるためには伝染源である子のう胞子の飛散時期を知る必要がある。子のう胞子の飛散時期は気象条件に左右されるため、本県の飛散時期が他県でも当てはまるとは限らない。そのため、キャベツに限らず菌核病の防除に苦慮されている場合は、各地域の子のう胞子の飛散時期を調べてみていただきたい。リアルタイム PCR

は高価な機器が必要で労力もかかるが、子のう胞子の飛散時期と子のう盤の形成時期に大きなずれはなかったため、子のう盤の形成時期を調べれば十分であるし、平均気温からある程度推測することも可能であると思われる。本稿が、菌核病防除の一助となれば幸いである。

引用文献

- 1) ABAWI, G. S. and R. G. GROGAN (1975): *Phytopathology* **65**: 300~309.
- 2) ———— (1979): *ibid.* **69**: 899~904.
- 3) ALMQUIST, C. and A.-C. WALLENHAMMAR (2015): *Plant Pathol.* **64**: 109~118.
- 4) CLARKSON, J. P. et al. (2004): *Phytopathology* **94**: 268~279.
- 5) 伯野史明 (2018): *植物防疫* **72**: 686~689.
- 6) 菱池政志 (2018): 同上 **72**: 554~557.
- 7) ———— (2021): *和歌山農林水研報* **9**: 1~11.
- 8) 草野尚雄ら (2014): *茨城農総七園研研報* **21**: 15~20.
- 9) 長井雄治・深津量栄 (1970): *千葉農試研報* **10**: 73~90.
- 10) 西村 昭・山下真生 (2020): *植物防疫* **74**: 224~230.
- 11) 野村康弘ら (2017): *岐阜農技七研報* **17**: 13~23.
- 12) PARKER, M. L. et al. (2014): *Plant Dis.* **98**: 32~42.
- 13) ROGERS, S. L. et al. (2009): *Plant Pathol.* **58**: 324~331.
- 14) YIN, Y. et al. (2009): *J. Phytopathol.* **157**: 465~469.



イチゴ炭疽病に対する育苗期の薬剤防除

愛知県農業総合試験場 たけやま 武山 けいこ 桂子・石井 いしい 直樹・内田 なおき 祐太 うちだ 祐太 ゆうた

はじめに

愛知県のイチゴ栽培面積は約 260 ha で、全国第 6 位、収穫量は 10,400 t で全国第 5 位であり、重要な品目となっている（令和 2 年野菜生産出荷統計 2020 年）。一方、本県では、育苗期のイチゴ炭疽病の発生が問題となっており、令和 4 年 7 月下旬の調査で、発生圃場率は 30.8%（県内 26 育苗圃場調査）であった（令和 4 年度病害虫発生予察注意報第 4 号）。本病は、高温になる夏の育苗期に発生しやすく、感染すると、ランナーや葉柄に黒色、紡錘形の浅く陥没した病斑を生じ、葉に小斑点を生じる。発病初期は株の一部の葉が萎れ、症状が進むと枯死する。高温多湿条件で病斑上に大量の分生子を形成し、雨水や灌水によって飛散して二次感染する（石川ら、1989）ため、育苗期の薬剤防除が重要となる。しかし、イチゴの育苗は雨よけ栽培が一般的だが、一部育苗棚を利用した露地栽培もある。また、親株から切り離れたあとの子株を露地の育苗棚で管理している場面も散見される。

そこで、愛知県内の育苗期における主要薬剤の防除効果および降雨の影響が少ない薬剤を検討した。また、薬剤耐性リスクの低い殺菌剤を中心とした育苗期の防除体

系も検討した。本稿では、これらの取り組み（武山ら、2021；2022）について紹介する。

I 育苗期の殺菌剤の防除効果

イチゴ炭疽病に登録のある殺菌剤 9 種（表-1）について、育苗期の予防的散布による防除効果を検討した。表-1 に示した殺菌剤の所定濃度の希釈液を、親株から切り離し 5 複葉展開した 9 cm ポット苗（品種‘章姫’）に 1 株当たり約 10 ml（葉の表裏がしっかり濡れる程度）肩掛け式噴霧器で散布し、屋内で風乾した。ただし、ベノミル水和剤は、灌注処理（100 ml/株）した。薬剤散布時には各薬剤ともに展着剤（グラミン S 10,000 倍）を加用した。1 薬剤につき 5 株を供試した。24 時間後に本病菌の分生子懸濁液（ 1×10^6 個/ml）を 1 株当たり 5 ml 噴霧接種した。接種後すぐに葉が濡れた状態でポリ袋に入れ、高湿度条件下の 28℃ の恒温器で 3 日間静置したのち、ポリ袋から出して 25℃ の室内で管理した。灌水は底面給水で行った。接種に用いた分生子懸濁液は、2019 年に愛知県新城市内のイチゴから分離した炭疽病菌（菌株 shin1）（*Glomerella cingulata*）を用いた。本菌株はベノミルおよびアゾキシストロピンの耐性菌である。これ

表-1 本試験に用いた殺菌剤

薬剤名	系統	FRAC コード	成分量 (%)	希釈倍率 (倍) ^{a)}
ベノミル水和剤	ベンズイミダゾール系	1	50	500
チオファネートメチル水和剤＋ ジエトフェンカルブ水和剤（混合剤）	ベンズイミダゾール系＋ N-フェニールカーバメート系	1.10	12.5＋52.5	1,000
フルジオキソニル水和剤	フェニルピロール系	12	20	1,000
イミノクタジナルベシル酸塩水和剤	グアニジン系	U12	30	1,000
キャプタン水和剤	有機塩素系	M04	80	800
プロピネブ水和剤	有機硫黄	M03	70	600
マンゼブ水和剤	有機硫黄	M03	80	600
ジチアノン水和剤	有機硫黄	M09	42	1,000

^{a)} イチゴ炭疽病に適用されている希釈倍率。
武山ら、2021 より転載。

Chemical Control for Strawberry Anthracnose During The Nursery Period. By Keiko TAKEYAMA, Naoki ISHII and Yuta UCHIDA
(キーワード：イチゴ炭疽病，薬剤防除，育苗期)

を PDA 平板培地に移植し、28℃で2週間培養したのち、蒸留水を 10 ml 滴下して筆でかきとった分生子を2重ガーゼでろ過し、所定の濃度（ 1×10^6 個/ml）に蒸留水で調整して作製した。菌株 shin1 は愛知県内で採集された 34 菌株のうち、PDA 培地を用いた複数の薬剤の感受性検定で平均的な値を示しているため（データ未発表）、接種菌株とした。

判定は、菌接種から 13 日後に行った。本病の発病状況を指数別に各区 25 葉（5 株×5 葉）調査し、発病度および防除価を下記により算出した。

発病指数は 0：発病を認めない，1：小葉または葉柄にわずかな病斑（10 個以内），2：小葉または葉柄に多数の病斑，3：葉柄の折損，4：株全体の萎ちようまたは枯死，とした。

$$\text{発病度} = \frac{\sum (\text{指数別発病葉数} \times \text{指数})}{\text{調査葉数} \times 4} \times 100$$

$$\text{防除価} = \{1 - (\text{薬剤処理区の平均発病度} / \text{無処理区の平均発病度})\} \times 100$$

本菌接種 13 日後の各薬剤における発病葉率、発病度および防除価を表-2、表-3 に示した。表-3 の有機銅水和剤のみイチゴ苗の採取時期が異なったため、別試験として表を分けて記載した。

本試験は、高濃度の病原菌を直接植物体に噴霧接種したため、菌接種 8 日後には、無処理区で発病葉率 100%、発病度 52.0、13 日後には、発病葉率 100%、発病度 81.0

となり、甚発生条件で行った。防除効果が高かった薬剤は、菌接種 13 日後の調査において、フルジオキシニル水和剤、イミノクタジナルベシル酸塩水和剤、プロピネブ水和剤、マンゼブ水和剤およびジチアノン水和剤で、防除価が 90 以上となった。キャプタン水和剤は防除価 88.9、ジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤および有機銅水和剤は防除価が 75 以上となり防除効果が認められた。ベノミル水和剤は、防除価が 6.2 と著しく低く、防除効果が認められなかった。薬害は各薬剤ともに認められなかった。

II 育苗期の降雨時における殺菌剤の防除効果

上記の試験で用いた表-1 の薬剤のうち、防除効果が認められなかったベノミル水和剤を除いた 8 剤を供試し、育苗期の降雨時における殺菌剤の防除効果を検討した。接種菌株およびイチゴ苗は前述の試験と同様のものを用いた。

連続した降雨が 2~3 日続くと予想される前日に、施設内で肩掛け式噴霧器を用いて薬剤をイチゴ苗 1 株当たり約 10 ml（葉の表裏がしっかりと濡れる程度）散布（各剤とも展着剤グラミン S（10,000 倍）を加用）した。翌日に薬剤散布済みのイチゴ苗を屋外の網棚に置き、各区の中央に菌株 shin1 を接種した罹病株を 1 株設置して接種源とし、降雨にあてた後、施設内にもどし、接種源は取り除いた。灌水は底面給水で行った。

表-2 各種殺菌剤のイチゴ炭疽病に対する防除効果（室内試験）

薬剤名	調査葉数	発病葉率	発病度	防除価
ベノミル水和剤	25	100	76.0	6.2
ジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤	20 ^{a)}	45	18.8	76.9
フルジオキシニル水和剤	25	4	1.0	98.8
イミノクタジナルベシル酸塩水和剤	25	12	3.0	96.3
キャプタン水和剤	25	16	9.0	88.9
プロピネブ水和剤	25	12	3.0	96.3
マンゼブ水和剤	25	16	5.0	93.8
ジチアノン水和剤	25	8	2.0	97.5
無処理	25	100	81.0	

^{a)} ジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤は、コガネムシの食害が激しい株を調査から外したため、調査葉数が 20 枚となった。

武山ら，2021 より転載。

表-3 有機銅水和剤のイチゴ炭疽病に対する防除効果（室内試験）

薬剤名	調査葉数	発病葉率	発病度	防除価
有機銅水和剤	25	32	15.0	75.8
無処理	25	100	62.0	

武山ら，2021 より転載。

試験は1区あたり、イチゴ菌5株とし、3連制、2回（調査1：2020年7月、調査2：2020年9月）調査を行った。

発病調査は、発病葉率を随時確認し、無処理区の発病葉率が80%以上となった接種13日後（調査1）あるいは接種19日後（調査2）に、指数別に各区25葉（5株×5葉）調査し、発病度および防除価をI章の試験と同様に算出した。

調査1の降水量の合計は45.0 mm、平均気温は27.1℃、調査2の降水量の合計は30.5 mm、平均気温は27.3℃であった。

調査1および2の各薬剤における発病葉率、発病度および防除価を表-4に示した。調査1では罹病株接種13日後に無処理の発病葉率が80.0%となった。調査2では罹病株接種19日後の発病葉率が81.3%となった。調査1、調査2ともに安定して防除価が90.0以上あったのが、フルジオキシニル水和剤、キャプタン水和剤およびプロピネブ水和剤であり、降雨の影響が少ないと考えられた。マンゼブ水和剤は防除価78.8（調査1）と85.9（調査2）となり、ジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤は防除価77.1（調査1）、86.4（調査2）となった。この2剤は、上記の剤より劣るが、降雨時でもある程度防除効果があると考えられた。有機銅水和剤は防除価が46.4（調査1）、68.3（調査2）と低めであり、降雨なしの防除価75.8と比較しても防除効果が低く、降雨の影響があると考えられた。調査1および2の結果にばらつきのあった剤は、イミノクタジナルベシル酸塩水和剤とジチアノン水和剤で、降雨回数や風等の降雨条件により防除効果に幅が生じた可能性が考えられる。

以上の結果から、イチゴ炭疽病の薬剤の防除体系で、降雨前の散布でも安定して効果が高く、有効であるの

は、フルジオキシニル水和剤、プロピネブ水和剤およびキャプタン水和剤であると考えられる。次に、マンゼブ水和剤、ジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤が有効であると考えられる。イミノクタジナルベシル酸塩水和剤、ジチアノン水和剤は、降雨の影響がない条件下では防除効果が高いことから、降雨が予想されない天候での使用が望ましいと考えられた。

III 育苗期の殺菌剤の防除体系

国内では一部の殺菌剤（アズキシストロビン剤、ベノミル剤、ジエトフェンカルブ剤およびチオファネートメチル剤）に対して本病耐性菌が確認されている（稲田ら、2009；平山ら、2009；菊池ら、2010；足立・渡辺、2014）。そこで、薬剤耐性リスクの低い殺菌剤を中心に育苗期の防除体系を組み、露地および施設内で薬剤の効果を検討した。

薬剤の防除体系を表-5に示した。以下、多作用点接触活性を持つ予防効果の高い剤を保護剤とし、菌糸生育阻害活性がありポット試験で効果の高かった殺菌剤を阻害剤と表記する。保護剤による防除体系をA区、保護剤に阻害剤を組合せた防除体系をB区、A区に阻害剤を混用した防除体系をC区、A区に加え、降雨後に阻害剤を追加散布した防除体系をD区とした。D区は露地試験のみ設置し、図-1に露地の降水量と、降雨後D区へ薬剤追加散布した時期を記した。

1区につき、イチゴ苗20株を用い、3連制とした。品種は‘章姫’を用い、親株から切り離して5複製展開したポット苗を用いた。2020年の7月15日から8月25日まで7日間隔で、各薬剤を葉の表裏がしっかり濡れる程度、肩掛け式噴霧器で処理した。薬剤散布時には、展着

表-4 各種殺菌剤のイチゴ炭疽病に対する防除効果（露地降雨試験）

薬剤名	調査1				調査2			
	調査葉数	発病葉率	発病度	防除価	調査葉数	発病葉率	発病度	防除価
ジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤	75	36.0	13.7	77.1	75	21.3	9.0	86.4
フルジオキシニル水和剤	75	12.0	3.0	95.0	75	2.7	0.7	99.0
イミノクタジナルベシル酸塩水和剤	75	50.7	23.7	60.3	75	13.3	4.7	93.0
キャプタン水和剤	75	8.0	2.7	95.5	75	6.7	1.7	97.5
プロピネブ水和剤	75	12.0	5.0	91.6	75	6.7	4.0	94.0
マンゼブ水和剤	75	29.3	12.7	78.8	75	17.3	9.3	85.9
ジチアノン水和剤	75	10.7	4.0	93.3	70 ^{a)}	28.6	18.6	72.0
有機銅水和剤	75	61.3	32.0	46.4	75	41.3	21.0	68.3
無処理	75	80.0	59.7		75	81.3	66.3	

^{a)} 調査2のジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤は、コガネムシの食害が激しい株を調査から外したため、3連のうち1区について調査葉数が20枚となった。
武山ら、2021より改変して転載。

表-5 イチゴ炭疽病に対する薬剤防除体系

薬剤散布日	A区	B区	C区	D区(露地のみ) ^{a)}
7月15日	マンゼブ水和剤	マンゼブ水和剤	マンゼブ水和剤	マンゼブ水和剤
7月19日 ^{a)}				フルジオキシニル水和剤
7月21日	プロピネブ水和剤	プロピネブ水和剤	プロピネブ水和剤	プロピネブ水和剤
7月27日 ^{a)}				キャプタン水和剤 イミノクタジナルベシル酸塩
7月28日	キャプタン水和剤	フルジオキシニル水和剤	キャプタン水和剤 フルジオキシニル水和剤	
8月4日	有機銅水和剤	キャプタン水和剤	有機銅水和剤	有機銅水和剤
8月11日	マンゼブ水和剤	マンゼブ水和剤	マンゼブ水和剤	マンゼブ水和剤
8月18日	プロピネブ水和剤	イミノクタジナルベシル酸塩水和剤	プロピネブ水和剤 イミノクタジナルベシル酸塩	プロピネブ水和剤
8月24日 ^{a)}				キャプタン水和剤 ジエトフェンカルブ+チオファネートメチル水和剤
8月25日	キャプタン水和剤	有機銅水和剤	キャプタン水和剤	

