

植物防疫

Plant Protection

5

2022
VOL.76



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



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

サンケイ ダブルシューターTM SE

園芸用殺虫剤

登録番号: 第24054号
有効成分: 脂肪酸グリセリド…75.0%
スピノサド…5.0%

殺虫剤分類 一, 5



ダブルのパワーで、きゅうり・なす・トマト・ミニトマト・ピーマン・ねぎ等の主要害虫をこの1剤が防除!

- ・天然物由来の2成分を配合した殺虫剤。
- ・コナジラミ類の全ステージ(卵・幼虫・成虫)に優れた効果。
- ・薬剤感受性が低下したハダニ類、アザミウマ類にも有効。

「ねぎ」のアザミウマ類、ネギハモグリバエに適用拡大!
「すいか」「メロン」「いちご」に使えるようになりました!



ねぎの登録内容抜粋

2022年1月26日現在

作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用流量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	脂肪酸グリセリドを含む農薬の総使用回数	スピノサドを含む農薬の総使用回数
ねぎ	シロイチモジヨトウ アザミウマ類 ネギハモグリバエ	1,000倍	100~300ℓ/10a	収穫3日前まで	3回以内	散布	—	3回以内

※ダブルシューターSEはネギハモグリバエのB系統にも高い効果を示します



サンケイ化学株式会社

本社: 鹿児島県鹿児島市南栄2丁目9 TEL 099-268-7588
東京営業部: 埼玉県深谷市幡羅町1丁目13-1 TEL 048-551-2122
<http://www.sankei-chem.com/>

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

かんきつ 開花期の
そうか病・灰色かび病・黒点病を
同時防除できる。



ナティーボ®

フロアブル

収穫期の黒点病防除にも、
収穫前日まで使えます。

●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。® ナティーボ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

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

お客様相談室 ☎0120-575-078 9:00~12:00、13:00~17:00
土・日・祝日を除く

ハダニ防除に
新たな一手!

農林水産省登録 第24213号

特長

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

登録作物

かんきつ、りんご、なし
おうとう、小粒核果類
いちご、なす、すいか



殺ダニ剤 アシノナピル水和剤

ダニオーテ® フロアブル



●使用前にはラベルをよく読んでください。

●ラベルの記載以外には使用しないでください。

●小児の手の届く所には置かないでください。



日本曹達株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号
☎(03) 3245-6178

HPはこちらから
ご覧いただけます



目 次

巻 頭 言

Man-made Plant Disease と土壌病害	宍戸 雅宏	1
------------------------------------	-------	---

研究報告

菌類 <i>Fusarium lactis</i> によるピーマン、トマトおよびナスの果実に対する病原性	関口 博之	2
天敵保護装置「バンカーシート®」を利用したスワルスキーカブリダニ放飼による ハウスミカンのミカンハダニ防除効果	神山 光子	6

トピックス

<i>Panonychus</i> 属ハダニの現状と <i>Sasanychus</i> 属の復活	後藤 哲雄	11
---	-------	----

日植防シンポジウムから

農薬施用法における技術の進展	曾根 信三郎	17
薬剤散布機の現状と課題、今後の展望	吉田 隆延	22
青森県におけるドローン散布を活用した病害虫防除に向けた取り組み	新藤 潤一	29
北海道における農薬散布効率化に向けた取組と今後の展望	丹羽 昌信	35

植物防疫講座

病害編-47 ネギ属植物に発生する <i>Botrytis</i> 属菌による病害	三澤知央・野津あゆみ	42
農薬編-39 弦音器官 TRPV チャネルモジュレーターおよび弦音器官モジュレーター (標的部位未特定)ーピメトロジン, ピリフルキナゾン, フロニカミドおよびアフィドピロペンー	鈴木 藍	49

研究室紹介

新潟県農業総合研究所園芸研究センター 環境・施設科	黒田 智久	54
埼玉県茶業研究所	小川 英之	55

農林水産省プレスリリース (2022.3.12~2022.4.4)	27
新しく登録された農薬 (2022.3.1~3.31)	40
登録が失効した農薬 (2022.3.1~3.31)	5
発生予察情報・特殊報 (2022.3.1~3.31)	16

【表紙写真】

上段：ドローンによる散布（左）、常温煙霧機による散布（右）
中段：ブームスプレーヤ
下段：ミカンハダニ（左）、ニラ白斑葉枯病の葉鞘腐敗症状

箱処理は、 水まき感覚で 簡単・スピーディに。



水稻育苗箱用殺虫殺菌剤

 ミネクト® フォルスターSC

 ミネクト® プラスター
顆粒水和剤

水稻育苗箱用殺虫剤

 ミネクト® スター
顆粒水和剤

高密度
播種栽培
にも対応!

syngenta®

シンジェンタ ジャパン株式会社

〒104-6021 東京都中央区晴海1-8-10 オフィスタワーX21階
www.syngenta.co.jp

農業をご使用の際は、ご購入先、または当社ウェブサイトなどで最新の登録内容をご確認ください。

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空容器・空袋等は圃場などに放置せず適切に処理してください。

箱処理は水まき感覚で!
灌注処理剤紹介動画



®はシンジェンタ社の登録商標

 巻頭言

Man-made Plant Disease と 土壌病害

千葉大学 ^し 栄 ^ど 戸 ^{まさ} 雅 ^{ひろ} 宏



長いこと土壌病原菌と付き合っていると、土壌病害はつくづく man-made disease であると感じる（表題では man-made plant disease とした。通常、私は man-made disease と呼ぶことが多いのだが、この言葉をウェブ検索したところ、「人類が文明を発達させたことによって増えてきた糖尿病や高血圧等の生活習慣病、或いは公害や生物兵器による疾病」とあり、一般には人間の病気を指すようである。よって、それらと区別するために、表題には間に plant を入れた）。私が土壌病害を man-made だと思うのは、自然生態系の中、例えば森林で広範囲に土壌病害が広がって、大面積に植物が枯れて被害が出ている事例を見たことがないからである。これが地上部の病害であれば、外来の侵入病害虫によって自生の植物種が広範囲に被害を受ける事例があることはよく知られている。もちろん、森林内の個々の樹木が土壌病原菌に寄生され、大木でさえ枯死することはある。しかし、枯死後、倒木した場所にはギャップが生まれ、陽光が林床まで届くことによって暫くは陽樹が育つ。さらに、それらの樹木と共生する生物相も変化することから森林内の多様性が高まり、土壌病原菌が広がる範囲は自然と制限されると考えられている。このような複雑な生物間の相互作用で構成されている生態系を耕地化することで破壊し、単一作物での栽培や肥培管理が行われるようになると、植物宿主、寄生菌、土壌微生物の間のバランスが崩れてしまう。したがって、農耕地で土壌病害が毎年のように作物生産を脅かすような場合は、ほとんどが man-made であろう。

その要因は思い浮かべるだけでも多岐にわたっている。まず、宿主である作物については、栽培植物の大半はその種が進化した地域以外の場所で栽培されている。また、新たな作物種の導入によって、以前はそれらがなかった地域に多くの病害虫も付いて来ることが多い。もちろん、植物検疫はこれらの危険を防ぐうえで重要な役割を果たしてきたし、これからもそうあるべきことは言うまでもないが、水際対策には限界があることは歴史が証明している。さらに、慣行農業における耕耘や灌がいによって作物生産量は飛躍的に向上するが、同時に土壌病原菌の伝播も助長する。

したがって、農耕地での土壌伝染性の病害は相変わらず猛威を奮い、新たな脅威も発生している。近年ではサ

ツマイモ基腐病が九州・沖縄地方で被害が拡大し、全国に広がっている。本病の病原菌は *Diaporthe destruens* であり、私が長く研究対象にしているウリ科植物ホモプシス根腐病菌と同属の糸状菌なので伝染経路の類似点が多い。防除対策としては、第一には病原菌を圃場に持ち込まないこと、そして、図らずも病害が発生してしまった後は、可能な限り病原菌密度を抑える手立てを講じ、被害を経済的許容水準以下に抑えること、つまり医学で言うところの「寛解」を目指すのが現実的であろう。なぜなら、いったん発病した圃場から、土壌病原菌を完全に撲滅することはほぼ不可能だからである。考えてみれば、man-made の異常な環境を作ってしまった以上、そこに棲みついてしまった病原菌が暴れないように、いかに上手く付き合っていくかが防除のポイントとならざるを得ないのは、ある意味当然なことなのかも知れない。

もう一つ、別な視点から土壌病害が man-made であると思うのは、人間社会が有用な防除対策を妨げている事例である。日本で商業的に栽培されているキュウリは、ほぼすべてがカボチャ台木に接ぎ木される。前述のホモプシス根腐病菌に対し、クロダネカボチャは極めて強い耐性を持っており、萎凋・枯死することはほとんどない。私が子供のころはキュウリの台木と言えばクロダネカボチャであった。しかし、この台木ではキュウリ果実にブルームが発生してしまうので、ブルームレスキュウリ用のカボチャ台木が開発されてから、急速に取って代わられてしまった。現在、キュウリホモプシス根腐病の防除には土壌消毒のほか、様々な方法が試みられているが、恐らく最も有望な防除対策の一つが行われていない。それは消費者への啓発である。なぜなら、キュウリのブルームが人畜無害の生理物質であり、農薬とは全く無縁であることを消費者が理解し、ブルームキュウリの需要が増せば、キュウリの台木をクロダネカボチャに戻すことができる。第一、ブルームの主成分はケイ酸であるから、キュウリが元々持っている静的抵抗性の一つと考えられる。これを本来の状態に戻すことは、ホモプシス根腐病だけでなく他の空気伝染性病害も減ることが期待され、より減農薬で健全なキュウリを消費者に提供できることにつながる。正に SDGs に沿った処方ではないだろうか。

（日本土壌微生物学会会長）

研究 報告

菌類 *Fusarium lactis* によるピーマン、トマト およびナスの果実に対する病原性

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

せき 関 ぐち 口 ひろ 博 ゆき 之

はじめに

ピーマン (*Capsicum annuum* L.) は日本における主要なナス科野菜の一つである。その中で、完熟したピーマン果実は一般にパプリカと呼ばれて流通している。2002年10月、香川県善通寺市にある西日本農業研究センター善通寺研究拠点（旧四国農業試験場）で収穫された完熟果の中に、激しい腐敗症状を呈した果実が認められた。病変部位から高頻度に分離された糸状菌は、形態的特徴や分子生物学的な解析に基づき、日本では未確認であった *Fusarium lactis* Pirotta であることがわかった。当該菌株は海外で既に記録されているピーマン果実の病害 (internal fruit rot) を引き起こすことが確認され、さらに、同じナス科野菜としてメジャーなトマトとナスにも病原性を有することが明らかとなった。本稿では、係る一連の研究結果について紹介する。

※本稿に掲載した SEKIGUCHI et al. (2021) にある写真などは、日本植物病理学会と Springer Verlag 社の許可を得て転載した。

I 原 病 徴

本稿において紹介する完熟ピーマンの腐敗症状は、ビニルハウス内で健全な状態で栽培されていたピーマンより収穫した果実において認められた。果皮の表面に出現した水浸状の病斑が徐々に拡大するとともに薄褐色に変化した。やがて罹病組織が軟化・変形・ひび割れ・陥没し、果実全体の腐敗に至った。病変部位には、*Fusarium* 属菌の菌糸や分生子塊が高頻度に表生した (図-1)。なお、栽培中のピーマンの茎葉、花、果実等には特に異常は認められなかった。

II 分離した糸状菌の特徴

罹病部位から分離した *Fusarium* 属菌のうち代表的な

Pathogenicity of a Fungus, *Fusarium lactis*, on Fruits of Sweet Pepper, Tomato and Eggplant. By HIROYUKI SEKIGUCHI

(キーワード: ピーマン, ナス, トマト, *Fusarium lactis*, 果実腐敗病)

菌株 (MAFF 150017) を合成低栄養培地 (Synthetic Low-Nutrient Agar : SNA), 25℃, 暗黒下で培養したところ、大分生子および小分生子を伴う白色からクリーム色のコロニーが形成された (図-2)。大分生子は無色、脚胞のある鎌形, 2~4 隔壁, 大きさ 20~36 μm × 2~3 μm。小分生子は無色、楕円~長楕円形の単細胞, やや屈曲する場合もあり, 大きさ 3~8 μm × 1~2 μm。それらの分生子の形態は罹病組織上に認めたものと同様であった。25℃において、カーネーションリーフアガー (Carnation Leaf Agar : CLA) およびポテトデキストロース培地 (Potato Dextrose Agar : PDA) のいずれで培養した場合も同様の分生子を形成した。特に PDA 菌叢には分生子の連鎖を高頻度に認めた (図-2)。なお、PDA における菌叢の生育温度は 10~35℃で、至適温度 28℃における1日当たりの菌糸伸長は 5.8 mm であった。一連の試験を通じ、完全世代は認められなかった。

MAFF 150017 は形態的特徴から *Gibberella fujikuroi* complex に属する種と思われた。この複合種の分子系統解析にあたっては translation elongation factor 1 領域の塩基配列が用いられる。そこで、MAFF 150017 についてその配列データを取得し BLAST 検索した結果、*F. lactis* の ex-epitype strain と最も類似していた [NRRL 25200 (GenBank accession AF160272, O'DONNELL et al., 1998) と 97.69%, MUCL 51511 (GenBank accession FR870279,



図-1 ピーマン完熟果に認められた腐敗症状

Van Poucke et al., 2012) と 99.85%]。以上の形態的特徴、分子生物学的な解析に基づき、MAFF 150017 を *F. lactis* Pirotta と同定した。

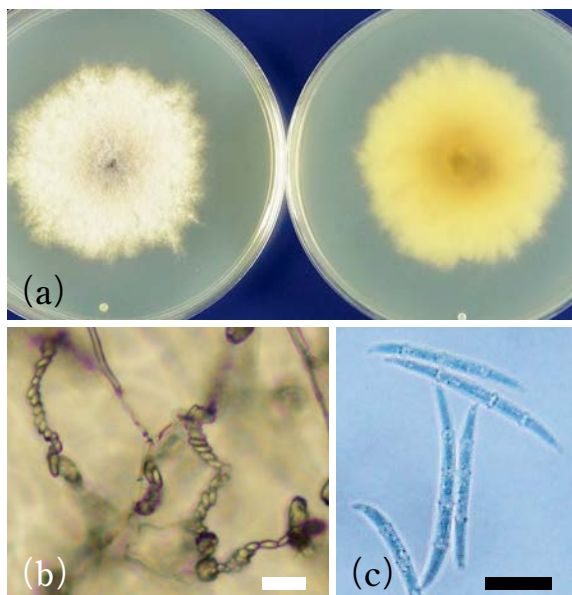


図-2 病原糸状菌 *Fusarium lactis* MAFF 150017 の形態
(a) PDA 上に生育した *Fusarium lactis* MAFF 150017 (左：表面，右：裏面)。
(b) 小型分生子とその連鎖 (スケールバー 20 μm)。
(c) 大型分生子 (スケールバー 20 μm)。

III 病原性の確認

健全な完熟ピーマン果実の表面に滅菌した柄付針を用いて、果実内部まで貫通しないように穿孔傷をつけ、各致傷部位に MAFF 150017 の分生子懸濁液 ($5 \times 10^5/\text{ml}$) を 20 μl 滴下した。次いで、接種した果実をプラスチックコンテナ内で多湿条件を保ちながら室温 (24~27 $^{\circ}\text{C}$) で保持したところ、原病徴が再現された (図-3)。接種 7 日目までに、果実表面に水浸状の腐敗が生じ、10 日目には接種菌の旺盛な表生を伴う激しい腐敗症状を呈した。菌糸は果実内部にまで進展していた (図-3)。いずれの病変部位からも接種菌が再分離され、*F. lactis* の完熟ピーマン果に対する病原性が確認された。なお、完熟果の無傷の部位へ同様に接種しても、いっこうに感染は認められなかった。

ナス科野菜としては、トマトとナスも重要である。そこで、MAFF 150017 を用いて *F. lactis* のこれら果実に対する病原性を調べた。ピーマンに接種した際と同じ条件で調製した同菌株の分生子懸濁液を、トマトとナスの致傷部位に接種したところ、いずれの果実も腐敗症状を呈した (図-4)。トマトでは接種後 2 日目に水浸状の病斑が現れはじめ、やがて激しく腐敗し、罹病組織上には顕著な分生子粘塊が形成された。ナスにおいては、接種

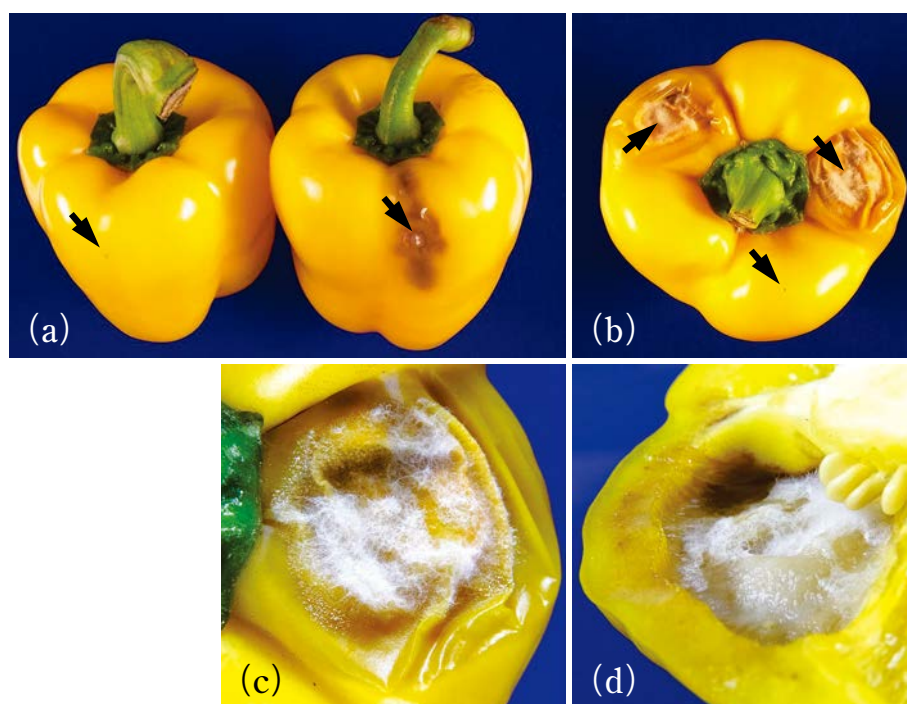


図-3 病原糸状菌 *Fusarium lactis* MAFF 150017 接種により完熟ピーマンに再現された病徴
(a), (b) MAFF 150017 接種による腐敗症状. (a) 接種から 7 日目 (左：無接種，右：病原菌接種. 矢印は針で致傷した部位). (b) 接種から 10 日目 (矢印は針で致傷した部位).
(c), (d) 腐敗部位の拡大. (c) 腐敗部位の外観. (d) 腐敗部位の内部.

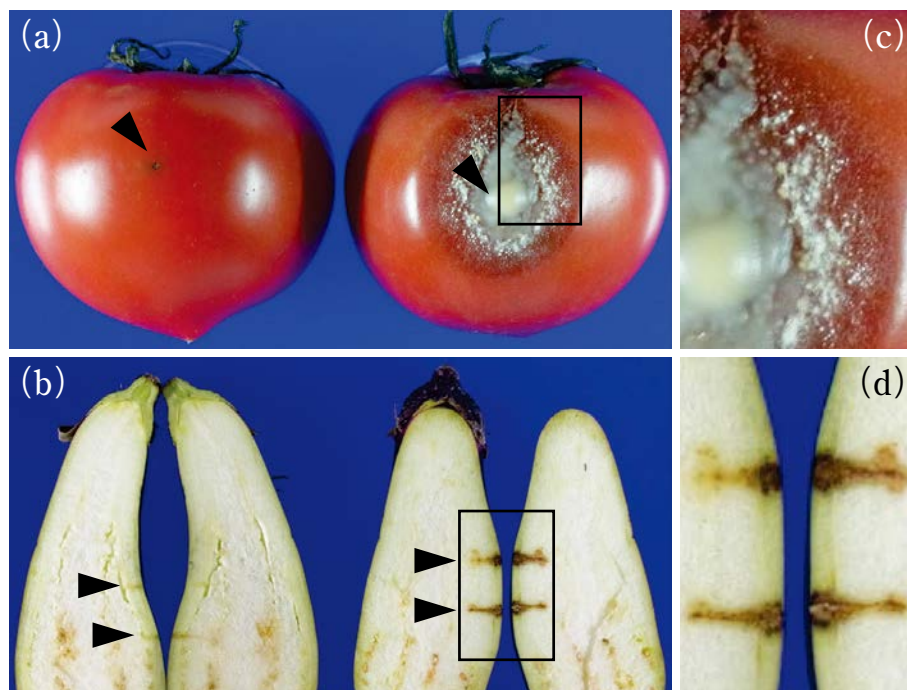


図-4 病原糸状菌 *Fusarium lactis* MAFF 150017 接種によるトマトとナスに生じた病徴（接種から 10 日目）
 (a) MAFF 150017 によりトマトに生じた腐敗症状（左：無接種，右：病原菌接種。矢印は針で致傷した部位）。
 (b) ナスの接種部位に生じた MAFF 150017 による病徴（左：無接種，右：病原菌接種。矢印は針で致傷した部位）。
 (c), (d) それぞれの病変部位（枠内）の拡大。

から 10 日経過した時点で、外表面には明らかな腐敗症状は認められなかったが、接種した部位の果実内部には、褐変部位の拡大が認められた（図-4）。トマトとナスのいずれの罹病組織からも接種菌が再分離されたことから、*F. lactis* はピーマン完熟果だけでなく、トマトとナスに対しても病原性を有することが確認された。

IV 病名について

これまでに *F. lactis* によるピーマンの果実腐敗病 (internal fruit rot) はカナダと韓国において記録されている (YANG et al., 2009 ; CHOI et al., 2011)。日本においては本菌は未確認であった。日本国内では多くの糸状菌がピーマン果実に病原性を有することが知られており [e.g., *Curvularia geniculata* (Tracy & Earle) Boedijn, *Fusarium* sp., *Fusicoccum aesculi* Corda, *Phomopsis* sp., *Stemphylium botryosum* Wallroth, *Stemphylium lycopersici* (Enjoji) W. Yamamoto] (日本植物病理学会, 2022), これらのうち、実腐病の病原 *Fusarium* sp. は、*F. incarnatum-equiseti* species complex に属する種か、*F. lateritium* Nees のいずれかである (NISHIHARA, 1967 ; 富岡, 2005 ; 富岡ら, 2010)。すなわち、今回の *F. lactis* によるピーマンの病害は日本初確認である。*Fusarium* sp. による実腐病は未熟果で認められ、その症状はピーマンの芯からへた

にかけて病原の旺盛な気中菌糸を伴って早くかつ激しく腐敗するという特徴がある。これに対し、今回の *F. lactis* による病害は完熟果のみに症状が認められた点や、病原の気中菌糸の形成が実腐病菌と比べるとかなり少ない点において、*F. aesculi* や *Phomopsis* sp. による「果実腐敗病」の病徴とよく似ている。実腐と果実腐敗は同じ意味であるが、今回の *F. lactis* による病害は呼称 (和名) として果実腐敗病とした (果実腐敗病の病原として *F. lactis* を追加した)。

おわりに

YANG et al. (2009) は *F. lactis* によるピーマンの果実腐敗病は種子からの伝染によることを示唆する結果を得ている。CHOI et al. (2011) は花に接種して病徴を再現している。以上のことから、本病は種子伝染するものと考えられるが、感染経路は完全には解明されていないため、今後、茎葉や根に対しての感染性についても調べる必要がある。

前述したように、ピーマン果実の無傷の部位への *F. lactis* の接種では腐敗を生じなかったが、致傷した部位への接種では激しく腐敗した。この結果は、果実表面に物理的損傷があれば、本病原菌が隣り合う果実に容易に感染することを意味している。生産現場や流通段階で

は、運搬時などの振動摩擦による果実表面の物理的損傷が当然想定されるものの、これまでのところ、国内で本病害の再発生は確認されていない。本病の症状は激しいため、腐敗した果実があったとしても、商品からいち早く除外され、顕在化していない可能性がある。そのため、本病害の発生、まん延には引き続き注意する必要がある。なお、*F. lactis* によるトマトとナスの病害については自然発生は認められていないが、今回の実験結果を踏まえれば、係る病害の発生にも留意が必要であろう。

引用文献

- 1) CHOI, H. W. et al. (2011): Plant Dis. **95**: 1476~1477.
- 2) 日本植物病理学会 (2022): 日本植物病名目録 2022 年 2 月版, 日本植物病理学会, 東京, p.1439~1445.
- 3) NISHIHARA, N. (1967): Plant Protect **21**: 513~516.
- 4) O'DONNELL, K. et al. (1998): Mycologia **90**: 465~493.
- 5) SEKIGUCHI, H. et al. (2021): J. Gen. Plant Pathol. **87**: 326~329.
- 6) 富岡啓介 (2005): 近畿中国四国農業研究センター研究報告 **5**: 91~187.
- 7) ———ら (2010): 日植病報 **76**: 200.
- 8) Van POUCKE, K. et al. (2012): Int. J. Food Microbiol. **153**: 28~37.
- 9) YANG, J. et al. (2009): Can. J. Plant. Pathol. **31**: 47~56.

登録が失効した農薬 (2022.3.1~3.31)

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

「殺虫剤」

- オキサゾスルフィル粒剤
24513：ブエノ UN 箱粒剤（住化農業資材株式会社）
22/3/4
- D-D 剤
22033：サンケイテロン（サンケイ化学株式会社）22/3/15
- アセタミプリド粒剤
22369：モスピランワン粒剤（日本曹達株式会社）22/3/30
- アセタミプリド液剤
23801：イマージ液剤（日本曹達株式会社）22/3/30
- アセタミプリド粒剤
23912：モスピランベイト（日本曹達株式会社）22/3/30

「殺菌剤」

- イソチアニル水和剤
23424：ルーチン FS（バイエルクロップサイエンス株式会社）22/3/2
- オキサチアピプロリン水和剤
23789：デュボン ゾーベック エニケード（コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社）22/3/10
- オキサチアピプロリン・ファモキサドン水和剤
23982：デュボン ゾーベック エンカンティア（コルテバ・アグリサイエンス日本株式会社）22/3/10

「殺虫殺菌剤」

- オキサゾスルフィル・イソチアニル粒剤
24515：ブエノ粒剤（住化農業資材株式会社）22/3/4
- アセタミプリド・ペンチオピラド水和剤
23179：マイテミンスプレー（日本曹達株式会社）22/3/30

「除草剤」

- MDBA 液剤
22690：ホクサンバンベル-D 液剤（ホクサン株式会社）
22/3/11
- グリホサートイソプロピルアミン塩・ペラルゴン酸乳剤
23787：スピードスター GP（丸和バイオケミカル株式会社）22/3/16

- グリホサートイソプロピルアミン塩・メコプロップ P イソプロピルアミン塩水和剤
22998：マックスター顆粒水和剤（サンケイ化学株式会社）22/3/22
- グリホサートイソプロピルアミン塩・ペラルゴン酸乳剤
23788：雑草一撃（住商アグロインターナショナル株式会社）22/3/25
- グリホサートイソプロピルアミン塩液剤
23989：ウィードフリー（住商アグロインターナショナル株式会社）22/3/25
- グリホサートイソプロピルアミン塩液剤
18951：ランドマスター（日産化学株式会社）22/3/28
- グリホサートアンモニウム塩液剤
19445：ブロンコ（日産化学株式会社）22/3/28
- グリホサートアンモニウム塩液剤
20109：ラウンドアップハイロード（日産化学株式会社）
22/3/28
- グリホサートカリウム塩液剤
21761：ラウンドアップ K ロード（日産化学株式会社）
22/3/28
- イソウロン・グリホサートイソプロピルアミン塩・メコプロップ P イソプロピルアミン塩水和剤
22498：シャルウィード Pro 顆粒水和剤（日本カーリット株式会社）22/3/28
- グリホサートイソプロピルアミン塩液剤
21013：モンサントラウンドアップ（バイエルクロップサイエンス株式会社）22/3/29
- グリホサートアンモニウム塩液剤
21014：モンサントラウンドアップハイロード（バイエルクロップサイエンス株式会社）22/3/29
- グリホサートイソプロピルアミン塩液剤
19276：グリホス（ケミノバ エイエス）22/3/31
- グリホサートイソプロピルアミン塩・グルホシネート液剤
24607：グリグルホ（保土谷アグロテック株式会社）
22/3/31

研究 報告

天敵保護装置「バンカーシート®」を利用した スワルスキーカブリダニ放飼によるハウス ミカンのミカンハダニ防除効果

熊本県農業研究センター果樹研究所 神 山 光 子*

はじめに

カンキツの重要害虫であるミカンハダニ（図-1）は、施設栽培でも発生しやすいため、殺ダニ剤による防除回数が増加し、薬剤抵抗性が発達しやすい。本県のハウスミカンにおいても、薬剤感受性の低下が顕著であり、薬剤による防除が困難な園が出てきている（図-2）。

施設カンキツにおいては、これまでも化学農薬に代わる技術として、スワルスキーカブリダニ（以下、SW）を用いた試験を実施してきたが、SWの活動はハウス内環境（温度や湿度等）に左右されやすく、ミカンハダニに対して安定した防除効果が得られなかった。

そのような中、新たに天敵保護装置「バンカーシート®」とスワルスキーカブリダニを組合せた「スワルバンカー®」（石原バイオサイエンス（株）製）（以下、SB）が開発された。本資材は、温度や乾燥等の環境変化や散水、化学農薬散布等の影響から天敵を保護し、好適な環

境を提供することで、天敵の増殖を促進し、長期間にわたり、天敵を放出させる機能を有する。

そこで、ハウスミカンにおいて、SBを用いたSW放飼によるミカンハダニ防除効果を検討したので、その結果を紹介する。

なお本研究は、「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業：2016～2017年度」、および生物系特定産業技術研究支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業：2018年度」により実施した「土着天敵と天敵製剤〈w天敵〉を用いた果樹の持続的ハダニ防除体系の確立（28022C）」における連携協定研究機関として実施した。

I SB設置にあたって

1 ハウスミカンにおける天敵利用期間

12月に加温開始するハウスミカンのハウス内最低温度の管理は、一般に12月は17℃、1月は18～19℃、2月は20℃と徐々に上げていく。また、ミカンハダニの防除は収穫時期まで続くが、アザミウマ類の防除薬剤がSWに悪影響を及ぼすものが多いため、SWの利用が可能な期間は、アザミウマ類が侵入し始める5月下旬までとされる（坂野，2013）。

そこで、SWの活動温度が17～30℃とされること（山中，2009）を考慮し、SWの利用期間を、加温開始後の最低温度が18℃程度に設定される1月中旬から、アザミウマ類の防除が必要となる5月下旬までとした。

