

植物防疫

Plant Protection

7
2023
VOL.77



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



速く効く。
あ^{*1}の害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。^{*2}



無処理 残葉率 0%



A剤 残葉率 20%



グレーシア乳剤 残葉率 90%

食害される前に駆除できる。[※]

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®]乳剤



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

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

^{*2} 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。

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

【試験方法】虫体浸漬、処理1時間後飼入、20時間後撮影



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



日産化学株式会社

あっ!と思った時は... 上手に使って害虫防除!

サンケイ化学のベイトシリーズ

サンケイ
ガードベイト® A

アクセルベイト

サンケイ
デナポン®5%ベイト

ナメククリーン®3

サンケイ
コテツ®ベイト



ネキリムシ類



ネキリムシ類



ネキリムシ類



コオロギ類



コオロギ類



カタツムリ類



ナメクジ類



ホウレンソウ
ケナガコナダニ



ダンゴムシ

※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、デナポン5%ベイト、ナメククリーン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

高温・低温・乾燥・日照不足・霜害・塩害

環境ストレスに耐えるチカラを!

新登場



製品情報の
詳細はこちらから



®アンビションはバイエルグループの登録商標



アンビション®
アルガ

新開発「液体ゲル製剤」バイオスティミュラント肥料

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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

ハダニ防除に
新たな一手!

特長

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



殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ® フロアブル

農林水産省登録
第24213号

適用作物が
続々追加!



製品情報はここから



●使用前にはラベルをよく読んでください。

●ラベルの記載以外には使用しないでください。

●小児の手の届く所には置かないでください。



日本曹達株式会社

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

目 次

巻 頭 言

植物防疫に従事して	鹿島 哲郎	1
-----------------	-------	---

時事解説

植物防疫法の改正について	神前 悠治	2
--------------------	-------	---

研究報告

滋賀県南部におけるイネカメムシ（カメムシ目：カメムシ科）の生活史	鳥飼悠紀・樋口博也	7
雪踏みによるコムギ雪腐病の防除と作用メカニズム	下田 星児	12
トマト黄化病の病徴と果実重への影響	上田 重文	18

トピックス

収穫後のゴボウに発生した <i>Pectobacterium carotovorum</i> による軟腐病（新称）	坂本 美沙	22
スマートフォンに装着した精子観察キットによる植物病原糸状菌の孢子観察法	佐々木 大介	26
静電気技術を用いたイチゴうどんこ病菌単一菌叢からの孢子回収と生涯孢子放出数の 測定・解析	野々村 照雄	31

新技術解説

長野県におけるイネ紋枯病の簡易な被害評価指標の作成と効率的防除法	中島 宏和	37
--	-------	----

果樹防除の基本となる「病虫害防除暦」の考え方

佐賀県におけるカンキツ病虫害防除暦の考え方	衛藤 友紀	42
-----------------------------	-------	----

病虫害の見分け方シリーズ

カブリダニ製剤と在来カブリダニ種の見分け方	豊島 真吾	49
-----------------------------	-------	----

農林水産省プレスリリース（2023.5.1～2023.5.31）	30
--	----

新しく登録された農薬（2023.5.1～2023.5.31）	6
--------------------------------------	---

登録が失効した農薬（2023.5.1～2023.5.31）	36, 56
-------------------------------------	--------

発生予察情報・特殊報（2023.5.1～2023.5.31）	25
--------------------------------------	----

【表紙写真】

左段：イネカメムシの成虫（上）

左段：イネ紋枯病（下）

右段：スマートフォンに装着した精子観察キットによる葉の糸状菌病害の診断法

果樹・野菜の病害防除の定番!

攻守に優れた
ミラクルアシスト!!

殺菌剤

ファンタジスタ®

顆粒水和剤

®はクミアイ化学工業(株)の登録商標



- 広範囲の病害に対して高い防除効果を示す総合殺菌剤です。
- 予防効果に加えて病斑進展阻止効果を有します。
- 各種作物への汚れや薬害発生リスクが少ない剤です。
- 葉の内部への浸達性、茎部から上位葉への浸透移行性を有します。
- 有用昆虫(天敵・訪花昆虫)への影響が少ない薬剤です。

登録作物
40種類以上!



灰色かび病、菌核病、灰星病などに
優れた予防効果と病斑進展阻止効果

詳しくは
こちらを
チェック



ファンタジスタ普及会

日本曹達株式会社 クミアイ化学工業株式会社(事務局)

巻頭言

植物防疫に従事して

茨城県農業総合センター 鹿島 哲 郎



早いもので、私は入庁 35 年目となりました。

37 年前の大学院のときに、研究室の助教授が農業環境技術研究所、化学メーカー、茨城県との共同研究で施設栽培ピーマンのタバコガの交信かく乱に関する研究を行っていました。茨城県は、圃場、現地試験を担当していました。アブラムシ類が難防除害虫だった時代に、果実に食入するタバコガは実害の大きい厄介者でした。私は、その現地試験に同行し、調査を手伝う傍らでそれぞれの立場の方から様々なお話を伺うことができました。試験場では効果があるのに、現地では効果がない。その原因の一つとして、ハウスの隙間から交尾雌が侵入することが考えられ、実際、ビニールや防虫ネットの破れた部分から被害が広がっていました。経営面積が大きく、防除にかかる日数も多く補修の手が回らなかったのです。最終的に交信かく乱剤は製品化されず、実用化の過程にはいくつもの大きな壁があることを知りました。そこでの研究者の仕事ぶり、農業や防除の現場を見たことが、県職員（試験場）を希望する直接のきっかけとなりました。

入庁後は、振出しの土壤肥料担当、途中の普及所を除く 30 年間、研究所や防除所で植物防疫に従事することができました。それしかできないことの裏返しで、自分は一体何をしたらろうか、と猛省するばかりですが。

さて、私は、2022 年度に茨城県病害虫研究会長を拝命いたしました。当研究会は、1960 年に設立された任意の研究会で、本年で 63 周年を迎えました。一県の任意研究会で 60 年以上活発に研究発表などが行われているのは、ひとえに歴代の会長や執行部、会員の皆様の病害虫問題に対する意識の高さ、防除技術に対する熱意の賜物と感謝する次第です。ある会が長年続くと、ややもすると伝統ある会を終わらせないことに奔走しがちです。たとえ意義のある目的を掲げ、伝統と実績があるとしても、会を残すために会を続けるのであれば、それは無いのと同じです。60 余年間の諸先輩方の功績に敬意を払いつつ、これから解決すべき問題を共有し、会員一人一人がそれぞれの立場で植物防疫に貢献できるよう、会の在り方を考えていくのが私に与えられた役目だと思っています。COVID-19 感染症拡大の影響で中止、Web 開催が続く、本年は 4 年ぶりの対面開催となります（執

筆時点）。議論を深め、活発な意見交換が交わされることを願っています。

ところで、茨城県病害虫研究会報第 1 号（1961 年発行）を見ると、第 1 回特別講演では、農林省農業技術研究所から石井象二郎先生をお招きしてご講演いただいています。

そこでは、「害虫の薬剤防除に関する 2.3 の問題」（AgriKnowledge に掲載あり）と題し、以下の 4 点が指摘されています（表現は一部改変）。

- ①広い面積の薬剤防除は、ある害虫の環境抵抗を変えている。
- ②生産費の問題、より合理的な防除の必要性。
- ③薬剤抵抗性害虫の出現。
- ④殺虫剤の効力を信じて、害虫の発生に適する環境を自ら作っている。

レイチェル・カーソン氏の「沈黙の春」が発表される前で、まだ日本では農薬の健康や環境に対する悪影響について十分に認識されていなかった時代に、石井先生が的確な指摘をされていたのは驚きです。また、この半世紀の間に多くの要素技術が開発、実用化されているにもかかわらず、これらの問題が今なお農業に係る問題であり続けていることも驚きです。

食料・農業・農村基本法の改正時期を迎え、農林水産省が検証部会を設置して昨年から検証作業が行われており、このままでは日本の食料生産が縮小の一途をたどることが明らかとなっています。「みどりの食料システム戦略」によって食料生産と持続性を両立させた長期目標が掲げられましたが、前途は多難であると感じています。石井先生は講演の中で、「害虫は絶滅しない」ともおっしゃっていますが、変化しながら次々と出てくる前出①～④の問題について、常に客観的な視点を持って取り組みたいと思います。

植物防疫は、新品種やスマート農業等のように 100 のものを 120 にするのではなく、70 に減るものを 90 で食い止めるような仕事で、世間の注目を集めることはあまりありません。しかし、かつてないほど食料供給に不安定要素がある今、その意義は 150 以上あると誇りを持って仕事に取り組みたいものです。

（茨城県病害虫研究会 会長）

時 事 解 説

植物防疫法の改正について

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課 こう ざき ゆう じ
神 前 悠 治

はじめに

本年（令和5年（2023年））4月に改正植物防疫法が施行された。昨年の植物防疫法の改正は、前回平成8年（1996年）の改正以来、実に26年ぶりの大幅改正である。本稿では、今回の法律改正とこれに関係する事項を、①我が国の植物防疫制度、②改正の背景となった植物防疫制度を巡る状況の変化、③改正された植物防疫法の主な内容、の順に紹介する。

I 植物防疫制度の概要

我が国は、植物防疫法に基づき、①国内に存在しない、もしくは国内の一部に存在する病害虫の侵入・まん延防止を図るための輸入・国内検疫、②国内に存在する病害虫の防除を図るための国内防除、③輸出先国・地域の要求に応じた検査を行う輸出検疫の措置を講ずる植物防疫制度を運用している。

また、植物防疫制度の目的を達成するため、農林水産省の機関として植物防疫所が設置され、植物防疫官が置かれるとともに、各都道府県に病害虫防除所が設置されている。植物防疫所は主として輸入検疫、輸出検疫、国内検疫に従事している。病害虫防除所は、各都道府県に設置された病害虫防除の中核機関であり、防除の企画・指導や発生予察事業、侵入調査事業などに関する事務を実施している。また、都道府県の農業試験場や普及指導

センターと連携し、新たな防除方法の実証・導入なども行っている。

1 輸入検疫

食料の輸入大国である我が国には、日々、大量の植物が輸入されている。これらを介して病害虫が侵入し、被害が生ずることがないように、各病害虫について侵入した場合に想定される被害の程度や有効な検査方法の有無等に応じ、その寄主植物について輸入の禁止や輸出国での特定の検査の要求など様々な検疫措置を適用している。船便や航空便による貨物、旅行客による携帯品、郵便等様々な輸送形態により輸入される植物に対し、全国の海空港においてこれらの措置が適切に行われているか、また検疫対象の病害虫（検疫有害動植物）が付着していないか、検査を行っている（図-1）。

2 国内検疫

国内に存在しない、または国内の一部にしか存在しない病害虫は、有効な防除方法が確立されていないものも多く、侵入・まん延を許せば、農作物の生産に重大な損害をもたらすおそれがある。このため、①国内の一部に存在する病害虫が未発生地域へまん延することを防止するための寄主植物の移動の制限・禁止、②病害虫の侵入を早期に発見するための、全国の海空港や圃場で行う侵入調査、③特に重大な損害を与える病害虫が侵入した場合に、都道府県の協力を得ながら、寄主植物の廃棄・消毒、除去、移動制限等により駆除・封じ込めを図る緊急



図-1 輸入植物の検査（左から順に、海上コンテナ貨物の輸入検査（生鮮野菜）、本船貨物の輸入検査（穀類）、輸入種子の精密検査、輸入携帯品検査）

The Amendment of Plant Protection Act. By Yuji KOZAKI
(キーワード：植物防疫制度、植物防疫法、植物防疫法改正)

防除，等を行っている。

3 国内防除

国内に広く存在する病害虫は，種類も多く，それらの発生は季節や年次ごとに大きく異なることから，その防除を行う際には，防除の要否を的確に判断するとともに，病害虫の特性に応じて適時に防除を行う必要がある。この病害虫の防除を適時で経済的なものにするため，都道府県の協力の下，病害虫の発生状況，気象，農作物の生育状況等を調査し，その後の病害虫の発生を含めた農作物への損害の発生を予察し，その情報を関係者に提供する発生予察事業を行っている。国の発生予察事業の対象とする指定有害動植物以外の病害虫については，都道府県が独自に発生予察事業を行っているものもある。

4 輸出検疫

我が国から輸出される植物に対し，輸出相手国が植物検疫証明書の添付を要求する場合には，相手国が指定する病害虫の付着がないかについて検査し，また，栽培地における病害虫の無発生確認等，要求に即した措置が実施されているかを確認のうえ，問題がない場合には証明

書を発給している。

II 植物防疫法改正の経緯

植物防疫制度は時代ごとの状況の変化に応じて改正を繰り返してきたが，特に近年，その取り巻く状況には，以下に述べるような変化が見られる。

1 病害虫の侵入・まん延リスクの高まり

最初の変化は，気候変動，人やモノの国境を越えた移動の増加等を背景とした諸外国からの病害虫の侵入・まん延リスクの高まりである。例えば，北米・南米大陸を中心に生息するツマジロクサヨトウが，分布を広げ，令和元年（2019年）7月に我が国においても確認された。また，中国や東南アジアなどに生息し，我が国に飛来するミカンコミバエ種群が，従前，沖縄県を中心として飛来が確認されたところ，近年では鹿児島県島しょ域でも確認されるようになり，令和2年（2020年）以降は九州本土でも多数の飛来が確認されている（図-2）。さらに，新型コロナウイルスの影響で一時的に減少していた訪日外国人数が再び増加することが見込まれ，それに伴

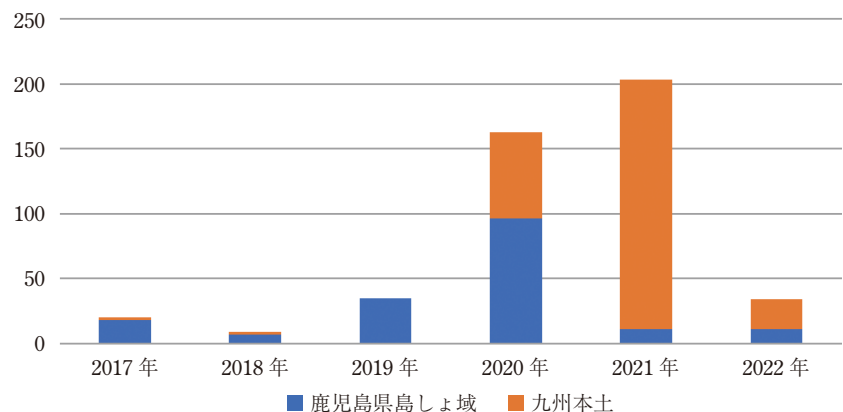


図-2 ミカンコミバエ種群の飛来状況（左：ミカンコミバエ種群，右：近年の飛来状況（単位：頭））

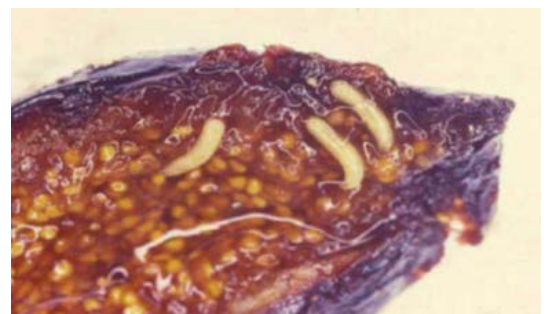
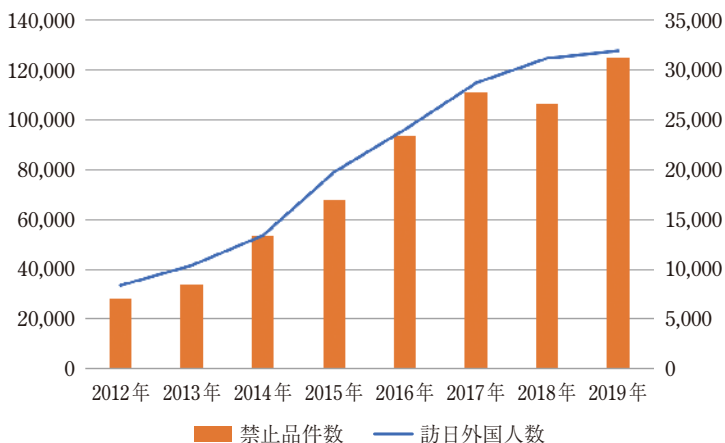


図-3 旅行者による輸入禁止品の持ち込み状況（左：輸入解禁品件数（単位：件）と訪日外国人数（単位：千人）の推移，右：輸入解禁品（イチジク）に食入したチチュウカイミバエの幼虫）

い日本への入国者・帰国者が輸入携帯品として持ち込む果物などの輸入禁止品の増加が見込まれる（図-3）。諸外国からの病害虫のみならず、国内に存在する病害虫についても同様に、気候変動を背景として、分布域・発生地域の拡大、発生量の増加、発生時期の早期化や終息時期の遅延が生じている事例が報告されている。

また、近年、植物以外の物品を介した病害虫の侵入・まん延リスクが国際的に指摘されている。特に中古の農業機械は、直接圃場で使用されることから病害虫が付着・まん延するリスクが高いとされており、諸外国では既に検査を法定化する例も見られる。加えて、外来雑草が圃場で拡散し、農作物に被害を及ぼす事例も報告されている。

2 従来の防除体系では防除が困難な病害虫の増加

近年、農作業の省力化や軽労化の流れの中で、速効性のある化学農薬に依存した防除体系となり、薬剤抵抗性が発達し防除が困難となっている事例が見られる。（例：リンゴ黒星病（図-4））。

また、気候変動などの影響により、病害虫の発生パ



図-4 リンゴ黒星病

ターンが変化することで、発生状況に応じた適時防除や病害虫が発生しにくい条件整備を組合せないと防除が困難となっている事例が見られる（例 スクミリンゴガイ（ジャンボタニシ：図-5））。

3 「みどりの食料システム戦略」の策定

2021年（令和3年）5月、農林水産省が策定・公表した、我が国の食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現させるための新たな政策方針である「みどりの食料システム戦略」においては、「2050年までに化学農薬使用量をリスク換算で50%低減する」との目標が掲げられた（2030年中間目標：10%低減）。農薬は防除効果や効率性の観点から重要な防除手段だが、環境負荷の軽減に向けた努力が求められている。

4 農林水産物・食品の輸出の促進

農林水産物・食品の輸出額は、令和3年（2021年）には1兆円を突破し、食料・農業・農村基本計画においては、令和12年（2030年）までに農林水産物・食品の輸出額を5兆円とする目標が設定された。

これらを背景として、植物防疫官が行う輸出検査件数が年々増加するとともに、栽培地検査などの件数も年々増加している（表-1）。

III 改正植物防疫法の概要

これまでに述べてきた状況の変化を背景として、植物防疫制度をめぐる課題に的確に応えるべく、本年4月1日、改正植物防疫法が施行された。改正の主な内容は以下の通りである。

1 輸入検疫の対象・権限の強化

旧法において、植物防疫官は、旅客等の携帯品に輸入禁止品等が含まれている疑いがあっても、旅客の申し出がない限り検査等を実施することができなかった。今回



図-5 スクミリンゴガイ（ジャンボタニシ）（左：成貝，右：卵塊）

表-1 農林水産物・食品の輸出額の推移（目標含む）

	2012 年	2022 年	2025 年 (目標)	2030 年 (目標)
金額（億円）	4,479	14,148	20,459	50,151

の法改正により、植物防疫官の検査権限を強化し、旅客の携帯品に対し、旅客からの申し出がない場合であっても、必要に応じた質問や携帯品の検査を行うことができることとした。また、輸入検疫の対象となる検疫有害動植物の定義を国際基準と整合するように見直すとともに、農機具などの物品を検査の対象にできるようにした。

さらに、有害植物の定義についても国際基準に合わせて見直しを行い、有害植物に草（雑草）を追加した。これに伴い、草を輸入検疫（さらには、国内検疫および国内防除）の対象とすることができることとなった。特定の草を検疫有害動植物に追加するためには、国際ルールを踏まえ、雑草のリスクを科学的に評価する必要があるが、現在、その評価手法はまだ確立されていないことから、当面は雑草のリスクアナリシスの手法の開発に取り組むこととしている。このほか、輸入検疫に関連するものとして、公聴会制度の見直しや違反に対する罰則の強化等を措置した。

2 病害虫が侵入した際の早期発見・迅速な防除

侵入調査事業を創設し、国の制度設計の下、全国一体的に侵入病害虫に対する調査を実施することができることとした。また、これを補完すべく、罰則はないものの農業者などが病害虫の国内への侵入を認めた場合の通報義務を規定した。

緊急防除の対象となる病害虫について、防除内容などの基準をあらかじめ作成した場合には、緊急防除を行う際の事前周知期間を 30 日間から 10 日間へと短縮した。これによって、より迅速な対応が可能となり、発生範囲拡大やそれに伴う防除期間の長期化を防ぐことが期待される。また、事前周知を実施するいとまがない場合に実施することができる緊急措置命令の内容に、栽培規制、移動規制および物品、倉庫の消毒等の措置を追加した。

3 総合防除を推進する仕組みの創設

温暖化などによる病害虫の発生地域・量・時期の変化、病害虫の薬剤抵抗性・耐性の発達および「みどりの食料システム戦略」に対応し、病害虫の被害の軽減を図りつつ持続的な生産を確保するために、植物防疫法に総合防除を定義し、化学農薬のみに依存しない、予防・予察に重点を置いた総合防除を推進する仕組みを構築した。

改正植物防疫法における指定有害動植物の総合防除を

推進する仕組みとして、農林水産大臣が基本的な指針（総合防除基本指針）を定め、都道府県知事が当該基本指針に即して、地域の実情に応じた総合防除の実施に関する計画（総合防除計画）を定めるものとされた。また、農林水産大臣は、総合防除基本指針に基づき、発生予察事業の対象とする指定有害動植物について国の発生予察事業を実施するものとし、都道府県は、農林水産大臣が都道府県の承諾を得て定める計画に従い、その発生予察事業に協力しなければならない。さらに、都道府県知事は、総合防除計画において、農業者が遵守すべき事項を定めることができることとされた。

総合防除基本指針は 2022 年（令和 4 年）11 月 15 日付け（農林水産省告示第 1862 号）で公表しており、今後、令和 5 年度中にはすべての都道府県で総合防除計画が策定される予定である（5 月 1 日時点で、岩手県および香川県が策定・公表済み）。

4 輸出検査体制の整備

従来、輸出検査は植物防疫官のみが実施してきたが、農産物の輸出の拡大を受けて、植物防疫官の業務がひっ迫してきており、輸出者の意向に合わせて検査を行うことが困難になっている。このため、法改正により農林水産大臣の登録を受けた民間の検査機関や大学等の第三者機関が、植物防疫官に代わり PCR 等の精密検査や栽培地検査等、輸出検査の一部を実施することができる登録検査機関の登録制度の導入を行うこととした。登録検査機関の活用により、より迅速な輸出検査を行うことが可能となり、さらなる輸出拡大等が期待される。本年 4 月 1 日より検査機関による検査が開始されており、5 月 1 日時点では、3 法人が登録検査機関として登録されている。

なお、植物検疫証明書の交付は、国際植物防疫等条約により国家植物防疫機関（NPPO）が実施することとされており、従前通り植物防疫所が行う。

おわりに

変化する植物防疫をとりまく情勢に対応すべく、この度、植物防疫法が改正された。植物防疫制度を適切に運用していくために、農業者、都道府県、国、民間が緊密に連携して取り組むことが重要となるため、より一層のご協力をお願いしたい。

ホームページ掲載案内

植物防疫法の改正に関する資料および情報は、農林水産省ホームページの以下のサイトでご覧いただけます。

○植物防疫法および法改正について

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/shokukaisei.html>

○総合防除基本指針について

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/attach/pdf/index-12.pdf>

○都道府県の総合防除計画について

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/keikaku.html>

○輸出検査の登録検査機関について

https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/yusyutu_kensakikan.html

○輸入中古農業機械に対する植物検疫措置の適用について

https://www.maff.go.jp/pps/j/introduction/import/chukonouki_imp_info.html

新しく登録された農薬 (2023.5.1～2023.5.31)

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

〔殺虫殺菌剤〕

●フルピリミン・テブフロキン水和剤

24763：トライエミリアフロアブル（三井化学クロップ & ライフソリューション）

24764：クミアイトライエミリアフロアブル（クミアイ

化学）

2023/5/10

フルピリミン：10.0%

テブフロキン：15.0%

稲：いもち病，カメムシ類：収穫 14 日前まで

研究 報告

滋賀県南部におけるイネカメムシ (カメムシ目：カメムシ科) の生活史

龍谷大学 農学部 ^{とりかい}鳥飼 ^{ゆうき}悠紀・^{ひぐち}樋口 ^{ひろや}博也

はじめに

イネカメムシ *Niphe elongata* (Dallas) (石川ら, 2021) は (図-1), イネに斑点米被害を引き起こすカメムシの1種である。1940年代まではイネの重要害虫であったが (大内, 1953; 小林, 1960; 小川ら, 1960), 1950年代になり水田での生息数は減少傾向を示した。減少した要因として, 戦後の強力な有機合成殺虫剤の使用と水稻栽培の全面早期化による晩生品種の栽培面積の減少があげられる (高井ら, 1975)。餌としてイネの穂に対する依存性が高いイネカメムシにとって (中筋, 1973; SHIMADA and SUGIURA, 2020), 水稻栽培の早期化は, 8月下旬以降に幼虫や羽化した成虫に対して餌不足を引き起こした可能性が高い。しかし, 2000年以降, 茨城県, 千葉県, 三重県, 滋賀県, 山口県等においてイネカメムシの発生が確認され, 予察灯の誘殺数や水田内の個体数が増加傾向にある (保積, 2005; 樋口, 2019; 大田ら, 2020; 本田ら, 2021; 北野・増田, 2022; 安江ら, 2022)。イネカメムシの発生や被害が急激に増加した要因の一つとして, 農業経営体の規模拡大や新規需要米による作期の分散と長期化により, イネカメムシにとって良好な餌が常に野外に存在している状況になっていることがあげられる (石島, 2021)。

イネカメムシは, 籾の基部を吸汁加害し斑点米を生じさせる (竹内ら, 2004; 竹内, 2007)。乳熟期までに加害を受けると不受精籾や発育停止籾が発生し (田中ら, 2022), 出穂期以降株当たり1頭以上で防除を要する可能性が指摘されている (平江, 2021)。したがって, イネカメムシの発生が見られる地域では防除が必須となっている (石島ら, 2020)。効率的に防除を行うためには, その生態を把握する必要があるが, 生態の解明はまだ十分に進んでいないのが現状である。



図-1 イネカメムシの成虫 (上図) と幼虫 (下図)

本報告では, 越冬場所, 越冬場所からの移出時期, 水田での発生消長について滋賀県大津市で調査し, 得られた知見を基にイネカメムシの生活史についてまとめたので, その概要を紹介する。また, 水田での発生消長に基づいた防除対策についても考察した。

I 越冬場所

イネカメムシは, 成虫で越冬する (小林, 1960; 小川

Life History of the Rice Stink Bug, *Niphe elongata* (Hemiptera: Pentatomidae), in the Southern Part of Shiga Prefecture. By Yuki TORIKAI and Hiroya HIGUCHI

(キーワード: イネカメムシ, 斑点米, 越冬場所, 発生消長, 生活史, 防除)

ら、1960)。越冬場所は、南面の傾斜地か冬期温暖で土壌水分が過湿または過乾でない場所（大内、1953）、林の中や丘陵地のイネ科植物の根ざわ（小林、1960）、冬期温暖な場所のススキやカモノハシの株元（小川ら、1960）等の報告がある。また、樹木であるコノテガシワの樹冠内の落葉堆積物内で、越冬中の成虫が1樹当たり14～34頭採集され、樹木の樹冠内堆積物内で越冬していることも報告されている（住田・竹松、2022）。

イネカメムシの越冬場所を特定するために、落葉下や枯れたイネ科植物の株元をかき分けて探す「かき分け法」（内田ら、1975）により調査を行った。調査期間は、2018年12月から2019年3月にかけてと、2019年12月であった。

2018年12月14日に大津市堂1丁目の水田畦畔の枯れたイネ科植物の株元で雄1頭を見つけた。また、2019年1月29日に大津市牧2丁目の河川敷（図-2）の枯れたイネ科植物の株元で雌1頭を、3月1日には雄1頭を見つけた。この河川敷は道路をはさんで水田が広がっていて、この調査で見つけたイネカメムシは、水田で発生したものが休眠成虫となり越冬していたと考えられる。

2019年12月20日には、大津市上田上堂町の雑木林

の中にある草地で、枯れたイネ科植物の株元で越冬している雌10頭、雄7頭を見つけた。この草地は、水田からは350m程度離れている日当たりのよい場所であった。越冬が確認できた17頭の成虫は、集団越冬なのか、越冬に適した場所に休眠成虫が集まった結果なのかは不明である。これに対し、コノテガシワの樹冠内の落葉堆積物内は、イネカメムシの集団越冬場所と考えられている（住田・竹松、2022）。

イネカメムシの越冬については、イネ科植物以外の草種の株元や樹木内で越冬している可能性も高く、越冬場所の温度や湿度等の環境要因も含め検討を進める必要がある。

II 越冬場所からの移出時期

イネカメムシ成虫は、7月中旬になりイネが出穂すると越冬場所から水田に飛来することを報告されているが（大内、1953；1954a；1954b）、4～6月にかけての生息状況については詳細に明らかにされていない。4月から水田に飛来してくる7月中旬までの生息場所は不明であり（石島、2021）、越冬場所も含め水田に飛来する以前の生息場所について調査することが必要である。雑木林の中の枯死したイネ科植物が繁茂している草地において、イネカメムシの越冬場所を見つけたことにより、越冬場所で成虫の個体数の推移を経時的に調査することが可能となった。

イネカメムシの越冬が確認された雑木林内の草地（図-2）で、イネ科植物の株元を手でかき分け成虫を採集した。採集した成虫は、雌雄を区別し記録したのち元の場所に戻した。1回の調査にかかる時間は1時間とし、1人の場合は1時間、2人の場合は1人30分とした。調査は、2021年4月5日から7月27日まで、週当たり2回行った。

