

植物防疫

Plant Protection

8

2022
VOL.76

ミニ特集：サツマイモ基腐病対策



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

あっ!と思った時は... 上手に使って害虫防除!

サンケイ化学のベイトシリーズ

ガードベイト®A

サンケイ デナボン®5%ベイト

サンケイ コテツ®ベイト

アクセル®ベイト

ナメクグリーン®3



ネキリムシ類



ネキリムシ類



ネキリムシ類



コオロギ類



コオロギ類



ダンゴムシ



カタツムリ類



ナメクジ類



ホウレンソウ
ケナガコナダニ

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

水を使わず
散布がカンタン!



登録のある害虫が
誘引され、摂食することで
効果を発揮します!



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



サンケイ化学株式会社

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



無処理 残葉率 0%



A剤 残葉率 20%



グレースシア乳剤 残葉率 90%

食害される前に駆除できる。*

野菜・
茶用
殺虫剤

グレースシア[®]乳剤



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

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

*2 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。

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

【試験方法】虫体浸漬、処理1時間後飼入、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)

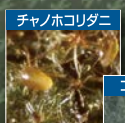
東京都中央区日本橋二丁目5番1号
<https://www.nissan-agro.net/>



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



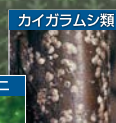
アザミウマ類



ハダニ類



トマトサビダニ



カイガラムシ類

- 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！

農林水産省登録 第24213号

特長

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



殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ® フロアブル

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
ご覧いただけます



目 次

巻 頭 言

考えは柔軟で自由であってほしい	守川 俊幸	1
-----------------	-------	---

ミニ特集：サツマイモ基腐病対策

サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策	小林 有紀	2
LAMP 法によるサツマイモ基腐病の迅速遺伝子診断技術とその活用	前島健作・宮崎彰雄・鈴木拓海・難波成任・山次康幸	10
サツマイモ基腐病の発病リスクを軽減する塊根管理技術	西岡 一也	18

研究報告

イネ判別品種に対するトビイロウンカ飛来個体群における加害性の長期モニタリング	藤井智久・安井 秀	24
輸出用茶栽培のためのコミカンアブラムシ防除農薬の検討と同種虫体および寄生芽の混入が茶の品質に及ぼす影響	井上 梨絵	30

トピックス

沖縄県で発生した新たな病原菌 <i>Podosphaera xanthii</i> によるオクラうどんこ病	澤岬 哲也	36
ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで誘引されたチョウ目昆虫	吉松慎一・綿引大祐・田端 純	41

病害虫の見分け方シリーズ

キュウリ病害の見分け方	沼田 京太	46
-------------	-------	----

研究室紹介

公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター		
生産環境科 病害・虫害管理研究チーム	久保田 まや	53
愛媛県農林水産研究所 果樹研究センター 病理昆虫室	金崎 秀司	54

書 評

植物医科学 (第2版)	坂田 宏	55
-------------	------	----

農林水産省プレスリリース (2022.6.10~2022.7.11)	52
新しく登録された農薬 (2022.6.1~6.30)	9
登録が失効した農薬 (2022.6.1~6.30)	23, 45
発生予察情報・特殊報 (2022.6.1~6.30)	40

【表紙写真】

上段：サツマイモ基腐病の病徴（地下茎）
下段：サツマイモ基腐病の病徴（地上部の枯れ）

大地を守る！

倒してきた線虫の数に、
自信あり。

殺線虫剤

石原

有効成分：ホスチアゼート…1.5%

ネマトリン[®]エース
粒剤

®は登録商標



ホームページ
の製品情報

ネマトリンエース粒剤は、高品質な作物づくりをしっかりと支えます。

👑 優れた殺線虫効果

線虫と薬剤が接触することで線虫の活動を阻害し、殺線虫効果を発揮します。

👑 土壌条件に左右されにくい

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

👑 簡便な作業性

揮発性がなくガス抜き作業が不要のため、処理直後から播種や定植が可能です。



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

ISK 石原産業株式会社

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

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

巻頭言

考えは柔軟で自由であってほしい

富山県農林水産総合技術センター 守 川 とし ゆき 俊 幸



先日、母校を訪れる機会があった。今や、ジャージにサンダル履きのボサボサ頭の学生は見当たらず、建物は改修され、かつての古臭さは軽減されていた。

研究室の廊下から見下ろす桜の花びらはほとんど散っていたけれども、幹は太く大きく成長しているように思えた。かつて、その桜の木の下を歩いているとき、植物病理学研究室の寺中理明教授から声をかけられたのが、今の自分の出発点である。先生の人柄に惹かれて始まり、その後、様々な人たちと巡り合い、助けられ、時には切磋琢磨しながら、よりよい研究を行うことを常に標榜してきたように思う。就職したばかりのころは、素敵な人たち（球根生産者の皆様）に褒めてもらいたくて、その後は彼らの生活を守るという使命感で、さらには、どのように社会貢献していくかについて、ひたむきであったと思う。今も成長は追い付かず、今になって気づくことも多い。

さて、めぐる情勢は、労働者人口が減少し、消費は減少しつつもニーズは多様化し、技術開発の立ち位置は、省力・低コスト、高付加価値、競争力、輸出、環境、安全・安心、脱炭素、食料戦略、スマート農業技術等々、様々なことに応じることが求められている。守備範囲の Society は 2.0 から 5.0 までと実に広範囲である。何より、生産現場の課題も散在していてとにかく忙しい。こうした中、今の若い研究・技術者はじっくりと考える余裕がないように思う（たぶん、昔以上に考える必要があるのに）。周辺には様々な考えがあって、どれもが正解で、答えは一つではないのに、体系化も図らねばならない。

2013 年に全国の仲間たちと生態と防除研究会（植物病害カンファレンス）を設立し、第 1 回研究集会を富山市で開催した。本研究会は成果の発表や情報収集の場ではなく、相互に高め合うこと、連携してストラテジーを構築することを目的にしている。若い研究者をスピーカーとして選び、アイデアや意見を交わし、それぞれが学び、育っていく場所、そんなプラットフォームを提供したいとの願いもあった。コロナ禍の影響で、開催は一時休止されているが、毎年、国内の各地で開催されてきた。また、2020 年には、ここでの議論や連携を具体化する機会を設けたいと考え、「知」の集積と活用（産学官連携協議会）に「植物病害カンファレンス研究開発プラットフォーム」を設立したところである。

先に申し上げた通り、なんだか忙しく、考える時間は

限られているが、仲間たちとの議論の中に発見は多いし、新しい道が拓けると思う。途方に暮れたとき、電話やメールの一つで有用な知見が得られる関係性は大きな財産である。各地の技術者が相互に人材育成の手助けを行い、若い人たちが全国に連携の輪をつくり、さらに相互に高めあってくれたらと願っている。冒頭で述べた通り、小生自身、人との巡り合いの中で成長してきたように思うし、それがよい研究につながっていたと思う。社会に貢献できる研究が一つでも多く実現されることを期待している。

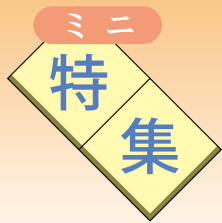
さて、時は、イノベーションで課題を克服しようとしている。農業分野でも、スマート農業の推進とともに、生産力向上と持続性の両立を図るためのイノベーションの創出が求められている。人口（労働力・消費）の減少は、社会構造を大きく変えていくだろうし、温暖化は未知の領域に入っていく。その他のことも含め、もはや、やるしかない時期に来ているのだと感じる。

植物保護分野では IPM の果たす役割は大きい。一方、機能していない IPM の多くが、ユーザーにとっての「価値」を想定せずに、ただただ理念と技術を押し付けているように思える。「Integrated Pest Management」の画像を web 検索してみると、海外の彩色された IPM の概念図を見ることができる。毎年、少しずつ検索されるギャラリーは変化していて、IPM はうごめいていると感じる。そして、それぞれの概念図の考え方は様々だが、ユーザーにとってイメージしやすいものが多いと思う。IPM を本来あるべき効率的な経済行為として機能させていくには、その「価値」も含めたわかりやすさが必要だと思う。

IPM の運用にあたり、様々な病害虫・栽培管理も含めて最適化を図らねばならない。今後、AI や IoT を道具として活用することが普通のことになるだろう。ただし、最も必要とされるのは、全体を概観しながら、ケースに応じて柔軟に最適化することができる人材なのだと思う。

若い方には、時折、誰のための仕事なのかを考えつつ、自分なりの IPM を描いてみてほしい。その際、既往の IPM の定義や思い込みが足かせにならないよう、考えは柔軟で自由であってほしい。「価値」を創出するイノベーションにとってもそれが必要だと思う。

（北陸病害虫研究会 会長）



サツマイモ基腐病対策

サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策

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 暖地畑作物野菜研究領域

こ ばやし ゆ き
小 林 有 紀

はじめに

国内有数のサツマイモ産地を形成している鹿児島県および宮崎県において、2018年秋から、サツマイモの株が立枯れ、塊根（イモ）が腐敗する症状が多発し、収量の減少が深刻な問題となっている。沖縄県のサツマイモ産地でも同様の症状が認められており、これら3県では、国内ではこれまで発生報告のなかったサツマイモ基腐（もとぐされ）病（以下「基腐病」という）が発生していたことが明らかになった。

基腐病は、国内初発生の病害であるため、病害の発生生態や防除対策についての知見が全くなかった。そこで、生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受け、農研機構（九州沖縄農業研究センター、中央農業研究センター、野菜花き研究部門、植物防疫研究部門）、鹿児島県（農業開発総合センター、経済農業協同組合連合会）、宮崎県（総合農業試験場、農政水産部農業経営支援課）、沖縄県農業研究センターが協力して、「産地崩壊の危機を回避するためのかんしょ病害防除技術の開発」（2019～21年度）に取り組み、基腐病の伝染方法や発生消長の調査、診断技術の開発、薬剤、資材、抵抗性品種等を利用した防除技術の開発を行った。得られた研究成果をマニュアル（農研機構ほか、2022）として取りまとめたので、本稿では、主にその内容を紹介する。

I 発生生態と症状

基腐病は、基腐病菌（糸状菌：*Diaporthe destruens* (Harter) Hirooka, Minoshima & Rossman）に感染した種イモや苗を植え付けることで圃場（苗床・本圃）で発生する。圃場で生育不良や萎れ、黄変、赤変等した株の地際のあたりが暗褐色～黒色になっていたら本病の可能

性がある（図-1A, B）。

発病株を圃場に残しておくと、病変部に柄子殻（へいしかく）または分生子殻（ぶんせいしかく）とも呼ばれる微小な黒粒が多数形成される（図-1C）。これは、本菌の繁殖器官で、水に濡れると中からおびただしい数の胞子が漏出する（図-1D）。胞子は降雨により生じる湛水や跳ね上がり等により周辺株に広がり、本病のまん延を引き起こす。

茎が伸長し、畝間（うねま）の汚染土壌や周辺株の病変部、水で移動した胞子等に接触すると、茎の途中からも感染し発病する。本圃で茎葉が繁茂する生育旺盛期は、株の異常に気付きにくいいため、発生が密かに拡大する。そのため、収穫期が近づき茎葉の生育が衰える秋頃になって一気に枯れ上がったように見えることが多い（図-1E）。

株の地際が感染すると、地下部の茎、諸梗（しょうこう：茎と塊根をつなぐ部分）、塊根へと病徴が進展するため、塊根はなり首側から褐色～暗褐色に腐敗することが多い（図-1F）。収穫時には健全に見えた塊根が貯蔵中に腐敗し（図-1G）、接触した周囲の塊根への伝染源となることもある。病原菌に感染した塊根が種イモに利用されると、苗床で感染苗が発生する。

圃場では罹病残渣中で病原菌が生き残り、次作で種苗が残渣と接触することによっても発生する。罹病残渣を取り除いた土壌も、発病リスクは軽減するが伝染源となる。

II 類似病害との見分け方

南九州では、サツマイモに立枯れ・塊根腐敗症状が発生した圃場において、基腐病のほかに、乾腐（かんぶ）病、つる割（われ）病、茎根腐細菌（くきねぐされさいきん）病の発生が確認されている（小林，2019）。

1 乾腐病

乾腐病は、サツマイモが基腐病菌と近縁の糸状菌である *Diaporthe batatas* Harter & E.C. Field に感染することにより発生する。主に貯蔵中の塊根が腐敗する。乾腐病

Ecology and Management of Foot Rot of Sweetpotato. By Yuki O. KOBAYASHI

（キーワード：サツマイモ、立枯れ・塊根腐敗、基腐病、発生生態、診断、防除）

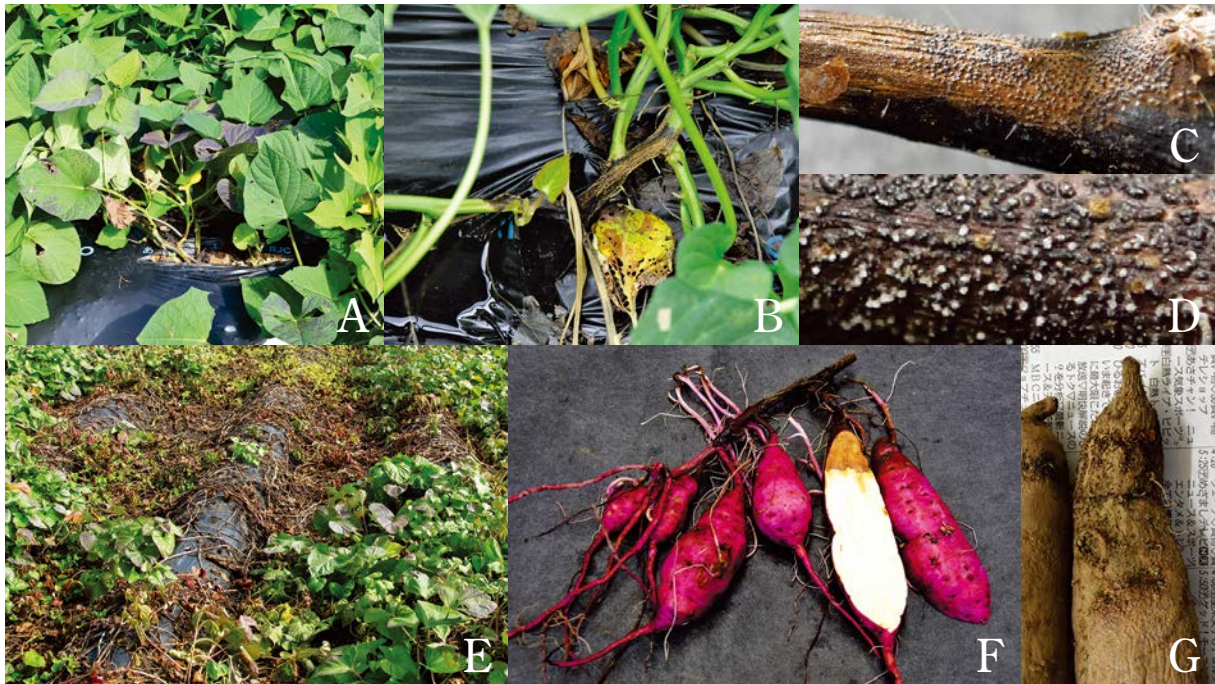


図-1 サツマイモ基腐病の病徴

A: 葉の変色 (7月初旬撮影), B: 株元の黒変 (7月中旬撮影), C: 柄子殻 (分生子殻) が形成された茎, D: 柄子殻から漏出した胞子 (乳白色の水滴の中に多数の胞子が含まれる), E: 地上部の枯れ (11月初旬撮影), F: 地下の茎, 諸梗, 塊根の腐敗 (11月中旬撮影), G: 貯蔵中に腐敗し柄子殻が形成された塊根 (1月中旬撮影)。



図-2 サツマイモ乾腐病の病徴

A, B: 柄子殻 (分生子殻) が形成された茎 (11月下旬撮影), C: 貯蔵中に腐敗した塊根の外観と内部症状 (12月中旬撮影), D: 柄子殻が形成された腐敗塊根 (2月中旬撮影)。

菌は基腐病菌に比べ病原性が弱く (小林ら, 2021), 本圃では, 老化した茎が乾腐病菌に感染した可能性が考えられる (CLARK and MOYER, 2013 a)。

乾腐病の症状は基腐病と類似しているため (図-2), 病徴での両者の識別は困難であると考えられるが, 病変部に柄子殻が形成されていれば, 柄子殻内に形成される胞子を生物顕微鏡で観察することにより, 比較的容易に診断することができる (図-3)。基腐病菌は, 楕円形, 二油滴の α (アルファ) 胞子と柱状の γ (ガンマ) 胞子

を形成する。乾腐病菌も α 胞子を形成するが, 基腐病菌の α 胞子よりも細く, 端が尖った印象がある。また, 乾腐病菌は γ 胞子は形成せず, 釣針状の β (ベータ) 胞子を形成する。それぞれ2種類の胞子が常に観察されとは限らず, どちらか一方の胞子しか観察されないこともある。

柄子殻が形成されていない場合は, 病変部から糸状菌を分離し, ブドウ糖加用ジャガイモ煎汁寒天 (PDA) 培地上で1週間程度培養すると, 菌叢と生育の速さの違い

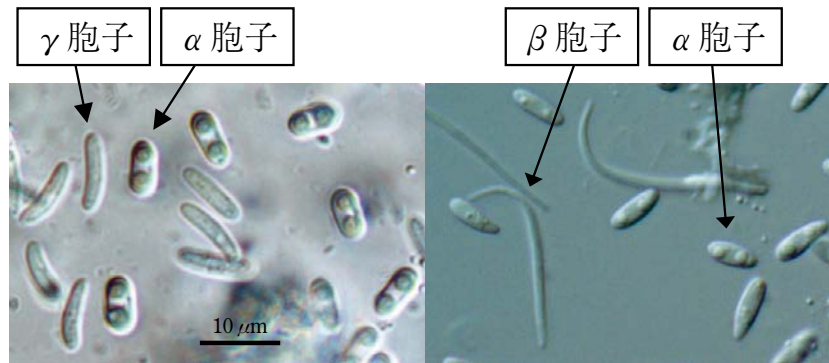


図-3 胞子の形態
左：サツマイモ基腐病菌，右：サツマイモ乾腐病菌。

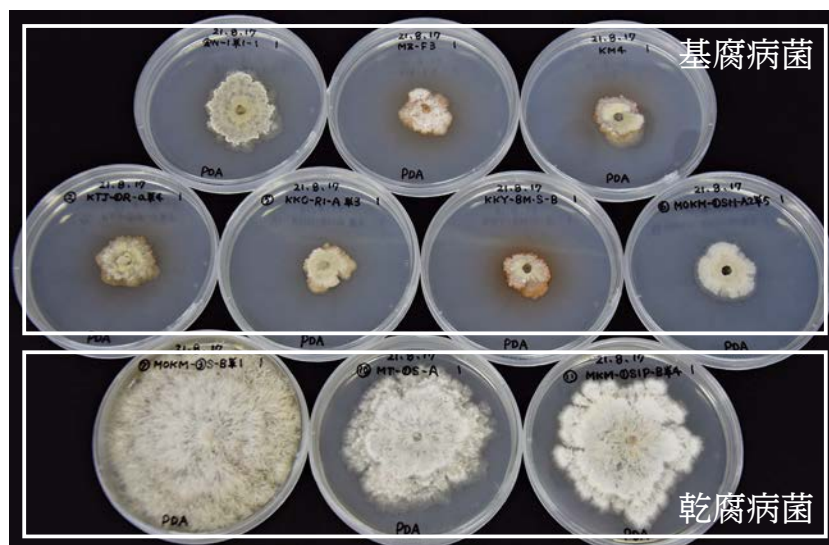


図-4 サツマイモ基腐病菌とサツマイモ乾腐病菌の培地上における生育の速さの違い
採取地の異なる基腐病菌 7 菌株と乾腐病菌 3 菌株について、ブドウ糖加用ジャガイモ煎汁寒天培地を用いて、25℃、暗黒条件下で 7 日間培養した。

からどちらの菌か推測できる。基腐病菌は、乾腐病菌に比べ PDA 培地上での生育が遅い（図-4）（小林ら，2021）。また、病変部から DNA を抽出し、両菌にそれぞれ特異的なプライマーを用いてリアルタイム PCR またはコンベンショナル PCR を行うと、最短 1 日で診断可能である（FUJIWARA et al., 2021）。

2 つる割病

つる割病は、主に、糸状菌である *Fusarium oxysporum* Schlechtendal f. sp. *batatas* W.C. Snyder & H.N. Hansen に感染することにより発生する。茎が縦に裂けて繊維が目立つのが特徴であるが（図-5A～C）、裂けずに黒褐色に腐敗し、基腐病との識別が困難なときもある。病変部には基腐病のような微小黒粒は生じず、白い粉が吹いたような部分を生物顕微鏡で観察すると、*Fusarium* 属菌の大分生子が確認できる（図-5D）。塊根は基腐病のよ

うに腐敗しないが、外観が健全に見えても内部の導管が褐変していたり、なり首側が裂けて繊維状になったりすることがある（図-5E, F）。

つる割病ではないが、*Fusarium solani* 種複合体に属する糸状菌に感染することにより、基腐病によく似た株元の黒変、塊根腐敗症状が発生することも明らかになっている（図-6）（小林ら，2022）。基腐病は、塊根のなり首側から腐敗することが多いが、本病は、塊根のひげ根等を中心に病斑が形成され、その後塊根全体に腐敗が広がる。

3 茎根腐細菌病

茎根腐細菌病は、細菌である *Dickeya* sp. に感染することにより発生する。茎や葉柄、塊根が基腐病よりも軟らかく腐敗する（図-7）。塊根の内部は、腐敗部と健全部との境界が黒褐色になることが多い。

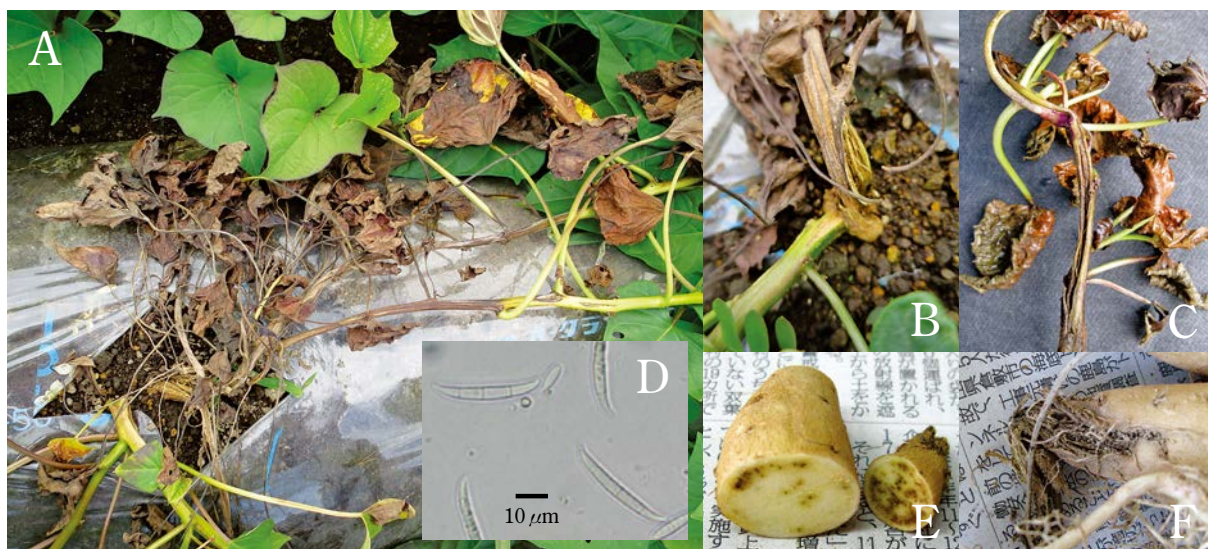


図-5 サツマイモつる割病の病徴

A: 地上部の枯れ (6月下旬撮影), B: 茎(株元)の割れ, C: 茎の割れ, D: 大分生子,
E: 外観健全な塊根の導管の褐変 (10月中旬撮影), F: 塊根のなり首の割れ。



図-6 *Fusarium solani* 種複合体に属する糸状菌の感染により生じる症状 (ポット栽培)

A: 生育初期に感染し立枯れた株, B: 腐敗塊根の外観, C: 腐敗塊根の内部症状。

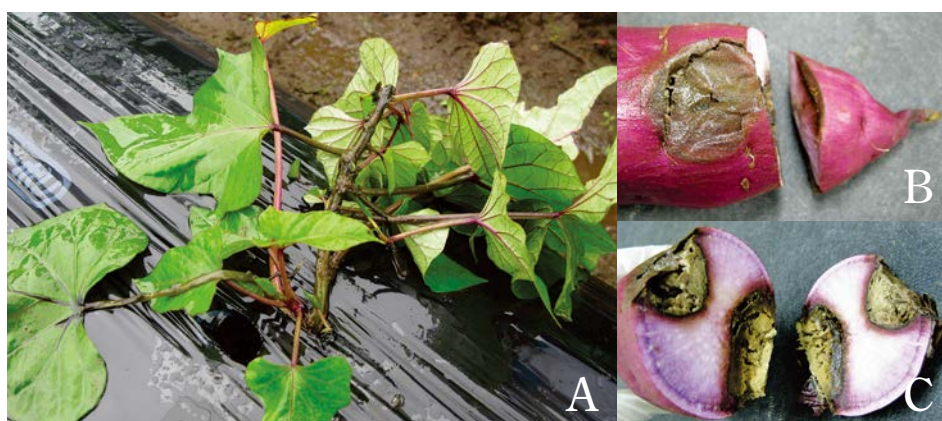


図-7 サツマイモ茎根腐細菌病の病徴

A: 茎と葉柄の腐敗 (6月下旬撮影), B: 腐敗塊根の外観 (11月上旬撮影),
C: 腐敗塊根の内部症状。

Ⅲ 防 除 対 策

1 基腐病の防除の考え方

対策の基本は、病原菌を圃場に「持ち込まない」、圃場で「増やさない」、圃場に「残さない」ことである。

未発地域では、汚染種苗を「持ち込まない」ことが最も重要な防除対策となる。初発地域では、基腐病菌を定着させないための対策が必要となる。病原菌による土壌の汚染が進んでからの防除は困難になるため、早期に発見し、少発生のうちに徹底的に「増やさない」、「残さない」対策を実施して封じこめることが望ましい。常発地域では、健全種苗の供給・確保や、圃場の病原菌密度を低減させるための対策が必要となる。

基腐病は、種苗または圃場のどちらかでも病原菌に汚染されていれば発生するため、健全苗を健全土壌に植え付けることが重要である。また、圃場の株や貯蔵中の塊根の発病は、よく注意して見ないと気付きにくく、いつの間にか病原菌を増やし、拡散してしまう可能性があるため、警戒を怠らず、早期に発見して対策をとる必要がある。基腐病に特效薬はなく、後述する各種対策を単独で実施しても効果は十分ではないため、複数の対策を網羅的に実施する必要がある。また、台風等の激しい風雨により、基腐病の被害が隣接圃場に拡大したと推察される事例もあるため、基腐病対策は、点ではなく面で、地域全体で取り組む必要がある。

2 持ち込まない対策

基腐病が本圃で発生すると、防除に多大な労力を要するため、定植苗育成時に徹底的な防除を行って無病健全苗を生産する。

(1) 健全種苗の確保

健全な種イモを確保するため、種イモ採取用の専用圃場を設置し、一般圃場とは区別して管理する。基腐病が発生した圃場から採取した塊根は、収穫時に健全に見えても、貯蔵中や翌年苗床に伏せ込んだ後に発病する可能性があるため、種イモは必ず未発圃場から採取し、選別と消毒をした後に健全な苗床に伏せ込む。常発地域において、やむを得ず発生圃場から種イモを採取する場合には、種イモの選別・調整・消毒を貯蔵前に実施して発病リスクを軽減する（西岡ら、2021）。

自家種イモの連用は病害のまん延を助長するため、定期的に茎頂培養苗（ウイルスフリー苗やバイオ苗）を導入して更新する。茎頂培養苗でも、病原菌に感染している可能性は皆無ではないため、必ず苗消毒を行ってから健全な苗床に挿苗する。

種イモや苗を購入する場合は、発病リスクの少ない履

歴の確かなものを購入し、異常が確認された場合は適切に処分し、未消毒であれば消毒してから健全な苗床に植え付ける。

(2) 育苗・採苗時の対策

苗床では、生育や葉色に異常のある株を見つけたら種イモごと速やかに苗床の外に持ち出し、適切に処分する。発生苗床では採苗を中止し、当面サツマイモを栽培しない。やむを得ず採苗を継続する場合には、薬剤耐性菌の発生リスクが低い銅剤（炭酸水素ナトリウム・銅水和剤または銅水和剤）を散布する。

株元が変色していない萌芽苗でも基腐病菌を保菌している可能性があるため、苗は地際から5 cm以上離れた部分で採取する。保菌苗を切ったハサミで健全苗を切ると、健全苗が病原菌に感染する恐れがあるため、採苗時のハサミはこまめに火炎滅菌またはいねいな水洗と拭き取り等を行い、健全苗への病原菌の伝染を予防する。

採苗と同時に、当日調製したベノミル水和剤またはチウラム・ベノミル水和剤を用いて消毒を行う。発生苗床から採取した苗は、先端からも病原菌が検出されることがあるため、苗のできるだけ広い範囲を薬液に浸漬することで、発病リスクを軽減できると考えられる。ベノミル水和剤およびチウラム・ベノミル水和剤は、基腐病に対する処理方法が、苗基部浸漬から苗浸漬に適用拡大されている。

温湯を利用して48℃で15分間処理することでも苗の消毒が可能である。温度処理によりダメージを受ける場合があるため、生育旺盛な苗を選び、品種は事前に予備試験を実施する必要がある。本処理は、つる割病には防除効果が劣るため、つる割病発生の恐れがある場合は薬剤による消毒を行う。

本圃へ定植する苗を購入する際には、適切な方法で生産された無病健全苗であること、および変色等の異常がないことを確認し、未消毒の苗であれば消毒してから本圃に定植する。

苗床では、種イモの伏せ込みから長期間にわたって作業が続く、特に採苗開始後は、本圃の定植に伴い繰り返し出入りするため、消毒を行った苗床でも再汚染するリスクが極めて高い。したがって、苗床専用の長靴や手袋等を用意して、発生圃場からの病原菌の持ち込みを防止する。

(3) 発生苗床の処置

苗床で基腐病が発生した場合は、苗床から種イモを含め残渣を極力持ち出したうえで夏場に複数回耕耘し、残渣の分解を促進する。

土壌消毒は、ダゾメット粉粒剤やカーバムナトリウム

塩液剤等殺菌効果のある剤を用いて、使用基準を遵守し、適切な土壌水分、地温に応じた処理期間で実施する。ガスの揮散を防止し、地表付近に存在する病原菌の殺菌効果を高めるため、処理時はビニール等で必ず被覆する。

農薬を用いない土壌還元消毒法でも基腐病の防除が可能である。米ぬかを土壌混和し、湛水・被覆した後、およそ30℃以上の地温で湿潤状態を3週間～1か月間維持すると、土壌が還元状態となって基腐病菌密度が低下し、発生が抑制される。

(4) 圃場作業時の注意

基腐病は土壌伝染もする。主に圃場の罹病残渣中で生き残った病原菌が次作の伝染源となるが、病原菌を含む土壌が作業機や長靴等に付着して移動することにより感染拡大が生じる可能性も考えられる。したがって、農作業時は、前年度に発生のない圃場から作業を行い、作業後に機械や長靴を洗浄する等、汚染土壌を拡散しない工夫も必要である。

