

植物防疫

Plant Protection

8

2023
VOL.77



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

あっ!と思った時は... 上手に使って害虫防除!

サンケイ化学のベイトシリーズ

サンケイ
ガードベイト® A

アクセルベイト

サンケイ
デナポン®5%ベイト

ナメクグリーン®3

サンケイ
コテツ®ベイト



ネキリムシ類



ネキリムシ類



ネキリムシ類



コオロギ類



コオロギ類



カタツムリ類



ナメクジ類



ホウレンソウ
ケナガコナダニ

※薬剤によって適用作物、適用害虫が
異なりますので、製品ラベルをよく読み、
内容を遵守してお使いください。



ダンゴムシ

水を使わず
散布がカンタン!



登録のある害虫が
誘引され、摂食することで
効果を発揮します!



ガードベイトA、アクセルベイト、デナポン5%ベイト、ナメクグリーン3の使用法は『**株元散布**』、コテツベイトは『**全面土壌散布**』です。いずれも**土壌混和せず**にお使いください。



サンケイ化学株式会社

薬剤に関するお問合せや資料請求のご要望は
本社(鹿児島) ☎ 099-268-7588
東京本社 ☎ 03-3845-7951

FMC

美しいねぎの 収穫へ。

重要害虫の加害、即効ストップ。

「無人航空機
による散布」
新規登録拡大!

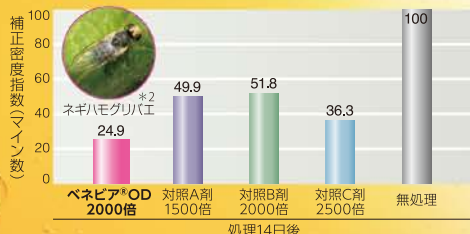
葉のすみずみまで浸達、高い効果を素早く発揮! 葉の隙間に潜む
ネギアザミウマ、ネギハモグリバエ バイオタイプB(B系統)も、取りこぼさない!

- 特長1 葉裏のすみずみまでしっかり浸達! 葉の隙間に潜む害虫も、取りこぼさない!
- 特長2 1成分で幅広い害虫に高い効果! 万全ローテーションの要になります。
- 特長3 長期残効で、大事な生育期、収穫期を守り切る!
- 特長4 効かなきゃ困る、重要害虫の産卵、吸汁・摂食、食入・食害を、害虫死を待たず即効ストップ!
- 特長5 混用事例も豊富です!

詳しい
混用事例は
こちらから→



●ネギハモグリバエ バイオタイプB(B系統)にも、高い効果



2019年 長野県野菜花き試験場 【試験概要】◎品種:夏島パワー ◎定植:4月22日 ◎処理日:7月8日 ◎発生程度:多発生(自然発生) ◎処理方法:規定の濃度に希釈した薬液を、背負い型エンジン式動力噴霧器を用いて10aあたり200ℓ相当を散布。◎調査方法:各区中央付近の連続する10株をマークし、上位3葉について肉眼でネギハモグリバエのメインを計数。◎考察:ベネビア®ODはネギハモグリバエ バイオタイプB(B系統)防除に有効と考えられた。



野菜散布用殺虫剤

ベネビア® OD

powered by
CYAZPYR®
ACTIVE INGREDIENT

ジアミド剤のプロ **FMCの卓効成分**

シアントラニプロール(通称:サイアジビル®)を、**10.3%高配合!**



長期
残効!



ご使用にあたっては製品ラベルをよく読み、適切にお使いください。*1 提供:柴尾孝氏 *2 原図提供:徳丸晋虫氏(京都府農林水産技術センター)
農林水産省登録:第23554号 クミアイベネビアOD、第23752号 MICベネビアOD、第24209号 丸和ベネビアOD、第24091号 ベネビアOD
ベネビアOD協議会 | クミアイ化学工業株式会社 / 丸和バイオケミカル株式会社 / 三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社(五十音順)
事務局:エフエムシー・ケミカルズ株式会社 www.fmc-japan.com
©2023 FMC Corporation. All Right Reserved. FMC、FMCロゴ、®を付した商標は、FMC Corporationまたはその米国およびその他の国の子会社・関連会社の登録商標です。

製品情報は
こちらから→



高温・低温・乾燥・日照不足・霜害・塩害

環境ストレスに耐えるチカラを!

新登場



製品情報の
詳細はこちらから



®アンビションはバイエルグループの登録商標



アンビション®
アルガ

新開発「液体ゲル製剤」バイオスティミュラント肥料

- 海藻抽出物と肥料成分をバランスよく配合
- 作物本来の力を活性化し、栄養吸収効率を高めて成長を改善
- 作物の品質改善・収穫量向上

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!

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。



殺ダニ剤 アシノナビル水和剤

ダニオーテ®フロアブル

農林水産省登録
第24213号

適用作物が
続々追加!



製品情報はここから



●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

〒100-8165 東京都千代田区大手町2丁目2番1号
お問合せ (03) 3245-6178
(平日9~12時、13~17時、土日祝祭日を除く)

目 次

巻 頭 言

果樹におけるカブリダニ利用の研究に携わって	岸本 英成	1
-----------------------------	-------	---

研究報告

ヘヤカブリダニを活用した施設栽培のメロンにおけるミナミキイロアザミウマ防除の検討	吉崎涼花・土井 誠・斉藤千温	2
青森県のリンゴ園におけるフツウカブリダニの発生状況及び各種殺虫剤の影響	小笠原南美・平山和幸・十川聡子・石栗陽一	9
群馬県の未成熟トウモロコシにおけるナミハダニの薬剤感受性および寄主適合性	横山 薫・藍澤 亨	14
岐阜県の夏秋トマト産地における褐色輪紋病の現状について	渡辺博幸・小島一輝・渡辺新一	19
茨城県で発生したミズナのべと病について	山内 智史	25
ネギハモグリバエのバイオタイプ A と B を識別するための核 DNA マーカーの開発	浦入千宗・藤戸聡史・上杉龍士	29
茨城県におけるネギハモグリバエ別系統の防除体系の検証	佐藤 信輔	34

トピックス

栽培用リンドウを食害するリンドウホソハマキの分類と生態	鈴木信也・屋宜禎央・広渡俊哉	40
-----------------------------------	----------------	----

新技術解説

イチジク株枯病の新たな抵抗性台木品種‘励広台 1 号’の開発 —イヌビワとの種間交雑体からの抵抗性系統の選抜経緯を中心に—	森田剛成・軸丸祥大・須川 瞬・白上典彦・薬師寺 博	46
---	---------------------------	----

植物防疫講座

農薬編-45 タンパク質生合成を阻害する殺菌剤	柴田俊浩・芳井 篤・北 雄一	54
-------------------------------	----------------	----

農林水産省プレスリリース (2023.6.1～2023.6.30)	18
新しく登録された農薬 (2023.6.1～2023.6.30)	39
登録が失効した農薬 (2023.6.1～2023.6.30)	8
発生予察情報・特殊報 (2023.6.1～2023.6.30)	24

【表紙写真】

上段：普通カブリダニ雌成虫（左），ミナミキイロアザミウマ幼虫を捕食するヘヤカブリダニ雌成虫（右）

下段：トマト褐色輪紋病の進展した葉の病斑と枯れ上がりの状況（左），ネギハモグリバエ別系統による被害株とネギハモグリバエ成虫（右）

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



特設ページ
はこちら

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

果樹におけるカブリダニ利用の
研究に携わって

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
植物防疫研究部門 果樹茶病害虫防除研究領域

岸 本 英 成



幸いにも研究環境に恵まれたおかげで、学生時代に出会ったハダニとカブリダニをメインとした研究に30年以上携わることができている。多くの方がご存じのように、ハダニはリサージェンスや薬剤抵抗性といった第二次世界大戦後の有機合成農薬多用による害虫防除の問題点の象徴であると同時に、カブリダニなどの天敵による生物的防除の対象として、長らく主役であり続けている。ハダニもカブリダニも体長0.5 mm前後と微小なため、実体顕微鏡の視野でカバーできるわずか数cm²の葉片があれば生活史を完結でき、室内レベルの研究対象としてはシャーレ上の実験だけでも研究を進めていくこともできる。その一方で、圃場レベルではどこからともなくハダニが発生して、それを追うようにいつの間にかカブリダニが現れてハダニ密度を下げてくれるが、その微小サイズゆえに発生経路や動態を追うのは極めて難しい。

2000年代に入りカブリダニを活用したハダニの生物防除技術は急速に進展し、多くの園芸作物種で実用段階に入っている。私自身が関わってきた果樹においては、農研機構を代表とした農食事業（後の農研機構生研支援センターイノベーション創出強化研究推進事業）「土着天敵と天敵製剤〈w天敵〉を用いた果樹の持続的ハダニ防除体系の確立」プロジェクトが進められ、いわゆる〈w天〉（ダブルテン）防除体系として実践可能なモデル体系が開発された。〈w天〉防除体系は、「果樹園に生息する土着カブリダニ類をベースに足りないところをカブリダニ製剤でカバー」することが基本コンセプトとなっており、さらに、これらカブリダニの能力を最大限に活かすための様々な技術の組合せから構成されているIPM（総合的病害虫・雑草管理）体系の一つである。

この〈w天〉防除体系を構成する技術の中でも主役はやはり土着天敵によるハダニ密度抑制機能であり、つまり永年作物である果樹園内には土着カブリダニが生息していることが前提とされている。しかし、この当たり前のように語られる前提条件は生産現場では長らく当たり前ではなかった。前述のように、化学合成農薬の台頭によって、カブリダニをはじめとする天敵類は農生態系内では観察されない時期が長らく続いていた。私自身が果樹でハダニの天敵利用の研究を始めたのは1990年代半ばであったが、当初は学生時代からのテーマで引き続き研究に従事することができ喜び勇んでいたものの、現実

は果樹園内での天敵類の発生は皆無の状況で、正直なところ途方に暮れていた。しかし、幸運にも数年後の1990年代終盤に入り、ナシ、モモ、リンゴでのチョウ目害虫に対する交信攪乱剤の実用化によって殺虫剤散布回数が削減されると、殺虫剤が散布されない時期には果樹上でカブリダニの発生が報告されるようになってきた。また、慣行防除園ではカブリダニ自身もある程度薬剤抵抗性を発達させている例も報告された。さらに2000年代以降は、選択性殺虫剤のメニューの充実によって、いわゆる慣行防除園でもカブリダニの発生が珍しい現象ではなくなった。カブリダニは微小で翅も持たず移動能力が限られることから、その発生は圃場内の環境に極めて影響されやすく、隣り合う圃場でさえも農薬散布体系が異なると発生状況が大きく変わることが知られている。しかし、農薬散布によって長年壊滅的なダメージを受けてきたはずのカブリダニが、生息環境の改善とともに見事に復活して、ハダニ防除にも利用できるストーリーが現実のものとなってきたのである。さらに言えば、単なる復活ではなくカブリダニ自身の薬剤抵抗性発達も加わったことによる、土着カブリダニ利用の新たな展開と表現したほうがふさわしいかもしれない。

このように、果樹園で進められた天敵の活用技術は、技術の進歩だけでなく、農生態系の懐の深さと土着カブリダニ類の潜在能力の恩恵も受けて成り立っていることを改めて実感させられている。しかし、我々は、その潜在能力をまだ十分に活かしてきているとは言えない。我々が観察できているカブリダニは圃場内の現象のごく一部に過ぎず、大部分の動態については謎のまま残されており、この見えていない部分が解明できればもっと土着天敵として効果的に利用できるのではないかと、さらには普及にもつなげられるのではないかとというもどかしい思いをしているのも事実である。近年、これまで目で見えなかったものを可視化できる様々な技術が開発されてきている。固くなった頭にはなかなかついていけないことも多いが、まだまだ現役研究者の1人として、IPM防除体系のキーとなる土着カブリダニの生態の謎を解明しながらさらなる有効活用技術の開発に取り組んでいきたい。

（農林害虫防除研究会 会長）

研究 報告

ヘヤカブリダニを活用した施設栽培のメロンにおけるミナミキイロアザミウマ防除の検討

静岡県農林技術研究所 よしざき 吉崎 すずか 涼花・どい 土井 まこと 誠・さいとう 齊藤 ちはる 千温

はじめに

ミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny は、体長 1 mm ほどの微小害虫で、キュウリ、メロン等のウリ科果菜類や、ナス、ピーマン等のナス科果菜類の重要害虫である（河合，2001；図-1）。本種の各種薬剤に対する感受性低下個体群が多数報告されており、安定的な防除効果を示す薬剤が少ない状況にある（柴尾ら，2007；鈴木・松田，2010；石川ら，2016）。メロンにおいて本種は葉や果実を吸汁するとともに、メロン黄化えそウイルス Melon yellow spot orthospovirus (MYSV) を媒介する（Kato et al., 1999）。静岡県ではガラス温室を利用した温室メロンの栽培がさかんで、複数のガラス温室で定植時期をずらしながら 1 年中栽培されているため、病害虫の一掃が難しく、頻繁に薬剤が散布されている。このような栽培環境下で、薬剤感受性が低下している本種に対して高い防除効果を期待できる農薬は少なく、農薬に過度に依存しない IPM 技術の開発が求められてきた。その一つとして、スワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot の利用技術（増井，2011）が開発されたものの、天敵と併用可能な薬剤に限られることや、年間作付け数が多いメロンでは天敵の導入費用が高額となることなどから、普及は一定数にとどまっている。一方で、スワルスキーカブリダニ等の天敵製剤以外に、土着カブリダニ類もミナミキイロアザミウマの防除に活用できる可能性が指摘されている（古味，2009）。筆者らは静岡県内の複数のメロン栽培温室内で、ミナミキイロアザミウマ 1 齢幼虫を捕食するヘヤカブリダニ *Neoseiulus barkeri* (Huges)（古味ら，2008；図-2）の発生を確認しており、これらの温室では薬剤散布を主体とした防除を行っていることから、ヘヤカブリダニは多くの薬剤に対して感受性が低い可能性がある。また、土着



図-1 ミナミキイロアザミウマ成虫



図-2 ミナミキイロアザミウマ幼虫を捕食するヘヤカブリダニ雌成虫

のヘヤカブリダニを生産者自身で増殖・維持し、ミナミキイロアザミウマに対する天敵として活用できれば、天敵導入費用の低減が期待できる。本稿では、このヘヤカブリダニを活用したメロンにおけるミナミキイロアザミウマ防除の可能性について、ヘヤカブリダニに対する各種薬剤の影響評価や代替餌の検討と併せて報告する。

I 各種薬剤に対する影響評価

天敵を利用した IPM を構築するうえで、天敵に対する薬剤の影響の有無や程度の把握が必要である（大井田，

Efficacy of the Release of *Neoseiulus barkeri* for Controlling *Thrips palmi* in Greenhouse Melon Cultivation. By Suzuka YOSHIZAKI, Makoto DOI and Chiharu SARTO

（キーワード：ミナミキイロアザミウマ，メロン，ヘヤカブリダニ，生物的防除，IPM）

2016)。メロン栽培では、ミナミキイロアザミウマのほかうどんこ病やアブラムシ類、ハダニ類、コナジラミ類等の病害虫に対して、様々な薬剤が利用される。そこで、メロン栽培で使用される殺虫剤 23 剤、殺菌剤 9 剤について、ヘヤカブリダニ雌成虫に対する影響を直接散布試験で評価した。その結果、殺虫活性が高かった薬剤については影響日数を調査した。

1 直接散布試験

試験に用いたヘヤカブリダニは、薬剤散布主体の防除を実施している静岡県内のメロンおよびガーベラ栽培施設から採集した個体を、水で湿らせた脱脂綿上に設置したインゲンマメ初生葉のリーフディスク上で、チャ花粉とスジコナマダラメイガの冷凍卵を餌として、25℃ 16L8D の条件で累代飼育したものである。薬剤感受性検定は、岸本ら（2018）による方法に準じて行った。メロンに登録されている常用濃度のうち最も高い濃度に希釈した各薬剤をヘヤカブリダニ雌成虫に 4 mg/cm² 散布し、25℃ 16L8D の条件で散布 72 時間後の生存状況と産卵数を調査した。対照区には蒸留水を散布した。1 薬剤につき 10～13 頭の雌成虫を供試し、3 反復行った。生死判定においては、苦悶虫も死亡とみなし、逃亡個体は死亡率の算出から除外した。蒸留水処理を対照として ABBOTT（1925）の補正式で補正死亡率（以下、死亡率）を算出した後、IOBC/WPRS が定めた室内検定試験での影響区分に基づき、影響なし（死亡率＜30%）、影響小（死亡率 30～79%）、影響中（死亡率 80～99%）、影響大（死亡率＞99%）の 4 段階で評価した（AMANO and HASEEB, 2001）。また、産卵に関しては、雌成虫 1 頭当たりの産卵数について、産卵減少率（（対照区の産卵数－各種薬剤散布時の産卵数）/対照区の産卵数×100）を算出した。死亡率および産卵数の具体的な数値は吉崎ら（2022 a）を参照されたい。

表-1 に各薬剤のヘヤカブリダニに対する影響評価を示した。まず、殺虫剤について、合成ピレスロイド系のシベルメトリンでは死亡率は 4.1～30.1% となり、影響なしまたは小と判定された。産卵減少率はメロン個体群で 28.1% となった。ネオニコチノイド系では供試した 5 剤すべてで死亡率が 15% 以下で影響なしとなり、産卵減少率は 20.4～65.6% であった。合成ピレスロイド系やネオニコチノイド系の殺虫剤は、土着カブリダニ類の各発育段階や雌成虫の産卵数に悪影響を及ぼすことが報告されている（浜村・篠田, 2004；国本ら, 2012；岸本ら, 2018）が、今回供試した合成ピレスロイド系やネオニコチノイド系の殺虫剤に対するヘヤカブリダニの感受性は、他のカブリダニ類と比べて低く、防除体系の中で利

用できる可能性がある。スピノシン系とアバメクチン・ミルベマイシン系の殺虫剤について、供試した 6 剤のうちレピメクチンを除く 5 剤では死亡率が 57.1～97.1% となり、産卵減少率は 61.0～100% と高く、直接散布した場合に悪影響が大きかった。IGR 系とジアミド系の殺虫剤では、死亡率は供試した 3 剤すべてで 15% 以下となり影響なしに分類された。フルフェノクスロンとクロラントラニリプロールは産卵減少率が 22.3～36.0% となり、ヘヤカブリダニと併用可能と考えられた。その他系統の殺虫剤では、フルキサメタミドは、死亡率が 100% となり、悪影響が大きかった。ピリダリルは生存、産卵ともに悪影響が見られなかった。殺ダニ剤について、メロン個体群のフェンピロキシメートを除いて死亡率は 20% 以下となり、影響なしと判定された。産卵減少率はメロン個体群のアセキノシルで 46.8%、ガーベラ個体群のピフェナゼートで 42.1% とやや高かったものの、それ以外では 30% 以下となり、ヘヤカブリダニに対して悪影響が小さいと考えられた。

次に、殺菌剤について、チオファメートメチル、トリフルミゾール、ペンチオピラドでは、死亡率が 0～9.7% で影響なしと判定され、対照区の半数程度の産卵が認められたため、ヘヤカブリダニとの併用可能性が残されている。ポリオキシシンと硫黄について、死亡率は 0～16.7% で影響なしと判定されたが、他のカブリダニ類では、卵へ散布した場合の発育期間中の死亡率が 100% と報告されているため（岸本ら, 2020）、発育期間中に及ぼす影響について評価が必要と考えられる。マンゼブおよび TPN では、産卵減少率が 58.4～76.9% と高く、圃場での増殖に悪影響を及ぼすことが予想される。キノキサリンでは、死亡率が 100% となり、ヘヤカブリダニに直接散布した場合に悪影響が大きかった。フルチアニル＋メパニピリム混合剤については、生存、産卵ともに悪影響が見られなかった。

2 影響期間の評価

直接散布試験で、ヘヤカブリダニ雌成虫に対する殺虫活性が高かった殺虫剤 6 剤（スピノサド、スピネトラム、エマメクチン安息香酸塩、ミルベメクチン、アバメクチン、フルキサメタミド）と殺菌剤 1 剤（キノキサリン）については、鉢植えのナス（品種：‘千両二号’、2020 年 2 月 10 日播種、6 月 5 日 10 号鉢に鉢上げ）を用いて、ヘヤカブリダニに対して悪影響を及ぼす期間を調査した。2020 年 7 月 15 日に前述の直接散布試験と同じ希釈倍率で調製した薬液をナス苗にハンドスプレーで散布し、ガラス温室内で維持した。対照区には、薬剤を希釈する際に用いた蒸留水を散布した。1 薬剤 3 株ずつ処理

表-1 各種薬剤のヘヤカブリダニ雌成虫に対する影響評価（吉崎ら，2022 a より作成）

系統・IRAC/FRAC コード・薬剤名		有効 成分量	希釈倍率 (倍)	メロン個体群		ガーベラ個体群	
				生存 ^{a), b)}	産卵減少率 (%) ^{a)}	生存 ^{a), b)}	産卵減少率 (%) ^{a)}
合成ピレスロイド系							
3A	シベルメトリン乳剤	6.0%	1,000	◎	28.1	○	76.0
ネオニコチノイド系							
4A	イミダクロプリド顆粒水和剤	50.0%	5,000	◎	44.8	◎	65.6
4A	ニテンピラム水溶剤	10.0%	1,000	◎	43.9	◎	44.5
4A	アセタミプリド顆粒水溶剤	20.0%	8,000	◎	28.0	◎	20.4
4A	ジノテフラン顆粒水溶剤	20.0%	2,000	◎	40.6	◎	28.6
4A	チアメトキサム顆粒水溶剤	10.0%	2,000	◎	34.5	◎	55.0
スピノシン系							
5	スピノサド顆粒水和剤	25.0%	5,000	△	94.4	○	87.0
5	スピネトラム SC	11.7%	2,500	△	90.3	○	91.0
アバメクチン・ミルベマイシン系							
6	エマメクチン安息香酸塩乳剤	1.0%	1,000	○	87.4	○	61.0
6	ミルベメクチン乳剤	1.0%	1,000	△	99.3	○	100.0
6	アバメクチン乳剤	1.8%	500	△	93.0	△	75.1
6	レピメクチン乳剤	1.0%	2,000	○	68.5	◎	22.8
IGR 系							
15	フルフェノクスロン乳剤	10.0%	2,000	◎	22.3	◎	36.0
23	スピロテトラマトフロアブル	22.4%	2,000	◎	76.5	◎	58.4
ジアミド系							
28	クロラントラニリプロールフロアブル	5.0%	2,000	◎	25.0	◎	31.9
その他							
30	フルキサメタミド乳剤	10.0%	2,000	×	100.0	×	100.0
UN	ピリダリルフロアブル	10.0%	1,000	◎	27.7	◎	26.2
殺ダニ剤							
20B	アセキノシルフロアブル	15.0%	1,000	◎	46.8	◎	20.8
20D	ビフェナゼートフロアブル	20.0%	1,000	◎	15.3	◎	42.1
21A	フェンピロキシメートフロアブル	5.0%	1,000	△	71.4	◎	16.5
25A	シエノピラフェンフロアブル	30.0%	2,000	◎	−22.4	◎	−2.5
25A	シフルメトフェンフロアブル	20.0%	1,000	◎	1.8	◎	28.9
25B	ピフルプミドフロアブル	20.0%	3,000	◎	−16.6	◎	25.7
殺菌剤							
1	チオファメートメチル水和剤	70.0%	1,500	◎	38.0	◎	39.6
3	トリフルミゾール水和剤	30.0%	3,000	◎	25.3	◎	45.6
7	ペンチオピラドフロアブル	20.0%	2,000	◎	39.2	◎	50.1
19	ポリオキシシン水和剤	10.0%	1,000	◎	14.5	◎	46.9
M2	硫黄フロアブル	52.0%	500	◎	58.9	◎	45.7
M3	マンゼブ水和剤	80.0%	400	○	76.9	◎	62.2
M5	TPN 水和剤	40.0%	700	◎	74.4	◎	58.4
M10	キノキサリン水和剤	25.0%	2,000	×	90.9	×	100.0
U13	フルチアニル・メパニピリムフロアブル	1.8% + 20.0%	2,000	◎	20.8	◎	35.2

a) 薬剤散布後 72 時間後の補正死亡率と産卵数を調査（対照：蒸留水）。

b) IOBC（The International Organization for Biological Control）による基準に基づき評価。記号：◎：補正死亡率<30%，○：30～79%，△：80～99%，×：>99%。

し、処理1日前、処理4, 7, 14, 20, 28日後に、各株の薬剤散布時に完全に展開していた葉から直径4 cmのリーフディスクを1枚作成した。リーフディスクをプラスチックシャーレ内の水で湿らせた脱脂綿上に設置して、メロン個体群のヘヤカブリダニ雌成虫10頭を放飼し、餌のチャ花粉と産卵場所の黒色フェルト(5 mm×5 mm)を置いた。25℃ 16L8Dで管理し、48時間後に雌成虫の生死とリーフディスクおよび黒色フェルト上に産卵された卵数を調査した。雌成虫に対する影響評価は直接散布試験と同様に行った。

処理4日後のメロン葉における死亡率は、殺虫剤のスピノサド、スピネトラム、エマメクチン安息香酸塩、ミルベメクチン、アバメクチンおよび殺菌剤のキノキサリンでは0~7.6%となり、影響なしと判定された(表-2)。また、処理4, 7, 14日後のメロン葉における雌成虫1頭当たりの累積産卵数は、0.9~3.0個となり、対照区と差は認められなかった(表-3)。これら6剤がヘヤカブリダニ雌成虫に影響を及ぼす期間は4日未満と推察され、ス

ワルスキーカブリダニで報告されている7~14日よりも短かった(アリスタライフサイエンス株式会社, 2022)。これらの剤はヘヤカブリダニに直接かからない条件での利用が想定され、具体的な使用場面や方法について検討が必要である。一方、フルキサメタミドでは、散布14日後まで死亡率が100%であった。死亡率が30%未満となったのは28日後であったため、フルキサメタミドはヘヤカブリダニの雌成虫や産卵に対して長期間悪影響を及ぼすと考えられた。

直接散布試験の結果と影響期間の評価から、ヘヤカブリダニは種々の薬剤に対する感受性が低く、薬剤防除との組合せが比較的容易な天敵と考えられた。今後は、ヘヤカブリダニと薬剤を組合せた防除体系の構築と検討が必要である。

II 代替餌としてのチャ花粉の利用

カブリダニ類の定着・増殖促進のための代替餌として、花粉やコナダニ類等が用いられる(矢野, 2018)。

表-2 薬剤散布一定期間後のナス葉片に放飼したヘヤカブリダニ雌成虫(メロン個体群)の補正死亡率(吉崎ら, 2022 aより作成)

IRAC/FRAC コード・薬剤名	有効成分量	希釈倍率 (倍)	補正死亡率 (％) ^{a)}						
			散布 1 日前	4 日後	7 日後	14 日後	20 日後 ^{b)}	28 日後 ^{b)}	
殺虫剤									
5	スピノサド顆粒水和剤	25.0%	5,000	0	7.6	3.4	6.9	－	－
5	スピネトラム SC	11.7%	2,500	0	0	0	0	－	－
6	エマメクチン安息香酸塩乳剤	1.0%	1,000	0	0	3.3	0	－	－
6	ミルベメクチン乳剤	1.0%	1,000	3.3	0	0	3.3	－	－
6	アバメクチン乳剤	1.8%	500	3.8	0	6.7	0	－	－
30	フルキサメタミド乳剤	10.0%	2,000	0	100.0	100.0	100.0	33.8	20.0
殺菌剤									
M10	キノキサリン水和剤	25.0%	2,000	0	0	6.7	0	－	－

a) 放飼48時間後(対照:蒸留水)。

b) フルキサメタミド以外は、補正死亡率が30%未満であったため、20日後および28日後の調査を行わなかった。

表-3 薬剤散布一定期間後のナス葉片に放飼したヘヤカブリダニ(メロン個体群)の累積産卵数(吉崎ら, 2022 aより作成)

IRAC/FRAC コード・薬剤名		有効成分量	希釈倍率 (倍)	産卵数 (個/頭) ^{a), b)}						
				散布 1 日前	4 日後	7 日後	14 日後	20 日後	28 日後	
殺虫剤										
5	スピノサド顆粒水和剤	25.0%	5,000	2.8	2.2	1.9	0.9	—	—	
5	スピネトラム SC	11.7%	2,500	3.8	2.9	1.6	1.3	—	—	
6	エマメクチン安息香酸塩乳剤	1.0%	1,000	3.0	2.8	2.2	1.2	—	—	
6	ミルベメクチン乳剤	1.0%	1,000	2.7	3.0	2.0	1.6	—	—	
6	アバメクチン乳剤	1.8%	500	2.7	2.6	2.6	1.3	—	—	
30	フルキサメタミド乳剤	10.0%	2,000	3.2	0.0 **	0.0 **	0.0	1.8	0.9	
殺菌剤										
M10	キノキサリン水和剤	25.0%	2,000	2.6	2.2	1.1	1.6	—	—	
対照 (蒸留水)				3.6	2.9	1.9	1.0	3.0	2.1	

a) 放飼48時間後。**:有意差あり(分散分析後, Dunnetの検定により対照区との差を解析, $p < 0.01$)。

b) フルキサメタミド以外は、雌成虫の補正死亡率(表-2)が30%未満であったため、20日後および28日後の調査を行わなかった。

そこで、チャ花粉の追加がヘヤカブリダニおよびミナミキイロアザミウマの密度に及ぼす影響について室内試験を行った。ヘヤカブリダニ雌成虫を株当たり 10 頭放飼した区と、株当たり 20 頭放飼した区、株当たり 10 頭放飼してチャ花粉を与えた区、株当たり 20 頭放飼してチャ花粉を与えた区、ヘヤカブリダニを放飼せず、チャ花粉を与えない無処理区の五つを設けた。2021 年 2 月 17 日に本葉 2~3 枚が展開したメロン苗（品種：‘アールスフェボリット’）を 3 株ずつアクリル製のケージ内に入れ、静岡県浜松市のメロン栽培温室から採集したミナミキイロアザミウマ成虫を株当たり 10 頭放飼した。さらに、2 月 22 日にミナミキイロアザミウマ成幼虫が発生したメロン葉片を苗上に設置して、メロン苗のミナミキイロアザミウマ生息数を増加させた。無処理区を除く 4 区

には 2 月 25 日に累代飼育していたガーベラ個体群のヘヤカブリダニを放飼し、花粉区にはチャ花粉を試験終了まで 3~4 日間隔で細筆を用いてメロン苗全体に振りかけた。ヘヤカブリダニ放飼前および放飼後約 1 週間間隔で 6 週後まで、全株の上位葉、中位葉、下位葉に生息する成虫および幼虫数を調査した。なお、カブリダニについては生長点における虫数も調査した。その結果、チャ花粉を追加した区ではヘヤカブリダニ数の増加が認められ（図-3）、チャ花粉はヘヤカブリダニの代替餌として適当であると考えられた。一方で、チャ花粉の追加によるミナミキイロアザミウマの密度抑制効果は判然としなかった（図-3）。ミナミキイロアザミウマは花粉を餌として生育できる（MURAI and LOOMANS, 2001）ため、チャ花粉の追加がヘヤカブリダニだけでなくミナミキイロア

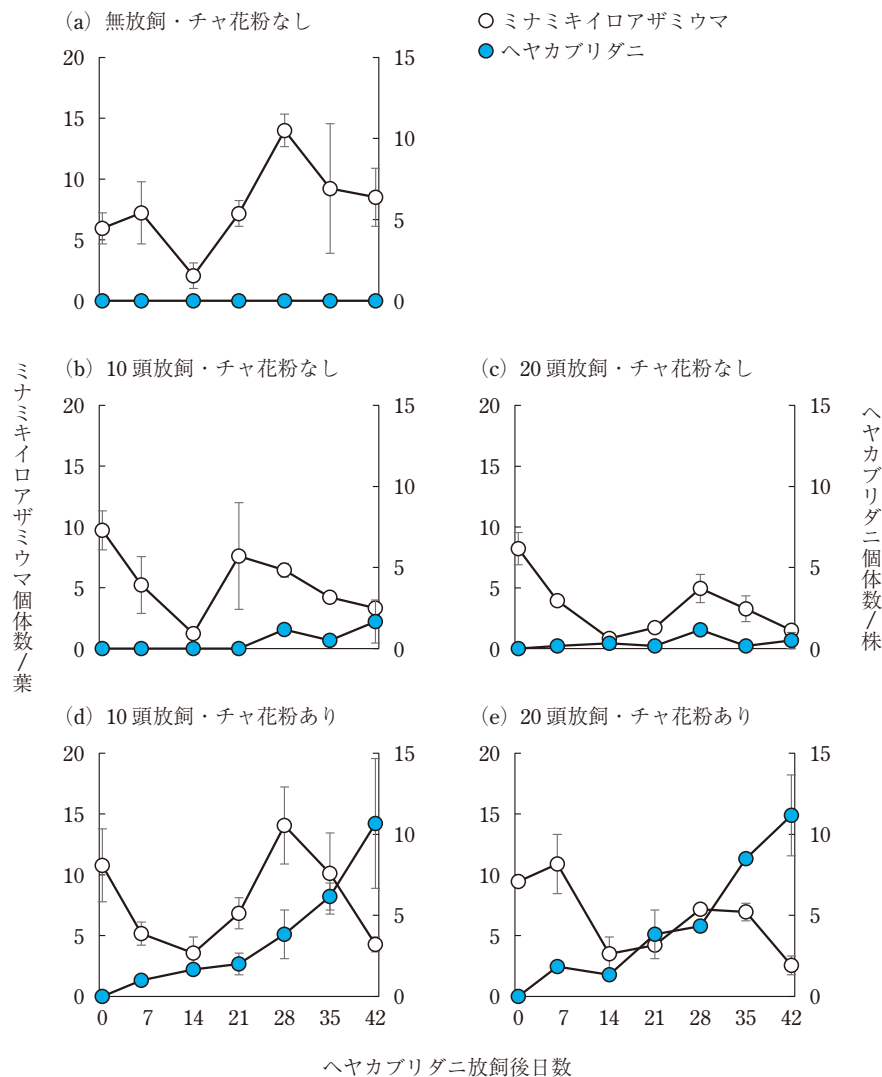


図-3 チャ花粉の追加がヘヤカブリダニとミナミキイロアザミウマの密度に及ぼす影響
(吉崎ら, 2022 b を改変)
垂線は標準誤差.

