

植物防疫

Plant Protection

12
2020
VOL.74



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

植物成長調整剤

サイコセル[®]PRO

クロルメコート液剤

短く、強い小麦作りに!

秋まき小麦に
2回散布できるよう
になりました。



BASF

We create chemistry

●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。
●使用後の空容器は圃場などに放置せず、環境に影響のないよう適切に処理してください。●防除日誌を記録しましょう。

BASFジャパン株式会社

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

®=BASF社の登録商標

明日の「農」を支える力でありたい。

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

殺虫剤

三井薬匠 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬匠 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジ® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ヒカト® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ® Z 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

草枯らし MIC®

セカンドショット® SジャンボMX

シュファイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

ワイドアタック™ SC

アトカラ® SジャンボMX

トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

フォローアップ® 1キロ粒剤



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



三井化学アグロ株式会社

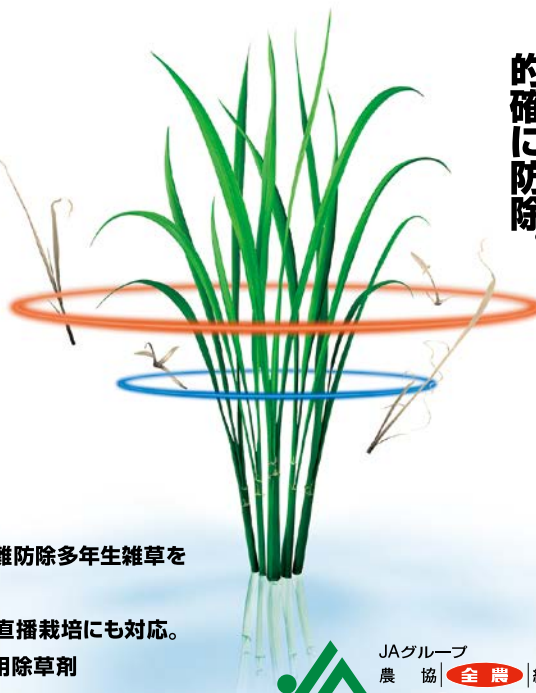
東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>



ボデーガード **プロ**



一発でノビエ、難防除多年生雑草を
しっかり除草。
鉄コーティング直播栽培にも対応。
次世代の水稲用除草剤
「ボデーガードプロ」は
多角化・大規模化に貢献します。



**2成分で
稲を守る、プロ。**
高葉齡ノビエも難防除雑草も、
的確に防除。



JAグループ
農 協 全 農 経 済 連
E・C は登録商標 第4702319号



●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。●®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://cropscience.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

水稲種子消毒用の微生物農薬

タフブロック

タラロマイセス フラバス水和剤

農林水産省登録 第21920号

**育苗期の
各種病害に
優れた効果!**



**温湯消毒との
水体系でばか苗病を
徹底防除!!**

適用病害

ばか苗病、いもち病、もみ枯細菌病、苗立枯細菌病、褐条病
苗立枯病(リゾープス菌、トリコデルマ菌、フザリウム菌)

販売 出光アグリ株式会社 協友アグリ株式会社 ホクサン株式会社

製造



株式会社 **エス・ディー・エス バイオテック**
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5
<http://www.sdsbio.co.jp>

目次

巻頭言

- 行って、見て、触れることの大切さ—インドネシアを旅して— 舟久保 太一 1

総説

- オオムギ間作による害虫密度抑制効果と IPM への導入 関根崇行・大坂正明 2

研究報告

- 油脂を有効成分とする気門封鎖剤のトマト主要病害虫に対する防除効果 杖田 浩二 9
早期落葉の原因となるダイズ褐色輪紋病の発生生態と防除対策 角田佳則・西見勝臣 14
ブランドオンコル粒剤を組み込んだ新たなレンコンネモグリセンチュウの総合防除法
..... 高木素紀・小河原孝司・豊田剛己 22

トピックス

- 農業害虫ナミハダニにおける雄の繁殖戦略 佐藤 幸恵 27

新技術解説

- PMMoV L⁴ 打破系統（病原型 P_{1,2,3,4}）のピーマンモザイク病に対する当面の防除対策について
..... 松橋伊織・佐々木裕二・佐藤美和子・小原善一・岩館康哉 33

植物防疫講座

- 病害編-36 芝草病害の発生生態と防除 矢口 重治 39
虫害編-30 アブラナ科野菜に発生するキスジノミハムシの発生生態と防除 新藤 潤一 45
農薬編-33 複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位に作用する殺菌剤 田辺 憲太郎 48

研究室紹介

- 山形県農業総合研究センター 食の安全環境部 柴田 康志 53
栃木県農業試験場 研究開発部 病理昆虫研究室 福田 充 54

農林水産省プレスリリース（2020.10.6～2020.11.2） 55

新しく登録された農薬（2020.10.1～10.31） 55

登録が失効した農薬（2020.10.1～10.31） 52

発生予察情報・特殊報（2020.10.1～10.31） 26

【表紙写真】

上段左：キャベツ圃場におけるオオムギ間作の状況

上段右：春タマネギ圃場におけるオオムギ間作の状況

下段左：キスジノミハムシ成虫と幼虫によるダイコン根部の食痕

下段右：日本芝疑似葉腐病（象の足跡）

農林水産省登録 第20317号

れんこん/
レンコンネモグリセンチュウへ
適用拡大!!



センチュウによるれんこんの
黒皮症、ゆず肌症に対して有効です。



黒皮症



ゆず肌症



殺虫剤

グランドオンコル[®] 粒剤

殺虫剤分類

1A



[®]はOATアグリオ(株)の登録商標

 **OATアグリオ株式会社**
<https://www.oat-agrio.co.jp/>
〒101-0052 東京都千代田区神田小川町1-3-1

コールセンター: ☎ 0120-210-928 (9:00~12:00・13:00~17:00 土日・祝日を除く)

- 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。
- 使用量に合せて秤量し、使いきってください。
- 空容器は圃場などに放置せず、適切に処理してください。
- 防除日誌を記帳しましょう。

巻頭言

行って、見て、触れることの大切さ —インドネシアを旅して—

山梨県総合理工学研究機構（兼 山梨県総合農業技術センター） 舟久保 太 一



2年前の11月と2月に、インドネシアのジョグジャカルタ特別州に20日間ほど赴いた。ジョグジャカルタ特別州と山梨県は友好協力関係を結んでおり、農業支援の目的でひとり現地に赴いたのである。主な目的はイチゴ栽培に関すること。病虫害が専門の私が選ばれた理由はよくわからないが、「私に何ができるのだろうか」と不安を抱えながら飛行機に乗り込んだ。

インドネシアは暑いというイメージがあり、ネットで調べても年平均29℃くらいで、年間の平均気温はあまり差がないとのこと。イチゴは一般的に25℃以上では花芽分化は阻害されると聞いていた。ということは、インドネシアでイチゴを栽培しても、あまり実が成らず、農業品目としては不適切ではないのかと思っていた。

ジョグジャカルタには富士山のような形のムラピ山という活火山がある。2010年に大きな噴火を起こし、火砕流や降灰により多くの死者を出すとともに、麓の農業は衰退した。この地域では農業を諦め採土業などで生計を立てている人が多いが、生活は豊かではない。そのため、イチゴを土地利用せずポリポットなどで栽培することにより、農業の再興を希望していた。そのことを地域の指導者から熱く語られ、その強い思いが心に響き、なんとか協力したいとしみじみ思った。しかし、気候的にイチゴ栽培は難しいだろうと思われ、代替え品目はないのかと考えながら現地に赴いた。途中、車窓から外の景色を眺めていると、バナナ、パパイヤ、ドラゴンフルーツ等の果樹をよく目にした。南国だなあと感じながらどんどん登っていくと、日本で見慣れた野菜が目に飛び込んできた。ハクサイ、キャベツ、ブロッコリー等。ひとつやふたつの畑ではない。多くの畑で栽培されている。これら品目は冷涼性野菜である。インドネシアでお目にかかるとは思ってもみなかった。あわててエアコンの効いた車の窓を開けてみた。涼しいではないか。同乗している現地の人に聞いてみると、標高が1,000 m以上あり、気温も18℃くらいまでは下がるという。

よくよく考えてみればあたりまえのことで、日本でも真夏に標高の高い高原に行くととても涼しい。私の単なるイメージだけの先入観が見せていた虚像だったのである。実際に足を運び、自分の目で見てみないと真実は見えてこない。思い込みはダメである。この後、既に一部農家や州の農業局ではイチゴを試作していたことを知り、結実も目の当たりにした。品種はよくわからないが、四季成り性品種のようである。粒が小さい、形が悪い、

甘くない、着果数が少ない、病虫害が多い、休眠しない、品種が明確でない等問題は多いが、イチゴ栽培が普及する可能性はある。なお、ムラピ山麓は観光地でもある。観光イチゴ園などの需要はあると考えられた。ジョグジャカルタ州農業局の種苗センター（標高800 m）で研究を行い、よい成果が得られたら、栽培マニュアルを作成し普及を行うこととなった。

さて、この旅で出会った病虫害を紹介しよう。イチゴでは炭そ病、うどんこ病、灰色カビ病等の病害が見られた。害虫は、葉を食害するイナゴのような昆虫（これがイネの葉も食害していると現地の人の談）やポットをひっくり返すとコガネムシの1種と思われる幼虫がたくさん確認された。また、スズメバチの1種と思われる蜂がイチゴ果実を食害していた。海の近くに行くとブドウが試作されていた。ブドウの葉が白くなるという相談を受けたので確認すると、べと病である。ある特定の品種の若葉に多発していた。この地域の最低温度は28℃くらいだそうで、このような高温地帯でもべと病が多発するのかと驚いた。しかしこれもよくよく考えてみれば、この時期は雨季のため雨がとても多い。雨の夜は肌寒く感じられることもあった。ここのブドウは休眠しないなど日本とは全く違う環境で栽培されているため、日本の常識で考えていいものか。そもそもこの菌の同定もちゃんとしていないので、議論はできないのだが。

今回の旅で、先入観を捨て少しでも透明感のある目で見ることの大切さを感じた。実際に行って、見て、触れないとわからないことも多い。あたりまえのようなことだが、意外に難しい。

今年9月に、州農業局は政府の支援を受けながらいくつかの農業グループにイチゴ苗1,500株を配布したという。事業は着実に進んでいるようである。

この旅で、ヒンドゥー教および仏教寺院群のプランバナン遺跡、仏教寺院であるボロブドゥール遺跡の両世界遺産を拝見した。壮観であった。この国の多くはイスラム教徒なので、毎日5回アザーン（礼拝への呼びかけ）が流れる。宿泊したホテルの横にはキリスト教系スクールがあった。高等学校までの世界史ではこの国のことは全く学んでこなかったが、いろいろな勢力、文化、宗教に翻弄された歴史を持つようである。これらの異なった文化が混在するこの国の複雑さも目の当たりにしたような気がした。行って見て感じたことである。世界は広い。

（関東東山病虫害研究会 会長）



オオムギ間作による害虫密度抑制効果とIPMへの導入

宮城県農業・園芸総合研究所 関根 崇行・大坂 正明

はじめに

間作は2種類以上の作物を同一圃場で同時に栽培する技術で、土壤水分や栄養分の保持、地温抑制、雑草や病害虫抑制を目的に生産現場でも利用が広がりつつある。害虫抑制効果については、様々な主作物と間作物の組合せで、主作物への害虫寄生数の減少事例が報告されている。間作物による害虫抑制効果の要因としては、物理的障壁 (PERRIN, 1976)、視覚かく乱 (SMITH, 1969; 1976; BROAD et al., 2008)、寄主植物由来の揮発性物質のかく乱 (TAHVANAINEN and ROOT, 1972) や間作物由来の揮発性物質による忌避 (UVAH and COAKER, 1984) などの嗅覚かく乱、天敵温存 (PIMENTEL, 1961) 等の効果が指摘されており、実際の生産圃場ではこれらの要因が相互に作用して抑制効果を発揮しているものと推測される。

間作物としては、安価かつ発芽が容易、すみやかに地表面を被覆し、生育が斉一であること、さらに雑草化の心配がない作物が適している。当所ではこれまで、アブラナ科作物を主作物とする圃場において、間作物としてオオムギ、クローバー、ヘアリーベッチを導入した場合の害虫抑制効果を検討し、いずれも特にモンシロチョウ、アブラムシ類への高い抑制効果を確認している (増田・宮田, 2008; 増田, 2009; 2011)。本県の露地野菜圃場は、水田からの転換畑が多いことが特徴であるが、なかでもオオムギはこのような圃場でも十分な生育が見られ、春に播種すると夏には出穂せずに枯死し、雑草化の心配もなく収穫作業への影響も少ない。一方、ヘアリーベッチも生育が旺盛で地表被覆能力には優れるが、つる性のため主作物へ絡まり収穫作業の妨げになることから、間作物としては適していない。そこで、当所ではキャベツおよびタマネギにおけるオオムギ間作の害虫抑制効果と、当該技術を導入した総合的病害管理 (IPM) 体系の構築に取り組んできた。本稿ではその結果の概要について紹介する。なお、本稿で紹介する研究

の一部は「食料生産地域再生のための先端技術展開事業—露地園芸の実証研究 (2012~17年度)」で実施したものである。

I オオムギ間作による害虫抑制効果

1 キャベツ害虫の抑制効果

本県のキャベツ生産圃場では、モンシロチョウ、タマナギンウワバ、コナガ、アブラムシ類、ネギアザミウマが問題となっており、これらの害虫を対象としたオオムギ間作の害虫抑制効果を検討した。供試したキャベツ品種は‘初恋’および‘彩音’で、春作は4月下旬~5月上旬に定植し7月下旬~8月上旬に収穫、秋作は8月下旬~9月中旬に定植し、11月下旬~12月上旬に収穫した。間作として用いたオオムギ品種は、‘てまいらず’および‘百万石’ (いずれもカネコ種苗株式会社) で、キャベツ定植後に通路部分に5~10 kg (通路面積10 a当たり) 播種した (図-1)。

初年目 (2012年) の試験から、オオムギが害虫抑制効果を発揮するのは一定の生育後からであることが明らかとなり、特にその傾向はアブラムシ類で顕著であった。そこで、次年度以降の試験では定植後の初期害虫対策として、クロラントラニリプロール・チアメトキサム水和剤 (商品名: ジュリボフロアブル) 200 倍液を育苗期後半にセル形成育苗トレイ当たり0.5 l 灌注処理した苗を用いた。オオムギ間作の各害虫抑制効果は、オオムギの播種量や生育状況、圃場条件、害虫の発生量により異なるものの、当県内で実施した試験結果から、その目安は表-1の通りである。チョウ目害虫では、モンシロチョウ *Pieris rapae* には比較的早くから産卵抑制効果が認めら

表-1 オオムギ間作のキャベツ害虫に対する抑制効果の目安

害虫	オオムギ間作の効果と特徴
モンシロチョウ	産卵および幼虫寄生数を半分程度に抑制
ウワバ類	作期前半はほぼ効果なし、作期後半に抑制傾向
コナガ	効果なし
アブラムシ類	作期を通して低密度に抑制
ネギアザミウマ	作期を通して密度を半分程度に抑制

Pest Control Effect by Barley Intercropping and their Application to IPM. By Takayuki SEKINE and Masaaki OSAKA
(キーワード: オオムギ, 間作, IPM, タマネギ, キャベツ)



図-1 キャベツ圃場におけるオオムギ間作の状況

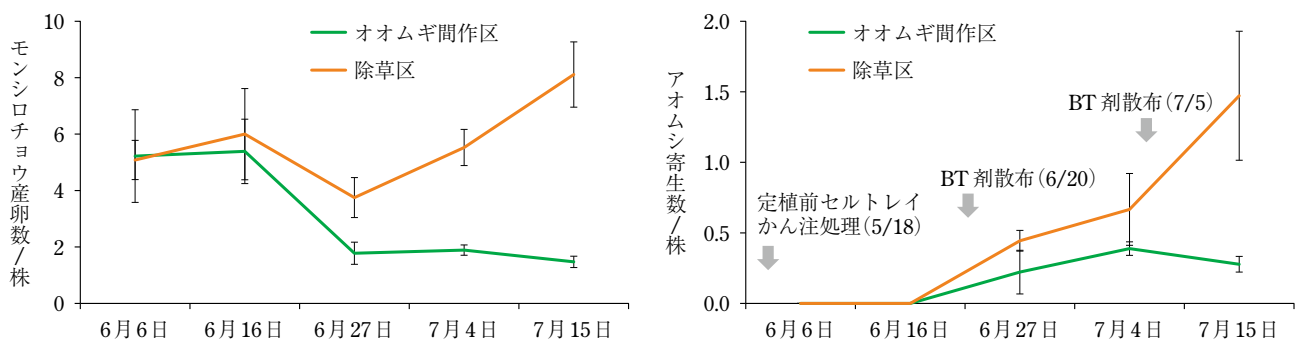


図-2 オオムギ間作の有無とモンシロチョウ産卵数 (左) と幼虫寄生数 (右) の推移 (2016 年)

キャベツ定植は5月19日、オオムギは10 kg/10 a 相当量を5月23日に播種した。殺虫剤処理はオオムギ間作区、除草区ともに実施した。誤差線は標準誤差を示す。

れ、作期を通して高い密度抑制効果が認められた (図-2)。ウワバ類 (タマナギンウワバ *Autographa nigrisigna* 主体) に対しては、生育前半には密度抑制効果は低く、生育後半にはやや抑制する傾向が認められた。一方、コナガ *Plutella xylostella* に対しては抑制効果が認められなかった。アブラムシ類では、当所で頻繁に発生するモモアカアブラムシ *Myzus persicae* およびダイコンアブラムシ *Brevicoryne brassicae* に対しては、作期を通じて低密度に抑制することができた。また、ネギアザミウマ *Thrips tabaci* に対しても高い密度抑制効果が認められた。

2 春タマネギ害虫の抑制効果

春タマネギは、在圃期間が短く、露地圃場の効率的利用が見込めることから宮城県内での生産が拡大している。本県の春タマネギ生産圃場では、ネギコガ *Acrolepiopsis sapporensis* の発生も見られるものの、防除対象の主体はネギアザミウマである。そこで、オオムギ間作によるネギアザミウマの密度抑制効果を検討した (図-3)。供試したタマネギ品種は‘ネオアース’で、4月上～中旬に定植し、7月上～中旬に収穫した。供試したオオムギ品種や播種量はキャベツの試験に準じた。

本県の春タマネギでは、おおむね5月上旬にネギアザ



図-3 春タマネギ圃場におけるオオムギ間作の状況

ミウマの初発が見られ、6月以降に急増する。オオムギ間作区と除草区を比較すると、初発生期には両区の寄生数に差は見られないが、6月以降の急増期にはオオムギ間作区では高い密度抑制効果が認められた (図-4)。このオオムギ間作によるネギアザミウマ抑制効果は、本種初発生期の化学合成農薬の散布により、さらに発揮された (図-5)。また、オオムギの間作によりタマネギの重

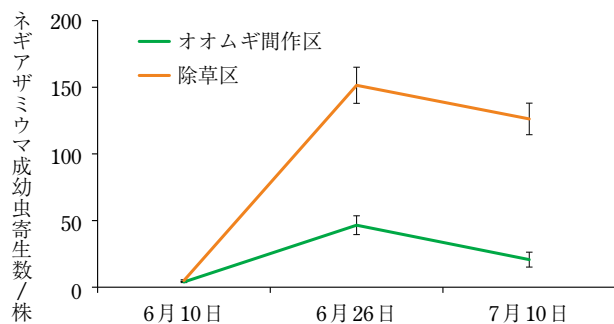


図-4 オオムギ間作の有無とネギアザミウマ寄生数の推移 (2014年)

タマネギ定植は4月10日、オオムギは5 kg/10 a 相当量をタマネギ定植直後に播種した。殺虫剤の散布は行っていない。誤差線は標準誤差を示す。

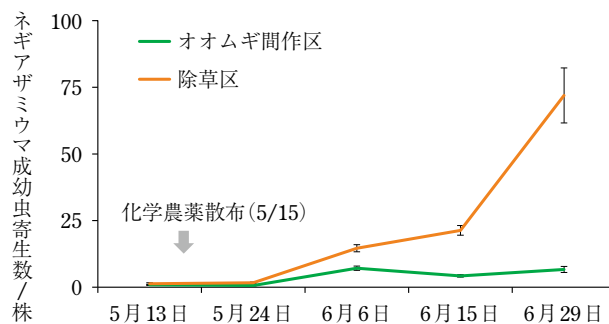


図-5 オオムギ間作の有無とネギアザミウマ寄生数の推移 (2016年)

タマネギ定植は4月12日、オオムギは10 kg/10 a 相当量を4月25日に播種した。殺虫剤は5月15日にプロチオホス乳剤を両試験区に散布した。誤差線は標準誤差を示す。

要病害である黒斑病（病原菌：*Alternaria porri*）の発生も減少傾向にあった。これはネギアザミウマの食害痕が減少したためと推察されたが、今後詳細な検討が必要である。

II オオムギ間作による害虫抑制要因

オオムギ間作による害虫抑制効果には様々な要因が考えられる。ここでは、物理的障壁効果と土着天敵温存効果に着目する。

1 物理的障壁効果

FINCH and KIENEGGER (1997) は、アブラナ科野菜にクローバーを間作すると、間作無しと比較してモンシロチョウの産卵数が大幅に減少するが、クローバーを枯死させ茶色に変色させた場合には産卵抑制効果が認められないことから、この抑制効果は緑色による寄主植物の視覚的な隠蔽や、間作による物理的な障壁効果であることを指摘している。そこで、キャベツにおいてオオムギ間作の障壁効果による害虫抑制効果の程度を調べるために、間作したオオムギを生育期間中に2回、草丈10 cmに刈込む試験を行った。その結果、モンシロチョウ、ウバ類、ネギアザミウマについては、間作無しの除草区と比較して、オオムギを刈込んだ試験区、刈込まない試験区双方で同程度の害虫抑制効果が認められた（アブラムシ類は全ての試験区で極少発生）。タマネギでも同様の試験を行い、ネギアザミウマの抑制効果は、オオムギ刈込みの有無にかかわらず同程度に発揮されることが明らかとなった（SEKINE et al., 2021）。このことから、オオムギ間作によるキャベツ、タマネギ害虫の抑制には物理的障壁の影響は大きくないと推察された。

2 土着天敵の温存効果

キャベツ栽培において、ゴミムシ類はチョウ目害虫の抑制に有用であることが指摘されており（SUENAGA and

HAMAMURA, 2001）、増田・宮田（2008）は圃場におけるゴミムシ類の排除試験から、キャベツの被害軽減効果を確認している。しかし、タマネギ圃場におけるゴミムシ類の発生状況に関する知見はない。そこで、春タマネギ圃場におけるオオムギ間作の有無とゴミムシ類の発生推移を、落とし穴トラップにより調査した。その結果、ゴミムシ類は試験期間を通じて除草区に比べてオオムギ間作区で捕獲頭数が多い傾向にあり、特に6月下旬以降に著しく多くなった（図-6）。捕獲されたゴミムシ類は、作期前半はキンナガゴミムシ *Pterostichus versicolor* やトククリナガゴミムシ *Pterostichus haptoderoides japonensis* 等の比較的小型（体長8～13 mm程度）の種が多く、作期後半にはセアカヒラタゴミムシ *Dolichus halensis* やオオアトボシアオゴミムシ *Chlaenius micans* 等の比較的大型（体長15～20 mm程度）の種が多い傾向にあった。セアカヒラタゴミムシやオオアトボシアオゴミムシは肉食性の傾向が強く（SUENAGA and HAMAMURA, 1998）、室内試験ではセアカヒラタゴミムシ成虫はネギアザミウマ幼虫をよく捕食した。実際のタマネギ圃場におけるゴミムシ類のネギアザミウマ捕食については今後調査する必要がある。

一方、オオムギの間作は冬どりネギにおいてもネギアザミウマの密度抑制効果が知られており（土井ら, 2016；大井田, 2016；大井田ら, 2017 a）、その抑制には土着天敵のキイカブリダニ *Gynaeseius liturivorus*、オオメカメムシ *Geocoris proteus* やウズキコモリグモ *Pardosa astrigera* が関与していることが指摘されている（土田ら, 2015；増井ら, 2017；大井田ら, 2017 a；2017 b；土井ら, 2018）。しかし、当所ではオオムギ間作によるこれら土着天敵の増加は確認できておらず、間作導入による天敵温存効果は、栽培品目や地域性、栽培時期を考慮したきめ細かい評価が必要であろう。

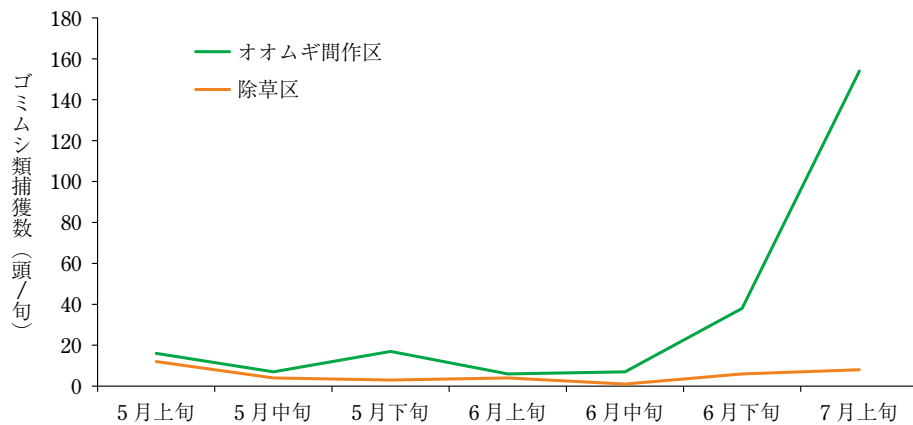


図-6 春タマネギ圃場での落とし穴トラップによるゴミムシ類の捕獲頭数推移 (2017 年)
落とし穴トラップは 1 箇所/区設置し、ゴミムシ類捕獲数は 3 反復の合計値で示した。