2 レスキュー防除の目安

ミカンハダニのカンキツ果実への被害は、着色開始後の被害については、果皮の色つやが悪化し、商品価値が著しく低下するが、着色が始まる前の被害は消失しやすい。ハウスミカン果実の場合は、着色前の満開80日後ころまでの被害であれば、大きな問題は生じないとされる（植原，私信）。そのため、ミカンハダニの密度が増加しても、被害が出始める前までに経済的な被害が発生しないよう、低密度に抑え込めば大きな問題とはならない。

そこで、露地栽培におけるミカンハダニの要防除水準



図-1 ミカンハダニ

Effect of *Amblyseius swirskii* with the Natural Enemy Insect Growth Apparatus on Citrus Red Mite, *Panonychus citri*, in the Greenhouse-Grown Satsuma Mandarin. By Mitsuko KOHYAMA
(キーワード：ハウスミカン，ミカンハダニ，スワルスキーカブリダニ，天敵保護装置「バンカーシート®」)

*現所属：熊本県県央広域本部宇城地域振興局

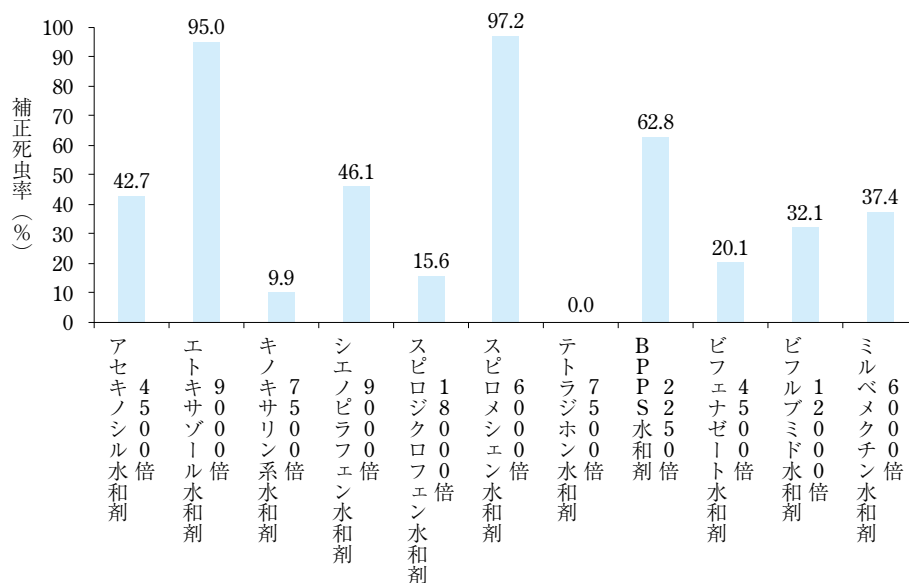


図-2 ハウスミカン (B 園) におけるミカンハダニの薬剤感受性検定結果 (2018 年)

注 1) リーフディスク法による殺卵効果を検定した結果である。

注 2) ミカンハダニの採集場所：熊本市河内町。

注 3) ミカンハダニ採集および接種は 3 月 19 日、薬剤処理は 3 月 22 日、効果の判定は 3 月 29 日に行った。

注 4) コントロール (水道水) の生存率：85.8%。

注 5) 殺ダニ剤は、常用濃度の 3 倍希釈で供試した。

注 6) 補正死虫率 (%) = {(コントロールの生存率 - 各殺ダニ剤処理後の生存率) / コントロールの生存率} × 100。

は、1 葉当たり雌成虫数が 0.5 頭～1 頭寄生、または寄生葉率が 30～40% に達したとき (日本植物防疫協会, 2021) であるが、ハウスミカンでは未設定であるため、露地栽培より増殖が早いことを考慮して、便宜的に要防除水準を 1 葉当たり雌成虫数 0.4 頭とし、満開 80 日後を目安に、天敵放飼ハウスにおいてミカンハダニが 1 葉当たり 0.4 頭に達した場合は、レスキュー防除を行うこととした。

II ミカンハダニの抑制効果

試験は、熊本県内の生産者圃場 2 園で、2017～19 年まで実施した。調査期間は 1 月中旬から 5 月下旬とした。A 園と B 園で各 2 棟ずつハウスを使用し、1 棟を SB 設置ハウス (以下、天敵ハウス) とし、もう 1 棟を薬剤防除のみのハウス (以下、対照ハウス) とした。SB は 1 月中旬に設置し、設置数は 200 個/10 a を目安に、1 樹当たり 2 個ずつ設置した。設置場所は、直射日光が当たらない赤道部の枝に吊るした (図-3)。調査は、1 ハウス当たり 5 樹をランダムに抽出し、1 樹当たり 50 葉におけるミカンハダニ雌成虫とカブリダニ類成虫および幼虫の個体数を計数した。なお、SW を放飼したが、樹上のカブリダニ類を同定していないため、調査の結果はカブリダニ類と表記した。

また、対照ハウスの薬剤防除は、園主に一任した。



図-3 バンカーシート®の設置状況

1 成功事例

まず、天敵ハウスでミカンハダニ防除が成功した結果から紹介する。いずれも SB 設置前にハウス内にミカンハダニが低密度で発生した状態であった。

A 園の 2017 年の天敵ハウスでは、調査期間中、カブリダニ類によりミカンハダニは低密度で推移し、殺ダニ剤の散布は不要であった (図-4)。2018 年は、2 月下旬からミカンハダニが急増したものの、それに合わせてカブリダニ類も急増し、満開 80 日後になる前の 3 月下旬にはミカンハダニを抑制した。一部の葉に白化が見られ

たものの、果実に被害はなく、2017年と同様、調査期間中に殺ダニ剤の散布は不要であった（図-4）。よって、対照ハウスに比べて、殺ダニ剤の散布を2~3剤削減できた。

また、B園の2019年の天敵ハウスはSB設置後、満

開80日後に達した時期にミカンハダニが増加した事例である（図-5）。3月中旬までカブリダニ類でミカンハダニを抑制していたが、3月下旬の水切り期後半でのハウス内の湿度低下と5月上旬のハウス開放での温湿度が低下し（図-6）、カブリダニ類の活動が鈍ったことが推

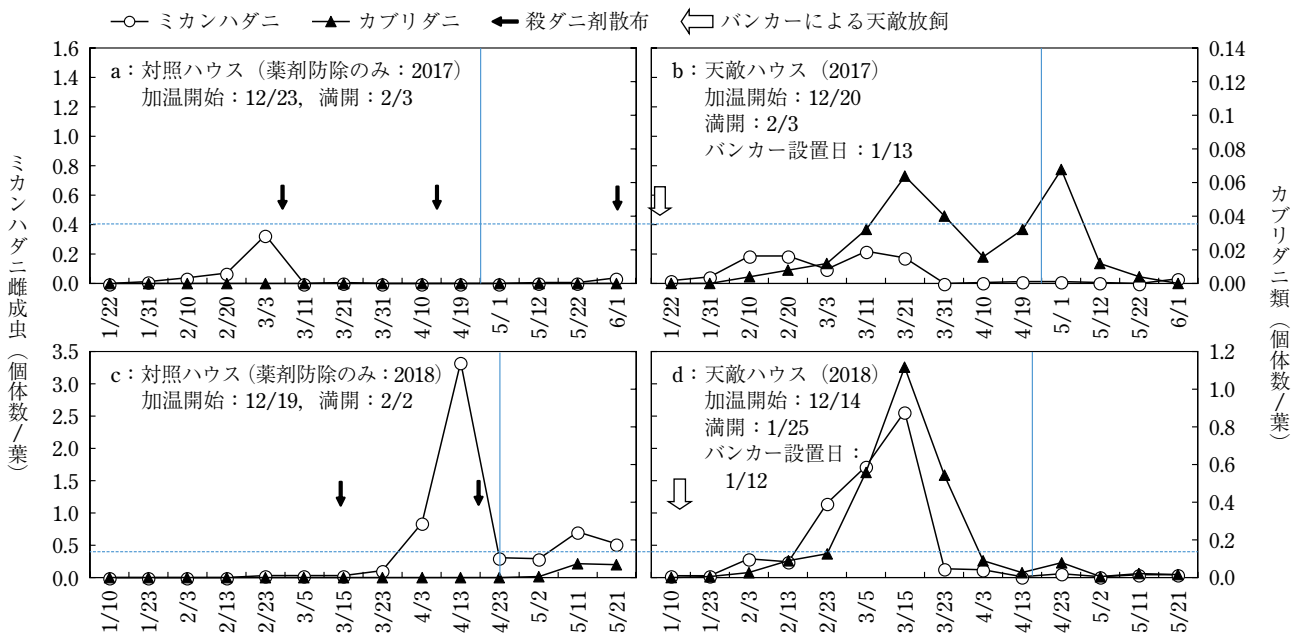


図-4 A園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移（2017, 2018年）：成功事例

注1) 対照ハウスは、加温直後に殺ダニ剤を散布。

試験期間中の殺ダニ剤散布履歴：2017年 ミルベメクチン水和剤（3/6）、アセキノシル水和剤（4/14）、シエノピラフェン水和剤（6/1）。
2018年 アセキノシル水和剤（3/15）、ピフルブミド水和剤（4/16）。

注2) 天敵ハウスは、加温直後に気門封鎖剤を散布。

試験期間中の殺ダニ剤散布履歴：なし。

注3) 図中の横の破線（0.4頭/葉）は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。

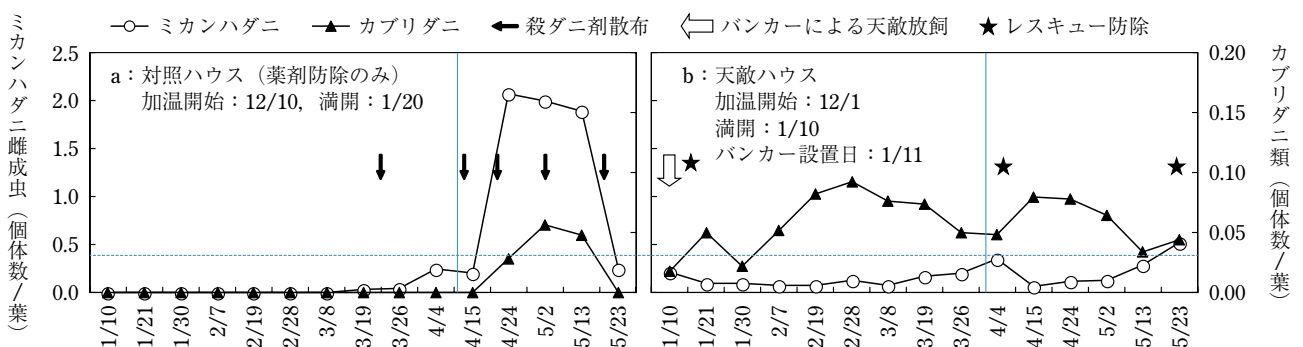


図-5 B園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移（2019年）：成功事例

注1) 対照ハウスについて、

加温前後の殺ダニ剤散布履歴：なし。

試験期間中の殺ダニ剤散布履歴：気門封鎖剤部分散布（3/23）、ミルベメクチン水和剤（4/12）、アセキノシル水和剤（4/21）、シフルメトフェン水和剤+エトキサゾール水和剤（5/2）、気門封鎖剤（5/20）。

4月下旬ころより、天敵が混入した。

注2) 天敵ハウスについて、

加温前後の殺ダニ剤散布履歴：なし。

試験期間中のレスキュー防除履歴：シエノピラフェン水和剤（1/19）、アセキノシル水和剤（4/6）、ピフルブミド水和剤（5/23）。

注3) 図中の横の破線（0.4頭/葉）は要防除水準、縦の実線は満開80日後を示す。

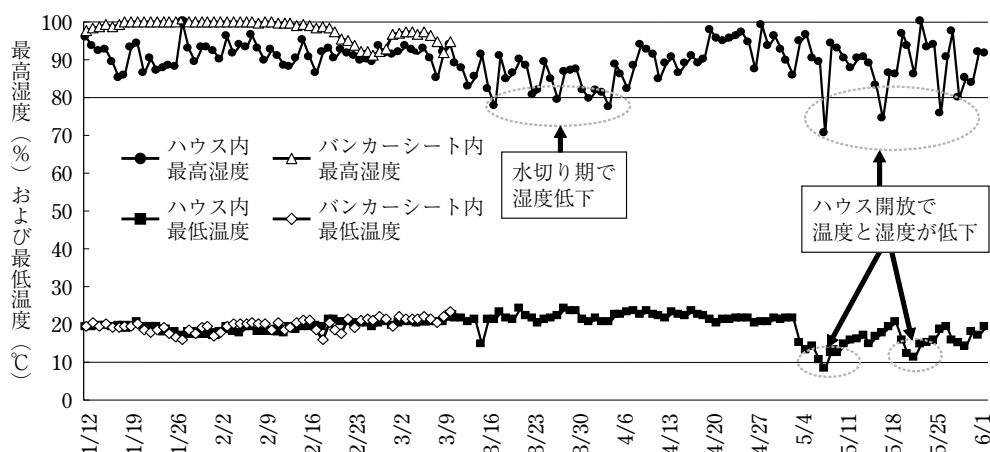


図-6 天敵ハウスにおけるハウス内およびバンカーシート内の最高湿度と最低温度の推移 (2019年)

注1) 加温開始日: 12/1, 満開日: 1/10, 花洗い日: 1/27, 水戻し期: 4月始め。

サイド巻上日: 4/18 ころ, ハウス開放: 5月上旬ころ。

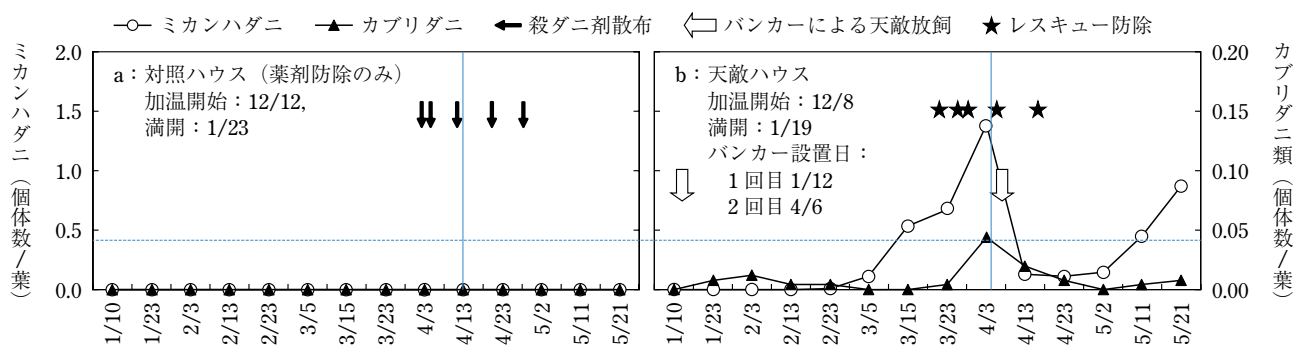


図-7 B園におけるミカンハダニとカブリダニ類の密度推移 (2018年): 失敗事例

注1) 対照ハウスについて,

加温前後の殺ダニ剤散布履歴: フェノチオカルブ乳剤 (10/27), BPPS 水和剤 (12/15)。

試験期間中の殺ダニ剤散布履歴: 気門封鎖剤 (4/2), アセキノシル水和剤 (4/5 ころ), 気門封鎖剤 (4/12, 19, 26)。

注2) 天敵ハウスについて,

加温前後の殺ダニ剤散布履歴: BPPS 水和剤 + テトラジホン水和剤 (10/31), 気門封鎖剤 (12/18)。

試験期間中のレスキュー防除履歴: シエノピラフェン水和剤 (3/22), アセキノシル水和剤 (3/30),
ピフルブミド水和剤 (3/31), 気門封鎖剤 (4/4, 15)。

注3) 図中の横の破線 (0.4 頭/葉) は要防除水準, 縦の実線は満開 80 日後を示す。

察され, ミカンハダニが増加した。そのため, 4月上旬と5月下旬にレスキュー防除を実施した。4月上旬のレスキュー防除後は, 水戻しにより湿度が上がり, カブリダニ類も再び増加したため, 5月上旬まではレスキュー防除とカブリダニ類によってミカンハダニを抑制していたと考える。なお, SB 設置直後にもレスキュー防除を実施したが, これはミカンハダニではなくチャノホコリダニ防除が目的であったが, ミカンハダニも減少しているので, レスキュー防除に含めた。結果として, カブリダニ類と3回のレスキュー防除で, 5月下旬までミカンハダニを抑制したことになるが, 対照ハウスでは同じ期間に殺ダニ剤を5回散布しているため, 天敵ハウスでは殺ダニ剤を2回削減できた。

2 失敗事例

次に, 天敵ハウスでミカンハダニ防除が失敗した結果を紹介する。2018年のB園において, SB 設置前にハウス内にミカンハダニが確認できず, 設置後も2月中旬まで全くミカンハダニが確認できない状態であった (図-7)。ミカンハダニの初発は2月下旬であり, バンカー設置から1か月半ほど経過していた。ミカンハダニの密度が3月に上昇し始めたが, このときにはカブリダニ類はほとんど確認できない状態で, 果実の白化が広がり始めたため, レスキュー防除を3回実施した。その後, カブリダニ類の増加は見られたが, ミカンハダニの抑制効果が不十分だったため, SBの追加設置と2回のレスキュー防除を行ったが, ミカンハダニを抑制することができな

かった。その後は、SW 利用をあきらめ通常防除に切り替えて、なんとかミカンハダニを抑えた。

以上、今回の成功事例と失敗事例から、SW 利用の成功の鍵は、いかに早い段階でミカンハダニと SW の密度バランスを取れるかにかかっていると考ええる。天敵利用が進んでいる野菜では、作物によるが、SW は餌である害虫がいなくても、ピーマンなどの花粉を餌として活動・増殖できるため、植物上での定着がよいとされている（柿元ら、2017）。しかし、カンキツの花粉では、SW が活動・増殖した事例がない。今回の試験でも、いずれもハウスミカンの開花期にバンカーを設置したが、ミカンハダニがいない樹上では活動・増殖ができなかったことから、温州ミカンの花粉は SW の餌として適さないと考えられる。ハウスミカンで SW を定着させるためには、餌としてのミカンハダニの存在が必要であり、乾燥条件では水分供給源としての役割も重要と考える。同じく、ハウスミカンにおける SB 設置によるミカンハダニ防除で、ミカンハダニが発生していない条件での設置（ゼロ放飼）を基本とした事例（川内、2022）があるものの、SB 設置前にミカンハダニが低密度の発生であれば、必ずしもゼロ放飼である必要はないと考える。

いずれにしても、ハウスミカンにおいて、SB による SW 放飼とレスキュー防除の組合せにより、ミカンハダニの防除は十分可能であると考えられる。

III 留 意 点

1 SB 設置時期について

本稿では、バンカーを1月中旬に設置したが、設置後の落弁期に灰色かび病やチャノホコリダニ防除の薬剤散布で SW が流される可能性がある。今回、防除前に SB を設置しても問題はなかったが、SB を満開3週間後に設置して、天敵利用が成功している事例も多い（川内、2022）。個々の栽培管理やミカンハダニの発生状況に応じて、SB の設置時期は1月中旬から満開3週間後まで調整が可能と考える。

2 レスキュー防除について

ハウスミカンでは水切り期後期の乾燥とハウス開放時の湿度および温度の低下（図-6）により、SW の活動が抑制される場合があるため、その時期にミカンハダニの増加が見られたら、迷わずレスキュー防除を実施する。

3 SB 設置後のミカンハダニの動きについて

SB を設置してから、ミカンハダニが1か月以上発生しない状態が続いた場合、その後、ミカンハダニが増加したときに、SW が存在しない可能性がある。SB 利用期間中にミカンハダニが増加してきたら、SW の定着を確認する。

4 他の病虫害防除について

灰色かび病、黒点病、チャノホコリダニ、カイガラムシ類、アブラムシ類、アザミウマ類等の防除が必要と考えられるため、SW に影響の少ない農薬で防除を行う。カブリダニに対する薬剤の影響リストが、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門発行の「新・果樹のハダニ防除マニュアル～天敵が主役の防除体系」（農研機構、2021）に掲載されているので、ご参照いただきたい。

お わ り に

施設カンキツにおいては、ミカンハダニの薬剤抵抗性発達により、防除に苦慮している産地が多いと思われる。しかし近年、天敵への影響が小さい農薬の登録が進み、また、天敵資材も改良され、以前より天敵が利用しやすくなり、ハウスミカンにおいては、天敵利用の成功事例が増えてきていると感じる。本稿が成功事例の一つとして加わり、さらに成功事例が積み重なることで、天敵利用が拡大することを願う。また、現在、施設不知火類でも天敵利用を進めるべく、試験を実施中であるが、ハウスミカンより天敵の定着が安定せず、苦慮している。引き続き、試験に取り組み、施設不知火類での天敵利用の可能性も検討していきたい。

天敵利用の普及は、環境への負荷低減ももちろんだが、ハウス内での過酷な農薬散布作業から少しでも開放され、生産者の労力軽減につながるものと期待する。

引 用 文 献

- 1) 柿元一樹ら (2017): 応動昆 61(4): 223~232.
- 2) 川内孝太 (2022): 植物防疫 76(1): 47~49.
- 3) 日本植物防疫協会 (2021): JPP-NET, http://www.jppn.ne.jp/jpp/bouteq/bojosuijun_data/kaju.pdf (2020年8月28日閲覧)
- 4) 農研機構 (2021): 新 果樹のハダニ防除マニュアルー (w 天) 防除体系一 (第三版), https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130513.html
- 5) 坂野 満 (2013): バイオコントロール 17(1): 26~30.
- 6) 山中 聡 (2009): 植物防疫 63(6): 41~44.



Panonychus 属ハダニの現状と Sasanychus 属の復活

流通経済大学経済学部 後藤 哲 藤 哲 雄

はじめに

Panonychus 属のハダニは、これまでに2亜属16種が知られている (MIGEON and DORKELD, 2006–2020)。このうち、リングハダニとミカンハダニは世界的に分布し、それぞれ151種と113種の植物に寄生する重要な害虫である。1990年代以降、本誌では *Panonychus* 属ハダニの分類学的知見が後藤・江原 (1992) と大野・後藤 (2011) によって報告されている。特に後者では日本未記録種のキイチゴマルハダニ *P. caglei* が沖縄県に広く分布し、ケカラスウリやカラムシに寄生していることを明らかにした。一方、*Panonychus* 属の2亜属 (*Panonychus* s. str. と *Sasanychus*) については、EHARA (1978) がミドリハダニ *Panonychus* (*Sasanychus*) *akitanus* の記載時に *Sasanychus* 亜属を創設し、その後ヒメミドリハダニ *Sasanychus pusillus* の新種記載にあたり属に昇格させている (EHARA and GOTOH, 1987)。しかし、BOLLAND et al. (1998) は *Sasanychus* を亜属にとどめ、属として認めなかった。さらに、MIGEON and DORKELD (2006–2020) による “Spider Mites Web” database でも亜属のままになっていた。最近、*Panonychus* 属の中でその分類学的位置づけに議論があったあるいは記載の不備が指摘されていた5種のうち3種 (*P. hadzhibejliae*, *P. caricae*, *P. caglei*) の補完的な記載が相次いだことによって (ARABULI et al., 2016; 2020; NEGM and GOTOH, 2021), *Panonychus* 属の全体像が明確になってきたことと、*Sasanychus* 属の復活が提案されたことによって “Spider Mites Web” database において2022年中に *Sasanychus* が属に昇格する予定であることから (表-1), 本稿ではこれらの経緯を紹介し、併せてこれら2属の種への検索表を示した。

I *Panonychus* 属3種の再記載

P. hadzhibejliae はジョージア (旧グルジア) の RECK (1947) がイチジク *Ficus carica* から記載している。本種

The Latest Situation of the Genus *Panonychus* mites and the Resurrection of the Genus *Sasanychus*. By Tetsuo GOTOH
(キーワード: ハダニ, DNA, 分子系統解析, 属の復活, 検索表)

表-1 世界の *Panonychus* 属と *Sasanychus* 属ハダニ一覧

<i>Panonychus</i>	
<i>bambusicola</i> EHARA & GOTOH, 1991	ササマルハダニ
<i>caglei</i> MELLOTT, 1968	キイチゴマルハダニ
<i>caricae</i> HATZINIKOLIS, 1984	
<i>citri</i> (McGREGOR, 1916)	ミカンハダニ
<i>elongatus</i> MANSON, 1963	
<i>globosus</i> TSENG, 1974	
<i>hadzhibejliae</i> (RECK, 1947)	
<i>inca</i> DE VIS & DE MORAES, 2002	
<i>lishanensis</i> TSENG, 1990	
<i>mori</i> YOKOYAMA, 1929	クワオオハダニ
<i>spinigerus</i> (LUCAS, 1849)*	
<i>osmanthi</i> EHARA & GOTOH, 1996	モクセイマルハダニ
<i>thelytokus</i> EHARA & GOTOH, 1992	エルムマルハダニ
<i>ulmi</i> (KOCH, 1836)	リングハダニ
<i>Sasanychus</i>	
<i>akitanus</i> (EHARA, 1978)	ミドリハダニ
<i>pusillus</i> EHARA & GOTOH, 1987	ヒメミドリハダニ

*挿入器の記載も再記載もなく、不明種 (*incertae sedis*) である。

はリングハダニとミカンハダニに形態的に類似しているが、体色と胴背毛付け根のこぶの色および胴背毛長、出糸突起 ($su\xi$) の形態と出糸突起/背感覚体 ($su\xi/\omega$) の長さの比によって識別できるとして新種記載された。しかし原記載における詳細なデータの欠如が原因で、本種をミカンハダニやリングハダニから分離できるいくつかの形態的特徴がありながら、*P. hadzhibejliae* の分類学的位置については長い間疑念がもたれていた。すなわち WAINSTEIN (1960) は本種をミカンハダニから分離する理由がなく、*P. hadzhibejliae* はミカンハダニの新参異名 (junior synonym) であるとしたのである。しかし、ARABULI et al. (2016) がジョージアの広範囲にわたってイチジクから本種を採集して再記載したことによって、*P. hadzhibejliae* がミカンハダニではないことを形態的特徴から明確に示した。RECK (1947) が新種記載で用いた $su\xi/\omega$ の比が胴背毛長と $su\xi$ の形態および胴背毛 $f2/h1$ の比とともに分類学的に有効な形質であることを明確に示し (形態は図-1, 2A を参照), *P. hadzhibejliae* はミカンハダニの新参異名ではなく、有効な種 (valid species) であるとした。また、筆者が2013年にジョージアの

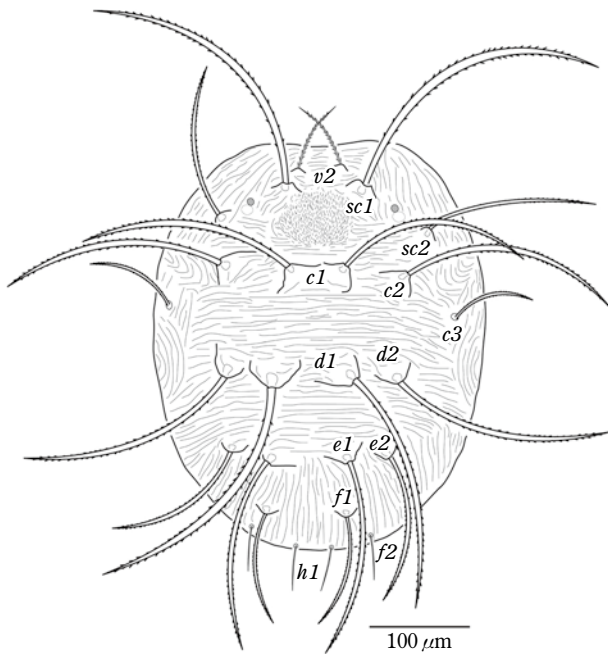


図-1 キイチゴマルハダニの雌成虫背面 (NEGM and GOTOH, 2021)

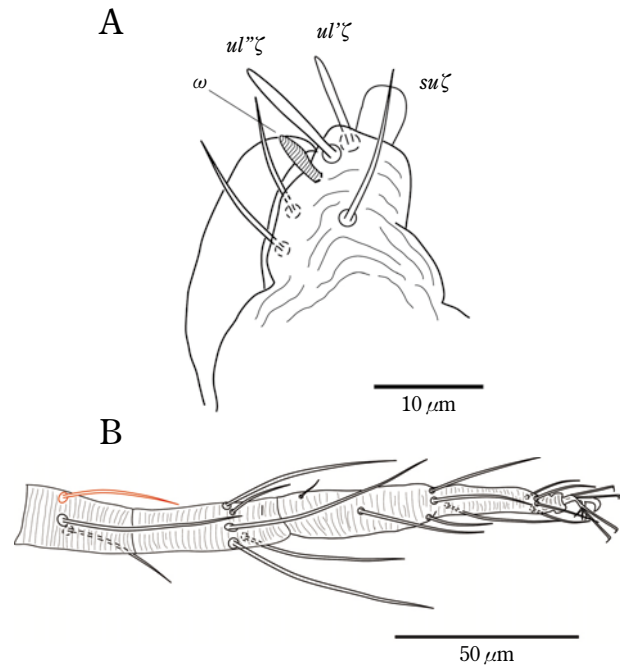
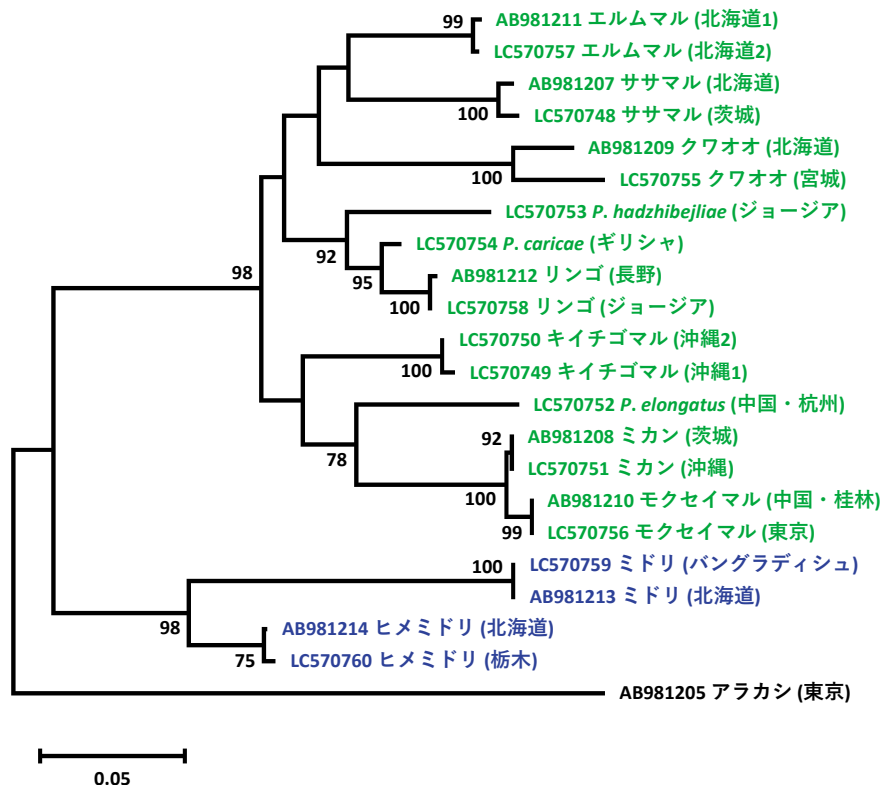