3 増やさない対策

(1) 連作の回避（輪作または休耕）

基腐病菌を人工的に接種すると、ヒルガオ科の数種植物が感染することが確認されたが、基腐病の自然発生が確認されているのはサツマイモのみである。

前作で基腐病の発生が認められた圃場では、サツマイモを連作すると再び発生し、罹病残渣等で病原菌が土壌中に集積し、圃場の汚染程度が高まると考えられるため、発生圃場ではサツマイモの連作はせず、ヒルガオ科以外の作物の栽培や休耕をすることが望ましい。圃場の汚染程度によりサツマイモの栽培を避けるべき期間は異なると考えられるが、多発地域において、2年間サツマイモを作付けせず、3年目に抵抗性“中”以上の品種を作付けしたところ、基腐病の発生がなまたはごくわずかに見られる程度にまで軽減された事例がある。

他作物の栽培または休耕の際には、基腐病菌が生き残る原因となる野良イモの発生に注意が必要である。また、その圃場の土壌は基腐病菌で汚染されていることにも留意し、作業機や長靴等で汚染土壌を拡散しないことも大切である。

(2) 抵抗性品種の利用

甚発生圃場において2021年に実施した栽培試験の結果に基づき基腐病抵抗性程度を判定した結果、青果用品種では、‘べにまさり’、‘すずほっくり’は“やや強”、‘ベニオトメ’は“中”であった。一方、関東を中心とする主力品種‘ベニアズマ’および西日本を中心とする主力品種‘高系14号’は“やや弱”、国内における2019年産サツマイモの作付面積第2位を誇り（農林水産省、2021）、焼

きイモブームの火付け役としてサツマイモの輸出をけん引している良食味の‘べにはるか’は“弱”であった。焼酎原料用品種では、2021年に育成された‘みちしずく’は“やや強”であり、作付面積第1位を誇る‘コガネセンガン’は“やや弱”であった。でん粉原料用品種では、2019年に育成された‘こないしん’および‘みちしずく’は“やや強”、主力品種である‘シロユタカ’は“中”、‘ダイチノユメ’、‘こなみずき’は“弱”であった。加工用では、‘オキコガネ’、‘タマアカネ’、‘ベニハヤト’が“強”であった。

発生圃場ではサツマイモを連作しないことが望ましいが、常発地域においてやむを得ず連作する場合は、収穫時に腐敗イモが1割未満だった圃場では、青果用であれば‘べにまさり’のような抵抗性“やや強”の品種を作付けし、本病がまん延しやすい台風の時期を避けて早植え・早掘りをする。原料用であれば、抵抗性“中”以上の品種を作付けするか、抵抗性“中”未満の品種を作付けする場合は早植え・早掘りをする。また、収穫時に腐敗イモが1割以上あった圃場では、青果用品種の栽培は難しい。原料用であれば、抵抗性“中”以上の品種を作付けし、発病程度を見ながら収穫する。

なお、抵抗性が強いと評価された品種でも全く感染しないわけではない。したがって、比較的強い品種を栽培する場合でも、種イモは未発生圃場から採取し、苗消毒や後述する排水対策、初期発病株の抜き取りと薬剤散布、残渣処理等の基本対策を徹底するとともに、前作で発生の激しかった圃場での栽培は避ける。

(3) 圃場の排水対策

基腐病は水を介してまん延するため、降雨後に「湛水させない」、「湛水時間を減少させる」、「圃場の一部の湛水にとどめる」ことで被害軽減につながる。作付け前に①排水路を点検し堆積物を除く、②排水口の方に勾配をつける、③明渠（めいきょ）を施工し、排水口を排水路に接続する、④排水を妨げる枕畝を設置しない、⑤サブソイラやカットブレイカー等を用いて作土層の下に形成された耕盤を破碎する等して、圃場の表面排水および地下排水を促進する。降雨後は圃場を見回り、排水が上手くいっているかを確認する。

(4) 発病株の抜き取りと薬剤散布

基腐病は、南九州の普通作では定植1～2か月後から発生する。発病株を圃場に残しておくと、病変部に大量の胞子が形成されまん延の原因となるため、圃場を定期的に巡回して発病株を早期に発見し、除去する。除去した株は、圃場周辺に放置せずに適切に処分する。また、再発する可能性があるため補植はしない。

発病株を除去すると、薬剤散布による発病抑制効果が

高まる。生育初期は、除去した発病株の周辺株に銅剤(炭酸水素ナトリウム・銅水和剤または銅水和剤)を散布して感染拡大を予防する。苗消毒による感染防止効果が低下する定植5週目ころに、圃場全面にアゾキシストロビン水和剤を予防散布する。以降、本病のまん延を助長する畝間が湛水するような豪雨や雨を伴う台風の前に銅剤またはアゾキシストロビン水和剤を予防散布する。予防散布できなかった場合は降雨後速やかに散布する。薬剤耐性菌が発生しないよう、各薬剤の使用回数を守り、連続使用せずに、作用機作の異なる薬剤を交替で散布する。また、薬液は、株元や茎にしっかり付着するよう、サツマイモの生育に合わせて十分な量を散布する。

(5) 早期収穫

基腐病菌は、主に地際の茎の感染部位から地下の茎、諸梗、塊根へと侵入して腐敗症状を引き起こすため、発生圃場では早期収穫することで塊根の被害を軽減できる。抵抗性が“やや弱”の‘高系14号’および‘コガネセンガン’では、基部発病株率が10%に到達する前に収穫を開始すると、腐敗塊根の発生が抑えられる(ただし、収穫した塊根は、貯蔵中や出荷後輸送中に発病する可能性がある)。

栽培期間が長くなるほど発生が拡大し、罹病残渣を増やすことにもつながるため、発生が認められた圃場では栽培期間を短縮して早期に収穫し、地温が高いうちに耕耘等して残渣の分解を促進することが望ましい。

4 残さない対策

(1) 罹病残渣処理

基腐病菌は、サツマイモ残渣で越冬し次作の伝染源になるため、罹病残渣は圃場外に持ち出し、地域のルールに従って適切に処分する。罹病株や罹病残渣を圃場周辺の畦や法面に放置すると、茎や塊根から萌芽・発根して自生し、伝染源となる可能性があるため、決して放置しない。

罹病残渣を持ち出すと次作での基腐病の発生は軽減されるが、皆無になるわけではなく、発生が多い圃場ほど発生軽減効果は見えにくくなると考えられる。しかし、前述した輪作・休耕や後述する土壤消毒等ほかの対策もあわせて行うことで、それぞれの対策を単独で行うよりも高い防除効果が期待できる。

残渣を持ち出しできない場合は、収穫後速やかに細断してすき込み、分解を促進することで次作での発生を軽減できると考えられる。残渣の分解には土壤中の微生物が関与することから、20℃以上の地温と適度な土壤水分が必要である。

また、耕土層と心土層を入れ替える天地返しを行い、

地表付近の残渣量を減らすことでも、発生を軽減できると考えられる。

(2) 本圃の土壤消毒

土壤消毒を行っても、塊根等大きな残渣の内部に生存している病原菌は殺菌できないと考えられるため、土壤消毒を行う場合であっても罹病残渣を圃場外に持ち出し、持ち出しできない残渣は、病原菌が薬剤に暴露されるよう、土壤消毒前に耕耘して十分に細断する。

畝間の汚染土壌からも感染が生じるため、土壤消毒は、畝内だけではなく圃場全面を対象に、ダズメット粉粒剤やカーバムナトリウム塩液剤等殺菌効果のある剤を用いて、使用基準を遵守し、適切な土壤水分、地温に応じた処理期間で実施する。処理時はビニール等で必ず被覆する。

なお、汚染程度が高い圃場では土壤消毒の効果が低い場合、ヒルガオ科以外の作物の栽培や休耕を行って、土壌中の病原菌量を減少させる。

土壤消毒後に堆肥等を施用して病原菌以外の微生物を土壌に補給することで、防除効果が高まる可能性がある。また、農薬を用いず、圃場を湛水して還元状態にすることで病原菌密度を低減させる研究も行っている。

IV 海外での発生と対策

基腐病(英名:Foot rot)は、1912年に初めて米国で発生が報告されたが(HARTER, 1913)、米国では種苗管理を改善し、現在では発生の珍しい病害となっている(CLARK and MOYER, 2013 b)。一方、ブラジルでは、1990年代に本病原菌に感染した苗を圃場に植え付けたことで著しい被害が発生した。本病は、アルゼンチンやウルグアイ等でも問題となっているが、最近では2008年に台湾(LIN et al., 2017)、2014年に中国(GAI et al., 2016)、2015年に韓国(PAUL et al., 2019)と、東アジアでも次々に発生が確認されている。

米国では、基腐病は適切な衛生管理が日常的に行われていれば問題にならない病気とされており、効果的な防除対策として、無病種イモの選抜、種イモ消毒、苗床や本圃における輪作をあげている(CLARK and MOYER, 2013 b)。また、台湾では、健全苗の使用、発病株の抜き取り、発生圃場の湛水または稲や非宿主作物との輪作を推奨しており(HUANG et al., 2015)、現在では基腐病の発生は激減しているという(私信, 2020)。

おわりに

基腐病は、2018年度に沖縄県、鹿児島県、宮崎県で発生が確認された後、新たに、2020年度に6県(熊本県、

福岡県、長崎県、高知県、静岡県、岐阜県）、2021 年度に16都道県（群馬県、茨城県、東京都、千葉県、岩手県、愛媛県、福井県、埼玉県、山形県、石川県、北海道、鳥取県、長野県、広島県、徳島県、神奈川県）、2022 年度に2県（兵庫県、岡山県）でも発生が確認された（2022 年7月19日現在）。しかし、2020 年度以降に発生が確認された都道県では、速やかにまん延防止対策がとられたため、産地での大きな被害には至っていない。南九州の多発地域においても、本稿で紹介した対策を適切に実施した生産者および生産法人で、発生が軽減した事例が複数確認されている。

今後も基腐病を防除するための研究は続く。これまでに得られた知見を基に、健全種苗の確保や汚染圃場を健全圃場へと回復させるために必要な技術の開発、病害の発生や病原菌の挙動に即した効果的な薬剤防除体系の構築、抵抗性品種の育成等、防除技術の開発が進められるだろう。開発した技術が現場に浸透し、本邦でも近い将

来、基腐病が収束すると信じる。

引用文献

- 1) CLARK, C. A. and J. W. MOYER (2013 a): Compendium of sweet-potato diseases, pests, and disorders, second edition, APS Press, USA. p.57~58.
- 2) ——— (2013 b): ibid., p.36~37.
- 3) FUJIWARA, K. et al. (2021): Front. Plant Sci. 12: 694053.
- 4) GAI, Y. et al. (2016): J. Gen. Plant Pathol. 82(4): 181~185.
- 5) HARTER, L. (1913): Phytopathology 3(4): 243~245.
- 6) HUANG, C. W. et al. (2015): 台湾新浮現之重要作物病害及其防治研討會專刊 184: 87~98.
- 7) 小林有紀 (2019): 植物防疫 73(8): 501~505.
- 8) ———ら (2021): 日植病報 87(1): 54 (講要).
- 9) ———ら (2022): 同上 88(1): 77 (講要).
- 10) LIN, C. Y. et al. (2017): J. Taiwan Agric. Res. 66(4): 276~285.
- 11) 西岡一也ら (2021): 日植病報 87(4): 239~250.
- 12) 農研機構ほか (2022): サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策 技術者向け (令和3年度版), https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/151859.html
- 13) 農林水産省 (2021): 令和2年度いも・でん粉に関する資料, p.44., <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tokusan/imo/r2shiryoku.html>
- 14) PAUL, N. C. et al. (2019): Plant Dis. 103(5): 1020.



新しく登録された農薬 (2022.6.1~6.30)

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

「殺虫剤」

●フロメトキン水和剤

24631：アベンジャーフロアブル（MMAG）22/6/8

フロメトキン：10.0%

かんきつ：ミカンサビダニ，アザミウマ類：収穫7日前まで

マンゴー：アザミウマ類：収穫前日まで

なす，ピーマン：タバココナジラミ類（シルバーリーフコナジラミを含む），アザミウマ類：収穫前日まで

トマト：アザミウマ類，タバココナジラミ類（シルバーリーフコナジラミを含む），トマトサビダニ：収穫前日まで

ミニトマト：タバココナジラミ類（シルバーリーフコナジラミを含む），トマトサビダニ，アザミウマ類：収穫前日まで

すいか，いちご：アザミウマ類：収穫前日まで

はくさい：アオムシ，コナガ：収穫7日前まで

キャベツ：コナガ，アザミウマ類，アオムシ：収穫3日前まで

ブロッコリー，カリフラワー：アオムシ，アザミウマ類，コナガ：収穫3日前まで

だいこん：コナガ：収穫14日前まで

にら：アザミウマ類：収穫3日前まで

アスパラガス：アザミウマ類：収穫前日まで

わけぎ，あさつき：アザミウマ類，ネギハモグリバエ：収穫前日まで

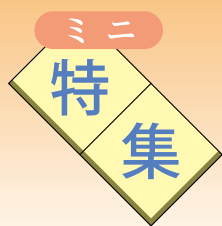
ねぎ：アザミウマ類，ネギハモグリバエ：収穫3日前まで

たまねぎ：アザミウマ類：収穫3日前まで

ほうれんそう：アザミウマ類：収穫14日前まで

茶：チャノホソガ，チャノキイロアザミウマ：摘採14日前まで

きく：アザミウマ類：発生初期



サツマイモ基腐病対策

LAMP 法によるサツマイモ基腐病の迅速遺伝子診断技術とその活用

東京大学 大学院農学生命科学研究科

まえじま けんさく みやざき あき お すずき たくみ
前島 健作・宮崎 彰雄・鈴木 拓海
なんば しげとう やまじ やすゆき
難波 成任・山次 康幸

はじめに

サツマイモ基腐病（英名：foot rot）は *Diaporthe destruens*（シノニム：*Plenodomus destruens*, *Phomopsis destruens* 以下「基腐病菌」）を病原とする菌類病である。海外から国内に新たに侵入したいわゆる侵入病害であり、2018年11月に沖縄県で初発生が報告されて以降、北海道を含む全国27の都道府県で発生が確認されるに至っている（2022年7月15日現在）。また、国内最大のサツマイモ産地として知られる鹿児島県では被害が年々拡大しており、2021年には75%の圃場で本病の発生が認められ（鹿児島県議会，2021），反収が平年比で22%減少した（農林水産省 大臣官房統計部，2022）。本病の発生と被害の拡大は、主要産地を含む全国で危惧される状況にある。

基腐病の発生範囲拡大の原因は、感染した塊根（種イモ）およびそこから生産される感染苗が販売などの目的で輸送され第1次伝染源となることである。したがって、非感染の種イモを確保し利用することの重要性和ニーズは極めて高い。しかし、種苗やイモの生産者のみならず、植物保護の専門家であっても、侵入病害である基腐病を扱った経験は乏しいのが実情であり、腐敗した塊根を目の前にしてもその原因が基腐病なのか他の病害や生理病なのかを速やかに判断することは困難である。東京大学 植物病院®では、LAMP（Loop-mediated Isothermal Amplification）法により塊根から約30分で基腐病を判定できる診断技術を、2019年3月に開発し市販化した。この方法は現在、基腐病に対する最も迅速かつ簡便で高感度な遺伝子診断技術である。本稿では、基腐病抑止の一助となることを目的に、この診断技術の開発の経緯と

特徴、活用方法について紹介する。

なお、基腐病の特徴や防除技術等の基本的情報については本号掲載の記事や以前の解説（小林，2019；2021）に加えて公的機関により提供されている最新の情報を、本診断技術については以前の解説（前島・山次，2019）も参考にしていきたい。また、本診断技術に用いられるLAMP法のメカニズム（福田，2005）や操作上の留意点（前島ら，2013）については、以前に本誌でも解説されオンラインで無償公開されているので、参考にしていきたい。植物病院・植物医師は（一社）日本植物医科学協会の登録商標であるため、それぞれ初出の際に登録商標記号®を付記した。

I 診断技術の開発と実用化の経緯

1 従来の基腐病の診断技術

サツマイモ基腐病は菌類病ではあるが、一般的な方法（培地による分離培養や光学顕微鏡による観察等）では迅速かつ正確に診断結果を得ることが困難であった。特に、基腐病菌は菌類の一般的な分離培養に用いられるPDA培地上での生育が遅いため（図-1），診断に2週間程度を要するうえ、先に他の菌が培地上を優占してしまう場合があり、6割以上が偽陰性になるという報告例もあった（Lin et al., 2017）。また、光学顕微鏡により胞子形態を観察する場合、 α 胞子に加えて γ 胞子が観察されると基腐病菌、 β 胞子が観察されると同属のサツマイモ乾腐病菌 *Diaporthe batatas* と判断できるが、植物体上に柄子殻が形成されている場合に限られるうえ、 β 胞子が観察されたとしても基腐病菌の存在を否定できない。近年、PCR法による遺伝子診断技術が開発されたが（Lin et al., 2017），実際にはプライマーの塩基配列が乾腐病菌を含む他の *Diaporthe* 属菌の遺伝子配列に対してもマッチしてしまうために偽陽性を生じるという問題があり、基腐病菌のみを特異的に検出できる遺伝子診断技術はなかった。

LAMP-Based Rapid Genetic Diagnostic Tool and Its Application to Foot Rot Disease of Sweet Potato. By Kensaku MAEJIMA, Akio MIYAZAKI, Takumi SUZUKI, Shigetou NAMBA and Yasuyuki YAMAJI

（キーワード：等温遺伝子増幅，侵入病害，貯蔵病害，陰性証明，乾燥試薬，診断キット）

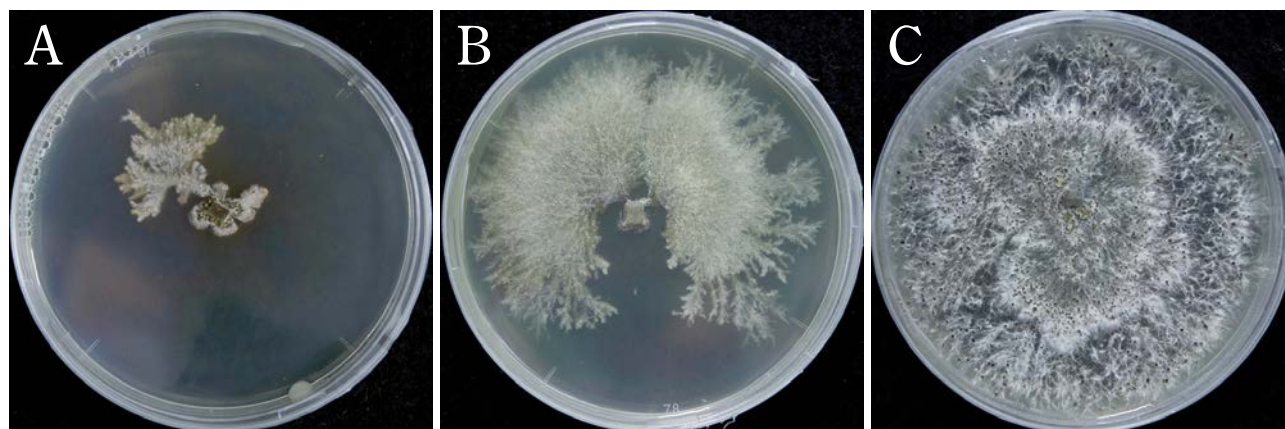


図-1 PDA培地上で約3週間培養した基腐病菌 (A, B) と乾腐病菌 (C) のコロニー
乾腐病菌と比較して基腐病菌の生育は遅く、菌株によっても差がある。

2 LAMP 法による診断技術開発の経緯

2018年11月に基腐病の初発生が報告された当時、東京大学植物病院でも九州・沖縄地方の生産現場からサツマイモが腐敗枯死する原因不明の植物病の診断依頼を受け、病原菌の分離培養による診断を進めていた。提供された検体からは、基腐病菌に加えて乾腐病菌も分離されており、結果として診断技術開発の材料は手元に揃っている状態であった。生産現場からは、診断依頼に引き続いて、使い勝手のよい診断技術の開発要請を受けたため、LAMP法による遺伝子診断技術の開発に着手した。

LAMP法は等温遺伝子増幅法の一つであり、特定の核酸配列の有無を高価な実験装置なしに短時間で高感度に検査できるため、植物病や人畜の疾病等さまざまな遺伝子検査において利用されている。東京大学植物病院では2008年の開院以来、生物顕微鏡や分離培養では診断できないウイルス病や難培養性の細菌病に対して種々の診断技術を開発してきた経験と蓄積があり、これをもとに基腐病のLAMP診断技術の開発を試みた。

前述のように、サツマイモには基腐病菌と同じ *Diaporthe* 属の乾腐病菌 *D. batatas* による乾腐病も発生する。乾腐病は基腐病の発生現場においても混発しており、塊根や茎における病徴は類似していて識別が困難である。また厄介なことに、両菌は *Diaporthe* 属菌の進化系統樹上で他菌種と比較しても互いに最も近縁であり (MAEDA et al., 2022)、遺伝子配列においても類似性が非常に高いため、そのわずかな違いを判別できる LAMP プライマーの設計が必要であった。そこで、両菌の複数の遺伝子配列を比較して候補となる LAMP プライマーを多数設計し、両菌から抽出・精製したゲノム DNA を用いて評価することで、基腐病菌の特異的検出に適した LAMP プライマーを選抜した。

塊根からの基腐病菌の検出には、前述の PCR 法で利用されていた NaOH による DNA の簡易抽出法 (WANG et al., 1993) の変法 (一般的なバッファーと単純な操作により数分で実施可能な簡易抽出法) (LIN et al., 2017) を利用することが可能であった。基腐病あるいは乾腐病に罹病した塊根から簡易抽出した DNA を LAMP 反応に供試したところ、基腐病の塊根特異的に陽性反応が確認され、特に腐敗組織からは約 20 分で陽性反応が得られた (図-2)。以上より、塊根の状態から DNA の簡易抽出と LAMP 反応を合わせて最短で 30 分程度で基腐病菌を検出可能な技術を開発することができたため、2019年3月に世界初のサツマイモ基腐病の特異的遺伝子診断技術として発表し、同年4月に株式会社ニッポンジーンマテリアルから発売された。

3 乾燥試薬化による利便性の向上

発売当初は基腐病の発生地域が限定的であり、診断技術のニーズも限られると考えられたため、液状の「サツマイモ基腐病検査用 LAMP プライマーセット」として期間限定で受注生産され、汎用試薬の「LAMP プライマーセット専用 DNA 増幅試薬」と組合せて使用する方式が採られた。その後、両試薬をプレミックスして乾燥試薬化した「—LAMP 法乾燥試薬—サツマイモ基腐病検出キット」(以下「診断キット」) (図-3) が開発され、2020年4月より切り替えられた。これにより、室温で取り扱うことが可能となり、試薬の輸送性、保存性および調整の簡便性が大幅に改善された。さらにその後、基腐病の発生範囲拡大に伴い全国規模で年間を通じてキットが必要とされる状況となり、2020年12月からは診断キットの通年販売が行われている。

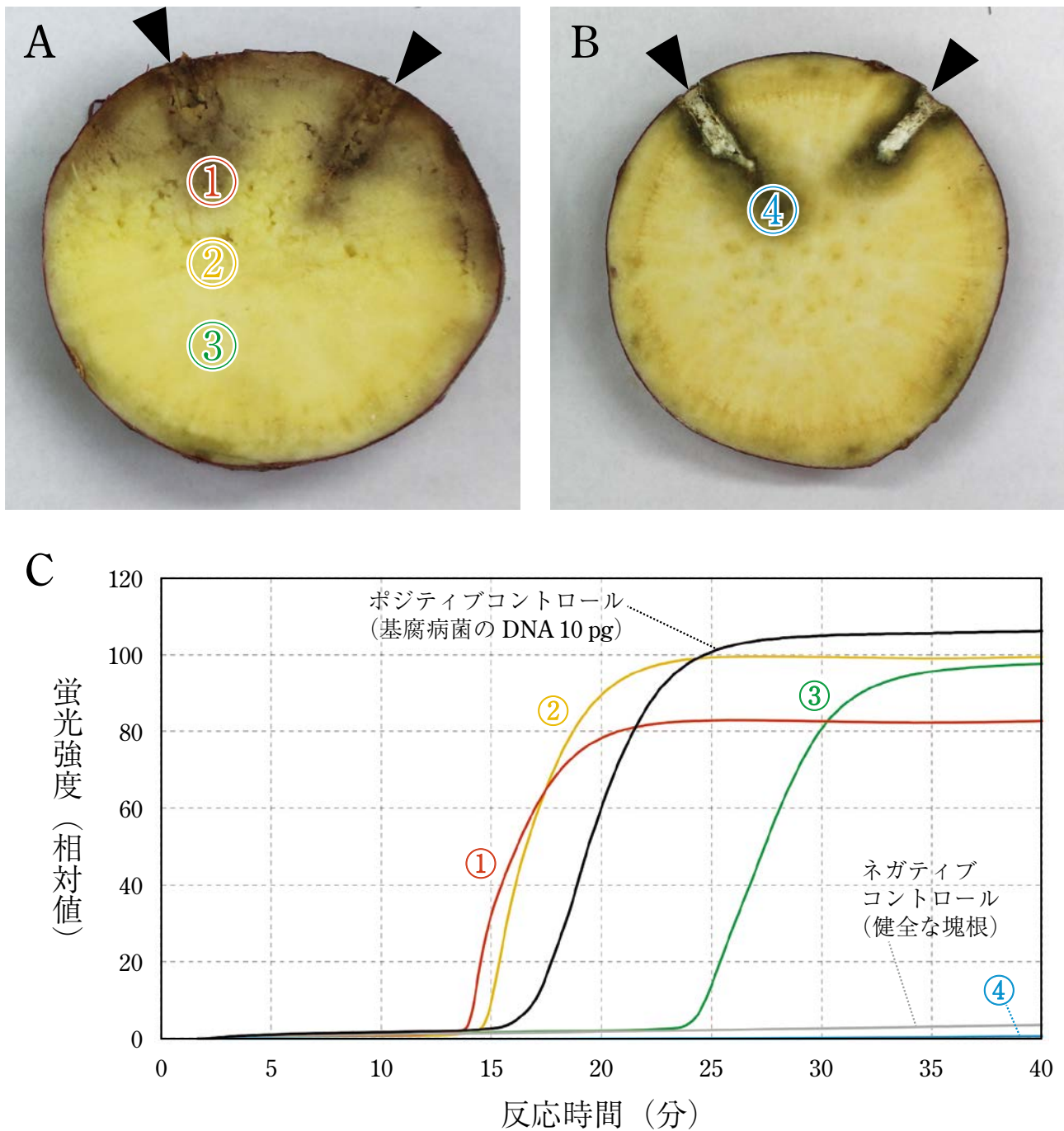


図-2 LAMP 法による基腐病の診断技術の開発

基腐病 (A) あるいは乾腐病 (B) により腐敗した塊根について DNA を簡易抽出し、LAMP 反応に供試した結果、基腐病に対してのみ陽性となった (C)。検査部位などの詳細は以下の通り。

▲：病原菌の接種部位。

- ①：基腐病により腐敗した組織 (褐変)。
- ②：基腐病により腐敗した組織 (変色なし)。
- ③：基腐病に罹病しているイモのまだ腐敗していない組織。
- ④：乾腐病により腐敗した組織 (褐変)。

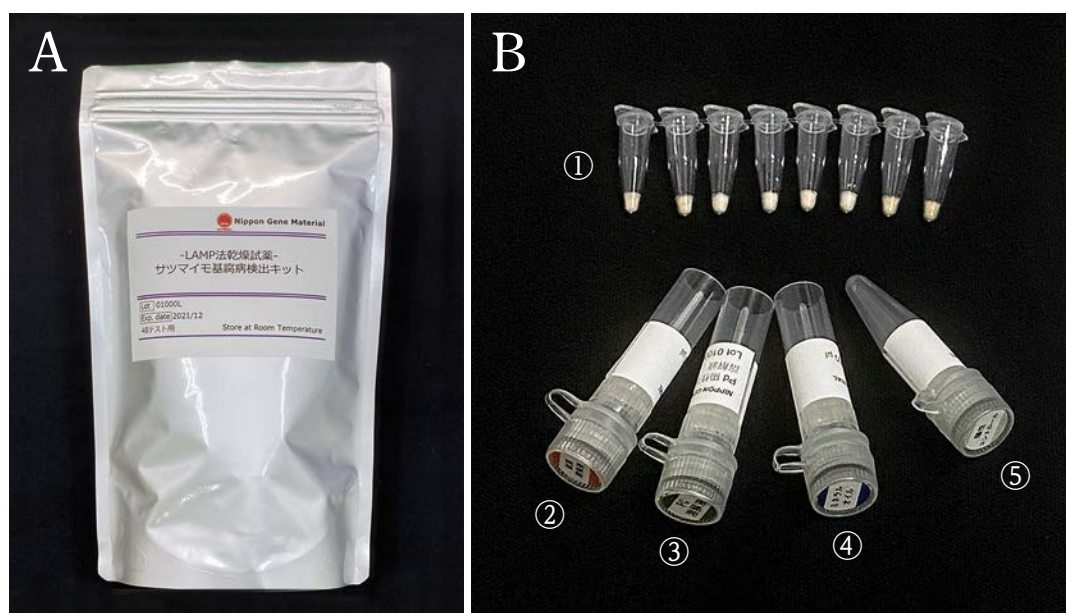


図-3 乾燥試薬化された診断キット「—LAMP 法乾燥試薬—サツマイモ基腐病検出キット」

(A) 診断キットのパッケージ。常温で輸送と保存が可能であり、少なくとも1年の保存期間がある。
 (B) 診断キットに含まれる①乾燥試薬・②試薬溶解液・③陽性コントロール溶解液・④ミネラルオイル・⑤陽性コントロール。DNA簡易抽出液 (0.5 N NaOH 水溶液および 100 mM Tris-HCl [pH8.0]) は入手が容易な汎用試薬のため含まれていない。

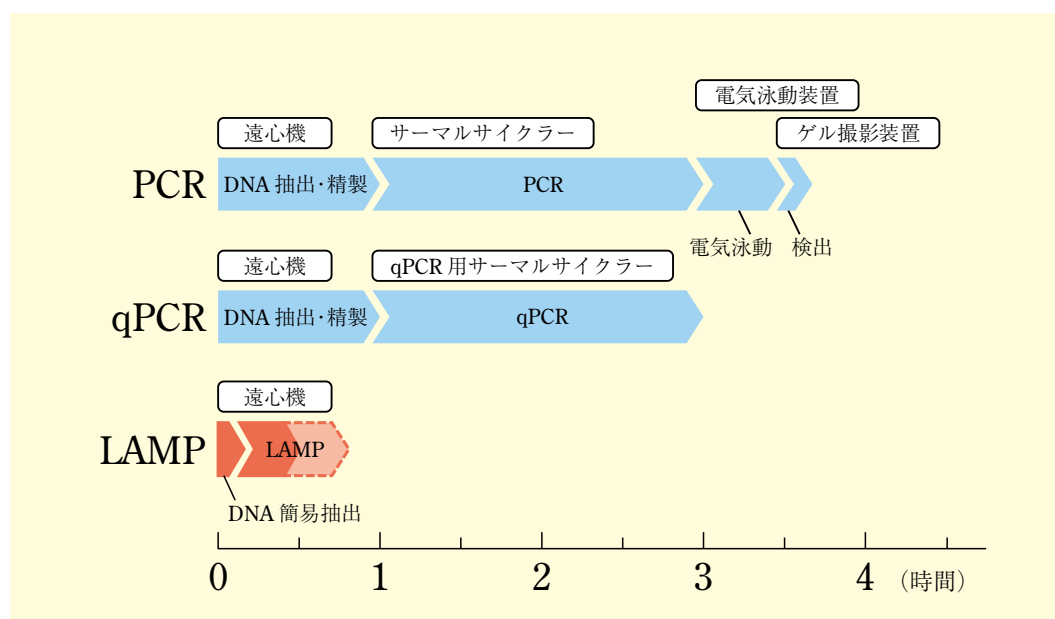


図-4 遺伝子診断に要するステップと時間の比較

各ステップの上側には、必要となる実験機器を示した。DNA 抽出・精製に関しては、一般的なスピニングカラムによるキットの利用を想定した。

II 診断キットの特徴と課題

1 診断キットの特徴

現在、基腐病の全国的な発生拡大が懸念される状況にあり、その抑止のためには、扱いやすい診断技術の普及が重要である。この観点において、診断キットはいくつ

かの優れた特徴を有する。

(1) 迅速性

診断キットを用いた場合、最短で 30 分程度、最長でも 50 分程度で基腐病の診断を下すことができる (図-4)。従来の培地による診断では 2 週間、近年報告されたリアルタイム PCR (以下「qPCR」) 法 (FUJIWARA et al., 2021) に