ザミウマの増殖にも正の影響を与えたと考えられる。したがって、チャ花粉等の代替餌は、ミナミキイロアザミウマ低密度時にヘヤカブリダニの密度維持を目的として利用すべきと考えられた。

III ヘヤカブリダニによるメロンのミナミキイロアザミウマに対する防除効果

静岡県農林技術研究所内のビニルハウス（面積46 m²、隔離ベッド3列）で、1区1棟としてヘヤカブリダニを放飼した区（放飼区）と無放飼区を3棟ずつ設けた。

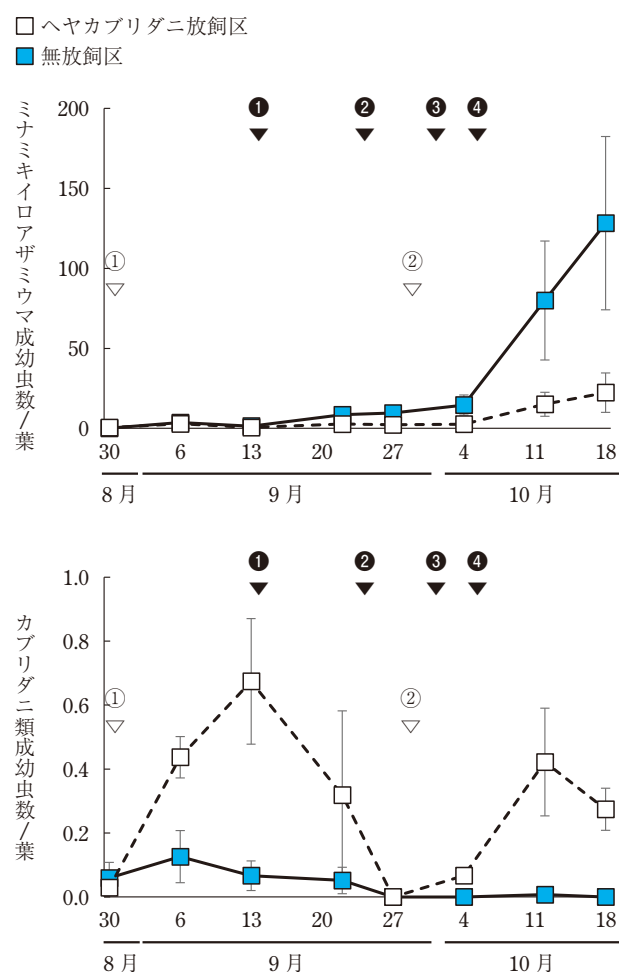


図-4 ヘヤカブリダニの放飼によるミナミキイロアザミウマの防除効果（吉崎ら，2022bを改変）

垂線は標準誤差。▼は薬剤散布，▽は放飼区へのヘヤカブリダニとコナダニが発生した乾燥酵母の施用を示す。

▼①：(9/13) トリフルミゾール+クロラントラニプロール+ピリフルキナゾン。

▼②：(9/24) フルチアニル・メパニピリム混合剤+フルベンジアミド+ピフェナゼート。

▼③：(10/1) トリフルミゾール+ピリダリル。

▼④：(10/5) ペンチオピラド+パチルス菌。

▽①：(8/30) ヘヤカブリダニ+コナダニ+乾燥酵母2.3g（ヘヤカブリダニ322頭含む）/株施用。

▽②：(9/28) 同1.1g（ヘヤカブリダニ133頭含む）/株施用。

2021年8月25日に本葉2~3枚が展開したメロン苗（品種：‘アールスフェボリット’）をベッド当たり12株定植した。ヘヤカブリダニは、累代飼育していたガーベラ個体群を用いた。ヘヤカブリダニを本種の増殖に好適なケナガコナダニとその増殖基質であるビール乾燥酵母粉末とともにタッパーに入れ、25℃16L8Dの条件であらかじめ増殖させておき、放飼区には定植5日後と定植34日後にケナガコナダニと増殖基質ごとメロン株上に振りかけることによって放飼した。このときメロン株元にはケナガコナダニの餌となるふすまを施用した。それぞれの放飼日に施用したヘヤカブリダニを含むビール乾燥酵母粉末の一部を抽出して、実体顕微鏡下でヘヤカブリダニ雌成虫数を計数したところ、株当たりの推定放飼数は、初回放飼時では322頭/株、2回目の放飼時では133頭/株であった。また、うどんこ病、ハダニ類、ウリノメイガ等の防除のため、ヘヤカブリダニに悪影響が小さいと考えられる薬剤を選択し、両区同時に散布した。ヘヤカブリダニ放飼直前および放飼後約1週間間隔で7週間後まで、各区15株の上位葉、中位葉、下位葉に生息するアザミウマ数とカブリダニ数を成幼虫別に調査した。その結果、放飼区では、4週後の調査を除いてカブリダニ類の発生が認められ、試験期間を通じてミナミキイロアザミウマの密度を低く抑制した（図-4）。調査終了後に発生していたカブリダニ類の種判別を行ったところ、雌成虫はすべてヘヤカブリダニであった。

おわりに

今回の結果から、メロンにおけるヘヤカブリダニの放飼によるミナミキイロアザミウマの密度抑制効果が明らかとなり、ヘヤカブリダニの生物的防除への利用可能性が示された。今後は、ヘヤカブリダニの定着性およびミナミキイロアザミウマに対する防除効果を高めるため、チャ花粉等の代替餌の利用やヘヤカブリダニの放飼量、方法等について検討が必要である。また、これまでにメロンのミナミキイロアザミウマに対するIPM技術として開発された赤色光照射技術（片井ら，2015；石川ら，2018；片山ら，2019）や青緑色トラップ（土井・長谷川，2022）と組合せた防除体系の構築が期待される。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. 18: 265~267.
- 2) AMANO, H. and M. HASEEB (2001): Appl. Entomol. Zool. 36: 1~11.
- 3) アリスタライフサイエンス株式会社 (2022): 天敵等への殺虫・殺ダニ剤の影響表 第32版, https://www.arystallifescience.jp/product/eikyohyou_I_v32_202210_arysta.pdf (2023年4月22日閲覧)

- 4) 土井 誠・長谷川 昇 (2022): 植物防疫 **76**: 557~562.
- 5) 浜村徹三・篠田徹郎 (2004): 関西病虫研報 **46**: 63~65.
- 6) 石川隆輔ら (2016): 関東東山病虫研報 **63**: 65~68.
- 7) ————ら (2018): 植物防疫 **72**: 85~87.
- 8) 片井祐介ら (2015): 応動昆 **59**: 1~6.
- 9) 片山晴喜ら (2019): 関東東山病虫研報 **66**: 77~80.
- 10) Kato, K. et al. (1999): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. **65**: 624~627.
- 11) 河合 章 (2001): 応動昆 **45**: 39~59.
- 12) 岸本英成ら (2018): 同上 **62**: 29~39.
- 13) ————ら (2020): 同上 **64**: 175~182.
- 14) 古味一洋ら (2008): 日本ダニ学会誌 **17**: 29~35.
- 15) ———— (2009): 高知農技セ特研報 **9**: 1~43.
- 16) 国本佳範ら (2012): 関西病虫研報 **54**: 13~16.
- 17) 増井伸一 (2011): 植物防疫 **65**: 612~615.
- 18) MURAI, T. and A. J. M. LOOMANS (2001): Entomol. Exp. Appl. **101**: 281~289.
- 19) 大井田 寛 (2016): 応動昆 **60**: 1~22.
- 20) 柴尾 学ら (2007): 関西病虫研報 **49**: 85~86.
- 21) 鈴木 誠・松田広子 (2010): 関東東山病虫研報 **57**: 119~121.
- 22) 矢野栄二 (2018): 応動昆 **62**: 1~11.
- 23) 吉崎涼花ら (2022 a): 同上 **66**: 75~85.
- 24) ————ら (2022 b): 同上 **66**: 149~157.

登録が失効した農薬 (2023.6.1~2023.6.30)

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

「殺菌剤」

●イソプロチオラン粉剤

14717：フジワン粉剤 DL（日本農薬株式会社）23/6/5

「除草剤」

●オキサジクロメホン・ピリミスルファン・ベンゾビシクロン粒剤

23115：ナギナタ 1 キロ粒剤（クミアイ化学工業株式会社）23/6/2

●オキサジアルギル・オキサジクロメホン水和剤

21990：サプライズフロアブル（株式会社理研グリーン）23/6/6

● MCPB 乳剤

23426：兼商マデック（アグロカネショウ株式会社）23/6/21

●ピラクロニル・ベンゾビシクロン・ベンゾフェナップ粒剤

24752：クイックカットジャンボ（北興産業株式会社）23/6/27

24753：クイックカット 1 キロ粒剤（北興産業株式会社）23/6/27

●ピラクロニル・ベンゾビシクロン・ベンゾフェナップ水和剤

24754：クイックカットフロアブル（北興産業株式会社）23/6/27

●カフェンストロール・カルフェントラゾンエチル・フルセトスルフロニル・ベンゾビシクロン粒剤

22621：フルイニング 1 キロ粒剤（石原産業株式会社）23/6/29

22622：ジャイブ 1 キロ粒剤（石原バイオサイエンス株式会社）23/6/29

22796：タンボエース 1 キロ粒剤（株式会社ケーエス）23/6/29

23029：ジャイブスカイ 500 グラム粒剤（石原バイオサイエンス株式会社）23/6/29

23030：タンボエーススカイ 500 グラム粒剤（株式会社

ケーエス）23/6/29

23175：ジャイブジャンボ（石原バイオサイエンス株式会社）23/6/29

23176：タンボエースジャンボ（株式会社ケーエス）23/6/29

●フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロニルメチル粒剤

21123：バイエルイノーバ DX 1 キロ粒剤 75（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

21606：バイエルイノーバ DX アップ 1 キロ粒剤 75（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

●ダイムロン・フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロニルメチル粒剤

21821：バイエルライジング 1 キロ粒剤 75（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

●ダイムロン・フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロニルメチル水和剤

22311：イノーバ DX アップ L フロアブル（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

●フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロニルメチル粒剤

22847：イノーバトリオ 1 キロ粒剤 51（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

23463：イノーバトリオ 1 キロ粒剤 75（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

23465：イノーバトリオジャンボ（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

23467：イノーバトリオ L ジャンボ（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

●フェントラザミド・プロモブチド・ベンスルフロニルメチル水和剤

23464：イノーバトリオフロアブル（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

23466：イノーバトリオ L フロアブル（バイエルクロップサイエンス株式会社）23/6/30

研究 報告

青森県のリンゴ園におけるフツウカブリダニの発生状況および各種殺虫剤の影響

地方独立行政法人青森県産業技術センター
りんご研究所

おがさわら みなみ ひらやま かずゆき
小笠原 南美・平山 和幸・
とがわ さとこ いしぐり よういち
十川 聡子*・石栗 陽一

はじめに

リンゴの重要害虫であるハダニ類は、他害虫と比較して発生世代数が多く、殺ダニ剤に対して薬剤抵抗性が発達しやすい。青森県のリンゴでは主にナミハダニ *Tetranychus urticae* とリンゴハダニ *Panonychus ulmi* が寄生し、葉を吸汁加害することで光合成が阻害され、果実の肥大や着色が不良になるだけでなく、翌年の花芽形成にも影響を及ぼす。本県では、薬剤感受性の低下が原因で、使用できる殺ダニ剤が限られており、防除に苦慮している園地が多く見られる。

そのような背景から、近年、ハダニ類の土着天敵であるカブリダニ類を利用した防除に関する研究が進められている（舟山，2018；岸本・外山，2022）。一般的に、カブリダニ類は有機リン剤やピレスロイド剤などの非選択性殺虫剤に対して感受性が高く、慣行防除園での発生密度は低いとされてきた（KISHIMOTO, 2002；木村・對馬，2014；岸本ら，2018）。そのため、カブリダニ類を保護・利用するためには、悪影響の大きな非選択性殺虫剤の使用を抑えた防除体系を構築する必要があるとされている（岸本・外山，2022）。

本県のリンゴ園では、果実を直接加害するモモシנקイガ *Carposina sasakii* やナシヒメシנקイ *Grapholita molesta* といったシנקイムシ類対策として、有機リン剤やピレスロイド剤が広く使用されており、従来、慣行防除園ではカブリダニ類の発生がほとんど観察されなかったが（木村・對馬，2014）、近年、慣行防除園においても殺虫剤を散布している期間中にカブリダニ類の発生が観察されるようになってきた。

そこで、青森県内の慣行防除リンゴ園におけるカブリ

ダニ類の発生活消長および発生種について調査を行ったほか、土着カブリダニ類の一種であるフツウカブリダニ *Typhlodromus vulgaris* を慣行防除のリンゴ園から採集し、リンゴ園で使用される各種殺虫剤および殺ダニ剤に対する感受性を室内試験で検定した（小笠原ら，2022）。本稿ではこれらの試験結果について紹介する。

I 発生状況

2015年5月19日、6月25日、7月27日、8月27日、9月24日に青森県内の慣行防除リンゴ園9地点の‘ふじ’の新梢中位葉を各園地で毎回30枚ずつ採集し、ブラッシングマシンで粘着板に払い落としたカブリダニ類の個体数を実体顕微鏡下で計数した。計数したカブリダニ類の雌成虫はプレパラート標本を作製後、透過型顕微鏡下で種を同定した。

図-1に青森県内9地点におけるカブリダニ類の発生状況を示した。9地点のリンゴ園では表-1に示す殺虫剤散布履歴の通り、いずれの園地も有機リン剤やピレスロイド剤などの殺虫剤や殺ダニ剤が散布されているが、カブリダニ類の発生が確認された。優占種はフツウカブリダニであり、ケナガカブリダニ *Neoseiulus womersleyi* が観察された園地もあった。5～6月はカブリダニ類の個体数が少なく、発生が見られない園地もあったが、7月以降に増え始め、発生の盛期は7～9月であった。

青森県における過去の調査事例において、有機栽培リンゴ園ではフツウカブリダニの発生が観察されたが、慣行防除園では観察されなかった（木村・對馬，2014）。しかし、今回の調査で県内各地の慣行防除リンゴ園で非選択性殺虫剤が使用された時期においても、フツウカブリダニの発生が広く確認された。このことから、非選択性殺虫剤に対して感受性が低下している本種個体群が広範囲に存在していると考えられた。

II 薬剤感受性

Iの結果より、慣行防除りんご園においてもフツウカブリダニ（図-2）が多く発生することが明らかとなった。本

Seasonal Occurrence and Effects of Pesticides on the Phytoseiid Mite, *Typhlodromus vulgaris*, in Commercial Apple Orchards in Aomori Prefecture. By Minami OGASAWARA, Kazuyuki HIRAYAMA, Satoko TOGAWA and Yoichi ISHIGURI

（キーワード：土着天敵，カブリダニ類，フツウカブリダニ，薬剤感受性）

*現所属：地方独立行政法人青森県産業技術センター野菜研究所

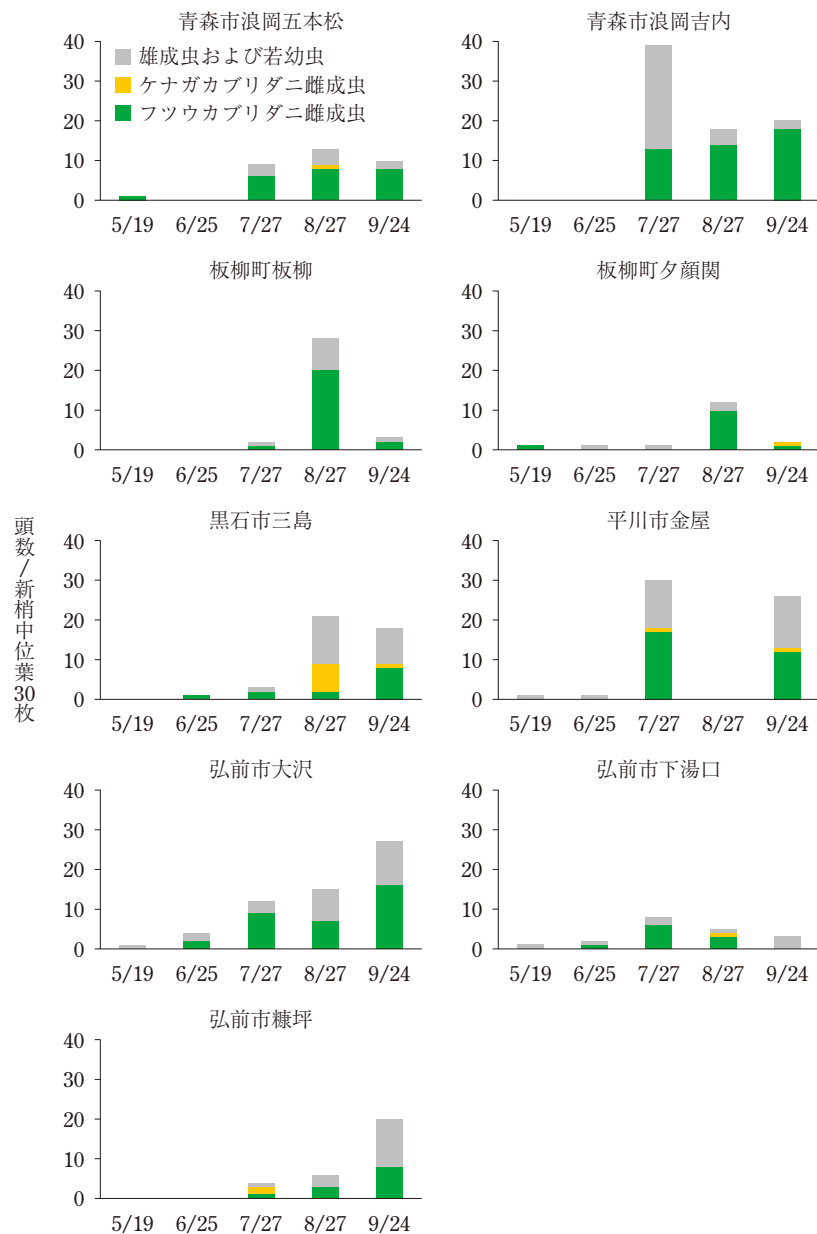


図-1 青森県内の慣行防除リンゴ園9地点におけるカブリダニ類の発生状況（2015年）
（小笠原ら（2022）より引用）

種はハダニ類のほか、微小昆虫から花粉まで様々な餌資源を利用する広食性カブリダニ類であり、リンゴハダニ *Panonychus ulmi* やリンゴサビダニ *Aculus schlechtendali* の有力な土着天敵としての役割が期待されている（江原，1993；TOYOSHIMA, 2003）。

そこで2020年3月に弘前市小沢の慣行防除リンゴ園で誘引ひもの隙間で越冬しているフツウカブリダニの雌成虫を採集して、室内でKISHIMOTO（2005）の方法に従って累代飼育し、各種殺虫剤、殺ダニ剤に対する感受性検定を行った。

検定は、岸本ら（2018）による広食性カブリダニの薬

剤感受性試験に準じて行った。市販の昆虫飼育容器と黒色フェルト（5 mm × 5 mm × 厚さ 1 mm）を利用した薬剤感受性検定装置の上に、餌となるチャ花粉をふりかけたのち、成虫化後10日以内の腹部が肥大した成熟雌成虫を10頭導入した。DAIKI式農薬散布塔で薬液を約4 mg/cm²散布し、風乾後、薬剤感受性検定装置のメッシュ部分に黒色フェルトを設置し、チャ花粉を追加して、25℃、16L：8Dの恒温器内に移した。なお、黒色フェルトは本種の産卵場所および定着を促すために設置した。処理48時間後に雌成虫の生死および逃亡個体数と産卵数を調査し、Abbottの補正式（ABBOTT, 1925）を

表-1 カブリダニ類を採集した青森県内9地点のリンゴ園における殺虫剤散布履歴（2015年）^{a)}（小笠原ら（2022）より引用）

薬剤散布 時期	園地								
	青森市 浪岡五本松	青森市 浪岡吉内	板柳町 板柳	板柳町 夕顔関	黒石市 三島	平川市 金屋	弘前市 大沢	弘前市 下湯口	弘前市 糠坪
4月中旬 下旬	PO, 1B	PO, 16	PO, 3A	PO, 1B		PO, 1B, 15	PO, 1B, 15 15, 29	PO, 1B	PO, 1B, 15, 16
5月上旬	15		15	15	11A	15	15	15	15
中旬	15	10B, 28	15	15	11A, 21A	15, 25B, 29	1B	15, 29	15
下旬		1B	1B	1B	4A	1B		1B	1B
6月上旬	1B		1B	4A		4A	4A	9B	4A
中旬		4A	4A		1B, 4A	4A, 25A	2B, 3A	25B	4A, 25A
下旬	21A	29		3A, 25A	3A, 23, 29			4A	
7月上旬	4A		3A, 9B	2B		3A, 9B	25A, 28	3A	3A, 29
中旬		3A	28		28	25A, 28		28	5
下旬	1B	25A	25B	28			4A	6	1B, 6
8月上旬	4A		1B	4A, 25A	25A	1B	28	4A	
中旬		28	1B			3A		3A	3A
下旬	28		3A	3A	3A		3A	12C	28
9月上旬 中旬	12C			28			25A		

^{a)} マシン油（PO）以外の殺虫剤は IRAC Mode of Action Classification Scheme (<https://irac-online.org/mode-of-action/>) により分類されたコードで示している。1B：有機リン，2B：フェニルピラゾール，3A：ピレスロイド，4A：ネオニコチノイド，5：スピノシン，6：ミルベマイシン，9B：ピリジニアゾメチン誘導体，10B：エトキサゾール，11A：*Bacillus thuringiensis* と殺虫タンパク質生産物，12C：プロバルギット，15：ベンゾイル尿素，16：ブプロフェジン，21A：METI，23：テトロン酸およびテトラミン酸誘導体，25A： β -ケトニトリル誘導体，25B：カルボキサニリド，28：ジアミド，29：フロニカミド。



図-2 フツウカブリダニ雌成虫

表-2 青森県内の慣行防除リンゴ園から採集したフツウカブリダニ雌成虫に対する殺虫剤と殺ダニ剤の影響
(小笠原ら (2022) より引用)

	分類 ^{a)}	薬剤名および剤型 ^{b)}	有効成分 (%)	希釈倍率	平均死亡率 (%)	影響区分 ^{c)}	産卵減少率 (%) ^{d)}
殺虫剤	1A	アラニカルブ WP	40.0	1,000	0	1	62.5
	1B	フェントエート WP	40.0	1,000	42.5	2	91.7
	1B	クロルピリホス DF	75.0	3,000	6.7	1	50.0
	1B	ダイアジノン WP	34.0	1,000	0	1	3.3
	1B	フェニトロチオン WP	40.0	800	10.7	1	56.3
	1B	メチダチオン WP	36.0	1,500	24.5	1	91.7
	1B	シアノホス WP	40.0	1,000	3.7	1	56.7
	2B	エチプロール FL	10.0	4,000	0	1	37.0
	3A	シフルトリン EW	5.0	2,000	0	1	0
	3A	シハロトリン WP	5.0	2,000	0	1	0
	3A	アクリナトリン FL	6.0	2,000	3.7	1	0
	3A	シベルメトリン WDG	9.0	1,500	15.7	1	25.0
	4A	チアクロプリド WDG	30.0	4,000	3.4	1	33.3
	4A	クロチアニジン WC	16.0	4,000	0	1	37.5
	4A	アセタミプリド WSG	20.0	4,000	14.6	1	50.0
	5	スピネトラム WDG	25.0	10,000	18.7	1	100
	29	フロニカミド DF	10.0	4,000	3.3	1	40.7
殺ダニ剤	6	ミルベメクテン EC	1.0	1,000	85.9	3	100
	10B	エトキサゾール FL	10.0	2,000	0	1	60.4
	12C	プロバルギット WP	30.0	750	17.0	1	57.9
	20D	ビフェナゼート FL	20.0	1,000	96.5	3	100
	21A	ピリダベン WP	20.0	1,500	100	4	100
	23	スピロジクロフェン WDG	38.0	2,000	0	1	74.3
	25A	シフルメトフェン FL	20.0	1,000	14.8	1	20.0
	25A	シエノピラフェン FL	30.0	2,000	10.0	1	20.0
	25B	ピフルブミド FL	20.0	2,000	0	1	0
	33	アシノナビル FL	20.0	2,000	0	1	33.3

^{a)} 殺虫剤は IRAC Mode of Action Classification Scheme により分類した。1A：カーバメート，20D：ビフェナゼート，33：アシノナビル，その他は表-1 参照。

^{b)} 剤型の略称は，ドライフロアブルを DF，乳剤を EC，フロアブルを FL，顆粒水和剤を WDG，顆粒水溶剤を WSG，水和剤を WP，水溶剤を WC，EW 剤を EW とした。

^{c)} IOBC/WPRS の室内試験での影響区分に基づき分類した。1：薬剤処理 48 時間後の死亡率が 30% 未満，2：30% 以上 80% 未満，3：80% 以上 99% 未満，4：99% 以上。

^{d)} 産卵減少率 = (対照区の産卵数 - 試験区の産卵数) / 対照区の産卵数 × 100 によって求めた数値を記載。なお，値がマイナスとなる場合は産卵減少率を 0 とした。

用いて補正死亡率を算出した。また，薬剤の産卵に対する影響を示すため，対照区の産卵数と比較した産卵減少率（(対照区の産卵数 - 試験区の産卵数) / 対照区の産卵数 × 100）を求めた。値がマイナスとなる場合は産卵減少率を 0 とした。

表-2 に各種薬剤処理におけるフツウカブリダニ雌成虫の補正死虫率と，その数値をもとに IOBC/WPRS が定めた室内検定試験での影響区分（AMANO and HASEEB, 2001）および産卵減少率を示した。

有機リン剤のフェントエートおよびメチダチオンでは

補正死虫率がそれぞれ 42.5% および 24.5% で影響区分が 2 および 1 であったが，どちらの薬剤も産卵減少率が 91.7% と高かった。ほかの有機リン剤は，補正死虫率が 30% 未満で影響区分が 1 であり，産卵減少率は 60% 未満であった。

ピレスロイド剤およびネオニコチノイド剤は，いずれも補正死虫率が 20% 未満で影響区分が 1 であった。ピレスロイド剤のうち，シベルメトリンで産卵減少率が 25% で，他の薬剤はいずれも 0% であった。ネオニコチノイド剤の産卵減少率は 50% 以下であった。

その他系統の殺虫剤として、アラニカルブ、スピネトラム、フロニカミド、エチプロールは、いずれの薬剤も補正死虫率が20%未満で影響区分が1であったが、スピネトラムは、産卵減少率が100%と高かった。

殺ダニ剤は、ピリダベンで補正死虫率が100%で影響区分が4、ミルベメクチンおよびビフェナゼートで補正死虫率が85.9%および96.5%であり、影響区分が3であった。これら3剤は産卵減少率が100%であった。他の殺ダニ剤は、補正死虫率が20%以下で影響区分が1であったが、産卵減少率はエトキサゾール、スピロジクロフェンおよびプロバルギットで57.9~74.3%と比較的高かったのに対し、シフルメトフェン、シエノピラフェン、ピフルブミドおよびアシノナビルでは0~33.3%と低かった。

今回供試した慣行防除園から採集された個体群に対しては、フェントエートおよびメチダチオンは悪影響が大きいと考えられたが、その他の有機リン剤4剤は補正死虫率が低く、産卵減少率を見ても影響が比較的小さいと考えられた。特にダイアジノンでは補正死虫率が0%で産卵減少率も3.3%と低かった。このように、同じ有機リン系の殺虫剤でも薬剤によって影響に差があることが確認された。ピレスロイド剤については補正死虫率および産卵減少率の結果からフツウカブリダニに対する影響は小さいと考えられた。これらの結果から、少なくとも今回供試した慣行防除園の個体群については非選択性殺虫剤に対する感受性が低下した個体の割合が増えてきていることが示唆された。

スピノシン剤のスピネトラムについては、補正死虫率は低かったが、産卵が全く見られなかったため、フツウカブリダニに対する影響が大きい薬剤であると考えられた。また、殺ダニ剤のうち、ピリダベン、ミルベメクチンおよびビフェナゼートの3剤についても、補正死虫率の結果から影響区分3または4という判定であり、産卵減少率も100%であったことから、影響が大きいと評価できる。

殺ダニ剤のうちシフルメトフェン、シエノピラフェンおよびピフルブミドは補正死虫率、産卵減少率ともに

20%と低かった。この結果は岸本ら(2018)による試験結果と一致していることから、これらの剤はフツウカブリダニに対して影響が小さい薬剤であると考えられる。新規系統薬剤で、これまでリンゴ園での使用実績がほとんどないアシノナビルも補正死虫率が0%、産卵減少率が33.3%であったため、フツウカブリダニに対して影響が小さいと考えられた。

今回は1個体群のみを対象とした薬剤感受性検定であるが、非選択性殺虫剤に対して感受性が低下したフツウカブリダニ個体群の存在が明らかとなった。加えて、慣行防除園における発生状況から、県内の広い範囲でフツウカブリダニが非選択性殺虫剤に対して感受性が低下していることが示唆された。このことから、本県の慣行防除園ではフツウカブリダニを土着天敵として利用したハダニ類の防除技術を実用化できる可能性がある。

おわりに

今後は卵や幼若虫の生育に対する影響評価を行うとともに、各地で採集した個体群の影響評価データを蓄積して、フツウカブリダニ個体群の薬剤感受性低下の詳細を明らかにする必要がある。

最後に、フツウカブリダニの飼育に用いたチャ花粉をご提供いただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構植物防疫研究部門の岸本英成博士に深く感謝申し上げる。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. **18**: 265~267.
- 2) AMANO, H. and M. HASEEB (2001): Appl. Entomol. Zool. **36**: 1~11.
- 3) 江原昭三 (1993): 日本原色植物ダニ図鑑, 全国農村教育協会, 東京, p.2~3.
- 4) 舟山 健 (2018): 応動昆 **62**: 95~105.
- 5) 木村佳子・對馬千佳子 (2014): 北日本病虫研報 **65**: 185~189.
- 6) KISHIMOTO, H. (2002): Appl. Entomol. Zool. **37**: 603~615.
- 7) ————— (2005): ibid. **40**: 77~81.
- 8) 岸本英成ら (2018): 応動昆 **62**: 29~39.
- 9) —————・外山晶敏 (2022): 植物防疫 **76**: 19~24.
- 10) 小笠原南美ら (2022): 北日本病虫研報 **73**: 141~146.
- 11) TOYOSHIMA, S. (2003): Appl. Entomol. Zool. **38**: 387~391.

