

植物防疫

Plant Protection

2

2023
VOL.77



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

病害虫防除の新たな切り札！

～それぞれの特長で効果的な防除を～

ハダニ類・コナジラミ類・
うどんこ病防除に！
有機JAS対応！

®はサンケイ化学(株)の登録商標

殺虫殺菌剤

サンクリスタル[®] 乳剤

有効成分：脂肪酸グリセリド …… 90.0%



コナジラミ類・アザミウマ類・
ハダニ類・ハモグリバエ類・
チョウ目害虫の防除に！

サンケイ

殺虫剤

ダブルシューターTM SE

有効成分：脂肪酸グリセリド …… 75.0%
スピノサド …… 5.0%

TM® コルテバ・アグリサイエンスならびにその関連会社商標



濡れ性・速乾性・
汚れ軽減で選ぶなら！

展着剤

ブレイクスルー[®]

BREAK THRU ®はアルツケム社の登録商標

有効成分：
ポリオキシアルキレンオキシプロピルヘプタメチルトリシロキサン…80.0%
ポリオキシアルキレンプロペニルエーテル ……20.0%



サンケイ化学株式会社

本社 鹿児島市南栄2丁目9番地 TEL (099) 268-7588
東京本社 東京都台東区上野7-6-11 TEL (03) 3845-7951
東京営業部 埼玉県深谷市幡羅町1-13-1 TEL (048) 551-2122



速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。



無処理 残葉率 0%



A剤 残葉率 20%



グレーシア乳剤 残葉率 90%

食害される前に駆除できる。*

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®]乳剤



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

*1 作物によって適用害虫は異なります。詳しくはグレーシアホームページをご覧ください。

*2 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。

※ グレーシア乳剤のハスモンヨトウ終齢幼虫に対する速効性試験 2018年日産化学生物科学研究所（社内試験）

【試験方法】虫体浸漬、処理1時間後飼入、20時間後撮影



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

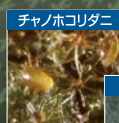
東京都中央区日本橋二丁目5番1号
<https://www.nissan-agro.net/>



日産化学株式会社

まったく新しい作用性で、
やっかいな害虫も
見逃さない！

新しい効き目で、
行き場なし。



チャノホコリダニ



コナジラミ類



アブラムシ類



アザミウマ類



ハダニ類



トマトサビダニ



カイガラムシ類



モベント[®]
フロアブル

- 難防除害虫に安定した効果
- 幅広い吸汁性害虫に有効
- 優れた浸透移行性と長期の残効性
- 1製剤で2つの使い方



詳しい
製品情報は
こちらから



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

モベントはバイエルグループの登録商標。

バイエル クロップサイエンス株式会社

お客様相談室 ☎ 0120-575-078 9:00~12:00, 13:00~17:00 土日祝日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 アシノナピル水和剤

ダニオーテ[®] フロアブル

農林水産省登録 第24213号

登録作物

かんきつ、りんご、なし
おうとう、小粒核果類
いちご、なす、すいか



●使用前にはラベルをよく読んでください。

●ラベルの記載以外には使用しないでください。

●小児の手の届く所には置かないでください。



日本曹達株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号
☎(03) 3245-6178

HPはこちらから
ご覧いただけます



目 次

巻頭言

混迷する世相の中，植物保護や人材育成についての雑感	神頭 武嗣	1
---------------------------------	-------	---

総説

ハダニ類に対する紫外線-B (UV-B) 照射の生物学的効果と生物的防除の併用について	刑部 正博	2
---	-------	---

研究報告

クワシロカイガラムシ雌成虫の生殖休眠に及ぼす温度変化の影響	武田 光能	11
-------------------------------------	-------	----

トピックス

炭疽病の病原学名変更と病原追加	佐藤豊三・森脇丈治・佐藤 衛	18
アブラナ科黒斑細菌病に関与する病原細菌種とそれらの識別法	井上 康宏	28
<i>Rhizorhapis suberifaciens</i> によるレタスコルキール病の発生	石山佳幸・小木曾秀紀	33
水田地帯のタマネギ新興産地で発生した育苗期の病害	守川俊幸・三室元気・築尾嘉章	38

新技術解説

ミナミキイロアザミウマの簡易飼育法および佐賀県個体群に対する薬剤の効果	成富 毅誌	45
ツマジロクサヨトウと国内で発生する主要な広食性ヤガ科の幼虫による見分け方	肥後 雄一	49

研究室紹介

宮崎県総合農業試験場 茶業支場	川越 洋二	54
-----------------------	-------	----

農林水産省プレスリリース (2022.12.1～2022.12.31)	37
新しく登録された農薬 (2022.12.1～12.31)	55～57
登録が失効した農薬 (2022.12.1～12.31)	10, 17
発生予察情報・特殊報 (2022.12.1～12.31)	44

【表紙写真】

上段：イチゴ施設栽培の紫外光 (UV-B) 照射とハダニ類を捕食する天敵ミヤコカブリダニ
下段左：レタスコルキール病による主根褐変症状
下段右：ツマジロクサヨトウ幼虫

大地を守る！

倒してきた線虫の数に、
自信あり。

殺線虫剤

石原

有効成分：ホスチアゼート…1.5%

ネマトリン[®]エース
粒剤

®は登録商標



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

混迷する世相の中、植物保護や人材育成についての雑感

兵庫県立農林水産技術総合センター かんとう たけし
淡路農業技術センター 神 頭 武 嗣



2022年2月、ロシアによる突然のウクライナ侵攻が始まった。予想を覆し、欧米の協力を得て、ウクライナが善戦しているが、一刻も早い戦闘の終結を望んでいる。そして、チェルノーゼムといわれる肥沃な土壌を有するウクライナで、安心してコムギなどの農産物生産が行われることを熱望する。

植物保護に携わるものとして、病虫害・雑草から植物を守るために奔走するが、人為的な戦争には無力である。世界人口が80億人を超えた2022年、世界的に食糧の安定供給が大命題であり、そのためには気候変動対策・病虫害対策は極めて重要である。

ウクライナ侵攻以来、農業生産資材も含めたあらゆる物価が高騰している。

私が2022年4月から赴任した淡路農業技術センターでは、肥料費も上がっているが、それ以上に乳牛の飼料費の急激な高騰により、当センターの維持運営は厳しい状況にある。酪農家の皆様の苦境を思う。

そのような中で、われわれ公設試の役割は技術開発によって、農業経営者・従事者に貢献することである。

品種改良、栽培方法の改善、スマート化、新奇病虫害防除技術の確立、薬剤抵抗性病虫害対策等々。

これらの技術は「研究」である以上、一定の独創性がなければならないし、農業生産現場で活用されることを想定したものであるべきである。

技術革新のためには研究員個人の能力向上はもちろん、研究体制の整備、予算の確保、異分野との協業等が欠かせない。研究体制の整備は管理職や事務方が、予算の確保は事務方とプロジェクトリーダーが、それぞれ中心となって担うものと考ええる。

それに比べて、異分野との協業は、研究員自らが研究業績をひっさげ、異業種の方々とマッチングしていく積極性が求められる。農工連携、医農連携、農福連携等々の形があるが、要は自分の強みと相手の強みを持ち寄って、今までにない技術を開発しようということである。

幅広い知識を身につけ、弱点を克服することも大切だが、「強み」を伸ばすことを第一にすべきであるといっている方（三重大学大学院医学研究科 島岡要教授）もおられる。

そのためにも、若い研究員は自らの実績作りに精進してほしいし、「天才イチローでも3割バッター」であり、失敗を恐れない、転んでもただでは起きない、そういう気持ちを持ってほしい。管理職も、根性論に走らず、研究がうまくいかない場合の要因解析およびその対策のヒントを

いっしょに考えていく姿勢が求められているように思う。

私自身も大いに反省するところでもあるが、部下に指導するときは、できるだけ短く、具体的に指摘し、処方箋のヒントを与えるように努めている（できているかは別問題）。

部下にダメ出しするだけなら、ダメ上司である。昔は「ホウレンソウ」（報告・連絡・相談）と、部下から上司への方向性ばかりが語られたが、同僚の管理職から数年前に教えられた上司から部下への「オヒタシ」（怒らず、否定せず、助ける、指示する）ができる上司でありたいとは思っている（これまた私自身ができているかは第三者に委ねられる）。

研究の管理職とは、一般的な管理職であることに加え、研究方針の示唆、研究内容の把握、成果の評価、成果の広報と宣伝、研究が行き詰まったときのフォロー、励ましや労いといったことも求められているように思う。

こんなにたくさん求められると、研究管理職はスーパーマンか?!と突っ込まれるかもしれない。確かに困難であり、スーパーマンにはなれないが、少しでも近づくことは可能であろう。

とりとめのないまさに「雑感」となってしまったが、最近ショッキングな題名の書籍が出版された。

「世界で最初に飢えるのは日本 食の安全保障をどう守るか」（東京大学大学院農学生命科学研究科 鈴木宣弘教授）の目次を見ると「コロナで止まった「種・エサ・ヒナ」」「食料はお金で買える」時代は終わった」等のタイトルが並ぶ。

日本は食料自給率も低下したままである。諸外国と良好な関係を保ちながら国内での食料生産基盤維持強化が今こそ重要なときである。「世界からバナナがなくなるまえに」の著者ロブ・ダンも書いている通り「私たちは、エボラ出血熱、MERS（中東呼吸器症候群）、ジカ熱等の人間を攻撃する病原体についてはあれこれと心配する。だがジャガイモ飢饉の教訓に従えば作物に対する脅威も心配すべきである。そのような病原体の到来は、必然なのだから。」

先の見えない時代であるが、人類が今後も生存する以上食料生産は必須であり植物保護もまた重要である。47都道府県での地域ごとの産地維持、植物保護の取組が引いては大きな意味での国の防衛につながることを農業関係者・植物保護にかかわる人達は声高に主張しよう！

そして安全安心な農産物生産が永続されますように！

（関西病虫害研究会 会長）



ハダニ類に対する紫外線-B (UV-B) 照射の生物学的効果と生物的防除の併用について

元 京都大学大学院農学研究科 ^{おさか}刑 ^べ部 ^{まさ}正 ^{ひろ}博

はじめに

筆者らは、2009年に太陽光中のUV-B（波長280～315 nm）のハダニへの致死的效果を見いだしたことを論文発表し（OHTSUKA and OSAKABE, 2009）、本誌でも紹介させていただいた（刑部・大塚, 2009）。その後、UV-Bによる致死メカニズム、光回復、有力天敵（カブリダニ）への影響などの基礎研究と並行して、施設栽培イチゴなどにおけるハダニ防除技術が開発された（増井ら, 2013；2014；近藤ら, 2016；TANAKA et al., 2016；田中ら, 2017；KOMAGATA et al., 2022）。これらの研究成果は、さらに内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム（次世代農林水産業創造技術）」の「持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発（2014～2018年）」（管理法人：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター）において、国内各地における実施条件と経済的効果が検討され、“紫外光照射を基幹としたイチゴの病害虫防除マニュアル（https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130266.html）”が公開された（佐藤・田中, 2019）。

このように、UV-Bによるハダニ防除法は、運よく順調に基礎研究から普及技術に移行できた。この背景には、うどんこ病防除のために先行開発された農業用UV-Bランプの存在という大きな幸運があった（松浦ら, 2010；神頭ら, 2011；松浦ら, 2012）。UV-Bによるうどんこ病防除法は、植物の抵抗性誘導に働きかける画期的かつ極めて効果的な防除法である（神頭ら, 2011；岡ら, 2011；岡田・岡, 2014；OTA et al., 2021；太田ら, 2021）。ここにハダニでの知見を組合せることによって、夜間短時間（2～3時間）のUV-B照射により、施設栽培イチゴにお

ける重要病害虫の同時防除が可能な画期的な防除法（UV法；TANAKA et al., 2016）が成立した。ハダニについていえば、イチゴやバラ等の施設栽培では殺ダニ剤に対する抵抗性の発達が、特にナミハダニ *Tetranychus urticae* KOCHなどで著しく、防除対策および経済上の深刻な問題になっている（刑部・上杉, 2009；OSAKABE et al., 2009；山本, 2012；VAN LEEUWEN et al., 2015；山本, 2020）。このため、薬剤のみに頼らない総合的防除法の確立は喫緊の課題であり（農研機構, 2019）、イチゴ栽培ではUV法はその基幹防除技術となる可能性がある。しかし、冬季に比べて葉が繁茂する春（例えば4～5月ごろ）には葉裏へのUV-B照射が遮られる部位が増加し、気温上昇の影響もあってか、ハダニが増殖しやすくなる傾向が見られている。このため、UV-Bが当たりにくい影の部分ではカブリダニなど天敵の利用が望まれる。しかし、従来の室内実験（UV-Bを1回照射して死亡率を評価するもの）では、カブリダニはハダニに比べて死亡率が高く（TACHI and OSAKABE, 2012）、UV-Bの影響を受けやすいことが示されており、UV法とカブリダニの併用にあって、この問題への対策の必要性を感じていた。

そのような心配を他所に、その後、カブリダニとUV法は互いに相性がよいことを示唆するデータが得られてきた（NAKAI et al., 2018；刑部, 2019）。そこで、筆者は2019年の本誌において、IPMへの適用に関連して重要な点として、①1回照射ではハダニのほうがUV-B耐性が高いのに対し、UV法ではカブリダニのほうがUV-B耐性が高いこと、②高温より低温のほうがUV-Bによる致死率が高いこと、③ハダニ卵のほとんどが死亡し、カブリダニ卵のほとんどが生存する理想的なUV-B照射量が存在することの3点を挙げた（刑部, 2019）。①と③は、UV-B照射とカブリダニの相性のよさを示す一方で、②は春における防除効果の低下の要因の一つを示すものである。

本稿では、はじめに過去10年間の研究成果を概論するとともに、夜間照射条件（UV法）におけるハダニとカブリダニのUV-B耐性の逆転現象と気温の影響について、2019年以降の研究から推察されたメカニズムを

Biological Effects of Ultraviolet-B (UV-B) Irradiation on Spider Mites and Combination Use with Biological Control. By Masahiro OSAKABE

（キーワード：施設栽培イチゴ、紫外線ランプ、物理的防除、生物的防除、総合的病害虫管理、UV損傷、CPD、光回復、ナミハダニ、ミヤコカブリダニ）

紹介したい。

I 研究のきっかけと防除への応用の考え方

農薬だけに頼らない害虫防除法を考えるには、害虫がどのように環境に適応しているのかを知り、その適応の要となっている機能を邪魔してやるというアイデアが一つの戦略となる。とはいえ、狙い通りにそのような戦略が見つかるとは限らない。実際に、UV法のもとになった研究は、当初はミカンハダニの寄主植物であるカンキツ類で、近縁種であるクワオオハダニが発育できない (OSAKABE, 1987; 刑部, 1989; クワオオハダニはミカンハダニ休眠系統と表記) 要因として、葉に含まれるフラノクマリン類の光毒性に注目したものであった。光毒性の確認のためのUV照射実験の結果、フラノクマリン類の有無にかかわらずUV-Bを照射されたミカンハダニの幼虫がすべて死亡した。葉の上面を利用する *Panonychus* 属のミカンハダニ *P. citri* (McGREGOR) の死亡は、葉の下面に生息するナミハダニなど *Tetranychus* 属への影響を想像させるに十分であった。しかし、一定量以上の紫外線を照射されて生物が悪影響を受けることは一般的な現象であり、驚くことではない。一方で、屋外で多くのハダニが葉裏に生息する理由に、太陽光に含まれる紫外線を避けるということが含まれているとすれば、そこには防除に利用していない弱点があることになる。特に重要な点は、ハダニが身を守るのに植物を利用している、すなわち植物に大きな影響がないがハダニにとっては避けるべき悪影響を及ぼす紫外線照射の状況が存在する、ということである。たとえ紫外線でハダニを殺すことができて、それで作物が決定的なダメージを受けるようであれば、防除資材にはなり得ない。

そこで、私たちは太陽光中の紫外線によってナミハダニが死亡し、葉裏では紫外線がほとんど透過せずに卵のふ化率が紫外線カットフィルム下と同等の保護効果があること (OHTSUKA and OSAKABE, 2009; 刑部・大塚, 2009)、雌成虫が紫外線を避けて葉の表裏を移動することなどを確認した (SAKAI and OSAKABE, 2010)。同時に、太陽光紫外線の効果は春に死亡率が高く、秋に低下することや、同じ照射量では紫外線ランプに比べて太陽光紫外線の生物影響が弱い等、予想していなかったいくつかの、また当時としては説明に苦慮することになる現象が見えてきた (SAKAI et al., 2012; 刑部, 2019)。今となれば、これらの現象はハダニ防除へのUV-B利用における重要な観点だったと言える (OSAKABE, 2021)。

II 2009年から10年間の研究の総括

紫外線をハダニ防除に利用しようとする場合、どの波長を程度の強さで、どれだけの時間照射すれば防除効果が得られるのか。さらに、そのとき植物への悪影響はあるのかないか問題である。照射条件から防除効果や影響が予測できれば、ランプの設置方法や使い方が考えやすい。

1 UV-Bによる生物影響(致死効果)の相反則

そこで、照射強度 I (W/m^2) と照射時間 t (秒) がナミハダニの死亡率に及ぼす影響について、室内実験で発育ステージ (卵と幼虫、第三静止期、雌成虫) ごとに調べてみた。そうすると、照射強度が違って、積算照射量 D (kJ ; $D = I \times t$) が同じであれば死亡率は同じであり、薬剤感受性検定の際と同様にプロビット変換した死亡率 (プロビット値) M と積算照射量 (対数值) の関係は単回帰直線 ($M = a \times \log(D) + b$; a と b は定数) によって表せることがわかった (MURATA and OSAKABE, 2013; 村田・刑部, 2014)。このような関係のため、UV-Bランプからの距離がまちまちであっても、ハダニがいる場所での照射強度 I がわかれば希望する死亡率を得るための照射時間 t を逆算することができる。なお、UV-B照射による発育速度や産卵数の低下についても、積算照射量との間に直線的な関係が見られている。

MURATA and OSAKABE (2013) のデータから、ハダニの50%が死亡する積算照射量 (LD_{50} 値) を算出すると、卵、幼虫、第三静止期雌および雌成虫でそれぞれ0.58, 1.19, 1.01および26.12 kJ/m^2 であり、雌成虫は他の発育ステージに比べて顕著に強いことがわかった (村田・刑部, 2014)。一方、成虫直前の第三静止期雌の LD_{50} 値は幼虫と同等の数値となっているが、これは感受性に大きな差があり、少ない照射量で死亡する個体がいる一方で、成虫と同等に高い耐性を示す個体まで様々な感受性の個体がいるためであり、その理由はのちに述べるように脱皮過程における遺伝子発現と関係があると予想される。なお、MURATA and OSAKABE (2013) の実験は蛍光灯が点灯した25℃の恒温室内で行ったものであり、データに一定の光回復 (II章-3節参照) の効果が含まれて LD_{50} 値が過大評価になっていることが、後の実験からわかった。したがって、光回復を避けることにより、これらの値より小さな積算照射量で同等の効果を得ることができる。

これらのデータはいずれも一回だけ一定量のUV-Bを照射して死亡率を調べた結果である。このため、UV法による実際のハウスでの毎晩照射とは照射方法が異なる。そこで、UV法をまねて調べたところ、後に示すよ

うに UV-B を毎日、夜間の暗黒下で照射した場合でも卵の死亡率（プロビット値）は積算照射量（対数値）に比例（単回帰）することがわかった（YUAN and OSAKABE, 2020；図-3B 参照）。このことから、実際の UV 法でも照射強度と照射時間から防除効果を予測可能なことがわかる。さらに言えば、照射強度の計測が難しい場合でも、経験値から防除効果が低い場合は照射時間を長くすることで、効果を高めることが可能である。ただし、ハダニがいるところに UV-B が当たらなくては効果が得られない。このため、施設栽培イチゴの UV 法では反射シートの設置状況や葉欠き等の作業が防除効果に影響を与えると同時に、葉が茂る春以降は葉陰が増えることでハダニが生き延びるチャンスが増える可能性がある。カブリダニでは、ハダニより敏感に UV-B の照射に反応して照射場所から陰に隠れる行動が観察されている（TACHI and OSAKABE, 2012；2014；刑部, 2019）。したがって、葉陰でのハダニの繁殖を防ぐために、カブリダニの併用が期待される（柳田, 2019；片山ら, 2020；KOMAGATA et al., 2022）。

2 ハダニ防除に効果がある波長

前節の室内実験やハウスでの UV 法の実験に用いた UV-B ランプ（YGRFX21701GH；パナソニック）の波長スペクトルは 310 nm をピークとして、280～380 nm 程度の幅を持っている（図-1；TANAKA et al., 2016；田中ら, 2017）。また、蛍光管の特性である水銀のスペクトル

（UV-A と可視光）を含んでいるため、私達も点灯を認識できる。前述のように、UV-B は波長 280～315 nm であり、315～380 nm は UV-A に分類され、大まかにそれ以上（紫色）から赤色までが可視光となる。

ダニ卵に影響を及ぼす波長を確認するため、バンドパスフィルタを通した単色 UV（半値全幅≒ 13 nm）を照射してナミハダニ（SAKAI and OSAKABE, 2010）とミヤコカブリダニ（TACHI and OSAKABE, 2014）のふ化率を調べた。その結果、いずれも波長が 300 nm 以下ではほとんどすべての卵が死亡したのに対して、UV-A（波長＞320 nm）ではほぼすべての卵がふ化した（図-2AB）。一方、UV-B

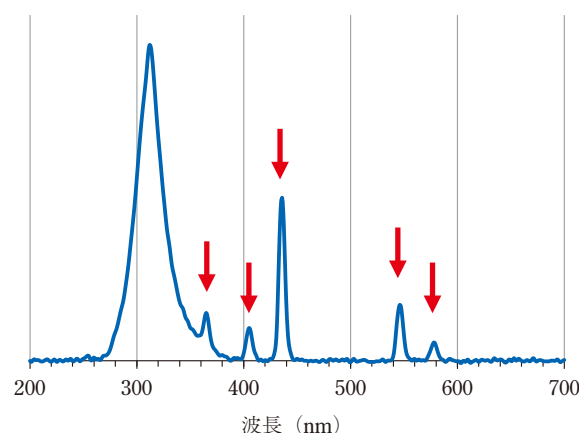


図-1 室内実験およびハウスでの UV 法実験に用いた UV-B ランプの波長スペクトル
赤色の矢印は水銀のスペクトルと思われる。

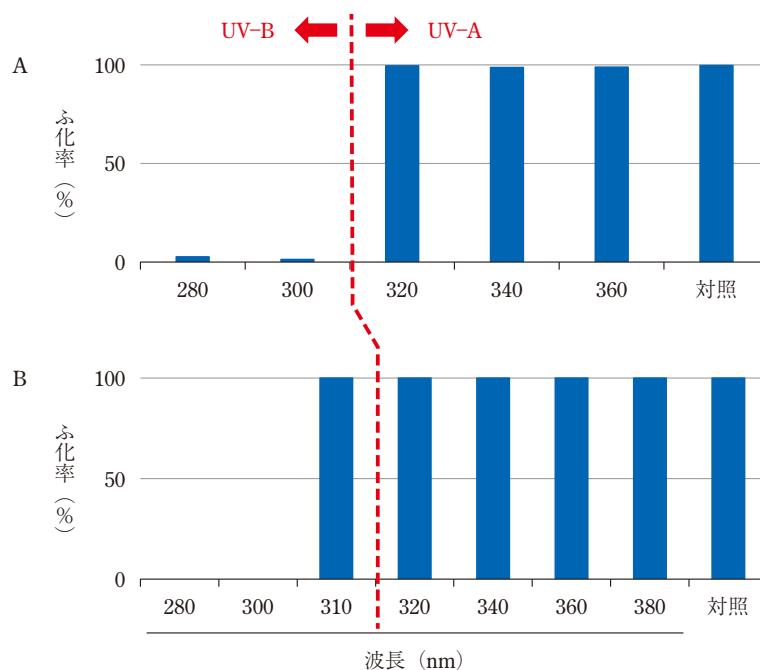


図-2 紫外線 (UV) の波長がダニ卵のふ化に及ぼす影響

A：ナミハダニ（SAKAI and OSAKABE, 2010 より作図），B：ミヤコカブリダニ（TACHI and OSAKABE, 2014 より作図）。UV 照射量，A：5.76 kJ/m²，B：5.29 kJ/m²。

に含まれる 310 nm については、データはミヤコカブリダニのみであるが、すべての卵がふ化した (図-2B)。これにより、300 nm と 310 nm の間でダニへの有害性が劇的に変化することがわかった。したがって、UV 法では放射される UV 中の波長 280~300 nm の UV-B によって殺ダニ効果が得られているようである。310 nm の単色 UV で卵への効果が得られなかったことから、蛍光灯型の UV ランプに代えて、スペクトルの半値幅が狭い発光ダイオード (LED) を利用する場合には選択する波長に注意が必要である。

3 UV によるダメージと光回復

UV 照射は、DNA の直接的な損傷 (シクロブタン型ピリミジンダイマー (CPD) や 6-4 型光産物 (6-4PP) 等) の生成 (SINHA and HÄDER, 2002) や一重項酸素 ($^1\text{O}_2$) 等活性酸素種 (ROS) の発生を通じた細胞膜などの脂質の過酸化や酸化的 DNA 損傷 (KRAMER et al., 1991; KIELBASSA et al., 1997; 井出・片渕, 2004) を引き起こす。UV-A によるダメージとして、ヒトを含む哺乳類では酸化ストレスによる悪影響 (小川・佐藤, 2006; 寺尾, 2016) に加えて、CPD 形成を通じた DNA の直接的損傷が報告されている (ROCHETTE et al., 2003; MOURET et al., 2010; GIRARD et al., 2011)。しかし、前節の単色 UV でも触れたように、ダニ類では今のところ UV-A による悪影響は認められていない (OHTSUKA and OSAKABE, 2009; 刑部・大塚, 2009; MORAN et al., 2017)。

屋外のカンキツで葉の上面を利用するミカンハダニでは、カロテノイドの中でも抗酸化活性が高いアスタキサンチンを恒常的に体内に蓄積し、過酸化脂質の蓄積を防いでいる (ATARASHI et al., 2017)。Tetranychus 属のナミハダニやカンザワハダニ *T. kanzawai* KISHIDA 等では、休眠した雌成虫でアスタキサンチンを含むケトカロテノイドの蓄積が見られ、それによって抗酸化活性が高まっているものと思われる (KAWAGUCHI et al., 2016; BRYON et al., 2017; WYBOUW et al., 2019)。実際に、ナミハダニの休眠雌は非休眠雌に比べて高い UV-B 耐性を示すことが知られている (SUZUKI et al., 2009)。また、ミカンハダニでは、スーパーオキシドディスムターゼ (superoxide dismutase) やペルオキシダーゼ (peroxidase) 等の抗酸化酵素が、高温によって発生した活性酸素種の除去に一定の役割を果たしているとの指摘がある (YANG et al., 2010)。ナミハダニやカンザワハダニでも同様の機能があると想像されるが、そのような酸化ストレスに対する防御機構による UV 照射後の生存率や発育への影響等、その防御効果の詳細はまだよくわかってはいない。

光回復は UV 照射によって生じた CPD を光修復酵素

が可視光や UV-A のエネルギーを利用して修復し、DNA を元の状態に戻す機構である (SINHA and HÄDER, 2002; WEBER, 2005)。ナミハダニでも UV-B 照射による CPD の蓄積と、その後の光回復による減少が確認されている (MURATA and OSAKABE, 2017 a; 刑部, 2019)。MURATA and OSAKABE (2014) は、暗黒条件下ではほとんどが死亡する量の UV-B を照射したナミハダニの卵や幼虫に UV-A や青~緑色の可視光を照射して光回復効果を調べた。その結果、卵ではふ化率が 10% (暗黒) から 68% に、幼虫では発育率が 0% から 100% に上昇した (村田・刑部, 2014)。II 章 1 節で触れたように、蛍光灯が点灯した室内での UV-B ランプによるナミハダニの LD₅₀ 値は 0.58 kJ/m² であった (MURATA and OSAKABE, 2013) が、太陽光の UV-B による LD₅₀ 値は概算でこの 86 倍程度 (約 50 kJ/m²) となった (SAKAI et al., 2012; 村田・刑部, 2014)。このことから、太陽光の強力な可視光 (および UV-A) を利用した光回復が、自然環境下におけるハダニの生存に関して極めて大きな役割を果たしているものと考えられる。ハダニの卵 (産卵後 24 時間以内) では UV-B 照射後に 4 時間の暗黒期間を経過すると、その後に可視光が照射されても光回復がほぼ無効となる (MURATA and OSAKABE, 2014; 村田・刑部, 2014)。そこで、UV 法では夜間に UV-B を照射し、夜明けの 4 時間前までに終了するように照射時間を設定することが推奨される (TANAKA et al., 2016; 田中ら, 2017; 刑部, 2019)。一方、この 4 時間のタイムラグは、幼虫に対しては光回復を無効化させる効果はないため、UV 法における防除効果は殺卵効果によるところが大きいと考えられている。

YUAN and OSAKABE (2022) が 25°C で UV-B を一回だけナミハダニ卵に照射して調べた実験では、産卵後 1 日以内に致死量の UV-B を照射された卵は多くが眼点形成より以前の胚発生の段階で死亡し、産卵 24 時間後以降に照射された卵は半数以上が眼点形成の後に死亡した。このとき、産卵 6~49 時間後の間に UV-B 照射された卵のふ化率は 0% で、1 時間以内および 60 時間以降では 15% 以下のふ化が見られた。このことは、産卵後 2 日目に感受性が高いとする従来の研究報告 (MURATA and OSAKABE, 2014; YOSHIOKA et al., 2018; 刑部, 2019) と一致する。幼虫に UV-B を照射するとほとんどの個体が次の発育ステージである静止期に入り、その状態で脱皮できないか失敗して死亡する (MURATA and OSAKABE, 2017 b)。胚発生期や脱皮期に体を形成するための遺伝子をコードする DNA が損傷を受け、それらが必要なタイミングで修復していない場合には致命的なダメージを受ける可能性がある。幼虫では静止期までの間に光修復ができるの

に対して、卵の胚発生では照射から修復までに許容できる時間が少なく、そのために4時間の暗黒により光回復を無効化できるものと思われる。一方、6-4PPは光とは無関係の修復機構によって修復されている (MURATA and OSAKABE, 2017 a)。

III UV法とカブリダニの相性

陰の部分では防除効果が発揮できないUV法の弱点を補完するため、カブリダニの併用が期待される。一方で、1回照射の室内実験結果から、筆者らはハダニに比べてカブリダニのほうがUV-B感受性が高いことを報告し、カブリダニがハダニに比べて敏感にUV-Bから逃れることへの期待を中心に併用の可能性を述べてきた (TACHI and OSAKABE, 2012; 2014)。しかし、これに対して NAKAI et al. (2018) はUV法を模した室内実験を行い、毎晩照射の条件下ではカブリダニ卵はナミハダニ卵よりもむしろUV-B照射後のふ化率が高く、また気温が低いほうがハダニに対する殺卵効果が高いことを見いだしたため、2019年の本誌でも断片的ながらこれらの現象について紹介させていただいた (刑部, 2019)。そこで, YUAN and OSAKABE (2020; 2022) は、UV法を模した毎晩照射環境下でのハダニとカブリダニに対するUV-B照射と気温の影響を詳細に検討した。その結果、UV法によるダニへの生物影響の要因として、発育速度の重要性が明らかになってきた。

1 UV-B照射方法と温度の影響との関係

従来、UV-B感受性を調べる場合、特定の発育ステー

ジのサンプルに対して一定量のUV-Bを1回照射してその後の生存率を調べるのが一般的であり、筆者らも同様の方法を採用してきた。この方法でナミハダニとミヤコカブリダニの卵を処理した TACHI and OSAKABE (2012) の結果を死亡率プロビットに再計算してグラフ化したものが図-3Aである。ミヤコカブリダニの卵はナミハダニの卵よりも少ない照射量で死亡することから、感受性が高いことがわかる。なお、ケナガカブリダニのUV-B感受性はミヤコカブリダニと同等であり、チリカブリダニはこれら土着カブリダニよりUV-B耐性がやや高く、ナミハダニとの中間であった (TACHI and OSAKABE, 2012)。したがって、一回照射によるUV-B感受性の検定結果では、ナミハダニのほうがカブリダニ類よりLD₅₀値が高く (図-3A)、UV-B耐性が高いことは明らかである。これに対して、UV法を真似た毎晩照射では、1日当たり積算照射量に対する死亡率は、ミヤコカブリダニに比べてナミハダニのほうが明らかに高くなり、1回照射の場合と強弱が逆転した (図-3B; YUAN and OSAKABE, 2020)。このときのLD₅₀値 (1日当たり積算照射量) は、ナミハダニとミヤコカブリダニでそれぞれ0.095 kJ/m²と0.29 kJ/m²である。図-3Bをふ化率との関係に描き直してみると、1日当たりおよそ0.1~0.2 kJ/m²の範囲ではカブリダニのふ化率が>80%に対してナミハダニでは<10%となり、害虫防除と天敵保護が両立できることが予想される (図-4)。

図-5は一定の1日当たりUV-B積算照射量 (ナミハダニ: 0.098 kJ/m²; ミヤコカブリダニ: 0.27 kJ/m²) で、

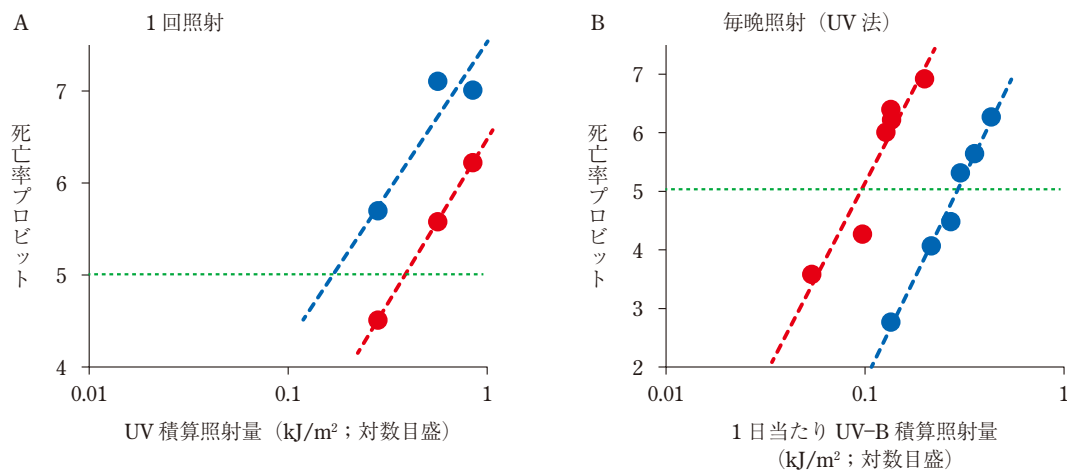


図-3 1回照射 (A) と毎晩照射 (B) によるナミハダニ (赤) とミヤコカブリダニ (青) の卵の死亡率 (25℃) 死亡率プロビット 3, 4, 5, 6, 7 はそれぞれ死亡率 2.3%, 15.9%, 50%, 84.1%, 97.7% に相当。一回照射ではナミハダニのほうがUV (UV-A + UV-B) 耐性が高いが、毎晩照射ではこの関係が逆転してミヤコカブリダニのほうが高い耐性を示すようになる。毎晩照射では1日当たりの積算照射量を使用。AとBはそれぞれ TACHI and OSAKABE (2012) より作図ならびに YUAN and OSAKABE (2020) より改変。計測機器の感度範囲の関係から、TACHI and OSAKABE (2012) におけるUV測定値はUV-AとUV-Bを含んでいる。

