

植物防疫

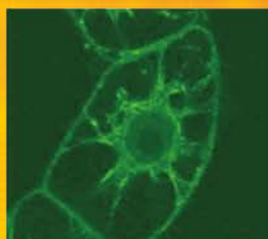
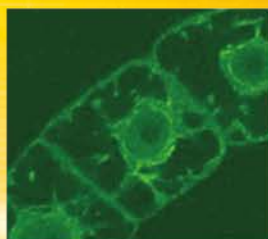
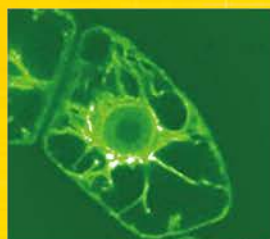
Plant Protection

6

2023
VOL.77

ミニ特集

病害虫防除のために
有望な先端技術の紹介



一般社団法人 日本植物防疫協会

Japan Plant Protection Association

病害虫防除の新たな切り札！

～それぞれの特長で効果的な防除を～

ハダニ類・コナジラミ類・
うどんこ病防除に！
有機JAS対応！

®はサンケイ化学(株)の登録商標

殺虫殺菌剤

サンクリスタル[®] 乳剤

有効成分：脂肪酸グリセリド …… 90.0%



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

サンケイ

殺虫剤

ダブルシューターTM SE

有効成分：脂肪酸グリセリド …… 75.0%
スピノサド …… 5.0%

TM® コルテバ・アグリサイエンスならびにその関連会社商標



濡れ性・速乾性・
汚れ軽減で選ぶなら！

展着剤

ブレイクスルー[®]

BREAK THRU[®] ®はアルツケム社の登録商標

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



サンケイ化学株式会社

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



速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。



無処理 残葉率 0%



A剤 残葉率 20%



グレースシア乳剤 残葉率 90%

食害される前に駆除できる。*

野菜・
茶用
殺虫剤

グレースシア[®]乳剤



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

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

*2 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。

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

【試験方法】虫体浸漬、処理1時間後飼入、20時間後撮影



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

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



日産化学株式会社

まったく新しい作用性で、
やっかいな害虫も
見逃さない！

新しい効き目で、
行き場なし。

チャノホコリダニ



アブラムシ類



ハダニ類



カイガラムシ類



コナジラミ類



アザミウマ類



トマトサビダニ



モベント[®]
フロアブル

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



詳しい
製品情報は
こちらから



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

モベントはバイエルグループの登録商標。

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

ハダニ防除に
新たな一手！

特 長

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



殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ[®] フロアブル

農林水産省登録
第24213号

適用作物が
続々追加！



製品情報はこちらから



●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

農業者とともに考える総合的病害虫管理プログラム	長坂 幸吉	1
-------------------------------	-------	---

ミニ特集：病虫害防除のために有望な先端技術の紹介

植物の誘導防衛を活用した害虫防除	上船 雅義	2
微粒子工学的技法を用いた農薬送達システムの開発	野村 俊之	7

研究報告

ジャガイモ黒あし病の最近の知見と防除に向けた取り組み	青野桂之・中山尊登・大木健広	13
オオムギを間作したタマネギ圃場におけるヒラタアブ幼虫によるアザミウマ類の捕食	関根崇行・大坂正明・板橋 建	24
リンゴ園の地表性クモ類に対する下草による殺虫剤の影響回避	駒形泰之・大江高穂・関根崇行	29

トピックス

和歌山県における Qol 剤耐性ウメ黒星病の発生	武田知明・菱池政志・沼口孝司	34
--------------------------------	----------------	----

果樹防除の基本となる「病虫害防除暦」の考え方

鳥取県におけるニホンナシ病虫害防除暦作成の考え方	山田 高之	38
熊本県におけるカンキツ病虫害防除暦作成の考え方	杉浦 直幸	44

植物防疫講座

虫害編-41 オウトウに発生する主要な害虫の生態と防除	伊藤 慎一	49
-----------------------------------	-------	----

農林水産省プレスリリース (2023.4.1～2023.4.30)	23
新しく登録された農薬 (2023.4.1～2023.4.30)	33
登録が失効した農薬 (2023.4.1～2023.4.30)	37
発生予察情報・特殊報 (2023.4.1～2023.4.30)	57

【表紙写真】

上段：PLGA ナノ粒子をジャガイモ疫病菌に混合後の CLSM 像（孢子嚢）
中段：GFP 発現 GF11 細胞の CLSM 像
下段：ハゼリソウに飛来したホソヒメヒラタアブ成虫（左）、クサギカメムシ成虫（右）

私たちの多彩さが、
この国の農業を笑顔にします。



殺虫剤

**ロビンフッド デリアナ プレオ® スミチオン® ダントツ®
パダン® アディオン® アグロスリン® ロディー® エスマルグ®**

殺菌剤

新規剤 **カサメ** ニマイバー スクレア ピクシオ ベネセット®
ベンレート® ブラシン® スミレックス® リンバー® ブリダシン® スターナ®

水稻用箱処理剤

新規剤 スタウト アレス 新規剤 スタウト アレス モンガレス
新規剤 アレス 新規剤 アレス モンガレス スタウト ダントツ® スタウト パディート®
ハコナイト® 箱将軍® 箱いり娘® 箱大臣® 箱王子®

水稻用除草剤

新規剤 **ゼータジャガー®** 新規剤 **バットウZ** 新規剤 **ゼータプラス®** **マスラオ®**
ゼータタイガー® **メガゼータ®** **忍®** **ズエモン®** **オサキニ®**

植物成長調整剤

新規剤 **アブサップ® 液剤** 住友ジベレリン **ロミカ®** **スミセブン®P** **フルメット®**

®は登録商標です。

●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。●小児の手の届く所には置かないでください。●空袋・空容器は圃場等に放置せず適切に処理してください。



〒103-6020 東京都中央区日本橋2丁目7番1号
お客様相談室 ☎ 0570-058-669
農業支援サイト **e農力** <https://www.i-nouryoku.com>
住友化学アグロ事業部



大地のめぐみ、まっすぐ人へ
SCC GROUP



住友化学

巻頭言

農業者とともに考える 総合的病害虫管理プログラム

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

なが さか こう きち
長 坂 幸 吉



令和2年はじめに新型コロナウイルス感染症が問題になって以来、3年間にわたり人との接触を減らす生活が続きました。この5月に感染症法上の位置づけが季節性インフルエンザと同等の5類に変更されました。今後、感染防止に注意しつつも、病害虫防除について直接人と会って検討する機会を増やしていける状況になりました。

ちょうどこの3年の間に、みどりの食料システム戦略（令和3年5月）、環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律（みどりの食料システム法）（令和4年5月公布）、「みどりの食料システム戦略」KPI2030目標（令和4年6月）、植物防疫法の一部改正（令和4年5月公布、令和5年4月施行）等重要な動きがありました。病害虫分野では、2050年での化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減（2030年での10%低減）目標が大きく関係しています。循環型社会を築くためにも、また有害動植物における薬剤抵抗性発達の問題からも、発生の予防も含めた、農薬だけに頼らない総合的な防除への移行が急務とされています。コロナ騒ぎの間に、総合的病害虫管理（法律用語としては総合防除）がクローズアップされたわけです。

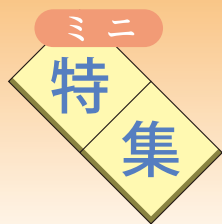
総合的病害虫管理（IPM）という概念を実行に移すときには、平成17年の総合的病害虫・雑草管理（IPM）実践指針にまとめられているように、病害虫・雑草の発生しにくい環境の整備、防除要否およびタイミングの判断、多様な手法による防除の三つの取り組みを行うことが基本です。これを具体的に個々の農業者が自身の圃場で実行できるようなIPMプログラムに落とし込むことが必要です。生産現場においてIPMを進めていくその最前線は県や農協の普及指導員の皆さんです。研究の立場からは、技術情報を現場に提供するとともに、現場からの要望に応えるための基礎・開発研究を行う必要があります。そのためには、生産現場において農業者と指導員、研究者がお互いの立場から知識や経験、アイデアを交換することが大切だと思います。

研究の立場から私の経験をいくつかご紹介したいと思います。2001～05年に高知県の促成ナス、ピーマン産地に通っていました。ちょうど、この地域で天敵利用が本格化したころです。ミナミキイロアザミウマ対策でタイリクヒメハナカメムシを活用し始めたところ、アブラムシ類への農薬散布がタイリクヒメハナカメムシの定着

を阻害するので、アブラムシ類にも天敵利用ということで、寄生蜂を用いたバンカー法の実証試験をさせてもらいました。現地の普及指導員、農業技術センターの研究者、そして私がセットになって4シーズン、圃場を回らせていただきました。ありがたいことに75箇所以上という多くの圃場にご協力いただきましたので、月1回の巡回調査では、できるだけ多くの圃場を回って、実施状況を観察し、実際上の問題点を農業者の皆さんから教えていただきました。例えば、Banker Plant Systemは、直訳すると「バンカー植物法」なのですが、このように言って回ると、植物を植えれば大丈夫と誤解される場合があります。天敵やその餌（寄主）となる虫を養うことが大事です。そこで、「植物」を除いて「バンカー法」と言って回るようにして、天敵銀行「バンカー」を構えて、害虫を待ち伏せる作戦を理解していただきました。また、バンカー法における二次寄生蜂（アブラムシの体内にいる寄生蜂に寄生する蜂）の恐ろしさも現地で学びました。パプリカ圃場で、バンカー上に十分量の天敵が見られ、作物上でも天敵が活躍し始めていました。この様子ならば害虫は抑えられていくはずと園主さんに告げたその翌月に行ってみると、アブラムシがハウス全体にまん延し、甘露によるすす病でパプリカの実が汚れた状態となってしまいました。ハウス内の作業場でパプリカの実を掃除中の奥さんが「天敵なんてやるからこんな大変なことになってしまった」と苦言を呈されているその前を四人の大人が逃げるようにハウスから出たところで、園主さんがおっしゃった言葉を今でも覚えています。「日本で初めての事例なら仕方ない。二人目が出ないようにしなさい。」この言葉が、数万頭にも及ぶ寄生蜂の同定作業を支え、バンカー法における二次寄生蜂の発生率とアブラムシ類の防除成否の関係を解析する論文につながりました。話が少しそれましたが、このように多くの人がかかわる中で、良い例も悪い例も蓄積され、巡回する指導側も圃場の農業者もお互いに経験値を高めていきました。こうした関係が大事だと思います。

都道府県の研究者や指導員には当たり前のことかもしれませんが、総合的病害虫管理の重要性が謳われ、コロナ規制緩和となるこの機に、圃場において農業者と指導者、そして研究者が対等な立場でIPMプログラムの話をするような付き合い方を拡大していきたいところです。

（「植物防疫」編集委員）



病虫害防除のために有望な先端技術の紹介

植物の誘導防衛を活用した害虫防除

名城大学 農学部 うえ
上 ふね
船 まさ
雅 よし
義

はじめに

植物の植食者に対する防衛には、自ら身を守る直接防衛と他者により身を守ってもらう間接防衛がある。直接防衛としては、毒物質の蓄積、粘着物質の生産、表面組織の硬質化等があげられる。これらのように、化学的または物理的に植物は直接的に植食者から身を守っている。間接防衛としては、植食者に食害を受けた植物は特異的な匂い（食害誘導性植物揮発性物質、herbivory-induced plant volatiles (HIPVs)）を放出し、食害している植食者の天敵を誘引することがあげられる。この間接防衛は、食害を受けて発動するため、食害により誘導された防衛（誘導防衛）である。直接防衛も、恒常的に備えている防衛以外に、食害により誘導されるものがあり、食害を受けると防衛物質の生産が開始されたり、毛状突起（トライコーム, trichome）が増えたりして、植物は植食者に対する防衛を向上させている。

以上のように、植物は誘導防衛によって植食者から身を守っている。しかし、農業において、食害を受けて発動する後手の防衛となる植物の誘導防衛は、害虫被害を抑えるのが遅く、生産者の収益を守ることができない場

合がある（図-1左）。そこで、植物の誘導防衛を害虫管理に利用するためには、後手から先手の防衛に変える工夫が必要となる。その工夫は二つの方向性がある。一つは、植物の誘導防衛を食害なしで人工的に発動させることである（図-1中）。もう一つの方向性は、植物の誘導防衛を人工的に再現することである（図-1右）。本稿では、植物誘導防衛の人工的な発動を利用した害虫防除についてはプロヒドロジャスモンの利用を、植物誘導防衛の人工的な再現を利用した害虫防除については天敵誘引剤を紹介する。

I 植物誘導防衛の人工的な発動

1 ジャスモン酸

ジャスモン酸（図-2左）は、誘導防衛に関与する植物ホルモンの一つであり、ジャスモン酸経路が中心的に植物の誘導防衛を制御している。植物が食害を感知すると、活性型ジャスモン酸の合成が開始され、活性ジャスモン酸の増加がジャスモン酸受容体に認識されると、ジャスモン酸応答遺伝子群の発現を介して植物の防衛応答が成立する（浅見・柿本, 2016）。ジャスモン酸は、植食者に食害を受けた植物の直接防衛に関連する物質の生

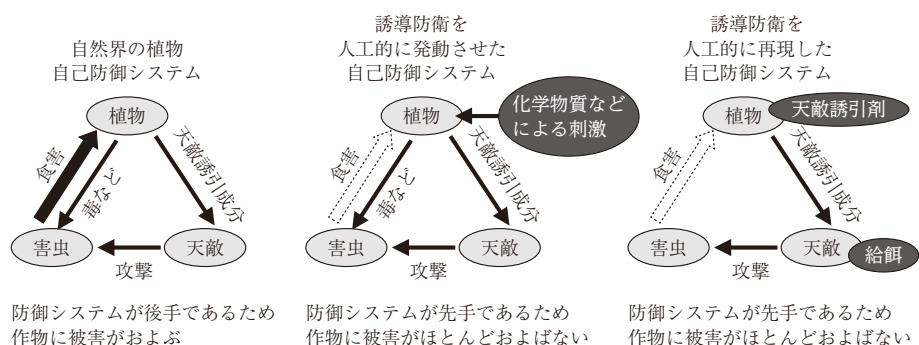


図-1 自然界における植物の自己防御システム（左）と開発した新しい害虫管理システム（中、右）

Insect Pest Control Using Plant-Induced Defense. By Masayoshi UEFUNE

（キーワード：植物誘導防衛，ジャスモン酸，プロヒドロジャスモン，食害誘導性植物揮発性物質，天敵誘引）

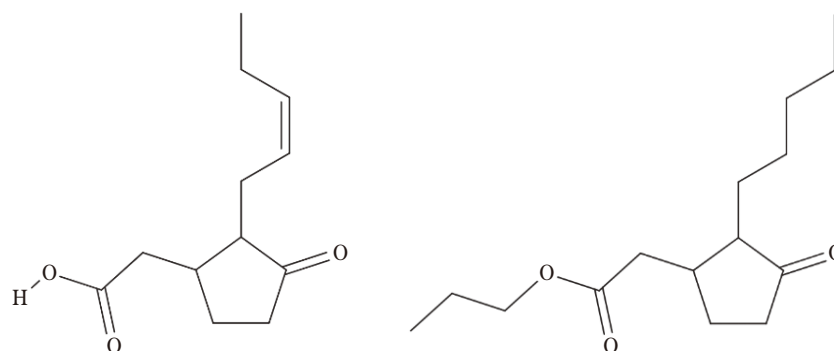


図-2 ジャスモン酸（左）とプロヒドロジャスモン（右）

産に関与するだけでなく、間接防衛にかかわる食害特異的な匂い成分の生産にも関与していることが明らかになってきている。

ジャスモン酸を植物に処理をすると、ジャスモン酸の生合成にかかわる遺伝子が誘導されることから、ジャスモン酸生合成遺伝子群の発現がジャスモン酸によって正のフィードバック制御を受けていると考えられている（浅見・柿本, 2016）。植物の直接防衛は、ジャスモン酸の処理によって向上させることができ、ジャスモン酸処理されたトマトは、防衛に関与する物質生産が誘導され、シロイチモジヨトウに対して餌としての適合性を低下させた（THALER et al., 1996）。植物の間接防衛も同様に、ジャスモン酸処理で向上させることができ、ジャスモン酸処理されたリママメは、ナミハダニに食害されたときと類似した匂いを放出し、ナミハダニの天敵であるチリカブリダニを誘引した（Dicke et al., 1999）。これらのように、ジャスモン酸処理によって植物の防衛を誘導させることができ、ジャスモン酸を用いて害虫管理できる可能性がある。一方で、農業生産者がジャスモン酸を害虫防除へ使用することは、農薬登録されていない理由もあるが、ジャスモン酸が高価である理由から困難である。

2 プロヒドロジャスモン

ジャスモン酸類縁体のプロヒドロジャスモン(n-propyl dihydrojasmonate)（以下、PDJ）（図-2 右）は、リンゴやブドウの着色促進やミカンの落果防止等の効果がある植物成長調整剤として農薬登録されており、ジャスモメート液剤として販売されている。PDJ は、ジャスモン酸類縁体であることから、ジャスモン酸と同じように、植物の防衛を誘導する効果が期待され、害虫管理への利用を目指した研究が進められてきた。現在、ジャスモメート液剤は、トマトとミニトマトにおいてアザミウマ類に対する防除効果を持った剤としても農薬登録が取得（2021年3月）され、害虫管理においても実用化され始めた。

3 PDJ 処理による植物の直接防衛の誘導

PDJ 処理による作物の直接防衛を誘導させることで期待できる効果として、害虫のパフォーマンス低下がある。トウモロコシにおいて、PDJ 水溶液を植物体にスプレー処理することで、アワヨトウの幼虫と蛹の生存率と体重を低下させた（MANDOUR et al., 2013）。リママメにおいては、PDJ 水溶液を植物体にスプレー処理することで、ナミハダニ雌成虫の生存率は低下しなかったが、産卵数は低下した（UEFUNE et al., 2014）。これらの結果のように、PDJ 処理により作物の誘導防衛を発動させることで、害虫の発育と繁殖を低下させる効果が期待できる。

害虫忌避も植物の直接防衛であり、PDJ 処理によって期待できる効果の一つである。ミカンキイロアザミウマは、PDJ を散布されたシロイヌナズナを忌避し、無散布のシロイヌナズナを選好することが報告されている（安部ら, 2017）。この忌避誘導効果はトマトでも確かめられており（安部ら, 2018）、その成果は農薬登録へつながっている。

4 PDJ 処理による植物の間接防衛の誘導

PDJ 処理による作物の間接防衛を誘導させることで期待できる効果としては、天敵誘引がある。リママメにおいて、500 倍希釈と 250 倍希釈、100 倍希釈の PDJ 水溶液を処理することで、ハダニ類の天敵であるカブリダニ類の誘引物質である (Z)-3-hexenyl acetate, (E)- β -ocimene, (E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene (DMNT) の放出量が増加した（UEFUNE et al., 2014）。トウモロコシにおいては、200 倍希釈と 100 倍希釈の PDJ 水溶液を植物体にスプレーすることで、linalool, DMNT, (E)- β -farnesene を含む 6 種類の揮発性物質の放出が増加し、アワヨトウ幼虫の寄生蜂であるカリヤサムライコマユバチに対する PDJ 処理されたトウモロコシの誘引性は、寄主であるアワヨトウ幼虫に食害されたトウモロコシの誘引性と同等であった（MANDOUR et al., 2013）。これらのように、PDJ はジャスモン酸と同様に、直接防衛だけでな

く間接防衛を誘導することが明らかにされている。よって、PDJ 処理による害虫の発生抑制効果は、直接防衛と間接防衛の両方の効果から得られることが期待される。

5 PDJ 処理による害虫防除の実証試験

PDJ による害虫防除の実証試験は、施設栽培と露地栽培の両方で行われている。施設栽培においては、トマトの事例があり、500 倍希釈の PDJ をスプレー処理することで、ミカンキイロアザミウマの発生と食害が抑制された (MATSUURA et al., 2022)。露地栽培においては、ダイコンの事例があり、100 倍希釈の PDJ 水溶液をスプレー処理することで、アブラムシ類、アザミウマ類、ハモグリバエ類、ヤサイゾウムシの発生数が低下した (YOSHIDA et al., 2021)。また、アブラムシ類においては、アブラムシ個体数の増加に伴うマミー（寄生蜂の寄生を受けたアブラムシ）数の増加が PDJ 処理をすることで高くなり、PDJ 処理された植物の間接防衛の向上による害虫の抑制効果も確認されている (YOSHIDA et al., 2021)。

以上のように、露地栽培と施設栽培の両方における害虫管理に PDJ は使用できる可能性が示されている。しかしその一方で、PDJ 処理による植物の成長への負の影響も確認されており、露地ダイコンにおいては PDJ 処理により植物体重量が減少した。今後は、PDJ 処理による害虫防除の効果だけでなく、植物の成長へ負の影響がない濃度や処理回数も検討する必要があるだろう。

II 植物誘導防衛の人工的な再現

1 食害誘導性植物揮発性物質 (HIPVs)

植物は、植食者から食害を受けると特別な揮発性物質 (HIPVs) を放出する。HIPVs は食害している植食者種によって質的・量的に変化するが、その原因の一つとして HIPVs の生産を誘導する植食者の唾液成分 (エリシター) が考えらる。植物は、植食者種ごとに異なる匂いを放出することにより、食害を受けている植食者種を餌または寄主とする天敵を誘引することができる。農生態系において、作物も HIPVs の放出により、食害をしている害虫の天敵を誘引することで身を守ることができ

る。しかし、作物は食害を受けて HIPVs を放出しているため、天敵が来たときには、生産者は経済的被害を受けている場合がある。この問題の解決策として、作物が食害を受ける前から人工合成した HIPVs を圃場に設置し、常に対象害虫の天敵を圃場に誘引する技術が考案されている。ここでは、京都大学の高林純示教授が総括責任者となり、産官学の数多くのメンバーが参加して行われた研究プロジェクト（生研支援センターの生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業）により開発されたコナガの天敵であるコナガサムライコマユバチに対する天敵誘引剤の事例を紹介する。浦野ら (2007) は天敵誘引剤を用いた害虫管理に関して報告しており、本技術のより詳細な情報を知りたい場合は参照いただきたい。

2 天敵誘引剤の開発

食害を受けた植物が放出する HIPVs を再現した天敵誘引剤を作製するには、植物が放出する HIPVs の構成成分を明らかにするだけでなく、それら成分の中から天敵を誘引する成分を同定する必要がある。コナガサムライコマユバチの天敵誘引剤開発は、生態学的な基礎研究を土台として成り立っており、天敵の食害植物に対する反応の結果と食害植物の匂い分析の結果から HIPVs 内の天敵誘引成分の候補を選出していった。その結果、 α -pinene, sabinene, *n*-heptanal, (*Z*)-3-hexenyl acetate が候補物質として選ばれた (図-3)。個々の成分には誘引性が確認されなかったが、これら 4 成分をブレンドすることで誘引性が確認され、コナガサムライコマユバチに対する天敵誘引成分が明らかとなった (SHIOJIRI et al., 2010)。トリエチルケエン酸で濃度調整された天敵誘引成分を紙マットに含浸させ、それをフィルムで覆うことで取り扱いが簡単な天敵誘引剤が開発された (図-4 上左)。

3 天敵誘引剤を用いた害虫防除の実証試験

天敵を用いた害虫管理では、栽培期間中に圃場内で天敵を維持することが重要であると考えられる。この考えは、天敵を圃場周辺から誘引し、害虫防除する場合でも同じである。天敵を圃場内に維持するためには、圃場内

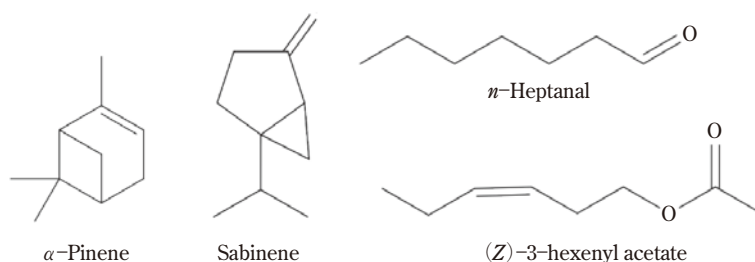


図-3 コナガサムライコマユバチを誘引する揮発性成分

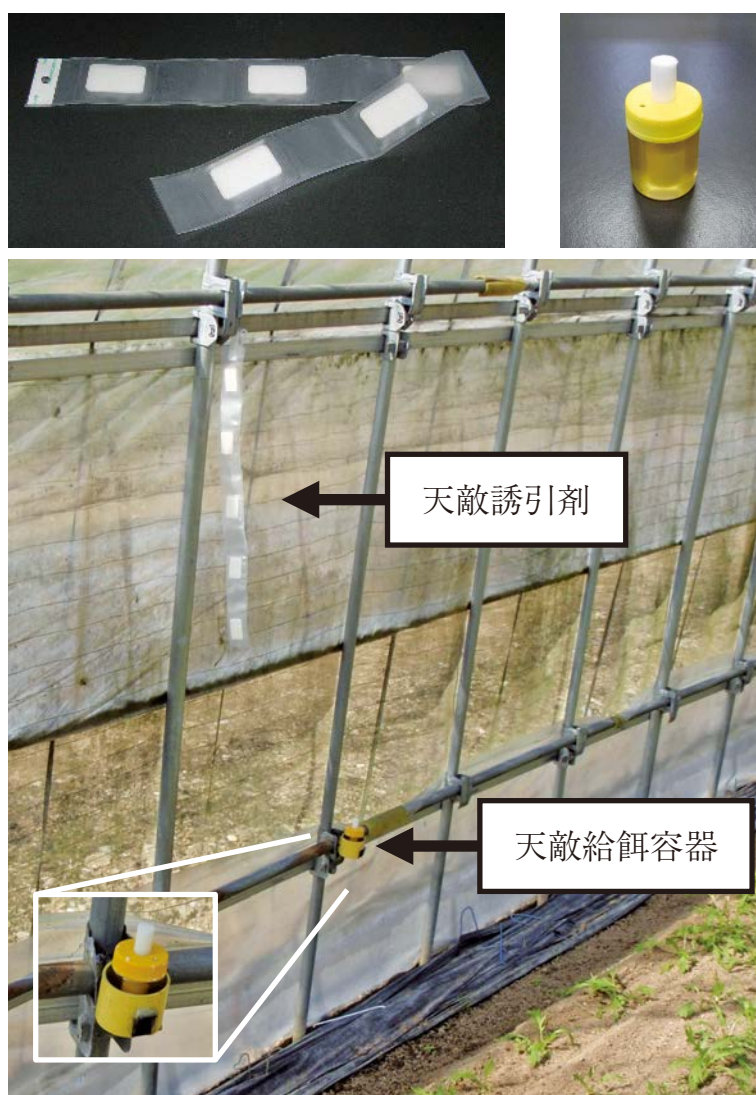


図-4 天敵誘引剤（上左）と天敵給餌容器（上右）とそれらのハウス内の設置風景（下）

に天敵の餌が存在することが重要である。多くの天敵は、花から蜜や花粉を餌として得ている。コナガサムライコマユバチは蜜が餌として重要であり、餌がないと2、3日で死亡してしまう（MITSUNAGA et al., 2004）。アブラナ科の葉菜類の雨よけハウス内では、しっかりと除草が行われており、コナガサムライコマユバチの餌のための蜜源となる花が存在しない。このため、天敵誘引剤を用いたコナガ防除の実証試験では、天敵誘引剤だけでなく、コナガサムライコマユバチに餌を与えるための給餌容器も圃場に設置した（図-4 上右、下）。

天敵誘引剤を用いた害虫防除の実証試験も、施設栽培と露地栽培の両方で行われている。施設栽培条件では、ミズナを対象に試験が行われ、天敵誘引剤と天敵給餌容器を設置したハウスにおけるコナガ発生割合は、設置していないハウスより半分ほど減少した（UEFUNE et al.,

2020）。また、コナガの増加に伴うコナガサムライコマユバチの増加は、天敵誘引剤と天敵給餌容器を設置したハウスのほうが設置していないハウスより高くなった（UEFUNE et al., 2020）。露地栽培条件では、キャベツが対象に試験が行われ、コナガの発生が多かった2010年では、天敵誘引剤と天敵給餌容器を設置することでコナガの発生数が減少した（UEFUNE et al., 2021）。しかし、コナガの発生が少なかった2011年では、コナガの発生数に天敵誘引剤と天敵給餌容器の設置の影響がなかった（UEFUNE et al., 2021）。コナガの増加に伴うコナガサムライコマユバチの増加は、両年とも天敵誘引剤と天敵給餌容器を設置した圃場のほうが設置していない圃場より高くなった（UEFUNE et al., 2021）。以上のように、人工HIPVsである天敵誘引剤を用いて特定の天敵を誘引し、防除対象の害虫の発生を減少させられる可能性が施設栽

培と露地栽培の両条件で示されている。

III 今後の課題

植物の誘導防衛を活用した害虫防除は、化学農薬に比べ害虫に対する防除効果は低いと感じるかもしれない。しかし、天敵誘引剤のように害虫の発生を半分に抑える効果は、単独では害虫防除に不十分であっても、化学農薬の使用回数を減少させることに貢献できると考えられる。このことは、みどりの食料システム戦略における化学農薬使用量の50%低減につながるため、植物の誘導防衛を活用した害虫防除を化学農薬と上手く組合せることは重要な視点と考える。

植物の誘導防衛を活用した害虫防除がより安定的でより高い防除効果が得られることも重要であり、このための研究も必要になってくると考えられる。天敵を誘引する技術では、圃場周辺に天敵を涵養することで安定した高い防除効果が期待できる。このため、天敵温存植物を用いた天敵の管理技術と植物の誘導防衛を活用した害虫防除技術の併用を検討していく必要がある。

植物の誘導防衛を入れるスイッチとして、ジャスモン酸とPDJを紹介してきたが、植物間コミュニケーションも利用できる。植物間コミュニケーションとして、健全な植物が周辺の食害を受けた植物が放出するHIPVsを受容することで、防衛を誘導させることが知られている。健全トマトは、ハスモンヨトウ幼虫から食害を受けたトマトが放出するHIPVs内の1成分である(Z)-3-hexenolを体内に取り入れて、配糖体化することで、防衛物質を生産することが明らかとなっている(杉本ら, 2015)。傷害を受けた植物の匂いを介しても植物間コミュニケーションは起こり、露地栽培条件のダイズにおいては、切ったセイタカアワダチソウの匂いを曝露させたことで、葉だけでなく種子に対しても食害が減少した(Shiojiri et al., 2017)。このように、植物間コミュニケーションより作物の防衛を誘導して害虫防除を行える可能性があり、このような技術は今後も発展が期待できる。

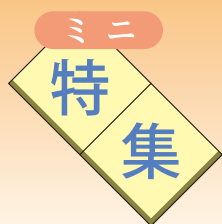
おわりに

これまで、植物の誘導防衛を活用した害虫の被害を抑

えるための技術に関して紹介してきた。しかし、植物の誘導防衛は、害虫だけでなく病気に対するものでもある。植物は、傷害を受けると素早くみどりの香りと呼ばれる炭素数6の揮発性物質を生産し、放出する。みどりの香りは、天敵誘引成分となる場合があり、モンシロチョウ幼虫の天敵であるアオムシサマライコマユバチは、みどりの香りの(E)-2-hexenalと(Z)-3-hexenyl acetateに誘引される(Shiojiri et al., 2006)。また、みどりの香りは、殺菌効果があることも明らかになっており、シロイヌナズナにおいて灰色かび病菌の感染抑制に貢献していたのはみどりの香りのうち(Z)-3-hexenalと(E)-2-hexenalであった(松井, 2019)。これらのように、植物の誘導防衛を害虫だけでなく病気に対する防除にも利用できる可能性が示されている。植物の誘導防衛の研究成果は、虫害だけでなく病害も合わせて抑制する技術の開発に発展する可能性があり、すでにその成果が出始めている。今後、病害虫管理技術の飛躍が期待できる。

引用文献

- 1) 浅見忠雄・柿本辰男 (2016): 新しい植物ホルモンの科学 第3版, 講談社, 東京, p.104~120.
- 2) 安部 洋ら (2017): 植物の生長調整 52: 39~43.
- 3) ———ら (2018): 植物防疫 72: 15~19.
- 4) Dicke, M. et al. (1999): Journal of Chemical Ecology 25: 1907~1922.
- 5) MANDOUR, M. S. et al. (2013): Journal of Applied Entomology 137: 104~112.
- 6) 松井健二 (2019): 日本農薬学会誌 44: 132~140.
- 7) MATSUURA, S. et al. (2022): International Journal of Pest Management 68: 199~203.
- 8) MITSUNAGA, T. et al. (2004): Applied Entomology and Zoology 39: 691~697.
- 9) SHIOJIRI, K. et al. (2006): Journal of Chemical Ecology 32: 969~979.
- 10) ——— et al. (2010): PLoS ONE 5: e12161.
- 11) ——— et al. (2017): Scientific Reports 7: 41508.
- 12) 杉本貢一ら (2015): 化学と生物 53: 138~140.
- 13) THALER, J. S. et al. (1996): Journal of Chemical Ecology 22: 1767~1781.
- 14) UEFUNE, M. et al. (2014): Journal of Plant Interactions 9: 69~73.
- 15) ——— et al. (2020): Royal Society Open Science 7: 201592.
- 16) ——— et al. (2021): Frontiers in Ecology and Evolution 9: 702314.
- 17) 浦野 知ら (2007): 植物防疫 61: 699~703.
- 18) YOSHIDA, K. et al. (2021): Frontiers in Plant Science 12: 695701.