図-2 キイチゴマルハダニの雌成虫触肢 (A), 雌成虫第 IV 脚膝節の変異 (赤で示した毛, B) (NEGM and GOTOH, 2021)

図-3 *Panonychus* 属と *Sasanyichus* 属のミトコンドリア DNA の COI 遺伝子 (618 bp) の塩基配列に基づいて、最尤法により推定した系統樹 (ARABULI et al., 2020)

Vardisubani で本種を採集して検討したミトコンドリア DNA (mtDNA) の COI (cytochrome *c* oxidase subunit I) 領域の結果も、この種が有効であることを認めている

(図-3; ARABULI et al., 2020)。

P. caricae はギリシャのイチジクから記載されているが (HATZINIKOLIS, 1984), 原記載における挿入器先端が紐

状になっているなど、記載が曖昧であることから、長い間正確に同定できない種とされていた。またタイプ標本を含む一切の標本が行方不明であることから (P. AUGER, 私信), 2017 年に筆者がギリシャ南西部の Karamata のイチジクから採集して再記載を行った結果 (ARABULI et al., 2020), ようやく本種の詳細な形態変異と DNA 情報を示すことができた。*P. caricae* はリンゴハダニと *P. hadzhibejliae* に形態的に酷似する種であるが、胴背毛長および $f2/h1$ の比と $sc1/f2$ の比によって 3 種を分けることができる。また図-3 に示したように、COI 領域の結果もこの結論を支持している。

キイチゴマルハダニは、北アメリカと台湾に分布することが知られていたが、2011 年に南西諸島 (沖縄県) のケカラスウリとカラムシにも寄生していることがわかった (OHNO et al., 2011)。本種の同定に際して、MELLOTT (1968) の記載には脚の毛数や毛の種類 (通常毛か感覚毛か) に誤りのあることがわかった。MELLOTT (1968) の本文では、脛節 II と IV (第 II 脚脛節と第 IV 脚脛節) には各々 5 本の通常毛があると記述されているが、図には 4 本ずつしか描かれていない。そこで、アメリカ国立自然史博物館から借りだしたタイプ標本と沖縄個体群を検討した結果、脛節 II と IV はともに 5 本の通常毛を持ち、図にミスのあることがわかった (NEGM and GOTOH, 2021)。また、跗節 I と II の感覚毛の数がタイプ標本や

沖縄個体群のものと異なっていた。つまり、MELLOTT (1968) ではそれぞれ $9(4) + 2 \text{ dupl.}$ と $8(4) + 1 \text{ dupl.}$ (カッコ内の数字は感覚毛数, dupl. は二重毛) としているが、タイプ標本と沖縄個体群では $12(1) + 2 \text{ dupl.}$ と $11(1) + 1 \text{ dupl.}$ であった (NEGM and GOTOH, 2021)。なお、本種と *P. bambusicola*, *P. inca* の膝節 IV の毛の数は 2 本であり、他種はすべて 3 本であるが、本種の毛の数には変異があり、膝節 IV に 3 本の毛が見られることがあるので (図-2B), 同定する場合は複数個体を検鏡するなど、慎重に観察する必要がある。本種の寄主植物として、キク科, ウリ科, マメ科, アオイ科, クワ科, バラ科, イラクサ科の 7 科 16 種が上げられているが、頻発するのはバラ科のキイチゴ属 (*Rubus*) であり、これが本種の英名 (raspberry red mite) と和名の由来である (NEGM and GOTOH, 2021)。海外では経済的に栽培されているバラ科植物への寄生が問題になっているので、国内で栽培されているキイチゴへの発生には注意が必要である。

しかし *Panonychus* 属には、まだ解明すべき種が残っている。その一つが、TSENG (1974) が台湾・台南の草本植物から記載した *P. globosus* であり、図-4 に示したように本属や他属のハダニの挿入器には、本種に類似する形態の挿入器は見られない。本種はミカンハダニに酷似するとされており、確かに跗節 I と II, 脛節 I と II の毛の数および出糸突起の長さが幅の 1.5 倍である点など

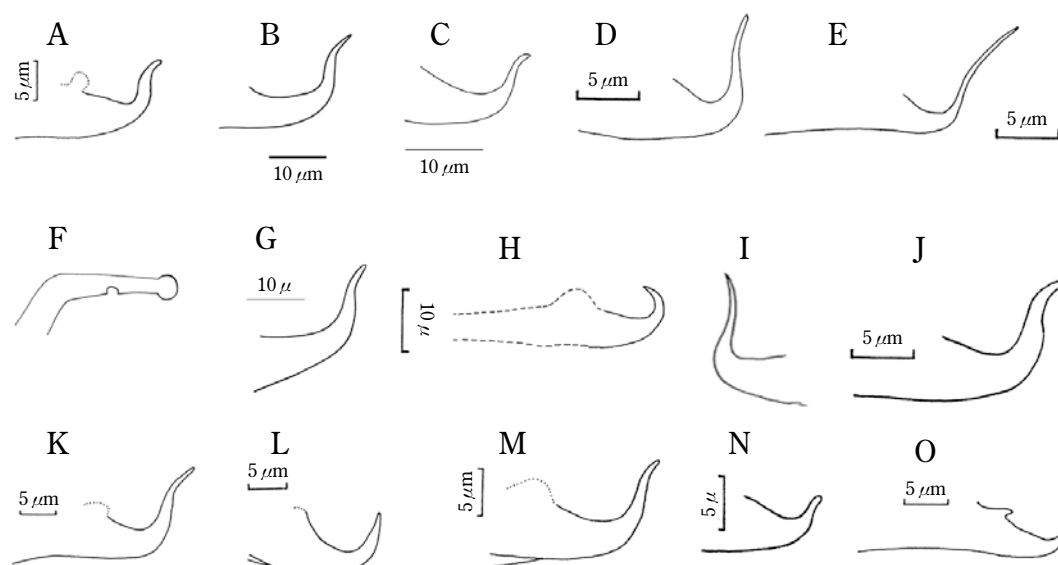


図-4 *Panonychus* 属と *Sasanychus* 属の挿入器

A : *P. bambusicola* (ササマルハダニ), B : *P. caglei* (キイチゴマルハダニ), C : *P. caricae*, D : *P. citri* (ミカンハダニ), E : *P. elongatus*, F : *P. globosus*, G : *P. hadzhibejliae*, H : *P. inca*, I : *P. lishanensis*, J : *P. mori* (クワオオハダニ), K : *P. osmanthi* (モクセイマルハダニ), L : *P. thelytokus* (エルムマルハダニ), M : *P. ulmi* (リンゴハダニ), N : *S. akitanus* (ミドリハダニ), O : *S. pusillus* (ヒメミドリハダニ) (A : EHARA and GOTOH, 1991 ; B : NEGM and GOTOH, 2021 ; C : ARABULI et al., 2020 ; D : EHARA and GOTOH, 1992 ; E : EHARA and GOTOH, 1992 ; F : TSENG, 1990 ; G : ARABULI et al., 2016 ; H : DE VIS and DE MORAES, 2002 ; I : TSENG, 1990 ; J : EHARA and GOTOH, 1992 ; K : EHARA and GOTOH, 1996 ; L : EHARA and GOTOH, 1993 ; M : EHARA and GOTOH, 1991 ; N : EHARA, 1978 ; O : EHARA and GOTOH, 1987). *P. spinigerus* の挿入器については報告がない。

は一致している。ただし、記載が大雑把であり、これ以上の情報を得ることができない。筆者は、過去 10 回ほど台湾を訪れ、このうち 5 回は台南で調査したが、*P. globosus* の寄主植物とされているヒユ科イノコヅチ属の一種 *Achyranthes obusifolia* から本種を採集することはできなかった。

もう一種は、*Panonychus lishanensis* である。TSENG (1990) は本種を台中市梨山茶区のリンゴから採集している。本種はミカンハダニに酷似するが、出糸突起の長さとの比が 1 (ミカンハダニは 1.5), *f2* が *h1* より長い (ミカンハダニはほぼ同長) ことが特徴としてあげられている。しかし挿入器はほぼ同じであり (図-4), 再検討する必要がある。この地域は高山茶の高級茶産地として知られていて、ナシの果樹園も点在している。また、ミカンハダニがリンゴにも寄生することから、リンゴハダニではないという思い込みがあった可能性を否定できない。しかし非常に残念ながら、Y. H. TSENG 博士の標本は本人が台湾農業試験場 (TARI) を退職する際、自らの手ですべての標本を破棄したという情報を 2021 年 3 月に TARI に勤務していた C.-C. Ho 博士 (私信) から得た。筆者が TARI の昆虫標本室を何度か訪れて、TSENG 博士の標本を探したが見つからなかったことと符合する。これまで述べてきたことからわかるように、タイプ標本を含めた標本の保存は科学論文では必須であり、逸失はその後の研究に大きな制約になることから許されない行為である。したがって、各研究機関はその責任において標本の管理を徹底されることを切望したい。

II Sasanychus 属の復活

「はじめに」で述べたように、*Sasanychus* 亜属は EHARA (1978) によって創設され、その後、属に昇格されたが (EHARA and GOTOH, 1987), BOLLAND et al. (1998) では「胴背毛の根元のこぶの有無は属に相当する形質ではない」として亜属にとどめ、この考え方は MIGEON and DORKELD (2006-2020) でも踏襲された。しかし、EHARA (1978) でも EHARA and GOTOH (1987) でも、次の 3 点を *Sasanychus* 属の特徴としている。つまり、① *Panonychus* 亜属は胴背毛の根元にこぶがあり、一方 *Sasanychus* 亜属にはない、②前者の後胴体部背面正中部の皮膚条線の一部は縦走するが、後者のそれは横走する、③ *Panonychus* 亜属の脛節 I は 7 本、脛節 II は 5 本の通常毛を持つが、*Sasanychus* 亜属ではそれぞれ 9 本と 8 本である。しかし、後二者の特徴は顧みられることがなかった。そこで、種の識別に広く用いられている COI 領域を、海外のいくつかの種を含む *Panonychus* 亜属の 10 種と *Sasanychus*

亜属の 2 種について再度検討した。その結果、これら 12 種のうち 2 個体群以上を供試した種はすべて高いブートストラップ値 (75~100%) で支持される単系統群を形成した。さらに、1 個体群しか供試していない種についても系統樹で他種とともにクレードを形成することはなく、明確に区別できたことから、*Panonychus* 亜属の 10 種と *Sasanychus* 亜属の 2 種は系統樹の単系統性に基づく識別が可能であった (図-3)。また、*Panonychus* 亜属と *Sasanychus* 亜属各々が単系統群であることが、高いブートストラップ値 (98%) で支持された (ARABULI et al., 2020)。同様の結果は、既報による mtDNA の COI と核 DNA の 18S および 28S 領域 (MATSUDA et al., 2014) や 652 遺伝子 790,047 bp を用いたトランスクリプトーム解析 (RNA-Seq; 全転写産物解析) による報告 (MATSUDA et al., 2018) でも示されており、再度これら 2 亜属の単系統性が確認された。したがって、ARABULI et al. (2020) では、上記の形態的特徴と分子系統樹の結果に基づいて、*Sasanychus* 亜属は *Panonychus* 属の一亜属ではなく、独立した属として復活させることを提案した。この論文の発表を受けて、“Spider Mites Web” database では 2022 年中に *Sasanychus* を独立した属として改定する予定である (MIGEON, 私信)。

III Panonychus 属と Sasanychus 属の全種への検索表 (ARABULI et al. (2020) に基づく)

ハダニ科から両属までは、次の形態によって検索する。つまり、①爪間体に粘毛はなく、爪状で 3 対の腹毛を持ち、② *h* 毛は 3 対 (*h1*~*h3*) である。

1. 胴背毛の根元にこぶがある；後胴体部背面正中部の皮膚条線の一部は縦走する；脛節 I は 7 本、脛節 II は 5 本の通常毛を持つ *Panonychus* 3
- 胴背毛の根元にこぶがない；後胴体部背面正中部の皮膚条線は横走する；脛節 I は 9 本、脛節 II は 8 本の通常毛を持つ *Sasanychus* 2
2. 跗節 II は二重毛の基方に 3 本の通常毛と 1 本のソレニジオンを持つ；挿入器の後部は緩やかなカーブの S 字状で、先端部は千切れたような形状；クマイザサ、ササ科植物に寄生；バングラディシュ、日本に分布 *S. akitanus* (EHARA, 1978) (ミドリハダニ)
- 跗節 II は二重毛の基方に 1 本の通常毛と 1 本のソレニジオンを持つ；挿入器の後部は S 字状ではなく、軸部背縁に突起を持ちほぼ真つすぐ；ミヤコザサに寄生；日本に分布 *S. pusillus* EHARA & GOTOH, 1987 (ヒメミドリハダニ)

3. 膝節 I と II は各々 5 本の通常毛を持つ 4
 - 膝節 I と II は各々 4 本の通常毛を持ち、膝節 III と IV は各々 2 本の通常毛を持つ；スズタケ、クマイザサなどのササ科植物に寄生；日本に分布 *P. bambusicola* EHARA & GOTOH, 1991 (ササマルハダニ)
4. 膝節 III に 3 本、膝節 IV に 2 本の通常毛を持つ 5
 - 膝節 III と IV は各々 3 本の通常毛を持つ 6
5. 挿入器は背方に曲がり、先端は後方にカーブして S 字部分と軸部背縁はほぼ同長；キク科、ウリ科、マメ科、アオイ科、クワ科、バラ科、イラクサ科に寄生；北米、ブラジル、中国、台湾、韓国、日本（南西諸島）に分布
 - *P. caglei* MELLOTT, 1968 (キイチゴマルハダニ)
 - 挿入器は背方に曲がり、先端は前方に強く反り返る；リンゴに寄生；ペルーに分布
 - *P. inca* DE VIS & DE MORAES, 2002
6. 挿入器の先端部に球状の膨らみがあり、軸部が肘掛けのような形状で、末端近くの腹縁に顕著なくぼみを持つ；ヒユ科イノコズチ属の *Achyranthes aspera*、ブドウ科ブドウ属の一種 (*Vitis* sp.) に寄生；台湾に分布 *P. globosus* TSENG, 1974
 - 挿入器の先端部に球状の膨らみはない 7
7. 雌の跗節 II の二重毛の通常毛はソレニジオンより長い；挿入器は緩やかに背方に曲がり、先細で終わる；産雌単為生殖で、雄は極めてまれ；ハルニレに寄生；日本に分布 *P. thelytokus* EHARA & GOTOH, 1992 (エルムマルハダニ)
 - 雌の跗節 II の二重毛の通常毛はソレニジオンより短い；挿入器はエルムマルハダニとは異なる 8
8. 雌の胴背毛 f_2 と h_1 の長さはほぼ同長（その長さの差は $5\mu\text{m}$ を超えない） 9
 - 雌の胴背毛 f_2 は明らかに h_1 より長い（その長さの差は約 $10\mu\text{m}$ またはそれ以上） 11
9. 背感覚体 (palptarsus solenidion, ω) は出糸突起 (terminal sensillum, $su\zeta$) より長い；胴背毛 f_2 は f_1 の $1/2$ ；挿入器は背方に曲がり、弱い S 字状で先端に向かって先細になり、S 字部分は軸部背縁の長さの約 2 倍；パパイヤ科、マメ科、センダン科、ツツラフジ科、クワ科、モクセイ科、トケイソウ科、バラ科、ミカン科、イチイ科に寄生；オーストラリア、パプアニューギニア、インド、ミャンマー、タイ、中国、台湾に分布 *P. elongatus* MANSON, 1963
 - 背感覚体は出糸突起より短い；胴背毛 f_1 と f_2 の比 (f_1/f_2) は 2.5 以上；挿入器は *P. elongatus* とは異なる 10
10. 挿入器は背方に曲がり、弱い S 字状で先端に向かって先細になり、S 字部分は軸部背縁より長く、軸部腹縁に対して約 50° の角度で傾斜する；雌の胴背毛 e_2 は e_1 に比べて顕著に短い；胴背毛 sc_1 と h_1 の比 (sc_1/h_1) は約 6.8；モクセイ科モクセイ属に寄生；中国、日本に分布 *P. osmanthi* EHARA & GOTOH, 1996 (モクセイマルハダニ)
 - 挿入器は背方に曲がり、弱い S 字状で先端に向かって先細になり、S 字部分は軸部背縁より長く、軸部腹縁に対して $67\sim 78^\circ$ の角度で傾斜する（しばしば直角近くまで傾斜）；雌の胴背毛 e_2 と e_1 はほぼ同長；胴背毛 sc_1 と h_1 の比 (sc_1/h_1) は約 5.3；多くの植物に寄生する；全世界に分布
 - *P. citri* (MCGREGOR, 1916) (ミカンハダニ)
11. 雌の胴背毛は槍形で、カーブしない；リンゴに寄生；台湾に分布 *P. lishanensis* TSENG, 1990
 - 雌の胴背毛は強くカーブする 12
12. 雌の胴背毛 sc_1 の長さは $200\mu\text{m}$ 以上、 sc_1 と h_1 の比 (sc_1/h_1) は約 5 かそれ以上；挿入器は背方に曲がり、短く弱い S 字状を呈し、S 字部分は軸部背縁とほぼ同長；アサ科、ツツラフジ科、クワ科、バラ科に寄生；イラン、日本に分布
 - *P. mori* YOKOYAMA, 1929 (クワオオハダニ)
 - 雌の胴背毛 sc_1 の長さは $200\mu\text{m}$ 以下、 sc_1 と h_1 の比 (sc_1/h_1) は 5 以下；挿入器は背方に曲がり、S 字部分は軸部背縁より長い 13
13. 雌の胴背毛 sc_1 の長さは $150\mu\text{m}$ 以下、 sc_1 と h_1 の比 (sc_1/h_1) は約 3.3；イチジクに寄生；ジョージア、アルメニア、アゼルバイジャンに分布
 - *P. hadzhibejliae* (RECK, 1947)
 - 雌の胴背毛 sc_1 の長さは $150\mu\text{m}$ 以上、 sc_1 と h_1 の比 (sc_1/h_1) は 4 以上 14
14. 雌の胴背毛 c_3 の長さは $100\mu\text{m}$ 以上、 f_2 の長さは約 $66\mu\text{m}$ 、 sc_1 と f_2 の比 (sc_1/f_2) は約 2.8；多くの植物に寄生する；全世界に分布
 - *P. ulmi* (KOCH, 1836) (リンゴハダニ)
 - 雌の胴背毛 c_3 の長さは $100\mu\text{m}$ 以下、 f_2 の長さは $50\mu\text{m}$ 、 sc_1 と f_2 の比 (sc_1/f_2) は約 3.5；イチジクに寄生；ギリシャに分布
 - *P. caricae* HATZINIKOLIS, 1984

* *Panonychus* 属には、*Panonychus spinigerus* (LUCAS, 1849) も知られているが、記載が粗く、また再記載もなされていないので種を特定できない。ARABULI et al. (2016) は本種を所属不明 (*incertae sedis*) としていることから、本検索表からは除外した。

おわりに

永年, *Sasanychus* 亜属を属に復活させたいと願い, MATSUDA et al. (2014; 2018) において, *Panonychus* 亜属と *Sasanychus* 亜属それぞれの単系統群が系統樹上で離れて位置していることを示し, 属の要件を満たしていることを述べてきたが, 復活を果たせずに来た。しかし, 今回, 論文のタイトルに「復活 (resurrection)」を加えたことにより (ARABULI et al., 2020), ようやく属として認められることになった。この背景には, 前述のように, *Panonychus* 属 3 種 (*P. hadzhibejliae*, *P. caricae*, *P. caglei*) の再記載が大きく貢献していることが挙げられる。

最後に, 本稿を校閲して貴重なご教示をいただいた松田朋子博士 ((株)日本バイオデータ), 大野豪博士 (沖縄県病害虫防除技術センター), M. W. NEGM 博士 (茨城大, Assiut Univ.), および *P. caricae* の標本に関する有益な情報を提供していただいた P. AUGER 博士 (仏・INRA), 台湾の Y. H. TSENG 博士の標本が失われているという情報を提供していただいた C.-C. Ho 博士 (TARI) に厚く御礼申し上げる。またアメリカ国立自然史博物館から *P. caglei* のタイプ標本を借り出すにあたり多大なご協力をいただいた R. OCHOA 博士と D. CREEL 女史 (ARS・USDA) に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) ARABULI, T. et al. (2016): Zootaxa 4114: 464~476.
- 2) ——— et al. (2020): ibid. 4881: 515~531.
- 3) BOLLAND, H. R. et al. (1998): World Catalogue of the Spider Mite Family (Acari: Tetranychidae). Brill, Leiden, 392 pp.
- 4) DE VIS, R. M. J. and G. J. DE MORAES (2002): Zootaxa 48: 1~6.
- 5) EHARA, S. (1978): J. Fac. Edu., Tottori Univ., Nat. Sci. 28: 87~93.
- 6) ——— and T. GOTOH (1987): Zool. Sci. 4: 375~378.
- 7) ——— (1991): Internat. J. Acarol. 17: 9~12.
- 8) ——— (1992): Appl. Entomol. Zool. 27: 107~115.
- 9) ——— (1993): Jpn. J. Entomol. 61: 157~160.
- 10) ——— (1996): J. Acarol. Soc. Jpn. 5: 17~25.
- 11) 後藤哲雄・江原昭三 (1992): 植物防疫 46: 342~347.
- 12) HATZINIKOLIS, E. N. (1984): Entomol. Hell. 2: 55~61.
- 13) MATSUDA, T. et al. (2014): PLOS ONE 9: e108672.
- 14) ——— et al. (2018): ibid. 13: e0203136.
- 15) MELLOTT, J. L. (1968): Acarologia 10: 230~234.
- 16) MIGEON, A. and F. DORKELD (2006~2020): Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae, Available from, <https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/> (accessed 25 VII 2020)
- 17) NEGM, M. W. and T. GOTOH (2021): Zootaxa 5086: 157~173.
- 18) 大野 豪・後藤哲雄 (2011): 植物防疫 65: 626~630.
- 19) OHNO, S. et al. (2011): J. Asia-Pacific Entomol. 14: 281~284.
- 20) RECK, G. F. (1947): Soobshch. Akad. Nauk Gruz. SSR 8: 471~475.
- 21) TSENG, Y. H. (1974): J. Agric. Assoc. China 88: 56~73.
- 22) ——— (1990): Taiwan Museum Special Publication Series no. 9: 1~224.
- 23) WAINSTEIN, B. A. (1960): Tr. Nauchno-Issled. Inst. Zash. Rast. Kazakh. 5: 1~276.

発生予察情報・特殊報 (2022.3.1~3.31)

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

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

- プリムラ, イチゴ: チバクロバネキノコバエ (東京都: 初) 3/2
- コムギ: コムギ萎縮病 (香川県: 初) 3/4
- トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (鹿児島県: 初) 3/16

- ホオズキ: タバコノミハムシ (熊本県: 初) 3/23
- トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (大分県: 初) 3/24
- トマトキバガ (侵入警戒トラップでの誘殺) (福岡県: 初) 3/29

農薬施用法における技術の進展

一般社団法人 日本植物防疫協会 そ ね しんざぶろう
曾 根 信三郎

はじめに

農薬成分を合理的な方法で標的病害虫に送達する手段である農薬（薬剤）施用法は、製剤・処理法・防除機という技術的要素が一つに組合さってはいじめて確立する。また、ある薬剤施用法が確立したからといって、その薬剤施用法が永遠に使用されるわけではなく、防除困難な病害虫の発生、営農の大規模化やより効率化、より省力化、より低コスト化、より安全性の向上等、生産現場のニーズにより施用法は多様化し進化してきた（図-1）。

現在の日本の農業を鑑みると、農業従事者の減少・高齢化、農地の集約化（大規模化）が急速に進む等農業環境が大きく変化してきている。また、一方でスマート技術などにより新たな技術が開発・普及されつつある。このような状況の中、薬剤施用法は省力化・効率化はもちろんのこと散布者の暴露低減も求められている。

本稿では、過去からの農薬施用法における技術の進展を振り返り、今後の農薬施用法開発の取り組みについて認識の共有化を図りたい。なお、本稿は、2021年1月に開催された日本植物防疫協会シンポジウム「新しい時代に向けた農薬の施用法の現状と将来を考える」での講

演をまとめたものである。

I 協会における薬剤施用法への取り組み

一般社団法人 日本植物防疫協会は、薬剤を省力的・効率的に処理し、作物残留、ドリフト、使用者安全を確保する施用法について、長年にわたり取り組んできた（表-1）。ここ約30年の当協会の活動の中で省力化に向けた施用法に関するものとしては、1993年に「水田における新しい地上防除技術」と題し、新潟県においてパンクルスプレーヤ、ピークルの実演を含めた現地研修会を、1995年に「柑橘園における新しい省力防除技術」と題し、スピードスプレーヤ、無人ヘリコプターの実演を含めた現地研修会を開催し、それぞれの施用法における課題を明らかにしてきた。1996年に「長期残効性を有する新規開発剤の特徴と水稻病害虫の防除戦略」と題するシンポジウムを開催し、長期残効型の水稲箱剤登場による病害虫防除の変化について情報の共有を図った。1998年に「施設防除を考える」と題し、常温煙霧機、静電散布機を紹介した。1999年に「農薬施用技術確立推進事業」を発足し、米国カリフォルニア州散布技術調査団が派遣されたのを受けて、2000年に北海道で「21

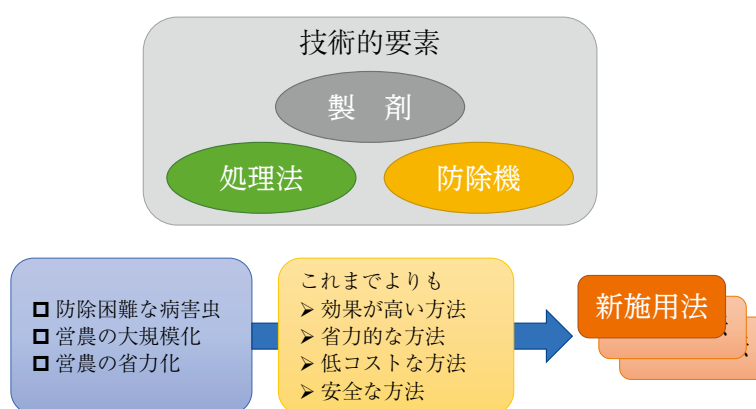


図-1 薬剤施用法の要素と新施用法確立の過程

Technological Advances on Pesticide Application Methods. By
Shinzaburo SONE

（キーワード：農薬施用法，効率化・省力化）

表-1 日本植物防疫協会における薬剤施用法における取り組み（一部）

1993 年	現地検討会（新潟県）「水田における新しい地上防除技術」
	乗用田植機装着ブームスプレーに関する特別連絡試験を組織
1995 年	現地検討会（静岡県）「柑橘園における新しい省力防除技術」
1996 年	シンポジウム「長期残効性を有する新規開発剤の特徴と水稻病害虫の防除戦略」
1998 年	シンポジウム「施設防除を考える」
1999 年	「農薬施用技術確立推進事業」発足
	米国カリフォルニア州散布技術調査団派遣
2000 年	シンポジウム（北海道）「21 世紀の農薬散布技術の展開」
2001 年	シンポジウム「セル成型苗と病害虫防除戦略」
2002 年	シンポジウム「農薬の新しい実践的利用技術」
2003 年	ドリフト対策連絡協議会を組織
	「農薬散布時のドリフト対策ガイダンス」編纂
2004 年	ドリフト対策に関する調査研究に着手
	畑作少量散布の実現に向けた関係者協議を開催
2005 年	「地上防除ドリフト対策マニュアル」編纂
2006 年	微粒剤 F 協議会を組織
	水稻用微粒剤 F の開発に着手
	シンポジウム「ドリフト対策を考える」
2007 年	シンポジウム「散布技術を考える」
	微粒剤 F 特別連絡試験
2008 年	シンポジウム「農薬による病害虫防除対策の新たな展開」
2010 年	「農薬の飛散対策技術マニュアル」編纂
2011 年	シンポジウム「ポジティブリスト制度後の 5 年間」を開催
2017 年	水稻高密度育苗における箱粒剤の適応性検討，効率的な常温煙霧法確立のための検討に着手
	シンポジウム「薬剤施用法を考える」
2019 年	シンポジウム「スマート農業時代の植物防疫を考える」
2020 年	「農薬施用法 Q&A」編纂，協会ホームページに掲載
2021 年	「農薬の新施用法技術検討協議会」発足

世紀の農薬散布技術の展開」と題するシンポジウムを開催し，日本での機械散布の現状と課題および欧米の防除機，ノズル，アジュバントの専門家を招聘して畑作少量散布技術を紹介した。2001 年にシンポジウム「セル成型苗と病害虫防除戦略」を開催，2002 年にシンポジウム「農薬の新しい実践的利用技術」を開催し，箱粒剤の田植同時処理，畑作少量散布，静電付加式常温煙霧機，無人ヘリの果樹への展開についての現状と課題を明らかにした。2003 年以降は改正農薬取締法への対策としてドリフト関連の活動が集中するが，これらについては後で詳述する。2017 年に水稻高密度育苗における箱粒剤の適応性検討や効率的な常温煙霧法確立のための検討に着手し，シンポジウム「薬剤施用法を考える」では，疎

植・高密度播種育苗，移植時側条施用，種子処理，耕耘・畝立て・播種・薬剤施用まで作業の機械化，In furrow 処理について現状と展望，課題を明らかにした。2019 年にシンポジウム「スマート農業時代の植物防疫を考える」を開催し，マルチコプター，新たな防除機械開発を紹介した。

薬剤施用における安全性に関するものとしては，ポジティブリスト制度の導入を機に，農薬のドリフト問題が顕在化する中，2003 年には「ドリフト対策連絡協議会」を組織し，「農薬散布時のドリフト対策ガイダンス」を編纂した。2004 年にはドリフト対策に関する調査研究に着手し，畑作少量散布の実現に向けた関係者協議を開催した。2005 年には「地上防除ドリフト対策マニユア