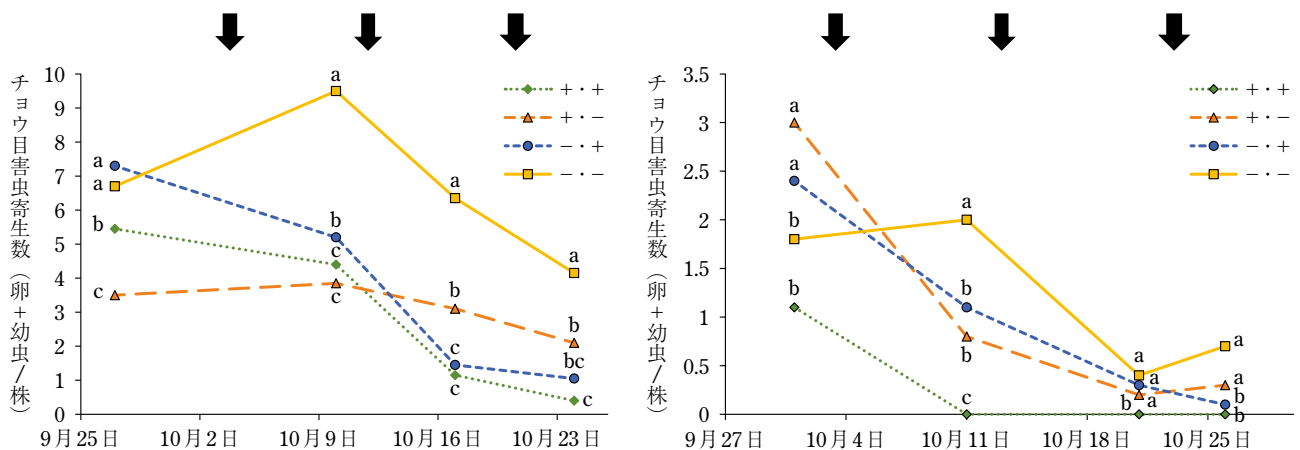


図-7 間作および微生物製剤の有無によるチョウ目害虫の寄生数の違い (左: 2017 年, 右: 2018 年)

+ + + (間作有り, 製剤処理有り), + - - (間作有り, 製剤処理無し), - + + (間作無し, 製剤処理有り) および - - - (間作無し, 製剤処理無し) を示す。各区 20 株のキャベツ全葉のチョウ目害虫寄生数を調査した。矢印は、製剤を散布した日を示す。図表に示した異なる英字は tukey の多重検定において有意差あり。

III オオムギ間作と微生物製剤の併用効果

微生物を用いた生物的防除は、対象とする病害虫の薬剤抵抗性の発達リスクを低減できることや収穫前散布期間が比較的短いことから栽培現場において古くから用いられてきた (鮎沢, 1973)。なかでも *Beauveria* 属をはじめ昆虫病原糸状菌を活用した防除は、様々な農作物を対象として活用されてきた (増田, 1998; 2000; 太田ら, 1999; 垣内ら, 2015)。露地作物において昆虫病原糸状菌の安定した防除効果を得るためには、農作物への成分菌の定着性が課題となる。そこで、露地栽培でも利用可能な昆虫病原糸状菌 *Beauveria bassiana* 製剤 (商品名: ボタニガード ES) を用いて、間作との併用による害虫抑制効果を検討した。供試したキャベツ品種は‘彩音’および‘おきな’で、秋作での試験とし、間作として用いたオオムギの品種、播種量は前述の方法に準じて行った。昆

虫病原糸状菌は、10 月上旬から 10 日間隔で 3 回散布した。その結果、昆虫病原糸状菌とオオムギの間作を併用することで、それぞれ単独での利用と比較してチョウ目害虫 (モンシロチョウ, ウワバ類, コナガ混発) の抑制効果が高くなることが明らかとなった (図-7)。これらは、対象害虫への昆虫病原糸状菌の菌糸侵入に好適と考えられる湿度条件の向上や定着性の向上にオオムギの間作が関係していると考えられた。そこで、主作物近傍の湿度推移を測定したところ、オオムギを間作した処理区では、間作をしていない処理区より害虫への菌糸侵入に最適とされる湿度 (95% 以上) 遭遇時間が多く、菌糸侵入効果が低下するとされる湿度 (75% 未満) の遭遇時間は少ないことが明らかになった (図-8)。また、昆虫病原糸状菌製剤の成分菌について、キャベツ葉面の定着状況を経時的に調査した結果、本製剤の成分菌の葉面定着量は試験期間を通じてオオムギを間作した処理区において、間

作していない処理区と比較して有意に高い結果であった(図-9)。これらのことから、間作植物を植栽することにより主作物の周辺環境が変化し、昆虫病原糸状菌の効果向上に好適な条件となること、さらに定着性が向上することで高い害虫抑制効果が得られたと考えられた。

このように、間作は物理的障壁・視覚・嗅覚かく乱・天敵温存といった効果に加えて、農作物周辺の微生物相の変化といった効果も生み出すことが考えられた。

IV オオムギ間作による主作物への負の影響

IPM 体系を生産現場に提示するためには、少なくとも

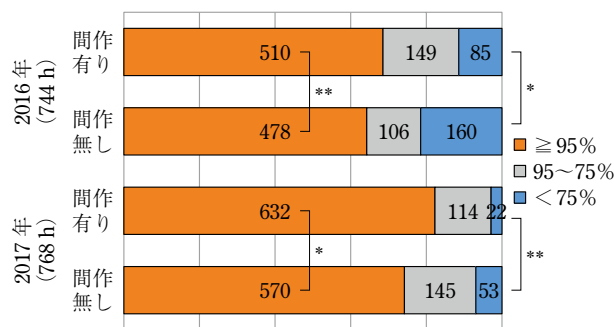


図-8 相対湿度階級別遭遇時間 (2016, 2017 年)

キャベツ地上部地表から約 30 cm の位置における各相対湿度遭遇時間を調査した結果、各年における全時間 () 内に示した。その他数字は、遭遇時間数 (単位: 時間) 調査期間は、2016 年 9 月 22 日~10 月 22 日, 2017 年 10 月 3 日~11 月 3 日。* は t 検定において * は 5% 水準, ** は 1% 水準において有意差あり (オオムギ間作有り区と無し区間での比較)。

も従来の防除体系と同程度の収量確保が前提となる。しかし、オオムギの間作は栽培条件によっては収穫量の減少を引き起こす事例が見られた。この悪影響は繁茂したオオムギによる主作物への日射阻害によることが考えられた。これを軽減するためには、「部分施肥」, 「オオムギ品種の選択」, 「オオムギの刈込み」が有効である。「部分施肥」は主作物の畝にのみ施肥し、オオムギを間作する通路部分への施肥を避けることである。「オオムギ品種」は、本試験で供試した「てまいらず」と「百万石」では、「百万石」のほうがより草丈が低く推移する。「オオムギの刈込み」は特に有効で、キャベツと春タマネギではオオムギの草丈を主作物の草丈の半分以上に保つことで、減収を回避できた。なお、オオムギを刈込んだ場合でも害虫抑制効果は刈込まない場合と同程度に維持できることは前述の通りである。

また、間作導入により主作物の周辺湿度が上昇することで、病害の発生が助長されることが懸念された。しかし、筆者らが実施した一連の試験ではオオムギ間作による病害の発生増加は認められなかった。さらに、木村 (1999) は、ハクサイとコムギあるいはエンバクとの間作試験において、間作がハクサイ軟腐病の増殖および発病に与える影響はないことを報告している。このことは、後に記載する間作を利用した IPM 体系における防除方法にて主作物への病害対策が可能であるとともに、間作は作物葉面上や土壌中の微生物相へ単純な変化を示すものではなく、複雑な変化を与えているものと考えられ

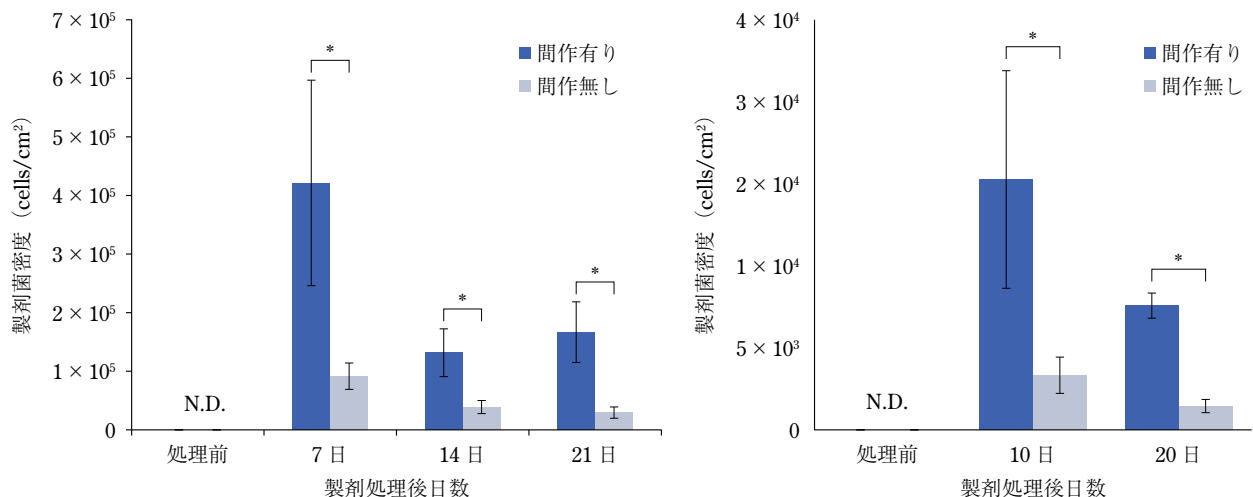


図-9 間作の有無とキャベツ葉面の製剤菌密度との関係 (左: 2017 年, 右: 2018 年)

N.D.: 検出限界以下。解析の方法は、直径 8 mm のコルクボーラーを用いて 3 地点の調査株からそれぞれ 5 枚のリーフディスクを採取し、DNA 抽出を行った。それらを基に CASTRILLO et al. (2008) の報告にあるボタニガード ES の成分菌である GHA 株特異的なプライマーおよびプローブを用いて qPCR 解析を行い、得られた Ct 値から菌量 (cells/cm²) を測定した。解析は各地点 3 反復にて行った。製剤は、500 倍希釈にて散布し、それぞれ解析に用いた葉のサンプリングは製剤処理前に行った。調査期間内において製剤処理無し区では製剤菌は検出されなかった。* は U 検定により 5% 水準において有意差あり。

た。実際に筆者らは、ローズベンガル培地および PCR-DGGE 法によりオオムギを間作することで間作しない場合と比較して作物葉面上の微生物相の多様性が向上することを明らかにしている（大坂ら，2019）。

今後、間作による農作物周辺の微生物相の変化と病害虫の発生抑制効果への影響を明らかにするためには、圃場レベルでのより詳細な研究が必要であると考えられる。

V オオムギ間作を導入した IPM 体系

一部化学合成農薬のキャベツおよびタマネギ害虫に対する感受性の低下は本県でも確認されており（志賀ら，2015；猪苗代ら，2018），さらなる感受性低下リスクの低減には化学合成農薬の使用を極力減らした防除体系の構築が必要である。そこで、オオムギ間作にその他の害虫防除手段を併用した IPM 体系の構築を試みた。

1 キャベツの IPM 体系

オオムギ間作は、ウワバ類にやや効果が劣るが、ウワ

バ類対策としては黄緑色 LED ランプ（商品名：レピガードシャイン，図-10），交信かく乱剤（商品名：コンフューザー V）が高い抑制効果を示し，オオムギ間作との併用でさらに高い効果が期待できる（図-11）。また，オオムギが抑制効果を示さないコナガに対しても交信かく



図-10 黄緑色 LED ランプを設置したキャベツ圃場
黄緑色 LED ランプにはレピガードシャイン（波長ピーク 570 nm）を使用し，1 a 当たり 1 個の割合で設置した。夜間点灯することで，ヤガ類の活動を阻害する効果がある。

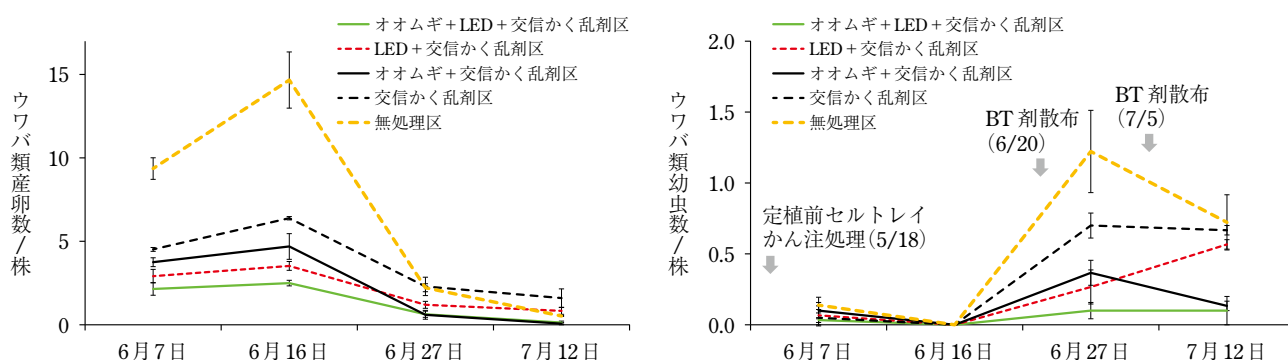


図-11 オオムギ間作に黄緑色 LED ランプと交信かく乱剤を併用した場合のウワバ類産卵数（左）と幼虫寄生数（右）の推移（2016 年）

キャベツ定植は 5 月 19 日，オオムギは 10 kg/10 a 相当量を 5 月 23 日に播種した。殺虫剤は全ての試験区に処理した。交信かく乱剤（コンフューザー V）は 30 a に設置した。誤差線は標準誤差を示す。

春キャベツ	4 月	5 月			6 月			7 月
	中下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬～
栽培目安	定植							収穫
害虫対策	オオムギ (中耕無)	播種	害虫抑制効果					倒伏・ 座死
	オオムギ (中耕有)			播種 (中耕時)			害虫抑制効果	
	殺虫剤の併用	定植前 灌注処理	灌注処理剤残効期間		害虫発生程度に応じて BT 剤，昆虫病原糸状菌 製剤を主体とした薬剤防除			
	オプション	黄緑色 LED ランプ（ヤガ類対策）						
		交信かく乱剤（チョウ目害虫対策（モンシロチョウ以外））						
病害対策		降雨状況に応じ無機銅剤を主体とした 殺菌剤散布（2～3 回程度）			無機銅剤を主体とした殺菌剤散布 （概ね 10～14 日間隔）			

図-12 春キャベツの IPM 体系例

昆虫病原系状菌製剤を併用する場合には，化学合成殺菌剤の選択に注意が必要である。秋キャベツでも本体系が適用できるが，収穫時にオオムギは枯死しないので，出穂前までに刈取る必要がある。

春タマネギ		4月			5月			6月			7月
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬～
栽培目安		定植			アザミウマ初発生期						収穫
害虫対策 (ネギアザミウマ)	オオムギ	播種				ネギアザミウマ抑制効果					倒伏・座死
	殺虫剤の併用					薬剤防除	状況に応じて薬剤防除				
病害対策		降雨状況に応じ無機銅剤を主体とした殺菌剤散布 (2～3 回程度)						無機銅剤を主体とした殺菌剤散布 (概ね 10～14 日間隔)			

図-13 春タマネギの IPM 体系例

ネギアザミウマの発生初期に効果の高い殺虫剤を散布することは、以後の本種密度抑制に有効である。
ネギアザミウマの発生量の把握には、青色粘着板の利用が有効である。

乱剤の設置は有効である。現在、宮城県では図-12 に示した防除体系を基にキャベツにおける IPM 普及に取り組んでいる。キャベツ栽培では、定植から 2 週間後程度の時期に、追肥を兼ねて雑草防除や根への酸素供給を目的に中耕（土寄せ）を行う場合がある。そのような栽培体系では、この中耕時にオオムギを播種しても害虫抑制効果が認められる。

2 春タマネギの IPM 体系

これまでに得られた知見から、現在、宮城県では図-13 に示した防除体系を基に春タマネギにおける IPM 普及に取り組んでいる。宮城県における春まきタマネギ栽培では、地温確保の観点からプラスチックマルチの利用を推奨しているが、利用しない場合でタマネギ栽植部分に雑草が目立つ場合には、オオムギに影響の少ない除草剤を利用することができる。ただし、イネ科雑草が優占する圃場での除草剤散布はオオムギにも悪影響を与えるため避ける必要がある。

おわりに

オオムギ間作をはじめとした二次植物の利用は、化学合成農薬代替技術が十分とは言えない露地園芸において、今後重要な IPM 技術の一つになっていくと思われる。当所では、現在農研機構とともに戦略的国際共同研究推進委託事業（JPJ008837）「天敵温存植物・間作を利用した土着天敵保護強化による露地野菜害虫防除技術の開発」に取り組んでいる。本事業では、オオムギ間作に開花植物の栽植を併用することで、土着天敵を効果的に活用できる技術開発を行っている。今後得られた成果は随時情報提供するとともに、皆さまからも多くのご意見

を賜ることで生産現場において広く活用される技術開発に取り組んでいきたい。

引用文献

- 1) 鮎沢啓夫 (1973): 防虫科学 **38**(2): 114～124.
- 2) BROAD, S. T. et al. (2008): Entomol. Exp. Appl. **129**: 166～171.
- 3) CASTRILLO, L. A. et al. (2008): Biol. Control **45**: 163～169.
- 4) 土井 誠ら (2016): 関西病虫研報 **58**: 123～125.
- 5) ————ら (2018): 同上 **60**: 121～123.
- 6) FINCH, S. and M. KIENEGGER (1997): Entomol. Exp. Appl. **84**: 165～172.
- 7) 猪苗代翔太ら (2018): 北日本病虫研報 **69**: 168～172.
- 8) 垣内加奈子ら (2015): 四国植防 **49**: 37～44.
- 9) 木村俊夫 (1999): 日植病報 **65**: 481～486.
- 10) 増田俊雄 (1998): 応動昆 **42**: 51～58.
- 11) ———— (2000): 同上 **44**: 177～182.
- 12) ————・宮田将秀 (2008): 北日本病虫研報 **59**: 153～157.
- 13) ———— (2009): 北日本病虫研報 **60**: 208～211.
- 14) ———— (2011): 植物防疫 **65**: 292～298.
- 15) 増井伸一ら (2017): 静岡農林技研報 **10**: 19～26.
- 16) 大井田 寛 (2016): 応動昆 **60**: 1～22.
- 17) ————ら (2017 a): 関東病虫研報 **60**: 118～121.
- 18) ————ら (2017 b): 応動昆 **61**: 119～129.
- 19) 大坂正明ら (2019): 北日本病虫研報 **70**: 211.
- 20) 太田光昭ら (1999): 関東病虫研報 **46**: 109～112.
- 21) PERRIN, R. M. (1976): Agro-ecosystems **3**: 93～118.
- 22) PIMENTEL, D. (1961): Ann. Entomol. Soc. Am. **54**: 76～86.
- 23) SEKINE, T. et al. (2021): Appl. Entomol. Zool. **56**: (印刷中).
- 24) 志賀紗智ら (2015): 北日本病虫研報 **66**: 179.
- 25) SMITH, J. G. (1969): Ann. Appl. Biol. **63**: 326～330.
- 26) ———— (1976): ibid. **83**: 1～13.
- 27) SUENAGA, H. and T. HAMAMURA (1998): Environ. Entomol. **27**: 767～772.
- 28) ————・——— (2001): Appl. Entomol. Zool. **36**: 151～160.
- 29) TAHVANAINEN, J. O. and R. B. ROOT (1972): Oecologia **10**: 321～346.
- 30) 土田祐ら (2015): 応動昆 **59**: 23～29.
- 31) UVAH, III. and T. H. COAKER (1984): Entomol. Exp. Appl. **36**: 159～167.

 研究
報告

油脂を有効成分とする気門封鎖剤の トマト主要病害虫に対する防除効果

岐阜県農業技術センター ^{つえ}杖 ^だ田 ^{ひろ}浩 ^{つぐ}二

はじめに

気門封鎖剤は、虫体に付着した薬液が気管系を封鎖して窒息死させる殺虫剤である（日本植物防疫協会 編，2016）。その作用機作から感受性低下が起こりにくいこと、使用回数に制限がないこと等様々な利点がある。気門封鎖剤の有効成分は、油脂、澱粉、界面活性剤等多岐にわたる。その中でも、油脂を有効成分とする気門封鎖剤である脂肪酸グリセリド乳剤や調合油乳剤をトマトに散布すると、タバコナジラミ *Bemisia tabaci* (Gennadius) 成虫の定位を阻害し、産卵数が減少すること、正常な交尾行動を阻害して子孫のオス比が高まること、これらの作用によりタバコナジラミの密度抑制につながることを報告した（杖田，2019）。タバコナジラミは、施設栽培の野菜や花きの重要害虫である。特にトマトでは、重要病害であるトマト黄化葉巻病の病原ウイルス *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) を媒介する。前述の気門封鎖剤による定位阻害効果は、タバコナジラミ成虫がトマトを吸汁する時間が減少し、TYLCV の媒介抑制につながることを期待できる。

脂肪酸グリセリド乳剤や調合油乳剤は、害虫だけでなく、野菜類のうどんこ病に対する登録も有している。トマトうどんこ病は、葉表面に白色の菌糸が密生し、被害部の組織が黄化・枯死する重要病害である。一方、トマト葉かび病やトマトすすかび病は、茶褐色～黒褐色の菌糸が葉表面を覆って光合成能力を低下させる重要病害である。これらの病害は、葉上で菌が叢生することや1次感染源が葉表面に付着した胞子であることが、うどんこ病と共通している。これらのことから、上記気門封鎖剤は、トマト葉かび病やトマトすすかび病に対しても防除効果を示す可能性がある。

害虫と病害の両方に登録を有する農薬はいくつか上市されているものの、感受性低下が起こりにくく、使用回

数に制限がない薬剤は少ない。そこで、油脂を有効成分とする気門封鎖剤を用いて、トマト黄化葉巻病、トマト葉かび病およびトマトすすかび病に対する防除効果を検討した結果と、生産現場に近い規模の施設で数種病害虫に対する実用性を検討した結果を紹介する。

I TYLCV 媒介抑制効果の検討

本葉が2枚展開するまで実生栽培したトマト苗（品種：‘ハウス桃太郎’）に、使用基準に従い希釈した脂肪酸グリセリド乳剤（商品名：サンクリスタル乳剤，希釈倍数500倍）および調合油乳剤（商品名：サフオイル乳剤，300倍）をハンドスプレーにて散布した。散布1日後または5日後のトマト苗を、透明プラスチックケース（7 cm × 7 cm × 10 cm）を2個連結した容器に一つ入れ、TYLCV (Is-M 愛知株) を保毒したタバコナジラミバイオタイプ B 成虫 10 頭を放虫した。放虫後、透明ケースは温度 25℃，日長 14L10D で管理した。反復は 10 回とした。放虫 3 日後、植物上に定位した成虫数を調査したのち、ケース内の成虫はすべて回収し、70% エタノールに液浸した。液浸した成虫のうち 16 頭は、1 頭ずつマイクロチューブ内に入れ、DNA 抽出試薬（PrepMan Ultra Regent, Applied Biosystems 製）を用いて全 DNA を得たのち、UEDA et al. (2005) に従い PCR 法にて TYLCV の保毒状況を調査し、保毒虫率を算出した。供試したトマト苗は透明プラスチックケース内で管理を継続し、放虫 40 日後にトマト黄化葉巻病の発病状況を調査した。

タバコナジラミ成虫の保毒虫率は、68.8% (11/16 頭) であった。散布 1 日後苗に放虫した試験では、脂肪酸グリセリド区と調合油乳剤区の供試植物に定位した成虫数は、無処理区と比較して少ない傾向にあるものの有意な差はなかった。一方、散布 5 日後苗に放虫した試験では、脂肪酸グリセリド区と調合油乳剤区の定位成虫数は、無処理区と比較して有意に少なかった（表-1）。トマト黄化葉巻病発病株率は、散布後日数に関係なく気門封鎖剤を散布した区で低い傾向にあり、調合油乳剤区と無処理区の間には有意な差が認められた（表-1）。

Spiracle-Blocking Insecticides Containing Fat and Oils Show a Prevention Effect to Some Major Pests and Disease on Tomato.