病虫害防除のために有望な先端技術の紹介

微粒子工学的技法を用いた農薬送達システムの開発

大阪公立大学大学院 工学研究科 化学工学分野 野村 俊之

はじめに

世界の人口は 2050 年には 90 億人にまで増加すると予測されており、現状より 50%以上の食料増産が求められている (Kim et al., 2018)。したがって、作付面積当たりの生産量を向上させることが必要となるが、作物収量の約 30%は病虫害により減少している (Popp et al., 2013)。現在、この原因の一つとなる植物病原菌の防除には化学農薬が主に使用されているが、揮散、光分解、流出等により、その約 90%は無駄になっており、標的とする植物病原菌に到達する農薬は 0.1%以下と言われている (Liang et al., 2017)。その結果、農薬を繰り返し散布しなくてはならず、人体や環境への悪影響に加え、耐性菌の発生や作業従事者の負担増が懸念されている。農林水産省は 2021 年 5 月に「みどりの食料システム戦略」を策定し、2050 年度までに化学農薬の使用量の 50%低減 (リスク換算) などを目標として定めている。以上のような背景から、新規でより付加価値の高い農薬の開発が望まれているが、新規な農薬有効成分の発明は非常に困難で、開発、上市することは容易ではない。そのため、既存の有効成分を用いた高機能性製剤・施用法を低コストで実現できる技術が期待されている。

これらの問題に対して、キャリア粒子を用いた農薬送達システム (Pesticide Delivery System, PDS) が注目されている (Tsuiji, 2001)。これまで、多孔性シリカやポリウレタンへの農薬封入による徐放性や光分解防止の付与等が報告されている (Wanyika, 2014; Zhang et al., 2016)。ここで、キャリア粒子として生分解性材料を用い、それに農薬を封入することができれば、安全性の向上も期待できる。一方で、化学農薬は非標的生物や人体に対する影響が懸念されていることや、遺伝子組み換え作物は依然として安全性への懸念が強く、多くの国で法律上の制

限がある。そのような状況下で、RNA 干渉 (RNAi) を利用した農薬が新たに注目されている。RNA 干渉とはメッセンジャー RNA (mRNA) と相補的な RNA を細胞内に導入し、遺伝子の翻訳を阻害する現象のことであるが、配列特異的な現象であり、遺伝子が破壊されないという特徴から、標的特異的で遺伝子組み換えが起こらない理想的な農薬を作出する手段として期待されている。

そこで本稿では、化学農薬の使用量削減に向けた試みとして、微粒子工学的技法を用いた農薬送達システムの構築について紹介する。具体的には、キャリア粒子として生分解性ポリマーに農薬を封入した PDS 技術、エクソソームをキャリア粒子として二本鎖 RNA (dsRNA) を導入した RNAi による遺伝子サイレンシング (抑制) の誘導について紹介する。

I 生分解性キャリア粒子を用いた PDS 技術

乳酸・グリコール酸共重合体 (PLGA) は生分解性や生体適合性に優れたポリマーで、プラスミドや抗がん剤のキャリアとして医薬分野で注目されている。しかし、医療分野と異なり、農業分野は開放系であること、環境要因の変動が大きいこと、植物細胞は堅牢な細胞壁を有している等の要因により、PDS 技術は医療分野の DDS (Drug Delivery System) 技術と比較すると基礎研究レベルにおいてもほとんど検討されていない。筆者の研究室では、環境条件によりポリスチレンラテックスナノ粒子が糸状菌 *Aspergillus oryzae* に取り込まれることを報告している (Nomura et al., 2016)。植物病原菌の大半は糸状菌と卵菌で、これら 2 種の成長のパターンは類似していることから、この技術は植物病原菌への応用が期待できる。

そこで本章では、生分解性ポリマーを用いた PDS 技術の確立を目的として、農薬を封入するためのキャリア粒子として生分解性の PLGA ナノ粒子を用いたジャガイモ疫病菌の防除についての検討例について紹介する (Fukamachi et al., 2019)。

植物病原菌として原生生物界不等毛類卵菌門に属する

Development of Pesticide Delivery System Using Techniques in Fine Particle Engineering. By Toshiyuki NOMURA

(キーワード: 微粒子工学, 農薬送達システム, 生分解性ポリマー, エクソソーム, RNA 干渉)

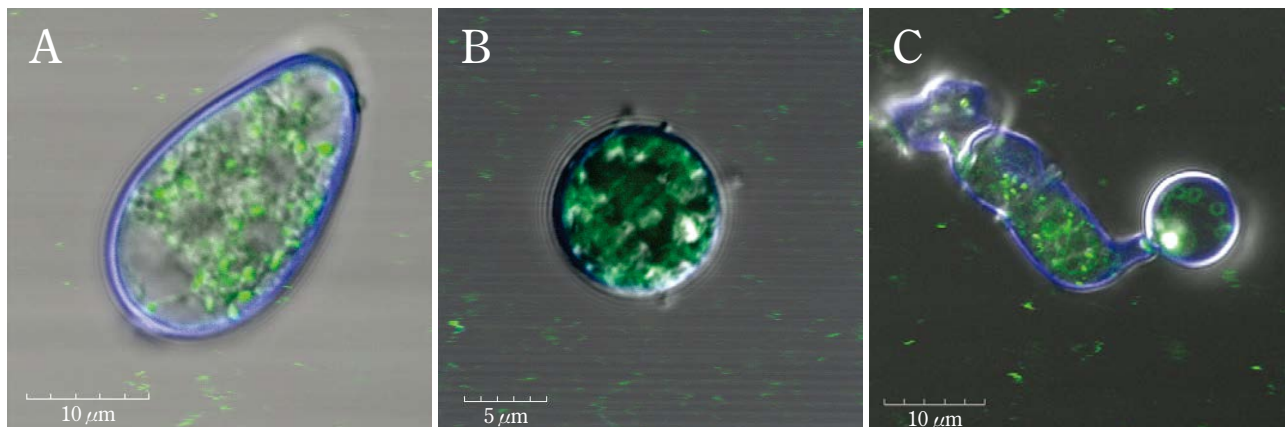


図-1 PLGA ナノ粒子をジャガイモ疫病菌に混合後の CLSM 像

A: 孢子嚢, B: シスト, C: シスト発芽.

青色: 細胞壁, 緑色: PLGA ナノ粒子.

ジャガイモ疫病菌 *Phytophthora infestans*, 農薬として呼吸阻害剤であるシアゾファミド, キャリア粒子として生分解性 PLGA のナノ粒子, 植物体としてジャガイモと同じナス科植物のトマト (品種: 'Micro-Tom') の切り葉を用いた。

農薬封入用 PLGA ナノ粒子は貧溶媒希釈法により合成した。PLGA を溶解したアセトン溶液をポリビニルアルコール水溶液に滴下し, 室温で 12 時間以上攪拌した。得られた PLGA ナノ粒子は, 遠心分離により回収し, 純水に再分散してから使用した。貧溶媒希釈法により合成した農薬封入用 PLGA ナノ粒子の大きさは, 中位径 $126 \pm 8 \text{ nm}$ であった。PLGA ナノ粒子を合成する際, アセトン溶液に PLGA とともにクマリン 6 (緑色蛍光マーカー) を溶解することで, 蛍光マーカーを封入した PLGA ナノ粒子を合成した。次に, ジャガイモ疫病菌の懸濁液と蛍光を発する PLGA ナノ粒子懸濁液を 96 穴プレート内で等量混合した。30 分間静置後, カルコフロールホワイトで細胞壁を染色し, 共焦点レーザー顕微鏡 CLSM で PLGA ナノ粒子の内在を観察した (図-1)。その結果, ジャガイモ疫病菌の孢子嚢, シスト, シスト発芽のいずれに対しても, 青色の蛍光を発した細胞壁の内部に緑色の蛍光を発した PLGA ナノ粒子が内在していることがわかった。これにより, 生分解性 PLGA ナノ粒子は, 農薬を送達するキャリア粒子として有効であることが明らかとなった。

次に, PLGA ナノ粒子を合成する際, アセトン溶液に PLGA とともにシアゾファミドを溶解することで, シアゾファミド封入 PLGA ナノ粒子 (CF-NP) を合成した。孢子嚢懸濁液と, シアゾファミド封入 PLGA ナノ粒子懸濁液もしくはシアゾファミドを PLGA ナノ粒子に封入せずに分散した水溶液 (CF-AQ) を, それぞれ 96 穴プ

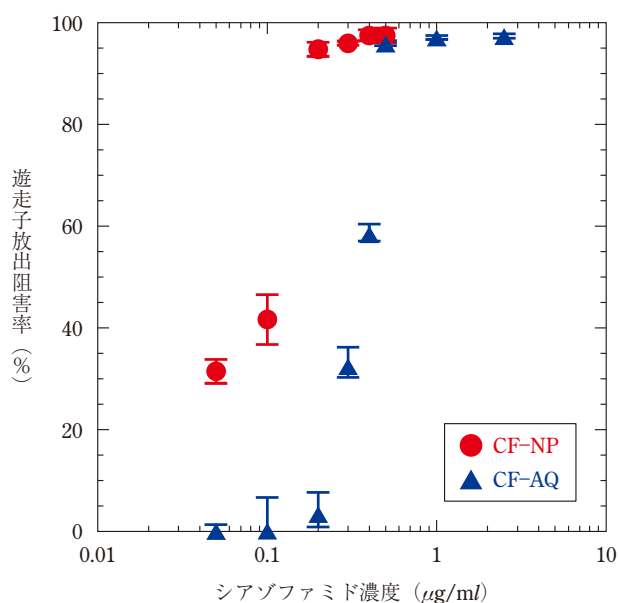


図-2 孢子嚢からの遊走子の放出阻害率とシアゾファミド濃度の関係

CF-NP: シアゾファミド封入 PLGA 粒子, CF-AQ: 未封入シアゾファミド.

レートウェルに分注し, 10°C で 1.5 時間静置して遊走子の放出を促した後, 光学顕微鏡を用いて孢子嚢と空の孢子嚢をカウントした。ジャガイモ疫病菌に対するシアゾファミドの防除効果は, 孢子嚢からの遊走子の放出阻害率として見積もった。放出阻害率とシアゾファミド濃度との関係を図-2 に示す。シアゾファミドを PLGA ナノ粒子に封入すると, 未封入のシアゾファミドを用いたときと比べ, 阻害効果が向上することがわかった。これは, PLGA ナノ粒子にシアゾファミドを封入することで, PLGA ナノ粒子が孢子嚢に取り込まれ, ジャガイモ疫病菌の孢子嚢内部にシアゾファミドが送達されたため, 孢子嚢からの遊走子の放出を阻害できたと推察される。

さらに、農薬封入 PLGA ナノ粒子の耐雨性試験についても行った。ミストスプレーを用いて、シアゾファミド封入 PLGA ナノ粒子懸濁液と未封入のシアゾファミド 80 μ l を寒天に乗せたトマトの切り葉にそれぞれ散布した。農薬を散布して 18℃ で 1 日間静置後、純水 10 ml を人工的な雨として葉の表面に注いだ。その後、新しい寒天プレートに移し、18℃ で 3 日間静置後、孢子囊懸濁液を葉の上下 2 箇所接種した。10℃ で 1.5 時間静置した後、18℃ で 10 日間静置した。トマトの葉はデジタルカメラで撮影し、Image J を用いて画像解析により感染阻害率を算出した。その結果を図-3 に示す。感染阻害率は、未封入のシアゾファミド (CF-AQ) では $45 \pm 28\%$ であったのに対して、シアゾファミドを封入した PLGA ナノ粒子では約 2 倍の $90 \pm 15\%$ となり、ジャガイモ疫病菌のトマトの葉への感染が抑制されていることがわかった。また、純水を注いでから 18℃ で 1 日間静置したトマトの葉の表面を電子顕微鏡 SEM で観察したところ、葉の表面に PLGA ナノ粒子が残存しており、降雨によってナノ粒子は流されずに葉の表面に付着していることが確認できた (図-4)。さらに、感染阻害実験後の葉を脱色し、葉の内部の孢子囊を染色した結果、葉の表面を視覚的に観察していたときと同様に、PLGA に封入したシアゾファミドを処理した葉では内部でも感染していないことがわかった (図-5)。以上より、シアゾファミド封入 PLGA ナノ粒子を用いると、ジャガイモ

疫病菌の防除効果が向上し、生分解性ポリマーをキャリア粒子とした PDS 技術の可能性が示唆された。

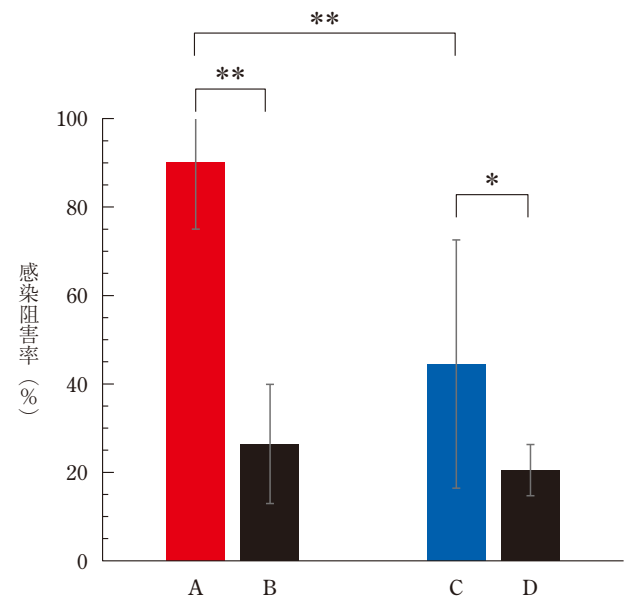


図-3 人工降雨後のジャガイモ疫病菌の感染阻害率

A: シアゾファミド封入 PLGA 粒子 (CF-NP).

B: シアゾファミド未封入 PLGA 粒子.

C: 未封入シアゾファミド (CF-AQ).

D: 水.

農薬散布 1 日後に純水 10 ml を葉表面に注ぐことで、人工降雨とした。

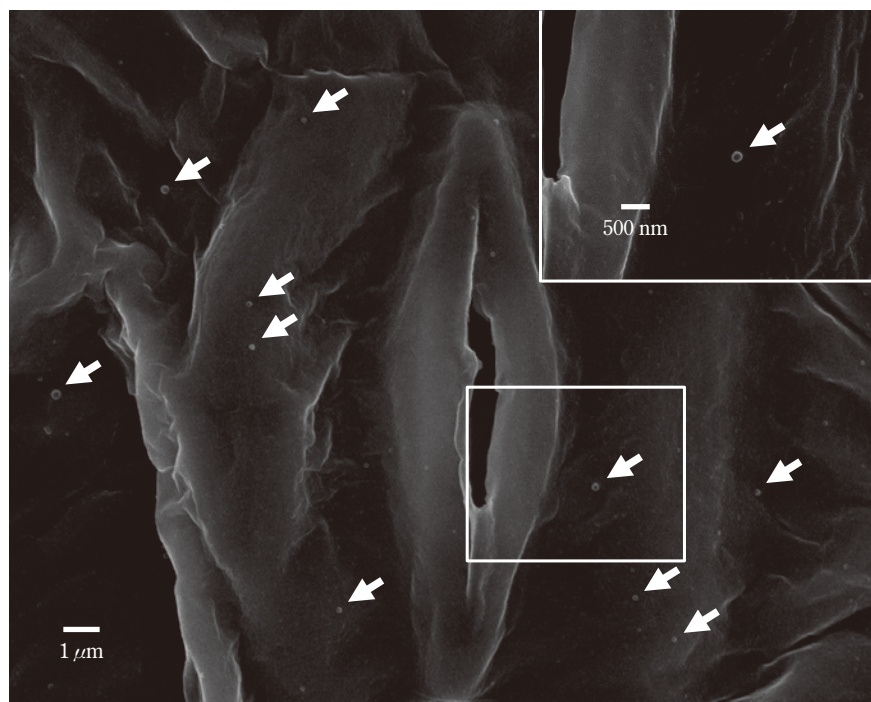


図-4 人工降雨後のトマトの葉表面の SEM 像

矢印: PLGA 粒子, 右上挿入図: 拡大図.

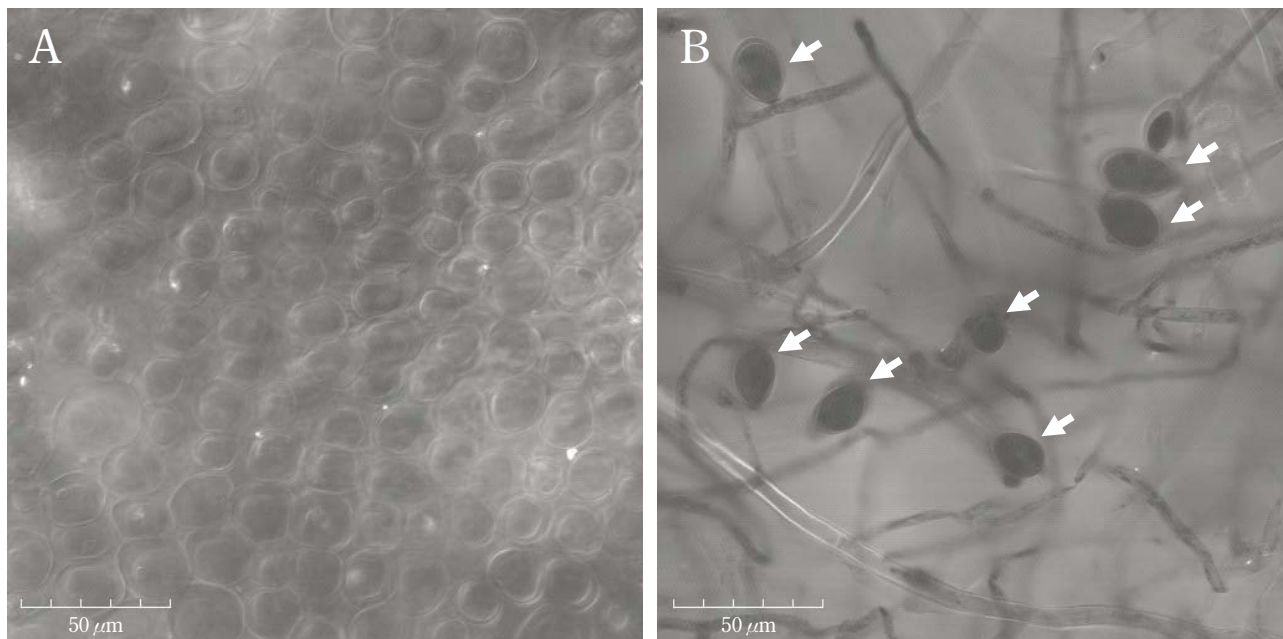


図-5 トマトの葉内部の光学顕微鏡像

A: シアゾファミド封入 PLGA 粒子 (CF-NP).

B: 未封入シアゾファミド (CF-AQ).

矢印: 胞子囊.

II エクソソームを用いた遺伝子サイレンシング誘導

RNAi によって植物病原菌の増殖、生存に重要な遺伝子の発現を抑制（サイレンシング）することができれば画期的な農薬の開発につながる。RNAi を誘導する主な方法として、細胞内で二本鎖 RNA (dsRNA) を生産する方法と、細胞外から dsRNA を導入する方法の 2 種類がある。前者は多くの研究例が報告されており、病原体（昆虫・真菌・ウイルス）や非生物学的ストレス（干ばつ・低温等）への耐性や、生育にかかわる遺伝子の発現を抑制できることが知られている。しかし、細胞内で dsRNA を生産するには遺伝子組み換えが必要である。一方、後者の細胞外から dsRNA を送達する方法では、遺伝子組み換えなしで RNAi を誘導することが可能である。今までの研究では、RNAi を誘導する低分子二本鎖 RNA (siRNA) を細胞浸透性ペプチド (NUMATA et al., 2014) や高圧噴霧 (DALAKOURAS et al., 2016) を用いて植物細胞に送達し、サイレンシング効果が認められたことが報告されており、ヌクレアーゼなどによる分解からの保護効果を高めた dsRNA 送達方法のさらなる探索が求められている。

そこで本章では、植物細胞外からの dsRNA 送達による RNAi 誘導方法の確立を目的として、dsRNA をエクソソームに導入し、植物細胞へ送達することで遺伝子サイレンシングの誘導を試みた例について紹介する。エクソ

ソームは、ほぼすべての細胞から放出される直径 30～200 nm ほどの膜小胞であり、マイクロ RNA (miRNA) や mRNA、タンパク質等を内包し、細胞間コミュニケーションの媒介物質としての機能を持つことが明らかにされつつある。生乳やグレープフルーツ等の食品由来エクソソームは、供給源が比較的安価で大量に入手可能であり、生体への毒性が見られないという点から、大量生産が可能で安全なバイオナノ粒子として注目されている。

モデル植物細胞として、タバコ培養細胞 BY-2 (*Nicotiana tabacum* L. cv. Bright Yellow 2) をアクチンフィラメント架橋タンパク質に結合した緑色蛍光タンパク質 (GFP) が発現するように形質転換した BY-2 細胞 (GF11) を用いた。RNAi に必要な dsRNA キャリアとして、ウシ生乳から超遠心分離法により回収された牛乳由来エクソソーム (Milk-Exo) を使用した。RNAi を誘導する dsRNA のモデルとして、GFP 遺伝子の発現をサイレンシングする人工合成 siRNA (siGFP, 21 塩基対, Invitrogen), ネガティブコントロールとしてどの遺伝子も標的としない siRNA (control siRNA) を用いた。

まず、エクソソームへの核酸導入試薬 Exo-Fect (System Biosciences) を用いて、Milk-Exo に siRNA を封入した。具体的には、1 nmol siRNA と 10 μ l Exo-Fect 試薬を混合し、室温で 15 分静置インキュベートした後、 6.6×10^{11} particles/ml の Milk-Exo を 100 μ l 添加し、37°C で 1 時間静置したものを Exo-siRNA とした。次に、3 日

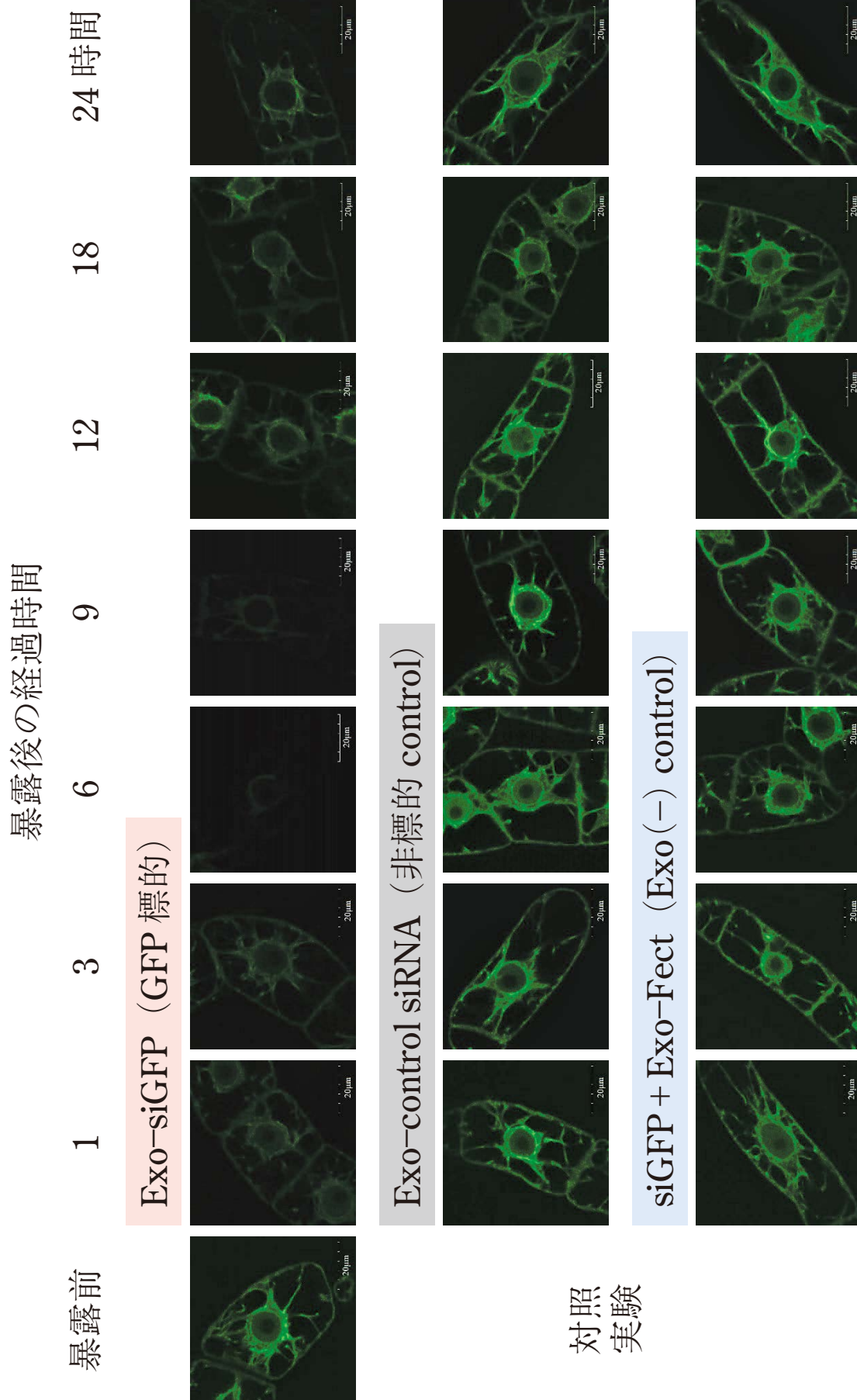


図-6 GFP 発現 GF11 細胞の CLSM 像
※ Exo-siGFP 暴露 9 時間に GFP 発現 (緑色蛍光) がほぼ抑制されている。

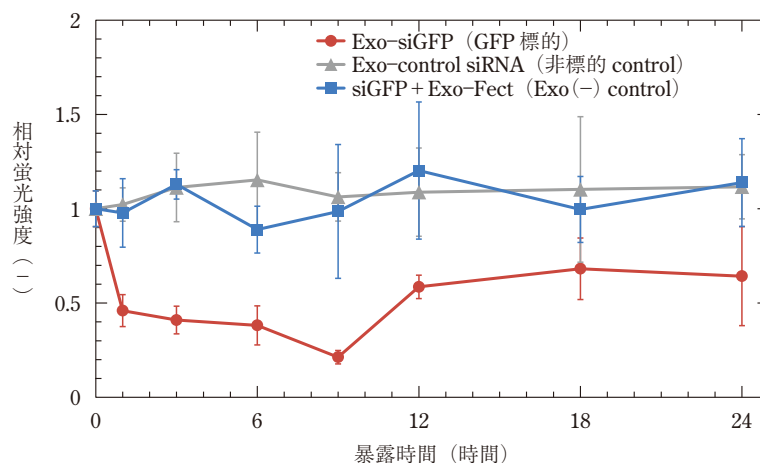


図-7 GF11 細胞 GFP 発現の相対蛍光強度
※暴露前の蛍光強度を 1 として相対値で示した。

間培養した BY-2 細胞 (GF11) を遠心分離にて回収し、MS 培地で洗浄後、MS 培地に再分散させ、終濃度 1.4×10^4 cells/ml の細胞懸濁液を調製した。細胞懸濁液とエクソソーム懸濁液を体積比 9 : 1 で混合し、GFP を発現する GF11 細胞に接触させることで、遺伝子サイレンシングの誘導を試みた。Exo-siGFP (siGFP を封入したエクソソーム)、Exo-control siRNA (control siRNA を封入したエクソソーム)、Exo (-) control (siGFP と Exo-Fect 試薬の混合物) を暴露した GF11 細胞の CLSM 像を図-6 に示す。また、画像解析から得られた蛍光強度を暴露前の蛍光強度で規格化した結果を図-7 に示す。Exo-siGFP と Exo-control siRNA の結果を比較すると、Exo-siGFP を暴露した細胞では GFP シグナルが抑制されており、9 時間後において最大 79% 減少した。これより、siRNA の配列特異的なサイレンシング効果の誘導が可能であることが示唆された。また、Exo (-) control を暴露した場合、GFP シグナルの明らかな抑制は見られなかったことから、Milk-Exo の非存在下では siGFP はほとんど細胞に取り込まれなかったと推察される。以上より、Milk-Exo の存在により siRNA が細胞内に効率的に送達され、配列特異的なサイレンシング効果を誘導できることが示唆された。モデル実験では GFP 遺伝子を標的にしたが、呼吸やシグナル伝達、各種生合成経路に関与する遺伝子を標的にすることで RNAi 農薬の開発が期待される。

おわりに

化学農薬の使用量削減に向けた試みとして、微粒子工

学的技法を用いた農薬送達システムの構築について紹介した。生分解性ポリマーを用いた PDS 技術では、PLGA ナノ粒子にシアゾファミドを封入すると、ジャガイモ疫病菌の防除効果が向上することを示した。また、植物細胞外からの dsRNA 送達による RNAi 誘導では、エクソソームに siRNA を封入すると、キャリア粒子が植物細胞内に送達され、GFP 遺伝子が配列特異的にサイレンシングされることを示した。

以上のことから、植物病原菌防除を目的とした農薬の送達用キャリアとして生分解ポリマーが有用であり、PDS 技術に利用できることが示唆された。また、植物細胞への dsRNA の送達用キャリアとしてバイオナノ粒子であるエクソソームが有用であり、環境に優しく遺伝子組み換えを起こさない RNAi 農薬の可能性が示唆された。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP15KK0025, JP15H01745, 22K18928 の助成により行われた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 1) DALAKOURAS, A. et al. (2016): Front. Plant Sci. **7**: 1~5.
- 2) FUKAMACHI, K. et al. (2019): Colloids. Surf. A **577**: 315~322.
- 3) KIM, D. Y. et al. (2018): J. Sci. Food Agri. **98**: 849~864.
- 4) LIANG, Y. et al. (2017): ACS Sustain. Chem. Eng. **5**: 4802~4810.
- 5) NOMURA, T. et al. (2016): Chemosphere **149**: 84~90.
- 6) NUMATA, K. et al. (2014): Plant Biotechnol. J. **12**: 1027~1034.
- 7) POPP, J. et al. (2013): Agronomy for Sustainable Development **33**: 243~255.
- 8) TSUJI, K. (2001): J. Microencapsul. **18**: 137~147.
- 9) WANYIKA, H. (2014): Nanotechnology for Sustainable Development, First Edition **15**: 321~330.
- 10) ZHANG, D. X. et al. (2016): J. Agric. Food Chem. **64**: 2841~2846.