^{a)} 露地栽培では降雨のあった翌日に薬剤追加散布を行った。

網掛けは阻害剤を表す。

武山ら, 2022より転載。

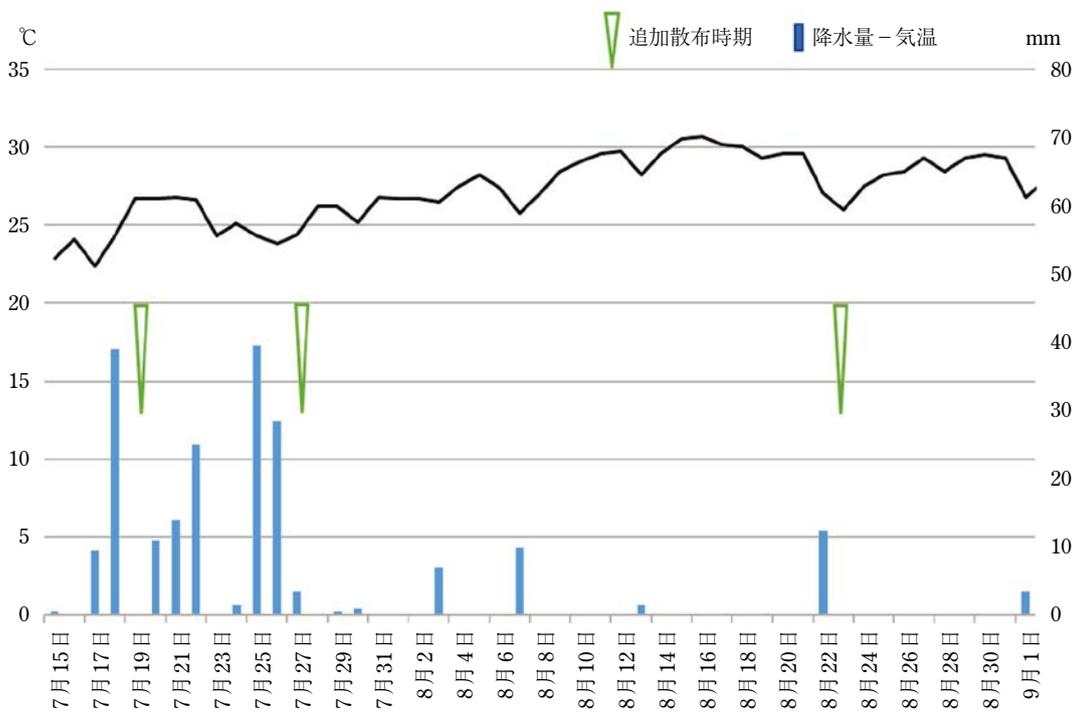


図-1 栽培期間中の降雨日・降水量・気温と降雨後の追加薬剤散布時期

武山ら, 2022より転載。

剤（グラミン S 10,000 倍）を加用した。最初の薬剤散布後に、各区の中央に本病罹病株を 1 株置いて接種源とした。罹病株の作成には、前述の I 章の試験と同様の方法を用いた。ただし、接種源となる罹病株は、試験期間中取り除かなかった。本試験は、露地および施設ともに育苗棚（高さ 80 cm）で行い、灌水は 1 日 2 回細霧スプリンクラーで行った。

最初の薬剤散布 7 日後から 7 日間隔で全株の本病の発病状況を指数別に調査し、発病株率、発病度を前述の試験と同様に算出した。

露地試験の発病度の推移を図-2 に示した。通常の栽培では、罹病株は見つけたらすぐに取り除くが、本試験では調査期間中罹病株を取り除かず置いたままの調査とした。また、7 月後半に降雨が多かったことから、本病のまん延に好適な条件となった。

露地試験では、7 月 21 日に無処理区と A 区で発病が見られはじめ、7 月 28 日にはすべての区で発病が見られた。8 月 11 日には無処理区すべての株で発病が見られ、発病度が 74.6 となった。無処理区と比較すると、いずれの区も 7 月 28 日から発病度が低く、発病に対する防除効果が認められた（発病株率で Tukey の多重比較検定法 5% の有意差（以下 Tukey 法とする）が認められた。データ省略）。B 区および C 区は、8 月 4 日までの 3 週間はほぼ同等の発病度で推移し、その後やや差が開いたが 9 月 1 日の調査で発病度の差は 5.8 となり、調査期間を通して有意な差は認められなかった。降雨後に追加散布した D 区は、発病度が他の区に比べ低く推移する傾向にあった（8 月 18 日および 25 日の発病株率が A 区および B 区に比べ D 区が低く、Tukey 法で有意差

が認められた。データ省略）。なお、葉害は全区で認められなかった。

施設試験の各区の発病度の推移を図-3 に示した。7 月 28 日に無処理区、A 区および C 区で発病が見られはじめ、8 月 4 日には全区で発病が見られた。無処理区の発病度は 8 月 18 日までは急激に、それ以降が穏やかに上昇した。8 月 25 日には無処理区ですべての株が発病した。無処理区と比較すると、いずれの区も 8 月 4 日から発病度が低く、発病に対する防除効果が認められた（発病株率で Tukey 法で有意差あり。データ省略）。また、各薬剤処理区間で差は認められなかった（発病株率で Tukey 法で有意差なし。データ省略）。特に B 区と C 区では発病度の差が小さく、2.5 以下にとどまった。なお、葉害は全区で認められなかった。

露地試験と施設試験を比較すると、露地では発病が 1 週間早い、1 か月後には無処理区で同等の発病度となった。灌水を細霧スプリンクラーで行ったため、発病を助長したと思われる。また、B 区と C 区では、どちらの試験区でも C 区のほうが低く推移する傾向にはあるものの、Tukey 法による多重比較検定では、発病株率に有意差は認められず（データ省略）、保護剤と阻害剤を混用して散布する効果は認められなかった。降雨後に追加散布する D 区では、散布回数他の区と比べて 1 回増加しただけであったが A 区および B 区より効果が高く、フルジオキシニルやイミノクタジナルベシル酸塩およびチオファネートメチル+ジエトフェンカルブといった効果の高い剤を降雨後に散布することが有効と考えられた。

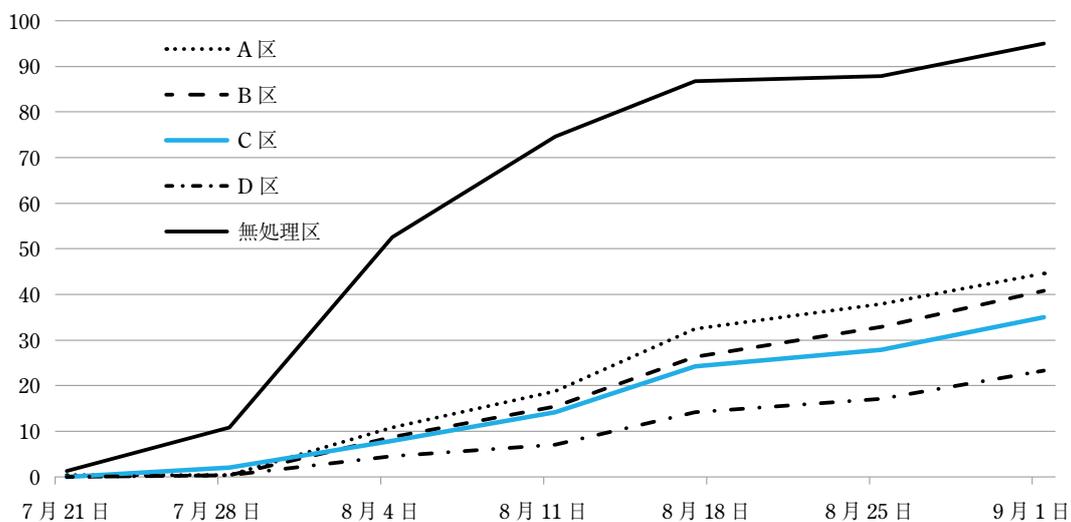


図-2 露地栽培における防除体系ごとのイチゴ炭疽病の発病度
武山ら, 2022 より改変して転載。

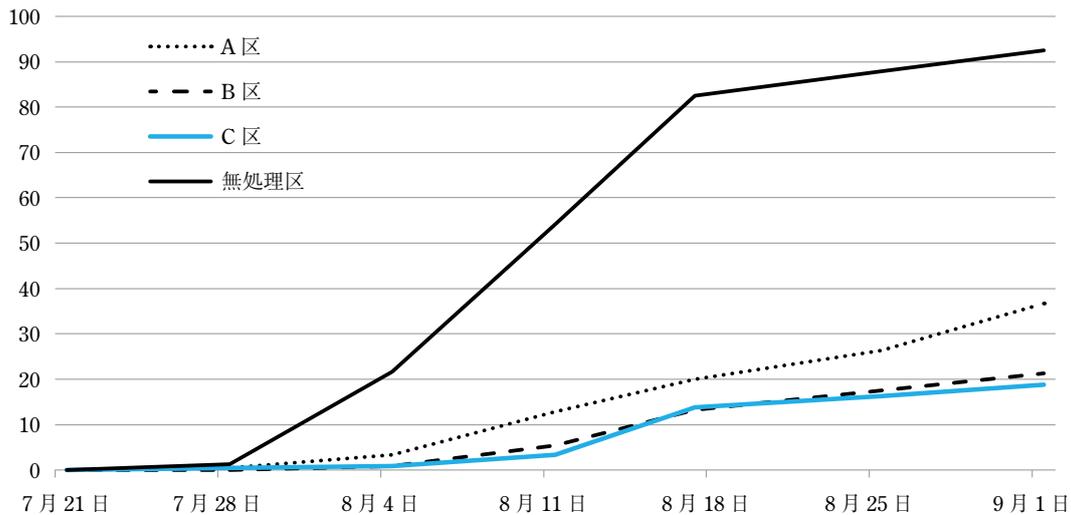


図-3 施設栽培における防除体系ごとのイチゴ炭疽病の発病度
武山ら, 2022より改変して転載.

おわりに

本試験では、降雨条件での殺菌剤効果を検討したが、各剤とも機能性のない展着剤グラミンS(10,000倍)を添加している。展着剤には、耐雨性を高める機能のものもあるため、今後これらの使用も検討が必要である。また、本試験は感染株を取り除かないで行ったこともあり、薬剤防除効果は認められたものの、薬剤防除だけでは十分とはいえなかった。育苗期のイチゴ炭疽病の防除については株元灌水育苗により発病が抑制されることや(高野・小林, 2015)、雑草管理を適切に行うことの重要性

が示唆されており(平山, 2022)これらの耕種的防除との組合せが重要と考えられる。

引用文献

- 1) 足立昌俊・渡辺秀樹(2014): 関西病虫研報 56: 80~90.
- 2) 平山喜彦ら(2009): 植物防疫 63(8): 26~30.
- 3) ———(2022): 奈良農研セ研報 53: 79~128.
- 4) 稲田 稔ら(2009): 九病虫研報 55: 31~36.
- 5) 石川成寿ら(1989): 関東東山病害虫研報 36: 87.
- 6) 菊地麻里ら(2010): 茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告 17: 35~42.
- 7) 高野純一・小林 誠(2015): 関東東山病害虫研報 62: 24~27.
- 8) 武山桂子ら(2021): 愛知県農総試研報 53: 67~72.
- 9) ———ら(2022): 関西病虫研報 64: 105~107.

農林水産省プレスリリース (2022.9.13~2022.10.13)

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。

- ◆みどりの食料システム法の本格運用がスタートします! (22/9/15) /kanbo/b_kankyo/220915.html
- ◆「令和3年地球温暖化影響調査レポート」の公表について (22/9/16) /nousan/kankyo/220916.html
- ◆「グリーンな栽培体系を学ぶ第1回オンラインセミナー」の開催について (22/9/20) /nousan/gizyutu/220920.html
- ◆「アグリビジネス創出フェア2022『産学官連携イノ

ベーション』～スタートアップ創出元年～」の開催について (22/10/3) <https://www.affrc.maff.go.jp/docs/press/221003.html>

- ◆「令和4年度病害虫発生予報第8号」の発表について (22/10/12) /syouan/syokubo/221012.html
- ◆「グリーンな栽培体系実践セミナー」の開催について (22/10/13) /nousan/gizyutu/221013.html



新しい侵入害虫トマトキバガについて

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 みず たに のぶ お
植物防疫研究部門 基盤防除技術研究領域 水 谷 信 夫

はじめに

近年、物流のグローバル化や気候の温暖化によって、様々な害虫がその生息域を拡大している。トマトキバガ *Tuta absoluta* は、キバガ科 (Gelechiidea) に属する微小なガである。南米原産でナス科の植物を好み、南米でトマトの大害虫として知られていた (BARRIENTOS et al., 1998 等)。本種は、2006 年にスペインで確認された (URBANEJA et al., 2007) 後、地中海沿岸と欧州に急速に広がり、これらの地域でトマトに深刻な被害を与えている (GERMAIN et al., 2009 ; DESNEUX et al., 2010)。さらに、アフリカや中東、アジアにも分布を拡大し、これらの地域においてもトマトの持続的な生産を脅かしている (BRÉVAULT et al., 2014 ; CAMPOS et al., 2017 等)。

トマトキバガは、日本では検疫有害動植物に指定され、侵入が警戒されていた (農林水産省横浜植物防疫所, 2020 改訂) が、2021 年 10 月に熊本県のトマト栽培ハウスにおいて国内で初めて発生が確認された。同年 12 月には宮崎県でも発生が確認され、さらに 2022 年 3 月以降、福岡県、長崎県、大分県、鹿児島県、愛媛県、山口県、広島県、岡山県、和歌山県で本種の合成性フェロモン剤を誘引源としたフェロモントラップで成虫の誘殺が確認されている。

トマトキバガは、比較的高緯度である欧州において分布や被害が拡大していることから、我が国においても、今後、分布拡大や被害の発生が懸念される。そこで、本稿では、これまでに海外で報告されている本種の特徴および生態、分布の拡大、防除対策等について概説する。本稿を通じて、本種がどのような特徴を持つ害虫であるかについて理解を深めていただき、“正しく恐れる”ことで、必要な対策を講ずるための参考にしていただければと考えている。

なお、本稿は引用文献の 1), 2), 4), 6), 14), 15)

Newly Invaded Insect Pest, Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* in Japan. By Nobuo MIZUTANI

(キーワード: トマトキバガ, 寄主植物, 分布, 生態, 薬剤感受性, 防除技術)

に記した総説を基に作成した。本文中に記した文献のうち、下記の引用文献に記されていない文献に関しては、上記の六つの文献内に記されているので、そちらを参考にさせていただきたい。

I 特徴および生態

(DESNEUX et al., 2010 ; ZHANG et al., 2021 より引用)

トマトキバガは、体長が成虫で 5~7 mm, 終齢幼虫で 8 mm 程度の微小なガである (図-1~3)。ジャガイモなどナス科作物の害虫として知られているジャガイモガ (ジャガイモキバガ) *Phthorimaea operculella* と成虫の外観が酷似している。成虫の交尾器や終齢幼虫の外部形態 (前胸背面の黒色横帯の太さ) によって識別することができるが、同定にあたっては注意が必要である。

トマトキバガは、トマトやジャガイモ、ナス、タバコ、ピーマン (パプリカ)、トウガラシ、ホオズキ、タマリロ (ツリートマト) 等ナス科作物を加害するほか、マメ科 (インゲンマメ) が寄主植物として報告されている。また、野生寄主植物として、ナス科を中心にイヌホオズキ、テリミノイヌホオズキ、ヒヨドリジョウゴ、ワルナスビ等の報告がある (EPPO, 2009 等)。作物、野生植物ともに、ナス科を嗜好する傾向が強い。このうち、ナスについては、品種によって果実への加害性が異なるという報告がある。ナス科以外の野生寄主植物が寄主として報告されている事例もあるが、室内試験などで否定されている事例もあり、慎重に検討する必要がある。

トマトでは、葉や茎の下面に産卵されることが多く (ESTAY, 2000)、ふ化した幼虫は葉に潜って食害するほか、茎や果実にも食入する。葉が食害されることで収量などに影響するほか、果実では食入によって表面に穴が空いて品質の低下をもたらしたり、食入によってできた坑道に病原菌が二次的に感染し腐敗が起こる。茎への食害が壊死を引き起こしたり、最終的に成長点が食害されトマトの発育が停止したりすることによって大きな被害をもたらす (図-4~9)。ジャガイモでは地上部のみを加害し塊茎を直接食害することはないとされていた (PEREYRA and SÁNCHEZ, 2006) が、地下茎を加害するとい

う報告 (USDA, 2011) もあり、今後、確認する必要がある。

成虫の寿命は雌が 10~15 日、雄が 6~7 日 (ESTAY, 2000) で、雌は最初の交尾から最長で 7 日間産卵し、最大で 260 卵程度を産下する (UCHÓA-FERNANDES et al., 1995)。トマトキバガは多化性で、南米では年 10~12 世代を経過し、温暖な地中海沿岸では、一年中成虫が見られる (VERCHER et al., 2010)。幼虫は餌が利用できる限り休眠せず、4℃で数週間生存する (VERCHER et al., 2010) が、その一方で、3~4 齢幼虫を短日条件下で 2~5℃ほどの低温で飼育すると蛹で随意休眠することが欧州の個体群で報告されている (CAMPOS et al., 2021)。また、気温や湿度に基づき、世界における本種の生息可能地域を予測するモデルが報告されている (SANTANA Jr. et al., 2019)。これによると、本種は世界の熱帯から温帯 (砂漠地帯は除く) に広く生息可能であることが懸念されるが、本モデルで採用されている低温耐性に関するパラメータには検討の余地がある。低温耐性は温帯での生息の可否に大きく影響することから、今後、日本における分布拡大やその要因として重要な越冬リスクについては、あらためて検討する必要がある。