による診断では1日を要するとされることから、他の方法と比較しても診断キットは迅速性において優れる。

(2) 簡便性

診断キットは乾燥試薬化されているため、常温で輸送や保管が可能であり、取り扱いが容易である。常温での保存期間も1年間と長いため、購入後すぐに使い切る必要がなく、必要に応じて取り出し使用できる。また、DNA抽出は汎用的な試薬(0.5 N 水酸化ナトリウム水溶液および100 mM Tris-HCl [pH8.0])により簡易に実施できる。さらに、LAMP法による遺伝子増幅反応は温湯を入れた保温容器で実施でき、結果も蛍光発色により目視で判定できるため、サーマルサイクラーなどの高価な実験機器を必要としない(図-4)。

(3) 検出感度および特異性

既報のPCR法(LIN et al., 2017)と比較して検出感度は100倍程度高く、基腐病菌に対して特異的に反応する点においても診断キットは有利である。これらの利点は近年報告されたqPCR法(FUJIWARA et al., 2021)にも共通する。

2 診断キットの課題

今後の課題としては、DNAの簡易抽出プロトコルにおいて遠心操作を必要とする点が挙げられる。この遠心操作は単に植物組織の残渣を沈殿させる目的で行われており、廉価で低速な小型遠心機による方法、あるいは遠心機を必要としない方法等、プロトコルの改良について検討する余地がある。

また、診断キットは基腐病菌に対して特異的であるため、乾腐病菌についても特異的検出が必要な場合は、前述のqPCR法の利用が有効である。病原菌密度の精密な評価が必要な場合も、定量性に優れたqPCR法が有効と考えられる。一方で、qPCR用のサーマルサイクラーは高額機器であるため、実施できる試験機関に限られる点については留意する必要がある。

III 診断キットの活用の実際

1 診断キットとしてのニーズ

基腐病の発生は、サツマイモの苗生産・栽培・貯蔵のすべての段階で問題となる。特に、種苗を通じて広範囲に拡散する恐れがあり、2021年の関東における発生事例のいくつかは、苗業者による感染苗の生産・流通が原因であったことが判明している。また、青果として市販されるサツマイモから苗をとることも一般的に行われているため、小売や消費の段階においても感染イモは発生範囲拡大の原因となりうる。すなわち、サツマイモの生産から消費に至るあらゆる段階において、基腐病を検査

するニーズがあると言える。実際に、診断キットの利用は植物病の防除に携わる公的機関のみならず、サツマイモの生産・流通・加工に関連するさまざまな産業分野で行われており、植物病の診断や防除には馴染みのない分野にも利用が広がりつつある。また、診断キットの活用方法は、単に感染の有無を判別するだけにとどまらない。遺伝子検査による客観的な「陰性証明」として、サツマイモ種苗の独自の品質保証に企業が利用する事例もある。そのほかに、基腐病が発生した圃場における土壌検査のニーズもある。しかし、土壌のごく一部をサン

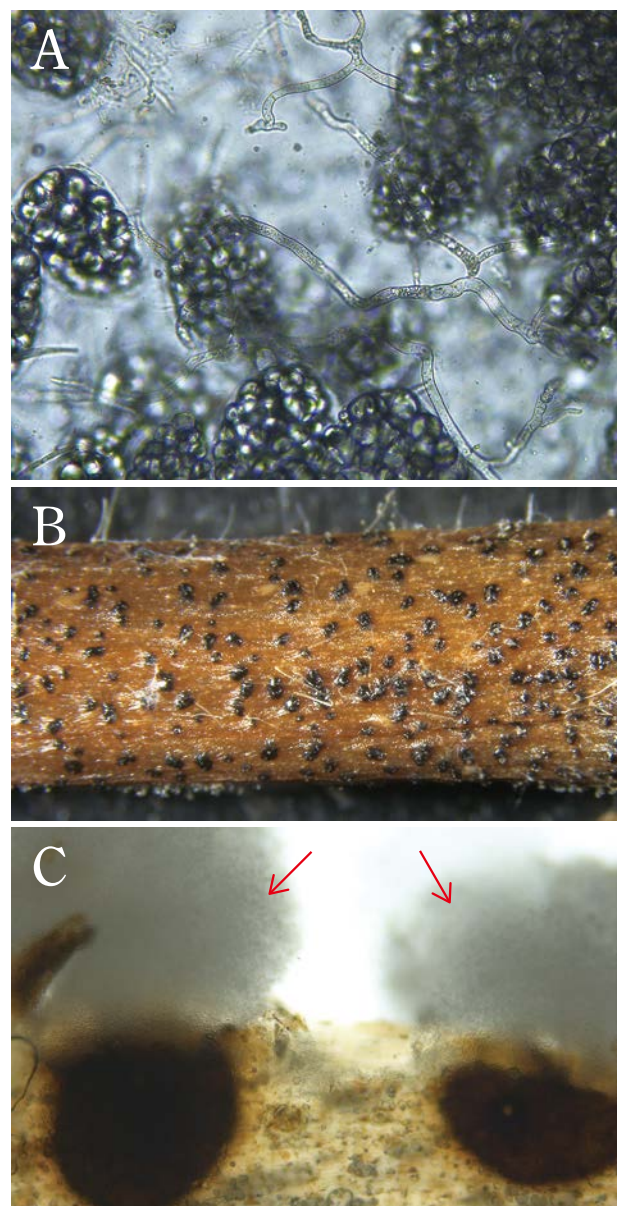


図-5 病徴を呈する部位に観察される基腐病菌
(A) 腐敗した塊根に充満する菌糸。(B) 褐変した茎の表面に観察される黒色の柄子殻。(C) 観察のために切断した柄子殻。内包される無数の分生子(矢印)が図の上方に放出されている。

リングして検査することしかできないため、圃場全体の健全性に関する検査は現時点では困難である。

2 診断キットによる検査部位

診断キットによる検査の精度を高めるためには、できる限り病原体が多く存在する部位を検査することが重要である。基腐病の検査部位として適するの、典型的な症状でもある塊根の腐敗部分や茎の褐変部分である。これらの組織では基腐病菌の密度が高いと考えられ、実際に、基腐病により腐敗した塊根組織を顕微鏡観察すると菌糸が充満しており、褐変した茎では表面に分生子を包

含した柄子殻の粒が多数認められる（図-5）。診断キットによる検査をこれまで実施してきた限り、基腐病により腐敗した塊根組織に対する陽性判定率は100%で、塊根の腐敗部分は基腐病菌を安定して検出できる検査部位であることを確認している（図-6）。

3 診断キットによる検査手順

診断キットの検査手順の概略を図-7に示す。以前の解説（前島・山次，2019）と大筋は同じだが、乾燥試薬化により複数の試薬の混合やそのための計算が不要になる等、簡便性が向上している。詳しくは、メーカーから

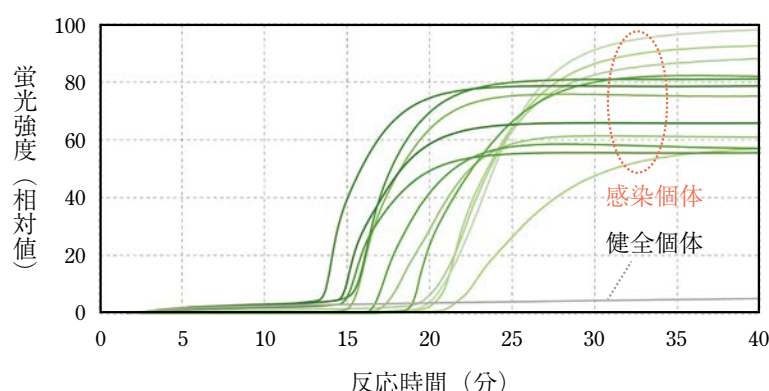


図-6 基腐病により腐敗した塊根組織の診断例

本診断技術を用いて複数名の初心者（本学学部3年生）が基腐病の診断を行った結果をまとめたもの。学部教育の一環として例年実施している診断体験（学生実験）のデータであり、LAMP法に関して全くトレーニングを受けていない者でも迅速に正しい診断結果を得られている。本診断技術の有用性を示す好例である。

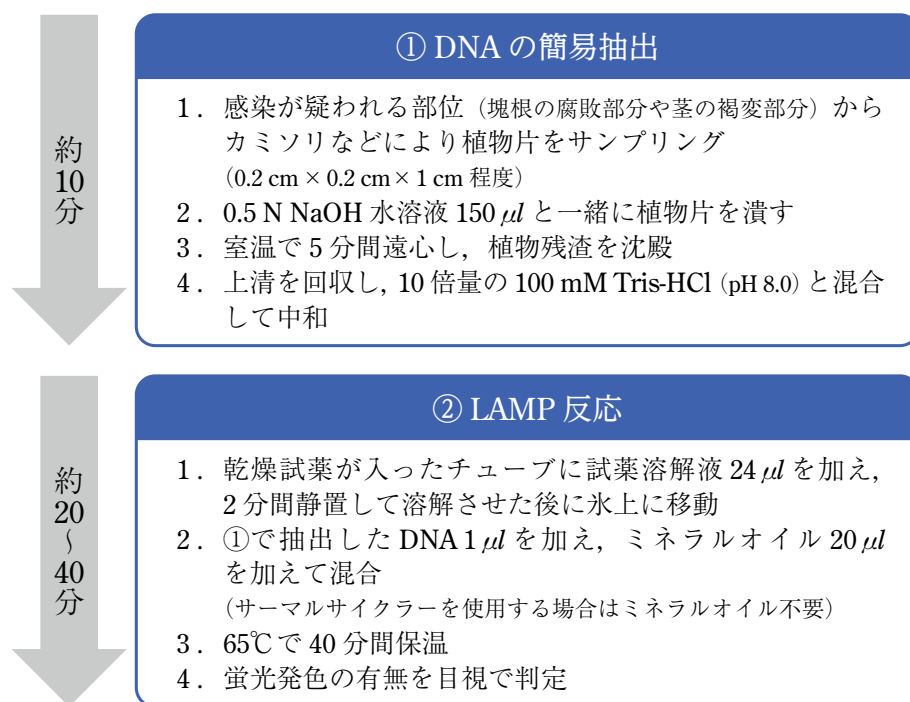


図-7 診断キットによる検査手順の概略

オンラインで提供されている製品マニュアルおよび写真入りの検査手順を参考にさせていただきたい。なお、作業者の安全のために、DNA の簡易抽出において水酸化ナトリウム水溶液を扱う際はゴーグルや手袋を着用することや、検査環境の汚染（コンタミネーション）を防ぐために、LAMP 反応後のチューブはキャップを開けず密封して廃棄することについて、特に注意する必要がある。

おわりに

迅速かつ正確な診断は、植物保護の最も基礎となる要素の一つである。すなわち、「植物病のピラミッド」（植物病の発生要因と被害量の関係を表すモデル）（難波，2022）において示されるように、時間の経過につれ被害量が増大することに鑑みれば、病因の迅速かつ正確な特定により、早期に適切な防除対策を施すことが可能になり、被害の低減を図ることができるようになる。特に侵入病害に対しては、迅速かつ正確な診断技術の早期の開発・実用化が貢献しうる余地は極めて大きく、①発生地域の特定に加えて、②未発生地域への分布拡大の抑止に役立ち、たとえ完全な封じ込めには至らなくとも、③有効な農薬の探索・登録や抵抗性・耐性品種の探索等の各種防除技術を検討し、④行政施策をはじめとした防疫体制を整える時間的猶予を確保し、生産現場への負の影響

を緩和することができる。

LAMP 法による診断キットは、特定の植物病に関する迅速かつ正確な診断を、誰でも、いつでも、どこでも同じ水準で実施できる環境を提供する。これは、植物医師®をはじめとした植物保護に携わるプロフェッショナルの診断業務を補助し負担を軽減することに役立つだけではない。基腐病のケースのように、植物病診断の裾野を一般へと幅広く普及させ、植物病に悩まされる現場が迅速に効果的な対策を採ることを可能にする。今回の診断技術開発の事例が、基腐病の抑止および今後の植物病診断のあり方に貢献することを期待したい。

引用文献

- 1) FUJIWARA, K. et al. (2021): *Front. Plant Sci.* **12**: 694053.
- 2) 福田至朗 (2005): 植物防疫 **59**(4): 157~160.
- 3) 鹿児島県議会 (2021): 令和3年度第4回定例会（第1日目）会議録（2021年11月29日）.
- 4) 小林有紀 (2019): 植物防疫 **73**(8): 501~505.
- 5) ——— (2021): 砂糖類・でん粉情報 (10): 61~68.
- 6) LIN, C.-Y. et al. (2017): 台湾農業研究 **66**(4): 276~285.
- 7) MAEDA, A. et al. (2022): *J. Gen. Plant Pathol.* **88**(1): 33~40.
- 8) 前島健作ら (2013): 植物防疫 **67**(9): 489~492.
- 9) ———・山次康幸 (2019): 砂糖類・でん粉情報 (10): 55~59.
- 10) 難波成任 編 (2022): 植物医科学, 養賢堂, 東京, p.23.
- 11) 農林水産省 大臣官房統計部 (2022): 農林水産統計令和3年度かんしょの作付面積及び収穫量, p.3.
- 12) WANG, H. et al. (1993): *Nucleic Acids Res.* **21**: 4153~4154.

ニッポンジーンアナリシス

ニッポンジーンアナリシスは、ニッポンジーングループが提供する
植物病・獣害対策・水産関連などの診断キットおよび検査サービス事業の総称です。

-LAMP 法乾燥試薬-

サツマイモ基腐病検出キット

本キットは、LAMP 法を利用してサツマイモ基腐病の病原体である *Diaporthe destruens* を検出するキットです。
Diaporthe destruens ゲノム DNA の一部を増幅し、増幅の有無からサツマイモ基腐病菌の存在を判定します。

【特 長】

① 安定性

室温での輸送、保管が可能な乾燥試薬

② 操作性

1 テストごとに個包装されており面倒な分注やコンタミを回避

③ 簡便性

溶かすだけですぐに検査可能

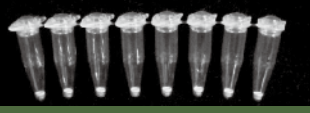
④ 明確な判定

蛍光発色の有無により、簡単に陽性、陰性を判定



上記キットの製造、販売は株式会社ニッポンジーン マテリアルが行っています。
詳しくはホームページ（<https://www.nippongenematerial.com>）をご覧ください。

植物病診断キット・検査サービス

冷凍保存タイプ	乾燥タイプ（冷蔵・冷凍不要！）	検査サービス
トマト黄化葉巻病	ファイトプラズマ病	アブラナ根こぶ病菌密度測定
タバココナジラミバイオタイプ Q	キャッサバモザイク病	トマト黄化葉巻病
カンキツグリーニング病	アブラナ根こぶ病菌（菌密度測定）	マツ材線虫病
マツ材線虫病	サツマイモ基腐病	センチュウ病
プラムボックスウイルス（ウメ輪紋病）	 便利な乾燥タイプ	青枯病
ウリ類退緑黄化病		薬剤耐性菌検出など、 リストにないものについても ご要望をお聞かせください。
イチジクモザイク病		
ファイトプラズマ病	イムノクロマト製品（室温保存）	
	プラムボックスウイルス（ウメ輪紋病）	

今後も続々とラインナップを予定しています！！

LAMP 法は栄研化学株式会社が特許を保有しています。株式会社ニッポンジーンおよび株式会社ニッポンジーン マテリアルは、上記植物病用診断キットの開発、製造および販売を許諾されています。また、上記検査サービスの実施許諾も受けています。

詳しくはホームページ（<https://nippongene-analysis.com>）をご覧ください

性能等・技術的なご質問は以下にお問い合わせ下さい



ニッポン・ジーン

〔Address〕 〒930-0834 富山県富山市問屋町二丁目7番18号

〔TEL〕 076-451-6548 〔FAX〕 076-451-6547

〔URL〕 <https://nippongene-analysis.com>

〔E-mail〕 support@nippongene-analysis.com

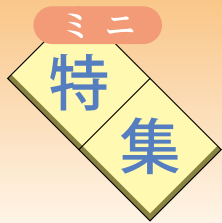
Twitter にて
最新情報を配信中です。



@NPG_analysis

検索





サツマイモ基腐病対策

サツマイモ基腐病の発病リスクを軽減する 塊根管理技術

鹿児島県農業開発総合センター にし西 おか岡 かず一 や也

はじめに

サツマイモは、鹿児島県では重要な作物であり、1万haを超える栽培面積の8割超で、でん粉と焼酎の原料用品種が栽培されている。ところが、2018年8月ころから本県の主要産地において、栽培中の株の立ち枯れや塊根の腐敗症状が多発した。鹿児島県農業開発総合センターで、各地の現地調査と病害診断を実施した結果、発病株からは、サツマイモ基腐病菌 (*Diaporthe destruens* (Harter) Hirooka, Minosh. & Rossman) が分離され、沖縄県に次いで国内2例目となるサツマイモ基腐病 (以下、基腐病) の発生が確認された (鹿児島県病害虫防除所, 2018)。

本県における基腐病の発生は、2月下旬ごろに種イモを用いた育苗床での発病から始まる。栽培圃場では5～6月上旬にかけて株元の茎が暗褐色～黒色に変色する発病株が散見されはじめる。その後、発病株は、茎葉の繁茂で気づきにくくなるが、病変部に形成された基腐病菌の胞子が降雨や畝間に停滞する水を介して移動し、周辺株を次々に発病させ、9月以降は茎葉の枯死に至る所で発生し、収穫期の塊根腐敗により甚大な減収をもたらす。基腐病の発生圃場では、圃場に残った病気に感染した茎葉や塊根等が翌年の第一次発生源になる (HARTER, 1914; 小林, 2019)。鹿児島県農産園芸課によると、2021年10月時点で、1株でも茎葉が枯れるなどの基腐病の症状がみられた圃場の累積面積は栽培面積の約75%となっている。

本県で発生圃場が急速に拡大した背景には、栽培面積の8割超を占める原料用サツマイモの栽培過程において、①苗生産に自家生産した塊根を種イモとして用いる割合が高いこと、②定植前の苗消毒があまり実施されていないこと、が主な要因として挙げられる。即ち、基腐病の発生圃場から採取した塊根を種イモに用いたこと

で、育苗床で基腐病が発生し、感染苗が消毒されずに各圃場へ定植されて拡散した結果と推察している。基腐病の拡散を防止するためには、健全な種苗を確保し、圃場に基腐病菌を持ち込まないことが重要である。

健全な種苗を確保するため、種イモにする塊根は基腐病の未発生圃場から採取することが原則であるが、本稿では、本県の基腐病の発生状況において、やむを得ず発生圃場から種イモを採取しなければならない場面で、基腐病の発生を軽減する収穫から貯蔵までの塊根の管理技術について知見を得たので紹介する。本研究は、主に生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」(01020C) の「産地崩壊の危機を回避するためのかんしょ病害防除技術の開発」において実施し、研究は論文 (西岡ら, 2021) やマニュアル (QRコード参照) でも公表しているので参考にしてほしい。



I 基腐病菌の生育適温と死滅温度

基腐病菌をブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天平板培地 (以下、SPDA培地) において、10～40℃の温度条件下で5日間培養した結果、菌糸伸張は27.5℃と30℃が旺盛で、15℃と35℃では少なかった (図-1)。10℃と40℃では菌糸伸長を認めなかったが、どちらも27.5℃で培養すると再び生育を開始した。そこで、基腐病菌の死滅温度を明らかにするため、42～60℃の温度下で一定時間処理した菌体懸濁液をSPDA培地上で培養し、コロニー形成の有無を調査した。その結果、48℃の10分間処理および51℃以上であれば5分間処理でコロニー形成が認められなくなり (表-1)、基腐病菌が死滅したと考えられた。

II 塊根の貯蔵中の発病リスク

発生圃場から採取した株は、症状の進み方でおおまか

Management Measures to Reduce Sweet Potato Foot Rot Caused by *Diaporthe destruens* in Seed Potatoes. By Kazuya NISHIOKA
(キーワード: 基腐病, 塊根, 貯蔵前処理, 殺菌剤浸漬, 温度処理)

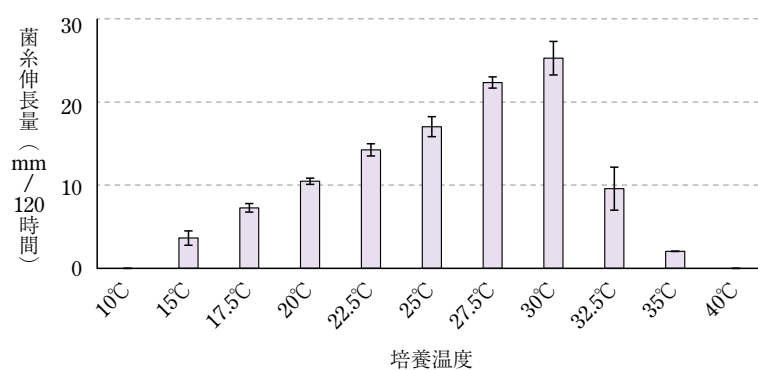


図-1 異なる温度で培養した時の基腐病菌^{a)}の菌糸伸長量^{b)}(SPDA培地^{c)})
(西岡ら, 2021を一部改変)
a) 鹿児島県農業開発総合センターで保存するKM4株を使用。
b) 各温度で5日間培養した時の菌糸伸長量を測定。3反復の平均値。図中のバーは標準偏差。
c) ブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天平板培地。

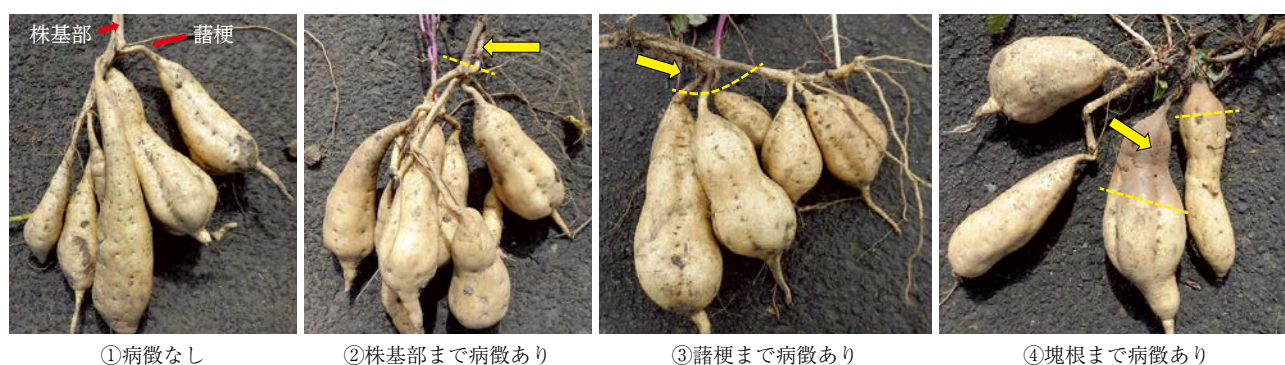


図-2 基腐病の発生圃場から採取した株の発病状況
黄色点線の示す部位までが基腐病の病徴を示す。品種は‘コガネセンガン’。

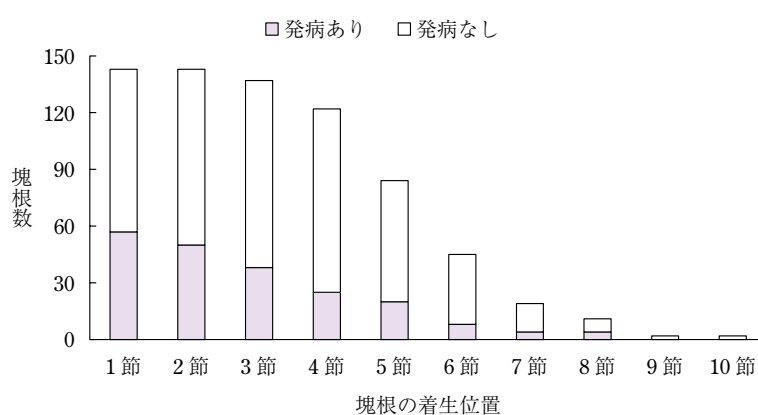


図-3 基腐病の発病塊根数^{a)}とその着生位置^{b)}
a) 基腐病の発生圃場(品種:‘コガネセンガン’)から採取した143株を15°Cに設定した倉庫に133日間貯蔵した後の発病状況。
b) 数字が小さいほど株基部に近いことを示す。

表-1 基腐病菌^{a)}の胞子の生存に及ぼす温度処理の影響
(西岡ら, 2021 を一部改変)

温度	処理時間	120 時間後の コロニー形成 ^{b)}
25℃	20 分	+
42℃	5 分 10 分	+
45℃	5 分 10 分	+
48℃	5 分 10 分	+
51℃	5 分 10 分	-
54℃	5 分 10 分	-
57℃	5 分	-
60℃	5 分	-

^{a)} 鹿児島県農業開発総合センターで保存する KM4 株を使用。

^{b)} + はコロニーが形成されたことを示し, - は形成なしを示す。

に図-2 のように分けられる。これらの株について、地上部の茎葉を切り外し、株の状態では 15℃ に設定した倉庫に貯蔵した後の発病状況を図-3, 4 に示した。発病株では、株基部の茎から諸梗、諸梗から塊根へと発病部位が拡大するため、株基部に近い上位節の塊根に発病が多く見られ(図-3)、塊根の病徴のほとんどが諸梗側(なり首)から発生する。基腐病の発生圃場から採取した 143 株のうち、株基部の茎に病徴のない株は、収穫直後に 92 株(64.3%) 存在したが、133 日間の貯蔵後は 22 株(15.4%) に減った(図-4)。一方、塊根まで病徴のある株は、収穫時の 1 株(0.7%) から収穫後は 67 株(46.9%) に増えた。基腐病菌は 15℃ でも菌糸伸長が可能のため、貯蔵中にも発病が進み、被害が大きくなったと考えられた。

また、わずかに発病した塊根 1 個を健全な塊根の中に入れて貯蔵した試験では、発病塊根は貯蔵中に病徴が拡大し、周囲の健全塊根は発病塊根の発病部位と接触した所から変色し、発病した(表-2)。このため、塊根を長期間貯蔵する場合、基腐病に感染した可能性のある塊根は貯蔵前に取り除くことが重要である。それでは、どのようにして基腐病に感染した塊根を取り除くのか、次の章で紹介する。

III 貯蔵前処理による塊根の発病抑制

筆者らは、本県で従来から実施されている種イモ収穫後の管理手順(収穫→粗選別→貯蔵→選別→なり首切除

□ 病徴なし □ 株基部まで
病徴あり □ 諸梗まで
病徴あり ■ 塊根まで
病徴あり

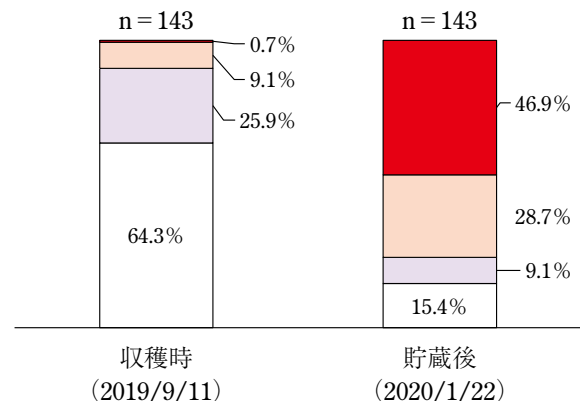


図-4 基腐病の発生圃場から採取した株の収穫時と貯蔵後の発病状況(西岡ら, 2021 を一部改変)

※凡例の株の発病程度の違いは図-2 を参照。

表-2 貯蔵中の塊根の感染拡大(西岡ら, 2021 を一部改変)

処理名	調査数 ^{c)}	基腐病による発病塊根数 ^{d)}
発病塊根あり ^{a)}	56	11 (19.6%)
発病塊根なし ^{b)}	46	0 (0%)

^{a)} 伝染源として、諸梗側に基腐病の病徴が認められる発病塊根をコンテナ内に 1 個配置した(4 反復)。

^{b)} 伝染源として、発病塊根の代わりに健全塊根をコンテナ内に 1 個配置した(4 反復)。

^{c)} 伝染源として配置した塊根に接する塊根をすべて調査対象とし、その合計数を示した。

^{d)} 25℃, 暗所, 90%以上の湿度下で 33 日間貯蔵後の発病塊根数を示す。

→殺菌剤浸漬→苗床植付)を改良し、貯蔵前に塊根への一連の処理を施す「貯蔵前処理」(図-5)による発病抑制効果を検討した。その結果、従来の方法よりも発病を低く抑えられることが判明した。以下に「貯蔵前処理」のポイントについて述べる。

1 塊根を採取する株

感染した塊根を貯蔵前に取り除けない要因として、外観が無病徴の潜在感染塊根の存在が考えられる。病徴のない株と諸梗まで病徴のある株(図-2)から、それぞれ外観が無病徴の塊根を採取して貯蔵した結果を図-6 に示した。いずれの区の発病塊根もなり首側から発病したことから、収穫時に既に感染していた可能性が高いと考えられ、外観が無病徴の塊根の選別だけでは感染塊根を除去できないことが分かる。諸梗まで病徴のある株から採取した塊根のほうが高い発病率のため、潜在感染の可能性を下げるには、病徴のない株から塊根を採取することが重要である。

従来の方法

収穫 → 粗選別 → 貯蔵 → 選別 → なり首切除 → 殺菌剤浸漬 → 苗床植付

貯蔵前処理

収穫 → 水洗・選別 → なり首・尾部切除 → 殺菌剤浸漬 → 風乾 → 貯蔵 → 選別 → 苗床植付
 どちらかを選択 → 温度処理 → 風乾



図-5 種イモの貯蔵前処理方法と従来の管理工程との比較

※写真は貯蔵前処理におけるなり首・尾部の切除の方法を示す。

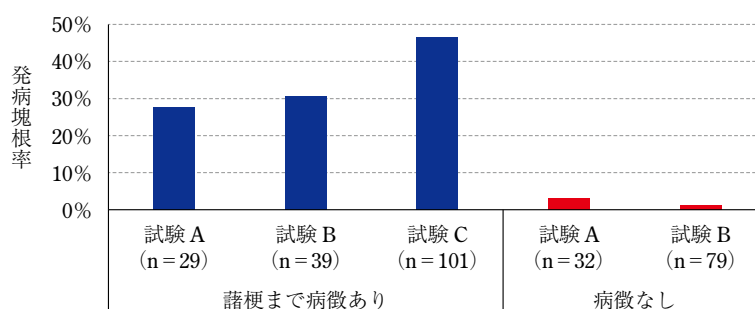


図-6 収穫時の発病程度が異なる株から採取した外観が無病徴の塊根における貯蔵後の基腐病発病状況

試験A, Bの塊根は、なり首と尾部の切除を行った（品種：‘コガネセンガン’）。試験Cの塊根は、なり首と尾部の切除は行っていない（品種：‘べにはるか’）。いずれの試験も塊根を25℃、70～95%の湿度下に貯蔵し、試験A, Cは29日後、試験Bは54日後に基腐病の発生調査を行った。