研究 報告

ジャガイモ黒あし病の最近の知見と防除に向けた取り組み

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
種苗管理センター十勝農場

あおのよしゆき
青野桂之

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寒地畑作研究領域

なかやまとおき
中山尊登・大木健広

はじめに

ジャガイモ黒あし病（以下、黒あし病）は、*Pectobacterium* 属または *Dickeya* 属細菌を病原とする種いも伝染性病害である。黒あし病は植物防疫法上の対象病害ではないものの、罹病した場合に次代塊茎が腐敗を起こし減収を引き起こすことから、重要病害の一つと見なされている。本病害は、1967 年ころから北海道で発生地域が急速に拡大したことに伴い、病原菌の同定、生態および防除方法の研究が行われた（谷井，1984）。種いも生産者による防除によって以前よりも被害は抑えられているものの、近年でも 4% 前後の圃場で発生が確認される年があり（図-1）、さらなる有効な対策が要望されていた。さらに、種いも生産の出発点となっている農業・食品産業技術総合研究機構種苗管理センター（以下、種苗管理センター）の圃場において、2014 年に黒あし病の発病株が見つかり、一部の品種で出荷が中止される事態とな

った（大堀，2015）。

海外においても、黒あし病はジャガイモの重要病害であり、古くから研究が行われてきた。1990 年代以降、海外では特に病原細菌の再分類、新菌種の報告、分子生物学的手法を用いた検出法の開発が進んだ。筆者らは、現場からの要望に対応し、2015 年以降、国内の病原細菌の再同定および簡便で高感度な検出法の開発を行うとともに、開発した手法を用いて発生生態の解明および防除対策の構築に取り組んできた。本稿では、これらの取り組みで得られた研究成果を紹介する。

I 黒あし病の病徴

黒あし病の病原となる細菌は複数種存在するが、菌種による病徴の差異は基本的にないと考えられている（谷井，1984）。黒あし病菌の主要な感染源は種いもであり、典型的な症状は腐敗した種いもから茎に腐敗が広がり、茎の基部が水浸状に黒変する（黒あし症状；図-2a, b；

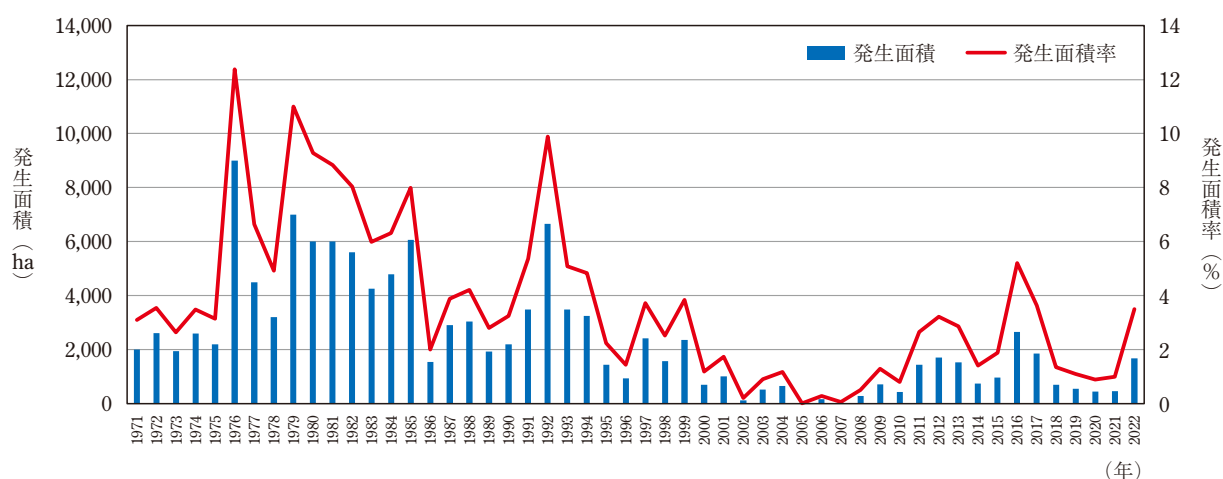


図-1 北海道におけるジャガイモ黒あし病発生面積の推移
北海道農政部農作物有害動植物発生予察事業年報より作成。

Recent Knowledges and Challenges for Control of Potato Black-leg. By Yoshiyuki AONO, Takato NAKAYAMA and Takehiro OHKI
(キーワード: ジャガイモ黒あし病, 種いも生産, *Pectobacterium*, *Dickeya*)



図-2 ジャガイモ黒あし病の病徴およびジャガイモ軟腐病の病徴

a-e : ジャガイモ黒あし病, a : *Pectobacterium wasabiae* (Pw) による茎基部の黒変腐敗 (黒あし症状). b : *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (Pcb) による茎基部の黒変腐敗. c : Pw による生育遅延と萎れ. d : *Dickeya dianthicola* (Ddi) による茎葉の萎れ. e : Ddi による種いもの腐敗と茎内部の維管束褐変. f : Pcb による軟腐病 (茎の軟化腐敗症状) 赤矢印は発病株を, 青矢印は発病茎を, 青丸は種いもの腐敗部分を示す.

CZAJKOWSKI et al., 2011)。黒あし症状は湿潤条件で現れやすいのに対して, 乾燥条件での初期の病徴は茎葉の退緑, 萎れ, または生育遅延としてあらわれる傾向にある (図-2c)。*Dickeya* 属菌による黒あし病の場合, 茎葉は萎れるものの茎基部に黒変腐敗を伴わないことがある (図-2d)。病原細菌は師部に高密度に存在し, 維管束を褐変させ, 腐敗した種いもから茎内部の維管束褐変が上

部に向かって進行して, 症状が進行するにつれて茎組織全体が腐敗する (図-2e; 谷井, 1984; TOTTH et al., 2011)。萌芽前に種いもが著しく腐敗した場合には, 欠株となる。生育初期に発病した株は株全体が枯死することがあるが, 発病が遅れた株は1本の茎のみが枯死することが多い (谷井, 1984)。一方, 感染した植物体は必ずしも病徴を示すわけではない (CZAJKOWSKI et al., 2011)。

黒あし病菌が次代塊茎に感染すると、栽培期間中あるいは収穫後に腐敗することがある。感染により塊茎の維管束部分が褐変するが、症状が軽い場合は外観上健全塊茎と区別することができない。腐敗初期はクリームまたはゼリー状だが、空気に触れると二次的な腐生菌の増殖により黒変する (CZAJKOWSKI et al., 2011)。貯蔵中の塊茎腐敗は、隣接する塊茎に広がる可能性があり、特に換気が不十分な場合に集団での腐敗が顕著となる (CZAJKOWSKI et al., 2011)。

黒あし病と病徴が類似し、病原細菌も近縁な病害にジャガイモ軟腐病 (以下、軟腐病) がある。軟腐病は、強風や管理作業により損傷した茎葉、または倒伏し接地した茎葉に土壌由来、風または水で運ばれた病原細菌 *P. carotovorum* が感染し、茎葉部を水浸状に軟化腐敗させ (図-2f)、地下部の塊茎に伝播して塊茎腐敗につながるものである (谷井, 1984; CZAJKOWSKI et al., 2011)。軟腐病は地上部の茎葉から発病が始まる点が、種いもの腐敗から始まる黒あし病とは異なる。

II 病原細菌の分類学的位置

菌種による病徴は基本的に変わらないものの、菌種によって生育適温、宿主範囲、ジャガイモに対する病原力が異なるため、菌種の同定は重要である。海外において黒あし病菌は 1940~80 年代に細菌学的または血清学的知見から *Erwinia* 属に分類され、国内でも 1970~80 年代に *E. carotovora* subsp. *carotovora* の特異的な一系統、*E. carotovora* subsp. *atroseptica* および *E. chrysanthemi* の 3 菌種と整理された (谷井, 1984)。その後、1990 年代以降に分子生物学的知見から旧 *Erwinia* 属は複数の属に細分化され、黒あし病菌は *Pectobacterium* 属、*Dickeya* 属のいずれかに属することとなった。*Pectobacterium* 属および *Dickeya* 属は、Soft Rot *Pectobacteriaceae* (SRP) と総称される、鞭毛を有する短桿状のグラム陰性菌である。国内においては 1990 年代以降、分類学的所属に関する研究は行われていなかったため、筆者らのグループは分子生物学的および細菌学的性状から病原細菌の再同定を行った。以下に国内で発生歴のある黒あし病菌を、海外での発生状況と合わせて紹介する。

1 *Pectobacterium* 属

(1) *P. wasabiae* (Pw, *P. parmentieri*)

海外において黒あし病株から分離された *E. carotovora* のハウスキーピング遺伝子解析から、一部の菌株がワサビ (ニホンワサビ) 軟腐病から分離された *P. wasabiae* と同一のクレードに属するとされた (MA et al., 2007)。さらに KHAYI et al. (2016) は、ジャガイモから分離される

菌とニホンワサビから分離される Pw との間に細菌学的または遺伝的な差異が認められるとして、ジャガイモから分離される菌を *P. parmentieri* としている。本菌種はヨーロッパ、北米、ニュージーランド、ロシアおよび南アフリカでの分離事例がある (van der WOLF et al., 2021)。

日本において谷井 (1984) は、1970 年代に北海道の十勝地方で収集した黒あし病菌株を *E. carotovora* subsp. *carotovora* の血清学的に特異的な一系統と同定していたが、これらの菌株について改めて分子生物学的および細菌学的性状解析を行ったところ、海外と同様に Pw と再同定された (藤本ら, 2017)。SUHARJO (2013) は、KHAYI et al. (2016) と同様に谷井 (1984) の菌株とニホンワサビから分離される Pw に差異を認めている。しかし、日本でジャガイモから分離された菌株と *P. parmentieri* の基準菌株との詳細な比較が報告されていないため、現在の日本植物病名目録 (日本植物病理学会, 2023) での記載は *P. wasabiae* にとどまっている。

(2) *P. atrosepticum* (Pa)

E. carotovora subsp. *atroseptica* に分類されていたもので、以前はヨーロッパおよび北米で主要な黒あし病の病原となっていたと考えられる。他の黒あし病菌と比較して生育適温が低いため、現在ではスコットランド、ノルウェー、フィンランド等の冷涼地域において主な発生菌種となっている (van der WOLF et al., 2021)。日本においては、1970~80 年に主に北海道の根室、釧路および網走地方に発生した黒あし病株より分離された菌株を同種と同定し (谷井, 1984)、その後、分類体系の変更により現在の学名に変更された。

(3) *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* (Pcb; syn. *P. brasiliense*)

ブラジルで新たに発見された菌種であり、*E. carotovora* subsp. *brasiliensis* として報告された (DUARTE et al., 2004)。分類体系の変更により *P. carotovorum* subsp. *brasiliense* とされたが、その後 PORTIER et al. (2019) により *P. brasiliense* となった。本菌種は、世界中で分離事例があり、ヨーロッパの多くの国においてジャガイモから分離される主要な SRP となっている (van der WOLF et al., 2021)。

日本においては、2013 年および 2015 年に十勝地方で採取した黒あし病株から分離された菌株を、分子生物学的および細菌学的性状から Pcb と同定した (FUJIMOTO et al., 2017)。これは日本における本菌種の黒あし病菌としての初報告であったが、SUHARJO (2013) はジーンバンク保存の 1977 年に分離された菌株を本菌種と同定しており、以前より本菌種は日本国内に存在していたと思われる。

る。日本における菌種名の記載は、*P. carotovorum* subsp. *brasiliense*にとどまっている（日本植物病理学会, 2023）。

2 *Dickeya* 属

本属はかつて *E. chrysanthemi* と記載された菌群であり、*E. chrysanthemi* 下位に設けられていた宿主植物および細菌学的性状による病原型（pathovar）が現在の種レベルでの分類となっている。国内においては、1970 年代に北海道で見つかった黒あし病株から散発的に分離された菌株を *E. chrysanthemi* と同定していた（谷井, 1984）。分類体系が *Dickeya* 属に変更された後も、国内で発生している菌種の検定は *E. chrysanthemi* の抗血清または *Dickeya* 属特異的なプライマーを用いた PCR により行われてきたため、近年まで詳細な調査による種の同定は行われていなかった。

（1）*D. dianthicola* (Ddi)

2004 年までにヨーロッパでジャガイモから分離された *E. chrysanthemi* のほとんどは、本菌種であると考えられている。ヨーロッパのジャガイモ生産圃場から分離される主要な *Dickeya* 属菌は近年 *D. solani* に置き換わった（Toth et al., 2011）が、北米およびオーストラリアでは現在でも Ddi が被害をもたらししている（van der Wolf et al., 2021）。

1982～2016 年に北海道で採取された黒あし病株から分離された *Dickeya* 属菌は細菌学および分子生物学的性状から、いずれも *D. dianthicola* と同定された（Fujimoto et al., 2018）。その他、北海道内の試験研究機関および種いも生産団体で保存されていた菌株はいずれも Ddi と判別されたため、北海道のジャガイモ圃場から分離される主要な *Dickeya* 属菌は本菌種と思われる。

（2）*D. chrysanthemi* (Dch)

本菌種は、北米、スペインおよびエジプトでジャガイモから分離されている（Palacio-Bielsa et al., 2006；van der Wolf et al., 2021）。日本では、2017 年に北海道の後志地方で発生した黒あし病株から分離された *Dickeya* 属菌を本菌種と同定した（Fujimoto et al., 2020）が、その他の発生報告はない。

Dch の発生事例を除いた 2017～20 年に北海道で収集された黒あし症状を示す茎、腐敗塊茎および無病徴塊茎から分離した 219 菌株の内訳は、Pw が 94 菌株（43%）、Pcb が 98 菌株（45%）および Ddi が 27 菌株（12%）であり、近年 Pa の発生は確認されていない（Nakayama et al., 2021）。また、試験研究機関および種いも生産団体が Pcb を対象とした発病株の検定を開始した 2016 年以降、北海道の黒あし病株から主に分離される菌種は Pcb となっている。

海外では上記の菌種のほかに、*P. polaris*, *P. punjabense*, *P. versatile* および *D. solani* が黒あし病菌として報告されているが、*D. solani* が輸入されたヒヤシンス球根より分離された事例（平川ら, 2017）を除くと国内での報告はない。

III 黒あし病菌の検出法

種苗管理センターおよび一部の種いも生産団体は、圃場で見つかる発病株の診断、および収穫された塊茎の保菌検定を行っている。また、試験研究機関に黒あし病株が診断依頼として持ち込まれることもあり、検出・識別法は重要である。さらに、圃場での病原細菌の生態を解明するには、土壌、水あるいはジャガイモ以外の植物等の環境試料から黒あし病菌を簡便かつ高感度に検出できる手法が必要であった。発病株については、発病茎の健全部分と発病部分の境界を表面殺菌後、磨碎液を King's B 平板培地などに画線し、25℃で2日間培養することで比較的容易に病原細菌を分離することができる。一方、無病徴の塊茎あるいは環境試料における菌密度はごく低い（ $< 10^3$ cfu/g）と考えられるため、まず液体培地での培養により黒あし病菌を増菌させる必要がある。日本においては、堀田ら（2009）が塊茎組織を液体培地で培養し増菌液から得た DNA を PCR で検出する手法（BIO-PCR）を報告していたが、筆者らは土壌試料または発病茎も対象に加えたより簡便かつ高感度な BIO-PCR 法を開発した（Aono et al., 2021；図-3）。

黒あし病をおこす菌種は複数存在するため、検出にはこれまで4種のプライマーペアを用いた PCR を別々に4回行っており、効率化が必要であった。効率的な検出のために、既報のプライマーの組合せにより、Pw, Pa および *Dickeya* 属菌を検出するトリプレックス PCR を開発し、Pcb に対する単独の PCR と組合せることで2回の PCR により黒あし病菌の検出・識別が可能となった。*Dickeya* 属菌に対しては属特異的なプライマーを利用するため、*Dickeya* 属菌が検出された場合の種判別には Ddi 特異的なプライマー（Fujimoto et al., 2018）を用いた PCR を行い、Ddi に該当しなかった場合には平板培地を用いてコロニーを分離し、16S rDNA 領域あるいはハウスキーピング遺伝子の配列解析を行う必要がある。黒あし病菌検出のための BIO-PCR における半選択的液体培養には、Agdia 社の Pectin Dipecta, AG366 を用いた Liquid Enrichment Medium（LEM；Hélias et al., 2012）が適しており（青野ら, 2016）、検定試料に応じた培養条件を設定した（Aono et al., 2021）。確立した検出法を利用することにより、種苗管理センターがこれまで利用し

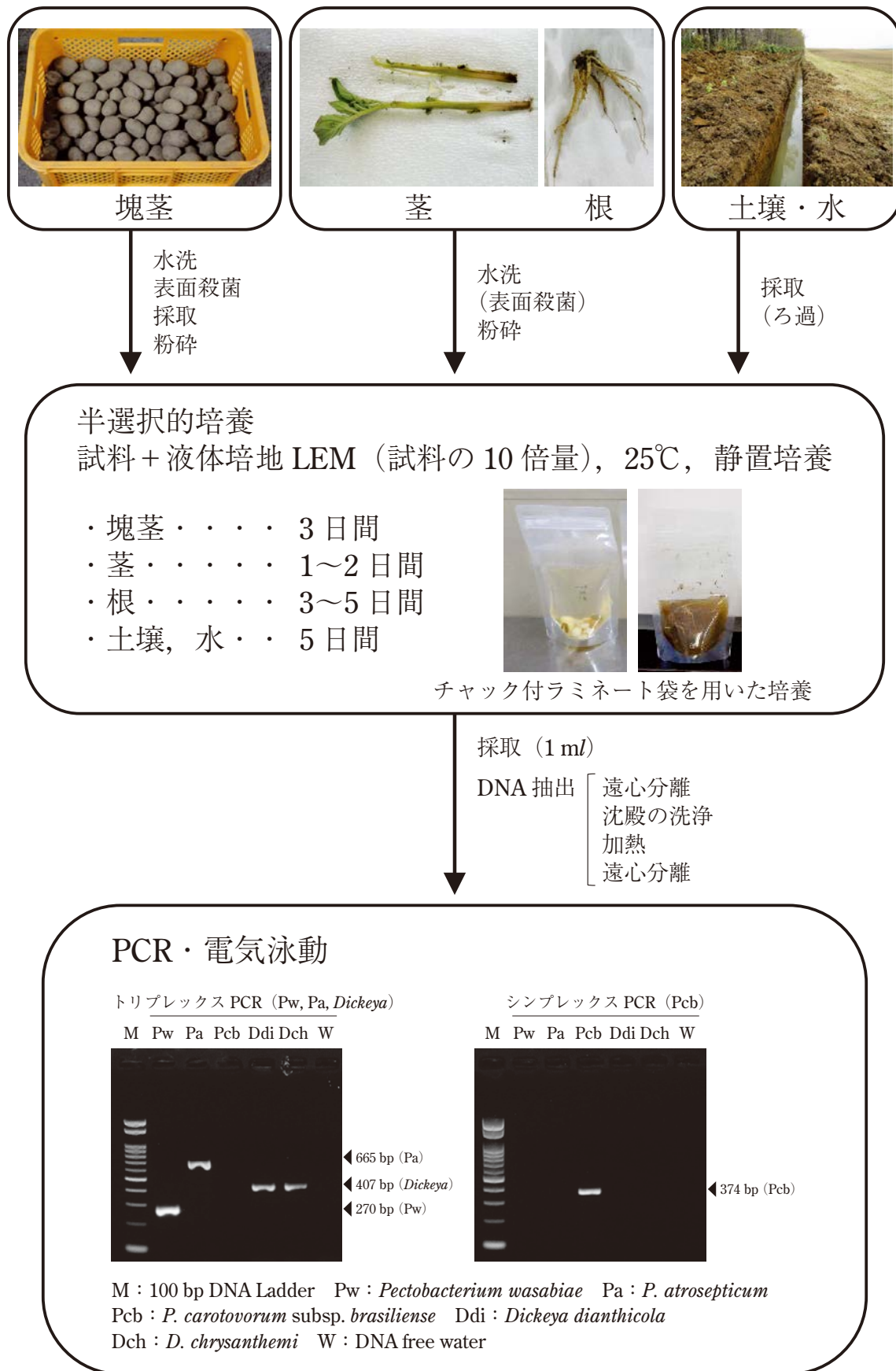


図-3 BIO-PCR による各種試料からの黒あし病菌の検出

てきた King's B 液体培地を使用した BIO-PCR 法（堀田ら, 2009）を利用するよりも高感度な検出が可能になった。種苗管理センターでは、2019 年から本検出法を種いもの保菌検定に採用している。以上の検出法の詳細は、ジャガイモ黒あし病診断法標準作業手順書（農研機構, 2022 a）を参照されたい。

IV 発 生 生 態

1 ジャガイモにおける病原細菌の挙動

黒あし病の主な感染源は、無病徴の保菌塊茎（種いも）である（谷井, 1984；CZAJKOWSKI et al., 2011）。病原細菌は、親株から次代塊茎へストロンの維管束を通じて、または腐敗した塊茎からいったん土壌中に放出されて近傍塊茎に皮目あるいは傷を通じて感染する（谷井, 1984；CZAJKOWSKI et al., 2011）。また、塊茎の受傷部位で黒あし病菌の検出頻度が高いことから、収穫・選別時の受傷は感染リスクを高められる（道総研, 2018）。排水不良圃場における栽培や過剰な灌漑は発病を促進する（ToTH et al., 2011）。北海道での種いも生産では、規格サイズの適正化とアブラムシ寄生によるウイルス病感染の防止を目的として収穫前に茎葉をリーフチョッパーで切断または枯ちょう剤散布で枯死させるが、黒あし病株が残存した圃場でのリーフチョッパー利用は刃を介した黒あし病菌の拡散につながる（道総研, 2018；農研機構, 2022 b）。

北海道で主に発生している 3 菌種（Pw, Pcb, Ddi）について圃場で接種試験を行ったところ、3 菌種ともに次代塊茎内部から検出され、菌種による内部保菌率の差は認められなかった（道総研, 2022）。一方、内部保菌が認められた塊茎を次年度に植付けたところ、Pw および Pcb による発病率に比べ Ddi による発病率が高く、菌種による発病率に差異が認められた。また、主要品種について Pw および Ddi の接種試験を行ったところ、感受性に品種間差が認められ、‘とうや’、‘男爵薯’、‘トヨシロ’等の感受性が高く、‘ニシユタカ’、‘スノーマーチ’等の感受性が低かった（道総研, 2022；農研機構, 2022 b）。一方、接種試験で高い感受性を示した品種は生産現場で発病が多い品種と完全には一致せず、実際の圃場での発病には品種感受性の他にも様々な要因がかかわると考えられた。

2 土壌での生存

後述するように、現代の種いも生産は無病の培養苗から開始されており、圃場への植付後に黒あし病菌の感染が認められる（ToTH et al., 2011）。そのため、圃場には黒あし病菌の感染源が存在すると思われる。一般に SRP の

土壌での生存期間は限られており、ジャガイモ栽培後に 3～8 年の輪作期間を設ければ、圃場で生存できないと考えられている（谷井, 1984；CZAJKOWSKI et al., 2011；ToTH et al., 2011）。また、*Dickeya* 属菌は *Pectobacterium* 属菌よりも土壌での生存期間が短い（ToTH et al., 2011）。

接種により腐敗させた塊茎を埋込んだ圃場の土壌について、前述の BIO-PCR を用いて経時的に検出を試みたところ、翌年 6 月まで Pw または Pcb が検出されたが、それ以降の検出は認められなかった（道総研, 2022）。また、前年多発圃場に翌春健全種いもを植付けたところ、土壌中で生存していた Pcb によると考えられる発病が確認されたが、発病株率はごく低かった（道総研, 2022）。土壌伝染由来と考えられる発病率は低く、かつ種いも生産において連作を行うことはないため、土壌伝染による感染リスクは低いと考えられる。

3 ジャガイモ以外の植物からの検出

SRP は、ジャガイモ以外の栽培植物からも分離される（Ma et al., 2007）。そのため筆者らは、圃場での黒あし病菌の長期間の生存が雑草あるいは輪作植物に関係すると仮説を立て、感染源と感染経路の探索を行ってきた。

2018 年に種いも生産圃場で発生した Ddi による黒あし病発病事例は、発病株が圃場内の一部に集中していた（図-4a）ため、種いも由来ではなく圃場に存在する感染源から菌が感染した事例と推測された。キク科栽培植物から分離された菌が Ddi と同定されていたこと（SUHARJO, 2013）から、発病株が見つかった場所に隣接した畔に自生していたキク科雑草の根部または根圏土壌、または大雨後に畔の窪みから採取した滞留水を前述の BIO-PCR で検定し、陽性となった増菌液から希釈平板法により菌の分離を試みた。その結果、4 種のキク科雑草（ヒメジョオン、アキタブキ、オオアワダチソウおよびオオヨモギ）と滞留水から Ddi の分離に成功した。rep-PCR（repetitive sequence based PCR）フィンガープリンティング解析（NAKAYAMA et al., 2021）から、ヒメジョオン、アキタブキおよび滞留水から分離した菌株の一部が、ジャガイモの発病株から分離した菌株と遺伝的に同一であった（図-4b）。また、ヒメジョオンあるいはアキタブキから分離した Ddi を種いもに接種して植付けると黒あし病の発病が再現された（図-4c）。以上の結果と本圃場における傾斜（図-4a）から、本発病事例はキク科雑草に保菌されていた Ddi が、大雨時に発生した水とともに畔から圃場内へ流入し、ジャガイモに感染したことによるものと推測された（AONO et al., 2022）。この報告は、圃場周囲の保菌雑草と黒あし病の関係性を明らかにした初めての報告である。さらにポット試験において、



図-4 圃場内での病原菌の感染によりジャガイモ黒あし病が発生したと推定される圃場の外観, ならびに各試料から分離された菌の遺伝的多型および病原性 (Aono et al. (2022) を改編)

a: ジャガイモ黒あし病発病圃場の外観. 発病圃場は, 畔から発生箇所へ向かって傾斜している. b: 発病株の茎, 株元土壌, 畔に自生するキク科雑草の根部, 滞留水からそれぞれ分離した *Dickeya dinathicola* (Ddi) の REP-PCR による多型比較 (白矢印は発病株の茎から分離した菌株と同一のパターンを示す菌株を示す). c: アキタブキより分離した Ddi を接種したジャガイモ.