ル」を編纂，2006年にはシンポジウム「ドリフト対策を考える」を開催するとともに，ドリフトを軽減した製剤である「微粒剤F協議会」を組織し，水稻用微粒剤Fの開発に着手，2007年には，シンポジウム「散布技術を考える」を開催し，散布技術の課題と展望を総括するとともに，微粒剤F特別連絡試験を立ち上げ，2008年にシンポジウム「農薬による病虫害防除対策の新たな展開」を開催し，新規登録の微粒剤Fを紹介した。2010年に「農薬の飛散対策技術マニュアル」を編纂，作業者暴露実態と評価法に関する調査に着手した。2011年にはシンポジウム「ポジティブリスト制度後の5年間」を開催し，ドリフト低減ノズルなどの開発状況を紹介した。

また，農薬には多様な剤型，多様な施用法があり，また，使用される施用機具も様々で，これらを体系的に理解できるよう，2020年に「農薬施用法Q&A」を編纂し協会ホームページに掲載して活用に供した。

薬剤施用法は病虫害防除に直接関係することから関心が高く，協会における活動も時代のニーズに合った薬剤施用法を取り上げてきた。

II 薬剤施用法の進展

1950年代以降，病虫害に高い防除効果を示す農薬が開発・上市され，植物防疫の一翼を担うに従い，薬剤を植物体（標的病虫害）に均一に到達させるために様々な施用法，防除機（器）が開発されてきた。本稿では，散布を中心に施用法の進展を紹介する。

液剤散布では，人力の手押散布器から，大面積での防除の効率化を図るために，動力による背負い式動力噴霧機，設置式動力噴霧機（セット動噴）へと移行してきた。さらに省力化を図るために，水稻ではパンクルスプレーヤ，ピークル，ブームスプレーヤが，畑作・露地野菜でもブームスプレーヤのような乗用の薬剤散布機が開発・販売された。果樹では果樹の樹形に合うようスピードス

プレーヤが開発・販売された。これら乗用の薬剤散布機では，薬剤のドリフトが問題となったことから，ドリフト軽減ノズルの装着，遮風板やエアアシスト機能を持つ機種も販売されている。果樹，特に中山間地で栽培されているカンキツでは，乗用の散布機を使用することができないことから，スプリンクラーによる施用法が考案され実用化された。山林や水稻では，大面積を短時間に防除するために，少水量高濃度散布の有人ヘリコプターが活用されていた。近年では，有人ヘリコプターに代わり，無人ヘリコプターに移行，さらにマルチローターの普及が進んでいる（図-2）。近年では，マルチローターの開発・普及に伴い，野菜・果樹分野での利用が検討されている。しかし，野菜・果樹分野では，作物種により作物の容姿に起因して薬剤の付着性が異なり，確実な防除効果を得るまでには，多くの実証試験が必要とされている。また，ブームスプレーヤなどでの少水量高濃度散布で多くの試験研究がなされたが，普及面積は限られている。

固形剤散布では，液剤散布と同様に人力から動力，さらには乗用散布機，無人航空機による散布へと進展してきた。水稻本田における防除で主流であった粉剤散布は，ドリフト問題や就農者の高齢化に伴い個人防除から共同防除へ移行したことにより，急激にその面積が減少している。

より効率化，より省力化を求めて進化してきた施用法であるが，これらに加え，作物残留への配慮のみならず使用者に対する高い安全性が求められている。一つの解決策として無人防除があげられ，施設栽培では常温煙霧機などが開発・販売されている。防除機械が開発されても使用できる薬剤が少なければ広く使用することはできないので，使用できる薬剤の登録が待たれている状況である。また，無人走行式バッテリーカーが開発・販売され，無人走行での薬剤散布が行われている。露地栽培においても，誘導ケーブル式果樹無人防除機，果樹用パイ

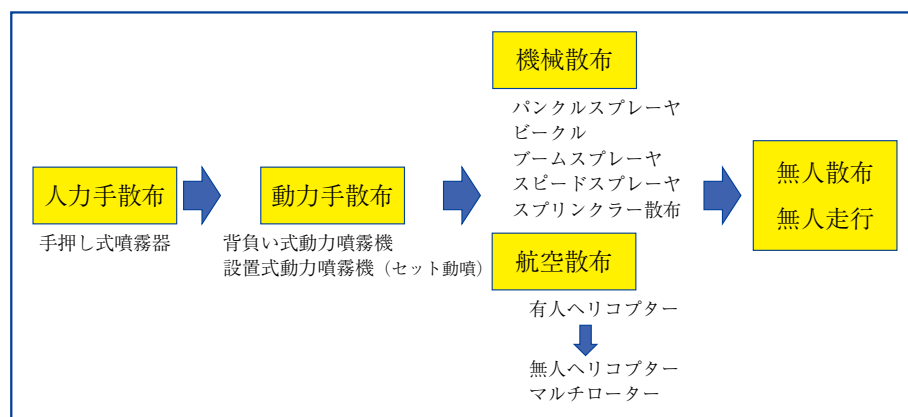


図-2 我が国における散布における施用法の進展（液剤）



図-3 欧州での薬剤の Drip Irrigation
バイエルクロップサイエンス株式会社提供.

ブ誘導式防除用自動散布機、GPS 機能を活用した無人走行の薬剤散布機が開発・販売されている。

まだ、日本において開発されていないが、機械化による効率化・省力化を進めている欧州などでは、2017 年のシンポジウム「薬剤施用法を考える」で紹介した、ジャガイモの播種と同時に種イモと播種溝に薬剤を散布する「イン ファロー (In furrow 処理)」や定植された作物の株元に農薬を滴下することで病害虫を防除する「ドリップ イリゲーション (Drip Irrigation)」が普及している (図-3)。また、少水量高濃度・機械散布のために通路の確保や薬剤が均一に付着させるために樹形などの変更など、圃場の整備を実施している (図-4)。

我が国において、大規模化がより進展し、防除の効率化、省力化、より高い安全性が求められれば、防除機械、農薬等の開発はもとより、薬剤を作物に均一に付着させ高い防除効果を得るために、作物の栽培形態の変更、圃場整備が必要となってくると思われる。なお、当協会においては無人防除の一手法である灌水装置を活用した薬剤処理を自主研究として実施しており、実用化における課題を検討中である。

III 施用法確立の難しさ

前述のように、製剤・処理法・防除機という技術的要素が一つに組合さってはじめて時代のニーズに合った施用法が確立する。施用法を確立するには、農薬メーカーのみならず防除機メーカー、植物防疫研究機関、植物防疫行政、農薬行政による協力体制なしには難しい。新たな農機や防除機の普及見通しがたたないと農薬メーカーは動きにくい。一方、使える薬剤が増えないと新たな施用法は普及拡大しないなど、相反する問題を抱えている。そのため、1956～89 年まで農薬散布法研究会が活動したのをはじめ、空中散布研究会 (1960 年～)、農薬の新施用法に関する特別研究会 (1969～72 年)、微量散



図-4 欧州での果樹における少水量高濃度散布
バイエルクロップサイエンス株式会社提供.

布研究会 (1969～72 年)、蒸散法に関する特別研究会 (1972～75 年) が、施用法の在り方などについて協議する活動を行ってきたが、1990 年代以降、施用法関連のまとまった取り組みは行われていない。

近年、マルチローターなど新しい防除機が開発・普及され、また、一部で農薬メーカー主導の製剤・施用法開発が進行し、競争力のある農業への転換を背景に大規模化・省力化・低コスト化の取り組みが各方面で展開されているが、適正な処理濃度・処理量やその条件における防除効果、作物残留やドリフトの問題等の安全性の確認等、施用法の定義や規格等の議論が置き去りにされた状況となっている。

このような状況を受けて、当協会は 2021 年に薬剤施用技術の関係者による意見交換、情報共有の場として「農薬の新施用技術検討協議会」を設立した。さらに多くの関係者に参加いただき、新しい薬剤施用法を確立するため役割を担えればと考えている。

おわりに

植物防疫の中心を担っている農薬を病害虫に送達する手段である農薬 (薬剤) 施用法は、時代のニーズに合わせて進化してきた。農業従事者の減少・高齢化、農地の集約化が急速に進む等農業環境が大きく変化してきている中、より効率化、より省力化、より高い安全性が求められている。農薬や機械の開発は一朝一夕にはできないもので、よりよい施用法を新たに確立するには、現場ニーズの的確な把握と、農薬・機械関係者だけではなく試験研究、行政を含めた植物防疫関係者の連携が必要となっている。本講演、本シンポジウムが情報、課題の共有の場となれば幸いである。

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

※バケット通信料など
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



薬剤散布機の現状と課題，今後の展望

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業機械研究部門

よし だ たか のぶ
吉 田 隆 延

はじめに

現在，日本の農業生産者は年々高齢化し，農業の担い手のさらなる減少と労働力不足等による生産基盤の脆弱化が重要かつ深刻な課題となっている。農林水産省「2020年農林業センサス」によれば，2020年基幹農業従事者数は136万人，平均年齢67.8歳であり，同じく農林水産省「2010年農林業センサス」の2010年基幹農業従事者数205万人，平均年齢66.2歳と比較しても，農業従事者の大幅な減少と高齢化が進んでいるのが現状である。

一方，農林水産省は，令和3年5月12日「みどりの食料システム戦略」を決定，公表した。具体的には，①農林水産業のCO₂ゼロエミッション化の実現（温室効果ガス削減），②化学農薬の使用量（リスク換算）を50%低減，③輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%低減，④耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大（現状は0.5%，平成30年）等を目指して，「食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現する」と公表している。国連サミットで採択された持続可能な開発目標（SDGs）をはじめ，諸外国で環境重視の戦略が進められる中で，我が国でも上記の戦略決定と推進は当然な流れと思われる。

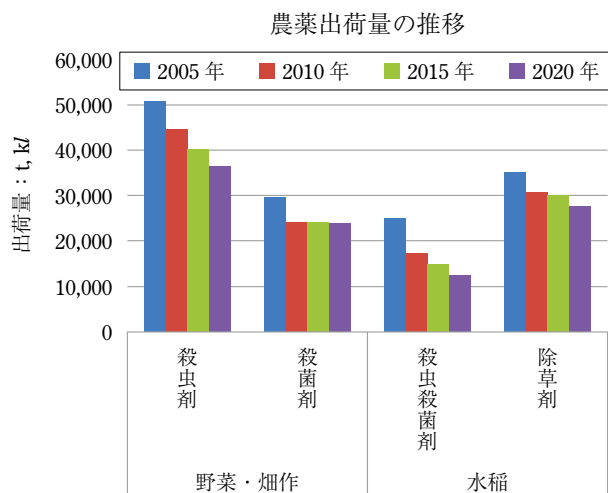
我が国では，本戦略より以前の平成18年12月に議員立法により「有機農業の推進に関する法律」（有機農業推進法）が成立し，また，それより以前から環境保全型農業に関する研究開発が，国や地方自治体等の公的研究機関で推進されてきた経緯がある。国内の農機メーカーにおいても，有機農業や除草剤使用量低減に有効な除草機等の開発が進められてきた。

これらの状況を鑑みて，今後の日本における薬剤散布

機の研究開発には，病虫害防除のための薬剤散布作業の大幅な省力化と，同時に農薬の使用量低減や安全性等の向上などが求められる。本稿ではこの点に焦点をおきながら，2022年1月18日開催の日本植物防疫協会主催シンポジウム「新しい時代に向けた農薬の施用法の現状と将来を考える」で行った講演「薬剤散布機の現状と課題，今後の展望」の内容を中心に報告する。あわせて，上記の「みどりの食料システム戦略」や「有機農業の推進に関する法律」の推進と目標達成のため，農研機構が国内の農機メーカーなどと共同開発した環境保全や農薬使用量低減に寄与する薬剤散布機や除草機等についても紹介する。

I 我が国における化学農薬使用量の現状

近年の我が国の2005～20年までの5年ごとについて，野菜・畑作と稲における各種農薬の出荷量の推移を図-1に示す。農薬出荷量の推移より，近年は野菜・畑作の殺虫剤と水稲の殺虫殺菌混合剤について，面積当たりの使用量が減少している傾向が確認できる。また，水稲における除草剤の使用量は，作付面積の減少により減少傾向



農薬工業会「農薬年度出荷実績」より農研機構 NARO 開発戦略センターが作成

図-1 日本における近年の農薬出荷量の推移

The Current Situation and a Problem and the Future Prospects of the Chemical Spraying Apparatus in Japan. By Takanobu YOSHIDA (キーワード：薬剤散布機，病虫害，雑草，防除，少量散布，ドリフト)

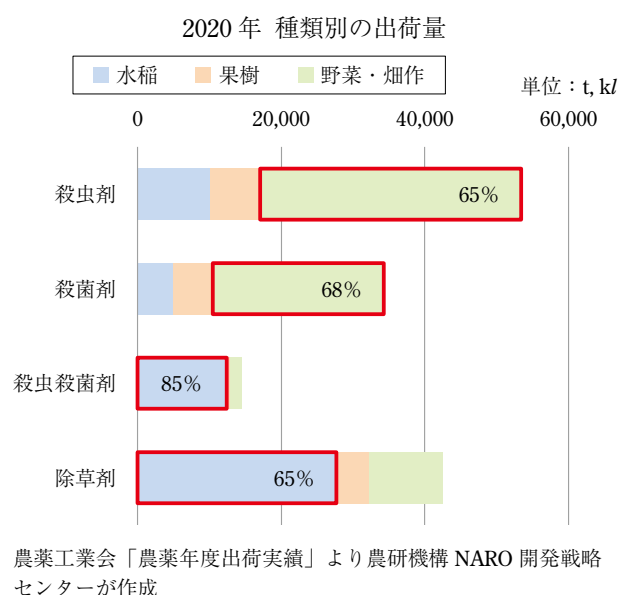


図-2 2020 年日本の農薬の種類別出荷量

が見られる。一方、野菜における殺菌剤の使用量は横ばい状態が続く。さらに、2020 年の水稲、果樹、野菜・畑作における農薬の種類別の出荷量を図-2 に示す。殺虫剤と殺菌剤の出荷量は、各々出荷量の 65% と 68% を野菜・畑作が占め、割合が高い。殺虫殺菌混合剤と除草剤の出荷量は、水稲が各々出荷量の 85% と 65% を占める。

この結果より、「みどりの食料システム戦略」の目標値である「化学農薬の使用量（リスク換算）を 50% 低減」を達成するためには、水稲における除草剤の使用量と野菜・畑作における殺虫剤および殺菌剤の使用量を大幅に削減することが重要な課題と考えられる。

II 薬剤散布機の現状と課題

我が国における薬剤散布機は、農業生産現場や農薬の種類にあわせて様々な散布機が開発されてきた経緯がある。ここでは、現在日本で使用されている主な薬剤散布機や散布方法についての現状と課題を取り上げる。

1 動力噴霧機による手散布作業

動力噴霧機による手散布作業は、現在も水稲、野菜、果樹等の小～中規模栽培の生産現場で一般的に行われている防除作業である。作業者が噴霧ノズルを保持して、移動しながら薬剤散布するため重労働である。また、動力噴霧機の操作や散布作業者の移動に伴いホースを移動させる必要があるため、作業者が 2 名以上必要な場合が多いので、省力化が求められている。さらに、本散布方法は多量散布であり、ドリフトや作業者被曝も重要な課題となっている。近年では、ドリフト低減ノズルや静電散布用ノズルも市販されているが、作業者被曝について

は十分な注意が必要である。今後は、労働力不足のためにさらなる省力化が進むため、動力噴霧機による手散布作業は減少していくと考えられる。

2 水田・畑作における大型薬剤散布機（ブームスプレーヤなど）

比較的大規模栽培の水田・畑作における薬剤散布機としては、トラクタ搭載型ブームスプレーヤ、トラクタ牽引式ブームスプレーヤ、乗用型ブームスプレーヤ等が利用されている。特に農地の集約化・大規模化に伴い、ブームスプレーヤの普及は拡大している。現在、ブームスプレーヤの問題点としては、多量散布、ドリフト、散布作業の自動化等が挙げられる。農研機構では、後述の少量散布可能な環境保全型汎用薬液散布装置（乗用型ブームスプレーヤ）とドリフト低減ノズルを農機メーカー等と共同開発した。しかし、現状では北海道等の大規模栽培体系の生産現場で少量散布が一部普及しているが、いまだ一般的な散布方法として現場に広く普及はしていない。一方、ドリフト低減ノズルは広く普及しており、各ノズルメーカーや農機メーカーからも同様なドリフト低減効果の高いノズルが市販されている。今後は作業能率を向上させるためにも、高速で薬剤散布が可能な少量散布技術の普及拡大が必要であるとともに、少量散布可能な登録農薬数を増やすことも重要である。

3 果樹用の薬剤散布機（スピードスプレーヤなど）

果樹用の薬剤散布機としては、スピードスプレーヤが広く普及している。柑橘などの果樹の場合は、スピードスプレーヤとともにスプリンクラー散布も一般的である。スピードスプレーヤは、ノズルから噴霧した薬液を樹体全体に付着させるために車体に大型送風機が装着されており、送風機からの風により散布した薬液を飛ばす構造になっている。そのため、スピードスプレーヤは構造上ドリフトが発生し易いので、ドリフト防止が重要な課題になっている。作業者被曝も重要な課題だが、被曝を避けるためにキャビン仕様のスピードスプレーヤが市販されている。このほか、果樹の薬剤散布で問題となっているのは多量散布であり、他の作物の散布量と比較しても散布量が非常に多い。今後は管理作業の省力化も含め、新たな栽培体系の研究開発や薬液付着率を向上させる技術開発等、薬剤散布作業の高効率化と農薬使用量削減を可能にする技術開発が必要である。

4 施設栽培における薬剤散布

施設栽培における薬剤散布作業は、一般的には背負式動力噴霧機やセット動力噴霧機等による手散布が行われているが、密閉、高温多湿等の条件下で多量散布が行われるため、非常に重労働であるとともに作業者被曝が大

きな問題となる。このため、近年の施設栽培における薬剤散布においては、噴霧ノズルを装着した小型の走行式自動噴霧機（無人走行バッテリーカー、ロボットスプレーカー等）による自動散布が行われるようになっていく。また、無人の施設内に霧状の薬剤を噴霧する常温煙霧機も、無人で薬剤散布が可能のため、今後は安全で省力的な散布技術として普及が期待されている。施設栽培における薬剤散布作業についても、今後は省力化のため薬剤散布の自動化が進むとともに、農薬使用量低減に向けた新たな技術開発が進むと予想される。

5 無人航空機による空中散布（無人ヘリコプター、マルチコプター等）

無人航空機による空中散布では、無人ヘリコプターによる散布が一般的に普及しているが、最近ではマルチコプターの利用が急激に増加している。無人ヘリコプターの場合、水稻を中心に登録農薬が多いが、主要作物や一部の野菜についても登録農薬がある。マルチコプターについては、現状では無人ヘリコプターに登録のある農薬はマルチコプターでも使用可能となっているが、地上散布と同じ希釈倍率であれば、無人ヘリコプターに登録のない薬剤についても使用が認められている。しかし、マルチコプターによる地上散布と同じ希釈倍率での散布については、今後、詳しい防除効果の検証が必要である。近年、農業用ドローンの技能認定操縦者数と機体登録数は大幅に増加しており、その利便性から今後さらに野菜や

果樹等の生産現場への普及が進むものと考えられるが、問題点としては登録農薬数が少ないこと、飛行時間が短いこと、搭載可能な薬剤量が少ないこと等が挙げられる。今後、マルチコプターによる散布技術の普及には、野菜や果樹等の少量散布可能な農薬の登録数拡大と詳しい防除効果の検証、現場ニーズに適応した機種開発が重要である。

III 今後の展望

（省力化、安全性向上、農薬使用量低減等）

現在の日本の農業生産現場では、高齢化と担い手不足による労働力の大幅減少が大きな問題となっている。そのため、薬剤散布機についても省力化に大きく貢献する機械開発が求められている。さらに、環境負荷低減も重要な課題となっており、省力化とともに安全性や農薬使用量低減についても重要視されている。この項では、これらのことを踏まえ、今後の薬剤散布機の展望について個人的な見解も含め紹介する。

1 環境保全型汎用薬液散布装置

農地の集約化と大規模化が進む中、生産現場ではブームスプレーヤーによる薬剤散布作業時間の削減が求められてきた。そこで、ブームスプレーヤーでの高濃度少量散布を可能にするため、農研機構では、(株)丸山製作所、(株)やまびこと共同で高濃度少量散布可能な環境保全型汎用薬液散布装置を開発・実用化した（図-3）。高濃度



図-3 開発した環境保全型汎用薬液散布装置

少量散布は、希釈倍率の低い高濃度薬剤を 10 a 当たり 25 l 散布する散布方法で、欧米では一般的な散布方法である。本開発機は、散布コントローラにより作業速度に連動して噴霧量を制御する機能があり、これにより一般的な多量散布とともに高濃度少量散布を正確に行うことが可能となった。現在では、各農機メーカより同様な散布コントローラを装着した防除機が市販されている。濃厚少量散布については北海道等一部の地域で普及しているが、今後は薬剤散布作業の効率化のため、濃厚少量散布技術の農業生産現場への普及拡大が重要である。そのためには、公的研究機関を含め様々な研究機関と農薬会社が協力して、登録農薬数の拡大と、各種作物、野菜、果樹等を対象に様々な農薬の濃厚少量散布技術の防除効果を詳しく検証する必要がある。

2 ドリフト低減ノズル

我が国では、食品衛生法改正による残量農薬基準のポジティブリスト制度導入により、農薬散布に伴う薬剤のドリフト（飛散）防止が重要な課題となった。そこで、農機研機構では、(株)丸山製作所、(株)やまびこおよび、ヤマホ工業(株)と共同でブームスプレーヤ用ドリフト低減ノズルを開発・実用化した（図-4）。本ノズルは、噴霧時に空気を混入して空気と薬液の混合状態を作り（空気混入式）、噴霧する薬液の粒子径を大きくすることによりドリフトを低減する。慣行ノズルの平均粒子径が一般的に VMD60~80 μm であるのに対し、開発したドリフト低減ノズルの平均粒子径は VMD250~350 μm となっている。本ノズルは、現在も市販化されており農業生産現場で広く普及している。また、同様のドリフト低減効果を持つノズルも各メーカより実用化されている。ドリフト防止は今後も重要な課題であるため、ドリフト低

減ノズルの普及はさらに拡大すると予想される。

3 薬剤散布機の自動化

(1) 自律型小型薬剤散布ロボット

最近では、AI 技術を利用した小型の栽培管理用ロボットが開発されている。XAG JAPAN 株式会社からは、量産型農業用無人車 R150 が実用化されており、RTK (Real Time Kinematic) を利用したナビゲーションシステムと AI による運転制御技術により、自律走行と無人散布を可能としている。また、GINZAFARM 株式会社からは、遠隔操作、自律走行、人追尾機能等を搭載した FARBOT という農業作業台車が市販されている。その中で、果樹園などで農薬散布を自動で行うスプレーヤを搭載した FARBOT スプレーヤが開発され、今後販売予定である。将来的にも、日本の栽培条件に適した小型ロボットによる自動薬剤散布が普及すると思われる。

(2) 大型薬剤散布機の自動化と精密散布

ブームスプレーヤなどの大型薬剤散布機でも、薬剤散布作業の自動化が進んでいる。(株)丸山製作所からは、RTK-GNSS を利用したオートステアリングとスプレーガイダンスを搭載したハイクリブーム BSA-651/951C、BSA-662/1062C が市販されている。これらの自動化により、作業者の労力が軽減されるだけでなく、圃場の重複散布や無散布部分を減らして精密散布を可能にできる。GPS ガイダンスシステムや自動操舵システムは、後付けで使用できるシステムが市販されており、北海道を中心に普及しているが、今後は農地集約化と大規模化に伴い、全国にも普及することが予想される。また、今後はブームの高さ自動調整や全ノズルの噴霧圧自動調整等、精密散布を可能にする技術の開発と普及も重要である。

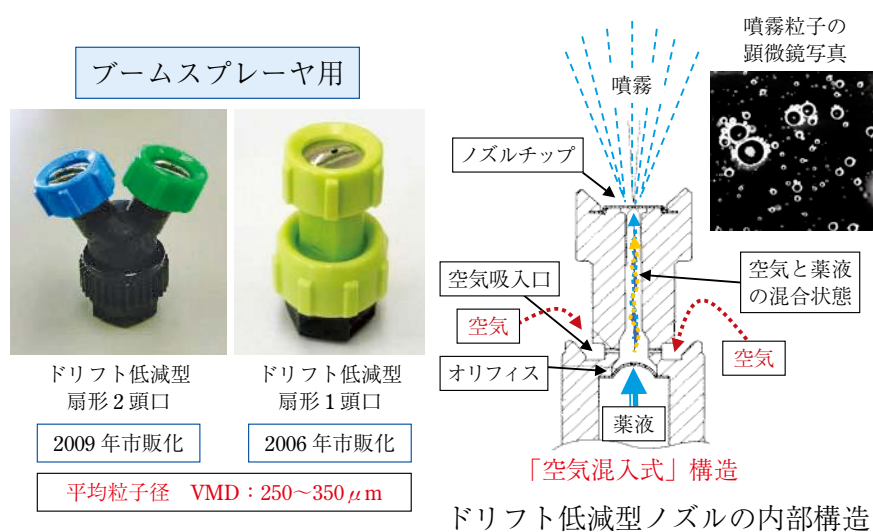


図-4 開発したブームスプレーヤ用ドリフト低減ノズル

(3) 自律走行スピードスプレーヤ

農研機構では、1993年に誘導ケーブル式果樹無人防除機を、ヤンマー農機(株)(現:ヤンマーアグリ(株))、(株)共立(現:やまびこ(株))と共同開発した。当時よりスピードスプレーヤの自動運転と自動散布は、省力化と作業被曝の観点から農業生産者の要望が多かったが、本開発機は誘導ケーブル式のため広く普及しなかった。現在では、自動運転技術の開発が進み、農業作業車の自動運転も実用化されている。現在、農研機構では、(株)丸山製作所、筑波大学、(株)アイ・モビリティプラットフォームと共同で自動運転スピードスプレーヤの研究開発を推進している。

4 薬剤の付着性能を向上させる技術

(1) ドローンおよび少量散布用展着剤の開発

高濃度少量散布による植物体への薬剤付着性能を向上させるためには、展着剤の役割は非常に大きい。現在、農業メーカからドローン散布用の展着剤が実用化されている。今後も、農業用ドローンによる薬剤散布や少量散布の普及とともに、対応すべき作物、野菜、果樹の種類も増えることが予想され、展着剤の重要性はさらに増すであろう。

(2) 植物体への薬剤付着を向上させる散布機

農研機構は、(株)丸山製作所と共同で棚栽培果樹用の棚用防除機を開発した(図-5)。本機は、ノズル装着の可動式ブームにより果樹棚面への近接散布が可能で、エンジン回転数・送風量を大幅に低減できることから、薬液の植物体への付着性能は維持しながらドリフト、騒音を低減することが可能である。このほか、薬剤の付着率を向上させる技術としては、静電散布技術が実用化されている。静電散布を可能にする薬剤噴霧用静電ノズルは、数社から市販されている。今後も、薬液の付着性能を向上させる散布機の技術開発は、農薬使用量削減の点からも重要な課題となる。



図-5 開発した棚栽培果樹用の棚用防除機

(3) 植物体への薬剤付着を向上させる栽培体系の開発と普及

省力化や減農薬が今後も重要課題であることから、植物体への薬剤付着を向上させる栽培体系の開発と普及も重要である。現在では、ナシなどの果樹のジョイント栽培やリングわい化栽培等が普及しつつある。どちらの技術も栽培管理の作業性を向上させるための栽培体系である。今後は、各種栽培管理作業とともに農薬散布作業の高効率化も考慮した栽培体系の開発と普及が重要と考える。

5 病虫害雑草の早期診断技術と発生予察

(1) ドローン、ロボット等取得画像による病虫害および雑草 AI 診断技術と薬剤自動散布

ドローンや小型ロボット等の取得画像を利用して、各種病虫害および雑草の AI 診断技術の開発が進んでおり、各地で試験研究が進められている。また、画像による AI 診断技術を用いて、雑草のみに除草剤を自動散布するロボットも ecorobotix 社などで開発され、実用化されている。今後は、AI 診断可能な病虫害と雑草の種類も拡大し、現場に随時普及していくとともに AI 診断情報を基にした減農薬につながる散布技術なども開発されるだろう。

(2) 気象情報などビックデータを利用した病虫害の発生予察

近年、気象情報などのビックデータと AI 技術を基にした病虫害の発生予察技術に関する研究開発が増えてきている。ボッシュ(株)が開発した「Plantect®」は、ハウス内における様々な環境条件をもとに AI 技術により薬剤散布適期を判断して通知する機能を持っている。また、気象条件などのビックデータを利用した各種病虫害の発生予察システムの研究開発も進んでいる。今後は、気象情報などビックデータを利用して、省力化や減農薬等に有効な技術が開発されると予想される。

IV 「化学農薬の 50%低減」と「有機農業の取組面積の割合を 25% (100 万 ha) に拡大」に貢献する除草機械およびロボットの研究開発

最後に、「みどりの食料システム戦略」で目標としている「化学農薬の 50%低減」と「有機農業の取組面積の割合を 25% (100 万 ha) に拡大」に寄与する除草機械とロボットについて、農研機構が各メーカおよび公的研究機関等と共同開発した除草機械を中心に紹介する。

高精度水田用除草機 (<https://www.naro.go.jp/laboratory/iam/urgent/urgent200/069742.html>) は、多目的田植機に装着する水田除草機である。2002 年度に市販されてから 600 台以上普及しており、現在でも(株)クボタ、

井関農機(株)、ヤンマーアグリ(株)より6条用と8条用が市販されている。

高能率水田用除草装置 (https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/brain/2014/14_081.html) は、3輪式乗用管理機の車体中央部に搭載する(ミッドマウント式)除草装置であり、4条用、6条用、8条用の除草装置が2015年度よりみのる産業(株)から市販されている。また、本装置は北海道の水稲栽培で一般的な条間33cmにも対応しており、現在までに300台以上が生産現場に普及している。

高機動畦畔草刈機 (<http://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/iam/cluster/project/result/index04.html>) は、2020年度から電動リモコン作業機 smamo (スマモ) の「畦草刈アタッチ AZ720」として(株)ササキコーポレーションから市販された。本装置では、水田の畦の上面や法面の草刈りが可能である。

このほか、農研機構では、カメラの取得画像をもとにAI技術により自律走行しながら自動で除草作業を行う小型の畑用および水田用除草AIロボットを、みのる産業(株)、(株)NTTドコモ、鹿児島県、群馬県、鳥根県と