By Hirotsugu TSUEDA

（キーワード：気門封鎖剤，トマト，病害虫防除，油脂）

表-1 気門封鎖剤による TYLCV 媒介防止効果

散布後 日数	薬剤名	希釈 倍数	反復 n	定位成虫数 (頭/株)	発病株率 (%)
1	脂肪酸グリセリド乳剤	× 500	10	1.0 ± 1.1 a	20 ab
	調合油乳剤	× 300	10	0.3 ± 0.7 a	0 a
	無処理	—	10	1.7 ± 0.5 a	50 b
5	脂肪酸グリセリド乳剤	× 500	10	1.3 ± 0.8 a	40 ab
	調合油乳剤	× 300	10	1.2 ± 0.8 a	20 a
	無処理	—	10	3.8 ± 1.8 b	70 b

平均 ± 標準偏差。

定位成虫数は、平均 ± 標準偏差を示す。発病株率は、全反復から算出した。同一列の異なる英小文字間には有意差があることを示す（定位成虫数：Tukey 法、発病株率： χ^2 検定後、Bonferroni 法により有意水準を補正した $p < 0.05$ ）。

今回供試したタバココナジラミ成虫の TYLCV 保毒虫率は 68.8% と高く、成虫の移動はプラスチックケース内に限定されている。そのような中でも、気門封鎖剤を散布した区のトマト黄化葉巻病発病株率は、無処理区と比較して低い傾向にあり、調合油乳剤区では有意な差が認められた。気門封鎖剤を散布した区の定位成虫数は、無処理区と比較して少ない傾向にあり、処理 5 日後苗では有意差も認められた。これらのことから、気門封鎖剤の散布によりタバココナジラミ成虫がトマトに定位する時間が減少し、それに伴い吸汁時間が短縮したため、ウイルスの媒介が抑制されることが示唆された。

II トマト葉かび病、すすかび病に対する防除効果の検討

岐阜県農業技術センター内のパイプハウス内で発病したトマト罹病葉から分離した葉かび病菌 *Passalora fulva* とすすかび病菌 *Pseudocercospora fuligena* を供試した。葉かび病菌 (GF1614 菌株) は、PDA 培地にて培養し、平筆を用いて Tween80 を 0.1% 加えた滅菌水に分生子を懸濁させ、 5.2×10^5 cfu/1 ml に調整した。すすかび病菌は、場内で採集したトマト罹病葉を乾燥させたのち、Tween20 を 0.1% 加えた滅菌水に入れ、ボルテックスミキサーで激しく攪拌したのちガーゼでろ過し、 2.2×10^5 cfu/ml に調整した。

試験は、予防的効果と治療的効果を確認する手順で行った。予防的な試験では、まず脂肪酸グリセリド乳剤 500 倍液または調合油乳剤 300 倍液を、本葉が 5 枚程度展開したトマト苗（品種：‘ハウス桃太郎’）にハンドスプレーで散布した。対照には TPN 水和剤（商品名：ダコニール 1000）1,000 倍液を散布した。散布 24 時間後、前述の方法で得た葉かび病菌またはすすかび病菌の分生子懸濁液を葉から滴る程度噴霧接種した。風乾後、トマ

ト苗を透明プラスチック製衣装ケース（43 cm × 70 cm × 41 cm）に入れてフタをし、高湿度条件下で 24 時間管理して感染を促した。治療的な試験では、病原菌の噴霧接種後に衣装ケース内で 24 時間管理し、風乾後に供試剤の散布を行った。対照にはピラクロストロビン・ボスカリド水和剤（商品名：シグナム WDG）2,000 倍液を散布した。衣装ケースは温度 25℃、日長 14L10D で管理した。衣装ケースから出したトマト苗は、岐阜県農業技術センター内のガラス温室内で管理した。いずれの試験も 1 区 1 株とし、反復は 5 回とした。葉かび病は接種 27 日後に、すすかび病は接種 19 日後にすべての複葉につき、0：被害なし、1：発病面積 5% 未満、2：発病面積 5% 以上 25% 未満、3：発病面積 25% 以上 50% 未満、4：発病面積 50% 以上の 5 段階で発病複葉数を調査し、発病複葉率と発病度を算出した。

その結果、予防的試験における葉かび病は、TPN 水和剤区では発病が認められず、気門封鎖剤を散布した区では発病が認められた。脂肪酸グリセリド乳剤区の発病複葉率と発病度、調合油乳剤区の発病度は、無処理区よりも有意に低かった（表-2）。すすかび病は、TPN 水和剤区と調合油乳剤区では発病が認められず、脂肪酸グリセリド乳剤区では発病が認められた。気門封鎖剤を散布した区の発病複葉率は、無処理区と比較して有意に低かったが、発病度は差がなかった（表-2）。

治療的試験では、葉かび病、すすかび病ともに対照のピラクロストロビン・ボスカリド水和剤区では発病が認められず、気門封鎖剤を散布した区では発病が認められた（表-3）。脂肪酸グリセリド乳剤区と調合油乳剤区の発病複葉率は、無処理区よりも有意に低かった。気門封鎖剤を散布した区における葉かび病の発病度は無処理よりも有意に低かったが、すすかび病では差がなかった（表-3）。以上の結果から、供試した脂肪酸グリセリド乳剤と

表-2 気門封鎖剤の予防的処理における葉かび病およびすすかび病に対する防除効果

薬剤名	希釈 倍数	葉かび病		すすかび病	
		発病複葉率 (%)	発病度	発病複葉率 (%)	発病度
脂肪酸グリセリド乳剤	× 500	5.4 ± 7.4 a	1.8 ± 2.5 ab	8.0 ± 17.9 a	0.3 ± 0.6 a
調合油乳剤	× 300	12.0 ± 13.7 ab	4.0 ± 4.5 b	0 ± 0 a	0 ± 0 a
TPN 水和剤	× 1,000	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a
無処理	—	26.8 ± 12.4 b	8.9 ± 4.1 c	32.0 ± 13.9 b	1.6 ± 1.4 a

平均 ± 標準偏差, 発病度は全複葉 (5~7 枚/株) につき発病程度別に調査し, 以下の式に基づき算出した.

発病程度 0: 発病なし, 程度 1: 発病面積 5% 未満, 程度 2: 発病面積 5% 以上 25% 未満, 程度 3: 発病面積 25% 以上 50% 未満, 程度 4: 発病面積 50% 以上.

発病度 =
$$\frac{(\text{発病程度 1 の複葉数} \times 1 + \text{程度 2 の複葉数} \times 2 + \text{程度 3 の複葉数} \times 3 + \text{程度 4 の複葉数} \times 4)}{\text{調査複葉数} \times 4}$$

葉かび病試験の薬剤散布は 2019 年 5 月 8 日に, 菌接種は 5 月 9 日に実施した.

すすかび病試験の薬剤散布は 2019 年 11 月 5 日に, 菌接種は 11 月 6 日に実施した.

葉かび病は接種 27 日後, すすかび病は接種 19 日後に調査した.

同列の異なる英小文字間には, 有意な差があることを示す (発病複葉率: χ^2 検定後, Bonferroni 法により有意水準を補正した, 発病度: Tukey の多重検定, $p < 0.05$).

表-3 気門封鎖剤の治療的処理における葉かび病およびすすかび病に対する防除効果

薬剤名	希釈倍数	葉かび病		すすかび病	
		発病複葉率 (%)	発病度	発病複葉率 (%)	発病度
脂肪酸グリセリド乳剤	× 500	12.0 ± 26.8 b	4.0 ± 8.9 a	7.3 ± 10.1 a	0.5 ± 0.7 a
調合油乳剤	× 300	12.5 ± 12.5 b	4.0 ± 4.2 a	6.7 ± 9.1 a	0.4 ± 0.7 a
ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤	× 2,000	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a	0 ± 0 a
無処理	—	30.5 ± 15.5 c	8.9 ± 4.1 b	32.0 ± 13.9 b	1.6 ± 1.4 a

葉かび病試験の菌接種は 2019 年 5 月 9 日に, 薬剤散布は 5 月 10 日に実施した.

すすかび病試験の菌接種は 2019 年 11 月 6 日に, 薬剤散布は 11 月 7 日に実施した.

葉かび病は接種 27 日後, すすかび病は接種 19 日後に調査した.

発病度の算出, 有意検定等については表-2 を参照.

調合油乳剤は, 化学農薬には劣るものの, 葉かび病とすすかび病に対する防除効果を有することが示唆された.

III 栽培施設における実用性検討

上記試験を通じて, 脂肪酸グリセリド乳剤と調合油乳剤は, トマト黄化葉巻病, トマト葉かび病, トマトすすかび病に対する防除効果が示唆された. 現在, これらの薬剤はコナジラミ類, トマトサビダニ, うどんこ病等に登録を持つことから, 多くのトマト重要病害虫に対する効果が期待できる. そこで, 気門封鎖剤のみの防除効果を検討するため, 岐阜県就農支援センターのトマト温室で実用性試験を行った. 供試温室は, 面積 1,728 m², 軒高 3 m のダッチライト型 6 連棟温室で, 壁面開口部を目合い 0.4 mm の防虫ネット (商品名: サンサンネット ソフライト SL2700, 日本ワイドクロス株式会社製) で被覆するとともに, 開口部付近の施設内外には黄色粘着ロール (商品名: バグスキャンロール) を設置した. 入り口には前室があり, 前室内にも黄色粘着板を設置した (図-1). トマト (品種: '桃太郎ネクスト') は岐阜県方

式独立ポット耕栽培システム (安田ら, 2008) により 34~36 m の栽培ベンチ 24 列で栽培した. 定植は 2019 年 8 月 6 日に行った. ベンチ上 0.8 m と 1.8 m の位置に黄色粘着板 (商品名: スマイルキャッチ, 出光興産株式会社製) を 1 m 間隔で設置した. 西端の栽培ベンチ 1 列 (177 株) を試験区とし, それ以外は対照区として慣行防除を行った. 対照区では, 西端から 3 列目の栽培ベンチ 1 列で, タバココナジラミ, うどんこ病, 葉かび病, すすかび病およびトマトサビダニの調査を行った. 試験区, 対照区ともに, ジノテフラン粒剤を 8 月 7 日に株元散布した. その後, 試験区には 8 月 19 日から約 14 日間隔で調合油乳剤 300 倍液を背負い式電動動力噴霧器 (MS2200BLi-15, 丸山製作所製) にて散布した. 試験区および対照区の農薬使用歴は, 表-4 の通りである.

栽培ベンチの北端, 南端および中央付近の連続する 10 株を対象に, 各株の中位 5 複葉に寄生するタバココナジラミ成虫数と老齢幼虫数を調査した. また, ベンチ 1 列の全株につきうどんこ病, 葉かび病およびすすかび病の発病複葉数と小葉数, トマトサビダニ被害株数を調

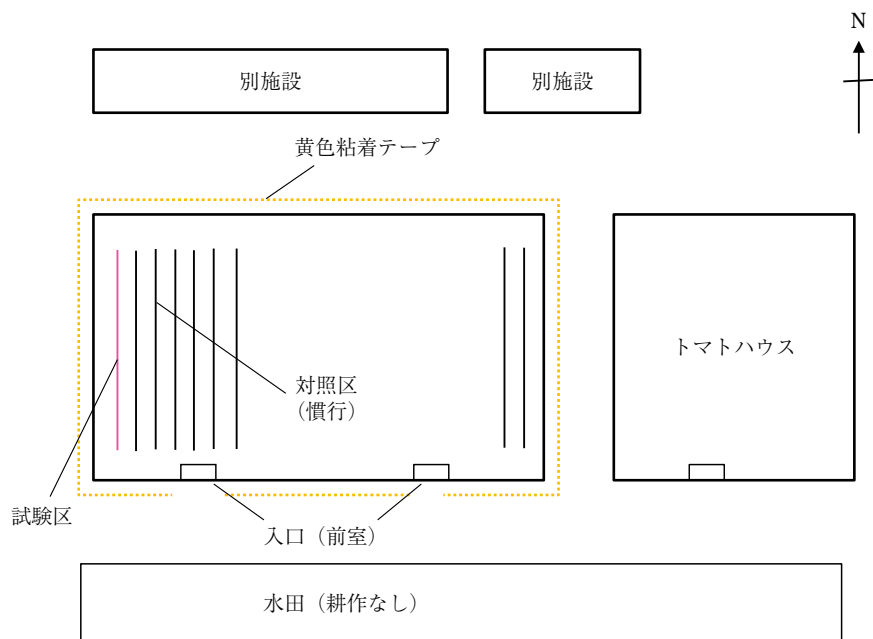


図-1 供試温室の概要

表-4 試験区および対照区における農薬使用履歴

試験区		対照区		
処理日	薬剤名	処理日	殺虫剤	殺菌剤
2019年 8月 7日	ジノテフラン粒剤	8月 7日	ジノテフラン粒剤	
8月 19日	調合油乳剤	8月 27日	ニテンピラム水溶剤	
9月 2日	〃	9月 11日	レピメクチン乳剤	TPN 水和剤
9月 17日	〃	9月 27日	ミルベメクチン乳剤	イミノクタジナルベシル酸塩水和剤
10月 1日	〃			
10月 5日	〃	10月 11日	スピネトラム水和剤	キャプタン水和剤
10月 29日	〃	10月 29日	エマメクチン安息香酸塩乳剤	TPN 水和剤
11月 12日	〃	11月 15日	フロメトキン水和剤	フルジオキシニル水和剤
11月 26日	〃	12月 3日	スピロメシフェン水和剤	イミノクタジナルベシル酸塩水和剤
12月 10日	〃	12月 20日	調合油乳剤	フェンピラザミン水和剤
12月 24日	〃			
延べ成分数*	11 (1)	殺虫剤 9 (8), 殺菌剤 7 (7), 計 16 (15)		

* : () 内の数字は化学農薬成分数を示す。

査した。トマト黄化葉巻病の発病株数は、試験区ではベンチ 1 列の、対照区では 11 列の全株（1,903 株）について見取り調査した。調査は 2019 年 9 月 2 日から約 7 日間隔で行った。

タバココナジラミ成虫は、試験区では調査開始当初から認められたものの、徐々に減少して 10 月 29 日以降認められなかった。一方、対照区では調査開始当初は認め

られなかったが、9 月 24 日以降 150 小葉当たり 2 頭程度の成虫が 11 月下旬まで安定的に認められた（図-2）。タバココナジラミ老齢幼虫は、試験区では 150 小葉当たり 1～2 頭が散発的に認められた（図-2）。一方、対照区では 10 月 15 日～11 月 12 日にかけて 150 小葉当たり 10 頭以上の老齢幼虫が恒常的に認められ、その後一時的に減少したものの 12 月 2 日～17 日にかけて再び 10 頭程

表-5 トマト温室における各種病害の発生状況

	トマト黄化葉巻病	すすかび病		うどんこ病	
	発病株率 (%)	発病株率 (%)	発病小葉数	発病株率 (%)	発病小葉数
試験区	1.1 a (2/177)	1.1 a (2/177)	2	3.4 b (6/177)	6
対照区	0.9 a (17/1903)	1.7 a (3/177)	3	0 a (0/177)	0

トマト黄化葉巻病発病株率は、12月11日時点の結果。

すすかび病とうどんこ病の発病株率および発病小葉率は最多発病時のものであり、それぞれ2019年9月17日および12月10日調査の結果。

同列の異なる英小文字間には、有意な差があることを示す (χ^2 検定, $p < 0.05$)。

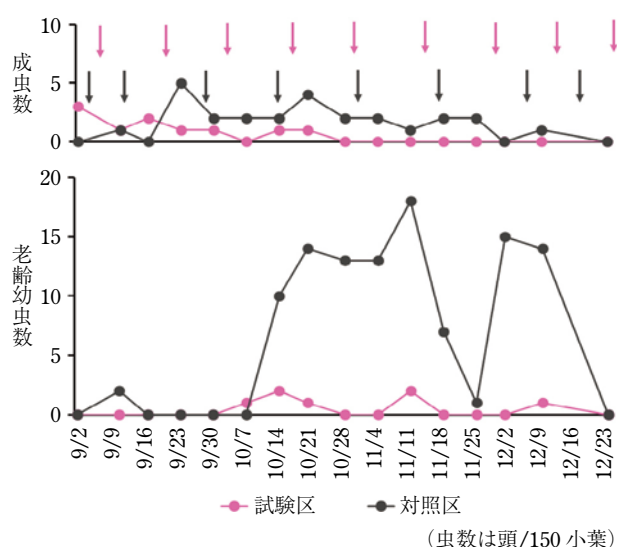


図-2 タバコナジラミ成虫数(上)と老齢幼虫数(下)の推移
注) 図上部の下矢印は、薬剤散布日を示す。
↓: 試験区, ↓: 対照区。

度の幼虫が認められた(図-2)。12月10日時点のトマト黄化葉巻発病株率は、試験区では1.1%、対照区では0.9%であり、差はなかった(表-5)。すすかび病は、両区で認められた。最多発病時の発病株率は、試験区で1.1%、対照区で1.7%と差がなく、発病小葉数はそれぞれ2および3であった(表-5)。うどんこ病は、対照区では認められなかったが、試験区では11月以降に認められ、最多発病時の発病株率は3.4%、発病小葉数は6であった(表-5)。トマトサビダニによる被害、葉かび病および灰色かび病は、両区ともに調査期間を通じて認められなかった。その他の病害虫では、ハスモンヨトウ若齢幼虫が試験区で2頭認められたが、対照区では認められなかった。これらのことから、調合油乳剤14日間隔散布

により現地に近い栽培条件下でもトマトの主要病害虫の発生を抑制でき、その防除効果は慣行防除と大きな差がないと考えられた。一方、今回の供試温室ではタバココナジラミの侵入対策と侵入した成虫の捕殺を実施している。さらに、高軒高の温室内は高湿度になりやすく、病害の抑制に寄与していると思われる。したがって、今回の結果は供試した温室内の環境条件の影響を受けていると考えられ、病害虫が発生しにくい環境が十分に整備されていない施設では防除効果が低くなる可能性がある。

おわりに

本研究を通じ、脂肪酸グリセリド乳剤と調合油乳剤は、トマトの数種病害にも防除効果があり、定期的に散布することでトマトの主要病害虫の発生を抑制できることが示唆された。しかし、十分な防除効果を得るには病害虫が発生しにくい環境の整備が必須であると考えられる。また、気門封鎖剤は薬液が付着した箇所ではしか効果が期待できないため、葉裏にも十分な薬液がかかるようていねいに散布する必要がある。これらの薬剤は使用回数に制限がなく、有機栽培でも利用可能であることから、化学合成農薬の大幅な削減につながると考えられる。一方、気門封鎖剤の糸状菌病害に対する作用機作は不明であり、今後詳細に検討する必要がある。

引用文献

- 1) 日本植物防疫協会(編)(2016): 農薬ハンドブック 2016年版, 東京, 1089 pp.
- 2) 杖田浩二(2019): 応動昆 63: 155~162.
- 3) UEDA, S. et al. (2005): J. Gen. Plant Pathol. 71: 319~325.
- 4) 安田雅晴ら(2008): 岐阜農技七研報 9: 11~16.

研究 報告

早期落葉の原因となるダイズ褐色輪紋病の 発生生態と防除対策

山口県農林総合技術センター すみだ 角田 佳則・西見 かつおみ 勝臣

はじめに

2017年の秋季に山口県内のダイズ栽培圃場（品種は主として‘サチユタカ’）において、例年より約1か月以上早く、9月下旬ころから落葉し、収量や品質が低下する事象が多発生した。圃場によっては収穫皆無となる場合もあり、現地から落葉の原因解明と対策技術の確立が緊急の研究課題として要望された。2017年10月の現地調査においては、落葉した株から、*Corynespora* 属菌、*Fusarium* 属菌、*Alternaria* 属菌等様々な病原性が疑われる糸状菌が観察されるものの、いずれの糸状菌についても現地で観察されたような激しい落葉について記載された資料は見つからず、原因の特定に至らなかった。そのため、2018年度から研究に着手し、現地の被害株から病原となる糸状菌を分離し、病徴の再現を試みるとともに、生態の解明や防除技術に関する若干の知見を得たので報告する。

I 落葉原因の特定と症状の再現

1 現地圃場の実態調査

現地における早期落葉の兆候は、2018年においては9月下旬から県内各地で圃場内の坪枯れ状態あるいは褐変葉の全面発生として認められた（図-1）。褐変葉には、不定形の小斑点や輪紋を伴う大型斑点が認められ、癒合して枯損していた（図-2）。それらの株には葉の症状のほか、葉柄や主茎、莢等に黒褐色の小斑点が無数に認められた。また、葉柄の基部は褐変し、その後離層が形成され落葉する現象が観察された（図-3）。病斑上には湾曲した大型の分生胞子が形成されていた（図-4）。9月下旬に褐変葉が認められた被害株では、10月中旬にはほとんどの葉が落葉した。圃場によっては、症状の発生はha単位に及ぶ場合もあり、被害は甚大であった。



図-1 坪枯れ状（上）および全面発生（下）の状況



図-2 葉に形成された病斑

Infection Mechanism and Control Measures for Target Spot by *Corynespora cassiicola* that Causes Premature Defoliation in Soybean Cultivation. By Yoshinori SUMIDA and Katsuomi NISHIMI

（キーワード：ダイズ褐色輪紋病，早期落葉，発生生態，防除対策）



図-3 莢の小斑点と葉柄基部の褐変（左）と葉柄の折損（右）



図-4 分生孢子（左）とその発芽（右）

2 病原糸状菌の分離と病原性の確認

県内各地の圃場の被害株について、葉柄基部や莢から組織分離法によって糸状菌を分離し、PDA平板上で孢子を形成した87菌株のダイズに対する病原性を確認した。1/5,000 aポットに播種し育苗した4~5葉期のダイズ品種‘サチユタカ’に、平板培地上の菌叢を洗い出して得た孢子懸濁液を噴霧接種して25℃ 24時間湿室処理後、ガラス温室内で観察した。その結果、1週間後には19菌株が、接種葉に黄色のハローを伴う褐色の斑点を、葉柄や莢に赤褐色の斑点を生じ、ダイズに対し病原性を示すことが確認された（図-5）。菌株の採集地によっては、菌株ごとの発病程度に差が認められたものの、いずれの場合も約20日後には黄化し、30日後には落葉して、病斑上に接種菌と同様の分生孢子の形成が認められた。本菌は分生孢子的形態などから *Corynespora cassiicola* (Berkeley et Curtis) Wei であり、病害はダイズ褐色輪紋病と考えられた。

3 圃場における症状の再現

分離されたダイズ褐色輪紋病菌が、如何にして現地圃場で観察されたような症状の拡散を引き起こすのかを確



図-5 接種によって葉に形成された病斑

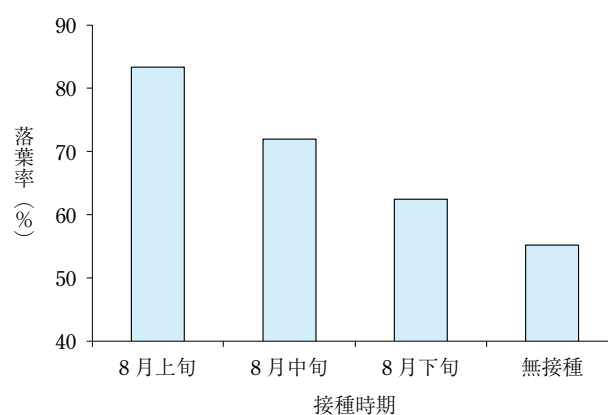


図-6 接種株の植え込み（接種）時期と10月中旬の落葉率

認するため、2019年に山口市の農林総合技術センター内圃場で接種試験を行った。ダイズ品種‘サチユタカ’を6月上旬に圃場とポット（2本仕立て）に播種しておき、8月上・中・下旬の3回、ポットに 3×10^4 個/mlの分生孢子懸濁液を接種して25℃ 24時間湿室処理後、約10m²に1ポットの割合で圃場に植え込んで発生源とし、その後の発病状況と落葉数を調査した。接種は、前年に分離した保存株をV8ジュース寒天培地で1週間平板培養し、菌叢をスパチュラで圧延後、28℃のふ卵器内でBLBを12時間おきに間欠照射しながら孢子を形成させ、乾燥後に冷蔵保存したものを用いた。接種時には形成した分生孢子を洗い出し、複数菌株を混合して用いた。その結果、植え込み株からの感染による周辺株の発病は8月上旬接種で8月下旬から9月上旬に見られるようになり、9月下旬に下位葉の落葉を確認した。8月上旬接種区では、10月中旬には生理的落葉を含め85%が落葉し、現地と類似の症状が再現された（図-6）。なお、接種時期が遅いほど落葉は少なく、2半旬ごとに約10%程度低下し、無処理は55%であった。このことから、10月に激しい落葉が生じるには、8月上旬の1次感染と8月中

～下旬にかけての2次感染が必要と推察された。

II ダイズ褐色輪紋病菌の生態に関する検討

本病の発生生態について調査するため、以下の各試験を実施した。試験は、すべて各処理当たり3反復で行った。

1 病原菌の生育適温

ダイズ褐色輪紋病菌の生育好適温度を確認するため、2019年に現地圃場から罹病葉を採集し、病葉上の分生子を単孢子分離して得た27菌株を用い、平板培養後5mm径に打ち抜いたディスクをPDA平板上に置床した。15～35℃の範囲の5℃刻みでPDA平板上の菌を培養し、1週間後の菌糸の伸長程度を測定したところ、生育好適温度は29℃程度で、高温を好む病原菌と考えられた(図-7)。