研究 報告

群馬県の未成熟トウモロコシにおける ナミハダニの薬剤感受性および寄主適合性

群馬県農業技術センター よこやま 横山 かおる 薫*・あいざわ 藍澤 とある 亨**

はじめに

群馬県はスイートコーンの作付面積および出荷量が全国4位の産地であり、標高差を活かして平坦地から高冷地にかけて長期間に渡り栽培されている。近年、中部地域において、露地による3~4月の生育初期にトンネルを用いた早熟栽培でナミハダニ *Tetranychus urticae* の寄生が確認されている。その寄生程度は著しく、葉にかすり症状を生じさせるだけでなく、密度上昇とともに株の上方へと移動し、雌穂に糸を張ってコロニーを形成する(図-1)。また、出荷調製後の段ボール箱から多数の個体が脱出する事例も確認されており、虫の混入によるクレーム対象となり得るため対策が求められている。しかし、トウモロコシのハダニ類に対しては、登録農薬が少ないことに加え、ナミハダニは群馬県でも複数の薬剤に



図-1 現地圃場におけるナミハダニの寄生の様子

Insecticide Susceptibility and Host Suitability of *Tetranychus urticae* on Sweet Corn in Gunma Prefecture. By Kaoru YOKOYAMA and Toru AIZAWA

(キーワード: ナミハダニ, 薬剤感受性, 寄主適合性, 未成熟トウモロコシ)

*現所属: 群馬県西部農業事務所

**現所属: 群馬県中部農業事務所

対して感受性の低下が確認されていることから(前田ら, 2017), 既存の登録農薬では防除が困難となる可能性がある。一方, ナミハダニは寄主植物により薬剤代謝酵素活性が変化することが知られており, トウモロコシを寄主とする個体と好適寄主の一つであるインゲンマメを寄主とする個体の間には酵素活性に有意差が認められていることから(MULLIN and CROFT, 1983), 既報の個体群とは薬剤感受性が異なる可能性もある。そこで, トウモロコシに寄生するナミハダニの防除対策構築の一助とするため, 薬剤感受性検定を実施した。

また, ナミハダニは多くの植物を寄主とすることが知られているが, 日本でのトウモロコシを加害するハダニ類としては, 江原・後藤(2009)により, イネツメハダニ *Oligonychus shinkajii*, イシイナミハダニ *T. truncatus* が記録されているほか, 農林有害動物・昆虫名鑑にはカンザワハダニ *T. kanzawai*, ナンセイナミハダニ *T. neocaledonicus* の記載があるのみで(日本応用動物昆虫学会, 2006), 本種についての知見は極めて少ない。そこで, ナミハダニの寄主としてのトウモロコシの適性を探るため, 本種による被害が多数報告されているイチゴ(衛藤・平田, 2017; 堀川ら, 2019)に由来する個体群と生態を比較し, 若干の知見を得たので報告する。

本文に入るに先立ち, 本種の同定をしていただいた横浜植物防疫所業務部病害虫同定診断担当の源河正明氏(現 横浜植物防疫所東京支所), 重藤裕彬氏(現 横浜植物防疫所新千歳空港出張所)に厚く御礼申し上げる。

I 薬剤感受性

1 雌成虫に対する検定

2021年6月に群馬県伊勢崎市の未成熟トウモロコシ(品種: ‘ゴールドラッシュ’)から採取したナミハダニ黄緑型をトウモロコシ苗(品種: ‘ハニーバンタムピーター445’)により累代飼育した雌成虫を供試した。試験には, 未成熟トウモロコシに登録のある薬剤のほか, 県内の野菜類における主要なハダニ類対象薬剤の合計16剤を選んだ(表-1)。すべての薬剤に展着剤としてポリアルキレングリコールアルキルエーテル液剤を20,000倍にな

るよう加用し、対照区には同様に展着剤を加用した水道水を用いた。検定は浜村（1997）の方法に準じて行った。プラスチックシャーレ（直径 9 cm, 高さ 1.5 cm）に少量のクリスタルバイオレットを加えた 5% の寒天培地を縁まで達するよう流し入れて固め、その上に 2 × 4 cm 角のインゲン（品種：‘セリーナ’）の初生葉の葉片を、葉表を上にして置いた。葉片上に面相筆で雌成虫を 15 頭程度接種し、室内自動散布装置（OTS-20INT, (株)日伸理化, 東京）を用いて 3.0 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ となるように薬液を散布した。散布後は、20～25°C, 16L8D 条件下に 48 時間静置した。その後、面相筆で刺激し正常に歩行するものを生存虫として計数した。なお、苦悶虫は死虫とみなし、逃亡虫は供試個体数から除いた。ただし、逃亡率が 20% を超えた場合については再試験を行った。以上の試験を 2021 年 8～9 月にかけて 3 回繰り返して行い、供試雌数は平均 42.1 頭であった。なお、対照区（水道水 + 展着剤）における死亡率は 0% であった。

その結果、エマメクチン安息香酸塩乳剤、レピメクチン乳剤、アセキノシル水和剤、ビフェナゼート水和剤、フルキサメタミド乳剤およびアシノナビル水和剤の合計 6 剤は、90% 以上の高い死虫率を示した。一方、その他の 10 剤の死虫率は低かった（表-1）。

2 卵に対する検定

検定には、雌成虫に対する検定時と同様の個体群および薬剤を使用した。上述と同様に作成した葉片上に面相

筆で雌成虫を 10 頭接種して産卵させ、18～24 時間後に雌成虫を除去した。実体顕微鏡下で卵を計数した後、室内自動散布装置を用いて 3.0 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ となるように薬液を散布した。散布後は 20～25°C, 16L8D 条件下に 7 日間静置した後に実体顕微鏡下で未ふ化卵を計数した。以上の試験を 2021 年 9～10 月にかけて 3 回繰り返して行い、供試卵数は平均 113.2 個であった。なお、対照区（水道水）における死亡率は 0～3.3% であったため、ABBOTT（1925）の式に従い、補正死亡卵率を算出した。

その結果、クロルフェナピル水和剤、アセキノシル水和剤およびアシノナビル水和剤の合計 3 剤は 90% 以上の高い補正死亡卵率を示した。次いで、フルキサメタミド乳剤、レピメクチン乳剤の順に補正死亡卵率が高く、70% 以上であった。その他の 11 剤の補正死亡卵率は低かった（表-1）。ただし、エマメクチン安息香酸塩乳剤およびビフェナゼート水和剤は、殺卵効果は低いものの、ふ化後、発育途中で大半の個体が死亡していた。また、フルバリネート乳剤およびビフェントリン水和剤は、ふ化後、大半の個体が葉片上から離脱していた。

II 由来が異なる個体群の生態に関する比較

1 供試虫ならびに供試植物

前章の薬剤感受性検定で用いた個体群（以下、トウモロコシ由来個体）および 2021 年 12 月に群馬県伊勢崎市の加温したハウス内での土耕による促成栽培のイチゴ

表-1 トウモロコシに寄生するナミハダニに対する各種薬剤の効果（横山・藍澤, 2022）

供試薬剤名	IRAC コード	成分量 (%)	希釈倍率 (倍)	雌成虫		卵	
				供試数	死亡率 ^{a)} (%)	供試数	補正死亡卵率 ^{b)} (%)
MEP 乳剤	1B	50.0	1,000	43	16.3	119	3.8
フルバリネート乳剤	3A	19.0	4,000	42	2.6	116	2.3
ビフェントリン水和剤	3A	7.2	4,000	40	16.8	109	4.4
エマメクチン安息香酸塩乳剤	6	1.0	1,000	44	100.0	114	5.0
レピメクチン乳剤	6	1.0	1,000	41	100.0	113	76.5
ミルベメクチン乳剤	6	1.0	2,000	39	50.7	118	26.6
フィプロニル水和剤	2B	5.0	2,000	44	16.0	116	2.5
クロルフェナピル水和剤	13	10.0	2,000	42	4.4	116	97.3
アセキノシル水和剤	20B	15.0	1,000	41	97.6	116	98.2
ビフェナゼート水和剤	20D	20.0	1,000	39	100.0	116	57.9
テブフェンピラド乳剤	21A	10.0	2,000	41	14.1	112	9.4
シエノピラフェン水和剤	25A	30.0	2,000	45	13.3	110	56.5
シフルメトフェン水和剤	25A	20.0	1,000	45	6.7	107	7.5
ピフルグミド/フェンピロキシメート水和剤	25B/21A	15.0/5.0	2,000	44	54.8	114	29.4
フルキサメタミド乳剤	30	10.0	2,000	41	100.0	114	79.0
アシノナビル水和剤	un	20.0	1,000	43	100.0	101	100.0

a) すべての検定において対照区の死亡率は 0% であった。

b) ABBOTT（1925）の式による補正死亡卵率 (%) = {(対照区未ふ化卵率 - 処理区未ふ化卵率) / 対照区未ふ化卵率} × 100。対照区の死亡卵率は 0～3.3% であった。

(品種: ‘やよいひめ’) 圃場から採取しイチゴ苗で飼育した個体群 (以下, イチゴ由来個体) を用いた。なお, トウモロコシ由来個体は 11 月以降, イチゴ由来個体は採取後から試験を実施する 2022 年 2 月まで 20~25°C, 16L8D に設定した室内において飼育した。累代飼育ならびに一連の試験には, トウモロコシは ‘ハニーバンタムピーター 445’ を, イチゴは ‘やよいひめ’ を供試し, トウモロコシ葉片は, 播種後 8 週間以上経過した生育期の苗の中位葉より, イチゴ葉片は, 展開した小葉より作成した。

2 発育日数, 成虫化率および産卵数

各由来の個体群をトウモロコシおよびイチゴに接種し 24 時間産卵させた後, 雌成虫を取り除き十分数の卵を得た。その後はふ化の有無を毎日観察し, ふ化した個体を寒天培地上の 1 cm × 1 cm 角のトウモロコシまたはイチゴ葉片へ 1 頭ずつ接種し, 個体別に毎日発育を調査した。なお, 各葉片は 6~7 日ごとに新たなものに取り替えた。

産卵数については, 各由来の成虫化後 3 日の雌成虫を寒天培地上の 1 cm × 2 cm 角のトウモロコシまたはイチゴ葉片に 1 頭接種して産卵させ, 3 日後に葉片上の卵を計数した。また, (3 日後の葉片上の卵数) ÷ 3 により日当たり産卵数の平均を算出したのち, 10 個体における中央値および四分位範囲を求めた。

発育日数, 成虫化率および産卵数を表-2 に示した。発育日数は雌雄ともにイチゴ由来個体をトウモロコシで飼育した場合で最も長くなり, 雌成虫は他の試験区より成虫になるまでに 2 日程度多くの日数を要した。産卵数は, 採取植物によらずイチゴに接種した場合で多くなり, 1 日当たり 10 個程度となった。次いでトウモロコシ由来個体をトウモロコシに接種した場合で 6 個程度と

なり, イチゴ由来個体をトウモロコシに接種した場合で最も少なく 2 個程度であり, 他の試験の 3 分の 1 から 5 分の 1 程度にとどまった。また, 成虫化率はいずれも 80% 以上であり, 試験区間で有意差は見られなかった (カイ二乗検定; Holm-Bonferroni 法による補正後の $p > 0.05$)。

3 寄主定着性

YANO et al. (1998) を改変してナミハダニの寄主定着性を調査した (図-2)。プラスチックシャーレ (直径 9 cm, 高さ 1.5 cm) に少量のクリスタルバイオレットを加えた 5% の寒天培地を縁まで達するよう流し入れて固め, その上に 1 cm × 1 cm 角のトウモロコシまたはイチゴ葉片と, 1 cm × 1 cm 角のインゲン葉片 (品種: ‘セリーナ’) を 1 枚ずつ葉表を上にして置いた。次に, トウモロコシまたはイチゴ葉片とインゲン葉片の間に 5 cm に切断した平ゴム (幅 0.5 cm) をブリッジとして設置し, 両葉片間でナミハダニが移動できるようにした。トウモロコシまたはイチゴ葉片上に面相筆で雌成虫を 5 頭接種し, 24 時間後に接種した葉片に残った虫数を調査した。5 頭接種したものを 1 セットとし, 各組合せを 20 セット (合計 100 頭) 実施した。

図-3 に接種から 24 時間後, 接種葉片にとどまっていた個体数を示した。イチゴ由来個体をイチゴに接種した場合に寄生定着性が最も高くなり, 次いで, トウモロコシ由来個体をイチゴに接種した場合, トウモロコシ由来個体をトウモロコシに接種した場合の順となり, イチゴ由来個体をトウモロコシに接種した場合に最も低くなった。イチゴ由来個体をトウモロコシに接種した場合では, とどまった個体数は接種した半数以下となり, 他の試験区より有意に低くなった。

表-2 由来が異なるナミハダニのトウモロコシおよびイチゴ葉片上における発育期間, 成虫化率および日当たり産卵数 (横山・藍澤, 2022)

由来	供試植物	ふ化から成虫までの発育日数 ^{a)}		成虫化率 (%)	産卵数 ^{a)} (卵数/日/雌)
		雌	雄		
トウモロコシ	トウモロコシ	8.0 (7.0-9.0) (n = 45) a	8.0 (7.0-9.0) ab (n = 12)	98.3	6.0 (5.3-6.6) b
トウモロコシ	イチゴ	8.0 (7.0-8.0) (n = 33) a	7.0 (7.0-7.0) a (n = 16)	84.2	9.8 (9.3-10.9) a
イチゴ	トウモロコシ	10.0 (9.0-12.0) b (n = 22)	8.0 (8.0-9.0) b (n = 27)	89.1	2.0 (1.1-3.2) c
イチゴ	イチゴ	8.0 (7.0-8.0) a (n = 27)	7.0 (7.0-9.0) ab (n = 26)	98.1	10.2 (8.9-11.1) a

^{a)} 異なる文字間で有意差があり (Steel-Dwass test, $p < 0.01$).
各数値は中央値 (四分位範囲)。

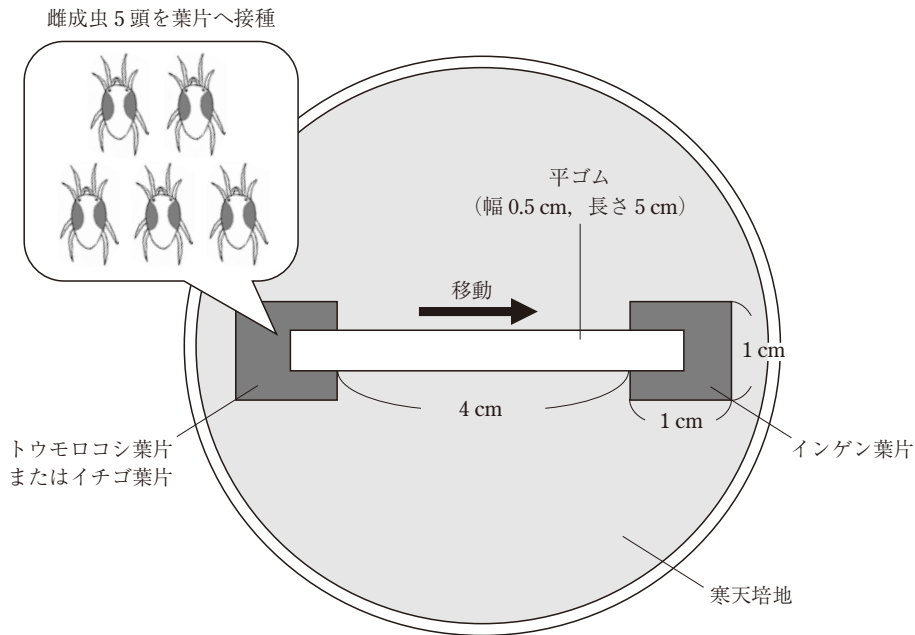


図-2 寄主定着性の検定に用いた実験装置

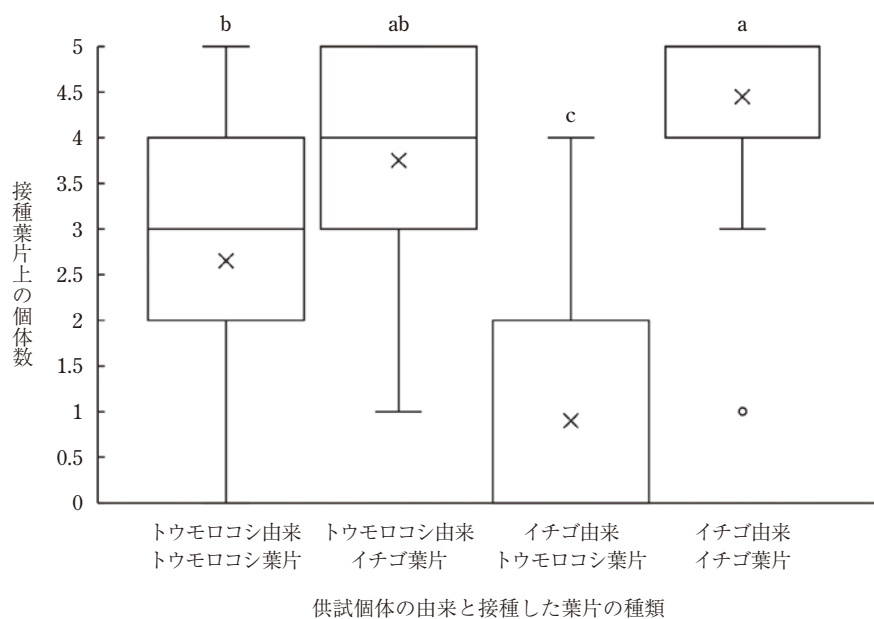


図-3 ナミハダニの寄主定着性(横山・藍澤, 2022)

異なる文字間には有意差がある (Steel-Dwass test, $p < 0.01$).
図中の×印は平均値, ○印は外れ値を示す。

おわりに

トウモロコシに寄生するナミハダニの薬剤感受性について、今回供試した薬剤のうち 11 剤は何らかの作物においてハダニ類への登録があるものを選択したものの、成虫と卵のいずれかまたは両方に対して高い効果を示した薬剤は約半数であった。なお、本試験の結果は、前田ら (2017) による同地域のナス圃場から採取したナミハ

ダニ黄緑型の感受性と一致しており、寄主植物による感受性の違いは認められなかった。このことおよび伊勢崎市は多品目の園芸作物が点在しておりトウモロコシは周年で栽培されていないことから、トウモロコシに寄生する個体群は、越冬場所やナスを含む様々な寄主植物を移動している可能性があると考えられた。

発育日数、成虫化率、産卵数および寄主定着性の調査からは、ナミハダニはトウモロコシ上での発育は可能で

あるものの、寄主としてのトウモロコシの適性はイチゴより劣ることが明らかになった。特に、その傾向はイチゴ由来個体において顕著であった。ナミハダニは特定の寄主に特化した系統は認められておらず (YANO et al., 2001), また不適合寄主への定着性は幼若虫段階における植物の摂食やにの経験によって増大する例が知られている (若林ら, 1996; 1997)。トウモロコシ由来個体は発育期間中の摂食やにの経験により、トウモロコシに対する適合性を向上させた可能性が考えられる。

農薬散布による防除では、病害虫の発生部位に十分量の薬剤を付着させることが重要であるが、トウモロコシが繁茂すると、茎葉の重なりが障害となるため高い防除効果をあげることが難しくなる。これに加え、本試験により、トウモロコシ上のナミハダニは、世代を繰り返すうちに適合性を向上させることが示唆されたため、より加速度的に増殖すると考えられる。したがって、収穫期が近づくにつれて、防除の難易度が高くなると推察される。そのことを踏まえて、現地ではハダニが上位葉に上がってくる前の初期防除が重要と考えられ、トンネルを剥がした直後から防除の徹底に努めるように指導を始めたところである。また、本試験実施時点では未成熟トウモロコシのハダニ類に対する登録がある薬剤で防除効果が見込めるものはごく僅かであったものの、その後フルキサメタミド乳剤およびアセキノシル水和剤が新たに登

録となり、使用可能な薬剤が増えつつある。今後はこれらを用いてどのような防除体系が組み立てられるか検討する必要がある。一方、国内におけるトウモロコシに寄生するナミハダニに関する知見はいまだ少なく、不明な点が多く残されている。今後、防除体系の構築とともに基礎的な生態の解明が進み、現地における被害軽減につながることに期待したい。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. **18**: 265~267.
- 2) 江原昭三・後藤哲雄 (2009): 原色植物ダニ検索図鑑, 全国農村教育協会, 東京, p.318~319.
- 3) 衛藤友紀・平田真紀子 (2017): 佐賀県農業試験研究センター研究報告 **39**: 39~46.
- 4) 浜村徹三 (1997): 植物防疫 **51**: 547~549.
- 5) 堀川英則ら (2019): 関西病害虫研究会報 **61**: 61~68.
- 6) 前田宏美ら (2017): 関東東山病害虫研究会報 **64**: 156 (講要).
- 7) MULLIN, C. A. and B. A. CROFT (1983): Environ. Entomol. **12**: 1278~1282.
- 8) 日本応用動物昆虫学会 (2006): 農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版, 日本応用動物昆虫学会, 東京, p.136~137.
- 9) 若林基治ら (1996): 日本ダニ学会誌 **5**: 47 (講要).
- 10) ———ら (1997): 同上 **6**: 81 (講要).
- 11) YANO, S. et al. (1998): Exp. Appl. Acarol. **22**: 595~601.
- 12) ——— et al. (2001): ibid. **25**: 371~381.
- 13) 横山 薫・藍澤 亨 (2022): 関東東山病害虫研究会報 **69**: 76~79.

本稿で供試された薬剤の一部は未登録ですのでご留意ください。 「植物防疫」編集注

農林水産省プレスリリース (2023.6.1~2023.6.30)

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

- ◆ 令和5年度「農業技術功労者表彰」候補者の募集開始について (23/6/2) /docs/press/230602.html
- ◆ 「農林水産研究イノベーション戦略2023」の策定に

- ついて (23/6/9) /docs/press/230609.html
- ◆ 「令和5年度病害虫発生予報第3号」の発表について (23/6/14) /j/press/syouan/syokubo/230614.html

研究 報告

岐阜県の夏秋トマト産地における 褐色輪紋病の現状について

岐阜県農政部農業経営課岐阜駐在 **わた 渡** **なべ 辺** **ひろ 博** **ゆき 幸**
 岐阜県農業技術センター **こ 小** **じま 島** **かず 一** **き 輝***
 岐阜県農政部農業経営課飛騨駐在 **わた 渡** **なべ 辺** **しん 新** **いち 一****

はじめに

岐阜県において、トマトは飛騨牛、ほうれんそうなどにならぶ主要な農産物品目の一つであり、西濃地域を中心とした低標高地帯（海拔0メートル付近）では施設型の冬春栽培が、飛騨、中濃、東濃地域の中～高標高地帯（標高300～800m）では雨よけハウスによる夏秋栽培が行われ、ほぼ年間を通じた供給体制が整えられている（図-1）。

そのような中、県内の各夏秋トマト産地では、ここ数

年でトマト褐色輪紋病（病原菌：*Corynespora cassiicola*）の多発生による被害が目立つようになった。本病は主に葉に発生し、茎、果実、がくにも発生する（粕山・谷名，2007）。葉では始め小さな褐色斑点が現れ（図-2）、後に拡大してハローを伴った直径5～10mmの輪紋症状を呈する（図-3）。病勢の進展は早く、多発すると下位葉から急激に枯れ上がる（図-4）。本県の夏秋トマト産地においては、20年以上前から本病の発生が確認され、葉かび病抵抗性品種への切り替えが進み、葉かび病を対象とした防除回数が減少した10年ほど前から徐々に発生が増加した。さらにここ数年で発生面積、発生量は増加し、ひどい場合は収穫最盛期の8月下旬に枯れ上がってしまうケースも散見されるようになった。そこで本稿では、本病の防除対策を確立するために、現地の農林事務所普及指導員と試験研究担当者、革新支援専門員が協力して取り組んでいる活動について紹介する。

I 岐阜県内の発生実態調査と防除の現状

飛騨、中濃、東濃地域の夏秋トマト栽培はおおむね5月上旬～6月上旬にかけて定植し、7月中旬から11月下旬まで収穫する栽培体系となっている。褐色輪紋病は発生が早い年で6月中下旬から認められ、8月下旬以降の長雨により発生が助長される傾向にある。多発時には8月中旬に葉が枯れ上がり、9月以降の収穫が皆無になることもある。ここ数年で本病の早期多発被害報告が増えてきたことから、本病の発生状況およびその防除対策の実施状況を把握するため、2020年に各地域の生産者282名に対して、普及指導員がアンケート調査を実施した。

その結果、夏秋トマト栽培の産地では全域で発生が見られ、これまで少なかった飛騨地域でも発生が増えており、地域ごとでその発生量や程度に違いがあった（図-5）。特に標高のやや低い地域（500m以下）や担い手の高齢化が進んでいる地域での発生が多い傾向となった。本菌の最適生育適温は25℃であり（伊達ら，2004）、標

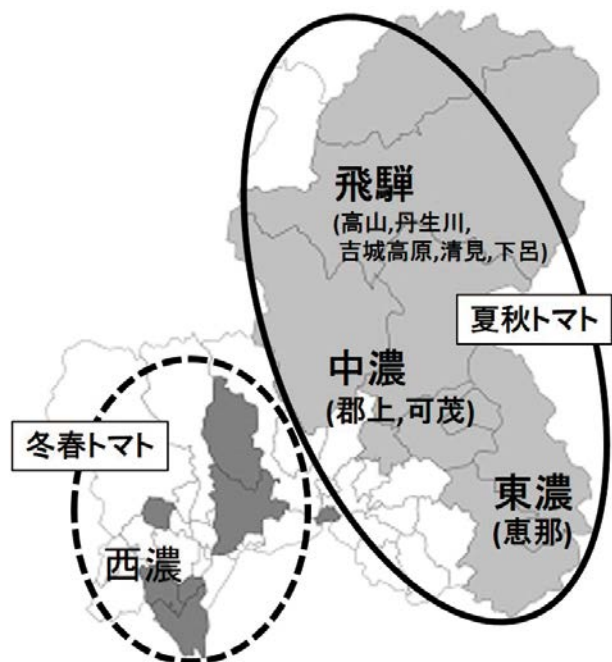


図-1 岐阜県のトマト産地

Current Status of the Occurrence of *Corynespora* Target Spot on Tomato Caused by *Corynespora cassiicola* in Gifu Prefecture, Japan.

By Hiroyuki WATANABE, Kazuki KOJIMA and Shinichi WATANABE

(キーワード: *Corynespora* target spot, *Corynespora cassiicola*)

*現所属: 飛騨農林事務所農業普及課

**現所属: 岐阜農林事務所農業普及課



図-2 葉の初期斑点

図-3 進展した病斑

図-4 枯れ上がりの状況

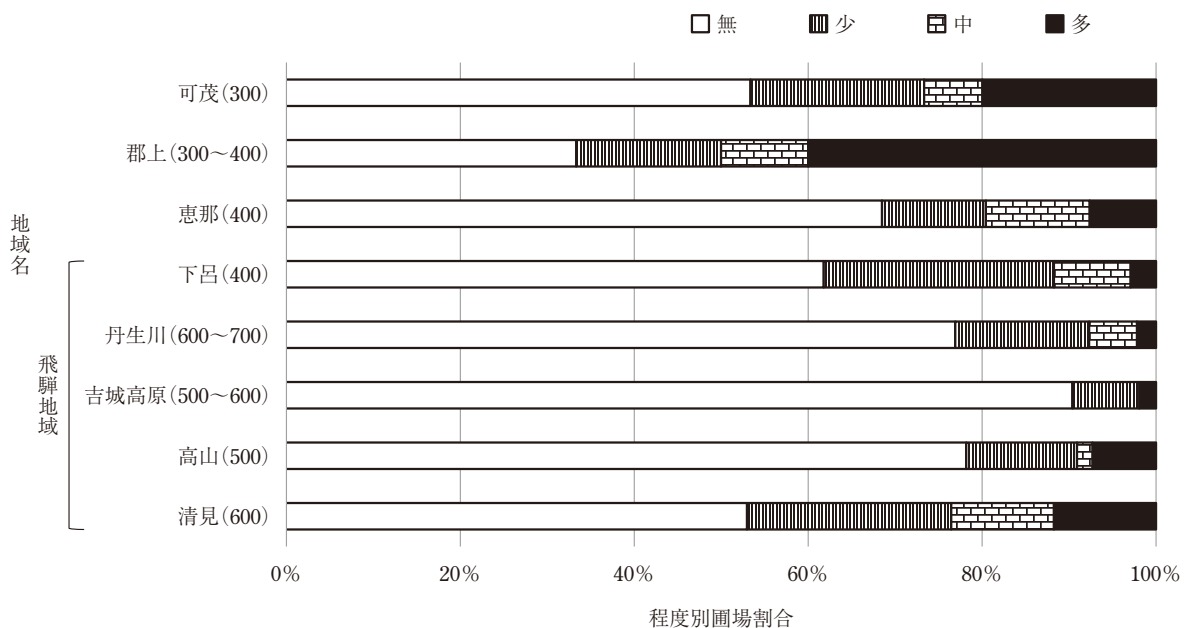


図-5 各地域の褐色輪紋病の発生状況 (2020年調査)

図中の () 内の数字はおおむねの標高を表す。

高がやや低い地域はその条件に合致した。また、本病の発生が増加する8月中旬以降は収穫最盛期と重なり、高齢化などの理由で摘葉や芽かきなどの管理作業や薬剤散布などの防除作業が十分にできない生産者が増えてきている可能性が示唆された。

また、前年に発生があったと回答のあった生産者 (n = 185) の当年 (2020年) の発生状況については前年発生が多かった圃場では翌年も発生が認められる (図-6)。これらから、前年までの伝染源が多く残存していること、生産者によっては初期病徴がわからず、しっかり

確認できていないため、初期病斑がある葉の摘葉作業や発病初期または発病前に適切な防除作業ができていない可能性が考えられた。また、キュウリ褐斑病 (宮本ら, 2007), トマト葉かび病 (我孫子, 1998), トマトすすかび病 (KIRINO and KAWAGUCHI, 2019) では、資材等に残る分生子が第一次伝染源になる可能性が報告されていることから支柱や通路シートなどの資材消毒の実施状況について確認したところ、約60%の生産者で資材消毒が実施されていないことがわかった (図-7)。

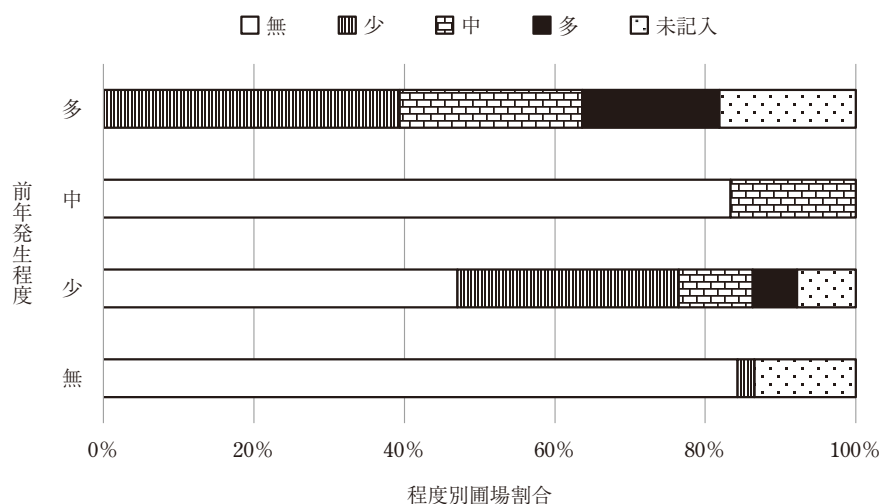


図-6 褐色輪紋病の発生圃場と前年の発生程度の関係（2020年調査）

多：発生株率おおむね 50% 以上。
 中：発生株率おおむね 10% 以上～50% 未満。
 少：発生株率おおむね 10% 未満。
 無：発生なし。

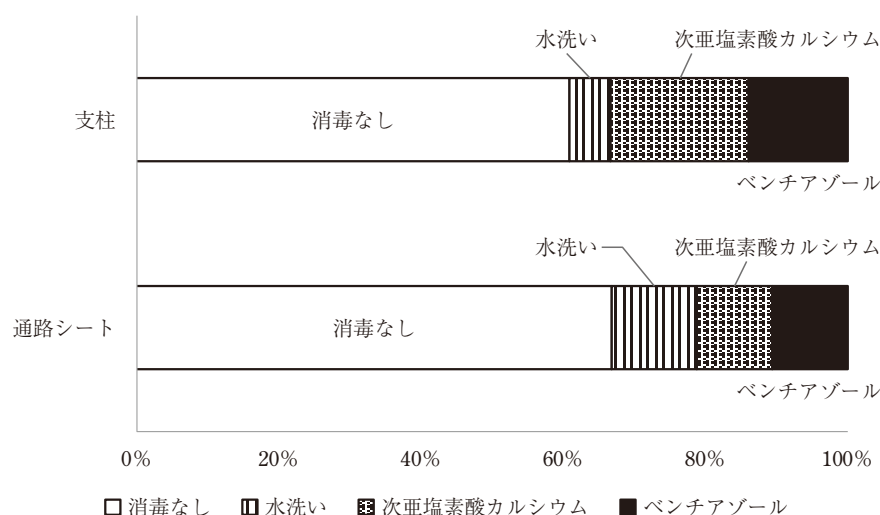


図-7 資材消毒の実施状況

II 農業資材への分生子の付着状況

資材消毒が多く生産者で実施されていない現状や分生子が資材などに残存している可能性を受け、2020 年作がおおむね終了する時期に、発病が確認されている県内現地 6 圃場において農業資材への分生子の付着状況を調査した。既報（菱池，2017）に従い、主に支柱（イボ竹）と通路に敷かれた通路シートの表面にセロハンテープを貼った後よく押さえて剥がし、格子入りスライドガラスに貼り付け、顕微鏡下で分生子の付着数を計測した。調査箇所数は各圃場各資材 4～5 箇所ずつとした。調査したすべての圃場および資材で分生子が確認された

（図-8，表-1）。これは前述通り農業資材に付着した分生子が本病の第一次伝染源となる可能性があるため、資材消毒の必要性を高める結果となった。

III 資材消毒剤の効果確認

現地で利用されている資材消毒剤の効果を確認するために以下の試験を行った。褐色輪紋病の罹病残渣（下葉）粉末 1.5 g と土壌 30 g の混合物で通路シートを汚染後（付着分生子数：平均 39.2 個/cm²），次亜塩素酸カルシウム製剤とベンチアゾール乳剤のそれぞれ 500 倍液，1,000 倍液および滅菌水をハンドスプレーで汚染シートに十分量噴霧した。10 分静置後，余分な水分を滅菌ろ



図-8 通路シートに付着した褐色輪紋病菌の分生子
(○内、画像は一辺約1mm)

紙で除去し、素寒天培地にシートを張り付けて剥がし、25℃ 2日間培養後に顕微鏡下で発芽率を調査した。

その結果、滅菌水区では96.0%と高い発芽率が見られたのに対して、次亜塩素酸カルシウム製剤1,000倍区で一部の分生子が発芽したものの、次亜塩素酸カルシウム製剤500倍区とベンチアゾール乳剤500倍区、1,000倍区では分生子の発芽は認められなかった(表-2)。このことから両資材消毒剤は褐色輪紋病に対して有効で、栽培終了後の資材を確実に処理することによって、次作への伝染が抑制可能であると考えられた(小島ら、未発表)。

Ⅳ 初期病徴の見分け方の検討と初期発生と温湿度の関係

本病を重症化させないためには、初発時期の把握と発病葉の摘葉作業や適切な防除が重要となる。しかし、これまで本県では初期病徴の識別に関する取り組みなどはなく、生産者や普及指導員の曖昧な視点による識別となっているのが現状であった。そこで、初期病徴の判断指標を検討するために初期病徴の形態調査を行った。発病

表-1 夏秋トマト栽培施設内の資材上に付着したトマト褐色輪紋病菌の分生子数

生産者	分生子数 (個/cm ²) ^{a)}					
	防草シート			支柱		
A	462	±	66.4 ^{b)}	50	±	2.1
B	15.7	±	2.8	11.2	±	7.5
C	17.8	±	8.2	11.7	±	5.6
D		—	c)	87	±	22.1
E	92.3	±	22.6	9.2	±	4
F	9.3	±	2.9	1.8	±	0.5

a) 各資材上にセロハンテープを張り付け分生子を採取した後、格子入りスライドガラスを用いてセロハンテープに付着した分生子数を調査した。

b) 平均値±標準誤差。

c) 調査なし。

表-2 各資材消毒剤の褐色輪紋病菌分生子の発芽抑制効果

処理方法 ^{a)}	希釈倍率	分生子発芽率 ^{d)}		
	(倍)	(%)		
滅菌水	—	96	±	0.02 ^{e)}
次亜塩素酸カルシウム製剤 ^{b)}	500	0	±	0
	1,000	4.7	±	0.01
ベンチアゾール乳剤 ^{c)}	500	0	±	0
	1,000	0	±	0

a) 各資材消毒剤を防草シートに噴霧後10分間静置。

b) 日本曹達：ケミクロン®G。

c) OAT アグリオ：イチバン。

d) 1反復当たり褐色輪紋病菌の分生子50個を調査したときの3反復の平均値。

e) 平均値±標準誤差。

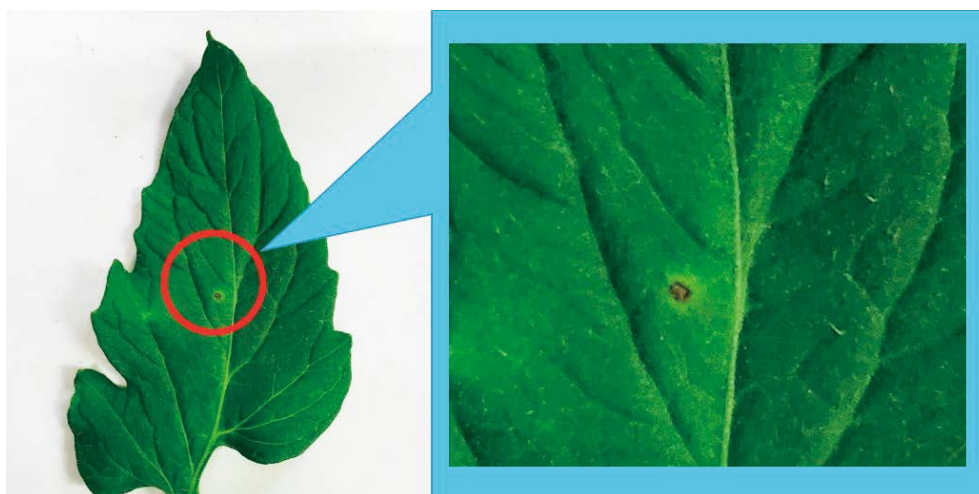


図-9 褐色輪紋病の初期病斑



図-10 褐色輪紋病初期病斑と特定できなかった斑点症状

が確認されている圃場において、例年の発生初期である6月中旬～7月中旬に初期病斑と思われる斑点症状が確認される葉を持ち帰り、写真撮影後、培地（素寒天、PDA）にて培養し本病の分生子形成によりその有無を確認した。あわせて、調査圃場にはデータロガーを設置し、温湿度を計測（県内6地域）して発病との関係性について検討した。