2 塊根の選別の徹底

基腐病に侵された塊根は、主になり首側から表皮が変色する。土がついたままでは見落とす可能性があるので、選別前の塊根を流水で軽く洗い流し、表皮に異常のある塊根を除去する。

3 塊根のなり首側と尾部の切除

基腐病は諸梗から塊根へと病徴を広げていくため、ほとんどの塊根がなり首側から発病する。筆者らは、塊根のなり首側を図-5のように切除することで、基腐病の発病を抑制できることを確認している（西岡ら、2020）。合わせて、尾部の切除を行うことで、乾腐病、褐色乾腐病や貯蔵腐敗病等の貯蔵病害の予防にも寄与すると考えられる。

IV 仕上げの貯蔵前処理

無病徴の株から塊根を採取すること、貯蔵前に目視選別を徹底し、なり首・尾部の切除を行うことで、かなりの予防につながると考えられる。しかし、これらの処理だけでは基腐病の潜在感染塊根をとりこぼす可能性があるため、仕上げの処理として2種類の方法について検討したので紹介する。

1 殺菌剤による種イモ消毒

潜在感染塊根に対する一つ目の対策として、殺菌剤による消毒がある。洗浄・選別となり首・尾部切除の処置を施した塊根を使い、チオファネートメチル水和剤200倍液に30分間浸漬した処理では、基腐病に対して高い防除効果が認められた（図-7）。従来の作業方法と順番を入れ替えるだけなので、新たな投資が発生しないメリ

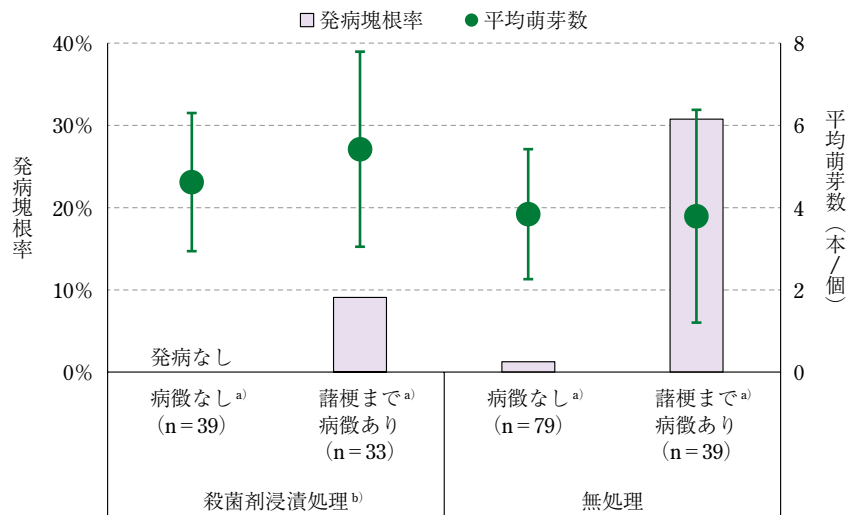


図-7 収穫時の発病程度が異なる株から採取した外観無病徴の塊根^{c)}における殺菌剤浸漬処理が貯蔵後の基腐病の発生と萌芽に与える影響（西岡ら，2021 を一部改変）

a) 収穫時の発病程度（図-2 を参照）。

b) チオファネートメチル水和剤 200 倍液へ塊根を 30 分間浸漬後に風乾した。

c) 塊根（品種：‘コガネセンガン’）は，あらかじめ，選別となり首・尾部切除を施した。処理後の塊根は 25℃，70～95%の湿度下で貯蔵し，貯蔵開始から 33 日後に萌芽数，54 日後に基腐病の発生調査を行った。

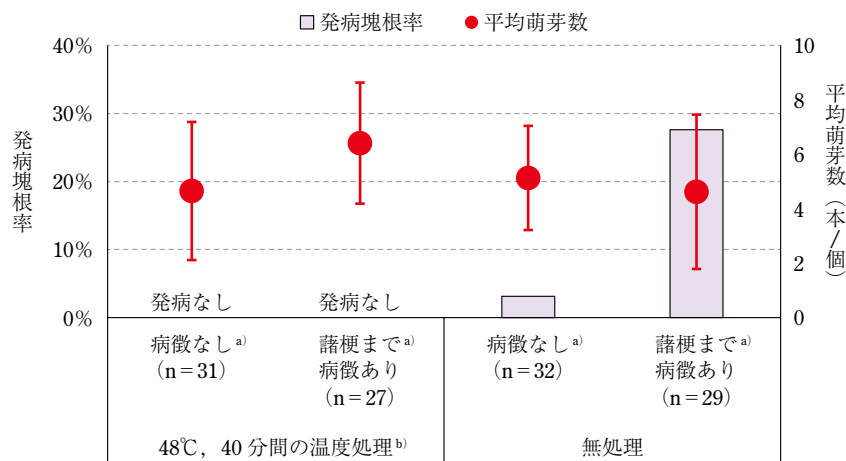


図-8 収穫時の発病程度が異なる株から採取した外観無病徴の塊根^{c)}における熱と蒸気を用いた温度処理が貯蔵後の基腐病の発生と萌芽に与える影響（西岡ら，2021 を一部改変）

a) 収穫時の発病程度（図-2 を参照）。

b) 温度処理は，定温蒸熱処理装置（CTVT，三州産業株式会社製）を用い，48℃に達した庫内に塊根を入れ，40 分間暴露した。

c) 塊根（品種：‘コガネセンガン’）は，あらかじめ，選別となり首・尾部の除去後，キュアリング処理（33℃，90%以上の湿度下に 3 日間）を施した。処理後の塊根は 25℃，70～95%の湿度下で貯蔵し，貯蔵開始から 29 日後に萌芽数と基腐病の発生調査を行った。

ットがある反面，チオファネートメチルは薬剤に触れる表面に近い部位までしか殺菌効果がないため，選別の徹底となり首・尾部切除の行程は必須となる。また，低温に晒さないように注意しながら，消毒後の風乾も十分に行う必要がある。

2 温度を利用した種イモ消毒

基腐病菌が 48℃，10 分間以上の温度処理で死滅するのであれば，黒斑病対策として確立されている 47～48℃，40 分間の温湯浸漬（後藤，1945）が応用できると考え，筆者らは，‘コガネセンガン’を用いて，蒸気と熱による

48℃、40 分間の温度処理を貯蔵前に施す試験を実施した。その結果、塊根中心部の温度は45℃程度まで上昇し、48℃には到達しなかったが、種イモとしての萌芽能力を維持しつつ、高い発病抑制効果が確認できた（図-8）。筆者は、最近の試験で、塊根表皮の変色部位より1 cm 以上先の部分から採取した組織を選択培地で培養したところ、基腐病菌の菌糸伸長が認められないことを確認し（未発表）、基腐病菌は表皮の変色部位から離れるほど、菌密度が低下すると推察された。したがって、温度処理前に選別の徹底となり首・尾部の切除を行ってれば、塊根の中心部まで48℃に到達させる温度処理は必要ないと考えている。温度処理は前述の殺菌剤処理とは異なり、塊根内部までの殺菌効果が期待でき、種イモの大量処理や青果用サツマイモへの利用が可能になると予想されるが、処理条件には検討の余地が多々あると考える。

おわりに

以上、「貯蔵前処理」が貯蔵中の塊根の基腐病抑制に

高い効果を示すことが明らかになった。しかし、収穫に追われる時期に、「貯蔵前処理」に時間を割くことについて、現場からの理解を得るためには十分な説明が必要と考える。冒頭で述べたように、本県での基腐病のまん延が健全種苗を確保できなかったことに起因していることを考慮すると、現状打破には、健全な種苗確保と防除対策を徹底した種イモ専用圃場での種イモ生産が最優先されるべき課題であることを忘れてはならない。

引用文献

- 1) 後藤和夫 (1945): 農業および園芸 20: 147~150.
- 2) HARTER, L. (1914): J. Agric. Res. (1): 251~274.
- 3) 鹿児島県病害虫防除所 (2018): 平成 30 年度病害虫発生予察特殊報第 3 号.
- 4) 小林有紀 (2019): 植物防疫 73: 501~505.
- 5) 西岡一也ら (2020): 日植病報 86: 174 (講要).
- 6) ———ら (2021): 同上 87: 239~250.

登録が失効した農薬 (2022.6.1~6.30)

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

「殺虫剤」

- カルタップ・BPMC 粒剤
12480：クミアイパダンバッサ粒剤（クミアイ化学工業株式会社）22/6/6
- ヨーロッパトビチビアメバチ剤
23422：ヨーロッパトビチビアメバチ（一般社団法人日本養蜂協会）22/6/10
- マラソン粉剤
12256：一農マラソン粉剤 1.5（第一農薬株式会社）22/6/13
- MEP 粉剤
12335：一農スミチオン粉剤 2（第一農薬株式会社）22/6/13
- メタアルデヒド粒剤
12342：ナメキール（第一農薬株式会社）22/6/13
- BPMC 乳剤
12355：一農バッサ乳剤（第一農薬株式会社）22/6/13

「殺菌剤」

- オキサチアピプロリン・マンゼブ水和剤

- 24039：デュボン ゴーベック エニベル（コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社）22/6/7
- フサライド・ペンシクロン水和剤
21662：協友ラブサイドモンセレンフロアブル（協友アグリ株式会社）22/6/22

「殺虫殺菌剤」

- エトフェンプロックス・フサライド粉剤
16769：日産ラブサイドトレボン粉剤 DL（日産化学株式会社）22/6/10
- エトフェンプロックス・MEP・フサライド粉剤
23258：協友ラブサイドスミチオントレボン粉剤 DL（協友アグリ株式会社）22/6/28
- エトフェンプロックス・フサライド水和剤
24078：ダブルアロー SE（協友アグリ株式会社）22/6/28
- エトフェンプロックス・バリダマイシン・フサライド粉剤
17355：サンケイラブバリダトレボン粉剤 DL（サンケイ化学株式会社）22/6/30

(45 ページに続く)

研究 報告

イネ判別品種に対するトビイロウンカ飛来 個体群における加害性の長期モニタリング

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

ふじ 井 とも ひさ
藤 井 智 久

九州大学大学院 農学研究院
資源生物科学部門 植物育種学研究室

やす い ひでし
安 井 秀

はじめに

トビイロウンカは稲を栽培するアジア地域の最重要害虫であり、日本では主に九州地域で、イネの収穫間際に「坪枯れ」を引き起こし、水稻生産に大きな被害をもたらす。2013年にはトビイロウンカによる被害額は西日本で105億円にのぼった。2019年と2020年も西日本各地でトビイロウンカによる「坪枯れ」の被害が確認された。

トビイロウンカは周年発生するベトナム北中部から、春先に中国南部へ移動して数世代増殖する。その後、梅雨前線に沿って南西側から吹く強い気流に乗り、中国南部から九州を中心とした西日本地域へと飛来する。日本の水田で増殖したトビイロウンカはしばしば大きな被害をもたらすが、冬にイネがなくなる日本では越冬できずに死滅する。また、日本から中国南部やベトナム北部への戻りの移動は通常は起こらない。

日本におけるトビイロウンカの防除は、一般的に、育苗箱施用薬剤と本田散布剤の二つを組合せて行われている。しかし、トビイロウンカは2005年以降にネオニコチノイド系殺虫剤イミダクロプリドに対する抵抗性を発達させており、2011年以降では、クロチアニジンとチアメトキサムにも感受性低下が見られている。室内試験ではイミダクロプリドにより選択した強い抵抗性系統で、クロチアニジンとチアメトキサムの交差抵抗性（同様の作用機構を持つ他薬剤に対する抵抗性）の発達が確認されている（Fujii et al., 2020）。このように、薬剤に大きく依存したウンカの防除体系には、トビイロウンカの防除をより困難にする薬剤抵抗性発達のリスクがあるため、トビイロウンカ抵抗性品種の利用など代替防除体系の開発が期待されている。

イネには、これまでに40のトビイロウンカ抵抗性遺伝子（アレル）が発見されており（Du et al., 2020）、これらの抵抗性遺伝子を導入した品種育成が、国際イネ研究所を中心に、東南アジアおよび日本を含めた東アジアの国々で進められている。しかしながら、トビイロウンカ抵抗性品種を育成しても、トビイロウンカが飛来源において抵抗性品種に対する加害性を獲得すれば、トビイロウンカに対する抵抗性は有効でなくなる（図-1）。それを防ぐためには、継続的に、品種加害性をモニタリングしておくことが重要である。本稿では、1990年代に行われたトビイロウンカに対するイネ判別品種に対する加害性モニタリングと2001～19年にかけて我々が行った加害性モニタリングの結果を踏まえ、今後のトビイロウンカ抵抗性品種育成の展望を述べる。



図-1 加害性を獲得したトビイロウンカが抵抗性を消失した抵抗性イネ品種を吸汁して、腹部を肥大させた様子

Long-Term Monitoring of the Virulence to Differential Rice Cultivars in Japanese Immigrant *N. lugens* Population. By Tomohisa Fujii and Hideshi Yasui

（キーワード：トビイロウンカ，長距離移動性，長期モニタリング，品種加害性，抵抗性品種，遺伝子資源）

I 1990年代のトビイロウンカ抵抗性判別品種に対する加害性モニタリングと2000年以降の課題

1987～91年に日本に飛来したトビイロウンカ個体群の‘IR26 (抵抗性遺伝子 *BPH1*)’、‘西海 184 号 (同 *BPH1*)’、‘IR42 (同 *BPH2*)’に対する加害性調査から、1990 年と 1991 年には‘IR26’と‘西海 184 号’に対する加害性を獲得したことが明らかにされている (寒川, 1992)。その後、1991～99 年までに日本に飛来したトビイロウンカのイネ判別品種‘西海 190 号 (抵抗性遺伝子 *BPH1*)’、‘Mudgo (同 *BPH1*)’、‘IR26’、‘ASD7 (同 *BPH2*)’、‘関東 PL7 号 (同 *BPH3*)’、‘Babawee (同 *BPH4*)’に対する加害性のモニタリングから、1997 年以降にトビイロウンカが‘IR26’に加えて‘Mudgo’、‘ASD7’に対しても加害性を獲得し、感受性品種と同様に加害できるように変化したことが明らかにされている (田中, 1999; TANAKA and MATSUMURA, 2000)。これらの研究から、1999 年までに日本に飛来したトビイロウンカは、抵抗性遺伝子 *BPH1* または *BPH2* を一つ導入した抵抗性イネ判別品種に対する加害性を獲得しており、感受性品種と同様に加害できるが、抵抗性遺伝子 *BPH3* または *BPH4* をもつ抵抗性イネ判別品種には加害性を獲得していないことが示された (田中, 1999; TANAKA and MATSUMURA, 2000)。しかし、2000 年以降には、日本に飛来したトビイロウンカのイネ判別品種に対する品種加害性は、断片的な報告 (MYINT et al., 2009; FUJITA et al., 2009) を除き、長期的なモニタリング結果が示されていなかった。そこで我々は、2001～19 年に日本に飛来したトビイロウンカ個体群における抵抗性イネ判別品種に対する 19 年間にわたる品種加害性モニタリングのデータから、トビイロウンカが加害性を獲得もしくは獲得していないイネ判別品種を明らかにした (FUJITA et al., 2021)。

II 2001～19 年までの日本に飛来したトビイロウンカのイネ判別品種に対する加害性モニタリング

本研究では、抵抗性イネ判別品種 9 品種と感受性品種 2 品種を用いており、それぞれの品種を用いた調査年次は表-1 のとおりである (FUJITA et al., 2021)。2001～19 年の加害性モニタリングを通して、トビイロウンカ飛来個体群における抵抗性イネ判別品種に対する加害性は、①すでにトビイロウンカが加害性を獲得した品種、②トビイロウンカが加害性を獲得していない品種、③トビイロウンカの加害性に年次変動が見られた品種、の三つに分けられた。これらの知見を我々と同手法で品種加害性をモニタリングした 2006 年のベトナム北部 (FUJITA et al.,

表-1 トビイロウンカ品種加害性モニタリングに使用したイネ判別品種の組合せ

飛来年次	イネ判別品種†
2001 2003 2004 2005	IR26 (<i>BPH1</i>), Mudgo (<i>BPH1</i>), IR42 (<i>BPH2</i>), ASD7 (<i>BPH2</i>), 関東 PL7 (<i>BPH3</i>), Babawee (<i>BPH4</i>), 台中在来 1 号 (TN1)
2006	Mudgo (<i>BPH1</i>), ASD7 (<i>BPH2</i>), 関東 PL7 (<i>BPH3</i>), Babawee (<i>BPH4</i>), 台中在来 1 号
2007 2008 2009 2010 2011	
2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019	Mudgo (<i>BPH1</i>), ASD7 (<i>BPH2</i>), Rathu Heenati (<i>BPH3</i> , <i>BPH17</i>), Babawee (<i>BPH4</i>), Balamawee (<i>BPH27</i> , Three QTLs), 台中 65 号 (T65)

†: イネ判別品種 (太字) と感受性品種 (細字) は、モニタリング期間で異なる。

2009) および 2007～10 年までの台湾個体群 (HUANG et al., 2016) のデータとも比較し、東アジアにおけるトビイロウンカの抵抗性イネ判別品種に対する加害性の特徴を明らかにした。また、一部の品種については、90 年代のデータとも比較し、品種加害性の変動を確認した。

1 トビイロウンカが加害性を獲得した品種

イネ判別品種‘IR26’、‘Mudgo’、‘ASD7’に対するトビイロウンカの生存率は 2010 年を除いて 80～90%、腹部肥大率は 80～90% であり (図-2, 3)。これら 3 品種に対するトビイロウンカの加害性は感受性品種‘台中在来 1 号 (TN1)’及び‘台中 65 号 (T65)’と同程度であった (図-2, 3)。これらのことから、2000 年以降に日本に飛来したトビイロウンカは、‘IR26’、‘Mudgo’、‘ASD7’に対して感受性品種と同様に加害ができる能力を維持していたと考えられる。なお、ベトナム北部個体群のトビイロウンカは‘Mudgo’と‘ASD7’に対する加害性を獲得しており、これら 2 品種を加害したウンカの生存率と腹部肥大率が 91～100% であると報告されている (FUJITA et al., 2009)。また台湾個体群のトビイロウンカは‘Mudgo’、‘H105 (*BPH2*)’に対する加害性を獲得しており、生存率と腹部肥大率が 85～100% で推移していた (HUANG et al., 2016)。これらのことから、飛来源のベトナム北部、移入先の日本と台湾との間で、トビイロウンカの‘Mudgo’と‘ASD7’に対する加害性には違いが見られず、これら

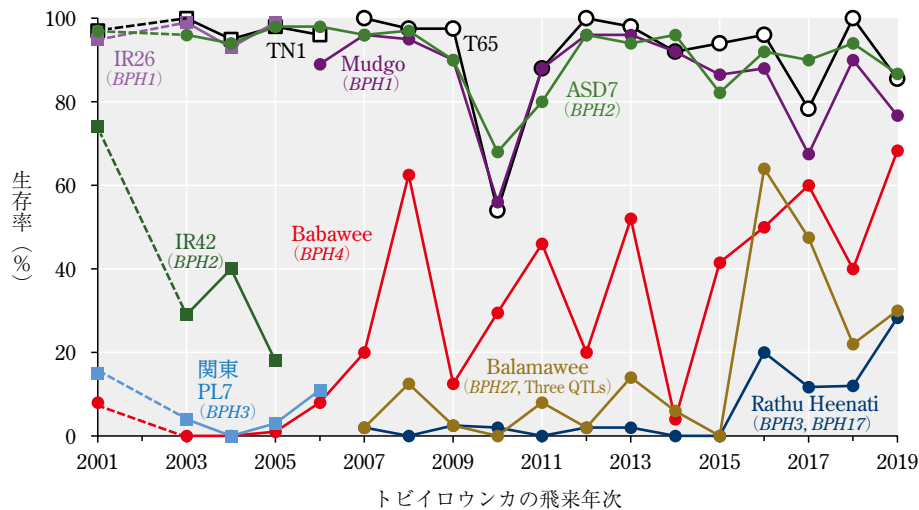


図-2 トビイロウンカ日本飛来個体群における 2001～19 年までのイネ判別品種と感受性品種に対する放飼後 5 日目の生存率の推移

供試した品種名と同じ色のポイントがそれぞれの品種の生存率の推移を示す。両括弧内はイネ判別品種がもつトビイロウンカ抵抗性遺伝子を示す。トビイロウンカは羽化後 24 時間以内の短翅型メスを供試した。

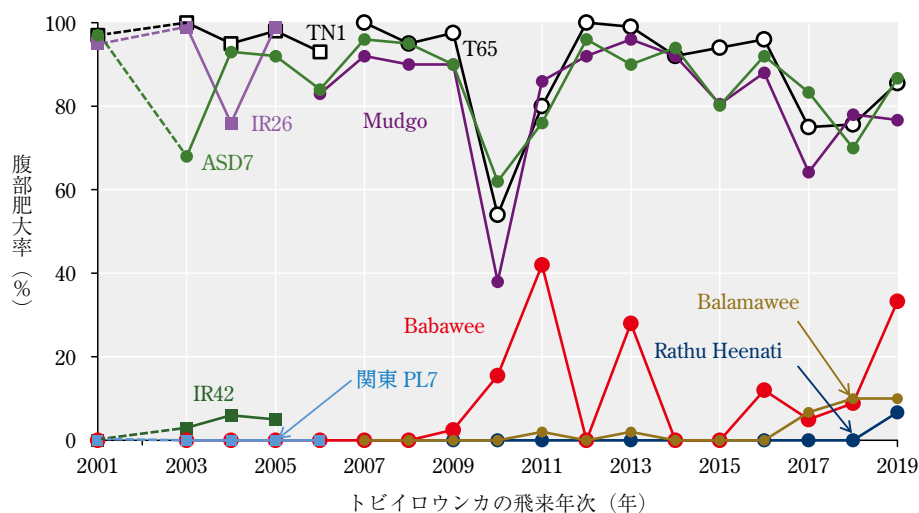


図-3 トビイロウンカの日本飛来個体群における 2001～19 年までのイネ判別品種と感受性品種に対する放飼後 5 日目の腹部肥大率の推移

供試した品種名と同じ色のポイントがそれぞれの品種の腹部肥大率の推移を示す。トビイロウンカは羽化後 24 時間以内の短翅型メスを供試した。

の地域では抵抗性遺伝子 *BPH1* と *BPH2* は、トビイロウンカの吸汁を抑制できなかったことがわかった。

2 トビイロウンカが加害性を獲得できていない品種

‘Rathu Heenati (抵抗性遺伝子 *BPH3*, *BPH17*)’ ‘Balamawee (同 *BPH27*, 3 つの QTLs)’ は複数の抵抗性遺伝子を保持している。これら 2 品種に対するトビイロウンカの加害性については、いずれの年次においても生存率は 0～30%、腹部肥大率は 0～10% (図-2, 3) と、感受性品種より明確に低かったことから、日本に飛来したトビイロウンカが加害性を獲得できていないことが明らか

になった。ベトナム北部個体群のトビイロウンカの ‘Rathu Heenati’ と ‘Balamawee’ に対する生存率は 0～3% であり、腹部肥大率は 0% であった (FUJITA et al., 2009)。また台湾個体群のトビイロウンカの ‘Rathu Heenati’ に対する生存率は 20～80% の間で変動したが、腹部肥大率は 0～5% であった (HUANG et al., 2016)。したがって、ベトナム北部、台湾と日本個体群のトビイロウンカは、現在まで、‘Rathu Heenati’ と ‘Balamawee’ に対する加害性を獲得していないと思われる。

3 トビイロウンカの品種加害性に年次変動が見られた品種

日本に飛来したトビイロウンカの‘Babawee (抵抗性遺伝子 *BPH4*)’に対する加害性は、2007 年以降には生存率が 4~60%、腹部肥大率は 0~42%であり、品種加害性の年次変動が大きかった。一方、ベトナム北部個体群におけるトビイロウンカの‘Babawee’に対する生存率は 11~18%、腹部肥大率は 0%であった (FUJITA et al., 2009)。台湾個体群のトビイロウンカでは、‘Babawee’に対する生存率は 20~80%であり、腹部肥大率は 0~28%であった (HUANG et al., 2016)。日本と台湾個体群のトビイロウンカでは、‘Babawee’に対する品種加害性が同様に年次変動していることから、トビイロウンカが‘Babawee’のもつ抵抗性を完全に打破していないことが示唆される。その理由としては、‘Babawee’のトビイロウンカに対する抵抗性のメカニズムが、*BPH1* を保有する‘Mudgo’や *BPH2* を保有する‘ASD7’等のトビイロウンカ抵抗性が打破された品種とは異なる可能性が考えられる。また、トビイロウンカの‘Babawee’に対する加害性獲得と他の形質との間にトレードオフが存在しているためトビイロウンカが‘Babawee’に対する品種加害性を完全に獲得できないという可能性もある。これらの点については今後検証が必要である。

日本に飛来したトビイロウンカの‘IR42 (*BPH2*)’に対する生存率は 18~74%、腹部肥大率は 0~5%であり (図-2, 3) これらの値は同じく抵抗性遺伝子 *BPH2* を持つ‘ASD7’よりも低く、トビイロウンカの吸汁を強く抑制していた。1987~91 年までに飛来したトビイロウンカでも、‘IR42’を吸汁したウンカの甘露排泄量は‘IR26’や‘西海 184 号’よりも少なかった (寒川, 1992)。これらのことから、‘IR42’は、抵抗性遺伝子 *BPH2* を保持する‘ASD7’とは異なる抵抗性メカニズムをもつこと、または、*BPH2* 以外にも抵抗性遺伝子を保持している可能性が示唆された。

日本に飛来したトビイロウンカの‘関東 PL7 (*BPH3*)’に対する生存率は 0~15%、腹部肥大率は 0%であった (図-2, 3)。なお、1991~99 年に飛来したトビイロウンカでは、‘関東 PL7’に対する生存率が 7~27%であり、腹部肥大率は 1~19%であった (田中, 1999; TANAKA and MATSUMURA, 2000)。この品種は‘Rathu Heenati’と‘ツクシバレ’との交配により作出されたため、‘Rathu Heenati’から *BPH3* 以外の抵抗性遺伝子を受け継いでいるためにトビイロウンカの吸汁に対して強い抵抗性をもっている可能性がある。

4 19 年にわたる品種加害性モニタリングのまとめ

2001~19 年に日本に飛来したトビイロウンカは、単一のトビイロウンカ抵抗性遺伝子をもつ‘IR26’ (*BPH1*) や‘Mudgo’ (*BPH1*)、‘ASD7’ (*BPH2*) を、感受性品種と同程度に加害できる能力を獲得しており、それを長年にわたって維持していた (図-2, 3)。一方で、この期間に日本に飛来したトビイロウンカは‘Rathu Heenati’と‘Balamawee’に対する加害性は獲得していない (図-2, 3)。加えて、MYINT et al. (2009) によると、日本に飛来したトビイロウンカは‘ADR52 (*BPH25*, *BPH26*)’に対する品種加害性を獲得していない。これらのことから、複数のトビイロウンカ抵抗性遺伝子をもつ品種は本種によって加害性を獲得 (抵抗性打破) されにくいことが示唆された。

また本研究により、これまで単一の劣性アレル (*bph4*) を保持すると考えられてきた‘Babawee’に対して、日本に飛来したトビイロウンカが加害性を獲得していると言いがたく、トビイロウンカ抵抗性品種育成のための遺伝資源として改めて注目される。本研究の長期の品種加害性モニタリングの結果は、トビイロウンカの品種加害性の獲得状況を把握するだけでなく、新たなトビイロウンカ抵抗性遺伝子資源の探索にも活用できる。

III イネのトビイロウンカ抵抗性遺伝子 (アレル) の同定と育種利用への展望

イネのトビイロウンカ抵抗性に関する遺伝分析については、1970 年代に国際イネ研究所の KHUSH 博士らの研究グループが開始し、日本の農林水産省農業技術研究所の金田忠吉と池田良一の両博士が発展させて今日の基盤が整った。その後、今日に至るまで中国をはじめとしたアジア諸国のイネのトビイロウンカ抵抗性の遺伝分析に関する研究の蓄積があつて、一部重複はあるものの 40 個のトビイロウンカ抵抗性遺伝子座が報告されている (Du et al., 2020)。最近では、DNA マーカーを用いた遺伝子マッピングや遺伝子単離の研究が進展し、2022 年 6 月現在で八つの遺伝子座に関する 11 個のトビイロウンカ抵抗性遺伝子 (アレル) の分子的基盤が明らかにされている (表-2)。

インドやバングラデッシュ、スリランカの在来品種には数多くのトビイロウンカ抵抗性品種‘Mudgo’、‘ASD7’、‘Babawee’、‘Rathu Heenati’、‘PTB33’、‘Balamawee’、‘Swarnalata’等が知られ、それぞれ判別品種として利用されてきた。これらのうち、‘Mudgo’の保有する *BPH1* や‘ASD7’の保有する *BPH2* と同一の構造を有するトビイロウンカ抵抗性アレルの分子的基盤が明らかにされ、

表-2 イネのトビイロウンカ抵抗性遺伝子の分子的基盤

トビイロウンカ抵抗性遺伝子座	座乗染色体	抵抗性アレルの供与親	遺伝子産物	抵抗性アレル	文献
<i>BPH14</i>	染色体 3 長腕	B5 (<i>O. officinalis</i> 由来)	CC-NBS-LRR タンパク質	機能型	Du et al. (2009)
<i>BPH15</i>	染色体 4 短腕	B5 (<i>O. officinalis</i> 由来)	レクチン受容体キナーゼ	機能型	CHENG et al. (2013)
<i>BPH17</i> ^{a)}	染色体 4 短腕	Rathu Heenati, PTB33	レクチン受容体キナーゼ ^{b)}	機能型	LIU et al. (2015) ほか
<i>BPH30</i>	染色体 4 短腕	AC-1613	2つのLRドメインを有するタンパク質 ^{c)}	機能型	SHI et al. (2021)
<i>BPH6</i>	染色体 4 長腕	Swarnalata	エクソシスト局在型タンパク質	機能喪失型	Guo et al. (2018)
<i>BPH29</i>	染色体 6 短腕	RBPH54 (<i>O. rufipogon</i> 由来)	B3 DNA 結合型ドメインを含むタンパク質	機能喪失型	WANG et al. (2015)
<i>BPH3/32</i> ^{d)}	染色体 6 短腕	Rathu Heenati, PTB33	短いコンセンサス配列を含むタンパク質	機能型	REN et al. (2016) ほか
<i>BPH1/10/18/21</i> ^{e)}	染色体 12 長腕	Mudgo, IR65482 (<i>O. australiensis</i> 由来)	CC-NBS-NBS-LRR タンパク質	機能型	ZHAO et al. (2016), Ji et al. (2016)
<i>BPH2/26</i> ^{e)}	染色体 12 長腕	ASD7, ADR52, PTB33	CC-NBS-NBS-LRR タンパク質	機能型	TAMURA et al. (2014) ほか
<i>BPH7</i> ^{e)}	染色体 12 長腕	T12	CC-NBS-NBS-LRR タンパク質	機能型	ZHAO et al. (2016)
<i>BPH9</i> ^{e)}	染色体 12 長腕	Pokkali	CC-NBS-NBS-LRR タンパク質	機能型	ZHAO et al. (2016)