協力して現在研究開発中である。

おわりに

本稿では、2022年1月18日開催の日本植物防疫協会主催シンポジウム「新しい時代に向けた農薬の施用法の現状と将来を考える」において、筆者が行った講演「薬剤散布機の現状と課題、今後の展望」の内容を中心に個人的な見解も含め紹介した。そのため、内容的に不十分な点などが多々あることについては、この誌面をおかりしてお詫び申し上げる。薬剤散布機の今後の展望を考えるにあたり、持続可能な開発目標を重視する世界的な潮流に日本が抗うのは難しいことであり、「みどりの食料システム戦略」の目標抜きでは考えられない。今後の薬剤散布機および散布技術の開発については、さらに省力化、安全性向上、農薬使用量低減が求められるだろう。今回紹介させていただいた研究や技術開発等が、皆様方の今後の研究開発に少しでも参考になれば幸いである。

最後に、農研機構との共同研究に参加していただいた研究機関および企業等の皆様に、心より厚く御礼申し上げます。



農林水産省プレスリリース (2022.3.12～2022.4.4)

農林水産省プレスリリースから、病害虫関連の情報を紹介します。

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

- ◆ 第36回FAOアジア・太平洋地域総会(閣僚級会合)の結果概要について(22/3/12) [/y_kokusai/kikou/220312.html](#)
- ◆ インド向け日本産りんご生果実の輸出が解禁となります(22/3/19) [/syouan/syokubo/220319.html](#)
- ◆ 令和3年度「未来につながる持続可能な農業推進コンクール」の受賞者を決定しました(22/3/24) [/nou-san/kankyo/220324.html](#)
- ◆ 「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドラインの一部改正について」(22/3/28) [/nousan/gizyutu/220328.html](#)
- ◆ 「令和4年度食品の安全性に関する有害化学物質及び有害微生物のサーベイランス・モニタリング年次計画」を策定しました(22/3/31) [/syouan/seisaku/220331.html](#)

ハイクリブーム

オートステアリング / スプレーガイダンス仕様



次の100年を創る
-All for the Future-

防除作業は更に進化します。

スプレーガイダンス機能：圃場散布エリア目視可能にします

オートステアリング機能：ハンドル操作は自動で噴霧作業に集中できます。

安定した作業を実現させる、

【GNSS】システム

GNSS 受信機は多くの衛星を受信し、精密かつ安定した作業が可能になります。

GNSS 受信機



(オートステアリング) (スプレーガイダンス)



(コンソール)



(電動ステアリング)



BSA-651/951C BSA-662/1062C に対応



本社 / 〒101-0047 東京都千代田区内神田3-4-15 TEL (03) 3252-2281 (営・代表) <http://www.maruyama.co.jp>
お客様相談窓口 (丸山サポートセンター) 通話料無料 0120-898-114

詳細はこちら



{ 日植防シンポジウムから }

青森県におけるドローン散布を活用した 病虫害防除に向けた取り組み

地方独立行政法人 青森県産業技術センター野菜研究所 しん 新 どう 藤 じゅん 潤 いち 一

はじめに

青森県のナガイモは、作付面積日本で出荷量は北海道に次ぐ全国第2位（2019年産）、国内出荷量の約4割を占める主力品目である。しかし、産地では、単収・品質の低下や労働力不足等様々な課題を抱えており、青森県は2017年に「あおりナガイモ産地力強化戦略」を策定し、ナガイモ出荷量日本一の奪還に向けた取り組みを展開している。県や生産現場からは、労働力不足に対応した省力技術が求められており、その一つとして防除へのドローン活用に期待が寄せられている。現在の防除は、ブームスプレーヤーや自走式防除機により行われている産地がほとんどであるが、労働力不足以外にも、降雨後、圃場が乾くまで防除機が入れないなどの課題があり、簡単に持ち運びができて、降雨後でも圃場条件にかかわらず防除が可能で、使用水量も少なくすむ等の理由から、ドローン活用への期待は大きい。上述の強化戦略が策定された2017年当時、ナガイモの空中散布に使用できる薬剤は少なく、ドローンによるナガイモの防除に関する知見も全くなかった。そこで、県からの要望を受けて、当研究所では、関係機関の協力を得ながら、ナガイモ主要病虫害に対するドローン散布の防除効果や散布方法について検討してきた。これまでの経緯を振り返りつつ、それらの取り組み経過について紹介する。

なお、今回の試験は、株式会社クボタ、株式会社みちのくクボタ、クボタアグリサービス株式会社、株式会社M&Mアグリ、供試薬剤メーカー2社、青森県のご協力をいただき実施したものである。

I ドローンによるナガイモでの散布方法の検討

県内の一部産地では無人ヘリコプターによる防除の実績があり、2017年当時、空中散布に使用できる薬剤は3剤あった。そこで、既登録の薬剤を使って、ドローン

で空中散布した場合の散布方法の検討や主要病虫害に対する防除効果の地上散布との比較を行った。試験は主に2017年および2018年に行った。ドローンの機種は2017年は農業用ドローンMG-1K（クボタ製）、2018年以降は農業用ドローンMG-1SAK（同）を使用した。ナガイモは支柱（先端は地上高約2m）に展開したネットに茎葉をからませて栽培するため、ネット頂到達時の茎葉の高さも約2mになる。「産業用ドローン安全対策マニュアル」（一般社団法人農林水産航空協会発行）記載の基準ではナガイモの飛行高度は植物上2mとなっているが、基準通りに散布をすると、ドローンの飛行高度は地上約4mにもなり、下位葉への薬剤付着量不足などが懸念された。そこで、飛行高度について検討した。畝間の通路中央に支柱を立て、上位（地上160cm）、中位（同80cm）、下位（同5cm）にクリップを使って感水紙（スプレーイングシステムスジャパン社製、76×26mm）を水平に固定した（図-1）。飛行高度はマニュアルの基準である植物上2m（地上約4m）とそれよりも低い植物上1m（地上約3m）に設定してドローンによる水散布を行い、感水紙被覆面積率算出ソフトウェア（農業・食品産業技術総合研究機構）を利用して感水紙の被覆率を算出した。飛行速度は前述のマニュアルの基準15～20km/hでは、1回の散布で登録の使用液量3l/10a相当量を散布しきれなかったため、基準より遅い10km/h以下とした。その結果、飛行高度植物上1mのほうが2mに比べドローン直下の被覆率が高かった（図-2）。また、飛行高度にかかわらず、ドローン直下より風上側の畝への被覆率が劣る傾向が見られた（調査時の風速は1.3～2.5m/s）。このため、以降紹介するすべての試験では飛行高度植物上1m（地上約3m）で散布した。

次に、地上からの高さ別の葉への薬剤付着状況を把握する目的で、茎葉の上位（地上約160cm）、中位（同80cm）、下位（同5cm）の葉の裏表に感水紙を直接設置して、薬剤を散布しながら飛行した。その結果、程度の差はあるものの薬剤は下位葉まで届いていることが確認できた。

Efforts to Control Pests Using Drone Spraying in Aomori Prefecture. By Jun-ichi SHINDO
(キーワード: ドローン, ナガイモ, 病虫害防除)

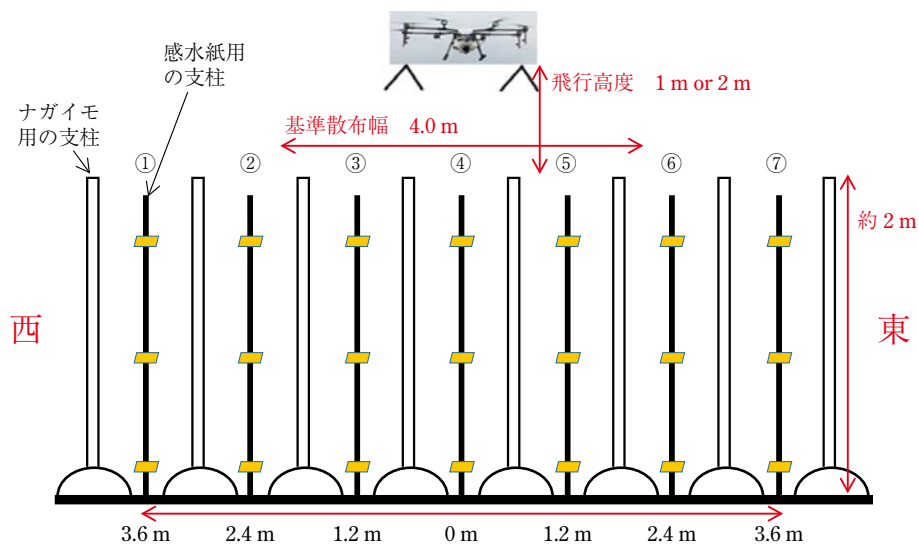


図-1 飛行高度と感水紙の設置方法

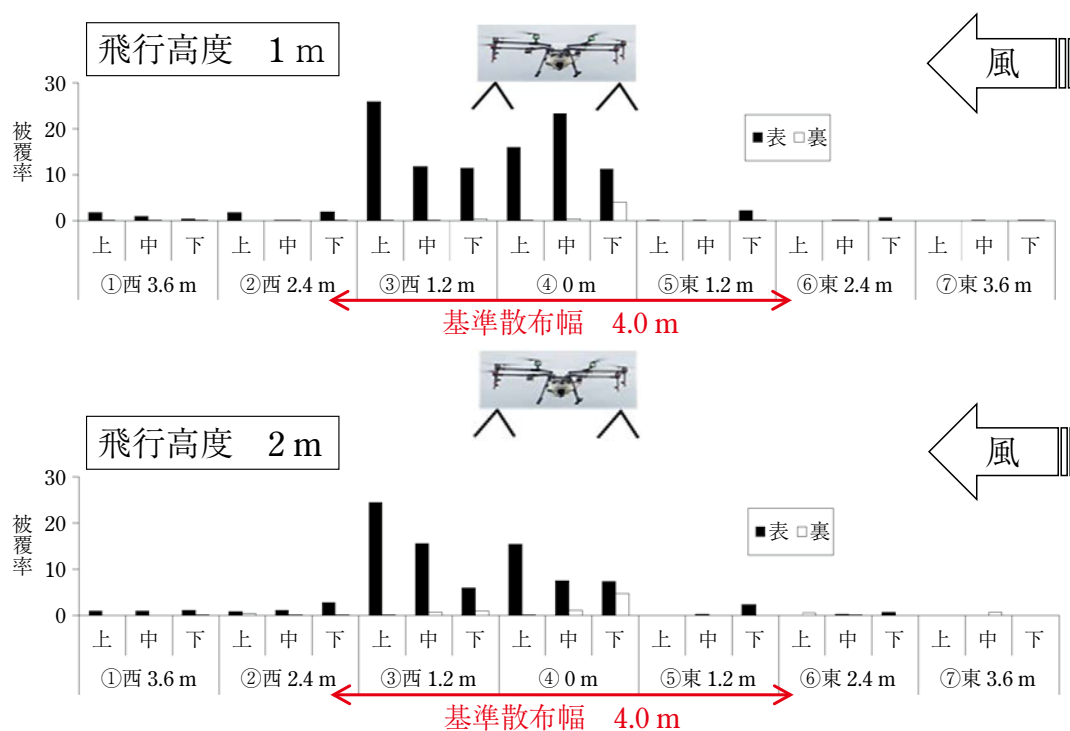


図-2 飛行高度と付着状況

さらに、ドローンの飛行コースの違いと付着状況についても調査した。畝上を飛行した場合と、畝間の通路を飛行した場合の付着状況を比較する目的で、ナガイモの茎葉付近に前述の方法で、上位（同160 cm）、下位（地上5 cm）に感水紙を設置して、水を散布しながら飛行した。飛行間隔は畝3本分に相当する3.6 mとした。その結果、畝上を飛行したほうが通路を飛行するよりも被覆率が高い傾向が見られた（図-3、図-4）。

これらの結果から、ナガイモにおけるドローン防除の

基本的な飛行条件は、飛行高度は植物上1 m（地上約3 m）、畝上を飛行し、飛行速度は10 km/h以下、飛行間隔は畝3本分の3.6 mが適当と考えられた。現在は、当研究所では、10 a当たりの散布量、散布幅（飛行間隔）、高度を入力すると、適切な速度を計算して飛行するエムプラスモード（使用機種MG-1SAK）を利用して散布しているため、手動での速度調整は行っていない。

防除効果については、ドローンによる空中散布区と慣行（2017 年はブームスプレーヤー、2018 年はカーペッ

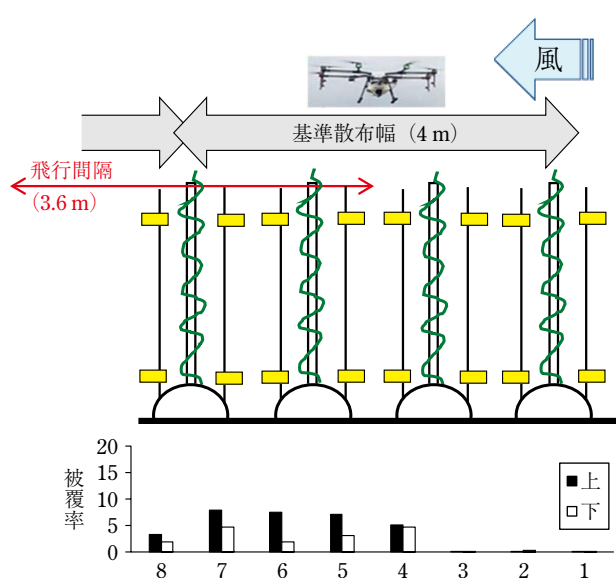


図-3 飛行コースと付着状況（通路上を飛行）

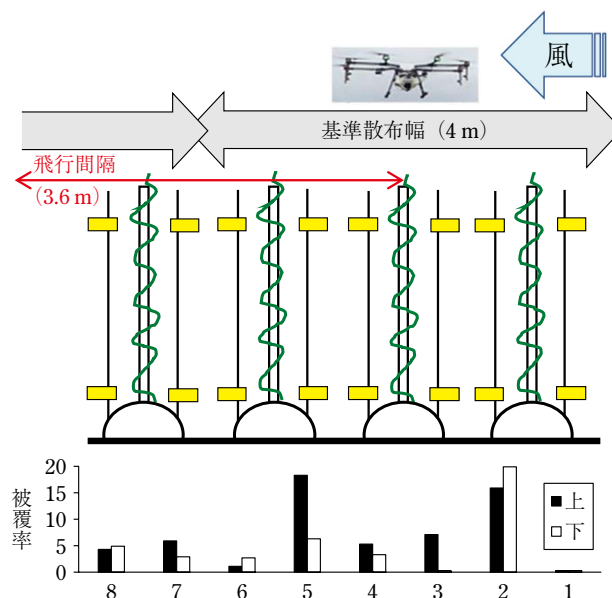


図-4 飛行コースと付着状況（畝上を飛行）

トスプレーヤー）の地上散布区を設置して、既登録の3剤（殺菌剤2剤，殺虫剤1剤）を組み入れた体系防除を行い，主要病害虫の葉渋病およびナガイモコガの発生状況を比較した。その結果，両区の間大きな差はなく，ドローンによる空中散布は実用性があると判断した。また，10a当たりの散布や薬液調製等の作業時間は，ブームスプレーヤーによる地上散布は10分49秒だったのに対し，ドローンによる空中散布は4分25秒で大幅に減少した（ただし，給水のための移動時間やバッテリー交換等の作業時間は考慮していない）。10a当たりの散布水量も地上散布が200lであったのに対し空中散布は3lであった。

II ナガイモの空中散布への適用拡大の取り組み

ドローンによる防除の普及にあたっては，空中散布（高濃度低水量散布）で使用できる薬剤の充実が何よりも不可欠である。2018年3月，空中散布への適用拡大のための試験に使える農林水産省の新しい補助事業「薬剤抵抗性病害虫・難防除雑草等の防除対策の高度化事業」が公募を開始すると県からの情報提供があった。ナガイモで応募を検討するに当たりFAMICに空中散布への適用拡大に必要な試験要件を確認したところ，当時，必要とされたのは，薬効・薬害試験2事例，限界薬量薬害試験2事例，作物残留試験3事例（ただし一般社団法人農林水産航空協会のGLP施設で実施）であった。薬効・薬害試験と限界薬量薬害試験は当研究所で実施できるとしても，作物残留試験は「農水協のGLP施設での実施」という条件を達成できる見込みが全くないことか

ら，適用拡大はほぼ不可能であった。それでも，県と協議を重ね，作物残留試験以外の実施可能な試験から先行して取り組んでいこうということになった。

浸透移行性のある薬剤の中から青森県として優先度の高い薬剤を選び，農薬メーカーにナガイモ（登録上の作物名はヤマノイモ）の空中散布への適用拡大試験の実施可能性について相談したところ，殺菌剤1剤，殺虫剤1剤について，それぞれメーカーの協力が得られることになり，前述の補助事業を活用して試験を開始することができた。試験は2018年と2019年に実施し，殺菌剤は葉渋病対象の薬剤，殺虫剤はアブラムシ類対象の薬剤を供試した（図-5）。

葉渋病は両年とも少発生条件下での試験となったが，ドローンによる供試薬剤の空中散布は，慣行の地上散布に比べて効果はやや劣るものの実用性はあると判断された（表-1）。アブラムシ類を対象としたドローンによる供試薬剤の空中散布は，2018年は地上散布に比べ効果がまざり，2019年は地上散布に比べ効果が劣る結果となったが，いずれも実用性はあると判断された（表-2）。

その後，薬剤の空中散布への適用拡大のための登録要件が緩和（無人航空機（ドローン）による農薬の少量・高濃度散布の登録要件は，単位面積当たりの農薬投下量が従来（地上散布）と同等であれば，薬害確認のみで登録申請可能）されたことが追い風となり，ヤマノイモの空中散布で使用できる薬剤は，2022年4月1日現在，本試験で供試した薬剤を含め，試験開始当初に比べ殺菌剤は2剤増の4剤，殺虫剤は6剤増の7剤となっている（表-3）。

表-1 供試殺菌剤の葉渋病に対する防除効果

	試験区	第2回散布 28日後						
		調査 葉数	程度別発病葉数				発病葉率 (%)	発病度
			無	少	中	多		
2018 年	空中散布 (ドローン)	100	93.7	5.7	0.7	0	6.3	2.3 (64.4)
	地上散布 (対照) (カーベツスプレーヤー)	100	99.0	1.0	0	0	1.0	0.3 (94.9)
	無処理	100	87.3	6.7	5.0	1.0	12.7	6.6
2019 年	試験区	第2回散布 8日後						
		調査 葉数	程度別発病葉数				発病葉率 (%)	発病度
			無	少	中	多		
	空中散布 (ドローン)	670	650.7	3.7	15.7	0	2.9	1.7 (58.2)
	地上散布 (対照) (ブームスプレーヤー)	670	669.0	0.3	0.7	0	0.1	0.1 (98.0)
	無処理	670	627.3	5.3	33.7	3.7	6.4	4.2

(a) 表中の数値は3箇所調査の平均値、表中の()内数値は防除価。

(b) 各区の任意の100葉または670葉×3箇所について、下記基準に基づき程度別発病葉数を調査し発病度を算出。
無：発病を認めない、少：わずかに発病を認める、中：発病面積が葉面積の50%未満、多：発病面積が葉面積の50%以上。

発病度 = (少の葉数 + 中の葉数 × 2 + 多の葉数 × 3) / (調査葉数 × 3) × 100。

表-2 供試殺虫剤のアブラムシ類に対する防除効果

	試験区	20株当たり寄生虫数			30株当たり寄生虫数					
		散布3日前 (7/16)			散布8日後 (7/27)			散布14日後 (8/2)		
		有翅	無翅	計	有翅	無翅	計	有翅	無翅	計
2018 年	空中散布 (ドローン)	1	56	57	12	29	41 (27.2)	5	17	22 (40.7)
	地上散布 (対照) (カーベツスプレーヤー)	4	58	62	19	52	71 (43.4)	6	5	11 (18.7)
	無処理	4	35	39	17	86	103 (100)	3	34	37 (100)
2019 年	試験区	20株当たり寄生虫数								
		散布2日前 (7/22)			散布6日後 (7/30)			散布13日後 (8/6)		
		有翅	無翅	計	有翅	無翅	計	有翅	無翅	計
	空中散布 (ドローン)	11	43	54	2	6	8 (22.6)	0	0	0
	地上散布 (対照) (ブームスプレーヤー)	10	64	74	0	2	2 (4.1)	0	0	0
	無処理	19	152	171	4	108	112 (100)	0	1	1 (100)

(a) 表中の数値は3箇所調査の合計値、表中の()内数値は補正密度指数。

(b) 発生種はワタアブラムシ。



図-5 葉渋病（左）とアブラムシ類（右）

表-3 ヤマノイモの空中散布用薬剤の登録状況

用途	FRAC コード	IRAC コード	薬剤名	希釈倍数・使用量	適用病害虫名
殺菌剤	1		チオファネートメチル水和剤（ゾル）	5 倍・3 l/10 a	葉渋病・炭疽病
	M07		イミノクタジナルベシル酸塩水和剤	12 倍・3 l/10 a	葉渋病
	11		アゾキシストロビン水和剤	32 倍・3.2 l/10 a	葉渋病
	11		ピコキシストロビン水和剤	40 倍・3.2 l/10 a	葉渋病・炭疽病
	11		ピコキシストロビン水和剤	20 倍・1.6 l/10 a	葉渋病・炭疽病
殺虫剤		3A	エトフェンプロックス乳剤	8 倍・3.2 l/10 a	アブラムシ類・ヤマノイモコガ
		4A	イミダクロプリド水和剤	400 倍・4～12 l/10 a	アブラムシ類
		4A	イミダクロプリド水和剤	160 倍・3.2～4 l/10 a	アブラムシ類
		4A	チアメトキサム水溶剤	32 倍・3.2 l/10 a	アブラムシ類
		4C	スルホキサフル水溶剤	32 倍・3.2 l/10 a	アブラムシ類
		28	クロラントラニリプロール水和剤	20 倍・1～2 l/10 a	ナガイモコガ・ハスモンヨトウ
		28	フルベンジアミド水和剤	32 倍・3.2 l/10 a	ナガイモコガ・ハスモンヨトウ
		28	シアントラニリプロール水和剤	40 倍・1～3 l/10 a	アブラムシ類・ナガイモコガ・ハスモンヨトウ

(a) 登録内容は 2022 年 4 月 1 日現在。

(b) 赤字は 2021 年に新たに適用拡大になった薬剤名。

おわりに

ドローンによる防除では、風、飛行方法、地上部茎葉の繁茂状況等が防除効果に影響すると考えられる。特にナガイモは 2 m 近い立体的な地上部をしていることから、影響を受けやすい作物であり、ドリフトにも十分気を付ける必要がある。防除効果を安定させ、かつ安全に散布を行うためには、散布方法などのノウハウを積み重ねるとともに、葉での散布薬剤の被覆率向上やドリフト抑制等の効果が期待されているドローン用展着剤等の補助技術の開発や効果の検証が進むことが望まれる。

空中散布への適用拡大に至る見込みがない中で開始した試験であったが、早くから取り組んだことにより、ナ

ガイモでの散布方法に関する知見を積み重ねることができ、その後、登録要件が緩和されたことで薬剤の適用拡大が進んだことは幸いであった。しかしながら、薬害試験のみで登録申請が可能になったことにより、ヤマノイモに限らず、野菜で適用拡大になった薬剤の中には、ドローンによる圃場試験での防除効果が確認されていない薬剤がある。このことは、ドローンによる防除を指導するうえでの不安要素の一つである。1 機関で試験できる薬剤には限りがあることから、野菜でのドローン防除の普及を図るために、各県、各機関で実施された薬剤の実用性の評価結果を共有化できるような仕組みづくりも必要ではないかと考える。

XAG

農業用散布型ドローン

P30

液剤タンク 16 L

粒剤タンク 10 L



農業用無人車

R150

液剤タンク 100 L

アタッチメント〈草刈り・運搬〉付替



世界の農業を
豊かにする
スマート農機

〔 **P30** 〕



アトマイザーを採用



メンテナンスも簡単



様々なアタッチメント

〔 **R150** 〕



JetSprayer™は最大散布幅が12m

XAG JAPAN

XAG JAPAN株式会社

兵庫県小野市広渡町 818

TEL : 0794-60-7128

info.jp@xa.com

FAX : 0794-60-7129

全国の取扱販売店へのお問い合わせ
製品情報はこちら▶▶



{ 日植防シンポジウムから }

北海道における農薬散布効率化に向けた取組と今後の展望

ホクレン農業協同組合連合会 肥料農薬部 丹 羽 昌 信

はじめに

畑作物に対する殺菌殺虫剤の施用法は液剤散布が一般的であり、北海道においては主に多量散布となる（10 a 当たり）100 l 散布が主に慣行散布として指導されている。しかし、耕地面積が広大であり、その作業に多大な労力と時間を要するため、同一作物の農薬散布が一日で終了しない場合も珍しくない。このことから、早くから農薬散布の効率化に向けた検討が行われてきた。今後、高齢化や担い手不足等により一層の経営規模拡大が想定されており、さらなる効率化は喫緊の課題となっている。

今回は、これまでに北海道で検討されてきた取組や ICT 技術を活用した最新の取組、今後の展望について紹介したい。なお、本稿は 2022 年 1 月 18 日の日本植物防疫協会シンポジウム「新しい時代に向けた農薬の施用法の現状と将来を考える」における講演内容をまとめたものである。

I 農薬散布効率化に向けた検討

散布水量により液剤散布を分類する報告（日本植物防疫協会，1997；2009；藤田，2002）によると、少量散布の定義は「慣行散布よりも散布水量を少なくして（0.6～50 l）散布する方法」とされている（表-1）。少量散布のメリットは多量散布と比較して給水時間や回数を削減でき、省力的であること、散布薬液の粒子が粗くなるため、

ドリフト低減が期待できることなどが挙げられるが、専用の農薬登録を受ける必要がある。

北海道においては 1970～80 年代にかけて農薬散布効率化に向けた少量散布の検討が行われたが、農薬登録の目処が立たず、普及には至らなかった（北海道植物防疫協会，1977；後藤ら，1987）。しかし，2000 年代に入り，農薬登録に向けた環境整備が進んだことから，コムギとテンサイにおいて散布水量を 25 l とした少量散布の防除効果確認試験が行われた。その結果，テンサイでは慣行散布と防除除果がほぼ同等であったことから，テトラコナゾール乳剤（ホクガード）やアセフェート水和剤（オルトラン）等の少量散布登録が認可となり，2004 年には北海道農作物病害虫・雑草防除ガイド（以下，道ガイド）に掲載され，広く指導されることになった（北海道立総合研究機構 農業研究本部，2002 a）。

一方，コムギにおいては主要病害である赤かび病を含む一部病害虫に対して防除効果が不安定な事例が確認され，その原因は穂に対する薬液付着不足であると推定された（北海道立総合研究機構 農業研究本部，2002 b）。このことから，付着率向上に向けて散布ノズルを Y 型 2 頭口に改良した結果，従来の 1 頭口セービングノズルと比較して付着量が 87% 向上し，赤かび病に対する防除効果も安定した（相馬，2011）。この結果を受けて 2013 年，テンサイと同様にコムギも道ガイドに掲載された。その後も少量散布の試験は実施され，2021 年の道ガイ

表-1 液剤散布における散布水量の分類と特徴

分類	濃度	散布水量 (l/10 a)	特徴など
多量散布（慣行散布）	慣行の範囲	50 以上	北海道の標準的な指導は 100 l 散布
少量散布	慣行の数倍	0.6～50	新たな登録対応必要
減量散布（仮称）	慣行の範囲	慣行より低減 100 → 80 など	現在，登録内容から散布水量を減ずることはできない（努力規定）

The Trials and Future Prospects for the Optimization of Pesticide Spraying in Hokkaido. By Masanobu Niwa

（キーワード：少量散布，農薬登録，ICT 技術，予測・解析機能，セクションコントロールスプレーヤ）

ドでは5作物（コムギ、テンサイ、パレイショ、アズキ、タマネギ）で計 49 薬剤が掲載されている（水稻は除く、同一成分・成分量の薬剤は 1 薬剤としてカウント）。

II 少量散布の普及状況

北海道農協青年部協議会に対して実施したアンケート結果では畑作物における少量散布の導入率は11.9%と、ほとんど普及していなかった(表-2)。その理由は防除効果が不安であるが70.3%と最も多く、心理的な部分が多いことが明らかとなった。一方、登録農薬が少ない、少量散布用ノズルが高価であるとの意見も32.4%あり、技術導入に向けて検討はされていることも伺えた(表-3)。また、農業改良普及センターや農業大学校等からの聞き取りによると、少量散布を行っている一部地区は農薬散布用の水を河川から汲み上げており、その量に限界があるといった事情もあるようである。しかし、現状は特別な事情がなければ、慣行散布を推奨している地区が多数であり、少量散布は慣行防除と比べて薬液が高濃度になるため、登録外農薬の予期せぬ残留を回避するという観点から指導を避けている地区もあった。

Ⅲ 一層の農薬散布効率化に向けた ICT 技術を活用した最新の取組

近年、北海道では農作業用のカーナビである GPS ガイダンスや設定した経路を自動で走行する自動操舵システムの普及が急速に進んでいる。それに伴い、セクションコントロールスプレーヤーや XAG 社の完全自動散布ドローン P30、農業用無人車 R150 といった位置座標と連動した農薬散布が可能な最新の農薬散布機器の普及も始まっている。さらに、人工衛星やドローンによるセンシ

表-2 少量散布の導入率 (n = 43)

導入	回答数	割合（％）
している	5	11.9
していない	37	88.1
合計	42	

※水稻を除く.