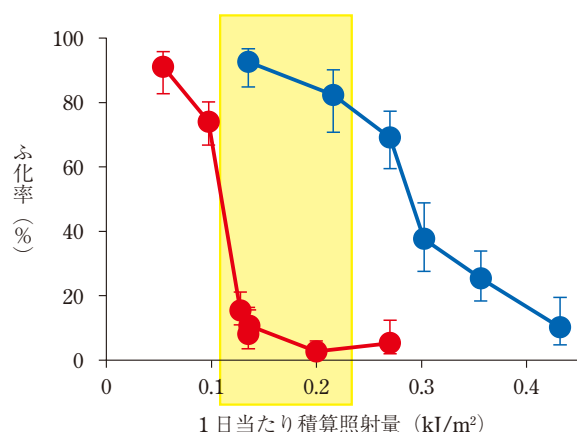


図-4 UV-B 毎晩照射 (図-3B ; 25℃) における照射量とナミハダニ (赤) およびミヤコカブリダニ (青) 卵のふ化率との関係

黄色の範囲ではナミハダニに対して高い殺卵効果がある一方で、ミヤコカブリダニへの影響が少ない。ただし、この防除に適した範囲は気温によって変化するので注意が必要 (図-5 参照)。YUAN and OSAKABE (2020) より改変。

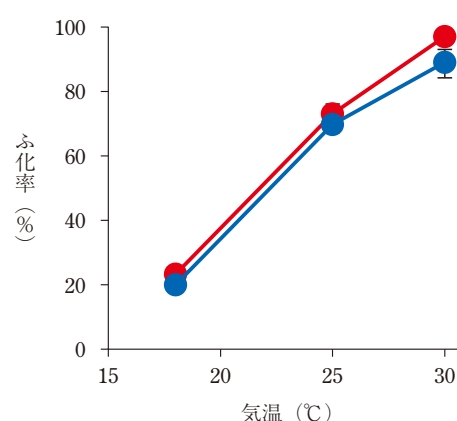


図-5 UV-B 毎晩照射における気温の違いがナミハダニ (赤) およびミヤコカブリダニ (青) 卵のふ化率に及ぼす影響
1日当たり積算照射量はナミハダニでは 0.098 kJ/m², ミヤコカブリダニでは 0.27 kJ/m²。YUAN and OSAKABE (2020) より改変。

気温を 18℃, 25℃ および 30℃ に変化させて卵のふ化率を調べたものである (YUAN and OSAKABE, 2020)。ミヤコカブリダニへの照射量はナミハダニの 2.8 倍であるが、卵のふ化率は両種でほぼ同等で、いずれも低温で低く、高温で高かった。このことから、UV 法では低温のほうが高い防除効果が期待でき、低温と同等の防除効果を得るために高温では長めの照射時間が必要になることがわかった。また、気温による変化が種間で同等であることから、気温にかかわらずミヤコカブリダニのほうが常にナミハダニより UV-B 耐性が高いことがわかる。したがって、気温にかかわらず UV 法とカブリダニの併用が可能である。

2 UV 法における死亡率と发育速度との関係

光回復に関する光修復酵素に限らず、光エネルギーを用いないヌクレオチド除去修復においても酵素が重要な役割を果たすことから、気温と修復酵素活性の関係がしばしば注目される。気温上昇による酵素活性の上昇が生存率の向上に影響するのであれば、1 回照射後の生存率でも同様の効果が得られると予想される。しかし、1 回照射後に気温を変化させた YUAN and OSAKABE (2022) の実験ではそのような傾向は見られなかった。このため、UV 法における気温と生存率の変化 (図-5) への修復酵素の活性変化の影響は小さいと考えられた。

太陽光 UV-B の生物影響の大きさが生存期間中の日数を通じた 1 日当たり積算照射量の累積値に比例する (SAKAI et al., 2012) ことから、夜間照射における照射日数 (回数) の効果と死亡率の関係を調べたところ、累積効

果が確認できた (YUAN and OSAKABE, 2022)。そこで YUAN and OSAKABE (2022) は、TACHI and OSAKABE (2012) の 1 回照射のデータ (図-3A) からナミハダニとミヤコカブリダニの卵の LD₅₀ 値 (ただし、UV-A + UV-B) を算出し、過去のデータ (MURATA and OSAKABE, 2014 ; SUGIOKA et al., 2018 ; 刑部, 2019) から、25℃での感受性が高い卵の发育ステージ (感受期間) を、ナミハダニでは産卵~50 時間後、ミヤコカブリダニでは産卵~16 時間後と想定してグラフ化し、この期間の累積照射量が LD₅₀ 値に達する 1 日当たり積算照射量の種間の違いを調べた。グラフ化には以下の一次関数を用いた。

$$y = ax - b \quad \dots \textcircled{1}$$

a と b はそれぞれ照射回数 (= 感受期間の日数) と 1 回照射で計測した LD₅₀ 値 (kJ/m²) である。さらに、気温の影響についても調べるため、文献 (GOTOH et al., 2004) および実測値 (YUAN and OSAKABE, 2022) から、それぞれミヤコカブリダニとナミハダニの卵の发育と気温の関係式を導き、18℃と 30℃での感受期間を算出して同様に調べた。図-6 では、YUAN and OSAKABE (2022) のデータを再計算して 90% 致死照射量 (LD₉₀ 値) との関係、(b = LD₉₀) として示している。なお、図-3B から 25℃での毎晩照射による LD₉₀ 値を計算するとナミハダニとミヤコカブリダニでそれぞれ 0.149 kJ/m² と 0.442 kJ/m² であるのに比べて、図-6 の LD₉₀ 値 (25℃) はそれぞれ 0.42 kJ/m² と 0.591 kJ/m² とやや多い。この相違は、TACHI and OSAKABE (2012) の 1 回照射の積算照射量 (図-3A) が、計測機器の感度範囲の関係から UV-A と UV-B を含ん

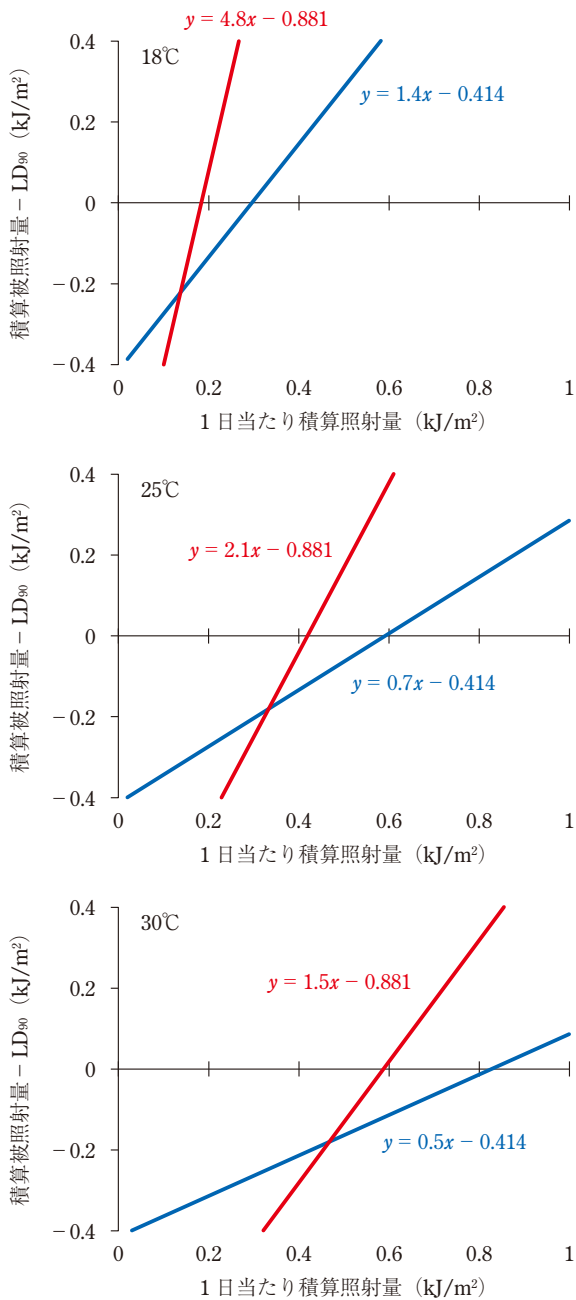


図-6 ナミハダニ (赤) およびミヤコカブリダニ (青) に対して、気温 18~30℃ で 90% の殺卵率を示す 1 日当たり UV-B 積算照射量の推定

縦軸の積算被照射量は感受性が高い発育ステージの期間 (ナミハダニ: 産卵~50 時間後, ミヤコカブリダニ: 産卵~16 時間後) における平均累積照射量 (日数×1 日当たり積算照射量) を示す。横軸 (卵の積算被照射量 - LD₉₀ 値 = 0) との交点が 90% の殺卵率を示す 1 日当たり積算照射量の推定値。YUAN and OSAKABE (2020) より再計算により作成。

であり、また実験条件からデータが弱い光回復効果を含んでいると考えられることに起因するものと思われる。しかし、これらの相違は種および気温の相対的な影響を評価するうえで問題はない。

ナミハダニのほうが 1 回照射で計測した LD₉₀ 値が大きいため、①の y 切片 (-b) はミヤコカブリダニに比べてナミハダニのほうが小さな値を取る。しかし、ミヤコカブリダニの卵期間はナミハダニより短く、感受期間も短いために直線の傾き (a) が小さい。このとき、両種の直線の交点が $y < 0$ であれば、感受期間の累積照射量が LD₉₀ 値に達する 1 日当たり積算照射量 ($y = 0$) は、ミヤコカブリダニのほうがナミハダニより大きくなる。その結果、毎晩照射の UV 法における見かけ上の UV 耐性は、実際の UV 耐性 (1 回照射) とは逆転し、ナミハダニよりミヤコカブリダニで高くなる。

①式において、感受期間の累積照射量が LD₉₀ 値に達する 1 日当たり積算照射量 (x) は $y = 0$, すなわち

$$x = b/a \quad \dots ②$$

によって決まり、前述の UV 耐性の逆転は、

$$b_N/a_N > b_T/a_T \quad \dots ③$$

(下付き文字の“N”と“T”はそれぞれミヤコカブリダニとナミハダニを示す) のときに起こる。ナミハダニはミヤコカブリダニより感受期間が長く、また 1 回照射による耐性 (LD₅₀ 値や LD₉₀ 値等) が高いため、 $a_T > a_N$ および $b_T > b_N$ の関係にあり、ミヤコカブリダニに対するナミハダニの感受期間の比が耐性の比より大きい ($a_T/a_N > b_T/b_N$) とし、ミヤコカブリダニのほうがナミハダニより毎晩照射による UV-B の影響を受け難くなる。卵の感受期間 (25℃) は、ナミハダニでは産卵後 0~50 時間 (2.1 日) または 12~50 時間 (1.6 日; 感受性が最も高い期間のみに絞った場合)、ミヤコカブリダニでは 0~16 時間 (0.7 日) または 8~16 時間 (0.3 日) であり、 a_T/a_N は 3 または 5.3 となる。ミヤコカブリダニに対するナミハダニの LD₅₀ 値および LD₉₀ 値の比 (b_T/b_N) はそれぞれ 2.3 (0.386/0.166) および 2.1 (0.881/0.414) となり、いずれも感受期間の比 (a_T/a_N) より小さく、③の関係が成立している (図-6; YUAN and OSAKABE, 2022)。

前述のように 1 回照射後の生存率に対する温度の顕著な影響が見られなかったことから、LD₅₀ 値や LD₉₀ 値等 UV-B 耐性 (b) への気温の効果は無視できる。一方、感受期間を示す a は明らかに気温による発育期間の影響を受ける。よって、②式から得られる感受期間の累積照射量が LD₉₀ 値に達する 1 日当たり積算照射量 (x) への気温の影響は a によって決まる。低温では発育が遅くなって感受期間が延長し、分母の a が大きく、したがって x が小さくなり、相対的に少ない 1 日当たり積算照射量で高い防除効果が得られることがわかる。逆に、気温が高い場合に UV 法による効果が低下しやすいことも説明できる (図-6)。この変化はカブリダニでも同様に起こる

ことから、低温時に照射量を減らして、高温時に増加させることは、カブリダニとの効果的な併用という観点からも妥当な方策と言える。

IV カブリダニの代替餌としてのイチゴ花粉の効果

ハダニの天敵の中で、カブリダニの捕食量は小さく、接種的放飼法では放飼した個体の増殖と定着が防除の成功のカギとなる。特にハダニの発生初期における活動が重要であり、代替餌によりハダニ発生以前に定着していることが望まれ、その際の代替餌として花粉が重要な役割を果たしている。そこで、ミヤコカブリダニの代替餌としてのイチゴ花粉の価値を評価したところ (YUAN et al., 2021), ナミハダニを餌にした場合と同等の発育を示すことがわかった。産卵数は、ナミハダニを餌にした場合に比べて、イチゴの花粉では減少したが、カブリダニの好適な代替餌として知られているチャ花粉を与えた場合と同等であった。また、花粉を一定期間 (6 日間) 摂食して産卵数が減少した雌成虫でも、その後ナミハダニを捕食することにより産卵数が増加し、同じタイミングで最初からナミハダニを捕食していた個体の産卵数が減少し始めた 10~18 日目の産卵数ではむしろ花粉からハダニに餌を変えた個体のほうが多かった。過去の人工飼料を用いたミヤコカブリダニの飼育においても産卵数の顕著な減少が認められているが、人工飼料で 1~3 か月間維持した後でもナミハダニの捕食によって産卵数の回復が見られている (OGAWA and OSAKABE, 2008; 刑部・小川, 2009)。ハダニの発生が見られない間は天敵の個体数がむやみに増加する必要はなく、花粉食による産卵数の減少は天敵の維持の観点からは必ずしもネガティブな現象ではない。

太陽光に晒される花粉は内部の配偶子を UV 損傷から守るための保護機能を持つと考えられる。SUGIOKA et al. (2018) は、チャおよびモモの花粉を摂食したミヤコカブリダニ雌成虫およびそれらの卵の UV-B 耐性を調べ、いずれもナミハダニを餌にした場合に比べて耐性が向上することを明らかにした。また、花粉からの抽出成分を分析し、これらの保護効果の要因として、チャ花粉ではカテキンやエピカテキン 3-ガレートなどによる抗酸化活性、モモ花粉ではトリクマロイルスベルミジン異性体などによる UV 吸収能力を示した (SUGIOKA et al., 2018)。イチゴ花粉では抗酸化活性が高いカフェ酸やフェルラ酸を官能基として持つスベルミジン誘導体が主な抗酸化物質として含まれており、活性酸素吸収能力 (ORAC 値) はチャ花粉より有意に高いことがわかった (YUAN et al., 2021)。また、花粉を摂食した雌成虫の UV-B 照射後の

生存率は、ナミハダニを捕食した個体より高かった。したがって、イチゴ圃場は代替餌の観点からもミヤコカブリダニの定着に適しており、花粉の抗酸化物質による生体保護機能は UV 法との併用においてもポジティブな影響を持つことが期待される。

おわりに

ハダニに対する UV-B の致死的效果とその利用法としての UV 法の有効性は、最近 10 年間の研究から確定的なものになってきたように思われる。UV 法の最も強い点は、前述のようにうどんこ病をはじめとする病害とハダニの同時防除が可能な点であろう。しかし、いろいろな病害虫の発生の可能性がある農業生態系の中では、他の病害虫を対象とした防除技術との合理的な併用が重要である。本稿で紹介させていただいたように、UV 法は幸いなことにカブリダニとの相性がよさそうである。このことは、ハダニ防除のみではなく、他の微小害虫を対象としたジェネラリストのカブリダニの併用の可能性も示唆するものである。病害防除の観点からみると、うどんこ病に限らず他の病害に対する抑制効果に関する報告もあり (岡ら, 2011; KONO et al., 2022), 今後さらに総合的な病害抑制効果に関する評価も期待したい。また、様々な害虫に対する天敵昆虫類をはじめとした防除法との併用の可能性が検討されれば、施設栽培イチゴをはじめとして種々の施設栽培作物における総合的病害虫管理に貢献できるものと期待している。

引用文献

- 1) ATARASHI, M. et al. (2017): Environ. Entomol. **46**: 1143~1150.
- 2) BRYON, A. et al. (2017): Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **114**: E5871~E5880.
- 3) GIRARD, P. M. et al. (2011): J. Phys.: Conf. Ser. **261**: 012002.
- 4) GOTOH, T. et al. (2004): Exp. Appl. Acarol. **32**: 15~30.
- 5) 井出 博・片淵 淳 (2004): 環境変異原研究 **26**: 149~157.
- 6) 神頭武嗣ら (2011): 植物防疫 **65**: 28~32.
- 7) 片山晴喜ら (2020): 関西病虫研報 **62**: 101~106.
- 8) KAWAGUCHI, S. et al. (2016): Environ. Entomol. **45**: 1568~1573.
- 9) KIELBASSA, C. et al. (1997): Carcinogenesis **18**: 811~816.
- 10) KOMAGATA, Y. et al. (2022): J. Acarol. Soc. Jpn. **31**: 1~11.
- 11) 近藤博次ら (2016): 滋賀農技セ研報 **54**: 30~33.
- 12) KONO, A. et al. (2022): Hort. J. (in press), <https://doi.org/10.2503/hortj.QH-037>
- 13) KRAMER, G. F. et al. (1991): Phytochemistry **30**: 2101~2108.
- 14) 増井伸一ら (2013): 関西病虫研報 **55**: 37~41.
- 15) ————ら (2014): 植物防疫 **68**: 544~548.
- 16) 松浦克成ら (2010): 関西病虫研報 **52**: 85~86.
- 17) ————ら (2012): 同上 **54**: 125~126.
- 18) MORAN, P. J. et al. (2017): Exp. Appl. Acarol. **73**: 327~338.
- 19) MOURET, S. et al. (2010): Org. Biomol. Chem. **8**: 1706~1711.
- 20) MURATA, Y. and M. OSAKABE (2013): J. Insect Physiol. **59**: 241~247.
- 21) ———— . ———— (2014): Exp. Appl. Acarol. **63**: 253~265.
- 22) 村田康允・刑部正博 (2014): 植物防疫 **68**: 539~543.

- 23) MURATA, Y. and M. OSAKABE (2017 a) : Exp. Appl. Acarol. **41** : 57~64.
- 24) ———— · ———— (2017 b) : Environ. Entomol. **46** : 1448~1455.
- 25) NAKAI, K. et al. (2018) : Environ. Entomol. **47** : 140~147.
- 26) 農研機構 (2019) : 薬剤抵抗性農薬害虫管理のためのガイドライン案 : 92~103, (https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/121745.html)
- 27) 小川文秀・佐藤伸一 (2006) : 日本臨床免疫学会会誌 **29** : 349~358.
- 28) OGAWA, Y. and M. OSAKABE (2008) : Exp. Appl. Acarol. **45** : 123~136.
- 29) OHTSUKA, K. and ———— (2009) : Environ. Entomol. **38** : 920~929.
- 30) 岡 久美子ら (2011) : 日植病報 **77** : 23~27.
- 31) 岡田清嗣・岡 久美子 (2014) : 植物防疫 **68** : 58~65.
- 32) OSAKABE, M. (1987) : Appl. Entomol. Zool. **22** : 35~44.
- 33) 刑部正博 (1989) : 植物防疫 **43** : 362~366.
- 34) ———— (2019) : 同上 **73** : 675~679.
- 35) OSAKABE, M. (2021) : Appl. Entomol. Zool. **56** : 139~155.
- 36) 刑部正博・大塚恵子 (2009) : 植物防疫 **63** : 583~586.
- 37) ———— · 小川友佳 (2009) : 同上 **63** : 44~48.
- 38) ———— · 上杉龍士 (2009) : 日本農薬学会誌 **34** : 207~214.
- 39) OSAKABE, M. et al. (2009) : Psyche **2009** : 947439.
- 40) OTA, E. et al. (2021) : Plant Pathol. **70** : 1378~1387.
- 41) 太田江美ら (2021) : 植物防疫 **75** : 675~679.
- 42) ROCHETTE, P. J. et al. (2003) : Nucleic Acids Res. **31** : 2786~2794.
- 43) SAKAI, Y. and M. OSAKABE (2010) : Photochem. Photobiol. **86** : 925~932.
- 44) ———— et al. (2012) : Appl. Entomol. Zool. **47** : 67~73.
- 45) 佐藤 衛・田中雅也 (2019) : 植物防疫 **73** : 670~674.
- 46) SINHA, R. P. and D.-P. HÄDER (2002) : Photochem. Photobiol. Sci. **1** : 225~236.
- 47) SUGIOKA, N. et al. (2018) : Front. Ecol. Evol. **6** : 133.
- 48) SUZUKI, T. et al. (2009) : J. Insect Physiol. **55** : 649~654.
- 49) TACHI, F. and M. OSAKABE (2012) : Naturwissenschaften **99** : 1031~1038.
- 50) ———— · ———— (2014) : Environ. Entomol. **43** : 787~794.
- 51) TANAKA, M. et al. (2016) : J. Econ. Entomol. **109** : 1758~1765.
- 52) 田中雅也ら (2017) : 植物防疫 **71** : 229~234.
- 53) 寺尾純二 (2016) : ビタミン **90** : 525~536.
- 54) VAN LEEUWEN, T. et al. (2015) : Pestic. Biochem. Physiol. **121** : 12~21.
- 55) WEBER, S. (2005) : Biochim. Biophys. Acta **1707** : 1~23.
- 56) WYBOUW, N. et al. (2019) : Proc. R. Soc. **B 286** : 20191039.
- 57) 山本敦司 (2012) : 日本農薬学会誌 **37** : 392~398.
- 58) ———— (2020) : 農薬新時代(1) : 5~12.
- 59) 柳田裕裕 (2019) : 応動昆 **63** : 1~12.
- 60) YANG, L.-H. et al. (2010) : J. Insect Physiol. **56** : 1871~1876.
- 61) YOSHIOKA, Y. et al. (2018) : Exp. Appl. Acarol. **75** : 155~166.
- 62) YUAN, L. and M. OSAKABE (2020) : Photochem. Photobiol. **96** : 877~882.
- 63) ———— · ———— (2022) : Pest Manag. Sci. **78** : 4314~4323.
- 64) ———— et al. (2021) : Pest Manag. Sci. **77** : 851~859.



登録が失効した農薬 (2022.12.1~12.31)

掲載は、種類名、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

「殺虫剤」

- **ブプロフェシン・BPMC 粉剤**
15678：アプロードバッサ粉剤 DL（日本農薬株式会社）
22/12/15
- **シフルトリン液剤**
22014：HJ バイスロイド液剤 AL（株式会社ハイポネックス
スジャパン）22/12/19
- **ジフルベンズロン水和剤**
20264：レターデン水和剤（アグロカネショウ株式会社）
22/12/22

「殺菌劑」

- イミノクタジン酢酸塩塗布剤
15652：〔DIC〕ベフラン塗布剤3（日本曹達株式会社）
22/12/16

「殺虫殺菌剤」

- MEP・イミノクタジンアルベシル酸塩粉剤
21857：協友スミチオンベルコート粉剤 DL（協友アグリ株式会社）22/12/14
- ブプロフェジン・BPMC・フルトラニル粉剤
19733：アプロードバッサモンカット F 粉剤 DL（日本農薬株式会社）22/12/15
- 石灰硫黄合剤
21102：大塚石灰硫黄合剤（OAT アグリオ株式会社）
22/12/22

●フィプロニル・プロベナゾール粒剤

- 20010 : Dr. オリゼプリンス粒剤6 (株式会社 MMAG)
22/12/27

「除草剤」

- イマゾスルフロン・ジメタメトリン・ダイムロン・プレチラクロール粒剤
18581：ハヤテ粒剤（住友化学株式会社）22/12/2
- イマゾスルフロン・シハロホップブチル・ジメタメトリン・プレチラクロール粒剤
19212：シェリフ1キロ粒剤（住友化学株式会社）22/12/2
- シハロホップブチル・ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・プレチラクロール粒剤
19462：ホクト1キロ粒剤（日産化学株式会社）22/12/9
- ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・ピリフタリド・プレチラクロール粒剤
21392：日産アピロファインDジャンボ（日産化学株式会社）22/12/9
- カフェンストロール・フロルピラウキシフェンベンジル・ベンゾビシクロン粒剤
24442：ダंकンショット200粒剤（株式会社エス・ディー・エスパイオテック）22/12/14
- シメトリン・ピラゾキシフェン・プレチラクロール粒剤
18895：石原ワンオールS1キロ粒剤24（石原産業株式会社）22/12/21

(17 ページに続く)

 研究
報告

クワシロカイガラムシ雌成虫の生殖休眠に及ぼす温度変化の影響

 農研機構野菜花き研究部門 たけ武 だ田 みつ光 よし能

はじめに

温帯に生息する多くの昆虫は、休眠と非休眠という2通りの発育プログラムを持つことによって、温帯の明瞭な季節変化に適応している。ある特定の発育ステージ(感受期)で経験した環境条件が、それに続く発育ステージで、どちらのプログラムを採用するかを決定している。

このような休眠プログラムにおいては、光周期、温度、湿度、餌条件等が休眠誘導に関与することが広く知られている。また、これらの環境条件の中でも年による変動がなく、季節の変化を正確に予測できる光周期が休眠プログラムにおいて最も重要な役割を果たしている。一方、温度も明瞭な季節変化を示すが、温帯に生息する昆虫では気温あるいは温度を利用した休眠プログラムはあまり知られていない。

クワシロカイガラムシ *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) は、多くの植物を加害する多食性の昆虫であり、国内ではチャや果樹の重要害虫として知られている。本種は茶を生産する多くの地域で年3世代を経過する。標高が高い地域の茶産地では年2世代を経過するとされ、滋賀県での年2回発生地域の年平均気温は13.4℃であるのに対して年3回発生地域の年平均気温は14.0℃とされている(伴, 1969)。同じく奈良県の調査では年2回発生地域の年平均気温は12.7℃であるのに対して、年3回発生地域は14.6℃であったとされている(信濃ら, 1976)。

年間世代数が相違することは、休眠プログラムがどの世代で導入されるのかが異なることを意味している。クワシロカイガラムシの休眠誘導に及ぼす温度の影響の一つとして、一日の変温条件下(25℃と15℃の組合せ)での低温による生殖休眠が発表されている(久保田, 2003)。同じクワシロカイガラムシについて恒温条件下

での低温による生殖休眠の誘導と供試世代によって温度反応が異なること(武田, 2003)が同じ大会で発表されている。

その後筆者は、クワシロカイガラムシの世代間に見られる休眠誘導に関する温度反応を詳細に解析し、二つの温度感受期による休眠プログラムと非休眠プログラムを明らかにするとともに、クワシロカイガラムシの年間世代数と季節適応に関する報告(TAKEDA, 2022)を行った。ここでは、クワシロカイガラムシの非休眠と休眠プログラムにおける卵期と羽化期の温度変化の影響を紹介するとともに、クワシロカイガラムシの年2世代と年3世代の生活史の維持機構について考察する。

I 第1世代ふ化盛期と有効積算温度

クワシロカイガラムシの発生量は気象条件の影響を強く受け(久保田, 2001)、早魃年であった1994年を契機として発生面積が急増し、1995~2008年にかけて九州や近畿地域、東海地域を中心に合計32件の発生予察情報(注意報)が発表された(武田, 2006)。クワシロカイガラムシの薬剤による防除適期は、ふ化盛期の2~5日後とされ、ふ化盛期を把握する方法として50%ふ化卵塊率(半数以上の卵がふ化した雌卵殻)が5割となる時期、あるいはカイガラムシ類のふ化幼虫が風に飛ばされることを利用して、チャ株内に設置した粘着板に付着した幼虫を数える方法が開発されていた。

これらふ化盛期の把握法を適用する場合には有効積算温度の法則によるふ化盛期の予測法の利用が効率的と考え、特にふ化が斉一となる第1世代虫のふ化盛期を予測する方法を提案した(TAKEDA, 2004)。有効積算温度を計算するためには、休眠を終了して温度を感受するようになる時期を発育の起算日として確定することが必要となる。本種は交尾後の雌成虫のみが越冬する。越冬世代雌成虫の卵巣卵は未発達な状態であり、冬至までに採集した雌成虫の卵巣卵は温度の上昇に反応しなかった。一方、年明け後に採集した雌成虫の卵巣卵は発育に好適な温度範囲では温度の上昇にしたがって卵巣卵の発育が早くなる傾向を示した。雌成虫の生殖休眠は冬至ころまで

Effects of Changing Temperatures on the Induction of Reproductive Diapause in Females of the White Peach Scale, *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti). By Mitsuyoshi TAKEDA

(キーワード: クワシロカイガラムシ, 生殖休眠, 季節適応, 温度変化)

維持され、年明け後には休眠が終了して発育が再開されることから、有効積算温度の起算日を1月1日とした。また、雌成虫の生殖休眠は25℃の高温で打破され、22.5℃と20℃では休眠が維持され、17.5℃と15℃では休眠発育が進行することを明らかにした（TAKEDA, 2006）。すなわち、休眠に入るのが早い雌成虫は中程度の温度で休眠が維持され、休眠に入るのが遅れた個体は速やかに休眠発育を進行させる低温に遭遇して冬至ころの休眠覚醒時期が揃うと考えられた。また、休眠が維持される20℃前後の温度に遭遇する期間が長いほど、雌成虫を覆う介殻が厚くなり、冬季の低温耐性が増す可能性を示した。

休眠覚醒後の越冬世代雌成虫を様々な時期に採集し、チャ枝の水挿しによって異なる温度条件下で飼育することで、50%の雌成虫が産卵するまでの発育零点と有効積算温度、さらに第1世代虫のふ化盛期と推定される50%ふ化卵塊率が半数となる時期までの発育零点（10.5℃）と有効積算温度（287～288日度）を求めた。この第1世代虫のふ化盛期を予測する方法は、各地の茶産地で適用され、防除適期の予測法として利用されている（小澤・鈴木, 2006）。また、ふ化盛期から次世代のふ化盛期を予測する方法として、発育零点を10.8℃として有効積算温度が688日度に達する時期とする世代間の予測法（小澤・久保田, 2006）も広く活用されている。

II 生殖休眠の誘導に見られる世代間の相違

静岡県島田市の農研機構金谷茶業研究拠点内のチャから、越冬世代、第1世代そして第2世代のふ化盛期前の雌介殻を採集して、介殻内の卵を集めた。15個体程度の雌介殻内の卵をカボチャ果実（品種：‘黒川’）に乗せ、室温条件下で翌朝まで静置してふ化・定着した幼虫をカ

ボチャ果実に残し、実体顕微鏡下で未ふ化卵を面相筆で回収した。クワシロカイガラムシ雌成虫は最初に雌卵（オレンジ色）を産卵し、続いて雄卵（白色）を産卵する。これは、雌の発育は雄よりも遅いことから、発育に時間のかかる雌卵を先に産卵することで、1日程度の生存期間である雄成虫の羽化と同期させて交尾を可能にすると考えられている。そのため、未ふ化卵は別のカボチャ果実で飼育することで、恒温器内での交尾を確実に進めさせることとした。なお、未交尾雌は介殻から脱出する異常行動を示すことと、解剖時に貯精嚢内が白濁していることで交尾の有無を確認できる。

卵期を自然温度（17.5～19.3℃）で経過した第1世代虫は、いずれの光周期と温度の組合せでも生殖休眠は見られなかった。これに対して、卵期が高温（25.7～26.8℃）であった第2世代虫は20℃で生殖休眠が誘導され、同じく卵期の温度が23.0～24.7℃であった第3世代虫も20℃で生殖休眠が誘導された（表-1）。また、25℃の異なる光周期で第2世代虫を継続飼育し、その子世代を長日と短日の20℃で飼育した結果（表-2）、光周期にかかわらず20℃で飼育することで、ほぼすべての個体で生殖休眠が誘導された。

これらの結果から、光周期と光周期の変化は生殖休眠の誘導に関与しないことが明らかになった。そこで、産卵と生殖休眠の誘導・維持にかかわる温度の影響をふ化後の経過日数別に調査した（図-1）。第1世代虫は、20～25℃の範囲で温度の上昇にしたがって産卵雌率の増加が早くなる傾向を示し、20℃でも生殖休眠が誘導される個体は見られなかった。第2世代虫は、24℃と25℃で速やかに産卵雌率が増加したが、23℃では産卵雌率がほぼ半数に達した後に産卵雌率の増加は見られず、生殖休眠が誘導された雌成虫の休眠率がほぼ半数を維持する結果

表-1 クワシロカイガラムシの第1世代、第2世代と第3世代虫の発育と生殖休眠に及ぼす光周期と温度の影響（越冬世代から第2世代の親世代雌成虫と卵期は自然条件）

光周期 (明期：暗期)	温度 (℃)	休眠率 (%)		
		第1世代虫	第2世代虫	第3世代虫
15 L : 9 D	25	0 (46)	0 (54)	0 (22)
14.5 L : 9.5 D		0 (62)	0 (71)	2.6 (78)
14 L : 10 D		0 (52)	0 (70)	0 (30)
13.5 L : 10.5 D		0 (35)	0 (75)	0 (36)
13 L : 11 D		0 (53)	0 (56)	0 (75)
15 L : 9 D	20	0 (25)	98.9 (90)	97.6 (41)
10 L : 14 D		0 (54)	96.6 (89)	100 (89)

注1) 越冬世代雌成虫と第1世代虫の卵期は17.5～19.3℃、第1世代雌成虫と第2世代虫の卵期は25.7～26.8℃、第2世代雌成虫と第3世代虫の卵期は23.0～24.7℃であった。