調査を開始した4月5日に、越冬場所で越冬している成虫7頭を確認した（図-3）。4～6月までのすべての調査日で、成虫を確認することができた。7月1日と5日には5頭、8日には7頭、12日には2頭、15日には1頭確認できたが、20日、22日、27日の調査では成虫を確認することはできなかった。

越冬成虫は、7月中旬まで越冬場所にとどまっていた。しかし、7月20日の調査からは成虫を確認できなくなったことから、成虫は7月中旬以降に越冬場所から移出したと考えられる。イネカメムシは、餌としてイネの穂に対する依存性が強く（中筋、1973；SHIMADA and SUGIURA, 2020）、越冬場所周辺水田の早生のイネが出穂し始めるのは7月中旬以降であり、越冬場所から移出した成虫は、



図-2 イネカメムシ成虫の越冬場所

注1) 上図：大津市牧2丁目の河川敷（2019年1月29日撮影）。

注2) 下図：大津市上田上堂町の雑木林内の草地（2021年6月21日撮影）。

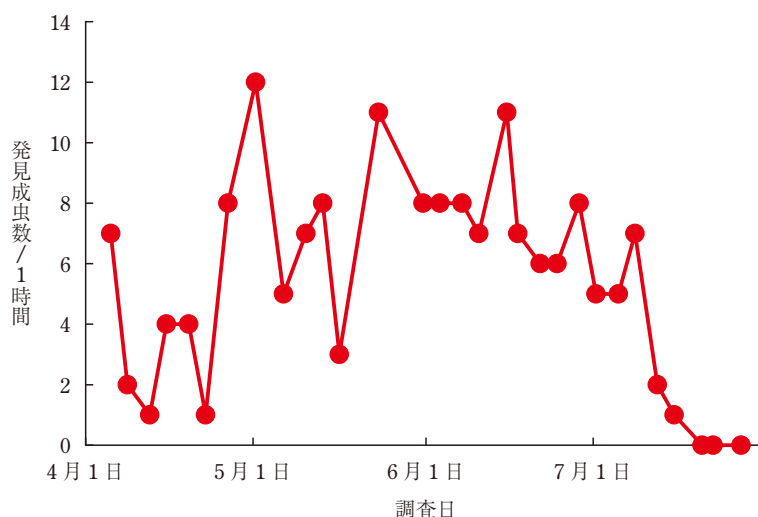


図-3 越冬場所でのイネカメムシ成虫個体数の推移

注1) 2021年に大津市上田上堂町の雑木林内の越冬場所で調査。

注2) 調査時間は1時間。

注3) 鳥飼・樋口（2022）より転載。

出穂が始まった水田に移動したと考えられる。この結論は、成虫は7月中旬になりイネが出穂すると、越冬場所から水田に飛来するという報告（大内，1953；1954a；1954b）を支持するものである。

III 水田内での発生消長

滋賀県大津市石居と牧の水田で、2017年は中生品種‘日本晴’，2021年は晩生品種‘にこまる’ですくい取りを行い、イネカメムシ成・幼虫の発生の推移を調査した。

‘日本晴’と‘にこまる’の栽培面積は、それぞれ13.8a，40aで、捕虫網（直径36cm，柄90cm）を用い水田中央部2箇所それぞれ20回振りを行い、捕獲された個体数を「すくい取り個体数」とした。すくい取り調査は、1週間に1回行った。

2017年に調査を行った中生品種‘日本晴’の出穂期は、8月9日で、この日に成虫11頭が、8月14日には8頭が捕獲された（図-4）。これらの成虫は、越冬後の成虫が飛来してきたものと考えられる。8月14日には1・2齢幼虫が12頭，3・4齢幼虫が30頭，8月21日には3・4齢幼虫が15頭，5齢幼虫が4頭，8月28日には3・4齢幼虫が5頭，5齢幼虫が7頭捕獲された。9月4日には5齢幼虫が5頭，成虫が8頭捕獲された。8月下旬から9月上旬に5齢幼虫が捕獲されていることから、9月4日に捕獲された成虫は水田内で羽化した新成虫である可能性が高い。したがって、中生品種‘日本晴’では、出穂期に越冬後の成虫が飛来し、雌は産卵を行い、ふ化した幼虫が成虫になり1世代を経過していると考えられる。

2021年，晩生品種‘にこまる’の出穂期は8月30日で

あり、8月31日に成虫9頭，9月7日に成虫25頭，9月13日には成虫40頭が捕獲された（図-5）。8月中旬以降、越冬後の成虫は死亡していくことから（大内，1953；1954a），‘にこまる’の出穂期以降，8月下旬から9月に飛来してきた成虫は、周辺の早生・中生品種で羽化した新成虫であると考えられる。1・2齢幼虫は捕獲されなかったが、3・4齢幼虫が9月13日から捕獲されているので、出穂期以降に飛来してきた成虫は産卵を行ったと考えられる。山口県の調査で、9月上旬には蔵卵雌がいなくなると報告から（本田ら，2021），水田に飛来してきた第1世代の雌のうち、産卵を行ったのはその一部であると考えられる。この水田では、5齢幼虫が9月27日から捕獲され、10月4日には成虫が6頭捕獲された。これらの成虫は、晩生品種‘にこまる’で1世代を経過した成虫であると考えられる。

水田内でのすくい取り調査の結果から、越冬場所を移出した成虫は、出穂期をむかえた早生・中生品種の水田に飛来し、雌は産卵を行い、ふ化した幼虫は成虫になり、水田で1世代を経過していることが確かめられた（図-4）。イネカメムシの発生は、年1化であることが報告されている（石島，2021；本田ら，2021）。しかし、9月中旬以降に2世代目の成虫が羽化する可能性も指摘されている（小林，1960；石島ら，2020）。今回行ったすくい取り調査の結果から、晩生品種で1世代を経過することが明らかになった（図-5）。したがって、滋賀県大津市では、イネカメムシは年間最大2世代を経過することが可能であり、2世代目の発生には晩生品種のイネ栽培が重要な役割をはたしていると考えられる。

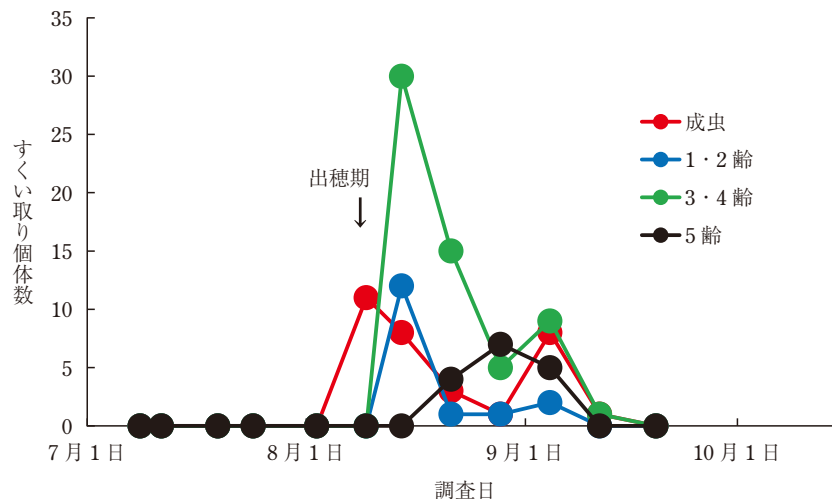


図-4 中生品種‘日本晴’を栽培した水田におけるイネカメムシ成・幼虫数の推移

注1) 調査は、2017年に大津市石居で行った。

注2) 水田の栽培面積は13.8aで、捕虫網を用い、水田中央部2箇所それぞれ20回振りを行い、捕獲された個体数を「すくい取り個体数」とした。

注3) すくい取り調査は、1週間に1回行った。

注4) 樋口（2020）より作成。

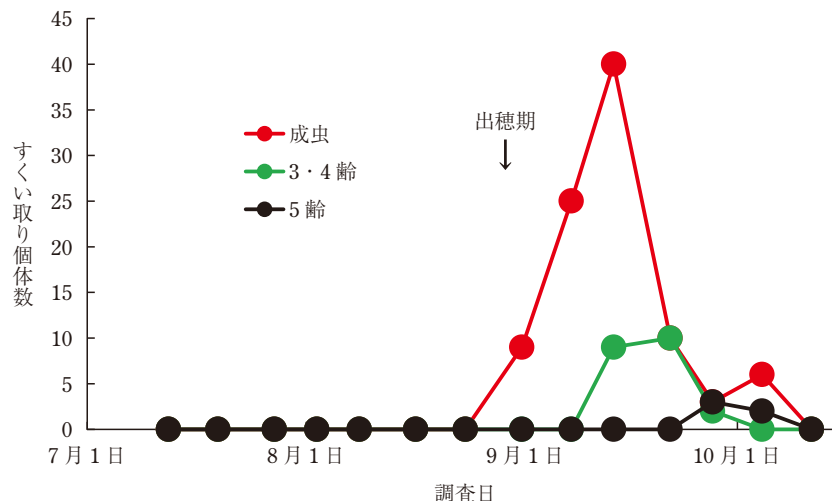


図-5 晩生品種‘にこまる’を栽培した水田におけるイネカメムシ成・幼虫数の推移

注1) 調査は、2021年に大津市牧で行った。

注2) 水田の栽培面積は40aで、捕虫網を用い、水田中央部2箇所それぞれ20回振りを行い、捕獲された個体数を「すくい取り個体数」とした。

注3) すくい取り調査は、1週間に1回行った。

IV 防 除 対 策

イネカメムシ成虫の水田への飛来は、イネの出穂が契機になっており（大内，1953；1954b；石島ら，2020；石島，2021；北野・増田，2022），そのことは本調査でも確かめられた。出穂期に水田に飛来した成虫は穀から吸汁を行い、不稔穀が発生し減収する（小林，1960；平江，2021；本田ら，2021）。したがって、出穂期の防除は非常に重要であり（石島ら，2020；本田ら，2021；田中ら，

2022），防除の有無を判断するためには、出穂期前後の成虫の発生状況を把握する必要がある。特に、8月下旬に出穂する晩生品種の場合、早生・中生品種で羽化した新成虫が出穂期に集中して飛来することが考えられ、成虫の発生状況を把握することは非常に重要である。

白色粘着板を使用したトラップで出穂期前後に水田に飛来する成虫を捕獲できることから（石島ら，2020），成虫の発生を調査する方法として有効である。今後、成虫の発生をさらに確実に把握できる手法を開発し、防除

の要否を判断できる管理技術の確立が望まれる。

お わ り に

イネカメムシについて滋賀県大津市で、越冬場所、越冬場所からの移出時期、水田内での発生活動を調査し、その生活史について以下のようにまとめた。

イネカメムシ成虫の水田への飛来は、イネの出穂が契機になっている。7月中旬にイネが出穂すると成虫は越冬場所から移出し、水田に飛来する。出穂期の早生・中生品種の水田に飛来した成虫は、穂から吸汁し卵巣を發育させ産卵を行う。ふ化した幼虫は成虫にまでなり、1世代を経過する。8月下旬に出穂する晩生品種が栽培されていると、第1世代の成虫はその水田に飛来し、産卵し、ふ化した幼虫は成虫になり、1世代を経過する。したがって、滋賀県大津市では、イネカメムシは最大2世代を経過できる。第1世代と第2世代の成虫は、気温の低下とともに越冬場所へ移動する。

イネカメムシの野外での発生活動や加害の実態等、明らかにされつつある。さらに総合的な防除体系を確立するためには、フェロモンや天敵等についても研究を進める必要がある。

斑点米被害を引き起こすカメムシ類の水田内での発生活動の把握や防除要否を判断するために、アカヒゲホソミドリカスミカメやアカスジカスミカメでは合成性フェロモン剤を誘引源とした粘着トラップが使用されている（石本，2008；武田，2016）。イネカメムシについては、フェロモンの存在は不明である。フェロモンの存在を明らかにしたうえで合成フェロモン剤を開発できれば、それを誘引源としたトラップの開発のみならず、交信攪乱法などにも利用できる可能性がある。

カメムシ類の寄生性天敵として、卵寄生蜂とヤドリバ

エがあり（中沢・林，1984）、カメムシ類の発生密度に大きな影響を与えている（山田・宮原，1977；1979；樋口，1997）。イネカメムシの天敵については不明な点が多いが、卵寄生蜂やヤドリバエは生物的防除における天敵素材として利用できる可能性が高く、今後の研究の進展が待たれる。

引 用 文 献

- 樋口博也（1997）：九州農試報告 31：23～100.
- （2019）：植物防疫 73：392～395.
- （2020）：同上 74：68～75.
- 平江雅宏（2021）：関東東山病虫研報 68：24～26.
- 本田善之ら（2021）：植物防疫 75：264～268.
- 保積直史（2005）：農林害虫防除研究会 News Letter 15：2.
- 石島 力（2021）：植物防疫 75：364～368.
- ら（2020）：関東東山病虫研報 67：39～42.
- 石川 忠ら（2021）：日本原色カメムシ図鑑第3巻，全国農林教育協会，東京，p.493.
- 石本万寿広（2008）：新潟農総研報 9：1～71.
- 北野大輔・増田倫士郎（2022）：環動昆 33：109～116.
- 小林 尚（1960）：応動昆 4：11～19.
- 中筋房夫（1973）：植物防疫 27：372～378.
- 中沢啓一・林 英明（1984）：広島農試報告 48：35～48.
- 小川正行ら（1960）：高知農試研報 2：45～47.
- 大田真理子ら（2020）：茨城病虫研報 59：58～63.
- 大内 実（1953）：植物防疫 7：306～308.
- （1954 a）：應用昆蟲 10：117～120.
- （1954 b）：茨大農学術報告 2：25～30.
- SHIMADA, N. and S. SUGIURA（2020）：J. Appl. Entomol. 145：117～124.
- 住田歩夢・竹松葉子（2022）：植物防疫 76：73～75.
- 高井 昭ら（1975）：茨城県農試研報 16：43～58.
- 武田 藍（2016）：千葉農林総研特報 7：55～99.
- 竹内博昭（2007）：中央農研研究報告 9：17～74.
- ら（2004）：応動昆 48：39～47.
- 田中千晴ら（2022）：関西病虫研報 64：134～136.
- 鳥飼悠紀・樋口博也（2022）：応動昆 66：87～89.
- 内田信義ら（1975）：九病虫研会報 21：24～31.
- 山田健一・宮原 実（1977）：同上 23：153～154.
- ・———（1979）：福岡園試研報 17：54～62.
- 安江園子ら（2022）：千葉農林総研研報 14：45～51.



雪踏みによるコムギ雪腐病の防除と作用メカニズム

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

しも だ せい じ
下 田 星 児

はじめに

作物が長期間積雪下におかれる地域では、コムギや大麦、牧草で春の雪解け時に葉が腐り、その後の生育の遅れや植物の枯死につながる雪腐病の発生が問題となる。雪腐病は、複数の病原菌が関与して、雪の下で弱った葉に菌が感染することで発生する。コムギの生育を阻害する重要病害であり、耕種的な対応は、適期播種や融雪材散布等に限られる。これらは、決定的な対策とはいえず、薬剤散布に頼らざるを得ない。気候変動が激しくなる中、初冬の本来の雪が降る時期に雨が多く降る年が生じ、雪腐病に対する薬剤防除の有効性が弱まる懸念されている。本稿では、北海道での圧雪試験「雪踏み」の事例を紹介する。「雪踏み」は、トラクターにタイヤローラーを装着し、雪面を走り圧雪する手法で、積雪後に実施できるため、根雪時期を心配する必要がない。薬剤を使わず低温を利用する環境保全型病害防除技術として、雪腐病の新たな防除手法になることが期待される。

I 雪 腐 病

1 通常の対策

コムギの安定生産を阻害する要因として、最も影響が大きいのは赤かび病をはじめとする繁茂期の病害だが、北海道をはじめとする北日本のコムギ生産地は、数か月間にわたる越冬期間を無事に乗り越えることが重要になる。積雪下でまん延する好低温性糸状菌の活動による「雪腐病」は、コムギ、牧草、芝生等の越冬性植物を枯らす重要病害である。春の雪解け時に葉が腐り、激しい場合は茎を腐らせ、株単位で枯死する場合もあり、生育した場合も生育遅れや植物体の枯死につながる。基本の対策として越冬前に健全な生育を確保することが挙げられるが、大きな被害を防ぐために、毎年、越冬前に予防的に薬剤（殺菌剤）防除を行う。

農薬の散布時期は根雪直前が望ましいが、根雪になる

時期は年次変動が大きい。予報でも雨/雪の判別は難しく、初冬の積雪前をピンポイントで予測することは極めて困難である（川瀬，2019）。このため、根雪が予想より早まる場合は、農薬散布の機会を逃すこともある。逆に根雪が遅い場合は、散布後の降雨や融雪により薬剤が流亡して効果が低下する。主要薬剤の残効性の検証で、1か月以上無積雪状態でも効果を発揮することが知られるようになったが（山名・小澤，2015）、無積雪期間が長期化すると徐々に効果は低下する。根雪まで何度も農薬の散布を行うことは、経費が増えるうえ、気温が低下するにつれ圃場が乾きにくくなるため、大型機械が圃場に入ることが難しくなり、農薬散布作業が困難になる。

2 発生する積雪条件

雪腐病には複数の病原菌が関与しており、雪の下で弱った葉に菌が感染することで発生する。雪腐病菌は、他の微生物との競争を避けた低温で活動しており、0℃前後がコムギに対し雪腐病菌が活動しやすい温度である。作物を覆っている積雪層は、多くの空気を含み断熱効果があることから、外気温が低くても地表面温度は0℃前後に保たれ、複数の種類の雪腐病が発生しやすい。

積雪期間が長いほど活動期間が延びるため、発生程度が高まる。積雪時期が早く、積雪期間が長い地域の雪腐黒色小粒菌核病は、積雪後にすぐ発芽して、積雪の間に菌核のサイズを拡大させることが知られており（松本，2013）、同じ種類の菌でも、積雪期間が長い地域ほど発病が多くなりやすい。北海道の日本海側では、11月中旬に根雪になる年が多く、北海道の太平洋側・オホーツク海側は根雪になるのは12月に入ってからである（図-1）。東北や北陸は、年末年始に根雪になる地域が多いが、根雪になるタイミングに大きな年次間差があり、積雪日数にも大きな幅がある。根雪日の変化を見ると、暖冬や温暖化の影響は、明瞭ではない。多雪地帯の倶知安・旭川では数年ごとに11月半ばに根雪になり、帯広では1990年代後半から根雪日が早くなったが、2020年の12月は積雪がなく最遅の根雪日となった。北日本全体でも根雪の早晩に変化は生じていない。越冬前防除に適切な期間は、過去と比べて変化しておらず、根雪時期の年々の変

Methods and Mechanism of Action for Control of Wheat Snow Mold Disease by Snow Compaction. By Seiji SHIMODA
(キーワード: 雪腐病, 越冬作物, 物理的防除, 低温)

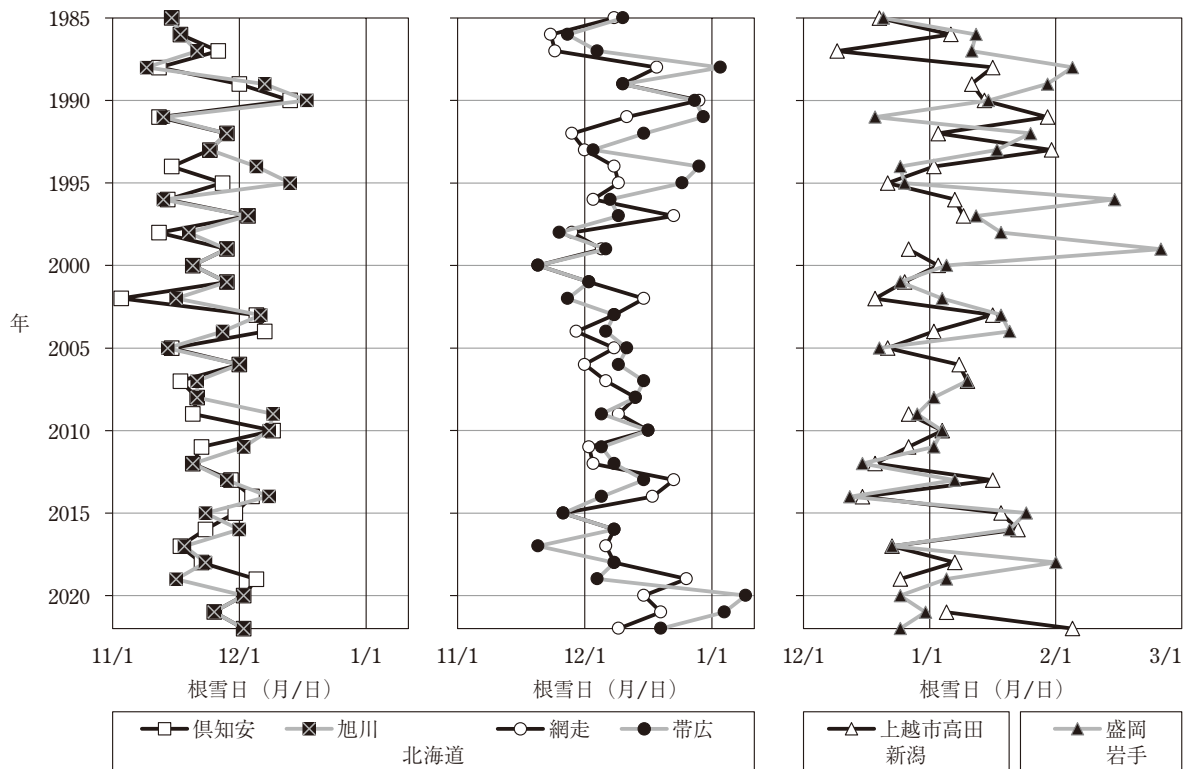


図-1 北日本の1985～2022年の根雪日

アメダス地点の積雪量が1 cm以上の日が10日以上続く場合の起点を根雪日とした。越冬前防除が可能かを示すために、途中で融雪があった場合も最初に10以上の積雪があった場合を根雪日としており、気象庁などが示す根雪日とは異なる。

動にどう対応すべきか、過去も現在も変わらない課題と言える。

根雪時期が極端に変化する地域でも、予防的な防除は欠かせないため、結果的に雪腐病の防除が不要な少雪となると、経費だけがかさむことになる。積雪後の対応として、融雪材の散布は、融雪を早めることで積雪期間を短くできるが、効果は限定的である。効果の高い方法として、本稿に述べる「雪踏み」により雪の下を温める方法を提案する。

II 「雪踏み」が地表面温度を低下させる原理

北海道の東部、十勝・オホーツク地域を中心に、冬の寒さを活かした環境保全型の圃場管理技術として、除雪（通称：雪割り）や圧雪（通称：雪踏み）が行われている（臼木・廣田，2014）。主にジャガイモの収穫取り残しのイモが翌年に雑草化する「野良イモ」の対策として普及しており、土の温度を下げてイモを凍結枯死させる技術である。積雪層は多くの空気を含み、布団のように断熱効果がある。冬の気温が低い北海道、特に東部地域では、除雪を行うと寒気の影響を受けて土壌の温度が下がる。早期に普及したのは除雪作業の「雪割り」だが、



図-2 雪踏みの様子

大型の機械が必要であること、土壌病害などが広がることへの懸念から、除雪より作業が容易で土壌の移動がない圧雪作業、通称「雪踏み（図-2）」も広く現場に普及している。積雪層は多くの空気を含んでおり、布団のように断熱効果があるため、地表の温度は一定に保たれる。寒冷地では、農業用のタイヤローラーなどで鎮圧し、断熱効果がある空気を抜いて雪を固めると、地表の温度

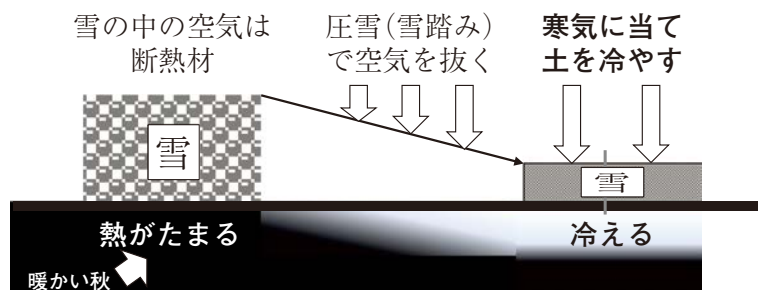


図-3 雪踏みによる地表面温度の低下の模式

を冷たい外気の温度に近くまで下げることができる(図-3)。野良イモ防除の技術として、それまでの対策の除草剤の散布より効果が高く、農薬に依存しない技術として、生産現場に広がっている。

III 「雪踏み」の雪腐病の防除効果の検証

雪腐病は、環境によって発生する種類が異なる。宿主のコムギが存在する周辺の温度を、雪腐病の感染・発病にとっての最適温度の範囲外に導けば防除が可能、と考えた。雪腐黒色小粒菌核病(葉に直径1 mm程度の球形の黒い菌核を形成する)は、茎葉が灰白色になって枯死し、枯死した茎葉に黒色の菌核を形成する。全道各地と本州の一部寒冷地で発生するが、比較的積雪の少ない北海道の十勝・オホーツク地方で発生が多い。雪腐大粒菌核病(ネズミ糞状の菌核を形成)は、他の菌が活動できない低い温度帯を好む菌により発生し、十勝・オホーツク地方で発生することがある。

雪腐病対策に、「雪踏み」を利用できないか検証した。2016年秋から21年夏までの5年間、農研機構北海道農業研究センター芽室研究拠点において秋まきコムギ圃場で雪踏みを行う実験(SHIMODA et al., 2023)で検討した。栽培品種は「きたほなみ」を用いた。

1 雪腐黒色小粒菌核病に対する防除効果

試験圃場では、12月初旬に積雪がある早雪年は、地表面温度は0℃前後に保たれるが、雪踏みを行うと温度は低下する(図-4)。ただし、積雪の前半(試験では12月)で雪踏みを終えてしまうと、地表面温度は上昇してしまう。

0℃前後で増えやすい種類の雪腐黒色小粒菌核病は、積雪期間が長く、0℃前後の期間が長く続くときに多く発生する。農薬を散布する圃場では、葉が枯れることがないが、農薬を散布しない圃場では、葉の多くが枯れる(図-5左)。しかし、「雪踏み」を多く実施すると枯れは一部に止まる(図-5右)。いったん雪踏みを行っても、その後に雪が積もると地表面温度は徐々に0℃に近づく

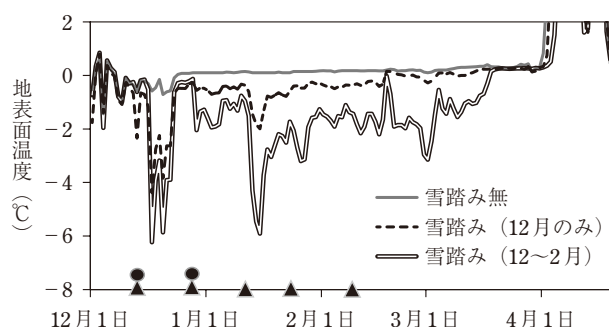


図-4 積雪が早い2016~17年における異なる雪踏み実施時期(12月のみの実施/12~2月までの実施)の地表面温度の変化
実施日の●▲は雪踏み実施時期(●12月のみの実施/▲12~2月までの実施)。雪踏みがない場合(黒線)、12月のみの実施(点線)、12~2月までの実施(二重線)。

ため、雪踏みの実施終了が早すぎると、雪腐病の発生は減らない(図-6)が、冬の半ば(1月後半から2月はじめ)まで長く雪踏みを行うことで、雪腐病の発生を抑える効果が継続する。1月のみ実施するのが最も効率的に思えるが、積雪が深い状態での作業になる可能性が高く、作業には熟練を要する点に注意が必要である。

2 雪腐大粒菌核病に対する防除効果

近年は、暖冬と積雪の増加の影響で、雪腐大粒菌核病の道内での発生は、ほとんどなかったが、2020~21年にかけて、十勝・オホーツク地方では、12月の積雪が少なく、生産者圃場においても雪腐大粒菌核病が多発した。防除から積雪までの期間が長く、地表面温度が低下したことと、12月にまとまった降雨があったことが原因と考えられる。

試験圃場の地表面温度は12月に-10℃前後まで低下した。1月上旬の積雪後に地表面温度は少しずつ上昇した。1月上旬から雪踏みを行っても、地表面の温度は低下する(図-7)。雪腐大粒菌核病は、低温環境下で発生が多発すると言われていた。防除を行わない状態では雪腐大粒菌核病が多発したが(図-8左)、雪踏みを行うと発生はほとんどなかった(図-8右)。雪踏みを繰り返し

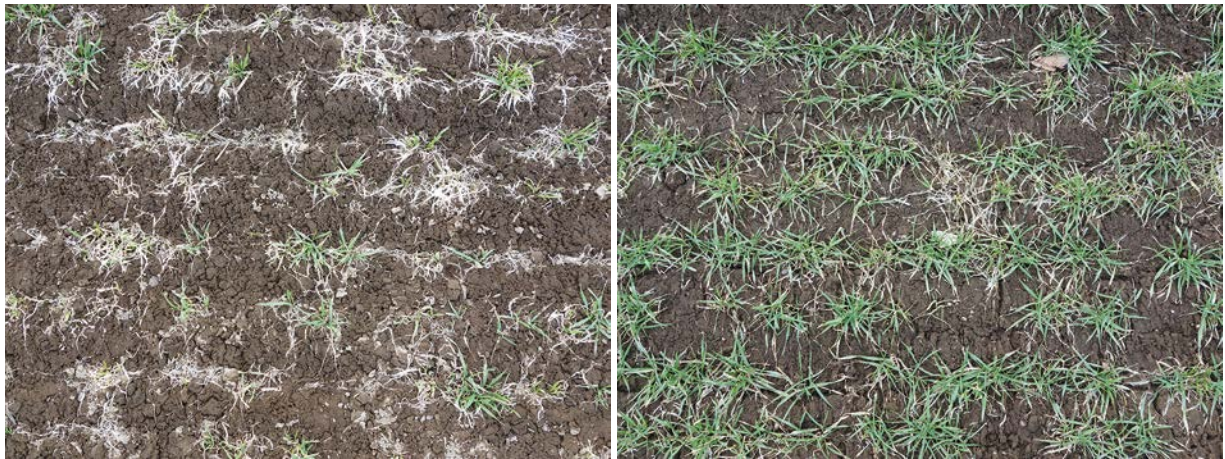


図-5 積雪が早い2017年4月の融雪後の様子

左は雪踏みの実施なし（雪腐黒色小粒菌核病の発生が増加）、右は繰り返し雪踏みを実施した区（一部に雪腐大粒菌核病が見られる）。両方とも防除を行っておらず、菌密度を高めるために秋に雪腐黒色小粒菌を散布した圃場。