II 移動と分布の拡大

1 南米における分布と欧州への侵入 (DESNEUX et al., 2010 ; 2011 ; CAMPOS et al., 2017 ; BIONDI et al., 2018 より引用)

トマトキバガは、南米原産でペルーにおいて原記載され、1980 年代にアルゼンチン、ボリビア、ブラジル、チリ、コロンビア、エクアドル、パラグアイ、ペルー、ウルグアイ、ベネズエラで害虫として記録されていた。一般的に、標高 1,000 m までの露地圃場で生息が確認されている。南米での分布拡大には、大陸内での農産物 (トマト果実など) の貿易が関与したとされている (CÁCERES, 1992)。

欧州では、スペインで 2006 年に初めて報告された (URBANEJA et al., 2007) 後、2007 年に同国の地中海沿岸のトマトハウスで大きな被害をもたらし、やがてスペイン全土の沿岸部に被害が広がった。2008~09 年にかけて、イタリア、フランス南部、ギリシャ、モロッコ、アルジェリア、チュニジアで報告された (POTTING, 2009)。このうち、イタリアでは、2008 年にトマトの主要な五つの産地で、2009 年には中部および北東部で侵入が確認されたが、しばしば他のキバガ科の種 (*Keiferia lycopersicella*) と一緒に見つかることがあった (SANNINO and ESPINOSA, 2009)。フランスでは、2008 年にコルシカ島と

コートダジュールで、2009 年に北部と南西部 (GERMAIN et al., 2009) で見つかり、その後、大西洋沿岸の地域 (DECOIN, 2010) に広がった。ギリシャでは、2009 年に本土とクレタ島で (RODITAKIS et al., 2010)、ポルトガルでは 2009 年に複数地域で見つっている。その後、さらに、スイス、英国、オランダ、ドイツ南部、ルーマニア、ブルガリア等でも報告されている (POTTING, 2009)。トマトキバガは欧州では最初の侵入から 9 年間で、年に 600~800 km のスピードで分布拡大したことになる (ROQUES et al., 2016)。トマトキバガのこのような急速な分布の拡大の主要因として、欧州においても南米と同様に農産物 (トマト果実) の貿易が指摘されている。本種は重要な検疫対象害虫として挙げられていたが、トマト青果の輸入前の検査が十分でなかったことが本種の長距離での拡大、すなわち、欧州 (= スペイン) への侵入をもたらしたと考えられている。一方で、中・短距離では自然分散が重要であり、スペインでの本種のまん延の原因と考えられている。ただし、本種の飛翔能力は十分解明されておらず、風に乗った移動の可能性も指摘されている。

トマトキバガの分布は、気候、特に低温が制限要因となっている (Notz, 1992)。地中海沿岸は南米の生息地と気候が似ているが、その好適性から予測した分布域は、実際の分布域よりも狭く、施設栽培や一過性の個体群について検討する必要があるとされている。欧州北部では、本種は野外では周年発生しないが、ハウスなどに好適な寄主植物が存在する場合には周年で発生する可能性がある。本種は栄養面で寄主として好適なトマト (ナス科植物) が定着の決定要因と考えられているが、トマト以外の比較的好適な寄主植物の施設での栽培が本種の周年での発生をもたらし、定着のカギとなるかもしれない。

2 アフリカおよびアジアへの侵入と分布拡大

(CAMPOS et al., 2017 ; BIONDI et al., 2018 ; HAN et al., 2019 ; ZHANG et al., 2021 より引用)

トマトキバガは、欧州への侵入後、アフガニスタンなど中東やガンビアからサハラ砂漠以南の地域への分布の拡大が見られた。アフリカでは、2011 年までにスーダン、エチオピアに、2015 年までにケニア、ウガンダ、タンザニアに広がり、さらに、ザンビア、モザンビーク、ボツワナ、南アフリカに広がって 2017 年にはすべてのアフリカ諸国に侵入したと推定されている。このうち、アフリカ北部沿岸地域やサハラ砂漠以南への急速な南下は、これらの地域に野菜栽培地帯が空間的に連続していたことや効果的な監視機関がなかったこと、加害された野菜の流通を止めるための植物防疫に関する専門的な知

識が欠如していたことに加えて、増え続ける観光や農産物の貿易が挙げられている (TONNANG et al., 2015)。一方で、アフリカ中部や南西部の国々では公式な侵入の報告はない。

アジアでは、2009年にトルコでトマトキバガが初めて確認された (KILIC, 2010) 後、2010~13年にかけて中央アジアや西南アジアに広がり、2014年にインド西部および南部とパキスタンで、2017年にはインド東部で確認された (KALLESHWARASWAMY et al., 2015; SANKARGANESH et al., 2017 等)。さらに、2016~17年にかけて、ネパール (NARC, 2016)、バングラデシュ (HOSSAIN et al., 2016)、タジキスタン、ウズベキスタン、ミャンマー等でも確認されている。

中国では、トマトキバガは2017年に新疆ウイグル自治区で初めて確認され、その後2019年までの調査で、北西部の新疆ウイグル自治区、南西部の雲南省、貴州省、四川省、重慶市、広西チワン族自治区、湖南省で発生が、江西省と吉安でフェロモントラップでの誘殺が確認されている。中国へは異なる二つの経路で侵入したと考えられており、一つはカザフスタンから新疆ウイグル自治区 (北西部) への侵入であり、もう一つはミャンマーから雲南省 (南西部) への侵入である。これらの侵入は、生産物、特にトマト果実の流通がその要因であると考えられている。

分布のパターンは北西部と南西部で異なり、北西部よりも南西部で拡大のスピードが速かった。この要因として、温暖な気候要因のほかにトマトの流通の違いが挙げられている。すなわち、北西部では、トマトなどの生産物のほとんどが地域で消費され、四方を山や川等に囲まれ、また冬季は野外で越冬できない。よって、トマトキバガの分布拡大は主に自然分散によるものであり、そのスピードは遅かったと考えられている。これに対し、南西部、特に雲南省では生鮮トマトやミニトマト等が露地や雨よけ栽培で周年栽培され、生産物は省の内外に広く流通している。気候が温暖であることから、トマトキバガ個体群が周年維持され、さらに欧州などで指摘されているように生産物の流通が本種の長距離の分散を可能にしており、雲南省全域やその東方に位置する貴州省への急速な拡大をもたらしたと考えられている。

台湾では、トマトキバガは2020年に確認されている (顔・周, 2020)。侵入要因については、長距離移動性を示さないとされていることから、欧州や中国と同様に農産物の貿易が挙げられている。

このように中国や台湾においてもトマトキバガの侵入や分布拡大の要因として農産物の貿易 (流通) が挙げら

れているが、中国南西部での分布拡大のスピードは幼虫の発生地、成虫のトラップによる誘殺のいずれも年に1,000 km を超えており、欧州のそれに比べて分布のスピードが極めて速い。この地域におけるトマトキバガの分布拡大は発生の初発地点から北東方向に延びており (ZHANG et al., 2021)、これはこの地域のモンスーンの方角と一致している。先に記した欧州での事例を含めて、トマトキバガの風による長距離移動の可能性は否定されていない。また、台湾においては、植物検疫当局の検疫の強化にもかかわらず、本種は見つからなかった (陳, 2021)。我が国においても同様に適切な検疫体制が取られていることから、日本国内へのトマトキバガの侵入経路については、現在、解析が進められているツマジロクサヨトウ *Spodoptera frugiperda* (Wu et al., 2022) などの大型のチョウ目害虫と同様に、海外からの飛来の可能性について検討する必要がある。

III 防除対策

1 化学合成農薬および微生物農薬による防除と薬剤抵抗性 (DESNEUX et al., 2010; GUEDES et al., 2019 より引用)

南米におけるトマトキバガの化学的防除 (殺虫剤) として、当初 (1960年代)、有機リン剤が使用された。その後、1970年代にピレスロイドが、1980年代にはアバメクチン、アシル尿素、スピノサド、テブフェノジド、クロルフェナピルが使用されるようになった。しかしながら、1980年代から有機リン剤の効果がボリビア、ブラジル、チリで低下し始めた (SALAZAR and ARAYA, 1997; SIQUERIA et al., 2000; 2001) のに続き、チリでピレスロイドに (SALAZAR and ARAYA, 1997)、ブラジルでアバメクチン、カルタップ、メタミドホス、ペルメトリン (SIQUERIA et al., 2000; 2001) に対する抵抗性が報告された。この間、殺虫剤の散布回数も変化し、例えば、ブラジルでは当初は作付け期間中10~12回の散布で済んでいたものが、数年で30回以上 (週に4~6回) の散布が必要となった。

欧州では、トマトキバガの侵入時に、その防除のため殺虫剤が広範に使用され (DESNEUX et al., 2011)、防除回数の増加や防除のためのコストの増加がもたらされた (POTTING et al., 2013)。また、初期にはピレスロイドのような広いスペクトラムを持つ薬剤が用いられた (BALZAN and MOONEN, 2012)。2009年以降、トマトキバガに対する登録農薬が増え、多くの化学合成農薬のほかに、Bt やボーベリア菌のような微生物農薬も防除に用いられている。このうち、広く利用されているのは、作用機作の異

なるジアミド系、アベルメクチン系、スピノシン系、オキサジアジン系に属する薬剤である (SPARKS and NAUEN, 2015)。欧州においても殺虫剤の頻繁な使用により、例えば、イタリアやギリシャでジアミド系の薬剤に対する抵抗性個体群が発生している。欧州に侵入したトマトキバガ個体群の起源はチリと考えられている (GUILLEMAUD et al., 2015)。欧州への侵入前に南米でいくつかの殺虫剤に対する抵抗性が確認されていたことから、ある種の殺虫剤に抵抗性を有する個体が欧州に侵入し、防除のための集中的かつ持続的な殺虫剤の使用が、本種の殺虫剤に対する適応と分散に寄与したと考えられている (表-1)。

中国では、薬剤の有効性が検定され、野外試験においてクロルフェナピル、アバメクチン-シロマジンおよびスピネトラムがトマトキバガの防除に有効であることが示されている (YIN et al., 2021)。また、室内試験においてアバメクチン、クロルフェナピル、クロラントラニプロールが100%の、エマメクチン安息香酸塩、スピネトラムが90%以上の致死率を示す一方で、Bt 剤やβ-シペルメトリンの効果が低いことが明らかになっている (WANG et al., 2021)。台湾では、デルタメスリン、ピフェントリン、アセタミプリド、スピノサド、アバメクチン、エマメクチン安息香酸塩、クロルフェナピル、インドキサカルブ、Bt 剤等が防除に使用できる薬剤として

リストアップされている (林ら, 2019)。

トマトキバガの殺虫剤抵抗性は、標的部位の感受性の部分的変化と解毒作用の増強が主要なメカニズムと考えられている。また、抵抗性をもつ個体群の出現のほかに、異なるメカニズムを持つ殺虫剤に対して同時に抵抗性を持つ“multiple resistance” (複合抵抗性) への移行が示唆されている (RODITAKIS, 2018)。日本国内で確認された個体群の薬剤抵抗性の有無や有効な薬剤の選定は、後述のイノベーション創出強化研究推進事業などで明らかにしていく予定であるが、欧州で用いられている葉片浸漬法による感受性検定の方法など、他国の感受性検定と比較できるような検定を進めて行く必要がある。また、有効な薬剤を用いた防除を実施する際には、IRAC が推奨する Mode of Action (MoA) Window Approach, すなわち同じ MoA (作用機作) を有する薬剤のグループをトマトキバガの連続した世代で使用しない (約 30 日が基本単位) という戦略を取り入れた防除体系を構築する必要がある。

2 生物的防除 (DESNEUX et al., 2010 ; ZHANG et al., 2021 ; ZAPPALÀ et al., 2013 より引用)

(1) 南米における天敵相

トマトキバガは、原産地である南米において、卵、幼虫、蛹に対する寄生性天敵がリストアップされている。

表-1 欧州におけるトマトキバガの防除薬剤と抵抗性 (GUEDES et al., 2019 および IRAC, 2014 より抜粋)

IRAC MoA グループ	薬剤	有効成分 (例)	薬剤抵抗性の出現 (○)
1B	有機リン系	クロルピリホス, メタミドホス	○
3A	ピレスロイド系	ピフェントリン, シフルトリン, β-シフルトリン, γ-シハロトリン, λ-シハロトリン, シペルメトリン, α-シペルメトリン, β-シペルメトリン, ζ-シペルメトリン, デルタメトリン, エスフェンバレート, エトフェンプロックス, τ-フルバリネート, フェンプロパトリン, ペルメトリン	○
5	スピノシン系	スピネトラム, スピノサド	○
6	アベルメクチン系 ミルベマイシン系	アバメクチン, エマメクチン安息香酸塩	○
11	BT および殺虫タンパク質	<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i> , <i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	
13	ピロール系	クロルフェナピル	
14	ネライストキシン類縁体	カルタップ塩酸塩	○
15	ベンゾイル尿素系	ジフルベンズロン, フルフェノクスロン, ルフェヌロン, ノバルロン, ノビフルムロン, テフルベンズロン, トリフルムロン	○
18	ジアシル-ヒドラジン系	クロマフェノジド, メトキシフェノジド, テプフェノジド	
22A	オキサジアジン系	インドキサカルブ	○
22B	セミカルバゾン系	メタフルミゾン	
28	ジアミド系	クロラントラニプロール, フルベンジアミド	○
UN	テトラノルトリテルペノイド	アザジラクチン	

一部に地域や国が限定されている種があるが、それ以外は南米に広く分布する。

卵寄生蜂では、トビコバチ科 (Encyrtidae) (RIPA et al., 1995; COLOMO et al., 2002), ナガコバチ科 (Eupelmidae) (OATMAN and PLATNER, 1989), タマゴコバチ科 (Trichogrammatidae) (BOTTO et al., 2000; COLOMO et al., 2002) が報告されている。このうち、タマゴコバチ科は 10 種以上の報告があり、*Trichogramma nerudai* と *T. bactra* はアルゼンチンにおいて、*T. pretiosum* と *T. exiguum* はコロンビアにおいて、露地あるいはハウス栽培のトマトで大量放飼による防除効果の評価がなされており、一部で高い寄生率が示されている。また、ハウス栽培において Bt 剤との併用効果も示されている (MEDEIROS et al., 2009 a)。

幼虫寄生蜂 (寄生バエ) では、アリガタバチ科 (Bethyloidea), コマユバチ科 (Braconidae), ヒメコバチ科 (Eulophidae), ヒメバチ科 (Ichneumonidae), ヤドリバエ科 (Tachinidae) が記録され、このうち、コマユバチ科とヒメコバチ科に重要な種が含まれており、生物的防除に利用されている。アルゼンチンでは *Pseudoapanteles dignus* (コマユバチ科), *Dineulophus phthorimaeae* (ヒメコバチ科), ハモグリミドリヒメコバチ *Neochrysocharis formosa* (ヒメコバチ科), *Clostrocerus formosus* (ヒメコバチ科) (LUNA et al., 2005; SÁNCHEZ et al., 2009 等), チリでは *Retisympies phthorimae* (ヒメコバチ科) や *D. phthorimaeae* (ヒメコバチ科), コロンビアでは *Apanteles gelechiidivoris* (コマユバチ科) の報告などがある (ROJAS, 1981; LARRAIN, 1986 b)。これに対し、ブラジルでは、幼虫寄生蜂の重要度は低いとされている。