注2) 産卵および卵巣卵の発育状況は25℃でふ化42～43日後、20℃で同63～70日後とした。

表-2 クワシロカイガラムシ雌成虫の前世代の産卵雌と子世代の卵期から次世代虫の生殖休眠に及ぼす温度と光周期の変化の影響

光周期 (明期: 暗期)		休眠率 (%)
25℃ (親世代と卵期)	20℃ (子世代)	
15 L : 9 D		97.6 (42)
14.5 L : 9.5 D		100 (42)
14 L : 10 D	15 L : 9 D	97.6 (42)
13.5 L : 10.5 D		100 (43)
13 L : 11 D		97.7 (43)
15 L : 9 D		100 (41)
14.5 L : 9.5 D		100 (45)
14 L : 10 D	10 L : 14 D	97.8 (43)
13.5 L : 10.5 D		97.6 (41)
13 L : 11 D		100 (43)

注 1) 定着直後 (24 時間以内) のふ化幼虫は 25℃ で異なる光周期に遭遇した。

注 2) 括弧内の数字はサンプル数を示す。

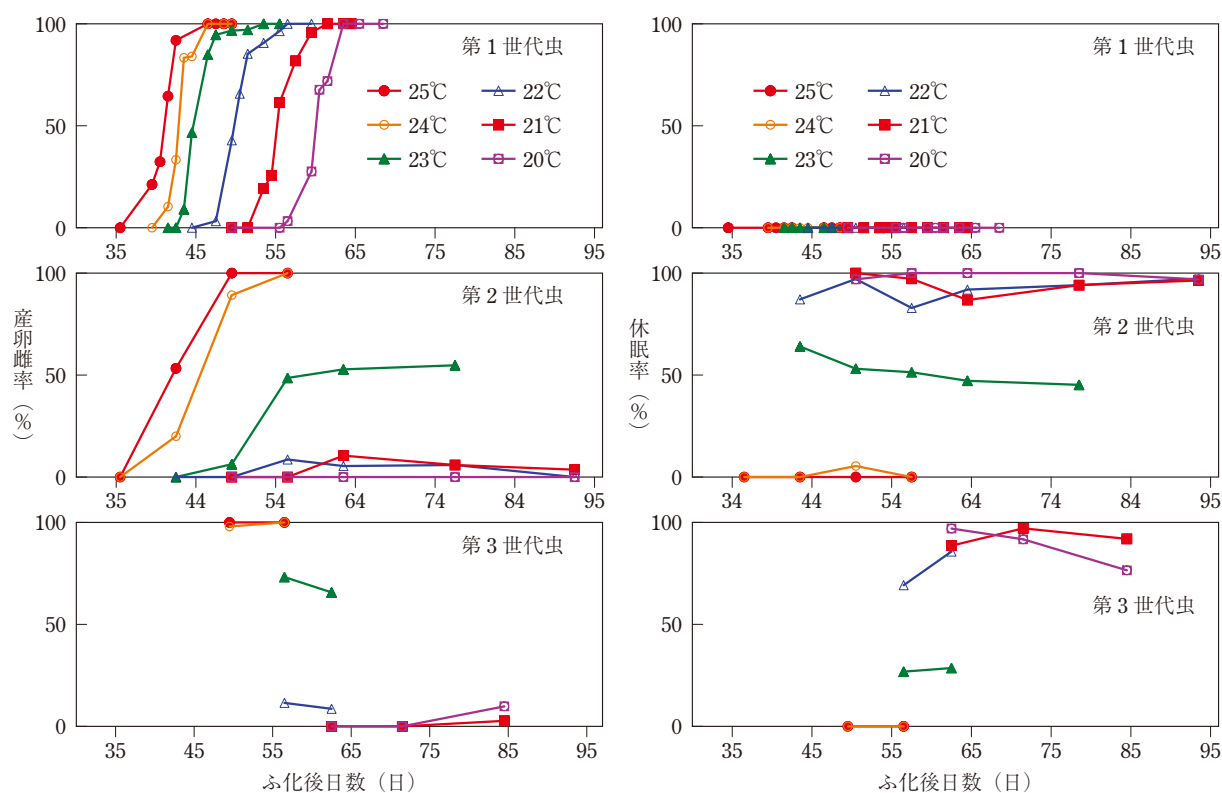


図-1 クワシロカイガラムシ雌成虫の産卵と休眠に及ぼす親世代成虫と卵期の温度とふ化から成虫までの発育ステージにおける温度の影響

*第1世代, 第2世代, 第3世代虫の卵期とふ化1日後以内の幼虫は, それぞれ 17℃, 25.3℃, 22.3℃ の自然条件下と室温に遭遇した。

**それぞれの図中の同一英小文字は, 有意差のないことを示す (*G-test* で Holm's の補正を行った, $p < 0.05$)。

となった。また, 22℃ 以下の温度では産卵する個体は少なく, 多くの雌成虫で生殖休眠が誘導された。第3世代虫もほぼ同様に 24℃ と 25℃ で速やかに産卵し, 23℃ と 22℃ の間に半数の個体が休眠する臨界温度があると推定された。

III 第1世代虫の卵期から幼虫・成虫期にかけての温度変化の影響

第1世代虫はいずれの温度でも生殖休眠が誘導されなかった。この原因として, 卵期の温度を自然条件下と

したことが非休眠プログラムを誘導したと考えられた。そこで、4月初旬にチャ枝の水挿しによって越冬世代雌成虫と卵を長日（15 L : 9 D）の 18, 20, 25 と 28℃ の 4 温度で飼育し、カボチャ果実の第 1 世代虫を長日（15 L : 9 D）の 18, 20, 25℃ の温度条件で飼育した（表-3）。ふ化幼虫から成虫までの期間を 25℃ で飼育した場合には、卵期の温度にかかわらず、生殖休眠は見られなかった。20℃ で飼育した場合には、卵期を 28℃ と 25℃ で飼育した個体の 98.1% と 97.2% に生殖休眠が誘導され、卵期を 20℃ と 18℃ で飼育した個体の休眠率は 21.3% と 0% に低下した。このように、第 2 世代虫や第 3 世代虫で休眠が誘導された 20℃ においても温度変化がない場合の休眠率は低く、卵期の 18℃ からふ化から成虫化までの 20℃ に温度が上昇した場合に休眠は見られなかった。

ふ化幼虫から成虫までの期間を 18℃ で飼育した場合は、卵期（28, 25, 20℃）から温度が低下する条件で休眠率が 59.0, 71.0, 47.2% と変動し、18℃ の温度変化がない場合にも 31.6% の休眠率であった。本種の休眠は 20℃ で維持されるが、17.5℃ では休眠発育が進行する（TAKEDA, 2006）。この試験では、18℃ での卵巣卵の発育調査までの期間を 78~92 日間とした結果、休眠誘導だけではなく休眠発育の進行といった要素が含まれた可能性がある。このため、18℃ での休眠誘導と休眠の維持についてはふ化後日数の継続的な調査が必要と考えられた。

IV 休眠誘導にかかわる二つの温度感受期の発育ステージ

クワシロカイガラムシは卵期の温度から、ふ化幼虫から成虫化までのいずれかの発育ステージの温度の低下が生殖休眠を誘導する。前世代の成虫期における温度の影響も考えられるが、雌成虫卵巣内の卵の温度感受を含めて感受期の中心は卵期と考えられる。しかし、前世代の成虫期が温度を感受して反応しているか否かについては実験的には証明できていない。

チャ枝ごと第 2 世代雌成虫を採集して 25℃ で飼育し、ふ化翌日までにカボチャ果実に定着した幼虫を 20℃ の恒温器に移動させた。また、同じくカボチャ果実に定着したふ化幼虫を 25℃ で 8, 14, 20, 27, 31 日間継続して飼育した後に 20℃ に移動させた（図-2）。25℃ での飼育期間が 27 日までの雌成虫では 90% 以上の個体に生殖休眠が誘導された。25℃ での飼育期間が 31 日となる雌成虫では羽化後の数日間の高温で休眠率が急激に低下することから、羽化直後の数日間が休眠を誘導する感受期と考えられた。以上のように、クワシロカイガラムシの雌成虫は、卵期に 25℃ 程度の高温を経験してから羽化期に 20℃ 程度の低温に遭遇することで生殖休眠が誘導される。

表-3 クワシロカイガラムシの生殖休眠の誘導に及ぼす前世代の成虫期と卵期から幼虫期と羽化までの発育期間への温度変化の影響

温度（℃）		休眠率 ^{c)} （%）
親世代の雌成虫と卵期	ふ化から成虫化まで （第 1 世代虫）	
28	25	0 (68) ^{a)}
25		0 (48)
20		0 (74)
18		0 (26)
28	20	98.1 (51) a
25		97.2 (72) a
20		21.3 (81) b
18		0 (74) c
28	18	59.0 (54) x
25		71.0 (56) x
20		47.2 (68) y
18		31.6 (63) z

^{a)} 括弧内の数字はサンプル数を示す。

^{b)} 同一英小文字は、羽化までの発育期間内の温度間で有意差のないことを示す（*G-test* で Holm's correction を適用、 $p < 0.05$ ）。

^{c)} 休眠率は、25, 20℃ と 18℃ で、それぞれふ化後の 41~49 日、57~69 日、そして 78~92 日後に調査した。

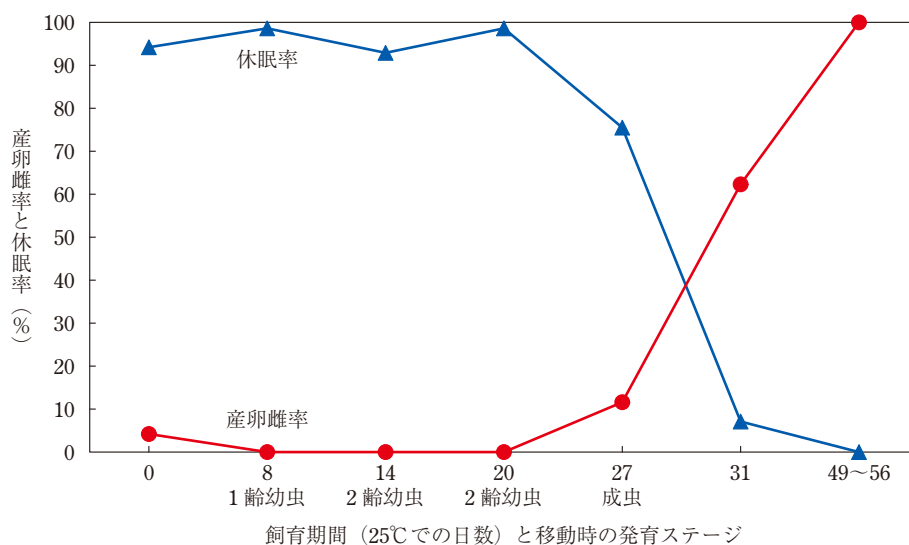


図-2 クワシロカイガラムシ雌成虫の産卵と生殖休眠の誘導に及ぼす 25℃ から 20℃ への温度変化ならびに温度変化に遭遇する発育ステージの関係

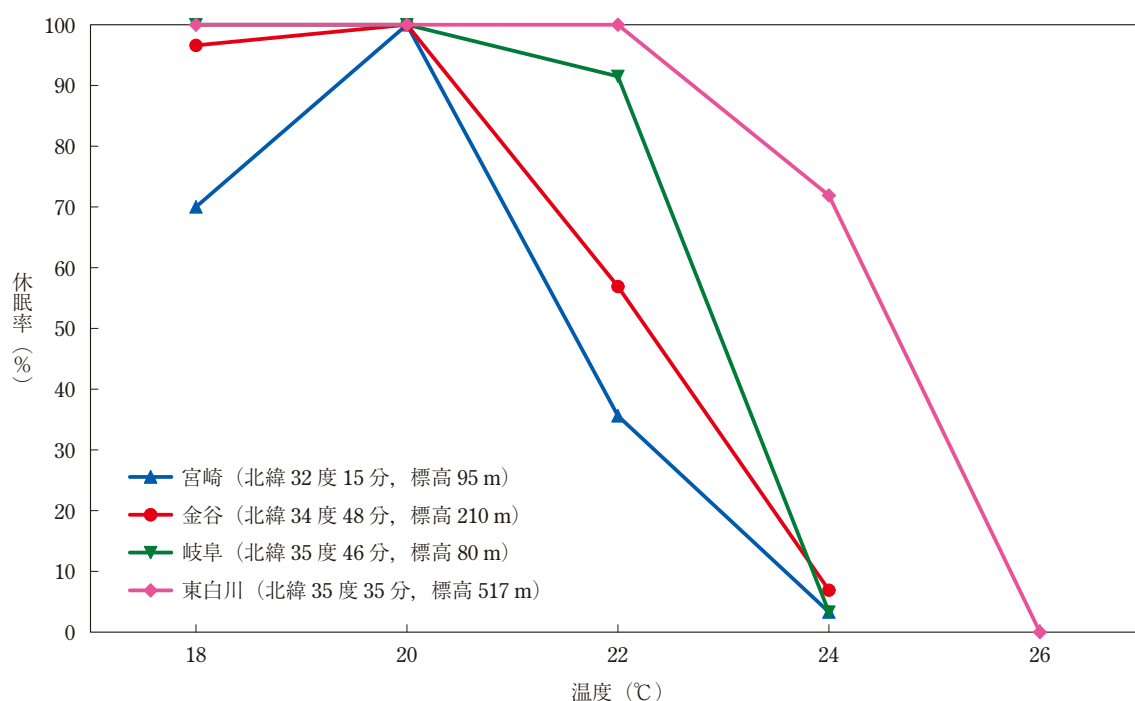


図-3 クワシロカイガラムシの地理的系統に見られる年 2 世代地域の第 2 世代虫 (東白川) と年 3 世代地域の第 3 世代虫の生殖休眠に及ぼす温度の影響

*それぞれの世代の卵期とふ化 1 日後以内の幼虫は、自然条件下と室温に遭遇した。

V 地理的系統に見られる休眠誘導の変異

クワシロカイガラムシは多くの茶産地で年 3 世代を経過するとされ、宮崎県の温暖な地域では年 3~4 世代を経過するとされている。生殖休眠の誘導に見られる地理的変異を明らかにするため、年 2 回発生地域の岐阜県東白川村で採集した第 1 世代虫の子世代、岐阜県揖斐郡池

田町、宮崎県宮崎市そして静岡県島田市 (金谷) の第 2 世代虫の子世代を供試して、卵期を自然条件下として生殖休眠の誘導を解析した (図-3)。

東白川の個体群は 24℃ と 26℃ の間に臨界温度が見られ、年 2 世代の個体群の臨界温度は比較的高温であった。ついで年 3 世代と考えられる岐阜の個体群は 22℃ と 24℃ の間であり、金谷の個体群も同じく 22℃ と 24℃ の

間に臨界温度があると推定された。宮崎の個体群では、22℃の休眠率が35%であり、臨界温度は22℃と20℃の間と推定された。クワシロカイガラムシの休眠誘導の臨界温度は年平均気温が低い地域に向かうほど高くなる地理的変異を示す可能性がある。一方、本種の休眠誘導は卵期の温度と羽化後数日間の温度で決定されることから、羽化時の温度だけで臨界温度を議論することは不適切で、卵期の温度と羽化後数日間の温度の相互作用による臨界温度を議論する必要がある。

VI クワシロカイガラムシの季節適応と温度の関係

クワシロカイガラムシの季節適応を明らかにするために、各地域での気温と有効積算温度による第1世代虫のふ化盛期の予測 (TAKEDA, 2004)、さらにふ化盛期から成虫羽化までの有効積算温度 (PARK and KIM, 1990)、ふ化盛期から次世代のふ化盛期までの有効積算温度 (小澤・久保田, 2006) を活用して、二つの温度感受期である卵期と羽化期の温度の関係を示した (図-4)。なお、第1世代虫のふ化盛期の予測とふ化盛期から成虫羽化までの発育期間の予測には平均気温を用いた。一方、盛夏期の

第2世代虫の発育に高温切除 (30.1℃以上で発育できない) を用いる場合には、毎正時の気温を用いて有効積算温度を推定する方法も採用した。

その結果、第1世代虫の卵期は、四つの地域すべてで5~6月の18℃前後の気温に遭遇し、成虫となる羽化時期は6~7月の22℃前後の温度に遭遇することで発育プログラムの選択が推定された。さらに、岐阜、金谷そして宮崎の個体群では卵期と羽化期が7~8月の24℃あるいはそれ以上の温度に遭遇することで、第2世代虫も発育プログラムの選択が推定された。一方、東白川の卵期は8月上中旬の24℃程度から、羽化期が9月上中旬の22℃程度の温度に遭遇することで、第2世代で休眠プログラムの選択が推定された。また、東白川の第1世代虫に高温切除 (30.1℃以上で発育しない) を適用した場合にも休眠プログラムが選択された。

年3世代の岐阜では、第3世代虫の卵期は9月上旬の25℃以上の時期で、成虫の羽化期は10月上旬の20℃となり、生殖休眠の誘導が推定された。第2世代虫に高温切除を行った場合、卵期は9月中旬の22~23℃の時期となり、羽化期は11月上旬の18℃程度の時期となり、

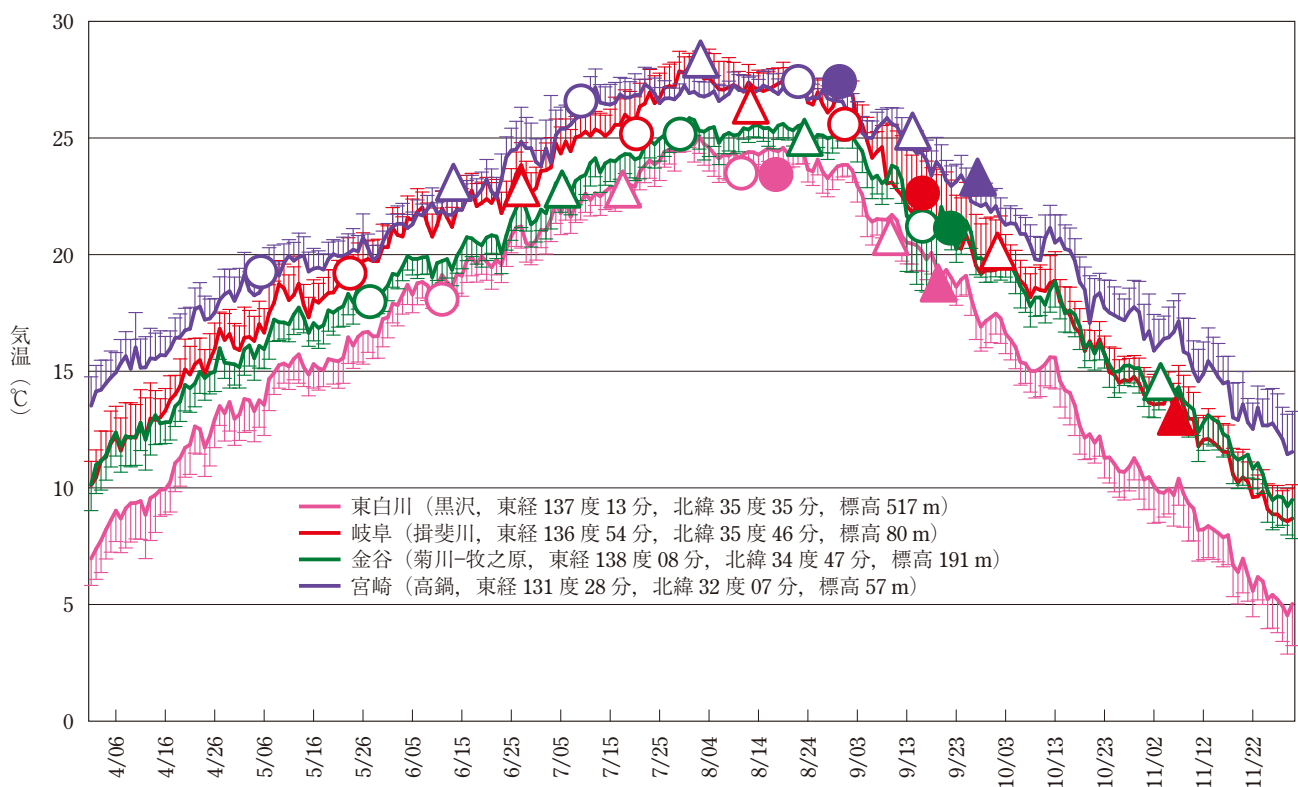


図-4 各地のアメダスデータに基づく1981~2000年にかけての日平均気温と95%信頼区間とクワシロカイガラムシの4個体群 (東白川、岐阜、金谷、宮崎) の休眠誘導にかかわるふ化盛期 (○) と羽化盛期 (△) の関係

*第1世代虫のふ化盛期はTAKEDA (2004) の平均気温による方法で有効積算温度を推計し、ふ化から羽化までの期間はPARK and KIM (1990) の方法で推計した。ふ化盛期から次世代のふ化盛期は、小澤・久保田 (2006) の方法で推計した。また、第2世代虫 (東白川: 第1世代虫) には毎正時の気温を用いて高温切除 (30.1℃以上で発育しない) を用いたふ化盛期 (●) と羽化盛期 (▲) を推計した。

同じく生殖休眠の誘導が推定された。金谷の個体群では第3世代虫の卵期は9月中旬の22℃程度の時期となり、11月上旬の15℃程度の時期に羽化期となることで生殖休眠が誘導された。一方、金谷の第2世代虫に高温切除を導入した場合にはふ化盛期が5日程度遅れることと11月以降の低温に遭遇することで年内に羽化できない結果となった。

宮崎の個体群では、第3世代虫のふ化盛期は8月21日(5日移動平均で27.1℃)、高温切除を用いて8月29日(同26.7℃)となり、成虫羽化期は9月14日(同24.4℃)と27日(同22.4℃)となった。宮崎の個体群では、高温切除を行った場合に生殖休眠が誘導される結果となり、高温切除を行わない場合には第4世代が生じる可能性が示されたが、第4世代では年内に羽化できるほどの有効積算温度はないと推定された。

おわりに

クワシロカイガラムシに対する発生予察情報(注意報)は、2008年を最後に現在まで発表されていない。これには防除適期の予測法がなんらかの貢献をした可能性がある。しかし、防除適期がふ化・定着のわずかな数日間に限られること、農繁期に樹冠内の枝幹部に多量(1,000 l/10 a)の薬剤を散布する必要があることから、依然として難防除害虫であった。

実際の防除場面では、ふ化盛期にとらわれない新たな防除法が求められた。2007年に登録されたピリプロキシフェン MC 剤はチャ樹の越冬期に散布することで、第1世代虫に加えて第2世代虫まで長期の密度抑制効果が期待できる(諫山・津田, 2008; 小澤ら, 2009)。一

方、第1世代虫のふ化盛期の予測法は中華人民共和国のキウイ(ZHUANG et al., 2016)や国内の果樹園での利用(弘岡, 2021)が検討されている。

ここで紹介したクワシロカイガラムシの発育プログラムと休眠プログラムは、卵期と羽化期という二つの感受期の温度に反応して発育と休眠を決定している。このような二つの発育ステージの温度変化を利用した季節適応は、春季と秋季に同じ温度に遭遇する温帯の季節変化を明瞭に示す指標として利用できる。クワシロカイガラムシが温度の変化によるプログラムを採用した要因については、今後の研究を待たなければならない。また、同様な生活史を示すカイガラムシ類の季節適応を異なる発育ステージの温度変化から解析することも興味深いと考えられる。

引用文献

- 1) 伴 由雄 (1969): 月刊「茶」22: 56~58.
- 2) 久保田 栄 (2001): 植物防疫 55: 71~74.
- 3) ——— (2003): 応動昆大会講要 47: 79.
- 4) 弘岡拓人 (2021): 植物防疫 75: 542~546.
- 5) 諫山信二・津田尚己 (2008): 住友化学 2008-II: 4~13.
- 6) 小澤朗人・久保田 栄 (2006): 静岡茶試研報 25: 23~31.
- 7) ———・鈴木智子 (2006): 植物防疫 60: 369~373.
- 8) ———ら (2009): 関西病虫研報 51: 95~97.
- 9) PARK, J. D. and K. C. KIM (1990): Korean J. Appl. Entomol. 29: 238~243.
- 10) 信濃和喜ら (1976): 奈良農試研報 7: 47~52.
- 11) 武田光能 (2003): 応動昆大会講要 47: 79.
- 12) ——— (2006): 植物防疫 60: 365~368.
- 13) TAKEDA, M. (2004): Appl. Entomol. Zool. 39: 15~26.
- 14) ——— (2006): ibid. 41: 429~434.
- 15) ——— (2022): ibid. 57: 15~25.
- 16) ZHUANG, Q. G. et al. (2016): N.Z.J. Crop Hortic. Sci. 44: 218~226.

(登録が失効した農薬 10 ページからの続き)

- カフェンストロール・ダイムロン・ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン粒剤
22569: トビキリ1キロ粒剤(石原産業株式会社) 22/12/21
- カフェンストロール・ダイムロン・ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン水和剤
22873: トビキリフロアブル(石原産業株式会社) 22/12/21
- アジメスルフロン・カフェンストロール・ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン粒剤
22890: ブロードカット1キロ粒剤(石原産業株式会社) 22/12/21
- カフェンストロール・ダイムロン・ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン粒剤
22892: トビキリ 500 グラム粒剤(石原産業株式会社) 22/12/21

- イマゾスルフロン・ジメタメトリン・ダイムロン・プレチラクロール粒剤
18582: SDS ハヤテ粒剤(株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 22/12/27
- プレチラクロール・ベンゾビシクロン水和剤
20632: SDS クサコンフロアブル(株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 22/12/27

「植物成長調整剤」

- MCPB 乳剤
15108: マデック(アグロカネショウ株式会社) 22/12/22
- MCPB 乳剤
20194: マデック EW(アグロカネショウ株式会社) 22/12/22



炭疽病の病原学名変更と病原追加

新潟食料農業大学/
薬用植物資源研究センター

さ
佐

とう
藤

とよ
豊

ぞう
三

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター

もり
森

わき
脇

じょう
丈

じ
治

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
遺伝資源研究センター

さ
佐

とう
藤

まもる
衛

はじめに

これまで国内では各種作物や植物に 340 以上の炭疽病が報告され日本植物病名目録（病名目録）に収録されている（ブドウ晩腐病など炭疽病菌による別病名の病害も含む）。今世紀以前、形態的な種分類が行われていた炭疽病菌は、20 数年前から DNA の塩基配列を用いた系統解析に基づいて分類されるようになり、対象菌の塩基配列データがあれば早く正確に同定できるようになった（JAYAWARDENA et al., 2021）。反面、分子系統解析の進展に伴い新種の発見が相次いでおり、現在 16 の種複合体に属する約 260 種とそのいずれにも属さない 15 種がリストアップされている（Liu et al., 2022；図-1）。国内にはそのうち 15 種複合体と約 80 種が確認されている（佐藤, 2022）。このような分類同定研究の発展に伴い炭疽病の診断・防除の課題も浮き彫りになってきた。以前は単一種として扱われてきた種複合体の 2 種が同じ作物に全く異なる病徴を起こすことが明らかになり、別々の病名が付けられ被害の大きなほうでは防除法が開発された（FUJINAGA et al., 2011；YAMAGISHI et al., 2015）。同じ作物の炭疽病でも病原菌が異なれば病徴も防除法も異なるため、最新の系統分類に基づく種同定が求められることは言うまでもない。最近、種複合体の構成種まで同定したリング炭疽病菌やブドウ晩腐病菌に複数種の存在が明らかになり、それらの薬剤耐性の発達傾向に明らかな差が認められた（YOKOSAWA et al., 2017；2020）。これは、毎年地域ごとに変化する病原菌の種構成を的確に把握して散布薬剤を選択しないと防除効果が十分得られないことを示唆している。さらに、従来の形態的定義に基づく広

義の *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. などは、宿主範囲が非常に広く防除手段として潜在的な伝染源植物の除去は考え難かった。しかし、国内で確認された *C. gloeosporioides* 種複合体の 20 構成種に病原菌を再同定すれば（佐藤, 2022）、各種の宿主範囲は狭くなり圃場周辺の伝染源の除去も現実的となってくる（Ⅲ章参照）。このように、炭疽病でも病原菌の分子再同定に基づいて防除が考えられるようになってきた。近年の分子系統分類に基づく国産炭疽病菌の再同定は進みつつあるが、依然として 200 以上の炭疽病の病原は未検討のままとなっている。一方、約 10 年前命名規約の改定により菌類の無性世代と有性世代に別の学名を与えることができなくなり（矢口, 2014）、炭疽病菌では *Glomerella* より設立の古い *Colletotrichum* に属名が統一された。しかし、国内では今でも多くの病原が *Glomerella* 属菌とされたままであるため、それらの更新や分類学的再検討が必要になっている。いずれにせよ、病原菌や病害防除の最新情報を共有するため、キーワードとなる病原学名を速やかに更新することが不可欠である。本稿では、明らかに変更すべき病原学名および病原に追加すべき炭疽病菌について紹介し炭疽病の病原研究や防除等の参考に供する。

I 多犯性種などの概念・定義の変更

1 *Glomerella* 属菌

上記の通り、*Colletotrichum* 属の無性世代を持つ *Glomerella* 属菌は前者の適切な種に学名変更しなければならなくなった。なかでも約 50 病名の病原となっている *Glomerella cingulata* (G.F. Atk.) Spauld. & H. Schrenk は最近まで *C. gloeosporioides* の有性世代と考えられてきたが、最新の分類ではこの関係は必ずしも成り立たなくなった。*C. gloeosporioides* 種複合体に含まれる *Colletotrichum fructicola* Prihast, L. Cai & K.D. Hyde など有性世

Update and Addition of Anthracnose Pathogen Names in Japan.
By Toyozo SATO, Jouji MORIWAKI and Mamoru SATOU
(キーワード: *Colletotrichum*, *Glomerella*, *Gloeosporium*, MLSA, 分子再同定)

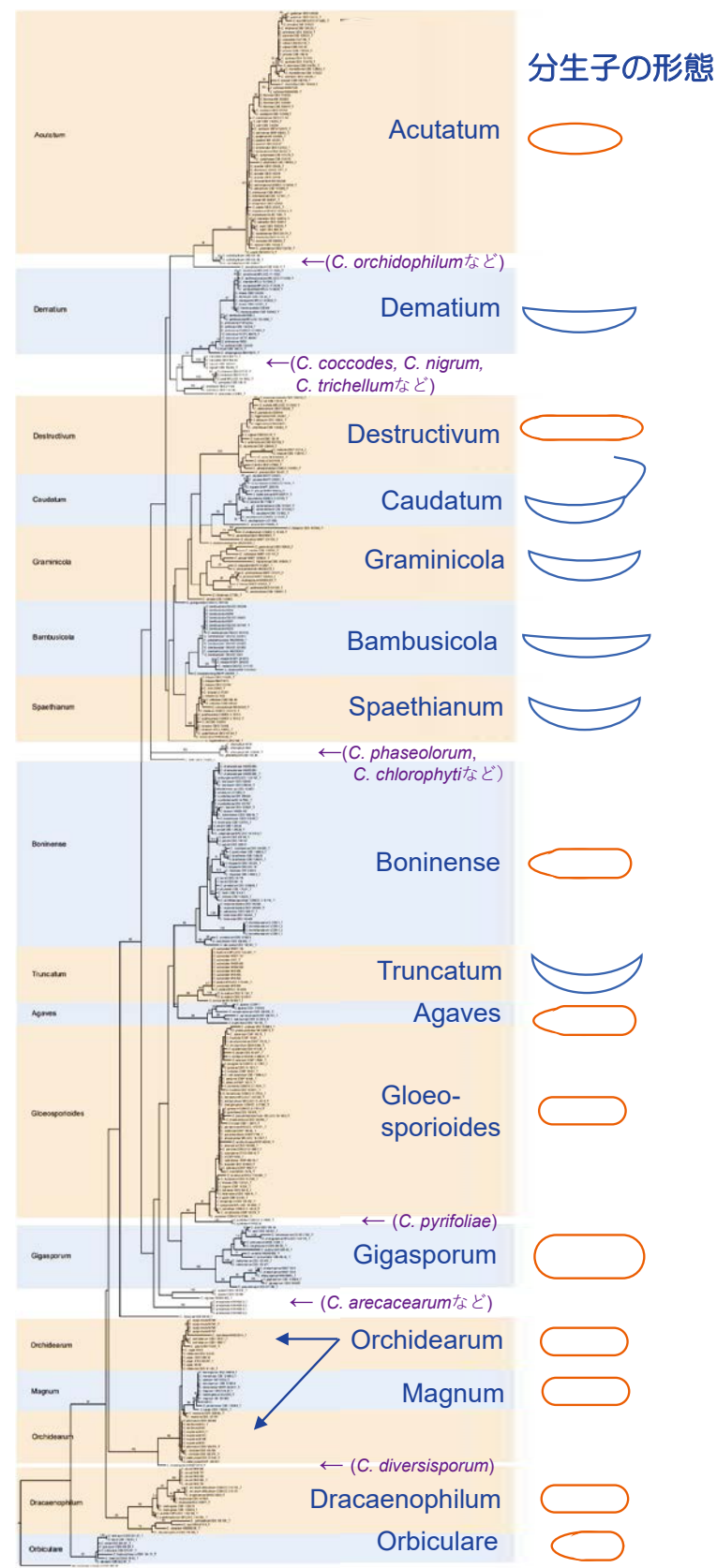


図-1 rDNA-ITS 領域に基づく *Colletotrichum* 属の 16 の種複合体（青文字）とその構成種の系統関係および分生子の形態（Liu et al. (2022) より改変，構成種は Liu et al. (2022) の Fig. S1 および Table S1 参照，（ ）内は種複合体に属さない種）

代を持つ種とは異名関係が成り立つが、狭義の *C. gloeosporioides* はカンキツ類炭疽病菌であり有性世代は報告されていないからである (JAYAWARDENA et al., 2021)。また近年, *C. boninense* 種複合体の *Colletotrichum karsti* You L. Yang, Zuo Y. Liu, K.D. Hyde & L. Cai や *C. orchidearum* 種複合体の *Colletotrichum plurivorum* Damm, Alizadeh & Toy. Sato 等は *C. gloeosporioides* 種複合体と同様に円筒形の分生子と子のう殻を形成する多犯性種であることが報告された (DAMM et al., 2012 ; 2019)。従来の形態分類ではそれらも *G. cingulata* と同定されてきたと考えられる (図-1, 2)。逆に *G. cingulata* とされていた病原が *C. gloeosporioides* 種複合体の構成種に再同定されるとは限らないことになる。今回ファレノプシス炭疽病菌 *G. cingulata* が *Colletotrichum orchidearum* Allesch. に再同定されたのはその典型例である (表-1)。以上より *G. cingulata* を機械的に *C. gloeosporioides* に置き換えることはせずに、一つ一つの宿主について病原を分子再同定する必要がある。各 *Glomerella* 属菌の学名変更は表-1に掲載した。なお、コリヤナギ炭疽病菌 *Glomerella salicina* (Hara) Fukushi & W. Yamam., クワ (病名未提案) 由来菌 *Glomerella mori* Sawada, イヌビワ褐色円斑病菌 *Glomerella fici-beecheyanae* W. Yamam. およびヒマ炭疽病菌 *Glomerella ricini* Hemmi はまだ *Colletotrichum* などに