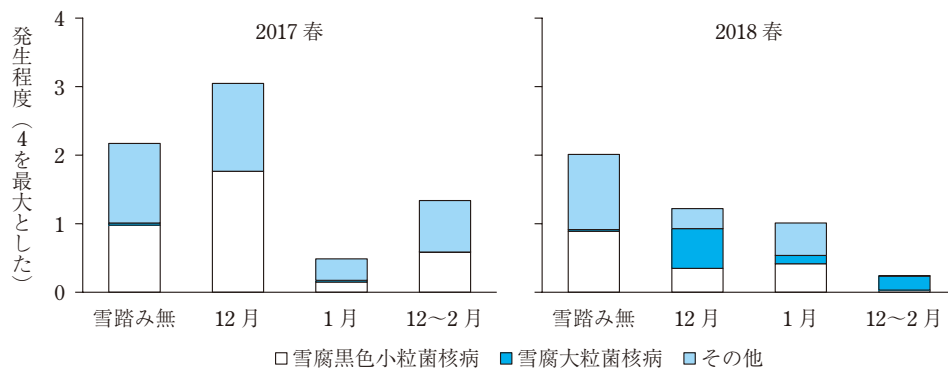


図-6 積雪が早い2017年4月と2018年4月の雪腐病の発生程度

雪踏みの実施なしと12月のみ実施のときに発生程度が高く、1月のみ、12~2月に実施で発生程度が低い。防除を行っておらず、菌密度を高めるために秋に雪腐黒色小粒菌核病を接種した圃場の結果。

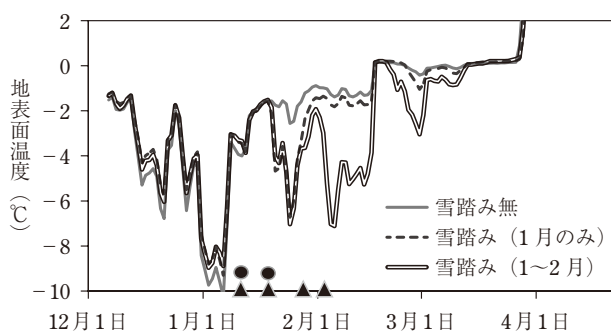


図-7 積雪が遅い2020~21年における異なる雪踏み実施時期（1月のみの実施/1~2月までの実施）の地表面温度の変化

実施日の●▲は雪踏み実施時期（●1月のみの実施/▲1~2月までの実施）。雪踏みがない場合（黒線）、1月のみの実施（点線）、1~2月までの実施（二重線）。

行くとさらなる低温にさらされるため、発病が増すと考えられていたが、実際の発病は大きく減少した（図-9）。

富山（1965）は、雪腐大粒菌核病の発生条件に土壤も

しくは植物体の凍結を挙げている。この知見は現在も北日本の病害関係者に広く知られ、土壤凍結が雪腐大粒菌核病の原因と考えられている。しかし、雪踏み試験の結果、凍結自体は雪腐大粒菌核病を発病させるものではないことがわかった。尾崎（1979）は、オーチャードグラスの雪腐大粒菌核病の発生調査のまとめとして、発病に影響するのは土壤凍結の深さや期間ではなく積雪期間であることを示している。根雪前の低温に遭遇することは雪腐大粒菌核病の感染の前提条件だが、病原菌への感染時期は根雪後であることを示している。雪腐大粒菌核病は、低温が発病の原因とされるが、積雪下で地表面温度が0℃程度の期間が一定以上にならないと発病しない。雪踏みで地表面温度を低くすると、0℃程度の期間が短くなるため、感染するタイミングを失う。よって、越冬後の雪腐病の発病を抑えることができたと考えられる。

3 異なる種類の雪腐病への対応

5年間の結果をまとめると、雪腐病の種類が異なって



図-8 積雪が遅い 2021 年 4 月の融雪後の様子

左は雪踏みの実施なし（雪腐大粒菌核病の発生が増加）、右は繰り返し雪踏みを実施した区（菌核を伴わない枯れ葉が見られ、凍害影響は見られる）。両方とも防除を行っていない圃場。

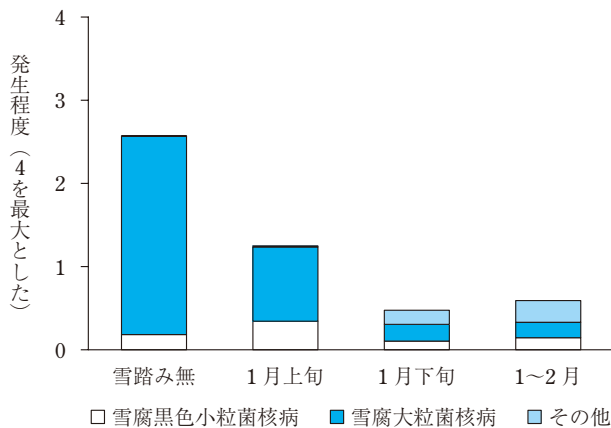


図-9 積雪が遅い 2021 年 4 月の雪腐病の発生程度

雪踏みの実施なしで発生程度が高く、雪踏みを行うと発生程度が低い。防除を行っておらず、菌密度を高めるために秋に雪腐黒色小粒菌核病を接種した圃場の結果。

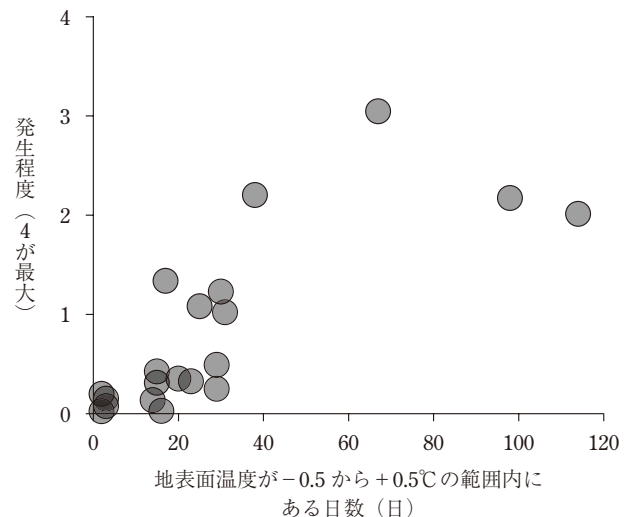


図-10 地表面温度 0℃ 付近の期間と雪腐病の発生程度

も、地表面温度が $0^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ になる日数が増えるとともに、雪腐病の発病程度が大きくなり、日数が 30 日を超えると収量を減らすほどの発病が大きくなることがわかった（図-10）。低温を好み種類の雪腐病でも、温度が 0°C 前後の期間が短いと発病しないことがわかった。本州から北海道にかけて広く発生する紅色雪腐病（茎葉が鮭肉色に変色）は上記の多雪年に発生しているが、これも、雪踏みを実施すると減少することが確認できている。もう一つ、発生の多い雪腐病である雪腐褐色小粒菌核病（葉に直径 1 mm 程度の球形の褐色の菌核を形成する）は、試験では発生がほとんどなかったため確認できず、検証が必要である。

IV コムギ上の「雪踏み」の作業方法

生産者圃場では、雪腐病の低減効果を目的とした雪踏みの実施例はまだない。北海道では、秋まきコムギ上の

「雪踏み」の作業は、野良イモの凍結枯死を目的とする実施への期待がある。北海道東部の輪作体系において、ジャガイモの後作の約 6 割は秋まきコムギが占めており、早期の野良イモ防除のために秋まきコムギ圃場で雪踏みの実施が始まっている。秋まきコムギへの凍害を懸念してコムギ生育中の雪踏みは困難との意見も多かったが、近年、先進的な生産者の取り組みが普及組織や研究を後押しし（SHIMODA et al., 2021）、野良イモの防除技術として普及し、2021 年にはオホーツク・十勝地域を中心に数百 ha 以上の畑で実施された。積雪が 15 cm 以上になった後で 1 回目の雪踏み作業をすることで、コムギの茎葉を傷めず、生育に支障をきたすことなく野良イモを防除できる。

雪踏み作業は、幅広く圧雪することで、一度に大面積の実施が可能になる。北海道で用いているのは、タイヤローラーと呼んでいる鎮圧ローラーをトラクタに装着す



図-11 直装式タイヤローラー



図-12 けん引式タイヤローラー

る方法である。ローラー部分は、一般にトラックの廃タイヤを利用しており、地元の農業機械メーカーは、雪踏み用ローラーとして注文製造を受け付けている。雪踏みは、一般にトラクタに装着したタイヤローラーを用いて圃場全面を一度の作業で圧雪する。雪踏み後、ある程度(10 cm 程度)積雪があった場合や風により吹き溜まりが生じた場合に、雪踏みを繰り返し行う。生産者がよく利用するタイヤローラーには、直装式(図-11)とけん引式(図-12)の二つのタイプがある。直装式は積雪の多少に合わせて高さを変えることができ、雪を抱え込んで前に進めなくなることを回避できるため、多雪地域でも実施の可能性がある。けん引式は装着するタイヤの数を増やして一気に大面積で実施することが可能で、効率的な作業を行うために利用される。また、タイヤローラー以外の雪踏み方法としては、トラクタのタイヤやクローラのみで踏む方法もあり、特に積雪がタイヤの半径より多い(約 30 cm 以上)場合でも作業が可能となる。ただし、一度に踏める面積が狭いため作業効率は劣る。また、積雪が多いほど、雪踏み後の地表面温度の低下は緩慢になる点にも注意が必要である。このように、北海道東部を中心にコムギ上の「雪踏み」の作業自体の工夫は進んでいる。北海道のような寒冷積雪地では、十分に耐寒性を持つ品種が栽培されているため、厳しい寒さにより生理的もしくは物理的に凍死する被害より、雪腐病による被害のほうが多く(松本, 2013), 雪踏みに伴う地温低下は生育阻害要因にはならない。雪腐病の低減効果を目的としない雪踏みの場合も、コムギの茎葉を傷めずに作業することが重要な点は共通であり、雪腐病防除を目的とした雪踏みに応用可能である。コムギ以外にも、雪腐病が発生しやすい牧草や芝生は、家畜飼料や人間活動と直接的にかかわりがあり、本州の積雪地帯でも

発生が見られる(星野ら, 2018)。農薬の低減が求められることが多く、これらにおいても防除効果を明示できると、作物生産分野に限らず広範な環境保全技術となるだろう。

おわりに

これまで、雪腐病の発生程度は、根雪を起点にした積雪期間で決まるとされてきた。北海道の寒冷地で行った試験から、地表面温度が0℃前後になる期間が、発生程度を決めることがわかった。雪踏みは、地表面温度が0℃前後になる期間を短くするため、複数の雪腐病において発病を抑える手段となる。このため、低温域で発生しやすい種類の雪腐病にも防除効果を発揮する。積雪地の中でも温暖な地域で発生しやすい褐色雪腐病や雪腐褐色小粒菌核病も同様に防除できるか確認する必要がある。積雪後に作業の要不要を判断できるため、根雪時期や積雪量が不安定な地域でも実施できる可能性があり、コムギ以外の防除にも用途が広がると期待する。

謝辞 本研究は、公益財団法人住友財団環境研究助成(課題番号 193067)の支援を受けた。

引用文献

- 1) 星野 保ら (2018): 高原の自然史 **18**: 1~8.
- 2) 川瀬宏明 (2019): 地球温暖化で雪は減るのか増えるのか問題, ベレ出版, 東京, 254 pp.
- 3) 松本直幸 (2013): 北農 **76**(4): 417~421.
- 4) 尾崎政春 (1979): 北海道立農試集報 **42**: 55~65.
- 5) SHIMODA, S. et al. (2021): Plant Production Science **24**(2): 186~197.
- 6) ——— et al. (2023): Soil and Tillage Research **225**: 105554.
- 7) 富山宏平 (1965): 日本植物病理学会報 **31**(別冊 1): 200~206.
- 8) 白木一英・廣田知良 (2014): いも類振興情報 **121**: 34~41.
- 9) 山名利一・小澤 徹 (2015): 植物防疫 **69**(9): 584~592.

研究 報告

トマト黄化病の病徴と果実重への影響

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門

う え だ しげ のり
上 田 重 文

はじめに

トマト (*Solanum lycopersicum*) は約 2,500 億円の産出額をあげる我が国の主要野菜の一つである。トマト黄化病は、クロステロウイルス科クリニウイルス属に分類されるひも状 1 本鎖 RNA ウイルスであるトマト退緑ウイルス (Tomato chlorosis virus, ToCV) が感染することにより発生するウイルス病である (図-1)。ToCV は、微小な昆虫であるタバココナジラミ (*Bemisia tabaci*) やオンシツコナジラミ (*Trialeurodes vaporariorum*) 等数種のコナジラミ種により半永続的に媒介されることから、難防除病害の一つにあげられている。ToCV の感染によるトマト果実の被害に関しては、0.2%~51.8%の間でトマトのジェノタイプによって減収するとの報告がある (MANSILLA-CORDOVA et al., 2018)。

本稿では、国内市販のトマト品種を用いて ToCV 感染によるトマト黄化病の発病によるその特徴とトマト果実の減収被害程度を試験圃場条件下で調査したのでその内容を紹介する。

I トマト黄化病の発生経過と発病の特徴

本病は、ヨーロッパにおいて少なくとも 1997 年以降にスペイン国内のハウス栽培で発生報告がなされており (NAVAS-CASTILLO et al., 2000), 世界 39 か国以上で発生しているトマトの重要病害である (FIALLO-OLIVE and NAVAS-CASTILLO, 2023)。日本では 2008 年に栃木県で初めて本病の発生が確認された (HIROTA et al., 2010)。病害虫発生予察特殊報の発表によると、2023 年 4 月現在、国内 25 都府県で発生が報告されている。

本病と同様にタバココナジラミ媒介性のウイルス病であるトマト黄化葉巻病は、病徴が顕著であるのに対し、圃場における本病の発生の仕方は非常に緩慢で特徴的である。ToCV を虫媒接種したトマトを圃場に定植し、発



図-1 トマト黄化病

病調査を行った (上田・寺見, 2022)。発病程度は 4 段階の発病指数により評価した (0: 無病徴, 1: 第一果房付近の複葉の小葉 3 枚以上で黄化が進展, 2: 第二果房付近の複葉の小葉 3 枚以上で黄化が進展, 3: 第三果房付近の複葉の小葉 3 枚以上で黄化が進展)。

本病はウイルス感染後発病までにおよそ 2 か月間を要したが、発病後は瞬く間に下位葉より上位葉へ黄化が進展していった (図-2(a))。第一果房付近の葉の SPAD 値を葉緑素計 SPAD-502Plus (コニカミノルタ) を用いて 2 週間ごとに測定した。ToCV 接種区における第一果房付近の複葉の SPAD 値は、接種後 2 か月目ころより低下し、3 か月目には無接種株より有意に低くなった (図-2(b))。本病の特徴的な症状としては、下位葉から上位葉へ進展する葉脈間の黄化である。黄化葉は褐変、壞疽斑や巻葉症状を伴うこともある (WISLER et al., 1998)。また、下位葉より徐々に巻葉症状を呈する。その症状は生理障害であるマグネシウム欠乏症に酷似していることから本病と生理障害との識別は容易ではない。また、果実や花についての症状は知られていない。

II トマト退緑ウイルス (ToCV) の宿主範囲

現在のところ、ToCV について日本での自然感染宿主は知られておらず、伝染環の完全な解明には至っていない。ToCV の宿主範囲としては、トマトを含むナス科を

Characterization of Symptom Development and Effect on Fruit Weight on Tomato Yellowing Disease Caused by Tomato Chlorosis Virus. By Shigenori UEDA

(キーワード: トマト退緑ウイルス, トマト黄化病)

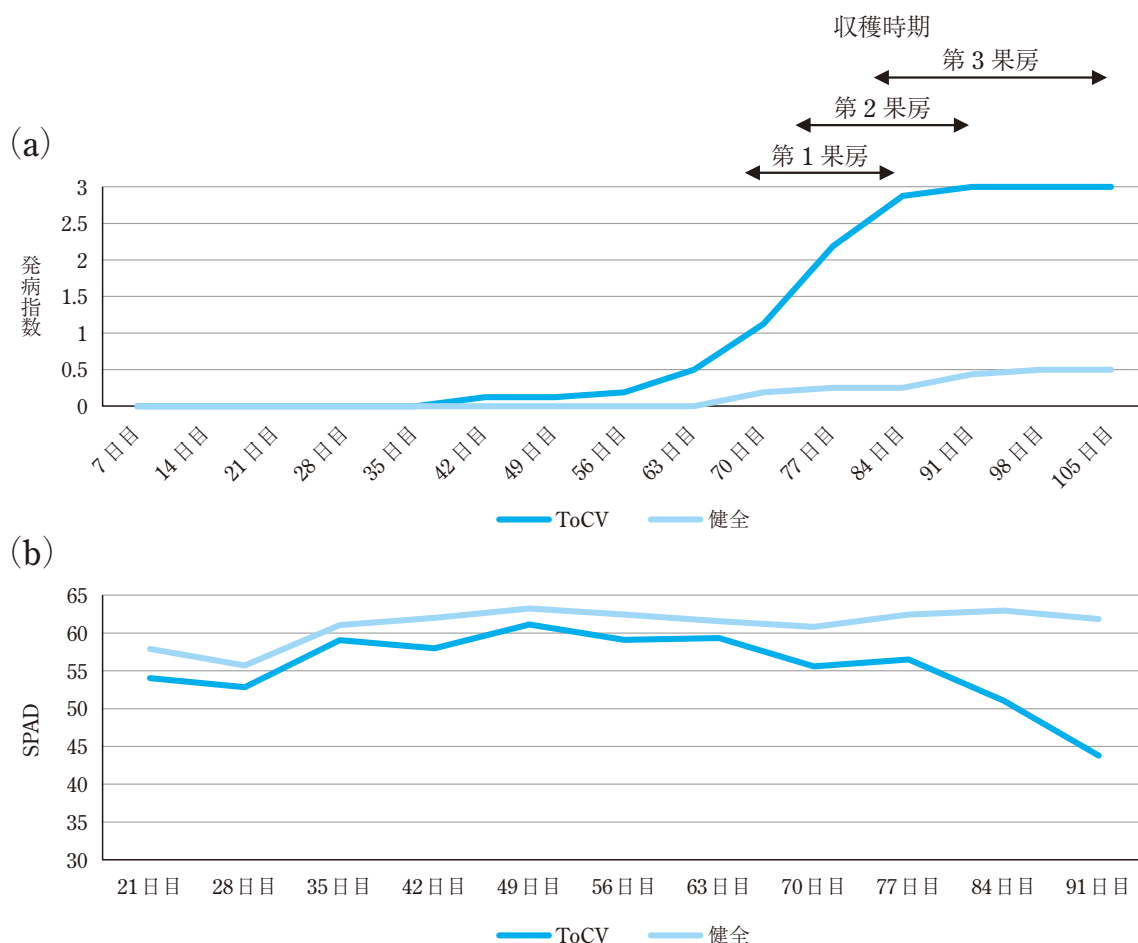


図-2 トマト黄化病の発病の推移

(a) 2020年春夏作の発病指数の推移。発病指数0：無発病，1：第1果房付近の複葉で黄化葉を確認，2：第2果房付近の複葉で黄化葉を確認，3：第3果房付近の複葉で黄化葉を確認。ToCV：ToCV接種区，健全：無接種区（両区とも $n = 8$ ）。

(b) 2020年春夏作のSPAD値の推移。ToCV：ToCV接種区，健全：無接種区（両区とも $n = 8$ ）。

主として7科24種に感染すると海外では報告されている（WINTERMANTEL and WISLER, 2006）。また，国内ではナス科（トマト，タバコ属，ワルナスビ），シソ科（ホトケノザ），キク科（アスター，キンセンカ，シュンギク，ノボロギク，レタス），リンドウ科（トルコギキョウ）等に感染することが確認されている（山城ら，2013）。また，最新の知見では，28科119種に感染するという報告が出されている（FIALLO-OLIVE and NAVAS-CASTILLO, 2023）。

III 果実重への影響について

トマト黄化病のトマト果実への影響について，国内では詳しくわかっていなかった。そこで，トマト品種‘麗容’（サカタのタネ）を用いて，本病感染による果実重への影響を調査した。

試験は，2020年3～6月（ToCV接種3月5日，3月27

日定植，春夏作とする）までと，8～12月（ToCV接種8月18日，9月11日定植，秋冬作とする）の2度行った。

2020年春夏作において，第三果房までの健全区1果当たりの果実重平均は，295.0 gであったのに対し，ToCV接種区の果実重平均は24.6%低い222.4 gであった（図-3(a)）。2020年秋冬作では，健全区369.4 gに対しToCV接種区が31.7%低い252.2 gであった。（図-3(b)）。 t 検定により平均値の差は，いずれも統計的に有意であることが示された（ $p < 0.05$ ）。また，各果房ごとの平均果実重を比較したところ，健全区に対してToCV接種区は有意に低く，ToCV接種区の第一果房，第二果房，第三果房は健全区に比べて26.2%，27.2%，21.9%低かった。果実糖度に関して，ToCV接種区は健全区より低かったが，統計的有意差は認められなかった。以上の結果から，ToCV感染によりトマト黄化病が発病すると収穫果実重に影響することが強く示唆された。また，発病初期

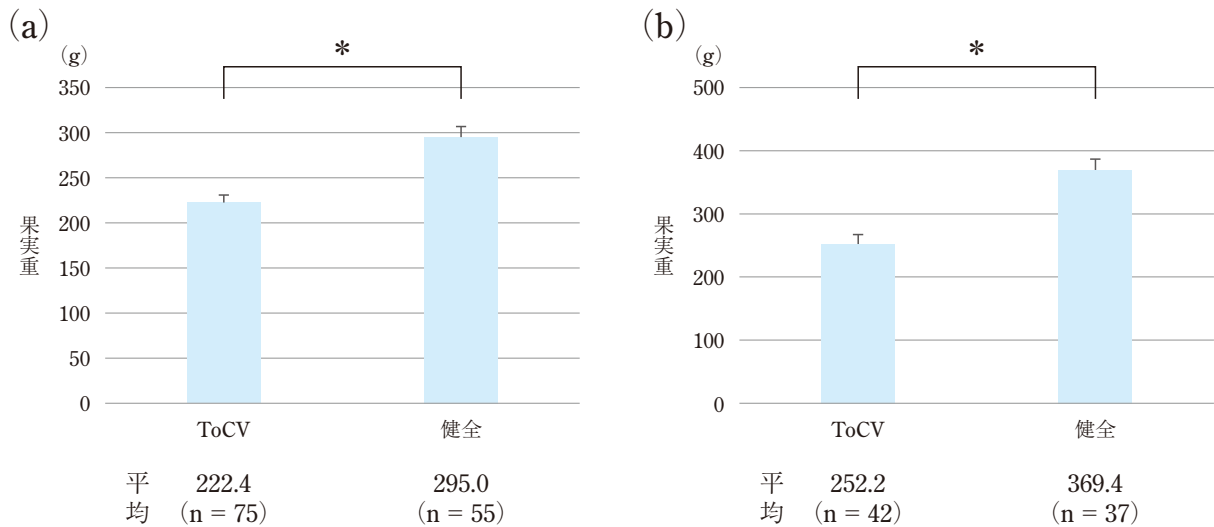


図-3 トマト黄化病発病株の果実重調査

(a) 2020年春夏作の果実重調査結果. (b) 2020年秋冬作の果実重調査結果. ToCV区: ToCV接種区, 健全区: 無接種区. **t*検定において両区の平均値の間に統計的有意差があることを示す ($p < 0.05$).

に収穫した第一果房においても果実重への影響があることが明らかになった。

IV トマト黄化病の防除対策

本病は、感染から発病までの潜伏期間が長い。罹病株は潜伏期間中であっても感染源になることから、感染に気づくのが遅れてしまい、その間に圃場全体にウイルスが飛散してしまうことが危惧される。そのため、圃場内でのタバココナジラミやオンシツコナジラミに対する防除の徹底はもちろんのこと、栽培終了後の十分な蒸しこみにより本病発生施設からコナジラミを逃さない対策を講じる、発生圃場の残渣の処理や圃場周辺の野良トマトの根絶等、少なくとも ToCV 感染トマトを発生源とする本病のまん延を防ぐ措置が必要である。また、上述のように、現在でもなお自然感染宿主が同定されていないため、ToCV の圃場外での発生生態は不明であるが、キク科雑草類には注意が必要である。

おわりに

トマト黄化病は生理障害であるマグネシウム欠乏症と病徴が酷似することや発病による減収への影響が不明であった。そのため、トマト黄化葉巻病と同様の発生予防対策が必要であるか不確かであった。しかし、本稿の結

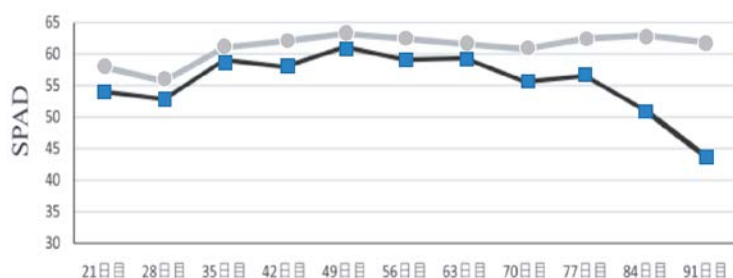
果からトマト黄化病は、感染から発病までに約 2 か月間を要すること、また、発症した場合の被害は少なくないことが明らかになった。ウイルス病の発生を予防する手段としては、抵抗性品種の利用が効果的である。残念ながら TYLCV に対する抵抗性品種は ToCV に対しては効果がなく、また、トマト黄化病に対するトマトの抵抗性品種や系統は、国内でまだ育種されていない。海外では、ToCV に対して軽微な症状を示したり、ウイルス蓄積量が低くなるトマト野生種が見いだされている (FIALLO-OLIVE and NAVAS-CASTILLO, 2023)。近い将来、農薬による防除を低減できるような抵抗性品種が開発できれば、本病の発生予防が大いに前進すると期待している。

引用文献

- 1) FIALLO-OLIVE, E. and J. NAVAS-CASTILLO (2023): *Ann. Appl. Biol.* **182**: 29~36.
- 2) HIROTA, T. et al. (2010): *JGPP* **76**: 168~171.
- 3) MANSILLA-CORDOVA, P. J. et al. (2018): *Plant Pathology* **67**: 1231~1237.
- 4) NAVAS-CASTILLO, J. et al. (2000): *Plant Dis.* **84**: 835~837.
- 5) 上田重文・寺見文宏 (2022): *日本植物病理学会報* **88**: 250~253.
- 6) WINTERMANTEL, W. M. and G. C. WISLER (2006): *Plant Dis.* **90**: 814~819.
- 7) WISLER, G. C. et al. (1998): *Plant Dis.* **82**: 270~280.
- 8) 山城 都ら (2013): *関東東山病虫研報* **60**: 35~36.

葉緑素計 SPAD-502Plus

Tomato chlorosis virus 感染による
トマト黄化病の病徴 と発病の推移



2020 年春夏作の SPAD 値の推移。ToCV : ToCV 接種区, 健全 : 無接種区 (両区とも n=8)

上田重文・寺見文宏(2022) 日本植物病理学会報 88:250-253



植物の健康度を知る上で必要な、植物の葉に含まれる葉緑素（クロロフィル）量を**SPAD値（葉緑素含量を示す値）**として表す計測器です。

ハイパースペクトルカメラ

SPECIM IQ

世界初の一体型ポータブル機種
持ち運びに便利！



NEW

植生ウイルス検知に使える

2次元の分光データを活用し
小麦やタバコ等の植生ウイルスの
早期診断に活用できる

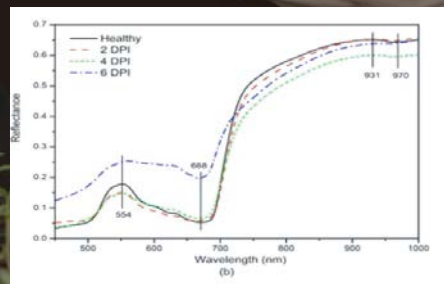


Image courtesy of Specim, Spectral Imaging Ltd.