表-3 少量散布の未導入の理由 (n = 37, 複数回答可)

理由	回答数	割合 (%)
防除効果が不安	26	70.3
散布ノズルが高価	12	32.4
登録農薬が少ないまたはない	12	32.4
少量散布技術をそもそも知らない	3	8.1

ングデータや気象データから AI による病害虫の発生予測や散布適期を予測・解析する栽培管理支援システムの技術開発が進む等、農薬散布を取り巻く状況は大きく変化しつつある。今回は ICT 技術を活用した最新の取組を紹介する。

1 RTK-GNSS システムとセクションコントロール スプレーヤ

ホクレンでは2019年からGPSガイダンスシステムなどの精度を飛躍的に高めるRTK-GNSSシステムの提供を開始した。2022年1月時点での設置基地局数は45に上り、誤差数cmで農業機械を自動操作できる地域は年々拡大している（図-1）。

セクションコントロールスプレーはGPSがトラクターの位置を捕捉し、散布ノズルのセクションを自動で開閉するスプレーである。RTK-GNSSシステムと連携させることで農薬の散布もれや重複散布、圃場外等の不要な場所への散布を高精度で防止することができる。

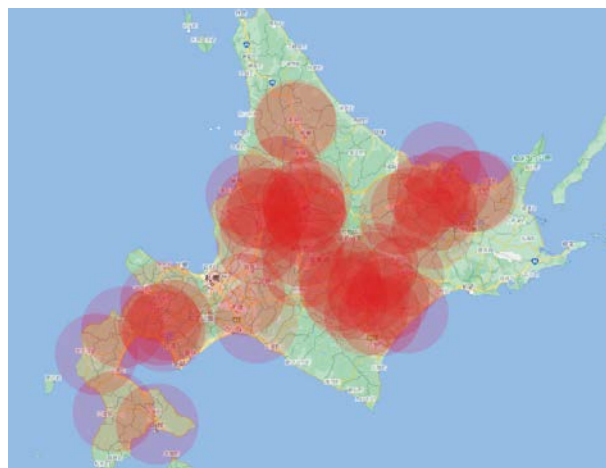


図-1 RTK-GNSS の利用エリア (半径 40 km)

一般的には半径 20 km で誤差 2~3 cm の精度であるが、ホクレンで実施した実証試験では半径 40 km まで精度が安定することを確認。

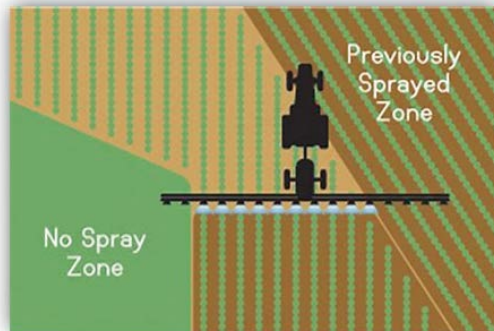


図-2 セクションコントロールスプレーヤーと GPS ガイダンスシステムによる農薬散布（株式会社ビコンジャパンより提供）

(図-2)。圃場の形状やブーム長、セクション数等にもよるが、この機能を活用することで慣行の全面散布でも1筆1haの圃場において15.3～76.3%散布水量を削減可能との試算もある(<https://imcalculator.kvernelandgroup.com/calculator>)。また、散布するしないだけでなく、セクションごとに散布水量を変えられるため、今後普及が期待されるピンポイント散布や可変散布にも対応可能であり、一層の農業散布効率化に向けて有望な散布機器であると考えられる。

2 人工衛星やドローンを活用した新たな農業散布

(1) 人工衛星や気象データ等を活用した新たなソリューション

AIを活用した新しい栽培管理支援システムである「xarvio™ FIELD MANAGER」は主に人工衛星や気象、品種データ等に基づき、圃場ごとの作物の生育ステージ予測などを行うソリューションである。農業散布に関わる機能としては各圃場の気温や降水量、風速、湿度等をもとに病害感染リスクを予測する機能や農業散布に適した日時および時間を予測する散布天気等が実装されており、現在、可変散布機能の開発などが進んでいる。可変散布機能は作物のバイオマスの多寡に応じて適切な散布水量を算出する機能である。バイオマスの多寡は人工衛星データの解析によって得られる各作物の葉面積指数により求められる。

殺菌・殺虫剤であれば、農業の効果を発揮させるためには（農業登録上で、使用液量に幅がある場合）希釈倍数を遵守したうえで、農業が作物に十分かかり、かつ過剰に流れ落ちることがないように散布水量を適切に調整して散布することが大切である。一方、同一圃場においても生育ムラが発生することは多い。本来であれば、生育ムラに合わせて散布水量を変えて散布することが望ましいが、これまでは対応可能な農業機械も普及しておらず、行うことは困難であった。しかし、今後は人工衛星データやセクションコントロールスプレーヤ等の普及に合わせて可変散布が普及していくことが想定される。現に、ドイツやフランス等では本技術の普及がすでに始まっている。

そこで、北海道における普及性を確認するため、JA全農と連携してホクレン訓子府実証農場内のダイズ圃場においてアブラムシ類を対象に殺虫剤の可変散布実証試験を行った。

事前に作物のバイオマスデータに基づき5段階にゾーン化し、バイオマスが最も高いゾーンを慣行散布の100 l散布に、バイオマスが低くなるにつれて散布水量を段階的に減らす（95.0～81.5 l）可変散布マップを作成



図-3 ダイズ圃場のバイオマスマップ

表-4 ゾーンごとの設定散布水量

	Zone				
	1 (高)	2	3	4	5 (低)
散布水量 (l/10 a)	100	95.0	90.3	85.7	81.5

した(図-3；表-4)。マップデータを株式会社ビコンジャパンのセクションコントロールスプレーヤ iXter B18-HC21（ブーム長21 m、1セクション散布幅3 m）に転送し、可変散布を行った。その結果、アブラムシ類の発生は少発生だったものの、ゾーン1～5のいずれの試験区も防除効果はほぼ同等であり、慣行散布と比較して散布水量が12.3%削減された。

なお、農業ラベル上の散布水量よりも少ない範囲で農業を散布することは薬効不足や薬剤抵抗性発達といったリスクがあるが、効率化に加えて環境負荷低減の観点でも重要な方向性であると考えている。今後もJA全農と連携して複数の作物や病害虫に対する防除効果や散布水量削減効果、設定水量の妥当性等を確認する実証試験を積み重ね、技術確立を進めたい。

(2) ドローンを活用した雑草センシングとピンポイント防除

docomo skyは株式会社NTTドコモが開発を進めるドローン事業のブランドであり、ドローンの飛行準備から撮影、フライト後のデータ解析やレポート作成までをWeb上で一元管理するクラウドサービスである。

現在、株式会社NTTドコモ、北海道農政部と連携して草地における問題雑草であるエゾノギシギシなど(図-4)をdocomo skyを活用してRGBカメラでセンシングする技術と、センシングデータに基づいた除草剤のピンポイント散布技術の開発を進めている。

今回センシング対象としたエゾノギシギシやアメリカオニアザミ、セイヨウタンポポはいずれも葉の形状に特徴があるため、認識モデルとして画像認識技術のうち、

物体検出を採用した。また、ドローンの飛行高度は高ければ高いほど1度に撮影できる面積は広くなる一方、画像認識が困難となることから、数回撮影を行い認識可能な最も高い高度として25～30 mに設定した。

実際の作業としては、ドローンで得られた画像から雑草の位置と種類を特定するアノテーション(正解の付与)を実施するとともに、認識精度向上に向けてオーグメンテーションと呼ばれる1枚の画像に対して反転や輝度変更などの処理を合わせて行った。これら作業を2019～21年の3か年実施し、80%以上の認識精度で3種類の雑草を検出可能な画像認識AIを開発した。

2021年秋に実施したピンポイント散布の実証試験では事前に約4 haの圃場をセンシングし、AIによりエゾノギンギシの生育位置を解析した。その後、圃場を1グ



図-4 草地における問題雑草 エゾノギンギシ

リッド3.6 m四方で分割、2株以上生育しているグリッドを色付けし、ピンポイント散布マップとした(図-5)。なお、センシングは高度30 mでドローンを自動飛行させ、1 ha 当たり5分程度で終了する。得られたデータは自動的にクラウドにアップロード後、面積にもよるが、通常は数分でAI解析がなされ、散布マップデータの出力が可能となる。

こうして得られた散布マップデータの位置座標データをセクションコントロールスプレーヤ iXter B18-HC21 にUSBで転送し、農薬ラベル通りの投下薬量・散布水量となるよう除草剤をピンポイント散布した。慣行散布と比較して92.5%散布水量が削減されたが、除草効果については現在調査中である。今後も株式会社NTTドコモと連携してセンシング可能な雑草や病害虫の種類拡大やセンシングの精度向上に取り組むとともに、いち早く本サービスを生産者に提供できるよう協議を進めたい。

3 農薬散布用ドローンの特徴と請負散布事業

農薬散布用ドローンは労力軽減や作業性向上、コスト削減につながるとされ、大きな期待を受けている。そこで、今後の普及に備え、施肥・防除合理化推進協議会や北海道農業研究センターと連携して防除効果や作業性等を確認する試験を行ってきた。

防除効果は一部病害虫に対してやや劣る事例もあるが、イネの各種病害虫や雑草、秋まきコムギの雪腐病、飼料用トウモロコシのすす紋病、カボチャのうどんこ病等に対して慣行の防除機器(無人ヘリコプターやブームスプレーヤ等)と同等の防除効果が確認された(丹羽,



図-5 エゾノギンギシ生育マップ

全グリッド数：4,860、青色グリッド：2株以上エゾノギンギシが生育(358グリッド)。

表-5 農薬散布用ドローンと無人ヘリコプターの作業性比較試験結果

項目	農薬散布用ドローン (DJI 社 AGRAS T20)	無人ヘリコプター
フライト準備	1 分 19 秒	6 分 38 秒 (暖機運転込)
1 フライト目	3 分 45 秒	13 分 23 秒
農薬補充およびバッテリー交換	51 秒	1 分 18 秒
2 フライト目	2 分 16 秒	8 分 22 秒 (散布終了)
農薬補充およびバッテリー交換	59 秒	
3 フライト目	5 分 38 秒 (散布終了)	
撤収作業	39 秒	1 分 50 秒
合計作業時間	15 分 27 秒	31 分 31 秒

散布面積：1.9 ha, 散布水量：1.6 l

2019 ; 2021)。

一方、農薬散布用ドローンの技術の進展はめざましいが、その作業性には懐疑的な声が寄せられることが多い。そこで、2020 年に無人ヘリコプターとの作業性比較試験を行った。試験ではオペレーター、ナビゲーター、農薬・バッテリー交換役の3名体制における散布準備から農薬散布、撤収作業等に要する時間を計測した。散布水量は1.6 lとしたが、無人ヘリコプターは0.8 l散布が中心である水稲防除に向けた技術開発を中心に進めてきたこともあり、通常は0.8 lしか散布ができないことから、同一箇所を2回飛行して1.6 l散布した。

その結果、農薬散布用ドローンは飛行時間やタンク容量の関係から1回の散布面積は無人ヘリコプターより狭くなるが、小回りがきくことなどから同等以上の作業性が確認された(表-5)。今後は個人に普及していくことが想定されるが、圃場間移動時の運搬作業が容易、電波の混信が起きにくいといった農薬散布用ドローンの特徴は請負散布にも適していると判断し、有限会社レイブプロジェクトと連携して2021年4月から請負散布事業を開始した。2022年2月末時点での実績は約700 haであるが、今後さらなる効率化を目指して新たに30 lタンクを搭載するDJI 社 AGRAS T30や飛行中に操縦者を切り替えられる機能(複数者によるオペレーションシステム)を有するドローンを導入し、より多くの面積や新たな分野での普及につなげられるよう体制を整えている。

IV 今後の展望

今後、一戸当たりの経営面積がさらに拡大することにより、栽培効率化に向けた一部品目の移植栽培から直播栽培への移行(農薬散布回数の増加)や作業委託の増加が想定され、より一層効率化に向けた検討が必須な状況

となっている。加えて省力化や環境負荷軽減、化学農薬使用量削減を求めるSDGsやみどりの食料システム戦略への対応も求められている。

その対応に向けてAIによる病害虫発生予測技術を活用した新たな防除体系の導入は有効な手段であると考えられるが、高精度に病害虫の発生予測ができるようになったとしても農薬散布に数日要するようであれば、適期散布につなげることは不可能である。すなわち、少量散布のような効率的な散布技術は必須である。現時点では少量散布の普及率は低いが、普及率を向上させるために少量散布の技術情報のほか、ノズルの角度に適したブーム高の設定の重要性など、農薬の効果を最大限に発揮させるための情報発信を行っていききたい。

また、一層の効率化に向けた技術として作物のバイオマスに応じた可変散布、センシング結果に基づいたピンポイント散布は有望であるが、普及に向けて課題もある。可変散布は減量散布となる可能性があるため、その防除効果や薬剤抵抗性発達リスクの評価等が必要である。また、技術を導入するには新たに農業機械の導入が必要となるため、費用対効果の評価も必要である。ピンポイント散布には事前のセンシングが必要だが、センシング可能な害虫や雑草の種類は現状多くない。

いずれの取組もまだ始まったばかりであり、ホクレンとしては行政や農業試験場、農薬や農業機械メーカー、ICTベンダー等のメーカーや関係機関と連携し、さらに取組を進めていく意向にある。

本稿が一層の効率化、省力化や環境負荷軽減、そして持続可能な農業に結びつく農薬散布技術の開発に向けたきっかけになれば幸いである。

おわりに

農薬散布用ドローンの各種取組は農研機構北海道農業研究センターが代表を務める農林水産省委託プロジェクト「革新的技術開発・緊急展開事業」（人工知能未来農業創造プロジェクト）の課題の成果を一部利用したものである。

また、ICT 技術を活用した取組に対して、株式会社 NTT ドコモ 中川宏氏、株式会社ビコンジャパン 宿谷貴博氏、有限会社レイブプロジェクト 請川博一氏、ホクサン株式会社 遠山健一氏、JA 全農 小宮山鉄兵氏、池町健太氏、三輪正昭氏、ホクレン訓子府実証農場の皆様には多大な協力を賜った。この場をお借りして御礼申

し上げる。

引用文献

- 1) 藤田俊一 (2002): 畑作等における地上液剤少量散布技術開発の現状: 27~39.
- 2) 後藤千枝ら (1987): 北日本病虫研報 38: 129~132.
- 3) 北海道立総合研究機構 農業研究本部 (2002 a): 平成 14 年普及奨励ならびに指導参考事項: 225~227.
- 4) ————— (2002 b): 同上: 223~224.
- 5) 北海道植物防疫協会 (1977): 農薬散布法に関する試験成績 1: 1~45.
- 6) 日本植物防疫協会 (1997): 農薬製剤ガイド: 211.
- 7) ————— (2009): 農薬用語辞典: 16~17.
- 8) 丹羽昌信 (2019): ニューカントリー 5 月号: 14~17.
- 9) ————— (2021): 農家の友 8 月号: 16~19.
- 10) 相馬 潤 (2011): 北海道植物防疫協会研究会資料.

新しく登録された農薬 (2022.3.1~3.31)

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

「殺虫剤」

●ベンフラカルブ粒剤

24623：オンコル CR 箱粒剤（OAT アグリオ）22/3/9

ベンフラカルブ：6.0%

稲（箱育苗）：イネミズゾウムシ，ヒメトビウンカ，セジロウンカ，ツマグロヨコバイ：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：イネドロオイムシ：移植当日

●プロフラニリド水和剤

24626：ベクトロン T500（三井化学アグロ）22/3/23

プロフラニリド：50.0%

きく：ハスモンヨトウ：発生初期

「殺菌剤」

●ホセチル水和剤

24621：シグネチャーエクストラ WDG（バイエル）22/3/9

ホセチル：59.2%

西洋芝（ベントグラス）：赤焼病，ピシウム病：発病前～発病初期

西洋芝（ベントグラス）：根の伸長，発病促進

「殺虫殺菌剤」

●オレイン酸ナトリウム・DBEDC 乳剤

24622：ベジタブルガード（OAT アグリオ）22/3/9

オレイン酸ナトリウム：0.20%

DBEDC：0.020%

なす，トマト，ミニトマト，きゅうり：うどんこ病，アブラムシ類：収穫前日まで

●テブフェノジド・ベンズピリモキサン・フルトラニル水和剤

24625：オーケストラロムダンモンカットエアー（日本農薬）22/3/23

テブフェノジド：10.0%

ベンズピリモキサン：10.0%

フルトラニル：20.0%

稲：ウンカ類幼虫，ツマグロヨコバイ幼虫，コブノメイガ，ニカメイチュウ，イネツトムシ，紋枯病：収穫 21 日前まで

「除草剤」

●チエンカルバズンメチル・ホラムスルフロン水和剤

24624：コンビソ OD（バイエル）22/3/17

チエンカルバズンメチル：2.90%

ホラムスルフロン：4.80%

てんさい（ALS 阻害剤耐性）（移植栽培）：一年生雑草

てんさい（ALS 阻害剤耐性）（直播栽培）：一年生雑草

I AGRAS T30



大容量30Lタンク



ブラシヤーポンプ



30L

30 ℓ
薬剤タンク

9M

9m
広幅効率散布

RTK

高精度
自律飛行

IP67

コアモジュール
保護等級 IP67



ダブル
FPV カメラ



球面型全方向
レーダー

I AGRAS T10



コンパクトなサイズ



カセット式 タンク



8L

8 ℓ
薬剤タンク

6M

6m
広幅効率散布

RTK

高精度
自律飛行

IP67

コアモジュール
保護等級 IP67



ダブル
FPV カメラ



球面型全方向
レーダー

T30/T10共通機能：液剤散布、粒剤散布、施肥、播種など幅広い用途に対応



球面型全方向レーダー



保護等級IP67



新粒剤散布装置



スナップ構造のアームホルダー



植物防疫講座

病害編-47

ネギ属植物に発生する *Botrytis* 属菌による病害

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 法人本部 ^み三 ^{さわ}澤 ^{とも}知 ^お央

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 ^の野 ^つ津 あ ゆ み

はじめに

Botrytis 属菌は *Botrytis cinerea* を基準種とする糸状菌で、30 種以上が報告されており (GARFINKEL et al., 2017), このうち 9 種がネギ属植物に感染する (ELAD et al., 2007; ZHANG et al., 2010)。本属菌によるネギ属植物の病害について、我が国ではタマネギを中心に多くの研究知見が得られている (逸見・丹羽, 1939; 松尾, 1978; 北海道農政部, 1984)。本稿ではニラ・タマネギ・ネギ・ニンニクおよびリーキに発生する本属菌による病害について、病徴・病原菌・防除等の観点から、主に北海道における研究事例を用いて解説する。

I *Botrytis* 属菌の種同定

Botrytis 属菌の種同定においては、分生子の形態が重要な特徴である。主要種の分生子の形態を表-1 に示した。本属菌は PDA 培地上でも分生子を形成するが、滅菌ニラ培地 (直径 9 cm のガラスシャーレ内に長さ 4~6 cm のニラ葉 15~20 枚を入れ、121℃ で 20 分間オートクレーブ滅菌: MISAWA and TAKEUCHI, 2015) 上で BLB ライト照射下で培養すると分生子を豊富に形成する。分生子の形態は、種間で大きさが重複する点、培養条件により変化するなどの問題点もあるため (ELAD et al., 2007), 本属菌の種同定においては形態観察に加えて、分子生物学的手

法の併用が推奨されている (NIELSEN et al., 2001; STAATS et al., 2005)。ネギ属植物に感染する本属菌のうち *Botrytis aclada*, *Botrytis allii*, *Botrytis byssoidea*, *B. cinerea* および *Botrytis squamosa* の 5 種については、NIELSEN et al. (2002) による PCR-restriction fragment length polymorphism (RFLP) 法により識別できる。また、本属各種の分類学的な位置づけは、三つの遺伝子 (*G3PDH*, *HSP60*, *RPB2*) の塩基配列に基づく分子系統解析により整理されており (STAATS et al., 2005), これら三つの遺伝子を解析することで、種同定が可能である。

II ニ ラ

1 ニラ白斑葉枯病の病徴・発生状況・病原菌

北海道におけるニラ栽培は、ハウス内で約 2 か月間栽培した苗を 6 月に露地圃場に定植し、10 月下旬まで株養成を行う。11 月下旬に枯死葉を刈り取り、12 月にハウスビニールを展張し、翌春に再萌芽した株を 3 回収穫する。白斑葉枯病は、葉身に楕円形~紡錘形のクリーム色の病斑を形成する (図-1a; 高桑ら, 1974)。本病は北海道のニラ栽培における最重要病害であり、株養成期間中の 6 月中旬~10 月下旬に発生する (北海道植物防疫協会, 2014)。多発すると光合成が阻害されるため、翌年の収量が減少する。本病は収穫株でも散発しており、発病株は出荷不能となる。本病は葉身にのみ発生する病害とされて

表-1 ネギ属植物に感染する *Botrytis* 属菌の分生子の形態

種	長さ	幅	比率 (長さ/幅)	引用文献
<i>B. aclada</i>	8.4~12.1	4.6~5.9	—	NIELSEN et al. (2001)
<i>B. allii</i>	9.7~14.1	5.3~7.3	—	NIELSEN et al. (2001)
<i>B. byssoidea</i>	8~19	6~9	1.5~1.65	ELLIS (1971)
<i>B. cinerea</i>	6~18	4~11	1.35~1.5	ELLIS (1971)
<i>B. porri</i>	9~18	6~13	1.35~1.5	ELLIS (1971)
<i>B. squamosa</i>	10~26	10~18	1.25~1.45	ELLIS (1971)

Diseases of *Allium* Crops Caused by Genus *Botrytis*. By Tomoo MISAWA and Ayumi NOTSU
(キーワード: ネギ属, 防除, 診断, *Botrytis*)

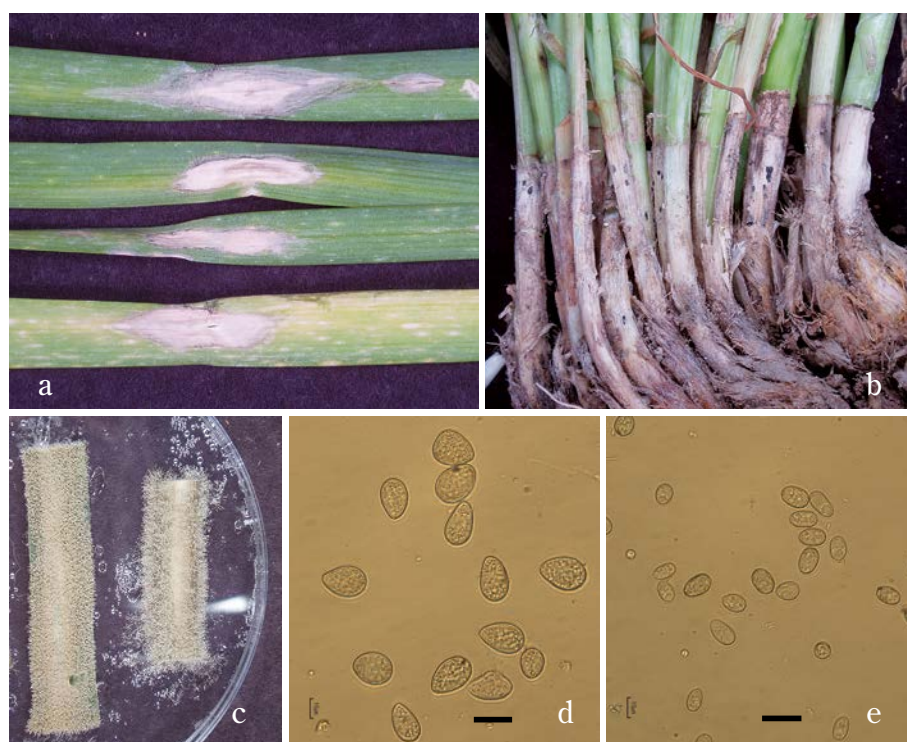


図-1 ニラ白斑葉枯病と病原菌

a: ニラ白斑葉枯病の葉身病斑, b: ニラ白斑葉枯病の葉鞘腐敗症状, c: 湿潤条件下で分生子柄と分生子を多量に形成した罹病葉 (左: *B. squamosa*, 右: *B. cinerea*), d: *B. squamosa* の分生子, e: *B. cinerea* の分生子, スケールバー = 20 μm .

いたが、葉鞘基部が腐敗する症状の発生も確認されている (図-1b; 三澤, 2017)。主要な病原菌は、*B. squamosa* と *B. cinerea* の2種である (MISAWA and TAKEUCHI, 2015)。

罹病葉を採取し、湿潤条件で2~3日間放置すると病斑上に分生子柄と分生子を豊富に形成する (図-1c) ため、これを顕微鏡下で観察することで診断可能である。また、*B. cinerea* の分生子柄 (図-1c 右) は *B. squamosa* の分生子柄 (図-1c 左) より肉眼で識別できるほど長い。病斑部からの菌の分離も容易である。

2 ニラ白斑葉枯病菌の種構成とその季節間変動

2010年10月、2011年7月・10月、2012年8月・10月の5回、道内14圃場から罹病ニラ葉を採取し、345菌株を分離した。これらの菌株について、分生子形態とPCR-RFLP法 (NIELSEN et al., 2002) に基づき種を同定し、種構成とその季節間変動を調査した。分生子の大きさが $17.0\sim 26.5\mu\text{m} \times 11.8\sim 17.8\mu\text{m}$ の285菌株 (図-1d) はPCR-RFLP法で *B. squamosa* と同定され、分生子の大きさが $10.3\sim 15.1\mu\text{m} \times 6.5\sim 9.6\mu\text{m}$ の60菌株 (図-1e) はPCR-RFLP法で *B. cinerea* と同定された。*B. squamosa* と *B. cinerea* の採取時期ごとの種構成は、夏には両種が分離される (2011年7月が45:25, 2012年8月が39:31) が、秋には *B. squamosa* が優占し (2010年10月が

68:2, 2011年10月が68:2, 2012年10月が65:0)、種構成の季節間変動が認められた (MISAWA and TAKEUCHI, 2015)。

3 ニラ白斑葉枯病に対する各種薬剤の防除効果

2007~16年の10年間、殺菌剤13剤 (化学合成農薬9剤および生物農薬4剤) の白斑葉枯病に対する防除効果を圃場試験で評価した。各薬剤を約1週間間隔で2~9回散布し、最終散布1週間後に各区の発病率を調査し、メタアナリシスにより解析し、無散布区に対する各薬剤の防除効果を評価した。供試した13剤の統合リスク比の95%信頼区間はいずれも1以下であり、いずれの薬剤も防除効果が認められた。フルジオキシニル水和剤、ペンチオピラド水和剤、ピリベンカルブ水和剤、クレソキシムメチル水和剤、ペノミル水和剤 (未登録) およびピコキシストロビン水和剤の化学合成農薬6剤は統合リスク比が0.13~0.18で高い防除効果が認められた。すなわち、これら6剤の散布は、無散布区と比較して発病率を13~18%に抑える効果があった。次いで、アゾキシストロビン水和剤および塩基性硫酸銅水和剤が統合リスク比0.28, ポリオキシシン複合体水溶液は統合リスク比0.48であった。生物農薬であるバチルス・ズブチリス水和剤4剤は、統合リスク比が0.62~0.72と化学合成農薬より

表-2 ニラ白斑葉枯病に対する各種薬剤の防除効果

供試薬剤	希釈倍数	統合リスク比	供試年数
フルジオキシニル水和剤	2,000	0.13 (0.09~0.19) ^a	10
ペンチオピラド水和剤	2,000	0.13 (0.05~0.34)	3
ピリベンカルブ水和剤	3,000	0.14 (0.06~0.31)	2
クレソキシムメチル水和剤	3,000	0.17 (0.07~0.45)	3
ベノミル水和剤 (未登録)	3,000	0.18 (0.06~0.56)	3
ピコキシストロビン水和剤	2,000	0.18 (0.06~0.56)	3
アゾキシストロビン水和剤	2,000	0.28 (0.18~0.42)	3
塩基性硫酸銅水和剤	500	0.28 (0.11~0.68)	3
ポリオキシン複合体水溶液	1,500	0.48 (0.40~0.58)	3
BS ^b (インプレッション水和剤)	500	0.62 (0.52~0.76)	2
BS (エコショット)	2,000	0.65 (0.58~0.72)	2
BS (アグロケア水和剤)	2,000	0.67 (0.60~0.75)	2
BS (ボトピカ水和剤)	2,000	0.72 (0.56~0.91)	2

^a () 内は 95%信頼区間。^b パチルス・ズブチリス水和剤, () 内は商品名。

防除効果が劣った (表-2; 三澤, 2010; 三澤ら, 2017)。

Ⅲ タ マ ネ ギ

1 タマネギ白斑葉枯病および灰色腐敗病の病徴・発生状況・病原菌

北海道におけるタマネギ栽培は、ハウス内で約2か月間栽培した苗を4月下旬~5月中旬に露地圃場に定植し、7月下旬~9月下旬に収穫し、中生以降の品種は、貯蔵した収穫物を翌年4月まで順次出荷する。

タマネギに発生する本属菌による病害として5病害が報告されており、これらの病徴は異なるため (逸見・丹羽, 1939; 松尾, 1978), それぞれ異なる病名 (灰色腐敗病・灰色かび病・菌核腐敗病・菌糸腐敗病・小菌核腐敗病) が与えられている (日本植物病理学会, 2021)。しかし、いずれの病原菌も生育中のタマネギ葉に白色斑点を形成し、病徴での識別が困難であることから、北海道では本属菌による葉枯れ性病害を「白斑葉枯病」と呼称している (北海道植物防疫協会, 2014)。本病は、北海道のタマネギ栽培における最重要病害であり、主要な病原菌は *B. squamosa* である (高桑ら, 1974; 北海道植物防疫協会, 2014)。白斑葉枯病は、6月中旬に下位葉に輪郭が不明瞭な長円~紡錘形の白色病斑を形成し (図-2a), 次第に病斑が大型化し上位葉に広がり (図-2b), やがて葉身先端部から枯死する。病斑上に分生子を形成せず、また罹病葉を湿潤条件に放置しても病斑上に分生子を形成しないため、分生子形成に基づく診断はできない。病斑部からの菌の分離率は極めて低く (高桑ら, 1974), 松尾 (1978) は21圃場からの平均分離率が15.6% (0%が9圃場, 0.1~10%が5圃場, 10.1%以上が7圃場) であったことを報告している。

一方、鱗茎に腐敗を起こす病害としては、灰色腐敗病 (病原菌: *B. aclada*, *B. allii*) と菌糸腐敗病 (病原菌: *B. byssoidea*) の2病害が報告されており (日本植物病理学会, 2021), 北海道では両病害を総称して「ボトリチス貯蔵腐敗」と呼称している (北海道植物防疫協会, 2014)。近年、北海道で発生しているボトリチス貯蔵腐敗は、灰色腐敗病が主体である (野津, 2021)。本病は1970年代に多発し、道内の発病球率が5%前後で推移した (石塚・柳田, 1981)。近年は、多発事例はないものの、出荷物に直接腐敗を起こすため、発生すると被害が大きい。灰色腐敗病は、立毛中の葉に病徴を示すことはまれである。低温貯蔵中に鱗茎の首部から発病し、徐々に褐色水浸状の腐敗が鱗茎内部に拡大する (図-2c)。病勢が進展すると鱗茎表面に黒色の菌核 (図-2d) およびビロード状の灰色のカビ (図-2e) を生じる (野津, 2021)。罹病鱗茎からは容易に病原菌が分離できる。

2 タマネギ白斑葉枯病の効率的な防除

白斑葉枯病に対する防除薬剤は「灰色かび病」の病名で農薬登録を取得している。北海道ではこれまで7~10日間隔でスケジュール的に7回程度の薬剤散布を実施していた。効率的な防除のために、残効期間が長い薬剤を探索し、クレソキシムメチル水和剤2,000倍、ボスカリド水和剤1,000倍、ピリベンカルブ水和剤2,000倍およびフルアジナム水和剤1,000倍の4剤で15日間の残効性が認められた。また、薬剤散布適期が「初発発見後5日以内~予想される倒伏期の15日前まで」であることが明らかとなった (新村・池谷, 2010)。薬剤散布適期に残効期間が長い薬剤を15日間隔でローテーション散布することで、従来より大幅に薬剤の散布回数を削減できる。