捕食性天敵は南米では寄生蜂に比べて調査が限られており、ブラジルで *Anthicus* sp. (アリモドキ科), *Cycloneda sanguinea* (テントウムシ科), *Staphylinidae* (ハネカクシ科), *Orius* sp. (ヒメハナカメムシ属の 1 種) と *Xylocoris* sp. (ハナカメムシ科の 1 種), アリ科 (Formicidae), クダアザミウマ科 (Phlaeothripidae) が報告され、主に卵や幼虫を捕食するとされている (SALAS, 1995; MIRANDA et al., 2005 等)。また、ブラジルにおいてスズメバチ科 (Vespidae) の特定のグループが幼虫死亡率の 3 割前後を占めるという報告もある (BACCI et al., 2008)。これら以外に、ハサミムシ類, アリ類, クモ類, オサムシ類の蛹捕食者としての重要性が示唆されているほか、捕食性カメムシ類に関する基礎研究が実施されている (VIVAN et al., 2002; 2003 等)。昆虫病原菌では、*Bacillus thuringiensis* (Bt) が有望視される一方で、*Beauveria bassiana* (ポーベリア菌) などの効果は低いとされている (GIUSTOLIN

et al., 2001 等)。

(2) 欧州を中心とした天敵相とその利用

トマトキバガが新たに侵入した欧州を中心とした国々において 70 種以上の天敵が報告されており、そのうち約 20% が捕食性天敵、約 80% が寄生性天敵である。捕食性天敵では、カメムシ目 (Hemiptera) のカスミカメムシ科 (Miridae), ハナカメムシ科 (Anthocoridae), マキバサシガメ科 (Nabidae) のほか、アミメカゲロウ目 (Neuroptera) のクサカゲロウ科 (Chrysopidae), ハチ目 (Hymenoptera) のアナバチ科 (Sphecidae) とアリ科 (Formicidae), カブリダニ科 (Phytoseiidae) 等の報告がある。このうち、害虫だけでなく植物も餌として利用できる zoophytophagous という特徴を持つカスミカメムシ科の種が有望視されており、なかでもタバコカスミカメ *Nesidiocoris tenuis* に関する報告が多く、被害が大きい地中海沿岸を中心に利用が進められている (CALVO et al., 2012; VILLA et al., 2012 等)。タバコカスミカメは、トマトキバガの卵や 1 齢幼虫を好んで捕食し、成虫は日当たり 100 以上の卵を捕食する (ARNÓ et al., 2009)。また、タバコカスミカメは、トマトの重要害虫であるタバココナジラミ *Bemisia tabaci* の有力な天敵でもあり、トマトキバガとタバココナジラミ両者に対する高い防除効果が得られている (CALVO et al., 2012)。さらに、トマトキバガの被害を低減させる効果がある卵寄生蜂 *Trichogramma achaeae* や Bt 剤との組合せの効果についても検討されている (CALVO et al., 2012; VILLA et al., 2012)。カブリダニでは、スワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirski* とククメリスカブリダニ *Amblyseius cucumeris* が報告されており、いずれも卵および 1 齢幼虫を捕食する (MOLLA et al., 2010)。

寄生性天敵では、幼虫寄生蜂のヒメコバチ科, ヒメバチ科, コマユバチ科, アシプトコバチ科 (Chalcididae), コガネコバチ科 (Pteromalidae) と卵寄生蜂のタマゴコバチ科が報告されており、このうち、ヒメコバチ科の報告数が最も多い。ヒメコバチ科の土着の幼虫寄生蜂である *Necremnus artynes* と *Hemiptarsenus zilahisebessi* はスペインの被害トマト圃場で自然発生し、トマトキバガに適応したとされている (MOLLÁ et al., 2008; GABARRA and ARNÓ, 2010)。また、ハモグリミドリヒメコバチは欧州と北アフリカに広く分布し、かつ欧州と南米で寄生が確認されている唯一の種であり、広い寄主範囲を持つことで有望な生物的防除資材と考えられている (NOYES, 2013)。南米でヒメコバチ科とともに重要な寄生蜂と考えられているコマユバチ科も、様々な国に広く分布し、寄主範囲の広いものが知られている (YU and Van ACTHERBERG, 2010)。

ヒメバチ科の *Diadegma* 属やコマユバチ科の *Bracon* 属の寄生蜂は、トマトキバガの老齢幼虫 (*Diadegma* 属は蛹にも) に寄生することが知られている。その他の科の寄生蜂を含めて、これらの幼虫寄生蜂は、種が未同定のものや寄主範囲や寄生するトマトキバガのステージが不明なものも少なくない。今後、基礎的な生態を含めてその特性を明らかにし、生物的防除素材としての有効性が明らかになることが期待される。

卵寄生蜂では、*Trichogramma achaeae* がトマトキバガ卵に対する探索能力と選好性を発達させ (CABELLO et al., 2009), 大量放飼によって本種の被害を低減させた報告がある。生物的防除素材としての有効性は示されているが、大量放飼の経済性的問題や捕食性天敵の項目で示したような他の生物的防除法との組合せについて検討すべきだとされている。

なお、中国ではタバコカスミカメ、コヒメハナカメムシ、ナミテントウ (YANG et al., 2022) が、台湾では (林ら, 2019) ヒメハナカメムシ類が注目されている。

このように多くの天敵やその利用に関する報告があるが、最も費用対効果が高く成功している生物的防除は、雑食性のタバコカスミカメや *Macrolophus pygmaeus* 等のカスミカメの活動強化や保全に基づくものであり、単独または寄生性天敵 (CHAILLEUX et al., 2013 など) や選択的殺虫剤 (ZAPPALÀ et al., 2012) との併用であるとされている (CAMPOS et al., 2017)。

おわりに

日本国内では、2021年の初発生の確認後、複数の場所でトマトキバガのフェロモントラップへの誘殺が継続して確認されているが、これまでに目立った発生や被害は確認されていない。今後もフェロモントラップのほか、トマトやジャガイモなどの寄主植物での調査を継続して、発生や被害の防止に努めていく必要がある。トマトキバガの国内への侵入に伴い、「イノベーション創出強化研究推進事業」において、令和4年度から (一部は令和3年度から) 「同定・診断技術」「飼育技術」「越冬および寄主植物での発生生態」「国内への侵入経路」「物理・化学・生物的防除技術」に関する研究を開始した。

この事業を中心に「発生予察手法」と「総合的防除技術」を開発し、今後のトマトキバガの発生や分布拡大に備えたい。一方で、トマトキバガの日本国内での生態については不明な点が多い。新しく侵入した害虫で、気候を含む日本の環境にどのように適応していくのか、その生態の解明が必要である。特に、国内ではナス科の野生植物であるヒヨドリジョウゴを摂食する同じキバガ科のヒヨドリジョウゴキバガ *Ergasiola ergasima* がトマトキバガとして誤同定される恐れがあると指摘されている (CLARKE, 1962)。似たような生態を持つと考えられるキバガ科のガが日本国内に生息していることで、ヒヨドリジョウゴキバガが寄主や餌とする天敵類がトマトキバガに対してどのような働きをするのか興味深い。

引用文献

- 1) BIONDI, A. et al. (2018): *Annu. Rev. Entomol.* **63**: 239~258.
- 2) CAMPOS, M. R. et al. (2017): *J. Pest Sci.* **90**: 787~796.
- 3) ——— et al. (2021): *ibid.* **94**: 829~842.
- 4) 陳 儷方 (2021): 農傳媒 20210809, <https://www.agriharvest.tw/archives/64611>
- 5) DESNEUX, N. et al. (2010): *J. Pest Sci.* **83**: 197~215.
- 6) 顔 聖紘・周 育霆 (2020): 番茄潜旋蛾 (*Tuta absoluta*) 的鑑識, 通報與様本寄送, <http://www.miaoli.org.tw/upload/aominori/番茄潜旋蛾防治措施宣傳說明.pdf>
- 7) GUEDES, R. N. C. et al. (2019): *J. Pest Sci.* **92**: 1329~1342.
- 8) HAN, P. et al. (2019): *ibid.* **92**: 1317~1327.
- 9) IRAC (2014): The Tomato Leafminer or Tomato Borer, *Tuta absoluta* Recommendations for Sustainable and Effective Resistance Management, https://irac-online.org/content/uploads/2009/12/Tuta_brochure_print-version_11Oct11.pdf
- 10) ——— (2021): The Tomato Leafminer / Tomato Borer, *Tuta absoluta* Recommendations for Sustainable and Effective Resistance Management, <https://irac-online.org/documents/tuta-absoluta-irm-poster/?ext=pdf>
- 11) 林 鳳琪ら (2019): 番茄潜旋蛾防治管理措施, <http://farmers.sysis.com.tw/webfiles/982444ac-18bd-4cbb-8d35-5ad033a83087.pdf> (中国語)
- 12) 農林水産省横浜植物防疫所 (2020改訂): *Tuta absoluta* (トマトキバガ) に関する病害虫リスクアナリシス報告書.
- 13) SANTANA, P. A. Jr. et al. (2019): *J. Pest Sci.* **92**: 1373~1385.
- 14) VILLA, E. et al. (2012): Integrated Control in Protected Crops, *Mediterranean Climate IOBC-WPRS Bulletin* **80**: 245~251.
- 15) WANG, S. et al. (2021): *中国蔬菜* **11**: 33~36 (中国語: 英文要約あり).
- 16) WU, M. F. et al. (2022): *Insect Sci.* **29**: 505~520.
- 17) YANG, G. et al. (2022): *中国生物防治学报* **38**(4): 959~966 (中国語: 英文要約あり).
- 18) ZAPPALÀ, L. et al. (2013): *J. Pest Sci.* **86**: 635~647.
- 19) ZHANG, G. F. et al. (2021): *Pest Manag. Sci.* **77**: 5475~5488.



図-1 トマトキバガ成虫



図-2 トマトキバガ幼虫 (原図：熊本県農業研究センター)



図-3 トマトキバガ幼虫 (原図：宮崎県総合農業試験場)



図-4 トマトキバガの被害を受けたトマト株 (原図：熊本県農業研究センター)



図-5 トマトキバガの被害を受けたトマト葉 (原図：熊本県農業研究センター)



図-6 トマトキバガの被害を受けたトマト葉
(原図：宮崎県総合農業試験場)



図-7 トマトキバガの被害を受けたトマト葉
(原図：宮崎県総合農業試験場)



図-8 トマトキバガの被害を受けたトマト果実
(原図：熊本県農業研究センター)



図-9 トマトキバガの被害を受けたトマト果実
(原図：宮崎県総合農業試験場)



愛媛県におけるカンキツ病害虫防除暦作成の考え方

愛媛県農林水産研究所 果樹研究センター かな ごき しゅう じ
金 崎 秀 司

はじめに

愛媛県のカンキツ栽培は、江戸時代中期（1789年）に高知県から愛媛県宇和島市吉田町へ温州ミカンを導入したのが始まりとされる。その後、周辺町村へ広まったものの、大きな広がりには1880年代後半ころであり、そこから数えても約130年以上の歴史を誇る。その間、1930年代半ばに、温州ミカンは換金作物として栽培され、一時的に生産量が伸びたが、戦中、戦後の食糧増産政策の影響により、減少した。その後、社会・経済の安定とともに増加し、新植によっても拡大が図られ、1960年代後半には大きな伸びをみせた。そして、1968年には生産量日本一となり、連続34年間その地位を維持したものの、2004年からは二位となり、現在に至る。栽培面積は、1970年代前半の約22,100 haをピークに、2020年現在5,610 haとなっている（農林水産統計および愛媛県農産園芸課 果樹栽培状況等表式調査）。

この間は、まさに病害虫との戦いの歴史でもあり、その過程で得られた先人達の知恵の結晶である防除暦について、その歴史や作成の考え方等を述べたい。

I 作物病害虫防除指針（愛媛県）の始まりと概要

当県のカンキツを含む農作物病害虫防除の指導文書の始まりは、上記の温州ミカンの生産量が日本一となった1960年代後半に遡る。丁度、その時期に、図-1の作物病害虫防除指針（1969年2月）が発行（当センター図書室に冊子として残る最も古い刊）されている。その中にはしがきに、「農薬の役割は大きく、安定多収・品質向上等、これを使わない農作物の栽培は考えられないほど重要な農業生産資材となっております」と記載があり、この時点で既に農薬の重要性が謳われている。

このときの対象作物は、普通作（水稲・麦類）、果樹（温州ミカン、夏ミカン）、野菜（ウリ類、トマト、イチゴ、レタス、ナス等）であり、それぞれ、時期・病害虫別に

農薬名が記載されている。それに毒性・魚毒、使用基準（希釈倍数）、使用法および注意事項等、現在と共通の項目が続く。一方、この時点では、使用回数・収穫前日数、耕種的防除法、といった項目の記載はない。

また、厚生省が食品衛生法に基づく農薬残留許容量（単位 ppm）を、リンゴ、ブドウ、キュウリ、トマトの4作物を対象に、5農薬（BHC、DDT、パラチオン、ピ素、鉛）について告示し、「1968年10月1日以降は、この許容量を越えた食品の流通は許されない」と法の適用を受けるということを明記している。このため、「これらの農作物にこれらの農薬を使う場合は、収穫前使用期間・使用回数制限を遵守し、使用の時期と回数については遺憾のないよう留意すること」としており、これら5農薬の4作物については、参考資料として、別頁に、農薬・作物別に収穫前使用禁止期間（〇日間）と使用回数の制限（〇回以内）の記載がある。このように、現在の農薬残留基準値や使用基準の遵守といった考え方が、既にこの時代からあったことが窺い知れる。

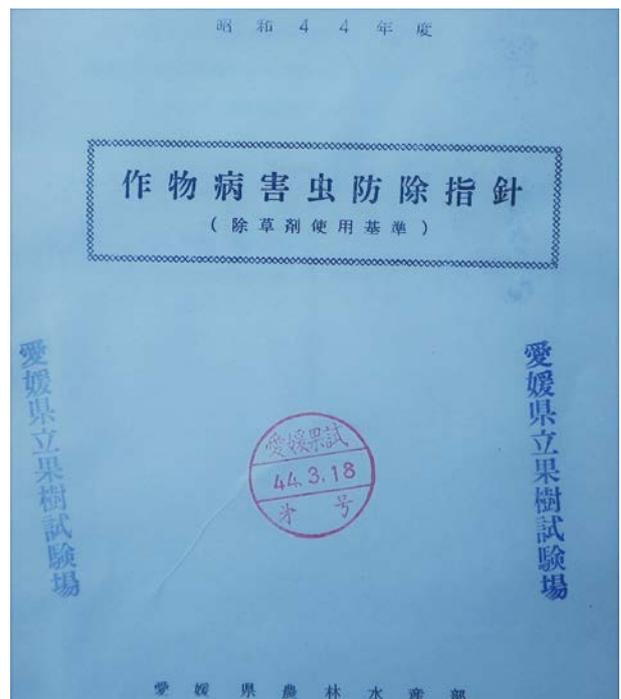


図-1 愛媛県作物病害虫防除指針（昭和44年度）

The Concept Constructing an Citrus Pest Control Calendar in Ehime Prefecture. By Shuji KANAZAKI

（キーワード：愛媛県，かんきつ，病害虫，防除，防除暦）

II 農作物病害虫等防除指針（愛媛県）と各JA防除暦

当県では、現在、農作物病害虫等防除指針（愛媛県）として、年1回冊子を発行し、主要関係機関（全農、県内全JA、農薬卸商、県関係指導機関等）に配布している。併せて、愛媛県HPにも掲載（毎年更新）している。これは、前述の「愛媛県作物病害虫防除指針（1969年2月発行）」以降、継続して発行している冊子であり、JA防除暦作成の基になる指導文書でもある。JA側は、この県指針を基に、各地域の気候風土や栽培品種、発生する病害虫に応じて、月別に体系化した防除暦を作成している。そのJA防除暦（非公表。JA単位で作成、組合員へ配布）の詳細は後述することとし、愛媛県のカンキツの病害虫防除指針の始まりから現在に至る作成の考え方等について、以下述べていく。

III 愛媛県のカンキツ病害虫防除指針の始まりと現在までの様式変更の経緯

本県のカンキツ病害虫防除指針の始まりは、前述の愛媛県作物病害虫防除指針（1969年2月）にある果樹病害虫防除指針（温州ミカン、夏ミカン）からである。当時はこの2品種について、左端から時期、病害虫名と続き、その右は定期と応急防除に分けられ、それぞれ、農薬名と濃度、10a当たりの薬量、注意事項（散布時期や薬害、皮膚かぶれ等）の順に記載がある。例えば、温州ミカンの場合は、2病害（そうか病、黒点病）と12害虫（コナジラミ、ハマキムシ、訪花害虫、アブラムシ、ヤノネカイガラムシ、サンホーゼカイガラムシ、フジコナカイガラムシ、イセリヤカイガラムシ、ゴマダラカミキリ、ミカンハモグリガ、サビダニ、ツノロウムシ）を対象としており、この中でも、黒点病、ミカンハダニ、

カイガラムシ類を中心に、定期防除を、6月、7月、8月、9月、12月の計5回（月1回）と、複数回の散布となっている。その後、この様式を約10年間1978年まで継続している。

1979年に様式の変更があり、左端から病害虫名、耕種防除法、薬剤防除法と続き、その中で時期、農薬名と濃度、10a当たりの薬量、注意事項と続くように改訂されている。対象病害虫に対し時期別に使用する農薬の記載と、定期・応急防除の区別が廃止されることで、これを基に防除暦を作成するJA側などは、農薬選択のメニューが増え、自由度も高くなったと推察する。

その後、2007年まではこの様式が継続され、2008年に縦書きから横書きへ様式変更されたのを機に、それまで別頁に設けていた農薬別の毒性（人畜・水産（魚毒））を、各農薬の行に移動させ、現在までその様式を継続している。