その結果、本病の初期病斑は中心部が褐色でやや陥没し、周囲にハローを伴うことが多かった。しかし要因が特定できない斑点症状も多く、斑点症状の見た目による識別は熟練を要することが示唆された（図-9, 10）。また、温度が20℃以上で湿度が高い（90%以上）日が数日続いた後に初発が確認された（図-11）。なお、他地域でも同様の傾向にあった（図略）。このことは20～30℃で保湿時間24時間以上で発病が認められたとする報告（伊達ら, 2004）と同様の傾向となった。

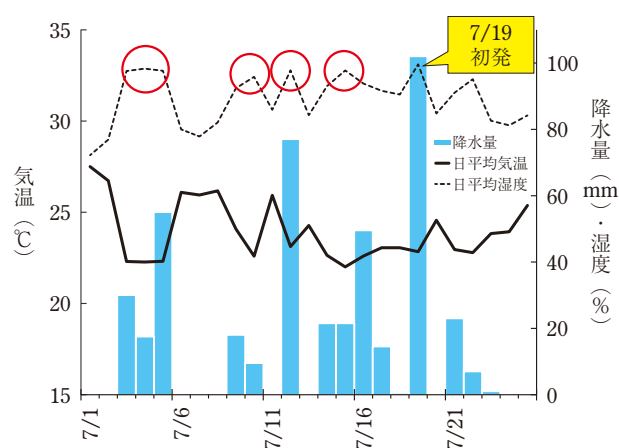


図-11 褐色輪紋病初発と気象データの関係（2022年、郡上市）

V 防除の課題

褐色輪紋病に登録のある薬剤はTPN水和剤のみである（2023年5月現在）。そのため現場での薬剤防除指導時に薬剤の選択に幅がなく、指導にあたる普及指導員も困ることが多い。また、県内における本病菌の薬剤感受性を調査した結果、アゾキシストロビン耐性菌は供試菌株全体の36%、ボスカリド耐性菌は同18%であった（小島，2021）。これは夏秋トマトにおいて発生が多い灰色かび病の薬剤防除による影響が考えられ、灰色かび病等の防除でQoI剤およびSDHI剤を使用する際には、薬剤使用回数に関するガイドライン（殺菌剤耐性菌研究会，2012）等を参照し、使用回数削減に努め、同系統剤の感受性低下についても注意を要する。今後は、トマトの他病害で登録を有する薬剤を中心に、褐色輪紋病に対する室内および圃場での効果確認や薬剤の感受性評価を実施し、農薬登録に向けて検討する必要があると考える。さらに同一病原菌による他品目の病害では、ナス黒枯病に対して炭酸水素ナトリウム・銅水和剤、ピーマン黒枯病に対してバチルスアミロリクエファシエンス水和剤が農薬登録を有しており（2023年5月現在）、こうした使用回数制限がない薬剤の活用も期待される。

おわりに

本調査で初期病斑は見た目による識別が難しく、現場

における簡易な防除判断指標としての利用がしづらいたことが明らかとなった。今後、生産者や普及指導員が現場で防除判断をする場合の一つの指標として気温や湿度計測による予測ができないか検討していきたい。本県ではすでに灰色かび病において、気象データからの発生予測手法が確立され（渡辺ら，2021）、現場での利用が進んでいる。こうした技術を本病にも適用できるようさらに検証が必要である。さらに防除判断指標や予察手法の確立、葉かきなどによる罹病部除去などの耕種的防除を組合せ、化学農薬のみに頼らないIPM防除体系の確立に向けて努力したい。

引用文献

- 1) 我孫子和雄（1998）：関西病虫研報 40：125～126.
- 2) 伊達寛敬ら（2004）：岡山県農試研報 22：49～52.
- 3) 菱池政志（2017）：植物防疫 71（10）：42～44.
- 4) 柏山新二・谷名光治（2007）：岡山県農試研報 25：85～88.
- 5) KIRINO, N. and A. KAWAGUCHI（2019）：J. Gen. Plant Pathol. 85：101～108.
- 6) 小島一輝（2021）：R3 岐阜県試験研究成果普及カード：17～18.
- 7) 宮本拓也ら（2007）：関東東山病虫研報 54：9～12.
- 8) 殺菌剤耐性菌研究会（2012）：野菜・果樹・茶におけるQoI剤及びSDHI剤使用ガイドライン，<http://www.taiseikin.jp/mw/bhwp/wp-content/uploads/9cf884f639e6b9616e8aaf1880d843.pdf>（2023年6月参照）
- 9) 渡辺秀樹ら（2021）：関西病虫研報 63：59～65.

発生予察情報・特殊報（2023.6.1～2023.6.30）

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

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

- コムギ：ミナミアオカメムシ（群馬県：初）6/20
- トマト、きゅうり、オクラ、ズッキーニ：クロテンコナカイガラムシ（静岡県：初）6/23
- トマト：ナスコナカイガラムシ（静岡県：初）6/23
- トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（青森県：

- 初）6/23
- トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（秋田県：初）6/30
- スモモ：スモモミハバチ（福岡県：初）6/30

研究 報告

茨城県で発生したミズナのべと病について

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中日本農業研究センター

やま
山

うち
内

のり
智

ひと
史

はじめに

ミズナ（水菜）はアブラナ科ツケナ類ミズナ群に属し、その名称は古代の灌漑栽培に由来すると言われている（農研機構，2006）。古くから京都で栽培されて京菜（キョウナ）や千筋京菜（センスジキョウナ）とも呼ばれ、鍋物や漬物用に利用されてきた（矢澤，1994）。また、若い株の葉は柔らかくてサラダや浅漬け用にも供され、葉柄が赤紫に着色する品種は彩を添える食材として利用されることもある。

元々冷涼な気候を好む野菜だが、比較的耐暑性や耐寒性も備えており、茨城県では太平洋と霞ヶ浦に挟まれた鹿行地域を中心にビニルハウスなどの施設で周年的に栽培されている（林ら，2019）。令和3年産の茨城県の生産量は19,200 tで全国の約5割を超えており、2位の福岡県（3,000 t）、3位の京都（2,000 t）とは大きく水をあけている（農林水産省，2022）。

2016年2月、茨城県にあるミズナ生産者のビニルハウス内で既知のものとは異なる症状を示す病害が発生し、病原は *Hyaloperonospora brassicae* と同定され、ミズナべと病と命名された（山内・吉田，2022）。本稿ではミズナべと病の病徴と発生状況、病原の同定、アブラナ科野菜類に対する病原性などについて紹介し、今後、本病が他地域で発生した場合や本病菌により他の作物でべと病が発生した際の参考としたい。

I 病徴と発生状況

ミズナは年間7～8作栽培されることもあり、春～初秋は本圃へ直播、生育の緩慢な晩秋～冬の低温期はセル育苗した苗を本圃へ定植する栽培が行われている（林ら，2019）。2016年2月、茨城県で野菜類の育苗専用に使われていたビニルハウス内において、ミズナの子葉表面に、褐色、不整形のややくぼんだ病斑を形成し、病斑の裏面には白色粉状のカビを生じる病害が発生した（図-1A、

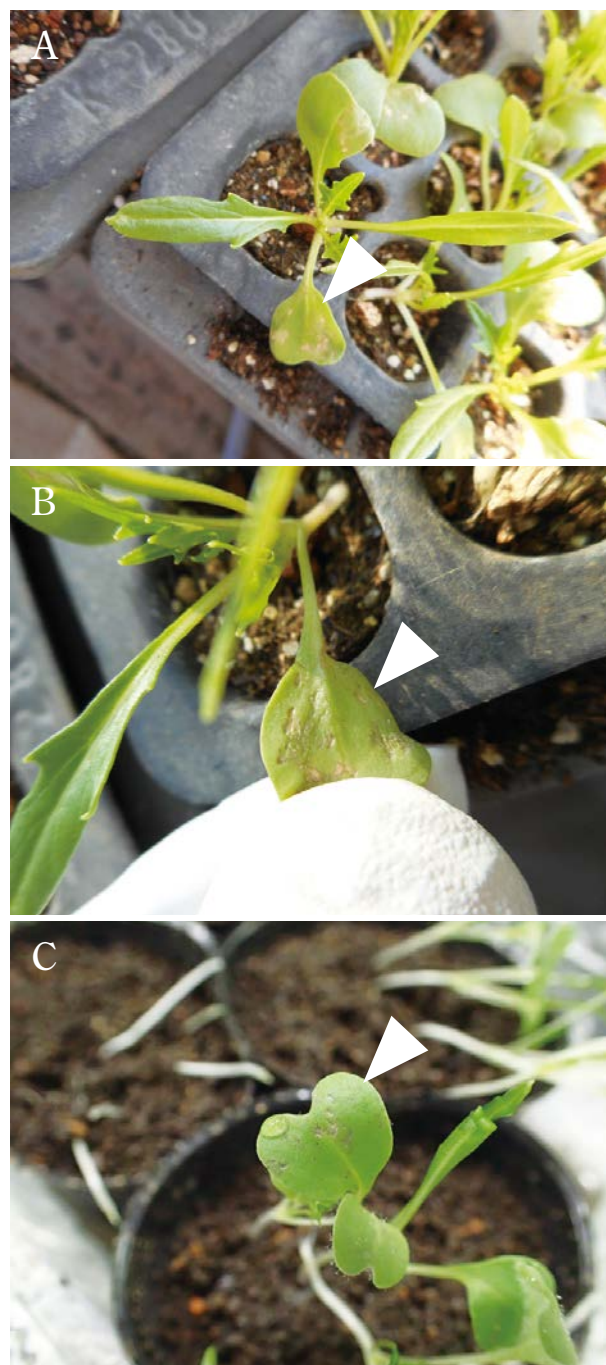


図-1 ミズナべと病の病徴

A：子葉表面（自然発生）、B：子葉裏面（自然発生）、C：ミズナ分離株の接種後に子葉上に形成された病斑、分生子柄、分生子、矢印：病斑部（山内・吉田，2022より転載）。

Mizuna Downy Mildew Occurred in Ibaraki Prefecture. By
Norihito YAMAUCHI

（キーワード： *Hyaloperonospora brassicae*，ミズナ，べと病）

1B)。比較的小さなセルサイズのセルトレイ (20 mm 角, 288 穴) で育苗されていたこともあり, 隣り合う株同士が葉が重なり合うような状態となっていたが, 病徴は子葉のみで観察され, 本葉には認められなかった (山内・吉田, 2022)。その後も 2016 年 4~5 月, 2017 年 3 月に本病の発生が確認されたことから, 春~初夏に発生しやすいものと考えられた。

我が国でミズナの病害としては, 地上部病害の白さび病 (病原: *Albugo macrospora*), 土壌病害の立枯病 (病原: *Pythium* sp.), 菌核病 (病原: *Sclerotinia sclerotiorum*), リゾクトニア病 (病原: *Rhizoctonia solani*), 軟腐病 (病原: *Pectobacterium carotovorum*), 萎凋病 (病原: *Fusarium oxysporum*, *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*) が知られているが (日本植物病理学会, 2023), 上記症状はいずれの病害にも該当しないと考えられた。

本病の発生した育苗ハウス内は防草シートの上に高さ 30 cm 程度の簡易的な栽培ベンチを設置し, 一つのハウス内に数百枚の育苗トレイが敷き詰められ, 極めて集約的な栽培が行われていた。また, 自動灌水により天気の良い日に合わせた定時定量の灌水が行われていたため, 天候の悪い日が続くとハウス中央に設けられた通路に余分な水が多量にたまった状態となり, 一見して病害が出やすい栽培環境と考えられた。予想通り, 同ハウス内で育苗されていたコマツナにもミズナの子葉に観察されたものと同様の症状を示すコマツナべと病 (山内ら, 2015) が多数観察された。なお, 筆者が知る限りミズナ主要産地等におけるミズナべと病の発生実態は報告されておらず, 経済的損失などの状況も不明である。

II 病原の同定

発病葉の病徴, 病斑裏面における分生子の形成状況からべと病の可能性が考えられたため, 病原の同定は以下の手順 (山内・吉田, 2022) の通り進めた。すなわち, 活性の高い病原を得るために, 上記病徴の確認されたミズナの子葉を 20℃, 湿室条件に 3 日間置いて新しい分生子の形成を促した。分生子の形成された子葉を滅菌水中で軽く振とうして分生子懸濁液を作製し, ミズナの幼植物に噴霧接種して 15/15℃, 10,000/0 lx (12/12 hr) で栽培管理した。約 2 週間後, ミズナ子葉上に形成された分生子をミズナ分離菌として以下の試験に供試した。なお, 本菌は絶対寄生菌 (純寄生菌) のため, 発病葉上に形成された分生子の懸濁液を健全なミズナ幼植物へ噴霧接種することにより 2 週間に 1 回程度の頻度で継代・増殖した。

ミズナ子葉上の病斑部に形成された分生子柄および分

生子をセロハンテープに貼り付け, 光学顕微鏡で形態観察した。分生子柄は無色, $343\sim686\times12\sim24\mu\text{m}$, 5~6 回分岐し, 分岐した分生子柄の先端は対を成して湾曲していた (図-2A)。分生子柄の先端には無色, 球形~楕円形, $19\sim22\times21\sim26\mu\text{m}$, 長径/短径比 1.0~1.3 の分生子が多数形成された。また, 分生子懸濁液を素寒天培地に塗布して培養したところ, 分生子は直接発芽管を出して発芽した (図-2B)。これらミズナ分離株の形態的特徴はタアサイ, コマツナ, ブロッコリーにべと病を引き起こす *H. brassicae* (HONG et al., 2008; CHOI et al., 2012; 山内ら, 2015) の記載とおおむね一致した (山内・吉田, 2022)。また, ミズナ分離株の rDNA-ITS 領域を解析したところ, ミズナ分離株の rDNA-ITS 領域の部分配列 (Accession no. LC704543) は, DDBJ の DNA データベースに登録されている *H. brassicae* の同領域の部分配列 JX401551 (CHOI et al., 2012), LC050224 (山内ら, 2015), EU137726 (HONG et al., 2008) と 100% 一致し, 上記形態分類の結果を支持した (山内・吉田, 2022)。ミズナ分離株の分生子懸濁液を幼植物に噴霧接種すると約 7 日後に子葉上に淡褐色, 不整形の病斑を形成し, 接種菌と同様の分生子柄および分生子を形成して原病徴が再現さ

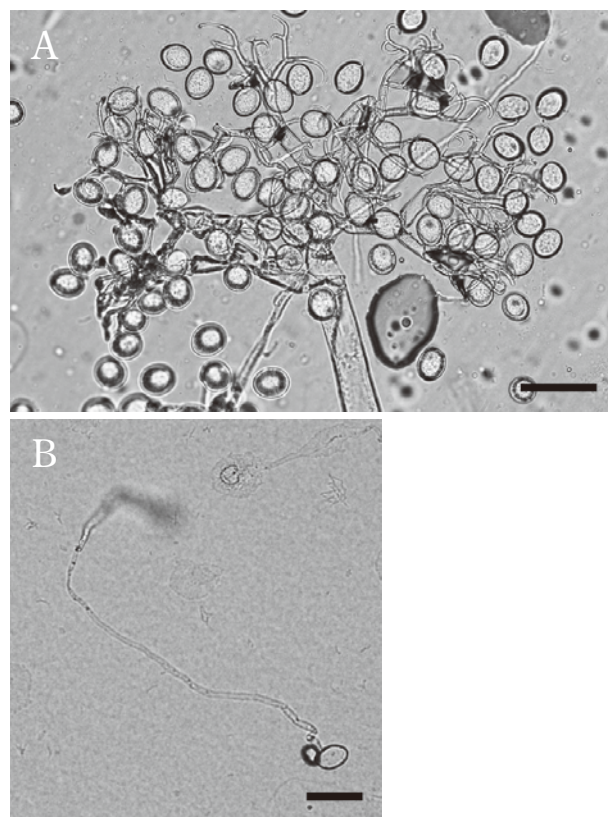


図-2 ミズナべと病菌の形態

A: 分生子柄および分生子, B: 素寒天上で発芽して菌糸伸長した分生子 (スケールバーは $50\mu\text{m}$ を示す) (山内・吉田, 2022 より転載)。

れた（図-1C）ことに加え，上記の形態的特徴や rDNA-ITS 領域の解析結果からミズナ分離株は *H. brassicae* と同定され，本菌による病害はミズナべと病と命名された（山内・吉田，2022）。

III アブラナ科野菜類に対する病原性

ミズナ分離株の分生子懸濁液をアブラナ科野菜類の幼苗に噴霧接種して病原性を調査した（表-1，表-2）。その結果，ミズナ（*Brassica rapa* var. *nipposinica*）の‘京しぐれ’，‘京みぞれ’，‘京かなで’，‘紅法師’，‘早生水天’，‘京水菜’では 10 株中 6～10 株の子葉に分生子形成が確認されたが，本葉では全品種（合計 60 株）の中で分生子形成の認められたのは 1 株のみであり，現地での本病発生状況と一致した（山内・吉田，2022）。ミズナと同じ *B. rapa* に属するコマツナ（*B. rapa* var. *perviridis*），ハクサイ（*B. rapa* var. *glabra*），カブ（*B. rapa* var. *rapa*），チンゲンサイ（*B. rapa* var. *chinensis*）では全供試株の子葉上に分生子が形成され，また，10 株中 7～10 株の本葉に分生子が形成されて本病菌に対してミズナとは異なる反応を示した。一方，ブロッコリー（*B. oleracea* var. *italica*），キャベツ（*B. oleracea* var. *capitata*），ダイコン（*Raphanus*

sativus var. *hortensis*）では供試した 10 株すべての子葉および本葉のいずれにおいても分生子が形成されず，ミズナ分離株は分離源のミズナが属する *B. rapa* 以外の野菜類には寄生しないと考えられた。

アブラナ科植物のべと病菌には寄生性分化があり，ハクサイ菌（ハクサイやコマツナなどに寄生するがダイコンやキャベツに寄生しない）やダイコン菌（ダイコンやコマツナなどに寄生するがキャベツに寄生しない）（我孫子，1998），キャベツやブロッコリーの菌系統（SATO and FUKUMOTO, 1996）などのように宿主範囲から菌群として大まかに整理することができる。また，春に畑や道端などで見かけるナズナ（*Capsella bursa-pastoris*）のべと病菌（*H. parasitica*）は，ハクサイ，キャベツなどのべと病菌である *H. brassicae*（川口ら，2018）とは形態的に区別できないが，rDNA-ITS 領域の塩基配列や宿主範囲（ナズナには寄生するが，キャベツ，ハクサイ，ダイコンには寄生しない）の異なることが報告されている（山内・佐藤，2017）。ミズナべと病菌は 2009 年に茨城県で採集されたコマツナべと病菌（山内ら，2015）と同様の宿主範囲を示し，ハクサイ菌もしくはそれに近縁の菌群に属するべと病菌と考えられる（山内・吉田，2022）。

表-1 ミズナべと病菌のアブラナ科野菜類に対する病原性

植物	学名	品種	供試株数	発病株数	
				子葉	本葉
ミズナ	<i>Brassica rapa</i> var. <i>nipposinica</i>	京しぐれ	10	10	0
ミズナ	<i>B. rapa</i> var. <i>nipposinica</i>	京みぞれ	10	9	0
ミズナ	<i>B. rapa</i> var. <i>nipposinica</i>	京かなで	10	6	1
ミズナ	<i>B. rapa</i> var. <i>nipposinica</i>	紅法師	10	9	0
ミズナ	<i>B. rapa</i> var. <i>nipposinica</i>	早生水天	10	6	0
ミズナ	<i>B. rapa</i> var. <i>nipposinica</i>	京水菜	10	9	0
コマツナ	<i>B. rapa</i> var. <i>perviridis</i>	楽天	10	10	10
ハクサイ	<i>B. rapa</i> var. <i>glabra</i>	野崎 2 号	10	10	8
カブ	<i>B. rapa</i> var. <i>rapa</i>	耐病ひかり	10	10	7
チンゲンサイ	<i>B. rapa</i> var. <i>chinensis</i>	長陽	10	10	10
ブロッコリー	<i>B. oleracea</i> var. <i>italica</i>	シャスター	10	0	0
キャベツ	<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>	グリーンボール	10	0	0
キャベツ	<i>B. oleracea</i> var. <i>capitata</i>	四季穫	10	0	0

（山内・吉田，2022 を一部改変）

表-2 ミズナべと病菌のダイコンに対する病原性

植物	学名	品種	供試株数	発病株数	
				子葉	本葉
ミズナ	<i>Brassica rapa</i> var. <i>nipposinica</i>	京みぞれ	10	3	0
コマツナ	<i>B. rapa</i> var. <i>perviridis</i>	楽天	10	10	10
ダイコン	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>hortensis</i>	耐病総太り	10	0	0
ダイコン	<i>R. sativus</i> var. <i>hortensis</i>	耐病宮重	10	0	0

（山内・吉田，2022 を一部改変）

表-3 ミズナの生育ステージと発病との関係

播種後日数	接種時		発病株数		
	生育ステージ	供試株数	株全体の腐敗	子葉	本葉
20	本葉 3 枚	15	0	13/15 ^{a)}	1/15
14	本葉 2 枚	15	0	15/15	0/15
7	子葉	15	2	15/15	0/13 ^{b)}

^{a)} 分生子形成株数/調査株数.

^{b)} 株全体が腐敗して本葉が抽出しなかった 2 株は分生子および分生子柄形成について調査対象外とした (山内・吉田, 2022 より転載).

IV ミズナの生育ステージと発病

ミズナ分離株の分生子懸濁液を生育ステージ (本葉 3 枚, 本葉 2 枚, 子葉) の異なるミズナに噴霧接種して, 子葉および本葉における分生子形成の有無を調査した (表-3)。その結果, いずれの生育ステージにおいても子葉では 86.7~100% と高い株率で分生子を形成したが, 本葉では全供試株中 1 株のみで低い株率に止まった (山内・吉田, 2022)。ただし, 子葉展開期に本病が発症した場合には, 株全体が腐敗して本葉の抽出に至らない場合もあった。実際の生産現場でも幼苗の段階で株全体が腐敗, また, 子葉が発病・枯死して本葉の生育が停滞するなどの症状も観察されたことから, 子葉展開期の幼苗については特に本病に対しての警戒が必要と考えられる。

おわりに

現在のところミズナべと病の防除に利用できる薬剤は野菜類のべと病に登録のある銅水和剤に限られるが (農林水産省, 2023), 葉焼け等の薬害発生が懸念される幼苗期には本剤による薬剤防除は難しい。そのため, 現地では本病の対策として循環扇の設置による風通しの改善や夏季高温条件を利用した育苗ハウス内の蒸し込みなどを実施し, 一定の発生軽減効果が認められている。さらに, 灌水については適切な量・時間帯に行うこと, コマツナなど病原が共通の作物を含む発病株の持出し, セル

トレイの消毒などを通じて, 本病の発生しにくい栽培環境を作るとともに, 施設内や農場内で本病菌の伝染環を断つことにより効果的な本病の対策が実現できるものと期待される。

最後に, 本稿で紹介したミズナべと病に関する研究を実施するにあたりご協力いただいた吉田重信博士 (農研機構植物防疫研究部門) および現地生産者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 我孫子和雄 (1998): 日本植物病害大事典 (岸 國平 編), 全国農村教育協会, 東京, p.352.
- 2) Choi, Y. J. et al. (2012): Plant Dis. **96**: 1703.
- 3) 林 可奈子ら (2019): 植物防疫 **73**: 285~290.
- 4) Hong, S. Y. et al. (2008): Plant Pathol. **57**: 777.
- 5) 川口真穂ら (2018): 日植病報 **84**: 257.
- 6) 日本植物病理学会 (2023): 日本植物病名目録 (2023 年 2 月版), <https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku/mokuroku202302.pdf>
- 7) 農研機構 (2006): 最新農業技術事典 NAROPEDIA (農研機構編著), 農文協, 東京, p.1483.
- 8) 農林水産省 (2022): 令和 3 年産野菜生産出荷統計, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&tokei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20210&month=0&tclass1=000001032286&tclass2=000001032933&tclass3=000001172686>
- 9) ——— (2023): 農薬登録情報提供システム, <https://pesticide.maff.go.jp/>, (参照 2023 年 5 月 6 日)
- 10) SATOU, M. and F. FUKUMOTO (1996): 日植病報 **62**: 393~396.
- 11) 矢澤 進 (1994): 園芸植物大事典 [コンパクト版] (塚本洋太郎 総監修/編), 小学館, 東京, p.1431~1433.
- 12) 山内智史ら (2015): 関東東山病虫研報 **62**: 40~43.
- 13) ———・佐藤 衛 (2017): 同上 **64**: 47~49.
- 14) ———・吉田重信 (2022): 同上 **69**: 9~12.



ネギハモグリバエのバイオタイプ A と B を 識別するための核 DNA マーカーの開発

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門 野菜花き育種基盤研究領域

うら 浦 入 千 ひろ 宗

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門 野菜花き品種育成研究領域

ふじ 藤 戸 聡 史

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

うえ 上 すぎ 杉 りゅう 龍 じ 士

はじめに

ネギハモグリバエ *Liriomyza chinensis* (Kato) は高温期に多発するネギ類の重要害虫である。幼虫が葉身内を潜孔し、白い筋状の食害痕を生成するため、葉身部が商品となる葉ネギでは商品価値を著しく損なうほか、葉身が枯れる場合もある (CHOI et al., 2003)。ネギハモグリバエはこれまで、ネギアザミウマとの同時防除により抑えられていたため、さほど大きな問題にはならなかった。しかし 2016 年ころから、食害様相が従来系統とは異なるネギハモグリバエ別系統の発生が全国的に確認されるようになった。別系統では幼虫が集団で葉身を加害する傾向があるため、甚発生圃場では葉全体が白化する例もみられる (徳丸・上杉, 2019)。別系統と疑われる被害が新たに発生した場合、特殊報発令のために確実な同定が必要となるが、両系統の外見による識別は困難であり (TOKUMARU et al., 2021)、遺伝子型の違いによる同定が必要であった。

これまで、ミトコンドリア COI 遺伝子 (以下、mtCOI) のプライマーセット LCO1490 および HCO2198 (FOLMER et al., 1994) により増幅されるネギハモグリバエ両系統の DNA 断片 612 bp の中に 8 箇所の一塩基置換 (SNP) があることが明らかになっており (TOKUMARU et al., 2021)、それ以降、従来系統はバイオタイプ A、別系統はバイオタイプ B と呼ばれるようになった。さらに、この mtCOI の多型を利用してネギハモグリバエのバイオタイプ識別用 PCR-RFLP (制限酵素断片長多型: Polymerase Chain Reaction-Restricted Fragment Length Polymorphism)

マーカーが開発された (TOKUMARU et al., 2021; TAKAGI et al., 2021)。しかし、ミトコンドリア DNA マーカーによる系統識別では母系由来の遺伝子型しか確認できず、交雑個体は同定できないという欠点があった。そこで農研機構 野菜花き研究部門では、核ゲノム上の D2 領域についてダイレクトシーケンスを行い、多型情報を利用した核 DNA マーカーを開発した。本稿では、今回開発した核 DNA マーカーおよび既に開発されているミトコンドリア DNA マーカーを用いた PCR-RFLP 法による確実なネギハモグリバエのバイオタイプ識別法について紹介する。また、日本各地で採集されたネギハモグリバエの mtCOI および D2 領域の塩基配列情報に基づき、系統解析も行ったので合わせて報告する。

本研究を進めるにあたり、京都大学大学院農学研究科 日本典秀教授、京都府農林水産技術センター 徳丸晋虫氏、北海道立総合研究機構 岩崎暁生氏、農研機構北海道農業研究センター 豊島真吾氏には多大なるご助言を賜った。また、各都道府県の公設試ならびに病虫害防除所の方々には地域採集ネギハモグリバエサンプルを提供いただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

I 解析に使用したネギハモグリバエサンプル

15 都道府県で採集された計 60 サンプルおよび 28 サンプルをそれぞれ D2 および mtCOI 領域のダイレクトシーケンスに使用した (道総研または農研機構での累代飼育個体群を含む)。PCR-RFLP 法による系統識別には、所内実験室内で作成した系統間交雑個体 (Fi) 8 サンプルおよび 20 都道府県で採集された計 266 サンプル (道総研または農研機構での累代飼育個体群を含む) を使用した。系統間交雑に使用したネギハモグリバエについては、バイオタイプ A は農研機構 野菜茶業研究所 (現同野菜花き研究部門安濃野菜研究拠点、三重県津市) の圃場にて 2011 年 10 月に採集し、葉ネギ (品種: '九条太')

A Novel Nuclear DNA Marker for Identifying Biotypes A and B of *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae). By Chihiro URAI, Satoshi FUJII and Ryuji UESUGI

(キーワード: ネギハモグリバエ, バイオタイプ識別, D2 領域, mtCOI, PCR-RFLP 法)

と蜂蜜水で累代飼育した個体群、バイオタイプ B は同圃場にて 2019 年 8 月に採集し、同様の方法で累代飼育した個体群を用いた。

II D2 および mtCOI 領域のダイレクトシーケンスと系統解析

(1) DNA 抽出, PCR ならびにダイレクトシーケンス

DNA 抽出試薬には Prepman™ Ultra Sample Preparation Reagent (Thermo Fisher Scientific) を用いた。D2 領域および mtCOI の PCR には表-1 に示したプライマー (CHAMPBELL et al., 1993; FOLMER et al., 1994) をそれぞれ使用した。なお、核ゲノムの 28S rDNA 上の D2 領域は多型が多いことから昆虫の系統分化推定に使用される。PCR 試薬は TaKaRa Ex Taq Hot Start Version (タカラバイオ) を用い、PCR 反応条件は表-2 の通りとした。PCR 産物は Exo-SAP-IT (Thermo Fisher Scientific) を用いて精製した。Big Dye Terminator 3.1 (Thermo Fisher Scientific) を用いて Applied Biosystems 3730 Genetic Analyzer (Thermo Fisher Scientific) によりダイレクトシーケンスを行った。シーケンスアセンブリソフトウェア ATGC 7.0.2 (Genetyx) を用いて塩基配列のアライメント (類似した配列を並べて比較する作業) を行った結果、D2 領域のシーケンスでは 507 bp と 504 bp の DNA 断片が得られ、多型情報 (2 箇所の SNP と 1 箇所の塩基挿入・欠失 (InDel)) に基づいてハプロタイプ D_A および D_B に分類できた (図省略)。一方、mtCOI のシーケンスでは 658 bp の DNA 断片のみが得られ、多型情報に基づいてハプロタイプ A および B1, B2 に分類できた (ハプロタイプ A と B1 の間に 8 箇所の SNP, ハプロタイプ B1 と B2 の間に 1 箇所の SNP; 図省略)。なお、ハプロタイプ B2

は 28 サンプル中、1 サンプルのみであった。TOKUMARU et al. (2021) では mtCOI の同一箇所をネギハモグリバエ 150 サンプルについてダイレクトシーケンスを行い、多型情報に基づいてハプロタイプ A1, A2 および B (今回のハプロタイプ B1 と同一) の三つに分類できたが (ハプロタイプ A1 と A2 の間に 1 箇所の SNP, ハプロタイプ A1 と B の間に 8 箇所の SNP; 図省略), ハプロタイプ A2 は 150 サンプル中、1 サンプルのみであった。また、今回のハプロタイプ D_A および D_B のサンプルはすべて、ハプロタイプ A およびハプロタイプ B1 または B2 とそれぞれ一致していた。

(2) 系統解析

上記の方法によって得られた D2 領域と mtCOI の配列を連結し、フリーの塩基配列解析ソフト MEGA 7.0 に実装されたアルゴリズム MUSCLE でアライメントを行った。詳細な条件設定は URAIRI et al. (2022) に記載の通りとし、*Liriomyza* 属 3 種と *Liriomyza* 属に近縁の 4 種 (*Calycomyza majuscula*, *Calycomyza malvae*, *Cerodontha fasciata*, *Protophormia terraenovae*) の D2 および mtCOI 領域の塩基配列 (いずれも Genbank に登録されたデータ) をそれぞれ内群、外群として使用した (CARAPELLI et al., 2018)。ネギハモグリバエについてはハプロタイプ D_A, A1 と D_A, A2, ハプロタイプ D_B, B1 と D_B, B2 の計 4 つの塩基配列データを用いた。最尤法を用いた系統解析の結果は図-1 に示す通りで、*Liriomyza* 属の単系統性が支持され (ブートストラップ値 91%), ネギハモグリバエの単系統性も強く支持された (ブートストラップ値 100%)。また、ネギハモグリバエの塩基配列内の多型のほとんどはバイオタイプ間の違いを示しており、ハプロタイプ D_A, A1 と D_A, A2 はハプログループ A (バイオタ

表-1 核 DNA マーカーおよびミトコンドリア DNA マーカーのプライマーおよび制限酵素

	プライマー	配列 (5'-3')	Tm(°C)	制限酵素	断片長(bp)
D2	D2 forward*	AGTCGTGTTGCTTGATAGTGCAG	55	AluI	158 + 349 (バイオタイプ A), 504 (バイオタイプ B)
	D2 reverse*	TTGGTCCGTGTTTCAAGACGGG			
mtCOI	LCO1490	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG	51	PvuI	196 + 515 (バイオタイプ A), 709 (バイオタイプ B)
	HCO2198	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA			

*CAMPBELL et al. (1993).