Ddi を接種したアキタブキから Ddi が水を介してジャガイモへ感染することを確認している (小川ら, 2021)。

黒あし病菌の感染源をさらに探索するために, 輪作圃場で雑草および輪作植物を採取し, BIO-PCR で保菌検定を行った結果, Pcb が雑草のエゾノギシギシおよびノラニンジン, 輪作植物であるエンバク野生種 (セイヨウチャヒキ) から検出され (青野ら, 2021), Ddi がキク科雑草およびオオバコから検出された。また, 前年に黒あし病菌の接種試験を行った圃場より採取したアカザから, Pw, Pcb および *Dickeya* 属菌が検出されている (中山ら, 2022; 中山, 2023)。さらに, 収穫されずに越冬した野良いもが翌年に黒あし病を発病することを確認している (農研機構, 2022 a)。以上のことから, 圃場に

おいて黒あし病菌は, ジャガイモ以外の雑草, 輪作植物あるいは野良いもで長期間生存すると考えられ, 防除のためにはこれらの感染源の除去などに対策を講じる必要があると考えられた。

V 防 除 法

黒あし病の防除対策は, 健全な種いもの利用, 種いも・切断刀の消毒, 適切な圃場管理・植物体の取扱いからなる。各感染リスクに対する分析と管理手法については, ジャガイモ黒あし病の発生を防ぐための工程管理マニュアル (農研機構, 2022 b) に記載されているので参照されたい。

1 健全な種いもの利用

黒あし病の主な感染源は保菌した種いものであるため、防除の基本は健全な種いものを使用することである。ジャガイモは栄養繁殖性であるため、病害虫に侵されやすくかつ増殖率が10倍程度と低い。そのため、日本における種いも生産は、種苗管理センターが出荷した原原種を、道県採種組合が管轄する原種圃、採種圃と段階を踏んで増殖し、各過程において植物防疫法に基づく検査が実施される(図-5)。植物防疫法に基づく「種馬鈴しょ検疫規則」により、使用する種いも・圃場環境が適切であるか、生育期間の病障害株あるいは生産物(収穫塊茎)

における各種病害虫罹病・付着の有無が検査され、合格したものに「種馬鈴しょ検査合格証」が交付されて種いもとしての流通が認められる(木村, 2021)。

種苗管理センターでの種いも生産は、新品種を生長点培養により無病化した培養苗(図-6a)を、節分割により増殖し(図-6b)、隔離温室内でミニチューバー(MnT)を生産することから始まる(図-6c, d)。MnT生産には人工培養土、あるいは噴霧式水耕養液装置が用いられ、資材の使用前消毒および作業員入室時の厳密な対応(身体へのエア吹付、上着・履物の交換、手洗い)が実施されているため、MnTに黒あし病菌が感染するリスク

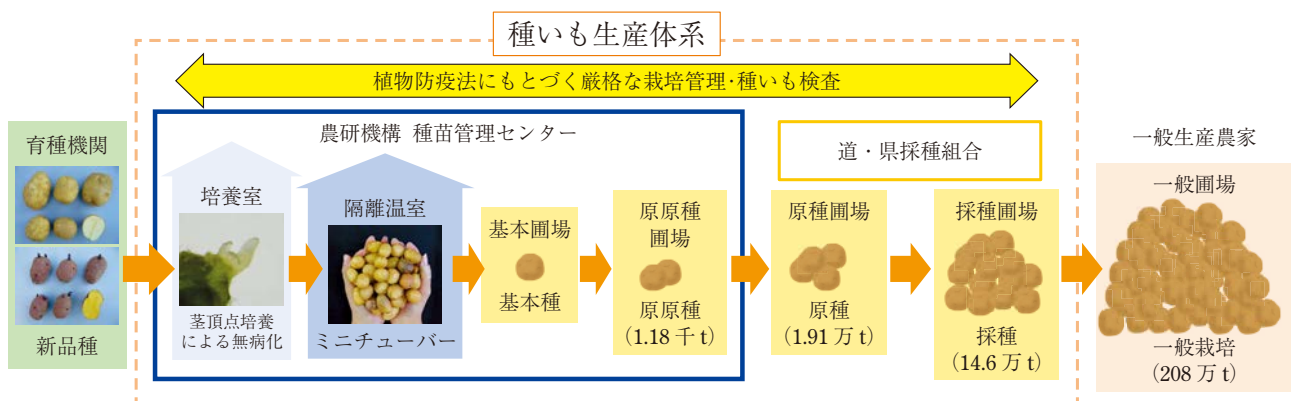


図-5 日本における種いも生産の流れ

図中の数値は2020年の原原種出荷量、種馬鈴しょ検査合格数量(農林水産省 植物検疫統計)または用途別生産量(農林水産省 いも・でん粉に関する資料)を示す。

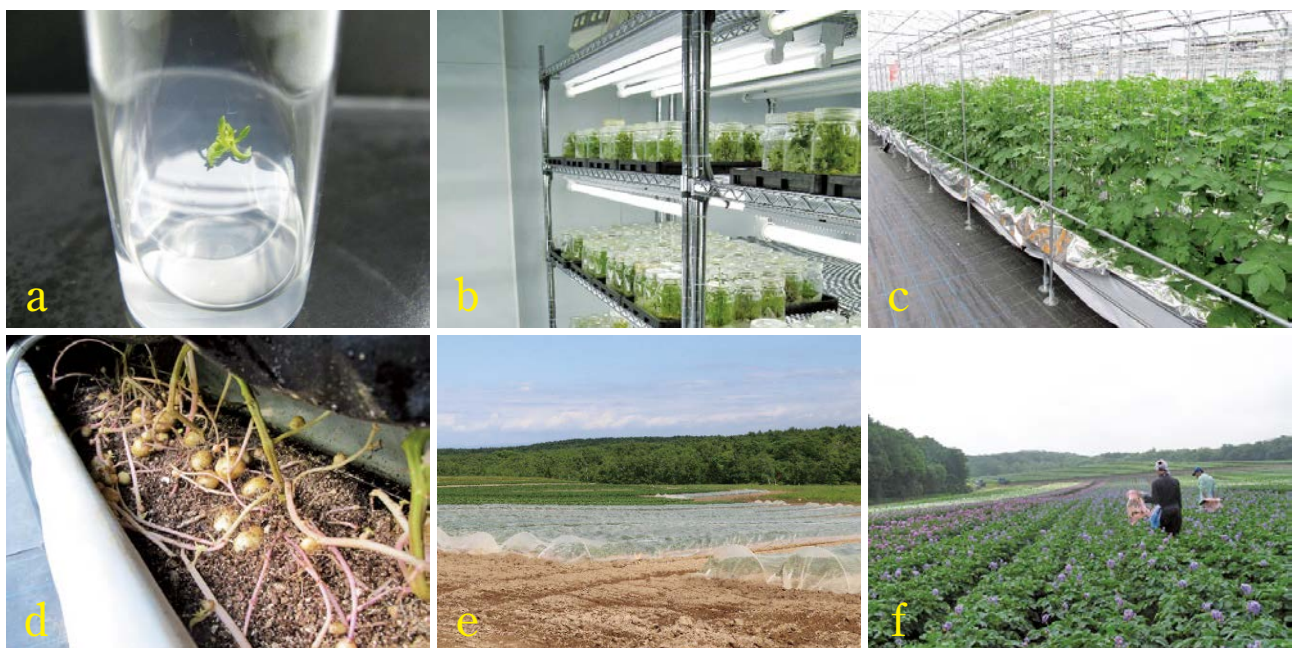


図-6 種苗管理センターにおける種いも生産

a: 育成場から導入した新品種の生長点培養による無病化培養苗の作出。b: 器内培養による培養苗の増殖。c: 温室内で培養土に植付後、生育した培養苗。d: 生育した培養苗に着生したミニチューバー。e: ミニチューバーを圃場に植えつけ被覆栽培する基本圃。f: 基本圃から収穫した基本種を露地栽培する原種圃と採取り作業。

は小さい。生産された MnT は圃場に植付られ、ウイルス病を媒介するアブラムシの付着を防止するための被覆栽培が実施され、基本種が生産される (図-6e)。基本種を種いもとして、露地栽培にて原原種が生産される (図-6f)。

MnT 生産から採種圃に至るすべての生産段階で、生育期間中に複数回、全株に対して病障害株の除去 (抜取り) が実施される (図-6f)。抜取りにより、高菌密度の感染源である黒あし病発病株が除去されるが、前述の通り感染株のすべてが必ずしも発病しないためにすべての感染株を除去できていないと推測される (CZAJKOWSKI et al., 2011)。種苗管理センターでは、収穫塊茎についてもモニタリングのための保菌検定を実施し、黒あし病菌が検出された際には出荷先に情報提供を行っている。また、抜取りには病障害株を判別する技術・経験が必要であるが、近年「異常株検出システム」(OISHI et al., 2021)

が開発され、判別を支援する技術として将来の実用化が期待される。

2 種いもおよび切断刀の消毒

ストレプトマイシン (SM) 剤の種いもへの浸漬処理は、黒あし病の発病抑制に有効である (図-7a; 谷井, 1984)。ただし、SM 濃度 0.2% (ストレプトマイシン液剤 100 倍液の実用濃度に相当) で浸漬を繰り返すと有効成分濃度が低下する。この低下を防ぐためには、減少した分の薬液を農薬登録範囲内の濃い濃度 (0.33%) で継ぎ足すことが有効である (白井ら, 2021)。日本では大きな種いもは切断して植付けることが一般的であり、汚染塊茎を切断した刃物で健全塊茎を切断すると健全塊茎にも汚染が広がる (谷井, 1984)。種いも切断時の刃物を介した感染は、マレイン酸溶液または次亜塩素酸カルシウムへの刃物の浸漬によって防ぐことができる (図-7b; 谷井, 1984; 田中ら, 2010)。



図-7 ジャガイモ黒あし病の防除対策

a: ストレプトマイシン剤の浸漬処理による種いもの消毒. b: マレイン酸溶液への浸漬による種いも切断刀の消毒. c: 圃場への暗渠管の埋設. d: カットドレインによる簡易暗渠の設置. e: ジャガイモ栽培圃場内と周囲の緑地帯とを分ける明渠. f: 輪作圃場での除草剤散布. g: 送風機による収穫塊茎の乾燥. h: 強制通風乾燥装置による収穫塊茎の乾燥.

3 圃場の準備および植物体の適切な取り扱い

圃場の過湿は発病を助長するため、暗渠の設置（図-7c, d）またはサブソイラー施工により圃場の透排水性を向上させることは重要である。また、圃場周囲の保菌雑草から圃場内のジャガイモへの黒あし病菌の移動を抑制するためには、圃場の内外を明渠で区切ること（図-7e）あるいは輪作中に農薬登録の使用方法に遵守して浸透移行性の除草剤を散布し地下部を含めて雑草を除去すること（図-7f）が必要である。野良いもに対しても、土壤凍結地帯では、凍結深度を高めるために雪割・圧雪処理を行うこと、または輪作中に機械的手法または人力で除去する対策が必要である。エンバク野生種から Pcb が検出されたことを受けて、種苗管理センターではジャガイモ生産前年の緑肥は特に適期にすき込みを行い、植物残渣を十分に腐熟化させることを徹底している。

種いもにおける過度の浴光促芽は、植付時に芽が損傷・脱落しやすくなり、傷口からの黒あし病菌感染リスクが高まる（道総研，2018；農研機構，2022 b）。発病圃場では、リーフチョッパーではなく枯ちよう剤を利用して茎葉処理することが望ましい。収穫塊茎の受傷を抑制するため、低温環境での収穫や選別を避け、ハーベスターや選別機等は使用前に緩衝材を点検し適宜交換する。収穫塊茎を十分に風乾させることは、表面に付着した黒あし病菌の菌密度を低減するのに有効であり（図-7g；谷井，1984），特に強制通風乾燥装置（空つ風君[®]，TOMTEN 社など）の利用は塊茎表面の速やかな乾燥と菌密度低減に効果が高い（図-7h；道総研，2018）。

おわりに

以上、黒あし病についての基本事項と近年の研究で明らかになった病原細菌の分類学的所属、種いも以外の感染経路、具体的な防除対策について紹介した。一方、種いも消毒あるいは収穫塊茎の風乾は塊茎表面の菌密度低減には効果があるが、内部保菌された菌に対しては効果が低いと考えられる。また、感染しても必ず発病する病気ではないため、抜取りですべての感染株を除去できない。そのため、上記に記述した個々の対策のみでは効果的な対策とはならず、種いも・圃場準備から栽培管理に至るすべての工程で対策を行うことが本病の適切な防除につながると考えられる。

最後に、今後の検討課題として黒あし病と軟腐病との関係について紹介する。従来、軟腐病菌は黒あし病菌と菌の性状やジャガイモへの病原性が異なるとされてきた（谷井，1984）が、もともと *P. carotovorum* として扱われてきた集団には性状の異なる多数のグループが含まれ

ていたと考えられている（染谷ら，2020）。また、筆者らのグループはジャガイモ軟腐病株から Pw または Pcb を分離し、軟腐病の病原としても Pw および Pcb を提案している（藤本ら，2022）。Pw および Pcb を茎葉に接種すると次代塊茎から菌が検出され、その次代塊茎を植付けると黒あし病を発病することがある（農研機構，2022 b）。そのため、軟腐病株から収穫された塊茎が次代で黒あし病を発病する可能性が示唆される。今後、国内のジャガイモ圃場における軟腐病菌の菌種構成を明らかにし、個々の菌種について軟腐病発病株から次代における黒あし病発病株まで菌の動態を詳細に追跡することで、これまで別の病気と整理されてきた両者の関係を明らかにすることが必要と思われる。

謝辞 本稿に記載した研究は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（27005C）およびイノベーション創出強化推進事業（30037C および 01022C）の支援を受けて実施した。研究にご協力いただいたホクレン，十勝農業協同組合連合会，ホクサン株式会社，北海道立総合研究機構，北海道大学，農研機構の関係者各位ならびに瀧川雄一名誉教授（静岡大学）に心より御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 青野桂之ら（2016）：北日本病虫研報 **67**：85～89.
- 2) AONO, Y. et al. (2021) : J. Gen. Plant Pathol. **87** : 209～218.
- 3) 青野桂之ら（2021）：日植病報 **87** : 184（講要）.
- 4) AONO, Y. et al. (2022) : Eur. J. Plant Pathol. **163** : 257～268.
- 5) CZAJKOWSKI, R. et al. (2011) : Plant Pathol. **60** : 999～1013.
- 6) 道総研（2018）：平成 29 年度 成績概要書，(<http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/30/f1/03.pdf>)
- 7) ———（2022）：令和 3 年度 成績概要書，(<http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/r4/f2/18.pdf>)
- 8) DUARTE, V. et al. (2004) : J. Appl. Microbiol. **96** : 535～545.
- 9) 藤本岳人ら（2017）：日植病報 **83** : 236（講要）.
- 10) FUJIMOTO, T. et al. (2017) : Plant Dis. **101** : 241.
- 11) ——— et al. (2018) : J. Gen. Plant Pathol. **84** : 124～136.
- 12) ——— et al. (2020) : ibid. **86** : 423～427.
- 13) 藤本岳人ら（2022）：日植病報 **88** : 200～201.
- 14) HÉLIAS, V. et al. (2012) : Plant Pathol. **61** : 339～345.
- 15) 平川崇史ら（2017）：日植病報 **83** : 234（講要）.
- 16) 堀田光生ら（2009）：植物防疫 **63** : 98～103.
- 17) KHAYI, S. et al. (2016) : Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **66** : 5379～5383.
- 18) 木村鉄也（2021）：最新農業技術 作物 vol. 13, 農山漁村文化協会，東京，p.135～143.
- 19) MA, B. et al. (2007) : Phytopathology **97** : 1150～1163.
- 20) NAKAYAMA, T. et al. (2021) : Eur. J. Plant Pathol. **159** : 917～939.
- 21) 中山尊登ら（2022）：日植病報 **88** : 201（講要）.
- 22) ———（2023）：同上 **89** : 48（講要）.
- 23) 日本植物病理学会（2023）：日本植物病名目録 2023 年 2 月版，日本植物病理学会，東京，2836 pp.
- 24) 農研機構（2022 a）：ジャガイモ黒あし病診断法標準作業手順書：45 pp., (https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP22-203K20220823.pdf)
- 25) ———（2022 b）：ジャガイモ黒あし病の発生を防ぐための工程管理マニュアル：71 pp., (<https://www.naro.go.jp/pub>)

- licity_report/publication/files/kuroashibyomanual_202203.pdf)
- 26) 小川智子ら (2021): 日植病報 **87**: 183~184 (講要).
 - 27) OISHI, Y. et al. (2021): Int. J Appl. Earth. Obs. Geoinf. **104**: 102509.
 - 28) 大堀英幹 (2015): いも類振興情報 **125**: 26~32.
 - 29) PALACIO-BIELSA, A. et al. (2006): Ann. Appl. Biol. **148**: 157~164.
 - 30) PORTIER, P. et al. (2019): Int. J. Syst. Evol. Microbiol. **69**: 3207~3216.
 - 31) 白井佳代ら (2021): 日植病報 **87**: 191 (講要).
 - 32) 染谷信孝ら (2020): 土と微生物 **74**: 66~76.
 - 33) SUHARJO, R. (2013): Ph. D. thesis, Shizuoka University, 235 pp.
 - 34) 田中文夫ら (2010): 北日本病虫研報 **61**: 57~60.
 - 35) 谷井昭夫 (1984): 北海道立農業試験場報告 **45**: 104 pp.
 - 36) TOTI, I. K. et al. (2011): Plant Pathol. **60**: 385~399.
 - 37) van der WOLF, J. M. et al. (2021): Plant Diseases Caused by *Dickeya* and *Pectobacterium* Species, Springer, Cham, p.215~261.



農林水産省プレスリリース (2023.4.1~2023.4.30)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

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

- ◆「令和5年度病害虫発生予報第1号」の発表について (23/4/12) [/j/press/syouan/syokubo/230412.html](https://j/press/syouan/syokubo/230412.html)
- ◆令和5年度(第24回)「民間部門農林水産研究開発功績者表彰」における候補者の募集開始について (23/4/14) [/docs/press/230414_12.html](https://docs/press/230414_12.html)
- ◆令和5年度(第19回)「若手農林水産研究者表彰」における候補者の募集開始について (23/4/14) [/docs/press/230414_11.html](https://docs/press/230414_11.html)
- ◆「令和5年度農薬危害防止運動」の実施について (23/4/28) [/j/press/syouan/nouyaku/230428.html](https://j/press/syouan/nouyaku/230428.html)

研究 報告

オオムギを間作したタマネギ圃場における ヒラタアブ幼虫によるアザミウマ類の捕食

宮城県農業・園芸総合研究所

せきね 関根 たかゆき 崇行・おおさか 正明*・いたばし 板橋 たける 建

はじめに

ヒラタアブ類はアブラムシ類の天敵として知られており、ヨーロッパでは一部の種がアブラムシ類防除用に製剤化され利用されている (PINHEIRO et al., 2015)。英名は Hoverfly で、文字通り花から花へホバリングしながら吸蜜する様子を春から秋にかけて観察することができる (図-1)。ヒラタアブ類の幼虫はアブラムシ類の重要な捕食者であるが、アブラムシ類以外にもチョウ目幼虫やアザミウマ類、コナジラミ類等も捕食することが知られている (LAUBERTIE et al., 2012)。しかしながら、このヒラタアブ類幼虫のアブラムシ類以外の農業害虫に対する密度抑制効果や生物防除資材としての利活用に関する知見は少なく、これらについては検討の余地がある。

当所では、二次植物としてオオムギを間作することでタマネギとキャベツの害虫を抑制する取組みを行っており、その効果については本誌でも紹介した (関根・大坂, 2020)。二次植物とは、土着天敵類の保護・強化による病害虫抑制を目的に圃場内外に導入された主作物以外の植物を指す (PAROLIN et al., 2012)。このうち岩手県、宮城県の春タマネギ栽培においては、オオムギ間作の導入によりネギアザミウマに対する寄生密度抑制効果が確認されている。本試験においては、タマネギ株上で肉食性の土着天敵類はヒラタアブ類の幼虫 (図-2) のみの確認であったことから、ヒラタアブ類幼虫のネギアザミウマ捕食が疑われた。そこで、オオムギ間作を導入したタマネギ圃場から採取したヒラタアブ類幼虫を対象に分子生物学的手法および実体顕微鏡観察により種同定とネギアザミウマ捕食の状況を確認した。

本報告は農研機構植物防疫研究部門を研究代表とする「戦略的国際共同研究推進委託事業 (JPJ008837)」の助



図-1 ハゼリソウに飛来したホソヒメヒラタアブ成虫



図-2 タマネギ株上のヒラタアブ類幼虫

成を受けて実施したもので、共同研究機関の農研機構東北農業研究センターと共同執筆した既報 (SEKINE and OSAKA et al., 2022) を基に作成した。

I ヒラタアブ類幼虫の種同定

1 ヒラタアブ類幼虫の採取

ヒラタアブ類幼虫は、2019年に宮城県名取市の宮城県農業・園芸総合研究所および岩手県盛岡市の東北農業研究センターで、オオムギ間作を導入した露地タマネギ圃場のタマネギ株上から採取した。タマネギは、宮城県では‘ネオアース’ (タキイ種苗(株)) を4月19日に、岩

Predation of Syrphid Larvae (Diptera: Syrphidae) on Thrips in Onion Fields Intercropped with Barley. By Takayuki SEKINE, Masaaki OSAKA and Takeru ITABASHI

(キーワード: ヒラタアブ, ネギアザミウマ, タマネギ, オオムギ, 間作, IPM)

*現所属: カゴメ株式会社イノベーション本部

手県では‘もみじ3号’((株)七宝)を4月18日に畝幅1.0 m, 畝間1.8 mの黒色プラスチックマルチを施設したベッドに株間10 cm, 条間20 cmの4条植えで定植した。間作に用いたオオムギは‘百万石’(カネコ種苗(株))で、種子を10 kg/10 aの割合でベッド間の通路部分に播種し覆土した。一般的に、宮城県では5月上旬から、岩手県では5月下旬からタマネギ株上でネギアザミウマの発生が確認される。宮城圃場では殺虫剤を使用しなかったが、岩手圃場では、6月6日にスピネトラム水和剤2,500倍液を散布した。宮城ではヒラタアブ類幼虫を6月13, 21, 27日に計15個体、岩手では7月10日と8月10日に計19個体の合計34個体をタマネギ株から採取した。採取したヒラタアブ類幼虫は、体長2~9 mmで1~3齢幼虫の全幼虫期を含むと推定された。同等の幼虫期の個体間においては、形態的な差異は確認できなかった。各採取日におけるタマネギ株へのネギアザミウマ寄生密度は、宮城と岩手の各圃場でそれぞれタマネギ1株当たり20~50個体および50~300個体であった。また、各採取日にはタマネギ株上にアブラムシ類の寄生は認められなかったが、オオムギ株上には低密度ながらアブラムシ類が確認された。

2 DNA抽出と解析

採取したヒラタアブ類幼虫については、サブクローニングによってmtCOIのDNAバーコーディング領域の配列を取得し、データベースに登録されている遺伝子配列との相同性解析によって種同定を試みた。

その結果、ヒラタアブ類幼虫全34個体のうち、19個体が *Sphaerophoria macrogaster* (ホソヒメヒラタアブ)、

10個体が *Melanostoma scalare* (ホシツヤヒラタアブ)、3個体が *Platycheirus pennipes* (アシブトヒラアシヒラタアブ)、そして2個体が *M. mellinum* (ホソツヤヒラタアブ)の登録配列とそれぞれ最も高い相同性を示し、いずれも99%以上の一致率であった。これらのことから、供試したヒラタアブ類の幼虫は、複数種存在していることが明らかになった。

各ヒラタアブ類幼虫の発生状況は、宮城圃場では6月13日と21日にホソヒメヒラタアブとホシツヤヒラタアブの両方の発生が確認され、6月27日にはホシツヤヒラタアブのみが観察された。一方、岩手圃場では、4種のヒラタアブ類の発生が確認され、ホソヒメヒラタアブが19個体中12個体と最も多く確認された。また、各ヒラタアブ類の構成比率についてみると、ホソヒメヒラタアブは宮城で46.7%, 岩手で63.2%であったが、ホシツヤヒラタアブは宮城で53.3%, 岩手で10.5%と大きな差があった(図-3)。これらのことから、本調査では供試個体数は少ないものの、オオムギを間作した際に確認されたヒラタアブ類は、時期や圃場によりその種構成が異なる傾向が見られた。今後は、圃場内のヒラタアブ類成虫や採取した幼虫を羽化させることで、形態的特徴から種同定を試みるなど、導入した二次植物種と発生するヒラタアブ種の関係等についてより詳細な検討を行ってみたい。

II ヒラタアブ類幼虫由来DNAからのアザミウマ種の解析

ヒラタアブ類幼虫が捕食したアザミウマ種をDNAレ

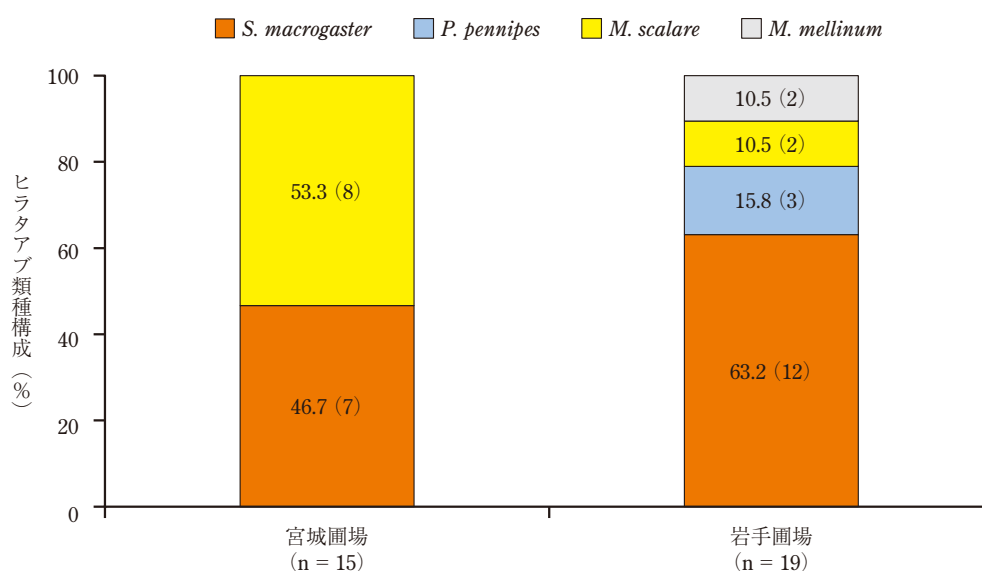


図-3 採取したヒラタアブ類幼虫の種構成 (SEKINE and OSAKA et al., 2022 を一部改変)
() 内は個体数を示す。

ベルで調べるため、TODA and KOMAZAKI (2002) によって報告のあるアザミウマ種判別のための PCR-RFLP 解析により、採取したヒラタアブ類幼虫の DNA 抽出物を対象にアザミウマ類の捕食の有無と捕食していた場合のアザミウマ種の同定を行った。なお、本解析によって一部のサンプルでは既報で報告のない断片サイズが検出されたため、これらのサンプルについては配列解析により種同定を試みた。

PCR-RFLP 解析の結果を図-4 に示した。ヒラタアブ類幼虫由来の DNA からは、3 パターン：パターン 1 (315 bp, 119 bp, 87 bp), パターン 2 (240 bp, 166 bp, 69 bp) およびパターン 3 (315 bp, 240 bp, 166 bp, 119 bp, 87 bp, 69 bp) の断片長が確認された。*Thrips tabaci* (ネギアザミウマ) と *Frankliniella occidentalis* (ミカンキイロアザミウマ) のゲノムの増幅断片長はそれぞれパターン 1, パターン 2 を示し (図-4), これらの断片長は, TODA and KOMAZAKI (2002) が報告したものと同一であった。これらのことから、本手法によるヒラタアブ類のアザミウマ類捕食調査は、捕食性の有無に加えて広範なアザミウマ種の発生が疑われる圃場条件下の調査において有効であると考えられた。さらに、採取したヒラタアブ類幼虫には、ネギアザミウマおよびミカンキイロアザミウマ

が単体で検出された個体に加え、両種ともに検出される場合が見られた。これらの内訳を見ると、ヒラタアブ類幼虫 34 個体中、ネギアザミウマ単体が 13 個体、ミカンキイロアザミウマ単体が 7 個体、両種ともに検出が 12 個体であった。このことから、宮城圃場および岩手圃場で確認されたヒラタアブ類幼虫の 86.7%, 63.2% がネギアザミウマのゲノムを含んでいることが明らかになった (図-5)。また、断片サイズから種同定ができなかった 2 個体は、塩基配列からいずれも *Anaphothrips obscurus* (クサキイロアザミウマ) と考えられた。今回採取したヒラタアブ類の 4 種すべてでネギアザミウマとミカンキイロアザミウマの捕食が確認され、種間による捕食性の相違についての傾向は確認されなかった。今後、さらに検体数を増やしてヒラタアブ種と捕食するアザミウマ種の関連性について解析することは、生物防除資材としてのヒラタアブ類活用に向けた情報を得ることができると考えられる。

III ヒラタアブ類幼虫のネギアザミウマ捕食行動の観察

宮城圃場のタマネギ株からヒラタアブ類幼虫 (体長 7~9 mm の 3 齢幼虫) を採取し、6 時間絶食させた。そ

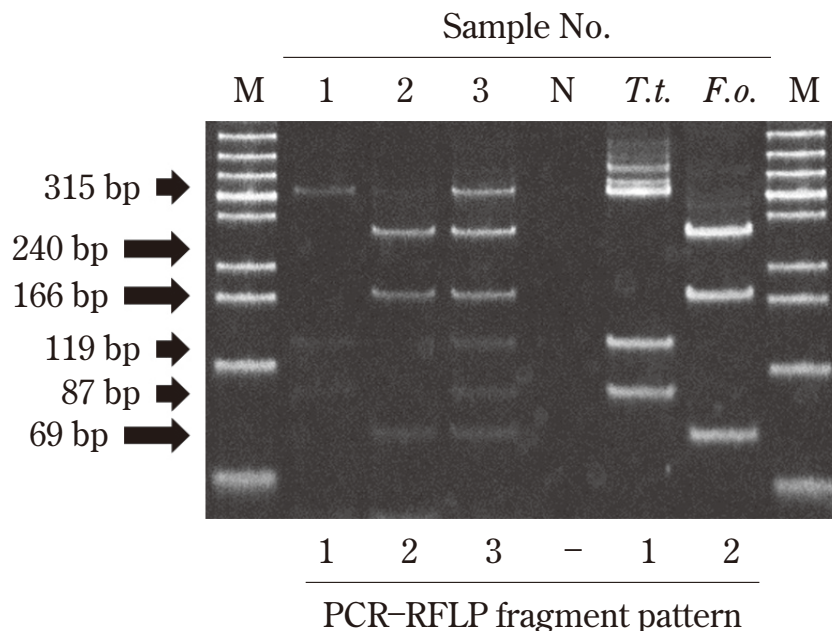


図-4 ホソヒメヒラタアブ (*Sphaerophoria macrogaster*) 試料から増幅したアザミウマ類 ITS 領域 (SEKINE and OSAKA et al., 2022 を一部改変)
サンプル番号 1, 2, 3 は、それぞれネギアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ、ネギアザミウマとミカンキイロアザミウマの両方を捕食した個体の断片長を示す。T.t. と F.o. はそれぞれネギアザミウマとミカンキイロアザミウマ単独から得た DNA の断片長を示す。N はネガティブコントロールで、鋳型として滅菌水を使用した。M は DNA ラダーマーカーで、50 bp ラダーを用いた。