2 ダイズへの感染に必要な温度と濡れ時間

本菌の宿主への感染に好適な温度と濡れ時間を明らかにするため、温度を15～30℃の間で5℃刻みに設定した

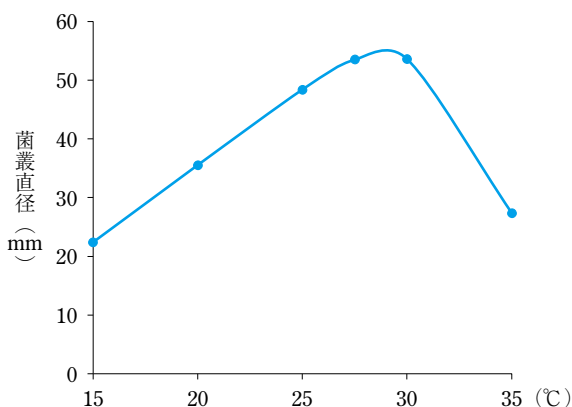


図-7 褐色輪紋病菌の生育適温(平均値)

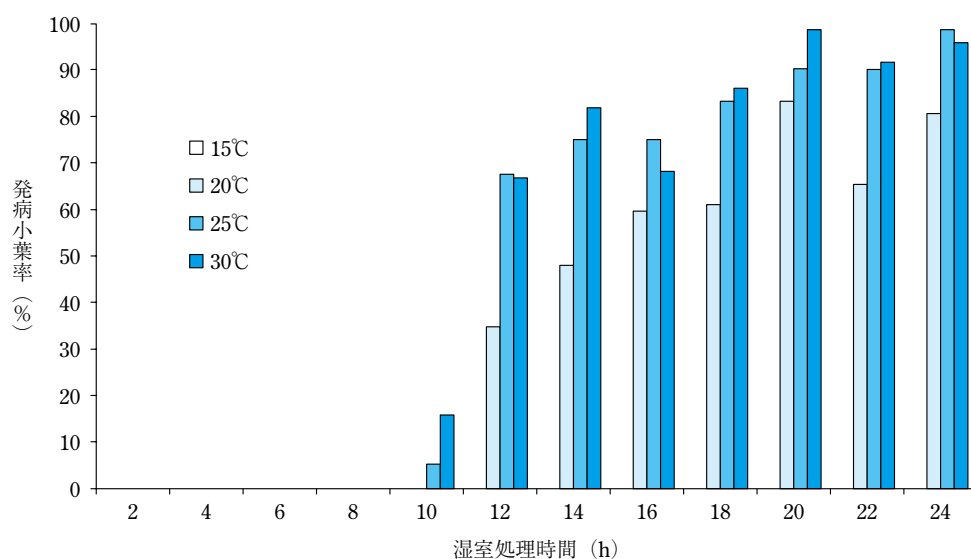


図-8 湿室処理の温度と時間(濡れ時間)が発病に及ぼす影響

恒温接種箱を用いて接種試験を行った。1処理当たり4～5葉期の‘サチユタカ’(2本仕立て)3ポットを供試し、II章1節と同様の菌株を用いてI章3節の手法で得た孢子懸濁液を 3×10^4 個/mlの濃度で噴霧接種後、湿室処理した。湿室処理開始から24時間後まで2時間ごとにポットを取り出してガラス温室内に移し、1週間後の発病小葉率を調査した。その結果、本菌は25℃および30℃では10時間後から、20℃では12時間後から感染が認められ、いずれの温度でも若干の振れはあるものの24時間後まで発病小葉率が増加する傾向が認められた(図-8)。しかし、15℃では感染は認められなかった。これらのことから、本菌は夏季に雨が多かった場合にまん延することが予想された。

3 病原菌に対するダイズ品種の感受性

山口県内の主要品種である‘サチユタカ’とその他品種の感受性の違いを把握するため、2019年の奨励品種決定試験に供された11品種・系統を用い、II章2節と同様の分生孢子懸濁液を接種後25℃24時間湿室処理し、1週間後の発病小葉率および1小葉当たりの病斑面積率を比較した。その結果、すべての品種・系統で感染が認められたが、発病小葉率、病斑面積ともに品種・系統間差がみられ、本菌に対する感受性は大きく異なることが示された。‘サチユタカ’や‘フクユタカ’は比較的感受性が高く、感受性の低い‘育成系統B-1’のような系統も存在することが明らかになり、今後の品種選定を行う上で参考となるデータが得られた(表-1)。

4 県内産病原菌の宿主範囲の検討

病原菌である*C. cassiicola*が、ダイズ以外の植物にも病原性を示すことは、挟間ら(1993b)、下元(2013)な

どいくつか既に報告されている。そこで、県内のダイズから分離した菌の宿主範囲について、手元にあった作物種子を用いて接種試験を行った。供試植物には、表-2

表-1 供試品種・系統の発病程度

品種・系統名	発病小葉率 (%)	病斑面積率 (%)
サチユタカ	85.7	9.7
サチユタカ A1	89.3	14.0
シュウレイ	77.4	3.2
フクユタカ	80.6	7.1
フクユタカ A1	85.7	9.4
星のめぐみ	90.2	4.4
育成系統 A	85.7	10.2
育成系統 B-1	57.1	0.6
育成系統 B-2	65.1	1.6
育成系統 B-3	63.3	1.8
育成系統 C	73.2	4.2

表-2 ダイズから分離された *Corynespora cassiicola* の各種作物に対する病原性

科	属	種・変種	品種	感染の ^{a)} 有無
マメ科	ダイズ属	ダイズ	サチユタカ	++
	インゲンマメ属	インゲンマメ	モロッコ	++
	ササゲ属	ササゲ	三尺けごんの滝	-
ウリ科	キュウリ属	キュウリ	鈴成四葉	+
			SHARP-1	-
			ZQ-7	-
			グリーンテックス	-
		メロン	ニューメロン	+
			プリンスメロン	+
	スイカ属	スイカ	羅皇	-
			クールチャージ	+
			シュガームーン	-
			でかうま	-
	カボチャ属	カボチャ	コリンキー	-
ナス科	ナス属	ナス	千両2号	++
		トマト	ハウス桃太郎	-
	トウガラシ属	ピーマン	京波	-
シソ科	シソ属	シソ	青ちりめんシソ	-

a) : ++ ; 子葉～第3葉のいずれかに褐色斑点型病斑を生じたもの。
+ ; 子葉～第3葉のいずれかに白色斑点型病斑を生じたもの。
- ; 変化の認められなかったもの。

に示すようにマメ科、ウリ科、ナス科、シソ科の4科9属11種・変種の18植物を用い、温室内で9cmポットに播種後3～4本葉に育成して接種を行った。接種条件はII章3節と同様で、接種1週間後の発病を調査した。その結果、ダイズ以外にインゲンマメの‘モロッコ’とナスの‘千両2号’に褐色斑点を生ずる比較的強い病原性を示し、キュウリの‘鈴成四葉’とメロンの‘ニューメロン’と‘プリンスメロン’、スイカの‘クールチャージ’に白色斑点を生じ、感染することが確認された。本試験では、接種菌に混合菌を使用しているため、すべての菌が同一の傾向を示す保証はなく、また他作物が感染源になるとも言えないが、ダイズ分離菌の中に他作物への病原性を有するものが存在することは確かであり、注意が必要と考えられる。

5 病原菌の種子伝染の確認

本病原菌は圃場において葉、葉柄、茎のいずれにも病斑を形成するだけでなく、莢にも濃褐色斑点を生じ、収穫前の菌の分離も可能である。そのため、莢に侵入した病原菌は種実にも感染し越冬している可能性がある。そこで、2019年にI章3節の試験において接種発病させたダイズを11月7日に収穫後、選別した見かけ健全ダイズ種子を用いて、2020年3月に病原菌の越冬を調査した。供試種子を70%エタノールに30秒間浸漬したものと、その後1%のアンチホルミンに3分間浸漬したものを、それぞれ滅菌水で洗浄、風乾後、約200ppmのストレプトマイシンを加えた素寒天平板培地に1シャーレ当たり4粒置床し、25℃で培養して1週間後に調査を行った。調査では、発生した糸状菌をかき取り、光学顕微鏡で胞子の形成を確認した。その結果、表-3に示すように、見かけ健全なダイズ種子でも、エタノール消毒のみの場合は30%以上の粒で何らかの糸状菌が検出され、全粒の4%からは *C. cassiicola* の胞子が検出された。また、アンチホルミンで追加消毒した場合でも、全粒の2%は本病原菌の胞子が検出され、子実の内部に保菌している可能性が示唆された。なお、同じ見かけ健全種子を50穴の育苗トレイに播種したところ、生じた子葉の

表-3 見かけ健全ダイズ種子における *Corynespora cassiicola* の検出

処理	処理粒数	糸状菌の 検出割合 (%)	<i>C. cassiicola</i> の 胞子の検出割合 (%)
エタノール消毒のみ	200	36.5	4.0
エタノール+アンチホルミン消毒	400	11.3	2.0

表裏には褐色病斑が認められ、病斑部から本病菌が分離できた。また、2020年6月11日にセンター内の圃場および1/5,000 aポットに同一種子を播種したところ、7月16日に圃場とポットの両方で初生葉の落葉と第1本葉における褐色輪紋病の病斑形成および病斑上での分生胞子の形成を確認した。*C. cassiicola*の種子伝染は、挟間ら(1993a; 1993b)によってキュウリで報告されているが、ダイズにおいても種子を介して本圃の成植物に伝染すると想定された。このことから、発病した圃場からの採種は避けることが肝要であり、やむを得ず種子として使用する場合には、種子消毒などの対応策を検討する必要があると考えられた。

6 被害残渣での越冬の確認

本病原菌が被害残渣で越冬できるか否かを確認するため、I章3節の試験で接種発病させたダイズの残渣を、2019年11月の収穫時にタマネギ用の網袋に入れ、作業舎の通路で吊り下げて自然乾燥させたものを用いて試験を行った。2020年7月に残茎を5cmに切断し、50g当たり500mlの蒸留水を加えてブレンダーで胞子を洗い出し、 $2\sim3\times10^2$ 個/mlの胞子懸濁液を得た。この液をポット栽培した5葉期の‘サチユタカ’にそのまま噴霧接種する区と3,000rpmで10分間遠沈して $2\sim3\times10^3$ 個/mlに濃縮して接種する区、残渣を再度水道水で洗浄した後、ダイズの株上に設置したネットの上に静置し、温室処理して胞子を形成させ接種する区を設けた。温室処理時間は、噴霧接種では24時間、頭上残渣の胞子形成では24~96時間まで24時間ごとおよび1週間とした。その結果、表-4に示すように、洗い出した胞子では濃縮の有無にかかわらず発病は少なかったが、温室処理72時間以上の処理で、残渣上に形成させた胞子から感染させた場合、発病小葉率、病斑面積率ともに高くなり、新たに形成された胞子は強い病原力を持つことが示唆され

た。このことから、本病の被害残渣については、乾燥状態では病原菌が容易に越冬するため、収穫後に焼却などを含め何らかの方法で処分するか、次年度の栽培圃場には持ち込まないようにすることが必要と考えられた。

III 薬剤防除のための対策試験

1 各種薬剤に対する病原菌の培地上での感受性検定

県内各地の圃場のダイズから2018年に組織分離法によって得た菌株のうち、病原力の強い6菌株を用い、ダイズ紫斑病などに登録がある9薬剤を供試して、培地上での菌糸伸長抑制能を調査した。薬剤の濃度は登録実用濃度の範囲で希釈倍率の高い濃度とした。基本培地はPDA平板とし、薬剤の添加は培地の温度が50℃以下になってから行った。アゾキシストロビン20%フロアブルは、検定薬剤のほかに、ジメチルスルホキシド(DMSO、培地中の最終濃度が0.25%になる量)に没食子酸n-プロピルを最終濃度が4mMになるように溶解し、同時に添加した。その他の薬剤については、薬剤のみを目標濃度になるように加えた。また、対照として薬剤無添加の培地を作成して供試した。供試菌株は平板培養後、直径5mmのコルクボーラーで打ち抜き、検定培地3枚に置床した。25℃で5日培養後に菌叢の直径を計測し、平均菌糸長と無処理の菌叢の伸びに対する抑制率を求めた。結果は表-5に示すように、ベノミルまたはチオファネートメチルを含有する薬剤の菌糸伸長抑制率が最も高く、アゾキシストロビン剤、イプロジオン剤等の抑制率がそれに次いだ。なお、本試験では薬剤耐性については確認できなかったが、同じ*C. cassiicola*の病害であるキュウリ褐斑病では挟間・佐藤(1996)がベンゾイミダゾール系剤で、ナス黒枯病では下元ら(2009)が、ベンゾイミダゾール系剤およびQoI剤で薬剤耐性菌の発生を報告しており、将来的には、ダイズ褐色輪紋病菌

表-4 被害残渣での病原菌の越冬の確認

処理	発病小葉率 (%)	小葉当たりの病斑面積率 (%)
残渣洗液 (胞子濃度 $2\sim3\times10^2$ /ml) 噴霧接種 24時間温室処理	21.5	0.3
濃縮洗液 (胞子濃度 $2\sim3\times10^3$ /ml) "	32.2	0.3
洗浄残渣を植物の頂上の網に静置し 24時間温室処理	22.8	1.8
" 48時間 "	42.6	2.1
" 72時間 "	90.7	10.8
" 96時間 "	94.4	14.3
" 1週間 "	100	28.8
無処理	0	0

表-5 各種薬剤のダイズ褐色輪紋病菌に対する菌糸伸長抑制率

薬剤名	使用濃度 (倍)	菌糸伸長抑 制率 (%) ^{a)}
ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤	1,000	100
チオファネートメチル水和剤	1,500	100
ベノミル水和剤	2,000	100
アゾキシストロビン 20%フロアブル	3,000	89.6
イプロジオン水和剤	1,000	86.8
テブコナゾールフロアブル	2,000	86.5
シメコナゾール水和剤	2,000	80.5
イミノクタジナルベシル酸塩フロアブル	1,000	76.5
ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN 顆粒水和剤	1,000	60.5

^{a)} 抑制率は供試 6 菌株の平均値。

表-6 ダイズ褐色輪紋病菌の接種前または接種後の薬剤散布の効果

薬剤名	処理濃度 (倍)	処理時期	2019 年 4 月試験			2019 年 7 月試験		
			発病小葉 率 (%)	発病度	防除価 ^{a)}	発病小葉 率 (%)	発病度	防除価 ^{a)}
チオファネートメチル水和剤	1,000	接種前	4.5	1.0	95.6	29.6	3.8	51.7
		〃 後	55.1	11.3	25.8	63.5	6.8	18.9
ベノミル水和剤	1,000	〃 前	1.5	0.3	98.7	30.5	4.0	49.2
		〃 後	43.0	7.7	49.6	61.0	6.2	26.5
ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤	1,000	〃 前	0	0	100	39.7	4.7	40.5
		〃 後	22.5	3.9	74.2	52.3	6.0	28.8
ジエトフェンカルブ・ベノミル水和剤	1,000	〃 前	—	—	—	21.7	3.2	59.8
		〃 後	—	—	—	30.5	4.0	52.0
アゾキシストロビンフロアブル	2,000	〃 前	22.7	4.9	78.6	60	5.8	26.5
		〃 後	70.1	14.7	3.6	57.9	6.1	27.3
マンデストロビンフロアブル	2,000	〃 前	13.5	2.6	88.8	31.7	4.1	47.7
		〃 後	59.8	11.0	27.6	32.3	4.3	48.5
ピリベンカルブ顆粒水和剤	2,000	〃 前	13.6	4.4	80.9	41.0	4.9	38.1
		〃 後	59.7	12.3	19.2	45.2	5.2	37.7
ベンチオピラドフロアブル	2,000	〃 前	0.8	0.3	98.6	—	—	—
		〃 後	58.5	11.8	22.6	—	—	—
ピラジフルミドフロアブル	2,000	〃 前	—	—	—	41.7	4.9	37.9
		〃 後	—	—	—	45.2	5.2	37.7
テブコナゾールフロアブル	2,000	〃 前	18.4	3.5	85.0	81.5	6.6	16.1
		〃 後	44.0	9.1	40.0	75.4	7.7	8.2
シメコナゾール水和剤	1,000	〃 前	64.8	13.7	40.9	70.2	6.8	13.8
		〃 後	81.1	19.6	0.0	74.6	8.3	1.2
イミノクタジナルベシル酸塩フロアブル	1,000	〃 前	17.4	3.2	86.1	71.4	6.6	16.8
		〃 後	76.6	18.9	0.0	66.7	7.2	13.5
ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN 顆粒水和剤	1,000	〃 前	4.9	0.9	95.9	28.3	3.8	51.4
		〃 後	67.1	15.0	1.6	61.7	6.2	25.5
イプロジオン水和剤	1,000	〃 前	3.7	0.9	96.3	60.4	5.8	26.5
		〃 後	56.9	11.3	25.5	58.9	6.8	19.1
無処理		〃 前	93.5	23.1		89.4	7.9	
		〃 後	89.7	15.2		78.3	8.4	

^{a)} 防除価は発病度から算出した。

においても耐性菌の発生が懸念される。

2 ポット栽培ダイズを用いた接種条件下での薬剤の効果

有効薬剤の絞り込みのため、2019年に1/5,000 aポットで栽培した4～5葉期の‘サチユタカ’（2本仕立て）を用い、接種条件下で効果判定試験を実施した。発病には、II章2節で用いた接種源と同様の胞子懸濁液を調製・接種し、25℃ 24時間温室処理を行った。試験は4月と7月の2回実施し、薬剤にはダイズ紫斑病などに登録のある14剤を登録内容に準じた濃度で調製し、予防的効果と治療的効果を想定して、接種前と接種後（24時間温室処理後）にそれぞれ散布する区を設けた。処理はそれぞれ3反復し、薬剤散布時期ごとの無処理区を設けた。散布2週間後に、発病小葉率を求めるとともに、小葉ごとの病斑面積率を調査し、6段階の発病程度基準（A：病斑面積率50%以上、B：25～49%、C：5～24%、D：1～4%、E：0.9%以下、F：発病なし）に分類した。調査結果より、 $(5A + 4B + 3C + 2D + E) / (5 \times \text{調査葉数}) \times 100$ の式で発病度を求め、無処理と比較して防除価を算出した。結果は表-6に示すように、ベノミルまたはチオファネートメチルを含有する薬剤の効果が高く、特に予防効果に優れていた。また、ストロビルリン系薬剤やペンチオピラドやピラジフルミド等のSDHI剤も比較的效果が高く有望と考えられた。

3 種子消毒剤の効果の検討

本病の種子伝染が明らかになったため、ダイズに既登録の種子消毒剤の効果について、II章5節と同じ接種圃場から採取した見かけ健全種子を用いて2020年4月に試験を行った。薬剤は200gの種子に対し、紫斑病に対する使用基準（ベノミル水和剤のみダイズ黒根腐病が対

象）に従って、各薬剤を粉衣または塗沫処理した。処理済み種子は各薬剤とも50穴の育苗トレイ2枚に播種し、ガラス温室内で2週間育苗後、子葉の褐変を対象に発病を調査した。調査基準は、A：子葉の表裏（種子表面および内部）に病変が認められるもの、B：子葉の裏面（種子表面）のみに病変が認められるもの、C：健全なものとし、発病株率および発病子葉率を求めるとともに $(2A + B) / 2(A + B + C) \times 100$ の式で発病度を算出し、無処理と比較して防除価を求めた。その結果、表-7に示すように、ベノミルまたはチオファネートメチルを含有する薬剤やチウラム剤で比較的高い防除効果が認められた。ただし、本試験で用いた種子は接種植物から得たものではあるが、II章5節で示したように、複数種の糸状菌が検出されており、子葉褐変の原因は褐色輪紋病菌によるものと言い切れないため、効果は参考値として捉える必要がある。正確な効果差を判断するには、標的菌のみが感染した種子を準備するか、調査時に褐変部分からの菌の分離を行って確認するなどの操作を加え、再試験が必要と考えている。

おわりに

ダイズ褐色輪紋病菌が葉に感染し、病斑を形成した後落葉に至ることは、倉田（1960）が述べている。しかし、収穫皆無になるほど激発する症状は、確認されていなかったのではなかろうか。本県においては、発病株から褐色輪紋病菌は検出されるが、本病原菌のみで被害が生じたと断ずることができず、再現試験を含めた一連の試験を行う必要が生じた。検討の結果、現地圃場の罹病植物から得られた病原菌を接種した株を8月上旬に圃場に持ち込むことによって、10月の早期落葉を再現すること

表-7 ダイズ褐色輪紋病菌の保菌種子に対する種子消毒剤の効果

薬剤名	処理量	処理方法	発病株率 (%)	発病子葉率 (%)	発病度	防除価 ^{a)}
チオファネートメチル水和剤	乾燥種子重量の0.5%	粉衣	67	51.5	33	41.6
チウラム・チオファネートメチル水和剤	乾燥種子重量の0.5%	種子粉衣	62	46	29.5	47.8
ジェトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤	乾燥種子重量の0.5%	種子粉衣	61	47	28.5	49.6
ベノミル水和剤	乾燥種子重量の0.5%	種子粉衣	51	39	25.3	55.3
チウラム・ベノミル水和剤	乾燥種子重量の0.4%	種子粉衣	53	36.5	22.3	60.6
チウラムフロアブル	乾燥種子1kg当たり20ml	塗沫	67	52	33	41.6
チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシル水和剤	乾燥種子1kg当たり8ml	塗沫	76	60.5	41.5	26.5
イミノクタジナルベシル酸塩水和剤	乾燥種子重量の0.5%	種子粉衣	67	54	40.3	28.8
無処理			89	81	56.5	

^{a)} 防除価は発病度から算出した。

ができた。本病の激発が顕在化するに至った原因は十分に解明されたとは言えないが、圃場から分離された病原菌が高温を好み、25℃以上の温度での濡れ時間が発病を促進することから、近年の温暖化や多雨等の異常な気象が背景にある可能性がある。また、本病原菌のダイズへの病原性には品種間差がある一方、属が異なる宿主にも病原性を示すことが明らかになった。さらに種子伝染し、乾燥条件下の罹病組織上での越冬が確認され、耕種防除の観点から今後解決すべき課題が浮き彫りになった。今後は、被害残渣の適切な処理法などの具体的な対策について、有効性の確認を行う必要がある。薬剤防除では、いくつかの有効な薬剤が明らかとなったが、ダイズ栽培においては、一般的に薬剤防除に経費を割きにくいため、紫斑病との同時防除が必要と考えられる。その際には、山口県内においてもベンゾイミダゾール系薬剤やQoI剤に耐性の紫斑病菌が確認されていることから、薬剤選択に注意が必要となる。なお、いずれの薬剤も本病に対しては未登録であり、実際の防除指導では、栽培

歴への掲載などにおいて注意が求められる。今後は、登録試験を実施のうえ、病害を指定して使用できるよう体制を整えていく必要があると考えている。

本報告には、全国農業協同組合連合会の主催する平成30年度および令和元年度農薬委託試験事業に参画し実施した成果を含んでいる。試験実施に協力いただいた全農関係者の皆様方に感謝申し上げます。また、調査やサンプル採集には発生地の方々の皆さんや管轄農林水産事務所の担当者の方々に快く協力をいただき、品種比較試験では育成元の方々に配慮をいただいた。ここに記し謝意を表する。

引用文献

- 1) 挟間 渉ら (1993 a): 九州農業研究 55: 83.
- 2) ——— (1993 b): 日植病報 59: 175~179.
- 3) ———・佐藤通浩 (1996): 九病虫研究会報 42: 26~30.
- 4) 倉田 浩 (1960): 農業技術研究所報告 C: 12~18.
- 5) 下元祥史ら (2009): 四国植防 44: 1~5.
- 6) ——— (2013): 微生物遺伝資源利用マニュアル 33: 1~7.