●計測機器のお問い合わせは右記まで

コニカミノルタ ジャパン株式会社

東京営業所 〒105-0023 東京都港区芝浦1-1-1

TEL.(03)6324-1010(代)

大阪営業所 〒550-0005 大阪市西区西本町2-3-10

TEL.(06)6110-0550(代)

名古屋営業所 〒460-0008 名古屋市中区栄2-9-15

TEL.(052)229-4651(代)

福岡営業所 〒812-0007 福岡市博多区東比恵1-2-12

TEL.(092)415-3518(代)



収穫後のゴボウに発生した *Pectobacterium carotovorum* による軟腐病（新称）

熊本県農業研究センター生産環境研究所 ^さ坂 ^も本 ^み美 ^さ沙*

はじめに

ゴボウ (*Arctium lappa* L.) は、日本国内における作付面積は 7,410 ha であり、熊本県では作付面積 266 ha、収穫量 3,190 t で (野菜生産出荷統計, 2021), その約 9 割が県北東部の菊池地域で栽培されている。本地域では、2019 年 3 月に「菊池水田ゴボウ」が地理的表示保護制度に登録され、安定生産が重要となっている。

菊池地域では 12~3 月にかけて収穫する冬ゴボウと 4~6 月にかけて収穫する春ゴボウの作型があり、出荷形態としては通常の泥付きゴボウと、収穫後にゴボウを洗浄し、土を落として出荷する「洗いゴボウ」がある。2020 年 5 月、春ゴボウ作型の「洗いゴボウ」において、出荷時は健全であったものの、流通中に根部切り口部や表面が黒く腐敗する症状が確認された。ゴボウの根部が腐敗する病害には菌核病 (徳丸ら, 1989) や根腐病 (富来ら, 1964), 黒あざ病 (松田ら, 1973) があり、それら糸状菌による病害の発生が疑われたが、ゴボウでは国内初確認の *Pectobacterium carotovorum* による新病害であることが判明し、ゴボウ軟腐病とすることを提案した (坂本, 2022)。本稿では、本病の病徴や病原菌の特徴、

防除法について紹介する。

I 発生経緯および病徴

1 発生経緯

2020 年 5 月、熊本県菊池市で収穫、洗浄されたゴボウ「渡辺早生」において、翌日の出荷時は健全であったが、さらに 1 日経過後の市場で根部切り口部や表面が黒く変色し、軟化腐敗する症状が見つかった。発病から 4 日後の病徴は、根部切り口部や表面から内部へ進行する黒色の水浸状病斑で、病斑中央部には悪臭がある軟化腐敗を伴った (図-1, 2)。

2 病原菌の分離と原病徴の再現

腐敗したゴボウの罹病組織片から常法で糸状菌および細菌の分離を行った結果、糸状菌は分離されず、細菌が分離された。得られた分離細菌を脇本処方のジャガイモ半合成寒天培地 (以下, PSA 培地) で培養し、滅菌水に濃く濁る程度懸濁した細菌懸濁液を作製し、外観上健全なゴボウ「渡辺早生」に三つの方法で接種した。すなわち、ゴボウの根部をやさしく手で水洗いして風乾させたものを約 1.5 cm 間隔で輪切りにし、上記細菌懸濁液を ①切り口部に滴下する方法、②根部表面にカミソリで垂



図-1 市場出荷品の切り口部の腐敗

Bacterial Soft Rot of Burdock Caused by *Pectobacterium carotovorum*. By Misa SAKAMOTO

(キーワード: *Pectobacterium carotovorum*, 軟腐病, ゴボウ, *Arctium lappa* L.)

*現所属: 熊本県農林水産部



図-2 市場出荷品の根部表面の腐敗



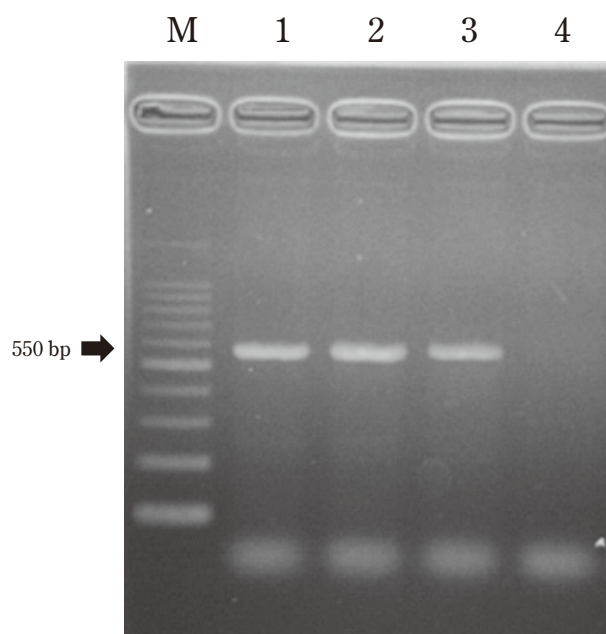
図-3 分離菌のNA培地上での集落

直に 3 mm 程度切り込みを入れ滴下する方法，③根部表面に無傷で滴下する方法で行った。接種後は，25℃，多湿条件のプラスチックカップ内で静置した。その結果，接種方法①と②において接種 2 日後に，切り口表面や根部表面に黒色の水浸状腐敗が発生した。症状は接種 5 日後には根部中心部に進行して悪臭を伴う軟化腐敗となり，原病徴が再現された。

II 病原菌の特徴

1 病原菌の同定

本分離細菌は肉エキス・ペプトン寒天培地（NA）で 25℃，2 日間培養した結果，白色，円形，へん平，全縁で平滑な集落を形成した（図-3）。また，本分離細菌の API20NE（シスメックス・バイオメリユー株式会社，東

図-4 *Pectobacterium carotovorum* 種特異的増幅プライマーを用いた PCR の検出結果

レーン 1：分離菌（KuPc1 株），レーン 2：分離菌（KuPc2 株），レーン 3：参照菌株 *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*（MAFF 331057 株），レーン 4：参照菌株 *Erwinia chrysanthemi*（MAFF 311171 株），M：100 bp DNA 分子量マーカー。

京）による細菌学的性質は表-1 の通りで，プロフィールインデックスは 5477541 となり，西山（1997）の簡易同定法より *Pectobacterium carotovorum* であると考えられた（表-1）。さらに，KANG ら（2003）の方法によって，*Pectobacterium carotovorum* 種特異的増幅プライマーセット（EXPCCF/EXPCCR）を用いて PCR 検定を行った結果，本分離細菌では *Pectobacterium carotovorum* と推

表-1 API20NE キットによるプロフィールインデックス

細菌学的性質	分離菌 (KuPc1 株) (KuPc2 株)	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (MAFF 331057 株)	<i>Erwinia chrysanthemi</i> (MAFF 311171 株)
硝酸塩還元	+ ^{a)}	+	+
インドール産生	—	—	+
発酵性試験	+	+	+
アルギニンジヒドロラーゼ活性	—	—	—
ウレアーゼ活性	—	—	—
エスクリン水解	+	+	+
ゼラチンの液化	+	+	+
β -ガラクトシダーゼ活性	+	+	+
炭水化物の同化試験			
グルコース	+	+	+
L-アラビノース	+	+	+
D-マンノース	+	+	+
D-マンニトール	+	+	+
N-アセチル-グルコサミン	+	+	+
マルトース	—	—	—
グルコン酸カリウム	+	+	+
n-カプリン酸	—	—	—
アジピン酸	—	—	—
dl-リンゴ酸	+	+	+
クエン酸ナトリウム	+	+	+
酢酸フェニル	—	—	—
オキシターゼ活性	—	—	—
プロフィールインデックス ^{b)}	5477541	5477541	7477541

^{a)} + : 陽性反応, — : 陰性反応.

^{b)} API20NE を用いた簡易同定試験に基づくプロフィールインデックス.

定される約 550 bp の PCR 増幅産物が確認された (図-4)。以上の結果から、分離細菌を *Pectobacterium carotovorum* と同定した。

2 病原菌のゴボウ地上部での病原性

ゴボウ地上部での発病を確認するため、約 70 日間栽培したゴボウ植物体を用いて、ガラス温室内で接種試験を行った。すなわち、分離細菌を酵母エキス・ブドウ糖寒天培地で 25℃、2 日間培養後、滅菌水に懸濁して 3.6×10^8 CFU/ml に調製し、ゴボウ葉柄に滴下したのち滅菌した柄つき針で穿刺し、接種後 24 時間はポリ袋で被覆した。その結果、接種 2 日後に接種部位に黒色の水浸状病斑が生じた。その後病斑は拡大し、接種した葉柄はしおれて枯死した (図-5)。病原菌が根部だけではなく、地上部にも病原性を示すことが確認された。

III 防 除 法

出荷後にゴボウが腐敗する事例は本研究の後も確認されているが、現地圃場で地上部および根部での発病は確認されていない。しかし、葉柄への接種試験の結果から、地上部で発病する可能性は十分考えられるため、防除対策は栽培中から収穫、出荷調整まで一貫して行う必要が

ある。詳細な防除対策は今後検討する必要があるが、本病の病原菌はニンジンやハクサイ等多くの野菜類の軟腐病の病原菌であるため、それら品目での防除対策を参考にすることができる。

まず栽培中は、降雨後圃場に水が溜まらないよう圃場の排水をよくする。また植物体の傷口は病原菌の侵入口となるため、管理作業時に茎葉を傷めないようにする。これらに加えて、雨の日の収穫は多湿条件により、病原菌の感染と発病を促進すると考えられるため、雨天時は収穫作業を行わないことも重要な対策となる。

次に出荷調整時は、栽培中と同様に植物体に傷をつけないことと、洗浄を行う場合は病原菌の混入の恐れがないきれいな水で洗浄することが重要であり、また出荷調整を行う施設や道具は衛生的に管理する。

お わ り に

本病が発生した「洗いゴボウ」は調理段階での洗う手間が省けるため、短時間調理に対応した出荷形態で、消費者の生活スタイルの変化に伴いニーズが高まっている。「洗いゴボウ」はブラシで洗浄し、ゴボウ表面についた泥を落とすため、この洗浄過程でゴボウ表面に傷が



図-5 葉柄接種2日後の病徴、矢印は接種部位

つき病原菌が侵入する可能性がある。このため、洗浄しない「泥付きゴボウ」より発生が助長される可能性があるが、本病は出荷形態の変化により発生したと考えられる。

本病は国内初確認の病害であるため、今後防除法など検討していく必要がある。発生生態など不明な点も多いが、同種の病原菌は多くの野菜類に軟腐を起こしているため、他の作物での防除法を参考にするとともに、出荷調整時の衛生対策は産地での出荷調整の方法に沿って検

討していきたい。

引用文献

- 1) KANG, H. W. et al. (2003): Plant Pathol. 52: 127~133.
- 2) 松田 明ら (1973): 日植病報 39: 200.
- 3) 西山幸司 (1997): 農環研報 14: 1~35.
- 4) 坂本美沙 (2022): 九病虫研会報 68: 44~47.
- 5) 徳丸 純ら (1989): 同上 35: 10~11.
- 6) 富来 務ら (1964): 日植病報 29: 274.

発生予察情報・特殊報 (2023.5.1~2023.5.31)

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

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

- スモモ：スモミハバチ（熊本県：初）5/1
- トマト：葉かび病菌レース4.9及び2.4.9（神奈川県：初）5/12
- トマトキバガ（侵入警戒トラップでの誘殺）（沖縄県：初）5/12
- キク：わい化病（沖縄県：初）5/12

- キク：Gibellulopsis chrysanthemi による病害（沖縄県：初）5/12
- ショウガ：紅色根茎腐敗病（高知県：初）5/15
- インパチェンス：べと病（千葉県：初）5/24
- ビワ：ビワキジラミ（高知県：初）5/26



スマートフォンに装着した精子観察キット による植物病原糸状菌の孢子観察法

静岡県病害虫防除所 佐々木 大 介*

はじめに

農作物に植物病害が発生した際には、適切かつ効率的な防除を実施するために、迅速かつ正確な診断が求められる。しかし、植物病害の中には、病徴が互いに類似しているため、判別の難しいものが多数存在する。

トマトの葉かび病（英名：Leaf Mold, 病原：*Passalora fulva*）とすすかび病（英名：Cercospora Leaf Mold, 病原：*Pseudocercospora fuligena*）はどちらも葉に病斑を形成する糸状菌病害である。トマトの重要病害である両者は植物防疫法における指定有害動植物に指定され、国による発生予察事業の対象となっている（消費・安全局植物防疫課, 2023）。両病害は品種の耐病性や薬剤の感受性が異なっていることから（田口ら, 2012；渡辺, 2019）、防除対策を講じるうえでは、正確に判別することが重要である。しかし、両病害の病徴は互いによく似ていて、判別が困難とされている（山田, 2009；黒田ら, 2012；2013；農研機構, 2021）。一方で、両病原体の孢子（分生子）は形態的特徴が著しく異なっていることから、生物顕微鏡観察によって容易に判別可能である（黒田ら, 2012；2013）。しかしながら、生物顕微鏡は可搬性に乏しく、かつ高価であるため、圃場に持ち運んで病害診断に利用するのは現実的ではない（黒田ら, 2013）。

こうした中、黒田ら（2012；2013）は携帯用顕微鏡を使った病害診断法を提案した。本法は、濡らしたプラスチックシャーレに分生子を付着させたセロハンテープを貼り付け、これを倍率 100 倍のワイドスタンドマイクロスコープ（No.2034-100, 東海産業株式会社, 2 万円台）により観察するもので、分生子の形態からトマトの葉かび病とすすかび病が容易に判別可能となる。病害虫発生予察事業の調査実施基準（農林水産省消費・安全局植物

防疫課, 2016）では、両病害の判別法として本法が示されている。また、農研機構（2021）はより安価で携帯性に優れた倍率 60～120 倍のハンディ顕微鏡（Do/Nature STV-120 M, ケンコー・トキナー, 約 1,500 円）でも代用可能であることを示した。これらは、分生子の顕微鏡的観察による病害診断を圃場で実現した有用な手法である。しかしながら、どちらの方法も最大の観察倍率が 100 倍程度であり、分生子の観察にはより高倍率が望ましいと考えられる。

一方、近年ではスマートフォンが急速に普及し、国内では 9 割近くの世帯が保有するに至っている（総務省, 2022）。それに伴って、スマートフォンのカメラレンズに装着するタイプの様々なレンズが登場し、手軽に接写や広角での撮影が可能になり、一部は教育や研究にも利用されている（西田ら, 2015；寺島, 2020）。こうした製品の一つとして、2016 年に株式会社 TENGHA ヘルスケアから発売された精子観察キット（商品名「メンズルーペ」, 約 1,500 円）がある（株式会社 TENGHA ヘルスケア, 2023）。本製品は本来、スマートフォンのカメラレンズに装着することで、男性が自身の精子の量や運動を手軽に観察し、“妊活”に活用するためのものであるが、倍率 550 倍で観察可能とされていることから（株式会社 TENGHA ヘルスケア, 2023）、植物の病害診断にも利用できる可能性がある。筆者は、本製品を利用したトマトの葉かび病とすすかび病の判別方法を考案したので（佐々木, 2022）、本稿により紹介する。

本文に先立ち、罹病葉の採集にご協力いただいた静岡県経済産業部の松田健太郎博士、本論文の執筆にご協力いただいた静岡県中遠農林事務所の丸山美咲氏、そして現地調査にご協力いただいた生産者の方々には厚く御礼申し上げます。

I 精子観察キットの構成

本報で使用する精子観察キット（メンズルーペ, 株式会社 TENGHA ヘルスケア）は、プレート（表面：図-1a, 裏面：図-1b, 長さ 5 cm × 幅 1.5 cm × 厚さ 0.1 cm, 重さ約 2 g）、ルーペ（表面：図-1c, 裏面：図-1d サイズと重

Observation Technique of Phytopathogenic Fungal Spores by Sperm Observation Kit Attached to Smartphone. By Daisuke SASAKI

（キーワード：精子観察キット, トマト, 葉かび病, すすかび病, 診断）

*現所属：地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 上川農業試験場



図-1 本報でを使用した精子観察キットの構成品

a: プレート (表面), b: プレート (裏面), c: ルーペ (表面), d: ルーペ (裏面). 1 キットに含まれるプレートとルーペは 1 枚ずつである. スケールバー: 5 cm. 図は佐々木 (2022) から引用.

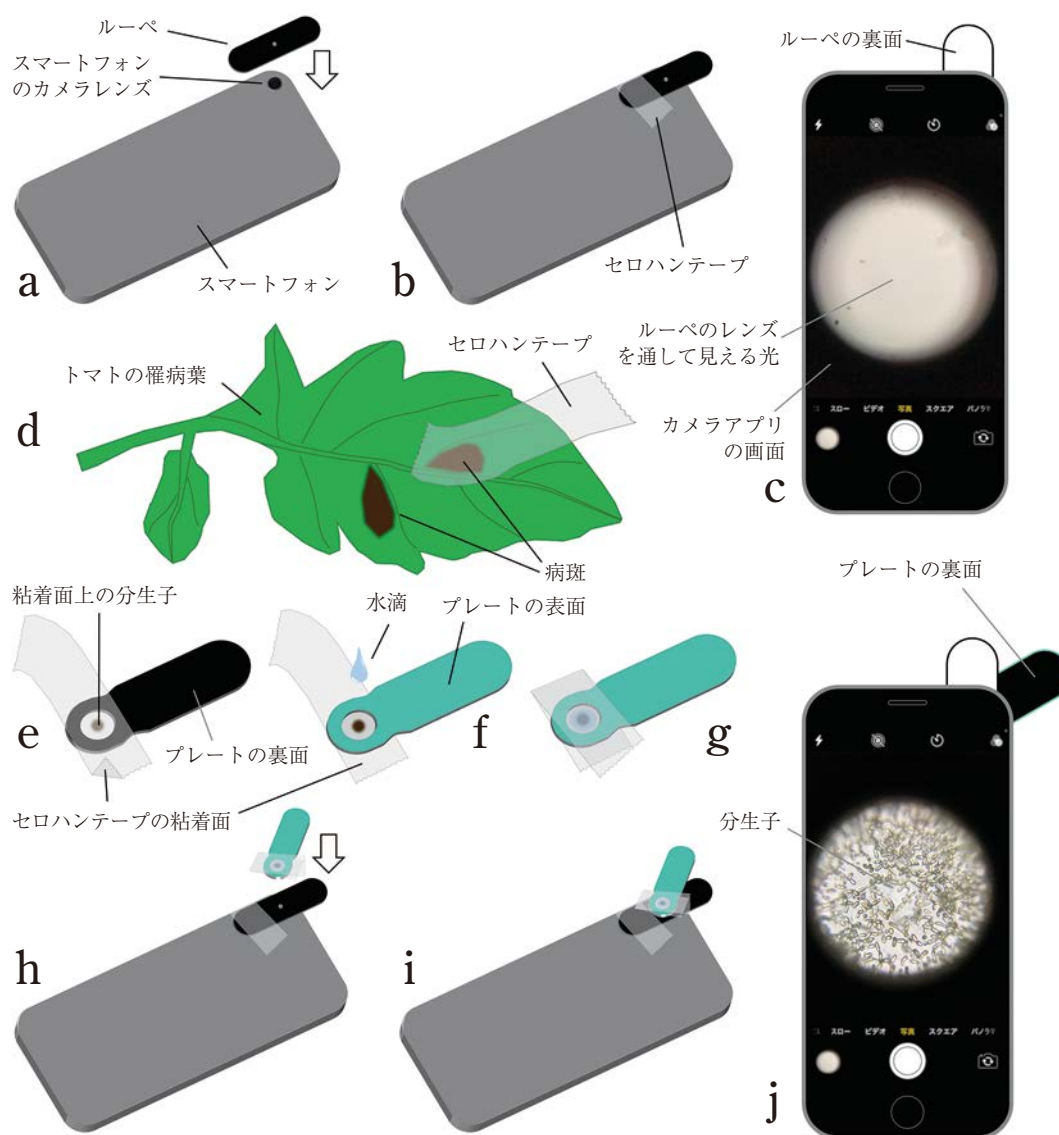


図-2 スマートフォンに装着した精子観察キットによる葉の糸状菌病害の診断法

図中のアルファベットは本文中の説明と対応する. 図は佐々木 (2022) から引用.

さは同上), 円形透明シール, 採取ピック, 採取計量カップの5点から構成されている(株式会社 TENG Aヘルスケア, 2022)。これらのうち, 今回提案する診断法で使用するのはプレートとルーペのみである。プレートは端に穴があいた長楕円形のマグネットシートである。ルーペは中央にボールレンズ(直径0.8 mm, 倍率550倍)を備えた長楕円形のマグネットシートである。両シートはマグネット面(黒い面, 図-1b, c)同士を磁力で固定可能である。ルーペの裏面は粘着シートとなっており, スマートフォン本体に固定できる。

II 精子観察キットによる診断

2018年10月11日から2019年2月14日の期間に, 静岡県内5市町のトマト栽培ハウス(計10圃場)において, 1圃場当たり2~7枚(10圃場計65枚)の葉かび病とすすかび病のいずれかに罹病していると判断されたトマト葉を採集し, 以下に示す手法の検証に供試した。

スマートフォン(商品名「iPhone 8」, Apple Inc.)背面のカメラレンズの汚れを拭き取った後, ルーペのレンズとスマートフォンのカメラレンズの中心が重なるように, ルーペをセロハンテープでスマートフォンに固定した(図-2a, b)。スマートフォン標準搭載のカメラアプリを起動し, ルーペのレンズを通した光が画面の中央にあることを確認した(図-2c)。次に, セロハンテープをトマト葉裏側の病斑に軽く押し当てて, 分生子を付着させ(図-2d), これをプレートの裏面に貼り付けた(図-2e)。プレートを裏返して, プレートの穴にあるセロハンテープ粘着面上の分生子に水滴を落とし(図-2f), セロハンテープでふたをした(図-2g)。このプレートの裏面を, スマートフォンに固定したルーペの表面に磁力で固定した(図-2h, i)。スマートフォン背面を明るい方向に向け, カメラアプリの画面を見ながら, 分生子が画面に映るようにプレートの位置を微調整し, 分生子を観察・撮影した(図-2j)。分生子の形態的特徴から, 葉かび病菌とすすかび病菌のいずれであるかを判別した。さらに, プレートから分生子の付着したセロハンテープを剥がして, 水を滴下したスライドグラスに張り付け, これを生物顕微鏡で観察して, 先の診断結果の正確性を検証した。

その結果, スマートフォンに装着した精子観察キットによる診断手法は, トマト葉の葉かび病およびすすかび病の病斑(図-3a, b)からセロハンテープに付着させた分生子の形態的特徴(図-3c, d)を観察することができた。また, 今回供試した両病害の罹病葉すべてを生物顕微鏡と同等の精度で判別可能であった。さらに, 本研究

の期間中でキット構成品の劣化や破損は見られなかったため, 供試したすべての罹病葉を同一キットで判別することができた。

今回使用した精子観察キットのルーペのレンズは550倍であり, 黒田ら(2012; 2013)の方法の100倍や農研機構(2021)の60~120倍と比較して, 大幅に高倍率であることから, 分生子の形態的特徴をより正確に観察可能と考えられる。また, 黒田ら(2012; 2013)が2万円台の製品を使用するのに対して, 本キットは1,500円程度と安価で販売されていることから, 農研機構(2021)と同等に入手が容易である。さらに, 農研機構(2021)が紹介したハンディ顕微鏡本体は, 長さ8.8 cm×幅3.7 cm×奥行2.5 cm, 重さ約42 g(筆者調べ)であるのに対し, 本キットのプレートとルーペはどちらも長さ5 cm×幅1.5 cm×厚さ0.1 cm, 重さは合わせて約4 gと省スペース・軽量であることから, 持ち運びも容易である。また, 図-3c, dに示したように, 本法はスマートフォンのカメラアプリで観察した分生子をそのまま容易に撮影可能である。そのため, 観察結果の保存や, 観察者自身が判断に悩んだ際には専門家に写真を送って意見を仰ぐ, といったことも手軽にせると考えられる。

なお, 筆者は本調査を進めるうちに, 葉裏側の病斑における両病害のわずかな標徴の違いから, 肉眼でも両病害を判別できるようになり, 図-3a, bに示したような複合感染葉の存在にも圃場で気づけるようになった。本法は肉眼による病徴・標徴観察と分生子の形態観察の結果とを簡易に比較することができるため, 診断スキルの向上にも役立つかもしれない。

III 観察における注意点

今回のキットで使用されているボールレンズは高倍率であることから, 焦点の合って見える奥行き方向の範囲, すなわち被写界深度は浅い。したがって, 観察物を付着させたセロハンテープが歪んでプレートに貼り付けられ, レンズから観察物の距離が通常より離れてしまった場合, 観察物がこの深度の範囲から外れるため, 焦点の合った像を得られなくなる。これを回避するためには, セロハンテープを歪みなくプレートに貼り付ける必要がある。

ボールレンズは医療分野での診断にも活用する試みがあるが, 焦点面が球面であるため, 焦点の合う範囲が狭く, 視野の周縁部における歪みや解像度の低下といった問題が存在する(DENDERE et al., 2015)。本報でも同様の現象が確認されたが(図-3c, d), 残念ながら先に述べたようなボールレンズの仕様によるものである。しかし,

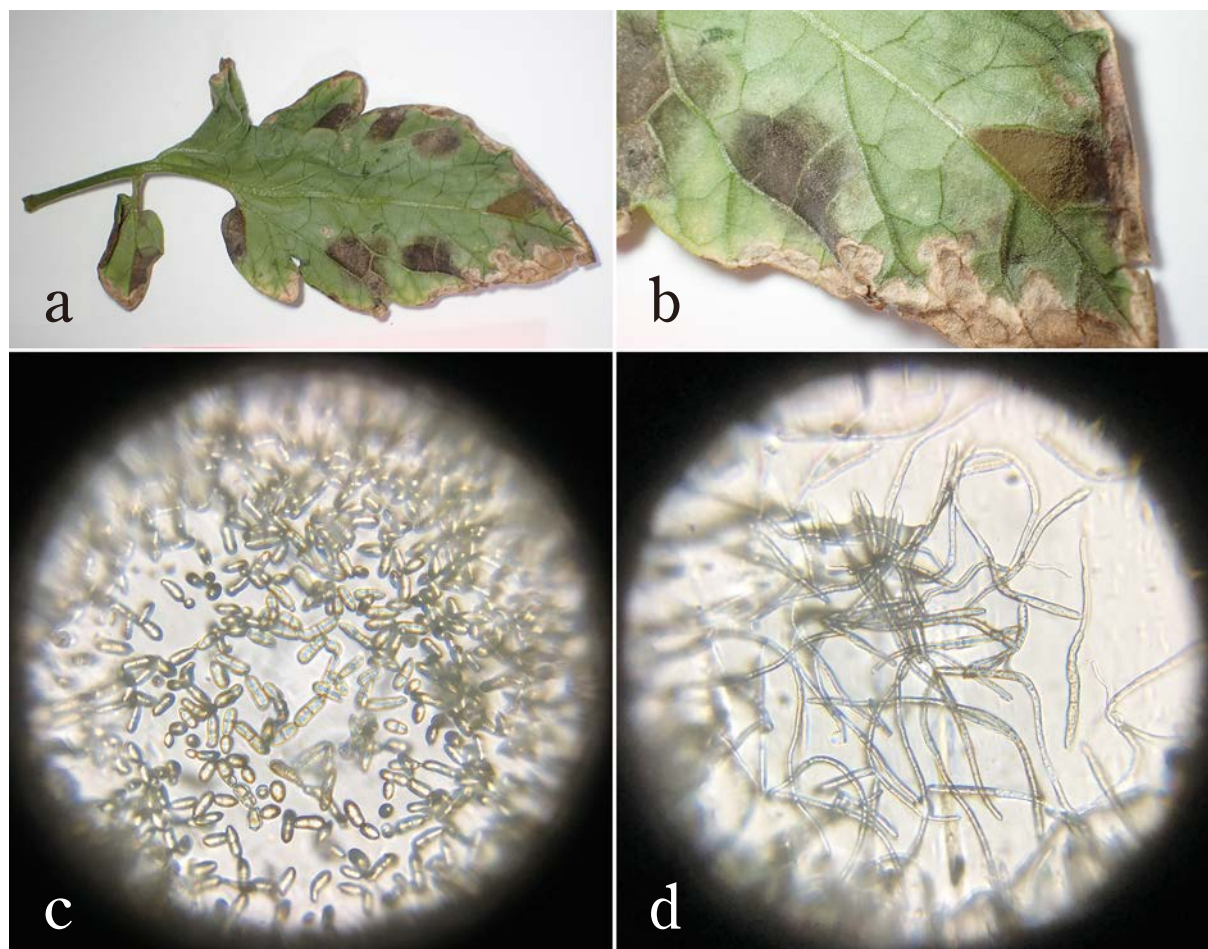


図-3 トマトの葉かび病とすすかび病の病斑およびスマートフォンに装着した精子観察キットで観察した病原菌の分生子
a: 葉かび病とすすかび病の複合感染葉. b: 葉かび病（右側）とすすかび病（左側）の病斑. c: 葉かび病菌の分生子.
d: すずかび病菌の分生子. 図は佐々木（2022）から引用.

視野の中央部では明瞭な観察が可能であり（図-3c, d）、分生子の形態的特徴を観察するには支障はなかった。

今回はルーペをスマートフォン背面のカメラレンズに固定して観察したが、スマートフォン前面のカメラレンズに固定しても観察可能であることを確認している。実際、精子観察キットの説明書ではそのように説明されている。しかし、前面よりも背面カメラのほうがより広い視野で観察できたため、今回は背面カメラでの方法を解説した。前面カメラを使用する際は、机上にスマートフォンを置いたまま作業することが可能であり、視野が狭くても問題ない場合には前面カメラを使用してもよい。

おわりに

本報ではトマトの葉かび病とすすかび病のみで方法の有効性を検討したが、多くの葉に発生する糸状菌病害に適用可能と考えられる。互いに病徴が似るが、分生子の形態が著しく異なる病害は、ナスのすすかび病とすす斑病（愛知県，2009）、ネギの黒斑病と葉枯病（芳賀ら，

2019）等多数存在する。今後はこうした他病害でも本法による診断が有効か、検討していく必要がある。

一方で、他病害の診断に本法を使用する場合、傷んだ組織から何かの胞子が見えたからといって、安易にその糸状菌による病害と決めつけてはいけない。何故なら細菌やウイルスを含む何らかの病原体に侵された組織、あるいは生理障害で傷んだ組織に、腐生菌が多い *Alternaria* 属や *Stemphylium* 属といったグループの糸状菌が二次的に寄生することは珍しくないためである。本稿の話に限らず、植物病害の診断においてはていねいな問診や観察を忘れないようにしたい。

本稿で紹介した方法は筆者のふとした思いつきで、植物病害の診断に本キットを活用できないか試したものである。そのため、野外で分生子の形態を携帯機器により観察するための手法として本法が最良とは決して思わない。高倍率の観察を標榜するスマートフォン関連の商品は多数販売されており、その中にはより簡単に病害診断に活用できるものがあるだろう。本稿が読者の方にとっ

て、診断に活用できる便利グッズを探索するためのきっかけとなれば幸いである。

引用文献

- 1) 愛知県 (2009): 平成 21 年度病害虫発生予察特殊報第 1 号.
- 2) DENDERE, R. et al. (2015): *Journal of Microscopy* **260**: 248～259.
- 3) 芳賀 一ら (2019): 関東病虫研報 **66**: 12～13.
- 4) 株式会社 Tenga ヘルスケア (2023): メンズルーペ, <https://tengahealthcare.com/products/mensloupe/> (2023 年 5 月 8 日参照)
- 5) 黒田克利ら (2012): 関西病虫研報 **54**: 109～110.
- 6) ———ら (2013): 植物防疫 **67**: 304～306.
- 7) 西田瑞彦ら (2015): 土肥誌 **86**: 202～206.
- 8) 農研機構 (2021): 施設有機栽培ミニトマトの総合的病害虫管理体系標準作業手順書, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/143690.html (2023 年 5 月 8 日参照)
- 9) 農林水産省消費・安全局植物防疫課 (2016): 病害虫発生予察事業の実施について, <https://www.jppa.or.jp/technorogy/yosatsu> (2023 年 5 月 8 日参照)
- 10) 佐々木大介 (2022): 北日本病虫研報 **73**: 108～112.
- 11) 消費・安全局植物防疫課 (2023): 指定有害動植物について, https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_yosatsu/ (2023 年 5 月 8 日参照)
- 12) 総務省 (2022): 令和 3 年通信利用動向調査, https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/220527_1.pdf (2023 年 5 月 8 日参照)
- 13) 田口裕美ら (2012): 関西病虫研報 **54**: 7～12.
- 14) 寺島幸生 (2020): 鳴門教育大教育研究紀要 **34**: 37～40.
- 15) 渡辺秀樹 (2019): 日本農業学会誌 **44**: 236～240.
- 16) 山田憲吾 (2009): 微生物遺伝資源利用マニュアル **28**: 1～9.