転属されていない。

2 *Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds

本種は約 20 の炭疽病の病原とされているが、オーストラリア原産であり、国内ではまだ確認されていない (佐藤, 2022)。形態あるいは rDNA-ITS の塩基配列のみを根拠に本種に同定されたケースがほとんどである。後の複数 DNA 領域・遺伝子を用いた分子系統解析 (MLSA, Multilocus sequence analysis) により大半は *Colletotrichum fioriniae* (Marcelino & Gouli) Pennycook, *Colletotrichum godetiae* Neerg. や *Colletotrichum nymphaeae* (Pass.) Aa と再同定されている (佐藤・森脇, 2013 a ; 2013 b)。現在も *C. acutatum* のままの病原は分子再同定が必要である。

3 *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W. Wilson

病名目録では各種イネ科作物・牧草などの炭疽病菌とされている。種内で寄生性が分化しており、多種のイネ科植物に炭疽病を起こすと考えられていたが (西原, 1962), 分子系統解析により種複合体であることが明らかにされた (CROUCH et al., 2009)。現在, 狭義の *C. graminicola* はトウモロコシにのみ炭疽病を起こす種となっている。国内ではこの種複合体の 10 構成種が確認されており, そのうち 5 種は国産菌株に基づき新種として報告された (CROUCH et al., 2009 ; MORIWAKI and TSUKIBOSHI, 2009)。表-1 に再同定された種を当該宿主の病原として

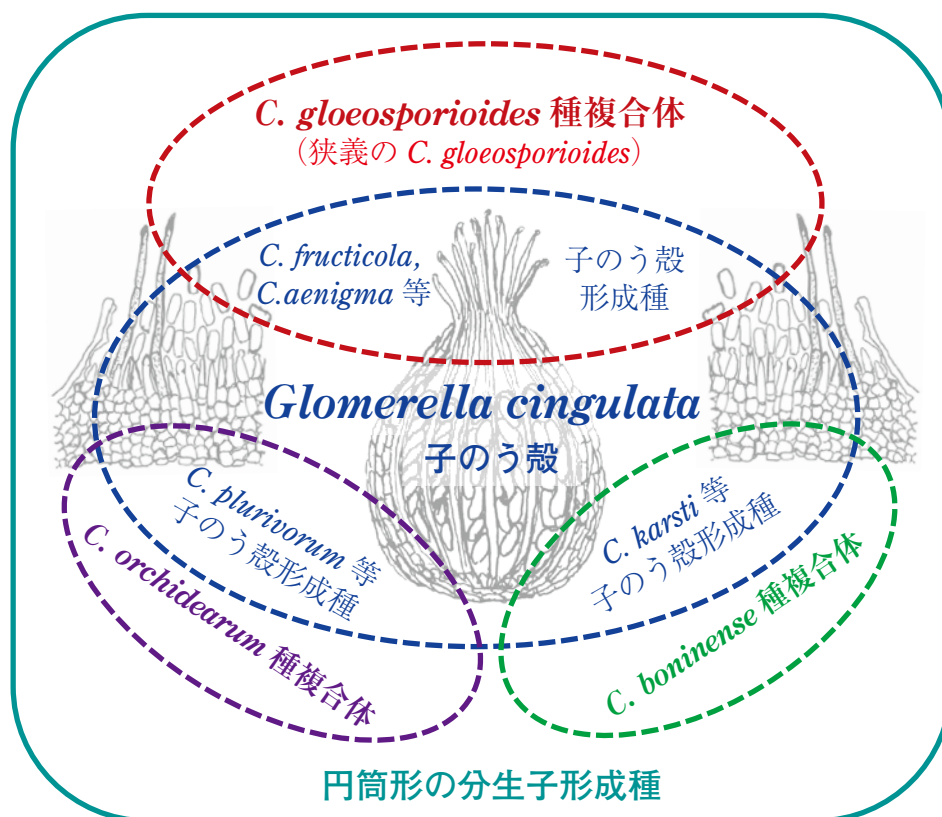


図-2 複数の種複合体から成る *Glomerella cingulata* の概念

表-1 *Colletotrichum* 属菌株の分子再同定に基づく炭疽病の病原学名変更および病原追加

宿主植物 ^{a)}	病名	変更前学名	変更後学名	再同定病原菌株 (MAFF)・根拠 ^{b)}	備考・文献 ^{c)}
アカシア類	炭疽病	<i>Glomerella cingulata</i> (G.F. Atk.) Spauld. & H. Schrenk	<i>Colletotrichum fruticola</i> Prihast., L. Cai & K.D. Hyde	410038	フサアカシア, 9), 15)
アケビ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum fioriniae</i> (Marcelino & Gouli) Pennycook	238947	<i>C. fioriniae</i> の命名者名要更新, 接種試験未了, 44)
アジサイ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum karsti</i> You L. Yang, Zuo Y. Liu, K.D. Hyde & L. Cai	237232	接種試験未了, 36)
アズキ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum lineola</i> Corda	306708	接種試験未了, 45), 備考 は削除 (理由は本文参照)
アボカド	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum tropicale</i> E.I. Rojas, S.A. Rehner & Samuels	305592	接種試験未了, 36), 55)
アマリリス	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	238644	接種試験未了, 36), 41)
アマリリス	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum truncatum</i> (Schwein.) Andrus & W.D. Moore	238718	接種試験未了, 45)
アルメリア	炭疽病	<i>Colletotrichum truncatum</i> (Schweinitz) Andrus & W.D. Moore	<i>Colletotrichum dematium</i> (Pers.) Grove sensu stricto	712331	45), 47)
イチヨウ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum siamense</i> Prihast., L. Cai & K.D. Hyde	239282	接種試験未了, 12)
イソトマ	炭疽病	<i>Colletotrichum</i> sp.	<i>C. lineola</i>	712332	45), 47)
イヌビワ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	238495, 238497, 238777	ガジュマル, オオバイヌビ ワ, 接種試験未了, 35)
イリス類	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum spaethianum</i> (Allesch.) Damm, P.F. Cannon & Crous	238024~238026	ジャーマンアイリス, 接種 試験未了, 45)
インゲンマメ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum nigrum</i> Ellis & Halst.	425347	接種試験未了, 26)
エンバク	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum cereale</i> Manns	305076	接種試験未了, 3)
オーチャードグラス	炭疽病	(病原追加)	<i>C. cereale</i>	511140	接種試験未了, 26)
オウトウ	炭疽病	<i>Colletotrichum acutatum</i> J.H. Simmonds	<i>C. fioriniae</i>	242999	22)
オモト	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fioriniae</i>	238639	接種試験未了, 44)
オモト	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum liriopes</i> Damm, P.F. Cannon & Crous	238703	接種試験未了, 45)
カキ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fioriniae</i>	237130	接種試験未了, 44)
カキ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum gigasporum</i> Rakotonir. & Munaut	242697	接種試験未了, 19)
カキ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	242922	接種試験未了, 36)
カキ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. siamense</i>	306540	果実に病原性あり, 36), 40)
カシ類	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fioriniae</i>	242727	シラカシ, 接種試験未了, 43)
カトレア	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum cattleyicola</i> Damm & Toy. Sato	238321	接種試験未了, タイプ由来菌株, 6)
カーネーション	炭疽病	(病原追加)	<i>C. lineola</i>	237705	ナデシコ属, 接種試験未了, 45)
カーネーション	炭疽病	(病原追加)	<i>C. spaethianum</i>	238023	セキチク, 接種試験未了, 45)
カブ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	240540	接種試験未了, 45)
カンキツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. gigasporum</i>	243176, 243177	レモン, 接種試験未了, 19)
カンコノキ	(未提案)	(病原追加)	<i>C. fioriniae</i>	238519	接種試験未了, 44)
カンラン, シンビジウム	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum cymbidiicola</i> Damm, P.F. Cannon, Crous, P.R. Johnst. & B.S. Weir	306100, 306535	接種試験未了, 5), 36)
キウイフルーツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fruticola</i>	242046	トルコ, 葉の病斑由来, 9)

表-1 つづき

宿主植物 ^{a)}	病名	変更前学名	変更後学名	再同定病原菌株 (MAFF)・根拠 ^{b)}	備考・文献 ^{c)}
キク	炭疽病	(病原追加)	<i>C. gigasporum</i>	238783	接種試験未了, 19)
キク	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	238500	接種試験未了, 45)
キツタ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. gigasporum</i>	243031	接種試験未了, 19)
ギボウシ類	炭疽病	(病原追加)	<i>C. spaethianum</i>	238062, 238067	トウギボウシ, オオバギボウシ, 接種試験未了, 45)
キュウリ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	242676	接種試験未了, 45)
キンセンカ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fioriniae</i>	237240	接種試験未了, 44)
クリスマスローズ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. lineola</i>	712313, 712314	接種試験未了, 45)
クルミ	炭疽病	<i>G. cingulata</i> (病原異名)	<i>C. fruticola</i>	410177, 410178	テウチグルミ, オニグルミ, 有性世代あり, 9), 13)
クルミ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum kahawae</i> J.M. Waller & Bridge	410176	オニグルミ, 有性世代なし, 9), 13)
クロトンノキ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	238498	接種試験未了, 35)
クワ	炭疽病	<i>Colletotrichum boninense sensu lato</i>	<i>C. karsti</i>	840070 有性世代あり	病原(1), 36), 57)
クワ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum aenigma</i> B.S. Weir & P.R. Johnst.	306011 有性世代あり	シマグワ, 接種試験未了, 11), 34)
ゲッケイジュ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	243423	接種試験未了, 36)
コーヒーノキ	炭疽病	<i>Colletotrichum coffeanum</i> F. Noack	<i>Colletotrichum theobromicola</i> Delacr.	305994	接種試験未了, 11), 36), 55)
コンニャク	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum plurivorum</i> Damm, Alizadeh & Toy. Sato	243073	接種試験未了, 6)
サザンカ	炭疽病	<i>Gloeosporium theae-sinensis</i> I. Miyake	<i>Discula theae-sinensis</i> (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato	Index Fungorum	23)
サトウキビ	赤腐病	<i>Glomerella tucumanensis</i> (Spegazzini) Arx & E. Müller	<i>Colletotrichum falcatum</i> Went	305077, 306170 1F/1N Index Fungorum	3)
サンセベリア	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	238104	接種試験未了, 45)
シソ	炭疽病	<i>Colletotrichum destructivum</i> O'Gara	<i>Colletotrichum shioi</i> P. Gan, A. Tsushima, Kwarad., Damm & K. Shirasu	240106	8)
シバ	炭疽病	<i>Colletotrichum caudatum</i> (Peck ex Saccardo) Peck	<i>Colletotrichum zoysiae</i> J.A. Crouch	238573~238577	コウライシバ, 238573 : タイプ由来菌株, 2)
ジャガイモ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. nigrum</i>	238719	接種試験未了, 26)
シャクヤク	炭疽病	(病原追加)	<i>C. aenigma</i>	306239	接種試験未了, 26), 39)
シンゴニウム	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	240454	接種試験未了, 17)
スグリ	炭疽病	<i>Gloeosporidiella ribis</i> (Lib.) Petr.	<i>Drepanopeziza ribis</i> (Rehm ex Kleb.) Höhn	Index Fungorum	
ステラ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fioriniae</i>	240194	接種試験未了, 44)
ストック	炭疽病	<i>C. destructivum</i>	<i>Colletotrichum higginsianum</i> Sacc.	238563	25)
ソバ	炭疽病	<i>Colletotrichum dematium</i> (Pers.) Grove	<i>C. truncatum</i>	306552	病原(2), 45)
タイサイ類	炭疽病	病原種名未定	<i>C. truncatum</i>	238716, 305969	接種試験未了, 45)
ダイズ, コモンベッチ	炭疽病	<i>Glomerella glycines</i> Lehman & F.A. Wolf	<i>Colletotrichum glycines</i> Hori ex Hemmi	306300, 1F/1N Index Fungorum	分子系統不明
ダイズ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. plurivorum</i>	238875	接種試験未了, 6)
タコノキ類	果実腐敗病	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz. & Sacc.	<i>C. siamense</i>	240476, 241580	病原(1), アダン, タコノキ 36), 58)
タコノキ類	果実腐敗病	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>C. tropicale</i>	239182, 241578, 241579	病原(1), アダン 58)

表-1 つづき

宿主植物 ^{a)}	病名	変更前学名	変更後学名	再同定病原菌株 (MAFF)・根拠 ^{b)}	備考・文献 ^{c)}
タブノキ類	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fioriniae</i>	240389	タブノキ, 接種試験未了, 44)
ツバキ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum camelliae</i> Massee	238795	接種試験未了, 35), 36)
ディーフェンバキア	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	238717	接種試験未了, 45)
デイゴ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	238791, 306171	接種試験未了, 小林らの文献は和文に換える, 26), 36)
デンドロビウム類	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	240501	<i>Dendrobium chrysotoxum</i> Lindl., 接種試験未了, 36)
デンドロビウム類	炭疽病	(病原追加)	<i>C. siamense</i>	240428	<i>D. chrysotoxum</i> , 接種試験未了, 8)
デンドロビウム類	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum orchidearum</i> Allesch.	239931, 240480	<i>Dendrobium phalaenopsis</i> Fitzg. (デンファレ), 接種試験未了, 6)
トマト	炭疽病	(病原追加)	<i>C. plurivorum</i>	306007	接種試験未了, 6)
トールオートグラス	炭疽病	<i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) G.W. Wilson	<i>C. cereale</i>	510634	510634 は西原 (1972) の供試菌株と判断される, 4), 31)
ドラセナ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	240533	<i>Dracaena sanderiana</i> Mast., 接種試験未了, 17)
ナシ	炭疽病	<i>G. cingulata</i>	<i>C. fruticola</i>	241665, 241666	病原 (2), 54)
ナシ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	241466	36)
ナス	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	240523, 240525	接種試験未了, 45)
ニセアカシア	炭疽病	<i>G. cingulata</i>	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz. & Sacc. sensu stricto	244668 1F/1N	病原 (4), 55)
ニセアカシア	炭疽病	<i>Colletotrichum revolutum</i> (Ellis & Everh.) S. Ito & Tak. Kobay.	<i>C. siamense</i>	410036, 306536	病原異名 (4), 14), 32), 36)
ニチニチソウ	炭疽病	<i>Colletotrichum</i> sp. (the <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> species complex)	<i>C. siamense</i>	240311, 240312	50)
ネギ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	237493	接種試験未了, 36)
ネギ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. spaethianum</i>	237488, 242675	接種試験未了, 45)
ハイビスカス	炭疽病	(病原追加)	<i>C. theobromicola</i>	305981	接種試験未了, 34), 36)
パスパルム	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum nicholsonii</i> J.A. Crouch, B.B. Clarke, J.F. White & B.I. Hillman	510916, 511115	タリスグラス, 511115 : タイプ由来菌株, 3)
パスパルム	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum paspali</i> J.A. Crouch, B.B. Clarke, J.F. White & B.I. Hillman	305403, 511000	パヒアグラス, 305403 : タイプ由来菌株, 3)
パッションフルーツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. aenigma</i>	306012	接種試験未了, 11)
パッションフルーツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	305973	接種試験未了, 5)
パッションフルーツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. plurivorum</i>	305974	接種試験未了, 6)
パッションフルーツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. siamense</i>	305750, 305752	接種試験未了, 26)
パッションフルーツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	240537	接種試験未了, 17)
パッションフルーツ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	237989	接種試験未了, 45)
バナナ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	238787	接種試験未了, 36)
パパイア	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fruticola</i>	306010	接種試験未了, 9)
パパイア	炭疽病	(病原追加)	<i>C. gloeosporioides</i> s.s.	306173	接種試験未了, 26)
パパイア	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum okinawense</i> Damm & Toy. Sato	240517, 240513	接種試験未了, 240517 : タイプ由来菌株, 6)
パパイア	炭疽病	(病原追加)	<i>C. plurivorum</i>	238697	接種試験未了, 6)
パパイア	炭疽病	(病原追加)	<i>C. siamense</i>	305788	接種試験未了, 11)

表-1 つづき

宿主植物 ^{a)}	病名	変更前学名	変更後学名	再同定病原菌株 (MAFF)・根拠 ^{b)}	備考・文献 ^{c)}
パパイヤ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	305787, 305789, 306160	接種試験未了, 26), 36)
パパイヤ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	241269	接種試験未了, 45)
ハマオモト	炭疽病	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>Colletotrichum boninense</i> Moriwaki, Toy. Sato & Tsukib.	305972, 306094, 306162	オオハマオモト, 305972: タイプ由来菌株, 接種試験 未了, 27)
ハマオモト	炭疽病	(病原追加)	<i>C. siamense</i>	240528, 306099	接種試験未了, 17)
ハマオモト	炭疽病	(病原追加)	<i>C. spaethianum</i>	238702	インドハマユウ, 接種試験 未了, 45)
ピタヤ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. truncatum</i>	240532	接種試験未了, 45)
ヒマラヤユキノシタ	炭疽病	<i>C. acutatum</i>	<i>C. fioriniae</i>	712348	33)
ファレノプシス	炭疽病	<i>G. cingulata</i>	<i>C. orchidearum</i>	306084	6)
フカノキ, シェフレラ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	238494	ヤドリフカノキ, 接種試験 未了, 43)
ホソバヒラギナ ンテン	炭疽病	(病原追加)	<i>C. siamense</i>	242619, 242620	ヒイラギナンテン, 接種試 験未了, 12)
ボトス	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	244227	接種試験未了, 41)
ボブラ類	枝枯炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum salicis</i> (Auersw. ex Fuckel) Damm	410179	ボブラ交雑種, <i>C. fioriniae</i> の根拠菌株は 410043, 1), 36)
ボブラ類	炭疽病 (斑葉病)	<i>Gloeosporium tremulae</i> (Lib.) Pass.	<i>Titaeosporina tremulae</i> (Lib.) Luijk	Index Fungorum	
マダケ類・トウチ ク, 斑竹類	黒色立枯病, 仙人杖	<i>Glomerella hsienjenchang</i> (I. Hino & Katumoto) Toy. Sato & Y. Degawa	<i>Colletotrichum hsienjenchang</i> I. Hino & Hidaka	243051, 1F/1N Index Fungorum	43)
マルメロ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum godetiae</i> Neerg.	241296	接種試験未了, 42)
マンゴー	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum queenslandicum</i> B.S. Weir & P.R. Johnst.	306229	接種試験未了, 55)
メダケ類	炭疽病	(文献追加, 備考「病菌の分類学 的所属は検討を要する」の変更)	本文の説明に従い文献を追加し, 備 考の「」内を削除する	241800, 241845, 241876, 244029	メダケ, 21), 43)
メロン	炭疽病	(病原追加)	<i>C. karsti</i>	305998	接種試験未了, 5)
モモ	炭疽病	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>C. siamense</i>	306537, 306541	病原(1), 32), 36)
モロコシ	炭疽病	<i>Colletotrichum sublineolum</i> Hennings	<i>Colletotrichum sublineola</i> Henn. ex Sacc. & Trotter	511474 Index Fungorum	24)
ヤツデ	炭疽病	(病原追加)	<i>Colletotrichum cigarro</i> (B.S. Weir & P.R. Johnst.) A. Cabral & P. Talhinhas	244229	<i>Fatsia oligocarpella</i> Koidz. (ムニンヤツデ), 接種試験 未了, 41)
ヤブニッケイ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. fructicola</i>	244165	接種試験未了, 9)
リンゴ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. kahawae</i>	244315	接種試験未了, 55)
リンドウ	炭疽病	<i>C. gloeosporioides</i>	<i>C. kahawae</i>	241877	28)
レイシ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. tropicale</i>	239933, 239930	接種試験未了, 12), 36), 51)
レッドトップ	炭疽病	(病原追加)	<i>C. cereale</i>	236902	クリーピングベントグラ ス, 接種試験未了, 26)
ワタ	炭疽病	<i>Glomerella gossypii</i> Edgerton	<i>Colletotrichum gossypii</i> Southworth	1F/1N Index Fungorum	分子系統不明

a) 日本植物病名目録に準じた。

b) MAFF: 農研機構農業生物資源データベース所蔵菌株のアクロニム, Index Fungorum: 菌類学名データベース (<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>), 1F/1N: 有性・無性世代の学名統一。

c) 両括弧()は日本植物病名目録に掲載されている変更前の病原の番号, 片括弧()は文献番号。

追加した。

4 *Colletotrichum capsici* (Syd. & P. Syd.)

E.J. Butler & Bisby

本種は鎌形の分生子を持つ種として1世紀以上に記載され、国内で8件の炭疽病を起こすとされるが、エビタイプ由来菌株の分子系統解析により *Colletotrichum truncatum* (Schwein.) Andrus & W.D. Moore のシノニムであることが明らかにされた (Damm et al., 2009)。それまで *C. capsici* は形態により同定されてきたため、鎌形分生子を持つ他種と混同されている可能性が否定できない。本種による炭疽病の病原菌を分子再同定する必要がある。

5 *Gloeosporium* 属菌

多くの種が記載された本属は命名法上の理由から廃属となり、大方の種は適切な属に移された (小林, 1993)。しかし、依然として病名目録には60以上の炭疽病の病原として本属菌が掲載されている (約20件は *Gloeosporium* sp.)。それらの中には、再検討により *Colletotrichum* 属菌以外のシノニムとなったものもあるが (表-1)、国内で記載された種などには未検討のものも少なくない (Index Fungorum: 菌類学名データベース)。

II 根拠菌株の再同定などによる病原学名変更

病名や病原追加の提案の根拠となった菌株の分子再同定には農研機構農業生物資源データベース (NARO ジーンバンク) 所蔵の菌株を供試した (表-1)。以下のうち三つ以上の DNA 領域・遺伝子 (loci) を用いて分子系統解析 (MLSA) による分子再同定を行った。すなわち、*act* = アクチン, *cal* = カルモジュリン, *chs-1* = キチン合成酵素-1, *gapdh* = グリセルアルデヒド 3-リン酸デヒドロゲナーゼ, *gs* = グルタミン合成酵素, *his3* = ヒストン H3, *hmg* = 交配型遺伝子 MAT1-2 (high-mobility-group: HMG), *sod2* = スーパーオキシドディスムターゼ, *tub2* = β -チューブリン-2 の各遺伝子, および *ApMat* = *Apn2*/MAT: *Apn2* と *Mat1-2* 遺伝子間スパーサーと交配型遺伝子 (*Mat1-2*) の部分塩基配列 (Silva et al., 2012) の 10 loci。なお, JAYAWARDENA et al. (2021) には大半の種ごとに識別のキーとなる 1 locus~数 loci が掲載されており, それらでは多くの loci を用いなくても種判別ができる (佐藤, 2022)。

以下に学名変更を提案する各病原についてその理由などを説明する。

1 アカシア類炭疽病菌

フサアカシア上の病原菌を基に *Physalospora acaciae* Kaz. Itô & Shibuk. が新種として提案され (伊藤・渋川,

1956), 後に *C. gloeosporioides* (*G. cingulata*) の異名とされた (Index Fungorum)。病名の根拠菌株 MAFF 410038 を分子再同定した結果, *C. fructicola* であることが明らかとなった。

2 アルメリア炭疽病菌

C. truncatum と同定されたが (菅原, 2010), 病名の根拠菌株 MAFF 712331 (菌株名 Ya25) を分子再同定した結果, 狭義の *Colletotrichum dematium* (Pers.) Grove であることが明らかとなった (Sato et al., 2015)。

3 イソトマ炭疽病菌

Colletotrichum sp. と仮同定されたが (菅原, 2010), 病名の根拠菌株 MAFF 712332 (菌株名 Ya199) を分子再同定した結果, *Colletotrichum lineola* Corda であることが明らかとなった (Sato et al., 2015)。

4 オウトウ・ヒマラヤユキノシタ炭疽病菌

C. acutatum とされたが (佐藤ら, 2011; 三澤・佐藤, 2013), 根拠菌株 MAFF 242999 および MAFF 712348 を分子再同定した結果, *C. fioriniae* であることが明らかとなった。

5 クルミ炭疽病菌

一部の根拠菌株が *C. nymphaeae* と再同定され病名目録に採録された (Sato and MORIWAKI, 2013)。一方, 伊藤・小林 (1956) は子のう殻を確認したことから *G. cingulata* と同定したが, その根拠菌株 MAFF 410177 および MAFF 410178 を分子再同定した結果, *C. fructicola* であることが明らかとなった。有性世代を持つこの種が病原 (1) となり *G. cingulata* がその異名となる。また, *C. nymphaeae* は病原 (2) となる。

6 クワ炭疽病菌

病原 (1) は広義の *Colletotrichum boninense* とされていたが, 根拠菌株 MAFF 840070 を分子再同定した結果, *C. karsti* であることが明らかとなった (佐藤, 2022)。本種は有性世代を持っており, 異名の *G. cingulata* が子のう殻の形成を根拠に同定された報告と合致する (吉田ら, 1995)。

7 コーヒーノキ炭疽病菌

Colletotrichum coffeanum F. Noack とされたが (堀江ら, 1990), 根拠菌株 MAFF 305994 の分子再同定により *Colletotrichum theobromicola* Delacroix であることが明らかになった (Weir et al., 2012; 佐藤, 2022)。

8 サザンカ炭疽病菌

Gloeosporium theae-sinensis I. Miyake はチャ炭疽病菌でもあったが, 分子系統解析と詳細な形態学的検討により転属され *Discula theae-sinensis* (I. Miyake) Moriwaki & Toy. Sato となった (Moriwaki and Sato, 2009)。

9 サトウキビ赤腐病菌

命名規約の改定に基づく有性・無性世代の学名の統一により *Colletotrichum falcatum* Went が正名となり, *Gloemerella tucumanensis* (Spegazzini) Arx & E. Müller は異名となる。

10 シソ炭疽病菌

Colletotrichum destructivum O’Gara とされたが, MAFF 240106 とタイプ由来菌株に基づき *Colletotrichum shisoi* P. Gan, A. Tsushima, Kwarad., Damm & K. Shirasu が設立された (GAN et al., 2019)。

11 シバ炭疽病菌

Colletotrichum caudatum (Peck ex Saccardo) Peck とされたが, MAFF 238573 をタイプ由来菌株として *Colletotrichum zoysiae* J.A. Crouch が新設され (CROUCH, 2014), MAFF 238574~238577 も同種に再同定された。

12 ストック炭疽病菌

C. destructivum とされたが, 根拠菌株 MAFF 238573 の分子再同定により *Colletotrichum higginsianum* Sacc. であることが明らかになった (森脇ら, 1997)。

13 ソバ炭疽病菌

病原(2)は *C. dematium* とされたが, 根拠菌株 MAFF 306552 の分子再同定により *C. truncatum* であることが明らかになった (SATO et al., 2015)。

14 タコノキ類果実腐敗病菌

病原(1)は *C. gloeosporioides* とされたが, 分子再同定により根拠菌株 MAFF 241580 は *Colletotrichum siamense* Prihast., L. Cai & K.D. Hyde であること, また MAFF 239182, 241578, 241579 は *Colletotrichum tropicale* E.I. Rojas, S.A. Rehner & Samuels であることが明らかになった。

15 トールオートグラス炭疽病菌

C. graminicola とされたが, 西原 (1972) の報告から根拠菌株と判断される MAFF 510634 は *Colletotrichum cereale* Manns と再同定された (CROUCH et al., 2009)。

16 ナシ炭疽病菌

病原(2)は *G. cingulata* とされたが, MAFF 241665 および MAFF 241666 の分子再同定により *C. fructicola* であることが明らかになった。

17 ニセアカシア炭疽病菌

病原(4)は *G. cingulata* (異名 *Colletotrichum revolutum* (Ellis & Everh.) S. Ito & Tak. Kobay.) とされたが, MAFF 244668 の分子再同定により狭義の *C. gloeosporioides* であると考えられた (YOKOSAWA et al., 2017)。一方, 異名 *C. revolutum* の根拠菌株 MAFF 410036 および MAFF 306536 は *C. siamense* と再同定された。*C. gloeosporioides sensu*

stricto は病原(2)に, *C. siamense* は病原(5)となる。

18 ニチニチソウ炭疽病菌

C. gloeosporioides 種複合体の1種とされたが, 根拠菌株 MAFF 240311 および MAFF 240312 の分子再同定により *C. siamense* であることが明らかになった。

19 ハマオモト炭疽病菌

C. gloeosporioides とされたが, 根拠菌株 MAFF 305972 に基づき狭義の *Colletotrichum boninense* Moriwaki, Toy. Sato & Tsukib. が設立された (MORIWAKI et al., 2003)。

20 ファレノプシス炭疽病菌

G. cingulata とされたが, 根拠菌株 MAFF 306084 の分子再同定により *Colletotrichum orchidearum* Allesch. であることが明らかになった (DAMM et al., 2019)。

21 ポプラ類枝枯炭疽病菌

G. cingulata とされたが, 根拠菌株 MAFF 410179 の分子再同定により *Colletotrichum salicis* (Auersw. ex Fuckel) Damm であることが明らかになった (佐藤, 2022)。なお, すでに学名変更が提案された *C. fioriniae* の根拠菌株は MAFF 410043 であり, *C. salicis* は病原(2)となる。

22 メダケ類炭疽病菌

SATO et al. (2012) により MAFF 241800, 241845, 241876, 244029 の詳細な形態と分子系統が明らかにされたため, 文献に SATO et al. (2012) および MARIN-FELIX et al. (2017) を追加し, 備考の「病菌の分類学的所属は検討を要する」を削除する。

23 モモ炭疽病菌

病原(1)は *C. gloeosporioides* とされたが, 根拠菌株 MAFF 306537 および MAFF 306541 の分子再同定により *C. siamense* であることが明らかになった。上記 16 のニセアカシア炭疽病菌(5)と同種であり, モモ炭疽病の伝染源の一つがニセアカシアであることを明らかにした小野ら (1996) の報告に合致する。

24 リンドウ炭疽病菌

C. gloeosporioides とされたが, 根拠菌株 MAFF 241877 の分子再同定により *Colletotrichum kahawae* J.M. Waller & Bridge であることが明らかになった。

III 菌株の再同定による病原追加

これまで多犯性種と考えられていた広義の種は分子系統解析により種複合体であることが明らかとなり, それらの種分割が進んだ。最も大きな *C. gloeosporioides* 種複合体ではすでに50種以上が報告されている (JAYAWARDENA et al., 2021)。近年, 育苗施設周辺のイヌビユがイチゴ苗の炭疽病の伝染源となっており (HIRAYAMA et al., 2018), また, 施設栽培マンゴーの炭疽病では周辺の風除け植

物が伝染源になっている可能性が報告された（澤峠ら、2022）。これらの例では、単一種の動向を明らかにするため分子系統分類に基づく複合体の構成種まで供試菌が同定された。はじめにでも述べたが、周辺植物がどの構成種に感染するかという情報を事前に得ることは効果的な防除を考えるうえで非常に重要である。表-1には病原性が未確認の炭疽病菌を多数載せたが、それらは炭疽病の宿主と同じ植物から分離した菌株を分子再同定した種であり、上記の理由からあえて病原追加を提案する。近い将来それらをはじめ追加された種の病原性が確認され、イチゴ炭疽病のように最新の病原学名が使われることが望まれる。なお、アズキ炭疽病菌 *Colletotrichum phaseolorum* S. Takimoto の分生子は鎌形であり（瀧元、1934）、今回追加した *Colletotrichum lineora* Corda も湾曲分生子を持つため（佐藤、2022）、病名目録の備考「本病菌を *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Saccardo [子のう時代 *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding & Schrenk] の異名とする意見もある（山本和太郎：植物防疫 14: 49, 1960）」は明らかに誤りと考えられ、削除する必要がある。病原追加を提案したそれぞれの種の詳細は佐藤（2022）や JAYAWARDENA et al. (2021) を、また、菌株については NARO ジーンバンクの「微生物遺伝資源の検索」（Web カタログ）を参照されたい（https://www.gene.affrc.go.jp/databases-micro_search.php）。

おわりに

今回、病原の再同定によりその学名を更新できた炭疽病は、新病名報告の際に供試された菌株が NARO ジーンバンクに保存されたものである。昨今では新病害などの報告において病原同定根拠の一つに DNA 塩基配列データを添えることが当たり前となった。新病害などの報告に限らず、病原菌に関する口頭発表や論文発表を行った際、できる限り供試菌株を塩基配列情報とともに NARO ジーンバンクなどの公的菌株保存機関に預けることをお勧めしたい。上述のように、病原菌株の蓄積により過去に報告された各種病原の再同定が可能になり、効率的な防除技術の確立につながることは間違いない。一方、NARO ジーンバンクには分子系統解析などにより最新の種分類に基づいて再同定された炭疽病菌などの菌株が多数保存されている。「接種試験未了」の炭疽病などを見つけた際、これらの配布菌株とともに分離源植物に接種すれば、新病害や病原追加を提案あるいは病原学名を更新できるはずである。今後、公的菌株保存機関への菌株寄託とその菌株の利活用により、炭疽病菌をは

じめ各種病原菌の分類同定研究の進展が期待される。

引用文献

- 1) 千葉 修・小林享夫 (1959): 日林誌 41: 188~190.
- 2) CROUCH, J. A. (2014): IMA Fungus 5: 17~30.
- 3) ——— et al. (2009): Mycologia 101: 717~732.
- 4) DAMM, U. et al. (2009): Fungal divers. 39: 45~87.
- 5) ——— et al. (2012): Stud. Mycol. 73: 1~36.
- 6) ——— et al. (2019): ibid. 92: 1~46.
- 7) FUJINAGA, M. et al. (2011): J. Gen. Plant Pathl. 77: 243~247.
- 8) GAN, P. et al. (2019): Sci. Rep. 9: 13349.
- 9) ——— et al. (2021): Environ. Microbiol. 23: 6004~6018.
- 10) HIRAYAMA, Y. et al. (2018): J. Gen. Plant Path. 84: 12~19.
- 11) 堀江博道ら (1990): 菌草研報 28: 267~274.
- 12) ISHII, H. et al. (2022): Pestic. Biochem. Physiol. 182: 105049.
- 13) 伊藤一雄・小林享夫 (1956): 日林誌 38(11): 452~455.
- 14) ——— (1958): 林試研報 108: 1~29.
- 15) ———・渋川浩三 (1956): 同上 92: 51~64.
- 16) JAYAWARDENA, R. S. et al. (2021): Mycosphere 12: 519~669.
- 17) 景山幸二 (2010): IFO Res. Comm. 24: 117~156.
- 18) 小林享夫 (1993): 防菌防黴誌 121: 215~224.
- 19) LIU, F. et al. (2014): Persoonia 33: 83~97.
- 20) ——— et al. (2022): Stud. Mycol. 101: 1~56.
- 21) MARIN-FELIX, Y. et al. (2017): ibid. 86: 99~216.
- 22) 三澤知央・佐藤豊三 (2013): 北日本虫病研報 64: 99~108.
- 23) MORIWAKI, J. and T. SATO (2009): J. Gen. Plant Pathl. 75: 359~361.
- 24) ——— and T. TSUKIBOSHI (2009): Mycoscience 50: 273~280.
- 25) 森脇丈治ら (1997): 日植病報 63: 395~398.
- 26) MORIWAKI, J. et al. (2002): J. Gen. Plant Pathl. 68: 307~320.
- 27) ——— et al. (2003): Mycoscience 44: 47~53.
- 28) 中山喜一ら (2004): 関東病虫研報 51: 101~104.
- 29) 日本植物病理学会 (2022): 日本植物病名目録 2022 年 2 月版, 日本植物病理学会, 東京, 2645 pp.
- 30) 西原夏樹 (1962): 千葉農試資料 2: 1~195.
- 31) ——— (1972): 日草誌 18: 209~211.
- 32) 小野光明ら (1996): 関東病虫研報 43: 109~112.
- 33) 佐藤 衛ら (2011): 同上 53: 71~72.
- 34) 佐藤豊三 (1990): 微探集報 2: 1~19.
- 35) ——— (2003): 同上 15: 1~20.
- 36) ——— (2022): 微資利用マニュアル No.45: 60 pp.
- 37) ———・森脇丈治 (2013 a): 植物防疫 67: 113~120.
- 38) ——— (2013 b): 同上 67: 367~372.
- 39) ———ら (1992): 衛試報 110: 60~66.
- 40) ———ら (1998): 日菌報 39: 35~44.
- 41) ———ら (2016): 日微資学誌 32: 163~178.
- 42) SATO, T. and J. MORIWAKI (2013): Microbiol. Cult. Coll. 29: 13~23.
- 43) ——— et al. (2012): ibid. 28: 121~134.
- 44) ——— et al. (2013): JARQ 47: 295~305.
- 45) ——— et al. (2015): ibid. 49: 351~362.
- 46) SILVA, D. N. et al. (2012): Mycologia 104: 396~409.
- 47) 菅原 敬 (2010): 山形農特研報 2: 1~110.
- 48) 瀧元清透 (1934): 日植病報 4: 21~23.
- 49) 澤峠哲也ら (2022): 同上 88(3): 232~233.
- 50) TOMIOKA, K. et al. (2013): J. Gen. Plant Pathl. 79: 374~377.
- 51) WEIR, B. S. et al. (2012): Stud. Mycol. 73: 115~180.
- 52) 矢口貴志 (2014): Medic. Mycol. J. 55: J13~J17.
- 53) YAMAGISHI, N. et al. (2015): J. Gen. Plant Pathl. 81: 279~286.
- 54) 矢野和孝ら (2004): 日植病報 70: 314~319.
- 55) YOKOSAWA, S. et al. (2017): J. Gen. Plant Pathl. 83: 291~298.
- 56) ——— et al. (2020): ibid. 86: 163~172.
- 57) 吉田重信ら (1995): 日植病報 61: 75~81.
- 58) 弓木彩子ら (2008): 東農大農集報 53(3): 224~232.