^{a)} Liu et al. (2015) 論文等では *BPH3* と誤記されているが、染色体 6 短腕上の遺伝子座 *BPH3/32* とは別物である。

^{b)} 緊密に連鎖した 3 遺伝子のクラスターを形成。

^{c)} 緊密に連鎖した 2 遺伝子を形成。

^{d)} 「/」を付して繋いだ番号は異なる供与親に由来する同一アレルであることを示す。

^{e)} *BPH1/10/18/21*, *BPH2/26*, *BPH7*, *BPH9* については、同一遺伝子座における 4 種類のアレルであることを示す。

CC-NBS-NBS-LRR タンパク質をコードしていることが明らかとなった (表-2) (TAMURA et al., 2014 ; ZHAO et al., 2016 ; HYEONSO et al., 2016)。この遺伝子産物については同一の遺伝子座における四つの異なるアレルが見いだされ、それぞれ ‘Mudgo’ や ‘IR65482 (*O. australiensis* に由来)’ の保有する *BPH1/10/18/21*, ‘ASD7’ や ‘ADR52’ が保有する *BPH2/26*, ‘T12’ が保有する *BPH7*, ‘Pokkali’ が保有する *BPH9* として整理された (表-2) (ZHAO et al., 2016)。これらのうち *BPH1/10/18/21* については、KOBAYASHI et al. (2014) が *BPH1* を保有するイネ品種を加害できるトビイロウンカ個体群を選抜して、イネの *BPH1* アレルを加害できるトビイロウンカの加害性遺伝子を同定した。

一方で、‘Rathu Heenati’ や ‘PTB33’, ‘Balamawee’ については複数のトビイロウンカ抵抗性アレルを有し抵抗性崩壊が起これにくいことが知られていた。このうち ‘Rathu Heenati’ は少なくとも染色体 4 の短腕上に座乗する *BPH17* と染色体 6 の短腕上に座乗する *BPH3/32* の抵抗性アレルを持つことが明らかとなり、これまで *BPH3* 遺伝子単独の効果として説明されていた ‘Rathu Heenati’ の抵抗性の遺伝的基盤が明らかにされた。すなわち、*BPH17* 遺伝子座はレクチン受容体様キナーゼをコードする三つの遺伝子が密接に連鎖した構造を持ち (表-2) (LIU et al., 2015), *BPH3/32* アレルは短いコンセンサス

配列を含むタンパク質ドメインを有するタンパク質を産生する (表-2) (REN et al., 2016)。これら複数の抵抗性アレルが ‘Rathu Heenati’ に集積していることにより、‘Rathu Heenati’ が高度なトビイロウンカ抵抗性を示すものと推察された。なお、‘Rathu Heenati’ の *BPH3/32* アレルは高度抵抗性品種 ‘PTB33’ より同定された抵抗性アレルの一つと全く同じ配列であった (REN et al., 2016)。また、‘PTB33’ は少なくとも染色体 4 の短腕上に座乗する *BPH17* と染色体 6 の短腕上に座乗する *BPH3/32* ならびに染色体 12 の長腕上に座乗する *BPH2* の抵抗性アレルが集積していることが明らかとなった (NGUYEN et al., 2021)。

‘Balamawee’ が保有する抵抗性アレルの全貌については今後の研究の進展を待ちたい。以上の抵抗性崩壊が見られなかったトビイロウンカ高度抵抗性品種のほかに、インド型品種 ‘AC-1613’ が保有する高度抵抗性については染色体 4 の短腕上に座乗する *BPH30* が報告されている。本遺伝子座は二つの LR ドメインを有するタンパク質をコードする二つの遺伝子が密接に連鎖した構造を持っていた (表-2) (SHI et al., 2021)。

判別品種の一つとして知られる ‘Babawee’ が保有する抵抗性アレルの分子的基盤についてはいまのところ明らかになっていない。‘Babawee’ を用いた古典的な遺伝分析では、トビイロウンカ抵抗性が染色体 6 の短腕上に座

乗する単一の劣性アレル (*bph4*) による支配を受けていると報告されている。

アジアイネの祖先種である近縁の野生イネ *Oryza rufipogon* に由来する劣性アレル (*bph29*) が、アジアの各地域のトビイロウンカ個体群に対して広域抵抗性を示すことが明らかにされた (WANG et al., 2015)。本遺伝子は染色体 6 の短腕上に座乗する B3 DNA 結合ドメインを含むタンパク質の機能欠失型変異であり (表-2)、このアレルが由来の異なる複数のトビイロウンカ個体群の増殖を抑制することは興味深い。このほかに、機能喪失型変異が抵抗性アレルとして報告されたものとして、バングラデシュ産の在来品種 ‘Swarnalata’ に由来する染色体 4 の長腕上に同定された *bph6* アレルがある (表-2)。本抵抗性アレルはエクソシスト局在型タンパク質の機能喪失型変異であり、セジロウンカとトビイロウンカの複数の個体群に対して、増殖抑制効果を有した (Guo et al., 2018)。

また、遠縁の野生イネである *O. officinalis* に由来する抵抗性アレルとして *Bph14* と *Bph15* が、*O. australiensis* に由来する抵抗性アレルとして *Bph1/10/18/21* が知られている。*Bph14* は CC-NBS-LRR タンパク質を、*Bph15* はレクチン受容体キナーゼを、*Bph1/10/18/2* は CC-NBS-NBS-LRR タンパク質をコードしていた (表-2) (Du et al., 2009 ; CHENG et al., 2013 ; Ji et al., 2016)。

以上のように、南アジア原産の在来イネ品種や近縁野生イネが保有する抵抗性アレルの分子の基盤を明らかにすることが、イネのトビイロウンカ抵抗性アレルの育種利用を考えるうえで極めて重要である。

おわりに

現在、良食味や多収性といった優良品種を遺伝的背景として、複数のトビイロウンカ抵抗性遺伝子を導入した

遺伝子集積系統が作出され、ウンカに対する抵抗性が検証されている (NGUYEN et al., 2019)。今後、これらの近似同質遺伝子系統や遺伝子集積系統を用いて、日本に飛来したトビイロウンカの加害性の詳細なモニタリングを行うことで、より有望な遺伝子資源が探索されることを期待したい。トビイロウンカの抵抗性イネ判別品種のモニタリングを継続することは、トビイロウンカの加害性獲得を正確に把握するだけでなく、こうしたイネ判別品種に含まれる未知の抵抗性遺伝子資源を利用して加害性を獲得しにくい抵抗性品種を育成するために極めて重要である。

引用文献

- 1) CHENG, X. et al. (2013): Plant J. **76**: 687~698.
- 2) DU, B. et al. (2009): Proc Natl Acad Sci USA **106**(52): 22163~22168.
- 3) ——— et al. (2020): Mol Breed **40**: 24.
- 4) FUJII, T. et al. (2020): Pest Manag Sci **76**: 480~486.
- 5) ——— et al. (2021): Appl Zool Entomol **56**: 407~418.
- 6) FUJITA, D. et al. (2009): Planthoppers: new threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia. IRRI, Los Baños, p.389~400.
- 7) GUO, J. et al. (2018): Nat Genet **50**: 297~306.
- 8) HUANG, S. H. et al. (2016): J Taiwan Agric Res **65**: 84~91.
- 9) Ji, H. et al. (2016): Sci Rep **6**: 34376.
- 10) KOBAYASHI, T. et al. (2014): Proc. Roy. Soc. B: Biol. Sci. **281**: 1787.
- 11) LIU, Y. et al. (2015): Nat Biotechnol **33**(3): 334~335.
- 12) MYINT, K. K. M. et al. (2009): Appl Zool Entomol **44**: 149~153.
- 13) NGUYEN, C. D. et al. (2019): Plants (basel) **8**: 498.
- 14) ——— et al. (2021): Breed. Sci. **71**: 497~509.
- 15) REN, J. et al. (2016): Sci Rep **6**: 37645.
- 16) 寒川一成 (1992): 九病虫研究会報 **38**: 63~68.
- 17) SHI, S. et al. (2021): Mol. Plant. **14**: 1714~1732.
- 18) TAMURA, Y. et al. (2014): Sci Rep **4**: 5872.
- 19) 田中幸一 (1999): Ann Rep Kanto Pl Proc Soc **46**: 85~88.
- 20) TANAKA, K. and M. MATSUMURA (2000): Appl Zool Entomol **35**: 529~533.
- 21) WANG, Y. et al. (2015): J Exp Bot **66**(19): 6035~6045.
- 22) ZHAO, Y. et al. (2016): Proc Natl Acad Sci USA **113**: 12850~12855.

研究 報告

輸出用茶栽培のためのコミカンアブラムシ 防除農薬の検討と同種虫体および寄生芽の 混入が茶の品質に及ぼす影響

福岡県農林業総合試験場八女分場 ^{いの}井 ^{うえ}上 ^り梨 ^え絵*

はじめに

海外における緑茶の需要は増加しており、全国で海外輸出を目指す動きが活発になっている（農林水産省，2020 a）。これに伴い、福岡県では，EU，台湾向けの抹茶や玉露を生産する被覆茶園が増加している（井上ら，2021）。これらの輸出用茶栽培では，輸出相手国の残留農薬基準値（MRL：Maximum Residue Limit，以下 MRL と略す）への対応が必要であるが，チャを栽培していない輸出相手国では，MRL が設定されている農薬が少ない，あるいは極端に低い MRL が設定されているため，日本国内で一般的な防除により栽培している緑茶をそのまま輸出することは困難な状況にある（日本茶輸出促進協議会，2018）。

一番茶期に防除が必要となる害虫は，主としてカンザワハダニ *Tetranychus kanzawai* (Kishida)，コミカンアブラムシ *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe)，ツマグロアオカスミカメ *Apolygus spinolae* (Meyer-Dür) の 3 種であるが，輸出用茶栽培では輸出相手国の MRL に対応するため慣行栽培に比べて使用可能な農薬が制限される（農林水産省，2016）。カンザワハダニ，ツマグロアオカスミカメについては，福岡県の主要な輸出相手国である EU および台湾の MRL をクリアーできる農薬が複数種類存在するが，コミカンアブラムシに対しては，EU，台湾向けの被覆茶栽培で有効かつ輸出相手国の MRL をクリアーできる農薬がない。EU 向け茶栽培では，コミカンアブラムシに適用があり，日本と同等の MRL が設定されている農薬としてチアメトキサム水溶液がある。しかし，被覆条件下では本成分の一部がクロチアニジンに変化することが知られており，EU ではク

ロチアニジンの MRL が日本と比較して極めて低く設定されているため使用が難しい（農林水産省，2016）。また，台湾向けでは，コミカンアブラムシに適用があり MRL が設定された農薬はあるが，日本の設定値よりも低く（農林水産省，2016），被覆条件下では農薬成分が光分解を受けにくいいため，MRL をクリアーすることが難しい。そのため，農薬使用基準に登録された摘採前日数よりも事前に散布する等の対策が必要である。

コミカンアブラムシは，体長約 1.6 mm，だ円形，体色は暗褐色または黒褐色をした多食性の害虫で，チャでは特に新芽に寄生・吸汁し（図-1），被覆茶園で多発する傾向がある（南川・刑部，1979）。農薬に対しては概して弱い害虫であるが，繁殖力が極めて旺盛で，摘採間



図-1 新芽に寄生するコミカンアブラムシ

Searching for Control Pesticides of the Black Citrus Aphid, *Toxoptera aurantii*, for Growing Tea for Export and the Effect of Insect Contamination on Tea Quality. By Rie INOUE

（キーワード：防除，チャ，コミカンアブラムシ，MRL，輸出）

*現所属：福岡県農林水産部園芸振興課

近に多発する傾向にあるため、農薬の使用が制限される際には密度抑制が困難となる場合がある（南川・刑部, 1979）。チャの慣行栽培では、他害虫と同時防除されるケースが多いことから、本種の多発が問題となることは少ないが、EU、台湾向けの被覆茶栽培では、本種に有効な農薬がないことから問題となっている。そこで本研究では、本種虫体および寄生芽の混入が茶の品質へ及ぼす影響について検証した。さらに、EU および台湾の MRL をクリアでき、一番茶期に使用可能と想定される農薬について、虫体浸漬法とチャ葉浸漬法を組合せた方法により有効な農薬を選定するとともに、それら農薬の圃場での防除効果を検証した。

I コミカンアブラムシ虫体および寄生芽の混入が品質に及ぼす影響

試験は、2017 年 5 月に福岡県農林業総合試験場八女分場（福岡県八女市）で行った。コミカンアブラムシが 50 頭以上寄生した芽の割合を重量比で 0～40% に調整した新芽約 40 g を、50 g 用小型製茶機（株式会社寺田製作所製、ES5010）で製茶し、全国茶品評会普通煎茶審査法に準じて審査を行った（深津, 2008）。水色の評価は、抽出液をデジタルカメラ（Panasonic 製、Lumix DMC-SZ7）を用いて、すべての試験区が同一画像内に写るように撮影し、画像ソフトウェア（Adobe 社製、PhotoshopCC）を用いて取得した JPEG データから、1 試験区当たり 10 点ずつ CIEL*a*b* を測定して行った。香気の評価は、茶葉 3 g を審査茶碗に入れて熱湯を注いだ後、すくい網を用いて JA 全農ふくれん茶取引センターの査定員 3 名が行った。

その結果を表-1 に示した。水色では、寄生芽の混入率が高くなるほど、明度を示す L* 値（0 に近いと黒、100 に近いと白を示す）が低下し、色度 a* 値（正は赤、負

は緑を示す）が増加する傾向が認められた。色度 b* 値（正は黄、負は青を示す）は混入割合にかかわらずほぼ一定であった。香気は、混入率が 2% 以上では、異臭が感じられ、20% 以上では飲用に適さない品質まで低下した。

害虫の加害により製茶品質が低下する事例として、チャノホソガによる三角巻葉が混入した荒茶は、巻葉内の虫糞の影響で水色が赤みを帯び、製品の品質が低下する（小泊, 1975）ことが報告されている。今回の試験においては、コミカンアブラムシが寄生した芽の混入割合が増加すると、水色は a* が増加し赤みを増した（表-1）ことから、チャノホソガの虫糞と同様に、製茶機により粉碎されたコミカンアブラムシの虫体が荒茶に混入することで水色に影響が出たものと考えられる。また、香気については、荒茶の状態では異臭は感じられなかったが、抽出液では少量混入した場合でも異臭が確認された（表-1）ことから、荒茶に混入した虫体の臭いが熱湯で温められ発揚したためではないかと推察される。荒茶の取引においては、茶商等が熱湯抽出により水色、香気等の品質評価を購入前に行うことが多い。そのため、水色の赤みや異臭等の欠点は、取引単価の低下や不買等を招く恐れがある。本試験の結果から、摘採時に本種が 50 頭以上寄生した芽が重量比で 2% 以上見られる場合は防除が不可欠であると考えられた。

II 室内試験におけるコミカンアブラムシの薬剤感受性検定

試験は 2016 年 11 月～2017 年 1 月に実施した。供試虫は、2016 年 5 月に福岡県農林業総合試験場八女分場内チャ圃場から採集し、チャ葉で継代飼育した個体群を使用した。

供試薬剤は、福岡県の主要な輸出相手国である EU および台湾の MRL を超えるリスクが低く、一番茶期に使用可能と想定される農薬 10 種を選定した（表-2）。

薬剤感受性検定は、継代飼育したコミカンアブラムシの成虫を用いて行った。検定に際し、供試薬剤を 0.02% Tween20 加用水を用いて常用濃度に調整した。本種成虫が 10 頭程度寄生したチャ葉を所定の薬液に 10 秒間浸漬し、直径 101 mm の非晶性ポリエチレン製クリーンカップの底面に敷いたろ紙上で風乾した後、通気口を開けたふたをして室内に静置した。試験は 1 薬剤当たり 3 反復とし、供試虫数は 1 薬剤当たり 26～39 頭で行った。24 時間後の成虫の死虫数を計数し、ABBOTT（1925）の方法により補正死虫率を算出した。なお、苦悶虫は死虫として計数した。

常用濃度におけるコミカンアブラムシの薬剤感受性検

表-1 コミカンアブラムシの寄生芽混入率と水色の測色値および香気評価

寄生芽 混入率 (%)	水色の測色値			香気 ¹⁾ 評価
	L*	a*	b*	
0	71.9	-9.0	43.2	0
2	66.3	-6.9	44.2	1
3	62.5	-4.8	44.5	1
4	60.9	-1.8	44.6	2
11	61.1	-2.6	43.7	2
20	60.1	-1.8	43.4	3
30	52.6	5.8	44.2	3
40	54.0	8.0	44.8	3

¹⁾ 香気評価の基準は異臭なし：0、わずかに異臭を感じる：1、異臭を感じる：2、強い異臭を感じる：3。

表-2 コミカンアブラムシの薬剤感受性検定結果

供試薬剤	系統	希釈倍数 ¹⁾ (倍)	供試虫数 (頭)	24 時間後の 補正死虫率 (%) ²⁾
ミルベメクチン乳剤	I-6	1,000	38	100
テブフェンピラド乳剤	I-21A	1,000	30	100
脂肪酸グリセリド乳剤	—	300	38	100
デンブン液剤	—	100	30	60.0
エマメクチン安息香酸塩乳剤	I-6	1,000	26	48.4
クロルフェナピル水和剤	I-13	2,000	34	47.5
スピネトラム水和剤	I-5	2,500	39	15.0
エトキサゾール水和剤	I-10B	1,000	27	8.3
フルフェノクスロン乳剤	I-15B	4,000	29	0.4
スピロメシフェン水和剤	I-23	2,000	37	0

¹⁾ 希釈倍数はいずれも各薬剤における常用濃度。

²⁾ 各薬剤に対する無処理区の 24 時間後死虫率はデンブン液剤が 0%, エマメクチン安息香酸塩乳剤, エトキサゾール水和剤, フルフェノクスロン乳剤が 3.0%, テブフェンピラド乳剤が 3.7%, ミルベメクチン乳剤, 脂肪酸グリセリド乳剤, スピネトラム水和剤が 6.5%, クロルフェナピル水和剤, スピロメシフェン水和剤が 10.3%。

表-3 コミカンアブラムシのミルベメクチン乳剤感受性検定結果

希釈倍数 (倍)	供試虫数 (頭)	24 時間後の補正死虫率 (%)
1,000 ¹⁾	38	100
2,000	33	100
4,000	29	96.3
8,000 ²⁾	38	100
16,000	33	96.8
32,000	35	17.5

¹⁾ 1,000~4,000 倍までの試験は 2017 年 1 月 14 日に実施, 無処理区の 24 時間後死虫率は 6.5%。

²⁾ 8,000~32,000 倍までの試験は 2017 年 1 月 18 日に実施, 無処理区の 24 時間後死虫率は 6.5%。

表-5 コミカンアブラムシの脂肪酸グリセリド乳剤感受性検定結果

希釈倍数 (倍)	供試虫数 (頭)	24 時間後の補正死虫率 (%)
300 ¹⁾	31	100
600	33	100
1,200	31	86.2
2,400 ²⁾	32	54.9
4,800	35	91.2
9,600 ³⁾	33	18.9
19,200	33	12.1

¹⁾ 300~1,200 倍までの試験は 2017 年 1 月 14 日に実施, 無処理区の 24 時間後死虫率は 6.5%。

²⁾ 2,400~4,800 倍までの試験は 2017 年 1 月 18 日に実施, 無処理区の 24 時間後死虫率は 3.0%。

³⁾ 9,600~19,200 倍までの試験は 2017 年 1 月 24 日に実施, 無処理区の 24 時間後死虫率は 10.3%。

定結果を表-2 に示した。供試した 10 剤のうち, ミルベメクチン乳剤, テブフェンピラド乳剤, 脂肪酸グリセリド乳剤は, 常用濃度での 24 時間後の補正死虫率は 100% で薬剤感受性は高かった。その他の薬剤は, 補正

表-4 コミカンアブラムシのテブフェンピラド乳剤感受性検定結果

希釈倍数 (倍)	供試虫数 (頭)	24 時間後の補正死虫率 (%)
1,000 ¹⁾	30	100
2,000	32	100
4,000	29	96.4
8,000	30	79.2

¹⁾ 試験は 2017 年 8 月 29 日に実施, 無処理区の 24 時間後死虫率は 3.7%。

死虫率が 60% 以下となり, 薬剤感受性が低かった。

そこで, 薬剤感受性検定の結果から選定されたミルベメクチン乳剤, テブフェンピラド乳剤, 脂肪酸グリセリド乳剤については, 圃場で使用することを想定し, 低濃度での本種への効果を確認するため, 常用濃度から 2 倍ずつ段階希釈し, 3~7 段階の濃度に調製した薬液を用い, 同様の方法で検定した。

供試した 3 剤は, 常用濃度以下においても補正死虫率が高く (表-3, 4, 5), 特にミルベメクチン乳剤は常用濃度の 1/16 倍, テブフェンピラド乳剤は 1/4 倍の濃度でも殺虫効果が高いことが確認された (表-3, 4)。

III 圃場におけるコミカンアブラムシに対する防除効果

試験は 2017 年 6 月および 2018 年 5 月に, 福岡県農林業総合試験場八女分場内茶園で行った。供試薬剤は II 章で効果が認められ, 輸出用茶防除に有効と考えられるミルベメクチン乳剤, テブフェンピラド乳剤, 脂肪酸グリセリド乳剤とした。対照薬剤として本種に効果の高いクロチアニジン水溶剤を用いた。

脂肪酸グリセリド乳剤を対象とした防除試験には, チ

ヤ樹齢 29 年の‘おくゆたか’を用い、2017 年 6 月 13 日および 19 日に、300 倍希釈した供試薬剤を肩掛け式噴霧器で 200 l/10 a 相当量を樹冠面に散布した。散布前、1 回目散布 3、6 日後および 2 回目散布 2 日後（1 回目散布 8 日後）、4 日後（1 回目散布 10 日後）に各区の中央部 1.6 m × 2.0 m 範囲内の寄生芽数を調査し防除率を次式により算出した。なお、対照薬剤のクロチアニジン水溶剤については 6 月 13 日の 1 回散布とし、散布 8 日後以降の調査は行わなかった。

$$\text{防除率}(\%) = \left(1 - \frac{Cb}{Tb} \times \frac{Ta}{Ca}\right) \times 100$$

Cb = 無処理区の散布前寄生芽数

Ca = 無処理区の調査日ごとの寄生芽数の合計

Tb = 処理区の散布前寄生芽数

Ta = 処理区の調査日ごとの寄生芽数の合計

ミルベメクチン乳剤、テブフェンピラド乳剤を対象とした防除試験には、チャ樹齢 43 年の‘やぶきた’を用い、2018 年 5 月 3 日に 1,000 倍に希釈した供試薬剤を肩掛け式噴霧器で 400 l/10 a 相当量を樹冠面に散布した。チャでは葉裏に寄生するハダニ類の防除には 400 l/10 a を散布するよう指導しているためである。なお、対照薬剤のクロチアニジン水溶剤については散布量を 200 l/10 a としたため、ミルベメクチン乳剤は 200 l/10 a 散布区を設けた。散布前、散布 2、7 日後に各区の中央部 1.6 m × 2.0 m 範囲内の寄生芽数を調査し、防除率を前述の式により算出した。試験規模は、1 区当たり 7.2 m² (1.8 m × 4.0 m)、3 反復とした。

脂肪酸グリセリド乳剤の試験結果を表-6 に示した。

脂肪酸グリセリド乳剤の 1 回目散布 6 日後の防除率は、対照のクロチアニジン水溶剤が 75.6%であったのに対して 17.2%と低かった。2 回目散布 4 日後（1 回目散布 10 日後）の防除率も同様に 29.0%と低かった。気門封鎖型薬剤である脂肪酸グリセリド乳剤は、薬液が対象害虫の体表面に直接付着することで効果を発揮することから、数日間隔の連続散布が有効とされている。このことから、圃場における防除効果試験では、6 日間隔の 2 回散布による防除効果を検討したが、コミカンアブラムシに対して防除効果は認められなかった。同じ気門封鎖型薬剤である還元澱粉糖化物液剤によるモモカアブラムシへの防除効果を検討した事例では、気門部を含む腹面に薬剤処理した場合は 1.828~3.656 μLg/頭の投与有効成分で 65~70%の死虫率が得られたのに対し、背面処理では投与有効成分量に関係なく死亡虫が認められなかった（太田，2008）。茶園では、コミカンアブラムシは葉裏や芽、茎に生息し、腹面にある気門は虫体と寄生芽の間に存在するため、薬液が虫体の気門部を覆うことが難しく、殺虫効果を示さなかったものと推察される。ただし、本試験では散布量を 400 l/10 a へ倍量する試験は行っていないため、散布量と防除効果の関係を今後検討する必要がある。

ミルベメクチン乳剤、テブフェンピラド乳剤の試験結果を表-7 に示した。散布量を 400 l/10 a とした場合の防除率は、対照のクロチアニジン水溶剤（散布量 200 l/10 a）が 82.3%であったのに対して、ミルベメクチン乳剤が 62.6%、テブフェンピラド乳剤が 66.3%といずれも劣ったが、散布 7 日後における寄生芽数は無処理区と比べて有意に少なかった。ミルベメクチン乳剤の散布量を

表-6 脂肪酸グリセリド乳剤のコミカンアブラムシに対する防除効果¹⁾

供試薬剤	希釈倍数 (倍)	散布量 (l/10 a)	寄生芽数 (本/m ²) ^{2), 3)}			1 回目散布 6 日後の 防除率 ⁵⁾ (%)	寄生芽数 (本/m ²) ⁴⁾		2 回目散布 4 日後 (1 回目散 布 10 日後) の防除率 ⁵⁾ (%)
			1 回目 散布前	1 回目散布 3 日後	1 回目散布 6 日後		2 回目散布 2 日後 (1 回目散 布 8 日後)	2 回目散布 4 日後 (1 回目散 布 10 日後)	
脂肪酸グリセリド乳剤	300	200	8.0 ± 1.3 ns	5.8 ± 1.0 a	17.8 ± 2.4 a	17.2	15.1 ± 3.2 ns	14.7 ± 1.0 ns	29.0
クロチアニジン水溶剤 ⁶⁾	4,000	200	10.4 ± 2.8	5.5 ± 1.9 a	3.5 ± 1.4 b	75.6	—	—	—
無処理	—	—	10.2 ± 1.6	14.7 ± 2.3 b	21.7 ± 3.7 a	—	28.1 ± 5.1	31.4 ± 7.0	—

¹⁾ 薬剤散布は 2017 年 6 月 13 日、19 日に実施。

²⁾ 表中の数値は区当たりの平均値 ± 標準誤差を示す。

³⁾ 各区の異文字間は Tukey の多重検定で 5%水準で有意差あり。ns は 5%水準で有意差なし。

⁴⁾ ns は t 検定で 5%水準で有意差なし。

⁵⁾ 防除率 (%) = $(1 - Cb/Tb \times Ta/Ca) \times 100$ 。

Cb = 無処理区の散布前寄生芽数、 Ca = 無処理区の調査日ごとの寄生芽数の合計、 Tb = 処理区の散布前寄生芽数、 Ta = 処理区の調査日ごとの寄生芽数の合計。

⁶⁾ クロチアニジン水溶剤について 1 回目散布 8 日後以降の調査は未実施。

表-7 ミルベメクチン乳剤とテブフェンピラド乳剤のコミカンアブラムシに対する防除効果¹⁾

供試薬剤	希釈倍数 (倍)	散布量 (l/10 a)	寄生芽数 (本/m ²) ^{2),3)}			防除率 (%) ⁴⁾
			散布前	2 日後	7 日後	
ミルベメクチン乳剤	1,000	400	17.0 ± 3.5 ns	8.3 ± 0.9 a	11.0 ± 1.3 a	62.6
ミルベメクチン乳剤	1,000	200	12.7 ± 1.6	7.3 ± 0.7 a	10.6 ± 0.7 a	53.8
テブフェンピラド乳剤	1,000	400	14.2 ± 1.9	6.2 ± 0.5 b	8.3 ± 2.3 ab	66.3
クロチアニジン水溶剤	4,000	200	12.6 ± 2.3	4.3 ± 1.8 c	2.4 ± 0.8 b	82.3
無処理	—	—	11.0 ± 3.1	11.8 ± 1.3 a	21.5 ± 1.2 c	—

¹⁾ 薬剤散布は 2018 年 5 月 3 日に実施。

²⁾ 表中の数値は区当たりの平均値 ± 標準誤差を示す。

³⁾ 各区の異文字間は Tukey の多重検定で 5% 水準で有意差あり。ns は 5% 水準で有意差なし。

⁴⁾ 防除率 (%) = $(1 - Cb/Tb \times Ta/Ca) \times 100$ 。

Cb = 無処理区の散布前寄生芽数, Ca = 無処理区の調査日ごとの寄生芽数の合計, Tb = 処理区の散布前寄生芽数, Ta = 処理区の調査日ごとの寄生芽数の合計。

200 l/10 a とした場合の防除率は 53.8% であり、同剤の 400 l/10 a 散布と比べて薬剤散布 7 日後の寄生芽数に有意差はなかったものの、防除率は 9.8% 低かった。また、ミルベメクチン乳剤は散布量にかかわらずクロチアニジン水溶剤と比較し防除率は低かったが、無処理と比較し散布 7 日後の寄生芽数に有意差が認められた。このことから、ミルベメクチン乳剤はクロチアニジン水溶剤より劣るものの、一定の防除効果があると考えられた。

コミカンアブラムシは平均気温が 15℃ を超えると幼虫期間は 10 日程度となり極めて短期間に増殖する（小澤・佐藤, 2012）。一般的に殺虫活性のある薬剤が有効に作用するには、害虫の発生部位に直接到達することが重要であり、ナスでは、散布むらによる防除効果の低下が報告されている（谷川, 2000）。また、ミルベメクチンのチャ葉浸漬試験では、浸漬した処理葉から未処理葉へのミルベメクチンの移行はなかった（青木ら, 1994）。移行性のないミルベメクチン乳剤の場合、薬剤の散布むらが生じると直接薬液がかからなかった葉裏や芽の隙間に生息する本種の一部が生き残って増殖する可能性が考えられる。散布量を 200 l/10 a にした場合と 400 l/10 a にした場合とでは寄生芽数に有意差は生じなかったものの、防除率は 400 l/10 a のほうが高かった（表-7）。本種は摘採直前に増殖し新葉が繁茂した状態で防除する場合もあるため、散布むらが生じないよう十分量をていねいに散布することで防除効果が高まる可能性がある。

IV 被覆条件下での農薬残留試験

試験は 2016 年 4～5 月に福岡県農林業総合試験場八女分場内茶園で行った。供試薬剤は、ユーロフィン・フードアンドプロジェクト・テストイング株式会社による農薬残留分析の対象となる農薬のうち、材料および方法 2 の結果から防除効果が認められたミルベメクチン乳剤、

テブフェンピラド乳剤とした。被覆区と無被覆区を設け、1 区 9.0 m² (1.8 m × 5.0 m) とし反復は設けなかった。被覆区は、遮光率 82% の黒色被覆資材（日本ワイドクロス(株)製、ワイドスクリーン BK1212）を使用し、1.5 葉期（4 月 18 日）から摘採日（5 月 6 日）までの 18 日間直接被覆した。被覆区、無被覆区それぞれに対して、ミルベメクチン乳剤は摘採 7 日前（4 月 29 日）に、テブフェンピラド乳剤は摘採 21 日前（4 月 15 日）に、肩掛け式噴霧器を用いて 400 l/10 a 相当量の供試薬剤を散布し、5 月 6 日に摘採した。被覆資材は散布直前に除去し、薬液散布の約 1 時間後に茶株面の薬液が風乾したのを確認してから再度被覆した。散布日は、農薬使用基準に登録されている使用時期のうち摘採日に最も近い日とした。摘採したチャ葉を送带式蒸機（株式会社宮村鐵工所製、送带式蒸機 200 K）で 60 秒間蒸した後、60℃ に設定した透気式乾燥棚（カワサキ機工株式会社製、透気式乾燥機 50 K）により 4 時間乾燥した。それぞれの乾燥茶葉 200 g を十分混和した後、任意に採取した 100 g をユーロフィン・フードアンドプロジェクト・テストイング株式会社に委託し農薬残留分析を行った。得られた検出濃度を、日本、EU、台湾で設定されている MRL（農林水産省, 2020 b）と比較した。