以上のように、長い歴史の中での試行錯誤により、現在の指針の形となっており、今後も時代の流れに合わせて変化していくものと考えられる。

IV 愛媛県のカンキツ病害虫防除指針の現状の取決めや考え方

本県は漁業生産額が全国3位（平成25年農林水産統計）の水産県であり、カンキツ主産地の大部分が沿岸部に位置することから、水産動植物への影響を考慮した農薬の選択が必須となる。特に、主産地では多目的スプリンクラーを利用した防除が主流であるため、細心の注意が必要となる。このため、特に、同スプリンクラー防除の農薬を決める場合は、本県独自の取決めとして、従来から魚毒B類以下のものを指導してきた経緯がある。そして、2005年に、農林水産省が導入した新たな毒性

表-1 水域の生活環境動植物（水産動植物）への影響

本文表記	新評価法に基づく注意事項の表現（例）
×	<ul style="list-style-type: none"> ・養殖池周辺での使用は避けること ・河川、湖沼、海域及び養殖池に本剤が飛散、流入する恐れのある場所では使用しないこと
△	<ul style="list-style-type: none"> ・河川、養殖池等に飛散、流入しないよう注意して使用すること ・散布後は水管理に注意すること ・養魚田では使用しないこと ・散布器具及び容器の洗浄水は、河川等に流さないこと ・空容器、空袋等は水産動植物に影響を与えないよう適切に処理すること
○	<ul style="list-style-type: none"> ・この登録に係る使用方法では該当がない

上記の表に加え、平成27年以前の県農作物病害虫等防除指針掲載農薬のうち、魚毒性分類「C類」に該当していた農薬に「※」を付す。
水産動植物：魚類（ドジョウ、ボラ、マス、冷水魚）、甲殻類、藻類等
農薬取締法第26条の第1項に係る水質汚濁性農薬は、県農作物病害虫等防除指針への掲載はない。
本文中の該当欄は「水産（注）」と表記。

「愛媛県農産物病害虫等防除指針（令和4年）から抜粋」

表-2 カンキツのミカンハダニ防除対策

病害虫名	病害虫の特徴防除上のポイント等	耕種的防除法	時期	防除薬剤				水産(注)	注意事項					
				IRACコード	FRACコード	使用薬剤	一般名			使用時期/使用回数				
										かんきつ(温州みかん除く)	温州みかん			
ミカンハダニ	○ミカンハダニの防除の要点(P146)参照(留意点) ○マイトコーネ、ダニエモン、ダニロククの感受性が低下している圃地がみられる。		12月中旬～1月中旬または2月下旬～3月中旬	(物理)	マンシ油乳剤(95%)		1: マシ油	45倍	冬期/ー	冬期/ー	普	△	同一般ダニ剤は原則年1回の使用とする。	
					注意事項 ①収穫後休眠期に散布 ②蒞来日は散布しない ③冬期に2度散布しない ④樹勢のやや弱った樹では60倍(97%)が適当									
					6	コロマイト水和剤	1: ミルベメクテン	2,000倍	収穫7日前まで/2回以内	収穫7日前まで/2回以内	普	△※		○ 葉害(高温時)
					10B	ハロックフロアブル	1: エトキサゾール	2,000倍	収穫14日前まで/2回以内	収穫前日まで/2回以内	普	△		○ 近接散布(ICポルドー)
					20D	マイトコーネフロアブル	1: ピフエナゼート	1,000倍	収穫7日前まで/1回	収穫7日前まで/1回	普	△		○ 近接散布(ICポルドー)
					23	ダニエモンフロアブル	1: スピロジクロフェン	4,000倍	収穫7日前まで/1回	収穫7日前まで/1回	普	○		
					23	ダニゲッターフロアブル	1: スピロメシフェン	2,000倍	収穫前日まで/1回	収穫前日まで/1回	普	△		○ 近接散布(ICポルドー), 葉害(イネ)
					25A	スターマイトフロアブル	1: シエノピラフェン	3,000倍	収穫7日前まで/1回	収穫7日前まで/1回	普	△		○ 近接散布(ICポルドー)
					25A+21A	スターマイトブラスフロアブル	1: シエノピラフェン 2: ビリダベン	1,000倍	収穫7日前まで/1回	収穫7日前まで/1回	劇	×		○ 回数注意(サンマイト・スターマイト) ○ 近接散布(ICポルドー)
					25B	タニコンダフロアブル	1: ビフルブミド	3,000倍	収穫前日まで/1回	収穫前日まで/1回	普	△		○ 回数注意(ダフルフェース)
					25B+21A	ダフルフェースフロアブル	1: ビフルブミド 2: フェニピロキシメート	2,000倍	収穫前日まで/1回	収穫前日まで/1回	普	△		○ 回数注意(ダニコンダ・アプロードエース)
								6月中旬～下旬		高度精製マンシ油乳剤(97%製剤)	1: マシ油	150倍		銘柄により異なる/ー
			7月		6月薬剤と同じ(高度精製マンシ油乳剤を除く)									
			8月中旬～8月下旬											
			9月下旬～10月中旬											
			6	コロマイト水和剤	1: ミルベメクテン	2,000倍	収穫7日前まで/2回以内	収穫7日前まで/2回以内	普	△※	○ 葉害(高温時)			
			(物理)	エコピタ液剤	1: 還元澱粉糖化物	300倍	収穫前日まで/ー	収穫前日まで/ー	普	○	○ 使用法(参考資料P33)参照			
			(物理)	アカリタッチ乳剤	1: プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル	2,000倍	収穫前日まで/ー	収穫前日まで/ー	普	○	○ 使用法(参考資料P33)参照			
			10月下旬	フォーモン	1: ポリグリセリン脂肪酸エステル	1,000倍	収穫前日まで/ー	収穫前日まで/ー	普	○	○ 使用法(参考資料P33)参照			
			(物理)	サフオイル乳剤	1: 副合油	500倍	収穫前日まで/ー	収穫前日まで/ー	普	○	○ 使用法(参考資料P33)参照			
			NC	オマイト水和剤	1: BPPS	750倍	収穫14日前まで/2回以内	収穫7日前まで/2回以内	普	△※	○ 混合注意(ペフラン)・葉害(着色期)			
			12C	ダニオナーテフロアブル	1: アシノナゾル	3,000倍	収穫前日まで/1回	収穫前日まで/1回	普	○	○ 銅剤混用不可・銅剤近接散布(効力低下・1月以上空ける)			

表-3 カンキツの時期別の対象病害虫と定期・応急防除

〔愛媛県内JA柑橘防除暦から抜粋〕

時期 (生育ステージ等)	対象病害虫	定期防除	応急防除
12月下旬～1月下旬	ハダニ類 ヤノネカイガラムシ	○	
発芽期	ハダニ類		○
発芽直前	かいよう病	○	
4月	そうか病 カイガラムシ類		○
4月～	アブラムシ類		○
4月下旬～5月下旬	かいよう病	○	
5月 (開花始め)	訪花害虫 (コアオハナムグリケシキスイ類)	○	
5月中旬～下旬 (満開直後)	灰色かび病	○	
5月下旬	黒点病 カイガラムシ類 ミカンサビダニ	○	
	アザミウマ類		○
5月下旬～6月上旬 (落弁期)	かいよう病	○	
6月中旬～下旬	黒点病 ゴマダラカミキリ ミカンサビダニ チャノホコリダニ	○	
	カイガラムシ類 ミカンハダニ		○
7月～	かいよう病		○
7月中旬～下旬	黒点病 ミカンサビダニ チャノホコリダニ アザミウマ類 カイガラムシ類	○	
	ミカンハダニ		○
8月中旬～下旬	黒点病 ミカンサビダニ ミカンハダニ カイガラムシ類	○	
8月～	カメムシ類 アザミウマ類		○
9月～	褐色腐敗病		○
9～10月	黒点病	○	
	ミカンサビダニ ミカンハダニ		○
11月	ハダニ類		○
収穫前	貯蔵病害	○	

試験結果および当該製剤の使用方法に基づく評価法（新評価法）により、表-1のような取決めに基づき、水産動植物への影響を記載することで、スプリングラ防除の注意喚起を継続している。

さらに、もう1点、本県独自の取決めとして、カンキツ病害虫防除指針に農薬を採用する場合、「みかん」ではなく「カンキツ」登録を前提としている点がある。これは、各産地ともに多品種が混植されており、みかんのみの栽植園という現場は皆無に等しいためである。

以上のような取決めの基、毎年、植物防疫関係者が集い、農薬流通量や抵抗（耐）性の試験データ、新規病害虫の発生等の情報を勘案しながら、同指針を更新している。

参考までに、令和4年の同指針から、表-2として「カンキツのミカンハダニ防除対策」を抜粋した。現在、ほぼこのスタイルで、カンキツの病害虫別に各種農薬をメニュー方式で記載している。ミカンハダニは、抵抗性発達が顕著な害虫であるが、主産地によって効果差が激しいため、左から2列目「病害虫の特徴、防除上のポイント等」の〈留意点〉にあるように、農薬の種類によって感受性低下が生じていることを記載しており、県下全域で抵抗性が発達したような場合は、その時点で使用薬剤欄から落とすようにしている。特に、ミカンハダニを中心としたダニ類（ミカンサビダニ、チャノホコリダニ）の項は、抵抗性回避の観点からも、表-2の上段にあるように「同一殺ダニ剤は原則年1回の使用とする」と明記し、注意喚起している。

また、この表-2では空欄ではあるが、耕種の防除法等の欄において総合的病害虫管理すなわちIPMへの取組み（例：イセリヤカイガラムシはベダリアテントウの効果が高い。殺虫剤の散布を控える。）等に関連する技術についても記載している。

カンキツ病害虫防除指針には令和4年現在で、9病害（苗疫病、そうか病、黒点病、小黒点病、かいよう病、灰色かび病、炭疽病、褐色腐敗病、貯蔵病害）、33害虫（ミカンハダニ、ミカンサビダニ、チャノホコリダニ、ヤノネカイガラムシ、ナシマルカイガラムシ、アカマルカイガラムシ、コナカイガラムシ類、イセリヤカイガラムシ、ツノロウムシ、ルビーロウムシ、アブラムシ類、ミカントゲコナジラミ、ミカンコナジラミ、カメムシ類、ミドリヒメヨコバイ類、コアオハナムグリ、ケシキスイ類、ミカンハモグリガ、ハマキムシ類、アゲハ類、ヨモギエダシヤク、クワゴマダラヒトリ、ハスモンヨトウ、

ゴマダラカミキリ、カネタタキ、クワノミハムシ、チャノキイロアザミウマ、ハナアザミウマ類、ネギアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ、ナメクジ類、カタツムリ類、ミカンバエ）と、前述の初刊当時に比べると、病害、害虫とも、3倍程度、種類が増えており、今後も、減ることはなく、新規発生や農薬登録に応じて、さらに追加されるものと考えられる。

V 現場防除暦への応用場面

前述したように、この防除指針を基に、現場では、地域の現状に応じてJA防除暦を作成している。この防除暦では、左端から順に、時期（月/旬）、定期防除（対象病害虫、使用農薬・濃度・使用基準等）、応急防除（同左）、注意事項が記載されている。現場では、温州ミカンと中晩柑類と二つに分けている場合と、一つにまとめている場合の二通りある。

表-3に主産地のJA防除暦から時期別の対象病害虫と定期・応急防除部分を抜粋した。本県では、時期別に、このような病害虫を対象に、定期・応急防除を実施している。

特に新規剤を採用する場合は、効果面は元より、使用条件による薬害や新品種での薬害の有無等、これらの事前把握のため、現場で実証試験を繰り返し、問題ないかを確認している。また、特に総使用回数（定期、応急防除含む）や収穫前日数には細心の注意を払い、最大限使用したとしても、総使用回数は超えないように設計している。以上のような点に注意したうえで、その作の品種別の生産状況と防除履歴を照合・反省しながら、毎年、より現状に合った暦に更新している。

おわりに

以上、県の病害虫防除指針の歴史、現状の考え方、現場の防除暦へ応用等、その作成にあたっての取決めや留意点等を述べてきた。特に、現場の防除暦は、品質重視のため、どうしても過剰散布（特に病害は予防散布が基本）になっている可能性は否めない。しかし、毎年、反省を繰り返しつつ、事前の実証試験もしながら、より現場に対応した暦に更新することで、生産者にとっては、非常に信頼できる大切な宝となっている。今後も、時代の変化に対応しながら、特に近年推進されている総合的病害虫管理（IPM）の観点も導入しつつ、環境にも配慮したより安全性の高い防除指針の作成に努めていきたい。

植	物	
防	疫	
講	座	

病害編-51

果樹類に発生する紋羽病（その1）

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 フェロー まつもと なおゆき
松 本 直 幸

はじめに

果樹などに発生する土壌伝染性病害の紋羽病は二つの病原菌、紫紋羽病菌 (*Helicobasidium mompa*) と白紋羽病菌 (*Rosellinia necatrix*) に起因する。これら二つの病害については、生態や防除方法等に関して共通点が多い。そこで本稿では、これら二つの病害の生態や防除について個別に記述することは避け、内容を二分した。すなわち、前半（その1）では紫・白紋羽病菌の生態と紫紋羽病菌の特徴について、後半（その2）では白紋羽病菌の特徴と両紋羽病の防除について述べることにする。なお、両紋羽病菌の菌学的特徴と取り扱い方法については、中村（2009）のマニュアルに詳しく解説されているので、そちらを参照されたい。

I 紋羽病菌の生態

1 森林生態系における紋羽病菌

荒木（1967）の1956年の広範な現地調査によると、森林を開墾して間もない未熟な土壌に栽培されたリンゴやクワには紫紋羽病が発生し、やがて白紋羽病も出現し始め、熟畑の段階ではもはや白紋羽病のみが発生する。同様な紋羽病菌の遷移は伊藤・中村（1984）も報告している。すなわち、小石川樹木実験圃場（東京大学農学部付属）では1950年ころに紫紋羽病が発生し、1960年代になると白紋羽病が改良ポプラに被害を与えた。1970年代後半の調査では、45科158種の樹木に白紋羽病の発生が確認された。白紋羽病菌は幼樹のみを枯死させた。

このような観察結果から、紋羽病菌の本来の生息場所は森林であると考えられ、筆者らは各地の山林の調査を行った。その結果、紫紋羽病菌は幼樹から成木まで種々の生育段階の樹木地際に菌糸膜（図-1a）や子実体を形成していたが、これらの樹はいずれも外見上健全であった。一方、成木の樹冠で日射が遮られた場所には枯死し

た幼樹がしばしば観察され、その地際には白紋羽病菌の子実体が観察された（図-1b）。林内においてこのような幼樹は日光をめぐる競争に負け十分に生育できない。すなわち、森林生態系において白紋羽病菌は弱い個体を間引する捕食者の役割を果たすことで生態系のバランスを保つ働きをしているものと考えられる。一方、紫紋羽病菌はクワ実生の幼根表皮を貫入し（Iro, 1949）、また本菌はペクチナーゼ活性を有することから（荒木, 1967）、森林においてはおそらく樹木の細根などを利用しているのだろう。細根は栄養吸収を担っていることから、紫紋羽病菌はいわば動物の腸内に寄生する回虫のようなもので、植物個体の生存に直接影響することはない。すなわち、森林において白紋羽病菌はマクロなレベルで、紫紋羽病菌はミクロなレベルでそれぞれが宿主植物と関係し、森林生態系の構成員としての役割を果たしている。森林が開発され作物が栽培されると元の生態系のバランスが崩れ、果樹園などは紋羽病によりしばしば壊滅的な被害を受ける。



図-1 山林で発生した紋羽病菌

a: 紫紋羽病菌, b: 白紋羽病菌 (NAKAMURA et al., 2000 より転載)。

Root Rot Diseases of Fruit Trees (1). By Naoyuki MATSUMOTO
(キーワード: 紫紋羽病, 白紋羽病, 果樹)

2 土壤生態系における紋羽病菌

紋羽病菌はもっぱら植物の地下部を利用しながら、根表面あるいは土壤中に菌糸を進展させて分布を広げる。この過程で菌糸は様々な土壤微生物や土壤動物の影響を受ける。一見混じりけのないと思われる試料から菌株の分離を試みてもしばしばコンタミするのは、このためである。よくコンタミ菌として出現するのは *Penicillium* や *Trichoderma* 等である。Ito (1949) によれば、紫紋羽病菌は *Penicillium* や *Trichoderma* と対峙培養すると、特に対峙部分のコロニーや培地の着色が著しくなった。また、これらのコンタミ菌の生育は抑制された。このような現象はどのような糸状菌によっても引き起こされるわけではないが、彼はこの現象の微生物相互関係に関連しての生態的意義については言及していない。荒木 (1967) の報告では、鈴木らが紫紋羽病菌に強い拮抗性を示す菌を選択し大量に培養して発病畑に導入したが、結果はすべて否定的であったと記している。バーミキュライトに植えた小型ニンジンに紫紋羽病菌を接種し、透明アクリル板を通して発病を観察する方法 (UETAKE et al., 2001) では、紫紋羽病以外の要因でニンジンが腐敗することがあった。しかし、バーミキュライトに10%の無殺菌土壌を加えることで、この問題は劇的に改善された (松本ら, 2002)。すなわち、紋羽病菌は多様な微生物相とのかかわりの中で本来の性質が発揮され、また特定の拮抗微生物を土壌に導入しても、これらは多様な微生物相のなかで本来の能力を発揮できない。*Trichoderma* などは土壤