 研究
報告

グランドオンコル粒剤を組み込んだ新たな レンコンネモグリセンチュウの総合防除法

茨城県農業総合センター園芸研究所 ^{たかぎ}高木 ^{もとのり}素紀*・^{おがわら}小河原 ^{たかし}孝司
東京農工大学大学院 ^{とよ}田 ^だ田 ^{こう}剛 ^き己

はじめに

茨城県では、2000年代からレンコンへのレンコンネモグリセンチュウ *Hirschmanniella diversa*（以下ネモグリと表記）被害が地域的広まりを見せてきたことを受け、防除対策に関する研究を2010年から開始した。2017年に、耕種的・化学的防除法を被害度別に組合せて体系化した「レンコンネモグリセンチュウの総合防除法」を普及に移す技術として公表し、普及を図ってきた（高木ら、2017）。その後、本技術の普及にあたっては、農業革新支援専門員を中心として、レンコン産地の普及指導員および研究所職員で組織された「技術体系化チーム」により情報共有や実証圃設置を行いながら、技術の周知ならびに現地実証に努めているところである。しかし、これまで開発された技術の中では、単一あるいは単年で高い防除効果が得られるものが少なく、新たな防除法、特に化学的防除法の確立が強く求められていた。

2020年7月に、グランドオンコル粒剤がレンコンのレンコンネモグリセンチュウに対して適用拡大となった。筆者らはネモグリに対して農薬のスクリーニングおよび小規模圃場における効果試験等を行い（TAKAGI et al., 2020）、本剤の農薬登録を推進してきた。試験開始から10年掛かったが、様々な方の尽力があって待望の登録にこぎつけたところである。本剤は総合防除法中の新たな化学的防除法として位置付けられ、石灰窒素同様、効果的にネモグリの密度を低減できる切り札的な方法として期待される。しかしながら、本剤は完全に被害を抑制できるものではなく、総合防除法の体系の中で使用するものであり、また使用方法に関して後述の点について注意する必要がある。

本記事ではネモグリに対する農薬のスクリーニングか

ら小規模圃場での効果試験までの一連の結果を紹介する。さらに、有効な使用方法と剤の特性などを踏まえた注意点を説明し、本剤を組み入れた新たなネモグリの総合防除法を提案する。

I 農薬の室内スクリーニング

ネモグリは *Hirschmanniella* 属の線虫である。本属は世界で30種が知られており（ALEMAYEHU, 2019）、多くが湿地帯などの湛水環境に適応している植物寄生性線虫グループである。本属の中で最も知られている種は、水稻に寄生するイネネモグリセンチュウ *Hirschmanniella oryzae* であり、日本でも過去に全国的な調査（日本植物防疫協会特殊委託（1965～68）および農林省発生予察特殊調査（1968～71））が行われている（川島, 1992）。このため、イネネモグリセンチュウの文献を調査することでネモグリの薬剤感受性に関するヒントがもたらされると期待したが、海外を含め研究成果はほとんど1960～70年代のものであり、使用された農薬の多くは今後日本で登録を取得することが困難と予想される成分であった。そこで現在販売されている殺虫剤をできる限り多く用いて、薬剤浸漬試験によってネモグリに対する有効薬剤をスクリーニングした。

試験方法の詳細はTAKAGI et al. (2020)を参照いただきたいが、基本的に線虫の殺虫剤感受性試験（薬液浸漬法）（佐野, 2014）をネモグリに応用して行っている。ただし、ネモグリは2週間薬液に浸漬し、蒸留水に24時間浸漬して薬剤を取り除いた。その後に生死を確認して死虫率を算出した。

薬剤浸漬試験には、37剤（IRACの定義した9系統および未定義の3剤）を供試した。供試濃度は、レンコン田の水面から深さ30 cmまで薬剤が均等に分散すると仮定して設定した。本試験における供試濃度の範囲内で補正死虫率70%を超え、効果の期待できる剤はカーバメート、有機リン、ネライストキシン系およびシアナミドのみに絞られた。図-1に各系統で効果の期待できる剤の代表を示す。また、レンコンは湛水条件で栽培が行

The New Integrated Pest Management System Incorporating Benfuracarb Granule against Lotus Root Nematode *Hirschmanniella diversa*. By Motonori TAKAGI, Takashi OGAWARA and Koki TOYODA
(キーワード: レンコン, 化学的防除法, *Hirschmanniella diversa*, 使用方法, 石灰窒素)

*現所属: 茨城県鹿行農林事務所 経営・普及部門

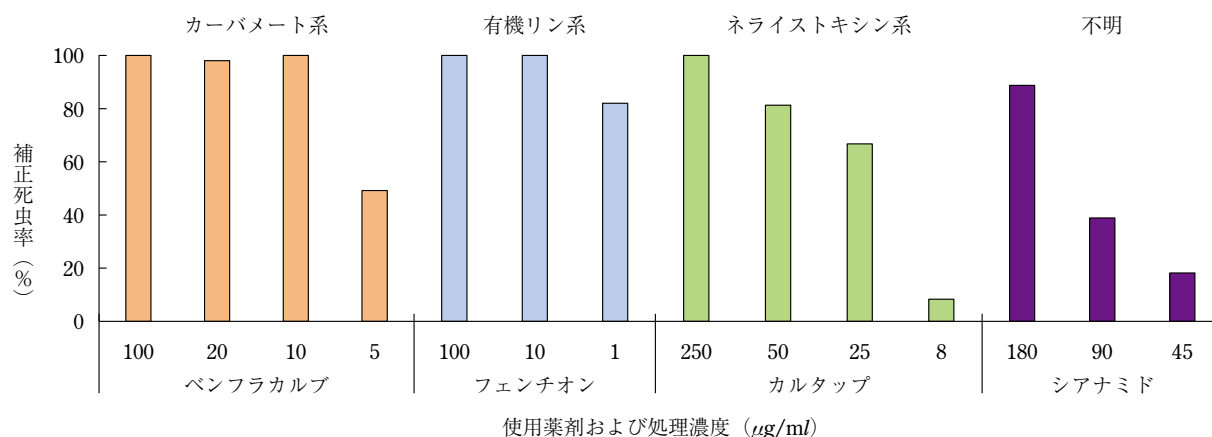


図-1 各薬剤の薬液浸漬法によるレンコンネモグリセンチュウの補正死虫率
 補正死虫率 = {(無処理区の生存率 - 処理区の生存率) / 無処理区の生存率} × 100 で算出した。
 TAKAGI et al. (2020) を基に作図。

われることから、土壌薰蒸剤は効果を期待できないと考えられたが、実際に浸漬試験を行ってもやはり効果は低かった（データ省略）。

スクリーニング調査時点で最も期待されたフェンチオンは、2011年に水稻での登録が失効し、登録拡大の見込みが立たず、試験対象から外した。石灰窒素の有効成分であるシアナミドは、現在の登録上限量（100 kg/10 a）から算出される 90 μg/ml の倍濃度、すなわち 180 μg/ml（石灰窒素 200 kg/10 a 施用想定）で効果がより高まった。しかし、倍量施用ではシアナミドの環境基準値超過および窒素による環境負荷が懸念されたため、適用拡大は困難と判断した。このほか、線虫の行動を抑制して防除するいわゆる制線虫効果の試験を行い、水系での使用や、現実的な施用量等の検討を行い、ベンフラカルブを成分とする農薬、すなわちグラントオンコル粒剤にターゲットを定めて（TAKAGI et al., 2020）以下の試験を行った。

II 本県、他県における薬効試験

第二のステップとして、小規模圃場を用いてグラントオンコル粒剤の効果を検討した。研究所内の強化プラスチック製コンテナ（容積約 2 m³）の中に現地レンコン田土壌を充てんして汚染土を作製し、2014～17 年の 4 年間に渡って効果試験を行った。2014 年以前の予備試験では、研究所内の黒ボク土を用いて汚染土を作成したが、現地の被害をうまく再現できなかったことから土壌を入れ替え、被害の再現が可能となった。また、グラントオンコル粒剤の施用量については製造メーカーである OAT アグリオ株式会社（当時大塚アグリテクノ株式会社）と検討した結果、15 kg/10 a とした。

結果は、無処理の被害度が 20.8～52.5 と年次変動が認

められたが、いずれの年においてもグラントオンコル粒剤区の被害度は低下し、防除効果が認められた（図-2）。日本植物防疫協会の判定基準と照らし合わせると A 判定 1, B 判定 2 および C 判定 1 であった。徳島県、新潟県および石川県でも本剤の新農薬実用化試験を実施し、B～C の判定が得られている。特に石川県では小規模隔離圃場ではなく、実圃場を用いた試験が行われ、非常に貴重なデータとなった。

III グラントオンコル粒剤の特徴とレンコンでの効果的な使用方法

以上の試験結果のほかに、ADI（一日摂取許容量, Acceptable Daily Intake）や ARfD（急性参照用量, Acute Reference Dose）の評価、残留基準値の設定等を経て、グラントオンコル粒剤は 2020 年 7 月に適用拡大となった。現在、石灰窒素および本剤の 2 剤がネモグリに使用できる化学合成農薬であり、後段で説明する新たな総合防除を構築するうえでキーとなる重要な存在となっている。

しかしながら、ベンフラカルブのレンコンでの残留基準値は 0.01 ppm と低く設定されており、注意事項を厳密に遵守して使用しないと残留基準を超過する可能性がある。メーカーもリーフレットを作成して注意を呼びかけている（図-3）ところであるが、本剤の効果を最大限に発揮するとともに産地を事故から守るための以下の項目を必ず遵守していただきたい。

・使用方法

本剤の使用にあたっては、レンコンの出芽が開始する 3 月から、標準的な定植期である 4～5 月の間の植付前に、農薬登録上の使用量である 15 kg/10 a を湛水した田面に均一に、隣接田にドリフトしないように散布し、処

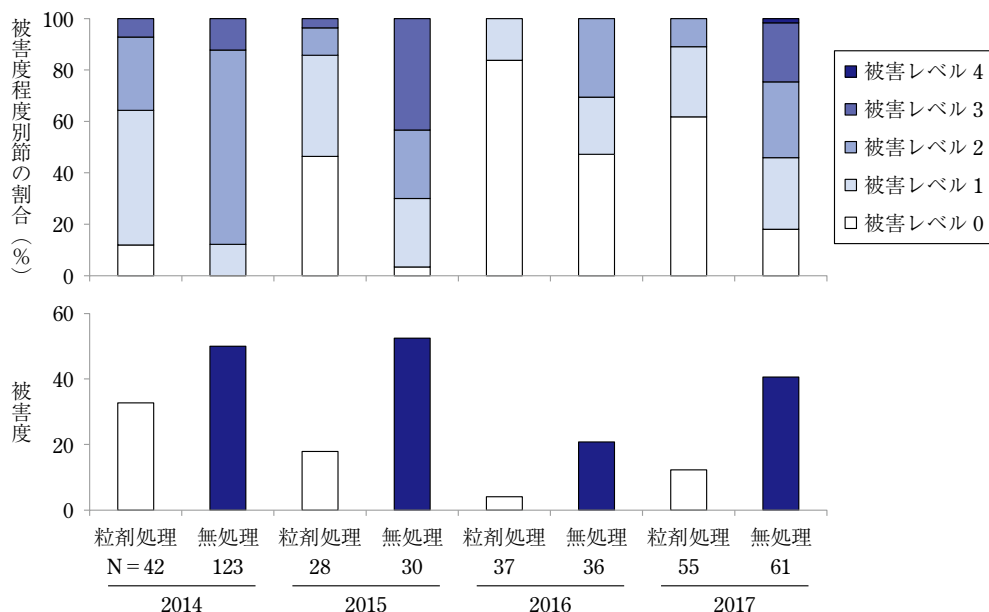


図-2 グラントオンコル粒剤処理によるレンコンネモグリセンチュウ被害軽減効果

グラントオンコル粒剤は 15 kg/10 a 相当量を定植直前に施用して攪拌し、レンコンを定植した。その後同年秋に掘り取りを行い、節別に被害レベルを算出した。被害レベル別節数の割合を上図に、被害度を下図に示す。被害レベルは以下のとおりとした。レベル 0：被害なし、1：軽微な被害、レンコンネモグリセンチュウによる小黑点（直径 3 mm 以下）がよく見ると表面に視認できる。2：B 品となる被害、小黑点が多数認められる。3：B 品と等外の境の被害、直径 3 mm 以上の黒点が数点、多数の小黑点認められる。表面に視認できる変形が認められる。4：等外となる被害。変形が酷く、大小の黒斑が多数認められる。被害度は次式により算出した。被害度 = $(A \times 0 + B \times 1 + C \times 2 + D \times 3 + E \times 4) / (4 \times N) \times 100$ 。ただし、A、B、C、D および E は、それぞれ被害レベル 0、1、2、3 および 4 の節数を、N は総調査節数を示す。調査は 2014 年から 2017 年にかけて行った。



図-3 グラントオンコル粒剤のレンコンにおける注意喚起リーフレット（OAT アグリオ HP より）

理当日中すみやかに土壌混和し、14 日間止水する。1～2 月の使用については、水温・地温が低いためネモグリの活性が低いこと、レンコンが出芽せず薬剤を吸収しないことから効果が低下する可能性もあり、今後データ収

集を行う必要がある。

・収穫前日数 180 日の遵守

本剤はレンコンでの残留基準値が低いため、他の作物より長い収穫前日数である 180 日（約 6 か月）が設定されている。3～5 月に植え付けの行われる普通露地栽培でも、8～9 月に掘り取るいわゆる早掘りでの使用は、収穫 180 日を確保できなければ使用してはならない。他の作物でも同様であるが、圃場の薬剤使用履歴の記録および収穫前の収穫前日数確認作業を特に確実に行う必要がある。

・施用直後の代掻き、止水期間の遵守および越水、漏水防止

ベンフラカルブはいったん土壌に吸着されてからネモグリに対する効果を発揮する。土壌への吸着を促進するため、処理後すみやかに代掻きを行うことが必須となる。これにより土中への薬剤到達量を向上させ、ネモグリへの効果を高めることができる。また、施用後しばらくは田面水中の成分濃度が高まるため、特に注意して止水する必要がある。水中の濃度データを基に、止水期間が 14 日間と定められているため、この期間は掛け流し、落水しないようにする。本剤の隣接田への流出を防ぐた

め漏水，越水防止策として，波板などの設置や畦畔の補修・補強を行う。また，施用 14 日以内に圃場の冠水が予想される降雨時などは，施用を行わないようにする。

・使用できない作型および期間

ハウス栽培には使用できない。また，レンコンは複数年にわたって同じ圃場で掘り取りを一部，あるいはすべて行わずに栽培する，いわゆる 2 年掘り，筋掘りおよび残し掘り等（地域によって名称が異なる）の作型も存在する。これらの作型で，植え付け翌年の出芽前に本剤を施用する要望があるが，登録上の使用時期が植付前であるため使用してはならない。また，レンコンは圃場が集約しており，収穫開始～最盛期となる 7～12 月の間は，ドリフトの危険性が高まることから使用してはならない。

IV 新たな総合防除法

グラントオンコル粒剤は数少ないネモグリへの対抗策として大きな要となる。筆者らは以前，「レンコンネモグリセンチュウの総合防除法」（高木ら，2017）を提唱したが，本剤を組み入れ，総合防除法を再編した。以下に概要を述べたい。

・基本防除技術の励行

ネモグリの発生有無にかかわらずすべての圃場で実施する。基本的な圃場管理法である。

- ①センチュウに汚染されていない種レンコンを使用する。
- ②畦畔の整備や水路の補修・管理を行い，水口以外からの水の移出入を防ぐ。
- ③圃場を移動する際には農機を洗浄する。
- ④除草を徹底する。
- ⑤収穫後，残渣を除去する。

①，②，③は，ネモグリの圃場間移動および拡散を防止する対策である。主として未発生圃場への持ち込みは汚染種レンコンによって起こるため，種レンコンは注意深く観察してネモグリ被害のないものを使用する。

④は圃場中でネモグ리를増加させない対策である。植松ら（2015），高木ら（2016）の報告により，レンコン圃場内の雑草（ケイヌビエ，ミズアオイ等）はネモグリの増殖場所となるため，休作中も除草は怠らないようにしたい。

⑤は，重労働であるが，実施することで圃場内のネモグリ密度低下が認められる（高木ら，2017）。

・被害程度別の防除対策

前作でのネモグリ被害の程度により，石灰窒素やグラントオンコル粒剤を用いて下記による防除を行う。なお，石灰窒素の施用法は表-1 を参考に実施願いたい。また，石灰窒素の使用回数（いずれかの時期に 1 回），石灰窒素施用後の代掻きおよび薬害にご注意願いたい。

ア 無発生圃場（目安：被害が認められない）

・周辺に被害発生圃場が認められる場合は，伝搬防止のため植付前に石灰窒素を施用する。

イ 微～中発生圃場（目安：被害による B 品の割合 25%未満）

・石灰窒素を施用する。石灰窒素は気温が高い時期の施用が効果的であるため，収穫後 10 月までに施用する。また，10 月までの処理が難しい場合には植付前に施用する。

・植付前にグラントオンコル粒剤を施用する。

ウ 多発生圃場（目安：被害による B 品の割合 25～50%未満）

・8～9 月に収穫し，石灰窒素を収穫直後の高温時に施用する。

高温時の石灰窒素処理が施用できない場合には 10 月までに，10 月までの処理が難しい場合には植付前に施用する。

・植付前にグラントオンコル粒剤を施用する。

・圃場の作付ローテーションが可能な場合は休作する。

エ 甚発生圃場（目安：被害による B 品の割合 50%以上）

表-1 石灰窒素の施用法

施用時期		圃場の発生程度	微～中	多	甚
		目安	ネモグリによる B 品の割合 25%未満	ネモグリによる B 品の割合 25～50%未満	ネモグリによる B 品の割合 50%以上
いずれかの施用時期に 1 回使用	高温時（8～9 月収穫後）		○	○	○
	10 月まで（収穫後）			(○) ²⁾	(○) ²⁾
	植付前		(○) ¹⁾	(○) ²⁾	(○) ²⁾

¹⁾ 高温時および 10 月までに処理できなかった場合に使用。

²⁾ 高温時に処理できなかった場合に使用。

- ・基本防除技術②, ③を実施したうえで休作する。
- ・作付けする場合は, 上記ウの対策を参考に, 徹底した防除を行う。

おわりに

本記事は茨城県でのレンコン栽培を想定して執筆したが, レンコンは作付け時期(期間), 植え付けや掘り取り方法および湛水期間など非常に地域特異性が高い作物であるため, 使用にあたって疑問点や問題点等が発生する可能性がある。農薬の誤った使用を行わないように, 農業ラベルの使用基準, 注意事項等を確認するとともに, 本記事, メーカーのリーフレットを参考に, 効果的で安全な使用方法の指導をお願いしたい。

加えて, 2017年の拙稿でも触れたが, 総合防除法にもまだまだ多くのデータを必要としている。実圃場における, 本防除法の複合的, 経時的な被害推移や, 多様な環境, すなわち水深, 水温, 土質等の違いによる効果の

比較など, 今後検討すべき部分は多い。レンコン生産は収益性が高く, 伸びしろを残しており, 差別化できる高品質なレンコンへのニーズは高いことから, 産地のネモグリ対応への期待は高い。産地横断での事例積み重ねや情報交換により, この難防除線虫を抑えていきたい。

参考: OAT アグリオ株式会社「グランドオンコル粒剤 残留事故回避のための注意事項」リーフレット→

https://www.oat-agrio.co.jp/cgi/psearch/item/2013101713483704/20317_leaflet.pdf

引用文献

- 1) ALEMAYEHU, W. (2019): J. Nematol. 51: 1~15.
- 2) 川島嘉内 (1992): 線虫研究の歩み, 日本線虫研究会, 茨城, p.159~163.
- 3) 佐野善一 (2014): 線虫学実験, 京都大学学術出版, 京都, p.165~167.
- 4) 高木素紀ら (2016): 関東病虫研報 63: 98~101.
- 5) ————ら (2017): 植物防疫 71: 760~765.
- 6) TAKAGI, M. et al. (2020): Agronomy 10: 373.
- 7) 植松 繁ら (2015): 北陸病虫研報 64: 15~18.

発生予察情報・特殊報 (2020.10.1~10.31)

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

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

- メロン, きゅうり: *Phomopsis sclerotoides* kesteren (北海道) 10/1
- ナス: タバコノミハムシ *Epitrix hirtipennis* (Melsheimer) (広島県: 初) 10/5
- たまねぎ: タマネギ灰色腐敗病 (耐性菌) (北海道) 10/7
- 洋ラン: シイノコキクイムシ (キクイムシ科) (静岡県: 初) 10/8
- 促成ナス: トビイロシワアリ (*Tetramorium tsudhima* Emery) (高知県: 初) 10/13
- ウメ: *Singapora shinshana* (Matsumura) (和名なし) (ヨコバイ科の一種) (埼玉県: 初) 10/13
- サツマイモ (かんしょ): ヨツモンカメノコハムシ (徳島県: 初) 10/14
- スイートコーン: ツマジロクサヨトウ (山梨県) 10/15
- きゅうり: キュウリ黄化えそ病 (MYSV) (大阪府: 初) 10/16
- トマト: クロテンコナカイガラムシ (京都府: 初) 10/21
- ウメ: ウメシロヒメヨコバイ (仮称) (*Singapora shinshana* (Matsumura)) (京都府: 初) 10/21
- シソ: シソ苗立枯病 (仮称) (山口県: 初) 10/22
- ブルーベリー: ナシシロナガカイガラムシ (*Lopholeucaspis japonica* (Cockerell)), ミカンマルカイガラムシ (*Pseudaulnuxia duplex* (Cockerell)) (愛媛県: 初) 10/23
- ビワ: ビワキジラミ (岡山県: 初) 10/23
- ダリア: クリバネアザミウマ (熊本県: 初) 10/23
- 日本なし: ニホンナシハモグリダニ (仮称) (秋田県: 初) 10/23
- スモモ, モモ, ウメ: ヨコバイ科の一種 (和名なし) (*Singapora shinshana* (Matsumura)) (大阪府: 初) 10/28
- ローズマリー: ヨコバイ科の一種 (*Eupteryx decemnotata* Rey) (東京都: 初) 10/30
- カンショ: サツマイモ基腐病 (熊本県: 初) 10/30
- トマト: トマト茎えそ病 (CSNV) (宮城県: 初) 10/30
- サツマイモ: サツマイモ基腐病 (福岡県: 初) 10/30



農業害虫ナミハダニにおける雄の繁殖戦略

筑波大学 生命環境系/山岳科学センター 佐 藤 幸 恵

はじめに

ナミハダニ *Tetranychus urticae* Koch [Acari: Tetranychidae] はクモ綱ダニ目ハダニ科に属する体長 0.5 mm 未満の植食性の節足動物である。寄主範囲が広く、野菜だけでなく果樹や花きの害虫として世界各国で問題となっている。一方、飼育が容易で世代期間が短く、全ゲノムが解読され、個体や個体群間で行動や生態に変異が見られるナミハダニは、植物との相互作用や薬剤抵抗性発達といった研究を中心に、様々な研究分野でモデル生物として活躍しつつある。特に行動生態学分野では、1976 年に *Science* に掲載された POTTER 博士らによるナミハダニにおける雄の攻撃性と交尾成功に関する研究報告をはじめとし、数多くの研究者が雌雄それぞれの視点からナミハダニの繁殖戦略の解明に取り組んできた。筆者もその一人であり、ナミハダニ雄における代替繁殖戦略の発見を皮切りに、これまで雄視点から解明に取り組んできた。本稿では、筆者らがこれまで明らかにしてきた農業害虫ナミハダニにおける雄の繁殖戦略について、関連する研究とともに紹介したい。

I 雌をめぐる雄間競争と代替戦略

子孫を残すために雌をめぐる雄同士が戦う行動は、シカやライオン、サケ、クワガタ等、哺乳類から昆虫まで幅広い分類群で見られる。戦いに勝った雄が子孫を残すことができるため、雄は大きな体や角、牙といった戦いに有利な形質を進化させてきた。雌をめぐる雄間競争は、ナミハダニを含むハダニ類においても古くから報告されている (POTTER et al., 1976)。特にハダニ類では、雌は複数の雄と交尾しても、交尾が中断されることなく正常に行われていれば最初の交尾相手から受け取った精子のみを卵の受精に使う。そのため、雄は雌にとって初めての交尾相手にならないと子孫を残すことができない。そこで雄は、脱皮して成虫になる直前のステージ (第 3

静止期) の雌の上に乗る (マウント行動)、その雌を他の雄からガードするといった交尾前ガードを行う (図-1)。ガード中の雄は、他の雄が近づくと攻撃して追い払おうとし、しばしば 2~数匹の雄間で戦いが始まる。ナミハダニでの雄間競争は殺し合いにまでエスカレートしないものの、それなりに激しく、傷を負い、それが原因で死に至ることもある。また、戦いには第 1 脚や口針の利用が見られ、体が大きく第 1 脚の長い雄が戦いに勝つ傾向にある。

一方で、このように激しい雄間競争が見られる動物では、雄によるスニーキング (コソ泥) 行動やサテライト行動、雌擬態といった、ライバルを欺くことで戦わずに雌に近づき子孫を残す行動、すなわち代替戦略もしばしば観察されている。例えば、エンマコガネの一種 (*Onthophagus acuminatus* Har. [Coleoptera: Scarabaeidae]) では雄に 2 型が見られ、体が大きく角のある雄と体が小さく角のない雄がいる。雌が地面を掘ってトンネルをつくり、このトンネル内で交尾や産卵が行われるが、角のある雄はトンネル内の雌が他の雄と交尾しないようトンネルの入り口をガードする。トンネルへの侵入を試みる雄がいると、追い払うべく戦いが始まる。一方で、角のない雄は雌のように地面を掘ることができ、抜け道 (サイドトンネル) を掘ることでガードしている雄の眼を搔い



図-1 成虫になる直前のステージ (第 3 静止期) の雌をガードしているナミハダニの雄

Male Reproductive Tactics in the Pest Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch. By Yukie SATO
(キーワード: ナミハダニ, 代替戦略, 雄間競争, 性選択)

潜って雌のいるトンネル内に侵入し、雌と交尾して卵塊の一部を自分の精子で受精させる (EMLEN, 1997)。このような行動はスニーキング (コソ泥) 行動とよばれ、十分に栄養のとれた大きな幼虫は角あり雄に、そうでない小さな幼虫は角なし雄に発育することから、戦いに負けるような弱い雄が少しでも子孫を残すために進化した行動として考えられている。このように、雌をめぐる雄間競争、すなわち同性内淘汰は、戦いに有利な形質だけでなく代替繁殖戦略の進化をも引き起こす。