D2 は核ゲノム上で多型の多い D2 領域, mtCOI はミトコンドリアゲノム上の COI 領域を示す。

表-2 PCR 反応条件

温度条件 (時間)		
D2	94°C (3 min) —	【94°C (30 sec) —55°C (30 sec) —72°C (1 min)】 × 35 回—72°C (3 min)
mtCOI	95°C (4 min) —	【94°C (30 sec) —51°C (1 min) —72°C (40 sec)】 × 40 回—72°C (5 min)

D2 は核ゲノム上で多型の多い D2 領域, mtCOI はミトコンドリアゲノム上の COI 領域を示す。

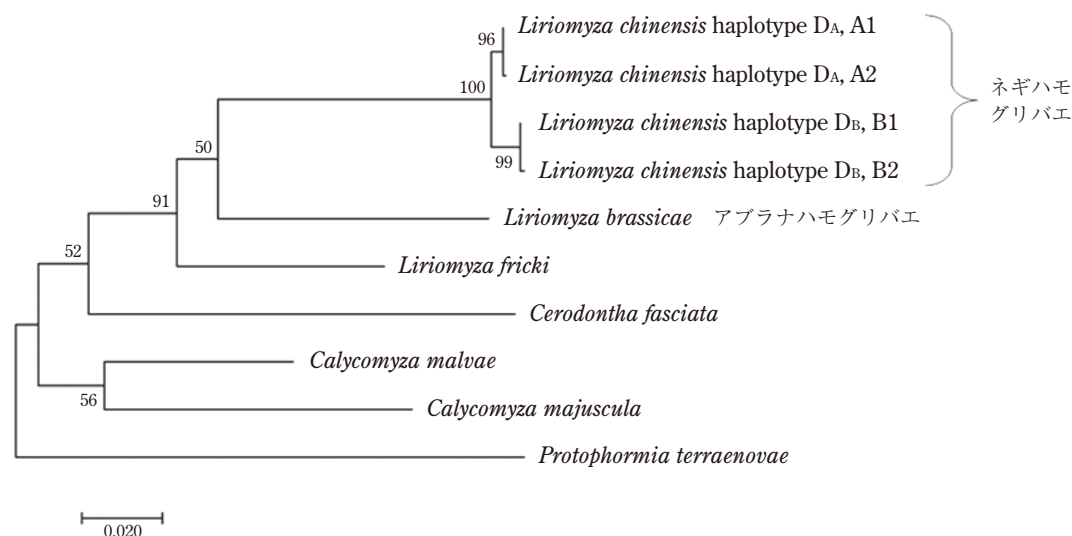


図-1 ネギハモグリバエおよび近縁種の mtCOI と D2 領域に基づく系統解析 (URAIRI et al. (2022) を一部改変)

イプ A) として、ハプロタイプ DB, B1 と DB, B2 はハプログループ B (バイオタイプ B) として分類された。

III 核 DNA マーカーを用いた PCR-RFLP 法と地域採集サンプルの調査

(1) 核 DNA マーカーを用いた PCR-RFLP 法

前章において D2 領域のダイレクトシーケンスを行った結果、バイオタイプ A に由来する増幅断片は制限酵素 *AluI* 認識部位を有しているが、バイオタイプ B に由来する増幅断片には認識部位がなかったことから、PCR により増幅された DNA 断片を *AluI* で処理し、2% アガロースゲル電気泳動で分画すると、二つのバイオタイプおよびその交雑個体 F₁ に由来する DNA 断片を移動度の違いにより識別できた (図-2 上)。つまり、バイオタイプ A では 2 本のバンド (349 bp と 158 bp)、バイオタイプ B では 1 本のバンド (504 bp)、F₁ では 3 本のバンド (504 bp, 349 bp および 158 bp) が確認できた。また、TOKUMARU et al. (2021) および TAKAGI et al. (2021) と同様、mtCOI の PCR により増幅された DNA 断片を制限酵素 *PvuI* で処理し、2% アガロースゲル電気泳動で分画すると、二つのバイオタイプに由来する DNA 断片を移動度の違いにより識別できた (図-2 下)。つまり、バイオタイプ A では 2 本のバンド (515 bp と 196 bp)、バイオタイプ B では 1 本のバンド (709 bp)、母親がバイオタイプ A の F₁ では 2 本のバンド (515 bp と 196 bp)、母親がバイオタイプ B の F₁ では 1 本のバンド (709 bp) が確認できた。

(2) 地域採集サンプルの調査

上記方法により地域採集サンプル (累代飼育個体群含

表-3 地域採集サンプルのバイオタイプ調査結果

採集年	採集都道府県	採集地点数	合計サンプル数	バイオタイプ内訳*
2011	三重県 [†]	1	4	A(4)
2016	北海道 [†]	1	4	A(4)
2018	岩手県	1	3	B(3)
	富山県	3	12	B(12)
	静岡県	2	13	B(13)
	京都府	16	69	A(10), B(59)
	佐賀県	1	4	A(4)
2019	長野県	3	12	B(12)
	新潟県	2	7	A(1), B(6)
	栃木県	2	6	B(6)
	埼玉県	1	2	B(2)
	千葉県	1	3	B(3)
	東京都	2	8	B(8)
	愛知県	2	8	A(1), B(7)
	三重県	3	12	B(12)
	滋賀県	1	4	B(4)
	京都府	6	13	A(4), B(9)
	兵庫県	1	3	B(3)
	大阪府	1	4	B(4)
2020	秋田県	3	17	A(9), B(7), F ₁ (1)
	岩手県	7	36	A(19), B(17)
	宮城県	1	2	B(2)
	京都府	4	12	B(12)
	鹿児島県	2	8	B(8)
計			266	A(56), B(209), F ₁ (1)

*括弧内の数字は各バイオタイプのサンプル数を示す。バイオタイプ調査は D2 および mtCOI の PCR-RFLP 法を用いて行った。D2 は核ゲノム上で多型の多い D2 領域、mtCOI はミトコンドリアゲノム上の COI 領域を示す。[†]採集後、累代飼育したサンプルを使用。URAIRI et al. (2022) の図を改変。

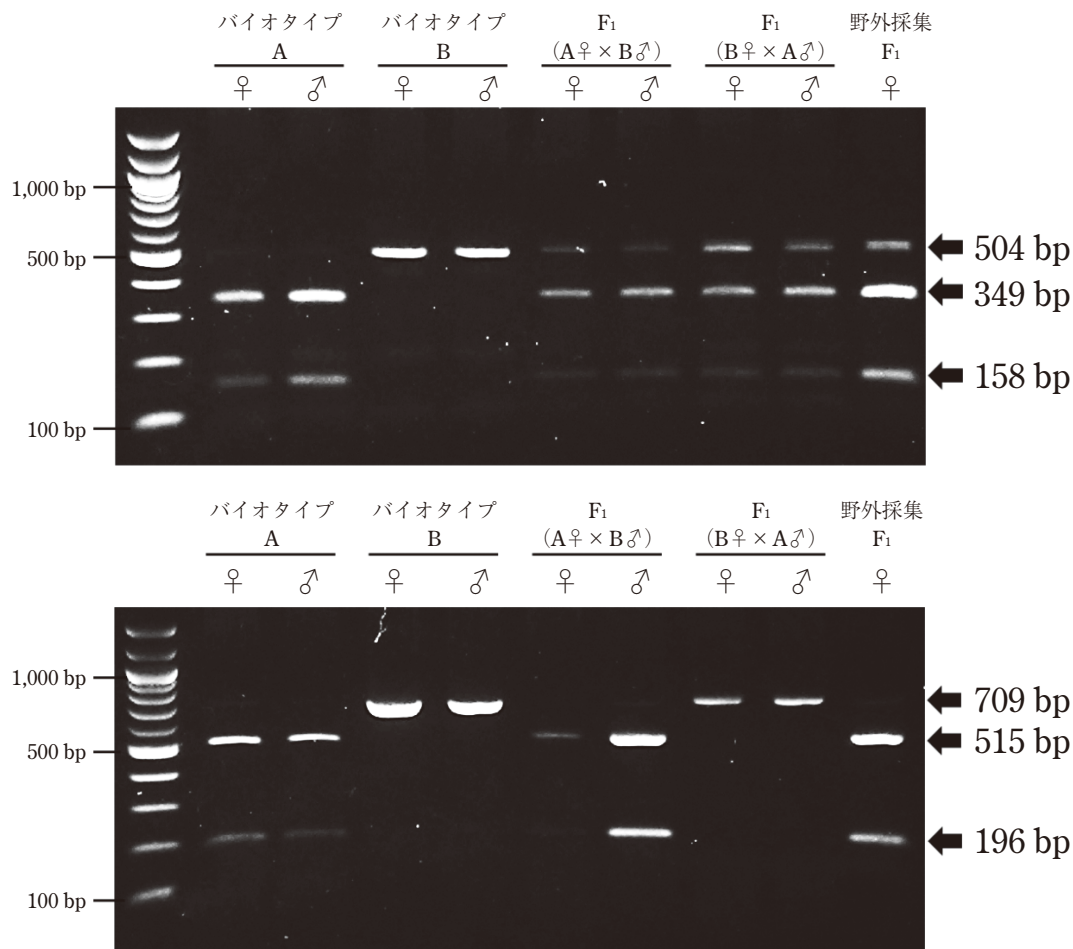


図-2 核 DNA マーカー（上）および mtCOI マーカー（下）を用いた PCR-RFLP 法による識別結果（URAIRI et al. (2022) を一部改変）

野外採集 F₁（メス）は 2020 年に秋田市雄和にて採集されたサンプルを示す。

む）の識別を行った結果を表-3 に示す。計 266 サンプルのうち、バイオタイプ A および B はそれぞれ 56 サンプルおよび 209 サンプルであり、F₁ は 1 サンプルのみ検出された（秋田市雄和にて 2020 年に採集されたサンプル；図-2 上）。なお、このサンプルの母親はバイオタイプ A であった（図-2 下）。都道府県から同定依頼のあった別系統が疑われるサンプルについてのみ調査を行っているため、各地域でのバイオタイプ置換の進行状況については不明だが、2020 年にバイオタイプ B の発生が初めて確認された岩手県や秋田県ではサンプル中に両バイオタイプが混在していたことから、当該地域において 2020 年時点ではバイオタイプ A から B への移行段階にあったと推察される。

おわりに

ネギハモグリバエ（バイオタイプ B）は 2023 年 5 月時点で、図-3 に示す 40 都府県にて発生確認済みである。今回開発したネギハモグリバエのバイオタイプ識別用核

DNA マーカーを既存の mtCOI マーカーと併用することで、確実なバイオタイプ識別が可能となっただけでなく、バイオタイプ間交雑個体も識別が可能となった。現在、農研機構ではネギハモグリバエのバイオタイプ B が全国的に発生拡大した要因を解明するべく、実験室内でバイオタイプ間競争試験を行っており、次世代羽化成虫のバイオタイプ判別に今回開発した核 DNA マーカーを使用している。こちらの結果についても論文を予定している。

バイオタイプ B の発生が確認されている地域において、現状でバイオタイプ A、B のどちらが優占するかについては地域によって異なる。京都府で 2018～21 年にかけて 14～42 地点で採集されたネギハモグリバエ計 941 サンプルのバイオタイプ調査を行った結果、いずれの年もバイオタイプ A が 1 地点以上から検出されたものの、バイオタイプ A よりも B の検出地点数が上回り、2018～20 年にかけては複数の地点で両バイオタイプが共存した（中島ら、2023）。一方、茨城県で 2018～20 年にかけて

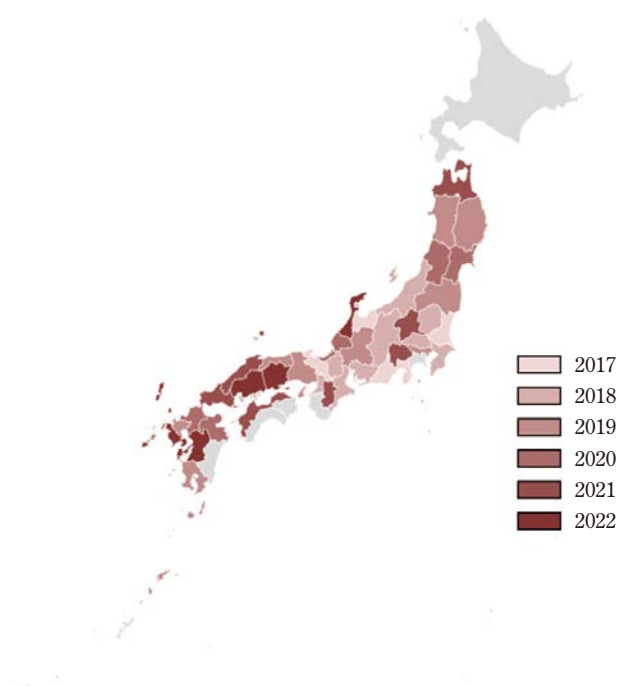


図-3 ネギハモグリバエ別系統を発生確認済みの 40 都府県
(2023 年 5 月 1 日時点)

灰色は未確認を示し、朱色が濃いほど近年の初確認であることを示す。

18 地点で採集されたネギハモグリバエ計 360 サンプルのバイオタイプ調査を同様にを行った結果、全サンプルがバイオタイプ B であったほか（高木ら，2022），三重県

津市の所内圃場においても 2020 年以降、バイオタイプ A は全く見られなくなった。バイオタイプ B の生態的特性についても徐々に明らかになっており、バイオタイプ B の卵から成虫までの発育所要日数（長日条件下）は 20℃，25℃，30℃のいずれの温度条件でもバイオタイプ A よりも有意に短いことや（徳丸・上杉，2019），メス成虫による産卵部位および幼虫による食害部位がバイオタイプ間で異なり、バイオタイプ B の幼虫は表皮直下の浅いところを集団で食害すること（URAIRI et al., 2022）などがわかっている。バイオタイプ置換の要因を解明するため、今後は薬剤感受性についてさらに試験を進めていくほか、天敵寄生蜂による寄生率などについてもバイオタイプ間で比較する必要がある。

引用文献

- 1) CARAPELLI, A. et al. (2018): Genes 9: 554.
- 2) CHAMPBELL, B. C. et al. (1993): Insect Mol. Biol. 2: 225~237.
- 3) CHOI, I. H. et al. (2003): Korean J. Appl. Entomol. 42: 335~434.
- 4) FOLMER, O. et al. (1994): Mol. Mar. Biol. and Biotech. 3: 294~299.
- 5) 中島優介ら (2023): 関病虫大会講演要旨: 7.
- 6) TAKAGI, M. et al. (2021): J. Appl. Entomol. 145: 726~730.
- 7) 高木素紀ら (2022): 植物防疫 76(2): 39~43.
- 8) 徳丸 晋・上杉龍士 (2019): 同上 73(9): 43~45.
- 9) TOKUMARU, S. et al. (2021): J. Econ. Entomol. 114: 1406~1410.
- 10) URAIRI, C. et al. (2022): Appl. Entomol. Zool. 55: 423~428.

研究 報告

茨城県におけるネギハモグリバエ別系統の 防除体系の検証

茨城県農業総合センター園芸研究所 さ佐 とう藤 しん信 すけ輔

はじめに

ネギハモグリバエ *Liriomyza chinensis* (KATO) (図-1) は日本各地に分布し、その幼虫が葉肉内を食害しつつ潜孔(マイン)を形成し、ネギ、タマネギ、ニラ、ラッキョウ等のネギ属作物に被害を与える害虫である(土生, 2019)。2016年10月ごろから、これまでの系統(以下、従来系統)とは様相の異なる被害が京都府内のネギ圃場において確認され、遺伝情報の解析の結果、従来系統とは異なる塩基配列を持つ系統(以下、別系統)として国内で初めて報告された(京都府病虫害防除所, 2019)。その後、農林水産省の発表によると、別系統の発生は複数の県で確認され、2023年4月11日現在、37都府県から報告されている。茨城県においても別系統は2019年5月に初めて発生が確認され(茨城県病虫害防除所, 2019)、県西地域のネギ産地を中心に多発しておりその被害は甚大である。しかし、別系統の各種薬剤の殺虫効

果など、防除体系の構築に必要な基礎的知見は乏しい。そこで、今回の報告では別系統に対する有効薬剤を選定するために、現地ネギ圃場から別系統の成虫を採集し、ネギ苗に産卵させ、ネギ苗内にてふ化した幼虫に対する各種薬剤の殺虫効果について調べた。加えて、ネギ圃場において、殺虫効果試験の結果、有望と思われた薬剤を散布し、別系統に対する防除効果について試験を行った。本稿では、これまでの薬剤の殺虫効果試験や圃場における防除試験の結果と併せて防除対策について紹介する。

I ネギハモグリバエ別系統の被害の特徴と発生状況

TOKUMARU et al. (2021)によると、従来系統の幼虫は葉の表皮直下と内面に交互に侵入することで破線状のマインを形成するのに対し、別系統の幼虫は表皮直下のみを潜孔・食害し連続的なマインを形成する。加えて、別

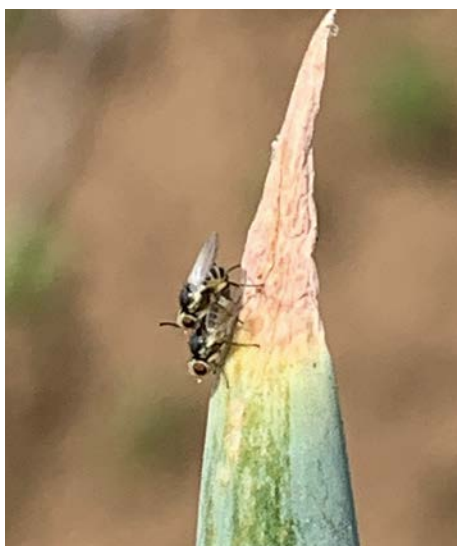


図-1 交尾中のネギハモグリバエ



図-2 ネギハモグリバエ別系統による被害株

Effective Control Schedule for the Biotype B of the Welsh Onion Leaf Miner, *Liriomyza chinensis* (KATO), Recorded from Ibaraki Prefecture, Japan. By Shinsuke SATO

(キーワード: ネギハモグリバエ, 別系統, ネギ, 薬剤検定, 殺虫剤, 防除体系)

系統による主な被害はネギ葉の先端部から始まり、伸長した複数のマインが癒合し、結果としてネギ葉全体が白化する（図-2）。そのため、収量や品質を低下させ経済的に深刻な被害をもたらす。また、従来系統と別系統の外部形態は酷似しており、形態形質による系統の識別は困難である。そこで、TAKAGI et al. (2021) が開発した PCR-RFLP 法を用い、2018～20 年の期間、茨城県内 18 地点から得られたネギハモグリバエの 360 個体を対象に系統を識別した。その結果、全個体が別系統であり、従来系統は検出されなかった（高木ら、2022）。また、京都府においても、mtDNA の COI 領域を対象としたダイレクトシーケンスにより、22 地点中 20 地点で別系統が確認され、優占していることが報告されている（徳丸・上杉、2019）。

本稿ⅡおよびⅢに示す筆者らが茨城県にて実施した各種試験圃場では、従来系統によると思われる被害を確認できなかった。加えて、本県における別系統の分布状況を鑑み、試験圃場に優占する系統は別系統であり、観察された被害を別系統による被害と判断し、同様に、現地圃場から採集された個体を別系統として薬剤検定に供試した。

Ⅱ ネギハモグリバエ別系統の各種薬剤の殺虫効果

1 室内における殺虫効果

2020 年および 2021 年に、各種薬剤の別系統幼虫に対する殺虫効果を調べた結果、茨城県内 5 個体群のすべてで幼虫の補正死虫率が 80% 以上を示した殺虫剤は、チアメトキサム水溶剤（以下、薬剤名に特に表記がない場合、2023 年 5 月 10 日現在、ネギのネギハモグリバエまたはハモグリバエ類に対して散布剤として農薬登録されている）、スピネトラム水和剤、アバメクチン乳剤、チオシクラム水和剤およびシアントラニリプロール水和剤であった（表-1）。エマメクチン安息香酸塩乳剤およびフルキサメタミド乳剤は 80% 以上の高い殺虫効果を示す個体群もあったが、その効果が劣る個体群も確認された（表-1）。一方、ネギアザミウマの防除に使用される薬剤として選定した以下 6 剤、メソミル水和剤、プロチオホス乳剤（登録なし）、ペルメトリン乳剤（登録なし）、イミダクロプリド水和剤（登録なし）、アセタミプリド水溶剤（登録なし）およびジノテフラン水溶剤（登録なし）と、クロルフェナピル水和剤、フルフェノクスロン乳剤、テトラニリプロール水和剤およびフロメトキン水和剤は効果が低い傾向であった（表-1）。また、ネオニコチノイド系とジアミド系の殺虫効果は薬剤の種類によ

り差が大きかった（表-1）。

これまで、徳丸・岡留（2004）や武政・繁田（2009）がネギハモグリバエの薬剤感受性を報告したが、発表年から考えるに従来系統が供試された可能性が高い。これらの研究では CVP 乳剤（登録なし）、チオシクラム水和剤、シロマジン液剤（登録なし）、ニテンピラム水溶剤、スピノサド水和剤（登録なし）等がネギ苗内の幼虫に対し高い殺虫効果を持つ薬剤として挙げられている。これら薬剤のうち、本試験でも高い補正死虫率を示した剤はチオシクラム水和剤のみであった。また、本試験ではチアメトキサム水溶剤は高い殺虫効果を示したが、前述の報告ではその効果は低かった。これらの結果は薬剤の本種幼虫に対する殺虫効果は系統間で異なる可能性を示唆している。前述の通り茨城県での従来系統の確保・感受性の検討は現時点では困難な状況にある。今後、系統間における薬剤感受性の比較は、別系統による甚大な被害発生の原因解明に向けた重要な知見になりうるため、検討されるべきと考えられる。また、本試験ではネオニコチノイド系およびジアミド系薬剤において、同一系統内の薬剤間に補正死虫率の大きな違いが確認された。この違いは徳丸・岡留（2004）においてネオニコチノイド系および有機リン系、IGR系薬剤に見られ、同様に、武政・繁田（2009）もネオニコチノイド系の薬剤についてこの違いを記載している。これらの結果から、薬剤の系統による殺虫効果の類推は避け、殺虫効果の検討には各薬剤の成分に留意する必要がある。

2 圃場における防除効果

茨城県県西地域では、別系統による被害は 3 月末から確認されるが、7 月末までは軽微であり、8 月から増加し始め 9 月中旬に多発する（森ら、2022）。そこで、9 月上旬に前項の試験で得られた本種別系統幼虫に対する殺虫効果の高いチアメトキサム水溶剤、スピネトラム水和剤、チオシクラム水和剤、シアントラニリプロール水和剤およびフルキサメタミド乳剤を茨城県坂東市の現地ネギ圃場に散布し各剤の防除効果を検討した。その結果を表-2に示す。本試験では、調査株の中心 3 葉を対象とし、処理前の無処理区の被害葉数が 67 枚（2 反復の合計値）から処理 15 日後には 71 枚とわずかに増加した。供試した 5 薬剤の中で、チアメトキサム水溶剤が 52 と最も高い防除価を示し、被害葉数は 76 枚から 46 枚に減少した。次いで、スピネトラム水和剤は被害葉数を 64 枚から 53 枚に減少させ、防除価は 32 であった。残りの試験薬剤の防除効果は本試験では低かった。

これまでに、別系統を対象とした薬剤散布試験に関する知見は限られているが、京都府内の圃場調査の結果、

表-1 茨城県内各地点から採集したネギハモグリバエ別系統の幼虫に対する各種薬剤の殺虫効果

薬剤名 ^{a)}	希釈 倍数	幼虫の補正死虫率 (%) ^{b)}					
		水戸市 個体群 (10/4) ^{c)}	行方市 個体群 (9/4) ^{c)}	土浦市 個体群 (10/5) ^{c)}	境町 個体群 (10/11) ^{c)}	境町 個体群 (10/24) ^{c)}	結城市 個体群 (10/23) ^{c)}
メソミル水和剤 (1A)	1,000	10.6	62.1	18.1	0	—	33.2
プロチオホス乳剤 (1B)	1,000	55.7	26.6	39.1	24.8	39.0	54.6
ペルメトリン乳剤 (3A)	3,000	7.0	0	8.5	15.4	—	—
アセタミプリド水溶剤 (4A)	2,000	4.1	—	30.1	—	19.0	49.0
イミダクロプリド水和剤 (4A)	2,000	11.2	41.0	20.2	24.2	—	33.6
ジノテフラン水溶剤 (4A)	2,000	— ^{d)}	—	—	—	—	72.8
チアメトキサム水溶剤 (4A)	1,000	100 ^{e)}	93.2	100	87.5	—	100
スピネトラム水和剤 (5)	2,500	100	94.6	100	100	—	96.0
アバメクチン乳剤 (6)	500	81.4	88.0	93.1	96.7	—	85.7
エマメクチン安息香酸塩乳剤 (6)	1,000	80.2	—	100	—	90.1	52.6
クロルフェナピル水和剤 (13)	2,000	77.7	—	78.9	—	—	62.5
チオシクラム水和剤 (14)	1,500	100	100	98.7	95.7	—	100
フルフェノクスロン乳剤 (15)	4,000	5.8	—	2.9	—	2.5	—
シアントラニリプロール水和剤 (28)	2,000	100	100	100	100	—	89.6
テトラニリプロール水和剤 (28)	2,500	78.2	—	76.6	—	10.0	—
フルキサメタミド乳剤 (30)	2,000	54.7	96.6	96.7	96.9	—	76.3
フロメトキン水和剤 (34)	2,000	14.3	0.2	60.4	—	38.8	76.8
無処理		(99.4) ^{f)}	(97.8)	(98.9)	(98.5)	(86.5)	(95.8)

森ら (2022) および佐藤ら (2022) を改変。

試験方法：各地点から成虫を採集し、ネギ苗に48時間産卵させ成虫を除去した。72時間後に幼虫が寄生した苗を試験区別に薬剤に10秒間浸漬した。処理に際し薬剤は常用濃度とした。各薬剤に機能性展着剤を加用した。苗は16L8D25℃条件下で保管。試験はすべて3反復。

a) 括弧内はIRACによる作用機構分類グループ名を示す。

b) 補正死虫率(%) = $100 \times (\text{無処理区生存虫率} - \text{処理区生存虫率}) / \text{無処理区生存虫率}$ 。

c) 括弧内の数字は薬剤を処理した日付を示す。各個体群のうち、境町個体群は2020年に試験に供試。残りの個体群を用いた試験は2021年に実施。

d) —は未実施を示す。

e) 補正死虫率80%以上の数字は太字にて表記。

f) 無処理区の括弧内の数字は生存虫率を示す。

スピネトラム水和剤およびシアントラニリプロール水和剤の高い防除効果が得られている(徳丸・上杉, 2019)。また、長野県における試験では、チオシクラム水和剤、クロチアニジン水溶剤、シアントラニリプロール水和剤およびスピネトラム水和剤が防除効果の高い薬剤として挙げられている(野口, 2019)。本試験では、シアントラニリプロール水和剤とチオシクラム水和剤の防除効果は低かったが、理由として、別系統の発生・被害が1年で最も多い時期であること、薬剤散布が6月19日のスピネトラム水和剤のみであったことから多発条件下での試験であったためと考えられた。加えて、本試験では最も効果の高いチアメトキサム水溶剤の防除価が52と決

して高い値ではない。武政・繁田(2009)によると、ネギハモグリバエの薬剤に対する感受性は、若齢幼虫と比較して中老齢幼虫において低くなる傾向がある。本試験は発生の盛期に実施されたと考えられるため、多様な齢期の幼虫がネギ葉内にいた可能性が高く、そのため若齢幼虫が供試された薬剤感受性検定で高い殺虫効果を示した薬剤の1回散布は、圃場では十分な防除効果を発揮できなかったと考えられる。そのため、防除効果の高い薬剤を連続的に散布する防除体系が必要となろう。

表-2 現地ネギ圃場における各種薬剤処理のネギハモグリバエ別系統に対する防除効果（2021 年，坂東市）

試験区 ^{a)}	希釈 倍数	反復	処理前日（9/6）						処理 7 日後（9/14）						処理 15 日後（9/22）						防除価 ^{c)}
			被害程度別葉数 ^{b)}					被害 葉計	被害程度別葉数					被害 葉計	被害程度別葉数					被害 葉計	
			0	1	2	3	4		0	1	2	3	4		0	1	2	3	4		
チアメトキサム 水溶剤（4A）	1,000	I II 計	23 21 計	17 11	13 14	7 14	0 0	37 39 76	39 34	11 13	6 4	4 9	0 0	21 26 47	40 34	12 8	2 11	6 7	0 0	20 26 46	52
スピネトラム 水和剤（5）	2,500	I II 計	23 33 計	10 4	17 16	10 7	0 0	37 27 64	36 33	7 15	11 4	6 8	0 0	24 27 51	36 31	7 6	11 11	6 12	0 0	24 29 53	32
チオシクラム 水和剤（14）	1,500	I II 計	29 22 計	10 5	7 11	14 22	0 0	31 38 69	38 33	12 8	6 9	4 10	0 0	22 27 49	27 21	9 9	11 14	13 16	0 0	33 39 72	1
シアントラニ リプロール 水和剤（28）	2,000	I II 計	35 25 計	12 5	6 12	7 18	0 0	25 35 60	44 41	9 6	3 4	4 9	0 0	16 19 35	40 24	11 13	6 20	2 3	1 0	20 36 56	20
フルキサメタミド 乳剤（30）	2,000	I II 計	31 18 計	11 8	8 15	10 19	0 0	29 42 71	36 35	16 8	5 6	3 11	0 0	24 25 49	30 21	8 17	16 15	5 7	1 0	30 39 69	8
無処理	—	I II 計	25 28 計	2 9	17 10	16 13	0 0	35 32 67	26 34	10 10	8 4	16 12	0 0	34 26 60	25 24	11 8	13 11	11 17	0 0	35 36 71	—

佐藤ら（2022）を改変。

a) 括弧内は IRAC による作用機構分類グループ名を示す。

b) 各反復における調査葉数は 60 枚。被害程度の詳細については下記調査概要を参照。

c) 防除価 = $100 - 100 \times (\text{処理 15 日後の処理区の被害葉率} / \text{処理 15 日後の無処理区の被害葉率})$ 。

試験概要

定植日：5 月 27 日（株間 5.4 cm，条間 86 cm，圃場面積 12 a），品種：‘森の奏で’（秋冬どり作型），区制：約 1.8 m²（0.9 m × 2.0 m）/区，2 反復。
 散布方法：9 月 7 日に各薬剤を 3 l/区散布。各薬剤に機能性展着剤を加用。

調査概要

被害調査：各試験区の 20 株を任意に抽出。各調査株の中心 3 葉を対象に，以下の区分の被害程度を用いて被害程度別に葉数を記録。

被害程度：0 = 被害なし，1 = 産卵痕のみもしくは 1 本の軽微な食痕，2 = 複数本の軽微な食痕，3 = 複数本の食痕が癒合し，葉の一部が白化，
 4 = 葉全体に複数本の食痕の癒合が見られ，葉全体が白化。

Ⅲ 圃場におけるネギハモグリバエ別系統の 多発時期に対応した防除体系の検証

被害が多発する時期に，薬剤検定により高い殺虫効果が得られた薬剤を連続的に散布する防除体系の効果を検証するため，園芸研究所内で防除体系試験を実施した。対照として，ネギアザミウマを防除対象の中心として選定した薬剤からなる試験区を設置した。表-3 に示した殺虫効果の高い 6 剤を 7～10 日間隔で散布したハモグリバエ主体防除区では，成虫の個体数の増加を抑制した（図-3 上段）。一方，アザミウマ類に対し登録のある薬剤を用いたアザミウマ主体防除区の個体数は 9 月中旬に無処理区と同程度まで増加した（図-3 上段）。同様に，ハモグリバエ主体防除区の被害度は調査期間を通じて低く推移したが（最大 16.9），アザミウマ主体防除区では

被害度は 8 月末から増加し 10 月中旬には無処理区と同程度（最大 34.2）まで上昇した（図-3 下段）。

この試験では，多発時期を対象とした殺虫効果の高い薬剤の定期的な散布が，調査期間を通じて別系統の発生と被害の増加を抑制できることを示したが，改良点として，少しでも薬剤散布の労力や費用を軽減すべく薬剤散布の間隔が防除効果に与える影響も評価する必要がある。さらに，年次変動により例年よりも多発した場合の対策も重要である。その対策の一つとして，筆者らは粒剤処理に着目している。札ら（2022）は，防除効果の高い粒剤の選定試験を実施し，ネギの生育期にネギハモグリバエに農薬登録のある粒剤のうち，ジノテフラン粒剤とシアントラニリプロール・チアメトキサム粒剤の防除効果が高いと報告した。加えて，札ら（2022）は現地圃場にてシアントラニリプロール・チアメトキサム粒剤を

表-3 各試験区における薬剤散布履歴 (2021 年, 園芸研究所内)*

散布日	ハモグリバエ主体防除区	アザミウマ主体防除区	無処理区
8/12	チオシクラム水和剤 (14)	イミダクロプリド水和剤 (4A)	
8/23	シアントラニプロール水和剤 (28)	プロチオホス乳剤 (1B)	
9/ 1	アバメクチン乳剤 (6)	アセタミプリド水溶剤 (4A)	
9/10	フルキサメタミド乳剤 (30)	メソミル水和剤 (1A)	
9/17	スピネトラム水和剤 (5)	ニテンピラム水溶剤 (4A)	薬剤散布なし
9/27	チアメトキサム水溶剤 (4A)	ジノテフラン水溶剤 (4A)	
10/ 7	チオシクラム水和剤 (14)	イミダクロプリド水和剤 (4A)	
10/19	シアントラニプロール水和剤 (28)	プロチオホス乳剤 (1B)	
10/27	アバメクチン乳剤 (6)	アセタミプリド水溶剤 (4A)	