微生物相を温水処理などでかく乱することで拮抗菌として働く (TAKAHASHI et al., 2020)。すなわち、紋羽病菌と拮抗菌が働く微生物環境は同じではない。多くの拮抗菌は土壌という生息場所がかく乱され生態的空白が生じた場合にのみ、急速にその空白を満たそうとするので、安定的な土壌環境では有効性を発揮できない。一方、紋羽病菌は土壤微生物相が安定しバランスがとれている環境下でまん延することができる。

3 紋羽病菌における個性

紋羽病菌は、土壤中に菌糸を進展させテリトリーを拡大する過程で、遺伝的に異なる同種の別系統とは排他的にかかわる。すなわち、紋羽病菌には「個性」という概念が当てはまる。オートミール寒天で対峙培養することで個性は菌糸体適合性群 (MCG : mycelial compatibility group) として容易に識別される。MCG が異なる菌株間ではコロニー接触部に褐色の境界線を生じ (図-2a)、融合した菌糸細胞は死滅している (図-2b)。同じ MCG に属す菌株同士は境界線を生じず、また融合細胞は死滅しない (図-2c)。MCG はいわばヒトの臓器適合型のようなもので、融合細胞が死滅しない菌株同士は同じ個性 (クローン) である可能性が高い。

KATSUMATA et al. (1996) は、福島県の矮化栽培リンゴ果樹園において紫紋羽病菌の個性群構造を MCG 法により解析した (図-3)。この果樹園は1984年にアカマツ、スギ、クヌギ、クワ等の元の植生を皆伐し造成されたもので、1995年の調査時には332本のリンゴ樹のうち68

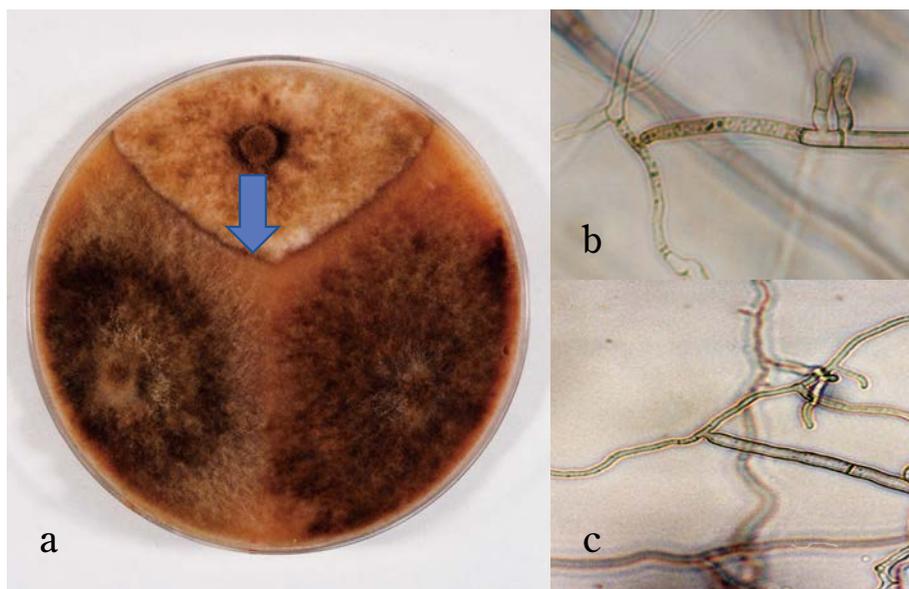


図-2 紫紋羽病菌 MCG の類別

a: オートミール寒天上で菌株を対峙培養し、コロニー間に境界線 (矢印) を生じる場合、両者は MCG を異にする。b: この場合、両者の融合菌糸細胞は死滅する。c: 同じ MCG 間の融合菌糸細胞は死滅せず、コロニー間に境界線を生じない。(UETAKE et al., 2002 より転載)。

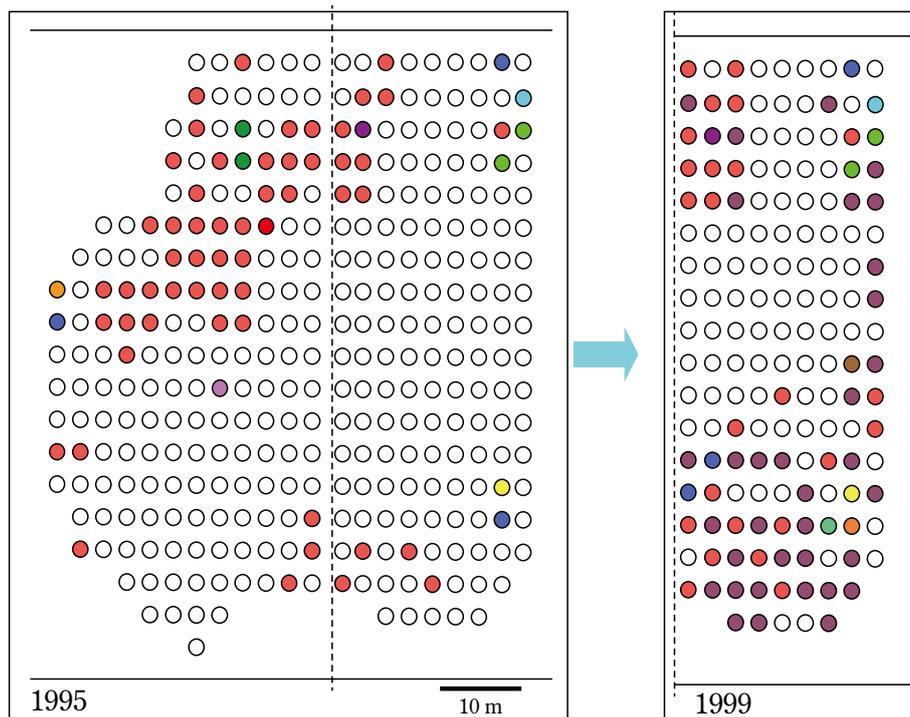


図-3 矮化栽培りんご果樹園における紫紋羽病菌 MCG の分布

○は個々のりんご樹を示し着色した○には紫紋羽病菌が存在していた。異なる色は異なる紫紋羽病菌 MCG を示す。1999 年は圃場の破線より右側（南半分）のみ調査した。1995 年の調査結果は KATSUMATA et al., 1996 を転載。

本（20.5%）の株元に紫紋羽病菌の菌糸膜が形成され、そこから菌が分離された。分離菌株は九つの MCG に類別された。最大の MCG には 56 菌株（82.4%）が所属し、残りの MCG は 1~3 菌株で構成された。4 年後にこの果樹園の南半分 157 本のりんご樹について再度調査したところ、紫紋羽病菌罹病樹は 20 株（12.7%）から 69 株（43.9%）に増加した。ここでは前回一番優占的な MCG の感染樹は 20 株から 25 株に増加したが、他のマイナーな MCG は一つを除き増加しなかった。この例外的な MCG は前回の調査時に一樹からしか検出されなかったが、4 年後には 36 樹（22.9%）から検出された。

これに対し、白紋羽病菌は紫紋羽病菌と異なり、果樹園などでは一般に株元に白い菌そうや子実体等の特徴的な標兆を形成しない。そこで、ナシ園において罹病樹だけを選び調べてみると、少数の MCG がパッチ状に分布していることが明らかとなった（中村ら, 1999）。一方、ビワやブドウ果樹園で全樹を掘り上げて調査したところ、紫紋羽病菌と同じ結果が得られた（中村ら, 2000）。

このように紋羽病菌においては、優占的な MCG とそうでない MCG が存在するのが一般的な傾向である。その理由は、病原菌としての個々の適応度、すなわち病原力の違いによると考えられるが、証明はされていない。

紋羽病菌の菌糸は永続し、長期間他の生物とかわりながら生育する。その過程でジャガイモのような栄養繁殖作物と同じく、ウイルスが感染・蓄積するものと考えられる。すなわち、紋羽病菌 MCG の成長に伴い、種々のマイコウイルスが感染し、そのため個々の MCG の適応度は低下すると考えられる（その 2 参照）。

II 紫紋羽病菌

紫紋羽病には *Helicobasidium* 属の複数の種が関与しており、ここでは我が国で問題になっている紫紋羽病菌を *H. mompa* と呼称することにして、それ以外は単に紫紋羽病菌あるいは *Helicobasidium* として扱う。

1 生活史段階に応じた三つの学名

紫紋羽病菌には世界的にいくつかの種が知られているが、我が国では、*H. mompa* と *H. brebissonii* が知られており（NAKAMURA et al., 2004）、病原菌として重要なのは *H. mompa* である。糸状菌には生活史段階に応じて学名がつけられるのが通例で、テレオモルフが知られているものはテレオモルフの学名が使われる。したがって紫紋羽病菌は *Helicobasidium* と呼ばれる。ちなみにアナモルフは *Thanatophytum* である。興味深いことに、*H. mompa* を蛍光灯あるいは菌紫外線下で培養すると、単

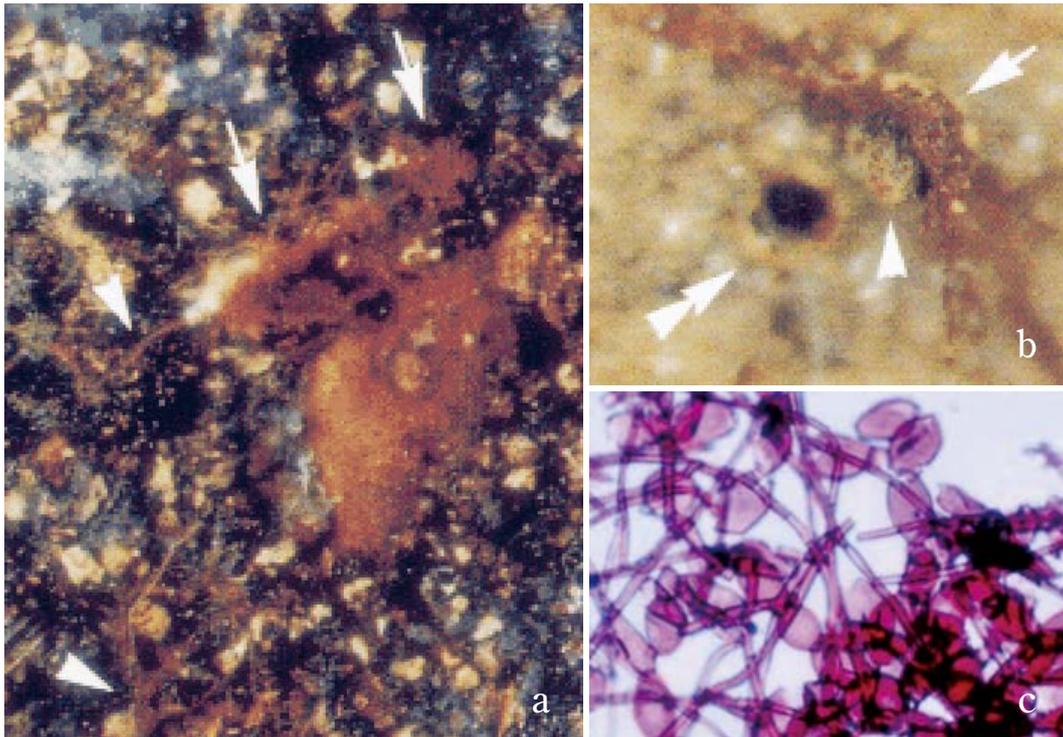


図-4 紫紋羽病菌の栄養器官

a: 接種ニンジンに形成された *Helicobasidium mompa* の菌糸束 (矢じり) および菌核 (矢印). b: リンゴ台木茎の地下部表面に形成された感染座を樹皮ごととはがして側面より撮影. 感染座上部 (矢印), 感染座下部 (ペグ, 矢じり), ペグが貫入して形成された穴 (二重矢じり). c: 菌核中の数珠状の紫色厚壁細胞. 出典 a, b: UETAKE et al. (2001). c: UETAKE et al. (2003).

胞・亜球形の分生子を生じる (福島, 1998)。分生子時代の特徴に基づき菌を同定すると, *Tuberculina* となる。*Tuberculina* 属はさび病菌に寄生性を示し, 後述の通り紫紋羽病菌の生活史において重要な役割を果たしていることが近年明らかになった。

2 紫紋羽病菌の生物学

(1) 生活史

土壤伝染性である *H. mompa* は, 二倍体で二核ヘテロカリオンの栄養菌糸 (AIMI et al., 2003) よりなる菌糸束 (図-4a) を植物表面や土壤中に伸長させ, 感染座* (図-4b) を形成し根などの組織に侵入する。感染に伴い菌糸束がまん延すると, 綿毛状の菌糸塊 (内部組織の分化は見られないが, 広義には菌核と呼ばれる, 図-4a) が土壤中に形成され, 耐久体として働く。菌核の内部は厚壁細胞 (図-4c) で充満している。また一方で, 菌糸束

は植物の地際で菌糸膜を形成し (図-1a), そこに5月以降鮮やかな紫色の子実体ができる。子実体にはかぎ状, 円筒形, 多室の担子器を生じ (図-5a), その形態的特徴から *Helicobasidium* 属はさび病菌に近縁とされる。子実体には担子胞子が大量に形成される。担子胞子も二核で (図-5b), 発芽して一次菌糸になっても二核の状態を保っているが一次菌糸はホモカリオンである (AIMI et al., 2003)。担子胞子が *H. mompa* の生活史においてどのような役割を果たしているか従来不明であった。

(2) *Helicobasidium mompa* における交配様式

Iro (1949) は *H. mompa* の純粋培養菌を得る目的で担子胞子を培養した。すなわち, 子実体片より落下してくる担子胞子を寒天培地に受け止め発芽胞子を別の培地で移植した。移植寒天片からは豆粒くらいの菌核様の塊が成長し, そこから綿毛状の典型的な「栄養菌糸」が生育した。Iro (1949) は単孢子分離を意識しておらず, 一次菌糸がどのような経緯で二次菌糸になったかは不明である。

そこで筆者らは一次菌糸を用いて対峙培養による厳密な交配実験を行った (IKEDA et al., 2003)。*H. mompa* 単担子胞子菌株を同一の子実体由来する姉妹交配と子実

* Iro (1949) はサツマイモ塊根上に形成された *H. mompa* の組織と培地上に形成されたものとともに菌核とし, 前者の平均直径は $300\ \mu\text{m}$ で組織の分化が見られるのに対し, 後者は数ミリ前後では組織の分化は見られないと記している。前者は感染座で, 後者が菌核であると考えられる。後者の内部を構成する菌糸は非常に太いと記述され, 論文に掲載された顕微鏡写真は図-4c と似ている。

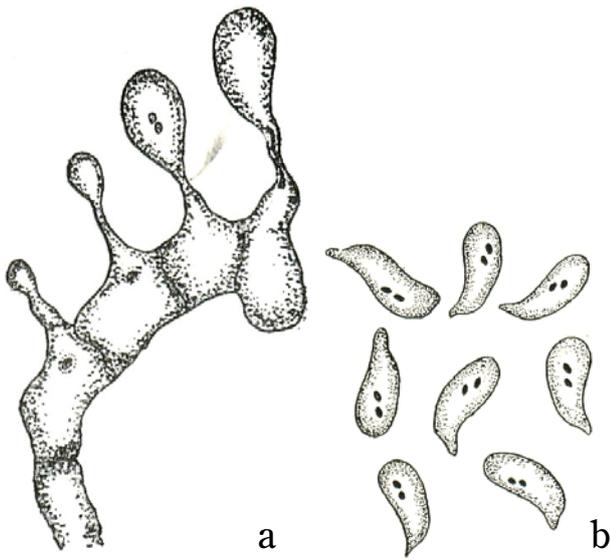


図-5 *Helicobasidium mompa* の担子器 (a) と担子胞子 (b)
(Iro (1949) より転載).