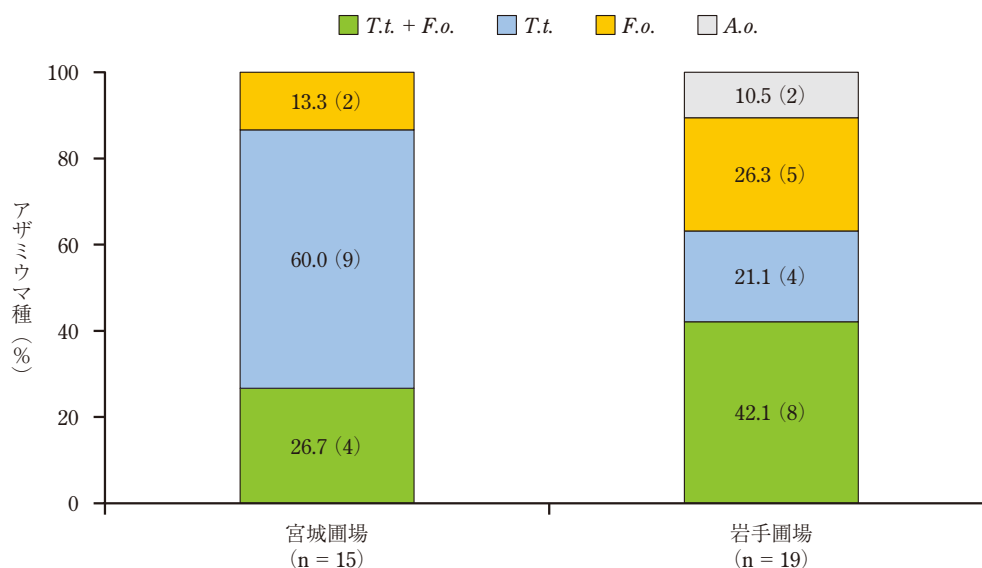


図-5 宮城圃場 (n = 15) および岩手圃場 (n = 19) で採取したヒラタアブ類幼虫由来 DNA から検出されたアザミウマ種の割合 (SEKINE and OSAKA et al., 2022 を一部改変)

T.t., *F.o.*, *A.o.* はそれぞれ、ネギアザミウマ、ミカンキイロアザミウマ、クサキイロアザミウマを表す。*T.t.* + *F.o.* はネギアザミウマとミカンキイロアザミウマの両方が検出されたことを示す。() 内は個体数を示す。

の後ネギアザミウマ幼虫が寄生したタマネギ葉片上にヒラタアブ類幼虫を導入し、ネギアザミウマの捕食状況を実体顕微鏡下で観察した。

ヒラタアブ類幼虫 10 頭の行動を観察した結果、そのすべての個体がネギアザミウマ幼虫を捕食した。捕食行動は積極的に移動しながら捕食する場合と、静止したまま捕食する場合が観察され、後者の場合は移動中のネギアザミウマ幼虫がヒラタアブ類幼虫に触れたときに頭を獲物に向けて捕食した。いずれの場合もヒラタアブ類幼虫はネギアザミウマ幼虫をそのまま飲み込んだ。一方、ヒラタアブ類幼虫にムギクビレアブラムシを与えた場合には、その外骨格を残して内容物を数分に渡って吸汁し、外骨格殻は体を振って投げ捨てるような行動をした。

おわりに

CHANDLER (1968) はヒラタアブ類の産卵習性をアブラムシ類コロニーに誘引されその近くに産卵するグループと、植物自体に誘引されアブラムシ類の存否には関係なく産卵する二つのグループに大別した。ここで、本試験で確認されたホソヒメヒラタアブやホシツヤヒラタアブは前者に含まれる。本試験ではタマネギ株にアブラムシ類の寄生は確認されておらず、実際にヒラタアブ類の卵もタマネギ株上では確認できなかった。一方、間作したオオムギ上には少発生ではあるが、*Scizaphis graminum* (ムギミドリアブラムシ) や *Rhopalosiphum padi* (ムギ

クビレアブラムシ) 等のアブラムシ類の寄生が確認され、ヒラタアブ類の卵もオオムギ上では確認されている。このことから、間作したオオムギはヒラタアブ類の温存植物として機能し、ふ化した幼虫は捕食対象を求めてタマネギ株に移動してネギアザミウマを捕食したことが推察された。一方、ヒラタアブ類幼虫の解析からはネギアザミウマ以外のアザミウマ種の捕食も示唆されており、周辺雑草などとの往来も考えられた。今後の圃場試験などを通じてその可能性を検証する必要がある。一方、タマネギ株上に存在するヒラタアブ類の幼虫数は、10 株に 1 頭程度と非常に低密度であった (SEKINE et al., 2021)。ヒラタアブ類幼虫のネギアザミウマ捕食量については未検討であるが、ヒラタアブ類幼虫は、その幼虫期間を通じて 500 頭程度のアブラムシ類を捕食するとの報告があり (HOPPER et al., 2011)、その貪欲な捕食活動には期待が持てる。

ヒラタアブ類の成虫は、花蜜や花粉を摂取し、繁殖や飛翔活動のためのエネルギー源として利用している (GILBERT, 1981)。なかでもソバやハゼリソウ等一部の植物への高い誘引性が知られている (LAUBERTIE et al., 2012)。現在、我々はタマネギ圃場においてオオムギ間作とこれら開花植物を組合せることで、ヒラタアブ類の活動をさらに保護強化し、ネギアザミウマに対する密度抑制効果の増強を目的とした試験に取り組んでいる。

引用文献

- 1) CHANDER, A. E. F. (1968): *Ann. Appl. Biol.* **61**: 435~446.
- 2) FOLMER, O. et al. (1994): *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* **3**: 294~299.
- 3) GILBERT, F. S. (1981): *Ecol. Entomol.* **6**: 245~262.
- 4) HOPPER, J. V. et al. (2011): *Biol. Control.* **58**: 271~276.
- 5) LAUBERTIE, E. A. et al. (2012): *ibid.* **61**: 1~6.
- 6) PAROLIN, P. et al. (2012): *Int. J. Pest. Manag.* **58**: 369~377.
- 7) PINHEIRO, L. A. et al. (2015): *BioControl.* **60**: 47~57.
- 8) 関根崇行・大坂正明 (2020): *植物防疫* **74**: 680~686.
- 9) SEKINE, T. et al. (2021): *Appl. Entomol. Zool.* **56**: 59~68.
- 10) ————— and M. OSAKA et al. (2022): *ibid.* **57**: 305~311.
- 11) TODA, S. and S. KOMAZAKI (2002): *Bull. Entomol. Res.* **92**: 359~363.



リンゴ園の地表性クモ類に対する下草による殺虫剤の影響回避

宮城県農業・園芸総合研究所

こまがた 駒形 やすゆき 泰之・大江 おおえ 高穂・関根 たかゆき 崇行

はじめに

農地生態系において、土着天敵の保護と活用は持続的な農業生産を図るうえで重要である (OUYANG et al., 2012)。その中でもクモ類は害虫の密度抑制に長けた分類群と考えられており (MARC et al., 1999)、実際にリンゴ園においても、アブラムシ類やカメムシ類を始めとする重要害虫を捕食し密度抑制に寄与していることが複数の研究から推測されている (MARC et al., 1999; MARKÓ et al., 2009; LEFEBVRE et al., 2017)。

そうしたクモ類に対して、果樹害虫の防除に使用される非選択性殺虫剤は強い負の影響を及ぼす (JANSEN et al., 2008; KHAN, 2012)。したがって、こうした薬剤散布の影響を回避することは、果樹園のクモ類を温存するうえで重要である (MARKÓ et al., 2009)。そのための主な管理手法の一つとして、選択性殺虫剤の使用のほか、下草管理が挙げられる (FUNAYAMA, 2014)。下草は植食性昆虫に餌を提供し、高次捕食者の餌を提供することなど、農地生態系における節足動物をサポートするうえで鍵となる役割をもつといわれている (SONODA et al., 2013)。そればかりではなく、繁茂した下草が天敵の避難場所を提供し、農薬による負の影響を緩和する可能性も推測されている (FUNAYAMA and KOMATSU, 2020)。

そこで我々は、リンゴ園における主要な下草の草種ごと薬液遮蔽効果を比較するとともに、殺虫剤散布条件下における下草による地表性クモ類の温存効果を、下草無除草区と除草区の間で比較した (KOMAGATA et al., 2022) ので、紹介する。

I 下草条件の違いによる地表面に到達する散布液量の比較

2020年に、下草条件の違いによる地表面に到達する散布液量の違いを比較するため、感水紙を用いた試験を

実施した。感水紙は表面がプロモフェノールによりコーティングされた黄色の紙片であり、濡れると黄色から青色に変色するため、散布パターンの評価にしばしば使われる。調査は8月28日と9月8日の日中に実施した。リンゴの樹列間に1 m × 1 m コドラートを設置し、シロツメクサ *Trifolium repens* が植生被度 77.5% 程度で優占する区画 (シロツメクサ区)、オオバコ *Plantago asiatica* が植生被度 80.0% 程度で優占する区画 (オオバコ区)、イネ科草本が植生被度 100% で優占する区画 (イネ科区)、刈払機で 3 cm 未満に刈った直後の区画 (除草区) の4種類の条件を設けた。除草区では、除草処理後、残渣を可能な限り取り除いた。また、上に示した各植生被度の算出は豊島・高梨 (2007) の手法を一部改変して実施した。すなわち、画像処理ソフトの ImageJ (v.1.53 c) 上で各コドラートを 16 分割し、各分割について最も優占する植物種を決定することで、16 分率で草種別の被度データを取得した (図-2)。ただし、分割内を同程度に被覆する草種がある場合には被度をさらに等分し 32 分率のデータとした。

それぞれのコドラート内に感水紙を4枚ずつ配置した。その後、肩掛け式手動噴霧器を用いて、水道水をコドラート全体に20秒間均一に噴霧した。散布液量は 180 ml/分とし、地上高 50 cm の高さを保って散布した。除草区では上記の条件で感水紙のほぼ全体が青色に変色したことから、下草による遮蔽効果の過小評価を防ぐためにこれ以上の散布は実施しなかった。散布後、ただちに感水紙を回収し、白色トレイを背景にデジタルカメラにより撮影を行い ImageJ を用いて感水紙の画像データを二値化し、濡れ面積を算出した (図-3)。その結果、感水紙上の濡れ面積割合については、除草区で他のすべての区画よりも有意に大きかった (図-4)。また、イネ科区の濡れ面積割合はオオバコ区およびシロツメクサ区よりも有意に大きかった (図-4)。オオバコ区とシロツメクサ区間については濡れ面積割合に有意な差はなかった (図-4)。以上の結果より下草の存在によって地表面に到達する散布液量が減少し、その遮蔽効果はイネ科区よりも広葉草本のシロツメクサ区やオオバコ区において

Unmown Ground Cover Mitigates the Negative Effects of Insecticide on Ground Spiders in Apple Orchards. By Yasuyuki KOMAGATA, Takaho OE and Takayuki SEKINE

(キーワード: 土着天敵, クモ類, リンゴ園, 下草管理)

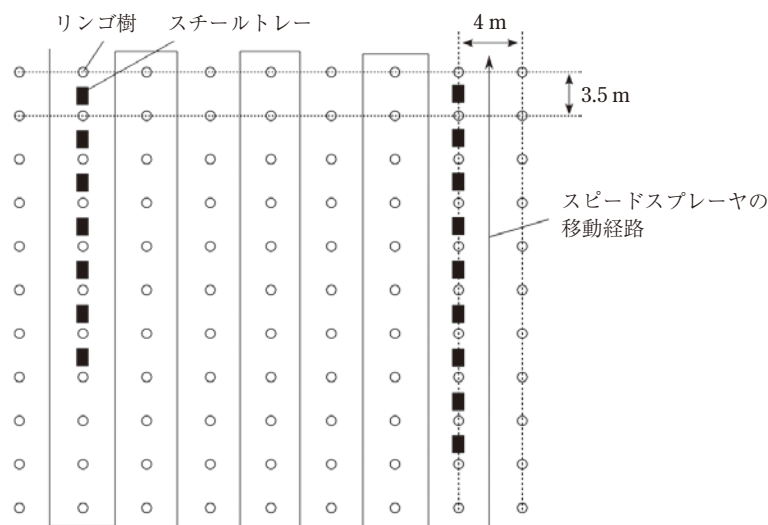


図-1 スピードスプレーの通過経路とリンゴ樹および調査地点の配置
(KOMAGATA et al. (2022) を一部改変)

16個のスチールトレイの重量をあらかじめ測定しておき、リンゴ樹列間に静置した。薬剤散布量は $200 \text{ l}/1,000 \text{ m}^2$ とした。

大きいことが明らかとなった。この要因として、それぞれの草種の空間的な構造が作用しているものと推察される。また、感水紙上において重複して散布された箇所や $50 \mu\text{m}$ 以下の水滴は検出できないため、すべての条件で濡れ面積割合は過小評価された可能性がある。

II クモ類に対する下草による非選択性殺虫剤の影響回避効果

予備実験によりスピードスプレーの慣行散布液量から地表面に落下する液量を計測した結果、約 $80 \text{ ml}/\text{m}^2$ となった。この散布量を再現した以下の圃場試験により、下草管理の違いによる殺虫剤散布のクモ類への影響を比較した。調査は、 $9 \text{ m} \times 9 \text{ m}$ のコドラート (A, B, C, D) を四つ設置して実施し、各コドラートは互いに 50 m 以上離して設定した。A, B, C は果樹園の端に、D はリンゴ樹列間に設置した。コドラート A および B はシロツメクサまたはオオバコが優占しており（合計値の平均被度 60.0% ）、7月9日に調査を開始した。コドラート C および D はイネ科草本またはギンギシ *Rumex japonicus* が優占しており（合計値の平均被度 81.3% ）、8月26日に調査を開始した。各コドラート内に $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ のサブコドラートを四つ設置し、それぞれのサブコドラートには、殺虫剤散布を行わない除草区 (M)、殺虫剤散布を行う除草区 (Mi)、殺虫剤散布を行わない無除草区 (U) および殺虫剤散布を行う無除草区 (Ui) の4処理区を設定した（図-5）。M および Mi 区では、刈払い機を用いて 3 cm 以下の高さとなるよう除草した。また、サブコ



図-2 オオバコが優占する下草区画
黄色の直線により 1 m^2 コドラート内を16分割し、草種ごとの被度データを算出した。

ドラート周辺の区画も同様に除草処理を実施した。1回目の除草処理後は7日間放置し、その後2回目の除草処理を実施した。2回目の除草処理の7日後の、7月23日および9月9日の日中に Mi および Ui 区で殺虫剤散布を実施した。散布はアクリナトリン水和剤 (IRAC コード 30) の $1,000$ 倍希釈液を肩掛け式手動噴霧器により $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 区画全体に1分間均一に噴霧した。散布液量は $180 \text{ ml}/\text{分}$ とし、地上高 50 cm の高さを保って散布を実施した。3時間後、各処理区の中央にエチレングリコール溶液を入れたビットフォールトラップを設置し

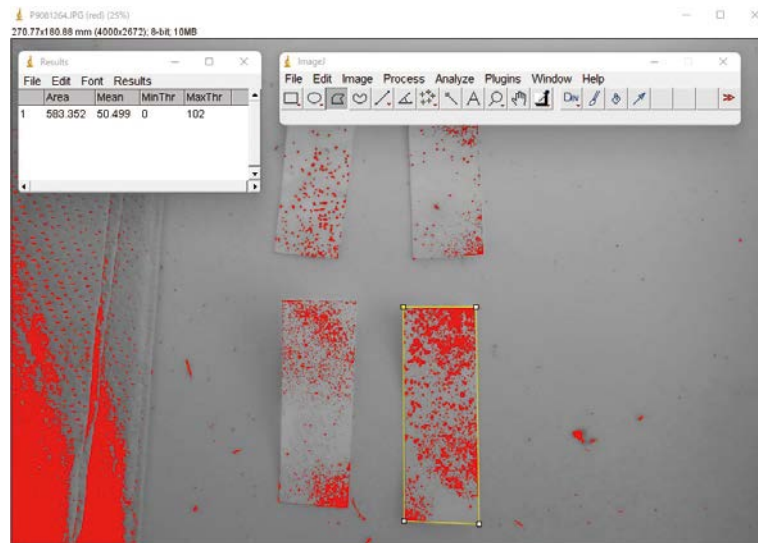


図-3 imageJによる感水紙画像データの解析例
黄色の枠で囲った感水紙の濡れ面積（赤色部分）は約 583 mm² と算出された。

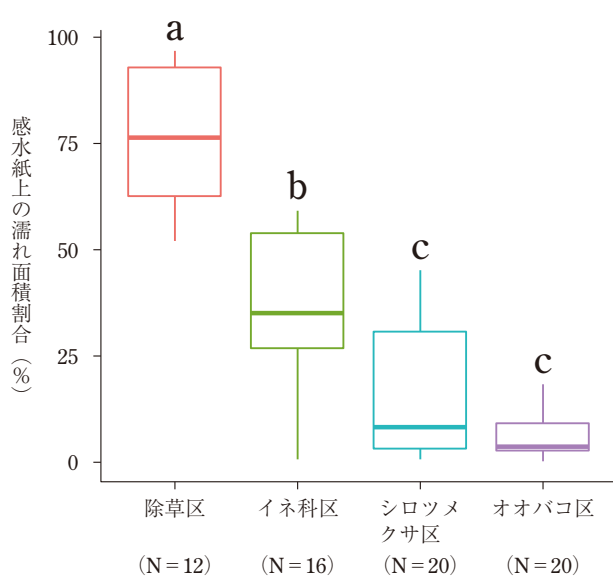


図-4 下草条件別の感水紙上の濡れ面積割合 (KOMAGATA et al. (2022) を一部改変)

箱の下端および上端はそれぞれ第一，第三四分位数，箱の中央線は中央値，ひげの下端および上端は第一，第三四分位数 + 四分位範囲 × 1.5 内の最小値および最大値を示す。アルファベットは同一文字間で有意差がないことを示す (Steel-Dwass test, $P < 0.05$)。

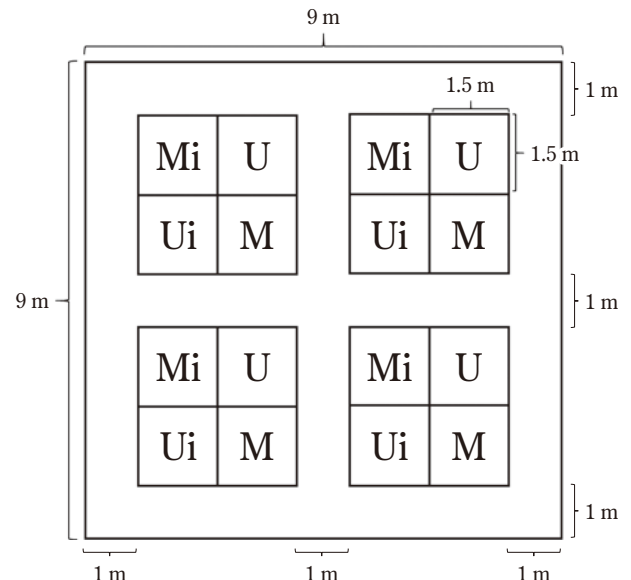


図-5 ピットフォールトラップ試験における処理区の配置 (KOMAGATA et al. (2022) を一部改変)

略字は以下の通り：U：無除草区，Ui：無除草・殺虫剤散布区，M：除草区，Mi：除草・殺虫剤散布区。

た。トラップは設置 5 日後に回収し，小野 (2009) にしたがって科レベルまでの同定を行った。

その結果，捕獲されたクモ類群集においてはサラグモ科やコモリグモ科が優占していた (表-1)。無除草の U, Ui 区においては除草処理を実施した M, Mi 区よりもコモリグモ科の捕獲頭数が少なかった一方，サラグモ科の捕獲頭数が多かった (表-1)。クモ類群集組成は地表面の物理構造に影響を受けることが報告されており

表-1 ピットフォールトラップによるクモ類捕獲頭数の合計値 (KOMAGATA et al. (2022) を一部改変)

科	処理区			
	無除草区	無除草・殺虫剤散布区	除草区	除草・殺虫剤散布区
コモリグモ科	31	40	89	51
サラグモ科	22	29	11	9
その他	7	15	17	13

(GÓMEZ et al., 2016 ; ROSAS-RAMOS et al., 2018), コモリグモ科は開けた環境を好むとされている一方 (ČERNECKÁ et al., 2020), サラグモ科は地表構造の異質性を好むと考えられている (LANDIS et al., 2000)。このことから、本研究において下草管理間で見られたクモ類群集の違いは地表面の物理的構造の違いを反映している可能性が考えられる。

また、クモ類捕獲頭数の合計値に関して、除草処理を実施した M 区と Mi 区を比較したところ、殺虫剤散布を実施した Mi 区におけるクモ類捕獲頭数は殺虫剤を散布しなかった M 区よりも有意に少なかった (図-6)。その一方で除草処理を実施しなかった U 区と Ui 区の比較では、殺虫剤散布を実施した Ui 区における捕獲頭数の低下は確認されず、むしろ殺虫剤散布を実施した Ui 区において捕獲頭数がわずかに増加した (図-6)。果樹園において、クモ類は殺虫剤による影響を受けやすいことから (MARKÓ et al., 2009), 遮蔽物としての下草が存在しない Mi 区ではクモ類が顕著に減少したものと推察される。また、CAPRIO et al. (2015) は、ブドウ園において下草の被度と草丈が高いほどクモ類の複数の分類群における種の豊富さや発生量に正の影響を与えることを示した。さらに、他の先行研究では下草が殺虫剤の散布液を遮蔽することで天敵保護に寄与する可能性が推定されている。例えば、FUNAYAMA and KOMATSU (2020) は、非選択性殺虫剤を散布したリンゴ園において下草の無除草管理を行った園地では、除草管理を実施した園地よりもカブリダニ類の発生量が多いことを報告しており、このことから、下草の存在によって地表に生息するカブリダニ類が

殺虫剤から保護されている可能性が推察されている。

地表性の天敵を温存することで、モモシクイガなどの生活史の一部を地表面で過ごす害虫の密度を抑制する可能性が指摘されている (FUNAYAMA, 2014)。また、最近の研究では、樹上に発生するクモ類がリンゴ葉に寄生する害虫密度の上昇を抑制することが示されている (LEFEBVRE et al., 2017)。地表面におけるクモ類が年間を通じてどの程度リンゴ樹上に生息する害虫の防除に寄与するかの推定には、地表から樹上へのクモ類の季節的な移動量を定量化することが不可欠であると考えられる。

おわりに

本研究はいずれも単年のみの試験から構成されており、特にピットフォールトラップ試験に関しては年次間差による影響が大きい可能性がある。そのため、下草の持つ機能についてより頑健な検証を行うためには、より長期間かつ規模の大きい研究が必要であると考ええる。また、本研究の内容に関してクモ学がご専門の方々と十分に議論できていない心配があるため、アドバイスなどご指導いただければ幸いである。

下草管理を介した天敵温存に関する研究は、特に難防除害虫であるナミハダニの生物的防除の観点から近年多くの研究者によって実施されている。下草の高刈り管理を実施すると地表面の水分量やバイオマスに影響を与えるため、草本群集の変化だけではなく土壤動物、植食者、上位捕食者の発生にも影響が波及することが想定される。実際に、調査をする中で、下草の高刈り管理は、従来の管理方法である下草の低刈り管理よりも多くの生物

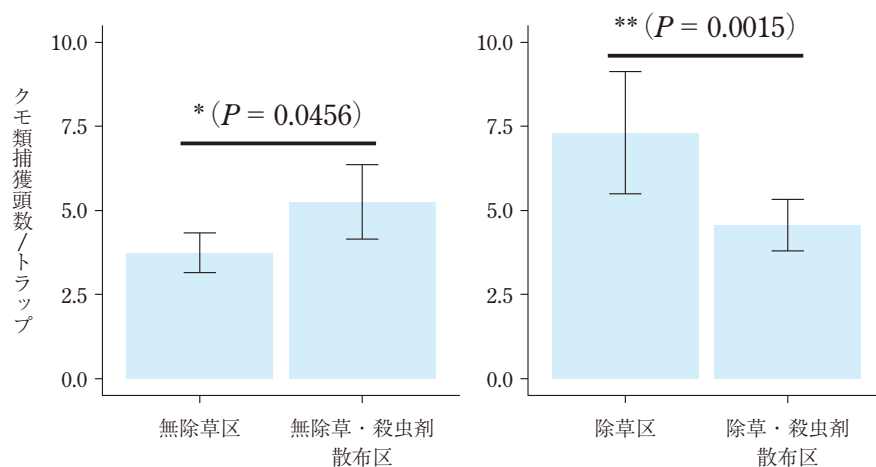


図-6 ピットフォールトラップ試験によるクモ類捕獲頭数 (KOMAGATA et al. (2022) を一部改変) 除草を行った処理区では殺虫剤散布によってクモ類捕獲頭数が減少した一方、無除草の処理区では殺虫剤による捕獲頭数の減少は検出されなかった (repeated-measures ANOVA, * : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$). ピットフォールトラップは7月22日または9月9日から5日間設置したのち回収した。

間相互作用が生じているように実感することが多い。現在筆者は、リンゴ樹幹に設置したトラップによる天敵などの捕捉状況の調査を行っており、下草からリンゴ樹上への天敵移動量の季節変動に関する知見や、土壌動物の発生についても新しい知見が集積しつつある。機会に恵まれればこれらの知見を紹介したいと考えている。

引用文献

- 1) CAPRIO, E. et al. (2015): Agric. Syst. **136**: 61~69.
- 2) ČERNECKÁ, E. et al. (2020): Insect. Conserv. Divers. **13**: 250~261.
- 3) FUNAYAMA, K. (2014): Appl. Entomol. Zool. **49**: 183~187.
- 4) ————— and M. KOMATSU (2020): ibid. **55**: 379~384.
- 5) GÓMEZ, J. E. et al. (2016): J. Arachnol. **44**: 28~35.
- 6) JANSEN, J. P. et al. (2008): IOBC/WPRS Bulletin. **35**: 66~77.
- 7) KHAN, A. (2012): Chin. J. Biol. **26**: 1~10.
- 8) KOMAGATA, Y. et al. (2022): Appl. Entomol. Zool. **57**: 385~391.
- 9) LANDIS, D. A. et al. (2000): Annu. Rev. Entomol. **45**: 175~201.
- 10) LEFEBVRE, M. et al. (2017): Biol. Control. **104**: 57~65.
- 11) MARC, P. et al. (1999): Agric. Ecosyst. Environ. **74**: 229~273.
- 12) MARKÓ, V. et al. (2009): Biol. Control. **48**: 115~124.
- 13) 小野展嗣 編 (2009): 東海大学出版会.
- 14) OUYANG, F. et al. (2012): PloS One **7**: e44379.
- 15) ROSAS-RAMOS, N. et al. (2018): Agric. Ecosyst. Environ. **265**: 244~253.
- 16) SONODA, S. et al. (2013): Appl. Entomol. Zool. **48**: 65~72.
- 17) 豊島真吾・高梨祐明 (2007): 果樹研報 **6**: 31~37.