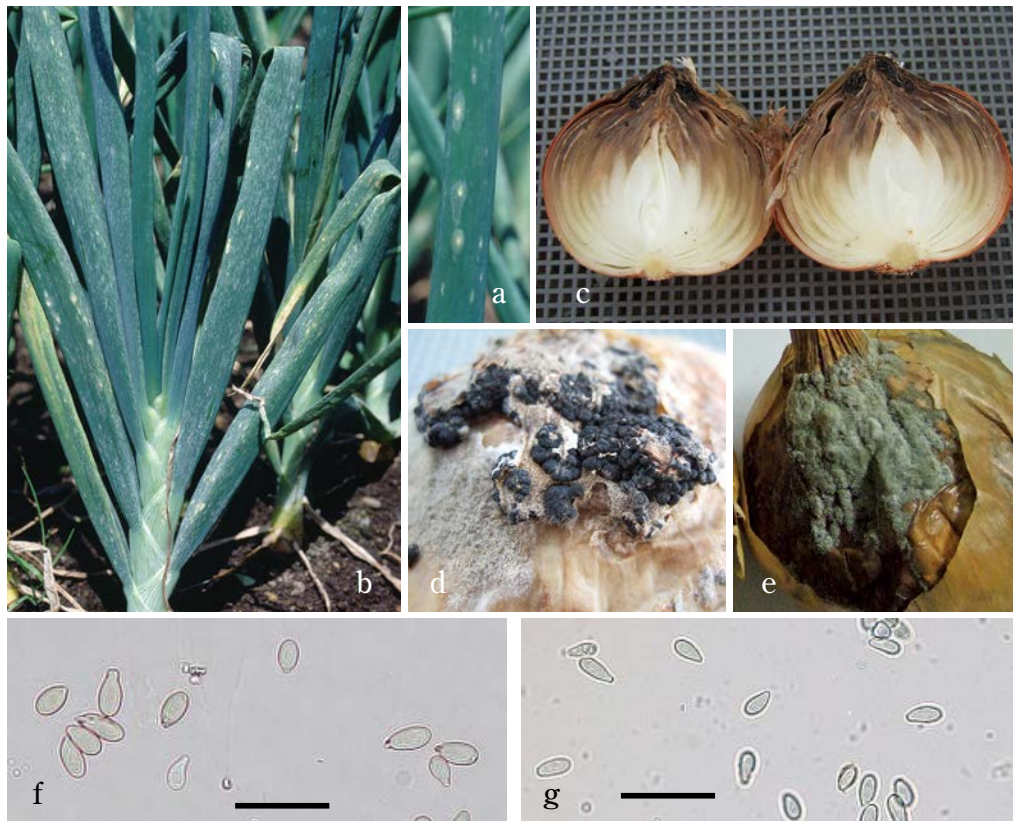


図-2 タマネギ白斑葉枯病，灰色腐敗病と病原菌

a：タマネギ白斑葉枯病の初期病斑，b：タマネギ白斑葉枯病の葉身病斑，c：タマネギ灰色腐敗病の罹病球（断面），d～e：タマネギ灰色腐敗病の罹病球上に形成した黒色菌核（d）および灰色ビロード状のカビ（e），f～g：タマネギ灰色腐敗病菌 *B. allii*（f）と *B. aclada*（g）の分生子（f～g：NOTSU et al., 2021 a より転載），スケールバー = 20 μm 。

3 タマネギ灰色腐敗病菌の種構成と分布

我が国では，灰色腐敗病の病原菌として *B. allii* のみが記載されていた。*B. allii* は形態的に類似する *B. aclada* と同一種と見なされていた（COLEY-SMITH et al., 1980）が，YOHALEM et al. (2003) は DNA 解析に基づき，両者が独立種であることを明らかにした。NOTSU et al. (2021 a) は，2011～17 年に道内のタマネギ主産地で採取した罹病球から 89 菌株を分離し，分離菌を PCR-RFLP 法（NIELSEN et al., 2002）で解析した。その結果，63 菌株が *B. allii*，26 菌株が *B. aclada* と同定され，両種が道内のタマネギ産地に広く分布し，*B. allii* が優占する実態が明らかとなった。*B. allii* の分生子は平均 $9.1 \sim 11.1 \times 5.3 \sim 6.6 \mu\text{m}$ ，長さ/幅の比率は 1.6～1.8（図-2f），*B. aclada* の分生子は平均 $7.2 \sim 11.5 \times 4.2 \sim 5.0 \mu\text{m}$ ，長さ/幅の比率は 1.3～1.9（図-2g）であり，種間で明瞭な形態的な差異は認められなかった。

4 タマネギ灰色腐敗病の効率的な防除

灰色腐敗病は，貯蔵する中生以降の品種で発生する。北海道における当該品種の倒伏期は 8 月上旬～中旬，倒

伏の約 2 週間後に根切りを行い，9 月上旬～下旬に収穫する。北海道ではこれまで灰色腐敗病の防除として，倒伏期，根切り期，収穫直前に 3 回程度の薬剤散布が行われていた（北海道農政部，1984；池谷ら，2016）。しかし，近年生育ステージ別の病原菌接種試験および薬剤散布試験により，本病の重点防除時期が球肥大開始期（7 月中旬）～倒伏期であり，根切り期以降に薬剤散布を追加しても，防除効果が向上しないことが明らかとなった（池谷ら，2016；野津，2021）。灰色腐敗病の重点防除時期は白斑葉枯病の薬剤散布適期とおおむね重なるため，球肥大開始期～倒伏期に両病害に対して防除効果を示す薬剤（クレソキシムメチル水和剤 2,000 倍，ボスカリド水和剤 1,000 倍，フルアジナム水和剤 1,000 倍等）を散布することで同時防除できる。

5 タマネギ・ボトリチス立枯症

2017 年 5～6 月，北海道東部のタマネギ圃場で，移植後の早期立枯れ症状が多発した。罹病個体は，鱗茎が腐敗し，株全体が枯死した。腐敗部には白色の菌糸と黒色の菌核が付着した。病原菌は，分生子の形態的特徴と

PCR-RFLP 解析 (NIELSEN et al., 2002) に基づき *B. byssoides* と同定され、本症状を「ボトリチス立枯症」と呼称することが提案された (池田・安岡, 2020)。本種は、貯蔵中の鱗片に腐敗を起こす菌糸腐敗病の病原でもあるが、ボトリチス立枯症と菌糸腐敗病の関係は明らかになっていない。

IV ネギ

1 ネギに発生する本属菌による病害の病徴・発生状況・病原菌

北海道におけるネギ栽培は、ハウス内で約 2 か月間栽培した苗を 4 月下旬～6 月下旬に露地圃場に定植し、8～11 月に収穫する。

ネギに発生する本属菌による病害として、白斑葉枯病 (病原菌: *B. squamosa*)、白かび腐敗病 (病原菌: *B. cinerea*, *Botrytis porri*) および菌糸腐敗病 (病原菌: *B. byssoides*) の 3 病害が報告されている (日本植物病理学会, 2021)。北海道では白斑葉枯病の発生が主体であり (北海道農政部, 2000)、本病は道内各地で発生している (北海道植物防疫協会, 2014)。*B. squamosa* によるネギ病害は「小菌核腐敗病」の病名が提案され (竹内ら, 1995; TAKEUCHI et al., 1998)、最近までこの病名が広く使用され、多くの薬剤が小菌核腐敗病の病名で農薬登録を取得している。しかし、最近になって、生井・富樫 (1991) が竹内ら (1995) より先に「白斑葉枯病」の病名を提案していたことが明らかとなり、日本植物病名目録における病名が改定された。生産現場だけでなく植物病理学者の間でも、病名の改定はほとんど認知されていない。

白斑葉枯病は、生育した株の葉鞘部に淡褐色の病斑が生じ、外側から腐敗する。腐敗が進むと病斑部に亀裂を

生じ、亀裂部から葉鞘が突出する。病斑上には 2～5 mm の黒色の菌核を形成する (図-3a; TAKEUCHI et al., 1998)。多発すると葉鞘および外葉が枯死し、生育期間中の地上部に明瞭な病徴を示す (図-3b)。病斑上には分生子柄と分生子を豊富に形成する。また、罹病葉鞘部からの菌の分離も容易である。本病は、葉身部に白色の小斑点を形成するとされている (竹内, 2005) が、北海道では葉身部の病徴は顕著ではない。白かび腐敗病は葉鞘内部に灰白色の菌糸を密生し (塚本ら, 1998)、菌糸腐敗病は白色～淡緑色の綿毛状の菌糸を密生する (阿部ら, 2001) とされているが、これら 3 病害の識別は難しい場合が多い。

白斑葉枯病、白かび腐敗病、菌糸腐敗病とも育苗中にも発生する。育苗中の病徴は、葉身部のクリーム色の斑点、葉枯先枯れ症状 (図-3c)、葉鞘部の腐敗・亀裂等 (図-3d) で、病害ごとの病徴の違いは顕著ではない。

2 ネギ白斑葉枯病の防除

白斑葉枯病に対しては、培土前の薬剤散布が有効である (竹内, 2005)。北海道では 10～11 月に収穫する作型で本病が発生するため (伊与田ら, 1999)、最終培土前に薬剤散布を行っている。

V ニンニク

1 ニンニクに発生する本属菌による病害の病徴・病原菌・防除

北海道におけるニンニク栽培は、9 月下旬～10 月上旬に鱗片を露地圃場に定植し、積雪下で越冬させ、翌年の 7 月に鱗茎を収穫する。

北海道では、日本植物病名目録未記載であるが *B. allii* による「フケ症」の発生が記録されている (北海道植物防疫協会, 2014)。フケ症は、貯蔵中に鱗片が底部から



図-3 ネギ白斑葉枯病と菌糸腐敗病

a: ネギ白斑葉枯病の葉鞘腐敗症状 (本圃・収穫時), b: ネギ白斑葉枯病の外葉枯死症状 (本圃・生育期), c: ネギ菌糸腐敗病の葉身病斑 (育苗期), d: ネギ菌糸腐敗病の葉鞘腐敗症状 (育苗期)。



図-4 ニンニク白斑葉枯病

a: ニンニク白斑葉枯病の白色斑点病斑（初期病斑），b: 葉先枯れ症状，
c: 菌核を形成した枯死葉（加賀友紀子氏原図）。

乾固・腐敗する病害であり，1980年代ころに道内各地で発生したとされるが，詳細は不明である（北海道立中央農業試験場，1998）。

北海道では未発生であるが，国内では *B. squamosa* による白斑葉枯病の発生が報告されている（山下，2011 a）。本病は，はじめ葉身に 1 mm 前後の白斑を生じ，10 mm 以上に拡大し（図-4a），やがて表皮に亀裂を生じ，葉身が先端部から枯死する（図-4b）。病斑上に分生子を形成しない。収穫期には枯死葉上に黒色の菌核を形成する（図-4c；山下，2011 a）。山下（2011 a）による原記載では，ニンニク分離菌を PCR-RFLP 法（NIELSEN et al., 2002）で同定しているものの，形態的特徴は記載されていない。また，病原性も未確認であるため，植物病理学的な精査の必要性が指摘されている（日本植物病理学会，2021）。

本病に対しては，フルジオキシニル水和剤，ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤，マンゼブ水和剤および塩基性硫酸銅水和剤の散布が高い防除効果を示す（山下，2011 b）。

VI リーキ

1 リーキ白斑葉枯病の病徴と病原菌

リーキは地中海原産でヨーロッパでは広く栽培されているが，我が国ではマイナーな作物である。北海道におけるリーキ栽培は，ネギと類似しているが圃場での生育期間がネギが 4 か月間であるのに対して，リーキは 5 か月間である。

2011～12 年に育苗中のリーキで葉枯れ症状と白斑症

状が発生した（図-5a, b）。罹病葉を湿潤条件に放置すると病斑上に分生子柄と分生子を豊富に形成し，病斑部からの菌の分離も容易であった。本病の病原菌の分生子は，平均 $17.3 \sim 17.5 \times 10.4 \sim 11.1 \mu\text{m}$ （長さ/幅の比率 1.6～1.7）であった（図-5c）。STAATS et al. (2005) の方法に準じて 3 遺伝子（*G3PDH*, *HSP60*, *RPB2*）の塩基配列を解析し，配列の相同性に基づき病原菌を *B. porri* と同定し，「白斑葉枯病」の病名を提案した（MISAWA et al., 2020）。海外では圃場定植後にも本病が発生することが明らかとなっており（PRESLY, 1985），筆者も類似の病斑を観察している（図-5d）が，MISAWA and YASUOKA (2012) がネギで報告しているように葉枯病菌が無病徴感染しているため，発症葉からは葉枯病菌のみが分離され，本属菌の分離には成功していない。

おわりに

前述のように本属菌の正確な種同定のためには，分子生物学的な解析が必要である。しかし，2000 年以前の報告においては，分子生物学的な検証がなされていない事例が多いため，これらの文献を参照する際は注意が必要である。例えば，NOTSU et al. (2021 b) が指摘するように形態に基づき *B. allii* と同定された菌株は，*B. aclada* の可能性がある。

一方で病害診断においては，すべての診断サンプルを分子生物学的手法で解析することは，手間がかかり非現実的である。ネギ属植物に感染する本属菌のうち *B. cinerea* のみが多犯性である（ELAD et al., 2007）。そのため，病斑上に *B. cinerea* が観察された場合は雑菌の可能

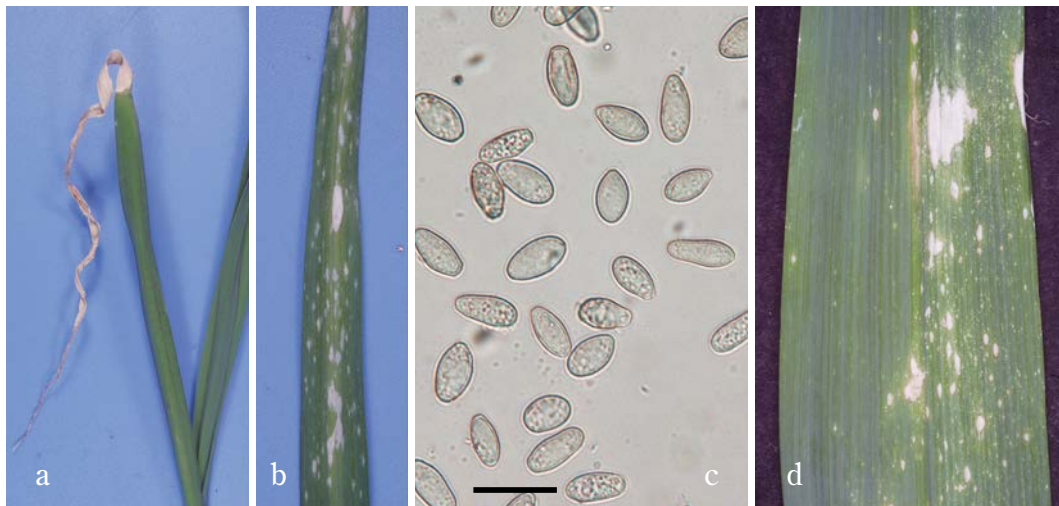


図-5 リーキ白斑葉枯病と病原菌

a: リーキ白斑葉枯病の葉先枯れ症状, b: 葉身の白斑症状, c: 病原菌の分生子, d: 白斑葉枯病と思われる圃場定植後に発生した白色斑点症状 (b: MISAWA et al., 2020 より転載), スケールバー = 20 μ m.

性も考慮する必要があるが, その他の種が観察された場合は, 病原菌の可能性が高くなる。分生子の形態に基づき種を類推できる技量を習得するだけでも, 正確な病害診断を実施することが可能である。

タマネギの項で言及したように, 本属菌による病害のなかには, 菌の分離も分生子の観察も困難な病害があり, 診断が難しい場合がある。筆者は生育したネギの葉身に発生した白斑症状の診断において, 菌の分離も観察もできなかったため, 白斑部から DNA を抽出し, ネギ属植物に感染する本属菌を特異的に増幅可能なプライマー (NIELSEN et al., 2002) を用いて PCR 反応を行ったが, PCR 産物が増幅されなかった経験がある。同症状は, 生産現場で本属菌による病害であると広く認識されていたが, PCR 反応により本属菌による病害ではないことが明らかとなった。このように, 本属菌による病害 (特に分生子形成が不良な症状) については, かなりの多くの“誤診”があると思われる。圃場調査, 病徴観察, 菌の形態観察および分子生物学的な手法を併用し, ていねいに症状の原因を解明していくことが植物病学者の使命であると考ええる。

引用文献

- 1) 阿部秀夫ら (2001): 北日本病害虫研報 52: 62~71.
- 2) COLEY-SMITH, J. R. et al. (1980): The biology of *Botrytis*. Academic Press, London, p.1~18.
- 3) ELAD, Y. et al. (2007): *Botrytis*: biology, pathology and control, Springer, Dordrecht, p.29~52.
- 4) ELLIS, M. B. (1971): Dematiaceous hyphomycetes, CABI Publishing, Wallingford, p.178~184.
- 5) GARFINKEL, A. R. et al. (2017): Mycologia 109: 495~507.
- 6) 逸見武雄・丹羽静子 (1939): 日植病報 8: 309~326.
- 7) 北海道農政部 (1984): 昭和 59 年度普及奨励ならびに指導参考事項, p.226~229.
- 8) ——— (2000): 平成 12 年度普及奨励ならびに指導参考事項, p.259~260.
- 9) 北海道立中央農業試験場 (1998): 北海道における農作物および鑑賞植物の病害誌, p.549~550.
- 10) 北海道植物防疫協会 (2014): 北海道病害虫防除提要, 札幌, p.476~493.
- 11) 池田幸子・安岡眞二 (2020): 日植病報 86: 191~192 (講要).
- 12) 池谷美奈子ら (2016): 北日本病虫研報 67: 108~111.
- 13) 石塚信之・柳田騏策 (1981): 同上 32: 134~135.
- 14) 伊与田 竜ら (1999): 同上 50: 82~84.
- 15) 松尾綾男 (1978): 兵庫農総セ特研報 1: 98 pp.
- 16) MISAWA, T. and S. YASUOKA (2012): J. Gen. Plant Pathol. 78: 18~29.
- 17) ——— and M. TAKEUCHI (2015): ibid. 81: 218~225.
- 18) ——— et al. (2020): New Disease Reports 41: 19.
- 19) 三澤知央 (2010): 北日本病虫研報 61: 85~89.
- 20) ——— (2017): 同上 68: 81~84.
- 21) ———ら (2017): 同上 68: 85~89.
- 22) 生井恒雄・富樫二郎 (1991): 山形大学紀要 (農学) 11: 271~277.
- 23) NIELSEN, K. et al. (2001): Phytopathology 91: 527~533.
- 24) ——— et al. (2002): Plant Dis. 86: 682~686.
- 25) 日本植物病理学会 (2021): 日本植物病名目録, 日本植物病理学会, 東京, 2561 pp.
- 26) NOTSU, A. et al. (2021 a): J. Gen. Plant Pathol. 87: 9~15.
- 27) ——— et al. (2021 b): ibid. 87: 249~253.
- 28) 野津あゆみ (2021): 道総研農試報告 150: 46 pp.
- 29) PRESLEY, A. H. (1985): Plant Pathol. 34: 422~427.
- 30) 新村昭憲・池谷美奈子 (2010): 植物防疫 64: 85~91.
- 31) STAATS, M. et al. (2005): Mol. Biol. Evol. 22: 333~346.
- 32) 高桑 亮ら (1974): 道立農試集報 29: 1~6.
- 33) 竹内妙子 (2005): 植物防疫 59: 349~351.
- 34) ———ら (1995): 日植病報 61: 218 (講要).
- 35) TAKEUCHI, T. et al. (1998): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 129~132.
- 36) 塚本俊秀ら (1998): 日植病報 64: 429 (講要).
- 37) 山下一夫 (2011 a): 同上 77: 50 (講要).
- 38) ——— (2011 b): 北日本病虫研報 62: 209 (講要).
- 39) YOHAELE, D. S. et al. (2003): Mycotaxon 85: 175~182.
- 40) ZHANG, J. et al. (2010): Mycoscience 51: 421~431.



農薬編-39

弦音器官 TRPV チャネルモジュレーターおよび
弦音器官モジュレーター（標的部位未特定）—ピメトロジン，ピリフルキナゾン，フロニカミドおよび
アフィドピロベン—シンジェンタジャパン株式会社 研究開発本部 すず鈴 き木 あい藍

はじめに

本稿では、IRAC（Insecticide Resistance Action Committee）による作用機構分類のグループ9に属する弦音器官 TRPV（Transient Receptor Potential Vanilloid）チャネルモジュレーターおよびグループ29に属する弦音器官モジュレーター（標的部位未特定）（表-1；農薬工業会，2020）について解説する。

昆虫は、摂食、配偶行動、外敵からの保守等の生存上基本となる行動において、外部環境や体内の変化を検知して反応する仕組みを有する。感覚受容器が外部および内部的刺激を受容すると、神経のインパルスとして中枢神経系に情報が伝達され、情報処理された結果として効果器を通じて次の行動が引き起こされる。弦音器官モジュレーターは、上述の感覚受容器の一種である弦音器官に作用する。弦音器官 TRPV チャネルモジュレーターとしてピメトロジンおよびピリフルキナゾンが、弦音器官モジュレーター（標的部位未特定）としてフロニカミドが上市されており、これらの剤はカメムシ目および一部

のアザミウマ類等に作用し、天敵類に対する影響が少ないことから総合的病害虫・雑草管理（IPM：Integrated Pest Management）に適応可能な薬剤として広く利用されている。

I 開発の経緯

1 ピメトロジン

ピメトロジンは、1986年にチバガイギー社（現シンジェンタ社）によって発明されたピリジンアゾメチン系の化合物である（図-1）。チバガイギー社が1980年代に行っていた複素環式化合物の合成研究の過程でピリジンアゾメチン類に特異な作用を生じる殺虫活性が見いだされ、最適化研究を経てピメトロジンが選抜された。1993年度からは社団法人日本植物防疫協会（当時）を通じ、全国の公的研究機関においてCG-184の試験番号で各種害虫の試験が開始され、1998年12月に農薬登録された（二口，1999）。その当時、既存の作用機構の薬剤に抵抗性を発達させたアブラムシ類やコナジラミ類に対する安定した効果、水稻の育苗箱処理におけるウンカ類に対す

表-1 日本における農業用殺虫剤の作用機構（農薬工業会，2020v9.4 一部抜粋，改変）

主要グループと1次作用部位	サブグループあるいは代表的有効成分	有効成分	農薬名の例（剤型省略）
弦音器官 TRPV チャネルモジュレーター 神経作用	9B ピリジン アゾメチン誘導体	ピメトロジン	チェス
		ピリフルキナゾン	コルト
	9D ピロベン系	アフィドピロベン	2022年3月現在 国内未上市
弦音器官モジュレーター 標的部位未特定 神経作用	29 フロニカミド	フロニカミド	ウララ

Review of Chordotonal Organ TRPV Channel Modulator and Chordotonal Organ Modulator (Undefined Target Site). By Ai SUZUKI

（キーワード：弦音器官 TRPV チャネルモジュレーターおよび弦音器官モジュレーター（標的部位未特定），殺虫剤，ピメトロジン，ピリフルキナゾン，フロニカミド，アフィドピロベン）

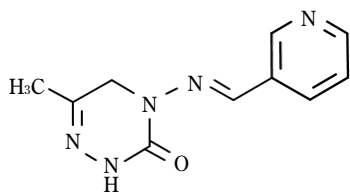


図-1 ピメトロジンの化学構造

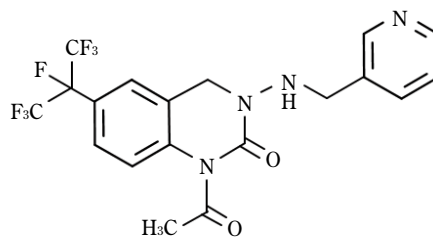


図-2 ピリフルキナゾンの化学構造

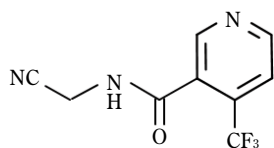


図-3 フロニカミドの化学構造

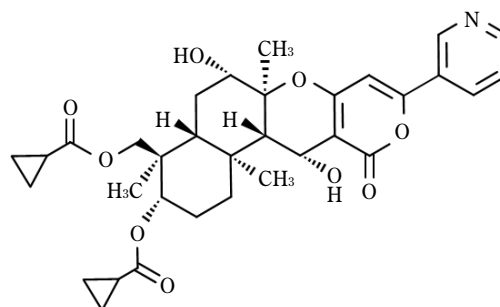


図-4 アフィドピロペンの化学構造

る長期残効性，有用昆虫・天敵に対する選択性は研究者の注目を集めた。現在，野菜・果樹分野ではチェス®顆粒水和剤の商品名でアブラムシ類やコナジラミ類の防除に，稲ではウンカ類の防除を目的とした水稻育苗箱処理剤の成分として使用されている。

2 ピリフルキナゾン

ピリフルキナゾンは日本農薬株式会社により発明され，国内ではクミアイ化学工業株式会社と共同で開発されたキナゾリン骨格をもつ化合物である（図-2）。アミノキナゾリン化合物にアブラムシ類に対する活性が見いだされたことから探索研究が始まり，その探索過程で日本農薬株式会社において開発中であったフルベンジアミドの置換アニリンを本骨格に導入したところ，本化合物群にアブラムシ類，コナジラミ類に対する高い活性とカイガラムシ類や一部のアザミウマ類に対する活性スペクトルの拡大が認められ，1999年にピリフルキナゾンが選抜された（諏訪・坂田，2011）。2002年よりNNI-0101顆粒水和剤として新農薬実用化試験が開始され，2010年10月に農薬登録された。国内では野菜・果樹・茶分野においてコルト®顆粒水和剤の商品名でアブラムシ類，コナジラミ類やカイガラムシ類等の防除に使用されている。

3 フロニカミド

フロニカミドは1994年に石原産業株式会社により発

明されたピリジンカルボキシアミド骨格をもつ化合物である（図-3）。トリフルオロメチルピリジンをもつ化合物の生物活性に関する研究を通じて，アブラムシ類に対して特異的に殺虫活性を示すリード化合物が見いだされ，最適化研究を経てフロニカミドが選抜された。環境への安全性をテーマにした選択性殺虫剤の探索研究の中で，カブリダニやハナカメムシ等の天敵やマルハナバチ，ミツバチ等の訪花昆虫に影響の少ない薬剤として開発された（中川，2007）。1998年よりIKI-220のコード名で新農薬実用化試験を開始し，国内では2006年10月に農薬登録された。現在野菜・茶・果樹分野においてウララ®DFの商品名で販売されている。

4 アフィドピロペン

アフィドピロペンはMeiji Seika ファルマ株式会社（現株式会社MMAG）と学校法人北里研究所により創出され，Meiji Seika ファルマとBASF社により共同開発された微生物代謝産物由来の半合成殺虫剤である（図-4）。本剤はコレステロールアシル転移酵素（ACAT）の阻害剤であるピリピロペンAをリード化合物として合成展開され，アブラムシ類に対して活性が高く，哺乳類に対して高い安全性を有し，有用昆虫や天敵害虫に対する影響が少ない薬剤として選抜された（後藤，2019）。米国，インド，中国，オーストラリア等，世界各国において順次農薬登録されている。日本国内では2011年より新農薬実用化試験において検討がなされ，アブラムシ類やコナジラミ類に対して高い効果を示すことが確認されている。2018年5月にIRACグループ9Dに分類された。

チェス®顆粒水和剤はシンジェンタ社の登録商標です。

コルト®顆粒水和剤は日本農薬（株）の登録商標です。

ウララ®DFは石原産業（株）の登録商標です。

2022 年 3 月現在日本において本剤は未上市である。

Ⅱ 作用機構

弦音器官は昆虫や甲殻類が有する感覚受容器の一種で、重力の感受、聴覚および自己受容感覚（歩行や飛行中の姿勢の安定性や重力に対する定位等の昆虫自体の動きを感じる感覚）に関与する器官である。本器官は昆虫の脚の関節部や触覚、翅等確認されており、動物には見られない。IRAC グループ 9 および 29 に属する化合物群はこの昆虫の弦音器官に作用する。

サブグループ 9B に属するピメトロジンおよびピリフルキナゾンは、弦音器官の中の感覚ニューロンにある Nan-Iav TRPV（一過性受容体電位バニロイド）チャネ

ル複合体に結合する。それにより本チャネルが活性化され、細胞内にカルシウムが流入することによって本稿の冒頭で記した一連のシグナル伝達がかく乱され、昆虫は運動の統制を失い、定位・摂食などの行動ができなくなり、飢餓などにより死に至る（図-5）。フロニカミドは、害虫の弦音器官に作用して吸汁行動などを阻害する点は主要グループ 9 の化合物と同様だが、Nan-Iav TRPV チャンネルには直接作用しないことから主要グループ 9 とは作用点が異なると考えられている（NESTEROV et al., 2015 ; KANDASAMY et al., 2017）。本剤はカリウムチャンネルの中でも筋肉と運動神経の接合部に多く分布するカルシウム活性化遅延整流型の電位依存性カリウムチャンネルに強く作用し、チャンネル依存性の外向き電流を阻害するこ