アブラナ科黒斑細菌病に関与する病原細菌種とそれらの識別法

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 基盤防除技術研究領域

いの うえ やす ひろ
井 上 康 宏

はじめに

洋の東西を問わず、人々の食生活の中でアブラナ科植物の重要度は高く、古くから食されてきた。栽培の歴史も古く、*Brassica* 属は西ヨーロッパの沿岸地域がその起源とされ、紀元前から栽培されていたようである。*Raphanus* 属の起源については諸説あるが、エジプトにあるピラミッドの約4,000年前の壁画にも描かれており、その栽培の歴史は長い。日本では古事記にダイコンやカブの記載があり、それ以前に大陸経由で伝搬されたと考えられている。一方でカブと同じ *Brassica rapa* に属するハクサイは江戸時代から何度となく移入されていたようであるが安定した栽培には至らず、日本において継続的に栽培されるようになったのは明治以降である。ハクサイやダイコンは鍋物の具材や漬物として重宝されており、現在でも全国各地で広く栽培されている。一方でキャベツは幕末から明治時代にヨーロッパから伝来したもので、食文化の変化とともに日本国内に広まり、アブラナ科の野菜では現在日本一作付面積の多いものとなっている。農林水産省の作物統計調査によると、令和元年の作付面積は総面積 457,900 ha に対して、キャベツ 34,600 ha、ブロッコリー 16,000 ha、ダイコン 30,900 ha、ハクサイ 16,700 ha と非常に多い面積を占めている。世界の野菜生産量でもキャベツの生産量は約 7,000 万トンと、野菜類では4番目に多いものとなっている (FAO 統計資料より)。

栽培の歴史が古く栽培面積も多いことから、アブラナ科野菜では多くの病害が報告されているが、その中でも、黒斑細菌病の発生がこのところ問題となっている。黒斑細菌病は *Pseudomonas syringae* 群の細菌によって引き起こされる病害で、主に気孔や傷から侵入し、葉に水浸状斑を伴う褐色～黒色で小型のえ死病斑を作り、これが融合して葉枯れ症状を引き起こす。またダイコンでは

葉柄基部から感染した病原細菌が根茎に侵入し、中心部分を黒変させる「黒芯症」を引き起こす。本病は細菌性の難防除病害であり、現在登録されている防除薬剤の数が少ないため、2021 年度の新農薬実用化試験では 4 剤で 19 試験行われるなど、その開発が積極的に取り組まれている。また、黒斑細菌病は種子伝染することが知られており、種子によって被害が拡大することから、健全な種子の生産・流通が重要となる。的確な防除を行うことや健全な種子を流通させるためには、病原細菌やその分離同定手法に関する知識が必要であることから、本稿では黒斑細菌病の病原細菌の特徴とその分離や検出手法について解説する。

I 黒斑細菌病の病原細菌

国内では黒斑細菌病としているが、海外では bacterial leaf spot と bacterial leaf blight の 2 種類の病気に分けられている。

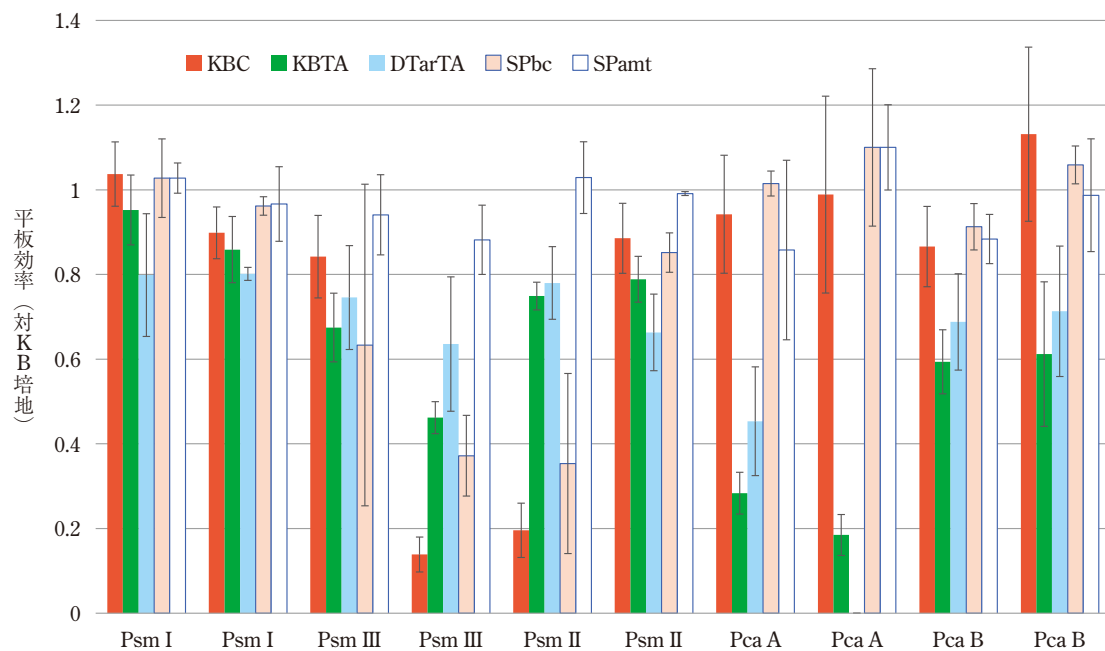
Bacterial leaf spot は *P. syringae* pv. *maculicola* (Psm) によって引き起こされるもので、1911 年にカリフラワーでの発生が最初に報告された。その後、1930 年代を中心に世界中でキャベツ、ハクサイ、カリフラワー、ブロッコリー、カブ、ダイコン等様々なアブラナ科野菜での発生が報告されている。我が国においても 1930 年代に複数の報告がされている。病原細菌は気孔や傷から侵入し、葉に水浸状斑を伴う小型のえ死病斑を作り、これが融合して葉枯れ症状を引き起こす。また、Psm はトマト斑葉細菌病の病原細菌 (*P. syringae* pv. *tomato*) と性状が酷似しており、接種試験で Psm はトマトに感染することから、その異同についても議論されているところである。同様にホウレンソウ斑点細菌病 (*P. syringae* pv. *spinaciae*) も非常に近い菌とされている。また、Psm は細菌学的な性状と分離される宿主から複数の系統に分かれると考えられ、トマト系統、カブ・ハクサイ系統、ダイコン T 系統、ダイコン M 系統に類別している (瀧川・高橋, 2014)。このうちのダイコン M 系統については後に bacterial leaf blight の病原細菌に再同定されている。前述の通り、Psm はトマトに対して病原性を示すが、

Pathogens Involved Bacterial Leaf Spot and Bacterial Leaf Blight in Cruciferous Plants and Their Identification Methods. By Yasuhiro INOUE

(キーワード: 遺伝子診断, 選択培地, 種子検査, 病害診断)

(A) *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* による bacterial leaf spot(B) *P. cannabina* pv. *alisalensis* による bacterial leaf blight(C) *Xanthomonas campestris* pv. *raphani* による bacterial spot(D) *X. campestris* pv. *campestris* による black rot

図-1 黒斑細菌病および類似病害のキャベツ葉での病斑

図-2 *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* と *P. cannabina* pv. *alisalensis* の KB 培地に対する各選択培地の平板効率
縦線はスタンダードエラーを示す。

キュウリにも感染することが知られている。また、アブラナ科植物への感染性でも系統間で差異が認められている（瀧川・高橋，2014）。

Bacterial leaf blight は *P. cannabina* pv. *alisalensis* (Pca) によって引き起こされるもので、2002年にブロッコリーで報告され、その原因菌として *P. syringae* pv. *alisalensis* が提唱された。その後、種が *P. cannabina* となり現在に至っている。それ以降、Pca は世界中でキャベツ、ダイコン、ルッコラ等から分離されている。日本国内でも Pca によるキャベツ、ハクサイ、ダイコンでの bacterial leaf blight が報告され、前述の通り Psm として分離されていた菌株の一部（ダイコン M 系統）も Pca に再分類されている（なお Psm, Pca とともにダイコンの黒芯症の原因となるが、2000 年以降にダイコン黒芯症の病原細菌として分離されたものでも、和歌山県で分離されたものは Psm（大谷，2016）、岐阜県で分離されたものは Pca であった（堀之内ら，2009；瀧川・高橋，2014））。Pca は細菌学的な性状、宿主への病原性の違い、遺伝的な形質から二つの系統に分類されることが報告されている。Pca も気孔や傷から侵入し、葉に水浸状斑を伴うえ死斑を作成することを特徴とするが、Psm と比べそれは大型で、数センチメートルに及ぶ大きな融合病斑を引き起こし、深刻な葉枯れを引き起こす傾向がある。また、Pca はエンバクに自然感染することが報告されており（ISHIYAMA et al., 2013）、アブラナ科作物とエンバクの輪作において問題となることが指摘されている。Bacterial leaf spot と bacterial leaf blight のキャベツ葉での病徴を図-1 に示す。

日本においては 2000 年代前半の bacterial leaf spot からの bacterial leaf blight の再分類以降も両者を黒斑細菌病として扱っている。両者は厳密に言えば病徴が異なることから病名を分けるべきとの意見もあるが、現行の農薬の登録制度上では新たな病名にすることのデメリットもあることから両者を分けずにいると筆者は解釈している。黒斑細菌病と類似した斑点性の病害に斑点細菌病 (bacterial spot) があるが、これは *Xanthomonas campestris* pv. *raphani* によるものである。また、*X. campestris* pv. *campestris* によって引き起こされる黒腐病 (black rot) でも斑点症状を引き起こすことがある。

II 黒斑細菌病菌の選択培地

黒斑細菌病菌は種子伝染することが知られており、種子によって被害が拡大することから、健全な種子の生産・流通が重要となる。また、我が国は世界でも有数の野菜種子の輸出国であり、キャベツやブロッコリー等の



図-3 選択培地上での *Pseudomonas cannabina* pv. *alisalensis* B 系統の菌株のコロニー
上から DTarTA 培地 (7 日目), KBTA 培地 (7 日目), SPamt 培地 (3 日目), SPbc 培地 (3 日目), KBC 培地 (3 日目)。

表-1 黒斑細菌病菌の検出・同定に利用できるプライマー

Foward primer		Rever		標的細菌	増幅断片長 (bp)
ps II-F	GCTGTGATCGATCAGCTGGT	ps II-R	TCAGGCCACAGCCTGGTTAG	hrp II 系統	1,000
ps IB-F	TTGGCTCAAGAGTTGACCCG	ps IB-R	GCGCGTTGACCAGCAAGTTG	hrp IB 系統	850
hrpK_fw1	GTCTGGGCGGACAGATGAT	MAC_rv1	CGCCTTCTGGTGTGCTTTAC	Psm	590
		ALS_rv1	CATGTTTCGCGGCAGTTACC	Pca	900
hrpK_fw2	GCTGGATCAGTTCGGGATTG	MAC_rv2	TTGGAGTCTCTGGCGCAAC	Psm	260
		ALS_rv2	CGTATGCTGCTTCCAGGTC	Pca	540

新品種を開発し、海外で販売を行っているが、種子の輸出を行う際に、輸出相手国から「種子の無病証明書」が求められる場面がある。アブラナ科野菜黒斑細菌病ではこれまで国際的に標準化された種子からの病原細菌検出手法が確立しておらず、このため種苗業界からは本病原細菌に対する種子検査法の確立が強く要望されていた。種子が病原細菌に汚染されているかを調べるためには、種子サンプルから細菌を分離し、分離した細菌の病原性を確認することが必要とされている。これは PCR などの遺伝子診断では「死んでいる菌の DNA」を増幅する可能性があり、病原細菌の拡散リスクを正確に測れないためである。しかし、種子には様々な細菌（ここでは雑菌と称する）が付着しており、細菌の培養に用いる一般的な培地では雑菌が生育してしまうため、目的とする病原細菌の分離が困難となる。その問題を解決するためには、雑菌の生育を抑制し、標的となる細菌の生育を阻害せず且つ雑菌と比較して特徴のある色や形を呈するように工夫された選択培地が必要となる。

KBC 培地 (MOHAN and SCHAAD, 1987) は *P. syringae* 群細菌の分離に広く用いられてきた培地であるが、Psm の一部の菌株で本培地上での生育が King の B 培地 (KB 培地、選択性を持たない培地) より劣っていた (INOUE, 2022)。このため、黒斑細菌病菌の分離のために、複数の選択培地が新たに作製された。KBTA 培地 (農研機構, 2022) は、基本組成は KB 培地を用い、抗菌物質としてアンピシリン、メチルバイオレット、亜テルル酸カリウムを加えたものである。本培地での希釈平板効率は KB 培地よりも劣り、特に Pca の A 系統の生育が劣る。一方で、KBC 培地で生育の悪かった菌株は生育し、特に Psm のダイコン T 系統では生育が早く大型の集落を形成する特徴がある。このため KBC 培地と KBTA 培地を組合わせてダイコンの種子から Psm と Pca を分離する手法では有効に利用できる。DTarTA 培地 (INOUE, 2022) は炭素源として D-酒石酸のみを含む培地で、抗菌物質としては KBTA 培地と同じものを含む。DTarTA 培地の特徴

は、*P. syringae* 群細菌の生育が限定的であり、Psm と Pca 以外はごくわずかな病原型のみ生育することである。このため *P. syringae* 群細菌内での Psm と Pca の識別には有用と考えられる。一方で KBTA 培地と同様に Pca の A 系統の生育が劣ること、その他の *Pseudomonas* 属細菌の生育は旺盛なことから、種子からの病原細菌の分離に利用するには不向きと考えられる。SPamt 培地 (INOUE, 2022) は、Psm と Pca がスクロースを利用して酸を生成する性質を利用し、培地に BTB を加えることで pH の変化を検出できるようにした培地である。一般の細菌がペプトンを分解してアンモニアを生成することでアルカリ性を呈す（青くなる）のに対して、Psm と Pca は酸も生成するため青みが薄くなり、コロニーやその周辺の色により他の細菌との識別が可能となる。抗菌物質としては KBTA と同じものを加えており、Psm と Pca のいずれの菌・系統でも普通培地と同等の生育をする。SPbc 培地 (INOUE, 2022) もスクロースを含む培地であるが、こちらは KBC 培地と同じ抗菌物質（ホウ酸とセファレキシン）を含み、Psm と Pca は白く光沢のあるコロニーを形成する。KBC 培地と同様に Psm の一部の菌株で本培地上での平板効率が普通培地より劣っているが、集落が特徴的な形態を示すため識別が容易である。各選択培地の普通培地と比較した際の希釈平板効率 (図-2) と生育する集落 (図-3) を示した。SPamt 培地と SPbc 培地は黒斑細菌病菌を分離するのに有用であるが、ダイコン種子からの Psm の分離の際には KBTA 培地も有用と考えられる。Psm と Pca を他の細菌と分けることはおおむね可能となったが、選択培地では両者を識別することはできない。細菌を簡便に識別するには PCR などの遺伝子診断手法が有効である。

III 黒斑細菌病菌の識別

P. syringae 群細菌では *hrp* 遺伝子群が病原性関連遺伝子として知られている。*hrp* 遺伝子群は TypeIII 分泌機構のコアで、Hrp pilus を構成し、病原性遺伝子の発現

制御を担っている。この *hrp* 遺伝子領域の相同性の違いにより、*P. syringae* 群細菌は五つのグループ (IA, IB, II, III, IV) に類別できることが知られている (INOUE and TAKIKAWA, 2000 ; 2006)。この類別では、Psm は *hrp*-II 群に、Pca は *hrp*-IB 群に属しており、*hrpZ* オペロン内に設計したプライマーで簡便に識別できる (TAKAHASHI et al., 2013) (表-1)。*hrp* 遺伝子群の周辺には exchangeable effector locus (EEL) と conserved effector locus が存在し、植物に対する病原性に関与するエフェクターの遺伝子が多数存在する。特に *hrpK* 遺伝子と tRNA-Leu に挟まれた EEL は、菌の系統によってそこに存在する遺伝子の種類や配列が異なっていることから、多数の *P. syringae* 群細菌の EEL 領域を解析し、その構造を基に Psm と Pca を検出できるプライマーが作製された (INOUE and TAKIKAWA, 2021) (表-1)。本プライマーは Psm と Pca に対する特異性が高く、培地上に生育したコロニーを用いた PCR や、感染植物から抽出した DNA を用いた PCR でも良好な標的 DNA の増幅を示す。また、外側と内側の二つのプライマーセットが用意されており、nested PCR を行うことで高感度検出が行えるようになっている。

IV 黒斑細菌病の診断

病害が発生している圃場での診断では、まず病斑から病原細菌を分離する。病害診断のために病原を分離する際には、必ず普通寒天培地やイースト・ペプトン培地等の非選択性の培地を用いる (選択培地を用いると分離の時点で選択圧が掛かっているため、本当の病原を見落とす可能性がある)。培地上に生じたコロニーが黒斑細菌病菌であるかを確認するには、上記のプライマーを用いたコロニー PCR により確認する。確定診断をするためには分離した菌の病原性を確認する必要がある。病斑から DNA 抽出して直接 PCR を行う場合も病原を見落と

す可能性があるが、特異的な増幅が起こることによって少なくとも黒斑細菌病菌が存在したことの証明にはなるため、迅速・簡便な診断には有効である。種子の検査では、種子の浸漬液を選択培地に塗布し、コロニーを形成させる。この際、同定済みの黒斑細菌病菌も同じ培地で生育させて比較対象とし、選択培地上のどのコロニーが黒斑細菌病菌か見分けるようにする。培地に生じたコロニーは病斑分離のときと同様、コロニー PCR を行い黒斑細菌病菌であるかを確認する。PCR で黒斑細菌病菌と同定された菌株の病原性を確認することで、最終的に種子の黒斑細菌病菌汚染があると確定される。

おわりに

筆者がアブラナ科黒斑細菌病菌とかかわって 30 年になる。その間に遺伝的な類別や防除手法の検討等を行い、知見を深め、漸く今回皆様に黒斑細菌病菌について少しは語れるようになったのかなと考えている。最後に、植物病原細菌の面白さや、分離手順の重要性等をお教えいただき、本稿に関係する研究において多大なるご助力をいただいた静岡大学名誉教授の瀧川雄一博士にこの場を借りて厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 堀之内勇人ら (2009): 関西病虫研報 **51**: 45~47.
- INOUE, Y. (2022): Appl. Microbiol. Biotechnol. **106**: 5741~5755.
- and Y. TAKIKAWA (2000): J. Gen. Plant Pathol. **66**: 238~241.
- . ——— (2006): ibid. **72**: 26~33.
- . ——— (2021): Appl. Microbiol. Biotechnol. **105**: 1575~1584.
- ISHIYAMA, Y. et al. (2013): J. Gen. Plant Pathol. **79**: 155~157.
- MOHAN, S. K. and N. W. SCHAAD (1987): Phytopathology **77**: 1390~1395.
- 農研機構 (2022): ダイコン種子の黒斑細菌病菌検査標準作業手順書, 30 pp.
- 大谷洋子 (2016): 関西病虫研報 **58**: 23~26.
- TAKAHASHI, F. et al. (2013): J. Gen. Plant Pathol. **79**: 260~269.
- 瀧川雄一・高橋冬美 (2014): 日植病報 **80**: 104~110.



Rhizorhapis suberifaciens による レタスコルキールト病の発生

長野県野菜花き試験場佐久支場 ^{いし}石 ^{やま}山 ^{よし}佳 ^{ゆき}幸
長野県野菜花き試験場 ^お小 ^ぎ木 ^そ曾 ^{ひで}秀 ^き紀

はじめに

長野県のレタス栽培の特徴として、夏秋期に結球レタスを中心に、非結球レタスのサニーリーフやグリーンリーフ、コスレタスが栽培されており、年間生産量は197,800 tで、全国で最も多い（令和元年農林水産省統計情報）。

長野県では地上部の萎凋症状を引き起こすレタス根腐病（病原菌：*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*）の発生が問題となり、現在は、抵抗性品種の作付けを中心に輪作、圃場の衛生管理等の複数の対策を組合せた総合的な防除対策が講じられている（小木曾・栗原，2013）。

近年、地上部の萎凋症状は類似しているものの、根部の症状が根腐病と異なる症状の病害が発生した。原因究明を行ったところ、国内未確認であった *Rhizorhapis suberifaciens* による新病害と判明した（ISHIYAMA et al., 2022）。本稿では、本病の特徴や発生実態について紹介する。

I 病徴・発生状況

地上部は下葉が枯死し、萎凋症状を呈し、ひどい場合は株全体が枯死に至った（図-1a）。根部は表面の一部が黒色に腐敗し、ひび割れ、コルク化（図-1b）が観察された。症状が進行すると表面全体が褐変し（図-1c）、重症株では細根や主根先端が脱落し、地際付近の根部のみとなった（図-1d）。重症株の場合は、主根内部に褐変が生じる場合があるが、褐変は先端部分にのみ認められ（図-1e, f）、根腐病のように内部褐変がクラウン部まで達する（図-1g）ことはほとんどなかった。なお症状が軽微な場合は、主根内部の褐変などは観察されなかった。また罹病部位を光学顕微鏡で観察すると、細菌泥の噴出が認められた。

本症状は圃場に広範囲で発生しており、地上部で枯死や結球葉の小玉化といった萎凋症状が認められる株では図-1dのような根部の症状が認められ、同じ圃場内の地上部に症状が確認されない株でも根部の褐変症状が認められた。

同様の症状が、2016～18年に複数の産地で確認されたことから、土壌病害による関与を想定し、詳細に調査を行った。

II 病原菌の分離および同定

1 病原菌の分離

罹病部位から細菌泥の噴出が観察され、細菌性病害が想定されたため、YP培地およびNA培地を用いた常法の組織分離法により得られた菌株を、レタス根部に接種したが、いずれの菌株でも原病徴は再現されなかった。このため、現地で発生した根部の病徴から類似した病害を改めて調査したところ、海外で報告されている *Rhizorhapis suberifaciens*（旧名：*Rhizomonas suberifaciens*）による「Corky root of lettuce」の症状（van BRUGGEN and FRANCIS, 2015）と類似していることが判明した。本病原菌においては選択培地（S培地：カゼイン加水分解物 5.0 g、グルコース 2.5 g、K₂HPO₄ 1.3 g、KNO₃ 0.5 g、MgSO₄・7H₂O 0.5 g、Ca(NO₃)₂・4H₂O 0.06 g、寒天 15 g、滅菌水 1 l）（van BRUGGEN et al., 1988）を用いた分離法が報告されており、既報（van BRUGGEN and JOCHIMSEN, 1993）を参考に、罹病部位の表面を薄く切りだし、表面を70%エタノールで表面殺菌後、滅菌水内で磨砕し、0.8 μmのフィルターでろ過した磨砕液を、ストレプトマイシン硫酸塩（30 ppm）を添加したS培地に塗布した。その後、25℃で28日間培養すると、乳白色、蠟状で表面に皺が生じる集落の細菌（図-2）が高頻度で得られたため、本菌を分離菌株とした。2017年8月にA地域から分離された菌株をNCR1～NCR4、2018年9月にB地域から分離された菌株をNCR55～NCR58とした。

2 分離菌による病徴再現試験

分離菌の病原性を調査するため、寒天を除いたS培

Occurrence of Corky Root of Lettuce Caused by *Rhizorhapis suberifaciens* in Japan. By Yoshiyuki ISHIYAMA and Hideki OGISO
(キーワード: レタス, コルキールト病, *Rhizorhapis suberifaciens*)

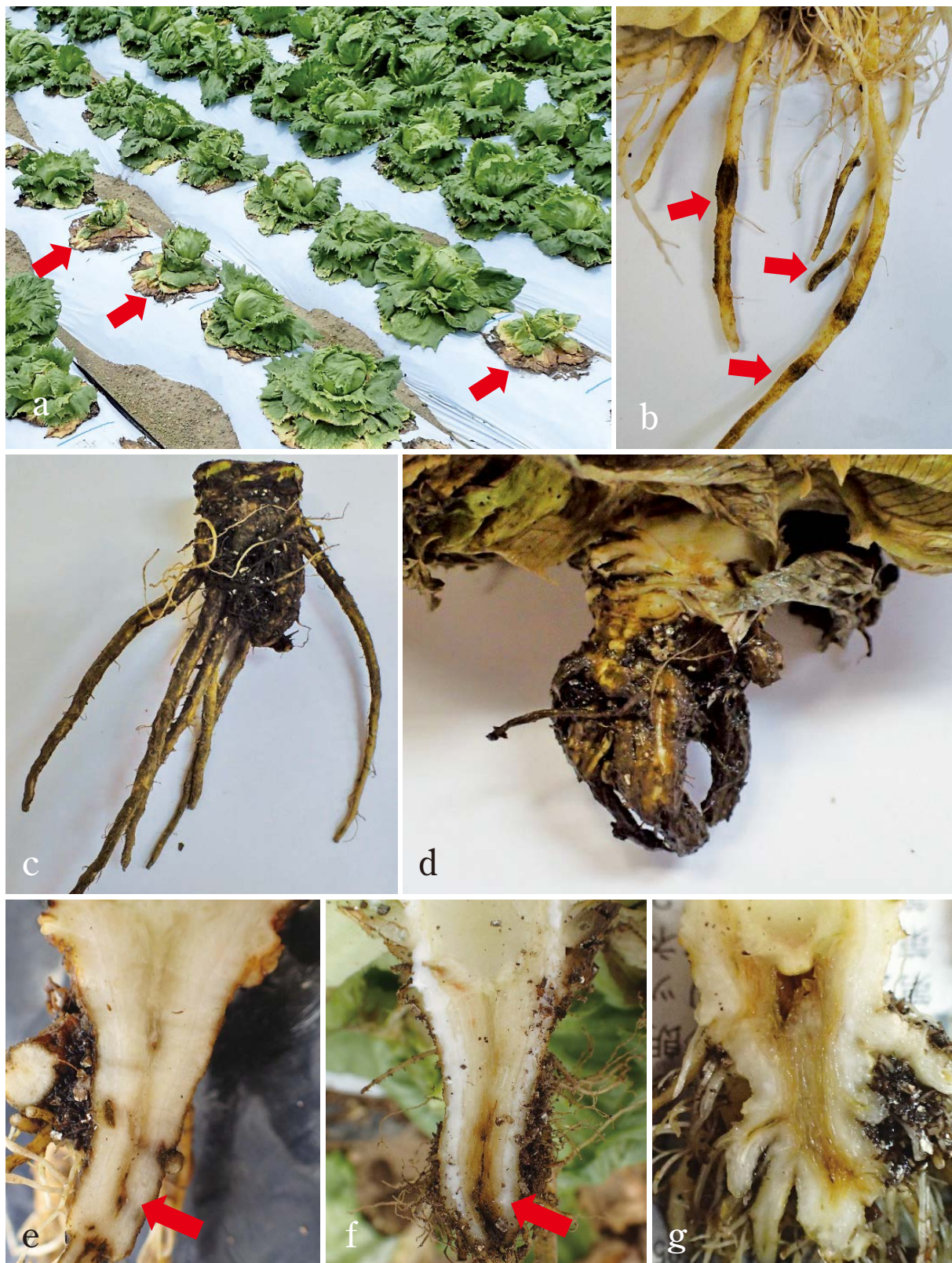


図-1 レタスコルキール病の病徴と病原菌

a: 地上部の萎凋症状, b: 軽症株の根部表面の褐変症状.

c-d: 重症株の根部表面の褐変, コルク化症状.

e-f: 主根内部の褐変症状 (先端分のみ), g: 根腐病による主根内部の褐変症状.



図-2 罹病組織から分離された *Rhizorhapis suberifaciens* の集落
(S 培地で培養 25 日後)
バーは 1 mm.

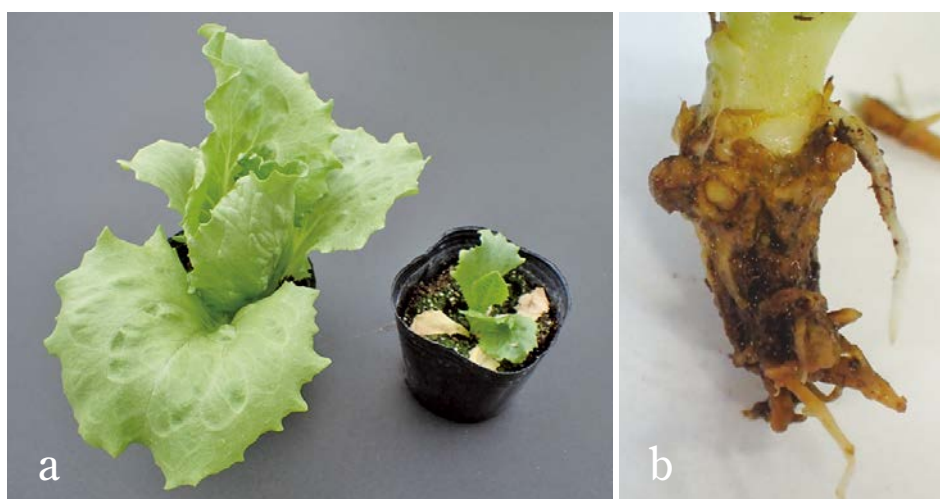


図-3 接種試験によるレタスコルキールート病の病徴
a: 接種 21 日後の地上部の萎凋症状 (左: 無接種, 右: 接種株).
b: 接種株の根部病徴.