新しく登録された農薬 (2023.4.1~2023.4.30)

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

「殺虫剤」

●メタアルデヒド水和剤

24761：ナメトックススプレー（住友化学園芸）2023/4/5
メタアルデヒド：0.15%

かんきつ：ナメクジ類，カタツムリ類：収穫30日前まで
キャベツ，レタス：ナメクジ類，カタツムリ類：収穫
14日前まで

果樹類（かんきつを除く）：ナメクジ類，カタツムリ類：－
野菜類（いちご，はくさい，キャベツ，レタス，非結球
レタス，れんこんを除く）：ナメクジ類，カタツムリ
類：－

いちご，はくさい：ナメクジ類，カタツムリ類：－
キャベツ，レタス：ナメクジ類，カタツムリ類：－

非結球レタス：ナメクジ類，カタツムリ類：－

花き類・観葉植物：ナメクジ類，カタツムリ類：－

「殺菌剤」

●セダキサン・フルジオキシニル・メタラキシル M 水和剤

24762：ビブランス SB（シンジエンタ）2023/4/26

セダキサン：1.45%

フルジオキシニル：2.18%

メタラキシル M：1.45%

てんさい：苗立枯病（ピシウム菌），苗立枯病（リゾク
トニア菌）：は種前



和歌山県における QoI 剤耐性ウメ黒星病の発生

和歌山県果樹試験場 ^{たけ}武 ^だ田 ^{とも}知 ^{あき}明
 和歌山県果樹試験場うめ研究所 ^{ひし}菱 ^{いけ}池 ^{まさ}政 ^し志
 和歌山県日高振興局 ^{ぬま}沼 ^{ぐち}口 ^{こう}孝 ^じ司

はじめに

ウメ黒星病は *Venturia carpophila* (シノニム *Cladosporium carpophilum*) を病原とし、果実に 2~3 mm の黒色円形病斑を形成する(菱池, 2021)(図-1)。和歌山県のウメ栽培園地では無防除とした場合に本病が多発することが多いため、重要病害の一つとなっている。本病の防除時期は 3 月下旬から 5 月下旬である(夏見・湯川, 1991)。この時期に、2 週間間隔で薬剤防除を行えば、発生が問題となることはほとんどなかった。しかし、2012 年に本県のウメ栽培園地において、慣行防除を行っているにもかかわらず本病が多発する事例が発生した。

本病に対する防除薬剤の一つとして、QoI (Quinone outside inhibitor) 剤であるクレソキシムメチル水和剤(商品名: ストロビードライフフロアブル)が用いられる。本剤は、黒星病に対する効果が高いうえ、すす斑病やうどんこ病との同時防除が可能であることから産地では長

期間にわたり使用されてきた。一方で、QoI 剤の耐性菌発生リスクは高く (FRAC, 2021)、国内の果樹類では、カンキツ灰色かび病菌(間佐古ら, 2005)、リンゴ斑点落葉病菌(佐藤, 2013)、ブドウ褐斑病菌(菊原ら, 2014)、リンゴ黒星病菌(平山ら, 2017)等で QoI 剤耐性が報告されている。また、海外ではすでにウメ黒星病と病原を同じくするアーモンド黒星病 (Almond Scab) で QoI 剤耐性が報告されており (Luo et al., 2013)、本県の事例においても QoI 剤耐性が疑われた。そこで、本県のウメ栽培園地から分離したウメ黒星病菌について、現場で長年使用されているクレソキシムメチル水和剤と 2012 年頃から産地で使用され始めたアゾキシストロビン水和剤(商品名: アミスター 10 フロアブル)に対する感受性を培地検定および生物検定で調べた結果、QoI 剤耐性ウメ黒星病菌の発生を確認した(武田ら, 2022)ので紹介する。

I 薬剤添加培地による感受性検定

主産地のウメ栽培園地から分離したウメ黒星病菌のクレソキシムメチルおよびアゾキシストロビンに対する感受性について、培地を用いて検定した。2013 年と 2014 年の 6 月に、日高郡みなべ町、印南町および田辺市の 19 園地から「南高」の罹病果実または罹病葉を採集し、41 菌株を分離した。分離は、病斑と健全部の境界をカミソリで薄く数ミリ角に切り取り、70%エタノールに数秒間浸漬した後、素寒天培地に置床し、伸長した菌糸を単菌糸分離することで行った。これらのうちクレソキシムメチルの検定には全 41 菌株を、アゾキシストロビンの検定には 22 菌株を供試した。対照菌株として、うめ研究所内の殺菌剤無散布の園地から 2004 年に分離した U4 株、2009 年に分離した UY1 株および UY2 株の計 3 菌株を供試した。検定培地には、各薬剤の有効成分濃度が 0, 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50 および 100 ppm となるよう調整した PDA 培地に Alternative oxidase (AOX) 阻害剤である没食子酸 n-プロピルを最



図-1 ウメ黒星病の果実病斑

Occurrence of QoI-Resistance Strains of *Venturia carpophila* Causing Japanese Apricot Scab in Wakayama Prefecture. By Tomoaki TAKEDA, Masashi HISHIKE and Koji NUMAGUCHI

(キーワード: 和歌山県, ウメ, 黒星病, QoI 剤耐性)

終濃度が 2 mM となるよう添加したものをを用いた。検定培地に白金糸で切り取った 2 mm 角の菌そう片を置床し、25℃、暗黒下で培養し、7 日後および 47 日後に菌そう直径を測定して菌そう生育量（7 日後と 47 日後の菌そう直径の差）を調べた。薬剤無添加区の菌そう生育量との比較により各濃度の菌糸生育阻止率を算出し、プロビット法により 50% 生育阻止濃度（EC₅₀ 値）を求めた。

結果を表-1 に示した。供試薬剤の対照 3 菌株に対する EC₅₀ 値はクレソキシムメチルが 0.05 ppm 以下、アゾキシストロビンが 5 ppm 以下であった（図-2）。検定に供試した菌株に対するクレソキシムメチルの EC₅₀ 値は、9 菌株が 0.01~1 ppm、32 菌株が 100 ppm 超の 2 峰性を示した。アゾキシストロビンの EC₅₀ 値も同様に 5 菌株が 0.05~5 ppm、17 菌株が 50 ppm 超の 2 峰性を示したため、両剤ともに前者が感受性菌株、後者が感受性低下菌株だと考えられた。また、多発園から分離したすべての菌株が感受性低下菌株であった。一方、少発園地から得られた菌株については、クレソキシムメチルに対して

は 12 菌株のうち 3 菌株が、アゾキシストロビンに対しては 7 菌株のうち 2 菌株で感受性の低下が認められた。

II 生物検定による QoI 剤の防除効果

培地検定において感受性低下が認められた菌株に対するクレソキシムメチル水和剤およびアゾキシストロビン水和剤の防除効果を生物検定で調査した。2013 年に多発園地から分離し、両剤の EC₅₀ 値が 100 ppm 超の 3 菌株（A3 株、B6 株、C1 株）と、対照として感受性菌 1 菌株（U4 株）を供試した。供試薬剤はクレソキシムメチル水和剤 2,000 倍およびアゾキシストロビン水和剤 1,500 倍とした。PDA 培地で前培養した供試菌株の菌そう磨砕液をオートミール培地に流し込み、25℃、BLB ライト照射下で 21 日間培養することで分生子を形成させ、 1×10^5 個/ml に調整した分生子懸濁液を接種源とした。2014 年 4 月 9 日に、うめ研究所内ガラスハウス植栽の 13 年生「南高」の側枝に、ハンドスプレーを用いて供試薬剤を散布した。散布 1 日後にハンドスプレーで接種源

表-1 ウメ黒星病菌に対するクレソキシムメチルおよびアゾキシストロビンの EC₅₀ 値（武田ら、2022 より改変）

供試薬剤	採集園地の 発生状況	園地 数	供試 菌株数	EC ₅₀ （50%生育阻止濃度）																
				0.01	<	0.05	<	0.1	<	0.5	<	1	<	5	<	10	<	50	<	100
クレソキシムメチル 水和剤	多発生	7	29	0		0		0		0		0		0		0		0		29
	少発生	12	12	3		1		4		1		0		0		0		0		3
	計	19	41	3		1		4		1		0		0		0		0		32
アゾキシストロビン 水和剤	多発生	5	15	0		0		0		0		0		0		0		0		15
	少発生	7	7	0		1		2		0		2		0		0		1		1
	計	12	22	0		1		2		0		2		0		0		1		16

対照 3 菌株に対する供試薬剤の EC₅₀ 値。

クレソキシムメチル：U4 株 0.005 ppm、UY1 株 0.05 ppm、UY2 株 0.03 ppm。

アゾキシストロビン：U4 株 0.38 ppm、UY1 株 0.36 ppm、UY2 株 1.83 ppm。



図-2 薬剤添加培地による感受性検定

クレソキシムメチル添加 PDA 培地（100 ppm）における感受性菌株（左）と耐性菌株（右）の菌そう生育（25℃、47 日後）。

を噴霧し、ビニル袋で覆い、48 時間高湿度を維持した。なお、供試菌株ごとに薬剤無散布の側枝にも同様に接種した。6 月 2 日（接種 53 日後）に側枝に着生した全果実の発病を調査した。

その結果、対照の U4 株に対する防除価は、いずれの QoI 剤でも 100 であった（表-2）。これに対し、供試した 3 菌株（A3 株、B6 株、C1 株）に対する防除価は、クレソキシムメチル水和剤では A3 株 16.3、B6 株 41.6、C1 株 0、アゾキシストロビン水和剤では A3 株 58.8、B6 株 37.4、C1 株 0 と、両剤における明らかな防除効果の低下が認められた。これらのことから、本県における QoI 剤耐性ウメ黒星病菌の発生が明らかとなった。海外では、同病原菌のアーモンド黒星病菌において QoI 剤耐性菌が報告されているが（Luo et al., 2013）、我が国においてはウメ黒星病菌における QoI 剤耐性菌は初めての報告となる。なお、QoI 剤耐性はチトクロム b 遺伝子の点突然変異により、143 番目のアミノ酸がグリシンからアラニンに置換（G143A 変異）することが主因とされる（石井, 2012）。そこで、本病の耐性菌 3 菌株と感受性菌 1 菌株について、Luo et al. (2013) に記載のプライマーペア（CCF1-2/CCR1-2）を用いてチトクロム b 遺伝子のシーケンス解析を実施したところ、耐性菌 3 菌株のみで G143A 変異を確認した（データ省略）。今後さらに多くの菌株についても解析する必要がある。

III 耐性菌発生の原因と対応

クレソキシムメチル水和剤は、2006 年に和歌山県農

作物病害虫および雑草防除指針に採用されて以降、多くの園地で年 1～2 回散布されてきた。ウメ黒星病菌と同じ *Venturia* 属のリンゴ黒星病菌の例では、年間 2 回の QoI 剤散布により耐性菌が発生したことが報告されている（平山ら, 2017）。本病原菌においても、年間 1～2 回の散布を 7 年程度続けたことが耐性菌の発生を助長したものと推察された。また、多発園から分離されたすべての菌株で感受性の低下が確認されたため、2012 年以降に一部園地で本病が多発した要因の一つに耐性菌密度の増加が考えられた。

耐性菌発生への対応としては、感受性低下菌株が認められた 2013 年に、当該地域の普及指導員や農協の営農指導員等の技術者に対して速やかに情報を提供した。QoI 剤においては交差耐性が知られており（稲田ら, 2008；澤岬ら, 2014；雪田, 2017）、本研究においても、クレソキシムメチルの耐性菌は、アゾキシストロビンにも交差耐性を示した。さらに、本病の発生が問題となっていない少発生園においても QoI 剤耐性菌が分離されたため、QoI 剤を使い続ければ、近い将来耐性菌が優占する可能性が危惧された。これらのことを考慮し、黒星病防除を目的とした QoI 剤の散布を控えるよう指導を行った。幸い本病に対しては、ジチアノン水和剤、ジフェノコナゾール水和剤、キャプタン水和剤、水和硫黄剤等の高い防除効果を示す薬剤が多く、代替剤への変更は比較的容易であった。また、本病の多発園地では伝染源となる発病枝が多い傾向が認められたため、発病枝のせん除など耕種的防除の励行についても指導した。

表-2 ウメ黒星病菌に対する QoI 剤の防除効果（武田ら, 2022 より改変）

菌株名	供試薬剤	調査果数 ^a	発病果率%	発病度 ^b	防除価 ^c
A3	クレソキシムメチル水和剤	36	97.2	64.4	16.3
	アゾキシストロビン水和剤	15	80.0	31.7	58.8
	無散布	25	96.8	76.9	
B6	クレソキシムメチル水和剤	39	93.3	46.7	41.6
	アゾキシストロビン水和剤	22	83.3	50.0	37.4
	無散布	12	91.7	79.9	
C1	クレソキシムメチル水和剤	50	96.0	72.7	0
	アゾキシストロビン水和剤	20	97.4	79.1	0
	無散布	32	70.6	59.8	
U4（対照）	クレソキシムメチル水和剤	25	0	0	100
	アゾキシストロビン水和剤	24	0	0	100
	無散布	35	68.6	61.9	

^a 調査時点（6 月 2 日）の果実数。

^b 発病度 = Σ （程度別発病果数 × 指数）× 100 /（調査果数 × 6）。

0：発病なし，1：果実に 1～3 個の病斑，2：果実に 4～8 個の病斑，

4：果実に 9～20 個の病斑，6：果実に 21 個以上の病斑。

^c 防除価 = $100 - (\text{薬剤散布区の発病度} / \text{無散布区の発病度}) \times 100$ 。

お わ り に

現在, QoI 剤の散布を控えることで, DMI 剤 (ステロール脱メチル化阻害剤) の散布回数が増加している。V. nashicola を病原とするナシ黒星病では, DMI 剤耐性菌が発生している (菊原・石井, 2008; 菊原ら, 2018)。ウメにおいても, DMI 剤の複数回散布や連用は, 耐性菌の発生が懸念される。耐性菌対策のための DMI 剤使用ガイドラインでは, ウメを含む核果類における年間使用回数を, 効果が期待できる他系統薬剤と混用または混合剤と組合せて使用する場合は 3 回まで (このうち単剤使用は 1 回以内), 単剤のみ利用する場合は 2 回以内としており (殺菌剤耐性菌研究会, 2018), これらの基準を遵守することが大切である。また, DMI 剤の耐性菌を翌年に持ち越さないために, 伝染源となる発病枝のせん除を励行することも重要である。これらの点を踏まえたうえで, 本病に対して効果が高い防除体系を確立する必

要がある。

引 用 文 献

- 1) FRAC (2021): URL: https://www.jcpa.or.jp/lab/pdf/2021/mechanism_frac.pdf (2022 年 12 月アクセス)
- 2) 平山和幸ら (2017): 北日本病虫研報 **68**: 115~119.
- 3) 菱池政志 (2021): 植物防疫 **75**: 687~689.
- 4) 稲田 稔ら (2008): 日植病報 **74**: 114~117.
- 5) 石井英夫 (2012): 植物防疫 **66**: 481~487.
- 6) 間佐古将則ら (2005): 同上 **71**(3): 249 (講要).
- 7) 菊原賢次・石井英夫 (2008): 九病虫研会報 **54**: 24~29.
- 8) ————ら (2014): 日植病報 **80**: 162~170.
- 9) ————ら (2018): 九病虫研会報 **64**: 1~6.
- 10) Luo, Y. et al. (2013): Plant Dis. **97**: 1322~1330.
- 11) 夏見兼生・湯川良夫 (1991): 関西病虫研報 **33**: 63~64.
- 12) 殺菌剤耐性菌研究会 (2018): URL: <http://www.taiseikin.jp/mw/bhpwp/wp-content/uploads/db70697681b1e132634196b79f2bd7b1.pdf> (2022 年 12 月アクセス)
- 13) 佐藤 裕 (2013): 北日本病虫研報 **64**: 118~120.
- 14) SHEN, M. et al. (2020): Stud. Mycol. **96**: 185~308.
- 15) 澤岬哲也ら (2014): 日植病報 **80**: 119~123.
- 16) 武田知明ら (2022): 関西病虫研報 **64**: 75~80.
- 17) 雪田金助 (2017): 北日本病虫研報 **68**: 102~107.

登録が失効した農薬 (2023.4.1~2023.4.30)

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

「殺虫剤」

- テフルベンズロン乳剤
19120: ショットイン乳剤 (株式会社理研グリーン)
23/4/11
- テブフェノジド水和剤
19133: 日農ガードワン水和剤 (日本農薬株式会社)
23/4/24

「殺菌剤」

- フルオピラム・プロピネブ水和剤
24411: オルフィン AC 顆粒水和剤 (バイエルクロップ

サイエンス株式会社) 23/4/10

「除草剤」

- カフェンストール・ダイムロン・ベンスルフロンメチル・ベンゾビスクロン水和剤
21418: SDS シロノック H フロアブル (株式会社エス・ディー・エス バイオテック) 23/4/5
- シメトリン・MCPB 粒剤
11217: パウナックス M 粒剤 (日本化薬株式会社)
23/4/27



鳥取県におけるニホンナシ病害虫防除暦作成の考え方

鳥取県園芸試験場 やま 山 だ 田 たか 高 ゆき 之

はじめに

ニホンナシは鳥取県における特産物の一つであり、その結果樹面積は全国第6位である（農林水産省，2023）。本県では過去に、栽培面積の大部分を‘二十世紀’が占め、黒斑病の防除に長年苦慮してきた。本病の被害を低減する中で防除暦は大きな役割を果たしており、その基本的な考え方は現在まで引き継がれている。2019年時点で青ナシ系品種の割合は全体の6割程度まで減少し、赤ナシ系品種である‘新甘泉’の面積が増加した背景もあり（中田，2022）‘二十世紀’が中心であった当時に比べて重要視される病害虫も変化している。ここでは、鳥取県における病害虫防除の歴史を交えつつ、現在の防除暦作成に関する考え方について説明する。

I 本県における病害虫対策の歴史

1 病害に対する防除対策の遷移

本県における‘二十世紀’の防除は生育期がボルドー液、休眠期は石灰硫黄合剤で始められ、ボルドー液は1965年ころまで約60年間用いられた。1920年代、1953、1964、1971、1983～74年には特に黒斑病が多発しており、なかには全滅被害の園があったことも記録されている（井上・内田，2004）。1964年の多発を契機として、新規殺菌剤への転換が図られ、ダイホルタンやポリオキシシンといった薬剤を軸にした防除体系が導入された（表-1）。しかし、1971年にはポリオキシシン耐性菌が確認され、使用回数制限や有機銅剤への置き換え・混用が必要となった。大きな転機として黒斑病耐病性品種の登場があり、1991年に‘ゴールド二十世紀’、続いて自家和合性の性質も兼ね備えた‘おさゴールド’が品種登録され、これらの品種に改植された園では本病による実害を起こすことはなくなった。現在でも‘二十世紀’の栽培は続いているが、ゴールド系品種も広い範囲で導入されており本病害の防除に大きく貢献している。

黒斑病を除く歴史上の重要病害として、赤星病と黒星病が挙げられる。赤星病は1955年に多発し、2か年に渡る挙県運動（中間宿主の伐採、適期防除等）が展開された。その後、中間宿主への対応は広く地域に浸透し、DMI剤の導入により十分な防除が可能となった。

また、ボルドー体系から新殺菌剤の防除体系へ転換して以降、黒星病の発生量が漸増したが、1987年には防除暦にDMI剤が採用され、それ以前に比べて発生量は減少した。しかし、2008年に県オリジナル品種の‘新甘泉’が品種登録されて以降、その植栽面積の増加に伴い本病の被害を問題視する声が大きくなった。また、近年では本病に対して一部DMI剤の効果低下が確認され、新規系統薬剤への置き換えや秋季防除の実施等による防除強化が行われている。

2 虫害に対する防除対策の遷移

1900年代初頭には除虫菊石けんや石油乳剤を用いた防除が行われていた。その後、強力な殺虫効果を持つパラチオンやホリドール等が使用されるようになったが、これらは人体に対しても影響があり、多数の事故があったとされる（井上・内田，2004）。1950年代後半から1960年代前半にかけては、クワコナカイガラムシが多発したが、1960年代にダイアジノン水和剤やスミチオン乳剤等が採用され（表-1）、殺虫剤処理袋の実用化もありその被害は徐々に減少した。しかし、1986年には本種に対するデナボン水和剤の効果低下が確認され、作用機作の異なる殺虫剤を組合せた防除が必要となった。現在では、生育期に加えて休眠期防除も行われ、体系的な防除が図られている。

シンクイムシ類については、1950年ころには既に多発（ナシヒメシンクイによる）が記録されており（堀江，1950）誘殺ビンや高圧水銀灯等の防除技術が利用されていた。1999年より交信攪乱剤の現地における実用化が図られたが、2005年には防除頻度が低い園で多発が認められており、ネオニコチノイド系薬剤や合成ピレスロイド系薬剤による防除強化が行われた。2017年には‘新甘泉’の台湾向け輸出検疫においてモモシンクイガの発見による不合格事例があり果実袋の改良やジアミド系薬

The Concept for the Construction of a Japanese Pear Pest Control Calendar in Tottori Prefecture. By Takayuki YAMADA
（キーワード：鳥取県，ニホンナシ，病害虫，防除，防除暦）

表-1 鳥取県基準防除暦（本欄）における防除薬剤の変遷（‘二十世紀’）^{a)}

1967 年（昭和 42 年）		1989 年（平成元年）		2023 年（令和 5 年）	
時期	本欄記載薬剤	時期	本欄記載薬剤	時期	本欄記載薬剤
休眠期		休眠期		発芽前	ハーベストオイル
りんぼう脱落期	ひ酸鉛 5-5 式ボルドー液	りんぼう脱落直前	サイアノックス水和剤 デラン水和剤	発芽期	アントラコール顆粒水和剤
開花直前	キノンドー水和剤	開花始め	デラン水和剤	りんぼう脱落直前	サイアノックス水和剤 デランフロアブル
人工授粉終了後	5-10 式ボルドー液	人工交配終了後	ポリオキシ AL 水和剤 有機銅水和剤 80	開花始め	チウラムフロアブル
落花後	ダイアジノン水和剤 5-10 式ボルドー液	落花期	サイアノックス水和剤 有機銅水和剤 80 EBI 水和剤（バイコラール、トリフミン、ルビゲン各水和剤）	交配終了後	フロンサイド SC または ベルコートフロアブル
袋掛け直前	キノンドー水和剤	小袋掛け直前	ダイアジノン水和剤 有機銅水和剤 80	落花期	オリオン水和剤 40 ベルコートフロアブル スコア顆粒水和剤
5 月中旬	スミチオン乳剤 キノンドー水和剤	小袋掛け後	ポリオキシ AL 水和剤 有機銅水和剤 80 スプラサイド水和剤 ロブラール水和剤	摘果期	ベルコートフロアブル
5 月下旬	ガルエクロン乳剤 キノンドー水和剤	5 月下旬	エイカロール乳剤 有機銅水和剤 80	小袋掛け直前	アクタラ顆粒水和剤 ユニックス顆粒水和剤 47
6 月上旬	ダイホルタン	大袋掛け前	デナボン水和剤 ポリオキシ AL 水和剤 有機銅水和剤 80	小袋掛け後	アブロード水和剤 ポリオキシ AL 水和剤 有機銅フロアブル
6 月中 ～下旬	ダイホルタン	6 月中旬	キルバール液剤 有機銅キャブタン水和剤	小袋掛け後	ポリバリン水和剤
枝の伸長停止期	スミチオン乳剤 ダイホルタン	大袋掛け後	ダーズバン水和剤 アントラコール水和剤	5 月下旬	モベントフロアブル 有機銅フロアブル
7 月中旬	ルビトックス乳剤または ガルエクロン乳剤	7 月中旬	オサダン水和剤 アリエッティ C 水和剤	大袋掛け前	ミクロデナボン水和剤 85 ポリオキシ AL 水和剤 チウラムフロアブル
7 月下旬～ 8 月中旬	スミチオン乳剤	7 月下旬～ 8 月上旬	スミチオン乳剤 有機銅キャブタン水和剤	6 月中旬	ハチハチフロアブル アントラコール顆粒水和剤
収穫前	デナボン水和剤 サニパー	収穫前	DDVP 乳剤 サニパー水和剤	大袋掛け後	スミチオン乳剤 ナリア WDG
収穫中	サニパー	収穫中	ポリオキシ AL 水和剤 有機銅水和剤 80	枝の伸長停止期	モスピラン顆粒水溶剤 ダニコングフロアブル アリエッティ C 水和剤
収穫後	サニパー	収穫直後	デナボン水和剤 アントラコール水和剤	7 月中旬	ダイアジノン水和剤 34 アリエッティ C 水和剤
		落葉 60% 終了時	エチオン・マシン油乳剤	7 月下旬	ジノテフラン顆粒水溶剤 ベルコートフロアブル
				8 月上旬	アリエッティ C 水和剤
				収穫前	オリオン水和剤 40 アミスター 10 フロアブルまたは ストロビードライフロアブル
				収穫直後	ダイアジノン水和剤 34 アントラコール顆粒水和剤

^{a)} 作成時点での記載を直接引用しているため、薬剤の表記が一般的な名称と異なるものがある。

剤の追加等による防除強化が行われた。

カメムシ類についても、1970年代以降、定期的に多発し問題となっており、合成ピレスロイド系薬剤や有機リン系薬剤に加えて、2004年にはネオニコチノイド系薬剤のジノテフラン水溶剤が防除暦に記載され、今日でもそれらの薬剤による防除が図られている。

3 ダニ類に対する防除対策の遷移

古くはクワオオハダニの発生を毎年認めており、石灰硫黄合剤の希釈液をボルドー液と混用して散布、あるいは虫体の固着を狙って小麦粉の糊を散布していた。その後、デリス剤が登場したが殺卵効果がなかったため発生量は依然として多かった。1954～58年にかけてアカール338、テデオン水和剤等の卓効を示す薬剤が実用化されダニ防除の回数が大幅に減少したが、薬剤抵抗性の発達により剤の変更を余儀なくされた。薬剤抵抗性の発達については、その後新たに利用された薬剤でも確認されており、殺ダニ剤の登録失効などの影響もあってか、本県におけるハダニ類の優占種は変化している。近年ではカンザワハダニとナミハダニ・黄緑型が優占種であり、主には複数の生育ステージに対して活性が期待できる薬剤が利用されている。

また、1950年代ころにはクワオオハダニと同時にニセナシサビダニの防除が行われていたようであるが（木下、1957）、ニセナシサビダニの防除については2004年にハチハチフロアブルが防除暦に採用され、2019年には、効果持続期間が長いモベントフロアブルも採用されており、本種による近年の被害は少ない傾向で推移している。

II 県基準防除暦の構成

1 品種と栽培形態

本県では主に四つの区分で県基準防除暦を作成しており、その内訳としては①黒斑病に対して高感受性である‘二十世紀’を対象とした暦（ハウス、露地）、②黒斑病耐病性または抵抗性品種の青ナシを対象とした暦（ゴールド系品種等、農薬削減体系を含む）、③主に‘新甘泉’を中心とした赤ナシ系品種で使用されることを想定した暦（表-2）、④晩生品種を対象とした暦である。

2 散布時期

県基準防除暦上では、カレンダー暦上の月を旬別に区切り、併せてその時期の生育状況または栽培管理を記載することで散布タイミングの目安としている。なお、特に防除が重要な時期についてはさらに半月別に区切った記載を行っている。

3 防ぎ方（本欄）、対象病害虫、薬液量、散布量

防ぎ方（本欄）の欄に通常の定期散布で利用する薬剤を記載しており、それに隣接する形で防除対象とする病害虫名をそれぞれに記載している。また、利用する薬剤の希釈倍数、薬液調整時に必要な水100 l当たりの薬量および10 a当たりの散布量も記載している。

4 注意事項

主には追加防除に利用し易い薬剤や耕種的防除に関するもののほかに、薬液調整の際の注意事項や病害虫の防除上重要な時期であること等、本欄に記載できなかった補足事項も記載している。

5 混用薬害事例

防除暦へ新たに記載される薬剤は、使用される生育ステージにおいて事前に混用薬害試験が行われ、その結果から薬害に関する混用事例集を作成して防除暦に附している。

III 防除暦編成の流れ

1 防除暦の素案作成

防除暦の素案作成にあたり、毎年9～10月頃に生産者との意見交換や普及所への聞き取りを行い現地からの要望を確認する。また、重要度に応じて病害虫の発生要因解析を行う場合や対策会議が事前に設置されることもある。これらによる情報収集後、試験場が導入可能な薬剤の選定や防除技術の効果確認を実施し、その普及が見込まれると判断された場合に防除暦の素案へ記載される。

2 防除暦編成会議

生産部の指導部長、病害虫専技、試験場、普及員、農協職員、全農が出席する防除暦編成会議において、事前に作成した素案の検討を行う。本会議は例年11月中旬頃に開催され、この場においては、当年の各病害虫の発生概況、その発生要因の解析と防除対策、農薬価格表、登録変更に関する注意点、RACコードを併記した防除効果の日安表等を参加者と共有し、次年度の防除暦に関して議論できる形を整えて協議を行っている。

3 防除暦研修会

県内の果樹関係者（農薬メーカー、農協、一般農家等）へ次年度の防除暦を広く周知することを目的に防除暦研修会が実施される。本研修会は例年11月下旬頃に開催され、この場で防除暦編成会議を受けて素案を修正した資料を全農が配布し、試験場が説明を行う。

4 地域（生産部）単位での防除暦編成

大部分の生産者は、地域で作成された独自の防除暦に基づいて防除を行っているため、地域単位での防除暦編成は重要である。防除暦研修会で配布された資料を参考

表-2 2023 年度鳥取県基準防除暦^{a)}（‘新甘泉’）

月	旬	生育状況	平年の月日	防ぎ方	注意事項
1～2		休眠期		被害部位の切り取り， 中間宿主伐採，切り口の保護	・ トップジン M ベーストまたはバッチレート
3	中	発芽前	3 月 11～20 日	ハーベストオイル	・ トクチオン水和剤混用 ・ デランフロアブル混用
4	上	りんぼう脱落直前	4 月 1～5 日	サイアノックス水和剤 デランフロアブル	・ ロムダンフロアブルまたはアークリン水和剤追加散布
		開花始め	4 月 8～12 日	ミギワ 20 フロアブル	・ カネマイトフロアブル追加散布 ・ アンビルフロアブル代替散布
	中	交配終了後	4 月 17～22 日	チウラムフロアブル	
	下	落花期	4 月 25 日ころ	オリオン水和剤 40 ベルコートフロアブル スコア顆粒水和剤	・ ジノテフラン顆粒水溶剤追加散布 ・ ホスプラスの加用（樹体育成）
5	上		5 月 5～10 日ころ	アクタラ顆粒水溶剤 ファンタジスタ顆粒水和剤	・ トップジン M 水和剤追加散布 ・ 黒星病の発病部位を処分 ・ ホスプラス加用（樹体育成）
	中	摘果期	5 月 15 日ころ	アブロード水和剤 ユニックス顆粒水和剤 47	・ カナメフロアブル代替散布 ・ シンタイコン-L 設置 ・ アドマイヤーフロアブルまたはウララ DF 追加散布
	下		5 月 25 日ころ	モベントフロアブル チウラムフロアブル	・ ホスプラス加用（樹体育成）
6	上		6 月 5 日ころ	エクシレル SE ベルコートフロアブル	・ 裸果処分 ・ モモシンクイガ（第 1 回成虫）が産卵を始めるころ
	中		6 月 15 日ころ	ハチハチフロアブル オキシラン水和剤	・ 果実が輪紋病に感染し易い
	下	袋掛け期	6 月 25 日ころ	スミチオン乳剤 ナリア WDG	・ 6 月下旬～7 月上旬は果実が黒星病に感染し易い
7	上		7 月 5 日ころ	モスピラン顆粒水溶剤 ダニコングフロアブル キャブレート水和剤	・ 一部の品種では薬害に注意
	中		7 月 15 日ころ	ダイアジノン水和剤 34 アリエッティ C 水和剤	・ オースサイド水和剤 80 追加散布
	下		7 月 25 日ころ	サムコルフロアブル 10 有機銅フロアブル	・ ジノテフラン顆粒水溶剤の代替散布
8	上		8 月 5 日ころ	オリオン水和剤 40	・ オースサイド水和剤 80 追加散布（葉斑注意） ・ ダニ剤追加散布
	中	収穫前	8 月 15 日ころ	シベルメトリン水和剤またはテルス ターフロアブル アミスター 10 フロアブルまたはス トロビードライフフロアブル	
9	中 ～ 下	収穫後	9 月 15 日ころ	ダイアジノン水和剤 34 ポリバリン水和剤	・ オースサイド水和剤 80 追加散布 ・ ダニ剤混用散布 ・ ミクロデナボン水和剤 85 代替散布 ・ 誘殺バンドの設置および処分
10	上			チウラムフロアブル	・ ハーベストオイル追加散布 ・ コテツフロアブル追加散布 ・ 落葉処分
	中			オキシラン水和剤	
11～12					・ デランフロアブルまたはアントラコール顆粒水和剤 追加散布 ・ 落葉処分

^{a)} 薬剤の希釈倍数や対象病虫害等一部の記載は省略し，注意事項は簡素化して記載した。

にし、より地域の実情（重視する病害虫など）を反映させる形で防除暦の検討が行われる。半数以上の参加者が生産者であるが、農協職員や担当普及員、要望に応じて試験場や病害虫専技も協議へ参加する。