農林水産省プレスリリース (2023.5.1～2023.5.31)

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

- ◆「農業技術の基本指針」(令和 5 年 5 月)の公表について (23/5/12) [/j/press/kanbo/kihyo03/230512.html](https://www.maff.go.jp/press/kanbo/kihyo03/230512.html)
- ◆「令和 5 年度病害虫発生予報第 2 号」の発表について (23/5/17) [/j/press/syouan/syokubo/230517.html](https://www.maff.go.jp/press/syouan/syokubo/230517.html)
- ◆シャインマスカットの未開花症の発生状況にかかる都道府県に対するアンケート調査の結果について (23/5/19) [/j/press/nousan/tokusan/230519.html](https://www.maff.go.jp/press/nousan/tokusan/230519.html)
- ◆令和 5 年度オープンイノベーション研究・実用化推進事業のうち緊急対応課題の第 1 回採択結果について (23/5/23) [/docs/press/230523.html](https://www.maff.go.jp/docs/press/230523.html)
- ◆「みどりの食料システム戦略」の実現に貢献する技術を紹介！～技術カタログ (Ver.3.0) を本日公開！～ (23/5/26) [/j/press/kanbo/kihyo03/230526.html](https://www.maff.go.jp/press/kanbo/kihyo03/230526.html)



静電気技術を用いたイチゴうどんこ病菌単一菌叢からの孢子回収と生涯孢子放出数の測定・解析

近畿大学農学部農業生産科学科・ののむら てるお雄
近畿大学アグリ技術革新研究所 野々村 照 雄

はじめに

うどんこ病菌とは、ウドンコキン目 (Erysipheles), ウドンコキン科 (Erysiphaceae) に属する絶対寄生菌 (栄養培地などでの人工培養ができず、生きた宿主植物にのみ感染し、生育する植物病原菌) である。例えば、イチゴに感染するうどんこ病菌を「イチゴうどんこ病菌」と呼ぶ。本菌は、葉、葉柄、果実、花托、ランナーおよび花等に感染し、うどんこ病を発症させる (SPENCER, 1978; MAAS, 1998)。日本では、特に、イチゴの生育期 (5~6月)、定植期 (9~11月) および収穫期 (2~4月) でうどんこ病の発生が見られ (TANIGAWA et al., 1993; OKAYAMA et al., 1995; NAKAZAWA and UCHIDA, 1998), 激しく感染すると良質な果実ができなくなるとともに、収穫量にも大きな影響を与えるため、農業上、重要な植物病害の一つとされている (SPENCER, 1978; MAAS, 1998; CARISSE et al., 2013)。一方、本菌については、ステロール脱メチル化阻害剤 (DMI 剤)、トリフルミゾール水和剤等の市販の殺菌剤に対して耐性菌の出現も報告されていることから (HOLLOMON and WHEELER, 2002; SOMBARDIER et al., 2010), 化学農薬のみに依存しない新たな防除法の開発が必要とされる。これまで、本病の防除には物理的 (KANTO et al., 2014; JANISIEWICZ et al., 2015), 化学的 (TANIGAWA et al., 1993; OKAYAMA et al., 1995; HUKKANEN et al., 2007) および生物的手法 (MILLER et al., 2004; DE CAL et al., 2008; PERTOT et al., 2008) が検証されてきたが、完璧な防除法の確立には至っていない。

イチゴうどんこ病菌の生活史 (生活サイクル) では、まず、孢子 (分生子) がイチゴの葉上に付着すると、胞

子から発芽管が伸長し、その先端部で付着器を形成した後、侵入糸で植物細胞内に侵入する。侵入後、その侵入糸の先端部に吸器を形成し、植物細胞から養分を摂取する。孢子からは新たに菌糸が伸長し、その菌糸上には分生子柄がつくられ、最終的に菌叢 (コロニー) が形成される。分生子柄上には孢子 (子孫孢子) がつくられ、その孢子を放出・飛散させることで感染が拡大する (二次感染) (AYLOR, 1990; BROWN and HOVMOLLER, 2002; WILLOCQUET et al., 2008; NONOMURA et al., 2013)。うどんこ病菌による感染拡大を未然に防止するためには、生態学的な観点から、うどんこ病菌の孢子放出様式を観察・解析する必要がある。そこで筆者は、本菌が植物に感染した後、いつから、どれくらいの数の子孫孢子を菌叢から放出・飛散させるのかを実証する必要があると考えた。この実証実験を遂行するにあたり、筆者の研究室で考案した静電気技術と顕微鏡技術を利用して、うどんこ病菌の菌叢から放出される生涯孢子数を測定・解析した。静電気技術では、まず、導体 (銅板) にマイナスの電荷を供給すると、帯電した導体によって絶縁体 (透明フィルム) は誘電分極 (プラスとマイナスの二極化) し、その絶縁体の周りに不均一な静電場ができる。その静電場内に孢子が入ると、クーロン力 (引力、引き付ける力) によって誘電分極した絶縁体の表面に孢子が引きつけられる (MATSUDA et al., 2006)。この静電捕捉の原理に基づき、今まで、オオムギうどんこ病菌 (MORIURA et al., 2006), トマトうどんこ病菌 (NONOMURA et al., 2009) およびメロンうどんこ病菌 (SUZUKI et al., 2019) の単一菌叢から生涯放出される子孫孢子を静電回収し、その全孢子数を測定・解析してきた。本研究では、世界で初めて、イチゴうどんこ病菌の単一菌叢から生涯放出される子孫孢子を静電回収し、その全孢子数を測定・解析した。

I イチゴうどんこ病菌の分離と同定

近年、近畿大学農学部のガラス温室内で養液栽培したイチゴ (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne ex Rozie 品種 ‘さ

Quantitative Analysis of Lifelong Production of Progeny Conidia Released from Living Single Colonies of *Podosphaera aphanis* on Strawberry Leaves with Electrostatic Techniques. By Teruo NONOMURA

(キーワード: イチゴ, イチゴうどんこ病, イチゴうどんこ病菌, 静電気孢子回収装置, 静電場, 分生子柄)

がほのか')の子葉や果実にうどんこ病が発生した。そこで、罹病イチゴの葉から孢子を単離した後、健全なイチゴの葉にその孢子を接種し、増殖させた。次に、イチゴうどんこ病菌の形態学的特徴(孢子の大きさ、付着器の形、分生子柄および閉子囊殻の形態観察)(BRAUN and COOK, 2012)、生理学的特徴(宿主範囲の検討など)および遺伝学的特徴[polymerase chain reaction (PCR)法を用いたリボゾーム DNA (rDNA)の非翻訳領域(ITS)の遺伝子増幅とその解析]に基づいて、分離菌株を同定・分類した。遺伝子解析では、既知のPCRプライマー ITS1 および ITS4 (WHITE et al., 1990)を用いて、既知のPCR条件で分離菌株のrDNA-ITSを標的とした遺伝子増幅を行ったところ、490 base pairs (塩基対)に目的のPCR増幅産物が確認された。次に、得られたPCR増幅産物の塩基配列を決定し、その塩基配列をDNA Data Bank of Japan (DDBJ)に登録した後、アクセッション番号(LC432335)を得た。また、本分離菌株のrDNA-ITSの塩基配列とDDBJに登録されている他のバラ科植物のうどんこ病菌分離菌株のrDNA-ITSの塩基配列と相同検索を行ったところ、*Podosphaera aphanis* MUMH 1871 (AB525933) および Puyallup REC GH (MF919433)の塩基配列と100%の相同性を示した。この結果から、本分離菌株を*Podosphaera aphanis* (Wallroth) U. Braun & S. Takamatsu var. *aphanis* KSP-7N (以下KSP-7N)と同定し(IWASAKI et al., 2021)、以下の実験に供試した。

II イチゴうどんこ病菌の感染行動

イチゴの葉上にKSP-7Nの孢子を接種したところ、孢子は約3~5時間で発芽し、発芽管を形成した。その後、その発芽管の先端部に付着器を形成し、約18~24時間で孢子から新たに菌糸を伸長させ、約5~6日で菌糸上に分生子柄を形成した。約7~10日目には、目視による菌叢が観察された。

イチゴうどんこ病菌の分生子柄(孢子形成・放出に関与する感染構造体)は、分生子柄上に六つの未成熟孢子を鎖状に形成した。このように、分生子柄上に複数の孢子を積み上げるタイプを「鎖生型(させいがた)」と呼ぶ。本菌は、菌糸上で分生子柄の原基細胞を上向きに形成してから、約27時間後に完全な分生子柄(長さ84~129 μm × 幅8~11 μm)を形成した(IWASAKI et al., 2021)。IWASAKI et al. (2021)は、KSP-7Nの1本の分生子柄から生涯にわたり放出される孢子数とその放出時間を測定したところ、約96時間で約38個の子孫孢子を放出することを明らかにした。本研究で得られたデータは、うどんこ病菌の分生子柄形成過程において重要な情報を提供

しており、うどんこ病菌の分類に役立つと考えられた。今後は、異なる属や種のうどんこ病菌における分生子柄の形成過程を観察していくとともに、うどんこ病菌間での分生子柄の形成過程の比較・解析を行っていく予定である。

III イチゴうどんこ病菌単一菌叢当たりの生涯孢子放出数の測定と解析

本研究では、静電気孢子回収装置を利用し、イチゴうどんこ病菌の単一菌叢から生涯にわたり放出される子孫孢子の数を測定することで、イチゴうどんこ病菌の寿命を解析した。

1 静電気孢子回収装置(静電ドラム)

筆者の研究室では、様々なタイプ(種類)の静電気孢子回収装置(例えば、静電シリンダー、静電プローブ、静電板、静電ドラム等)を考案してきた。本節では、イチゴうどんこ病菌の孢子回収で使用した「静電ドラム」について紹介する(図-1)。静電ドラムの作製では、まず最初に、アクリル円柱(直径8 cm, 高さ5 cm)の周りに銅板(250 mm × 10 mm × 0.5 mm)を巻きつけ、その銅板と静電圧発生装置(昇圧器)HVA 10K202NA(ロジー電子株式会社, 東京)を導線でつないだ。次に、アクリル円柱の中心軸にアクリルの筒(直径30 mm, 高さ155 mm)を通した後、24時間回転式タイマーWH3311(パナソニック株式会社, 大阪)と接続、固定した。孢子の回収にはポリプロピレン製(ハピラ株式会社, 東京)の透明なフィルム(回収フィルム: 260 mm × 60 mm × 0.5 mm)を使用した。回収フィルムはマジック線で24区画(1区画で1時間)に区切られ、銅版を巻きつけた



図-1 イチゴうどんこ病菌(KSP-7N)の単一菌叢から放出される子孫孢子を連続回収するため、温室内に設置された静電気孢子回収装置(静電ドラム)

アクリル円柱の表面に巻きつけた。孢子の回収実験では、回収フィルムは24時間で1周（1回転）し、回収フィルムを24時間ごとに新しい回収フィルムと取り換えた。静電圧発生装置から-10 kvの電圧をかけ、回収フィルムと菌叢間の距離を約2 cmに設定した。静電圧をかけることにより、回収フィルム（絶縁体）の外部表面はマイナスに誘電分極し、 5.2×10^{-1} nCの静電荷で帯電させた。この外部に発生したクーロン力によって、孢子（導体）が静電誘導（導体内での分極）することで、単一菌叢内の分生子柄から回収フィルム上に子孫孢子を捕捉させることができた（図-2）。捕捉・回収された孢子数は、高解像能デジタル顕微鏡（株式会社ハイロックス、東京）（以下、デジタル顕微鏡）を用いて計測され

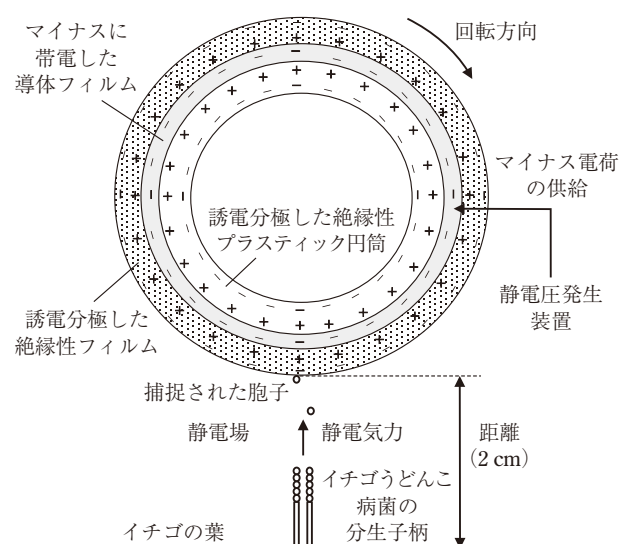


図-2 イチゴうどんこ病菌（KSP-7N）の単一菌叢から放出される子孫孢子を回収するために使用された静電気孢子回収器（静電ドラム）の模式図（横断面）
誘電分極した絶縁性フィルムの周りに形成された静電場により、分生子柄から放出された子孫孢子が捕捉された。

た。今回の孢子回収実験では、2021年2月、5月、7月、10月、11月および12月に実施された。

2 単一菌叢から生涯で放出された孢子数の計測

ガラスシャーレ（直径90 mm）内に湿らせたろ紙を敷き、ろ紙上にイチゴの種子（*Fragaria × ananassa* Duchesne 品種‘さがほのか’）を播種した後、培養室（ $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度60~70%、 $59.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）で約16日間生育させた。次に、そのイチゴ幼苗をスポンジキューブ（3 cm × 3 cm × 3 cm）にはさみ、養液（協和株式会社、大阪）を20 ml加えた円筒形のプラスチック育苗ケース（直径3 cm、高さ5 cm）に挿入し、 $22 \pm 1^\circ\text{C}$ 、60~70%の相対湿度、 $210 \sim 260 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ （14時間明期、10時間暗期の光照射周期）の制御温室内で50~60日間育成した。

イチゴうどんこ病菌（KSP-7N）の単一菌叢からデジタル顕微鏡下でマイクロマニピュレーターに装着された微小ガラス針を用いて単一の成熟孢子を回収した後、健全なイチゴ苗（60日苗）の子葉に接種し、ガラス温室内で5日間生育させた。接種後5日目の単一菌叢（初期菌叢）から、静電ドラムを用いて子孫孢子の放出が完全に停止するまで連続的に回収し続け、回収フィルム上に捕捉された孢子の数を計測した。図-3は5月と12月に行われたKSP-7Nの単一菌叢から生涯放出された孢子数の推移を示す。2月、5月、7月、10月、11月および12月における孢子回収実験では、KSP-7Nの単一菌叢から平均で約34日間、孢子を周期的に放出し続け、その生涯孢子放出数は平均で約7万個であった（表-1）。

次に、孢子放出が完全に停止した後、KSP-7Nの単一菌叢をもつイチゴの葉をハサミで切り取り、感染葉片（20 mm × 20 mm）を作製した。ラクトフェノール400 ml（100 mlのフェノール、100 mlの乳酸、100 mlのグリセリンおよび100 mlの蒸留水）と、400 mlのエ

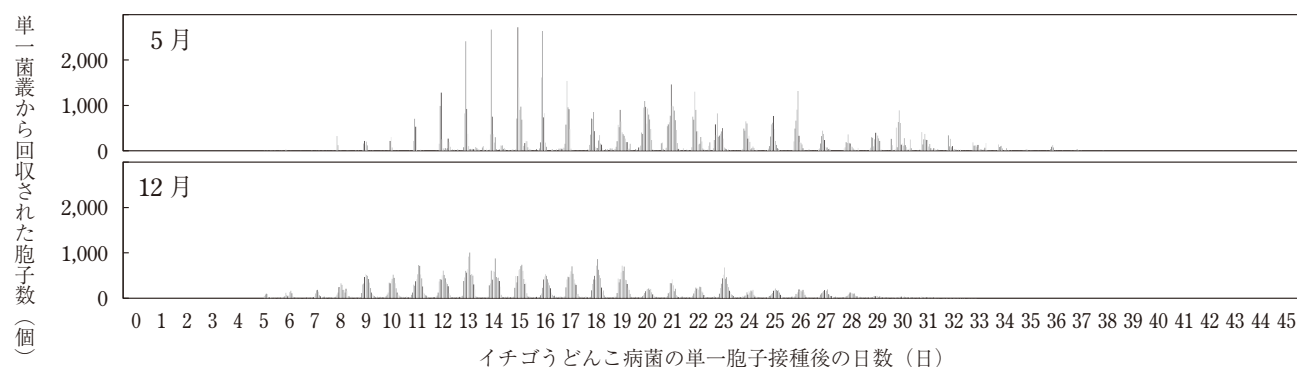


図-3 静電気回収装置を用いて、イチゴうどんこ病菌（KSP-7N）の単一菌叢から生涯にわたり回収された孢子数の計測結果棒グラフは、それぞれ1時間ごとに回収された孢子数を示し、45日間記録された。2021年5月と12月に実施された孢子回収実験の結果を示す。

タノールを混合した溶液（ラクトフェノール・エタノール混合液）内に、感染葉片を浸漬し、90℃で湯せんを行った後、葉の表面が白色になるまで脱色・固定した。その後、脱色・固定した葉片を蒸留水（100 ml）で2～3回洗浄し、0.1%のアニリンブルー（ナカライテスク株式会社、京都）水溶液で1分間浸漬して生体染色した。染色葉片をスライドガラスにのせた後、カバーガラスをかけ、光学顕微鏡 BX-60（オリンパス株式会社、東京）を用いて分生子柄数を計測するとともに、菌叢面積を画像解析ソフト（lenaraf202）を用いて測定した。その結果、菌叢面積が大きくなるにつれて、菌叢内に形成される分生子柄の数も多かった（表-1）。

3 孢子の回収時間と放出数との関係

図-3 に示す全孢子回収・計測データでは、孢子の回収様式（回収パターン）において、孢子が回収される時間帯と回収されない時間帯が見られた。そこで、24 時間（1 日）内における孢子回収・計測データを比較・解析した。その結果、昼間の時間帯では回収された孢子数が多かったのに対し、夜間の時間帯では少なかった。このことが、前節で述べた孢子の回収様式を反映してい

た。KSP-7N は、夜間に比べ、昼間に孢子放出を活発に行うことが明らかとなった。図-4 は、5 月 20 日（奈良市中町近畿大学農学部奈良キャンパス内での日の出時刻：4 時 50 分、日の入時刻：18 時 56 分）と 12 月 20 日（同じ場所での日の出時刻：6 時 59 分、日の入時刻：16 時 49 分）に回収された孢子数の推移を示す。5 月 20 日の昼間（14 時間 6 分）と夜間（9 時間 54 分）に回収された孢子数はそれぞれ 7,925 個と 189 個であり、12 月 20 日の昼間（9 時間 50 分）と夜間（14 時間 10 分）に回収された孢子数はそれぞれ 2,606 個と 403 個であった。このように、光照度の低下に伴い、単一菌叢から回収される孢子数が顕著に減少した。一方、降雨時で湿度の高い温室内であっても、単一菌叢からは孢子が回収された。このことから、KSP-7N の菌叢（分生子柄）からの孢子放出には、相対湿度は関係なく、光照度が関与していると考えられた。さらに、夏期と冬期でそれぞれ孢子回収を行い、24 時間内での孢子放出時間を比較したところ、夏期に比べ冬期では、その放出時間が 2～4 時間短かったことから、KSP-7N における孢子放出には、日長も大きく関与していることが明らかとなった。筆者の研究グ

表-1 静電気孢子回収後におけるイチゴうどんこ病菌単一菌叢の面積、分生子柄数、孢子の回収日数および生涯で回収された孢子数の測定

実験日	菌叢面積 (cm ²)	単一菌叢内の 分生子柄数（本）	孢子の回収日数 （日）	回収された 全孢子数（個）
2 月	0.6	574	38	28,910
5 月	1.1	1,034	34	103,208
7 月	0.6	594	34	34,674
10 月	1.0	957	39	98,504
11 月	0.5	498	29	56,117
12 月	0.7	650	28	83,058
平均	0.8	718	34	67,412

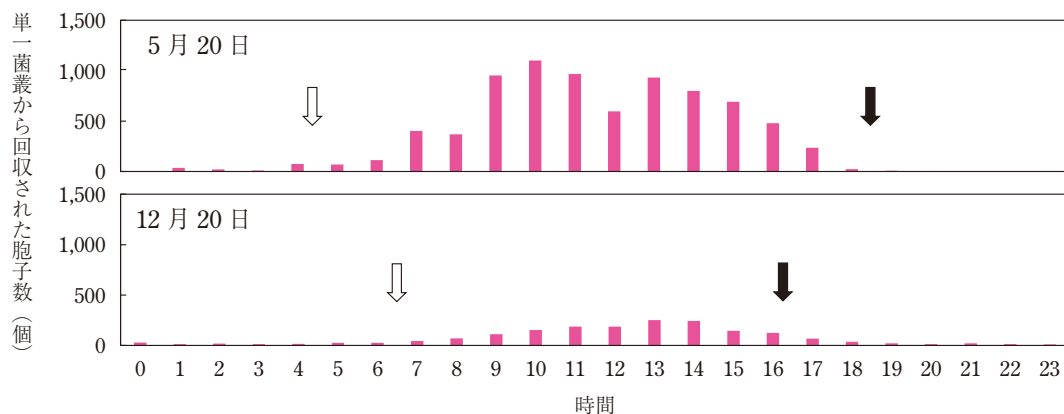


図-4 静電気回収装置を用いて、接種後 20 日目の単一菌叢から回収された孢子数の計測結果
棒グラフは、それぞれ 1 時間ごとに回収された孢子数を示す。白矢印は日の出時刻、黒矢印は日の入時刻を示す。2021 年 5 月 20 日と 12 月 20 日に実施された孢子回収実験の結果を示す。

ループでは、以前にオオムギうどんこ病菌 (*Blumeria* 属) およびトマトうどんこ病菌 (*Erysiphe* 属) は昼夜に関係なく菌叢から孢子を放出し続けるが、メロンうどんこ病菌 (*Podosphaera* 属) は昼間に孢子を活発に放出し、夜間では孢子放出が顕著に抑えられることを報告している (MORIURA et al., 2006; NONOMURA et al., 2009; SUZUKI et al., 2019)。イチゴうどんこ病菌は、メロンうどんこ病菌と同じ属であることから、光に反応して孢子を放出させるのは *Podosphaera* 属のうどんこ病菌の生態的特性であるかもしれない。

おわりに

本研究では、静電気孢子回収システムを利用して、イチゴうどんこ病菌の単一菌叢から生涯放出される孢子数を量的・数的に測定するとともに、その孢子放出に関する生態的特性について明らかにした。今回、静電気孢子捕集と顕微鏡観察の技術がなければ、うどんこ病菌の孢子放出パターンを明らかにすることはできなかった。今まで、これらの技術を組合せることにより、様々なうどんこ病菌の単一菌叢から生涯放出される孢子数を量的に測定、解析してきた。例えば、MORIURA et al. (2006) は、オオムギうどんこ病菌が生涯を通じて単一菌叢から約 1.2×10^5 個の孢子を、NONOMURA et al. (2009) はトマトうどんこ病菌が約 5.0×10^3 個の孢子を、そして、SUZUKI et al. (2019) はメロンうどんこ病菌が約 12.6×10^4 個の孢子を放出することを明らかにしてきた。静電気孢子回収装置は、分生子柄上に完全に (鎖状に) つながっている未成熟の孢子を捕捉することなく、分生子柄上の (先端部の孢子間で括れが生じた) 成熟孢子のみを捕捉した。さらに、静電気力にさらされた KSP-7N は生育に悪影響を受けることなく、菌糸を伸長させ、正常な分生子柄を形成した。本研究では、イチゴうどんこ病菌の単一菌叢から生涯放出された孢子数を計測したこと以外に、孢子放出には光が関与していることを発見した。イチゴうどんこ病菌の分生子柄は孢子放出の際に、光が必要であった (光応答性をもつ)。国内外では、イチゴうどんこ病菌と光との関連性を報告した学術論文があるが、その多くは、光がうどんこ病菌の孢子発芽、菌糸伸長や菌叢形成に及ぼす影響に関する記述であった (KANTO et al., 2009; 2014; SUTHAPARAN et al., 2016)。例えば、KANTO et al. (2009) は、ultraviolet-B (UV-B, 280~320 nm) 照射がイチゴに病害抵抗性 (PR-タンパク質をコードする遺伝子の発現) を誘導させ、その結果としてイチゴうどんこ病菌の菌叢伸長を抑制することを報告した。現在では、この UV-B を利用して、イチゴ栽培現

場においてうどんこ病に対する防除技術が浸透しつつある。最近では、UV-C (100~280 nm: ピーク値 254 nm) を用いたイチゴうどんこ病の防除も報告されている (JANISIEWICZ et al., 2015; MELLO et al., 2022)。

メロンうどんこ病菌 (*Podosphaera xanthii* Pollacci) では、その単一菌叢に赤色光 (620~750 nm) LED (light-emitting diode) を連続照射すると、分生子柄から孢子が活発に放出されるが、青色光 (450~495 nm) LED を連続照射すると分生子柄から子孫孢子が放出されず、分生子柄上に成熟孢子が鎖状に積み上げられる (SUZUKI et al., 2018; 2022)。本研究では、イチゴうどんこ病菌は、メロンうどんこ病菌と同様な孢子放出の様式 (昼間に孢子を活発に放出させ、夜間では孢子放出をほとんど行わない) をもっていることを明らかにしたことから、イチゴうどんこ病菌の孢子放出においても特定の光波長が密接に関係しているかもしれない。今まで、イチゴうどんこ病菌については、分生子柄からの孢子放出と可視光との関連性を述べた報告例がないことから、今後の研究課題となる。

以上のことから、本研究で得られた知見は、イチゴうどんこ病の防除戦略を構築していくうえで最も重要であり、イチゴうどんこ病に対する新たな防除法の開発に大きく貢献できるものと期待される。

引用文献

- 1) AYLOR, D. E. (1990): Annu. Rev. Phytopathol. **28**: 73~92.
- 2) BRAUN, U. and R. T. A. COOK (2012): Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews), CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, The Netherlands, p.120~122.
- 3) BROWN, J. K. M. and M. S. HOVMØLLER (2002): Science **297**: 537~541.
- 4) CARISSE, O. et al. (2013): Phytopathology **103**: 811~821.
- 5) DE CAL, A. et al. (2008): Biol. Control **47**: 103~107.
- 6) HOLLOMON, D. W. and I. E. WHEELER (2002): The powdery mildews: a comprehensive treatise, APS Press, St. Paul, Minnesota, USA, p.249~255.
- 7) HUKKANEN, A. T. et al. (2007): Agric. Food Chem. **55**: 1862~1870.
- 8) IWASAKI, S. et al. (2021): Australas. Plant Pathol. **50**: 571~587.
- 9) JANISIEWICZ, W. J. et al. (2015): Phytopathology **105**: S4.64.
- 10) KANTO, T. et al. (2009): Acta Hort. **842**: 359~362.
- 11) ——— et al. (2014): ibid. **1049**: 655~660.
- 12) MAAS, J. L. (1998): Compendium of strawberry diseases, 2nd ed., APS Press, St. Paul, MN, USA, p.17~18.
- 13) MATSUDA, Y. et al. (2006): Phytopathology **96**: 967~974.
- 14) MELLO, P. P. et al. (2022): Plant Health Prog. **23**: 321~327.
- 15) MILLER, T. C. et al. (2004): Biocont. Sci. Technol. **14**: 215~220.
- 16) MORIURA, N. et al. (2006): Plant Pathol. **55**: 367~374.
- 17) NAKAZAWA, Y. and K. UCHIDA (1998): Ann. Phytopathol. Soc. Japan **64**: 121~124.
- 18) NONOMURA, T. et al. (2009): Mycol. Res. **113**: 364~372.
- 19) ——— et al. (2013): Plant Protect. Sci. **49**: S33~S40.
- 20) OKAYAMA, K. et al. (1995): Ann. Phytopathol. Soc. Japan **61**: 536~540.
- 21) PERTOT, I. et al. (2008): Crop Prot. **27**: 622~631.