ミルベメクチン乳剤とテブフェンピラド乳剤の被覆条件下での農薬残留値を表-8 に示した。ミルベメクチン乳剤は被覆の有無にかかわらず検出限界値以下であり、日本、EU、台湾の MRL（農林水産省, 2020 b）以下であった。テブフェンピラド乳剤は被覆の有無にかかわらず、0.16 ppm であり、EU の MRL は超過したものの、日本、台湾の MRL 以下であった。

ミルベメクチンは光により急速に分解され、チャ葉に処理した場合の半減期は 1 日以内との報告がある（青木ら, 1994）。今回、光量の少ない被覆条件下であるにも

表-8 ミルベメクチン乳剤とテブフェンピラド乳剤の被覆条件下での農薬残留分析検出濃度 (ppm)¹⁾

供試薬剤	試験区	摘採前散布時期	
		21 日前	7 日前
ミルベメクチン乳剤 ²⁾	被覆	—	n.d. ⁴⁾
	無被覆	—	n.d
テブフェンピラド乳剤 ³⁾	被覆	0.16	—
	無被覆	0.16	—

¹⁾ 摘採は 2016 年 5 月 6 日に実施。

²⁾ MRL は日本 1 ppm, EU 0.1 ppm (検出限界値相当), 台湾 2 ppm (農林水産省, 2020 b)。

³⁾ MRL は日本 2 ppm, EU 0.05 ppm (検出限界値相当), 台湾 2 ppm (農林水産省, 2020 b)。

⁴⁾ 検出限界値以下を示す。

かわらず, ミルベメクチンは検出されなかった (表-8)。既往の農薬残留試験でも, 被覆および無被覆条件下において薬剤散布 2 週間以後に摘採, 製茶した茶葉でミルベメクチンが検出された事例はない (農林水産省, 2016)。このことから, ミルベメクチン乳剤は, 本剤の MRL を低く設定している EU および台湾向けの栽培でも使用できる可能性が示唆された。

テブフェンピラド乳剤はミルベメクチン乳剤と同様に直接害虫にかからなければ効果のあらわれない薬剤であり, 浸透移行性はないが浸達性はあることから, ハダニ類には一定の残効性が認められている (岡田・福地, 2000)。本試験では, 散布量を 400 l/10 a とした場合のテブフェンピラド乳剤の防除率は, クロチアニジン水溶剤より低かったものの, 散布 7 日後の寄生芽数はクロチアニジン水溶剤と比較して有意差はなく, 一定の防除効果が認められた (表-7)。ただし, 本試験では散布むらが生じないよう散布量を 400 l/10 a としており, 散布量を 200 l/10 a とした場合の防除効果については検討が必要である。また, 緑茶の輸出に際して基準値以内であれば成分の残留が認められているが, 既往の報告でも, 薬剤散布 3 週間後に成分の残留が認められた事例がある

(農林水産省, 2016) ことから, 緑茶の輸出に際しては, 散布時期および輸出相手国の MRL に留意して使用する必要がある。

おわりに

本研究の結果から, 茶の海外輸出向けにコミカンアブラムシを防除する際の薬剤としては, ミルベメクチン乳剤が EU と台湾輸出向けに, テブフェンピラド乳剤が台湾輸出向けに利用できる可能性があることが明らかとなった。なお, 本試験で行った圃場試験結果は, 農薬登録適用拡大試験の一部として活用され, ミルベメクチン乳剤については 2018 年 5 月 30 日にコミカンアブラムシへ適用拡大された。今後, EU 並びに台湾輸出用茶栽培の使用農薬として現場での活用が期待される。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. 18: 265~267.
- 2) 青木 篤ら (1994): 日本農業学会誌 19: 125~131.
- 3) 深津修一 (2008): 茶種別審査法, 茶大百科 I, 農山漁村文化協会, 東京, p.878~882.
- 4) 井上梨絵ら (2021): 福岡県農林業総合試験場研究報告, 7 号: 80~86.
- 5) 小泊重洋 (1975): 茶研報 42: 25~30.
- 6) 南川仁博・刑部 勝 (1979): コミカンアブラムシ, 茶樹の害虫, 日本植物防疫協会, 東京, p.44~47.
- 7) 日本茶輸出促進協議会 (2018): 国産茶輸出拡大等促進支援事業, 平成 27 年度~29 年度事業実施報告, 東京, <http://www.nihon-cha.or.jp/export/results/pdf/h27-h29.pdf>
- 8) 農林水産省 (2016): 輸出相手国の残留農薬基準値に対応した病虫害防除マニュアル, 茶病虫害防除マニュアル【全体版】, 東京, https://www.maff.go.jp/j/syoutan/syokubo/boujyo/attach/pdf/export_manual-6.pdf
- 9) ——— (2020 a): お茶をめぐる情勢, お茶の輸出入の動向, 東京, <https://www.maff.go.jp/j/seisan/tokusan/cha/attach/pdf/ocha-21.pdf>
- 10) ——— (2020 b): 諸外国における残留農薬基準値に関する情報, 品目別残留農薬基準値, 東京, https://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/attach/pdf/zannou_kisei-103.pdf
- 11) 太田泰宏 (2008): 植物防疫 62: 619~623.
- 12) 岡田 至・福地俊樹 (2000): 日本農業学会誌 25: 310~320.
- 13) 小澤朗人・佐藤安志 (2012): 新改訂版・目で見える茶の病虫害第五版, 社団法人静岡県茶業会議所, 静岡, p.47~48.
- 14) 谷川元一 (2000): 日本農業学会誌 25: 292~295.



沖縄県で発生した新たな病原菌 *Podosphaera xanthii* によるオクラうどんこ病

沖縄県農業研究センター病虫管理技術開発班 澤 嶋 哲 也

はじめに

オクラ (*Abelmoschus esculentus* [L.] Moench) は、沖縄県産野菜の主要品目で、温暖な気候を活かして、主に本島中南部および石垣島、宮古島において春植の露地栽培を中心に、一部にビニールハウスやトンネルを利用した秋植栽培が行われている（沖縄県農林水産部 編, 2014）。しかし、生育初期から収穫期にかけて、葉に白色粉状のうどんこ病様の菌叢が発生し、病勢が進むと葉柄を含む葉全体に症状が拡大して後に褐変を伴い落葉することから、草勢低下が問題となっている。国内では既にオクラうどんこ病の病原菌として、舟形の分生子形態を示す *Leveillula taurica*（斉藤・倉田, 1975）が報告されているが、近年、これとは異なる病徴や分生子形態を示す菌が確認されており、新たな病原による被害の拡大が懸念されている。また、2012年にDNA塩基配列データに基づいたうどんこ病菌の新モノグラフ（BRAUN and COOK, 2012；高松, 2012）が公表されたが、これに準じた国内におけるオクラうどんこ病菌の分類・同定は検討されていない。そこで、沖縄県で発生するオクラうどん

こ病菌の形態および rDNA-ITS 領域の塩基配列に基づいた同定を行ったところ、国内で未記録の病原であることが明らかになったので、その概要を紹介する。

I 発生状況および病徴

2021年5月に沖縄県中部に位置するうるま市勝連の2地点の施設オクラ（系統名：「FM006 フタバ種苗系統」および品種名：「フィンガー5」）において、初め葉の表側に白色粉状の菌叢が生じ、後に葉全体が菌叢で覆われ褐変する症状が確認された。症状は主に下位葉から発生し、次第に上位葉へ拡大しながら株全体にまん延した（図-1A, B, C）。本症状は、内部寄生性で葉表に淡い黄色斑紋を生じ、葉裏には薄い霜状の菌叢を呈する既報の *L. taurica*（斉藤・倉田, 1975）の症状とはやや異なる特徴を示した。調査した2地点ともに5月時点で60～70%程度の高い発病株率を示した。

II 病原菌の分離

2地点の菌株を得るために、罹病葉上の分生子を9cmポリポットの培養土（与作 N-150）で育成したオクラ実

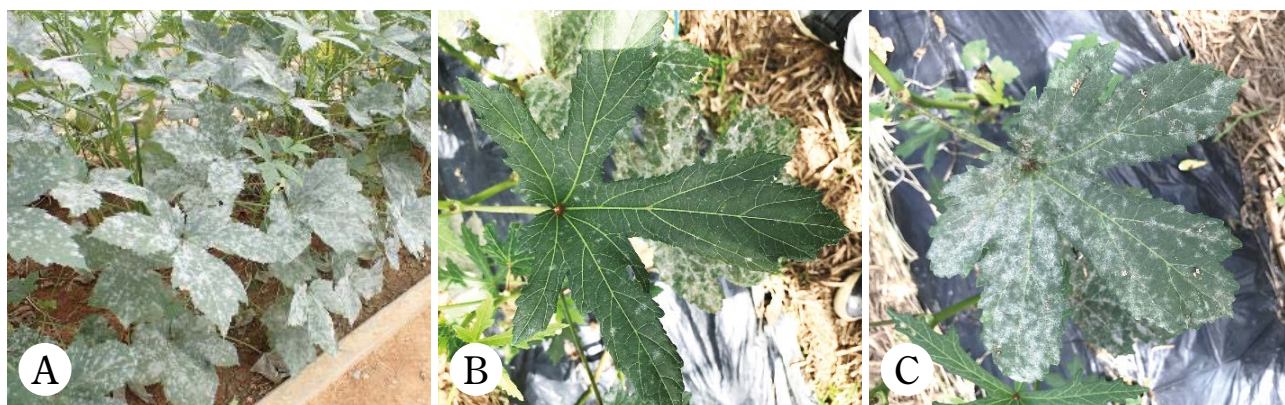


図-1 オクラうどんこ病の葉での病徴

A：下葉からの発生，B：葉の初期病徴，C：後期の激しい病徴。

Occurrence of Powdery Mildew of Okra (*Abelmoschus esculentus* [L.] Moench) Caused by a New Pathogen, *Podosphaera xanthii* in Okinawa Prefecture. By Tetsuya TAKUSHI
(キーワード：オクラ，うどんこ病，*Podosphaera*，ITS)

生苗（品種：‘五角オクラ’）の上位葉に絵筆で払い落として接種し、室温 27℃ 下においてプラスチック製の箱内にて高湿度条件で 48 時間保持した後、温度 25℃、湿度約 50～60%、1,870 lux（12 時間/日）の蛍光灯による人工気象器内（NK system：LH-220N）で育成した。30 日ごとに実生苗へ上記と同様に接種して菌株を継代維持しながら、分離菌株として KFM-1（うるま市勝連南風原由来）および HF-1（うるま市勝連平敷屋由来）の 2 菌株を獲得した。

III 分離菌の同定

1 形態学的調査

獅山(1989)の方法に従い、葉上の菌叢を透明粘着テープに付着させ、菌叢の付着面に 1 滴の水を加えてスライドグラスに貼り付け、分生子柄の大きさおよび foot-cell の長さ・形状、分生子の形成様式、分生子の形状および

大きさ、フィブロシン体の有無、菌糸上に生じる付着器の形状を光学顕微鏡で調査した。また、分生子の発芽管の形態観察は、BRAUN and COOK (2012) の方法に従い、新鮮な分生子が形成されている罹病葉を軽くたたき、プラスチック製シャーレのふたの内面に分生子を直接落下させた。湿らせたろ紙を敷いたシャーレにそのふたを被せ、内部を高湿度条件に保ちながら 48 時間 20℃ の恒温器内に静置した後、発芽管の形状を観察した。その結果、分生子柄は菌糸上に直立し、1～3 細胞からなり、円筒形で上方にかけて太くなり、大きさは KFM-1 で $61\sim137\times11\sim15\mu\text{m}$ 、HF-1 で $74\sim116\times11\sim14\mu\text{m}$ であった（図-2A）。また、foot-cell は円筒形で長さは KFM-1 で $39\sim82\mu\text{m}$ 、HF-1 で $46\sim78\mu\text{m}$ であった。分生子は菌糸より直立した分生子柄上に鎖生し、楕円形～卵形、無色、単胞、大きさは KFM-1 で $27\sim37\times15\sim21\mu\text{m}$ （L/W 比：1.5～2.2）、HF-1 で $25\sim36\times15\sim22\mu\text{m}$ （L/W 比：1.5～

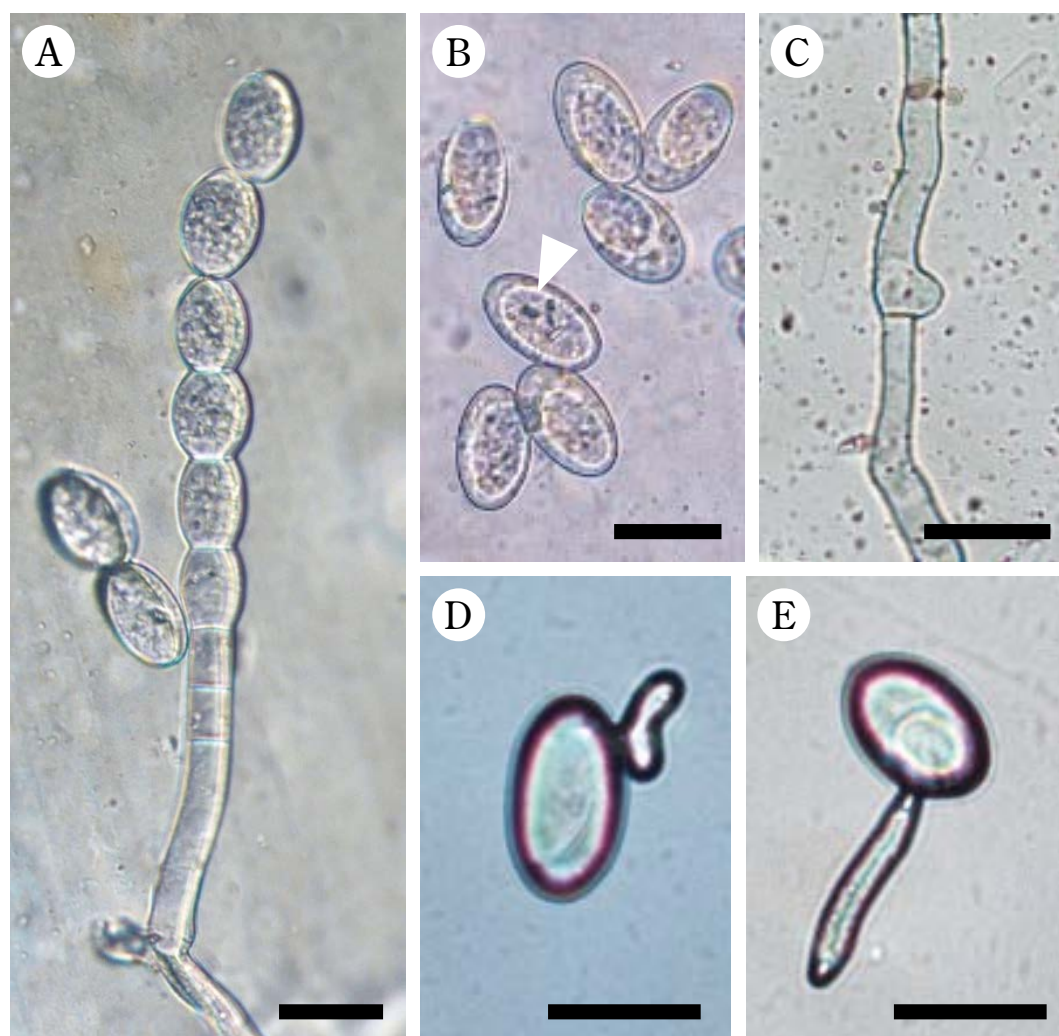


図-2 病原菌（KFM-1）の形態

A：分生子柄と連鎖する分生子，B：分生子とフィブロシン体（矢印），C：乳頭状の付着器，D，E：Fibroidium タイプの発芽管，Scale bar：25 μm 。

表-1 オクラ分離菌と既知 *P. xanthii* との形態的特徴の比較

	分離菌株		<i>Podosphaera</i> <i>xanthii</i> ¹⁾	<i>Podosphaera</i> <i>xanthii</i> ²⁾	<i>Podosphaera</i> <i>xanthii</i> ³⁾
	KFM-1 (LC647341)	HF-1 (LC647342)	(タイプ標本株)	(韓国株: MG754404)	(中国株: MH824669)
分生子					
長さ×幅 (μm)	27-37 × 15-21	25-36 × 15-22	25-45 × 14-22	27-38 × 17-23	25-35 × 17-22
(L/W 比)	1.5-2.2	1.5-2.1	1.5-1.9	1.5-2.0	1.5-2.0
形	卵形-楕円形	卵形-楕円形	卵形-楕円形	卵形-楕円形	卵形-楕円形
formation	連鎖状	連鎖状	連鎖状	連鎖状	連鎖状
フィプロシン体	あり	あり	あり	あり	あり
分生子柄					
No. of cells	1-3	1-3	1-3	—	1-3
長さ×幅 (μm)	61-137 × 11-15	74-116 × 11-14	30-100 × 10-13	120-230 × 10-12	90-270 × 8-14
foot cell (長さ)	39-82	46-78	30-100	45-75	40-78
foot cell (形)	円筒状	円筒状	円筒状	円筒状	円筒状
付着器	乳頭状	乳頭状	乳頭状	乳頭状	乳頭状
発芽管	<i>Fibroidium</i>	<i>Fibroidium</i>	<i>Fibroidium</i>	—	—

1) BRAUN and COOK (2012).

2) CHOI et al. (2018).

3) FAN et al. (2019).

—: 記載なし.

2.1) となり、いずれも内部にフィプロシン体が認められた (図-2B)。菌糸上の付着器は突起状～乳頭状であった (図-2C)。発芽管は太い棍棒状でまれに 2 又になる *Fibroidium* タイプの特徴を示した (図-2D, E)。いずれの菌株も罹病葉上での裂子のう殻の形成は認められなかった。これらの形態を海外で報告されている *Podosphaera* 属の *P. xanthii* (BRAUN and COOK, 2012; CHOI et al., 2018; FAN et al., 2019) と比較した結果、すべての項目で形態的におおむね一致した (表-1)。

2 分子系統解析

HIRATA and TAKAMATSU (1996) の方法に従い、罹病葉上の菌叢を滅菌した筆でかき取り、5%の chelex に浸漬して DNA を抽出した。rDNA-ITS 領域の遺伝子増幅は、TAKAMATSU et al. (2009) の方法に従い、nested-PCR で行った。1 回目の PCR はプライマー ITS5 および P3 (KUSABA and TSUGE, 1995) を用いて、2 回目の PCR は ITS5 および ITS4 (WHITE et al., 1990) を用いて増幅し、得られた PCR 産物を ExoSAP-IT (Thermo Fisher Scientific) で精製後に 3130xl Genetic Analyzers (Applied Biosystems) にて塩基配列を決定した。これらを DDBJ (DNA Data Bank of Japan) に登録されている塩基配列と相同性検索を行った結果、分離 2 菌株の ITS 領域の配列は海外で報告されているオクラうどんこ病菌 *P. xanthii* の同領域塩基配列 (Accession No. MG754404 および MH824669, CHOI et al., 2018; FAN et al., 2019) と 100% の相同性が認められた。また、分離 2 菌株間の相同性も 100% であっ

た。さらに沖縄県内で確認されたニガウリうどんこ病菌 *P. xanthii* (PM1: AB774158, PM2: AB774155; 澤嵜・新崎, 2020) および海外産のウリ科・ナス科野菜から分離されたうどんこ病菌 (トウガン: MW559231, キュウリ: AB026146 他, カボチャ: LC144655 他, ナス: KY947510 他) と 99.8~100% の高い相同性を示した。次に、*Podosphaera* 属菌の ITS 領域の塩基配列を DDBJ/EMBL/GenBank データベースより取得し、それらの塩基配列と分離 2 菌株の塩基配列を、ソフトウェア Clustal W (THOMPSON et al., 1994) でアライメントを行い、ソフトウェア MEGA X (KUMAR et al., 2018) を用いて、Kimura のパラメータ法 (KIMURA, 1980) に基づく近隣結合法にて系統関係を推定した。その結果、分離 2 菌株とそれらに近縁と考えられた *Podosphaera* 属の 8 種 18 菌株およびアウトグループ 1 菌株の合計 21 菌株の塩基配列データを用いた分子系統解析により、分離 2 菌株は *P. xanthii* と同一のクレードに所属した。また、上述の沖縄産ニガウリ由来菌株 (PM1, PM2) および海外産ウリ科・ナス科由来菌株とも同一のクレードであった (図-3)。以上の形態的特徴ならびに ITS 領域の部分塩基配列に基づく分子系統解析による既知種との比較により、分離 2 菌株を *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff と同定した。なお、本研究で明らかにした ITS 領域の塩基配列は DDBJ に登録・公開した (KFM-1: LC647341 および HF-1: LC647342)。

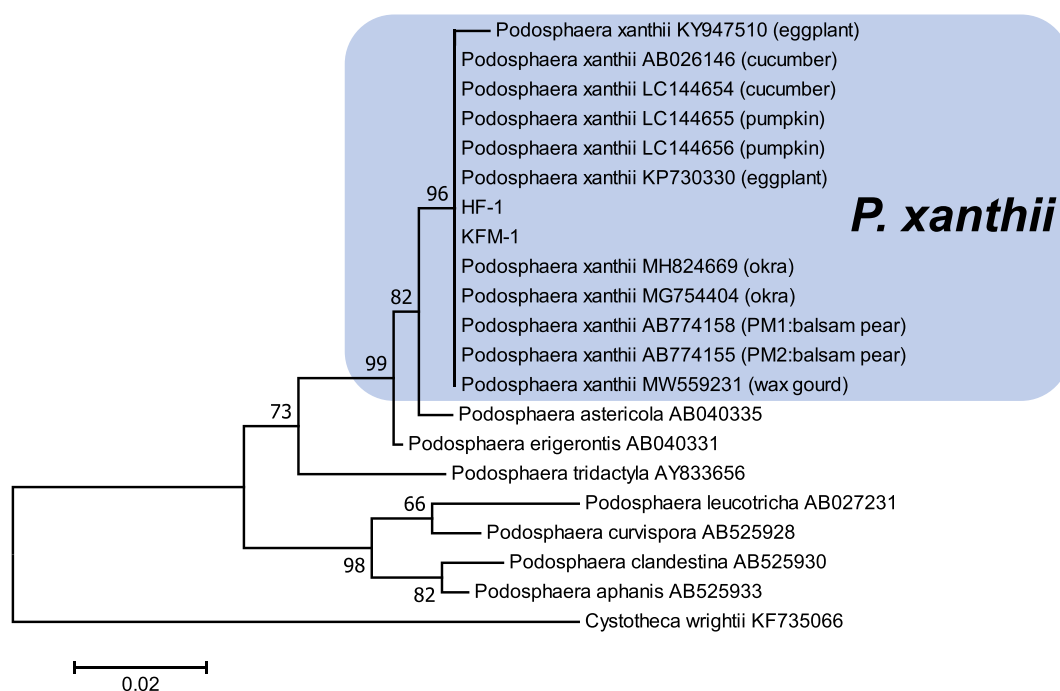


図-3 オクラうどんこ病菌 *P. xanthii* の ITS 領域の塩基配列に基づく分子系統樹 (NJ 法)
分離菌: KFM-1 および HF-1.



図-4 オクラ苗葉における分生子接種による原病徴の再現

IV 分離菌の病原性

分離菌株 (KFM-1) が生育する罹病葉上に形成された分生子を、直径 9 cm のポリポットに移植して栽培した健全なオクラ (品種: ‘ブルースカイ’) の上位 3 葉に、降りかかるように滅菌した筆で払い落として接種した。なお、接種には 6 個体を用い、対照区として無接種の個体も設置した。接種植物はプラスチック製の箱内に保持し、ふたの開閉を調整して 27℃ 室内下で 48 時間は湿度約 90% 以上の高湿度条件に維持し、その後は上記の人工気象器内に移して管理し、発病状況を経時的に観察した。その結果、接種した全個体において、接種 5~7 日

後から、接種葉に小型の白色粉状の菌叢が円形に生じ、接種 14 日後には菌叢が拡大し葉全体を白粉が覆った (図-4)。これらの症状はいずれも原病徴と一致し、病斑部には上記の形態的特徴を有する接種菌が再確認された。一方、対照区では発病は認められなかった。以上の結果より、分離菌株が本病害の病原であることが明らかとなった。

お わ り に

海外では韓国および中国において、オクラうどんこ病の病原として既に *P. xanthii* が報告されているが (Choi et al., 2018; Fan et al., 2019), 国内のオクラでは本種を

病原とする記録はないことから、オクラうどんこ病に *P. xanthii* の病原追加を提案した(澤岬ら, 2022)。近年では2021年5月に沖縄県石垣島のオクラ栽培において、発生圃場率が100%となる本病大発生による発生予察注意報が発令されており(沖縄県病害虫防除技術センター, 2021)、本報告で示した葉全体が白粉で覆われる外部寄生性による病徴が観察されていることから、本菌によるさらなる被害拡大が推察される。しかし、県内における既報のオクラうどんこ病菌 *L. taurica* (斉藤・倉田, 1975) と今回明らかになった *P. xanthii* との発生頻度や分布は不明なため、今後は県全域における発生圃場での実態調査と併せて、防除対策も考慮した両者の薬剤感受性試験についても継続して行う必要がある。また、国内では本菌の寄主植物としてカボチャ、キュウリ、ニガウリ、トウガンおよびナス等が報告されており(高松, 2012; 澤岬・新崎, 2020)、今回の ITS 領域に基づく分子系統樹でも、これら植物からの分離株が遺伝的に非常に近縁であることが示されていることから、野外におけるこれら植物とオクラとの植物間で、本菌が相互感染するのかが

うかについて、各植物の分離菌を用いた交互接種試験による確認も必要である。

引用文献

- 1) BRAUN, U. and R. T. A. COOK (2012): Biodiversity Series No. 11. CBS, Utrecht, The Netherlands, p.165~167.
- 2) CHOI, I. et al. (2018): Plant Dis 102: 1663.
- 3) FAN, C. et al. (2019): ibid. 103: 1027.
- 4) HIRATA, T. and S. TAKAMATSU (1996): Mycoscience 37: 283~288.
- 5) KIMURA, M. (1980): J. Mol. Evol. 16: 111~120.
- 6) KUMAR, S. et al. (2018): Mol. Biol. Evol. 35: 1547~1549.
- 7) KUSABA, M. and T. TSUGE (1995): Curr Genet. 28: 491~498.
- 8) 沖縄県農林水産部 編 (2014): 沖縄県野菜栽培要領, 沖縄県農林水産部 (沖縄): 112~115.
- 9) 沖縄県病害虫防除技術センター (2021): 令和3年度病害虫発生予察注意報, 第3報.
- 10) 斉藤 正・倉田宗良 (1975): 日植病報 41: 269 (講要).
- 11) 獅山慈孝 (1989): 植物病理学実験マニュアル, 養賢堂, 東京, p.13~15.
- 12) TAKAMATSU, S. et al. (2009): Mycol Res. 113: 117~129.
- 13) 高松 進 (2012): 三重大院生資紀要 38: 1~73.
- 14) 澤岬哲也・新崎千江美 (2020): 日植病報 86: 273~277.
- 15) ———ら (2022): 同上 88: 27~30.
- 16) THOMPSON, J. D. et al. (1994): Nucl. Acids Res. 22: 4673~4680.
- 17) WHITE, T. J. et al. (1990): PCR protocols, a guide to methods and applications, Academic Press, New York, p.315~322.