5 大苗育苗に用いる防除暦

一般の果樹園で利用される防除暦以外に、樹体ジョイント仕立て法に用いる大苗の育苗用防除暦を作成している。本暦の作成にあたっては前述のような検討は行われず、試験場の試験結果を基にして防除暦が作成され、育苗業者に提供される。大苗は、ジベレリン塗布処理や新梢数の制限等により新梢の伸長期間が通常よりも長く、無着果なことに加えて育苗時のみの登録内容を持つ薬剤も利用可能となることから、防除にあたってはそれらを反映させた暦を要する。なお、本暦は育苗期間に限って用いられるものであり、果実生産を開始した後は前述した防除暦のいずれかに切り替えられる。

IV 生育ステージ別の主な病害虫防除の考え方

1 発芽前（休眠期）

越冬害虫の密度低減を目的に、ハーベストオイルを記載している。クワコナカイガラムシやニセナシサビダニに対する効果が秋季散布に優ることから春季散布を推奨しているが、春の残雪が多い地域では秋季に実施する事例もある。黒星病やマツモトコナカイガラムシの発生が多い園では、それぞれデランフロアブルやトクチオン水和剤を混用して散布している。

2 発芽期～摘果期頃

虫害ではケムシ類やアブラムシ類、病害では黒星病、黒斑病、赤星病、心腐れ症（胴枯病菌）等の重要な防除が含まれる期間である。この期間に黒星病の子嚢胞子が飛散ピークを迎えることが多いため、‘新甘泉’では新規系統のミギワ 20フロアブルとともに、赤星病に対しても卓効を示す DMI 剤を本欄に記載している。また、落花期以降には黒星病や黒斑病に対して発病抑制効果が認められている液体肥料の亜リン酸資材（商品名：ホスプラス）を加用し健全樹体の育成を図っている。

害虫防除では個体を確認してからの防除を基本とし、チョウ目害虫やアブラムシ類等複数の種に効果が期待できる薬剤を本欄に記載しつつ、注意事項欄で対策を補完できるようにしている。なお、開花期間中には訪花昆虫への影響を考慮し、殺虫剤の散布は行っていない。

3 小袋掛け期～大袋掛け期頃

黒斑病による病落果を防ぐために重要な小袋掛が行われる期間は‘新甘泉’に比べて‘二十世紀’での防除回数が多い（表-1, 2）。本県では過去にボリオキシンの黒

斑病菌が確認されているが、剤の使用を中断した結果、耐性菌密度が大幅に低下したため、使用回数を制限しつつ有機銅剤と混用して利用を行っている。また、5月ころからは黒星病の発生量が増加してくるため、‘新甘泉’暦では二次感染を防ぐ目的で QoI 剤や SDHI 剤が記載されている。6月下旬～7月上旬ころ（大袋掛け期頃）は‘新甘泉’の黒星病に対する果実感受性が高いため、果実に対しても防除効果が高い薬剤の選定が必要である。そのほかに、梅雨ころは輪紋病の主要感染時期でもあるため、赤ナシ系品種では黒星病と輪紋病の同時防除を基本とし、炭疽病への活性にも配慮している。

虫害では、5月上～中旬にクワコナカイガラムシのふ化幼虫（越冬世代）が発生盛期を迎えることから、効果が高いアプロード水和剤を記載している。ただし、ふ化幼虫の発生時期は気温に大きく左右されるため、年によっては殺菌剤と殺虫剤を分けて散布する必要がある。また、5月下旬、6月中旬は本県におけるニセナシサビダニの防除適期であり、二十世紀系統で被害が大きいサビ症状や‘新甘泉’等で確認し易いモザイク症状を防ぐために低密度時からの防除を念頭に置いて、効果の高い薬剤を利用している。これらのほか、シンクイムシ類を含むチョウ目害虫やアブラムシ類に対する活性にも配慮している。

4 梅雨明け～中生品種収穫期頃

梅雨明け後、病害の二次感染は抑制されることが多いが、秋に向けて気温が低下するに伴いうどんこ病の発生が認められる。本病を含む主要病害の防除のため、収穫前には収穫前日数が短く葉斑汚れも軽度である QoI 剤を利用している。

高温・乾燥条件ではハダニ類が急増するが、種を見極めたうえでの防除が重要となるため、注意事項欄に殺ダニ剤をいくつか記載している。また、クワコナカイガラムシ第1世代と第2世代のふ化幼虫が発生する時期であるが、特に果実袋内に侵入する割合の高い第1世代のふ化幼虫の防除（7月上～中旬ころ）に重点を置いて薬剤を選定している。加えて、8月は本県においてモモシンカイガの産卵が盛んになる時期であり、夜温の上昇に伴ってカメムシ類の活動も活発となる。これら複数種の同時防除のため、有機リン系、ネオニコチノイド系、ジアミド系、合成ピレスロイド系等の薬剤を組合せた体系防除を行っている。留意点として、天敵類に対する影響が大きい剤では、ハダニ類やコナカイガラムシ類に対して散布以前と比較して著しく密度が増大する現象（リサーチェンス）を生じ易いため、そのような薬剤の連用や不要な散布は避ける。

5 中生ナシ収穫後～晩生ナシ収穫期頃

‘二十世紀’では、黒斑病の菌密度を低減するために収穫後防除を記載している。晩生品種では引き続き、シンクイムシ類とカメムシ類等に注意が必要で、イラガ類などへの効果も考慮して薬剤を選定している。また、高温が続く場合にハダニ類が多発することがあるため、注意事項欄での対応を行っている。

6 主要栽培品種収穫後

黒星病菌が芽鱗片生組織へ感染することを防ぐ目的で9月中下旬以降に秋季防除を記載している。感染部位である芽鱗片生組織の露出時期は地域や品種で異なっており、落葉時期も品種や年度で差があることから、生産者が圃場の観察を行いながらそれぞれの適期に実施する必要がある。また、黒星病をはじめとするいくつかの病害では罹病落葉が越冬伝染源になるため、埋没や持ち出し等による落葉処分も重要となる。虫害防除では、大枝に誘殺バンドを取り付け、回収することでハダニ類の越冬密度の把握や捕殺を行うことができる。

V 防除暦作成にあたる注意点

防除暦は、収穫期や栽培形態（袋掛けの有無や施設栽培等）に近い品種ごとに作成されることが多いが、ナシにおいては収穫期が近くても品種によって病虫害に対する感受性が異なる場合があり、有袋・無袋で収穫前日数の登録内容を異にする薬剤もあるため、複数の品種や栽培形態を対象として防除暦を作成する際には注意が必要である。また、対象品種によって薬害の発生し易さが異なる事例もあることから、広域で散布する前に主要品種における薬害確認が必要となる。

防除暦に薬剤耐性・抵抗性対策を反映させることも重要と考えられ、高リスク薬剤を中心に使用回数の制限や作用機構の異なる剤との混用・ローテーションでの記載を検討し、多発前の使用を呼びかけている。そのほかには、薬価や圃場周辺の有用生物や水産動植物に対する配慮、最新の農薬登録情報の確認等も必要である。

VI 防除暦の利点と欠点

1 利点

防除暦は適期に防除効果の高い薬剤が組み込まれている場合が多く、新規就農者でも篤農家に近い水準で薬剤防除を行うことができる。また、作成の時点で農薬（成分）の総使用回数や収穫前日数を考慮した薬剤が選ばれているため、散布者がこれらの基準を誤る可能性は低い。

2 欠点

防除暦は、圃場の枠を越えて広く利用できるよう一般化した形が目指されるため、圃場に応じた配慮は少ない。例として、薬剤耐性・抵抗性を持つ病虫害が発達した圃場では防除暦通りの防除を続けても効果が不十分なままである。また、圃場における優占種や初発等の把握は個人の技量にゆだねられるため、その年の特徴や気象条件の影響までは十分にカバーできない。さらに、生育が著しく早い場合などには、目安として記載された平年の散布時期と実際の散布適期が大きく乖離する危険性もある。

おわりに

本県でかつて黒斑病の多発により‘二十世紀’の栽培を諦めた生産者が存在したように、病虫害の多発は時に大きく生産意欲を削ぎ果樹振興の妨げとなる。永年作物であるナシにおいて、防除暦は当年の減収予防だけでなく越冬密度の増加の回避にも貢献しており、果実の安定生産を行ううえで大きな役割を果たしている。

本県における歴史が示すように薬剤の変更や新品種の導入による環境の変化はある病虫害の防除に大きく貢献する可能性がある反面、新たな病虫害の被害を顕在化させる危険性もある。病虫害は一度多発すると密度の低減に大きな労力や時間が必要となるため、防除暦の編成は慎重にならざるを得ない。しかし、農薬の再評価による登録内容の変更・見直し（削除）に伴い、十分な事前検討が行えないまま防除暦を編成する機会も増えており、最適な薬剤の選定は難しくなっている。さらには、胞子飛散時期の変化、地球温暖化に伴う害虫の活動期間の拡大や世代数の増加も懸念されるため、防除暦もそれらの変化に応じて最適化させる必要があり、発生予察はこれまで以上に重要性を増していくと考えられる。

今後も生産者が安心して栽培を継続できる防除暦の作成を目標に、改良点を見極め防除暦の編成を続けていきたい。

引用文献

- 1) 堀江實蔵 (1950): 因伯の果樹, 鳥取県果実農業協同組合, 鳥取, p.1.
- 2) 井上耕介・内田正人 (2004): 鳥取二十世紀梨百年の歩み, 全国農業協同組合連合会鳥取県本部, 鳥取, p.77～88, 246～274.
- 3) 木下貞治 (1957): 鳥取の園芸, 鳥取県, 鳥取, p.26～28.
- 4) 中田 健 (2022): 樹木医学研究 26(1): 19～21.
- 5) 農林水産省 (2023): 農林水産統計, https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kazyu/attach/pdf/index-21.pdf



熊本県におけるカンキツ病害虫防除暦作成の考え方

熊本県農業研究センター果樹研究所 すぎ 杉 うら 浦 なお 直 ゆき 幸*

はじめに

現在、熊本県における主なカンキツ類の生産量は、温州ミカンでは 90,035 t (全国シェア 12%, 全国 4 位)、不知火類では 17,962 t (全国シェア 40%, 全国 1 位)、なつみかんでは 6,257 t (全国シェア 22%, 全国 2 位) となっており、主力の温州ミカンを中心に、中晩柑類の生産も盛んな産地が形成されている (うんしゅうみかん; 令和 3 年産農林水産省果樹生産出荷統計, 不知火類, なつみかん; 令和元年産特産果樹生産動態等調査)。また、温州ミカンにおいては県育成品種によるリレー出荷、不知火類においては加温、無加温、屋根掛け、露地栽培および長期貯蔵によるリレー出荷がなされ、長期間にわたるカンキツ類の出荷・販売体制が整えられている。

それら多様な品種構成、栽培形態に応じて、カンキツ病害虫の発生状況もそれぞれに異なり、それらに対応したきめ細かな防除対策が必要となっている。他県同様、熊本県においても関係指導機関が参集されて「病害虫防除指針」が作成されている。詳細は後述するが、その防除指針には、「農薬安全使用と病害虫・雑草防除の基本方針」が掲載されており、その考え方に沿う形で、後述する「果樹対策指針」の防除暦の作成が検討されている。

本稿では、熊本県果樹生産振興対策本部が発行する「果樹対策指針 (2023 年 温州ミカン病害虫防除暦)」を事例に、カンキツ病害虫の防除暦作成の考え方について述べる。

I 熊本県病害虫・雑草防除指針と果樹対策指針

金崎 (2022) で紹介されている「愛媛県農産物病害虫等防除指針 (令和 4 年)」のように、熊本県においても、県内植物防疫の主要関係指導機関 (県行政・研究機関、熊本経済連、農薬卸商等) が参集され、「熊本県病害虫・雑草防除指針 (令和 5 年度 (2023 年度) 版)」 (電子版)

が発行されており、熊本県 HP に掲載されている。この指針では、環境保全に配慮した防除の推進を図るため、「病害虫の防除」という項目で、作物別に「発生生態」「化学薬剤以外の防除」「薬剤防除のポイント」が紹介されている。さらに、「IPM の推進」の項目では、実践指標として「温州みかん」などが作物別に記載されている。

また、この指針に掲載される農薬は、県内での試験成績や試験研究機関等の公的機関による試験成績によって、防除効果、薬害、安全性および地域性等が確認され、本県への適用性が認められるものが選定されている。さらに、採用された農薬は、外部リンク上に掲載されている「熊本県病害虫・雑草防除指針農薬検索システム」で検索できる。前述の病害虫防除の項目については、作物別、病害虫別に解説がなされ、例えば、カンキツでは 41 項目の病害虫が挙げられている。このような構成上、熊本県病害虫・雑草防除指針には「防除暦」として集約された一覧表は現在掲載されていない。

一方、県内果樹の主要関係指導機関 (県行政・研究機関、熊本果実連、熊本経済連等) で構成される熊本県果樹生産振興対策本部では、果樹対策指針 (冊子版) を毎年 1 月下旬頃に発行し、現場の果樹指導機関に配布している。この冊子では、果樹生産の基本的な考え方、カンキツ・ビワ・落葉果樹の技術対策、施肥基準、病害虫防除暦、除草剤・植物成長調整剤使用の手引き等が掲載されている。病害虫防除暦については、上記の技術対策の一部分として、カンキツ類では 3 種類 (温州ミカン、不知火、なつみかん)、ビワで 1 種類、落葉果樹では 8 種類が掲載されている。防除暦の内容の詳細は後述するものの、その構成については、他県の防除暦と同様に、使用時期、対象病害虫名、薬剤名、および、注意事項 (補足事項) 等で構成される。また、ここで選択されている薬剤は、上記の病害虫・雑草防除指針で採用された薬剤が原則掲載される。

さらに、この防除暦を参考に、地域農協や生産部会などが地域に適合した防除暦を個別に作成する。

The Concept Constructing Citrus Pest Control Calendar in Kumamoto Prefecture. By Naoyuki SUGIURA

(キーワード: 熊本県, カンキツ, 病害虫, 防除, 防除暦)

*現所属: 熊本県農業研究センター生産環境研究所

II 果樹対策指針（2023 年 温州ミカン病虫害防除暦）を例に

1 基幹防除と臨機防除

上記の「果樹対策指針」の中に掲載されている「2023 年 温州ミカン病虫害防除暦」の抜粋版を表-1、表-2 に示した。実際の防除暦には、農業登録内容（薬剤の使用濃度、収穫前日数、使用回数）なども記載されているが、使用時期、対象病虫害名、薬剤名、および、注意事項のみ示した。また、この防除暦は、主要病虫害に対して必須となる防除を行う基幹防除（表-1）と病虫害の発生状況に応じて防除を行う臨機防除（表-2）に分けられ、実際には基幹防除を上段、臨機防除を下段に配置して構成されている。

2 基幹防除で示す時期別防除の考え方

下記の通り、基幹防除では時期別に防除の考え方が示されている。本稿では、近年話題となっているカイガラムシ類の防除や、変更点があった部分などを中心に取り上げる。

（1）越冬期、発芽前、および3月中旬の防除

12月下旬～1月中旬の越冬期、または、3月上旬～中旬の発芽期に、ハダニ類、カイガラムシ類を対象にマシン油乳剤を散布する。この時期の防除は、「カンキツ防除の鉄則」として位置づけられている。

しかし、寒波の影響や、樹勢低下樹や着果過多樹等の状態を考慮して、この時期のマシン油乳剤の散布を控える場合がある。さらに、近年、温州ミカンを中心にナシマルカイガラムシが多発し、果実品質低下などを招いている。そこで、マシン油防除の代替技術として、3月中旬のアプローチ水和剤1,000倍とアビオンE1,000倍の混用散布を推奨している。この混用散布では、温州ミカンのナシマルカイガラムシに対してマシン油乳剤80倍と同等の密度抑制効果があることを確認している（神山、未発表）。ただし、アプローチ水和剤およびアビオンEはミカンハダニに効果がないため、ミカンハダニの春期の発生に注意すること呼びかけている。樹勢低下などの心配のない健全樹では、マシン油乳剤の散布が基本となる。

（2）落弁期の防除

5月中旬～下旬の落弁期には、そうか病、灰色かび病、黒点病の同時防除として、ストロビードライフロアブルを散布する。特に、黒点病については、初期感染防止の時期となるため、重要な防除時期である。また、梅雨入り前から多雨傾向になる場合には感染リスクが高まるため、早めの防除が求められ、表-1での、6月上旬～下旬

の注意事項の欄に記載されている「黒点病の要防除水準」は、この時期から適用される。

（3）マルカイガラムシ類の防除（5月中旬～下旬）

カイガラムシ類の防除については、後述の(5)の時期（6月上旬～中旬）に、他害虫とともに同時防除するのが基本的な防除となっていたが、近年のナシマルカイガラムシの多発生により、この時期も重点的に防除することになった。

5月中旬～下旬については、ナシマルカイガラムシ、アカマルカイガラムシの第1世代発生期（発生初期～発生盛期）に相当するため、歩行幼虫に効果の高いモベントフロアブルを散布する。前述の「果樹対策指針」の技術対策には、病虫害防除所が提供するナシマルカイガラムシの有効積算温度による発生予測情報を参考に、散布時期を検討するよう記載されている。

（4）アザミウマ類、ミカンサビダニ、チャノホコリダニの防除（5月下旬、7月上旬）

生育期間中の害虫類に対しては、複数種の害虫に対する同時防除が行われることが多く、5月下旬、7月下旬には、アザミウマ類（主に、チャノキイロアザミウマ）、ミカンサビダニ、チャノホコリダニの同時防除として、ハチハチフロアブルやコテツフロアブルを散布する。

チャノキイロアザミウマについては、温州ミカン果実の果梗部被害、果頂部前期被害を抑えるために防除を行う。また、防除暦を補完する外部情報の例として、チャノキイロアザミウマの被害が問題となる産地では、有効積算温度による発生予測情報や黄色粘着板による発生状況の情報を提供して、防除を呼びかけている。

ミカンサビダニについては、露地栽培では本種単独で防除を行うことはほとんどないものの、多発園で葉上での寄生が確認されはじめる5月下旬と、葉から果実へ寄生部位が移り変わる7月上旬に防除する。チャノホコリダニについては、梅雨入り前に少雨傾向が続くと、露地栽培でも5月下旬ころから発生が確認されるので、初期密度抑制のため、同時防除を行う。

（5）カイガラムシ類、ゴマダラカミキリ、チャノキイロアザミウマの防除（6月上旬～中旬）

6月上旬～中旬の3害虫の防除については、これまでスプラサイド乳剤40で防除がなされてきたが、本剤の販売終了と登録失効が予定されているため、各種薬剤の防除効果が産地ごとに検討されている。現時点では、暫定的な代替剤として、エルサン乳剤、オリオン水和剤40を採用しているものの、現地では様々な薬剤が試行・選択されている。特に、カイガラムシ類とゴマダラカミキリのどちらを主要な防除対象として位置づけるかによっ

表-1 2023 年 温州ミカン病害虫防除暦における基幹防除

	使用時期	対象病害虫名	薬剤名	注意事項
1	12 月下旬～ 1 月中旬 (越冬期)	ハダニ類の越冬卵 ヤノネカイガラムシ その他カイガラムシ	マシン油乳剤 (95%)	○ 多発園を重点的に散布する ○ 晴天の暖かい日を見はからって樹冠に十分量を散布する ○ 樹勢が衰弱しているところでは落葉に注意する
		ミカンハダニ アカマルカイガラムシ	精製マシン油乳剤 (97%)	
	3 月上旬～中旬 (発芽前)	ミカンハダニ ヤノネカイガラムシ	精製マシン油乳剤 (97%)	
	3 月中旬	ナシマルカイガラムシ アカマルカイガラムシ	混用 アブロード水和剤 アビオン E	○ アブロード水和剤にアビオン E を混用する場合は感受性低下を避けるため、年 1 回の使用とする
2	3 月下旬～ 4 月上旬 (幼芽期)	そうか病	デランフロアブル	○ 発芽直後 (5 mm 以内) の散布は、効果が高いので防除適期を失しないよう注意する。皮膚かぶれに注意する
3	5 月上旬 (開花期)	そうか病 灰色かび病	フロンサイド SC フルーツセイバー オーシャイン水和剤	○ 灰色かび病の耐性菌発生の可能性のある園では、他系統の剤を散布する。皮膚かぶれに注意する
		コアオハナムグリ ケシキスイ類 アザミウマ類	モスピラン SL 液剤	
4	5 月中旬～下旬 (落弁期)	黒点病 そうか病 灰色かび病	ストロビードライフフロアブル	○ 灰色かび病は、落弁期に雨が続きと花卉の離脱が悪くなり多発するので注意する
5	5 月中旬～下旬	ナシマルカイガラムシ アカマルカイガラムシ	モバントフロアブル	○ 3～4 月の気温が平年より高い場合はナシマルカイガラムシ防除は 5 月上旬～中旬に早める
	5 月下旬	アザミウマ類 ミカンサビダニ チャノホコリダニ	ハチハチフロアブル	
6	6 月上旬 ～中旬	カイガラムシ類 ゴマダラカミキリ成虫 チャノキイロアザミウマ	エルサン乳剤 オリオン水和剤 40	
7	6 月上旬～中旬 (梅雨入期)	黒点病	ジマンダイセン水和剤 ベンコゼブ水和剤	〈黒点病の要防除水準〉 累積降水量 200～250 mm 前回散布からの経過日数 25～30 日
		ミカンハダニ	精製マシン油乳剤 (97%)	
8	7 月上旬	ミカンサビダニ チャノホコリダニ チャノキイロアザミウマ	コテツフロアブル	
9	7 月上旬～中旬 (梅雨期)	黒点病	ジマンダイセン水和剤 ベンコゼブ水和剤	
10	8 月上旬	カイガラムシ類 チャノキイロアザミウマ	スタークル顆粒水溶剤 アルバリン顆粒水溶剤 トランスフォームフロアブル	
	8 月上旬～中旬 (後期感染期)	黒点病	ジマンダイセン水和剤 ベンコゼブ水和剤	○ 散布後に降雨が多く、黒点病の発生が予想される場合は、ストロビードライフフロアブルが使用できる ○ 収穫前日数に注意して使用する
11	8 月下旬	アザミウマ類	スピノエースフロアブル	
12	(いずれも収穫前) 【極早生・早生】 9～10 月 【普通】 11～12 月	貯蔵病害 (緑かび病) (青かび病)	ベンレート水和剤 トップジン M 水和剤 ベフラン液剤 25 ベフトップジンフロアブル	○ ベンズイミダゾール系薬剤 (ベンレート水和剤またはトップジン M 水和剤) とベフラン液剤 25 を混用すると効果が高まる ○ ベフトップジンフロアブルは、トップジン M 水和剤、ベフラン液剤 25 と同一成分を含むため、総使用回数に注意する

注 1) 薬剤の記載は 2022 年 12 月 1 日時点の登録内容に基づいている。

注 2) 薬剤名の右側のカッコは、同一農薬成分の薬剤であることを示す。

表-2 2023 年 温州ミカン病害虫防除暦における臨機防除

	使用時期	対象病害虫名	薬剤名	注意事項
*	7月中旬 ～収穫前	ミカンハダニ	カネマイトフロアブル コロマイト水和剤 スターマイトフロアブル ダニエモンフロアブル ダニサラバフロアブル ダニコングフロアブル ダブルフェースフロアブル バロックフロアブル マイトコーネフロアブル	○ 低密度時に十分量を散布する ○ 要防除水準 寄生葉率 30～40% 寄生虫数 0.5～1頭/葉 ○ 8月以降にミカンサビダニとの同時防除が必要な際は、ミカンサビダニにも登録のある剤を選択する
*	6月中旬 ～7月上旬	ミカンサビダニ	サンマイト水和剤 ダニカット乳剤 20	○ 収穫前日数に注意して使用する ○ 梅雨明けが早い年には8月上旬から注意が必要である
	8月下旬 ～9月上旬			
*	5月上旬～ 10月上旬	アザミウマ類	ベストガード水溶剤 ウララ 50DF エクシレル SE アグリメック	○ 収穫前日数に注意して使用する ○ 極早生・早生の成熟果ではハナアザミウマ類の被害を受けやすく、アザミウマが果実同士の隙間に隠れる傾向にあるので、むらなく散布する
		チャノキイロアザミウマ	コルト顆粒水和剤	
*	6月上旬 8月上旬 9月中旬	カイガラムシ類	コルト顆粒水和剤 アブロード水和剤 モスピラン SL 液剤	○ 収穫前日数に注意して使用する ○ ナシマルカイガラムシの第2世代幼虫の防除適期は7月中旬～下旬である
*	6月下旬 ～7月上旬	カイガラムシ類 (ロウムシ類)	モスピラン SL 液剤 トランスフォームフロアブル	○ ロウムシ類の防除適期は、他のカイガラムシ類と異なり6月下旬～7月上旬となるため注意する
*	5月下旬 ～6月上旬	カミキリムシ類	バイオリサ・カミキリ	
	6月中旬 ～7月中旬	ゴマダラカミキリ成虫	モスピラン SL 液剤 アクセルフロアブル	
*	発生初期	カメムシ類	テルスター水和剤 スタークル顆粒水溶剤 アルバリン顆粒水溶剤 ロディー乳剤 アドマイヤーフロアブル	○ 散布後はミカンハダニの発生に注意する

注1) 薬剤の記載は2022年12月1日時点の登録内容に基づいている。
注2) 薬剤名の右側のカッコは、同一農薬成分の薬剤であることを示す。

て防除方針が変わる可能性があり、現在も検討中である。

(6) 梅雨入期の防除 (6月上旬～中旬)

6月上旬～中旬の梅雨入期には、黒点病とミカンハダニの防除として、黒点病に対してはジマンダイセン水和剤、ミカンハダニに対してはマシン油乳剤を散布する。黒点病については要防除水準に基づいた散布を継続する(表-1)。

ミカンハダニについては、基本防除として、マシン油乳剤による防除を積極的に活用する。この時期のマシン油乳剤の防除によって、7月下旬までのミカンハダニの発生が抑制される。さらに、カンキツ慣行防除園では、土着天敵のミヤコカブリダニが定着し、ミカンハダニの発生を抑えていることが明らかになっており(KATAYAMA et al., 2006; 岸本ら, 2007), ミカンハダニの密度上昇

期における土着天敵の保護、活用もマシン油乳剤による防除のねらいの一つである。

また、表-1では混用表記はないものの、マシン油乳剤とジマンダイセン水和剤との混用散布によって、黒点病に対する防除効果が向上し、降雨が多い場合にはジマンダイセン水和剤の耐雨性も向上することが明らかとなっており(田代ら, 2003), 主産地では黒点病防除に合わせたマシン油乳剤との混用散布を行う生産者も多い。

(7) カイガラムシ類 (8月上旬), アザミウマ類の防除 (8月上旬, 8月下旬)

8月上旬にカイガラムシ類第2世代の密度抑制, および、チャノキイロアザミウマによる果頂部後期の被害抑制に対して、スタークル顆粒水溶剤やトランスフォームフロアブルを散布する。8月下旬には、アザミウマ類(チ

ヤノキイロアザミウマ、ハナアザミウマ類)による被害抑制に対してスピノエースフロアブルを散布する。

カイガラムシ類の防除では、世代を重ねるごとに齢期がばらつき適期防除が困難になるため、収穫前の被害拡大を抑制するうえでも重要な防除時期となる。一方、夏期の高湿乾燥条件が続くと、アザミウマ類の被害も顕在化する恐れもあり、注意が必要である。このため、8月上旬の防除薬剤として表-1にある薬剤が選択されているのは、カイガラムシ類とアザミウマ類の同時防除がねらいとなっている。さらに、防除暦には記載はないものの、両種とも有効積算温度による発生予測に基づいて、防除時期を調整する必要がある。

(8) 収穫前の防除(極早生・早生;9~10月,普通;11~12月)

収穫前の防除として、貯蔵病害(緑かび病,青かび病)に対して品種ごとに防除を行う。ベンズイミダゾール系薬剤(ベンレート水和剤またはトップジンM水和剤)とベフラン液剤25の混用散布が広く普及しているものの、イミノクタジン酢酸塩についても登録失効が予定されているため、現在、代替剤の検討がすすめられている。

3 臨機防除における各病虫害に対する防除の考え方

臨機防除については、対象病虫害別(ミカンハダニ、ミカンサビダニ、アザミウマ類、カイガラムシ類、カミキリムシ類、カメムシ類)に、防除の考え方を取りまとめている(表-2)。現地の発生状況に応じて、使用時期を目安に、薬剤を選択する形式となっている。

ミカンハダニについては、基幹防除以外の時期においては、要防除水準を目安に防除を検討する。ミカンサビダニについては、夏期の高湿乾燥により被害が助長される恐れがあるため、8月下旬~9月上旬が追加防除の時期となる。カイガラムシ類については、生育期間後半に被害が多発する傾向にあるため、マルカイガラムシ類の第3世代(9月中旬)の追加防除を検討する。ゴマダラカミキリについては、被害多発園ではバイオリサ・カミキリ(微生物殺虫剤)の設置や6月中旬~7月中旬の追加散布を行う。カメムシ類については、飛来個体の発生初期に防除を行う(なお、シラフルオフエン含有剤の販売終了・登録失効予定の殺虫剤については削除している)。

III 防除暦の考え方の根底にあるもの

上記の温州ミカンの防除暦は、現時点では現地でのカ

イガラムシ類の被害多発を受けて、カイガラムシ類に対する防除対策を重視した内容にシフトさせている。数年前までは、アザミウマ類の被害を受けて、アザミウマ重点防除型の防除暦となっており、現地の発生状況に応じて、現地に対して防除対策を打ち出しながら、防除暦も柔軟に変更・更新している。

一方、病虫害・雑草防除指針の中に「農業安全使用と病虫害・雑草防除の基本方針」があり、そこには(1)農業安全使用の推進、(2)環境保全に配慮した防除の推進、(3)発生予測に基づく効率的な病虫害防除の推進の3本の柱が記載されており、これらはいずれも防除暦作成において重要な観点であり、この考え方には大きな変更はない。

おわりに

以上、温州ミカンの防除暦を一事例として、防除暦作成の考え方を示した。前述した果樹対策指針については、冊子配布時に県内指導員向けに説明会が開催される。また、現地の講習会等でも、その指針に掲載されている防除暦を参考に、地域の防除暦が検討される。意見交換を重ね、それぞれの地域・園地でどのような防除対策を練っていくか、互いに検討を重ねていく。このような講習会では、「どの薬剤が効くのか?」ということよりも、「なぜ、この時期に、この薬剤を選択するのか?」という考え方を重視した防除支援を行う。「どの薬剤が効くのか?」という問い合わせについても試験事例を参考に助言支援を行うものの、参考となる事例は決して多くはない。現時点の手持ちの情報に基づいて、地域の技術指導員や生産者のカンキツ病虫害防除についての考え方をグループ内で共有し、よりよい防除対策に練り上げていく作業を重ねていく。逆に、防除に対する考え方をしっかり定めておけば、現地の状況に応じて防除対策を軌道修正していくことが可能であると考ええる。

引用文献

- 1) 金崎秀司 (2022): 植物防疫 76: 42~46.
- 2) KATAYAMA, H. et al. (2006): Appl. Entomol. Zool. 41: 679~684.
- 3) 岸本英成ら (2007): 日本ダニ学会誌 16: 129~137.
- 4) 田代暢哉ら (2003): 佐賀果試研報 15: 22~46.