- 22) SOMBARDIER, A. et al. (2010) : Pest Manag. Sci. **66** : 35~43.
 23) SPENCER, D. M. (1978) : The Powdery Mildews, Academic Press, New York, USA, p.355~358.
 24) SUTHAPARAN, A. et al. (2016) : Plant Dis. **100** : 1643~1650.
 25) SUZUKI, T. et al. (2018) : Phytoparasitica **94** : 1105~1110.
 26) ——— et al. (2019) : Australas. Plant Pathol. **48** : 297~307.
 27) ——— et al. (2022) : Agriculture **12**(198), <https://doi.org/10.3390/agriculture12020198>
 28) TANIGAWA, M. et al. (1993) : J. Pesticide Sci. **18** : 135~140.
 29) WILLOCQUET, L. et al. (2008) : Can. J. Plant Pathol. **30** : 434~441.
 30) WHITE, T. J. et al. (1990) : PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, Academic Press, San Diego, USA, p.315~322.

登録が失効した農薬 (2023.5.1~2023.5.31)

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

「殺虫剤」

- シラフルオフエン粉剤
18959 : **MR. ジョーカー粉剤 DL** (バイエルクロップサイエンス株式会社) 23/5/8
- 18960 : **石原MR. ジョーカー粉剤 DL** (石原産業株式会社) 23/5/8
- 18963 : **ホクコー MR. ジョーカー粉剤 DL** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- シラフルオフエン乳剤
18969 : **MR. ジョーカー EW** (バイエルクロップサイエンス株式会社) 23/5/8
- 18973 : **ホクコー MR. ジョーカー EW** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- 18979 : **シラトップ EW** (バイエルクロップサイエンス株式会社) 23/5/8
- 21722 : **ST MR. ジョーカー EW** (住友化学株式会社) 23/5/12
- シラフルオフエン水和剤
18974 : **MR. ジョーカー水和剤** (バイエルクロップサイエンス株式会社) 23/5/8
- カルボスルファン粒剤
15474 : **アドバンテージ粒剤** (日産化学株式会社) 23/5/29
- ビフェントリン液剤
20792 : **テルスタースプレー** (エフエムシー・ケミカルズ株式会社) 23/5/31

「殺虫殺菌剤」

- シラフルオフエン・フェリムゾン・フサライド粉剤
19284 : **ホクコーブラシンジョーカー粉剤 DL** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- シラフルオフエン・バリダマイシン・フェリムゾン・

フサライド粉剤

- 19937 : **ホクコーブラシンバリダジョーカー粉剤 DL** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- シラフルオフエン・フェリムゾン・フサライド水和剤
20066 : **ホクコーブラシンジョーカーフロアブル** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- シラフルオフエン・フサライド水和剤
20155 : **ホクコーラブサイドジョーカーフロアブル** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- シラフルオフエン・カスガマイシン・トリシクラゾール粉剤
22886 : **ダブルカット J 粉剤 3DL** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- シラフルオフエン・カスガマイシン・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤
23089 : **ダブルカットバリダ J 粉剤 DL** (北興化学工業株式会社) 23/5/8
- シラフルオフエン・バリダマイシン粉剤
18991 : **バリダジョーカー粉剤 DL** (住友化学株式会社) 23/5/12
- シラフルオフエン・フェリムゾン・フサライド粉剤
19283 : **ブラシンジョーカー粉剤 DL** (住友化学株式会社) 23/5/12
- シラフルオフエン・バリダマイシン・フェリムゾン・フサライド粉剤
19922 : **ブラシンバリダジョーカー粉剤 DL** (住友化学株式会社) 23/5/12
- シラフルオフエン・フェリムゾン・フサライド水和剤
20065 : **ブラシンジョーカーフロアブル** (住友化学株式会社) 23/5/12

(56 ページに続く)

新技術 解説

長野県におけるイネ紋枯病の簡易な被害評価指標の作成と効率的防除法

長野県農業試験場 なか 中 じま 島 ひろ 宏 かず 和

はじめに

イネ紋枯病は多発すると減収、白未熟粒の発生の助長等による品質低下、倒伏の助長等を引き起こす重要な防除対象病害である（宮坂ら，2009；井上ら，2015）。長野県において本病は下位葉鞘の発病にとどまることが多く、実害が生じることは少なかったが、近年は温暖化などの影響によって上位葉まで発病が進展する圃場が散見される（図-1，2）。しかし、本県では発病程度と実被害の関係が判然としないため、防除対象病害としての認識が低い。

一方で、紋枯病の発病と被害の関係についての研究の歴史は古く、発病葉位と減収率の関係については1950年代から60年代にかけて多くの研究事例がある（堀，1991）。このうち吉村（1954）は1茎ずつ発病葉位と減収率の関係を調査し、止葉までの発病で減収率は14.2%、次葉までは同8.1%、第3葉までは同3.8%とし、茎ごとの発病葉位を調査して被害度を算出する方法を作成した。現在、農薬登録のための新農薬実用化試験などで一

般的に用いられている羽柴式の紋枯病調査法は吉村式の簡易調査法として羽柴ら（1981；1983）によって考案された。羽柴式では株ごとの病斑高率（最上位病斑高/草丈×100）を算出する。そして、吉村式の被害度＝1.62×病斑高率－32.4の回帰式が成り立つとした。また、被害度に発病株率をかけ合わせた数値を全体の被害度とし、全体の被害度が1%増加するごとに10a当たり収量は2.58kg減収するとした減収量の推定法を策定した。これらの方法は調査方法としては有効であるが、複数の稲株の病斑高率を測定する必要があることと、直感的に被害を把握しにくいことから生産現場で被害算定を行う場合はより簡易な方法が望まれる。これらのことから、達観調査による簡易な被害評価指標の作成を試みた。

さらに、紋枯病は圃場内の菌核が主要な伝染源であるため、薬剤散布を数年間行って新たな菌核の供給を減らせば薬剤散布を中断しても被害が低い水準にとどまる可能性がある。そこで、紋枯病用の箱施用剤の連年使用の年数と散布中断後の効果の関係を検証したため合わせて報告する。

I 発病進展部位を指標とした減収率の目安の作成

1 成熟期における病斑高率と減収率の関係

2016～20年の成熟期に紋枯病が自然発生する場内圃場において平均穂数に近い株を選抜し、1株ごとに病斑高が高い1～3茎の病斑高率を測定し、平均値を各株の病斑高率とした。定法により株ごとの収量調査を行って、収量および収量構成要素を算出した。事例ごとに発病がない株の収量を100とした場合の病斑高率別の減収率を算出した。

その結果、減収率は最大25%程度で、病斑高率が高いほど減収率が高い傾向が認められた。病斑高率と減収率の程度は事例によって異なったが、病斑高率が50～60%を超えると減収し始める傾向であった（図-3）。病斑高率と収量構成要素の関係から、登熟歩合の低下によって減収が引き起こされていると考えられた。また、発病と玄米品質には明瞭な関係は認められなかった（データ省略）。このため、ここでは本病による減収被害のみ



図-1 第3葉鞘付近の発病

図-2 止葉葉鞘への発病進展

Development of a Simple Damage Assessment Index and Efficient Control Method for Rice Sheath Blight in Nagano Prefecture.

By Hirokazu NAKAJIMA

（キーワード：紋枯病，発病進展部位，被害予測，減収，箱施用剤）

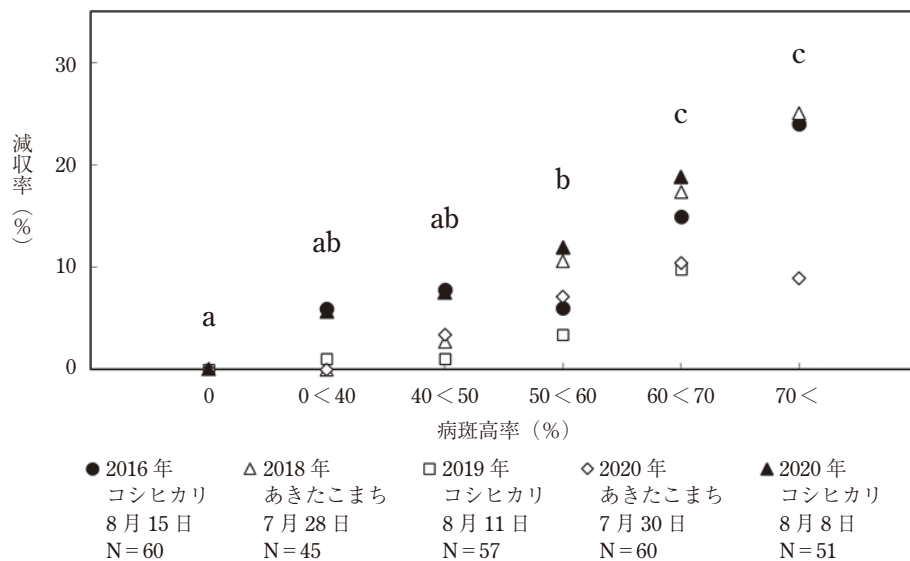


図-3 紋枯病の病斑高率と減収率の関係

図中には事例ごとに栽培年次、品種名、出穂期、サンプル数を記載。

図中の異符号間に5%水準で有意差あり (steel-Dwass 検定)。

を評価し、白未熟粒の発生程度は考慮しなかった。また、稲株が倒伏した場合は本病の発病が助長されることがある (宮坂, 2018) が、本研究では倒伏していない稲株を対象とした。

なお、病斑高率と減収率の程度が事例間で異なった要因として、武田・小川 (1988) が指摘しているように、病斑の上位葉への進展時期の違いによる影響が考えられる。

次に、病斑高率と減収率の目安を作成するために全事例のデータを統合して、逆正弦変換後の減収率 (%) を目的変数、病斑高率 (%) を説明変数とし、2次回帰式： $y = 0.004x^2 - 0.0611x + 0.6723$ ($r = 0.56$, $P < 0.01$) を求めた。病斑高率と減収率の関係に品種間差は認められなかったため、統合データの回帰式を採用した (図-4)。

2 病斑高率と発病進展部位の関係

‘コシヒカリ’と‘あきたこまち’について成熟期に茎ごとの病斑高率と発病進展部位の関係を調査した。その結果、止葉までの病勢進展は病斑高率 70~80%、止葉葉鞘までの進展は病斑高率 60~70%、次葉および次葉葉鞘までの進展は病斑高率 40~50%、第3葉までの進展は病斑高率 30~40%におおむね相当すると思われた (図-5, 6)。また、病斑高率と発病進展部位の関係は品種によらず一定であった。

I-1 で示した減収傾向が見られる病斑高率 50~60%は次葉葉鞘および次葉~止葉葉鞘までの発病進展に相当するため、次葉葉鞘および次葉~止葉葉鞘以上の発病では明瞭に減収すると考えられる。

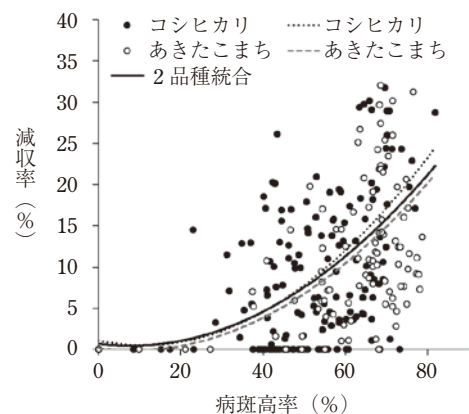


図-4 品種別の病斑高率と減収率の関係

3 発病進展部位別の病斑高率と減収率の関係

I-1 で求めた回帰式に発病進展部位別の箱ひげ図 (図-5) の中央値、第1四分位数 (25パーセンタイル、(箱の下端)) および第3四分位数 (75パーセンタイル、(箱の上端)) を当てはめて発病進展部位別の正弦変換した減収率の目安値を算出した (表-1)。

4 簡易な被害評価指標の作成

圃場の減収率を推定する場合、無作為に 100 株を選抜し、発病進展部位別の発病株数を達観調査し、以下の式によって算出する。なお、圃場の減収率を計算する場合は発病進展部位と減収率の関係に幅があることを考慮する。

圃場の減収率 (中央値を用いた場合) = (発病進展部位が次葉葉鞘~次葉までの株数 $\times 7$ + 同止葉葉鞘までの

表-1 発病進展部位別の病斑高率と減収率の関係

発病進展部位	病斑高率 (%) ¹⁾		減収率 (%) ²⁾	
次葉葉鞘～次葉	48	(43, 52)	7	(5, 8)
止葉葉鞘	64	(58, 71)	13	(11, 16)
止葉	73	(69, 77)	18	(16, 20)

¹⁾ 中央値（第1四分位数，第3四分位数）を示す。

²⁾ 図-4で求めた回帰式に病斑高率（%）の中央値（第1四分位数，第3四分位数）を当てはめて算出した。

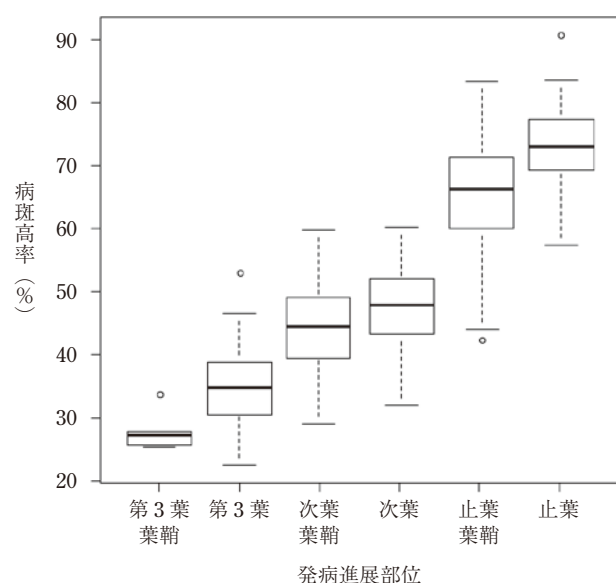


図-5 病斑高率と発病進展部位の関係

止葉 (N = 87), 止葉葉鞘 (N = 200), 次葉 (N = 163), 次葉葉鞘 (N = 24), 第3葉 (N = 84), 第3葉葉鞘未満 (N = 5)。

株数×13 + 同止葉までの株数×18)/100。

調査時期は紋枯病の病斑は成熟期を過ぎると生理的な枯れと判別が難しくなるため，成熟期の約1週間前～成熟期までとする。

5 圃場における簡易評価法の精度の検証

2011年，12年，21年，22年に‘あきたこまち’を用いて場内の自然発生圃場で薬剤処理などによって発病程度が異なる区画（1区は15～30 m²，栽植密度は22.2株/m²）を設定した。成熟期に各区10～15株について発病進展部位および病斑高率を測定し，収量調査を行った。簡易評価法は表-1の減収率の中央値を用いて，発病進展部位別の株数から各区画の推定減収率を算出した。羽柴式推定法は病斑高率と発病株率を用いて羽柴ら（1983）に従って算出した。なお，2011年，12年は病斑高率を発病進展部位に読み替えて減収率を算出した。真の減収率は各年次の最も発病が少ない区の収量に対する各区の収量から算出した。

その結果，簡易評価法はやや被害を過大評価する傾向

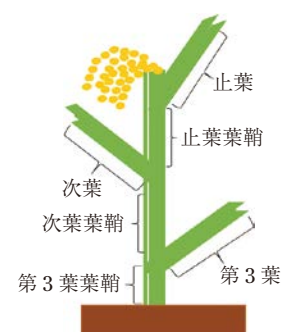


図-6 イネの部位の名称

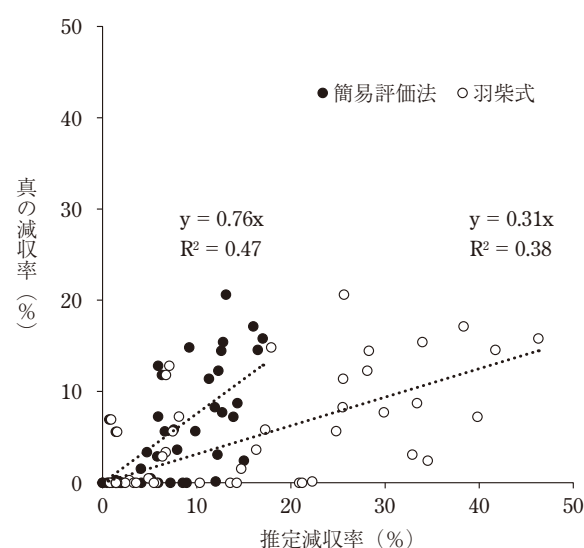


図-7 真の減収率と推定減収率の関係

N = 47，各推定法について原点を通る回帰式を作成。

であったが，真の減収率と簡易評価法による減収率は正の相関関係が認められ（Spearmanの順位相関検定， $P < 0.01$ ， r_s （順位相関係数）= 0.7），本県においては羽柴式より高い精度で減収率を予測できると考えられた（図-7）。

6 同一圃場における当年と翌年の発病の関係

2018～22年までに年次間の防除圧が同じ圃場の発病データを用いて当年の発病株率と翌年の発病株率の関係を検討した。調査圃場は県内10地域のべ117圃場とし，各圃場の黄熟期～成熟期に畦畔2～4辺につき各辺100～500株について発病株率を調査した。

その結果，同一圃場における当年の発病株率と翌年の発病株率の間には正の相関関係が認められた（図-8）。この結果は石川ら（2012），鈴木（2016）によっても報告されている。また，発病株率と減収率には正の相関関係が認められている（井上ら，2015；鈴木，2016）ことから，当年に推定した減収率によって翌年の防除対策の参考にできると考えられる。

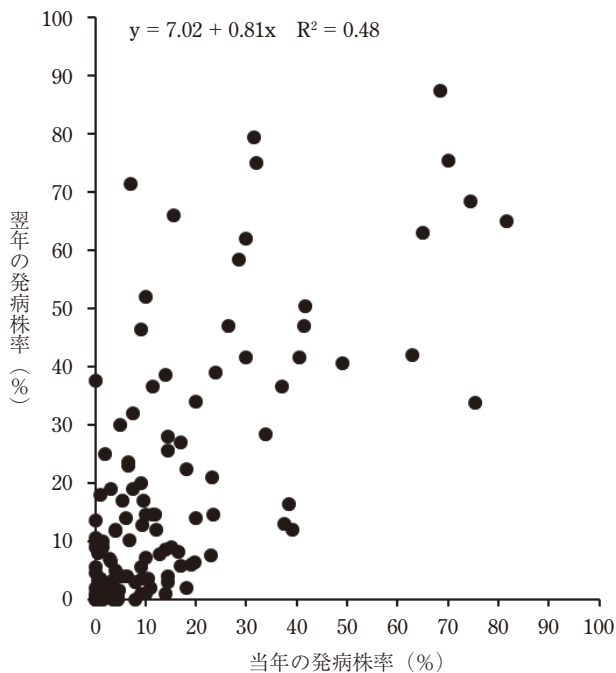


図-8 同一圃場における当年と翌年の発病株率の関係

II 紋枯病用箱施用剤の連用年数と効果の関係

県内2地域において2018年の調査でおおむね発生程度が同じ4圃場を選抜し、2019～22年まで紋枯病用箱施用剤（フラメトピル4%含有箱施用剤（商品名：箱大臣箱粒剤）50g/箱、移植3日前～当日散布）の連年使用の年数を変えた場合の当年と翌年以降への効果を検証し

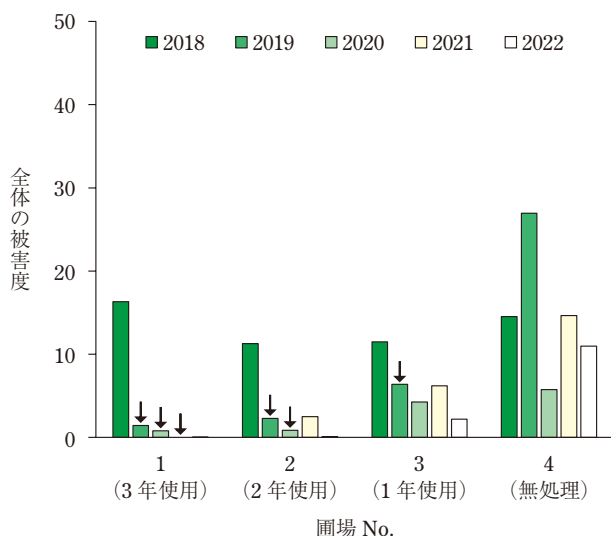


図-9 少～中発生圃場での箱剤の連用年数と効果の関係

図中の矢印は箱施用剤を使用したことを示す。
耕種概要は以下の通り。品種：風さやか（No.1, 2は2021年からミルキークイーン、抵抗性に明瞭な品種間差はない）、移植：5月下旬、出穂期：8月中旬、圃場面積：19～35a、使用箱数10～18枚/10a。

た。調査は成熟期ころに圃場周縁2～4辺の100～500株を対象に発病株率、各辺当たり10株を対象に病斑高率を調査し、羽柴式によって全体の被害度を算出した。連年使用の効果を評価するため、各地域に無防除圃場を設け、各年次の無防除圃場の全体の被害度に対する防除圃場の全体の被害度から防除価を算出した。なお、紋枯病を対象とした薬剤散布は箱施用剤のみで本田防除は行っていない。

1 少～中発生圃場（県北部）における試験

No.4の無防除圃場は少～中発生で推移した。19年のみ薬剤散布したNo.3圃場の20年の防除価は26.3となり、翌年への効果は低かった。19～20年の2年間連年使用したNo.2圃場の防除価は散布を中止した21年で83.0、中止2年目の22年で99.0となった。19～21年の3年間連年使用したNo.1圃場の防除価は使用3年目で100.0、散布を中止した22年で99.7となった。以上のことから少～中発生圃場においては紋枯病用箱施用剤を連年使用することで効果は高まる傾向であり、連年使用後の1～2年間は箱施用剤の散布を中断しても実用的な発病抑制効果が得られた（図-9）。

2 中～多発生圃場（県中部）における試験

No.8の無防除圃場は中～多発生で推移した。19年のみ薬剤散布したNo.7圃場の20年は無防除圃場とほぼ同等の発病となり、翌年への効果は見られなかった。No.6圃場の防除価は使用1年目の19年で78.1、2年目の20年で84.4と上昇したが、使用を中止した21年には12.3と

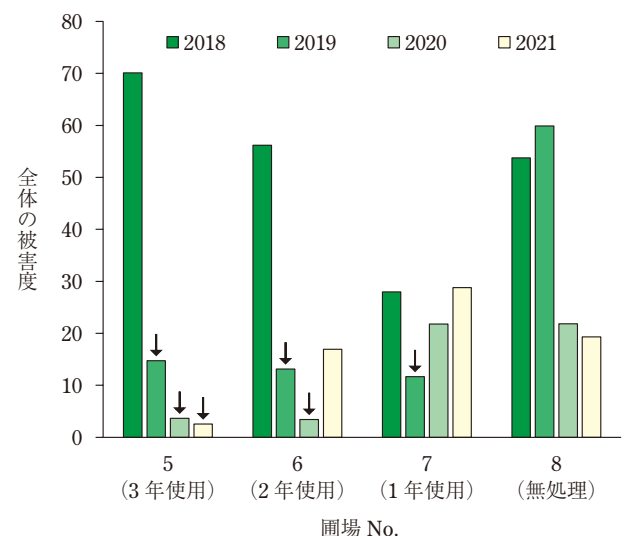


図-10 中～多発生圃場での箱剤の連用年数と効果の関係

図中の矢印は箱施用剤を使用したことを示す。
耕種概要は以下の通り。品種：ふくおこし、移植：5月下旬、出穂期：8月上旬、圃場面積：22～30a、使用箱数：17～18枚/10a。

なりほぼ効果が見られなかった。No.5 圃場の防除価は使用1年目の19年で75.4, 2年目の20年で83.2, 3年目の21年で86.8となり, 連年使用の年数が長くなるほど効果が高まった。以上のことから中～多発生圃場においては2年間の箱施用剤の連年使用では翌年への発病抑制効果は低いが, 連年使用の年数が長くなるほど効果は高まる傾向であった(図-10)。なお, 22年は全圃場に紋枯病対象の殺菌剤が散布されたためデータを示すことはできないが, 無防除圃場が多発生の条件においてNo.5圃場は低い水準の発病にとどまった。

3 土壌中に埋設した菌核の発芽率の経年変化

土壌中の菌核の発芽率(生存率)の経年変化を3年間にわたって場内の水田圃場で調査した。2014年に発病株から多数の菌核を採取し15℃の定温室で保管後, 菌核を不織布袋に20粒ずつ入れ, 15年移植直後の土壌中約5cm深へ埋設した。室内保存(15年収穫後), 埋設約半年後(15年収穫後), 約1年後(16年移植前), 約1年半後(16年収穫後), 約3年後(18年移植前)に3袋ずつ(約60粒)回収し発芽率を測定した。なお, 圃場の機械作業時は菌核を袋ごと回収し, 作業終了後に元の位置に戻した。

その結果, 土壌中に埋設した菌核は時間経過とともに徐々に発芽率が低下し, 埋設して3年後にはほとんど発芽しなくなった(図-11)。圃場内の菌核の発芽率は菌核形成の状態や土壌中での埋設深, 圃場管理方法等によって影響を受けることが推測されるが, 経年変化によって徐々に低下すると考えられる。

おわりに

本研究では, イネ紋枯病の発病進展部位と減収率の関係の目安を作成し, 発病進展部位が止葉の場合, 減収率は16~20%, 止葉葉鞘では11~16%, 次葉~次葉葉鞘では5~8%におおむね相当すると考えられた。本目安を用いて圃場内の発生状況を遠観調査することで本病による減収率を推定することができる。本県の発生状況を見ると, 同一地域内においても多発生圃場と少発生圃場が

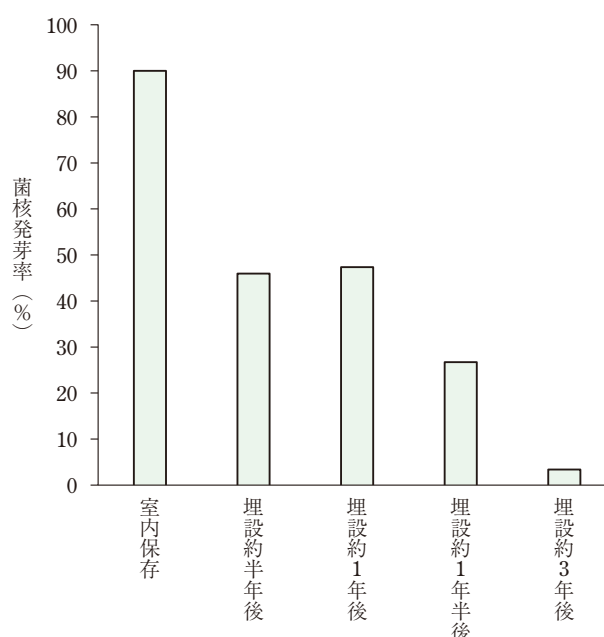


図-11 土壌中に埋設した紋枯病菌核の発芽率¹⁾の経年変化

¹⁾ 回収した菌核を60秒間80%エタノールで表面殺菌, 滅菌水で洗浄, 風乾後, AS培地上へ設置し菌糸伸長の有無を測定。

混在していると思われる。農薬の使用量の削減や省力低コスト化を図るため, 画一的に農薬散布をするのではなく, 本目安を用いて実害が生じうる圃場を推定し, 3年程度の農薬散布によって菌密度を減らすことで被害を低い水準に抑えるような効率的な防除の実現が望まれる。

引用文献

- 1) 羽柴輝良ら (1981): 日植病報 47: 194~198.
- 2) ———ら (1983): 同上 49: 143~147.
- 3) 堀 眞雄 (1991): イネ紋枯病, 日本植物防疫協会, 東京, p.117~133.
- 4) 井上博喜ら (2015): 九病虫研会報 61: 1~6.
- 5) 石川浩司ら (2012): 北陸病虫研報 61: 11~13.
- 6) 宮坂 篤ら (2009): 九病虫研会報 55: 13~17.
- 7) ——— (2018): 植物防疫 72: 46~49.
- 8) 鈴木智貴 (2016): 同上 70: 413~416.
- 9) 武田真一・小川勝美 (1988): 北日本病虫研報 39: 71~73.
- 10) 吉村彰治 (1954): 日植病報 19: 58~60.