ハダニ類では、上述の通り激しい雄間競争が観察されているものの、雄の代替繁殖戦略については報告がなかった。しかし筆者らの研究により、ナミハダニの雄においても代替繁殖戦略が見られ、これまで報告されてきた戦う雄 (以降、ファイター) だけでなく、コソ泥的な行動を見せる雄 (以降、スニーカー) とひたすら好機を探す雄 (以降、オポチュニスティック雄) がいることを明らかにした (SATO et al., 2013)。ファイターは、上述の通り第3静止期の雌にマウントし、ライバル雄と戦って交尾前ガードを行う。一方、スニーカーは同じく雌にマウントするものの、周囲の雄とは戦わず静かにマウントを続け、雄とは認識されていないのか、なぜか周囲の雄からの攻撃を受けない。しかし、雌の脱皮が始まると突如活動的になり、他の雄と同様に積極的に雌との交尾を試み、戦闘行動さえ見せる。オポチュニスティック雄は、雌にマウントすることなく、他雄に見つからずに脱皮中、または脱皮し終わった雌をひたすら探して歩き回る。このオポチュニスティック雄に関する研究は進んでおらず、詳細に関してはいまだ不明な点が多い。しかし、ファイターとスニーカーに関してはある程度研究が進められており、マウントしている雄からファイターとスニーカーを見分ける方法も確立されている (SATO et al., 2013)。まず、1匹の雄を濡れた極細筆 (00号) を使って後ろから優しくすくいあげ、雌にマウントしている雄に近づけて筆上の雄の第1脚をマウント中の雄に数回タッチさせる。もしタッチされたマウント中の雄が戦いのポーズ (第1脚をふりあげ、口針をのばすなど) を見せるなど積極的な反応を示した場合には、その雄はファイターであり、反応なく静かにマウントを続けるようであれば、その雄はスニーカーと判断することができる。この見分け方が有効であることは、動画解析により確認されている。なお、ファイターとスニーカーの行動は、SATO et al. (2013) の supplementary material (<https://link.springer.com/article/10.1007/s10493-013-9673-y>) にて動画として見るできるので、興味ある方は是非ご覧いただきたい。

II 繁殖戦略の進化機構

上述の通り、筆者らの研究によりナミハダニにおいても雄の代替繁殖戦略が見られることが明らかになった。しかし、この雄の代替戦略はどのようなメカニズムのもとに生まれ、維持されているのであろうか？ これまで報告されている雄の代替繁殖戦略では、その進化機構として、資源の獲得保持能力説 (Resource Holding Potential (RHP) theory) と頻度依存選択説 (frequency-dependent selection theory) が提唱されてきた。ここではこれらの説を簡単に紹介するとともに、ナミハダニ雄における代替繁殖戦略の進化機構を解明すべく行ってきた一連の研究について紹介する。

1 資源の獲得保持能力説

(Resource Holding Potential (RHP) theory)

戦うのか、それとも代替戦略をとるのかは、遺伝的に決まっている場合もあるものの、一般的には状況や環境によって決まるケース (条件戦略) のほうが多いと考えられている。条件戦略の場合、資源の獲得保持能力 (Resource Holding Potential, 以降 RHP) はその個体が戦いに勝つ能力のことをさすが、RHPが高い雄は戦いに勝つ見込みが高いため戦う戦略をとり、RHPが低い雄は真向から戦っても負ける見込みが高いため、少しでも子孫を残すために代替戦略をとるとするのが本説である。わかりやすい理論であり、先にあげたエンマコガネの一種を含め、多くの動物における雄の代替繁殖戦略の進化機構として本説は支持されてきた。本説の重要なところは、代替戦略を「best of a bad job (悪条件中最善を尽くす行動)」と見做すところにある。そのため、本説を検証するにあたって、代替戦略をとる雄は他の雄よりも劣っていることを示す必要がある。先に述べた通り、ナミハダニでは体が大きく第1脚の長い雄が戦いに勝つ傾向にある。そこで筆者らは本説を検証すべく、ファイターとスニーカーのスライド標本作製し、体長、体幅、第1脚の足の長さ、口針の長さ、口針を支える触肢の長さを計測し、比較した。しかし、どの形質においてもファイターとスニーカー間で違いは見られず、ファイターのほうが強いという証拠はえられなかった (SATO et al., 2013)。

2 頻度依存選択説

(Frequency-dependent selection theory)

雄の繁殖戦略が遺伝的に決まり、多数派に対して常に少数派が有利な場合、代替戦略は負の頻度依存的に維持される。例えば、ユタトカゲの一種 (*Uta stansburiana* Baird & Girard [Squamata, Phrynosomatidae]) の雄で

は喉の色が異なる遺伝的多型が見られ、それぞれ異なる繁殖戦略を見せる。オレンジ色の喉をもつ雄（以降、オレンジ雄）は広いテリトリーをもち高い攻撃性を示すが、青色の喉をもつ雄（以降、青雄）は狭いテリトリーをもち、攻撃性は低いもののテリトリー内の雌をガードする。黄色の喉をもつ雄（以降、黄雄）はテリトリーをもたず、他の雄のテリトリーに侵入して雌を寝取る。この黄雄の戦略は、オレンジ雄に対して有効であるものの、雌ガードを行う青雄には効かない。一方、青雄はオレンジ雄の攻撃により繁殖成功が抑制される。そのためオレンジ雄、青雄、黄雄の関係は、じゃんけんにおけるグー・チョキ・パーの関係で示され、オレンジ雄が増えると青雄が減り、青雄が増えると黄雄が減り、黄雄が増えるとオレンジ雄が減るといったサイクリックな関係にあり、負の頻度依存選択によって3型の維持が説明されている（SINERVO and LIVELY, 1996）。本説が先の RHP 説と大きく異なる点は、戦略が遺伝的多型で決まっていることと、戦略間の優劣は頻度依存的であるため、代替戦略は「best of a bad job」とは言えないところにある。筆者らはナミハダニにおいて本説を検証するため、繁殖戦略が遺伝的に決まっているか否か調査した。調査方法はいたって簡単であり、ファイターもしくはスニーカーを自身の娘とかけあわせることにより、ファイター系統とスニーカー系統の確立を試み、ひ孫世代の雄を対象にスニーカーの割合を系統間で比較した。その結果、どちらの系統においても多くはファイターであり、系統間でスニーカーの割合には違いが見られなかった。そのため、ナミハダニにおけるファイターとスニーカーは遺伝的多型ではないと判断された（SATO et al., 2014）。

3 雄の密度と日齢の影響

上述の通り、これまで提唱されてきた説によってナミハダニ雄の代替繁殖戦略の進化の説明を試みたが、いずれも失敗に終わった。そこで突破口を見つけるべく、本種における雄の繁殖戦略の詳細について調査した。まず着目したのは、雄の密度が繁殖戦略に与える影響である。代替戦略は、その特性からライバル雄がいなければ成り立たない。直径 1.5 cm のディスク状にくり抜いたインゲンマメの葉（以降、リーフディスク）に、第3静止期雌1匹と、他個体との接触経験のない雄1匹、または2匹、5匹、10匹を導入し、雌にマウントした雄の繁殖戦略を判別した。その結果、ライバル雄がいないと全員ファイターになり、雄の密度が上昇するにしたがってスニーカーの割合も上昇するが、雄の密度が高すぎると若干スニーカーの割合は減ることがわかった（図-2）。また、相対的にスニーカー雄の割合は低く、一番高くて

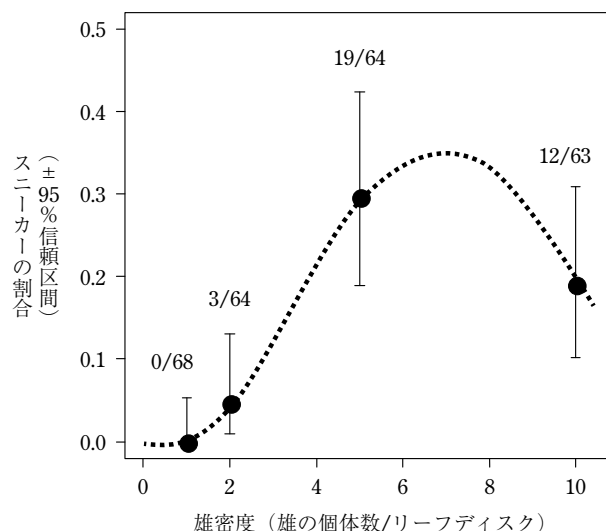


図-2 ナミハダニにおける雄の密度とスニーカーの割合の関係
プロット上の数字は、(マウント雄がスニーカーだったトライアル数)/(雄のマウントが見られたトライアル数)を示す。点線は一般化線形モデルの予測値を示す。説明変数に雄密度だけでなく、雄密度の二乗を入れたモデルの方がはるかに優れていることから、スニーカーの割合と雄密度の関係は非線形であり、スニーカー戦略を引き出す最適な雄密度があることが示唆された。

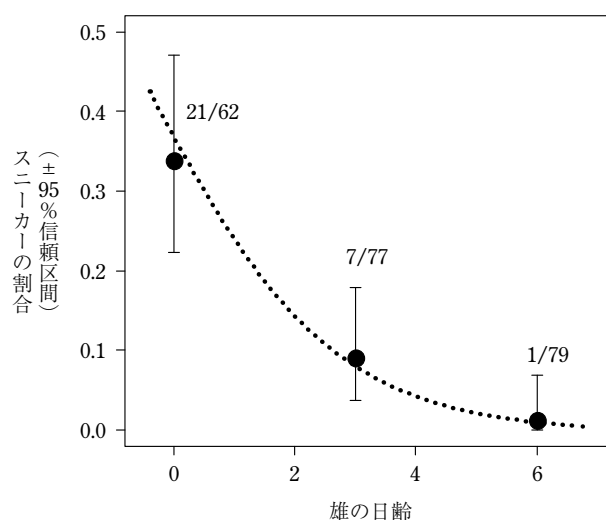


図-3 ナミハダニにおける雄の日齢とスニーカーの割合の関係
プロット上の数字は、(マウント雄がスニーカーだったトライアル数)/(雄のマウントが見られたトライアル数)を示す。点線は一般化線形モデルの予測値を示す。

もマウントした雄のうちスニーカーは3割程度であった（SATO et al., 2014）。次に、雄の日齢が繁殖戦略に与える影響について調査した。先の実験同様、リーフディスクに第3静止期雌1匹と他個体との接触経験のない雄5匹を導入し、雌にマウントした雄の繁殖戦略を判別した。その際、導入する雄の日齢を0日齢（脱皮してから24時間以内）、3日齢（脱皮してから3～4日）、6日齢（脱

皮してから6日以上)と変化させた。その結果、0日齢ではマウントした雄のうち3割4分程度の雄が、3日齢では1割未満の雄がスニーカーであったが、6日齢ではスニーカーはほぼ見られなかった(図-3; Sato et al., 2014)。したがって、ナミハダニ雄における繁殖戦略は可変的であり、密度と日齢の影響をうける条件戦略であること、そして若い雄がスニーカーになる傾向にあることが明らかになった。

4 RHP 説の再検討

若い雄がスニーカーになる傾向にあるということは、先に検討した RHP 説を再検討する余地がある。ハダニ類を含む外骨格生物では、表皮は体を支えるだけでなく、外部の物理的刺激から体を守る「鎧」としての機能をもつ。脱皮直後のカニを揚げた料理、ソフトシェルクラブからもわかる通り、甲殻類においてさえも脱皮直後の表皮は非常にやわらかい。そのため、ハダニ類でも若い雄の戦闘能力は脱皮直後の表皮がやわらかいが故に劣っている可能性が考えられる。この可能性を検証するためには、表皮特性を調べて日齢の異なる雄間で比較する必要がある。しかし、ハダニ類は体長 0.5 mm 未満と微小な動物であり、その表皮の硬さや弾力性を直接的に調べるのは技術的に難しい。そのため、RHP 説の再検討の必要性は感じながらも、その研究に着手できていなかった。しかし幸いにも、当時私が勤めていた筑波大学菅平高原実験センターに滞在していたドイツの研究者との雑談にて、本研究についてお話ししたところ、ナノインデントラー(薄膜硬度計)というマイクロなスケールの物質特性を測る機械があること、それを使って花粉の硬度測定を行っている教授がボン大学にいることを教えていた。

そこで、そのドイツの研究者とともに、脱皮してから3時間以内から10日以上と日齢の異なる12個体の雄を対象に、固定・脱水、エポキシ系樹脂包埋といった下処理を行い、そのサンプルとともに渡独して、教授の協力のもと、トリミングや面だし処理を行ってナノインデントラーを使った表皮の硬度と弾力性の測定を行った(図-4)。その結果、測定には成功したものの、表皮の硬度と弾力性のどちらにおいても雄の日齢とは明確な関係性は見られなかった。このように、体の大きさから表皮特性に着眼点を変えたものの、多くの動物において支持されている RHP 説によってナミハダニの雄の代替繁殖戦略の進化を説明することはできなかった(Sato et al., 2016)。

5 生活史説 (Life history theory)

前述のように、これまで支持されてきた説によってナミハダニ雄の代替繁殖戦略の進化機構を説明することを試みてきたが、その一方で、若い雄がスニーカーになる傾向を見つけた時点で、生活史視点からの検討も重要であることに気づいていた。生物は、生涯にわたって繁殖や成長、体の維持に有限なエネルギーを使うことになるが、そのエネルギーをいかに配分するかで生涯どれだけ子孫を残せるかが変わってくる。そして長命な動物であれば、現在と将来の繁殖においてもエネルギー配分のトレードオフは生じる。雄の代替繁殖戦略に関する研究ではないが、雄の加齢と攻撃性の変化の関係性について生活史説の視点から取り組んだ理論研究があり、そこでは攻撃性が低いことで戦いのリスクとコストが減少し、それ故に将来の繁殖が促進されるのであれば、加齢するほど攻撃的になる後期タカ戦略(late-hawk strategy)が、

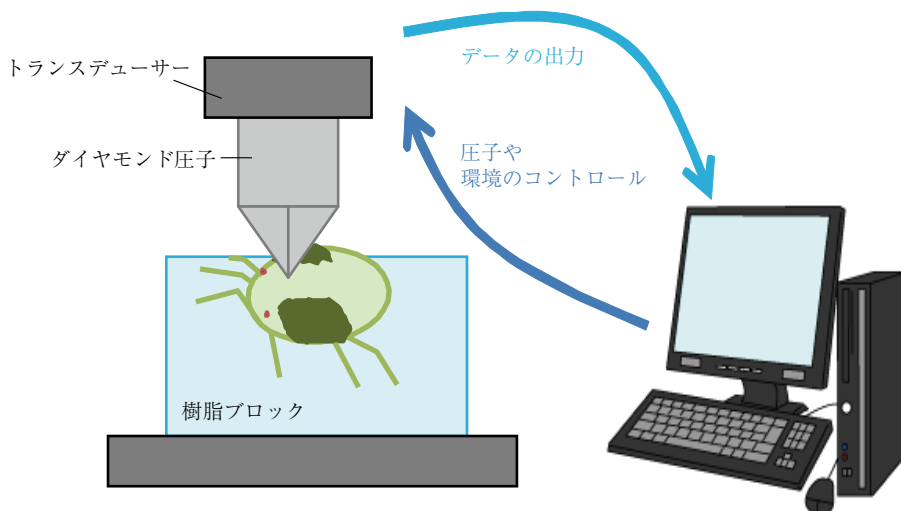


図-4 ナノインデントラー(薄膜硬度計)を用いたナミハダニの表皮の硬度および弾力性の測定方法の模式図

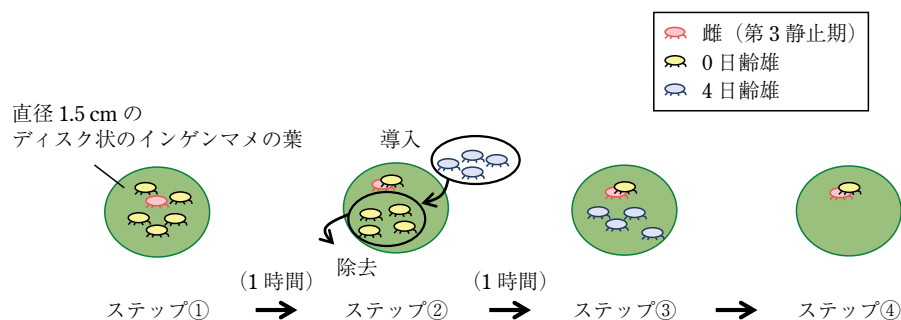


図-5 生活史戦略説の検証のための操作実験のフロー

まず、直径1.5 cmのディスク状にくりぬいたインゲンマメの葉に第3静止期のナミハダニ雌1匹と、脱皮して24時間以内であり、他個体との接触経験のないナミハダニ雄5匹を導入した（ステップ①）。次に、雌にマウントした雄の戦術を判別し、マウントしている雄以外の若い雄を攻撃性の高い4日齢のナミハダニ雄と取り換えることで競争に負荷を与えた（ステップ②）。着目する雄が4日齢雄との競争に負けることなくひき続きマウントポジションを保持できたか否かを確認し（ステップ③）、着目した雄以外の個体すべてをリーフディスクから取り除き、その雄の生存を24時間ごとに確認した（ステップ④）。

幅広い条件下で進化的に安定することが示されている（KEMP, 2006）。攻撃性の低さを代替戦術、すなわち戦わない戦術でもって置き換えるならば、最初はスニーカーで加齢とともにファイターになるナミハダニ雄の繁殖戦略も、後期タカ戦略といえる。本説を検証するには、スニーカーであることで闘争のコストやリスクが軽減でき、将来の繁殖を確実にしていることを示す必要がある。そこで、本説を検証すべく、図-5にあるような操作実験を行い、若いころにファイターであった雄とスニーカーであった雄の生存日数を調べ、比較した。その結果、マウントポジションをめぐる競争での結果にかかわらず、スニーカーはファイターよりも長生きすることがわかった（図-6；SATO et al., 2016）。長生きすることが、将来の繁殖促進に直結するのかどうかはまだ確認されていない。また、長生き効果は競争負荷をあまりに高くしてしまうと消えてしまうこともわかっている（SATO et al., 2016）。しかしこの結果は、ナミハダニ雄の代替繁殖戦術の進化機構として、闘争のコストやリスクを減らして将来の繁殖を確実にし、生涯の繁殖成功を最大化するとした生活史説が最も有望であることを示した。

おわりに

以上、一連の研究により、ナミハダニにおいても雄の代替繁殖戦術が見られること、その戦術は可変的であり雄の密度と日齢の影響をうけること、若い雄が代替戦術を見せる傾向にあり、それは若い雄が劣っているためではなく未来があるからこそコストとリスクの低い戦わない代替戦術をとるからであろうことを明らかにした。状況や環境によって戦術を変える条件戦略の場合、代替戦

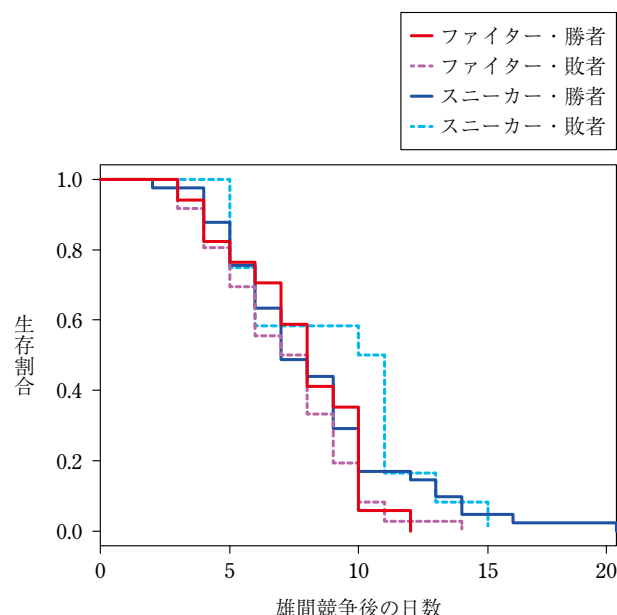


図-6 ナミハダニの雄の生存曲線

赤の直線と桃色の点線は、0日齢ではファイターで4日齢雄とのマウントポジションをめぐる戦いで勝った雄と負けた雄を示し、青の直線と水色の点線は、0日齢ではスニーカーで4日齢雄とのマウントポジションをめぐる戦いで勝った雄と負けた雄を示す。

術は常に「best of a bad job」と見做されてきた。真向から戦わずコソ泥的な戦術であるスニーキング行動は、劣等者がとる行動と見るほうが、心情的にも受け入れやすいであろう。しかしナミハダニで見つけた雄の代替繁殖戦術は、その固定観念を覆すものであり、「best of a bad job」ではない貴重な事例としてさらなる研究と発展が求められる。一方、スニーキング行動はファイターがいなければ成り立たない戦術ではあるものの、そのリスク

とコストが低いのであれば、もっと多くの雄がスニーカーであってもよさそうである。なぜスニーカーはマイノリティーでありつづけるのかを知るためには、戦術間での繁殖成功度の違いを明らかにするのはもちろんのこと、スニーカー vs. スニーカーでは何がおこるのか、スニーカーならではのコストやリスク、スニーカーが他雄からの攻撃を避けうるメカニズム、といったことにも踏み込んで研究を進める必要がある。また、これまで主にファイターとスニーカーに着目してきたが、実際にはナミハダニのコロニー内には三つの異なる雄の繁殖戦術が存在している。この第3の戦術であるオポチュニスティック行動の詳細や、他戦術との関係を明らかにすることなしに、ナミハダニにおける雄の代替繁殖戦術の進化を理解することはできないであろう。このように、筆者はこれまで農業害虫ナミハダニにおける雄の繁殖戦略とその進化について研究を進めてきたが、その解明のためにはまだまだ調べなければならないことがたくさんある。農業害虫は制御すべき対象であり、本誌の読者の中には、これら繁殖戦略や進化に関する研究にあまり価値を感じられない人もいるかもしれない。確かに害虫は私たちにとって嬉しい存在ではないものの、これら一連の研究が示すように、害虫も切に生きており、子孫を残すための巧みな行動や戦略を進化させてきた。決して害虫の肩を持つわけではないが、害虫がもつそういった側面を知るか知らないかで害虫と向き合っていくうえでの心の持ちようは変わるであろうし、そういった側面をも害虫管理に活用することができれば、私たちは害虫たちとよ

り一層よい形でつきあっていくことができるのかもしれない。

最後に、この一連の研究は、アムステルダム大学の故 Maurice W. SABELIS 教授、Martijn EGAS 博士、ユーロフィン MITOX の Farid FARAJI 博士、ケルン大学の Alexander BLANKE 博士、Peter RÜEHR 氏、ボン大学の Helmut SCHMITZ 教授とともに行った研究であり、彼らの協力がなければ成し得なかった。心より感謝を申し上げる。特に、最初にナミハダニにおける雄の代替繁殖戦術の存在に気付いたのは故 SABELIS 教授であり、教授の優れた洞察力がなければこの一連の研究は始まらなかった。また、本原稿の執筆機会をくださった、流通経済大学の後藤哲雄教授、『植物防疫』誌の編集委員のみなさま、本原稿を執筆するにあたって有益な助言をいただいた、筑波大学の湖中翔大氏、松本尚樹氏に、心より感謝を申し上げます。なお、これらの研究の一部は、JSPS 科研費 (09J01045)、オランダ王立芸術科学アカデミー (KNAW)、文部科学省研究大学強化促進事業・筑波大学研究者派遣・招へい等プログラム・Ⅲ 中短期海外派遣プログラムからの助成を受けた。

引用文献

- 1) EMLÉN, D. J. (1997): *Behav. Ecol. Sociobiol.* **41**: 335~341.
- 2) KEMP, D. J. (2006): *Biol. J. Linn. Soc.* **88**: 565~578.
- 3) POTTER, D. A. et al. (1976): *Science* **193**: 160~161.
- 4) SATO, Y. et al. (2013): *Exp. Appl. Acarol.* **61**: 31~41.
- 5) ——— et al. (2014): *Anim. Behav.* **92**: 125~131.
- 6) ——— et al. (2016): *Ecol. Evol.* **6**: 7367~7374.
- 7) SINERVO, B. and C. M. LIVELY (1996): *Nature* **380**: 240~243.