体を異にする非姉妹交配，計 148 の組合せで得た後代の二次菌糸（ヘテロカリオン）化を調査した。その結果，ヘテロカリオンが得られたのはわずか一組のみで，しかも対峙した二つの一次菌糸コロニーのうち的一方のみがヘテロカリオンになった。さらに興味深いことに，姉妹・非姉妹交配を問わず，半分の組合せでコロニー接触部に褐色の境界線を生じた。この境界線は，二次菌糸の対峙培養により生じる体細胞的な不和合性反応と似ていた。すなわち，ホモカリオン間における不和合性に関しては二つの型が存在し，それは単一因子に支配されていると考えられる。これはさび病菌の担子胞子には二つの交配型（+と-）があることと符合すると思われたが，*H. mompa* の交配がなぜ一次菌糸間で進捗しないかは不明である。おそらく，担子胞子が発芽し一次菌糸になると交配能力は失われるのではないだろうか。Iro (1949) の実験のように，発芽して間もない一次菌糸は交配能力を維持していると考えられる。

(3) *Tuberculina*-*Helicobasidium*

Lutz et al. (2004) は，さび病菌の寄生菌として知られているアナモルフ *Tuberculina* と植物病原菌であるテレオモルフ *Helicobasidium* で一つのホロモルフが構成されていることを明らかにした。すなわち，紫紋羽病菌は菌類と植物という二つの生物界をまたいで寄生者としての生活史を全うしている（図-6）。*Helicobasidium* の担子胞子や分生子を様々なさび病菌の柄子殻に接種すると *Tuberculina* の分生子や菌核を生じ，紫紋羽病菌の菌糸 (*Thanatophytum*) が伸長してきた。菌核は地上に落下し，土壤伝染性病原菌としての生活を開始される。またこれ

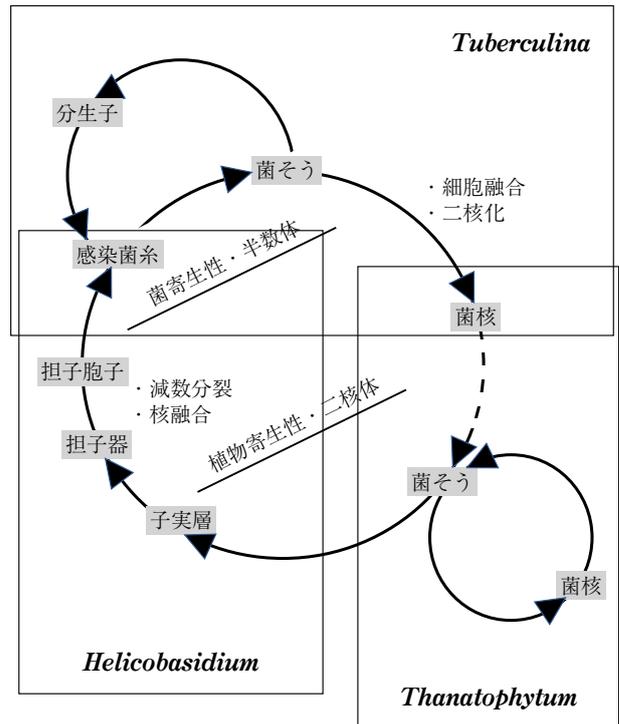


図-6 紫紋羽病菌の生活史

実線は実験的に証明された過程，破線は状況証拠による部分で，実験的には証明されていない。
(Lutz et al. (2004) の図に基づき作成).

ら 2 通りの胞子を麦芽エキス寒天や麦芽エキス・ペプトン寒天で培養することでも菌核の形成は観察された。

以下 Lutz et al. (2007) による一般科学誌の解説をかいつまんで説明する。——春のわずかな期間に *Helicobasidium* は地上に現れ担子胞子を放出する。担子胞子がさび病に罹った葉に到達しさび病菌に接触すると *Tuberculina* の分生子ができる。葉から噴き出した分生子はさらに別のさび病の罹病葉に感染する。やがて葉の下側に小さな菌糸塊（菌核）が形成され，秋には地表に落下し植物根に感染する。*Tuberculina* のさび病菌に対する感染性は両者の共通祖先の交配行動に由来し，そこから寄生的な相互関係へと発展したと考えられる。この相互関係がそもそも交配行動であったことを示唆する証拠は，以下の顕微鏡観察から示唆された。両者の細胞の接点は融け合い細胞質が混じりあう。そして寄生者の核がさび病菌の細胞に侵入する。この間，抵抗反応はみられない。これは *Helicobasidium* と宿主植物の間で見られる普通の宿主-寄生菌相互反応では全く見られない。最近の実験によれば，この行動は性特異的で雌の *Tuberculina* は雄のさび病菌を相手に，そして雄の *Tuberculina* は雌のさび病菌を相手に感染する。明らかに *Tuberculina* は交配の相手としてふるまい，さび病菌は騙され *Tuberculina*

を受け入れ餌食となる。すなわち、過去には林業の分野などでさび病に対する生物防除資材として有望視されていた *Tubercurina* が、*Helicobasidium* として深刻な被害をもたらしていることが明らかになった。

3 多様性

紫紋羽病は世界中で *Helicobasidium* に属する様々な種により発生するが、病原菌として重要視されているのは日本を含めた東アジアの国々のみで、その病原菌は *H. mompa* である (UETAKE et al., 2002)。世界的に見れば、*Helicobasidium* 属菌はそれほど重要であるとは言い切れない。それはヨーロッパではリンゴなどの果樹では問題にならないためだろう。一方、我が国では和ナシに *H. mompa* は発生しないが (荒木, 1967)、ヨーロッパでは洋ナシに紫紋羽病菌が発生する (LUTZ et al., 2007)。*Helicobasidium* 属全体として見れば、草本性植物も含めその宿主範囲は広く、病原性やその他の生態的特性に関連した分化については未検討である。また、*Tuberculina* 属を含めたホロモルフとして紫紋羽病菌をながめると、宿主範囲に加え生活史についても紫紋羽病菌が多様性に富むことが示唆される。

UETAKE et al. (2002) は、世界中の紫紋羽病菌を菌糸融合と ITS 領域の塩基配列による系統解析により検討した。これらの菌株は互いに菌糸融合したが、分子系統解析の結果によれば五つのクレードに分かれた。すなわち、*Helicobasidium* 属各菌は一つの菌糸融合群を形成するものの分子系統学的には異なるという、例えば *Rhizoctonia solani* 複合体とは異なる結果が得られた。おそらく菌糸融合に関しては、担子器が多室でさび病菌に近縁の *Helicobasidium* と単室の担子器をもつ *R. solani* では生物学的な意義が異なるのだろう。筆者は、紋羽病の研究を始めるにあたり *H. mompa* が担子菌であるという理由で *R. solani* や *Armillaria mellea* (ナラタケ) 等のパラダイムに影響されすぎたと反省している。

(1) サツマイモの紫紋羽病菌

熊本や鹿児島で 100 年以上サツマイモが連作されている圃場で発生する *H. mompa* はサツマイモやニンジンには感染座を形成し病原性を示したが、リンゴ台木には病原性を示さなかった (UETAKE et al., 2003)。またサツマイモ菌株は菌糸塊 (菌核, 図-4a) をすぐに形成するのも特徴である。菌糸塊は数珠状の紫色厚膜胞子 (図-4c) より構成されている。100 年という期間に九州の *H. mompa* は本来の森林という安定した環境から毎年耕起される不安定な生息場所に適応したのだろう。しかし、こうした

変化は分子生物学的な違いとしてはとらえられていない (UETAKE et al., 2002)。

(2) ピスタチオ果実さび病

ピスタチオ果実さび病を起こす *T. persicina* は *H. purpureum* のアナモルフであることが証明された (MIRABILE and TORTA, 2020)。ピスタチオ果実の罹病組織から分離を試みると、生育の遅い子座様の菌叢が生育し、分生子の特徴から本菌は *T. persicina* と同定された。そして ITS 領域の塩基配列を調べると、*H. purpureum* のそれと 100%一致した。さらに分生子懸濁液を果実に接種することでさび病が再現され、接種菌は再分離された。*T. persicina* が植物病原菌として記載されたのはこれが最初の報告である。*T. persicina* はヨーロッパを中心に各種さび病菌から寄生菌として分離され、また *H. purpureum* のみならず *H. longisporum* の担子胞子や分生子からも *T. persicina* が生育した (Lutz et al., 2004)。

(3) *Tuberculina*

Lutz et al. (2004) による ITS や LSU 領域に基づく分子系統解析では、*H. mompa* 以外の紫紋羽病菌と様々なさび病菌に由来する *Tuberculina* 属菌との関連が認められた。しかし、*H. mompa* に対応する *Tuberculina* はなかった。中村 (2009) は、さび病菌寄生性の *Tuberculina* 属の自然発生事例は確認されていないと述べている。*H. mompa* が *Tuberculina* 型の分生子を形成することは確実に (福島, 1998; NAKAMURA et al., 2004)、*H. mompa* に関してはホロモルフの実態解明が待たれる。

引用文献 (その1)

- 1) AIMI, T. et al. (2003): Mycol. Res. 107: 1060~1068.
- 2) 荒木隆男 (1967): 農業技術研究所報告 C 21: 110 pp.
- 3) 福島千万男 (1998): 青森りんご試報 30: 101 pp.
- 4) IKEDA, K. et al. (2003): Mycol. Res. 107: 847~853.
- 5) ITO, K. (1949): Bull. Gov. Forest. Exp. Sta. 43: 126 pp.
- 6) 伊藤進一郎・中村宣子 (1984): 日林誌 66: 262~267.
- 7) KATSUMATA, H. et al. (1996): Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 62: 490~491.
- 8) LUTZ, M. et al. (2004): Mycol. Res. 108: 227~238.
- 9) ——— et al. (2007): German Research 29(1): 21~23.
- 10) 松本直幸ら (2002): 日植病報 68: 201 (講要).
- 11) MIRABILE, G. and L. TORTA (2020): J. Plant Dis. Prot. DOI: 10.1007/s41348-020-00305-1
- 12) 中村 仁ら (1999): 日植病報 65: 656~657 (講要).
- 13) ———ら (2000): 同上 66: 100 (講要).
- 14) NAKAMURA, H. et al. (2000): Mycoscience 41: 503~507.
- 15) ——— et al. (2004): Mycol. Res. 108: 641~648.
- 16) 中村 仁 (2009): 微生物遺伝資源利用マニュアル 27: 1~24.
- 17) TAKAHASHI, M. et al. (2020): J. Gen. Plant Pathol. 86: 419~422.
- 18) UETAKE, Y. et al. (2001): ibid. 67: 175~181.
- 19) ——— et al. (2002): Mycol. Res. 106: 156~163.
- 20) ——— et al. (2003): J. Gen. Plant Pathol. 69: 42~44.

研究室紹介

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 花・野菜技術センター 研究部 生産技術グループ

道総研花・野菜技術センターは、北海道農業の戦略作物である花き・野菜生産の一層の振興を図るため、試験研究部門とその技術を普及する部門を一体化し、相互の連携の下に総合的な機能を果たすことを目的に、「北海道立花・野菜技術センター」として1996年（平成8年）に設立されました。当センターは、道立農業試験場における花き・野菜の中核的研究機関として、関係場との分担を図りながら、新品種の開発、栽培技術の改善および生産物の流通技術等に関する試験研究を実施するとともに、「開かれた試験場」として、生産者や指導者等に対する技術指導はもとより、花き・野菜の生産者育成を目的とした総合技術研修などの各種研修を実施しています。2010年4月の道立試験研究機関の法人化に伴い、地方独立行政法人北海道総合研究機構農業研究本部花・野菜技術センターに改組され現在に至っています。職員数は事務職員を含め25名（ほかに農業改良普及指導員2名が常駐）、試験圃場を含めた敷地面積は50ha、12棟の温室、40棟ほどのビニールハウスに加えて、貯蔵試験を行う保鮮棟など施設や研修寮を備えています。

生産技術グループは5名で、そのうちの2名が病害虫関係の業務を担当しています。

以下に、現在実施中の主な病害虫の課題を紹介します。

紫外光（UV-B）を利用したデルフィニウムうどんこ病の防除法の確立

デルフィニウムは北海道における主要な花き品目の一つですが、そのうどんこ病は最重要病害となっています。生産現場では栽培期間に毎週の防除が行われていますが、それでも病勢を抑えられない場合があります。また、北海道とはいえ夏季の高温時のハウス内の防除作業は生産者の負担となっており、より安定的かつ省力的な防除方法が望まれていました。いちごのうどんこ病などで導入されている紫外光（UV-B）について、これを照射した植物に病害に対して誘導抵抗性が発現する仕組みを利用し、栽培期間を通じて紫外光照射を行うことで、うどんこ病の防除回数を削減する耕種的な防除技術の開



花・野菜技術センターの庁舎



紫外光（UV-B）照射中のデルフィニウム栽培ハウス（原図 藤根）

発に取り組んでいます。

果実品質に優れ多収な春どりいちご品種の開発

当センターではいちごの品種開発を行ってきており、直近では春どりいちごとしては大粒の品種‘ゆきキラ’を送り出しています。現在は、‘ゆきキラ’並の果実品質を有する多収品種の開発を目標に取り組んでおり、その有望系統について、疫病と萎黄病の抵抗性検定を、ガラス温室内で接種により実施しています。

そのほかには、当場で実施している総合技術研修や各種セミナーについて、病害虫にかかわる講習および演習の授業を担当しています。また、個別の課題解決や各種技術の習得を目的とする専門技術研修の受け入れも行っています。

さらに、発生予察事業にかかわる定点調査や各種作物の新農薬実用化試験、各地の農業改良普及センター等からの病害虫診断依頼にも対応しており、生産現場からあげられた多くの要望に対して技術支援を行っています。

（主査（病虫） 佐々木 純）

研究室紹介

和歌山県果樹試験場かき・もも研究所

和歌山県はミカン、ウメ、カキの収穫量が全国1位、イチジクの収穫量が全国2位、キウイフルーツの収穫量が全国3位、スモモの収穫量が全国3位、モモの収穫量が全国5位の果樹産地です（令和3年産農林水産統計。イチジクのみ令和元年産特産果樹生産動態等調査）。なかでも県の北部地域では古くからカキやモモの栽培が盛んに行われてきました。和歌山県果樹試験場かき・もも研究所は、1953年（昭和28年）に県北部の果樹農家の強い要望を受け、果樹試験場紀北分場として旧粉河町（現在：紀の川市）に設置されました。2002年（平成14年）に農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所と改称したのち、2012年（平成24年）に果樹試験場かき・もも研究所と改称し現在に至ります。

当研究所は県内に3箇所ある果樹関係の試験研究機関のうちの一つで、カキ・モモをはじめとする落葉果樹に関する試験研究を分担しています。7名の研究員が配置されており、そのうち3名が病害虫に関する業務を担当しています。以下に、病害虫担当が現在取り組んでいる主な研究課題を紹介します。

1 カキ炭疽病の防除対策

県内では近年、カキ炭疽病の発生が増加傾向にあることから、県内における薬剤耐性菌の発生状況を調査しています。

2 カキオリジナル品種‘紀州てまり’の病害対策

カキの和歌山県オリジナル品種‘紀州てまり’は年によって灰色かび病や果実黒すじ症状が果実に発生し問題となっています。そこで、防除対策を確立するため、有効薬剤の選抜などを行っています。

3 特定外来生物クビアカツヤカミキリの緊急防除対策

クビアカツヤカミキリは2012年に愛知県で被害が初めて確認された侵入害虫です。本県でも2017年に成虫を確認、2019年にモモで被害を確認し、分布域が急速に拡大しています。本県の重要品目であるモモ、スモモ、ウメを加害し、加害された樹は急速に枯死に至ることから、本県果樹栽培はかつてない危機に晒されているといえます。本虫の緊急防除対策として、フラスの遺伝子診



カキ炭疽病



クビアカツヤカミキリの飼育状況※
※特定外来生物であるため、環境省の許可が必要。



ドローンによるカキへの農薬散布

断技術の開発、有効薬剤の探索、物理的防除技術の確立等に取り組んでいます。物理的防除技術では、樹へのネット被覆や樹木保護用資材を用いた産卵抑止技術開発を行っています。

4 ドローンを利用したカキの病害虫防除技術の開発

カキ園地は傾斜地が多く、農薬散布は重労働です。近年はドローンによる農薬散布技術が注目されていますが、果樹では防除効果の知見がなく、高濃度少量散布が可能な農薬も極めて少ない状況です。そこで、カキにおけるドローンを利用した農薬散布技術を確立するため、病害虫の防除効果の解明、ドローンで散布できる農薬を増やすための適用拡大試験に取り組んでいます。

（主査研究員 大谷洋子）

新しく登録された農薬 (2022.9.1~9.30)

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」

- トリフロキシストロビン・フルオピラム水和剤
24642：エクステリスフロアブル（バイエル）22/9/7
トリフロキシストロビン：1.92%
フルオピラム：1.19%
西洋芝（ベントグラス）：ダラースポット病：発病前～発病初期

「殺虫剤」

- トリフルメゾピリム水和剤
24641：ペキサロンフロアブル（コルテバ）22/9/7
トリフルメゾピリム：10.0%
稲（箱育苗）：ウンカ類：は種時（覆土前）～移植当日
稲（箱育苗）：ツマグロヨコバイ：は種時（覆土前）
●フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロンメチル粒剤
24644：イグザクト QED ジャンボ（エムシー緑化）
22/9/7
フェントラザミド：7.5%
プロモブチド：15.0%
ベンスルフロンメチル：1.87%
移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ヘラオモダカ、ミズガヤツリ、ウリカワ、クログワイ、オモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