佐賀県におけるカンキツ病虫害防除暦の考え方

佐賀県果樹試験場 ^え衛 ^{とう}藤 ^{とも}友 ^き紀

はじめに

佐賀県の果樹は、山間山麓部を中心に広く栽培されており、主な品目はカンキツ類で果樹産出額の約9割を占めている（2020年）。カンキツをはじめとした果樹栽培において、高品質生産を目指すためには病虫害防除は重要であり、防除を行うにあたり病虫害防除暦を参考にすることが多い。本県における果樹の防除暦は佐賀県農林水産部が作成する「施肥・病虫害防除・雑草防除のてびき」（以下、てびき）内にそれぞれの樹種別に各種病害虫ごとに掲載されている。

掲載内容としては、まず初めに「てびき掲載に係る方針」として、本てびきが薬剤防除に偏ることなく、各種防除技術を駆使した構成であるとした「てびき策定方針」から始まり、掲載している薬剤の掲載にあたっての根拠などが記されている。次に総合的病虫害・雑草管理（IPM）の普及・推進について、農薬の適正使用に関すること、無人ヘリコプターに関すること、およびGAPの導入促進に関することが掲載されている。その後には病虫害別に生活史などの生態、防除適期などの防除のねらいおよび各種防除方法が記されている。また、薬剤抵抗性・耐性菌対策の一環として、問題となっている病虫害を中心にRACコードを付ける等をして、薬剤選択の際の参考としている。

ここでは、本県てびきに掲載している露地温州みかん（以下、みかん）の防除暦の考え方について紹介する。

I てびき・暦の構成

みかんの灰色かび病の頁（図-1）とみかん防除暦（表-1）をそれぞれ示した（令和5年版）。先にも述べたように、各病虫害については生態～防除法を記しており、さらに写真や図等も掲載してわかり易さにも努めている。みかんの病害は11種、害虫は22種について図-1のように個別に説明している。さらに、防除の難易度、経済的

な被害の重要性を考慮し選んだ病虫害を対象として作成した年間の防除暦（防除のガイドライン例）が表-1となる。防除暦は、薬剤の散布時期、対象病虫害、RACコード、薬剤名および備考の順で構成されており、特に備考には防除上の注意点などの重要な情報を記している。

1 対象病虫害

本県のみかんにおける重要病虫害としては、そうか病、黒点病、果実腐敗、ミカンハダニ、チャノキイロアザミウマ、カイガラムシ類およびゴマダラカミキリ等が挙げられ、防除適期が限られている、防除期間が長い、薬剤抵抗性で防除が難しい等の何らかの問題点を抱えている。

2 時期ごとの防除の考え方

（1）発芽期～展葉期

重要病害であるそうか病の重要な防除時期にあたることから基幹防除薬剤であるデランフロアブルを入れている。その一方で、本剤にかぶれる人もいるのでその場合はストロビードライフフロアブルを選択するようにしている。後者については、マシン油乳剤を加用する場合、希釈倍数を3,000倍とするようにしている。マシン油乳剤が展着剤の役割を果たして、本剤2,000倍と同等の効果を示すためである。もちろん、マシン油乳剤を加用することで、ミカンハダニにも有効である。このようにして、本県のてびきにはマシン油乳剤がたびたび登場するが、利用にあたっての考え方はおおむね同じである。

備考に記してはいるが、高糖系温州などではかいよう病の被害を受ける場合があるので、臨機防除が必要である。

（2）満開期～落弁期

満開期は灰色かび病を対象としてフロンサイドSCなどを掲載している。本年のような表年の場合、本病が多発する恐れがあるので、徹底する必要がある。次に落弁期のそうか・黒点・灰色かび病の3病害にナリアWDG、ミカンハダニにマシン油乳剤、カイガラムシ類にモベントフロアブルをそれぞれ充てている。近年、生産現場においてそうか病の発生を認めていない。この一因として、発芽期と落弁期に防除が徹底されているためと考え

The Concept Constructing an Citrus Pest Control Calendar in Saga Prefecture. By Tomoki Etoh
（キーワード：佐賀県、かんきつ、病虫害、防除、防除暦）

4. カンキツ・灰色かび病 [【目次に戻る】](#)

1) 生 態

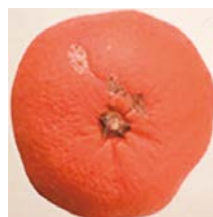
落弁期の花弁に灰白色のかびを生じ、落花・果を助長する。発病した花弁が幼果期まで残ると果実にかさぶた状の傷を生じる。開花前～落弁期に曇雨天が続くと多発する。降雨量よりも降雨回数が強く影響する。施設栽培では開花期前後に多湿状態が続くと多発する。

2) 防除のねらい

- ① 落花（果）防止には満開～落弁期に、傷果防止には一次落果期（6月第1半旬）を中心に散布する。



幼果での症状



果実での症状

3) 防 除 法

(1) 耕種的防除

- ① 園内の通風をよくし、多湿にならないように注意する。
② ハウス栽培では特に本病が問題となるが、人為的に花弁を落とすと発生が少なくなる。

(2) 薬剤防除

○露地栽培 [そうか病の項参照](#)

○施設栽培

散布時期	FRAC コード	薬 剤 名	他に登録がある 主な病害虫	備 考
満開期	29	フロンサイドSC	そうか病 ミカンサビダニ	
	11	ストロビードライフロアブル	そうか病	
	11+7	ナリアWDG		
	11	ファンタジスタ顆粒水和剤		
	2	(施設で使用するくん煙剤) スミレックスくん煙顆粒		※みかんで登録

注) 各薬剤の農薬登録情報は、「[農薬登録情報提供システム（農林水産省）](#)」を参照してください。使用方法については、[章末の簡易マニュアル](#)を参照してください。

注) 各農薬の水産動物に関する注意事項については、FAMIC ホームページの、HOME > 農薬 > 登録・失効農薬情報を参照してください ([アクセス方法については、巻末の使用法参照](#))。

4) 発生消長と防除時期

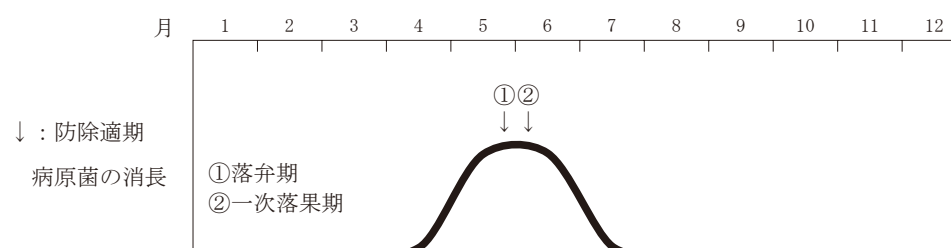


図-1 みかんの灰色かび病の頁（青字はリンク先）

表-1 防除のガイドライン（例：温州みかん）

散布時期	対象病害虫	IRAC・FRAC コード	薬剤名	備考
発芽前 ～ 展葉期	そうか病	M9 11	デランフロアブル (デランにかぶれない場合) ストロビードライフロアブル (デランにかぶれる場合)	①そうか病の常発園では、罹病葉梢の剪除を徹底する。 ②ストロビードライフロアブルはマシン油乳剤と混用する場合は3,000倍でよい。 ③かいよう病が前年発生した園や常発園ではIC ボルドー 66D またはクレフノン加用コサイド 3000 を散布する。 ④葉でかいよう病の発病が多いと予想される場合、5月上中旬にアビオン-E 加用 IC ボルドー 66D またはクレフノン加用銅水和剤を散布する。
満開期 (5月中旬)	灰色かび病	29 11 7・11	フロンサイド SC ストロビードライフロアブル ナリア WDG	のいずれか
落弁後 (5月下旬)	黒点病 そうか病 灰色かび病 ミカンハダニ カイガラムシ類	7・11 — 23	ナリア WDG マシン油乳剤 97% モベントフロアブル	①ナリア WDG は黒点病に対する効果が劣るので注意する。 ②ミカンハダニが発生している場合にはマシン油乳剤の濃度を 200 倍にする。 ③カメムシ類の越冬密度が高い場合、幼果期に加害を受けるので発生に応じてロディー乳剤などを散布する。
5月下旬 ～ 6月上旬	チャノキイロアザミウマ	28 5	エクシレル SE ディアナ WDG	①チャノキイロアザミウマの発生が多い圃場では必ず散布する。
6月上旬 ～ 6月下旬	黒点病 ミカンハダニ ミカンサビダニ チャノキイロアザミウマ ゴマダラカミキリ カイガラムシ類	— M3 — M3 13 15 21A 4A	マシン油乳剤 97% ジマンダイセン水和剤 マシン油乳剤 97% エムダイファー水和剤 コテツフロアブル マッチ乳剤 サンマイト水和剤 モスピラン (SL 液剤・顆粒水溶剤)	のいずれか のいずれか
7月上旬 ～ 7月下旬	黒点病 チャノキイロアザミウマ ゴマダラカミキリ カイガラムシ類	M3 M3 4A	ジマンダイセン水和剤 エムダイファー水和剤 6月上旬～下旬に準じる	エムダイファー水和剤は収穫 60 日前までとなっているので使用時期に注意する。

表-1 つづき

散布時期	対象病害虫	IRAC・FRAC コード	薬剤名	備考
8月中旬 ～ 8月下旬	黒点病 褐色腐敗病	M3	ジマンダイセン水和剤	①8月中下旬～収穫期にカメムシ類 が発生した場合、発生に応じてテ ルスター水和剤等を散布する。
	チャノキイロアザ ミウマ	4A 4A 4A	モスピラン（SL液剤・顆粒水溶剤） ダントツ水溶剤 アドマイヤーフロアブル	
	ミカンハダニのみ	6 20B	コロマイト水和剤 カネマイトフロアブル	ミカンサビダニによる新たな果実被 害の発生が認められる場合にはミカ ンサビダニにも効果のある剤を使用 する。
		25A 25B	スターマイトフロアブル ダニコングフロアブル	
8月中旬 ～ 9月下旬	ミカンハダニおよ びミカンサビダニ	10B 23	バロックフロアブル ダニゲッターフロアブル	のいずれか
8月中旬 ～ 9月下旬	黒点病（後期）	3・11 11 7	ナティーボフロアブル ストロビードライフロアブル フルーツセイバー	のいずれか
9月下旬 ～ 11月上旬	果実腐敗	1	ベンレート水和剤	①ベンズイミダゾール系剤を先に溶 かし、ペフラン液剤 25 を後に溶 かす。 ②ミカンハダニが再発生した場合 は、8月中下旬の欄の殺ダニ剤も しくはオマイト水和剤を散布す る。ただし、オマイト水和剤は 10月中旬以降に使用する。
		1	トップジン M 水和剤	
		M7	ペフラン液剤 25	
		M7	ベフトップジンフロアブル	
収穫後 (12月下旬 ～1月上旬)	カイガラムシ類 ミカンハダニ	—	マシン油乳剤 97%	

注) 各薬剤の農薬登録情報は、「農薬登録情報提供システム（農林水産省）」を参照してください。使用方法については、章末の簡易マニュアルを参照してください。

注) 各農薬の水産動物に関する注意事項については、FAMIC ホームページの、HOME＞農薬＞登録・失効農薬情報を参照してください（アクセス方法については、巻末の使用方法参照）。

ている。

(3) 幼果期～収穫時期

降雨量が多くなる6月ころから黒点病の防除が本格的に始まる。基幹防除薬剤はジマンダイセンなどのジチオカーバメート系薬剤であり、6月は同剤にマシン油乳剤を加用している。これまでの知見により、殺菌剤単用の場合、薬剤散布後の累積降雨量 200～250 mm で再散布する必要があるが、マシン油乳剤を加用することで同降雨量 300～400 mm まで次回の散布を延ばすことができる。このようにして、病害虫防除の効率化を図っている。ただし、マシン油乳剤を7月以降の生育期に利用すると果実品質に影響を及ぼす恐れがあるため、使用は6月までとしている。なお、降雨量は園地ごとに異なるので、市販の簡易雨量計（図-2）を設置するなどして、降雨量の把握に努める必要がある。

本県におけるみかんの収穫時期は、早い地域では9月中旬ころに始まる。その一方で基幹防除薬剤であるジマンダイセン水和剤の収穫前使用日数は30日（使用回数4回）、エムダイファー水和剤は60日（2回）である。したがって、8月以降の黒点病防除薬剤の選択は収穫時期を考慮する必要がある。ジマンダイセンなどが使用できなくなった時期はナティーボフロアブル、フルーツセイバー（収穫前日まで使用可能）、あるいはストロビードライフロアブル（同14日前）から選択することとしている。なお、近年秋季の長雨などで防除が思うようにいかず、被害が多発する場合もある。そのため、基本的な管理である枯枝の除去、剪定枝の処分および通風の確保等の園内環境についても年間を通して改善するように、別途本病の項目に耕種的対策として明記している。

チャノキイロアザミウマについても、防除は長丁場と



図-2 簡易雨量計（左：手作り，右：市販、一色本店社製）

なる。早い園地では5月中旬ごろの第1世代成虫に由来する被害も発生する。さらに、本県では温暖化の影響によると思われる発生時期の前進化が第2～3世代で認められている。そのため、これまで6月中下旬を重点防除時期としていたものの、多発園では5月下旬～6月上旬の防除も必須としている。それ以降は7月中旬ごろ、8月中旬～9月上旬ごろに防除を実施している。防除薬剤については、各種系統の薬剤を掲載している（表-2）。幸い本県ではいずれの剤についても薬剤抵抗性の事例は認められていないので、その他害虫の発生状況を考慮して、同時防除できる薬剤を選択できるように掲載している。その他害虫としては、先にも述べたミカンサビダニ、ゴマダラカミキリ、カイガラムシ類等である。

ミカンサビダニの防除薬剤は、1990年代後半にジチオカーバメート系薬剤からサンマイト水和剤等に切り替えられた。その後被害はしばらく散発していたものの、近年は発生・被害がほとんど認められなくなった。たまに、持ち込み相談はあるものの、発生要因は防除時期を逸した、散布むら等の散布方法に原因があったと考えられた。それでも油断できないことから、6月と8月中旬に防除を行っている。防除薬剤は先述の通り、サンマイト水和剤を含め各種薬剤の中から選択している。特に、8月の防除はミカンハダニとの同時防除を兼ねて実施する場合が多い。

一方、カイガラムシ類については、近年発生・被害が多く、防除に関する相談も多い。発生種もコナカイガラムシ類、カタカイガラムシ類等多岐にわたる。現在、発生消長を調査するなどして、多発要因を解析しているところではあるが、冬季マシン油乳剤が散布されていないことも一因と思われる。防除時期としては、5月下旬～6月、7月中下旬に設定し、モベントフロアブル、アブ

ロードフロアブル等を掲載している。なお、これまで基幹薬剤であったスプラサイド剤が販売終了となったこともあり、本県としては上記調査に併せて防除体系試験にも取り組んでいるところである。

ゴマダラカミキリも依然として重要な防除対象であり、耕作放棄地の増加、有機リン剤に抵抗性を有した個体群も発生していることから、さらに重要度が増している。6月上旬から7月下旬の対象病害虫の欄に挙げ化学合成農薬を掲載しているが、てびきの防除法の項には環境に優しい天敵糸状菌製剤も含めるとともに成・幼虫の捕殺、産卵抑制のための防虫ネットの株元設置等のように耕種的対策も推奨して、被害軽減に努めるよう指導している。

ミカンハダニは、1990年代までは薬剤抵抗性の問題で非常に防除が困難な害虫であったが、各種殺ダニ剤が登録されたことで、以前ほど頭を悩ますことは少なくなったと思われる。しかし、感受性検定を行うと薬剤によっては非常に感受性が低い個体群も存在することから、難防除害虫であることは間違いない。そのため、本県では昔と同じ轍を踏むことがないようにしている。具体的には、先にも述べた薬剤抵抗性の発達がないとされるマシン油乳剤の積極的な利用、同一殺ダニ剤の使用は可能な限り1回程度/年とする等して、薬剤抵抗性発達の遅延に努めている。

果実腐敗は産地のイメージを損なうため非常に重要な病害である。近年は長雨、異常高温等により果実体質が弱体化して、果実が傷みやすい傾向にあるため、さらなる管理の徹底が必要である。まずは、生育期の薬剤散布時にカルシウム剤を加用して、果実体質の強化を図っている。さらに収穫前はベンズイミダゾール系薬剤とベフラン液剤25の混用、またはこれら薬剤の混合剤を掲載

表-2 チャノキイロアザミウマにおける防除暦

散布時期	IRAC・FRAC コード	薬剤名	備考
5月中下旬	4A 4A 4A 3A	アクタラ顆粒水溶剤 アドマイヤーフロアブル モスピラン（SL液剤・顆粒水溶剤） ロディー乳剤	多発園で使用する。
6月	13 21A + 39 6 34	（ミカンサビダニを同時防除する場合） コテツフロアブル ハチハチフロアブル アグリメック ファインセーブフロアブル	多発園では必ず6月上旬に防除を行う。前期被害を防止するうえで重要な時期である。
	28	（ゴマダラカミキリを同時防除する場合） ※テッパン液剤	
	4A 4A	（ゴマダラカミキリ、カイガラムシを同時防除する場合） ダントツ水溶剤 モスピラン（SL液剤・顆粒水溶剤）	
	9B	（カイガラムシを同時防除する場合） コルト顆粒水和剤	
	4A 4A + 2B 28 2B 2B + 3A 5 4A	（チャノキイロアザミウマのみ防除する場合） アドマイヤーフロアブル アドマイヤープラスフロアブル エクシレル SE キラップフロアブル キラップJ水和剤 ディアナ WDG ベストガード水溶剤	
7月中旬		6月に同じ	ホワイコートは、梅雨が明けてから散布する。
	—	ホワイコート	
8月中旬 ～ 9月上旬	4A 9B 4A 4A 4A	アドマイヤーフロアブル コルト顆粒水和剤 ダントツ水溶剤 ベストガード水溶剤 モスピラン（SL液剤・顆粒水溶剤）	後期被害を防止するうえで重要な時期である。 9月以降に多発する恐れがある場合は防除を行う。

（注）キラップフロアブルおよびキラップJ水和剤は、着色始期以降は被害を生じる恐れがあるので使用しない。また、これらの薬剤とマシン油乳剤の混用は、被害を生じる恐れがあるため行わない。

している。なお、散布時は、薬液が霧状に出るディスクノズルを使用して、果実を一つ一つ包み込むようにていねいに行うように指導している。もちろん、本病の重要な発生要因は果実の付傷であることから、てびきへの記載に限らず、事あるごとに収穫時の注意事項を喚起している。

（4）収穫後～初春

本時期は、病害の発生原因となる枯枝や罹病枝葉の剪除、健全な樹勢の維持のための肥培管理の徹底およびマシン油乳剤による越冬害虫の防除等が主な作業となる。また、防風樹を刈り込むなどの園内環境を改善することも推奨している。特に、近年長雨などで黒点病が多発す

ることが多く、薬剤防除だけでは高い防除効果が望めないことがあるので、耕種的な対策の重要性を常に強調している。なお、このような細かな注意事項は、問題となる病害虫の項目で別途説明している。

II 県てびき改訂のスケジュール

てびきの改訂は、防除対策の強化を目的として年に一度実施され、主に有効薬剤および新知見が追加される。新たに追加される薬剤は以下のようにして掲載が決まる。まず、毎年12月ごろに県農業経営課が地域農業振興センターに対して問題となっている病害虫および必要な薬剤についてアンケート調査を行う。その結果を農薬

メーカーに照会後、各メーカーから要望に応じた農薬が提案される。翌年2～3月にかけて提案された農薬について試験実施の要否を関係機関（県農業経営課、農業技術防除センター、試験場、JA、農薬卸商等）で協議して、必要があると判断された場合、振興センターによる展示圃試験が実施される。

展示圃試験の結果は成績検討会（10月）で、有効性・普及性が判定される。その後、次年度のてびきの原案検討会で、上記関係機関から改訂案が示される。案の内容としては、主に展示圃試験を経た農薬の掲載の是非や対策強化のための新知見等であるが、果樹カメムシ類などのように展示圃試験が困難な病虫害や、突発的に発生し、その対応に緊急を要する病虫害等については、当県または近県の試験場による試験事例を基にして、薬剤掲載の是非を検討することもある。原案検討会で採択された事項については、農業経営課、農業技術防除センターおよび果樹試験場が責任をもって記事を作成するとともに、既存のてびきの内容に間違いがないか、上記3機関でダブルチェックを行い、修正が行われた後に完成となる（11月）。また、各地域農業振興センターとJAは、管轄する地域の樹種ごとに枝葉、肥培および病虫害管理を一つの紙媒体にまとめた管理暦を作成する。その際、病虫害管理については、本てびきを参考にして作成する。生産者の多くはこの管理暦（防除暦）を基にして生産（防除）を行い、必要に応じて、てびきを参考にする。

III てびきの今昔

現在のてびきは県ホームページに掲載し、誰もがスマホなどのITツールで閲覧することができる。県としては利用者の利便性も考慮して、ワンタッチで目的の頁（リンク先）に移動できるように配慮している。特に、農薬の登録状況については細心の配慮が必要なので、信頼ある専門機関のサイトを閲覧できるようにしている。現在、スマート化されたてびきではあるが、以前は冊子として販売され、ハンディーで持ち運びやすい、見やすい等の利点があった反面、掲載内容の変更があった場合は、修正とその周知が煩雑ではあった。

おわりに

県てびきは、病虫害防除に関する重要な基礎資料と位置付けているが、すべての病虫害が暦通りに発生するとは限らない。異常気象が常態化しつつある気象条件下において、病虫害の発生も変化してくると思われるので、最終的には各生産者の園地での観察と判断が重要となってくる。そのため、試験研究としては、生産者の観察と判断を支援する簡便な発生予察技術と防除適期が把握できる技術、さらには効果的・効率的な防除技術を開発して、県てびきのブラッシュアップを図っていく必要があると考えている。

病害虫の 見分け方 シリーズ

カブリダニ製剤と在来カブリダニ種の見分け方

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター

とよ しま しん こ
豊 島 真 吾

はじめに

カブリダニ類の識別には、一般的に『検索表』が使われる（江原・後藤，2009）。しかし、『検索表』には参照できる図版が少なく、識別に利用する形態形質に関する基礎情報（名称や位置）も省略される場合がある。そのため、カブリダニ研究の入門者にとって種の識別は容易なことではない。気軽に種の識別に取り組むことをコンセプトとしてウェブサイト“Phytoseiid mite Portal”（図-1）を開設したが、ウェブサイトを構成する約 500 アイテムの中から必要なコンテンツを迅速に探し出すことは、作製者本人にとっても必ずしも容易ではない。そこで、ウェブサイトの一部分を切り出し、マニュアル（図-2）を作成するとともに本誌や学会誌等へ解説文を寄稿してきた（豊島，2012；豊島・天野，2012；豊島，2018）。本稿では、カブリダニ類の見分け方と題して、流通しているカブリダニ製剤や今後製剤化が期待される在来種を取り上げ、それらの見分け方を解説する。なお、紙面の都合で解説を省略する部分があるので、それぞれの解説に示す二次元コードでウェブサイトにアクセスし、解説の詳細や画像データを参照してほしい。



図-1-1



このウェブサイトではカブリダニの種の識別を学ぶことができます。
This is a website for beginners to study Japanese phytoseiid mite species.

2017年3月24日 英語併記に書き換えています。

図-1 Phytoseiid mite Portal のウェブサイト, <https://phytoseiidae.acarology-japan.org>
1-1 ホームページ, 1-2 カブリダニ分類の階層性, 1-3 ムチカブリダニ亜科,
1-4 ムチカブリダニ属4種, 1-5 腹肛板の種間比較, 1-6 ミヤコとククメリス,
1-7 ヘヤとマクワ, 1-8 ケナガと *longispinosus*, 1-9 キイ。

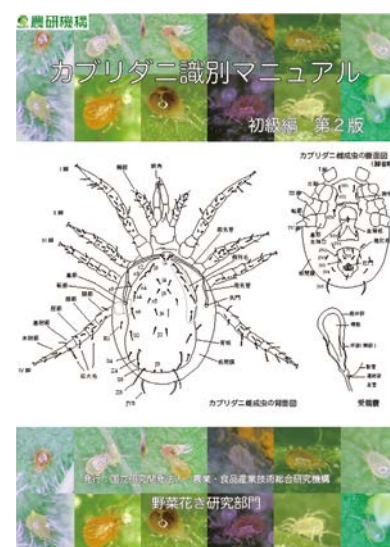


図-2 カブリダニ識別マニュアル初級編 第2版, https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/135442.html

I カブリダニ製剤と在来候補種

国内に流通しているカブリダニ製剤の有効成分（カブリダニ種）は、チリ、ククメリス、ミヤコ、スワルスキー、リモニカスの5種である（種名の「カブリダニ」を省略、以下同じ）。ミヤコを除く4種は外来種である。在来種のキイはアザミウマ類を防除対象として農薬登録されているが、流通実績はないようである。在来種の製剤候補としては、海外で流通実績のあるヘヤとアングソニ、本誌76巻6号で紹介したマクワとチトニア（豊島，2022），そして，2021年に札幌市で採集されたラデマッヘルがあり，これらを今後の製剤化に期待を込めて取り上げる。

II 見分けるための準備

1 顕微鏡観察の準備

体長0.4 mm程度の微小なカブリダニ類を見分けるには，その微細形質を観察するためにプレパラート標本の作製が不可欠である。また，プレパラート標本の作製や観察には実体顕微鏡と位相差顕微鏡（もしくは微分干渉顕微鏡）等が必要となる。プレパラート標本作製の手順については，図-3に示す二次元コードにリンクされている動画を参照してほしい。見分けに必要な形質の名称を抜粋して図-4に示すが，必要に応じて，前述のウェブサイト（図-1）やマニュアル（図-2）も参照してほしい。

2 カブリダニ分類の基礎知識

カブリダニ類はトゲダニ目カブリダニ科に含まれる約2,500種のダニである。害虫防除に利用される天敵として注目されている種はその一部で，むしろ，生態がよくわからない種が多い。海外から人為的に導入された種を除き，国内には97種の生息が確認されており，それらを在来種と呼ぶ。カブリダニ科に含まれる在来97種は，側列毛（図-4のj3, z2, z3, z4, s4, s6）により，カタカブリダニ亜科（側列毛が6本。5属26種），ホンカブリダニ亜科（側列毛が6本で全体的に毛が太い，1属13種），ムチカブリダニ亜科（側列毛のうちz3とs6がない，12属58種）に分類される。ムチカブリダニ亜科には多くの種が分類されているので，便宜的に，属の下にspecies group (s.g.)，species subgroup (s.s.)の階層が提案されている（図-1-2）（CHANT and McMURTRY, 2003；2004）。本稿では提案されている属以下の分類階層にも着目し，形態近似種の絞り込みに活用する。



図-1-2

III カブリダニ製剤および製剤候補の種の見分け方

1 チリカブリダニ

チリ（図-5左）はムチカブリダニ亜科 *Phytoseiulus* 属に分類される。鮮紅色で丸みのある体形の同属に分類される在来カブリダニ種はいないので，チリを放飼した施設内の作物上で観察される鮮紅色のダニはチリと判断してよい。なお，チリを放飼していない果樹園や茶園でチリがしばしば発見されるようなので（OZAWA et al., 2011），チリを放飼していない施設や圃場で同じような鮮紅色をしているダニが観察される場合には，見分けが必要である。

体サイズが1.2 mm程度と，カブリダニ類の一般的なサイズ（0.4 mm程度）よりも大きければ，ハモリダニ（図-5右）の可能性を模索する（カブリダニではないので，本稿では取り上げない）。体サイズが0.4 mm程度であれば，プレパラート標本作製して「チリに似たカブリダニ」としてチリと同属の *Phytoseiulus macropilis*, *P. longipes*, *P. fragariae*（いずれも国内にいない）の可能性を検討する。まず，

- （1） 胴背毛のj6, s4, Z1, Z4, Z5が長いこと，
- （2） 腹肛板が肛門の周囲だけに発達していることを観察し，*Phytoseiulus* 属であることを確認する。

そして，

- （3） j5, S5があること，
- （4） j5がj5とj6の毛穴間の距離より長いこと，
- （5） j6がZ1より長いこと，
- （6） JV4がないこと，
- （7） j5がj4よりも長いこと

を確認してチリと見分ける（図-5中）（TAKAHASHI and CHANT, 1993）。



図-3 カブリダニのプレパラート作製動画, <https://www.youtube.com/watch?v=RgJ6LiOEoc8>

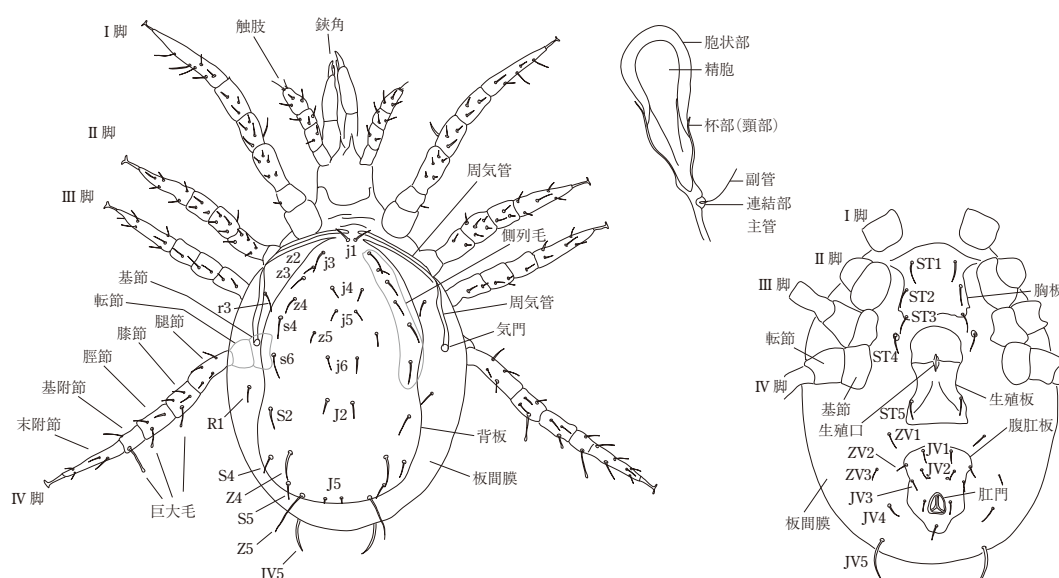


図-4 カブリダニを見分けるための主要な形質の位置と名称

左：背面の外観，中央上：受精囊，右下：腹面。基本的に左右対称である。背板とその周辺に生える毛を胴背毛と呼び、アルファベットと数字の組合せで識別する。なお、背板前半の毛を英小文字で、後半の毛を英大文字で示す。

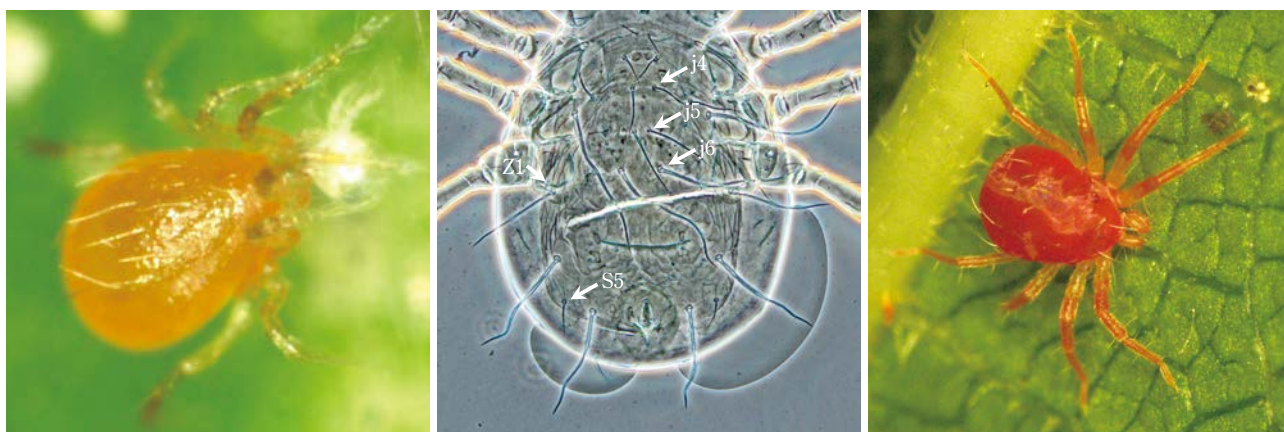


図-5 チリカブリダニとハモリダニの比較

左：チリの実体顕微鏡画像，中：チリの位相差顕微鏡画像（矢印先端は各毛の毛穴を示す），右：ハモリダニの実体顕微鏡画像。

2 リモニカスカブリダニ

リモニカスはムチカブリダニ亜科 *Amblydromalus* 属に分類される (山中・後藤, 2014)。同属に分類される在来種はいないので、特徴的な形態から比較の見分けやすい種である。