PMMoV L^4 打破系統 (病原型 $P_{1,2,3,4}$) のピーマンモザイク病に対する当面の防除対策について

岩手県奥州農業改良普及センター 松橋 伊織・佐々木 裕二・佐藤 美和子
 岩手県農林水産部 小 原 善 一
 岩手県農業研究センター 岩 だて 館 やす 康 哉

はじめに

岩手県は、寒冷地である東北地方の北部太平洋側に位置し、夏季は比較的冷涼かつ昼夜間の温度較差が大きい気候条件を活かして、高品質で日持ち性のよいピーマンが生産されている。都道府県別の夏秋ピーマン作付面積および出荷量では、茨城県に次ぐ全国でも有数の責任産地となっており、本県の野菜生産振興における主力品目の一つとして位置づけられている。

ピーマン栽培における難防除病害として、Pepper mild mottle virus (PMMoV) によるピーマンモザイク病が挙げられる。本病は葉や果実にモザイク症状を示すほか、生育抑制や奇形果の原因となるため、収量や品質の低下を招く (図-1)。PMMoV の主たる感染経路は、種子あるいは土壌からの1次伝染とされている。また、接触伝染力が強く、栽培管理作業に伴う汁液の接触によって、株から株へと容易に2次伝染するため、一度発病した圃場では、本病が慢性的にまん延する (津田, 2006)。PMMoV に対する本県での防除対策として、抵抗性品種 (L^3 品種) の利用が広く普及している。品種別作付け実態調査の結果によると、2019年時点における L^3 品種の導入率が県全体で約 87% となっている。これは、言い換えるならば、PMMoV に対する本県での防除対策が L^3 品種を用いた耕種的防除に頼っている状況であるとも言える。

しかしながら、 L^3 品種の抵抗性を侵害する新たな系統の PMMoV (病原型 $P_{1,2,3}$ 、以下 L^3 打破系統という) が全国各地で確認されている (大分県農林水産研究センター, 2006 や福島県病害虫防除所, 2007 等)。本県にお

いても、2004年に L^3 品種である‘さらら’の栽培圃場にて、 L^3 打破系統の PMMoV によるモザイク病の発生が確認された (岩手県病害虫防除所, 2004)。 L^3 打破系統の PMMoV が県内でまん延した場合、 L^3 品種の作付け継続が困難になることで、最悪の場合には産地の崩壊をも招きかねないことが危惧された。そこで本県では、2005年から L^3 打破系統ウイルスの発生を早期に発見し、そのまん延を未然に防ぐための監視体制を整備して以来、毎年継続して警戒に当たってきた。そのような中、2016年には県南地域の施設栽培ピーマン圃場において、

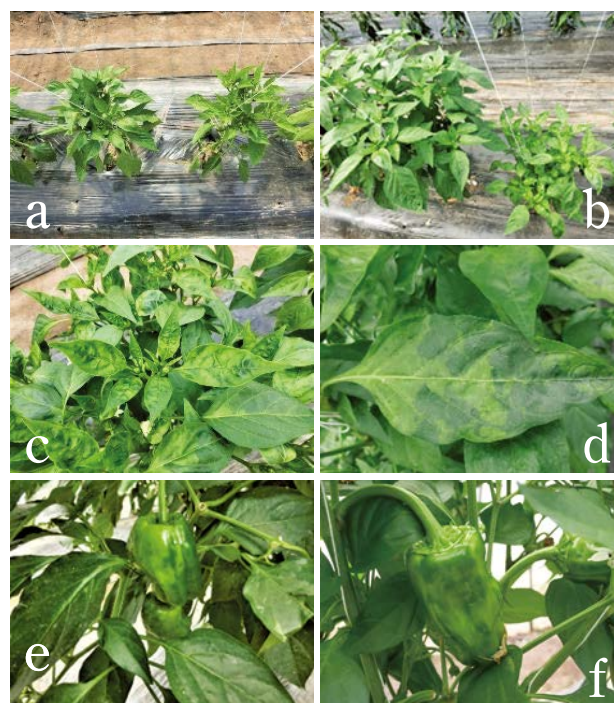


図-1 ピーマンモザイク病の各種病徴

a: 健全株の成長点付近 (左)、発病1週間以内における成長点付近の病徴 (右) 識別は難しい。b: 生育初期に発病したことで、健全株 (左) と比較して生育が抑制された株 (右) の様子。c: 発病後2週間以上経過した成長点付近の病徴。d: 明瞭なモザイク症状の見られるピーマン葉。e, f: 発病株の果実は奇形やモザイク症状を示す。

Prevention Measures Against Pepper Mosaic Disease Caused by pepper mild mottle virus ($P_{1,2,3,4}$). By Iori MATSUHASHI, Yuji SASAKI, Miwako SATHO, Yoshikazu OBARA and Yasuya IWADATE

(キーワード: 岩手県, ピーマン, モザイク病, PMMoV, 紙包み法)

L^3 品種を侵害する PMMoV によるピーマンモザイク病の発生が確認されたため、当該検体の遺伝子解析が行われた。その結果、本県ではピーマンにおいて L^4 品種の作付け実績が一切ないにもかかわらず、病原型 $P_{1,2,3,4}$ （以下、 L^4 打破系統という）の PMMoV 発生が確認された（小山田ら，2017；岩手県病害虫防除所，2019）。

L 遺伝子による抵抗性とトバモウイルス属の病原型には階層的な関係があり、既に L^3 打破系統の PMMoV が問題となっている他県のピーマン産地では、 L^3 打破系統の PMMoV に対して抵抗性を示す L^4 遺伝子を有する品種（以下、 L^4 品種）に切り替えることで対策がとられている（源田ら，2017）。しかし、 L^4 打破系統の PMMoV に対しては、 L^4 遺伝子よりも上位の抵抗性遺伝子を有する品種が現時点では存在しないため、抵抗性品種を用いた耕種の防除が事実上不可能といえる。また、休耕期間が厳冬期（12～3 月）にあたる本県の作型では、土壌中のウイルス濃度低減に有効とされる、栽培終了後に行う罹病残渣の腐熟促進処理（茨城県農業総合センター鹿島地帯特産指導所，2012）では、十分な効果が期待できない。さらに、本ウイルスに効果のある土壌消毒剤であった臭化メチル剤は農薬登録が失効しており現在使用でき

ないことに加え、本病に農薬登録のあった植物ウイルスワクチン製剤（神田・津田，2008）も登録が失効している。このように、現状 L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病に対して、有効な防除対策がほとんどないことから、発病圃場は原則として廃作とせざるを得ない状況に陥っているといえよう。

本稿では、本県における PMMoV 抵抗性打破系統の監視体制について説明するとともに、 L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病に対する当面の防除対策を検討したので、その結果について紹介する。

I 岩手県における PMMoV 抵抗性打破ウイルス監視体制および診断体制について

岩手県では、地域ごとに農業改良普及センターや農業協同組合が中心となり、現地で疑わしいピーマン株の外部病徴などを目視にて観察し、PMMoV によるモザイク病の可能性が疑われる場合には、病害虫防除所へ診断を依頼する。病害虫防除所では、主に TPI（Tissue Printing Immunoassay）法を用いて診断を行っており（岩館ら，2007）、本法により陽性と判定された検体については、遺伝子解析を行うことで、最終的に打破系統ウイル

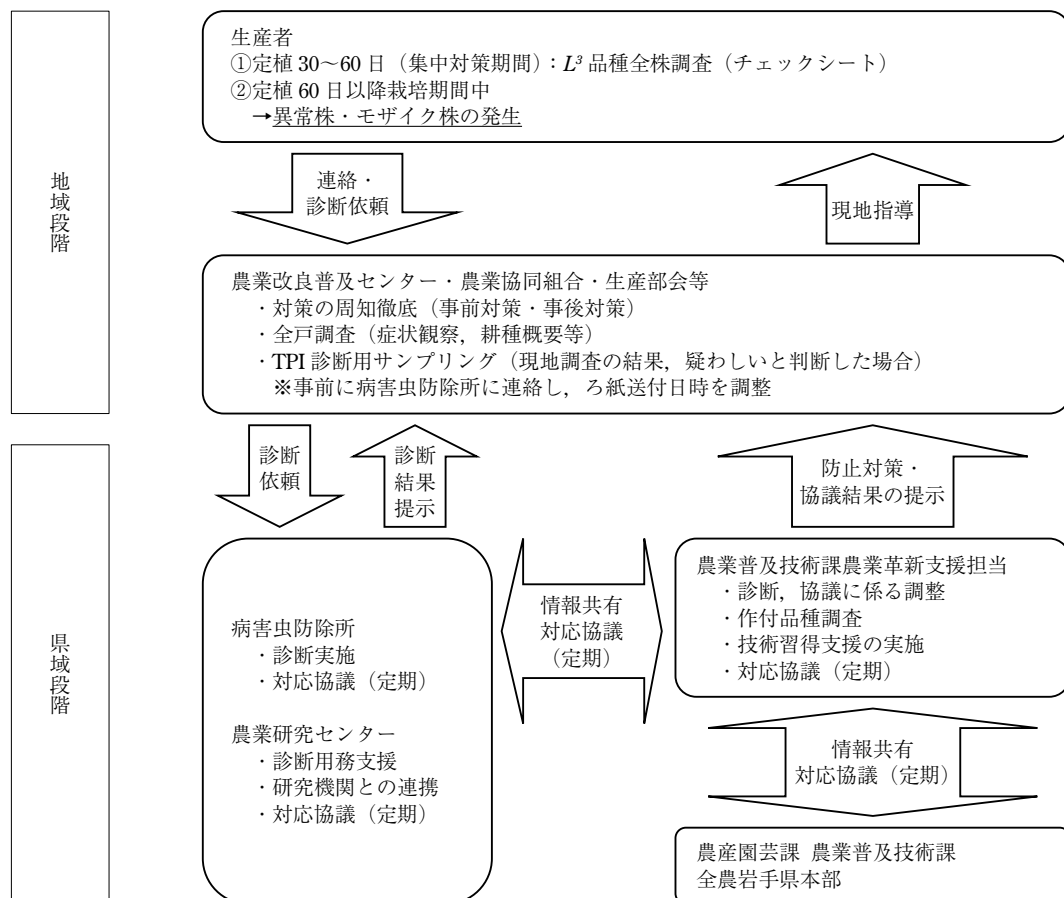


図-2 岩手県におけるピーマン PMMoV 抵抗性打破ウイルスの監視・診断体制について

スであることを確定している。診断結果は現地の指導機関へフィードバックされ、速やかに感染株の抜き取り指導などを実施することで、地域でのまん延を未然に防止する仕組みとなっている（図-2）。この監視体制に基づいて、 L^4 品種導入圃場における抵抗性打破系統の発生・まん延防止対策を徹底することが、本県のピーマン栽培における最重点推進事項の一つとして掲げられている。

II PMMoV L^4 打破系統（病原型 $P_{1,2,3,4}$ ）発生地域におけるピーマンモザイク病の発生実態

2016 年以降、県内で発生が確認された L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病は、生産者や農協からの診断依頼や農業普及員による現地巡回の際等に発見されたものであり、その時点では産地全域における詳細な発生実態は不明であった。そこで、2018 年には農協と普及センターのほか、病害虫防除所や中央農業改良普及センター県域普及グループ（現在：農林水産部農業普及技術課）が連携し、当該地域におけるハウス栽培ピーマン圃場を対象とした全戸巡回調査を行った。調査は 2018 年 6～9 月にかけて、当該地域内にあるすべての夏秋どり施設栽培ピーマン圃場、計 192 圃場を対象とし、各圃場内のピーマン全株を目視で確認することで、モザイク症状を呈する株の有無を調査した。モザイク症状株を確認した場合には、圃場ごとに 1 株ランダムに抽出してモザイク葉をサンプリングした。ウイルス種の特異については、前述の TPI 法に加えて、イムノストリップキット（Agdia 社製 CMV イムノストリップキット）を用いた。なお、本データの一部は既に公表済みである（松橋・細川，2019）。

調査の結果、当該地域における全圃場の 30.2%にあたる 58 圃場において、モザイク症状を示す株の発生が確認された。また、58 圃場からそれぞれ 1 株抽出して採集したモザイク葉のうち、CMV の陽性圃場が 40 圃場であり、全調査圃場の 20.8% を占めた。また、PMMoV については、全体の 5.2%にあたる 10 圃場で発生していることが明らかとなった（図-3）。さらに、その後の遺伝子診断の結果から、いずれの圃場についても L^4 打破系統の PMMoV であることが確認された。このことから、当該ウイルス発生圃場における当面の防除対策を検討することが喫緊の課題と考えられた。

III PMMoV 発生圃場における一次伝染抑制対策の検討（2018 年）

Capsicum 属植物におけるトバモウイルスの土壌伝染では、定植時に苗が接触する表層土壌に存在するウイル

調査圃場数	192
モザイク症状株なし	134
CMV 陽性圃場数	40
PMMoV 陽性圃場数	10
その他	8

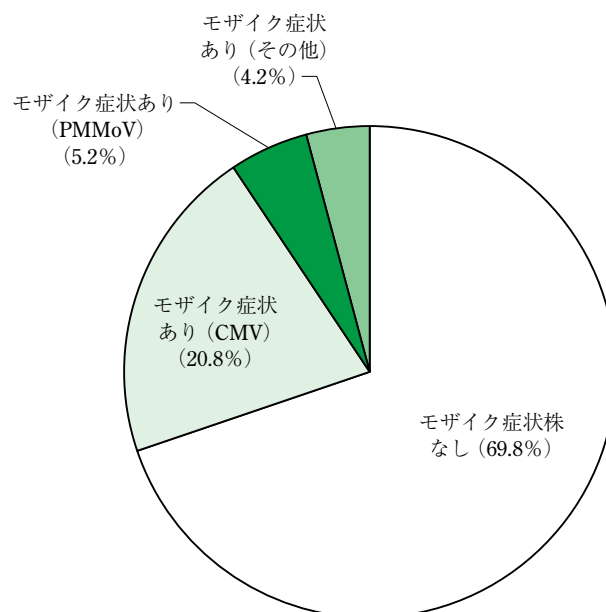


図-3 岩手県の夏秋どり施設栽培ピーマンにおけるピーマンモザイク病の発生実態調査（2018 年）



図-4 紙包み法による定植の様子

- a: 紙包み法による定植の様子（分業かつ流れ作業）、
b: 紙包み法により定植した苗の様子。

スが植物への感染に重要な役割を果たしている一方で、移植後の生長に伴うウイルスと根との接触によって感染が起こる頻度は低いとされている（大木ら，2003）。そのため、定植時にピーマン苗の根鉢を紙で包み保護して定植する方法（以下、紙包み法という）（図-4）によって土壌伝染を抑制できることが明らかとなっている（小川，2009）。そこで、 L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病が発生した圃場において、紙包み法により定植した場合の防除効果について検討した。

試験は 2018 年に現地のハウス栽培圃場（表-1，事例 1～3）にて行った。各事例とも、圃場内に複数のハウスがあるうちの 1 棟について、全株を紙包み法により定植し、他のハウスは慣行法にて定植した。定植はいずれも

表-1 定植時の紙包み法による PMMoV L^4 打破系統のピーマンモザイク病に対する発病抑制効果（2018 年）

試験事例	ハウス番号	定植方法	調査株数 (本)	発病株数 (本)	発病株率 (%)	防除価	備考
事例 1	No.3	紙包み法	270	0	0	100	2 次伝染防止対策として、ハサミの消毒を実施したほか、初期の発病株は抜き取り処分した。
	No.1	慣行法	366	13	3.6		
	No.2		358	197	55.0		
	No.4		152	65	42.8		
	No.5		212	43	20.3		
	(慣行法合計)		1,088	318	29.2		
事例 2	No.1	紙包み法	241	32	13.3	74	2 次伝染防止対策として、ハサミの消毒を実施したほか、初期の発病株は抜き取り処分した。
	No.2	慣行法	234	171	73.1		
	No.3		234	181	77.4		
	No.4		234	97	41.5		
	No.5		222	29	13.1		
	(慣行法合計)		924	478	51.7		
事例 3	No.1	紙包み法	188	188	100	0	2 次伝染の防止対策は実施しなかった。
	No.2	慣行法	180	180	100		
	No.3		171	171	100		
	No.4		191	191	100		
	No.5		177	177	100		
	No.6		176	176	100		
	No.7		225	225	100		
	(慣行法合計)		1,120	1,120	100		

※事例 1～3 はいずれも 4 月定植のハウス栽培であり、発病株率は栽培終了時点のもの。

4 月に行った。なお、事例 1, 2 では、紙包み法による 1 次伝染防止対策のほか、ハサミの消毒や初期の発病株を抜き取り処分する等の 2 次伝染防止対策を講じたが、事例 3 では 2 次伝染防止対策は特に行われなかった。

その結果、事例 1 のうち慣行法で定植したハウスでは、5 月下旬に初発株が確認され、最終的なモザイク病の発病株率が 3.6～55.0%であったのに対して、紙包み法で定植したハウスでは、栽培期間を通してモザイク病の発病が全く見られなかった。また、事例 2 のうち慣行法で定植したハウスでは、5 月上旬にモザイク病の初発株が確認され、最終的な発病株率は 13.1～77.4%となった。一方で、紙包み法で定植したハウスでは、8 月中旬に初めて発病株が確認されたものの、最終的な発病株率は 13.3%となった。しかし、2 次伝染防止対策を講じなかった事例 3 では、8 月上旬の時点ですべてのハウスにてモザイク病の発病株率が 100%に達した。このことから、紙包み法による定植は L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病に対して土壌伝染の抑制効果および発病の遅延効果があることが確認されたものの、圃場内でのまん延を防ぐためには定植後の 2 次伝染防止対策が不可欠であることが示唆された。

IV 紙包み法による定植と二次伝染防止対策を組合せた防除対策の検討（2019 年）

試験は 2019 年に現地のハウス栽培圃場（図-6, 7, 事例 1～2）にて行った。両事例とも、圃場内に複数あるすべてのハウスについて、いずれも 4 月に紙包み法にて定植した。定植後は、約 7 日間隔で圃場内全株を目視で調査した。モザイク病の発病株を発見した際には、マーキングテープを付して生産者に注意喚起することで、発病株の抜き取り処分や発病の見られたハウス、あるいは畝の管理作業を最後に行う等の 2 次伝染防止対策を重点的に取り組むよう促した（図-5）。その結果、事例 1 では 8 月下旬以降に No.2 ハウスでのみ数本の発病が確認されたものの、その後は感染が拡大せず、ハウスごとの最終的な発病株率は 0～0.8%となった（図-6）。事例 2 では、7 月上旬以降に発病株が見られたものの、抜き取り処分や管理作業順の工夫により、特定のハウスや畝内で感染を封じ込めることができたため、ハウスごとの最終的な発病株率は 0～10.4%にとどまった（図-7）。



図-5 発病株の早期発見とマーキングテープによる注意喚起の様子（中央の1株が発病株）

おわりに

PMMoVによるピーマンモザイク病が発生している他産地においては、定植作業の煩雑さなどが欠点となり、紙包み法による定植は普及していない（小川，2009）。紙包み法による定植作業では、慣行法と比較して植え穴に紙を敷く作業が余分にかかるほか、紙と根鉢の間に汚染土壌が混入しないように注意しながらの作業となることが、その主な要因であるとされている。そのため、 L^4 品種を導入する際に過敏感反応の発生が懸念される場合や、黄化えそ病の発生が激しく黄化えそウイルス抵抗性品種の栽培が不可欠な場合について、本法を選択することとされている（小川ら，2012）。

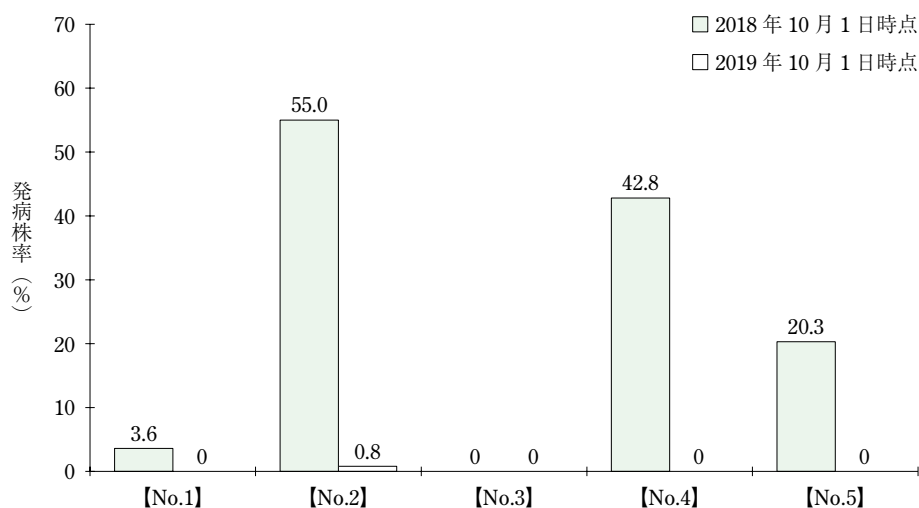


図-6 事例1におけるピーマンモザイク病の発病株率

※ 2018年はNo.3のハウスのみ，2019年はすべてのハウスにおいて紙包み法による定植を実施した。

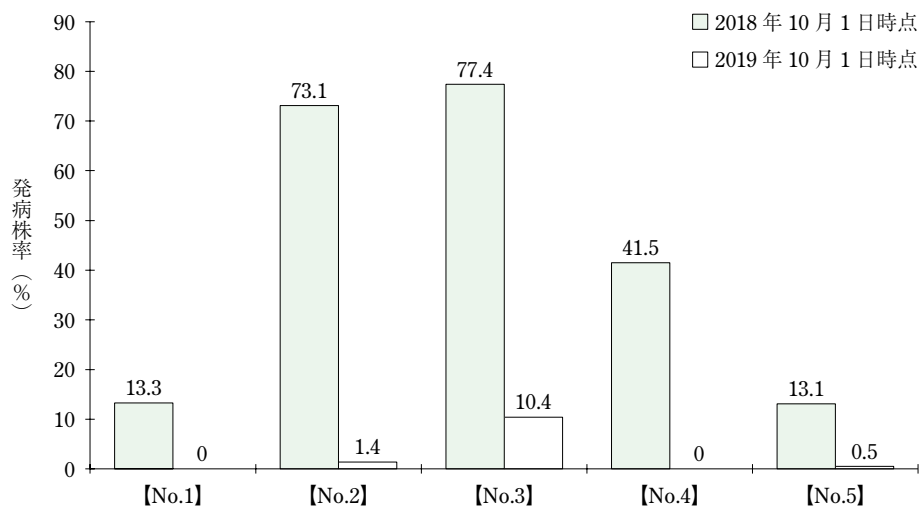


図-7 事例2におけるピーマンモザイク病の発病株率

※ 2018年はNo.1のハウスのみ，2019年はすべてのハウスにおいて紙包み法による定植を実施した。

本県の夏秋どり作型では、定植時の煩雑さに加えて、定植後に紙で包んだ根鉢部分が乾燥しやすく、活着までの間に細やかな手かん水が必要となる点が短所として挙げられた。後者については、根鉢を包んだ紙が溶けて破れぬように手かん水を加減する必要がある点に、特に注意が必要である。ただし、いずれの点についても、生産者が一度要領を掴めさえすれば、以降は問題なく実施できている。また、必要な経費が 1,000 円/10 a 程度と非常に安価であり、特別な装置なども不要であることや、適切に実施した場合には L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病に対して大幅な発病抑制効果が見込める点が、本法の長所と言えよう。ただし、生産者自身がピーマンの苗を紙に包んで定植するだけで、なぜモザイク病を減らせるのかというメカニズムについて正しく理解したうえで、確実に作業を行うことが不可欠と思われる。また、紙包み法で定植した場合には、土壌からの一次伝染を抑制したり初発時期を遅らせたりする効果が期待できるものの、実施 1 年目で発病自体を完全に防ぐことは難しい。そのため、定植後も常に本病の発生状況に留意し、万一発病が認められた場合には速やかに抜き取り処分するなどの二次伝染対策を講じることが、圃場内でのまん延を防ぐためには特に重要と考えられた。いずれにせよ、本県にて発生した L^4 打破系統の PMMoV に対しては、前述の通り現時点で本法以外に核となる防除対策が皆無であることから、当面は当該ウイルス発生圃場における防除対策として有効であり、普及性があると考えられる。

本県で発生が確認されている、 L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病に対しては、前述した通り抵

抗性品種による耕種的防除が不可能である。そのため、当面の防除対策として、1 次伝染防止対策としての紙包み法による定植と、2 次伝染防止対策として発病株の早期発見と抜き取り処分、あるいは管理作業順の工夫などを組合せた防除対策の普及を進めている。また、 L^4 打破系統の PMMoV によるピーマンモザイク病の防除対策で最も重要なことは、未発生圃場へ感染を拡大させないことである。このため、生産者に対する情報の周知と注意喚起に加えて、先述の抵抗性打破ウイルス監視体制 (図-2) の強化を図っていくことが重要であろう。今後は、未発生圃場への感染拡大防止に向けた啓蒙を進めていくとともに、PMMoV によるピーマンモザイク病の既発生圃場では、前述した防除対策の実施を継続することで、その収束を目指していく。

引用文献

- 1) 福島県病害虫防除所 (2007): 平成 19 年度病害虫発生予察特殊報第 1 号.
- 2) 源田佳克ら (2017): 園学研 **16**(2): 203~210.
- 3) 茨城県農業総合センター鹿島地帯特産指導所 (2012): 茨城県のピーマン産地のための脱臭化メチル栽培マニュアル, p.6~7.
- 4) 岩館康哉ら (2007): 農業技術 **62**: 312~315.
- 5) 岩手県病害虫防除所 (2004): 平成 16 年度病害虫発生予察情報特殊報第 1 号.
- 6) ——— (2019): 平成 30 年度病害虫発生予察情報特殊報第 3 号.
- 7) 神田純美・津田新哉 (2008): 農業および園芸 **83**: 967~975.
- 8) 松橋伊織・細川史絵 (2019): 北日本病虫研報 **70**: 131~134.
- 9) 小川孝之 (2009): 植物防疫 **63**: 434~438.
- 10) ———ら (2012): 植物防疫 **66**: 642~646.
- 11) 大木健広ら (2003): 日植病報 **69**: 334 (講要).
- 12) 大分県農林水産研究センター (2006): 病害虫発生予察特殊報第 3 号.
- 13) 小山田早希ら (2017): 日植病報 **83**: 31 (講要).
- 14) 津田新哉 (2006): 野菜茶業研究集報 **3**: 29~34.