発生予察情報・特殊報 (2022.6.1~6.30)

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

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

- ビワ：ビワキジラミ(京都府：初) 6/10
- トマトキバガ(侵入警戒トラップでの誘殺)(和歌山県：初) 6/13
- ナス：クロテンコナカイガラムシ(岡山県：初) 6/14

- ネギ：ネギえそ条斑病(岡山県：初) 6/14
- センリョウ：カシルリオトシブミ(愛知県：初) 6/17
- サツマイモ：サツマイモ基腐病(兵庫県：初) 6/23
- リンドウ：トマト黄化葉巻ウイルス(岡山県：初) 6/27



ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで 誘引されたチョウ目昆虫

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・東京農工大学農学部生物資源開発学科

国立大学法人新潟大学 佐渡自然共生科学センター

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
植物防疫研究部門・筑波大学生命環境系

よし 吉
まつ 松
しん 慎
いち 一
わた 綿
びき 引
だい 大
すけ 祐
た 田
ばた 端
じゅん 純

はじめに

ヤガ科ツマジロクサヨトウ *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) はトウモロコシ等の農作物の重要害虫であり、元々はアメリカ大陸で広く発生していたが、2016年にアフリカ大陸、2018年夏にはインドで、2019年1月には中国で発生が確認された(松村ら, 2019)。さらに2019年6月には台湾と韓国、その後2019年7月には遂に鹿児島県で日本初の発生が確認され、この年は日本国内で合計21県、2020年は42道府県から発生が報告された(大塚, 2022)。

そのような状況を受けて、2019年度には生物系特定産業技術研究センターの「イノベーション創出強化研究推進事業(第1回緊急対応課題)」として「ツマジロクサヨトウの効率的な発生予察と防除対策の確立に向けた緊急研究」が実施された。その後、我々は2020~22年度までの予定で、生物系特定産業技術研究センターの「イノベーション創出強化研究推進事業(JPJ007097)」【開発研究ステージ】として「ツマジロクサヨトウの効率的な発生予察技術と防除対策技術の開発」(02027C)を実施中であり、本研究はその成果である。

現在実施中の上述の課題の一部で我々はツマジロクサヨトウのフェロモントラップで誘引されるチョウ目昆虫の識別法の開発を担当しており、2019~21年度の間に日本国内においてフェロモントラップで誘引された標本や情報を公設試等から提供いただいた。フェロモントラップでは標的種以外の昆虫種が採集されることが多い。そのため、正確な発生予察を行うためには、標的種とそれ以外の種を正確に同定し、識別することが重要であ

る。次に、フェロモントラップで捕獲される種は、誘引可能性が低い種や不明の種、すなわち偶然捕獲されたと考えられる種もあるため、こういった種を識別・除外して重要度の高い種の識別法を開発する。本報告では識別法開発の第一段階として、まずは捕獲された種の一覧を示すとともに誘引可能性について考察した。実際の識別法については「おわりに」でも記述したように今後マニュアルで詳細に公表の予定である。

標本や情報、アドバイス等を提供いただいた農研機構安濃野菜研究拠点の河野勝行博士、農研機構植物防疫研究部門の中野亮上級研究員、元高知県農業技術センターの山下泉氏、当福岡県農林業総合試験場の吉永文浩氏、大分県農林水産研究指導センターの玉嶋勝範氏、鹿児島県農業開発総合センター病理昆虫研究室の各位、鹿児島大学農学部の坂巻孝准教授にはお礼申し上げます。新潟県佐渡市におけるトラップ類の設置にご協力いただいた合同会社トキの会の板垣徹氏とトキの里探検隊の桜井卓氏にはお世話になった。農研機構植物防疫研究部門の真田幸代グループ長、安居拓恵グループ長補佐、村田未果上級研究員には公設試や農研機構内との連絡・調整等でご尽力いただいた。また、農研機構植物防疫研究部門の田中絵里氏には情報や標本の整理等をお手伝いいただいたので感謝する。

Ⅰ 調査地点とフェロモントラップ用誘引剤

本州では、新潟県で2021年度、茨城県で2021年度、三重県で2020~21年度、四国では高知県で2020年度、九州・沖縄では福岡県で2019年度、大分県で2020~21年度、鹿児島県で2020~21年度、沖縄県で2020年度に実施された調査により得られた標本や情報を利用した。フェロモントラップ用誘引剤は新潟県、茨城県、三重県、高知県、大分県では米国製(Alpha Scents社)と中国製(Henan Jiyeun Baiyun Industry社)が利用された。福岡県では中国製(同社)が使用された。これらの製品はいずれ

Lepidopteran Species Lured by the Pheromone Trap for *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). By Shin-ichi YOSHIMATSU, Daisuke WATABIKI and Jun TABATA

(キーワード: クサシロキヨトウ, 非標的種, 捕獲時期, 誘引可能性)

もツマジロクサヨトウのフェロモン成分として知られる (Z)-9-テトラデセニルアセテート (以下, Z9-14:OAc), (Z)-11-ヘキサデセニルアセテート (Z11-14:OAc), (Z)-7-ドデセニルアセテート (Z7-12:OAc), (Z)-9-ドデセニルアセテート (Z9-12:OAc) (MITCHELL et al., 1985) を含む。鹿児島県では市販品と同等の4成分 (それぞれ1.0, 0.2, 0.01, 0.005 mg) から成る誘引剤および誘引に必須な2成分 (Z9-14:OAc 1.0 mg と Z7-12:OAc 0.01 mg) のみを含む誘引剤 (FLEISCHER et al., 2005; WAKAMURA et al., 2020) を作成して利用した。沖縄県では鹿児島県と同じ2成分の誘引剤を利用した。

具体的な調査地は以下の通りである。新潟県佐渡市, 茨城県つくば市, 三重県津市, 高知県南国市, 福岡県 (福岡市, 筑紫野市, 久留米市), 大分県豊後大野市, 鹿児島県南さつま市, 沖縄県糸満市。

II 捕獲されたチョウ目昆虫

今回は、北海道こそ入っていないが、本州、四国、九州、沖縄の日本の広範な地域をカバーし、また厳冬を除く年間を通して調査した標本や情報を複数年間にわたり得ることができたので、我が国においてツマジロクサヨトウのフェロモントラップで誘引される可能性のある種についてはかなり信頼性の高い結果を得ることができたのではないかと思う。

結果的には、ツマジロクサヨトウのフェロモントラップで捕獲されたチョウ目昆虫は合計40種であった (表-1)。今回はファネルトラップも一部利用しているので、すべての場合が当てはまるわけではないが、粘着トラップの場合は鱗粉が脱落し、翅の斑紋の観察が難しくなり、翅の斑紋に依存した種の同定が困難になる場合も多い。それ以外にも類似した外見の種が多く同定が難しいグループもあるので、そのような場合は交尾器を解剖して正確に同定を行った。今回利用したフェロモン剤には基本的には雄しか誘引されない。そのため、特に採集された個体数が1~2個体程度の少数の場合は、それらすべての個体の翅刺 (前翅と後翅の連結装置)、触角、交尾器の形態等を観察することで雌雄を判別し、雄が採集された場合のみリストにあげ、雌だけしか採集されていない場合は偶発的な混入と判断し、このリストからは除外している。なお、表-1のフェロモン成分に関する情報については安藤・山本のデータベース (https://lepipheromone.sakura.ne.jp/lepi_phero_list.html) を参照した。

野菜害虫のフェロモントラップに混入する非標的種のチョウ目昆虫に関しては、河野 (2015; 2016; 2021 等) の一連の研究があり、その内容は農研機構 (2017;

2020) の手引として取りまとめられている。本手引は、概要に記述されているように“野菜類の害虫として重要であるオオタバコガ *Helicoverpa armigera* (Hübner), タバコガ *Helicoverpa assulta* (Guenée), タマナギンウワバ *Autographa nigrisigna* (Walker), ハスモンヨトウ *Spodoptera litura* (Fabricius), ヨトウガ *Mamestra brassicae* (Linnaeus), コナガ *Plutella xylostella* (Linnaeus), シロイチモジヨトウ *Spodoptera exigua* (Hübner) の発生予察用フェロモン剤に特異的に誘引される (本報告での誘引可能性, 高, 中に該当する) チョウ目昆虫について紹介し, それぞれの写真を示すことによって識別の助けとなることを目的として作成”されている。これらは我が国在来の害虫種であるが, アメリカ大陸原産の侵入種であるツマジロクサヨトウ用の製剤には20種ものチョウ目昆虫非標的種の誘引可能性が高いと考えられ, そのほかにも誘引可能性中が3種あり, 多数の種が誘引されることが, 今回の調査を通じて初めて判明した。

1 誘引された可能性が高い種

表-1において、フェロモン成分の列で太字・下線のある成分はツマジロクサヨトウのフェロモンと共通であるので、それらをフェロモンに含む14種については、1個体しか採集されていない場合でも誘引可能性の列に記述したように誘引された可能性が高いと判別した。このうち、ハスモンヨトウについては、フェロモンの活性成分はツマジロクサヨトウのものとは異なるが、重複した成分 (Z9-14:OAc) をメス成虫が放出することが知られているので (玉木ら, 1976), 両者が同属種であることも考慮し, これも誘引されたとみなした。クサシロキヨトウはフェロモンに共通成分を含み, すべての調査地で合計1,000頭以上 (未提供分を含まない) と大量に捕獲されている (図-1)。また, 捕獲頻度が高い種でフェロモン成分が未知の8種については, 農研機構 (2017; 2020) において偶然捕獲されやすい種とされているシロオビノメイガ, ワモンノメイガの2種以外の6種を誘引された可能性が高い種として暫定的に扱った。そのうち, ホソバセダカモクメはフェロモン組成不明であるが複数地点において合計200頭以上が採集されており (三重県の採集個体数が多いが), 誘引されている可能性はかなり高いと考える。ただし, フェロモン成分が未解明の種については, ある地域で大量発生した際に捕獲頻度が高くなることもあり得るため, そのような場合は必ずしも誘引されていると言えないかもしれない。

2 誘引された可能性が中程度の種

単一地点で2~4個体捕獲されており, フェロモン成分が未解明のオオカブラヤガ, シロナヨトウ, チャオビ

表-1 ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで捕獲されたチョウ目昆虫の種一覧と捕獲時期・頻度, 誘引可能性, フェロモン成分・文献

科名/種名	捕獲時期	捕獲頻度	誘引可能性	フェロモン成分	文献番号
ヤガ科 ツマジロクサヨトウ <i>Spodoptera frugiperda</i>	全国データを参照のこと	◎	標的種	<u>Z9-14:OAc*</u> + <u>Z9-12:OAc*</u> + <u>Z7-12:OAc*</u> + <u>Z11-16:OAc*</u> (81.61:0.25:0.45:17.69)	19)
アワヨトウ <i>Mythimna separata</i>	11 月中下	▲	高	<u>Z11-16:OAc*</u> + Z11-16:OH* (4:1-9:1)	23)
イチジクキンウバ <i>Chrysodeixis eriosoma</i>	5 月上	◎	高	<u>Z7-12:OAc*</u> + <u>Z9-12:OAc*</u> (50:1) or <u>Z9-14:OAc?</u> (5:1)	4)
イラクサギンウバ <i>Trichoplusia ni</i>	4 月上~5 月上	○	高	<u>Z7-12:OAc*</u> + <u>Z5-12:OAc*</u> + <u>11-12:OAc*</u> + <u>Z9-14:OAc*</u> + <u>Z11-16:OAc*</u> (100:7.2:2.9:0.3:0.1) + other components	5)
ウスキトガリキリガ <i>Telorta acuminata</i>	10 月下~11 月上	▲	低	Z11-16:Ald?	2)
オオカブラヤガ <i>Agrotis tokionis</i>	9 月下~10 月中	○	中	未知	
オオシラナミアツバ <i>Hipoepa fractalis</i>	9 月下~10 月下	▲	不明	未知	
オオバコヤガ <i>Diarsia canescens</i>	11 月上中下	▲	不明	未知	
カブラヤガ <i>Agrotis segetum</i>	6 月上中, 9 月上中下	◎	高	<u>Z7-12:OAc*</u> + <u>Z9-14:OAc*</u> + Z7-12:OH* (10:5:2) + other components	17)
カラスヨトウ <i>Amphipyra livida</i>	9 月中~12 月下	◎	高	未知	
キマダラコヤガ <i>Emmelia trabealis</i>	9 月上	▲	低	Z5-10:OAc?	3)
クサシロキヨトウ <i>Mythimna loreyi</i>	3 月中~12 月下	◎	高	<u>Z9-14:OAc*</u> + <u>Z11-16:OAc*</u> + <u>Z7-12:OAc*</u> (20:5:2)	24)
クシナシスジキリヨトウ <i>Spodoptera cilium</i>	10 月中	▲	高	<u>Z9-14:OAc?</u> + Z9,E11-14:OAc?	6)
クロクモヤガ <i>Hermonassa cecilia</i>	10 月中~11 月中	◎	高	<u>Z9-14:OAc?</u> + Z9-14:Ald? (9:1)	2)
シロナヨトウ <i>Spodoptera mauritia</i>	11 月下	○	中	未知	
シロヘリキリガ <i>Orthosia limbata</i>	3 月下~4 月上	▲	高	<u>Z9-14:OAc?</u> + Z9-14:Ald? (9:1)	2)
スジキリヨトウ <i>Spodoptera depravata</i>	6 月下~10 月上	◎	高	<u>Z9-14:OAc*</u> + Z9,E12-14:OAc* (4:1-9:1)	16)
タバコガ <i>Helicoverpa assulta</i>	11 月上	▲	高	Z9-16:Ald* + Z9-16:OAc* + Z11-16:Ald* + <u>Z11-16:OAc*</u> (100:30:5:1.5) + other components	7)
タマナヤガ <i>Agrotis ipsilon</i>	2 月中, 7 月下~8 月上, 10 月中	◎	高	<u>Z7-12:OAc*</u> + <u>Z9-14:OAc*</u> + <u>Z11-16:OAc*</u> (70.5:14.2:15.3)	9)
チャオビヨトウ <i>Nipponyx segregata</i>	8 月下~9 月中	○	中	未知	
テンウスイロヨトウ <i>Athetis dissimilis</i>	5 月中下	▲	低	Z9-14:OH?	1)
トビスジアツバ <i>Herminia tarsicrinalis</i>	9 月下	▲	不明	未知	
ニセタマナヤガ <i>Peridroma saucia</i>	3 月下~4 月下	◎	高	<u>Z11-16:OAc*</u> + <u>Z9-14:OAc*</u> (3:1)	11)
ハスモンヨトウ <i>Spodoptera litura</i>	6 月中~11 月下	◎	高	Z9,E11-14:OAc* + Z9,E12-14:OAc* (9:1) + <u>Z9-14:OAc*</u> + E11-14:OAc*	25)
ヒメネジロコヤガ <i>Maliattha signifera</i>	7 月下~9 月下	◎	高	未知	
フタテンヒメヨトウ <i>Hadjina biguttula</i>	9 月中	▲	不明	未知	
ホソバセダカモクメ <i>Cucullia fraterna</i>	3 月下~10 月中	◎	高	未知	
ワタアカキリバ <i>Cosmophila flava</i>	10 月下~11 月上	▲	不明	未知	
ツトガ科 シロオビノメイガ <i>Spoladea recurvalis</i>	5 月下~6 月上, 9 月下~11 月上	◎	低	未知	
シロテンウスグロノメイガ <i>Bradina atopalis</i>	6 月上中	▲	不明	未知	
チビスカンノメイガ <i>Glyphodes duplicalis</i>	5 月中	▲	不明	未知	
モモノゴマダラノメイガ <i>Conogethes punctiferalis</i>	7 月下	▲	低	E10-16:Ald* + Z10-16:Ald* (9:1)	15)
ワモンノメイガ <i>Nomophila noctuella</i>	6 月下~10 月上	◎	低	未知	
シャクガ科 キナミシロヒメシャク <i>Scopula superior</i>	9 月上	▲	不明	未知	
トビスジヒメナミシャク <i>Orthonama obstipata</i>	6 月上	▲	不明	未知	
ニッコウナミシャク <i>Amoebotricha grataria</i>	10 月下~11 月上	▲	不明	未知	
メイガ科 アカマダラメイガ <i>Oncocera semirubella</i>	5 月中~6 月下, 8 月上~10 月下	◎	高	未知	
コナガ科 コナガ <i>Plutella xylostella</i>	5 月下~6 月上, 9 月下, 11 月上~12 月上	◎	高	<u>Z11-16:OAc*</u> + Z11-16:Ald* (2:3-3:2)	26)
キバガ科 イモキバガ <i>Helcystogramma triannulellum</i>	8 月上中下, 10 月中	◎	高	未知	
コブガ科 クロスジシロコブガ <i>Nola taeniata</i>	8 月上~11 月中	◎	高	未知	

捕獲種数の多い科より配列し, 種名は科ごとにあいうえお順に配列した. コナガ科の科名は日本産蛾類標準図鑑Ⅲ(広渡ら, 2013)に従った.

捕獲頻度: ◎: 複数地点か単一地点で5個体以上, ○: 単一地点で2~4個体, ▲: 単一地点で1個体.

誘引可能性: 標的種, 高, 中, 低, 不明.

フェロモン成分: *: ♀が生産する成分として化学的に同定されたもの, ?: ♀がトラップされた誘引現象の報告のみ.

太字・下線: 市販のツマジロクサヨトウ誘引剤に含まれる成分(太字・下線の成分がある種はトラップに入る可能性が高いと考えられる).

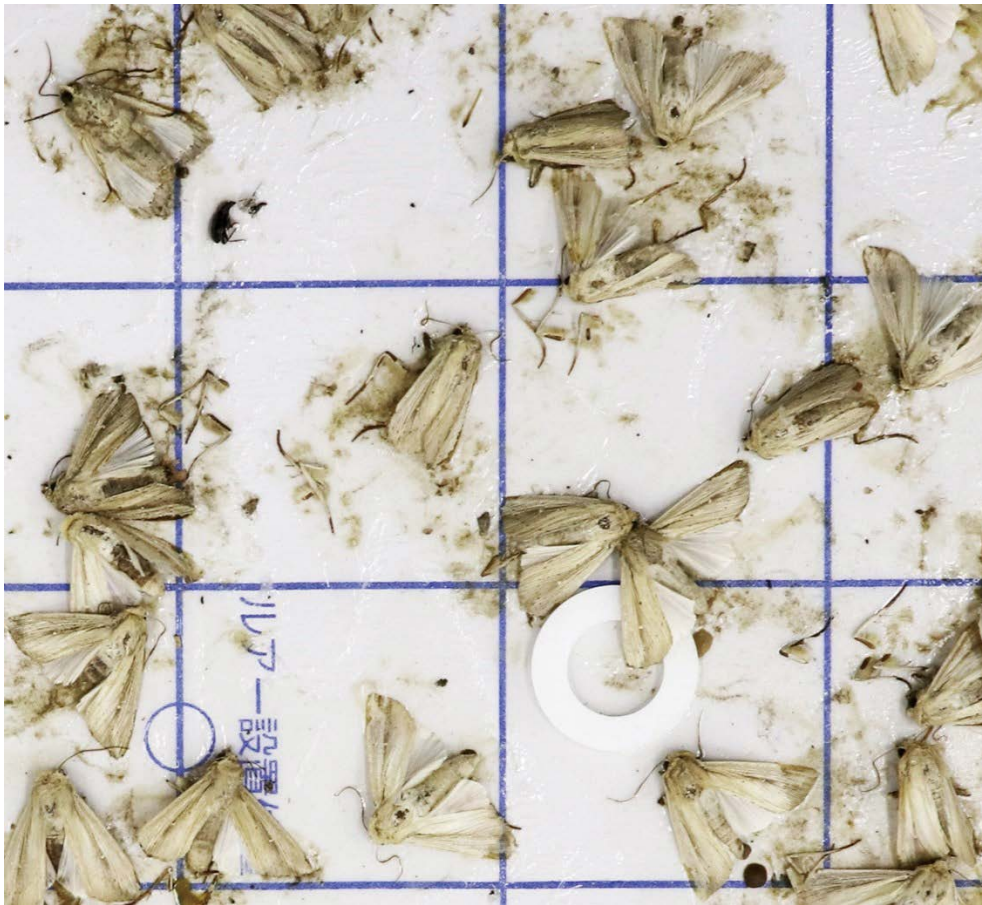


図-1 ツマジロクサヨトウ用フェロモントラップで捕獲されたチョウ目昆虫
この画像内では全ての個体がクサシロキヨトウ（福岡県，2019年11月上旬設置）。

ヨトウの3種については，誘引可能性が中の種としておきたい。

3 誘引された可能性の低いまたは不明の種（偶然捕獲された種）

シロシタヨトウ *Sarcopolia illoba* (Butler)，クサシロキヨトウ，カブラヤガ，スジキリヨトウ，シロオビノメイガ，ワモンノメイガの6種は農研機構（2017；2020）において偶然捕獲されやすい種とされている。このうちシロシタヨトウについては今回雌しか採集されていないのでリストには掲載していない。クサシロキヨトウ，カブラヤガ，スジキリヨトウはツマジロクサヨトウと共通のフェロモン成分を持ち，多数採集されているので，偶然捕獲されたものではないと考えられるが，シロオビノメイガ，ワモンノメイガについては，フェロモン成分未解明であるので，誘引可能性は低い，つまり偶然捕獲された種としておきたい。また，偶然捕獲されやすいとされている上記6種ではないが，フェロモン成分に共通成分を含まないウスキトガリキリガ，キマダラコヤガ，テンウスイロヨトウ，モモノゴマダラノメイガの4種につい

ても誘引可能性は低い種として扱っておきたい。今回の調査で1個体しか捕獲されておらず，フェロモン成分未解明の10種については，誘引可能性は不明としておく。

お わ り に

農研機構（2017；2020）によると，我が国での野菜害虫発生予察用各種フェロモントラップにより特異的に誘引される（本報告での誘引可能性，高，中に該当する。以下同様）チョウ目昆虫の種の判明状況は以下の通りである。オオタバコガ用には非標的種（以下同様）14種が特異的に誘引され，また，地域によってはこれら以外の2種も誘引される。タバコガ用には近縁なオオタバコガは誘引されず，マイマイガ *Lymantria dispar* (Linnaeus) のみ誘引される。タマナギンウバ用には4種が誘引される。ハスモンヨトウ用には3種が誘引され，それ以前に誘引されることが知られていた2種は機会的に捕獲されたと考えられた。ヨトウガ用には4種が，コナガ用には6種が，また，シロイチモジヨトウ用には3種が特異的に誘引される。以上のフェロモントラップのうち，最

も多く非標的種が誘引されるのはオオタバコガ用の14～16種であり、他は6種以下となっている。

また、今回は標的種のツマジロクサヨトウと同じヤガ科には、誘引された可能性が高い16種と誘引可能性が中の3種も含まれるので、特にこれらの種との識別には注意が必要である。これらのうち主要な一部の種との識別法については農林水産省消費・安全局植物防疫課・横浜植物防疫所（2021）のマニュアルで公表されているので参考にして欲しい。また、今回新たに判明した誘引される種に関しては、今後同マニュアルの改訂版で識別法を公表の予定である。

引用文献

- 1) ANDO, T. et al. (1977): Agric. Biol. Chem. **41**: 1485～1492.
- 2) ——— et al. (1981): ibid. **45**: 487～495.
- 3) ARN, H. et al. (1983): J. Chem. Ecol. **9**: 267～276.
- 4) BENN, M. H. et al. (1982): Z. Naturforsch. **37**: 1130～1135.
- 5) BJOSTAD, L. B. et al. (1984): J. Chem. Ecol. **10**: 1309～1323.
- 6) CAMPION, D. G. (1975): Meded. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. **40**: 283～292.
- 7) CORK, A. et al. (1992): J. Chem. Ecol. **18**: 403～418.
- 8) FLEISCHER, S. J. et al. (2005): J. Econ. Entomol. **98**: 66～71.
- 9) GEMENO, C. and F. F. HAYNES (1998): J. Chem. Ecol. **24**: 999～1011.
- 10) 広渡俊哉ら 編 (2013): 日本産蛾類標準図鑑Ⅲ, 学研教育出版, 東京, 360 pp.
- 11) INOMATA, S. et al. (2002): Biosci. Biotechnol. Biochem. **66**: 2461～2464.
- 12) 河野勝行 (2015): 植物防疫 **69**: 573～577.
- 13) ——— (2016): 農耕と園芸 **71**: 12～16.
- 14) ——— (2021): 植物防疫 **75**: 211～216.
- 15) KONNO, Y. (1982): Appl. Entomol. Zool. **17**: 207～217.
- 16) 栗原政明 (1991): 応動昆虫 **35**: 323～324.
- 17) LÖFSTEDT, C. et al. (1982): J. Chem. Ecol. **8**: 1305～1321.
- 18) 松村正哉ら (2019): 植物防疫 **73**: 434～438.
- 19) MITCHELL, E. R. et al. (1985): J. Econ. Entomol. **78**: 1364～1369.
- 20) 農研機構 (2017; 2020): 野菜害虫発生予察用フェロモントラップに混入する非標的チョウ目昆虫識別の手引《2019年増補改訂版》, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/078755.html (2022年4月14日参照)
- 21) 農林水産省消費・安全局植物防疫課・横浜植物防疫所 (2021): 「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル本編 (第2版), https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/attach/pdf/tumajiro-150.pdf (2022年6月13日参照)
- 22) 大塚 彰 (2022): NARO Tech. Rep. (11): 34～37.
- 23) 高橋正三ら (1979): 応動昆虫 **23**: 78～81.
- 24) TAKAHASHI, S. et al. (1980): Appl. Entomol. Zool. **15**: 499～501.
- 25) 玉木佳男ら (1976): 応動昆虫 **20**: 81～86.
- 26) TAMAKI, Y. et al. (1977): Appl. Entomol. Zool. **12**: 208～210.
- 27) WAKAMURA, S. et al. (2020): ibid. **56**: 19～25.

(登録が失効した農薬 23 ページからの続き)

「除草剤」

- クロリムロンエチル水和剤
22343: デュボンアトラクティブ (コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社) 22/6/7
- トリフルメゾピリム粒剤
24122: デュボン ゼクサロン箱粒剤 (コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社) 22/6/7
- エスプロカルブ・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
18558: スパークスター 1 キロ粒剤 (日産化学株式会社) 22/6/10
- エスプロカルブ・ジフルフェニカン乳剤
22778: バンバン乳剤 (日産化学株式会社) 22/6/10
- エスプロカルブ・ピラゾスルフロンエチル・ペノキスラム・ベンゾビシクロン粒剤
22783: フォーカード 1 キロ粒剤 (日産化学株式会社) 22/6/10
- DCMU 水和剤
22299: カーメックス-D (第一農薬株式会社) 22/6/13
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
21549: 三井東圧クサカリテイオー 1 キロ粒剤 75 (三井化学アグロ株式会社) 22/6/29
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
21551: 三井東圧クサカリテイオー 1 キロ粒剤 51 (三井

化学アグロ株式会社) 22/6/29

- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤
21846: 三井東圧クサカリテイオー L フロアブル (三井化学アグロ株式会社) 22/6/29
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン水和剤
21848: 三井東圧クサカリテイオー フロアブル (三井化学アグロ株式会社) 22/6/29
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
22503: 三井東圧クサカリテイオー ジャンボ (三井化学アグロ株式会社) 22/6/29
- プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
22505: 三井東圧クサカリテイオー L ジャンボ (三井化学アグロ株式会社) 22/6/29

「その他」

- 展着剤
12392: 一農サーファクタント W・K (第一農薬株式会社) 22/6/13
- オキメラノルア剤
17192: 一農オキメラノコール (第一農薬株式会社) 22/6/13



キュウリ病害の見分け方

一般社団法人 日本植物防疫協会 ぬま 沼 た 田 きょう 京 た 太

はじめに

キュウリに発生する病害は種類が多く、日本植物病名目録（日本植物病理学会，2022）によれば，44 種類（病原体 58 種，線虫病，生理病を除く）の病名が記載されている。このうち圃場で発生が多く被害が問題となる病害は，うどんこ病，べと病，褐斑病等十種類程度である（寺見，2018）。特に夏秋キュウリの露地栽培では，葉や果実によく似た病徴を示す複数の病害が同時に発生する場合がある。適切な防除対策を講じ，被害を最小限に抑えるためには，これらの病害を，その症状などから正確に診断する必要がある。本稿では，類似病徴を生じる 5 病害，べと病，斑点細菌病，褐斑病，炭疽病，黒星病について，その症状と見分け方を紹介する。

I 葉の類似病斑とその見分け方

図-1 にキュウリ 5 病害の葉の病斑を示した。いずれの病害も初期病斑では見分けることは難しいが，症状が進行していく過程の病斑の観察により，それぞれの病害の特徴が現れてくる。5 病害をある程度進展した病斑の形状から分けると，角形となるべと病と斑点細菌病，不整円形となる褐斑病，炭疽病，黒星病の二つに分けられる。

1 角形の病斑となる病害

病斑が角形となる病害には，べと病と斑点細菌病がある。なお，褐斑病は病斑の拡大過程で角形に見える場合があるので注意が必要である。

べと病は，葉に発生し茎や果実には発生しない。また，育苗期から収穫期までキュウリの全生育期間を通じて露地栽培，施設栽培ともに発生する。初期病斑は，薄緑色の境界のはっきりしない小さな斑紋としてあらわれる。この時点で斑点細菌病と区別することは難しい。その後，斑紋は徐々に拡大して緑黄色から黄色，淡褐色に変わり，葉脈に囲まれた角形となる。斑点細菌病も類似した病斑を生じるが，べと病は病斑の葉裏側に暗灰色の分生子柄と分生子を形成する点で区別することができる（図-2）。分生子の形成は，感染から 1 週間前後の十分拡大した角形，黄緑色の病斑において盛んであり，夕方以降に形成される（稲葉・梶原，1975）。このため早朝に，このような病斑を観察すると確認しやすい。

斑点細菌病は，主に葉や果実に発生する。初期病斑は，はじめ水浸状の斑点であるが，次第に緑色斑を伴った不規則な淡黄色の病斑となる。前述の通り，この時点でべと病と区別することは難しい。その後，斑紋は徐々に拡大して緑黄色から黄色の葉脈に囲まれた角形となる。角形になると同時に灰白色に変色する。斑点細菌病は多湿時に葉裏病斑から溢出した病原細菌により白濁した水滴が付着しており，乾燥すると病原細菌を含んだ水滴が乾いて白色の菌泥跡が残ることとべと病と区別できる。また，灰白色に変色した病斑は，組織が薄くなって破れて穴があくが，べと病の病斑は古くなくても組織が薄くならないので破れにくい。

2 不整円形の病斑となる病害

病斑が不整円形となる病害には，褐斑病，炭疽病，黒星病がある。褐斑病の初期病斑は，境界が明瞭で黄白色のハローを伴った斑点として現れる。この時点で，炭疽病，黒星病と区別することは難しい。その後，病斑は徐々に拡大し，太い葉脈に阻まれて進行が止まり，角形あるいは不整形の周縁が不規則な病斑となり，前述した角形病斑となる病害とや類似した症状となる。施設栽培では病気が進行すると，濃淡の差のある不整形の同心円紋の病斑となる（挟間ら，



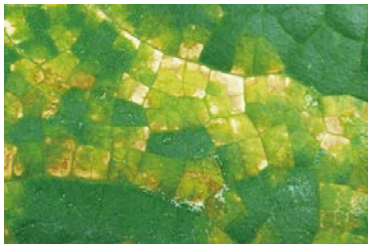












病斑の形	病名	初期病斑	進展中の病斑	さらに進展した病斑
角形の病斑	べと病	 薄緑色の境界のはっきりしない小さな斑紋	 緑黄色となり徐々に拡大する斑紋	 緑黄色～淡褐色で葉脈に囲まれ角形となった病斑, 斑点細菌病と比較して病斑は破れにくい
	斑点細菌病	 水浸状の斑点に緑色斑をともなった症状	 緑黄色～黄色の拡大中の斑紋	 灰白色で角形となった病斑, 病斑は破れて穴があく
不整形の病斑	褐斑病	 境界が明瞭なハローを伴った病斑	 葉脈に阻まれ進行が止まり病斑は角形, 不整形となる	 淡褐色～灰褐色の同心円紋状の大型病斑
	炭疽病	 淡黄色の発病初期の小斑点	 中央部が灰白色, 葉脈に沿って変色がみられる	 病斑中央部が脱落した大型病斑
	黒星病	 展開葉にあらわれた水浸状, 薄緑色の斑点	 灰白色となった病斑, ほとんど拡大せず穴があく	 無数の病斑を生じ, 展葉とともに奇形となる発病葉

図-1 キュウリ 5 病害の葉の病斑











病名	病斑の葉裏側*	茎の病斑	果実の病斑
べと病	 <p>病斑の葉裏に形成された分生子柄と分生子</p>	茎には病斑を生じない	果実には病斑を生じない
斑点細菌病	 <p>葉裏病斑の白色菌泥跡</p>	水浸状の病斑を生じる	 <p>はじめ水浸状の円形病斑のち不整形となり淡褐色、亀裂を生じ乳白色の細菌泥を噴出</p>
褐斑病	 <p>病斑と健全部の境が不鮮明で暗灰色、湿潤状</p>	茎と果実に病徴があらわれることが報告されているが、多発時の収穫後期に限られる	
炭疽病	 <p>病斑と健全部の境が明瞭</p>	 <p>はじめ水浸状、のちに灰白色～淡褐色の紡錘状の病斑となる</p>	 <p>成熟した果実表面にはじめ水浸状で円形のくぼんだ暗緑色の不鮮明病斑を生じ、その後、病斑上に分生子層を作る</p>
黒星病	 <p>生長点付近の展開葉に生じた病斑。成熟葉には感染しない</p>	 <p>暗緑色で楕円形、水浸状の病斑、次第に褐変して割れ目を生じ表面に黒褐色ビロード状のかび（分生子柄と分生子）を形成</p>	 <p>あめ色～暗褐色の不定形の病斑、褐変して割れ目を生じ、表面に黒褐色ビロード状のかびを形成</p>

図-2 キュウリ 5 病害の葉裏側、茎、果実の病斑

*黒星病は病斑を生じる葉のステージを示した。

1987)。病斑の葉裏面を見ると、葉の健全部との境が不鮮明で暗灰色、湿潤状を呈しており、葉の健全部と病斑の境がはっきりしている炭疽病と区別することができる。

炭疽病は主に露地栽培で問題となるが、雨のあたらない施設栽培ではほとんど発生しない。葉、茎、果実に発生し、葉では淡黄白色で円形の斑点として現れる。この時点で、褐斑病と区別することは難しい。その後、病斑は徐々に拡大すると直径2 cm 前後で病斑の内側が灰白色～淡褐色、外側が褐色の円形病斑となる。病斑の外縁部が葉脈に沿って変色する場合があります、病斑周縁が不規則でギザギザに見える場合がある。病斑は古くなると中央部が薄くなり破れやすい。

黒星病は、葉、茎、果実に発生するが、生長点に近い若い組織に発生することが多い。葉では、はじめ水浸状で薄緑色の斑点としてあらわれ、すぐに灰白色に変化する。その後病斑はほとんど拡大することなく、白化した病斑の中央部に穴があく。初期病斑は褐斑病や炭疽病に類似し、病斑が破れる点は炭疽病と同じだが、黒星病は病斑がほとんど拡大しない点や成熟葉には感染しない点で異なる。

II 茎、果実の病斑

5病害のうち、斑点細菌病、炭疽病、黒星病は茎や果実にも発生する(図-2)。なお、べと病は発生部位が葉に限られ、褐斑病は茎と果実に病徴があらわれることが報告されているが、多発時の収穫後期に限られる(挾間ら, 1987)。