※定植日: 3月30日 (株間 5 cm, 条間 90 cm), 品種: '関羽一本太' (夏秋どり作型)。

試験区: ①ハモグリバエ主体防除区 ネギハモグリバエに対し殺虫効果の高い6薬剤を7~10日間隔で散布。

②アザミウマ主体防除区 ネギのネギアザミウマまたはアザミウマ類に対し農薬登録されている6薬剤を7~10日間隔で散布。

③無処理区 薬剤散布無し 各区 90~140 m², 2 反復。

各薬剤に機能性展着剤を加用。括弧内の英数字は IRAC による作用機構分類グループ名を示す。

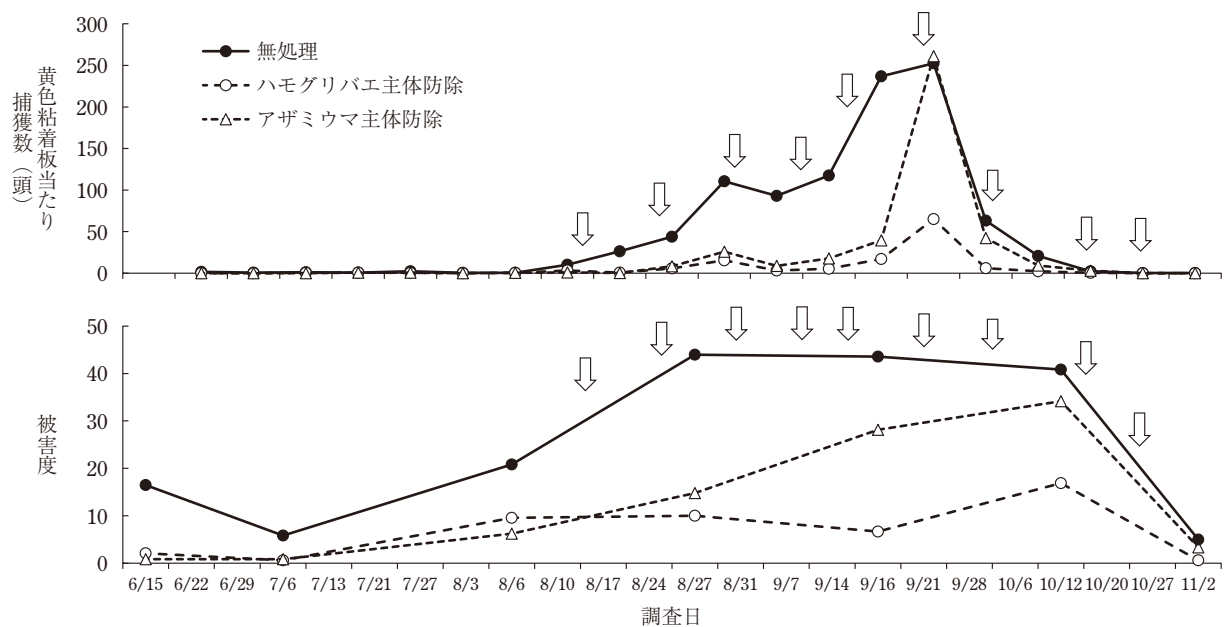


図-3 各試験区におけるネギハモグリバエ成虫の捕獲数 (上段) および被害度 (下段) (2021 年, 園芸研究所内)。矢印は各試験区における薬剤散布を示す (薬剤の詳細は表-3 を参照)。捕獲数は 4 枚の黄色粘着板から得られた捕獲数の平均値。被害度の詳細については下記調査概要を参照。

【調査概要】

捕獲調査: 区当たり 2 枚の黄色粘着板を区の中心部に設置。約 7 日間隔で交換。捕獲数を記録。

被害調査: 各試験区の中央 4 畝から各畝 5 株, 計 20 株を任意に抽出。各調査株の中心 3 葉を対象に, 以下の区分の被害程度を用いて約 3 週間間隔で被害程度別に葉数を記録。

被害程度: 0 = 被害なし, 1 = 産卵痕のみもしくは 1 本の軽微な食痕, 2 = 複数本の軽微な食痕, 3 = 複数本の食痕が癒合し, 葉の一部が白化, 4 = 葉全体に複数本の食痕の癒合が見られ, 葉全体が白化。

被害度: 各区 2 反復のデータを合算し, 右式を用いて被害度を算出。被害度 = $\{ \sum (\text{被害程度} \times \text{被害程度別葉数}) / (\text{調査葉数} \times 4) \} \times 100$ 。

6 月下旬または 7 月下旬に処理し 9 月以降の被害増加の抑制を目的とした試験を実施したが, 増加を抑制できなかったため, 今後は, 9 月直前の 8 月下旬に粒剤を処理し, 防除効果を確認する必要がある。粒剤に関する留意点として, 粒剤の効果は最長でも 1 か月程度と考えられるため, 長期にわたる作型では粒剤単独処理ではネギハ

モグリバエを防除できない。粒剤処理は, 夏秋どり・秋冬どり作型の防除体系において, 被害の急増を抑制しその後の薬剤散布による防除を容易にすることを目的とした, 補助的な防除手段として位置づけられよう。

おわりに

本稿ではネギハモグリバエの防除を目的とした複数の試験結果を報告したが、ネギハモグリバエによる被害が問題となりやすい夏秋・秋冬どりのネギ栽培では、本種だけではなく、ネギアザミウマやシロイチモジヨトウも多大な被害を与えている。これら害虫に対しても効果的な薬剤、効果的な処理時期を把握し、これら害虫に対応した薬剤防除体系の構築が必要となるだろう。

引用文献

- 1) 札 周平ら (2022): 関東東山病害虫研究会報 **69**: 85~91.
- 2) 土生昶毅 (2019): ネギ大辞典, 農山漁村文化協会, 東京, p.241~245.
- 3) 茨城県病害虫防除所 (2019): 病害虫発生予察特殊報第1号.
- 4) 京都府病害虫防除所 (2019): 発生予察特殊報第1号.
- 5) 森 晴香ら (2022): 茨城県病害虫研究会報 **61**: 16~22.
- 6) 野口忠久 (2019): ながの植物防疫 **353**: 1~4.
- 7) 佐藤信輔ら (2022): 関東東山病害虫研究会報 **69**: 80~84.
- 8) TAKAGI, M. et al. (2021): J. Appl. Entomol. **145**: 726~730.
- 9) 高木素紀ら (2022): 植物防疫 **76**(2): 97~101.
- 10) 武政 彰・繁田ゆかり (2009): 九州病害虫研究会報 **55**: 146~151.
- 11) 徳丸 晋・岡留和伸 (2004): 関西病害虫研究会報 **46**: 23~27.
- 12) 徳丸 晋・上杉龍士 (2019): 植物防疫 **73**(9): 581~583.
- 13) TOKUMARU, S. et al. (2021): J. Econ. Entomol. **114**: 1406~1410.

新しく登録された農薬 (2023.6.1~2023.6.30)

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

「殺菌剤」

●トルクロホスメチル・マンデストロビン水和剤

24767：グランサー BG（住友化学）2023/6/7

トルクロホスメチル：40.0%

マンデストロビン：10.0%

西洋芝（ベントグラス）：雪腐小粒菌核病：根雪前

西洋芝（ベントグラス）：葉腐病（ブラウンパッチ）、炭疽病、ダラスポット病、フェアリーリング病：発病初期

日本芝：カーブラリア葉枯病：発病初期

「除草剤」

●テブチウロン・フルボキサム・ヘキサジノン粒剤

24765：グラスジャック X 粒剤（保土谷アグロテック）

24766：ネコソギワイド X 粒剤（レインボー）

2023/6/7

テブチウロン：1.0%

フルボキサム：0.25%

ヘキサジノン：1.0%

樹木等：一年生及び多年生雑草、スギナ、ササ類、ススキ

●メタミトロン・レナシル水和剤

24768：レナックス水和剤（丸和バイオ）2023/6/21

メタミトロン：35.0%

レナシル：40.0%

てんさい（移植栽培）：一年生雑草

てんさい（直播栽培）：一年生雑草



栽培用リンドウを食害するリンドウホソハマキの分類と生態

九州大学大学院 生物資源環境科学府 昆虫学教室 ^{すず}鈴 ^き木 ^{しん}信 ^や也

九州大学大学院 農学研究院 昆虫学教室 ^や屋 ^ぎ宜 ^{さだひさ}禎央・^{ひろわたり}広渡 ^{としや}俊哉

はじめに

小型のガ類（小蛾類）は、近縁種同士が酷似する場合が多く、これまでに蓄積された標本や分布情報、生態情報の少なさ、分類学者の不足などの問題から分類学的研究が遅れている。そのため、小蛾類の重要な害虫種に関してさえも種同定が保留されたままであったり、誤同定に基づいて記録されたままであったりすることがある。

リンドウホソハマキ *Gynnidomorpha gentianae* Suzuki and Jinbo は、ハマキガ科ハマキガ亜科ホソハマキガ族に所属する体長 5~7 mm ほどの小蛾類である。本種の初齢幼虫は栽培用リンドウ *Gentiana scabra* var. *buergeri* の葉に潜ることで品質低下を招くことや、茎に食入して芯枯れ症状を招く害虫として知られている。本種によるリンドウの被害は柳沼（1980）によって岩手県、福島県、長野県から初めて報告された。その際、*Phalonidia rubricana* として本種は報告された。奥（2003）や駒井ら（2011）によってこの種は *G. rubricana* ではないことが指摘されたが、その後詳細な検討は行われず学名も保留されたままであった。Suzuki et al.（2022）は本種の再検討を行い、*G. rubricana* とは明らかに異なる未記載種であることを突き止め、上述の学名を与えた。本稿では、本種が所属する *Gynnidomorpha* 属と Suzuki et al.（2022）による分類学的再検討の概要、リンドウホソハマキと日本に生息する近縁種の識別点、およびリンドウホソハマキの分布と生態的特徴について概説する。

I *Gynnidomorpha* 属について

リンドウホソハマキが含まれる *Gynnidomorpha* 属はアフリカと南米、南極を除いた全世界から 19 種、日本から 7 種が知られている。ヨーロッパから日本にかけて生息

する種の多くは古くは *Piercea* 属に含まれていたが、その後 RAZOWSKI（1977）が *Phalonidia* 属として扱うことを提唱したものの、RAZOWSKI（1987）は再び *Piercea* 属に戻した。さらに RAZOWSKI（1997）はこれらの種は *Gynnidomorpha* 属に含めることが妥当であるとした。このような経緯から、リンドウホソハマキに関するこれまでの国内からの報告は、年代によって属名の扱いが異なる。

Gynnidomorpha 属の多くの種は水田や河川敷などの湿地環境に生息しており、同じ場所に複数種が生息していることもある。また、一部の種は乾燥した草原環境にも生息している。本属の種の幼虫はゴマノハグサ科、オオバコ科、リンドウ科、オモダカ科、キク科、カヤツリグサ科などの草本植物の茎や種子の内部に穿入し摂食を行うことが知られている（駒井ら、2011）。害虫としては、リンドウホソハマキ以外にはクワイホソハマキ *G. mesotypa* Razowski が知られている。クワイホソハマキの幼虫は栽培用クワイの葉柄を内部摂食し、葉柄を枯死させる。その結果、クワイの塊茎は肥大を妨げられ、収量の減少を招くことが知られている（那須ら、2008）。このように、本属は同所的に複数種が生息していることや重要な農業害虫種を含むことから、種の簡単な識別法の開発が望まれるが、斑紋が似た種が多く、さらには個体変異が顕著な種も含まれるため（図-1D~F）、斑紋のみによる種同定が難しい。そのうえ、国内の分類学的研究が不十分で、多数の正体不明種が見つかったため、本属の日本産種の網羅的な検討を行う必要がある。

II 分類学的再検討

リンドウホソハマキの学名は、柳沼（1980）によるリンドウの初めての被害の報告では *Phalonidia rubricana* とされたが、奥（2003）は本種を *Gynnidomorpha* 属に所属を移し、雄交尾器の形態の違いから、リンドウホソハマキは *G. rubricana* とは別亜種である可能性について言及した。その後、駒井ら（2011）は雌交尾器にも *P. rubricana* との相違点を見だし、リンドウホソハマキは *P. rubricana* と異なる未同定種であるとした。しかし、そ

Taxonomy and Biology of *Gynnidomorpha gentianae* Injurious to *Gentiana scabra* var. *buergeri*. By Shinya SUZUKI, Sadahisa YAGI and Toshiya HIROWATARI

（キーワード：小蛾類，リンドウ，リンドウホソハマキ，ハマキガ科，分類学）

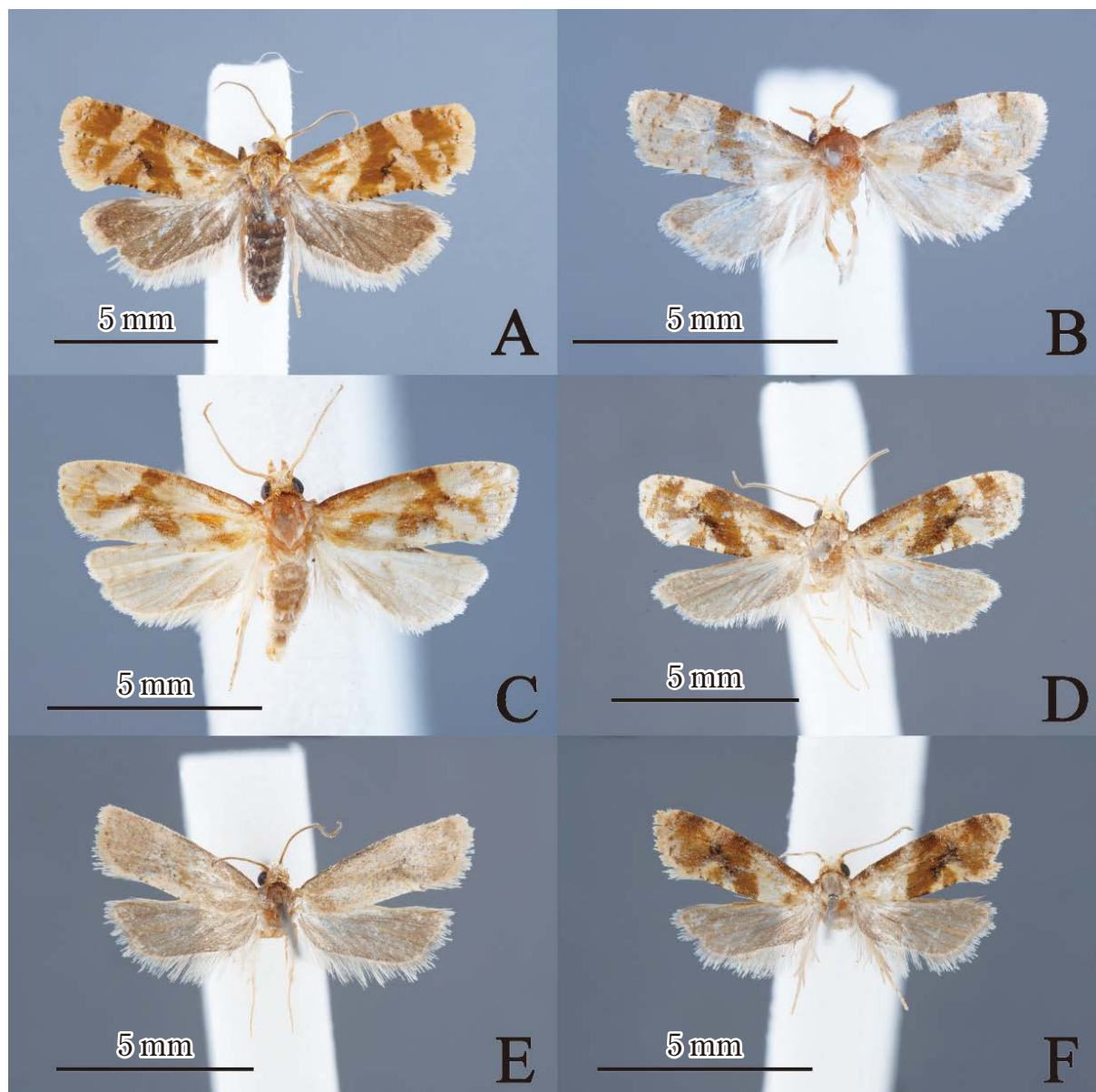


図-1 リンドウホソハマキとその近似種の成虫 (A: リンドウホソハマキ *Gynnidomorpha gentianae*, B: コホソハマキ *G. vectisana*, C: クワイホソハマキ *G. mesotypa*, D~F: チビホソハマキ *G. permixtana*)

の後本種に関する分類学的検討はなされていなかった。

そこで, SUZUKI et al. (2022) は本種の分類学的検討を行った。その結果, リンドウホソハマキと *G. rubricana* の前翅の斑紋, 雄交尾器, 雌交尾器において, 以下の点が明瞭に異なっていた (表-1 参照)。

前翅の斑紋: 地色はリンドウホソハマキでは薄い黄褐色である一方で *G. rubricana* では黄みがかった白色である。中帯 (前翅中央の帯状の斑紋) の色がリンドウホソハマキは茶色である一方で *G. rubricana* は赤茶色かオレンジ色がかった黄土色で中央が途切れる。

雄交尾器: リンドウホソハマキと *G. rubricana* の *socius* は互いに基部から中央ほどまでは直線的に伸びる

が, リンドウホソハマキはそこから緩やかに先細りになっていく。

雌交尾器: リンドウホソハマキは *corpus bursae* 内に輪状に並ぶ針状に硬化した *signum* をもつが, *G. rubricana* は *corpus bursae* 内に *signum* をもたない。雌交尾器の特徴は, *G. rubricana* よりもむしろコホソハマキ *G. vectisana* (Humphreys and Westwood) やウスモンコホソハマキ *G. alimana* (Ragonot) に類似していたが, 明確に異なる点も見られた。

また, リンドウホソハマキが含まれる *Gynnidomorpha* 属は DNA バーコード領域 (ミトコンドリア DNA の *COI* 領域の一部) の検討により, コホソハマキやウスモ

ンコホソハマキが含まれるクレードとミニホソハマキ *G. minimana* (Caradja) やチビホソハマキ *G. permixtana* (Denis and Schiffermüller) が含まれるクレードの二つのクレードに分けられる (MUTANEN et al., 2012)。SUZUKI et al. (2022) はリンドウホソハマキの DNA バーコード領域の配列決定を行い、BOLD System に登録されている配列データと比較を行った。その結果、リンドウホソハマキはコホソハマキやウスモンコホソハマキが含まれるクレードに所属することが示唆された。一方で、*G. rubricana* はミニホソハマキやチビホソハマキが含まれるクレードに所属し、リンドウホソハマキは *G. rubricana* とは異なるクレードに所属する明らかな別種であることが示唆された。また、リンドウホソハマキと同じクレードの他種間の DNA バーコード領域の塩基配列の相同性を検索したところ、コホソハマキに最も近く、98.18%一致していた。*Gynnidomorpha* 属は種間のバーコード配列が非常に類似するグループ（例えば、ミニホソハマキとチビホソハマキの相同性は 98.92%前後）であるため、リンドウホソハマキとコホソハマキの差も種差として認められると判断した。

その後、SUZUKI et al. (2022) ではリンドウホソハマキについて外部形態を DNA の情報が調べられていない種を含めた *Gynnidomorpha* 属の既知種 18 種すべてと比較したところ、形態情報が一致する種がなく、未記載種で

あると判断されたため、新種として記載された。

III 近似種との識別点

リンドウホソハマキに含まれる *Gynnidomorpha* 属は、体長 4~7 mm ほどの種で構成されており、多くの種が似た斑紋をしているのに加え個体変異も大きいため、識別が難しい。リンドウホソハマキの斑紋も近似種によく似ているが、以下の特徴の組合せによって同定することができる（表-1 参照）。しかし、前翅の外見的特徴は個体差が激しく、正確な種同定を行うには外見的特徴だけでなく雌雄交尾器も検討する必要がある（図-1~3）。

前翅（図-1A）：前翅の長さ（前翅長）：5~6 mm、翅を広げたとき、両方の翅の先端から先端までの長さ（開張）：11.0~12.5 mm。前翅は他種に比べて幅広く、比較的大型の個体が多い。また、オスよりもメスのほうが大型になる傾向がある。前翅の地色は薄い黄褐色で、斑紋は茶色であり、同属他種に比べて濃色である。

雄交尾器（図-2A）：*socius* は幅広く、基部から中央ほどまでは直線的に伸び、それ以降の部位は末端にかけては緩やかに先細りになっていく。*phallus*（挿入器）は *valva* に比べてやや短く、緩やかなさざ波状で後半部は前半部より強く曲がる。*cornutus*（*phallus* 内部のとげ状の硬化物）は *phallus* の 2/5 ほどの長さでやや太く、またやや湾曲する。

表-1 リンドウホソハマキとその近似種との成虫での識別点

	リンドウホソハマキ	コホソハマキ	クワイホソハマキ	チビホソハマキ
前翅				
前翅長	5~6 mm	3.5~5.5 mm	5~7.5 mm	3.5~6 mm
前翅の地色	薄い黄褐色	白みがかったクリーム色	明るいクリーム色	褐色、暗褐色、暗いクリーム色など多様
斑紋の色	茶色	暗褐色	茶色	暗褐色
雄交尾器（図-2）				
<i>socius</i>	幅広い 基部から中央ほどまでは平行、 それ以降は緩やかに先細り	やや細い 基部から中央までは平行、 それ以降は強く先細り	幅広い 中央から先端部に かけて大きく広がる	細い 先端部 3/5 ほどから 先端部にかけて先細り
<i>phallus</i>	緩やかなさざ波状	S 字状に強く湾曲	直線的で先端 1/3 で 強く湾曲	直線的で先端 1/3 で わずかに湾曲
<i>cornutus</i>	<i>phallus</i> の 2/5 ほどの 長さ、やや太い	<i>phallus</i> の 1/2 ほどの 長さ、太い	<i>phallus</i> の 4/5 ほどの 長さ、細い	<i>phallus</i> の 2/5 ほどの 長さ、太い
雌交尾器（図-3）				
<i>ductus bursae</i>	膜状で短い	膜状で長く、中央部は 膨らむ	硬質化し長い	膜状で長く、中央部が 細くなる
<i>corpus bursae</i>	細い洋梨型で細長い <i>signum</i> は弱く硬化するが明瞭	細い洋梨型で細長い <i>signum</i> は弱く硬化し不明瞭	長い楕円形 <i>signum</i> は強く硬化	長く太い洋梨型 <i>signum</i> は強く硬化

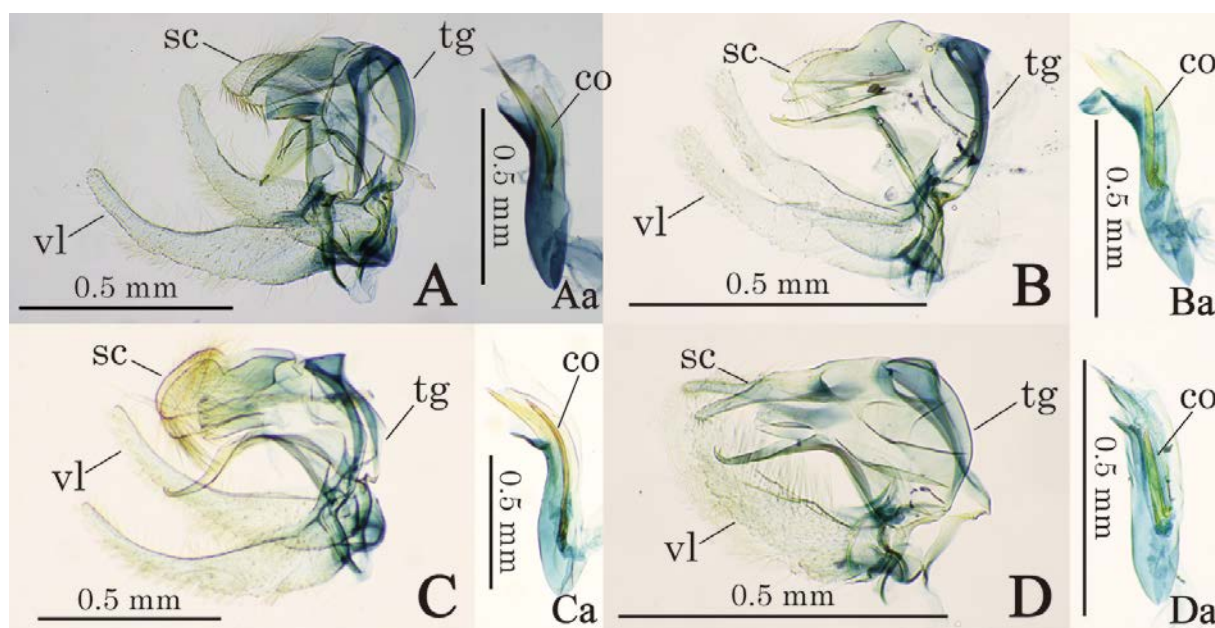


図-2 リンドウホソハマキとその近似種の雄交尾器 (A: リンドウホソハマキ *Gynnidomorpha gentianae*, B: コホソハマキ *G. vectisana*, C: クワイホソハマキ *G. mesotypa*, D: チビホソハマキ *G. permixtana*, a: phallus)
sc: socius, tg: tegumen, vl: valva, co: cornutus.

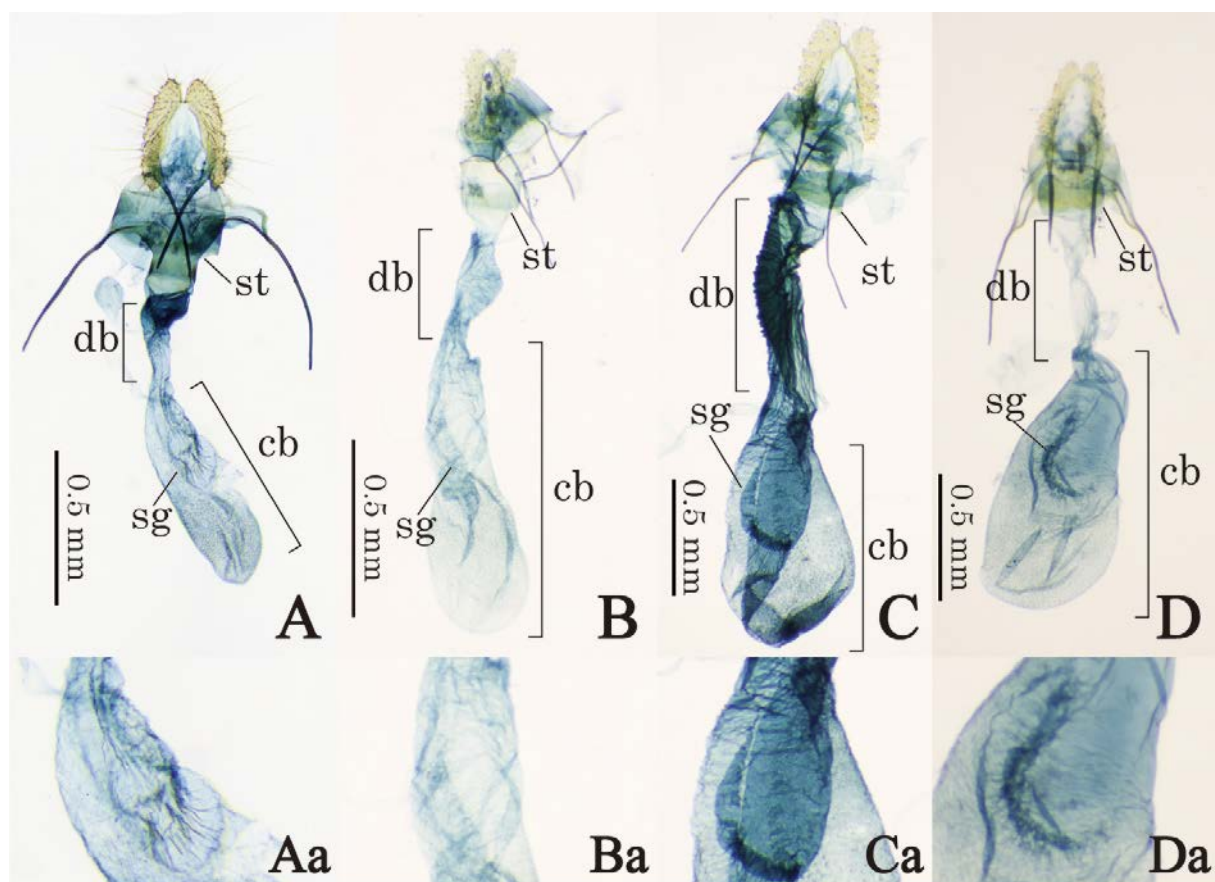


図-3 リンドウホソハマキとその近似種の雌交尾器 (A: リンドウホソハマキ *Gynnidomorpha gentianae*, B: コホソハマキ *G. vectisana*, C: クワイホソハマキ *G. mesotypa*, D: チビホソハマキ *G. permixtana*, a: signum の拡大図)
st: sterigma, db: ductus bursae, cb: corpus bursae, sg: signum.