「殺虫殺菌剤」

- 還元澱粉糖化物・調合油・BT 水和剤
24643：ベニカナチュラルスプレー（住友化学園芸）
22/9/7
還元澱粉糖化物：0.60%
調合油（サフラワー油及び綿実油の含量として）：0.32%
バチルス チューリンゲンシス菌の生芽胞及び産生結晶毒素：10.0%
野菜類（結球あぶらな科葉菜類、非結球あぶらな科葉菜類、あぶらな科野菜（花蕾及び茎）、だいこん、ねぎ、トマト、ミニトマトを除く）：アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類：発生初期
野菜類（結球あぶらな科葉菜類、非結球あぶらな科葉菜類、あぶらな科野菜（花蕾及び茎）、だいこん、ねぎ、トマト、ミニトマトを除く）：ハスモンヨトウ、うどんこ病：発生前～発生初期
結球あぶらな科葉菜類（キャベツを除く）、非結球あぶらな科葉菜類、あぶらな科野菜（花蕾及び茎）、だいこん：アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類：発生初期
結球あぶらな科葉菜類（キャベツを除く）、非結球あぶ

- らな科葉菜類、あぶらな科野菜（花蕾及び茎）、だいこん：アオムシ、ハスモンヨトウ、うどんこ病：発生前～発生初期
キャベツ：アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類：発生初期
キャベツ：コナガ、アオムシ、ハスモンヨトウ、うどんこ病：発生前～発生初期
ねぎ：アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類：発生初期
ねぎ：シロイチモジヨトウ、ハスモンヨトウ、うどんこ病：発生前～発生初期
トマト、ミニトマト：アブラムシ類、コナジラミ類、ハダニ類：発生初期
トマト、ミニトマト：オオタバコガ、ハスモンヨトウ、うどんこ病：発生前～発生初期
果樹類（りんご、かきを除く）：ケムシ類：発生前～発生初期
りんご：ケムシ類、うどんこ病：発生前～発生初期
かき：ケムシ類、カキノヘタムシガ：発生前～発生初期
花き類・観葉植物（ばら、きくを除く）：アブラムシ類、ハダニ類：発生初期
花き類・観葉植物（ばら、きくを除く）：うどんこ病：発生前～発生初期
ばら：アブラムシ類、ハダニ類：発生初期
ばら：うどんこ病、黒星病：発生前～発生初期
きく：アブラムシ類、ハダニ類：発生初期
樹木類（さるすべりを除く）：ケムシ類：発生前～発生初期
さるすべり：ケムシ類、うどんこ病：発生前～発生初期

「除草剤」

- フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロンメチル粒剤
24644：イグザクト QED ジャンボ（エムシー緑化）
22/9/7
フェントラザミド：7.5%
プロモブチド：15.0%
ベンスルフロンメチル：1.87%
移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ヘラオモダカ、ミズガヤツリ、ウリカワ、クログワイ、オモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離
●ピラクロニル粒剤
24645：ピラクロン 300FG（協友アグリ）22/9/28
ピラクロニル：6.0%
移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ヘラオモダカ、ウリカワ、ヒルムシロ

登録が失効した農薬 (2022.9.1~9.30)

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。

〔殺虫殺菌剤〕

- ペルメトリン・テトラコナゾール液剤
23839：住友化学ガーデンガードAL（住友化学株式会社）
22/9/16
- カルタップ・プロベナゾール粒剤
15583：明治パダンオリゼメート粒剤（株式会社MMAG）
22/9/26
- カルタップ・BPMC・プロベナゾール粒剤
15899：明治パダンバッサオリゼメート粒剤（株式会社MMAG）22/9/26
- ベンフラカルブ・プロベナゾール粒剤
17871：明治オリゼメートオンコル粒剤（株式会社MMAG）
22/9/26
- ベンフラカルブ・プロベナゾール粒剤
20093：明治ジャッジ箱粒剤（株式会社MMAG）
22/9/26
- カルタップ・プロベナゾール水和剤
21271：明治側条パダンオリゼメート顆粒水和剤（株式会社MMAG）22/9/26
- シラフルオフエン・トリシクラゾール・フェリムゾン粉剤
20779：ノンブラスジョーカー粉剤DL（協友アグリ株式会社）22/9/27
- シラフルオフエン・トリシクラゾール・バリダマイシン・フェリムゾン粉剤
20780：ノンブラスバリダジョーカー粉剤DL（協友アグリ株式会社）22/9/27

〔除草剤〕

- テニルクロール・ペントキサゾン水和剤
21234：科研スピフロアブル（科研製薬株式会社）
22/9/6
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
21548：クサカリテイオー 1 キロ粒剤 75（科研製薬株式会社）22/9/6
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
21550：クサカリテイオー 1 キロ粒剤 51（科研製薬株式会社）22/9/6
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤

- 21845：クサカリテイオー L フロアブル（科研製薬株式会社）22/9/6
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤
- 21847：クサカリテイオーフロアブル（科研製薬株式会社）22/9/6
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
- 22502：クサカリテイオージャンボ（科研製薬株式会社）22/9/6
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
- 22504：クサカリテイオー L ジャンボ（科研製薬株式会社）22/9/6
- カフェンストール・ダイムロン・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤
- 22863：イネパーティールフロアブル（科研製薬株式会社）22/9/6
- ランコトリオンナトリウム塩粒剤
- 24211：プロミス 1 キロ粒剤（石原産業株式会社）
22/9/12
- トリフルラリン・ベスロジン粒剤
- 20400：ノーモア M 粒剤（日産化学株式会社）22/9/16
- イマゾスルフロン・ダイムロン・ペントキサゾン水和剤
- 19859：SDS ザ・ワンフロアブル（株式会社エス・ディー・エス バイオテック）22/9/26
- イマゾスルフロン・ダイムロン・ペントキサゾン粒剤
- 19862：SDS ザ・ワン 1 キロ粒剤（株式会社エス・ディー・エス バイオテック）22/9/26
- ダイムロン・ペントキサゾン粒剤
- 19877：SDS クサパンチ 1 キロ粒剤（株式会社エス・ディー・エス バイオテック）22/9/26
- テニルクロール・ペントキサゾン水和剤
- 21235：トクヤマスピフロアブル（株式会社エス・ディー・エス バイオテック）22/9/26
- イマゾスルフロン・ダイムロン・ペントキサゾン水和剤
- 19858：ザ・ワンフロアブル（協友アグリ株式会社）
22/9/27
- イマゾスルフロン・ダイムロン・ペントキサゾン粒剤
- 19861：ザ・ワン 1 キロ粒剤（協友アグリ株式会社）
22/9/27

月刊「植物防疫」は、植物防疫に関する専門的な技術情報誌です。全国の植物防疫に携わる研究者・指導者等に実践的に役立つ新しい情報を提供するために、下記規程に則って関係者に積極的な投稿・ご執筆をお願いしております。構想の段階でもご相談に応じますので、ご連絡いただきますようお願い致します。

掲 載 規 程 (抜粋)

1. 掲載記事の分野

植物防疫に関する行政・研究・技術等の情報をひろく対象とします。本誌は実践的に役立つ情報提供を重視していることから、植物防疫との関連性が薄いものや基礎研究の域を出ないものは、原則として掲載しません。

2. 掲載記事の種別

本誌に掲載する記事はおおむね次の種別によります。

(1) 研究報告および総説

狙いや結果がわかりやすく解説された研究成果の紹介、もしくは諸課題や一連の研究成果等、関心度の高い技術テーマに関する総説。本誌の目的にかなう切り口で科学的に解説されているもの。

(2) 調査報告

調査を元にとりまとめ解説した研究報告に準ずる報告。

(3) 時事解説

行政の施策や世界動向等、関心度の高い時事テーマに関する解説。

(4) トピックス

新たに問題化した病虫害や薬剤耐性その他防除上のトピックス（地域限定の場合も含む）並びに新農薬の紹介等の諸情報。

(5) 新技術解説

新たな実験技法（圃場試験法や感受性検定法等）、調査法、防除法の紹介。

(6) その他

新規農薬登録・特殊報・登録失効・農林水産省プレスリリース、新刊図書の紹介、行事案内など。

3. 掲載の決定

(1) 専門家による審査体制を設置し、本誌の目的にかなうテーマであるかどうか、科学的に適正な内容であるかどうか等について審査し、掲載の有無を決定します。

(2) 審査の結果、内容の一部修正等をお願いすることがあります。

4. 投稿・連絡先

電話：03-5980-2183 mail：genko@jppa.or.jp

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 「植物防疫」編集担当

協会だより

○2022年度「新農業実用化試験」成績検討会の開催予定

- 10月17～18日【茶】(東京「ホテルラングウッド」,ハイブリッド)
 20日【芝草】(日植防会議室,ハイブリッド)
 24日【家庭園芸】病害分科会(日植防会議室,オンライン)
 24日～25日【家庭園芸】虫害分科会(日植防会議室,オンライン)
- 11月1～2日【稲・野菜等】東北地域(ホテルメトロポリタン盛岡,ハイブリッド)
 4日【稲・野菜等】北陸地域,病害分科会(日植防会議室,オンライン)
 7日【稲・野菜等】北陸地域,虫害分科会(日植防会議室,オンライン)
 9～10日【稲・野菜等】北海道地域(ホテル札幌ガーデンパレス,ハイブリッド)
 14～15日【稲・野菜等】九州地域(アークホテルロイヤル福岡天神,ハイブリッド)
 *虫害分科会は2回に分けて開催:12月12～13日(日植防会議室,オンライン)
 18日【稲・野菜等】四国地域(日植防会議室,オンライン)
 21～22日【稲・野菜等】近畿・中国地域(日植防会議室,オンライン)
 28～29日【稲・野菜等】関東地域(東京「ホテルラングウッド」,ハイブリッド)
- 12月1～2日【稲・野菜等】東山東海地域(東京「ホテルラングウッド」,ハイブリッド)
 5～6日【寒冷地果樹】(東京「ホテルラングウッド」,ハイブリッド)
 7～8日【落葉果樹】(東京「ホテルラングウッド」,ハイブリッド)
 8～9日【常緑果樹】(東京「ホテルラングウッド」,ハイブリッド)
 15日【臨時】(日植防会議室,オンライン)
 *各地域・分野の検討会に間に合わなかった試験成績を対象とした検討会
 ハイブリッド形式では、試験担当者が会場参加もしくはオンライン(Zoom)参加で開催致します。オンライン形式では、試験担当者はオンライン(Zoom)のみの参加で開催致します。

学会だより

○植物化学調節学会第57回大会のお知らせ

第57回大会を以下のとおり開催します。
 日時:2022年11月25日(金)～11月27日(日)
 11月25日午後:企業説明会,編集委員会,社員総会,

広告掲載会社一覧 (掲載順)

- 日産化学(株)……………グレーシア
 サンケイ化学(株)……………ダブルシューター
 バイエルクロップサイエンス(株)……………イネリーグ
 日本曹達(株)……………ダニオーテ
 石原バイオサイエンス(株)……………ネマトリンエース
 日本農薬(株)……………AI診断
 三井化学アグロ(株)……………主要品目
 農薬工業会……………日本の農業
 クミアイ化学工業(株)……………プロポーズ

授賞式

11月26日午前:口頭発表

昼食:理事会

午後:会員集会,賛助会,受賞講演,特別講演,情報交換会

11月27日午前:口頭発表

午後:ポスター発表,表彰式

場所:福井県立大学永平寺キャンパス・交流センター

〒910-1195 福井県吉田郡永平寺町松岡兼定島4-1-1

ホームページ <https://www.fpu.ac.jp>

講演・口頭発表はオンラインとのハイブリッドで実施する予定
 詳細は学会ホームページでご確認ください。

○令和4年度日本植物病理学会九州部会のお知らせ

日時:2022年11月16日(水)13:00～17日(木)12:00

16日13:00～16:30 口頭発表

17日9:00～10:00 地域貢献受賞講演

「麦類および園芸作物における新病害の同定と防除技術に関する研究」元 大分県農林水産研究指導センター 農業研究部 吉松英明氏

17日10:00～10:30 総会

10:30～12:00 口頭発表

場所:鹿児島大学郡元キャンパス

〒890-8580 鹿児島県鹿児島市郡元1-21-24

詳細は学会ホームページでご確認ください。

次号予告

次号2022年12月号の主な予定記事は次のとおりです。

クリタマバチの在来寄生蜂クリマモリオナガコバチの新たな在来寄主の発見とクリタマバチの生物的防除における意味 松尾和典

薬剤散布機の省力化に向けた開発の展望と実用化への課題 吉田隆延

日植防シンポジウムから:

我が国の植物防疫の在り方と展望 羽石洋平

福岡県の水稲栽培における病害虫防除体系の考え方と今後の方向性 清水信孝

群馬県の野菜・特産作物栽培における病害虫防除体系の考え方と今後の方向性 池田健太郎

これからの病害虫防除体系において必要な視点 本田健一郎

今後の農業開発の方向性 河西康弘

植物防疫講座:病害編 果樹類に発生する紋羽病(その2) 松本直幸

農業編 多作用点接触活性を有する殺菌剤 富田啓文

研究室紹介:千葉県農林総合研究センター暖地園芸研究所 生産環境研究室 久保周子

植物防疫

第76巻 2022年10月25日印刷

第11号 2022年11月1日発行

(通算911号)

定価965円

本体877円

2022年

11月号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里6-28-1

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話(03)5980-2181(代)

FAX(03)5980-6753(支援事業部)

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



病害虫雑草の プロを手の中に!

レイミーが
スマートに解決!



※画面は開発中のものです。



写真を撮るだけで
病害虫雑草診断
ができる



有効薬剤
がわかる!



診断履歴を
管理・分析
できる!



通信料を除く

無料!



スマートフォン用アプリ **レイミーの**

AI病害虫雑草診断

対応作物が増えました!!



無料 ダウンロードはこちら



利用時の通信料はお客様のご負担となります。

日本農業ホームページから
日本農業 検索



開発

日本農業株式会社

NTT DATA 株式会社 NTTデータ CCS

参加

日産化学株式会社

日本曹達株式会社

三井化学アグリ株式会社

イスター・イスパイオテック

MBC 丸和バイオケミカル株式会社

■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)NTTデータCCSと日本農業(株)の共同開発です。
■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。
■学習に用いたデータは、農林水産省委託事業「人工知能未来農業創造プロジェクト・AIを活用した病害虫診断技術の開発」および、「官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)」の成果である「病害虫被害画像データベース」を用いた。

明日の「農」を支える力でありたい。

自然の恵みをうけて、大きく育つ農作物。そんなみずみずしい生命を守り、
支え、確かな実りに結ぶ三井化学アグロの技術。
自然との調和を基本に、三井化学アグロはより豊かな農業のために、
より安全性の高い農薬の提供をつづけています。

殺虫剤

三井薬工 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬工 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジン® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ピカット® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ® Z 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

草枯らし MIC®

セカンドショット® SジャンボMX

シュファイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

ワイドアタック™ SC

アトカラ® SジャンボMX

トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

フォローアップ® 1キロ粒剤



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



三井化学アグロ株式会社

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

新製品・注目製品は
こちらから
ご覧いただけます。

＼ 持続可能な / 日本の農業

作物保護について考えてみませんか



作物保護の役割は

2 飢餓を
ゼロに



飢餓を
ゼロに

農作物の収量・
品質の確保で
貢献する

3 すべての人に
健康と福祉を



すべての人に
健康と福祉を

カビ毒リスクの
軽減で健康に
寄与する

8 働きがいも
経済成長も



働きがいも
経済成長も

効率化・安定化に
より農業を成長
産業に

15 陸の豊かさも
守ろう



陸の豊かさも
守ろう

農耕地の拡大を
抑えることで緑を
守る

「作物保護って?」「持続可能な農業って?」「農薬ってどうなの?」
もっと詳しく知りたい農家さん!!



マイナビ農業内
特設サイトをご覧ください。

JCPA 農業工業会

検索

<https://agri.mynavi.jp/jcpa/>



特設サイト関連記事



農薬って結局どうなの?
持続可能な農業と
作物保護について考えて
みませんか

JCPAの活動その1
作物保護の役割を
広めています



全国の直売所で実施中!
農薬やマスクの正しい
使い方を学びましょう

JCPAの活動その2
生産者の方々の
適正使用のために
専門講師を
派遣しています

お問い合わせ

JCPA農業工業会

03-5649-7191

jcpa@jcpa.or.jp

殺菌剤



プロポーズ[®] 顆粒水和剤

べと病・疫病に 2成分で優れた効果

予防

治療

残効性

耐雨性



100g



500g

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連
登録商標 第4702318号

自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社

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

®はクミアイ化学工業(株)の登録商標です。

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