植	物	
	防	疫
講	座	

虫害編-41

オウトウに発生する主要な害虫の生態と防除

山形県病害虫防除所 い伊 とう藤 しん慎 いち一

はじめに

オウトウは開花から収穫までの日数が50～70日程度と短く、生育期間中に問題となる害虫種はリングなどの他樹種に比べて少ないといった特徴がある。一般的なオウトウ栽培では、5月下旬ころから収穫が終了する7月上旬ころまで雨よけ被覆資材を設置し、果実着色期以降には地表面に光反射シートを敷設するため、梅雨期には雨が当たらず高温乾燥環境になりやすい(図-1, 2)。特に‘紅秀峰’のような晩生種では、収穫間際にナミハダニの多発生が問題となる場合が見られる。また、収穫期の果実はオウトウショウジョウバエの加害を受けやすいため、オウトウ生産者は防除対策の徹底を図っている。

山形県の2021年のオウトウ結果樹面積は2,800 ha、収穫量が9,160 tと全国の65.7%を占めている。本稿では、山形県のオウトウ栽培における主要な害虫(ナミハダニ、オウトウショウジョウバエ、果樹カメムシ類、ミダレカクモンハマキ、コスカシバ、ウメシロカイガラムシ)の発生生態と防除対策について解説する。

I ナミハダニ *Tetranychus urticae*

オウトウを加害するハダニ類の主要種はナミハダニであり、防除圧の低い圃場ではまれにオウトウハダニ *Amphitetranynchus viennensis* が発生する場合がある(図-3)。オウトウにおけるナミハダニの一般的な生態は、粗皮下などで越冬した雌成虫が早春に下草類で増殖し、5月中旬ころに樹のヒコバエや主幹部の徒長枝葉に移動して増殖する。ナミハダニは卵から成虫になるまでにかかる日数が、20℃恒温条件で19日程度、28℃恒温条件では8日程度と増殖力の高い虫である(江原・真梶, 1975)。徒長枝葉で増殖したナミハダニは、新梢葉へ移動して増殖しながら樹全体に広がっていき、オウトウでは雨よけ被覆設置後1か月程度経過したころから発生が問題となる場合が多い。ナミハダニの加害を受けた被害葉は、葉脈間が白く抜け、激しい加害を受けると黄化して早期に落葉する(図-4)。ナミハダニによる加害と褐色せん孔病の発病が重なった場合には、より著しい落葉になる。

また、ナミハダニの雌成虫は季節で体色に変化し、夏



図-1 オウトウの雨除け被覆資材設置の様子
(山形県病害虫防除所より提供)



図-2 反射シート敷設の様子(山形県病害虫防除所より提供)

Ecology and Management of Key Pests on Cherry in Yamagata Prefecture. By Shinichi Iro
(キーワード: オウトウ, 害虫, 生態, 防除)



図-3 ナミハダニ雌成虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-4 多発したナミハダニによる被害葉（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）

季は黄緑色で晩秋～冬季に橙赤色へ変わる。越冬は、雌成虫が樹上の粗皮下や枝誘引用のマイカ線下へ移動して集団で行われる（伊藤，2021）。

ナミハダニの防除対策は、休眠期のマシン油乳剤の散布から始まり、殺ダニ剤の散布は5月下旬ころの雨よけ被覆資材設置直前と7月上旬ころの雨よけ被覆資材撤去後、盛夏期の8月上旬ころに行われている。県内のオウトウ品種‘紅秀峰’の平年発芽期は3月23日ころのため、融雪の遅れが障害となり休眠期のマシン油乳剤の散布ができなかった事例もみられていた。しかし、2014年にマシン油乳剤の一部の適用拡大により、発芽2週間後まで使用できるようになり、春季の防除対策を取りやすくなった。

オウトウ果実の収穫後は落葉期まで殺虫剤の散布が少なくなるため、葉上に寄生するカブリダニ類がよく見られる。これらのカブリダニ類は、ニセラーゴカブリダニ *Amblyseius eharai* やトウヨウカブリダニ *Amblyseius orientalis* の確認頻度が高く、ナミハダニ密度が高まると有

力な天敵であるケナガカブリダニ *Neoseiulus womersleyi* の寄生も見られるようになる（伊藤，2022）。

II オウトウショウジョウバエ *Drosophila suzukii*

オウトウショウジョウバエは体長2.5 mm程度の眼が赤い小さなハエで、雄成虫は翅に特徴的な黒点を有しており（図-5）、雌成虫の産卵管は鋸状の突起を有して健全な果実表面に産卵することができる。卵は果肉内に埋め込まれるが、表面には白い糸状突起が2本見られる（図-6）。卵は25℃条件において1日以内でふ化し、ふ化幼虫は果肉内を食害しながら発育し、10日程度で成虫となる（佐々木，2000；図-7）。羽化したばかりの雄成虫の翅の黒点は不明瞭であるが、1～2日経過するとはっきりとした黒点となる。

オウトウショウジョウバエの越冬は成虫態で行われ、越冬に向けて低温順化の進んだ個体の体色は黄褐色から黒褐色に変化し、積雪のない地域では落葉下で越冬する。しかし、山形県のような根雪期間が70日以上もあるような積雪寒冷地における越冬場所は不明である。

春季の成虫活動時期を把握するため、日本酒5と蜂蜜1の割合で混合した誘引源を用いたバイトトラップでモニタリング調査（佐々木，2017）を当所で実施したところ、7か年平均で成虫の初誘殺時期は5月下旬ころであることが判明した（図-8，表-1）。5月の早い時期に越冬場所から飛来した雌成虫は、福島県と同様にサクラの実に産卵し増殖をしているものと推察される（佐々木・佐藤，1995）が、5月後半ころから活動を開始した場合にはオウトウの早生種で6月5日ころに収穫盛期となる‘紅さやか’に産卵している可能性が示唆されている。

県内のオウトウショウジョウバエによる被害は、5月がサクラの実、6～7月はオウトウ果実、7～9月にかけて木イチゴやブルーベリーといったベリー類の果実、9～10月がヤマゴボウ類、10～11月にはヤマボウシの果実

表-1 オウトウショウジョウバエ越冬後成虫の初誘殺時期

調査年	初誘殺半月
2016年	5月1半月
2017年	6月1半月
2018年	6月1半月
2019年	6月1半月
2020年	5月2半月
2021年	6月1半月
2022年	5月4半月
2016～22年平均	5月5半月

注）調査地：山形市みのりが丘，バイト（蜂蜜1＋日本酒5），バイトトラップ（サクラ無防除樹に設置）。



図-5 オウトウショウジョウバエ雄成虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-6 果面に産みこまれた卵の卵柄（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-7 果肉内を加害中の幼虫（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-8 バイトトラップの形状（山形県病害虫防除所より提供）

で確認され、年間を通じて多くの植物を渡り歩いている。前述のバイトトラップにおける成虫の誘殺終息時期は、最も遅い事例で12月上旬ころであった（土門・伊藤，2019）。

オウトウショウジョウバエの防除は、化学合成殺虫剤の散布が主体である。この殺虫剤の効果は、成虫に対して忌避効果を有して果実に産卵をさせないものと産卵された卵に対して殺卵活性を有するものがある。忌避効果を示す代表的な薬剤は、合成ピレスロイド系剤やピリフルキナゾン水和剤があげられ、殺卵効果はネオニコチノイド系剤が高い。スピネトラム水和剤やジアミド系剤は両方の効果を有しているが、薬剤の種類によって残効期間は異なり、おおむね7～10日程度である。

オウトウショウジョウバエによる果実被害は、葉の繁茂した枝で着果数が多く果実の重なりあった部分で大きくなりやすいため、散布薬液をしっかりと果実に付着させることが重要である。また、被害果が見られる場合に

は一見健全そうに見える果実でも産卵されている恐れがあるため、殺卵活性の高い薬剤を使用し、散布間隔が開きすぎないように防除を行う必要がある。なお、樹上の被害果は放置しないで速やかに摘み取り、圃場外で適切に処分を行う。

III 果樹カメムシ類（クサギカメムシ *Halyomorpha halys*, チャバネアオカメムシ *Plautia crossota stali*）とコアオカスミカメ *Apolygus lucorum*

オウトウで問題となるカメムシ類は、クサギカメムシやチャバネアオカメムシ等の大型のカメムシ類とコアオカスミカメのような小型のカスミカメムシ類があげられる（図-9, 10）。いずれのカメムシ類も多くの果樹類を加害する重要な害虫であり、クサギカメムシの成虫は体長2 cm 程度、体色は暗褐色である。一方、チャバネアオカメムシの成虫は体長1.5 cm 程度、体色は緑色であるが越冬時に茶褐色に変化する。これらのカメムシ類は走



図-9 クサギカメムシ成虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-10 チャバネアオカメムシ成虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-11 果樹カメムシ類による被害果（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-12 コアオカスミカメ成虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）

光性を有するため夏季の夜間には灯火へ集まり、特にクサギカメムシは晩秋季に越冬のため集団で家屋内に侵入する場合がある。虫体を手で触ったりして刺激を与えると特異的な臭いを発する。

これらのカメムシ類は年1回の発生であり、越冬後成虫が春季に活動を開始し、7月下旬ころから新成虫が発生して成虫態で越冬する。クサギカメムシの越冬は、神社や作業小屋等の軒先や壁の隙間に潜んで行われる（柳・萩原，1980）。また、チャバネアオカメムシの越冬場所は積雪のない地域では落葉中で行われるが（小田，1980），前述のオウトウショウジョウバエと同様に積雪寒冷地における本種の越冬場所は不明である。これらの越冬後の成虫が、5月以降のオウトウ園に飛来して果実を吸汁して被害を起こす。幼果期の早期に加害を受けたオウトウ果実は肥大せずに落下し、肥大途中で加害を受けた果実は凹凸の激しい奇形果となる（図-11）。これら

のカメムシ類対策の基本は、被害果の発生や成虫の飛来、卵塊の確認後の殺虫剤散布である。

なお、オウトウの収穫期に現在使用されているジアミド系剤やスピネトラム水和剤、ピリフルキナゾン水和剤以外のオウトウショウジョウバエ対策の殺虫剤の多くは、カメムシ類に対して同時防除の効果が期待できるものも多い。

一方、コアオカスミカメ成虫は体長約5mm、体色は光沢のある緑色～淡緑色でよく飛翔し、幼虫の体色は黄緑色で体長1～4mmであり、すばやく歩行移動する（図-12）。前述のクサギカメムシやチャバネアオカメムシは葉を加害しないが、コアオカスミカメは未展開葉を吸汁し、加害を受けた葉は展開時に破れ傘のような不規則に孔が開いた状態になる（図-13）。また、幼果期に加害を受けた果実は、吸汁された部位が果実肥大に伴って果面に小さな凹凸を形成して品質が低下する（図-14）。



図-13 カスミカメによる被害葉（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-14 カスミカメによる被害果（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-15 ミダレカクモンハマキ成虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-16 ミダレカクモンハマキの卵塊（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）

山形県でコアオカスミカメは年に3回発生し、1回目の幼虫は4月末ころ～5月下旬、2回目の幼虫が8月ころ、3回目の幼虫は9月下旬～10月下旬ころにかけて発生する。

越冬はヨモギなどの越年生の雑草の茎部に産卵された卵で行われるため、雑草地に隣接したオウトウ園では被害を受けやすい（渡辺，1999）。

コアオカスミカメは、越冬した卵からふ化した幼虫もオウトウを加害するため、落花後に被害葉が見られた場合にはアセタミプリド水溶剤やフロニカミド水和剤を散布する。本種の薬剤感受性は全般に高いため、多くの殺虫剤の効果が認められている。しかし、1回目の幼虫の発生時期である4月下旬～5月上旬は、山形県においてオウトウやリンゴの開花期にあたるため、多くの果樹園では訪花昆虫が導入されており、これらの昆虫に悪影響のある殺虫剤は使用できない。そのため、訪花昆虫撤去

後まで殺虫剤の散布ができずに、結果としてカスミカメムシ類の被害が拡大してしまう園も散見されている。コアオカスミカメの対策は、園内にヨモギなどの越冬や生息場所になる雑草があると密度が高まりやすいため、栽培期間を通じた下草管理も重要である。

IV ミダレカクモンハマキ *Archips fuscocupreanus*

ミダレカクモンハマキの幼虫は、オウトウ、リンゴ、西洋ナシ等の多くの果樹を加害し、成虫は年1回の発生で6月中旬～7月上旬に発生する（図-15）。越冬は枝幹部に産み付けられた卵態で行われ（一色ら，1969）、越冬卵はオウトウの開花直前にあたる4月下旬ころからふ化する（図-16）。ふ化時期は太陽光の当たりやすい南面の樹幹上部、または日陰になりやすい北面樹幹下部といった越冬卵の産み付けられた部位によって大きく変わり、ふ化期間は1～2週間に及ぶことも多く、幼虫の発



図-17 ミダレカクモンハマキ幼虫の被害葉（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-18 ミダレカクモンハマキ老熟幼虫の体色（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-19 コスカシバ成虫の形態（山形県病害虫防除所より提供）



図-20 コスカシバ幼虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）

育は揃いにくい。ふ化した幼虫は糸を吐きながらぶら下がるように分散し、展葉期ころから落花期にかけて葉や幼果をつづりながら葉を乱雑に巻いて食害する（図-17）。特にオウトウでは花束状短花枝に密生した花蕾に食入して加害する傾向が強く、これらの被害は枝葉の密生した樹幹上部で見られることが多い。ミダレカクモンハマキ幼虫の体色は、中齢以降に灰色となり頭部は黒色で、他種のハマキムシ類とは体色が異なり識別が可能である（図-18）。

ミダレカクモンハマキの対策として、休眠期の剪定作業時などで枝幹部の越冬卵塊を見つけたら除去するか圧殺する。また、薬剤による防除は、開花期前後に訪花昆虫に対して影響の少ない殺虫剤として BT 剤や IGR 系

剤、ジアミド系剤のいずれかを散布する。幼虫の発育が不揃いになりやすく、この時期には5～7日間隔で新葉が展開してくるため、発生の多い場合には開花直前と落花後の2回の薬剤散布で効果がより安定する。

V コスカシバ *Synanthedon hector*

コスカシバの成虫は開張約3cmの黒色のスカシバ（図-19）で、幼虫は枝の分岐部や枝幹部の皮目、表皮の裂傷部などから食入し、食入部から虫糞を排出する。越冬は枝幹内や粗皮下等で幼虫態で行われるが、越冬幼虫の大きさは不揃いである（一色ら、1969）。

本種はオウトウやモモ、スモモ等に被害を及ぼす（図-20）が、最近ではジアミド系剤の普及に伴って被害は減



図-21 虫糞排出の様子（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-22 樹皮上の羽化後の蛹殻（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）

少してきている。県内のフェロモントラップにおけるコスカシバ雄成虫の発消長は、初誘殺時期が6月中旬ころで8月から誘殺数が増加し、9月中旬ころに誘殺盛期となり、誘殺終息期は10月中旬である。

雌成虫は日中盛んに飛翔しながら樹皮の裂け目や外傷部を好んで1卵ずつ産卵する。卵期間は9月で12～14日程度で、幼虫期間は300日程度である。ふ化幼虫はすぐに表皮から食入し、始めは粗皮下の浅い部分を食害しながら細かな茶褐色の木くずを排出する。その後、幼虫の生育に伴って顆粒状の虫糞と木くずの混じったヤニが排出されるようになる（図-21）。

越冬は幼虫態のまま樹皮下で行われ、幼虫の活動は翌春の樹液の流動開始に伴って始まる。越冬時の幼虫の発育段階で羽化時期は大きく異なり、羽化後の蛹殻が樹皮上に残されることも多い（図-22）。コスカシバの被害は、樹齢を経た粗皮の発達した樹で多くなりやすい傾向があるが、粗皮のほとんどないような幼木でも穂木と台木の接合部の盛り上がった部分を加害されて枯死するような事例も見られる。

オウトウにおけるコスカシバの対策は、ジアミド系剤やMEPを主要な有効成分とする化学合成殺虫剤による方法と性フェロモン成分を利用した交信かく乱剤のシナンセルア剤（商品名：スカシバコンL）や天敵線虫製剤のスタイナーネマカーボカプサエ（商品名：バイオセーフ）を用いる方法がある。特に、ジアミド系剤のフルベンジアミド水和剤500倍液の春季散布は、防除経費の課題はあるものの幼虫の食入阻止効果が長期間継続し、有効な対策である。現状ではまだコスカシバに対するジア

ミド系薬剤の薬剤感受性低下は報告されていないが、化学合成殺虫剤以外の対策も重要である。

交信かく乱剤は地域全体でまとまって複数年導入することにより、地域のコスカシバの密度を低下できる。また、スタイナーネマカーボカプサエ剤は、効果を安定させるための温湿度等の条件が重要であるが、食入幼虫に効果を期待できる対策である（荒川・岡崎，2004）。

VI ウメシロカイガラムシ *Pseudaulacaspis prunicola*

ウメシロカイガラムシの雌成虫は、白い蠟物質で覆われた直径約2mmの円形の介殻を有し、枝表面に固着化して密生する（河合，1980；図-23）。本種は枝に密生して樹液を吸汁するため、寄生密度が高まると花芽の充実や樹勢を低下させる。ふ化直後の歩行性幼虫の大きさは約0.8mmで、扁平楕円形の形状で体色は黄橙色で足があって移動できる（図-24）が、2齢以降の幼虫では足が退化して枝に固着して体表面を蠟物質で覆って寄生する。

ウメシロカイガラムシの対策は、休眠期の越冬雌成虫を対象としたマシン油乳剤の散布と歩行性幼虫出現期の殺虫剤の散布が行われている。休眠期防除は、オウトウの発芽前までにマシン油乳剤を、また融雪遅延などで発芽前の散布ができなかった場合には発芽後2週間まで使用できる濃度のマシン油乳剤を枝幹部にもしっかりとかかるようにていねいに散布する。特に雌成虫の寄生密度の高い枝幹は、マシン油乳剤を散布する前にブラシ等や粗皮削りに利用されている高圧スプレーガンを使用し



図-23 ウメシロカイガラムシ雌成虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）



図-24 歩行性幼虫の形態（山形県農業総合研究センター園芸農業研究所より提供）

て、枝上の重なり合ったカイガラムシの除去を行うことで防除効果がより安定する。

山形県内のウメシロカイガラムシ歩行性幼虫の出現時期は、第1世代が5月下旬ころ、第2世代は8月上旬ころに見られる年2回の発生である。薬剤防除は、歩行性幼虫の初発生確認後、5～7日程度経過した幼虫発生盛期ころにブプロフェジン水和剤やアセタミプリド水和剤、スルホキサフロル水和剤等を散布する。また、歩行性幼虫の出現期は5月の第1世代では揃うことが多いが、8月に発生する第2世代では樹の寄生部位によって発生時期が大きくずれることがある。オウトウ栽培では、5月末ころから収穫終了後（晩生種で7月上旬ころ）まで雨除け被覆資材がかけられるため、第1世代幼虫の発育期の晴天時には熱が籠って高温になりやすい樹幹上部と中位置の樹周りで温度条件が大きく異なってくる。近縁種のクワシロカイガラムシ *Pseudaulacapis pentagona* では、30.1℃になると発育停止が起こるため（武田，2023）、ウメシロカイガラムシについても30℃を超える条件では発育遅延が起こっている可能性が高く、同一樹でも樹上部と中位置等の寄生部位によって幼虫の発育が異なってくると推察される。そのため、第2世代幼虫の発生する8月上旬ころには発育が順調に進んだ個体と発育の遅れた樹上部の個体が混在し、防除に適した歩行性幼虫の発生時期が揃わずに薬剤の効果が振れやすくなると考えられる。

現地のオウトウ園では、休眠期と5月下旬ころや8月上旬ころの薬剤散布を実施していても、ウメシロカイガラムシの寄生が多く見られる樹がある。これらの樹のカイガラムシは、樹冠上部の薬液のかかりにくい枝背部

や樹内部の枝が込み合った部分で発生している事例が多かった。この場所は散布薬液がかかりにくく、オウトウショウジョウバエや灰星病による果実被害も発生することが多いため、剪定時には散布薬液がしっかりかかるように枝の配置を考えることも大切である。

おわりに

本稿では、オウトウで問題となる山形県の害虫種の生態や防除対策について解説をしてきた。オウトウは7月以降の収穫後の殺虫剤の散布回数が少なく、この時期に問題となる主要な害虫種は比較的限られてくる。しかし、年次によってはケムシ類やミノガ類が多く発生することもある。現在使用できる殺虫剤の多くは、農薬の登録に伴う再評価制度において安全性や環境への影響等から適用作物や使用時期、使用回数がより厳しい方向へ変更され、使い勝手が悪くなる懸念がある。そのため、これまで使用されている殺虫剤で知らないうちに同時防除をされてきたオウトウのマイナー害虫（オウトウハマダラミバエ *Euphranta japonica* やウチイケオウトウハバチ *Caliroa cerasi* 等）が、薬剤の変遷に伴って顕在化してくる可能性もある。

併せて温暖化に伴いこれまで山形県で未発生であった害虫種が侵入し、オウトウに被害を及ぼす可能性も考えられる。特に現在東北地域で未発生のクビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* の発生動向は、オウトウ主産県として注視しなければならない。クビアカツヤカミキリ対策は、先進県で精力的に防除技術開発に取り組み多くの成果をあげられている（中野，2021）が、オウトウに関する知見はほとんどないのが現状である。

これらの侵入害虫の発生やマイナー害虫の復活時の対応には、行政機関のほか、果樹虫害研究者や農薬製造会社との情報共有や協力が必要になってくる。今後オウトウにおける新たな害虫が発生した場合には、関係機関と連携をしながら速やかに生産現場へ普及できる防除技術の開発に努めていきたい。

引用文献

- 1) 荒川昭弘・岡崎一博 (2004): 植物防疫 **58**: 487~490.
- 2) 土門 清・伊藤慎一 (2019): 北日本病虫研報 **70**: 178~181.
- 3) 江原昭三・真梶徳純 (1975): 農業ダニ学, 全農協, 東京, p.152~155.
- 4) 一色周知ら (1969): 原色日本蛾類幼虫図鑑, 保育社, 大阪, p.62, 99.
- 5) 伊藤慎一 (2021): 農業新時代 No2: 7~9.
- 6) ——— (2022): 植物防疫 **76**: 30~36.
- 7) 河合省三 (1980): 日本原色カイガラムシ図鑑, 全農協, 東京, p.275~276.
- 8) 中野昭雄 (2021): 植物防疫 **75**: 248~255.
- 9) 小田道宏 (1980): 同上 **34**: 309~314.
- 10) 佐々木正剛・佐藤力郎 (1995): 北日本病虫研報 **46**: 170~171.
- 11) ——— (2017): 同上 **68**: 226~232.
- 12) ——— (2000): 原色病害虫診断防除編 7, オウトウ, 農文協, 東京, p.31~35.
- 13) 武田光能 (2023): 植物防疫 **77**: 69~75.
- 14) 渡辺和弘 (1999): 同上 **53**: 56~59.
- 15) 柳 武・萩原保身 (1980): 同上 **34**: 315~321.

発生予察情報・特殊報 (2023.4.1~2023.4.30)

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

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

■カンショ：乾腐病（熊本県：初）4/26

学会だより

○令和5年度(第57回)植物感染生理談話会開催のお知らせ
令和5年度(第57回)植物感染生理談話会は下記のとおり開催いたします。

開催日:2023年9月4日~6日

参加申込み期限:2023年8月18日

参加料金:一般6,000円,学生3,000円,要旨集のみ3,000円,情報交換会参加費6,000円

会場:岡山大学津島キャンパス 共育共創コモンズ・オークス日程

9月4日(月)

13:00~13:30 受付

13:30~13:40 開会の辞

13:40~14:20 機能不明のタンパク質へのアプローチ~病原菌エフェクターを例に~

高原浩之(石川県立大学生物資源環境学部)

14:20~15:00 青枯病菌におけるナス病原性適応の分子機構
向原隆文(岡山県農林水産総合センター生物科学研究所)

15:00~15:40 イネの免疫制御システムの理解とその応用
川崎 努(近畿大学農学研究科)

16:00~16:40 イネ科植物の免疫機構に関する研究

香西雄介(農業・食品産業技術総合研究機構)

16:40~17:20 植物ホルモンによって制御されているイネ
白葉枯病抵抗性 五味剣二(香川大学農学部)

9月5日(火)

9:30~10:10 植物免疫阻害剤の同定とその作用機序

石濱伸明(理化学研究所)

10:10~10:50 タバコのサリチル酸合成機構

加藤新平(信州大学農学部)

10:50~11:30 活性酸素シグナルによる植物免疫応答の分子機構
吉岡博文(名古屋大学生命農学研究科)

13:00~13:40 植物の全身を巡る病原体との攻防戦略の解明
舘田知佳(岩手大学農学部)

13:40~14:20 R遺伝子による陸上植物の抗ウイルス集団抵抗性
宮下脩平(東北大学農学研究科)

広告掲載会社一覧 (掲載順)

サンケイ化学(株).....主要品目

日産化学(株).....グレーシア

バイエルクロップサイエンス(株).....モベント

日本曹達(株).....ダニオーテ

住友化学(株).....主要品目

有光工業(株).....常温煙霧機

三井化学クロップ&ライフソリューション(株)

.....ソイリーン

アグロカネショウ(株).....ヨーバル

14:20~15:00 イネのNLRタンパク質によるブロムモザイクウイルス抵抗性
三瀬和之(京都大学農学研究科)

15:20~16:20 ポスターセッション(ショートプレゼンテーション)

16:20~18:00 ポスターセッション(ポスタービューイング)

18:30~20:30 情報交換会(岡山大学生協マスカットユニオン)

9月6日(水)

9:30~10:10 野外トランスクリプトームデータを利用した植物病原体の診断と発生調査

津島綾子(大阪公立大学農学研究科)

10:10~10:50 ダイズ立枯性病害防除に関する研究

小林光智衣(農業・食品産業技術総合研究機構)

11:00~11:40 イネ-いもち病菌 GxGomeの展望

寺内良平(京都大学農学研究科・岩手生物工学研究センター)

11:40~12:20 植物病原糸状菌の二次代謝産物生合成に依存した寄生戦略の進化
児玉基一朗(鳥取大学農学部)

12:20~12:30 学生優秀発表者表彰, 閉会の辞

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7月号の主な予定記事は次のとおりです。

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

トマト黄化病の病徴と果実重への影響 上田重文

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

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 鳥飼悠紀ら

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

収穫後に発生したゴボウ軟腐病(新称) 坂本美沙

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

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

果樹防除の基本となる「病虫害防除暦」の考え方:

千葉県におけるナシ病虫害防除暦作成の考え方 大谷 徹

佐賀県におけるかんきつ病虫害防除暦作成の考え方 衛藤友紀

植物防疫

2023年

6月号

(毎月1回1日発行)

第77巻 2023年5月25日印刷

第6号 2023年6月1日発行
(通算918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。

植物ウイルス・細菌検定用抗血清

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

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

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

*イネ縞葉枯ウイルス（RSV）はモノクローナル抗体利用です。

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

検定用オプション

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

ご注文は JPPA オンラインストアより

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

一般社団法人 日本植物防疫協会



常温煙霧機

ARIMITSU

無人散布システム LVH

大面積ハウスでも
均一散布が可能！
葉面散布にも最適です



防除作業の大幅な省力化

完全無人で作業者の暴露低減

噴霧粒子径 $10\mu\text{m}$ の超微粒子で薬害の起こりにくい均一散布

様々な剤型が使用可能な熱を加えない常温煙霧

少水量で過湿による病害誘発を予防



LVH-15CNH

対象面積：～1,250m² 程度

●使用電源／三相200V、2.0kw



LVH-30CNH

対象面積：～2,500m² 程度

●使用電源／三相200V、4.0kw



水と空気を媒体にクリーンな環境を創造する

有光工業株式会社

本 社

〒537-0001 大阪市東成区深江北1-3-7

☎06(6973)2010

<http://www.arimitsu.co.jp>

各QRコード

※パケット通信料など
通信にかかる費用は
お客様負担となります
のでご了承下さい。

当社ホームページ



電子カタログ



HP 公開動画



元気な野菜づくりに!

土壌消毒剤

ソイリーン®

注入後は直ちに
被覆をしましょう!



- 使用前にはラベルを良く読んでご使用ください。
 - 灌注したら必ず被覆してください。
- ソイリーンは(株)エス・ディー・エス バイオテックの登録商標です。

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

殺線虫・殺菌・除草剤 土壌くん蒸剤
三井
ソイリーン
150入

品名	有効成分	殺菌成分	殺虫成分	殺線虫成分	殺菌成分	殺虫成分	殺線虫成分
殺菌成分	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン
殺虫成分	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン
殺線虫成分	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン	トリクロロベンゼン

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

お求めはお近くのJAへ

JAグループ
農 協 | 全 農 | 経済連
（登録商標）第4702318号

商品に関するお問い合わせは

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
製品ページ <https://www.mc-croplifesolutions.com/products/22163/>

多彩なパフォーマンス!

チョウ目害虫防除に!!

害虫防除剤

兼商

ヨーバル[®]
フロアブル

有効成分：テトラニプロロール…18.2%

農林水産省登録
第24318号

®はドイツ・バイエル社の登録商標



5つの

**1 幅広い
殺虫スペクトル**

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

**2 バラエティ豊かな
登録作物**

野菜・果樹・茶など様々な作物で
使用できます。

**3 散布時期を
選ばない利便性**

多くの作物で収穫前日まで散布でき、
野菜は育苗期の灌注でも
使用できます。

**4 ハイレベルな
作物安全性**

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

5 高い効果持続性

残効が長く、長期間害虫の被害から
作物を守ります。

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



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

詳しい製品情報はHPで
ご確認ください。