地で 4~6 日間振とう培養し、得られた細菌懸濁液を滅菌水で 10^8 CFU/ml に調整し、接種源とした。播種 14~21 日後の結球レタス苗 (2~3 葉期) の根部を細菌懸濁液に浸し (1 秒程度)、接種後は園芸培土をつめたポットに移植し、25~30℃の温室ハウス内で管理した。接種 20~30 日後で、地上部に萎凋症状が認められ (図-3a)、根部が黒褐色に褐変し、コルク化する原病徴 (図-3b) が再現され、病変部位からも接種菌と同様の細菌が分離された。

3 分離菌の病原性

分離菌 (NCR1, NCR55) の宿主範囲について調査するため、レタスを含め各種作物に接種を実施したところ、分離菌はいずれも供試したすべてのレタスの品種 (結球レタス、リーフレタス、コスレタス、ステムレタ

ス) に対して病原性が認められた。また同じキク科でレタスと近縁なエンダイブ、チコリー (トレビスも含む)、トゲチシャにもレタスと同様の根部の症状が認められ、接種菌が再分離された。一方、同じキク科であるゴボウ、シュンギク、ベニバナ、ヒマワリ等では根部に病徴は認められず、またアブラナ科 (キャベツ、ハクサイ、ブロッコリー)、イネ科 (イネ、エンバク、ライムギ等)、ウリ科 (キュウリ、スイカ、メロン)、セリ科 (セルリー、ニンジン)、ナス科 (ピーマン、トマト、ナス)、マメ科 (アズキ、インゲンマメ、エンドウ)、ユリ科 (アスパラガス、タマネギ、ネギ) の作物には病原性は認められなかった。以上の結果から、分離菌の宿主範囲は比較的せまく、レタスまたは近縁の種にのみ病原性があることが明らかになった。これは既報 (van BRUGGEN et al., 1990)

の *Rhizorhapis suberifaciens* の特徴と一致した。

4 分離菌の細菌学的性質

分離菌はいずれも好気性、グラム陰性、PHB（ポリヒドロキシ酪酸）の集積が認められ、オキシダーゼ、カタラーゼ活性は陽性となった。炭素源の利用では、グルコース、マンノース、サリシンが陽性となった。また選択培地である S 培地、R2A 培地（REASONER and GELDREICH, 1985）で生育が認められ、YP 培地や NA 培地では生育が認められず、King's B 培地でわずかに生育した（データ未発表）。これらの性質は、対照菌株として用いた *Rhizorhapis suberifaciens* NBRC15211, NBRC15212（植物防疫法に基づき、名古屋植物防疫所の許可を得て、（独）製品評価技術基盤機構から入手）の結果とも一致した。

5 遺伝子解析

分離菌から DNA を抽出後、*Rhizorhapis suberifaciens* を特異的に検出するプライマー（BULL et al., 2014）を用いて、PCR を行った。その結果、分離菌は対照菌株の *R. suberifaciens* NBRC15211, NBRC15212 と同様に、*R. suberifaciens* に特異的な増幅産物（約 130 bp）が確認された（図-4）。また、分離菌（NCR1, NCR2, NCR55）の 16SrRNA 遺伝子塩基配列を解析した結果、分離菌は既報の *R. suberifaciens* NBRC15211 の塩基配列（1,350 bp）と完全に一致した。

以上の結果から分離菌は *R. suberifaciens* と同定し、代表的な分離菌株（NCR1）を農研機構遺伝資源研究センターに登録保存した（MAFF212475）。

III 現地圃場における発生実態

長野県東信地域の生産現場では、レタスの地上部に萎凋症状を引き起こす病害虫として、コルキール病の

ほかに、根腐病、黒根病、線虫害等が確認されている（石山, 2022 a）。2018～21 年に、長野県東信地域のレタス栽培圃場のうち、地上部に萎凋症状など認められた 119 圃場について、土壌病害の発生実態を調査した調査、コルキール病は 28 圃場（2018 年 12 圃場、2019 年 5 圃場、2020 年 2 圃場、2021 年 9 圃場）で発生が確認された（石山, 2022 a）。コルキール病はリーフレタスなどの非結球レタスよりも結球レタスで発生が多く、県内で導入されている多くの品種で発病が認められた。月別の発生状況を見ると、6～9 月（特に 8 月）の盛夏期に発生が多いことから（石山, 2022 b）、高温期に発生が助長されると考えられる。また、コルキール病と他の土壌病害である根腐病が混発している症状も複数確認されたが（石山, 2022 c）、いずれの症状でもコルキール病による根部表面の被害は比較的軽微で、根腐病により萎凋症状が引き起こされたと考えられた。今後詳細に検討していく予定である。

レタスコルキール病の診断方法として、根部の病徴から他の土壌病害と見分ける判別法（石山, 2022 a）や PCR による検出法（BULL et al., 2014；石山, 2022 b）が報告されている。本病原菌は培地での生育が遅く、組織内分離法では診断するまでに 20～30 日程度かかるが、罹病した根部組織から抽出した DNA を用いた PCR により、早期の診断が可能である。

IV 防除対策

本病の防除対策として、2022 年 11 月現在で登録を有する薬剤はないため、耕種的な防除対策が中心となる。

宿主範囲は比較的せまいため、レタスやその近縁種の連作を避け、他の品目と輪作する。また本病は土壌伝染

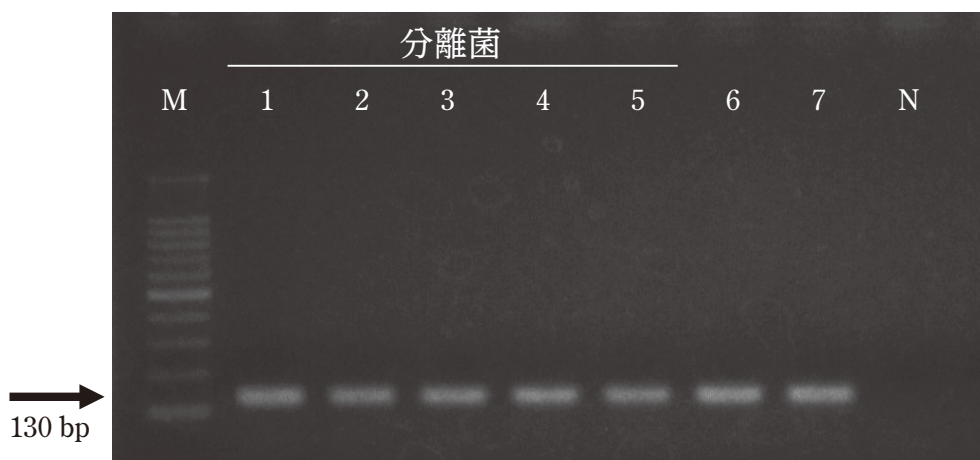


図-4 *Rhizorhapis suberifaciens* の種特異的プライマーを用いた PCR 検定
M：100 bp マーカー、レーン 1～5：分離菌（NCR1, NCR2, NCR4, NCR55, NCR58）、
レーン 6～7：*R. suberifaciens* NBRC15211, NBRC15212, N：滅菌水。

性の病害であるため、発生が確認された圃場では作業終了時に、トラクターなどの農機具類、長靴の土を落とし、洗浄して、他の圃場に拡散しないようにすることが重要である。

海外では本病の主要な防除対策として、抵抗性品種が利用されているが、国内に関しては近年見つかった新病害であり、これらの知見がない。そこで、長野県で利用される結球レタスの主要な品種を用いて、コルキールト病に対する感受性の品種間差異を調査した結果、感受性が低い品種が複数確認された（石山，2022 d）。しかしながら、生産現場ではこれらの品種においても、本病の発生が確認されていることから、現状、品種選定のみでは本病の対策としては不十分であると考えられた。現在、本病原菌の発生生態を明らかにしながら、それを基にした防除技術の開発に取り組んでいる。

また、前年度発生が確認された圃場で、レタスコルキールト病に対する薬剤の防除効果を試験した結果、複数の土壌くん蒸剤で高い防除効果が認められた（石山，2022 d）。現在、農薬メーカーと連携しながら農薬登録に向けた試験を実施している。

おわりに

Rhizorhapis suberifaciens によるレタスの病害は、国内では今回が初報告となるが、海外では米国のカリフォルニア州で初めて報告され（van BRUGGEN et al., 1988）、その後ヨーロッパ諸国（英国，オランダ，スペイン，ギリシャ）（van BRUGGEN and JOCHIMSEN, 1992）、オーストラリア（van BRUGGEN and JOCHIMSEN, 1993）でも確認さ

れている。また、海外では「Corky root of lettuce」の症状に、*Rhizorhapis suberifaciens* だけでなく、*Sphingobium mellinum*, *Sphingobium xanthum*, *Sphingobium* sp., *Rhizorhabdus* sp., *Sphingopyxis* sp. が関与すると報告されており（FRANCIS et al., 2014）、現在長野県では *R. suberifaciens* のみ確認されているが、今後調査が進んでいけば、他の菌種の関与も明らかになる可能性がある。本病は根部の症状が進行し、被害が広がることで、地上部に症状が現れるため、生産現場では気づかれずに見逃されている場合も多いと考えられる。このため、夏秋期にレタスを栽培されている地域の方々には十分に警戒していただきたい。

引用文献

- 1) BULL, C. T. et al. (2014): Mol Cell Probes. **28**: 211~217.
- 2) FRANCIS, I. M. et al. (2014): Int J Syst Evol Microbiol. **64**: 1340~1350.
- 3) 石山佳幸 (2022 a): 植物防疫 **76**: 372~377.
- 4) ——— (2022 b): 日植病報 **88**: 53.
- 5) ——— (2022 c): 長野野花試報 **18**: 18~24.
- 6) ——— (2022 d): 令和4年度日本植物病理学会関東部会プログラム・講演要旨予稿集: 28.
- 7) ISHIYAMA, Y. et al. (2022): J. Gen. Plant Pathol. **88**: 150~154.
- 8) 小木曾秀紀・栗原 潤 (2013): 植物防疫 **67**: 373~378.
- 9) REASONER, D. J. and E. GELDREICH (1985): Appl Environ Microbiol. **49**: 1~7.
- 10) van BRUGGEN, A. H. C. et al. (1988): Phytopathology. **78**: 1139~1145.
- 11) ——— et al. (1990): Plant Dis. **74**: 581~584.
- 12) ——— and K. N. JOCHIMSEN (1992): Neth. J. Plant Pathol. **98**: 45~56.
- 13) ——— (1993): Aust Plant Pathol. **22**: 22~27.
- 14) ——— and I. M. FRANCIS (2015): Plant Dis. **99**: 300~309.

農林水産省プレスリリース (2022.12.1~2022.12.31)

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。

- ◆ 全国の野生鳥獣による農作物被害状況について（令和3年度）(22/12/2) [/j/press/nousin/tyozyu/221202.html](https://j/press/nousin/tyozyu/221202.html)
- ◆ 「グリーンな栽培体系シンポジウム」の開催について (22/12/7) [/j/press/nousan/gizyutu/221207.html](https://j/press/nousan/gizyutu/221207.html)
- ◆ アリモドキゾウムシの確認と「アリモドキゾウムシ対策検討会議」の開催について (22/12/20) [/j/press/syouan/syokubo/221220.html](https://j/press/syouan/syokubo/221220.html)
- ◆ みどりの食料システム法に基づく基盤確立事業実施計画の認定について (22/12/21) [/j/press/kanbo/b_kankyo/221221.html](https://j/press/kanbo/b_kankyo/221221.html)

- ◆ 「みどりの品種育成方針」の策定について (22/12/21) [/docs/press/221221.html](https://docs/press/221221.html)
- ◆ 「みどりの食料システム戦略本部」の開催について (22/12/21) [/j/press/kanbo/b_kankyo/221222.html](https://j/press/kanbo/b_kankyo/221222.html)
- ◆ 国内産農産物における農薬の使用状況及び残留状況調査の結果について（令和2年度及び令和3年度）(22/12/23) [/j/press/syouan/nouyaku/221223.html](https://j/press/syouan/nouyaku/221223.html)
- ◆ 2022年農業技術10大ニュースの選定について (22/12/26) [/docs/press/221226.html](https://docs/press/221226.html)



水田地帯のタマネギ新興産地で発生した育苗期の病害

富山県農林水産総合技術センター農業研究所 もりかわ としゆき みむろ げんき ちくお よしあき
 守川 俊幸・三室 元気・築尾 嘉章

はじめに

富山県は、急峻な山岳から富山湾に流れ込こむ河川の扇状地が主要な農耕地となっている。かつては、河川の氾濫が大きな課題であったが、治水と圃場の基盤整備の努力が続けられ、水資源に恵まれた稲作地帯となった。水田率は全国で最も高く（95.3%，2021年），水稻に特化した農業構造となっている。一方では、コメの消費は減少し、ダイズ、オオムギなどの畑作物、そして園芸作物と組合せた水田農業へと遷り変わっている。経営のスタイルも含め、どれもこれも多様化している。

県西部の砺波地区では、2009年ころから水田農業の一品目としてタマネギの栽培が開始され、その後、十数年間の間に147 ha（2021年）まで栽培面積は拡大した。ただし、園芸品目の栽培経験に乏しい地域での、ゼロからのスタートであったため、毎年のように技術的な課題に直面し、一つ一つ学びながら経験を積み重ね、栽培技術が培われてきた。

育苗には、機械移植を前提とした448穴セルトレイを用い、多くの育苗施設は既設の水稻育苗ハウスが転用されている。タマネギのセル育苗は一穴一粒播種のため、種子の発芽不良や育苗中の病害による欠株・生育不良が生じた場合、機械移植した後に欠株や生育の不揃いが生じるため、発芽率の高い種子、健全苗の均質栽培が強く要求される。ところが、2010年9月に播種後2～3週ころの苗で、スポット状あるいは全面に立枯れる病害が発生し、その後も、いくつもの施設で同様な病害の発生が続いた。また、同じころから、育苗中・後期に、剪葉作業の後に切り口から白く枯れあがる被害が生じ、2013年には特定の施設で大発生し、大きな問題となった。調査の結果、前者はタマネギ疫病の病原である *Phytophthora nicotianae* が、後者はりん片腐敗病の病原細菌である *Pantoea ananatis* に起因する病害であることが明ら

かになった。さらに、施設によっては *Fusarium* 属菌による苗立枯症状の発生も認められ、乾腐病の対策としての育苗時の管理の重要性も明らかになってきた。

本稿ではこれら育苗期に問題となった病害とその対策について紹介したい。なお、本研究の一部は、農林水産省食品産業科学技術研究推進事業（24006）「東北・北陸地域における新作物開発によるタマネギの産地拡大と生産体系の確立」で実施したものである。本研究を行うにあたり、鳥取県農業試験場長谷川優博士、兵庫県立農林水産技術総合センター西口真嗣氏、現サカタのタネ白川隆博士には有益な情報をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

I *Phytophthora nicotianae* による苗の立枯症

1 病徴

この苗の立枯症状は、苗の地際部付近が水浸状に腐敗することから始まり、その部分を境に倒伏するとともに、暗緑色～黄褐色に枯れ上がり、腐敗消失した（図-1）。小さい苗ほど被害が大きい傾向にあり、発生は数株のスポット状のものからセルトレイ全体に広がるものまで様々で、灌水のたびに被害は拡大した。また、患部を顕微鏡観察すると、無色の無隔壁菌糸が組織内に広がり、罹病組織片を滅菌水中に浮遊させておくと水中に乳頭突起を有する倒卵型の遊走子のうの形成が観察された（図-2）。

2 病原菌

単菌糸分離した菌を、播種2週間後のタマネギおよびネギの苗の地際に含菌寒天接種した結果、現地と同様な苗立枯症状が再現され、患部から接種菌が再分離された。分離菌の遊走子のうは、乳頭突起を有する卵形で非脱落性、単独の菌株で卵胞子は形成しなかったが、*P. nicotianae* (2)-1株交配型A1（当所保存のネギ分離株）との対峙培養で卵胞子が形成された。その他、菌の形態的な特徴や培養性状から、分離菌は *P. nicotianae* と同定され、今回発生した苗立枯性病害はタマネギ疫病の一症状であると判断された。

3 農業用水からの菌の分離

伝染源として農業用水が疑われたことから、2011年

Seedling Diseases that Occurred in a New Onion Production Area in Paddy Fields. By Toshiyuki MORIKAWA, Genki MIMURO and Yoshiaki TIKUO

（キーワード：タマネギ、苗病害、水田地帯、新興産地）

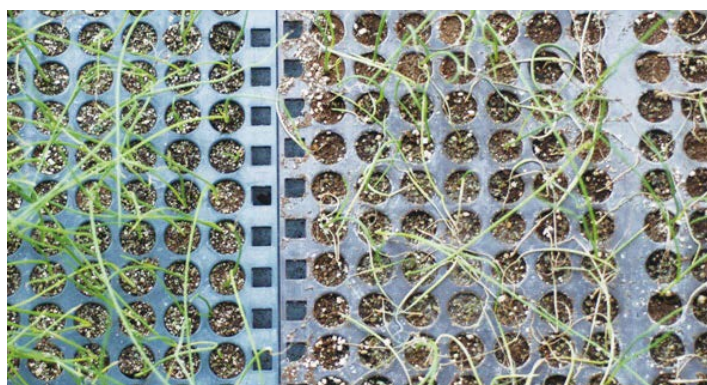


図-1 セルトレイ育苗で発生した疫病菌による苗立枯症状



図-2 水中に形成される疫病菌の遊走子のう



A



B



C

図-3 農業用水からのニラ葉片を用いた菌の捕捉と分離

A: 採集した農業用水（20 l ポリタンク）にニラ葉片を投入。B: 一晩置いたのち、ニラ葉片を回収し、蒸留水で洗浄。
C: 疫病菌選択培地に置床し、菌を分離（左・中の4枚は農業用水、右2枚は対照の蒸留水からの検出例）。

表-1 農業用水からのニラ葉片を用いた菌の捕捉と分離菌の病原性

	捕捉用 ニラ葉片数	菌生育 葉片数	検出率 %	分離 菌株数	分離菌のタマネギ苗 に対する病原性	
					+	-
太田用水	60	30	50	12	7	5
野尻用水	60	43	72	14	5	9
安清用水	60	40	67	14	7	7

10月12日に3箇所の農業用水からポリタンクに水を採集し、菌を捕捉するためのニラ葉片を投入した（ニラは食料品店で購入）。室温で18時間放置した後にニラ葉片を回収し、疫病菌の選択培地であるBNPRA-HMI培地（MASAGO et al., 1977）に葉片を置床し、菌の検出・分離を行った（図-3、A～C）。分離株は、タマネギ苗に含菌寒天接種して病原性を確認した。その結果、*Phytophthora* 属菌は検出されなかったものの、多くのニラ葉片の切断面から *Pythium* 等の藻菌類が发育した。検出率は水道水区0%、太田用水50%、野尻用水72%、安清用水67%であった。次に、用水から分離された菌をタマネギ苗に接種したところ、それぞれの用水から分離された菌の約半数に病原性が確認された（表-1）。ただし、その多く

は、野菜類の主要な苗立枯病菌である *Pythium* 属菌（種未同定）であった。

4 発生要因と対策

本病が問題となった施設は水稻用育苗ハウスを転用したもので、水稻の育苗の場合と同様に、セルトレイは遮根シートを敷いた地表面に並べられ、排水が悪く、疫病の発生しやすい環境であった。また、灌水には農業用水が用いられていた。水稻では農業用水の灌水が *Pythium* 菌によるムレ苗の発生要因として知られており、当所で実施したイネ育苗試験においても、農業用水を用いた場合、*Pythium* 菌による根腐れ症状が発生することが示されている（図-4）。このように、農業用水が各種病害の伝染源になることは、広く知られており、海外では河川、

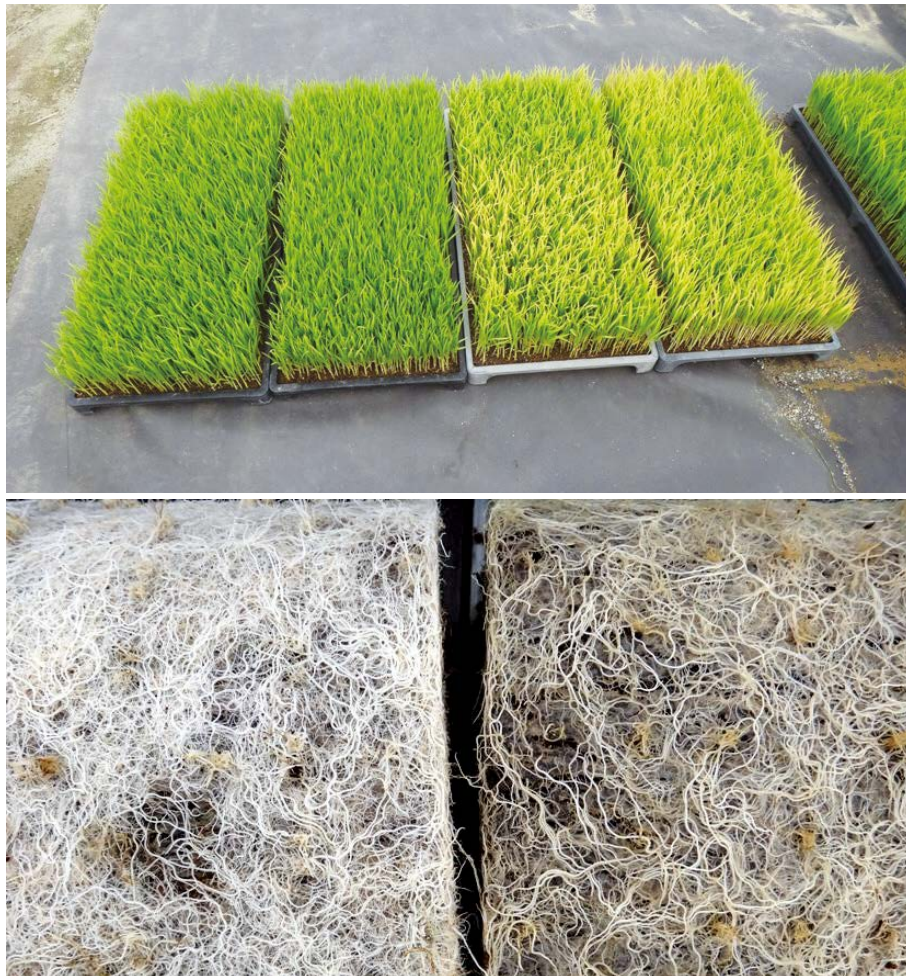


図-4 井戸水（左）と農業用水（右）を灌水して育苗したイネ苗の症状（上段：地上部、下段：根部）

注）育苗培土は、pHを中性領域に調整したものを使用（イネでは本病の発生を抑制するためpHの低い培土が用いられている）。

農業用水（ため池）から様々な疫病菌が検出され、これらが野菜や果樹の各種疫病の伝染源になることが示唆されている（YAMAK et al., 2002 ; GEVENS et al., 2007 ; TJOVSOLD et al., 2008 ; LOYD et al., 2014）。なかでも今回問題となった *P. nicotianae* は、寄主範囲が広く（ERWIN and RIBEIRO, 1996）、野外に広く生息していると推察される。今回の結果から農業用水が本病の伝染源であると断定はできなかったが、そのリスクは無視できないと考えられる。

今回のような、水田地帯に新たに形成された園芸産地では、生産拡大にその施設整備が追い付かない状況にあった。また、排水が不良な施設地面にセルトレイが置かれていたことが苗における疫病の発生要因になったと推察された。今後は、水稻育苗施設の有効利用を図りながらも、育苗環境の改善や灌水設備の充実を図る必要がある。

II *Pantoea ananatis* による白色葉先枯症状

1 発生の様相と病徴

セルトレイ育苗では、倒伏の防止と機械移植の作業性の向上を目的に、動力式の剪葉機で葉を切りそろえるが、処理の数日後から切り口から白く枯れあがる現象が認められた。発生は剪葉機の進行方向に筋状に広がることが多く（図-5、左）、当初は動力の機械油の飛散によるものとする意見もあったが、剪葉のたびに被害が全面に広がる様子からは（図-5、右）、何らかの病害の関与が疑われた。また、顕微鏡観察で、患部から細菌の菌泥の溢泌が認められた。

2 病原細菌

健全部と被害部との境界の組織片を70%エタノールで表面殺菌し、滅菌水中で磨砕した液を普通寒天培地に画線・培養した結果、黄色集落を形成する細菌が優先的



図-5 剪葉機の進行方向に沿って発生した葉先枯症状（左：中発圃場，右：多発圃場）



図-6 白色葉先枯症から分離された細菌（普通寒天培地）

に検出された（図-6）。分離細菌のタマネギりん片への病原性を確認した後、API 20 NEによる生理的性状調査、16S rDNA領域の相同性調査を行ったところ、分離細菌はいずれもグラム陰性で通性嫌気性で運動性を有し、硝酸塩の還元、アルギニンジヒドラーゼ、ウレアーゼ、エスクリンとゼラチンの加水分解は陰性、インドールの産生、 β -ガラクトシダーゼ活性は陽性、グルコース、アラビノース、マンノース、N-アセチル-グルコサミン、マルトース、グルコン酸、リンゴ酸、クエン酸を同化し、カプリン酸、アジピン酸、酢酸フェニルは利用しなかった。API 20 NEのプロフィールインデックスは、606,7741で、西山（1997）のAPI 20 NE簡易同定（web版）によると、99.9%の確立で *Pantoea ananatis* であると判定された。また、16S rDNA領域の塩基配列は既往の同菌と99%の相同性を示したことから、分離菌はいずれも *Pan. ananatis* と同定された。

3 刃物による伝染と消毒

剪葉時に本病が伝染していることを示すため、接種発病葉をハサミ（刃渡7cm）で切断し、このハサミで健全なタマネギ苗（以下、品種：‘ターザン’）を剪葉した



図-7 刃物による伝染
右：汚染ハサミ。
左：非汚染ハサミ。

ところ、現地と同様な葉先枯症が発病した（図-7）。これにより、剪葉した際に、病原菌に汚染された刃物を介して、被害が拡大したことが示された。

次に、発病葉を2倍量の脱イオン水で磨碎し、これを刃物（ハサミ）に塗抹し、24時間風乾した刃物を用い、調理器具の除菌に用いられるアルコール製剤（食品添加物、68%エタノール含有）による消毒試験を行った。消毒処理後の刃物は滅菌水中で超音波処理（20秒間）し、*Pan. ananatis*（*Erwinia ananas*）の選択培地であるNSVC-In培地（長谷川ら，2003）を用いて液中の菌濃度を測定し、除菌の効果を評価した。その結果、流水洗浄のみでは付着菌量を1/10程度にしか減らせなかったが、洗浄後にアルコール製剤を噴霧することにより1/3,000以下に除菌することができた（表-2）。

4 薬剤防除試験

薬剤の防除効果を明らかにするため、約70穴にカットした448穴セルトレイで育苗した苗（品種：‘ターザン’）に、軟腐病の防除に使用されるオキシテトラサイクリ

表-2 ハサミの洗浄・消毒が *Pantoea ananatis* の残存に及ぼす影響

処理	残存菌数 (cfu/ハサミ)				対無処理比
	1	2	3	平均	
無処理	6,160,000	9,240,000	2,660,000	6,020,000	
洗浄	749,000	511,000	518,000	592,667	1/ 10
アルコール消毒	133,000	20,650	5,600	53,083	1/ 113
洗浄+アルコール消毒	2,100	3,150	0	1,750	1/ 3,440

ン・ストレプトマイシン水和剤（アグリマイシン-100）、銅水和剤（コサイド3000）、オキシリニック酸・有機銅水和剤（ナレート水和剤）を、剪葉前日（24時間前）、剪葉直後（1時間後）、剪葉翌日（24時間後）に各薬剤の1,000倍液（展着剤加用）を散布し、剪葉9日後に任意27~35株について発病の有無を調査した。なお、剪葉の際、ハサミは *Pan. ananatis* 25OnTL-01株の懸濁液（ 10^8 cfu/ml）に浸したものを用いた。その結果、オキシリニック酸・有機銅水和剤やオキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤の前日~剪葉直後の散布に高い防除効果が認められた（図-8）。

5 発生要因と対策

今回、発生した白色の葉先枯症状は *Pan. ananatis* による病害であることが明らかとなった。本菌は、*Burkholderia gladioli* とともに、りん片腐敗病の病原として記載されており（日本植物病理学会，2022）、育苗期ばかりでなく、生育期間中あるいは収穫後に発生して問題となっている（白川ら，2010；守川ら，2014；三室・守川，2016）。*Pan. ananatis* は、イネ内穎褐変病などの病原として知られるが、葉面細菌の一種としても知られ、雑草を含む様々な植物から病原性を有する系統とそうでない系統が分離されている（畔上，2016）。また、タマネギやイネでは種子伝染するばかりでなく（WALCOTT et al., 2002；長谷川，2004）、タマネギではアザミウマが媒介するケース（DUTTA et al., 2014）も知られており、本菌は自然界に広く生息し、多様な伝染源があると推察される。このため、本病菌の育苗施設への侵入を完全に防ぐことは容易ではないと予想されるが、感染の機会を減らすため、もみ殻やわら等を施設内に放置しないこと、剪葉後は切り口が早期に乾くよう、午前中に作業を行って風通しをよくすること、剪葉後に灌水しないこと等が基本的な防除対策として考えられた。また、初発を見逃さず、発病したセルトレイを撤去し、定期的な剪葉機の清掃・消毒を行うこと、また、剪葉前あるいは直後の有効薬剤の散布は、圃場における細菌性病害（守川・三室，2018；三室・守川，2022）の発生を防ぐうえでも有効な対策だと考えられた。なお、今回は刃物の消毒にエタ

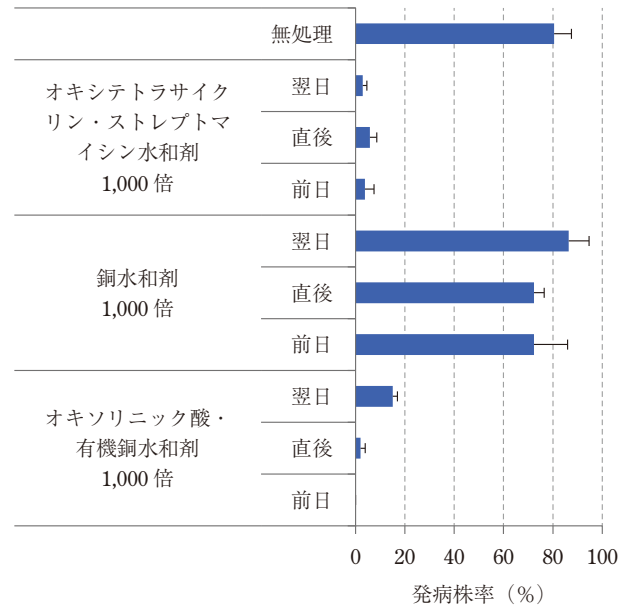


図-8 苗の剪葉時の薬剤散布が *Pan. ananatis* による葉先枯症の発生に及ぼす影響
注) 病原細菌に汚染されたハサミで剪葉。

ノールを用いたが、その他の消毒剤の実用性についても今後は検討する必要がある。

III *Fusarium oxysporum* による苗立枯れ症状と本圃での発生

1 病徴

苗の生育が不揃いで、葉は先端から黄化し、葉鞘基部から淡黄色に腐敗する立枯症状が認められた（図-9）。発生が少ない場合は目立たないが、セルトレイ全面に発生することもあった。また、個体によっては腐敗部に紫がかった白色の菌糸が密生するのが観察された。

2 病原菌

立枯症状を示す菌から、*Fusarium* 属菌が高頻度で分離された。分離菌はタマネギ鱗茎に強い病原性を示し、小型分生子を短い分生子柄（モノフィアライド）上に擬頭状に形成するとともに、PDA培地上では紫色の水溶性色素を産生するなどの性質が、乾腐病菌 *F. oxysporum* f.sp. *cepae* と一致した。よって、本病は乾腐病の一症状



図-9 乾腐病菌による苗立枯症状

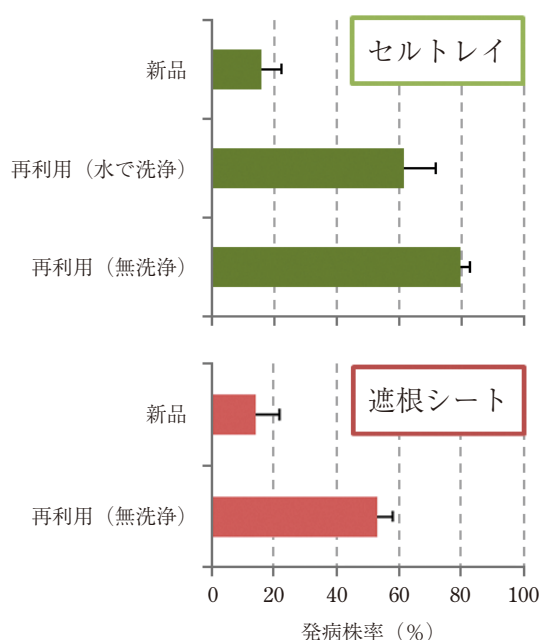


図-10 多発施設で使用されたセルトレイと遮根シートを再利用したときの乾腐病の発生 (ポット試験)

注) 2013年3月12日: 約70穴に切断した各セルトレイに播種し、遮根シートを敷いた水稻育苗箱上で育苗、5月31日: 株ごとにポリポットに鉢上げ(36株、3反復)、7月下旬に灌水停止し、8月29日に発病調査 (貯蔵腐敗を想定)。

と判断した。

3 育苗資材による伝染

多発した施設の育苗資材 (セルトレイや遮根シート) は、十分な洗浄・消毒がされないまま再利用されていた。そこで、これらが伝染源である可能性が示唆されたことから、多発した施設で使用されたセルトレイや遮根シートを用いて育苗し、これを株ごとにポットに鉢上げして栽培したところ、対照の新品のセルトレイや遮根シートを使用した場合に比べて乾腐病の発生は明らかに

多かった (図-10)。

4 発生要因と対策

乾腐病の伝染方法として、土壌伝染あるいは種子伝染が考えられるが、今回のケースでは育苗資材あるいは施設土壌が主要な伝染源である可能性が高いと考えられた。一方、本病は育苗時よりも本圃あるいは収穫後の発生が大きな問題となっており、過剰なN肥料の施用の回避 (守川ら, 2013) や殺菌剤の定植前灌注 (三室ら, 2015 a) 等が対策として提案されている。これに加え、育苗時の衛生管理の重要性も示されたことから、資材の温湯消毒や薬剤消毒についても検討が加えられ (三室ら, 2015 b)、現地での技術指導に活用されている。

おわりに

以上、育苗期に問題となったいくつかの病害について紹介した。これら病害を効率的に防除するには、発生生態を明らかにし、未然に被害を回避しながら合理的な対策 (効果的で意味のある防除) を講じる必要がある。今回、①疫病は、水稻の育苗方式がそのままタマネギに転用されたこと、②細菌病による葉先枯れは、機械移植を前提とした剪葉作業が、そして③乾腐病による立枯れは、育苗資材を含めた衛生環境の不備が、それぞれの主要な発生要因であると推察された。いずれも、発生しやすい「環境と条件」で育苗していたためであり、考えてみれば当然のように生じた「事件」のように思える。一方では、これらに学び、対応が図られ、適切な改善がもたらされている。大きな「事件」はもつてのほかではあるが、小さな「事件」であれば、散在する認知バイアスを修正するためのよい機会になると日頃から感じている。

現在、育苗時の課題に対応するため、産地では以下のような指導が行われている。①育苗の衛生環境の整備はもとより、②セルトレイは簡易ベンチ上に置き、地面か

ら離れた状態で育苗すること（根鉢形成の促進も目的）。これにより排水不良の問題は改善され、土壌からの伝染も防止された。また、③灌水は可能な限り地下水などの清澄な水を用い、④換気に努め、⑤剪葉は朝に行い、切口が乾くまで灌水しない。⑥剪葉機の刃は使用後に洗浄して消毒、さらに⑦使用後のセルトレイは洗浄し、ベンチアゾール乳剤で消毒するなど、発生しにくい栽培環境の整備や伝染の防止が図られている。以上は、栽培管理の基本であるべき事柄であるが、今後も経験を重ねながら地域の特性や時代に応じた栽培技術が培われていくものと期待される。なお、⑧疫病および細菌性病害を対象に、予防的な薬剤散布も行われており、対策の一助となっている。

かつて、農作物の栽培は一定の生産物を得るための効率的な栽培体系を構築し、その後、無駄を省きながら省力化を進め、さらに生産性を高めていたように思う。一方、現在、土地利用型作物などを新たな品目として導入する際は、まず省力化が先行し、これに必要な事項を肉付けしていく作業が多いように思う。どちらが、いち早く、あるいは長期的に、生産性を高めていくのかは、ケースによって異なると考えられるが、持続的に被害を未然に防いでいくには、考えればわかることを日常の栽培管理に織り込んでいくための技術開発や誘導が求められる。事件が起きたその場では、とかく病害の診断とか防除薬剤の選定ばかりが要求されるが、それだけでは終

わりのない対策が続くと思う。様々な被害が生じている背景を理解し、個別の事案ばかりに振り回されず、将来を予測しながら栽培全体がどうあるべきかを考えて修正し、持続的な生産の基盤を固めていくことが必要だと考えられる。

引用文献

- 1) 畔上耕児 (2016): 微探収報 (農業生物資源ジーンバンク) **25**: 45~56.
- 2) DUTTA, B. et al. (2014): *Phytopathology* **104**: 812~819.
- 3) ERWIN, D. C. and O. K. RIBEIRO (1996): *Phytophthora*, Diseases Worldwide, APS Press, 562 pp.
- 4) GEVENS, A. J. et al. (2007): *Phytopathology* **97**: 421~428.
- 5) 長谷川 優 (2004): 鳥取県農業試験場特別研究報告 **6**: 1~48.
- 6) ————ら (2003): 日植病報 **69**: 224~228.
- 7) LOYD, A. L. et al. (2014): *Plant Dis.* **98**: 1213~1220.
- 8) MASAGO, H. et al. (1977): *Phytopathology* **67**: 425~428.
- 9) 三室元気ら (2015 a): 北陸病虫研報 **65**: 38 (講要).
- 10) ————ら (2015 b): 日植病報 **81**: 88 (講要).
- 11) ————・守川俊幸 (2016): 植物防疫 **70**: 582~587.
- 12) ————・——— (2022): 富山県農総セ農研研報 **9**: 23~29.
- 13) 守川俊幸ら (2013): 北陸病虫研報 **62**: 23~27.
- 14) ————ら (2014): 関東東山病虫研報 **61**: 175 (講要).
- 15) ————・三室元気 (2018): 富山県農総セ農研研報 **8**: 21~25.
- 16) 日本植物病理学会 (2022): 日本植物病名目録 (2022.8 版).
- 17) 西山幸司 (1997): 農業環境技術研究所報告 **14**: 1~35.
- 18) 白川 隆ら (2010): 日植病報 **76**: 176 (講要).
- 19) Tjosvold, S. A. et al. (2008): *Plant Dis.* **92**: 1566~1573.
- 20) WALCOTT, R. R. et al. (2002): *ibid.* **86**: 106~111.
- 21) YAMAK, F. et al. (2002): *Phytopathology* **92**: 1210~1217.