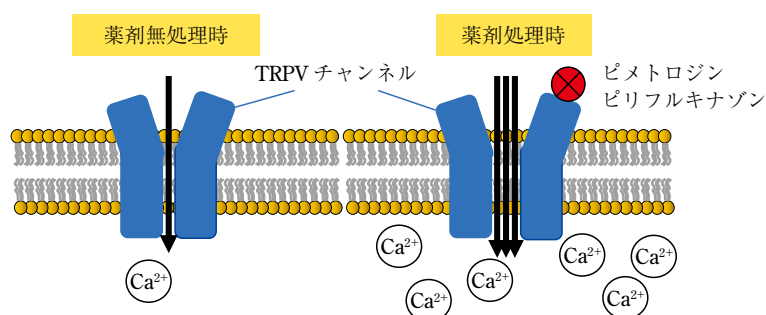


図-5 弦音器官, TRPV チャンネルの模式図

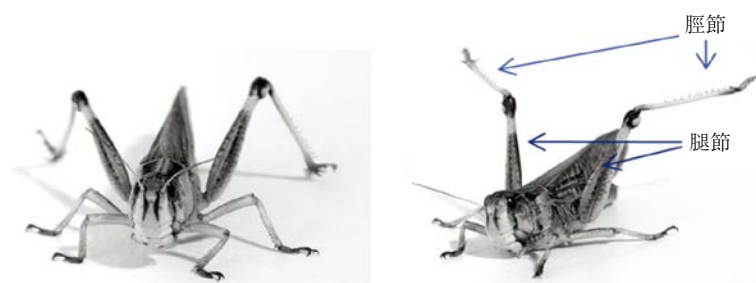


図-6 薬剤無処理時（左）およびピメトロジン処理時（右）のトノサマバッタの脚の状態

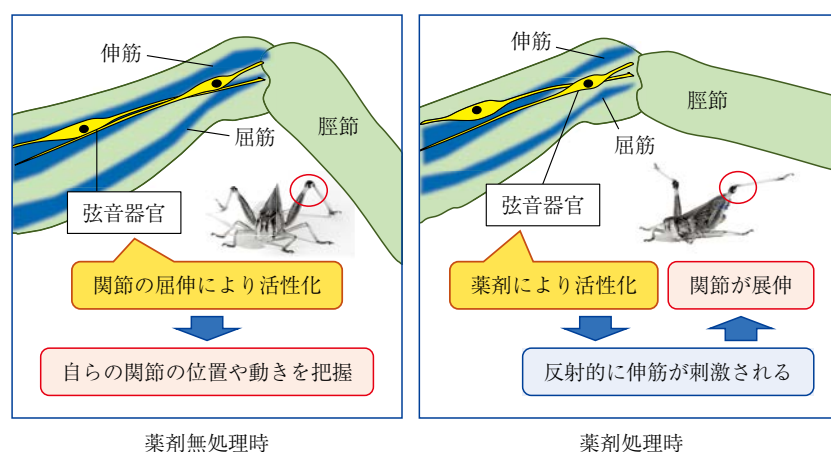


図-7 脚部関節内における弦音器官の作用

とにより、本チャンネルに影響を及ぼすことが示唆されている（吉田，2015）。また、アフィドピロペンは弦音器官の TRPV チャンネルに結合するが、その結合親和性が IRAC サブグループ 9B の化合物と異なることが示されており、サブグループ 9D に分類されている（KANDASAMY et al., 2017）。

最初の弦音器官モジュレーターであるピメトロジンが開発されてから、上述の作用機構が解明されるまで約 30 年を要した。摂食または注入によりピメトロジンをバッタに処理すると、脚部関節が跳ね上がる現象（図-6）が確認され、モデル昆虫としてバッタ類が本系統の薬剤の作用機構研究に用いられてきた。バッタ類におけるこの現象は、薬剤が弦音器官の TRPV チャンネルに結合することにより、関節の屈伸状態に関する情報が正常に電気信号に変換できなくなり、反射的に伸筋が活性化されて関節が跳ね上がったと説明できる（図-7）（AUSBORN et al., 2005）。

Ⅲ 作用特性

本系統の薬剤を処理された対象害虫においては、歩行・飛行異常や吸汁行動の停止、植物体からの落下が見られる。アブラムシを用いた室内試験において、薬剤を体内に取り込んだ個体は再度口針を寄主植物に挿入できなくなり、その結果摂食できず餓死に至ることが確認されている。さらに、いったん薬剤を体内に取り込んで摂食阻害が起こると、薬剤が処理されていない寄主作物に移動しても正常な摂食ができずに死に至る。

1 殺虫スペクトラムと作用ステージ

弦音器官モジュレーターは、アブラムシ類、コナジラミ類、ウンカ類、ヨコバイ類等のカメムシ目害虫に対して選択的に高い効果を示す。また、種によって効果の程度に差はあるがアザミウマ類、カイガラムシ類、斑点米カメムシ類、バッタ目、ハエ目、コウチュウ目害虫に対する効果も確認されている。NESTEROV らは、ピメトロジンおよびピリフルキナゾンの作用点である Nan-Iav TRPV チャンネルは多くの昆虫に存在することから、本系統薬剤のカメムシ目害虫に特化した高い選択毒性は、昆虫間における Nan-Iav TRPV イオンチャンネルの構造の違

いや弦音器官の生存における重要性の差異が影響している可能性がある」と記している。後述に関しては、口針の植物体内への挿入においては弦音器官による制御が重要であるため、吸汁により摂食するカメムシ目害虫に強く作用すると考察している（NESTEROV et al., 2015）。

本化合物群は、主に成虫および幼虫に対して効果を示し、卵に対しては直接的な効果を示さない。コナジラミを用いた室内試験において、ピメトロジンは成虫の吸汁と産卵行動を抑制し、歩行幼虫の定着を阻止することが確認されている。また、定着幼虫に処理した場合、羽化後の成虫の寿命および産下卵数を低下させる。定着幼虫に処理した場合、成虫まで発育した後に効果を示すことから、幼虫が多発している圃場においては密度が低下するまでに時間を要する。また、ウンカ類においてピメトロジンを取り込んだ未成熟成虫の産下卵数が減少することが知られている。水田圃場におけるウンカ類の防除効果は主にこの次世代密度抑制作用に起因すると考えられている（TSUJIMOTO et al., 2016）。

2 作用経路（植物体内における移動および経口・経皮毒性）

ピメトロジン、ピリフルキナゾン、フロニカミドおよびアフィドピロペンの 4 剤はいずれも浸透性を有し、葉の表面に薬剤を散布した場合でも、葉の裏面を加害する対象害虫に対して効果を示す。また、ピメトロジンおよびフロニカミドは表-2 に示す通り比較的水に溶けやすくオクタノール/水分分配係数が低く、他の浸透移行性を有する殺虫剤と同様に主に導管内を通して根部から茎葉部へ移行することが確認されている。この特性を活かし、ピメトロジンはウンカ類防除用の水稻育苗箱処理剤として、フロニカミドはレンコンの田面散布剤としてアブラムシの防除に用いられている。

3 効果発現速度

植物と吸汁性昆虫の通電回路の電気的抵抗を測定する手法（EPG；electrical penetration graph）を用いて、弦音器官モジュレーターを取り込んだアブラムシの吸汁行動が詳細に調べられている。薬剤吸汁後、アブラムシは 5～15 分のうちに口針を引き抜き、その後再び口針を挿入することができなくなる（HARREWIJN and KAYSER, 1997）。

表-2 ピメトロジン、ピリフルキナゾン、フロニカミドおよびアフィドピロペンの水溶解度およびオクタノール/水分分配係数

	ピメトロジン	ピリフルキナゾン	フロニカミド	アフィドピロペン
水溶解度	290 mg/l (25℃)	12.1 mg/l (20℃)	5,200 mg/l (20℃)	25.1 mg/l (20℃)
オクタノール/水分分配係数 (log Pow)	-0.18	3.12	0.3	3.45

本系統の薬剤は作用性の特徴から、圃場において個体群の密度低下には時間を要する。しかし、前述の通り薬剤の昆虫体内への取り込み後速やかに吸汁行動を阻害するため被害の拡大は少ない。また、吸汁を即座に停止させるため、高いウイルス媒介抑制効果を有することが知られている（GARZO et al., 2020）。ピリフルキナゾンは、タバココナジラミ成虫に対して高い効果を示し、本種が媒介するトマト黄化葉巻病の感染拡大を抑制することから、本病害が問題となっているトマト栽培現場において広く使用されている。

4 天敵に対する安全性

本系統の薬剤は、ヒメハナカメムシやカスミカメといった一部のカメムシ目天敵類に対して行動や次世代の密度に影響を与える可能性を示す報告はあるが（吉澤・藍澤, 2007; 中野ら, 2016）、総じて他の系統の薬剤と比較して天敵類に対する影響は少ない。使用する天敵の種類や薬剤の散布タイミングを適切に選ぶことにより、今後も IPM 体系における選択性薬剤としての利用が期待される。

IV 抵抗性の現状

1 国内外の抵抗性事例

ミシガン大学が公開している節足動物における薬剤抵抗性発達事例のデータベース、The Arthropod Pesticide Resistance Database によると、ピメトロジンの抵抗性に関する報告はタバココナジラミ、セジロウシおよびオンシツコナジラミの3害虫、フロニカミドは農業分野に限るとワタアブラムシにおいて報告があるのみである。ピリフルキナゾンに関する報告はないが、その抵抗性発達の様式は IRAC サブグループが同じピメトロジンと同様の傾向を示すと考えられる。また、ピメトロジンおよびフロニカミドの報告はすべて海外における事例であり、日本国内における明らかな抵抗性獲得の報告はない。

2 抵抗性機構および現状

海外において、タバココナジラミおよびオンシツコナジラミにおけるピメトロジンとネオニコチノイドの交差抵抗性が報告されている（GORMAN et al., 2010; KARATOLOS et al., 2010）。NAUEN らの研究によってタバココナジラミにおける本交差抵抗性はチトクローム P450（CYP6CM1）による代謝が関与することが示されている（NAUEN et al., 2013）。CYP6CM1 の過剰発現がコナジラミ成虫の体内で確認されたが、幼虫体内における発現程度は低かったことから、本交差抵抗性は成虫でのみ生じ、幼虫においては感受性が維持されると考えられている（JONES et al., 2011）。

現在、弦音器官モジュレーターの抵抗性に関する報告は世界的に見ても少なく、本系統の薬剤は抵抗性が発達した他系統の薬剤の代替剤として現場で広く使われている。しかし、弦音器官モジュレーターの主要対象であるアブラムシ類、コナジラミ類およびウンカ類は、各種の殺虫剤に対して抵抗性を獲得しやすい虫種である。そのため高い頻度で使用するによって本系統の薬剤に対しても抵抗性が発達する可能性がある。IPM 体系で使用可能な有効薬剤を減らさないためにも、今後も作用性の異なる薬剤のローテーション散布を徹底し、抵抗性発達を回避または遅らせることが重要である。

おわりに

弦音器官に作用する最初の薬剤であるピメトロジンが創製されて 36 年が経過するが、2022 年現在、日本国内において本器官に作用する上市済の農業用殺虫剤はピメトロジン、ピリフルキナゾンおよびフロニカミドの3剤のみである。弦音器官モジュレーターは標的外昆虫や人畜に対する影響の小ささ、抵抗性発達に関する報告の少なさ、ウイルス媒介抑制効果等の特長から殺虫剤の開発における標的として非常に魅力的であるといえる。近年ピメトロジン、ピリフルキナゾンおよび現在開発中のアフィドピロペンと同じくピリジン-3-イル基を有する化合物の特許が各社から多数公開されており、殺虫剤の作用点として弦音器官が注目されている。本稿が弦音器官を標的とする殺虫剤の作用機構への理解と現場での活用の一助になることを期待する。

引用文献

- 1) AUSBORN, H. et al. (2005): J. Exp. Biol. **208**: 4451~4466.
- 2) 二口欣也 (1999): 農薬時報 (臨時増刊) **509**: 12~15.
- 3) GARZO, E. et al. (2020): Plants **9**(7): 16 pp.
- 4) GORMAN, K. et al. (2010): Pest Manag. Sci. **66**: 1186~1190.
- 5) 後藤公彦 (2019): 北里大学博士論文: 115 pp.
- 6) HARREWIJN, P. and H. KAYSER (1997): Pestic. Sci. **49**: 130~140.
- 7) JONES, C. et al. (2011): Pestic. Biochem. And Physiology **101**(1): 53~58.
- 8) KANDASAMY, R. et al. (2017): Insect Biochem. Mol. Biol. **84**: 32~39.
- 9) KARATOLOS, N. et al. (2010): Pest Manag. Sci. **66**: 1304~1307.
- 10) 中川 博 (2007): 植物防疫 **61**(2): 100~104.
- 11) 中野亮平ら (2016): 関東東山病害虫研究会報 **63**: 60~64.
- 12) NAUEN, R. et al. (2013): Pest Manag. Sci. **69**: 457~461.
- 13) NESTEROV, A. et al. (2015): Neuron **86**: 665~671.
- 14) 農薬工業会 (2020): 殺虫剤の作用機構分類 (IRAC による), https://www.jcpa.or.jp/assets/file/lab0/mechanism/2020/mechanism_irac02.pdf
- 15) 諏訪明之・坂田和之 (2011): 植物防疫 **65**(3): 192~197.
- 16) TSUJIMOTO, K. et al. (2016): App. Entomol. Zoo. **51**: 155~160.
- 17) 吉田潔充 (2015): 日本におけるケミカルバイオロジーの新展開第 189 委員会 第 2 回定例会研究会講演要旨.
- 18) 吉澤仁志・藍澤 亨 (2007): 関東病虫研報 **54**: 121~125.

研究室紹介

新潟県農業総合研究所園芸研究センター 環境・施設科

当研究センターは新潟県下越地方の聖籠町に位置し、病虫害防除所下越駐在所、普及組織を統括する農業革新支援担当が同じ建物を共有しています。それにより、これらの組織が有機的に結合して情報を共有し、現場の課題把握から対策の指導まで、インプットからアウトプットへシームレスに処理できる理想的な環境を整えています。

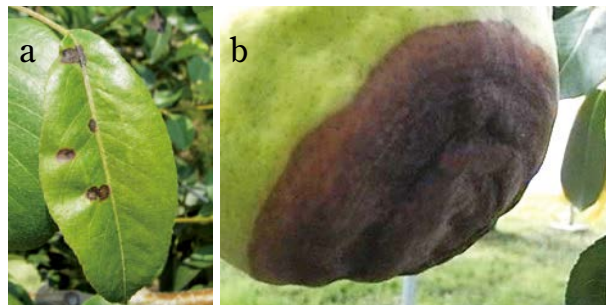
園芸作物の病虫害に関する研究業務は環境・施設科の病虫害研究チームで行っており、大きく分けて二つのテーマに取り組んでいます。一つ目の柱は、園芸生産環境における病虫害の密度をコントロールするための基礎研究です。この中には難防除病虫害の発生生態の解明や薬剤感受性低下対策等、主に基礎知見の収集を目的としています。もう一つの柱は、すでに防除に関するいくつかの知見がある病虫害について、個別技術を組合せた体系的防除法を開発する応用研究です。この中では、果樹の落葉処理や天敵を活用した総合的な防除体系の開発や現地圃場での実証が取り組まれています。これら二つのテーマを両輪とし、持続的な園芸生産環境を整えるための技術を生産者に提案するため、研究員4名体制で課題にあたっています。以下に、近年取り組んでいる主な研究課題を紹介します。

1 アザミウマ類の防除に関する研究

新潟県では、新潟市以北の砂丘畑を中心とした地域で根深ねぎの栽培が盛んに行われていますが、寡品目の輪作により、病虫害被害のリスクが常に高い状態が続いています。その一つに、ねぎのネギアザミウマの薬剤感受性低下問題があります。そこで、これらの感受性低下個体群にも効果がある薬剤の選定や収量・品質に影響が出ない防除時期の検討を行っています。また、植栽から収穫までの期間が短く、小面積で比較的簡単に取り組めるいちじく栽培が県内で増えていますが、それに伴ってアザミウマ類による果実被害が問題になり始めました。アザミウマ類は、いちじく圃場内で増殖しないので外部からの飛来を防ぐことで被害を軽減できると考えられます。そこで、ソルゴーなどの障壁作物や白色防草シートの飛来抑制効果を検討しています。

2 西洋なしの環境保全型防除技術の開発

県内の西洋なし栽培面積は100haを超えますが、そのほとんどが明治36年にフランスから導入された「ルレクチエ」です。ルレクチエは食味もさることながら、芳醇な香りと鮮やかなブライトイエローの果皮が特徴の西洋なしです。ルレクチエは品種特異的に褐色斑点病り



セイヨウナシ褐色斑点病 (a: 葉の斑点病斑, b: 果実の腐敗病斑)

病性であるため、現地では落葉の埋設処理をして伝染源から胞子が飛散しないよう対策をとっています。これは、生産者にとって大変な重労働です。また、ハダニ類による葉や果実の被害対策としてダニ剤が散布されていますが、薬剤耐性のつきやすいハダニは今後問題となる恐れがあります。そこで、現在は落葉の鋤き込みと土着天敵を活用する防除体系の開発に取り組んでいます。セイヨウナシ褐色斑点病対策の落葉除去に替えて圃場を浅く耕耘して落葉を鋤き込み、生産者の負担軽減を狙います。また、天敵カブリダニ類に影響のある薬剤は、慣行防除で年間35剤中10剤の使用に対し、体系区では32剤中2剤の使用に減らします。それらによって、天敵カブリダニ類を温存してハダニの増殖抑制をねらい、同時に褐色斑点病の発病を抑える体系防除を開発しています。



ネギアザミウマの成虫

国連は2030アジェンダにおいて持続的開発目標を掲げ、農林水産省はみどりの食料システム戦略の推進を発表しました。環境への注目度は高まっています。一方、生産者の高齢化が著しく進む農業現場では、作業の軽労化、機械化、大規模化は急務です。試験研究機関には二つの大きな宿題が与えられている状況ですが、これらの課題を常々確認しつつ実用性の高い技術開発を進めています。

(環境・施設科 黒田智久*)

*現 新潟県農業総合研究所企画経営部

研究室紹介

埼玉県茶業研究所

埼玉県茶業研究所は、大正時代後期の埼玉県茶業の機械製茶の遅れを取り戻すため、1928年（昭和3年）に県立茶業研究所として現在の入間市役所庁舎付近の入間市豊岡に設置され、1971年に現在の金子地区に移転し50年が過ぎようとしています。組織改編による農林総合研究センター支所を経て2015年には茶業研究所として独立し、現在に至っています。茶業研究所には一般社団法人埼玉県茶業協会も設置されており、茶の生産・加工・販売に携わる農家はもとより、仕入れ・卸売り等の流通に携わる茶業者も多く来訪され、研究開発から流通・消費宣伝まで埼玉県茶業の拠点となっています。

茶業研究所には、所長、副所長、総務担当（1名）以下、業務担当として農業革新支援専門員によって構成され主に現場で茶業者の指導にあたる農業革新支援担当（3名）と研究業務にあたる茶業技術研究担当（研究員6名、研究補助職員6名）の二つの担当が配置されています。研究業務を行っている茶業技術研究担当では、育種、栽培、土壌肥料、病虫害等の圃場を中心とした試験研究と製造技術、製茶品質、機能性等加工を中心とした試験研究に取り組んでいます。

埼玉県の特産である狭山茶は、生産者自らが生産・加工・販売を行う一貫経営が多く、荒茶工場に隣接した店舗で各生産者が工夫を凝らして販売を行っています。こうした生産、流通の環境にあるため、茶業研究所に寄せられる課題は多岐にわたり、茶園管理の改善に関するものから製茶品質の向上、売れる商品づくりの相談など農業革新支援担当と連携しながら課題解決に取り組んでいます。このような課題の中から現在取り組んでいる研究



図-2 管理している茶園面積は約6ha

課題を紹介します。

1 茶新品種育成

茶産地として北に位置し冬期が寒冷となる埼玉県では、茶業経営を安定的に発展させるために耐寒性に優れた良質多収の品種が求められます。毎年3,000花程度を交配し新品種の創出に取り組むとともに、県有成品種の普及を促進させるため苗木生産農家への穂木の配布のほか、約20,000本を育苗し生産者へ配布しています。近年では、ほのかに桜葉様の香りを持ち耐寒性に非常に優れ極晩生の‘おくはるか’が2015年3月に品種登録されました。また、11番目の育成品種としてクワシロカイガラムシに抵抗性を有し、やや早生で多収の‘さやまあかり’が2021年1月に品種登録されています。

2 LPWA通信網などを利用したセンシングデータに基づく茶生産管理システムの構築

これまで茶業経営は長年の経験に基づいた茶園管理や製茶技術に支えられてきました。近年の極端な天候不順によって経験だけでは適期判定や機械設定の判断が困難な場面が増え経営上のリスクとなってきています。そこで、各種センサと遠距離通信が可能なLPWA通信（Sigfox）を組合せ、センシングデータに基づく茶園管理の判断を行うシステムの構築を目指しています。現在は10～20km離れた5箇所の茶園に設置したセンサユニットの気温、茶株面温度、地温、土壌水分等のデータをLPWA通信網で収集し地域ごとに異なる凍霜害リスクの検討や病虫害の発生予測への活用を検討しています。収集したデータは登録したスマホから確認できるようになっているため、生産者の要望を聞きながら測定地点の追加や収集データの種類の提供、情報の検討や使い勝手の評価等を行い、AIやIoTを活用した生産管理システムにより経営の向上が図られるよう技術開発に取り組んでいます。

（茶業技術研究担当 担当部長 小川英之）



図-1 評価のため製造した茶の販売を行います

農薬適用一覧表 2021年版

絶賛発売中!!



A4判, 価格: 17,600円
税込, 送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会

2021年9月30日現在の作物・病虫害別の殺虫剤・殺菌剤, 作物別の除草剤, 使用目的別の植物成長調整剤について, 適用情報を一覧表形式で掲載しました。

また, 稲用の殺虫・殺菌剤, 種子処理・箱施用剤, 水田用速度連動式少量散布機 (ブームスプレーヤ), 常温煙霧, 空中散布・無人ヘリコプターなど, 用途別の登録薬剤を併せてまとめました。

ご注文はJPPAオンラインストアより
<https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/>



農薬要覧 2021年 令和2農薬年度

絶賛発売中!!



A5判, 価格: 11,000円
税込, 送料サービス

一般社団法人 日本植物防疫協会

農薬の生産・出荷, 輸出・輸入, 流通・消費など農薬に関する統計資料や, 登録されている農薬名の一覧, 新農薬の解説, 病虫害の発生面積・防除面積, 関係先名簿などをまとめた資料集です。

掲載内容

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

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



月刊「植物防疫」は、植物防疫に関する専門的な技術情報誌です。全国の植物防疫に携わる研究者・指導者等に実践的に役立つ新しい情報を提供するために、下記規程に則って関係者に積極的な投稿・ご執筆をお願いしております。構想の段階でもご相談に応じますので、ご連絡いただきますようお願い致します。

掲 載 規 程（抜粋）

1. 掲載記事の分野

植物防疫に関する行政・研究・技術等の情報をひろく対象とします。本誌は実践的に役立つ情報提供を重視していることから、植物防疫との関連性が薄いものや基礎研究の域を出ないものは、原則として掲載しません。

2. 掲載記事の種別

本誌に掲載する記事はおおむね次の種別によります。

（1） 研究報告および総説

狙いや結果がわかりやすく解説された研究成果の紹介、もしくは諸課題や一連の研究成果等、関心度の高い技術テーマに関する総説。本誌の目的にかなう切り口で科学的に解説されているもの。

（2） 調査報告

調査を元にとりまとめ解説した研究報告に準ずる報告。

（3） 時事解説

行政の施策や世界動向等、関心度の高い時事テーマに関する解説。

（4） トピックス

新たに問題化した病虫害や薬剤耐性その他防除上のトピックス（地域限定の場合も含む）並びに新農薬の紹介等の諸情報。

（5） 新技術解説

新たな実験技法（圃場試験法や感受性検定法等）、調査法、防除法の紹介。

（6） その他

新規農薬登録・特殊報・登録失効・農林水産省プレスリリース、新刊図書の紹介、行事案内など。

3. 掲載の決定

（1） 専門家による審査体制を設置し、本誌の目的にかなうテーマであるかどうか、科学的に適正な内容であるかどうか等について審査し、掲載の有無を決定します。

（2） 審査の結果、内容の一部修正等をお願いすることがあります。

4. 投稿・連絡先

電話：03-5980-2183 mail：genko@jppa.or.jp

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 「植物防疫」編集担当

学 会 だ よ り

○日本土壌微生物学会 2022 年度大会（鹿児島）の開催のお知らせ

日時：2022 年 6 月 18 日（土）～19 日（日）

会場：鹿児島大学（オンライン開催）

大会シンポジウム「土壌微生物の植物共生・寄生の機能と生態—制御の可能性—」

1. 環境傾度によるダイズ根粒菌の群集構造に関する研究（仮） 佐伯雄一（宮崎大学）
2. 窒素固定放線菌 *Frankia* の突然変異体の単離と解析（仮） 九町健一（鹿児島大学）
3. サツマイモ基腐病に対する苗床の土壌還元消毒による防除技術の開発（仮） 野見山孝司（農研機構）

市民公開シンポジウム「持続可能な食糧システムの構築—土壌微生物学のアプローチ（仮）」

1. 土壌微生物の力を活用した土壌還元消毒法 門馬法明（園芸植物育種研究所）
2. 緑肥を利用した減肥・土づくりとそれに役立つ土壌微生物の働き 唐澤敏彦（農研機構）
3. 土壌由来の温室効果ガス削減に向けた市民科学による微生物探索 大久保智司・青木裕一（東北大学大学院）

参加申し込み方法

6 月 6 日（月）までに、大会事務局宛に、電子メールで事前にお申し込みください。詳細は学会ホームページでご確認ください。

○第 56 回植物感染生理談話会の開催のお知らせ

日時：2022 年 9 月 5 日（月）13 時～9 月 7 日（水）

12 時 30 分

会場：東北大学青葉山新キャンパス 青葉山コモンズ（宮城県仙台市）

テーマ：「植物・微生物間相互作用の進化」

詳細は学会ホームページでご確認ください。

広告掲載会社一覧（掲載順）

日産化学(株)……………グレーシア
 サンケイ化学(株)……………ダブルシューター
 バイエルクロップサイエンス(株)……………ナティープ
 日本曹達(株)……………ダニオーテ
 シンジェンタジャパン(株)……………ミネクトシリーズ
 有光工業(株)……………常温煙霧機
 (株)丸山製作所……………ハイクリブーム
 XAG JAPAN(株)……………スマート農機
 DJI JAPAN(株)……………農業ドローン
 日本農業(株)……………AI 診断
 BASF ジャパン(株)……………セルカデイス D
 ダウ・アグロサイエンス日本(株)……………主要品目
 クミアイ化学工業(株)……………ピラキサル混合箱剤

○第 41 回農薬製剤・施用法シンポジウムのご案内

静岡での開催を予定しておりましたが、第 41 回農薬製剤・施用法シンポジウムは、新型コロナウイルスの感染収束が見通せない状況から、開催形式をオンラインに変更、開催日も、以下の通りに変更になりました。

日時：2022 年 10 月 14 日（金）

開催方法：オンライン（Webex）

○第 45 回農薬残留分析研究会 開催案内

日時：2022 年 11 月 24 日（木）～25 日（金）

主催：日本農薬学会、農薬残留分析研究会

会場：かがわ国際会議場

〒760-0019 香川県高松市サンポート 2 階 1 号高松シンボルタワー 6F（タワー棟）

情報交換会：未定

エクスカーション：計画中

次号予告

次号 2022 年 6 月号の主な予定記事は次のとおりです。

ミニ特集「農薬残留分析に係る最近の話題」

パッシブサンプリングによる河川水中農薬の新しい分析法

矢吹芳教ら

作物残留試験における減衰傾向調査について～残留分析者の立場から～

飯島和昭ら

農薬のミツバチへの影響評価法について

石原 悟

農薬のミツバチ影響評価のための花粉・花蜜残留試験方法の検討

荒井雄太ら

薬剤抵抗性病害虫の発生状況と対策の取組について

岡田和秀

果樹防除の基本となる「病害虫防除暦」の考え方：果樹ではなぜ防除暦が必要なのか

川嶋浩三

植物防疫講座 病害編：果菜類に発生する *Botrytis cinerea* による灰色かび病

川上 拓

病害編：ナシに発生する病害の生態と防除

小河原孝司

農薬編：電位依存性ナトリウムチャネルブロッカー

島 克弥

研究室紹介：京都府農林水産技術センター農林センター 環境部

河合 哉

福岡県農林業総合試験場 病害虫

清水信孝

植物防疫

第 76 巻 2022 年 4 月 25 日印刷

第 5 号 2022 年 5 月 1 日発行
(通算 905 号)

定価 965 円

本体 877 円

2022 年

5 月号

(毎月 1 回 1 日発行)

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里 5-16-7

——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。



スマートフォン用アプリ

レイミーのAI病害虫雑草診断

農作物に被害を及ぼす病害虫や雑草を写真からAIが診断し、有効な薬剤情報を提供する、スマートフォン用の防除支援ツールです。

無料!

通信料を除く



※画面は開発中のもののため実際と異なる場合があります

対応作物



水稲



キャベツ



レタス



はくさい



ブロッコリー



ねぎ



アプリのダウンロードはこちら

日本農業ホームページから

日本農業

検索



■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)NITデータCCSと日本農業(株)の共同開発です。
■本システムは農林水産省の農業界と経済界の連携による生産性向上モデル農業確立実証事業「防除支援システム研究会(H30~R1)」の成果を社会実装したものです。



日本農薬株式会社

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



日本農薬株式会社は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています

農林水産省登録：第24314号

■ BASF
We create chemistry

新登場

果樹用殺菌剤

セルカディス® R フロアブル

殺菌剤分類 M9,7

ジチアノン(PRTR-1種)42.0%
フルキサピロキサド(通称ゼミウム®)4.7%

**心強い組み合わせが
見つかりました。**

®=BASF社の登録商標

BASFジャパン株式会社

〒103-0022 東京都中央区日本橋室町3丁目4番4号 OVOL日本橋ビル3階
☎0120-014-660 <https://crop-protection.basf.co.jp/>

薬剤の詳細は
こちらをご覧ください。





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

園芸用殺菌剤

ゾーベック™ エニベル™

ゾーベック™ エンカンティア™

ラリー™

インダー™

コサイド® 3000

園芸用殺虫剤

トランスフォーム™

Isoclast™ active

ダブルシューター™

スピノエース™

ランネート™

ファルコン™

ファルコンエース™

デリゲート™

水稲用除草剤

クリンチャー™

ワイドアタック™

ロイヤント™ 乳剤

Rinskor™ active

ウィードコア™ 1キロ粒剤

Rinskor™ active

水稲用殺虫殺菌剤

ビーム™ エイト エクシード™

Isoclast™ active

水稲用殺虫剤

エクシード™

Isoclast™ active

ゼロカウント™

水稲用殺菌剤

ビーム™

ビーム™ エイト



抵抗性

ウンカに 効き目抜群

新規有効成分配合

ピラキサルト™

育苗箱施用剤

ウンカ類・いもち病・チョウ目・初期害虫
は種時から

新発売

ブーンセクテラ®

ウンカ類・いもち病・チョウ目・初期害虫

アンコール®

ウンカ類・いもち病・紋枯病・チョウ目・初期害虫 は種時から

フルスロトル®

ウンカ類・チョウ目・初期害虫 は種前から

セクサロンパティート™



ピラキサルト剤
特設サイト

Piraxalt® active

powered by
CYAZYPYR®
ACTIVE INGREDIENT

powered by
RYNAXYPYR®
ACTIVE INGREDIENT



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
CYAZYPYR®, RYNAXYPYR®, パティート® は、FMC Corporation または
その米国およびその他の国の子会社・関連会社の登録商標です。

ブーン®, セクテラ®, フルスロトル®, アンコール® はクミアイ化学工業(株)の登録商標