1 茎：炭疽病と黒星病

炭疽病、黒星病ともに褐変した紡錘形の病斑を生じる。黒星病は表面にピロッド状のカビ(分生子柄と分生子)を生じる場合があり、茎の先端が侵されると、生育が止まりわき芽が叢生する「かんざし」と呼ばれる茎先端の異常生育を呈する。

2 果実：斑点細菌病、炭疽病、黒星病

斑点細菌病は、はじめ水浸状の円形病斑を生じ、のち不整形となり淡褐色に変わる。病斑が進展するに従って亀裂を生じる。病斑部から乳白色の細菌泥を噴出する。炭疽病は、成熟した果実で発生し易く、幼果にはほとんど発生しない。果実表面にはじめ水浸状で円形にくぼんだ暗緑色の不鮮明な病斑を形成する。その後、病斑上に皿状の黒色剛毛を伴った分生子層を作り、表面に分生子を作る。黒星病は幼果に発生する。あめ色～暗褐色の不定形の病斑となり褐変して割れ目を生じる。表面には、黒褐色ピロッド状のカビ(分生子柄と分生子)を形成する。やや成長した果実では、灰白色のかさかさしたそうか状の病斑となる。

III 菌の形態と培養菌叢

葉や茎、果実病斑の肉眼観察だけで病名が特定できる場合もあるが、病斑上に形成された分生子などの顕微鏡による観察や菌の分離を行い菌を確認する。菌の形態と培養菌叢を図-3に示した。菌の分離方法や培養、孢子形成については、多くの成書や文献に紹介されているが、これらの手法がまとまった書籍として「作物病原菌研究技法の基礎」(大畑ら, 1995)を参考にするとよい。

1 菌の形態

病斑に分生子などの標徴が見られる場合は、病斑上のカビをセロハンテープで移し取って光学顕微鏡を使用して形状を観察する(森川, 2015)。べと病であれば、角形病斑の病斑裏側に暗灰色の分生子柄と分生子を観察する(図-2)。分生子はレモン型、分生子柄は樹枝状である。褐斑病は、病斑部中央から健全部との境界の暗灰色部分に、灰白色綿毛状の分生子柄と分生子を形成する。葉裏面よりも葉表面で分生子の形成量が多い。分生子は倒棍棒状で9個前後の隔膜がある。炭疽病は病斑上に皿状の黒色剛毛を伴った分生子層を作り、表面に分生子をつくる。黒星病の分生子は、分生子柄上に鎖状に着生し、紡錘型あるいはレモン型で、オリーブ色を呈し単胞あるいは2胞で、孢子的熟度が進むと2胞のものが多くなる。

斑点細菌病の病原菌は、両端が鈍円、短桿状まれに桿状で極毛をもつ、大きさ $0.8\sim 1.8\mu\text{m}$ の細菌であるが、光学顕微鏡でこれらを確認することは難しい。病斑部を切り取って水滴に浸し検鏡すると、病斑部の切り口から病原細菌が漏出するのを観察できる。

2 培養菌叢

べと病菌は絶対寄生菌で人工培養できないが、その他の病原菌は培養が可能である。斑点細菌病菌は乳白色で光沢のあるコロニーを形成する。褐斑病菌は、PSA培地で25℃9日程度の培養で、菌糸先端が直径9 cmのシャーレの壁面に






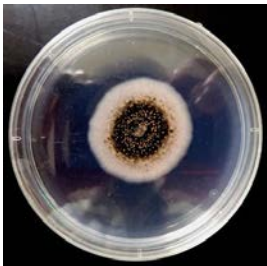
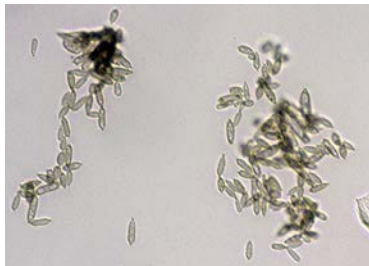
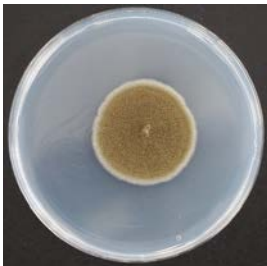
病名	菌の形態	培養菌叢
べと病	 <p>べと病菌の分生子柄と分生子</p>	絶対寄生菌のため 人工培養できない
斑点細菌病	<p>光学顕微鏡による 形態の観察は困難</p>	 <p>乳白色で光沢のあるコロニー (PDA 培地, 培養 3 日目)</p>
褐斑病	 <p>倒棍棒状で数個の隔膜がある分生子</p>	 <p>はじめ灰白色のち暗灰色のマット状、培地中に 暗緑褐色の色素を産生 (PSA 培地, 培養 6 日目)</p>
炭疽病	 <p>短円筒形で単胞の分生子</p>	 <p>はじめ白色のち淡橙色、中央部から黒色となる。 分生子塊を生じる (PSA 培地, 培養 9 日目)</p>
黒星病	 <p>紡錘型～レモン型の単胞あるいは 2 胞の分生子</p>	 <p>はじめ灰緑色、のちに黒色となる (PSA 培地, 培養 9 日目)</p>

図-3 キュウリ 5 病害の菌の形態と培養菌叢

達する。菌叢ははじめ灰白色のちに暗灰色のマット状となり、培地中に暗緑褐色の水溶性色素を産生する。菌叢上に比較的容易に分生子を作る。炭疽病菌の菌叢は、はじめ白色でその後、淡橙色となり中央部から黒色となる。菌叢上に鮭肉色の分生子塊を生じる。PSA 培地上での菌糸の生育は遅い。黒星病菌は PSA 培地上での菌糸生育は非常に遅い。菌叢ははじめ灰緑色でのちに黒色となる。菌叢上に豊富に分生子を作る。

Ⅳ その他の重要病害

これまで解説した5病害のほか、キュウリに発生する重要病害として、うどんこ病、つる枯病、灰色かび病、菌核病がある（図-4）。うどんこ病は葉や茎の表面にうどん粉を振りかけたような白色粉状の菌叢を形成する。露地栽培に比

病名	葉の病斑	茎の病斑	果実の病斑
うどんこ病	 うどん粉を振りかけたような白色粉状の菌叢	葉と同様の白色粉状の菌叢を生じる	果実には病斑を生じない
つる枯病	 黄褐色の病斑、黒色小粒の分生子殻を形成	 灰白色の病斑、黒色小粒の分生子殻を形成	果実には病斑を生じない
灰色かび病	 通常は枯死葉や咲き終わってしなびた花弁に感染、これを足がかりに健全な茎や葉に感染	 感染した花殻が落下し、付着部位からの発病	 花殻から灰色のカビを密生、幼果に発生
菌核病	 葉や茎の発病は病花に接触しているところや、落下した花弁に接触している場所から始まる		 花弁や花落ち部から発病。果実の先端に無色または乳白色の液滴を生じ、白色綿毛状の菌糸を密生、灰褐色～黒色でネズミの糞状の菌核を散生

図-4 キュウリに発生する、その他の重要病害

較し、雨の当たらない施設栽培で被害が大きい。育苗期から収穫期までキュウリの全生育期間で発生する。他病害と容易に区別が付きやすく発見が容易な病害である。つる枯病は、茎や葉、葉柄に発生し、地際部の茎や摘心時に生じた茎の切り口等から発生しやすい。葉では淡黄色ないし黄褐色の不整形の大きな病斑を生じ、葉縁から扇形、くさび形になる場合が多い。茎や節では、水浸状に変色し、その後、灰白色となってヤニを分泌する場合がある。病斑上に黒色小粒状の分生子殻（柄子殻）や偽子のう殻を作るのが特徴である。灰色かび病、菌核病は低温期の施設栽培で多発する。灰色かび病は、咲き終わってしなびた花殻に発生し、幼果を侵す。病斑部分に多量の灰色のかび（分生子柄と分生子）を密生する。菌核病も主に果実の花弁や花落ち部から発病する。初め果実の先端に無色または乳白色の液滴を生じる。その後、白色綿毛状の菌糸を密生し、灰褐色～黒色でネズミの糞状の菌核を散生する。

おわりに

作物病害の被害を防ぐには、早期発見と正確な診断が重要であることは言うまでもない。筆者も露地栽培のキュウリで、べと病と斑点細菌病が同時期に発生し、混発しているのがわからずに、べと病の防除薬剤を散布し続けて斑点細菌病のまん延を招いたことや、施設栽培のキュウリでべと病を防除し進展が抑えられた病斑跡に、新たに褐斑病が感染し、これをべと病の再発と勘違いして、その後の防除に苦慮した苦い経験がある。病害診断の一助として本稿が農業生産現場に貢献できれば幸いである。病徴を比較しながら病害を見分けられる紙媒体ならではの一覽性のメリットを活かし、本稿をご活用いただけることを願っている。

引用文献

- 1) 挾間 渉 (1987): 大分農技セ研報 17: 43～76.
- 2) 稲葉忠興・梶原敏宏 (1975): 農技研報 C29: 65～139.
- 3) 森川千春 (2015): 同上 69(12): 49～52.
- 4) 日本植物病理学会 (2022): 日本植物病理学会 編, 東京, 2645 pp.
- 5) 大畑貫一 (1995): 作物病原菌研究技法の基礎—分離・培養・接種—, 日本植物防疫協会, 東京, 342 pp.
- 6) 寺見文宏 (2018): 植物防疫 72(8): 524～530.

農林水産省プレスリリース (2022.6.10～2022.7.11)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

<https://www.maff.go.jp/j/press> の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- ◆「農林水産省生物多様性戦略改定に向けたこれまでの議論の整理」の公表について (22/6/22) /kanbo/b_kankyo/220622.html
- ◆令和2年度農薬の使用に伴う事故及び被害の発生状況

- について (22/6/27) /syouan/nouyaku/220627.html
- ◆「令和4年度病害虫発生予報第4号」の発表について (22/7/6) /syouan/syokubo/220706.html

研究室紹介

公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター 生産環境科 病害・虫害管理研究チーム

東京都農林総合研究センターは、都における農林業の技術開発を担う公的試験研究機関として平成17年に当時の農業・畜産・林業の各試験場を統合し、設立されました。当センターの組織は、分野別に編成した6研究科と管理運営等を行う研究企画室から構成され、東京の農林業振興に向けた試験研究を積極的に推進しています。

病害・虫害管理研究チームは生産環境科に属し、病害担当研究員2名、虫害担当研究員2名で業務を行っています。主な業務は、都内で新たに発生した病害虫種の解明、各種防除法を組合せた総合的病害虫管理技術の開発、特産作物を中心とした農薬登録拡大試験および島しょ地域の研究機関が実施する病害虫に関する試験の支援を行っています。以下、現在取り組んでいる主な研究課題などについて紹介します。

1 新発生・異常発生病害虫の原因究明

東京の農業は多品目少量生産のため対象品目が多く、また、生産現場が都市部から島しょ地域まで広範囲で、多種多様な病害虫が発生します。このような病害虫は未報告種が多く、正確な同定に基づいた防除対策の提案は重要な業務となっており、昭和61年から継続的に取り組んでいます。特に、全国的に問題となったウメ輪紋病（PPV）発生時には、本課題で迅速に対応することができました。現在は、主要品目であるコマツナの黄化や立枯れ等の生育障害について、他の研究チームと協力し原因究明に取り組んでいます。



図-1 コマツナ生育障害の調査



根株に発生した菌核

軟化室内での試験

図-2 ウド菌核病農薬登録拡大試験

2 微小害虫に対する新しい防除技術の検証

微小害虫の防除は、ここ数年、園芸作物生産における重要な課題の一つとなっているため、主に新規成分農薬の効果、抵抗性検定および農薬以外の防除技術について検討しています。特に、現地からは施設栽培や果菜類での要望が高く、現在、忌避剤および防虫ネットを活用した施設トマトのコナジラミ類防除、マルチや紫色LEDを用いた露地ナスのアザミウマ類防除効果について実証試験を行っています。

3 特産作物の病害虫発生生態の解明および農薬登録拡大

都内ではアシタバや軟化ウド等、地域の生産環境や伝統的栽培技術を活かした品目が栽培されています。しかし、このような作物に発生する病害虫に対して使用できる農薬は少なく、生産者は防除に苦慮しています。そこで、発生生態から防除法を検討するとともに、関係機関と協力し、登録拡大試験を実施しています。

4 養液栽培における病害虫管理技術の開発

果菜類栽培では、当センターが開発した「東京エコニック」をはじめとした新しい方式の養液栽培システム導入が進んでいます。当チームでは、このようなシステムにおける病害虫発生実態を調査し、作物やシステムの特性に合った病害虫管理技術の開発に取り組んでいます。

（主任研究員 久保田まや）

研究室紹介

愛媛県農林水産研究所 果樹研究センター 病理昆虫室

愛媛県における果樹の試験研究は、大正 11 (1922) 年に、愛媛県立農事試験場果樹試験地として松山市東野に設置されたのが始まりです。その後、昭和 24 (1949) 年に果樹試験場が創設され、昭和 53 (1978) 年に現在の松山市伊台へ新築移転し、平成 20 (2008) 年に果樹研究センターに改称されました。

同センターは、栽培開発室と病理昆虫室が設置され、各室長 1 名、研究員 7 名と 5 名およびセンター長の計 15 名体制で、果樹の栽培改善、品種改良、土壤肥料や病害虫防除に関する試験研究に取り組んでいます。

ここでは、病理昆虫室（病害班、虫害班）の業務の中で、現在、特に力を入れている研究である 2 課題の概要を紹介します。

1 ドローンを利用したかんきつ病害虫防除

平成 30 年の西日本豪雨災害を契機に、かんきつ防除へのドローン利用の機運が高まりました。このため、令和元年度から県では、「ドローン防除農薬適用拡大普及事業」を創設し、本県特有の急傾斜地での省力化につながるドローン防除の実用化を図ってきました。当センターでは、基幹防除薬剤の適用拡大を図る試験を実施し、令和元年度時点では 2 剤しかなかった高濃度少量散布の登録数を増やしました。その試験の中で、効果が得られやすい病害虫や農薬の種類が明らかになってきました。特に、かんきつ黒点病に既登録のジマンダイセン水和剤（4 l/10 a, 5 倍）は、2 倍に薄め、倍量・往復散布することで、手散布に比べ効果がやや劣るものの、実用



図-2 かんきつ園でのドローンによる農薬散布



図-3 温湯処理によるかんきつかいよう病の検疫措置

性はあることがわかりました。このため、登録条件の変更を農薬メーカーに要請した結果、令和 4 年 7 月 6 日に 8 l/10 a, 10 倍が適用拡大になりました。また、虫害に関しては、特に、葉裏や枝・幹に寄生する種類（例：ミカンハダニ、カイガラムシ類）には、薬液が届きにくく、効果が得られないのではと推察していましたが、農薬の移行性や虫の移動習性等の観点から、予想以上に効果が得られることもわかってきました。今後の課題には、かんきつかいよう病やミカンハダニ等、基幹防除の対象病害虫の適用拡大と、ドローン散布の体系化による年間の防除暦の構築等があります。

2 輸出促進に向けた検疫措置技術の開発

かんきつの輸出を促進するために、輸出相手国から求められる検疫対象病害虫（かんきつかいよう病等）の新しい防除技術（温湯やくん蒸処理等）の開発試験を実施しています。また、本県のかんきつ主産地での病害虫管理等の情報を視覚的に相手国へ説明するための動画（ビジュアルマテリアル）作成にも取り組んでいます。

（病理昆虫室 室長 金崎秀司）



図-1 果樹研究センターの全景

〒 791-0112 愛媛県松山市下伊台町 1618
TEL 089-977-2100

書 評

植物医科学 (第2版)
難波成任 監修・執筆
A5判, 544頁 (全頁フルカラー), 定価 3,600円+税
養賢堂 (2022年3月31日発行)
(ISBN 978-4-8425-0584-8)



「植物医科学」は、農学のみならず、工学・医学・人文社会学等、あらゆる学問分野に横串を刺し、2008年に初めて体系化された学術領域です。本書はこの新たな領域における初めての教科書と言えるでしょう。植物を「診る」という視点に立って、最先端の科学と技術に明るく、体得した知見と技能をもって生命に寄り添える人材の育成、そして、植物を取り巻く様々な「現場」を重視した教育の強化を目指して本書は編さんがなされています。

農業生産で最も重要なことは、健康で良質な種苗の確保と維持です。健康で充実した種苗なくして、収量・品質・貯蔵性のいずれも期待が持てないでしょう。特に種苗の流通に際しては、微生物病や害虫病等に罹患していない健康な種苗が確保できなければ、生産者に不利益をもたらすのみならず、グローバルなビジネスが日常化している現在においては、輸出時に相手国の検疫を通過できません。ひいては野菜の種苗であれば、食料の供給、安心、安全にも大きな影響を及ぼすため、種苗の品質管理は種苗業にとどまらず、農園芸業における最重要事項の一つです。高品質な種苗を生産するうえで、病害虫管理や養分管理は欠かせません。植物病理学、害虫学、農業学、雑草学、栽培学、分子育種学、植物生理学等細かく枝分かれした農学分野を統合化した植物医科学は、種

苗に携わる方には必修の学問です。本書は、この学問分野を体系的にまとめた貴重な一冊と言えます。

本書前半では、病害虫や、生育環境に由来して罹患する「植物病」について、その歴史や種類、判別と診断方法、治療や防除と予防に関する技術や知識が、まとめられています。本書後半では、食料の安全と環境保全に関する「食と環境を守る植物医科学」、今後発展が期待される「植物医科ビジネス」、また関連する農業環境や生物多様性保全、脱炭素社会に向けた法令と政策、さらには植物医科学の社会的役割に付随して「植物医科学に関連した法令と政策」が詳説されています。種苗業界のみならず、関連各業界の今後目指すべき方向について示唆が込められています。一方、章末のコラムもユニークかつ多様なトピックを取り上げており、興味深く、本書の重要なエッセンスとなっています。

本書は、植物・微生物・昆虫といったミクロな生物間の相互作用からの視点にとどまらず、それらを含む生態系を俯瞰的に眺める視点、さらには人間とその社会への視点、そして、それらすべてを包含する地球環境のマクロな視点といった多層なレンズで、それぞれのテーマに焦点が当てられて解説されています。植物・微生物・昆虫に興味のある方、一歩引いた距離から自然現象を眺めたい方、現場に役立つ診断方法を知りたい方、新たなビジネスの創出といった社会展開に興味のある方等、多くの方にとって価値ある情報や知識が得られるでしょう。難解語句にはルビが振られ、専門用語には脚注に詳細解説が施されているため、大学に入学したての若い方にも読みやすく、農業関連企業や公的機関等におけるテキストブックといった活用も期待できるでしょう。全頁フルカラーで、初版よりも文字が大きくなり読みやすくなっているのもポイントです。

植物や環境、社会問題に関心のある方、現役の植物医師あるいは植物医師をめざす方、種苗・農業・肥料・検疫・農業法人・食品企業・樹木医・土壌医のほか、園芸愛好家や緑地・公園・庭園管理者の方々にも必携のバイブルとして推薦いたします。もちろん、良質な種苗の安定供給を使命とし、種苗の開発、生産、供給を担う種苗業を営む私たちにとっても必読の一冊です。

((株)サカタのタネ 代表取締役社長 坂田 宏)

農薬概説 2022



植物ウイルス・細菌検定用抗血清

ウイルス・細菌名	略号	販売価格（税込、送料サービス）		
		DAS-ELISA 用セット	コーティング 抗体	コンジュゲート 抗体
オオムギ萎縮ウイルス	BaYMV	52,250	26,125	26,125
ソラマメウイルス	BBWV	46,200	23,100	23,100
カーネーション斑紋ウイルス	CarMV	44,550	22,275	22,275
スイカ緑斑モザイクウイルス	CGMMV	42,900	21,450	21,450
キュウリモザイクウイルス	CMV	44,500	22,275	22,275
シンビジウムモザイクウイルス	CyMV	55,550	27,775	27,775
インパチェンスネクロティックスポットウイルス	INSV	52,250	26,125	26,125
アイリスイエロースポットウイルス	IYSV	52,250	26,125	26,125
キュウリ緑斑モザイクウイルス	KGMMV	42,900	21,450	21,450
ユリ潜在ウイルス	LSV	45,550	27,775	27,775
ミラフィオリレタスビッグベインウイルス	MLBBV	52,250	26,125	26,125
メロンえそ斑点ウイルス	MNSV	46,200	23,100	23,100
メロン黄化えそウイルス	MYSV	52,250	26,125	26,125
オドントグロッサムリングスポットウイルス	ORSV	55,550	27,775	27,775
トウガラシマイルドモットルウイルス	PMMoV	42,900	21,450	21,450
ジャガイモYウイルス	PVY	52,250	26,125	26,125
イネ萎縮ウイルス	RDV	46,200	23,100	23,100
イネ縞葉枯ウイルス (mono)	RSV	53,900	26,950	26,950
スカッシュモザイクウイルス	SqMV	44,550	22,275	22,275
タバコモザイクウイルスー普通系	TMV-OM	42,900	21,450	21,450
タバコモザイクウイルスーワサビ系	TMV-W	42,900	21,450	21,450
トマトモザイクウイルス	ToMV	42,900	21,450	21,450
タバコ輪点ウイルス	TRSV	46,200	23,100	23,100
トマト黄化えそウイルス	TSWV	52,250	26,125	26,125
カブモザイクウイルス	TuMV	42,900	21,450	21,450
ズッキーニ黄斑モザイクウイルス	ZYMV	44,550	22,275	22,275
スイカ果実汚斑細菌病菌 (<i>Acidovorax avenae</i> subsp. <i>citrulli</i>)	Aac	42,900	21,450	21,450

ウイルス名	略号	コーティング 抗体	抗体感作 ラテックス液
クローバー葉脈黄化ウイルス	CYVV	22,275	
温州萎縮ウイルス	SDV	26,125	
イネ萎縮ウイルス	RDV		31,350

【ポリクローナル抗体利用】コーティング抗体（ウサギIgG）、コンジュゲート抗体（ウサギIgG-アルカリフォスファターゼラベル）
各1 mL, 2500テストウェル

*イネ縞葉枯ウイルス（RSV）はモノクローナル抗体利用です。

*イネ萎縮ウイルス（RDV）、抗体感作ラテックス液【ポリクローナル抗体利用】25 mL, 500 検体。

検定用オプション

商品名	販売価格	商品名	販売価格
96 ウェルマイクロプレート	5,500	リン酸緩衝生理食塩水 [PBS]	1,100
カーボネート緩衝液（コーティング用緩衝液）	1,100	洗浄液 [PBS-T] 100 mL	1,100
10% ジエタノールアミン溶液	1,100	洗浄液 [PBS-T] 500 mL	4,400

ご注文は JPPA オンラインストアより

<https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/>

一般社団法人 日本植物防疫協会



学 会 だ よ り

○第39回農薬環境科学研究会のお知らせ

日時：2022年9月29日（木）～30日（金）

場所：ホテルグランヴェール岐山

開催方法：対面とオンライン配信のハイブリッド型（ただし会場は80名まで）

テーマ：化学農薬削減を目指したイノベーション—みどりの食料システム戦略を環境科学から考える—
プログラム

9月29日（木）11:45～18:00

12:30～12:40 開会挨拶（農薬環境科学研究会委員長 與語靖洋）

12:40～13:40 基調講演：「生物農薬の残留分析～質量分析を用いたプロテオタイピングによる残留微生物識別・定量の試み～」 名城大学農学部 田村廣人

13:40～14:20「バイオスティミュラントとは何か？その科学的根拠を考察する」 岡山農林水産総合センター生物科学研究所 鳴坂義弘

14:20～15:00「植物の防衛能を活用した害虫防除」 名城大学農学部 上船雅義

15:20～16:00「RNAi法を用いた新規害虫防除法の開発」 基礎生物学研究所進化発生研究部門 新美輝幸

16:00～16:40「微粒子工学的技法を用いた農薬送達システムの開発」 大阪公立大学大学院工学研究科 野村俊之

16:40～18:00 総合討論、ポスター発表・企業展示

9月30日（金）9:30～12:30

9:30～10:10「岐阜県における化学農薬使用削減に対する取り組み—カキとトマトを中心に—」 岐阜県農業技術センター 杖田浩二

10:10～10:50「飛騨地方におけるエゴマを活かした研究と地域の動き」 岐阜県中山間農業研究所 鍵谷俊樹

11:00～12:20 企業ミニプレゼンテーション

12:20～12:30 開会挨拶

参加申込みは、8月12日（金）まで。詳細は学会ホームページでご確認ください。

○公益財団法人報農会第37回シンポジウムのお知らせ

日時：2022年9月28日（水）10:00～16:00

場所：オンライン（Zoom）にて開催

プログラム

10:10～11:00 バイオスティミュラント：EUと米国、日

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
 (株)ニッポンジーン ……ニッポンジーンアナリシス
 三井化学アグロ(株) ……ソイリーン
 BASF ジャパン(株) ……コナダニ対策
 アグロカネショウ(株) ……ヨーバル

本でのステータス 日本バイオスティミュラント協議会 和田哲夫

11:00～11:50 サツマイモ基腐病の発生と防除 農研機構九州沖縄農業研究センター暖地畑作物野菜研究領域 小林有紀

13:00～13:50 環境配慮型水田における農薬の施用と管理 滋賀県立大学環境科学部 須戸 幹

13:50～14:40 農業における水利用を通じて水田に侵入する水草たち 農研機構農村工学研究部門施設工学研究領域 嶺田拓也

14:40～15:30 震災復興を目指す「一社・雄勝花物語」と北限のオリーブ栽培（一社）雄勝花物語共同代表 徳水博志

15:30～16:00 総合討論

参加申込みは、8月31日（水）まで、200名（先着順）定員になり次第受付終了。詳細は学会ホームページでご確認ください。

○EBC (Evidence-based Control) 研究会ワークショップ2022のお知らせ

日時：2022年9月12日（月）10:00～16:30

場所：オンライン（Zoom）にて開催

参加申込みは、8月26日（金）まで。参加費無料。

詳細は学会ホームページでご確認ください。

次号予告

次号 2022年9月号の主な予定記事は次のとおりです。

晩生品種における斑点米カメムシ類広域防除の効果 石本万寿広
 ジャガイモ黒あし病に関与する病原細菌と発生要因 藤本岳人
 キヌサヤエンドウを加害するハナアザミウマの発生消長と防除対策について 衛藤夏葉
 シトロネラオイルを用いたミカンバエの捕獲効率の向上 望月雅俊
 野生イノシシの成幼獣の違いと餌の配置方法が箱なへの誘引及び捕獲に及ぼす影響 辻井 修
 イネばか苗病菌のペフラゾエートに対する感受性低下とその後の対応 松本純一

天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシの大量増殖へ向けた新たな飼育法の開発 糸山 享
 ニラハウス栽培におけるネギネクロバネキノコバエ防除技術の確立 星野航祐
 植物防疫講座：病害編 オウトウに発生する病害の生態と防除 後藤新一
 虫害編 野菜に発生するゾウムシ類の生態と防除 大井田 寛
 研究室紹介：福井県農業試験場 次世代技術研究部 生産環境研究グループ 富田浩治
 長野県野菜花き試験場 環境部 小木曾秀紀

植物防疫

第76巻 2022年7月25日印刷

第8号 2022年8月1日発行
(通算908号)

定価965円

本体877円

2022年

8月号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里6-28-1

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号

一般社団法人 日本植物防疫協会

電話 (03) 5980-2181 (代)

FAX (03) 5980-6753 (支援事業部)

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

日本植物防疫協会主催
シンポジウム
「新しい時代に向けた
病虫害防除体系を考える」

参加費
無料

2022. 9. 20 火

13:00～17:30

日本教育会館「一ツ橋ホール」

会場参加（300名）と
ウェビナー参加（ライブ配信）

プログラム

我が国の植物防疫の在り方と展望

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課 羽石洋平 氏

現場における病虫害防除体系の策定と課題

- ・福岡県の水稲栽培における病虫害防除体系の考え方と今後の方向性

福岡県農林総合試験場 清水信孝 氏

- ・群馬県の野菜・特産作物栽培における病虫害防除体系の考え方と今後の方向性

群馬県農業技術センター 池田健太郎 氏

これからの病虫害防除体系において必要な視点

元農研機構 本多健一郎 氏

今後の農薬開発の方向性 住友化学株式会社 河西康弘 氏

総合討論

お申し込み方法

参加申し込み：8月31日まで

日本植物防疫協会ホームページのシンポジウム・研修会（<https://jppa.or.jp/event>）
に掲載しているシンポジウム参加申し込みフォームからお申し込み下さい。

元気な野菜つくりに!

土壌消毒剤

ソイリーン®

●使用前にはラベルを良く読んでご使用ください。

●灌注したら必ず被覆してください。

ソイリーンは(株)エス・ディー・エス バイオテックの登録商標です。

●ラベルをよく読む。●記載以外には使用しない。●小児の手の届くところには置かない。

殺線虫・殺菌・除草剤 土壌くん蒸剤
三井
ソイリーン
150入

品名	殺線虫剤	殺菌剤	除草剤	殺線虫剤	殺菌剤	除草剤
殺線虫剤	クロルピクリン			クロルピクリン		
殺菌剤		D-D			D-D	
除草剤			センチュウ類			センチュウ類

クロルピクリンとD-Dの効果で、
土壌病原菌、センチュウ類、一年生雑草を同時に防除。
しかも刺激臭が少なく使いやすい!!

お求めはお近くのJAへ

JAグループ
農 協 | 全 農 | 経済連

全国農業協同組合連合会
株式会社エス・ディー・エス バイオテック
三井化学アグロ株式会社

※商品に関するお問い合わせは、
三井化学アグロ お客様相談室
TEL.0570-077-557
(平日9時~12時 13時~17時)

■ BASF

We create chemistry

難防除害虫ホウレンソウケナガコナダニに卓効

体系防除で 新たなコナダニ対策を

コナダニ防除の常識は
ベイトで変える

サンケイ

コテツ[®]ベイト

主な特長

- ホウレンソウケナガコナダニに優れた効果
- 優れた残効性
- 土壌混和する必要なく、使いやすい
- ベイト製剤によるユニークな食毒作用

農林水産省登録
第24439号



◀ **NEW**

**ユーザーズボイス
公開中！**

コナダニをはじめ、
幅広い害虫を抑える

カステード[®]乳剤

主な特長

- ホウレンソウケナガコナダニに加え、ハスモンヨトウやハモグリバエにも優れた効果
- 優れた残効性
- 収穫 3 日前まで使用可能

農林水産省登録
第18500号

※写真はイメージです

BASFジャパン株式会社

東京都中央区日本橋室町3丁目4番4号 OVOL日本橋ビル3階
☎0120-014-660 <https://crop-protection.basf.co.jp/>

※コテツベイトに注意事項を追加（2021年12月21日付）

● 全面土壌散布の場合は施設内の使用に限る。
施設外に飛散させない。

® = BASF社の登録商標

多彩なパフォーマンス!

チョウ目害虫防除に!!

害虫防除剤

兼商

ヨーバル[®]
フロアブル

有効成分：テトラニプロロール…18.2%

農林水産省登録
第24318号

®はドイツ・バイエル社の登録商標



5つの

**1 幅広い
殺虫スペクトル**

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

**2 バラエティ豊かな
登録作物**

野菜・果樹・茶など様々な作物で
使用できます。

**3 散布時期を
選ばない利便性**

多くの作物で収穫前日まで散布でき、
野菜は育苗期の灌注でも
使用できます。

**4 ハイレベルな
作物安全性**

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

5 高い効果持続性

残効が長く、長期間害虫の被害から
作物を守ります。

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



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

詳しい製品情報はHPで
ご確認ください。