雌交尾器（図-3A）：sterigma が他種に比べて長く、強く硬化する。ductus bursae は膜状で細く、短い。corpus bursae（交尾嚢）は洋梨型の膜状で細長く、輪状に並ぶとげ状の硬化部（signum）の硬化は弱い明瞭である。

IV 分布と生態

リンドウホソハマキの生態については柳沼（1980）や梅谷・岡田（2003）、駒井ら（2011）が解説を行っている。それによると、本種は5月中旬から10月にかけて3～4化する。特に成虫の発生のピークとなるのは5月下旬、7月下旬、8月下旬、および10月である。越冬後の幼虫の蛹化時期には個体差があるようで、岩手県では4月中旬から蛹化が始まるが、遅いものだと6月上中旬になるという。また、岩手県では越冬個体の成虫の羽化は5月中旬から始まり、5月下旬がピークとなるが、その後はだらだらと発生し、6月下旬が終期である。

交尾後のメスはリンドウの葉裏に1卵ずつ産卵する。ふ化した幼虫は卵の真下から葉内に潜入り、葉を内部か

ら線状に蛇行しながら摂食する。2齢になると茎の髓部に穿孔し、茎を内部から摂食する。そして茎の中で成長し、蛹化する。被害としては、初齢幼虫は葉の内部を線状に蛇行しながら潜入するため、その潜葉痕が傷として残り、変色して品質の低下を招く（図-4A）。2齢以降は生長部や葉の付け根から茎内に侵入し、芯部を食害するため、多発すると芯枯れを誘発し、リンドウの収量低下を引き起こす（図-4B, C）。また、2齢以降の幼虫は花蕾にも侵入し、子房を食害する。花卉は食害しない。越冬は終齢幼虫で、枯茎の中で荒い繭を作ることで行う。越冬明けに茎内で蛹化する（図-4D）。

リンドウホソハマキの被害は北海道、岩手県、福島県、栃木県、長野県で確認されている（梅谷・岡田，2003）。また、奥（2003）によると、韓国でもリンドウホソハマキに似た斑紋を持つ個体が確認されているという。本種の本来の生息環境については柳沼（1980）が言及している。それによると、福島県における本種の被害は吾妻連峰の高山に自生しているリンドウの根株を栽培のため選抜採集した年代と同じ年代に発生が始まっているため、

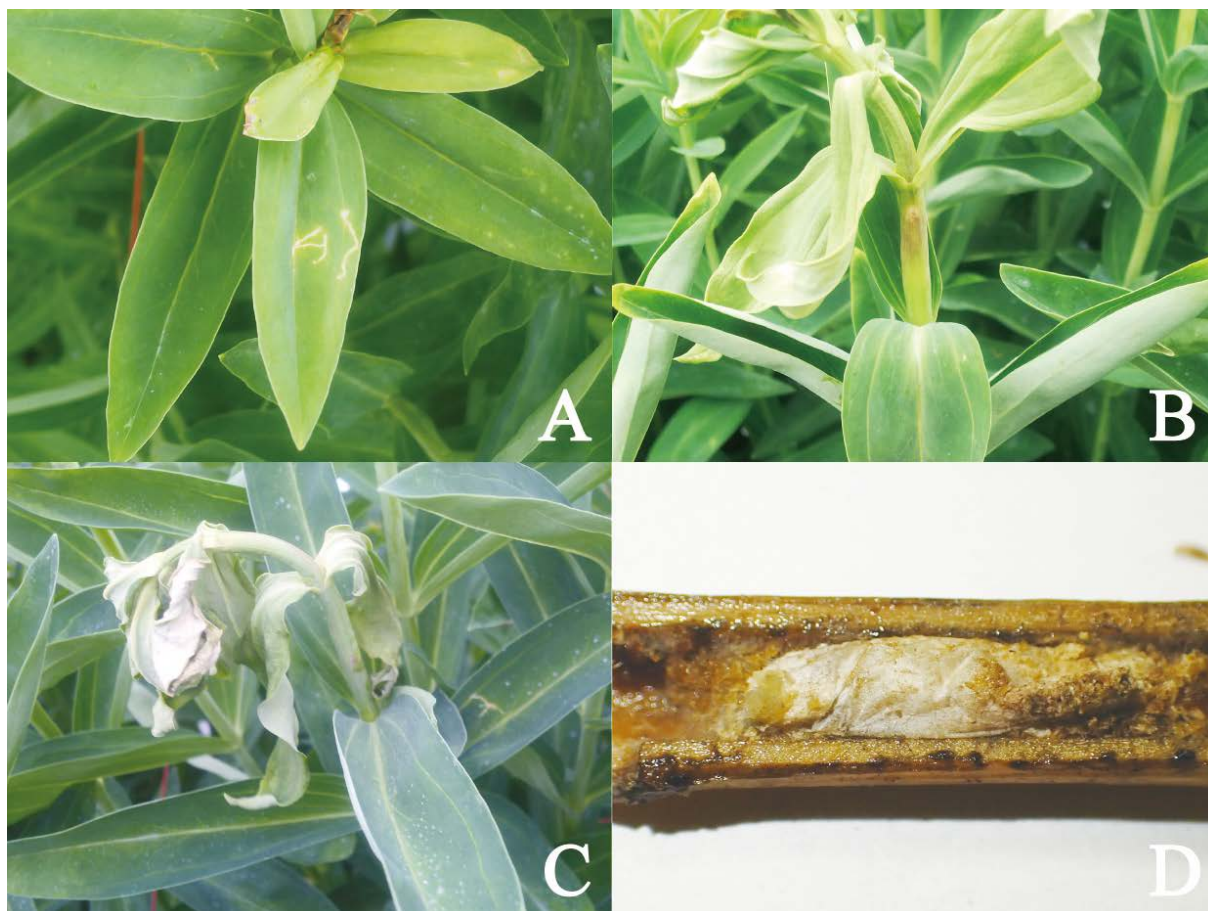


図-4 リンドウホソハマキによるリンドウの被害と越冬時の繭（A：初齢幼虫による潜葉痕，B：茎への食入，C：葉のしおれ，D：越冬時の茎の中の繭）

本来吾妻連峰の高標高地に生息していた個体群の一部が平地の圃場に持ち込まれて定着し、リンドウの移動に伴って分布を拡大したと推察されている。SUZUKI et al. (2022) による新種記載で検討された標本はほとんどが岩手県の圃場で採集されたものであるが、北海道の山地で採集された標本も1個体使用されている。この個体が採集されたのは標茶町にある西別岳の標高約500 mの地点で、草丈の低い山の中腹である。これらのことにより、本種の本来の分布は、梅谷・岡田(2003)が言及しているように栽培用リンドウが生育する圃場のような環境ではなく、本州中部地方以北の山地であることが推測される。しかし、本種が圃場外で採集されたという事例は少ないため、今後多くの事例を収集し、判断していく必要がある。

V リンドウの潜在害虫

Gynnidomorpha 属にはリンドウホソハマキの他にもリンドウ属の植物を摂食する種が存在する。日本に生息する種では、チビホソハマキがリンドウ属の植物を摂食することが知られている。奥(2003)によると、岩手県におけるチビホソハマキによるリンドウの食害はリンドウホソハマキに比べてとても少ない。しかし、チビホソハマキは北海道から沖縄県まで分布して(鈴木, 未発表)おり、リンドウホソハマキよりも分布が広い。そのため、既知のリンドウホソハマキの生息地以外でリンドウに被害が見られた場合、それはリンドウホソハマキによるものでない可能性がある。リンドウホソハマキの重点防除対象については被害の大きさや発育ステージの混発から、越冬世代であることが提案されている(佐藤・鈴木, 2019)。しかし、チビホソハマキなどのリンドウホソハマキ以外の小蛾類をターゲットにした生態情報の解明とそれに基づいた防除法についてはこれまで検討されていない。例えば、チビホソハマキの幼虫はリンドウ以外にもオモダカ科やハマウツボ科などの植物を摂食することが知られている。そのため、越冬世代の防除に成功しても圃場外から2世代目以降の個体が圃場に侵入する

可能性があるなど、リンドウホソハマキの生態情報に基づく防除法では想定されていない問題が発生するおそれがある。したがって、新規に栽培用リンドウへの食害が見られた際には、防除対象の種の正確な同定と種ごとに適した対応が求められるのではないかと考えられる。また一方で、梅谷・岡田(2003)ではトルコギキョウ *Eustoma grandiflorum* からリンドウホソハマキによる被害が見られたと言及しているが、これもリンドウホソハマキによるものではなく、チビホソハマキなどの他のリンドウ科を食害する *Gynnidomorpha* 属の種である可能性がある。

おわりに

小蛾類では、リンドウホソハマキが所属する *Gynnidomorpha* 属のように、種同定が容易にできず保留されている場合もある。このような問題を解決するためには、日本産の小蛾類全体の分類学的再検討と種同定の簡易化、生態情報の解明が今後の課題である。

岩手県中部農業改良普及センターの佐藤千穂子氏にはリンドウホソハマキによるリンドウの被害写真を今回新たに提供いただいた。国立科学博物館の神保宇嗣博士には本稿作成に関してアドバイスをいただいた。この場を借りて深く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 駒井古実ら 編 (2011): 日本の鱗翅類 系統と多様性, 東海大学出版会, 神奈川, 1305 pp.
- 2) MUTANEN, M. et al. (2012): *Zootaxa* **3262**: 1~21.
- 3) 那須義次ら (2008): 関西病害虫研報 (50): 173~174.
- 4) 奥 俊夫 (2003): 岩手蟲乃會會報特別号 (2), 岩手虫の会, 岩手, 157 pp.
- 5) RAZOWSKI, J. (1977): *Acta. Zool. Cracov.* **22**: 207~295.
- 6) ——— (1987): *ibid.* **32**: 141~355.
- 7) ——— (1997): *ibid.* **40**: 107~163.
- 8) 佐藤美和子・鈴木俊男 (2019): 北日本病虫研報 (70): 187~189.
- 9) SUZUKI, S. et al. (2022): *Appl. Entomol. Zool.* **58**: 105~112.
- 10) 梅谷献二・岡田利承 編 (2003): 日本農業害虫大辞典, 全国農村教育協会, 東京, 810 pp.
- 11) 柳沼 薫 (1980): 植物防疫 **34**: 404~406.



イチジク株枯病の新たな抵抗性台木品種 ‘励広台 1 号’の開発

—イヌビワとの種間交雑体からの抵抗性系統の選抜経緯を中心に—

広島県立総合技術研究所農業技術センター
果樹研究部

もりた たけしげ じくまる しょうた
森田 剛成・軸丸 祥大・
す がわ しゅん しらかみ のりひこ
須川 瞬・白上 典彦

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
本部知的財産部

やく し じ ひろし
薬 師 寺 博

はじめに

イチジク (*Ficus carica*) は、他の樹種と比較して栽培がしやすく、収益性が高いことから、多くの品目で生産量が減少するなかにも、生産量を維持し、単価が比較的堅調な品目である(真野, 2015; 細見, 2017; 近藤, 2022)。しかしながら、生産現場では、土壤伝染性病害のイチジク株枯病(病原菌 *Ceratocystis ficicola* (KAJITANI and MASUYA, 2011), 以下、本病)に起因する樹体の枯死により安定した生産が維持できず、廃園に追い込まれる事例も確認される等、深刻な問題になっている(加藤ら, 1982; 向畠ら, 1997; 外側ら, 1999; 新田ら, 2005; 三好ら, 2011; Hosomi et al., 2012; 森田, 2023)。本病は 1981 年に愛知県より初報告(加藤ら, 1982)された後、現在ではほぼ全国の産地で発生が確認されている(梶谷, 2017)。

本病の防除方法である薬剤の土壤灌注は、費用や労力面から現地への普及が難しい(森田, 2023)。他の防除方法として抵抗性台木の開発が行われ、これまでにイチジク種内から有望な品種がいくつか見いだされ実用化されてきた(加藤ら, 1982; 清水・三好, 1999; 外側ら, 1999; 細見, 2006)。しかし、これらの抵抗性台木を用いても発病する事例があり、さらに強い抵抗性台木の開発が望まれていた。

イチジクの近縁野生種イヌビワ (*F. erecta*) は、本病に対して強い抵抗性を示すことから、新たな台木開発の素材として注目されてきた(清水・三好, 1999)。しかし、

イヌビワはイチジク品種との接木親和性に問題があり、台木として実用化に至っていない(細見, 1993)。国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構と広島県(以下、本県)は、共同研究において、イヌビワの優れた抵抗性をイチジクに導入するため種間交雑を試み、世界で初めて種間交雑体第一世代(以下、F₁)の獲得に成功した(YAKUSHIJI et al., 2012)。さらに、F₁に続き、戻し交雑第一世代(以下、BC₁)の獲得にも成功した(YAKUSHIJI et al., 2019)。得られた BC₁の中から本病に対して優れた抵抗性を有する‘励広台 1 号’を 2019 年 12 月 5 日に品種登録出願し、2020 年 3 月 11 日付けで公表された：登録出願番号 34378 号 (<http://www.hinshu2.maff.go.jp/gazette/syutugan/contents/260syutugan.pdf>)。

本報では、‘励広台 1 号’に関して、抵抗性の評価手法の確立、種間交雑体 (F₁ と BC₁) の作出および BC₁ の複数系統から本品種を選抜した過程について順を追って紹介する。なお、イヌビワが有する本病抵抗性の遺伝様式 (YAKUSHIJI et al., 2019)、イヌビワのゲノム配列および抵抗性遺伝子の候補領域 (SHIRASAWA et al., 2020) は明らかになってきているが、本病の抵抗性のメカニズムなど未解明な部分も多く、現状では「真性抵抗性等」のように表記することはできない。このため、種間交雑体の示す抵抗反応が、イチジク栽培品種とは異なる点を便宜的に表現するため「イヌビワ同等の強い抵抗性」と表記することとした。

本研究の一部は、生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」(JPJ007097) の支援を受けて行った。

I イチジクとイヌビワ両種間の株枯病抵抗性を簡易識別する幼苗検定法 (2008~11 年)

これまでに、葉片(細見・瓦谷, 2004)や枝片(外側ら, 1999)へ本病原菌を接種し、病斑の大きさや子のう

‘Reikodai 1 go’, a Newly Developed Fig Rootstock Cultivar with Extreme Resistance to *Ceratocystis* canker. By Takeshige MORITA, Syota JIKUMARU, Syun SUGAWA, Norihiko SHIRAKAMI and Hiroshi YAKUSHIJI

(キーワード: イチジク, 株枯病, イヌビワ, 種間交雑体, ‘励広台 1 号’)

殻形成数から本病に対するイチジク種の抵抗性を簡易に推定する方法が検討されてきた。しかし、これらの方法は個体の一部分の反応のみを指標とすることから、樹体（個体）の萎凋・枯死に対する抵抗性を直接評価することは難しい。ここでは、BC₁等の種間交雑体を用いた抵抗性台木の選抜を効率的に進めるために、我々が確立した幼苗を用いた検定法を紹介する。

イチジク種内から選抜された既存の本病抵抗性品種として‘セレスト’、‘ボルディード・ネーグラ’、‘イスキア・ブラック’（清水・三好，1999；細見，2006），罹病性栽培品種として‘榊井ドーフィン’に加えて、本病に対する

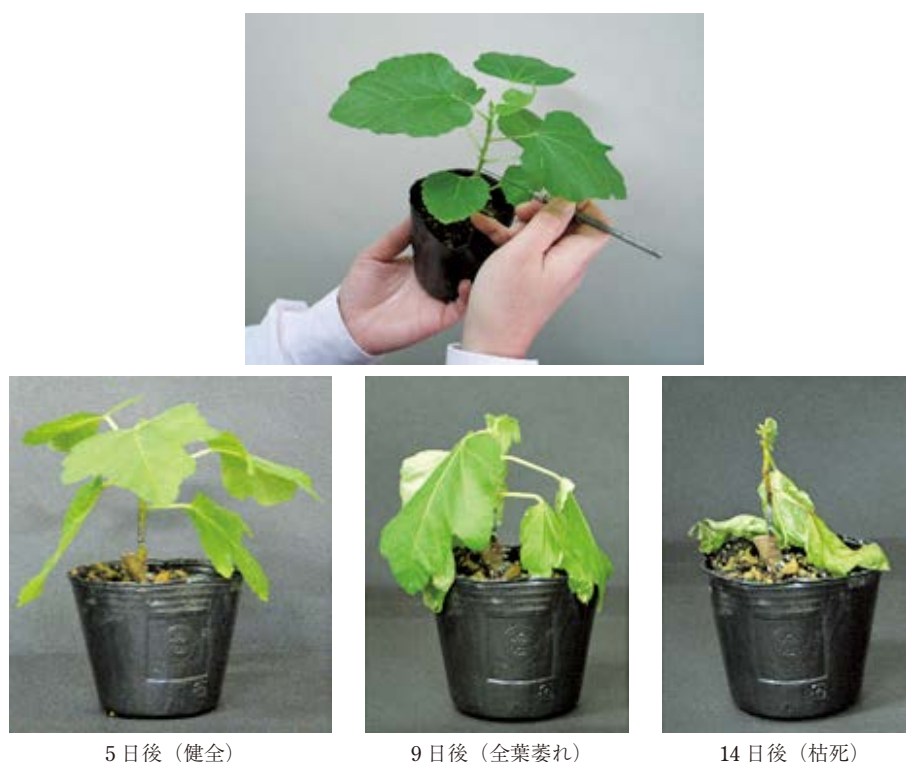
抵抗性を有するイヌビワについても1系統供試した。100 ml プラスチックポットに充てんした滅菌培地（ハイポネックス®培養土）に挿し木し、接種日までの2か月間無加温ハウス内で管理した。品種・系統ごとに接種区へ6～10個体を、無接種区（有傷のみ）に5個体を供試した。接種時の供試苗は、平均新梢長と平均新梢基部茎直径が6.2 cmと3.6 mmであった。本病原菌（広島総研分離株：cf 01）をPDA平板培地で21～35日間培養（25℃・全暗条件）し（図-1左），そこに形成された子のう胞子塊（図-1右）を接種に用いた。幼苗の新梢基部から1～2 cm上部にニードル（長さ15 cm：径1 mm）で幅約2 mm、



図-1 イチジク株枯病菌

左：PDA培地上の菌叢。

右：子のう胞子塊（直径約0.5 mm）、子のう殻頸部（長さ約1～3 mm）。



5日後（健全）

9日後（全葉萎れ）

14日後（枯死）

図-2 イチジク株枯病に対する抵抗性を簡易に評価する幼苗検定法と接種後の経時変化（森田，2023）

供試品種‘榊井ドーフィン’。

深さ約2 mm（髓に到達する程度）の傷を付け、本病原菌の子のう胞子塊を2個埋め込み、パラフィルムで覆った。接種苗は、温度28.0℃、明期16時間・暗期8時間の条件に設定した恒温庫で管理した。灌水は、土壌の乾燥に応じて2～3日に1回、ポットの底部から若干の水が流出する程度で行った。すべての葉が萎凋し、褐変が新梢先端部まで達した状態を個体の枯死と定義した（図-2）。ここでは、接種60日後までの累積枯死率を調査した。接種試験は2回実施した。

接種試験2回ともに供試したすべてのイチジク品種で個体の枯死が確認されたのに対し、イヌビワは全く枯死しなかった（図-3AおよびB）。すべてのイチジク品種で接種7～9日後に累積枯死率が高まり始め、罹病性の‘榊井ドーフィン’では、両試験とも接種14日後には100%となった。また、抵抗性品種においても累積枯死率は徐々に増加し、試験Aでは接種18日後に‘ボルディード・ネーグラ’が100%に達し、接種60日後の‘セレスト’と‘イスキア・ブラック’ではそれぞれ、86%および70%であった（図-3A）。試験Bでは、‘セレスト’の累積枯

死率が接種21日後に100%に達し、‘ボルディード・ネーグラ’が接種60日後に80%であった（図-3B）。これらの結果は、細見（2006）が、イチジク品種の抵抗性について5年間の汚染土壌接種試験から得た評価とほぼ同様の傾向であった。本検定法は、誰もが判断し易い個体の生死が抵抗性の評価基準であること、抵抗性の評価について接種後20日から30日で大勢を判定できる（森田ら、2011）ことから、イヌビワと同程度の抵抗性を有することが期待される種間交雑体の選抜方法として用いることとした。

2011年に本病原菌の種名が*C. fimbriata* から*C. ficicola*へ変更された（KAJITANI and MASUYA, 2011）ことを受け、改めて本県内に分布する菌の形態を調査した。その結果、県内に分布する本病の病原菌は*C. ficicola*と再同定された。2011年までは本病原菌（cf 01株）のみを供試して抵抗性の評価を実施していたが、複数菌株を用いて検定法の妥当性を評価することや、接種量を正確に調整することを目的に、分生胞子を接種源にした以下の方法を検討した。本県内の主要な産地から分離した7菌株の分生

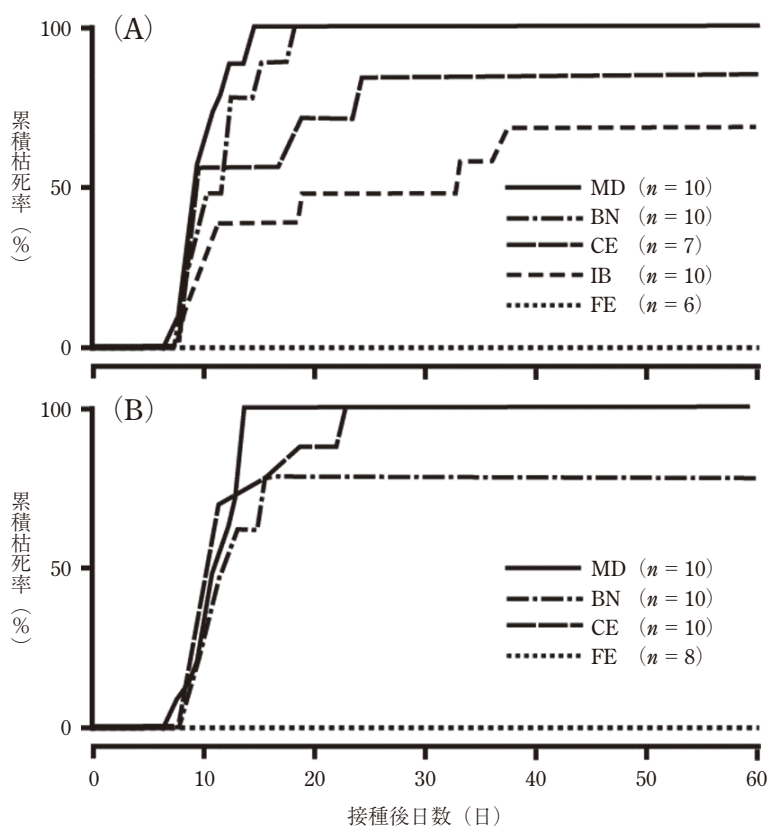


図-3 株枯病菌幼苗接種によるイチジク品種とイヌビワ間の累積枯死率の差異
 (A, B 二回繰り返し試験) (森田ら, 2011 を改変)
 イチジク品種 MD: ‘榊井ドーフィン’, BN: ‘ボルディード・ネーグラ’,
 CE: ‘セレスト’, IB: ‘イスキア・ブラック’.
 野生種 FE: イヌビワ (*Ficus erecta*).

胞子を接種源（濃度 10^5 個/ml，苗当たりの接種量 $5\mu\text{l}$ ）とし，菌株ごとに罹病性の栽培品種‘蓬莱柿’の幼苗を7個体供試して有傷接種を行った。その結果，接種10日前後の累積枯死率は，全菌株とも100%に達し，菌株間の病原力に明瞭な違いがないことを確認した（森田ら，2012）。さらに，分生胞子を接種源とした場合の外部病徴の発現は，子のう胞子塊（苗当たり2個）を供試した従来の接種結果（森田ら，2011）と同様であった。よって以後は，分生胞子を接種源とした抵抗性検定を実施した。

II 種間交雑第一世代 (F_1) の抵抗性と台木としての実用性の評価 (2009～13 年)

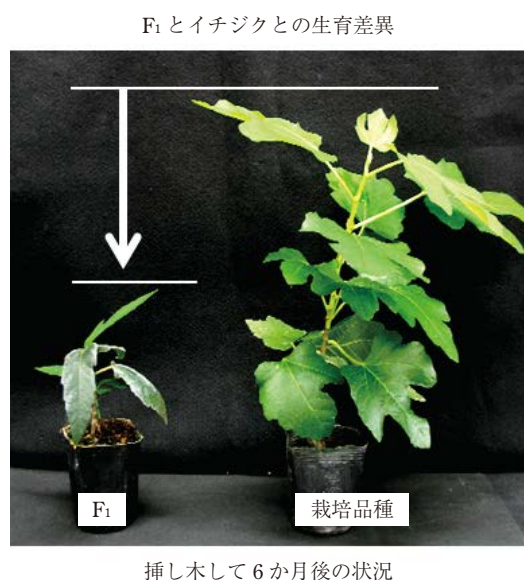
‘榊井ドーフィン’，‘蓬莱柿’，‘ボルディード・ネーグラ’，‘セレスト’，イヌビワ1系統および F_1 の2系統の挿し木3か月目の苗を供試した。先の検定法により，接種100日後までの累積枯死率を調査した。その結果，接種100日後の累積枯死率は， F_1 とイヌビワでは0%であったが，‘榊井ドーフィン’は15日後に，‘蓬莱柿’は70日後に100%に達した（データ略）。「ボルディード・ネー

グラ’と‘セレスト’については，接種15日後から枯死率が高まりはじめ，接種100日後の累積枯死率は，それぞれ60%，70%に達した（データ略）。これらの結果から， F_1 はイヌビワと同程度の強い抵抗性を有していることが示された。

しかし， F_1 は，栽培品種と比較して新梢生育が明らかに劣り，主幹部と根部の境界部位が褐変して脱離しやすい障害がある（図-4）ことが判明したことから，台木として利用することを断念した。

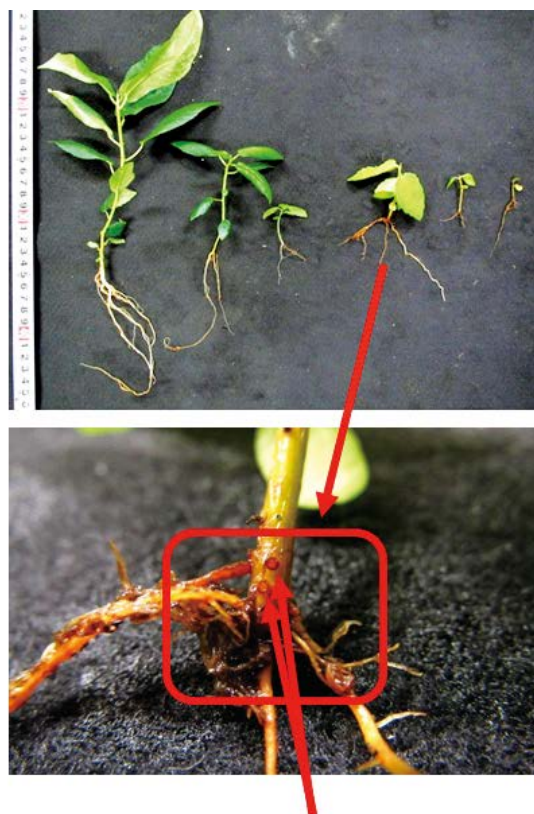
III 戻し交雑第一世代 (BC_1) からの選抜過程 (2014～19 年)

F_1 の花粉をイチジク4品種に交配し，実生集団として BC_1 を129系統得た。実生は個別に本病に対する抵抗性が異なることが想定されるため，すべての系統に対して新梢部への1点有傷接種（個体反復なし）を行った。病斑が拡大して枯死する実生を罹病性，病斑の拡大が制限されて枯死しない実生を抵抗性としたところ（図-5），62系統が抵抗性に分類された。抵抗性系統のうち，



F₁ とイヌビワ根部の比較（播種110日後）

左3本：イヌビワ，右3本：F₁

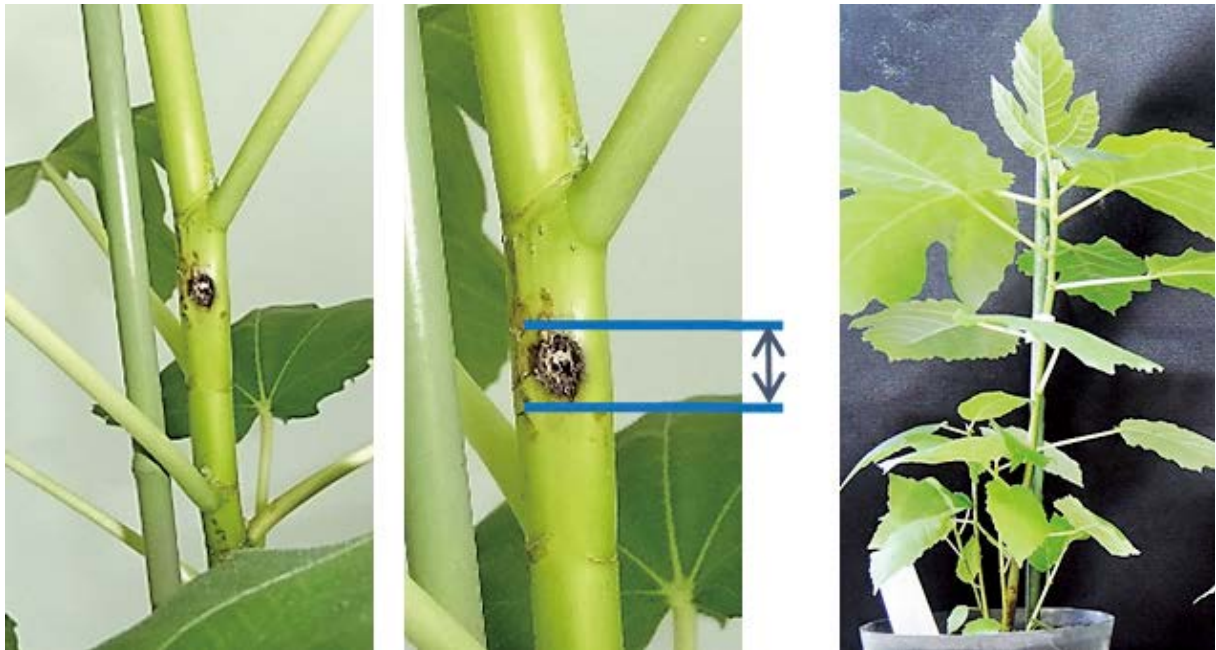


F₁ 根部の脱離跡

図-4 F₁ の生育不良とその原因と考えられる根部の脱離（森田，2023）

左：新梢生育の差，右：根部褐変の障害。

抵抗性：病斑が拡大せず枯死しない



罹病性：病斑が広がり枯死に至る

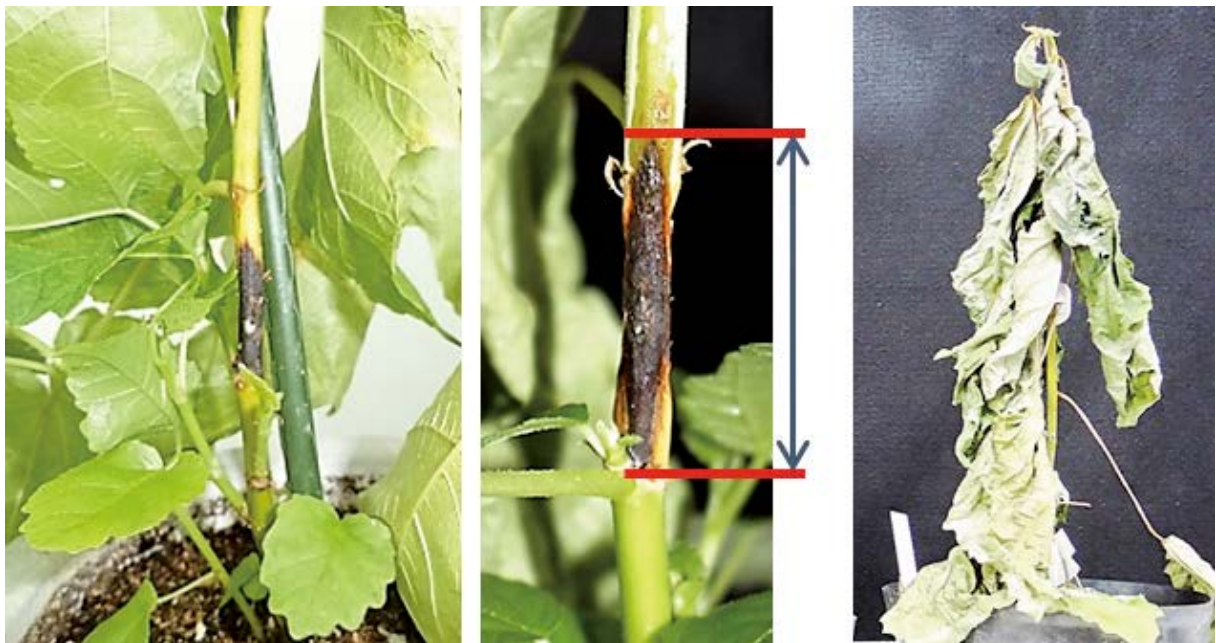


図-5 BC₁実生苗における抵抗性系統および罹病性系統の分類事例
 ↓病斑最大長.

2016年の調査時点において生育が旺盛で挿し木用の穂木が確保できた4系統を供試して、クローン苗における抵抗性を評価することを目的に、先の分生胞子を接種源とした抵抗性検定を行った。挿し木3か月目の幼苗を各10個体揃え、罹病性対照として‘榊井ドーフィン’を、抵抗性対照としてイヌビワを加え、接種60日後までの累積枯死率および接種以降7日間隔で病斑最大長を調査し

た。なお、病斑最大長については、新梢の木化に伴い病斑範囲の確認が困難になったため、接種28日後で終了した。‘榊井ドーフィン’では、接種7日後に病斑最大長が90 mmになり、12日後にすべて枯死した(表-1)。一方、供試したBC₁の4系統では、接種28日後までに病斑最大長が10 mm程度まで拡大したが、接種60日後までに枯死する個体は確認されず、イヌビワ同等の強い抵

表-1 新梢基部への株枯病菌有傷接種による病斑長の推移（森田，2023 を改変）

供試品種および系統 No.	供試苗数	枝長 (cm)	接種部位 茎径 (mm)	病斑最大長 (mm)				
				接種後日数				
				7 日	14 日	21 日	28 日	
BC ₁ 系統	1	10	40.5 ± 1.3	4.5 ± 0.2	7.0 ± 0.5	7.5 ± 0.5	8.6 ± 1.1	9.6 ± 1.8
	2	10	28.6 ± 3.4	3.8 ± 0.2	7.0 ± 0.5	7.3 ± 0.4	7.3 ± 0.4	7.3 ± 0.4
	3	10	33.9 ± 2.4	4.8 ± 0.1	7.8 ± 0.5	7.8 ± 0.2	7.8 ± 0.2	7.8 ± 0.2
	4	10	39.4 ± 0.5	4.2 ± 0.1	8.1 ± 0.5	8.6 ± 0.6	9.4 ± 0.9	9.4 ± 0.9
榊井 ドーフィン：罹病性対照		10	28.8 ± 1.5	4.7 ± 0.1	90.0 ± 15.2	ND	ND	ND
イヌビワ：抵抗性対照		10	9.5 ± 0.7	2.2 ± 0.1	1.9 ± 0.4	1.9 ± 0.1	2.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0

平均値 ± 標準誤差。

ND：‘榊井ドーフィン’は接種 12 日目にすべての供試苗が枯死したため病斑データなし。

図-6 戻し交雑第一世代 (BC₁) を対象とした幼苗検定 (接種 60 日後の外部病徴) (森田，2023)

抗性を有することを確認した（表-1，図-6）（YAKUSHIJI et al., 2019；森田，2023）。なお，BC₁ の挿し木苗は，栽培品種‘榊井ドーフィン’と同程度の生育を示し，F₁ で問題となった根部の離脱は確認されなかった（データ略）。

株枯病抵抗性を示した BC₁ の中から，イノベーション創出強化研究推進事業において，挿し木や接ぎ木の繁殖性および栽培品種を接ぎ木した際の収量に優れた‘励広台1号’を選抜した。

IV ‘励広台1号’の抵抗性評価 (2018～21 年)

‘励広台1号’は，分生胞子を接種源とした抵抗性検定によりイヌビワと同等の抵抗性があることが確認されているが，土壌経由の感染に対する抵抗性については明らかにされていない。このため，幼苗を用いた土壌接種試験を行った。‘励広台1号’，栽培品種‘榊井ドーフィン’，‘蓬莱柿’，既存の抵抗性品種‘イスキア・ブラック’，‘ボル

ディード・ネーグラ’およびイヌビワの穂木を 200 ml プラスチックポットに充てんした培地（ハイポネックス® 培養土）に挿し木し、接種日まで無加温ハウス内で管理した。発根した品種・系統ごとに8~12個体を供試した。挿し木2か月目である接種時の全供試苗は、新梢長の平均が6.1 cm、新梢基部茎直径の平均が4.5 mmであった。本病原菌 cf01 株を PDA 培地で2~3週間培養し、本菌が生育した培地も含めて蒸留水と混和し、フードプロセッサーを用いて固形物が残らない程度に懸濁して原液を作製した。分生孢子濃度が 10^5 個/ml となるよう原液の濃度を調整し、ポットの土壤表面に 100 ml を灌注処理した(図-7)。無接種区は、蒸留水を同様に灌注処理した。



図-7 ‘励広台1号’を含む幼苗への土壤接種方法
左：株枯病菌を培養した PDA 培地（図-1 左）ごと蒸留水と混和して濃度調整した菌液。
右：挿し木苗の土壤への菌液灌注処理。

処理苗は先の分生孢子を接種源とした検定法と同様の恒温庫内で管理した。接種 180 日後の累積枯死率は、栽培品種‘榊井ドーフィン’と‘蓬莱柿’ではそれぞれ 100%と 89%，既存抵抗性品種の‘イスキア・ブラック’と‘ボルディード・ネーグラ’では 88%と 67%であった。一方、‘励広台1号’およびイヌビワは全く枯死しなかった（図-8 および図-9A）。

土壤接種試験で得られた結果の妥当性を確認するため、先の分生孢子を接種源とした検定法も実施した。土壤接種試験と同様の系統・品種ごとに挿し木で増殖した 8~10 個体を供試した。挿し木4か月目の新梢長が平均で 11.5 cm、新梢基部茎直径が平均で 5.0 mm の幼苗であった。処理苗は土壤接種試験と同じ条件の恒温庫内で管理し、接種 70 日後までの累積枯死率を調査した。累積枯死率は、栽培品種の‘榊井ドーフィン’と‘蓬莱柿’、および既存抵抗性品種の‘イスキア・ブラック’と‘ボルディード・ネーグラ’のすべてで接種 32 日後までに 100%になった。一方、‘励広台1号’およびイヌビワは全く枯死しなかった（図-9B）。

土壤接種および新梢有傷接種の両試験結果から、‘励広台1号’はイヌビワと同程度の本病に対する抵抗性を有することが明らかとなった（森田ら，2021）。また、白上ら（2022）は、‘励広台1号’とイチジク栽培品種‘蓬莱柿’の苗木に本病原菌を接種し、‘蓬莱柿’では接種後しばらくして樹体内の菌密度が高まり、接種後約2週間で枯死するのに対して、‘励広台1号’では株枯病菌の密度が低く抑えられ、全く枯死しないことを報告している。このように、‘励広台1号’の持つ抵抗性メカニズムについても新たな知見が得られつつある。

おわりに

これまでの通り、‘励広台1号’の挿し木苗において、



図-8 ‘励広台1号’を含む幼苗への土壤接種 60 日後の外部病徴（代表例）
左：‘榊井ドーフィン’（枯死）。
中：イヌビワ（健全）。
右：‘励広台1号’（健全）。

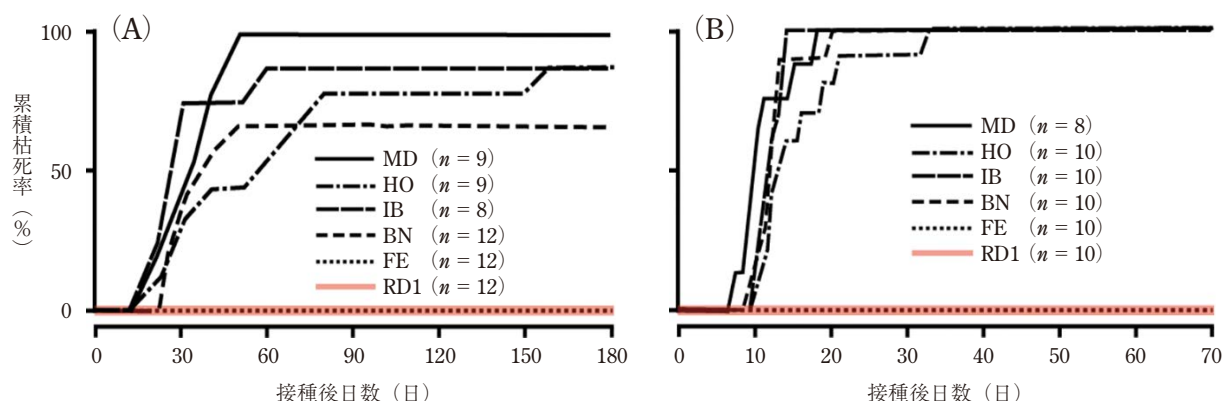


図-9 ‘励広台1号’を含む幼苗を用いたイチジク株枯病菌の接種後日数と累積枯死率との関係 (A: 土壌接種試験, B: 新梢への有傷接種試験) (森田ら, 2021 を改変)

イチジク品種 MD: ‘榊井ドーフィン’, HO: ‘蓬萊柿’, IB: ‘イスキア・ブラック’, BN: ‘ボルディード・ネーグラ’.