発生予察情報・特殊報 (2022.12.1~12.31)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。発生作物：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。

- トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (佐賀県：初) 12/9
- モモ, スモモ, ウメ：モモヒメヨコバイ (熊本県：初) 12/13
- ゴボウ：ゴボウ軟腐病 (仮称) (熊本県：初) 12/13

- ネギ：ネギリゾクトニア葉鞘腐敗病 (宮城県：初) 12/16
- トマト：Lisianthus enation leaf curl virus (LELCV) (沖縄県：初) 12/23
- カンショ：サツマイモ基腐病 (三重県：初) 12/27



ミナミキイロアザミウマの簡易飼育法および 佐賀県個体群に対する薬剤の効果

佐賀県農業試験研究センター 成 富 たけ し 誌

はじめに

ミナミキイロアザミウマ (*Thrips palmi* Karny) は、1978年に日本への侵入が確認されて以降 (工藤, 1981), 全国へ分布を拡大し、ナスやキュウリ等の果菜類の重要害虫となった (河合, 2001)。本種はキュウリ黄化えそ病の病原であるメロン黄化えそウイルスおよびスイカ灰白色斑紋ウイルスの媒介虫であるとともに、薬剤抵抗性の発達が著しい難防除害虫である。国内では有機リン系、合成ピレスロイド系、ネオニコチノイド系、スピノシン系等様々な系統で感受性低下の報告がある (鈴木・松田, 2010; 井口, 2012; 柴尾・田中, 2012; 春山・松本, 2013; 井村ら, 2013; 浜崎ら, 2014; 岩瀬・宇賀, 2014)。薬剤感受性の変動をいち早く把握するためには継続的なモニタリングが重要であるが、感受性検定に用いる齢期の揃った供試虫を一定数揃える作業は飼育に不慣れた研究員にとって容易ではなく、採集した貴重な個体群を絶やしてしまいがちである。供試虫をポット苗などで増殖させる場合、灌水時の開閉などによる個体群間の交雑の懸念から、同時飼育可能な個体群に限りが生じる。狭小なスペースで効率的に飼育する手法としては、村井 (2002) のソラマメ催芽種子による飼育法が報告されているが、ミナミキイロアザミウマの場合は催芽種子での増殖が緩慢であるため適さない。累代飼育を用いない手法として、検定容器に直接採集する手法が井村 (2012) などにより報告されているが、ウイルス媒介虫であるミナミキイロアザミウマは圃場における要防除密度が非常に低いことから、通常低密度で管理されているため、圃場内で薬剤検定に求められる個体数を採集するには多大な時間と労力を要する。

そこで筆者は、薬剤検定に供試する個体を効率よく飼育できるように、キュウリ果実を用いたミナミキイロア

ザミウマの簡易飼育法を開発した。併せて、この飼育法を用いて増殖した佐賀県内の施設キュウリ圃場由来の個体群に対する各種薬剤の殺虫効果を報告する。なお、詳細については佐賀県農業試験研究センター研究報告 (成富・井手, 2021) を参照いただきたい。

I 圃場からの採集～簡易飼育による増殖

1 ミナミキイロアザミウマ個体群の採集

2020年3～6月にかけて、佐賀県佐賀市、唐津市、伊万里市、鹿島市、白石町の施設キュウリ9圃場から、200 μ l フィルターチップを用いて成虫を各50～100頭吸虫採集した。その後、宇賀 (2015) の方法に準じ、キュウリ苗 (品種「ニーナZ」、株式会社埼玉原種育成会) を設置した水耕栽培容器の上部に直径3～4 mmの穴をドリルで空けてシールで塞ぎ、吸虫したチップの先をハサミで2～3 mm程度切ってシールの上から容器に刺し、虫体を移動させた (図-1)。ハウスを往来する際には温湿度変化が大きくなるが、これにより、サンプリングする際の容器の結露を最小限に抑えることができる。

2 キュウリ果実を用いた供試虫の増殖

飼育容器として、内寸法 (幅×奥行×高さ) 300 mm × 98 mm × 96 mm、内容積2.5 lのタイトボックスロング (型番「250683」、アズワン株式会社) を用いた。容器のふた側中央部にステップドリルで直径30 mmの穴

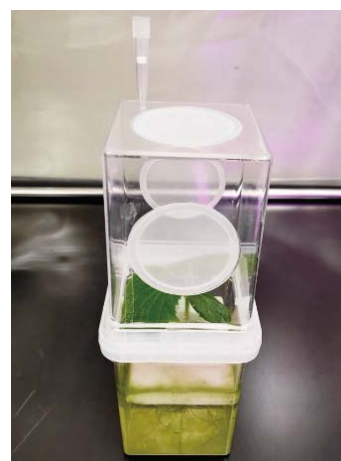


図-1 採集に用いた水耕栽培装置

Simple Methods for the Growth of *Thrips palmi* and the Effects of Insecticides on the Population in Saga Prefecture. By Takeshi NARIDOMI

(キーワード: ミナミキイロアザミウマ, キュウリ, 薬剤感受性, 佐賀県)

を1つあけ、125 μ l目開きのナイロンメッシュを内側からグルー瞬間接着剤（KOKUYO）で貼り付けた。湿度調整および蛹化用の資材としてキッチンタオル（型番「WRG222」、王子ネピア株式会社）を二つ折りにして敷いた上に、餌植物として化学合成殺虫剤不使用で栽培したキュウリ果実（品種前出）2～3本を置いた（図-2）。蛹化用資材は詳細に検討していないが、キッチンタオルの窪みで蛹化する個体が散見されることから、表面が滑らかな資材よりもエンボス加工が施された資材のほうが比較的適するものと考えられる。採集した成虫を飼育容器当たり20～30頭放飼したところ、約7日後から1齢幼虫、約10日後には2齢幼虫が確認され、21～25日後には次世代成虫が300頭程度得られた（図-3）。このような省スペースでの飼育は個体群間の交雑の危険性があるが、本法は圃場からの採集個体を飼育容器へ放飼後に開閉作業が不要であるため、交雑の可能性を低く抑えることができる。また、果実は葉よりも成幼虫を視認、吸



図-2 ミナミキイロアザミウマ増殖用のキュウリ果実を用いた飼育容器

虫しやすく、検定作業時における成虫の放虫作業が容易である。留意点として、成虫を容器当たり50頭以上入れた場合や、餌となるキュウリ果実が小さい場合などは、飼育途中で餌植物が不足してしまうため、果実の交換やソラマメ催芽種子を追加投入する必要がある。

II 薬剤の殺虫効果

1 供試薬剤

キュウリにおいてミナミキイロアザミウマまたはアザミウマ類で登録があり、本県の施設キュウリ栽培で比較的使用頻度の高い6系統9薬剤（ニテンピラム水溶剤、アセタミプリド水溶剤、スピネトラム水和剤、アバメクチン乳剤、エマメクチン安息香酸塩乳剤、シアントラニリプロール水和剤、テトラニリプロール水和剤、フルキサメタミド乳剤、ピリダリル水和剤）および、本節執筆時点でキュウリへの登録はないが、本種への効果が見込まれる新規系統剤（フロメトキン水和剤）、対照として感受性低下の報告事例の多い合成ピレスロイド系剤（ペルメトリン乳剤）の、計11剤を供試した（表-1）。供試薬剤および対照とした水処理区には展着剤のポリアルキレングリコールアルキルエーテル27%（商品名「マイリノー」）を10,000倍希釈で加用した。

2 検定方法

柴尾（2013）のソラマメ葉鞘浸漬法に準じ、検定植物としてインゲン（品種‘本金時’、タキイ種苗株式会社）の初生葉を用いて以下の手順により実施した。検定容器は直径2.5cmの市販のガラスカップ（GC-28, AS ONE）を用い、所定濃度に希釈した薬液で満たした後に液を排出し、キムタオル（日本製紙クレシア）上で風乾した。同時に、1.5cm×1.5cmに細断したインゲン初生葉切片を薬液へ10秒間浸漬して十分に風乾した後、1cm×

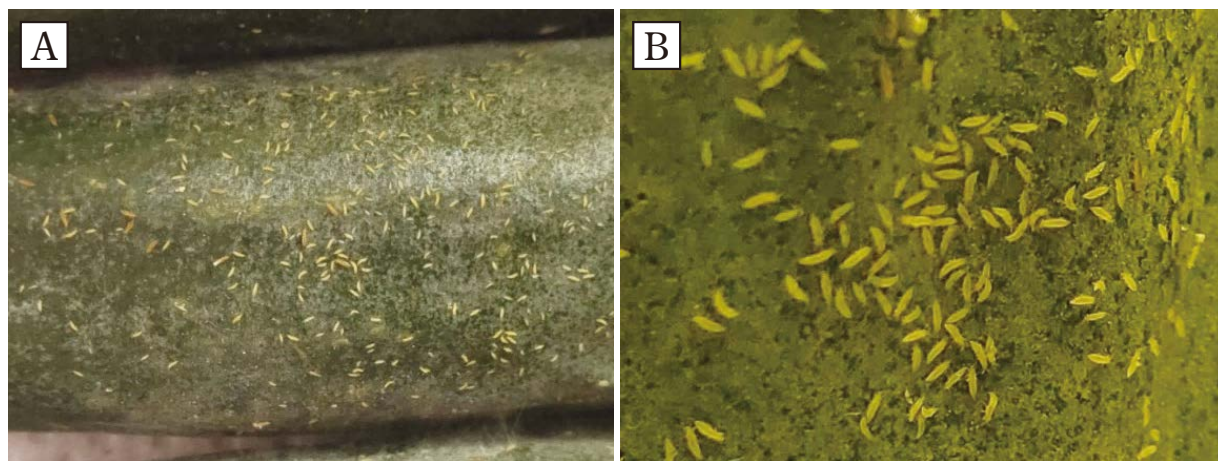


図-3 放飼10日後の飼育容器内

A：キュウリ果実表面を摂食する成虫および2齢幼虫，B：2齢幼虫（拡大図）。

表-1 ミナミキイロアザミウマ雌成虫に対する効果 (2020 年)

IRAC Code	供試薬剤	有効成分含量 (%)	希釈倍率 (倍)	処理 48 時間後の補正死虫率 (%)								
				佐賀市		唐津市		伊万里市			鹿島市	白石町
				-1	-2	-1	-1	-2	-3	-4	-1	-1
3A	ベルメトリン乳剤	20	2,000	38	92	87	0	86	62	66	32	32
4A	ニテンピラム水溶剤	10	2,000	94	83	100	100	100	41	34	90	74
4A	アセタミプリド水溶剤	20	2,000	55	77	100	100	97	58	71	75	37
5	スピネトラム水和剤	11.7	2,500	49	92	100	93	100	58	38	84	15
6	アバメクチン乳剤	1.8	500	27	43	100	83	85	9	28	88	21
6	エマメクチン安息香酸塩乳剤	1	2,000	70	82	100	100	96	22	97	96	100
28	シアントラニリプロール水和剤	10.3	2,000	79	43	65	0	47	10	55	100	0
28	テトラニリプロール水和剤	18.2	2,500	22	0	0	0	4	0	9	30	0
30	フルキサメタミド乳剤	10	2,000	90	100	100	100	100	100	100	100	98
34	フロメトキン水和剤	10	2,000	100	100	100	100	100	100	100	100	100
UN	ピリダリル水和剤	1	1,000	63	67	100	100	87	76	100	92	45



図-4 検定容器

4 cm に細断した湿度調整用ろ紙片 (ADVANTEC) とともに容器内に入れた。容器内に供試虫を 15 頭前後になるように吸虫して放飼し、ただちに 2.5 cm × 2.5 cm に細断したパラフィンフィルムで 2 重に覆った (図-4)。検定容器を 16L8D、温度 25℃、湿度 60% に設定した飼育室内で保持し、処理 48 時間後の死亡虫 (ルーペで検鏡し、動きがみられない個体) の割合を調査して、ABBOTT (1925) による補正死虫率を算出した。試験は 1 薬剤当たり 3 容器行った。殺虫効果は浜崎ら (2014) に準じ、補正死虫率 90% 以上で「高い」、70% 以上 90% 未満で「認められる」、70% 未満で「低い」と判定した。

3 結果

検定結果を表-1 に示す。ネオニコチノイド系 (IRAC : 4A) のニテンピラム水溶剤およびアセタミプリド水溶剤の補正死虫率は、それぞれ 34~100 および 37~100 を

示した。

スピノシン系 (IRAC : 5) のスピネトラム水和剤の補正死虫率は 15~100 を示し、4 個体群で効果が高かった一方で、4 個体群で効果が低く、圃場間における殺虫効果のばらつきが大きいことが示唆された。

マクロライド系 (IRAC : 6) のアバメクチン乳剤およびエマメクチン安息香酸塩乳剤の補正死虫率は、それぞれ 9~100 および 22~100 を示した。アバメクチン乳剤はエマメクチン安息香酸塩乳剤よりも後に使用され始めたが、殺虫効果はエマメクチン安息香酸塩乳剤より低い傾向が認められた。また、エマメクチン安息香酸塩乳剤は 7 個体群で高い効果を示したが、1 個体群で効果が低かった。

ジアミド系 (IRAC : 28) のシアントラニリプロール水和剤およびテトラニリプロール水和剤の補正死虫率は、それぞれ 0~100 および 0~30 を示した。本検定法によるこれらの薬剤の雌成虫に対する殺虫効果は低く、特にテトラニリプロール水和剤はすべての個体群で効果が認められなかった。本系統の薬剤は害虫の筋肉に作用して速やかに対象害虫の活動を停止させるため、死亡に時間がかかる場合でも作物への加害を抑止する特徴がある (島, 2014)。そのため、処理 48 時間後では有効成分の遅効的な効果を十分に発揮できなかった可能性があるが、判定日を処理 5 日後まで延長した場合でも補正死虫率に大きな変動はなかった (データ省略)。高木ら (2018) は、茨城県の施設キュウリ由来のミナミキイロアザミウマ個体群を用いて同様の検定を行い、得られた結果に基づき、本剤の感受性低下を疑っている。本系統のように室内試験で殺虫効果を十分に判定しづらい薬剤は、圃場

での防除効果の確認を併せて検証する必要がある。

イソオキサゾリン系（IRAC：30）のフルキサメタミド乳剤の補正死虫率は90～100を示し、すべての個体群で高い効果を示したが、佐賀市-1および白石町の個体群では、常用濃度の処理48時間後に死亡しない個体が認められた。フロメトキン水和剤（IRAC：34）の補正死虫率はすべての個体群で100を示し、本試験に供試した薬剤の中で最も効果が高かった。ピリダリル水和剤（IRAC：UN）の補正死虫率は45～100を示し、3個体群で低い効果を示した。

今回供試したミナミキイロアザミウマ9個体群のうち、佐賀市-1および唐津市の個体群に着目すると、佐賀市-1個体群はジアミド系およびフロメトキン水和剤を除くすべての薬剤で殺虫効果が低く、唐津個体群では高い効果が保たれていた。これら2圃場の薬剤使用履歴は十分把握できていないが、生産者への聞き取りによると、全体的に薬剤感受性が低かった佐賀市-1の圃場は、日常的に薬剤防除の回数が多く、採取当時のミナミキイロアザミウマの発生密度が低かった。一方、高い効果が保たれていた唐津市の圃場は防除回数が少ない圃場であった。このように、県内から同時期に採集したこれら2個体群の殺虫効果の違いは、薬剤の使用履歴と感受性低下の関係性を裏付けており、化学合成農薬に過度に依存しない防除体系の重要性を支持する。

また、佐賀市-1、伊万里市-4、白石町の個体群は、これまで感受性低下の報告のあるネオニコチノイド系、スピノシン系およびマクロライド系のすべての系統で殺虫効果の低下が認められており、主要薬剤に対する複合抵抗性を高度に発達させた個体群が県内で広がりつつある

状況を示唆する。このような圃場では、結果的にフルキサメタミド乳剤など現在比較的效果の高い薬剤を偏重せざるを得ず、さらなる薬剤感受性の低下を助長する悪循環を生じてしまうため、天敵や物理的防除を活用したIPM防除体系の早急な導入が必要である。

おわりに

本稿では、煩雑かつ労力の大きい薬剤検定について既報の手法に改良を加え、作業の簡便化を図るとともに、県内のミナミキイロアザミウマ個体群に対する薬剤感受性の状況を明らかにした。生産者が施設野菜における病害虫防除を行っていくうえで最も重要なのは、薬剤の殺虫効果に関する知見を常にアップデートしていくことであり、可能な限り継続的なモニタリングを行う体制の構築が求められる。そのために、今回紹介した簡易飼育法が参考になれば幸いである。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. **18**: 265～267.
- 2) 浜崎健児ら (2014): 関西病虫研報 **56**: 131～133.
- 3) 春山直人・松本華苗 (2013): 関東病虫研報 **60**: 121～124.
- 4) 井口雅裕 (2012): 関西病虫研報 **54**: 193～194.
- 5) 井村岳男 (2012): 植物防疫 **66**: 255～259.
- 6) ———ら (2013): 関西病虫研報 **55**: 87～88.
- 7) 岩瀬亮三郎・宇賀博之 (2014): 埼玉農総研研報 **13**: 48～51.
- 8) 河合 章 (2001): 応動昆研究会報 **45**: 39～59.
- 9) 工藤 巖 (1981): 植物防疫 **35**: 285～288.
- 10) 村井 保 (2002): 同上 **56**: 305～309.
- 11) 成富毅誌・井手洋一 (2021): 佐賀農試研報 **42**: 9～16.
- 12) 柴尾 学・田中 寛 (2012): 関西病虫研報 **54**: 67～69.
- 13) ——— (2013): 植物防疫 **67**: 248～251.
- 14) 島 克弥 (2014): 同上 **68**: 73～76.
- 15) 鈴木 誠・松田広子 (2010): 関東病虫研報 **57**: 119～121.
- 16) 高木素紀ら (2018): 同上 **65**: 115～117.
- 17) 宇賀博之 (2015): 植物防疫 **69**: 593～596.



ツマジロクサヨトウと国内で発生する主要な 広食性ヤガ科の幼虫による見分け方

農林水産省 横浜植物防疫所 **肥 後 雄 一**

はじめに

ツマジロクサヨトウ *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (英名: Fall Armyworm) は重要な農業害虫の一種であり、トウモロコシ、ワタ、ダイズ等多くの農作物を加害する。本種の食性は非常に広く、イネ科、キク科、マメ科を中心に 76 科 353 種が寄主植物として報告されている (MONTEZANO et al., 2018)。本種はもともと南北アメリカ大陸に生息していたが、2016 年にアフリカ大陸、2018 年夏にインド、2019 年 1 月に中国と急速に分布を拡大し (松村ら, 2019)、同年 7 月には国内で初めての侵入が鹿児島県で確認された。その後も国内各地で本種の発生が確認され、2020 年 11 月時点で 42 道府県で記録があり、その多くはトウモロコシを加害していた (農林水産省, 2020)。

本種の幼虫の外部形態については 2021 年 4 月に農林水産省消費・安全局植物防疫課、横浜植物防疫所から発行された「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル第 2 版に記載されており、同マニュアルを使用すれば幼虫での同定もある程度可能である。しかしながらこのマニュアルに記載された特徴は終齢幼虫のものであり、若～中齢幼虫の形態については触れられていない。通常、本種は 6 齢を経て蛹化するが、幼虫が一生涯に摂食する量のうち、その大半が終齢および亜終齢によるものであるという (LUGINBILL, 1928; GARDNER and LINCH, 1981)。したがって本種を若～中齢幼虫のうちに同定し、的確な防除を行えば、農作物への被害を最小限に抑えることが期待できる。

ここではまず、ツマジロクサヨトウの 1 齢～終齢までの外部形態を紹介する。さらに、前述のように国内における本種の発見事例の多くがトウモロコシであることから、国内に普遍的に生息し、トウモロコシを加害する可能性のあるオオタバコガ *Helicoverpa armigera* (Hübner)、

ヨトウガ *Mamestra brassicae* (L.)、アワヨトウ *Mythimna separate* (Walker)、シロイチモジヨトウ *Spodoptera exigua* (Hübner) およびハスモンヨトウ *S. litura* (Fabricius) のヤガ科主要害虫 5 種を含む簡易検索表を作成した。これにより、トウモロコシから見つかったヤガ科幼虫が若～中齢であっても、実体顕微鏡下で観察することにより、ツマジロクサヨトウか否かをおおよそ正確に識別できるようにしている。本種も含め、本報告で示したヤガ科幼虫の 1 齢～終齢までの外部形態のさらなる詳細については Higo et al. (2022) などの文献を参照していただきたい。

なお、ここで供試した 6 種のヤガ科の入手に協力していただいた戒能洋一氏 (筑波大学応用動物昆虫学研究室)、小林政文氏 (日本植物防疫協会茨城研究所)、徳田誠氏 (佐賀大学システム農学部生態学研究室)、吉永文浩・足立龍也両氏 (福岡県農林業総合試験場) に対し、この場を借りて感謝申し上げる。

I ツマジロクサヨトウ幼虫の各齢期の外部形態

本種幼虫の各齢期の特徴は以下の通りである。なお、チョウ目幼虫の外部形態の各部の名称については図-1 を参照のこと。

1 齢 (図-2A) : 頭部は幅 0.30～0.32 mm で黒色。胴部は白色で、表皮は顆粒状。前胸の L1, L2 刺毛基部のソケットは垂直に位置する。D1, D2 刺毛基板は黒色で目立ち、第 8 腹節のものの幅は同節の気門の幅よりも大きい。**2 齢 (図-2B) :** 頭部は幅 0.41～0.60 mm、色彩は 1 齢と同じ。胴部は淡い白色で、腹部後方側面を中心に赤い条線が出現する (図-2B 矢印)。表皮は滑らか。その他の特徴は 1 齢と同じ。**3 齢 (図-2C) :** 頭部は幅 0.68～0.79 mm で黒褐色、逆 Y 字型の白いバンドが出現する。胴部は褐色もしくは赤茶色で、背面と側面に白い縦線を有する。赤い条線は濃くなるが、2 齢に比べるとしばしば不明瞭となる。表皮は顆粒状だが確認は困難。その他の特徴は 2 齢と同じ。**4 齢 (図-2D) :** 頭部は幅 1.05～1.33 mm、色彩は 3 齢と同じ。胴部は茶色から暗茶色、表皮は顆粒状。背面の刺毛基板は黒色だが、まれに淡色

An Identification Guide to the Larval *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) and Common Polyphagous Noctuid Pests in Japan. By Yuichi Higo

(キーワード: ツマジロクサヨトウ, 幼虫, 外部形態, 齢, ヤガ科)

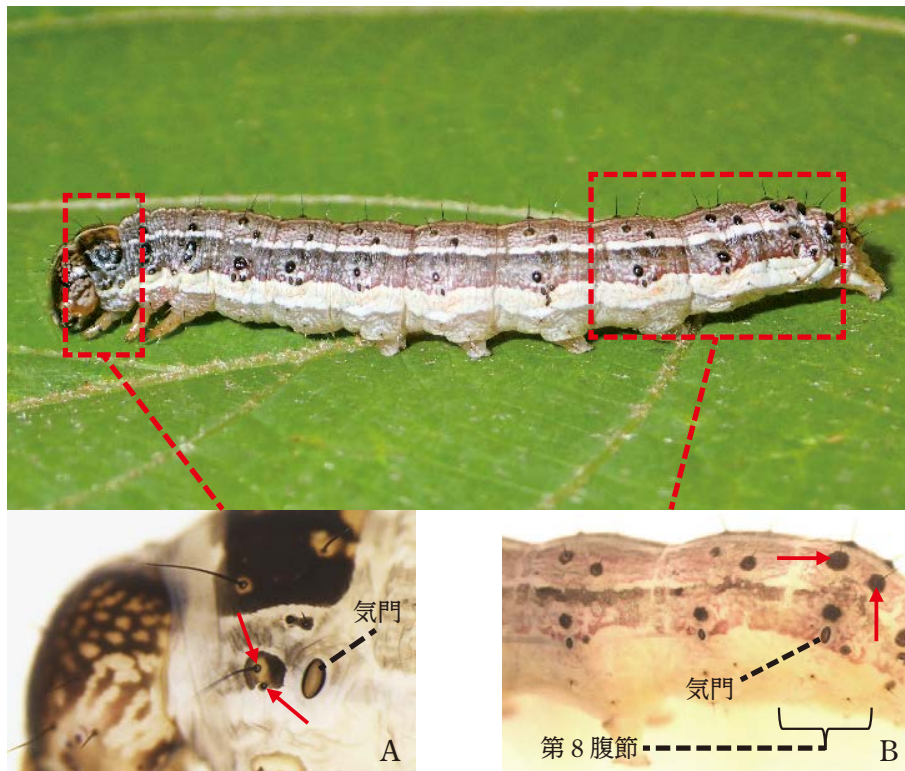


図-1 チョウ目幼虫の外部形態と主な部位の名称
 A: 前胸左側面 (→は L1, L2 刺毛のソケット).
 B: 第6~8腹節左側面 (→は D1, D2 刺毛の刺毛基板).

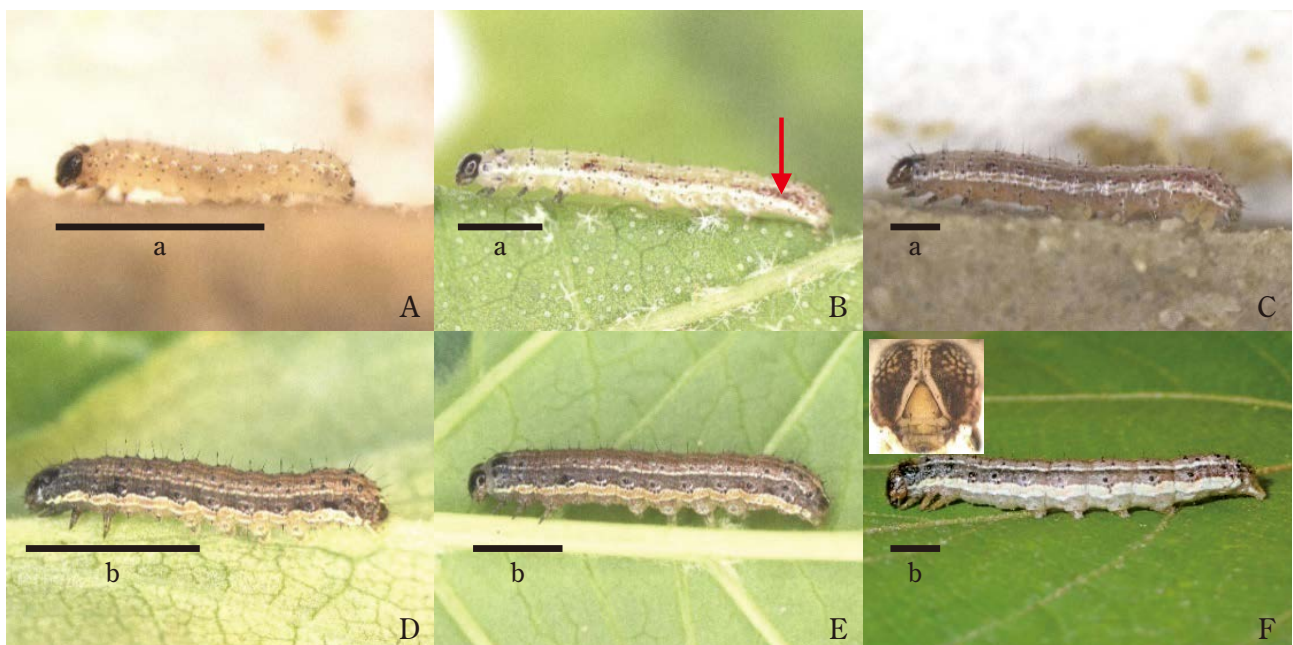


図-2 ツマジロクサヨトウ幼虫
 A: 1 齢, B: 2 齢 (→は第7,8腹節側面の赤~褐色の条線), C: 3 齢, D: 4 齢, E: 5 齢,
 F: 6 齢および頭部の逆Y字型の白いバンド.
 スケール: a 1.00 mm, b 5.00 mm.