- (1) 側列毛の $z3, s6$ がいないこと,
 - (2) 特定の胴背毛 ($s4, Z5$ など) が長いこと (長い毛が短い毛の3倍以上),
 - (3) ムチカブリダニ亜科の基本パターンの胴背毛を有すること (図-1-3),
 - (4) 胴背毛の $s4$ と $Z5$ が長く $Z4$ が短い,
- という特徴が確認されればリモニカスと見分ける。



図-1-3

3 スワルスキーカブリダニ, ラデマッヘルカブリダニ, アンダソニカブリダニ

スワルスキー, ラデマッヘル, アンダソニはムチカブリダニ亜科ムチカブリダニ (*Amblyseius*) 属に分類され (TOYOSHIMA et al., 2016), 属の下位分類では *obtusus* s.g. の *andersoni* s.s. に分類される。*andersoni* s.s. までの見分け方は次の通りである。

- (1) 側列毛の $z3, s6$ がいないこと,
 - (2) 特定の胴背毛 ($s4, Z4, Z5$) が長いこと (3倍以上) (図-1-4),
 - (3) ムチカブリダニ亜科の基本パターンの胴背毛を有すること,
 - (4) 腹肛板がホームベース型であること (腹肛板の側縁が内側にくびれない, 細長くない) (図-1-5),
 - (5) 受精囊頸部がU字型もしくはV字型であること,
- が確認されたら *andersoni* s.s. である。



図-1-4



図-1-5

andersoni s.s. には, イシヅチ, ナンゴク, シガ, ミチノクも含まれるが,

- (6) イシヅチ, ナンゴク, シガの $Z5$ は背板の幅と同じかそれより長い $220\mu\text{m}$ 以上であり, $Z5$ が $120\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ (背板の幅よりも短い) のスワルスキー, ラデマッヘル, アンダソニ, ミチノクを見分けることができる。 $Z5$ が短めの4種のうち,
- (7) $Z5$ が $Z4$ の2倍の長さがあればアンダソニかミチノクであり, $Z5$ が $Z4$ の2倍よりも短ければスワルスキーかラデマッヘルである。アンダソニとミチノクは $Z5$ の長さで受精囊頸部の形 (図-6) で見分ける (図-1-4)。
- (8) $Z5$ が背板幅の半分よりも長く, 受精囊頸部がU字型であればアンダソニ, $Z5$ が背板幅の半分程度で, 受精囊頸部がV字型であればミチノクである。スワルスキーとラデマッヘルは胴背毛の $j3$ の長さで見分ける。
- (9) $j3$ が $j3$ と $j4$ の毛穴間の距離より長ければスワルスキー, $j3$ が $j3$ と $j4$ の毛穴間の距離より短ければラデマッヘルである (図-7)。

ラデマッヘルは25道府県で500頭ほど採集記録があり, 半分ほどはクズから, 次いで, ヒレハリソウやクサギ等から採集されている。室内実験でネギアザミウマを捕食することやスジコナマダラメイガ卵を餌として飼育できることが確認されている。形態的にスワルスキーに似ており, 簡単に飼育できるので, 多様な餌種の捕食を実験的に確認し, 製剤化に向けた取り組みが進むことを期待したい。

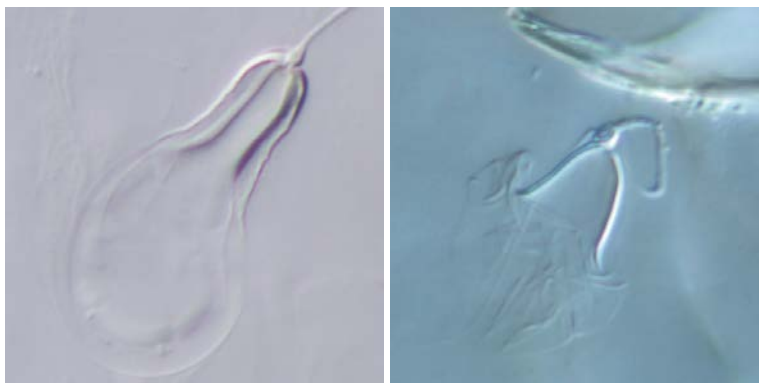


図-6 アンダソニカブリダニとミチノクカブリダニの比較

左: アンダソニの受精囊頸部と精包, 右: ミチノクの受精囊頸部。



図-7 スワルスキーカブリダニとラデマッヘルカブリダニの比較

左：スワルスキーの背板前方，右：ラデマッヘルの背板前方，矢印先端は各毛の毛穴を示す。

4 ククメリスカブリダニとミヤコカブリダニ

ククメリスとミヤコはムチカブリダニ亜科ウスカブリダニ (*Neoseiulus*) 属に分類され、さらに、*cucumeris* s.g. の *cucumeris* s.s. に分類される。*cucumeris* s.s. には、ミヤマ、コヤマ、ヤノも含まれ、これらはククメリスとミヤコに形態が近似するものの、農生態系ではほとんど観察されないので本稿では取り上げない。

cucumeris s.s. までの見分け方は次の通りである。

- (1) 側列毛の z3, s6 がいないこと、
 - (2) どの毛も同程度の長さ（長い毛の長さは短い毛の3倍以内）であるが、他に比べて Z5 がやや長いこと、
 - (3) ムチカブリダニ亜科の基本パターンの胴背毛を有すること、
 - (4) 腹肛板の前肛毛 (JV1, JV2, ZV2) が六角形を形成すること、
- が確認されたら *cucumeris* s.s. であり、その場合、ククメリスかミヤコと考える (図-1-6)。ククメリスとミヤコは周気管の先端位置と受精囊頸部の形状で識別される。



図-1-6

- (5) 周気管先端が j3 の毛穴よりも j1 の毛穴近くに位置すればミヤコと見分ける (図-8)。

- (6) 周気管先端が j1 の毛穴と j3 の毛穴とほぼ同程度の距離に位置すればククメリスと見分ける。

また、

- (7) 受精囊頸部の形状が U 字状であればミヤコ、ハンドベル状であればククメリスという識別ポイントもある。

5 ヘヤカブリダニとマクワカブリダニ

ヘヤとマクワはムチカブリダニ亜科ウスカブリダニ属に分類され、さらに、*barkeri* s.g. に分類される。*barkeri* s.g. にはハウレンソウ、ケナガ、*longispinosus* (和名なし) も含まれる。*barkeri* s.g. までの見分け方は次の通りである。

- (1) 側列毛の z3, s6 がいないこと、
- (2) どの毛も同程度の長さであり、あまり特徴がないこと、
- (3) ムチカブリダニ亜科の基本パターンの胴背毛を有すること、
- (4) 腹肛板の前肛毛 (JV1, JV2, ZV2) が六角形を形成すること、

が確認されたら *barkeri* s.g. である (図-1-7)。ケナガと *longispinosus* は全体的に毛が長いことで見分ける (図-1-8)。ハウレンソウは農生態系ではほとんど観察されないので本稿では取り上げない。



図-1-7



図-1-8

ヘヤとマクワは受精囊頸部の形状で見分ける (図-9)。

- (5) 受精囊頸部が徐々に広がるメガフォン状であり、連結部につながる主管が二股に分かれていればヘヤと見分ける。
- (6) 受精囊頸部がやや大きい連結部からいったんくびれて徐々に広がるラッパ状であり、連結部につながる主管が不明瞭であればマクワと見分ける。

6 チトニアカブリダニ

チトニアはムチカブリダニ亜科ミツカブリダニ (*Typhlodromips*) 属に分類され (TOYOSHIMA et al., 2014)、チトニアのほかにタカネ、イシカワ、オチ、アイヌ、パラキ、ササも含まれる。さらに、*lugubris* s.g. に分類され、同 s.g. に含ま

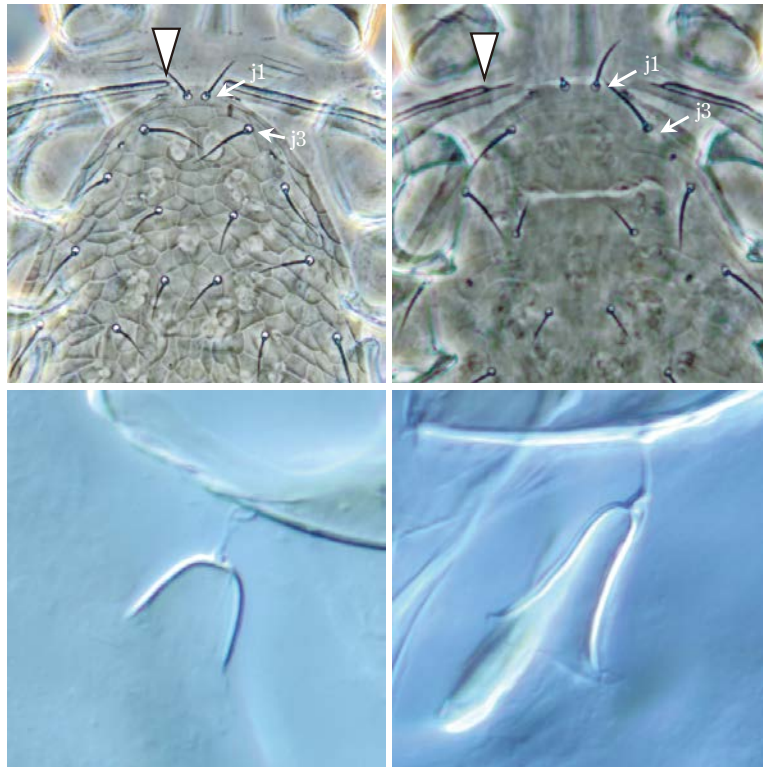


図-8 ミヤコカブリダニとククメリスカブリダニの比較

左上：ミヤコ背面前半，右上：ククメリス背面前半，左下：ミヤコ受精囊頸部，右下：ククメリス受精囊頸部，矢印先端は各毛の毛穴，矢じり先端は周気管先端位置を示す。

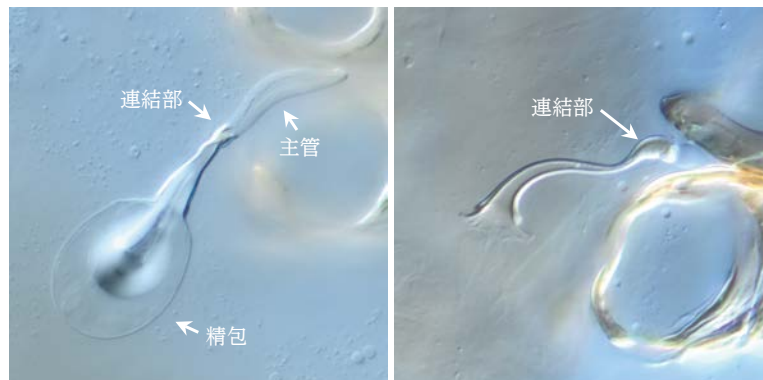


図-9 ヘヤカブリダニとマクワカブリダニの比較

左：ヘヤの受精囊頸部と二股の主管，右：マクワの受精囊頸部。

れるアイヌがもっとも近似する。*lugubris* s.g. までの見分け方は次の通りである。

- (1) 側列毛の $z3$, $s6$ がいないこと，
- (2) 特定の胴背毛 ($s4$, $Z4$, $Z5$) が長いこと，
- (3) ムチカブリダニ亜科の基本パターンの胴背毛を有すること，
- (4) $Z5$ が背板幅より短いこと，
- (5) 腹肛板の前肛毛が六角形を形成すること，
- (6) 胴背毛の $s4$ が $S2$ の 3 倍よりも短いこと，が確認されたら *lugubris* s.g. である (図-1-4)。
- (7) チトニアの $Z4$ は $Z5$ の半分よりも長いので， $Z4$ が $Z5$ の半分よりも短いアイヌから見分けられる。
- (8) チトニアの受精囊頸部は漏斗状を呈しており，メガフォン状であるアイヌの受精囊頸部とは形状が異なり見分

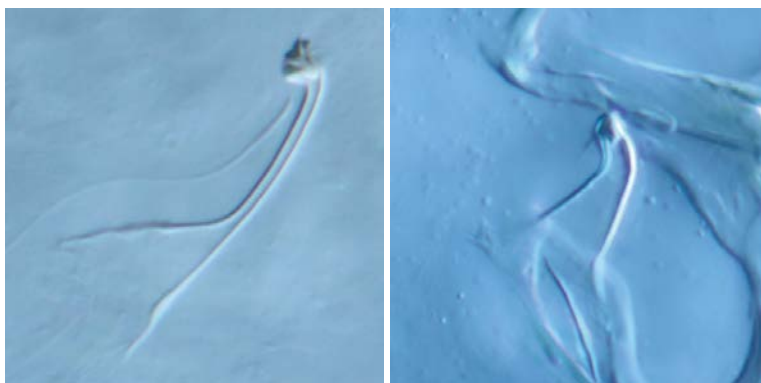


図-10 チトニアカブリダニとアイヌカブリダニの比較
左：チトニアの受精嚢頸部，右：アイヌの受精嚢頸部。

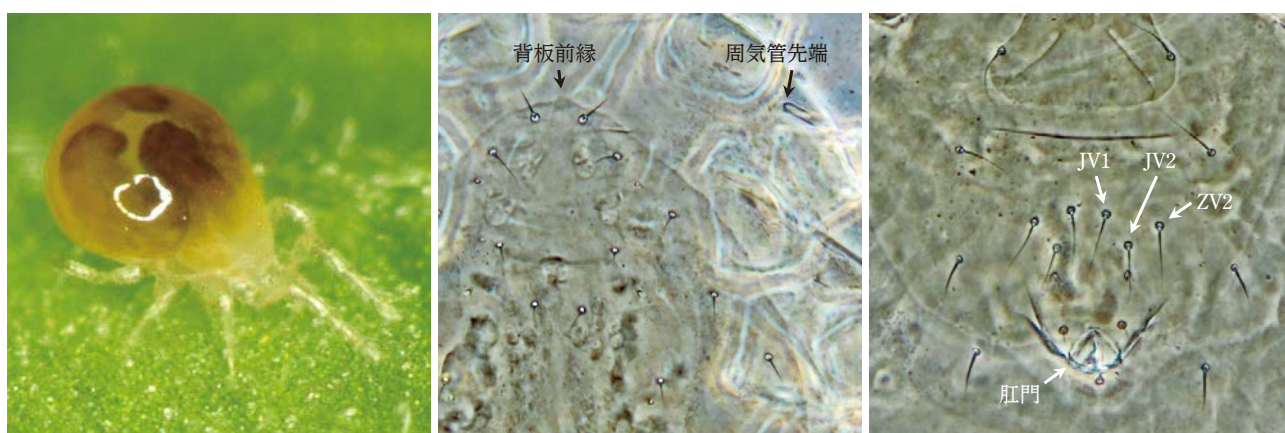


図-11 キイカブリダニ
左：外観，中：背板と周気管，右：前肛毛（JV1, JV2, ZV2）および肛門周辺。

けやすい（図-10）。

チトニアは三重県の茶園周辺に植栽されたメキシコヒマワリ（*Tithonia rotundifolia*）から採集されており、ネギアザミウマ幼虫、ナミハダニ幼若虫、タバココナジラミ卵を捕食することが確認されている。また、スジコナマダラメイガ卵を餌として簡単に飼育できる（豊島，2022）。本種は雌成虫が雌のみを産し雄が発生しない産雌単為生殖種であり、効率的に増殖するので、大量増殖法を確立し、製剤化に向けた取り組みが進むことを期待したい。

7 キイカブリダニ

キイはムチカブリダニ亜科キイカブリダニ（*Gynaeseius*）属に分類され、キイのほかに *irregularis*（和名なし）も含まれる。なお、*irregularis* は農生態系ではほとんど観察されないので本稿では取り上げない。キイを実体顕微鏡で観察すると、体色が濃い茶色で、チリのような丸みのある形状で表面に光沢があり、他の在来種と見分けやすい（図-11）。ネギアザミウマが発生する長ネギでよく採集されることも見分けのポイントになる。また、

- （1）背板と周気管板が分離していること（背板の前縁が明瞭で、周気管板と融合していないこと）、
 - （2）前肛毛（JV1, JV2, ZV2）や肛門周辺に発達する腹肛板が不明瞭であること（図-1-9）、
- 等が確認できればキイと見分ける（図-11）。



図-1-9

おわりに

カブリダニ類の識別を気軽に取り組む試みとして、有用で必要な情報を相互にリンクして詳細な解説を効果的に表示する Phytoseiid mite Portal は、当初、タブレット PC での利用を想定してデザインやコンテンツを準備した。しかし、スマートフォンでの利用が増え、海外からのアクセスも確認されたので、デザインを更新することにした。スマートフォン向けとしては文字表示の代わりに音声ガイドを準備し、海外向けとしては日本語を省略して空いたスペースを活用

して英語の説明を表示した。

本稿では二次元コードを示して、Phytoseiid mite Portal へ誘導して補足情報を入手する仕組みとした。是非とも、Phytoseiid mite Portal へアクセスしていただき、気軽にカブリダニ類を見分けてほしい。

引用文献

- 1) CHANT, D. A. and J. A. McMURTRY (2003): Internat. J. Acarol. 29: 3~46.
- 2) ——— (2004): ibid. 30: 171~228.
- 3) 江原昭三・後藤哲雄 編 (2009): 原色植物ダニ検索図鑑, 全農教, 東京, p.349.
- 4) OZAWA, A. et al. (2011): Proc. 4th Internat. Conf. O-CHA (Tea) Culture and Science, p.1~2.
- 5) TAKAHASHI, F. and D. A. CHANT (1993): Internat. J. Acarol. 19: 23~37.
- 6) 豊島真吾 (2012): 植物防疫 66(10): 531~534.
- 7) ——— (2018): 同上 72(8): 506~510.
- 8) ——— (2022): 同上 76(6): 319~324.
- 9) ———・天野 洋 (2012): 応動昆 56(4): 176~179.
- 10) TOYOSHIMA, S. et al. (2014): J. Acarol. Soc. Jpn. 23(1): 29~33.
- 11) ——— et al. (2016): ibid. 25(1): 37~43.
- 12) 山中 聡・後藤哲雄 (2014): 植物防疫 68(9): 553~557.

(登録が失効した農薬 36 ページからの続き)

「除草剤」

●ピラゾスルフロンエチル・フェントラザミド・ベンゾビシクロン粒剤

21371: ダブルスター SB ジャンボ (日産化学株式会社)
23/5/29

21373: ダブルスター SB 1 キロ粒剤 (日産化学株式会社)
23/5/29

●オキサジクロメホン・ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビシクロン粒剤

21772: シリウスターボジャンボ (日産化学株式会社)
23/5/29

●カフェンストロール・ダイムロン・ハロスルフロンメチル・ベンゾビシクロン粒剤

22083: オークスジャンボ (日産化学株式会社) 23/5/29
22111: オークス 1 キロ粒剤 (日産化学株式会社)
23/5/29

●オキサジクロメホン・ジメタメトリン・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビシクロン水和剤

22515: シリウスターボフロアブル (日産化学株式会社)
23/5/29

●オキサジクロメホン・ピラクロニル・ピラゾスルフロンエチル・ベンゾビシクロン水和剤

23351: シリウスエグザフロアブル (日産化学株式会社)
23/5/29

●フェントラザミド・ベンゾビシクロン・ベンゾフェナップ水和剤

20627: テンカムテキフロアブル (株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 23/5/30

●カフェンストロール・ダイムロン・ピラゾキシフェン・ベンゾビシクロン粒剤

21466: SDS トビキリジャンボ (株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 23/5/30

●カフェンストロール・ダイムロン・ベンスルフロンメチル・ベンゾビシクロン粒剤

21781: SDS シロノック 1 キロ粒剤 75 (株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 23/5/30

21799: SDS シロノック H ジャンボ (株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 23/5/30

●ピリミスルファン・ベンゾビシクロン剤

23334: SDS ザンテツ豆つぶ 250 (株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 23/5/30

●フェントラザミド・ベンスルフロンメチル・ベンゾビシクロン粒剤

23137: イノーバ Z 1 キロ粒剤 75 (バイエルクロップサイエンス株式会社) 23/5/31

23139: ビッグシュア Z 1 キロ粒剤 51 (バイエルクロップサイエンス株式会社) 23/5/31

農薬概説 2023

農薬管理指導士等を目指す方の必読本！！
2023年7月6日発売！



【掲載内容】

- 第1章 作物保護と農薬
- 第2章 植物防疫行政
- 第3章 農薬行政
- 第4章 関係法令解説
- 第5章 農薬の一般知識
- 第6章 農薬のリスク評価と安全性
- 第7章 農薬の安全・適正使用
- 第8章 施用技術
- 第9章 病害虫・雑草とその防除

植物防疫法改正に伴い「第2章植物防疫行政」を
大幅改訂！！

「植物防疫法」をはじめ関係する法令や安全ガイドライン等も最新化！

B5判409頁 価格：2,750円（税込）送料無料
ご注文は協会HPのJPPAオンラインストアより
<https://jppaonlinestore.raku-uru.jp/>
＊書店での販売は行っていません。



一般社団法人 日本植物防疫協会 日植防
JAPAN PLANT PROTECTION ASSOCIATION

■訂 正

77 卷 6 号に誤りがありました。訂正してお詫びいたします。

328 頁, 右段 上から 5~6 行目

誤: アクリナトリン水和剤 (IRAC コード 30)

正: アクリナトリン水和剤 (IRAC コード 3A)

学 会 だ よ り

○第 17 回植物病害診断教育プログラム開講のお知らせ

第 17 回植物病害診断教育プログラムは下記のとおり開講いたします。

開催日: 2023 年 9 月 4 日~8 日

参加申込み期限: 2023 年 7 月 10 日

参加料金: 会員 20,000 円 (学生 10,000 円),

非会員 40,000 円 (学生 20,000 円)

開催場所: 岐阜大学 応用生物科学部

連絡先や詳細はホームページをご確認ください。

○第 27 回農林害虫防除研究会和歌山大会開催のお知らせ

第 27 回農林害虫防除研究会和歌山大会は下記のとおり開催いたします。

開催日: 2023 年 8 月 29 日, 30 日

参加申込み期限: 2023 年 7 月 21 日

参加料金: 会員無料, 非会員 2,000 円

会場: 和歌山ビッグ愛「大ホール」

日程

8 月 29 日 12:00 ~ 受付

広告掲載会社一覧 (掲載順)

日産化学(株) グレーシア
 サンケイ化学(株) 主要品目
 バイエルクロップサイエンス(株)
 アンビションアルガ
 日本曹達(株) ダニオーテ
 ファンタジスタ普及会 ファンタジスタ
 コニカミノルタジャパン(株) 葉緑素計
 三井化学クロップ&ライフソリューション(株)
 主要品目
 コルテバ・アグリサイエンス日本(株)
 主要品目
 日本農薬(株) AI 診断
 クミアイ化学工業(株) プロポーズ

12:50 ~ 13:00 開会挨拶 研究会会長

13:00 ~ 17:30 シンポジウム

17:45 ~ 18:15 総会

19:00 ~ 21:00 情報交換会

8 月 30 日 8:50 ~ 開場

9:15 ~ 15:15 一般講演

15:15 ~ 15:20 閉会挨拶

連絡先や詳細はホームページをご確認ください。

次号予告

次号 2023 年 8 月号の主な予定記事は次のとおりです。

青森県の慣行防除リンゴ園におけるツウカブリダニの発生状況
と薬剤抵抗性 小笠原南美ら

炭酸カルシウム水和剤によるモモシクイガ産卵抑制メカニズム
風間春奈ら

茨城県で発生した *Hyaloperonospora brassicae* によるミズナべと
病 (新称) 山内智史

ネギハモグリバエ各系統に対する効果的な防除薬剤と体系 佐藤信輔

ネギハモグリバエのバイオタイプ A と B を識別するための核
DNA マーカーの開発 浦入千宗ら

施設栽培のメロンにおけるヘヤカブリダニを用いたミナキイロ
アザミウマ防除の検討 吉崎涼花ら

群馬県の未成熟トウモロコシにおけるナミハダニの薬剤感受性お
よび寄主への適性 横山 薫

岐阜県の夏秋トマト産地における褐色輪紋病の現状について
渡辺博幸ら

津波被災地域における水稻病害虫の発生リスク評価と防除技術に
関する研究 加進丈二

クビアカツヤカミキリ幼虫の同定に利用できる新規 CAPS マーカ
ーの開発 春山直人

イチジク株枯病の新たな抵抗性台木の開発と今後の対策
森田剛成ら

リンドウに加害性を示すハマキガ科 *Gynnidomorpha* 属の再分類
鈴木信也ら

植物防疫講座:

農薬編-45 タンパク質合成を阻害する抗生物質剤
柴田俊浩ら

植物防疫

2023 年
7 月号

(毎月 1 回 1 日発行)

第 77 巻 2023 年 6 月 25 日印刷

第 7 号 2023 年 7 月 1 日発行
(通算 919 号)

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)
東京都荒川区西日暮里 6-28-1

定価 1,100 円

本体 1,000 円 + 税 10 %

——発行所——

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
一般社団法人 日本植物防疫協会

電話 (03) 5980-2181 (代)

FAX (03) 5980-6753 (支援事業部)

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

明日の「農」を支える力でありたい。

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

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

殺虫剤

三井薬 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤 粉剤DL・箱粒剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL 粒剤・エアースカイMC

ミルベノック® 乳剤

リディア® 箱粒剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤 液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

プロフレア® SC

トレボンスター® フロアブル 粉剤DL

コロマイト® 水和剤 乳剤

エミリア® フロアブル

殺菌剤・殺虫菌殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

ネビジン® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤 液剤

ガッツスター® 粒剤

ツインキック® 箱 粒剤

サンスパイク® 箱 粒剤

トライ® フロアブル

ベジセイバー®

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

三井薬 **クロールピクリン**

Dr.オリゼリディア® 箱粒剤

サンエース® 箱 粒剤

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤 粒剤

タチガレン® 粉剤 液剤

サンブラス® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

オリゼメート® 1キロ粒剤 粒剤

アグレプト® 水和剤 液剤

除草剤

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル・400FG

バスター® 1キロ粒剤

バスター® 1キロ粒剤

トドメMF® 1キロ粒剤 乳剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル

ウルティバZ® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル・400FG

リニッパームZ® 1キロ粒剤

ランカロスZ® 1キロ粒剤

草枯らしMIC® 1キロ粒剤

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル

バスター® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル・400FG

リニッパーム® ジャンボ

ランカロス® ジャンボ

ザクザ® 液剤

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



三井化学クロップ&ライフソリューション株式会社

東京都中央区日本橋 1-19-1 日本橋ダイヤビルディング

三井化学アグロ(株)はグループ内企業を再編し社名変更いたしました。



生産者と消費者の暮らしを豊かにし、
今、そして未来の進歩を実現することが私たちの使命です。

園芸用殺虫剤

トランスフォーム™

Isoclast™ active

ダブルシューター™

スピノエース™

ファルコン™

ファルコンエース™

デリゲート™

水稲用殺虫剤

エクシード™

Isoclast™ active

ペキサロン™

Pyraxalt™ active

ゼロカウント™

園芸用殺菌剤

ゾーベックエンテクタ™

ゾーベック™ エニベル™

ゾーベック™ エンカンティア™

ラリー™

インダー™

コサイド® 3000

水稲用殺虫殺菌剤

ビーム™ エイト エクシード™

Isoclast™ active

水稲用除草剤

クリンチャー™

ワイドアタック™

ロイヤント™

Rinskor™ active

ウィードコア™

Rinskor™ active

ノブレクト™

Rinskor™ active

水稲用殺菌剤

ビーム™

ビーム™ エイト

水稲種子処理用殺虫剤

ルミスパンス™ FS



病害虫雑草の プロを手の中に!

レイミーが
スマートに解決!



※画面は開発中のものです。

写真を撮るだけで
病害虫雑草診断
ができる



有効薬剤
がわかる!



診断履歴を
管理・分析
できる!



通信料を除く

無料!



スマートフォン用アプリ **レイミーの**

AI病害虫雑草診断

対応作物が増えました!!



無料 ダウンロードはこちら



利用時の通信料はお客様のご負担となります。

日本農業ホームページから

日本農業 検索



開発



日本農薬株式会社

NTT DATA

株式会社 NTTデータ CCS

参加



日産化学株式会社



日本曹達株式会社



三井化学アグロ株式会社



イスター・イステック



MBC 丸和バイオケミカル株式会社

■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)NTTデータCCSと日本農薬(株)の共同開発です。

■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。

■学習に用いたデータは、農林水産省委託事業「人工知能未来農業創造プロジェクト・AIを活用した病害虫診断技術の開発」および、「官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)」の成果である「病害虫被害画像データベース」を用いた。

殺菌剤



プロポーズ® 顆粒水和剤

べと病・疫病に
2成分で優れた効果

予防

治療

残効性

耐雨性



詳しい使い方、
登録内容とSDSは
こちらから。



JAグループ
農 協 | 全 農 | 経済連

自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社:東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036
ホームページアドレス <https://www.kumiai-chem.co.jp>



100g



500g

®はクミアイ化学工業(株)の登録商標です。

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