野生種 FE: イヌビワ (*Ficus erecta*).

種間交雑品種 (戻し交雑第一世代) RD1: ‘励広台1号’.

有傷接種および土壌経由の感染を問わずイヌビワと同等の強い抵抗性があることを紹介した。しかしながら‘励広台1号’は台木品種であり、最終的には栽培品種を接木した条件で抵抗性の評価や収量性の確認をする必要がある。KAMIMORI et al. (2022) は、‘励広台1号’に‘榊井ドーフィン’を接木した苗木を用いた土壌経由の接種試験を行い、‘榊井ドーフィン’自根樹が本病で枯死する条件下においても、‘励広台1号’台樹は全く枯死しないことを報告している。本県でも‘蓬萊柿’を用いた接ぎ木樹での試験を実施し、KAMIMORI et al. (2022) と同様の結果を得ている。また、収量性についても、‘励広台1号’を台木とした‘蓬萊柿’は自根の‘蓬萊柿’と比較して、同程度であることを確認しており、結果の公表に向けて準備を進めている。

‘励広台1号’に栽培品種を接ぎ木した苗木は、令和4年度から販売が開始されている。今後は今回紹介した抵抗性の結果に加えて、栽培管理に関する情報を纏めて紹介することにより、‘励広台1号’の早期普及を加速させたいと考えている。

引用文献

- 1) 細見彰洋 (1993): 関西病虫研報 **35**: 39~40.
- 2) ———・瓦谷光男 (2004): 同上 **46**: 29~32.
- 3) ——— (2006): 近畿中国四国地域における新技術 **6**: 60~62.
- 4) Hosomi, A. et al. (2012): J Japan Soc Hort Sci **81**: 159~165.
- 5) 細見彰洋 (2017): 育てて楽しむイチジク栽培・利用加工一, 創森社, 東京, p.8~12.
- 6) KAJITANI, Y. and H. MASUYA (2011): Mycoscience **52**: 349~353.
- 7) KAMIMORI, M. et al. (2022): Hort J **91** (3): 337~344.
- 8) 梶谷裕二 (2017): 植物病原菌類談話会 **17**: 9~20.
- 9) 加藤喜重郎 (1982): 植物防疫 **36**: 55~59.
- 10) 近藤則茂 (2022): 果実日本 **77**: 63~66.
- 11) 真野隆司 (2015): イチジクの便利作業帳, 農文協, 東京, 123 pp.
- 12) 三好孝典ら (2011): 日植病報 **77**: 96~104.
- 13) 森田剛成ら (2011): 関西病虫研報 **53**: 51~52.
- 14) ———ら (2012): 日植病報 **78**: 222 (講要).
- 15) ———ら (2021): 同上 **87**: 76~79.
- 16) ——— (2023): 広島県におけるイチジク株枯病の発生パターンの把握とそれらに対応した防除技術の開発, 広島県立総合技術研究所農業技術センター, 広島, 76 pp.
- 17) 向島博行ら (1997): 北陸病虫研報 **45**: 33~40.
- 18) 新田浩通ら (2005): 関西病虫研報 **47**: 95~98.
- 19) 清水伸一・三好孝典 (1999): 植物防疫 **53**: 25~27.
- 20) 白上典彦ら (2022): 日植病報 **88**: 91~97.
- 21) SHIRASAWA, K. et al. (2020): The Plant J. **102**: 1313~1322.
- 22) 外側正之ら (1999): 静岡柑試研報 **28**: 51~62.
- 23) YAKUSHIJI, H. et al. (2012): Euphytica **183**: 39~47.
- 24) ——— et al. (2019): Scientia Horticulturae **252**: 71~76.

植物防疫講座

農薬編-45

タンパク質生合成を阻害する殺菌剤

北興化学工業株式会社 しばた としひろ よしい あつし きた ゆういち
柴田 俊浩・芳井 篤・北 雄一

はじめに

生物の生命活動にはアミノ酸やタンパク質は必須であり、その生合成を阻害する物質は生物に影響を与える。国内において農薬として使用されているタンパク質合成阻害剤には、微生物が生産する生理活性物質であるカスガマイシン、ストレプトマイシン、オキシテトラサイクリンの3剤がある。これら3剤はいずれも植物病原細菌に活性を示し、有効薬剤の少ない細菌病防除において重要な薬剤となっている。また、カスガマイシンはイネいもち病菌 *Pyricularia oryzae* への活性から見いだされているように糸状菌の一部にも活性を示し、長くいもち病防除場面で使用されている。

CropLife International 傘下の Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) によって、これらアミノ酸およびタンパク質生合成を阻害する殺菌剤は、作用機構グループDに分類されている。本稿では、グループDのうち上記タンパク質生合成を阻害するD3, D4, D5について解説する(表-1)。

I 開発の経緯

1 カスガマイシン

イネいもち病は水稻における最重要病害であり、かつては有機水銀剤が使用された。しかし、環境汚染問題からこれらの使用が中止され、代替として有機りん系や有機塩素系薬剤が開発されてきた。その中で1960年代に微生物化学研究所と北興化学工業株式会社が奈良県の春日大社の土壌から分離した放線菌 *Streptomyces kasugaensis* が生産するカスガマイシンがイネいもち病に活性を示すことを見だし、1965年にイネいもち病防除薬剤として農薬登録を取得した(図-1)。

その後、テンサイ褐斑病 *Cercospora beticola* などの糸状菌や、カンキツかいよう病菌 *Xanthomonas campestris* subsp. *citri*, イネもみ枯細菌病 *Burkholderia glumae* 等の病原細菌に有効であることが確認され、単剤および混合剤で各種作物の防除剤としても利用されている。

また、米国ではバラ科果樹の火傷病 *Erwinia amylovora* 対象で登録・使用されているなど海外でも野菜などの細菌病対象に使用されている。

農業用として用いられるカスガマイシンは医薬用とは

表-1 タンパク質生合成を阻害する殺菌剤の作用機構

作用機構	標的部位とコード	グループ名	化学または生物グループ	一般名	コメント	FRACコード
アミノ酸およびタンパク質生合成	D3: タンパク質生合成(リボソーム翻訳開始段階)	ヘキシピラノシル抗生物質	ヘキシピラノシル抗生物質	カスガマイシン	糸状菌および細菌(<i>Burkholderia glumae</i>)の病原菌で耐性が知られている。中程度の耐性リスク。耐性管理が必要	24
	D4: タンパク質生合成(リボソーム翻訳開始段階)	グルコピラノシル抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	ストレプトマイシン	殺細菌剤。耐性が知られている。高い耐性リスク。耐性管理が必要	25
	D5: タンパク質生合成(リボソームポリペプチド伸長段階)	テトラサイクリン抗生物質	テトラサイクリン抗生物質	オキシテトラサイクリン	殺細菌剤。耐性が知られている。高い耐性リスク。耐性管理が必要	41

Fungicides that Inhibit Protein Biosynthesis. By Toshihiro SHIBATA, Atsushi YOSHII and Yuichi KITA

(キーワード: タンパク質生合成阻害, カスガマイシン, ストレプトマイシン, オキシテトラサイクリン, 殺菌剤)

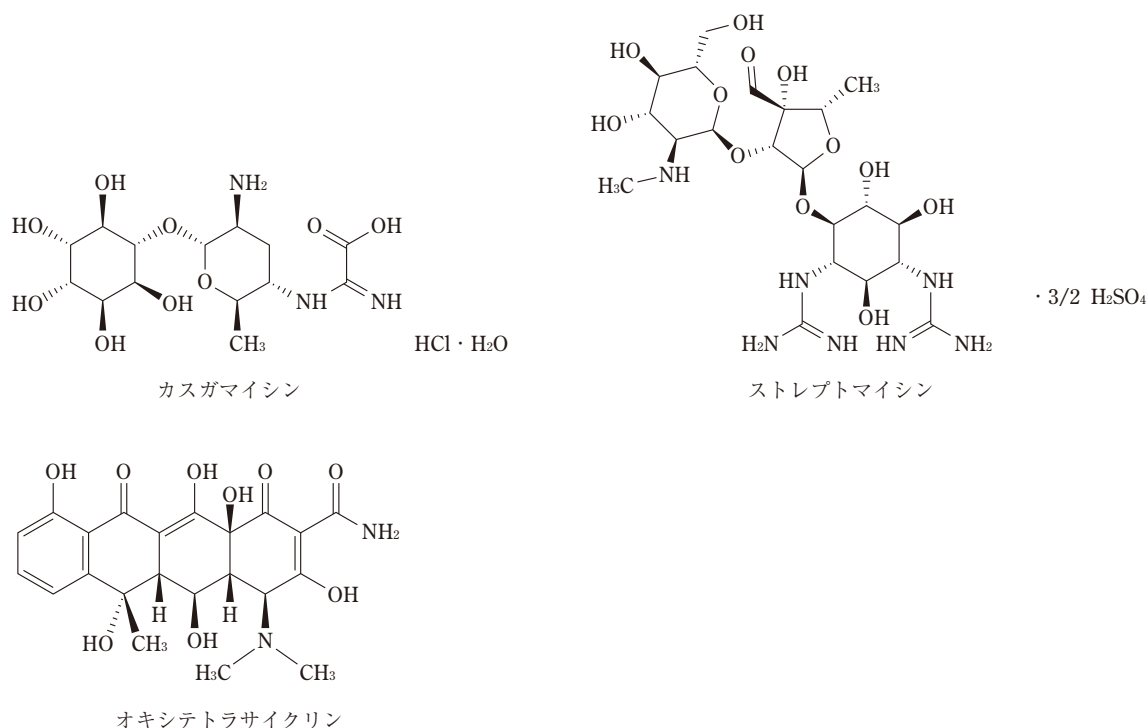


図-1 タンパク質合成を阻害する殺菌剤

異なり、安価で大量生産することが重要であった。カスガマイシンの生産力価は当初 $200 \mu\text{g}/\text{l}$ 程度であったが、単孢子分離、紫外線照射等の突然変異処理による菌株の選抜と培地組成検討を続けた結果、大豆油および大豆粉を主成分とした培地で $10 \text{ mg}/\text{l}$ 以上の生産力価にあげることができ（佐藤・松岡，1970；上杉ら 編，1981），安価で大量生産が可能になった。

2 ストレプトマイシン

1944年にワクスマンにより放線菌 *Streptomyces griseus* が生産するストレプトマイシンが発見され、以後、グラム陰性菌，グラム陽性菌等に対し強力に作用する医薬品として利用されている。日本における農業場面への展開としては、1955年に日本農薬株式会社が農薬登録を取得し、その後、各社から単剤，混合剤が開発・販売されている（図-1）。現在，本剤は日本曹達株式会社が所有している。

3 オキシテトラサイクリン

1950年に放線菌 *Streptomyces rimosus* が生産する抗菌物質として発見された。広範囲の病原菌に有効なため，医薬品および動物用医薬品として使用されている。農業用としてストレプトマイシンとの混合剤が開発され，日本では1957年にアグリマイシン-100として農薬登録を取得し，各種細菌病に使用されている（図-1）。その後，単剤および本剤+ストレプトマイシン+水酸化第2銅と

の混合剤が開発・販売されている。現在は，日本曹達株式会社が所有している。

II 作用機構

いずれもリボソームでのタンパク質合成を阻害するが，結合する部位・作用が異なる。

1 カスガマイシン

当初カスガマイシンはアミノグリコシド系抗生物質と同様に，タンパク質合成において合成装置であるリボソームの30Sサブユニットと開始用トランスファーRNA (tRNA) に作用し，生合成を阻害すると推定されていたが（図-2），2006年に理化学研究所とマックスプランク研究所の研究結果より，30SサブユニットとメッセンジャーRNA (mRNA) の結合部位にカスガマイシン2分子がはまり込み，リボソームとmRNAの相互作用を妨げ，タンパク質合成を阻害することが判明した（図-3）（独立行政法人理化学研究所・ドイツ マックスプランク研究所，2006）。この作用は他のタンパク質合成を阻害する抗生物質は異なる独自のものであり，カスガマイシンの活性が他と異なり，また人畜への毒性が低い理由である可能性が指摘されている。

2 ストレプトマイシン

ストレプトマイシンはヘキソピラノシル抗生物質に属し，リボソームの30SサブユニットのリボソームRNA

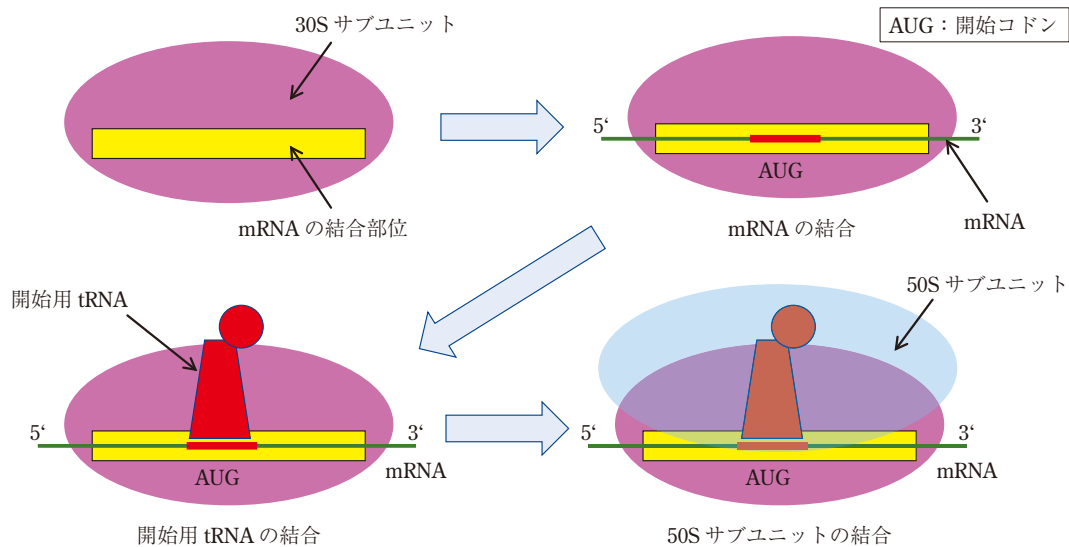


図-2 従来考えられていたカスガマイシンによる阻害 (2006 年理化学研究所・マックスプランク研究所プレスリリースから引用)
タンパク質合成ではリボソーム 30S サブユニットに mRNA, tRNA が結合する。

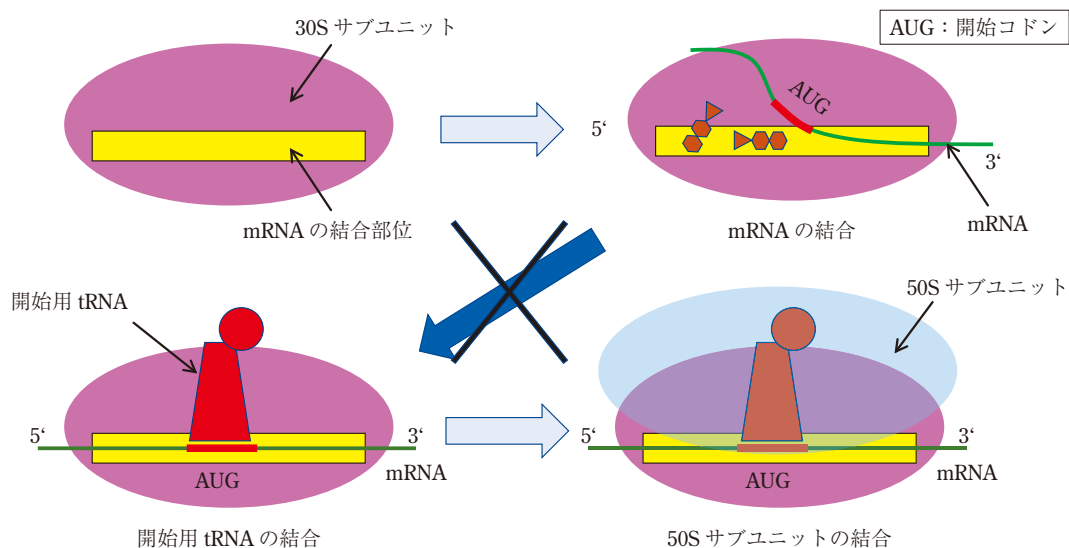


図-3 カスガマイシンと 30S リボソームとの結合によるタンパク合成の阻害 (2006 年理化学研究所・マックスプランク研究所プレスリリースから引用)
2 分子のカスガマイシンが mRNA, tRNA の結合を阻害。

(rRNA) に結合することにより、ペプチド鎖の合成開始を阻害する。人畜、植物等の真核生物は 40S と 60S サブユニットがタンパク合成を行い、30S サブユニットはないことから、この点が対象となる細菌と作物、人畜との間の選択性に関与していると考えられる。

3 オキシテトラサイクリン

オキシテトラサイクリンは細菌のリボソームの 30S サブユニットと結合するが、ストレプトマイシンとは異なり、mRNA のコドンとアミノアシル tRNA のアンチコドンの対合が正しく行われているかを監視する領域に結合

し、タンパク質の合成を途中で停止させる。

III 作用特性

カスガマイシン、ストレプトマイシン、オキシテトラサイクリンは、いずれも植物内への浸透性を有しており、植物内の病原菌に作用する活性がある。病勢が進展した状態での効果は弱いため、感染初期までに使用する。細菌病などに有効な銅剤などの保護殺菌剤に比べると、やや残効が短い傾向にある。耐性菌リスク回避も合わせ保護剤との体系、混合剤が有効である。

また、ストレプトマイシンの特異な使用方法として、ブドウの無核化への利用がある。満開前に花房に処理することにより種子の形成が抑制される。植物ホルモンであるジベレリンとの併用等で使用される。

IV 耐性菌の現状

1 カスガマイシン

カスガマイシンがいもち病に高い効果を示したことから、農薬登録取得後、広域に使用された。山形県では1968年から主要いもち病防除剤として使用され、特に庄内地方では使用率は90%程度に達し、1作で最大5回使用されたケースもあった。1971年に庄内地方でいもち病に対する効果の低下が報告され、効果低下を示した圃場から分離されたいもち病菌ではカスガマイシンへの感受性低下が認められ、我が国初の耐性菌の出現が確認された(三浦ら, 1973)。そのため1972年から庄内地方でのカスガマイシン単剤の使用を停止し、イネいもち病菌の感受性モニタリングを継続したところ、使用停止1年後には耐性菌の比率が大きく低下し、5年後にはほぼ確認されなくなった(三浦, 1983)。耐性菌確認後はカスガマイシンとフサライド混合剤への切り替え、使用回数の制限の指導を行ったところ、耐性菌の発達はなく、現在でもカスガマイシン剤は有効な薬剤として使用されている。

ほかに糸状菌ではテンサイ褐斑病菌、細菌ではイネ褐条病菌 *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*、イネもみ枯細菌病等でも感受性の低下による防除効果の低下の報告があり(築尾ら, 1984; 竹内・田村, 1991; 堀ら, 2007)、いずれも混合剤や代替剤の利用により対応されている。

2 ストレプトマイシン

すでにキュウリ斑点細菌病 *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*、モモせん孔細菌病 *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*、キウイフルーツかいよう病 *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* 等の各種細菌病において感受性低下の報告があり(向ら, 1976; 高梨, 1979; 松崎ら, 1981; 小林・吉田, 1985; NAKAJIMA et al., 1995)、現在感受性を示す

病害についても注意が必要である。耐性の発達を遅延させるために異なる作用性の薬剤との体系、混合剤の使用等耐性管理を実施する。

3 オキシテトラサイクリン

現時点、農業場面での耐性菌の報告はほとんどないが、医薬場面では耐性を獲得した細菌の報告がある。FRACの分類では耐性リスクは高いとされている。ストレプトマイシン同様に異なる作用性の薬剤との体系、混合剤の使用等による耐性管理を実施する。

おわりに

放線菌が生産する抗菌物質であるカスガマイシン、ストレプトマイシン、オキシテトラサイクリンは有効薬剤の少ない細菌病防除における貴重な薬剤といえる。他の有効な薬剤に銅剤があるが、汚れ、薬害の課題もありすべての防除の必要性を賄えるものではない。今後、温暖化により細菌性病害が増加すると思われる一方、新規作用性の薬剤の開発が難しくなっている。カスガマイシン、ストレプトマイシン、オキシテトラサイクリン等を有効に活用するためには、感受性の変動に注意し、使用回数を制限し、使用時期の最適化をはかり、混合剤や作用性の異なる薬剤との体系等の耐性管理が必須である。

引用文献

- 1) 築尾嘉章ら (1984): 日植病報 50(5): 637~640.
- 2) 独立行政法人理化学研究所・ドイツ マックスプランク研究所 (2006): 9月25日プレスリリース.
- 3) 堀 武志ら (2007): 日植病報 73(3): 278.
- 4) 小林研三・吉田政博 (1985): 同上 51(1): 62.
- 5) 松崎正文ら (1981): 同上 47(3): 297~300.
- 6) 三浦春夫ら (1973): 同上 39(3): 239~240.
- 7) ——— (1983): 東北大学博士論文.
- 8) 向 秀夫ら (1976): 日植病報 42(1): 61.
- 9) NAKAJIMA, M. et al. (1995): Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 61(5): 489~492.
- 10) 佐藤克己・松岡正幸 (1970): 農業生産技術 No.21.
- 11) 高梨和雄 (1979): 日植病報 45(5): 552.
- 12) 竹内 徹・田村 修 (1991): 同上 57(1): 117~118.
- 13) 上杉康彦ら 編 (1981): 農薬実験法 殺菌剤 編, ソフトサイエンス社, 東京, p.160~161.

学 会 だ よ り

○第 40 回農薬環境科学研究会開催のお知らせ

第 40 回農薬環境科学研究会は下記のとおり開催いたします。

開催形式：対面・オンライン（ハイブリッド形式）

開催日：2023 年 9 月 14 日～15 日

参加申込み期限：2023 年 8 月 20 日

参加料金：会員 8,000 円，非会員 12,000 円，学生 4,000 円

開催場所：ホテルマイステイズ松山

日程

9 月 14 日（木） 11:45～18:00

11:45～ 受付

12:30～12:40 開会挨拶

12:40～13:40 特別講演：「Applications of biocatalysts for bond making and bond breaking」
University College London Prof. Dr. Hailes Helen

13:40～14:20 基調講演「微生物変換で天然に存在しない生物活性天然有機化合物を創生する」岡山大学農学部 神崎 浩

14:20～15:00 「急傾斜農業の超省力化に向けた小型農業ロボットシステムの開発」愛媛大学農学部 上加裕子

15:20～16:00 「ペット動物を指標とした室内の農薬汚染実態の解明」愛媛大学農学部 水川葉月

16:10～16:30 総合討論

16:30～17:30 ポスター発表・企業展示

18:00～20:00 情報交換会

9 月 15 日（金） 9:30～12:30

9:30～10:10 「愛媛県におけるドローン利用による病虫害防除法の現場実装への取り組み

広告掲載会社一覧（掲載順）

サンケイ化学(株)……………主要品目
エフエムシー・ケミカルズ(株)……………ベネビア
バイエルクロップサイエンス(株)……………アンビショナルガ
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
三井化学クロップ&ライフソリューション(株)
……………主要品目
北興化学工業(株)……………楽粒
農薬工業会(株)……………日本の農薬
アグロカネショウ(株)……………ヨーバル

10:10～10:50 「環境経済学の見地から一環境の選好・便益評価のアプローチと農村サステナビリティプロジェクトの分析」
愛媛大社会共創 入江賀子
企業ミニプレゼンテーション
11:00～12:20 閉会挨拶
12:20～12:30 連絡先や詳細はホームページをご確認ください。

○第 57 回植物感染生理談話会開催のお知らせ

第 57 回植物感染生理談話会は下記のとおり開催いたします。

開催日：2023 年 9 月 4 日～6 日

参加申込み期限：2023 年 8 月 18 日

参加料金：一般 5,000 円，学生 3,000 円

会場：岡山大学津島キャンパス 共育共創コモンズ・オークス
連絡先や詳細はホームページをご確認ください。

次号予告

次号 2023 年 9 月号の主な予定記事は次のとおりです。

特集：

ネギ黒腐菌核病の発生生態と防除対策 小河原孝司
ピラジフルミド剤のセルトレイ灌注処理および生育期散布後の
薬剤濃度推移と防除適期の推定 井上 浩ら
千葉県の秋冬ネギにおけるネギ黒腐菌核病対策 中田葉々子ら
ヘソディム手法を用いたネギ黒腐菌核病の体系防除 伊代住浩幸
植物の匂いを利用した減農薬栽培技術の開発 有村源一郎
炭酸カルシウム水和剤中の添加剤によるリンゴ害虫モモンシクイ
ガの産卵抑制効果 風間春奈ら
CAPS マーカーによるクビアカツヤカミキリと他種カミキリムシ
の識別 春山直人
静岡県における土着系統のタバコカスミカメによる施設大玉トマ
トのタバココナジラミ防除体系の構築 齊藤千温ら
宮城県津波被災地域における水田農業の復旧・復興に向けた水稲
病虫害研究の足跡 加進丈二

和歌山県における露地栽培ショウガの根茎腐敗病の防除対策

菱池政志

モモヒメヨコバイの発生と現状

三代浩二

植物防疫講座：

病害編（物理的・耕種の防除編）-1 水稲病害における物理的防除 藤 晋一

虫害編（物理的・耕種の防除編）-1 水稲害虫における物理的・耕種の防除（スクミリンゴガイ） 清水信孝

虫害編（物理的・耕種の防除編）-2 水稲害虫における物理的・耕種の防除（スクミリンゴガイを除く） 平江雅宏

研究室紹介：

三重県農業研究所 紀南果樹研究室 鈴木孝明

地方独立行政法人 青森県産業技術センター リンゴ研究所県南果樹部 内藤 誠

植物防疫

2023 年
8 月号

（毎月 1 回 1 日発行）

第 77 巻 2023 年 7 月 25 日印刷

第 8 号 2023 年 8 月 1 日発行
（通算 920 号）

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)
東京都荒川区西日暮里 6-28-1

定価 1,100 円

本体 1,000 円 + 税 10 %

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話 (03) 5980-2181 (代)

FAX (03) 5980-6753 (支援事業部)

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

明日の「農」を支える力でありたい。

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

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

殺虫剤

三井薬 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤 粉剤DL・箱粒剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL 粒剤・エアースカイMC

ミルベノック® 乳剤

リディア® 箱粒剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤 液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

プロフレア® SC

トレボンスター® フロアブル 粉剤DL

コロマイト® 水和剤 乳剤

エミリア® フロアブル

殺菌剤・殺虫菌殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

ネビジン® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤 液剤

ガッツスター® 粒剤

ツインキック® 箱 粒剤

サンスパイク® 箱 粒剤

トライ® フロアブル

ベジセイバー®

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

三井薬 **クロールピクリン**

Dr.オリゼリディア® 箱粒剤

サンエース® 箱 粒剤

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤 粒剤

タチガレン® 粉剤 液剤

サンブラス® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

オリゼメート® 1キロ粒剤 粒剤

アグレプト® 水和剤 液剤

除草剤

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル・400FG

バスター® 1キロ粒剤

バスター® 1キロ粒剤

トドメMF® 1キロ粒剤 乳剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル

ウルティバZ® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル・400FG

リニッパームZ® 1キロ粒剤

ランカロスZ® 1キロ粒剤

草枯らしMIC® 1キロ粒剤

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル・400FG

リニッパーム® ジャンボ

ランカロス® ジャンボ

バスター® 液剤

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



三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社

東京都中央区日本橋 1-19-1 日本橋ダイヤビルディング

三井化学アグロ(株)はグループ内企業を再編し社名変更いたしました。

除草剤の

省力化を始めませんか？

楽粒[®]

／ 楽しく楽に薬剤散布 ／
新製剤 **楽粒** のご紹介

新製剤 **楽粒** は、

水田に入らず、畦畔からの省力散布が可能です

オススメ!



畦畔からの一辺処理



袋のまま散布



水口施用^{※1}



計量カップ散布



ひしゃく散布



動力散布機^{※2}



ラジコンボート^{※2}



無人航空機^{※2}

^{※1} サキガケ楽粒、ノックアウト楽粒で登録があります。 ^{※2} 使用機器によって薬剤の吐出量の調整が必要です。

新製剤 **楽粒** は、

散布されると速やかに拡散し、水面を鏡面状に整えます

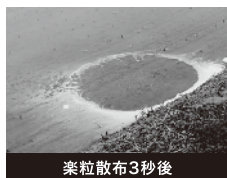
水面で溶けながら速やかに拡散します [※] 分かりやすくするため圃場に白い粉を処理しています。



楽粒散布前



楽粒散布直後



楽粒散布3秒後

楽粒(らくりゅう)は、北興化学工業株式会社が開発した新規拡散型製剤です。拡散性に優れ、風上側から一辺処理を行うと、1ha 水田でも中に入らず散布可能です。田面水に散布すると独自処方界面活性剤の作用により水面を鏡のようにしながら溶けて、圃場の隅々まで有効成分を拡散させます。

下の二次元コードをスマートフォンなどで読み取ると、「楽粒の紹介」、「上手な使い方」の動画をご覧いただけます。

楽
YYY



楽粒の紹介
【動画】



上手な使い方
【動画】

除草の省力化に貢献します！
楽粒シリーズ

サキガケ 楽粒

ノックアウト 楽粒

NEW **ノックアウト** 楽粒

●使用前にはラベルをよく読んでください。 ●ラベルの記載以外には使用しないでください。 ●本剤は小児の手の届くところには置かないでください。
●使用後の空袋は圃場等に放置せず、環境に影響のないよう適切に処理してください。 ●防除日記を記載しましょう。



北興化学工業株式会社
〒103-8341 東京都中央区日本橋本町1-5-4

お問い合わせ先 URL

<https://www.hokkochem.co.jp/contact>

®は北興化学工業株式会社の登録商標

JCPA

＼ 持続可能な / 日本の農業

農薬適正使用を学ぶなら JCPA へ



『農薬の講習、どうする?』『指導者を育成する指導者がいない...』など
お悩みのJA・自治体の皆さん必見!

お悩みに合わせて講師派遣を行います

専業農家向け研修／直売所生産者向け研修／新規就農者向け農薬とマスクの基礎研修 など

詳しくは、マイナビ農業内
特設サイトをご覧ください。

JCPA 農薬工業会

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



果樹王国で必要不可欠の作物
保護・農薬を学ぶ 新規就農者
も安心、JCPAの講師派遣・全国
で開催中

お問い合わせ

JCPA農薬工業会

03-5649-7191

jcpa@jcpa.or.jp

公益社団法人 緑の安全推進協会

03-5209-2511

midori@midori-kyokai.com

JCPA (Japan Crop Protection Association)

多彩なパフォーマンス!

チョウ目害虫防除に!!

害虫防除剤

兼商

ヨーバル[®]

フロアブル

有効成分：テトラニプロロール…18.2%

農林水産省登録
第24318号

®はドイツ・バイエル社の登録商標



5つの

1 幅広い 殺虫スペクトル

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

2 バラエティ豊かな 登録作物

野菜・果樹・茶など様々な作物で
使用できます。

3 散布時期を 選ばない利便性

多くの作物で収穫前日まで散布でき、
野菜は育苗期の灌注でも
使用できます。

4 ハイレベルな 作物安全性

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

5 高い効果持続性

残効が長く、長期間害虫の被害から
作物を守ります。

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



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

詳しい製品情報はHPで
ご確認ください。