になる。その他の特徴は3齢と同じ。**5齢** (図-2E) : 頭部は幅 1.44~2.13 mm。色彩は4齢と同じだが、一部の個体では白い網目模様が出現する。胴部の色彩およびその他の特徴は4齢と同じ。**6齢** (図-2F) : 頭部は幅 1.97~2.90 mm, 逆Y字型の白いバンド (図-2F) と白い網目模様を有するが、小型の個体ではまれに網目模様を欠く

こともある。胴部は黄褐色ないしは暗褐色。背面の刺毛基板の色彩は黒色, 褐色および淡色と変異がある。その他の特徴は5齢と同じ。

II トウモロコシおよびモロコシ属を加害する 主なヤガ科幼虫の外部形態に基づく検索表

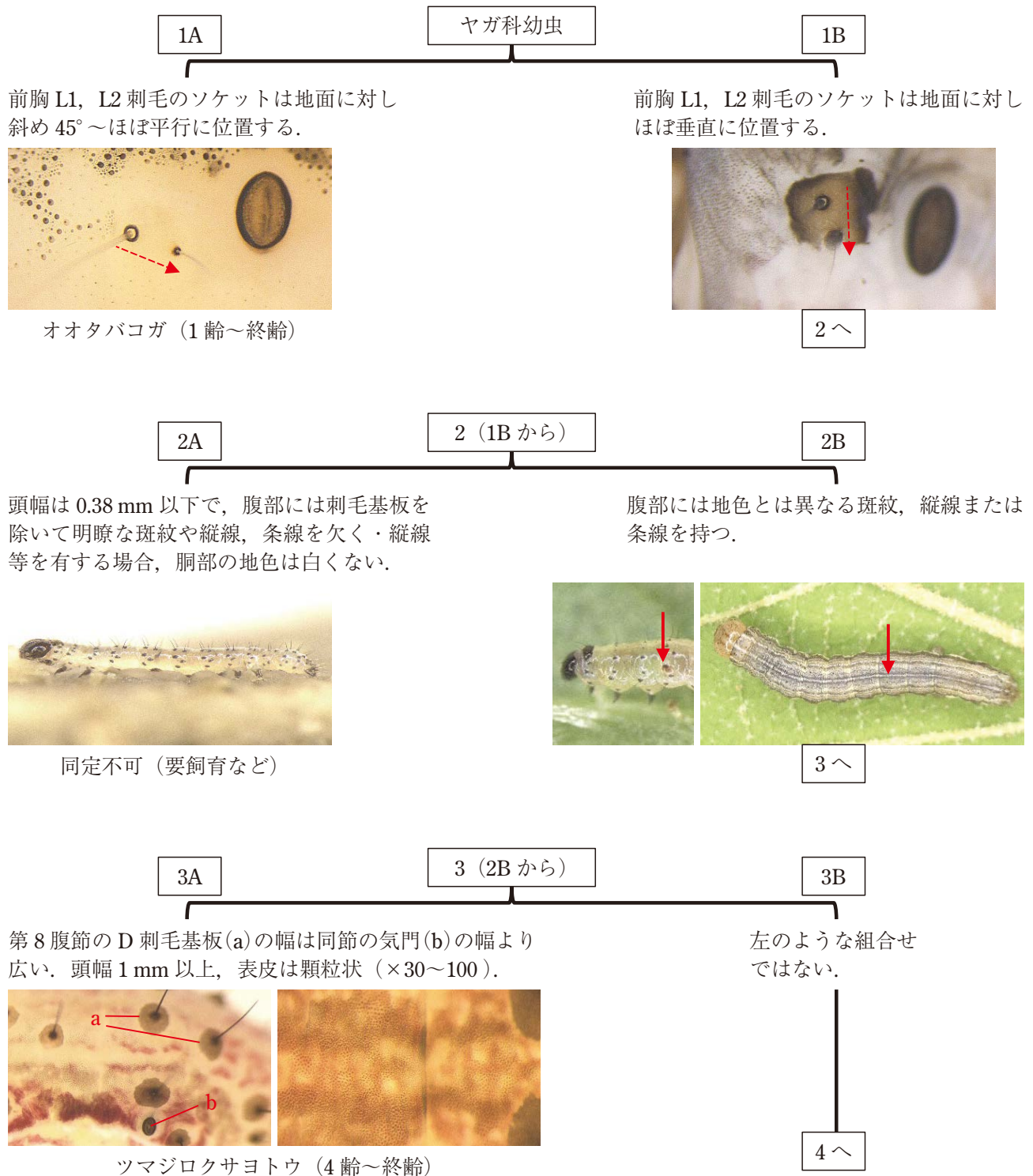


図-3 ツマジロクサヨトウと広食性ヤガ科5種の幼虫の形態に基づく検索表

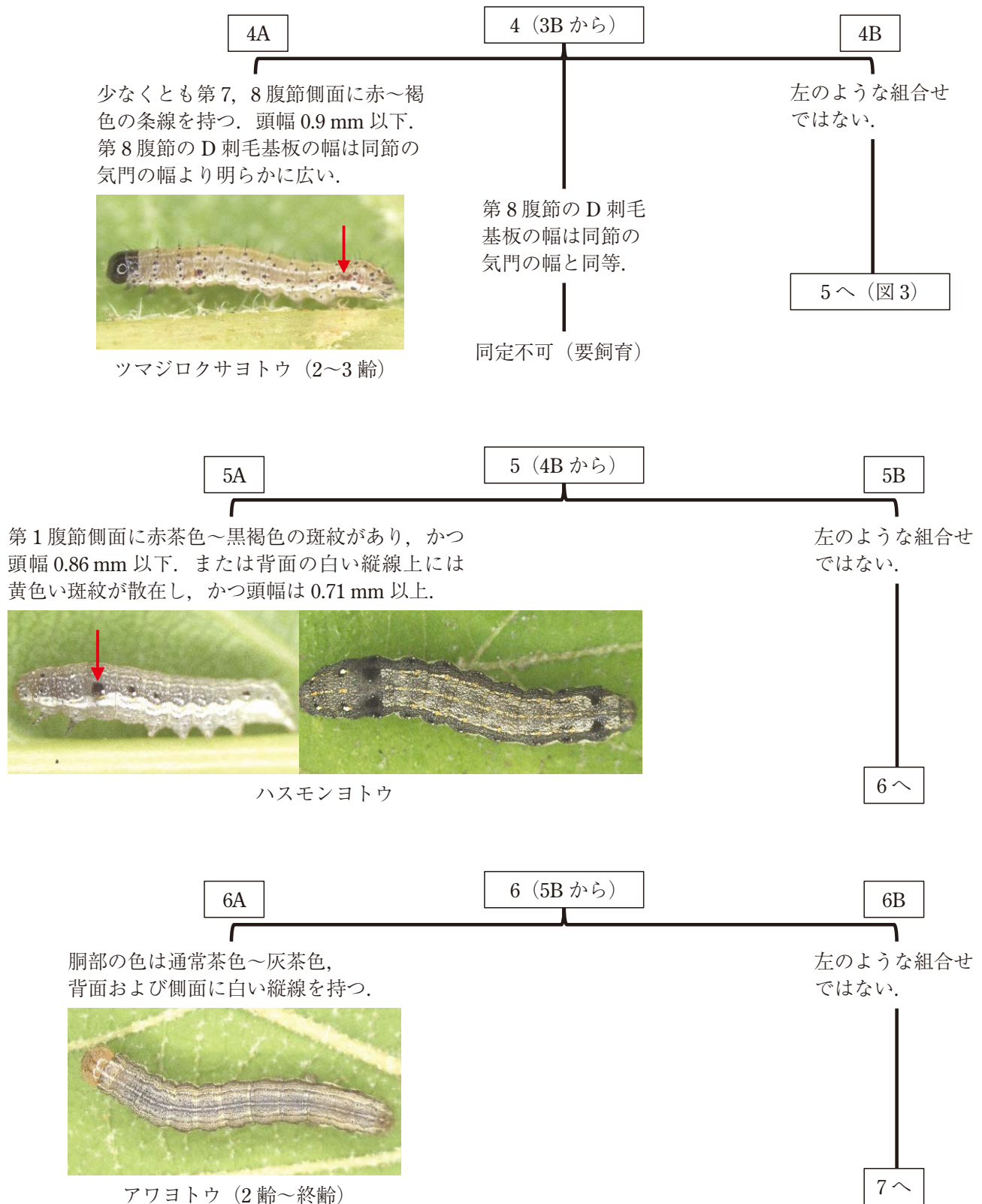


図-3 ツマジロクサヨトウと広食性ヤガ科5種の幼虫の形態に基づく検索表 (続き)

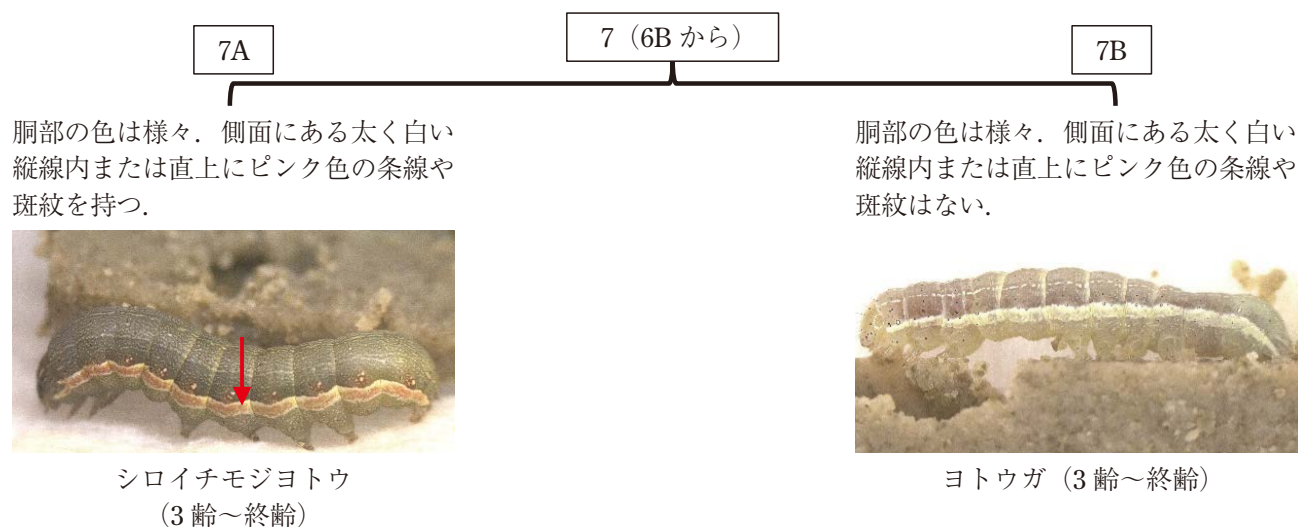


図-3 ツマジロクサヨトウと広食性ヤガ科 5 種の幼虫の形態に基づく検索表 (続き)

III 検索表を使用する際の注意点

当該検索表はトウモロコシ圃場でヤガ科幼虫が発見された際、若～中齢であってもツマジロクサヨトウを含む主要な種までの識別を可能にしている。しかしながら、トウモロコシを加害するヤガ科は他にも多数存在するため、そのすべてを網羅したものではない。また、筆者の飼育・調査の範囲内では、本種の終齢幼虫の胴部の色は赤褐色～茶褐色とほぼ一定であったが、海外では時に緑色の個体も出現し、そのような個体はシロイチモジヨトウと間違える可能性があるという (PASSOA, 1991)。したがって正確な同定のためには、採集した幼虫を飼育して成虫を得たうえでその形態を確認する必要があることも念頭に置くべきである。また、圃場周辺に本種のフェロモントラップでヤガ科成虫が捕獲され、吉松ら (2022) に基づいて本種の飛来が確認されれば、圃場で発見された幼虫がツマジロクサヨトウか否か、その正体を探る手掛かりとなり得る。

お わ り に

ツマジロクサヨトウの侵入から間もないこともあり、

今後本種が我が国の農業にどの程度の被害をもたらすかについて現時点で言及することは困難である。登録農業による防除を実施している圃場においては、本種による経済的な被害の報告はこれまでのところほぼないものの、オオタバコガのようにある時期を境に突然重大な害虫として顕在化する可能性も考えられる (吉松, 1995)。今後は本種の効率的な防除法を確立するとともに、将来的に我が国でどのような振る舞いをするのかを推測するため、低温への耐性や寄主選好性といった基礎的な生態の解明が求められる。

引 用 文 献

- 1) GARDNER, J. W. and R. E. LINCH (1981): J. Econ. Entomol. **74**: 191~193.
- 2) HIGO, Y. et al. (2022): Appl. Entomol. Zool. **57**: 263~274.
- 3) LUGNBILL, P. (1928): USDA Technical Bulletin **34**: 1~91.
- 4) MONTEZANO, D. G. et al. (2018): Afr. Entomol. **26**: 286~300.
- 5) 松村正哉ら (2019): 植物防疫 **73**: 434~438.
- 6) 農林水産省 (2020): ツマジロクサヨトウに関する情報, https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/tumajiro.html (2022 年 10 月 10 日参照)
- 7) PASSOA, S. (1991): Insecta Mundi **5**: 185~196.
- 8) 吉松慎一 (1995): 植物防疫 **49**: 495~499.
- 9) ———ら (2022): 同上 **76**: 445~449.

研究室紹介

宮崎県総合農業試験場 茶業支場

宮崎県の茶の栽培面積は 1,230 ha（令和 4 年農林水産統計）で全国第 6 位です。県内では煎茶を中心に生産されていますが、全国的にも希有な釜炒り茶の産地であるほか、近年では紅茶、烏龍茶等の発酵系のお茶づくりに力を入れています。

宮崎県総合農業試験場茶業支場は、大正 2 年に当時の農事試験場茶業部として茶の研究が本格的に開始され、昭和 4 年に川南分場として現在の宮崎県児湯郡川南町に移転しました。そして、昭和 58 年の機構改革により総合農業試験場茶業支場として改編され、本日に至っています。敷地面積は 12.7 ha、うち茶園面積 6.0 ha と研究機関としては国内有数の試験圃場を有しています。

当支場は、総合農業試験場の 15 ある部門の一つとして、育種科、栽培加工科の二つの科の研究体制で 6 名の研究員が配置されており、育種・栽培・加工の 3 部門で、県内茶農家の所得向上につなげるための試験研究を行っています。

今回は、育種部門、栽培部門での植物防疫に関する主な取り組みを紹介します。

1 育種部門

育種部門では、1958 年（昭和 33 年）から始まった国の指定試験事業などにより、これまでに 15 品種を育成していますが、2011 年（平成 23 年）に指定試験事業が廃止されたことから、それ以降は県単事業で育種を継続しています。

現在の育種目標は「煎茶や釜炒り茶だけでなく、新香味茶としても品質が高い品種の育成」と「超多収で耐病虫性のドリンク向け品種の育成」として選抜を行っています。しかし、本県は温暖で降水量が多く、病害や難防除害虫が発生しやすい条件下で茶が栽培されているため、主要病害虫に対する抵抗性を明らかにすることが品種を育成するうえで特に重要となります。

そこで、山間地では重要な病害であるものの平坦地では発生がほとんど見られないために抵抗性の評価が難しい「もち病」や、樹幹に寄生している



育成したクワシロカイガラムシ抵抗性品種（左）と感受性品種（右）

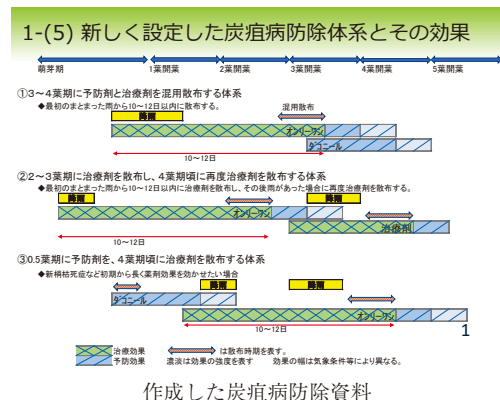
ために薬剤がかかりにくく難防除害虫となっている「クワシロカイガラムシ」に対する抵抗性検定法を確立し、抵抗性品種育成の効率化を図ってきました。

これからも、上記に加えて、炭疽病や輪斑病等の抵抗性検定を行うとともに、各種病虫害抵抗性の検定法を開発しながら、高品質な耐病虫性品種の育成を図っていきたいと考えています。

2 栽培部門

（1）茶の秋芽生育期の炭疽病防除法の改善

近年、秋期の長雨などにより、慣行防除を行っていても炭疽病が多発する事例が多く見られることから、防除法の見直しを行いました。各種の試験を行い、三つの防除体系を設定し、防除効果を見える化した資料を作成しました。



（2）物理的防除技術を活用した輸出対応型 IPM 体系の開発

茶の輸出拡大を図るためには、農薬残留に留意したうえで病害虫の発生を抑えることが重要です。クワシロカイガラムシについては、当支場において 2007 年にスプリンクラー散水による防除技術を開発したところですが、さらなる散水量の低減が必要であることから、国の「国際競争力強化技術開発プロジェクト」に参画し、発生消長を詳細に調査することで、積算温度を用いた散水適期の予測法の開発に取り組んでいます。

（3）有機栽培対応型 IPM 体系の開発と導入

無農薬栽培を行ううえでは、チャノミドリヒメヨコバの被害軽減が重要な課題であるため、国の「戦略的スマート農業技術等の開発・改良」に参画し、耕種的防除法を用いた本種の防除法の開発に取り組んでいます。

（栽培加工科長 川越洋二）

新しく登録された農薬 (2022.12.1～12.31)

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

「殺虫剤」

●クロラントラニリプロール・ピメトロジン粒剤

24680：MIC フェルテラチェス箱粒剤（MMAG）

2022/12/7

クロラントラニリプロール：0.75%

ピメトロジン：3.0%

稲（箱育苗）：ウンカ類、ツマグロヨコバイ、ニカメイチュウ、コブノメイガ、イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、フタオビコヤガ：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：ウンカ類、ツマグロヨコバイ、ニカメイチュウ、コブノメイガ、イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、フタオビコヤガ、イネツトムシ：移植3日前～移植当日

●ククメリスカブリダニ剤

24695：ククメリス EX（アリスタ）2022/12/21

ククメリスカブリダニ：500 頭/10 ミリリットル

野菜類（施設栽培）：アザミウマ類：発生初期

ほうれんそう（施設栽培）：ケナガコナダニ：発生初期

シクラメン（施設栽培）：アザミウマ類：発生初期

「除草剤」

●シクロピリモレート・トリアファモン・ベンゾビシクロン粒剤

24667：グッドラック 500 グラム粒剤（三井化学アグロ）

24668：SDS グッドラック 500 グラム粒剤（エス・ディー・エスバイオテック）

2022/12/7

シクロピリモレート：4.0%

トリアファモン：1.0%

ベンゾビシクロン：3.0%

移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ヘラオモダカ、ミズガヤツリ、クログワイ、オモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

●シクロピリモレート・トリアファモン・ベンゾビシクロン水和剤

24669：グッドラックフロアブル（三井化学アグロ）

24670：SDS グッドラックフロアブル（エス・ディー・エスバイオテック）

2022/12/7

シクロピリモレート：3.8%

トリアファモン：0.95%

ベンゾビシクロン：2.9%

移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ヘラオモダカ、ミズガヤツリ、クログワイ、オモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

●シクロピリモレート・トリアファモン・ベンゾビシクロン粒剤

24671：グッドラックジャンボ（三井化学アグロ）

24672：SDS グッドラックジャンボ（エス・ディー・エスバイオテック）

2022/12/7

シクロピリモレート：13.3%

トリアファモン：3.3%

ベンゾビシクロン：10.0%

移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ウリカワ、ヘラオモダカ、ミズガヤツリ、クログワイ、オモダカ、ヒルムシロ、セリ、アオミドロ・藻類による表層はく離

●テブチウロン・ヘキサジノン粒剤

24673：マスタリー W 粒剤（保土谷アグロテック）

2022/12/7

テブチウロン：0.70%

ヘキサジノン：0.70%

樹木等：一年生雑草、多年生広葉雑草、スギナ、多年生イネ科雑草

●ターバシル・フルミオキサジン・ヘキサジノン粒剤

24674：ラーチ GT 粒剤（保土谷アグロテック）

24675：クサノン GT 粒剤（住友化学園芸）

2022/12/7

ターバシル：1.0%

フルミオキサジン：0.20%

ヘキサジノン：1.0%

樹木等：一年生雑草、多年生雑草、スギナ、ササ、ススキ

●グルホシネート・ヘキサジノン液剤

24676：ワイドウェイシャワー NX（保土谷アグロテック）

24677：ネコソギエースシャワー NX（レインボー）

2022/12/7

グルホシネート：0.10%

ヘキサジノン：0.30%

樹木等：一年生雑草、多年生雑草、スギナ、コケ類

●ターバシル・ヘキサジノン・DBN 粒剤

24678：ワイドウェイ DX 粒剤（保土谷アグロテック）

24679：ネコソギエース DX 粒剤（レインボー）

2022/12/7

ターバシル：2.0%

ヘキサジノン：0.80%

DBN：1.0%

樹木等：一年生雑草、多年生雑草、スギナ、ササ、ススキ

●オキサジクロメホン水和剤

24681：フルハウスターフフロアブル（エンバイロサイエンスジャパン）2022/12/7

オキサジクロメホン：30.0%

日本芝：一年生イネ科雑草

●テニルクロール・ベンゾビシクロン粒剤

24682：ホットコンビエルジャンボ SD（エス・ディー・エスバイオテック）2022/12/21

テニルクロール：6.0%

ベンゾビシクロン：6.0%

移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ミズガヤツリ、ヒルムシロ

●テニルクロール・ベンゾビシクロン粒剤

24683：ホットコンビエル 200SD 粒剤（エス・ディー・エスバイオテック）2022/12/21

テニルクロール：6.0%

ベンゾビシクロン：6.0%

移植水稻：一年生雑草、マツバイ、ホタルイ、ミズガヤツリ、ヒルムシロ

●フェンキノトリオン・フェントラザミド粒剤

24684：シンゲキ1キロ粒剤（クミアイ化学）2022/12/21
フェンキノトリオン：3.0%
フェントラザミド：3.0%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離

●フェンキノトリオン・フェントラザミド剤

24685：シンゲキ豆つぶ250（クミアイ化学）2022/12/21
フェンキノトリオン：12.0%
フェントラザミド：12.0%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，コウキヤガラ

●フェンキノトリオン・フェントラザミド剤

24686：シンゲキジャンボ（クミアイ化学）2022/12/21
フェンキノトリオン：12.0%
フェントラザミド：12.0%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，コウキヤガラ

●フェンキノトリオン・フェントラザミド水和剤

24687：シンゲキフロアブル（クミアイ化学）2022/12/21
フェンキノトリオン：5.6%
フェントラザミド：5.6%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラオモダカ，ヒルムシロ，セリ，オモダカ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離

●シハロホップブチル・フロルピラウキシフェンベンジル乳剤

24688：ノブレクト乳剤（コルテバジャパン）2022/12/21
シハロホップブチル：10.6%
フロルピラウキシフェンベンジル：2.1%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ミズガヤツリ，ウリカワ，セリ

直播水稻：一年生雑草，ミズガヤツリ，ウリカワ，セリ

●ピリフタリド・ベンゾビスクロン粒剤

24689：アピロファースト1キロ粒剤（シンジェンタ）
24690：タクティクス1キロ粒剤（エス・ディー・エスバイオテック）
2022/12/21

ピリフタリド：1.2%

ベンゾビスクロン：2.0%

直播水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ミズガヤツリ

●ジメタメトリン・ピラクロニル粒剤

24691：先陣ジャンボ（協友アグリ）2022/12/21
ジメタメトリン：1.5%
ピラクロニル：7.5%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモダカ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヒルムシロ，オモダカ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離

●ジメタメトリン・ピラクロニル粒剤

24692：先陣200FG（協友アグリ）2022/12/21
ジメタメトリン：1.5%
ピラクロニル：7.5%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモダカ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヒルムシロ，オモダカ，コウキヤガラ，アオミドロ・藻類による表層はく離

「植物成長調整剤」

●ジベレリン水溶剤

24693：MICジベレリン粉末（MMAG）2022/12/21
ジベレリン：3.1%

ぶどう（ヒムロッドシードレスを除く2倍体米国系品種）
[無核栽培]：無種子化 果粒肥大促進

ぶどう（ヒムロッドシードレス）：果粒肥大促進

ぶどう（デラウェア）[無核栽培]：無種子化 果粒肥大促進

ぶどう（キャンベルアーリーを除く2倍体米国系品種）
[有核栽培]：果粒肥大促進

ぶどう（キャンベルアーリー）[有核栽培]：果粒肥大促進 果房伸長促進

ぶどう（2倍体欧州系品種）[無核栽培]：無種子化 果粒肥大促進 果房伸長促進

ぶどう（ヒロハンプルグを除く2倍体欧州系品種）[有核栽培]：果粒肥大促進

ぶどう（ヒロハンプルグ）[有核栽培]：果粒肥大促進

ぶどう（キングデラ，ハニーシードレス，BKシードレスを除く3倍体品種）：着粒安定 果粒肥大促進 果房伸長促進

ぶどう（BKシードレス）：着粒安定 果粒肥大促進

ぶどう（キングデラ）：着粒安定 果粒肥大促進

ぶどう（ハニーシードレス）：着粒安定 果粒肥大促進

ぶどう（サニールージュを除く巨峰系4倍体品種）[無核栽培]：無種子化 果粒肥大促進 果房伸長促進

ぶどう（サニールージュ）[無核栽培]：無種子化 果粒肥大促進 果房伸長促進 着粒密度低減

ぶどう（巨峰）[有核栽培]，ぶどう（ルビーロマン）[有核栽培]，ぶどう（ハニービーナス）[有核栽培]：果粒肥大促進

ぶどう（高尾），ぶどう（ふくしずく）：果粒肥大促進

ぶどう（あづましずく）：果粒肥大促進

かんきつ（苗木，ただし，温州みかんを除く）：花芽抑制による樹勢の維持

かんきつ（不知火，ぼんかん，かぼす，清見，はるみ，ワシントンネーブル，日向夏，すだち，平兵衛酢，長門ユズキチ（無核），温州みかん，きんかん，紅まどんなを除く）：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止

不知火，はるみ，紅まどんな：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 水腐れ軽減

ぼんかん：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 水腐れ軽減

長門ユズキチ（無核）：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 着果安定 果皮の緑色維持

すだち：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 果皮の緑色維持

平兵衛酢，かぼす：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 果皮の緑色維持

ワシントンネーブル：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止

日向夏：花芽抑制による樹勢の維持 無種子化 落果防止

清見：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止

きんかん：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 着果安定

温州みかん（苗木）：花芽抑制による樹勢の維持

温州みかん：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 浮皮軽減

びわ（3倍体）：着果安定 果実肥大促進

すもも（貴陽）：着果安定

かき：落果防止
 アセロラ：着粒安定
野菜類：発芽促進
みつば（軟化栽培を除く）：生育促進
みつば（軟化栽培）：生育促進
トマト：空どう果防止
なす：着果数増加
さやいんげん（矮性（促成又は半促成栽培））：節間伸長促進
しそ（花穂）：穂の伸長促進 花径の伸長促進
いちご（促成栽培）：着果数増加 熟期促進
いちご：果柄の伸長促進
いちご（親株床）：ランナー発生促進
メロン：着果促進
うど（春うど）：休眠打破による生育促進
たらのき（促成栽培）：萌芽促進
ふき：生育促進
セルリー：生育促進 肥大促進
畑わさび：花茎の抽出時期促進及び発生量増加
ばれいしょ：休眠打破による萌芽促進及び小粒いも または全粒種いもの増収
花き類（りんどうを除く）：発芽促進
りんどう：発芽促進 生育促進
カラー：生育促進
トルコギキョウ：生育促進
ソリダゴ：生育促進
アイリス：生育促進
シクラメン：開花促進
プリムラ（マラコイデス）：開花促進
チューリップ（促成栽培）：開花促進
スパティフィラム：開花促進
みやこわすれ：開花促進 草丈伸長促進
きく：開花促進 草丈伸長促進
しらん：開花促進 草丈伸長促進
アザレア：開花促進
さつき（施設栽培苗）：茎の伸長促進 花芽分化の抑制
さくら（切り枝促成栽培）：休眠打破による生育促進
●ジベレリン液剤
 24694：MIC ジベレリン液剤（MMAG）2022/12/21
 ジベレリン：0.63%
かんきつ（苗木，ただし，温州みかんを除く）：花芽抑制による樹勢の維持
かんきつ（不知火，ぼんかん，かぼす，清見，はるみ，ワシントンネーブル，日向夏，すだち，平兵衛酢，長門ユズキチ（無核），温州みかん，きんかん，紅まどんなを除く）：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止
不知火，はるみ，紅まどんな：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 水腐れ軽減
ぼんかん：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 水腐れ軽減
長門ユズキチ（無核）：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 着果安定 果皮の緑色維持
すだち：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 果皮の緑

色維持
平兵衛酢，かぼす：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 果皮の緑色維持
ワシントンネーブル：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止
日向夏：花芽抑制による樹勢の維持 無種子化 落果防止
清見：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止
きんかん：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 着果安定
温州みかん（苗木）：花芽抑制による樹勢の維持
温州みかん：花芽抑制による樹勢の維持 落果防止 浮皮軽減
すもも（貴陽）：着果安定
かき：落果防止
アセロラ：着粒安定
野菜類：発芽促進
みつば（軟化栽培を除く）：生育促進
みつば（軟化栽培）：生育促進
トマト：空どう果防止
なす：着果数増加
さやいんげん（矮性（促成又は半促成栽培））：節間伸長促進
しそ（花穂）：穂の伸長促進 花径の伸長促進
いちご（促成栽培）：着果数増加 熟期促進
いちご：果柄の伸長促進
いちご（親株床）：ランナー発生促進
ごぼう（促成栽培）：休眠打破による生育促進
メロン：着果促進
うど（春うど）：休眠打破による生育促進
たらのき（促成栽培）：萌芽促進
ふき：生育促進
セルリー：生育促進 肥大促進
畑わさび：花茎の抽出時期促進及び発生量増加
ばれいしょ：休眠打破による萌芽促進及び小粒いも または全粒種いもの増収
花き類（りんどうを除く）：発芽促進
りんどう：発芽促進 生育促進
カラー：生育促進
トルコギキョウ：生育促進
ソリダゴ：生育促進
アイリス：生育促進
シクラメン：開花促進
プリムラ（マラコイデス）：開花促進
チューリップ（促成栽培）：開花促進 花丈伸長促進及び茎の肥大促進
スパティフィラム：開花促進
みやこわすれ：開花促進 草丈伸長促進
きく：開花促進 草丈伸長促進
しらん：開花促進 草丈伸長促進
アザレア：開花促進
さつき（施設栽培苗）：茎の伸長促進 花芽分化の抑制
さくら（切り枝促成栽培）：休眠打破による生育促進

学 会 だ よ り

○第4回日本生物防除協議会オンラインシンポジウム ウェビナー開催のお知らせ

第4回日本生物防除協議会オンラインシンポジウムを、下記のとおり開催いたします。

開催日：2023年3月3日（金）、

開催場所：ウェブ会場（Zoom）

参加費：無料

申し込み期限：3月1日（水）

連絡先や詳細はホームページでご確認ください。

○日本農薬学会第48回大会のお知らせ

日本農薬学会第48回大会を、下記のとおり開催いたします。
開催場所：東京農業大学世田谷キャンパス、方法：対面形式
日程

3月8日（水）

総会、授賞式、受賞講演、特別講演

3月9日（木）

一般講演、ランチョンセミナー、シンポジウム

3月10日（金）

一般講演、ランチョンセミナー、シンポジウム

懇親会：今年度は中止

申し込み期限：大会当日まで

連絡先や詳細はホームページでご確認ください。

○第67回日本応用動物昆虫学会大会開催のお知らせ

第67回日本応用動物昆虫学会大会は下記のとおり開催いたします。

開催場所：摂南大学枚方キャンパス、方法：対面形式
日程

3月13日（月）

大会開会式および会員総会、学会賞・奨励賞授与式および
受賞講演、公開シンポジウム

3月14日（火）

一般講演、ポスター発表、小集会

広告掲載会社一覧 （掲載順）

サンケイ化学(株) ……主要品目
日産化学(株) ……グレーシア
バイエルクロップサイエンス(株) ……モベント
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
エス・ディー・エスバイオテック(株) ……タラロマイセス
三井化学アグロ(株) ……主要品目
石原バイオサイエンス(株) ……スワルバンカーロング
アグロカネショウ(株) ……主要品目

3月15日（水）

一般講演、ポスター発表、小集会

懇親会：今年度は中止

連絡先や詳細はホームページでご確認ください。

○第6回「植物病理を紡ぐ会」開催のお知らせ

第6回「植物病理を紡ぐ会」を、下記のとおり開催いたします。

開催日：2023年3月25日（土）、開催場所：Web

参加費：無料

連絡先や詳細はホームページでご確認ください。

○令和5年度日本植物病理学会大会開催のお知らせ

令和5年度日本植物病理学会大会を下記のとおり開催いたします。

開催場所：東京農業大学世田谷キャンパス、方法：オンライン形式

開催日：2023年3月27日（月）～29日（水）

懇親会：今年度は中止

連絡先や詳細はホームページでご確認ください。

次号予告

次号 2023 年 3 月号の主な予定記事は次のとおりです。

特集「海外から侵入したシストセンチュウ類の防除について」
中園浩一ら
マルチプレックス PCR 法によるジャガイモシストセンチュウ類
同時診断技術の改良 酒井啓充
ジャガイモシロシストセンチュウ緊急防除における密度低減技術
の効果と特徴 伊藤賢治
ジャガイモシロシストセンチュウ抵抗性バレイショ品種の開発と
課題 浅野賢治
テンサイシストセンチュウ対策としての輪作に使用可能な作物
岡田浩明
土壌サンプルからのテンサイシストセンチュウ DNA の検出と定量
浅水恵理香ら

テンサイシストセンチュウに対する各種殺線虫剤の防除効果
金子政夫ら
JPP-NET を利用した温州ミカンのナシマルカイガラムシ歩行幼
虫発生時期の予測 後藤聖士郎ら
農業の製剤・施用法の最近の動向 辻 孝三
植物防疫講座 病害編：モモに発生する病害の生態と防除について
七海隆之
新規殺虫剤インスカリス®（セフィナ®DC）の特長 竹田 遼
新規殺菌剤キノプロール®（イブフルフェノキン）の特長
藤井 聡

植物防疫

2023 年
2 月号

（毎月1回1日発行）

第77巻 2023年1月25日印刷

第2号 2023年2月1日発行
（通算914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。

水稻健苗育成の強い味方

種子消毒に

タフブロック



馬鹿苗病・いもち病・
褐条病・苗立枯細菌病
・もみ枯細菌病

播種時の灌注処理に

タフエイド



・苗立枯病（リゾーブス菌、
ピシウム菌、トリコデルマ菌、
フザリウム菌）
・根の生育促進

- タラロマイセス菌を有効成分とする生物農薬です
- 特別栽培米の生産に最適です
- 温湯種子消毒との体系処理にも適しています

タフブロック、タフエイドは株式会社エス・ディー・エスバイオテックの登録商標です。

株式会社 **エス・ディー・エス バイオテック** <https://www.sdsbio.co.jp/>

農薬要覧 2022年

令和3農薬年度

絶賛発売中

農薬要覧

— 2022 —

一般社団法人 日本植物防疫協会

A5判、価格：11,000円
税込、送料サービス

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

掲載内容

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

一般社団法人 日本植物防疫協会

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



明日の「農」を支える力でありたい。

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

殺虫剤

三井薬庄 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬庄 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジ® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ピカット® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ® Z 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

草枯らし MIC®

セカンドショット® SジャンボMX

シェイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

ワイドアタック™ SC

アトカラ® SジャンボMX

トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

フォローアップ® 1キロ粒剤



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



三井化学アグロ株式会社

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

新製品・注目製品は
こちらから
ご覧いただけます。

天敵殺虫剤

農林水産省登録
第24554号

スワルバンカー®より
**パワー
アップ!**

**スワルバンカー®
ロング**



®は登録商標

スワルスキーカブリダニ剤 + 天敵保護装置「バンカーシート®」

天敵の
放出期間延長で
害虫防除効果が増強



スワルスキーカブリダニ

天敵を長期に放出!
アザミウマ類、コナジラミ類等の
難防除害虫に有効です!



スワルバンカー®と同等以上の効果を発揮。設置数を減らすこともでき、**作業効率アップ!**

■ スワルバンカー®ロングの特長

①

天敵を長期に放出

②

スケジュール放飼が可能

③

効果が環境に影響されにくい

■ 適用害虫と使用方法

システムスワル®
薬剤名: **ロング**

作物名	適用害虫名	使用量	使用時期	使用方法	総使用回数*
野菜類 (施設栽培、ただし、トマト、ミニトマトを除く)	アザミウマ類 コナジラミ類 チャノホコリダニ	100~200パック/10a	発生直前 ~ 発生初期	放飼	—
		8~25パック/100株			
かんきつ(施設栽培)	ミカンハダニ	1~5パック/樹			
マンゴー(施設栽培)	チャノキイロアザミウマ	1~2パック/樹			
びわ(施設栽培)	ミカンハダニ	2パック/樹			
花き類・観葉植物(施設栽培)	アザミウマ類	200パック/10a			
		1~6パック/100株			

※印は本剤およびスワルスキーカブリダニを含む農薬の総使用回数の制限を示す。

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

バンカーシート®は農研機構・中央農研を中心とした農食事業(実用開発ステージ26070C)で実用化技術を確認。

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>



生物農薬
特設ページは
こちら

いい土から、いい作物。



アグロカネショウの土壌消毒剤

で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壌病害・雑草防除に!

土壌センチュウ防除に!



ネマキック®
粒剤



バスマミド®
微粒剤

D-D®

アグロ カネショウ

土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の
養分分析

線虫や
菌の密度

土壌分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壌分析室 [0296-21-3108] まで



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

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株) お客様相談係
04-2944-1117