植物防疫講座

病害編-36

芝草病害の発生生態と防除

中部リケン株式会社 ^や矢 ^{ぐち}口 ^{しげ}重 ^{はる}治

はじめに

イネ科には約 600 属、7,500 種の植物がある。そのうち 16 属、約 40 種が芝草として利用されている。イネ科の芝用の種および品種は適応性が広く、なかには赤道付近から亜寒帯に適応した芝草もある。しかし、我が国の国土の大半は温帯モンスーン地帯に属し、特に、夏季は高温・多雨・多湿のために芝生を侵す病害・害虫および雑草が多発生する。なかでも、ゴルフ場やサッカー場を始めとするスポーツターフは、人工的で特異な生態系で構成されているため、極度に病害虫や雑草を生じやすいと言える。また、昨今、寒地型芝草の利用が増加しており、それに伴い病害の種類も増加している。芝草はイネや野菜と異なり、その個体が小さいために罹病葉上に形成される病斑の診断が難しい。また、多くの芝草病害は特徴的なパッチを形成するが、複数の病害が酷似したパッチを形成するためにパッチの形状・色調のみで病害名を判断することは非常に難しい。

本稿ではこれまでに明らかにされた我が国の芝草病害の発生生態と防除について述べる。

I 芝草病害研究の流れ

1914 年にテイラー (F. W. TAYLOR) が、フィラデルフィアの庭園芝地に出現した褐色病斑を発見し、ブラウンパッチと命名したのが、芝草病害の最初の報告かと思われる。

我が国においては、芝草病害の最初の報告は、出田らが「*Puccinia zoysiae* Diet がシバノ葉ニ寄生ス」とあり、芝草における最初の病原菌の記載と言われている。また、堀らが、昭和 4 (1929) 年に、武蔵野カントリークラブに発生した病斑部から *Fusarium* 属菌を分離して、白枯病と命名した報告も確認される。本病の防除には石灰加用ボルドー剤が用いられている。

昭和 20 (1945~1954) 年代には、ゴルフ場の数も少

なく、病気についてはほとんどわかっておらず、すべて、ブラウンパッチ、雪腐病、さび病と言ってきた。芝用の農薬もなく、イネ、麦類のものを転用して、ボルドー剤、石灰硫黄合剤、さらには水銀剤も使われていた。

昭和 30 (1955~1964) 年代になってゴルフ人口が増加し、平日でも満員となり踏圧や擦り切れが問題化し、グリーンキーパーズ協会やグリーン研究所が設立され、代表的病害の発生生態と防除の検討がなされた。

しかし、これらの研究においては、一部を除き「コッホの原則」を満足させることなく病原菌の同定が行われていた。これらの反省の下に、また芝用登録農薬の問題もあって、昭和 50 (1975~1984) 年代からは本格的に植物病理学的研究がなされ、1991 年には芝草病名および病原菌名の整理、統一が図られた。このように芝草病害の研究が科学的になされるようになったものの、罹病組織からは数多くの菌類が同時に分離されたり、接種試験で明確な病原性を示さなかったり、また、いくつかの分離菌が同時に病原性を示すこととなり、病原菌の特定をより一層困難なものにした。病原菌の正しい同定のために、さらに芝草病原菌の分離方法や接種法の検討が望まれるようになった。

しかし、現在でもそうであるが、当時のゴルフ場現場ではパッチと病斑が同一視されていた。元来、パッチという言葉には衣類のつぎ、つぎはぎ等の意味がある。点々と色が周囲と異なっている部分を表す言葉であった。実際、ゴルフ場の病気は芝生の上につぎを当てたように発生するので、ブラウンパッチなどの病名 (俗称) がつけられた。このようなこともあって、芝草研究会設立以前に病害調査や研究に携わった人の多くは、パッチと病斑を混同していた。その当時発表された論文には、パッチの中にある微小な病斑を見落としていた節がある。おおざっぱに病斑と呼ばれたパッチからサンプルを採取し、菌の分離、培養、接種を行ったものと思われる。パッチと病斑の区別を曖昧にできてしまったという基礎的な過ちを、調査・研究開始の段階で犯してしまった訳である (一谷, 2014; 表-1)。

昭和 60 代~平成初期 (1985~1995) には、芝草病害

Biology and Control of Turfgrass Diseases. By Shigeharu YAGUCHI

(キーワード: 芝草, スポーツターフ, 芝草病害, 発生生態, 防除)

表-1 パッチと病斑の類似点と相違点 (一谷, 2014)

用語	類似点	相違点
パッチ：ゴルフコース管理部では、病斑と同意語	パッチと病斑：ゴルフ場、学会を問わず、両用語共、病原（体）による被害で、外見上健全な緑色の芝草が黄色～褐色、赤褐色の不健全な症状を示す点で類似	パッチ：芝生が病害や生理障害等で、スポット状または融合して作られた円形～不整形の枯込み等が混じった被害箇所/病原（体）に対して特有な色や形状をしていないので、診断の基準にはあまりならない
病斑：植物病理学会や芝草学会では、パッチとは異なる意味を持つ		病斑：病原体の感染により宿主（芝草）体に現れた斑点、斑紋等の局所的な症状/病原体に対して比較的特有な色や形状をしているので、診断の有力な基準になる

1. 病害鑑定依頼書の記入，サンプル送付



2. 顕微鏡観察（×100～400倍）



.....→ 結果報告①

3. 培養，菌種鑑別（簡易同定）

- ・サンプル細断，表面殺菌
- ・素寒天培地で培養
- ・栄養培地に移植，培養，PCR等



.....→ 結果報告②

4. 菌株保存，その他試験

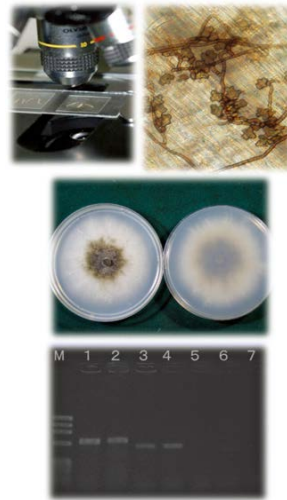


図-1 病害鑑定の概要

研究は飛躍的に進歩した。香川大学，大阪府立大学，三重大学，岐阜大学，静岡大学，明治大学，農林水産省草地試験場，千葉県農業試験場等の一流の植物病理学者が芝草病原菌の同定に参画するようになった。また，各地域のゴルフ連盟が運営するグリーン研究所および民間会社の芝草専門研究所の芝草病害に対する取り組みも本格的になってきた。

II 芝草病害の発生動向

芝草病害の発生動向を定期的に把握することは，現場において迅速かつ確かな病害対策を講じるための一助になり得る。筆者が所属していた株式会社理研グリーンの研究所においては，約30年前から，主にゴルフ場や，サッカー場，芝生生産地，公共緑地等の芝草を対象として，現場での診断が比較的難しい症例について病害診断サービス（病害鑑定）を行っている。主に現場での診断が難しい症例が対象となり，診断が容易な症例の鑑定依頼は少ないなどのバイアスがかかるために，必ずしも病害全体の発生傾向を正確に示すものではないが，特に現

場で問題となっている芝草病害の発生傾向を捉えることができると考えている。

図-1は理研グリーン グリーン研究所の病害鑑定の流れを示した。

鑑定依頼を受けた現場診断が困難な症例について，発生場所，草種，発生状況，気象条件および殺菌剤散布歴等を記入した病害鑑定依頼書とともに全国各地から発症サンプルを送付していただいた。可能なものは現地調査も実施した。サンプル入手後，肉眼による病徴観察と顕微鏡による罹病部の観察を行った後，常法に従って糸状菌および細菌の分離培養と菌種鑑別を行い，依頼書に記載された内容や現地の状況も考慮して鑑定を実施した。なお，複数種の病原菌が検出された場合には，症状との因果関係が最も高いと判断した病原菌を優先して便宜的にその病害として集計した。また，病原菌が検出されても，その他の要因のほうが症状との因果関係が高いと判断した場合には，便宜的にその他として集計した。

早川（2014）が2014年の日本芝草学会公開シンポジウムで発表した内容を紹介する。図-2は，年度別にどの

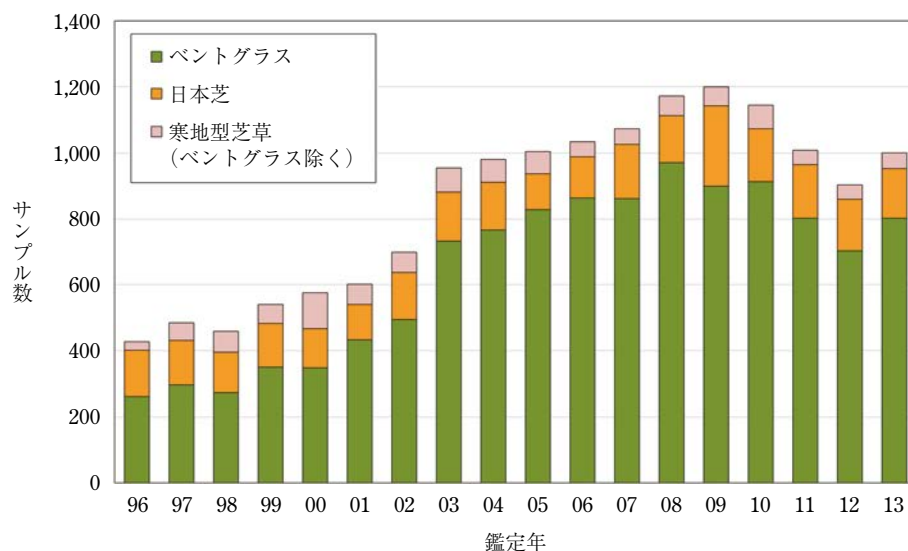


図-2 病害鑑定依頼サンプル数の推移

早川 (2014): 日本芝草学会主催公開シンポジウム講要 (20).

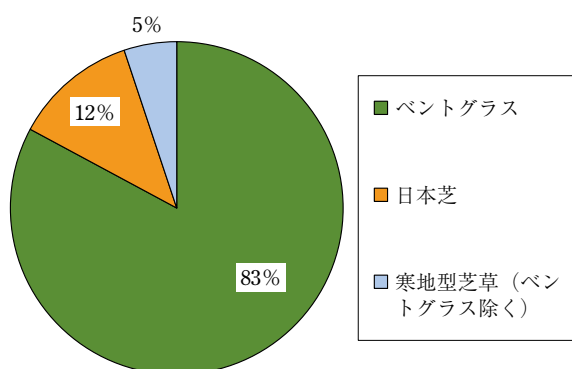
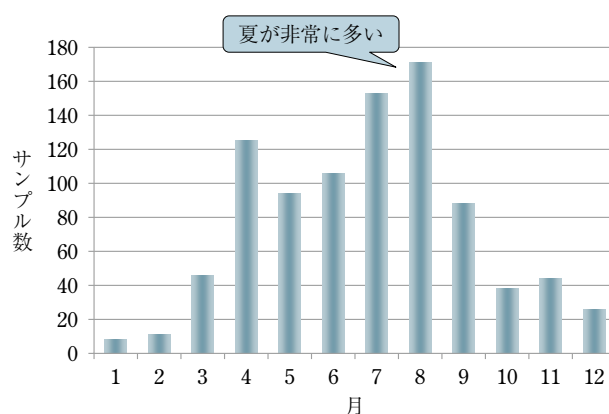


図-3 草種別の鑑定依頼割合 (1996~2013 年)

早川 (2014): 日本芝草学会主催公開シンポジウム講要 (20).



(株)理研グリーン グリーン研究所 実施

図-4 2012 年の月別病害鑑定サンプル数

ような草種のサンプルが集まってきたかを示している。最高値を示した 2009 年度には総数 1,200 サンプルが集まってきた。図-3 は草種別の鑑定依頼割合を示している。圧倒的にベントグラスが多いことがわかる。図-4 は、月別鑑定サンプル数 (2012 年) を示している。気温の上昇とともに増加し、夏に非常に多いことがわかる。

1 ベントグラスの鑑定依頼傾向

2008~13 年の病害鑑定結果を表-2 に示す。各年、最も多いのは、その他で示した病害以外の要因による症例と判断したものだった。これらには広義の生理障害、乾燥害、ドライスポット、高温障害、農薬の濃度障害、凍害、油害、管理上のトラブル、動物の糞尿害、原因不明の黄化症状や白化症状、踏圧、悪意のあるいたずら、等も含まれる。

病害としては、細菌性病害、炭疽病、ピシウム性病害

が上位 3 位を占めている。これらは、いずれも現場での診断が難しく、完全防除が難しい病害である。さらに、これらの病原菌は、主因と考えられる病原菌とともに複合的に感染している場合もしばしば認められた。

それ以外の病害としては、担子菌類性病害が多く、その中でもスーパーフィシャルフェアリーリングと称されているものが増加している。また、多核リゾクトニア性病害 { (葉腐病 (ブラウンパッチ)、褐色リング葉腐病、赤褐色葉腐病) } および疑似葉腐病 (イエローパッチ) も多い。また、非積雪下での紅色雪腐病が増えている。播種後間もない芝地に発生しやすい傾向がある。近年のインターシーディング (同じ草種の他品種を追い播きして品種を変換すること) の増加傾向が本病の増加要因と考えられる。

上記以外で近年目立つ病害としては、バイボラリス葉

表-2 ペントグラスの病害鑑定数 (2008~13 年)

病害の種類/年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	合計
多核リゾクトニア性病害 ¹⁾	21	15	23	21	15	14	109
疑似葉腐病 (イエローパッチ)	19	28	22	11	12	12	104
ピシウム性病害 ²⁾	63	71	52	57	73	51	367
立枯病 (テイクオールパッチ)	1	8	3	0	0	2	14
炭疽病	94	126	79	82	81	117	579
ダラスポット病	19	20	27	14	26	13	119
バイボラリス葉枯病	8	9	9	10	9	4	49
ドレクスレラ葉枯病・斑点病	6	12	4	3	4	3	32
担子菌類性病害 ³⁾	19	23	25	18	13	32	130
雪腐小粒菌核病	4	9	1	5	6	0	25
紅色雪腐病 (非積雪下含む)	31	35	9	15	11	10	111
黒点葉枯病 (カップースポット)	5	5	5	7	6	9	37
デッドスポット病	0	3	0	0	1	0	4
いもち病	2	0	2	0	3	0	7
細菌性病害 ⁴⁾	85	73	134	143	101	130	666
ほこりかび病	2	0	0	0	1	0	3
その他 (生理障害, 原因特定困難等) ⁵⁾	592	462	502	371	344	405	2,676
合計	971	899	914	803	702	802	5,091

早川 (2014): 日本芝草学会主催公開シンポジウム講要 (21)

¹⁾ 葉腐病 (ブラウンパッチ), 褐色リング葉腐病 (ブラウンリングパッチ) および赤褐色葉腐病.²⁾ 赤焼病, ピシウム病 (苗立枯症含む) および褐色雪腐病.³⁾ フェアリーリング病およびスーパーフィシャルフェアリーリング (通称) 等.⁴⁾ かさ枯病, 褐条病, 葉枯細菌病等.⁵⁾ 乾燥害, ドライスポット, 高温障害, 濃度障害, 凍害, 油害, 糞尿害, 黄化症状, 白化症状および手掛かりなし等.

表-3 日本芝の病害鑑定数 (2008~13 年)

病害の種類/年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	合計
葉腐病 (ラージパッチ)	11	7	12	7	6	9	52
疑似葉腐病 (春はげ症, 象の足跡, 春腐病)	10	4	8	5	5	10	42
ピシウム性病害	0	1	0	1	1	2	5
カーブラリア葉枯病 (犬の足跡)	4	3	1	1	1	6	16
立枯病 (ゾイシアディクライン)	4	4	5	8	0	0	21
ネクロティックリングスポット病	10	34	17	9	17	13	100
フェアリーリング病	0	4	1	0	0	0	5
ダラスポット病	4	26	7	4	13	1	55
コウライシバ白色化症状 ¹⁾	5	15	4	7	10	8	49
春季生育不良症 ²⁾	1	1	0	0	0	0	2
その他 (生理障害, 原因不明等)	92	143	103	120	103	102	663
合計	141	243	158	162	157	151	1,010

¹⁾ 未同定糸状菌によるとされる.

早川 (2014): 日本芝草学会主催公開シンポジウム講要 (22)

²⁾ 未同定糸状菌によるとされる.

枯病, ドレクスレラ葉枯病, 黒点葉枯病 (通称カップースポット) 等が上げられる。デッドスポットやいもち病も要注意病害である。今後の発生动向を注視したい。

2 日本芝の鑑定依頼傾向

日本芝における 2008~13 年の病害鑑定結果を表-3 に示す。各年, ペントグラスと同様に病害以外の要因によ

るものと判断したその他サンプルが多かった。病害としては, ネクロティックリングスポット病が最も多く, 次いで, ダラスポット病, 葉腐病 (ラージパッチ), 未同定糸状菌によるコウライシバの白化症状, 疑似葉腐病 (春はげ症, 象の足跡, 春腐病) の順で多かった。

理研グリーンの佐々木ら (2019) が, 2019 年日本芝

表-4 ベントグラスに発生した病害の診断サンプル数（2014～18年，年別）

病名	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	合計
多核リゾクトニア性病害	16	18	19	10	5	68
疑似葉腐病（イエローパッチ）	16	12	17	11	5	61
ピシウム性病害	70	75	94	54	61	354
炭疽病	135	107	160	114	89	605
ダラースポット病	10	15	8	6	9	48
バイボラリス葉枯病	8	8	14	1	5	36
ドレクスレラ属菌による葉枯病	1	2	2	2	0	7
担子菌類性病害	21	33	34	20	26	134
雪腐小粒菌核病	3	3	1	3	1	11
紅色雪腐病（非積雪下含む）	19	19	7	15	12	72
<i>Phialocephala</i> 属菌による雪腐症状	1	2	3	0	3	9
黒点葉枯病（カッパーズポット）	9	11	7	3	8	38
その他の糸状菌性病害	2	4	2	2	2	12
細菌性病害	76	99	145	119	67	506
ほこりかび病	2	1	0	0	0	3
その他（生理障害，原因特定困難等）	380	388	364	377	380	1,889
合計	769	797	877	737	673	3,853

表-5 暖地型芝草に発生した病害の診断サンプル数（2014～18年，年別）

病名	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	合計
多核リゾクトニア性病害	14	19	9	6	6	54
2核リゾクトニア性病害	4	5	10	2	1	22
ピシウム性病害	3	22	13	13	21	72
立枯病	0	16	29	43	12	100
ネクロティックリングスポット病	14	17	11	20	10	72
バイボラリス属菌による病害，環紋病	2	2	12	2	0	18
ダラースポット病	5	6	7	4	5	27
糸状菌による白色化症状	6	6	15	3	4	34
春期生育不良症状	0	11	10	17	1	39
黄化萎縮病	1	1	7	2	9	20
その他の病害	6	8	8	2	4	28
その他（生理障害，原因特定困難等）	93	75	102	114	111	495
合計	148	188	233	228	184	981

草学会春季大会において，2014～18年の病害鑑定の結果を報告しているので紹介する（表-4，5）。

ベントグラスの場合，早川の前報と同様な傾向であった，炭疽病や細菌性病害については，年によってサンプル数や発生ピークが変動する傾向が見られ，降水量や日照時間の影響が示唆された。その後，同研究所の堀田ら（2016；2020）は，日照時間と細菌性病害（褐条病）との関係に切り込んだ興味深い検討結果を報告した。褐条病は最近までは単に夏場に発生する細菌病であるとの認識だったが，梅雨時期特有の「高温・多湿・低日射量」という気象条件を再現した上で，褐条病菌をオリジナル宿主であるベントグラスに接種すると容易に発病が認め

られた。一方，この条件を一つでも欠いた状態で接種しても発病は認められなかった。この結果からも，高温かつ曇天・降雨が続く梅雨時期に最も褐条病の発生が多くなるという現場での傾向は妥当であると考えられる。今後の詳細なる研究の進展に期待したい。

暖地型芝草の場合，前報と傾向が異なり，立枯病とピシウム性病害が増加した。ピシウム性病害については，バミューダグラスグリーンのサンプルが増加していることが要因と考えられた。

次号では，筆者の長年，病害鑑定業務に当たった経験や，全国のゴルフ場，サッカー場，公共緑地，芝生生産地を調査した経験と，日本植物病理学会および日本芝草学

表-6 我が国で発生する重要芝草病害

草種	病名	病原菌 (体)
日本芝	葉腐病 (ラージパッチ)	<i>Rhizoctonia solani</i> AG2-2 LP
	疑似葉腐病 (リゾクトニア性春はげ症)	binucleate <i>Rhizoctonia</i> AG-D (I)
	疑似葉腐病 (象の足跡)	binucleate <i>Rhizoctonia</i> AG-D (II)
	葉枯病 (犬の足跡)	難胞子形成不完全菌
	立枯病 (ゾイシアディクライン)	<i>Phialophora</i> sp.
	ネクロティックリングスポット病	<i>Ophiosphaerella korrae</i>
ベントグラス	葉腐病 (ブラウンパッチ)	<i>Rhizoctonia solani</i> AG2-2 IIIB
	疑似葉腐病 (イエローパッチ)	binucleate <i>Rhizoctonia</i> AG-D (I)
	赤焼病 (綿腐病)	<i>Pythium aphanidermatum</i>
	ビシウム病 (ビシウムブライト)	<i>Pythium graminicola</i> , <i>P. vanterpoolii</i>
	フザリウムパッチ	<i>Monographella nivalis</i>
	炭疽病	<i>Colletotrichum cereale</i>
	かさ枯病 (細菌病)	<i>Pseudomonas syringae</i>
洋芝類	ブルーグラスサマーパッチ病	<i>Magnaporthe poae</i> (未同定)
	ペレニアルライグラスいもち病	<i>Pyricularia grisea</i>
共通	ダラースポット病	<i>Claviceptis jacksonii</i> , <i>C. monteithiana</i>
	フェアリーリング病	種々のきのこ類
	さび病	<i>Puccinia</i> spp.
	黒色・褐色小粒菌核病	<i>Typhula ishikariensis</i> , <i>T. incarnata</i>
	紅色雪腐病	<i>Monographella nivalis</i>
	褐色雪腐病	<i>Pythium</i> spp.

(2020 矢口作表)

表-7 局所的に発生が認められる芝草病害

草種	病名	病原菌 (体)
日本芝	不揃い症 (仮称)	<i>Pythium</i> spp.
	フザリウム病 (仮称)	<i>Fusarium acuminatum</i> , <i>F.</i> sp.
	ビシウム病 (ビシウムブライト)	<i>Pythium graminicola</i> , <i>P. periplocum</i>
	春腐病	binucleate <i>Rhizoctonia</i> AG-D (III)
	ビシウム病 (ビシウム性春はげ症)	<i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> sp.
	ウイルス病	ウイルス病原
ベントグラス	白葉腐病 (スーパーフィシャルフェアリーリング)	担子菌類
	葉枯性病害	<i>Helminthosporium</i> spp.
	ビシウム病 (激症型ビシウム病)	<i>Pythium graminicola</i> , <i>Pythium</i> sp.
	ビシウム性黄化症	<i>Pythium torulosum</i>
	新種雪腐病 (仮称)	<i>Phialocephala</i> sp.
	黒点葉枯病 (カッパースポット)	<i>Gloeocercospora sorghi</i>
	立枯病 (テイクオールパッチ)	<i>Gaeumannomyces graminis</i>
	細菌性病害 (かさ枯病以外)	<i>Pseudomonas</i> spp., <i>Xanthomonas</i> sp.
洋芝類	赤葉腐病 (レッドスレッド)	<i>Laetisaria fuciformis</i>
	葉枯性病害	<i>Helminthosporium</i> spp.
	細菌性病害	<i>Pseudomonas</i> spp., <i>Xanthomonas</i> sp.
共通	萎黄病	ファイトプラズマ
	黄化症	生理症
	ほこりかび病	<i>Mucilago spogiosa</i> , etc

(2020 矢口作表)

会に発表された研究報告内容等を総合的に考察して、全国的に問題となっているメジャーな芝草病害と、決してメジャーでないが、局所的に発生していて問題となって

いるもの、過去には問題であったが昨今あまり問題になっていない病害のリストに分けて紹介したい(表-6, 7)。(次号に続く)

植	物	
	防	疫
講	座	

虫害編-30

アブラナ科野菜に発生するキスジノミハムシの発生生態と防除

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 とう じゅん いち
新 藤 潤 一

はじめに

キスジノミハムシ *Phyllotreta striolata* はコウチュウ目 (Coleoptera) のハムシ科 (Chrysomelidae) に属する甲虫で、成虫も幼虫もアブラナ科野菜を加害する。特に幼虫は根部表面を加害して商品価値を著しく低下させることから、我が国では古くからダイコンやカブ等のアブラナ科根菜類の重要害虫として知られている。発生程度に年次による変動はあるものの、その被害は毎年発生している。キスジノミハムシに適用のある防除薬剤数は増えているものの、多発条件下では十分な防除効果が得られない圃場も見られ、生産現場では防除に苦慮している。そのため、青森県では1980年代に研究課題化してダイコンにおける発生生態の解明と防除対策試験に取り組んでいる (木村, 1992)。最近でも、2010年代前半にダイコンのキスジノミハムシ被害が数年続いて多発したことから、現場からの要望を受けて研究課題化し防除対策試験に取り組んでいるが (新藤, 2014; 2015; 新藤・木村, 2019)、現在もなお被害が問題となる防除が難しい重要害虫である。本稿では、キスジノミハムシの発生生態や被害症状、防除対策等について紹介する。

I 形態と生態

1 形態

成虫は体長2 mm内外で全体が黒く上翅に各1本の黄白色の条紋がある甲虫で、後脚が非常に発達していてノミのように飛び跳ねる (図-1)。キスジノミハムシという名前はこうした特徴に由来する。卵は長径が0.3 mm内外の楕円形で乳白色。幼虫は成長すると体長4 mm内外になり、頭部が褐色で胴部は乳白色のうじむし状をしている (図-2)。蛹長は2 mm内外で、体色ははじめ乳白色でのち暗褐色に変わり、尾端に2本の小棘がある。



図-1 キスジノミハムシ成虫



図-2 キスジノミハムシ幼虫

2 生態

日本全土で発生が見られるが、年間の発生回数は地域により異なり、関東、北陸以西の平坦地ではおよそ年3~5回、高冷地や寒冷地では年2~3回である。落葉の下や土塊の隙間等で成虫で越冬し、早春から活動を始めると、アブラナ科作物の栽培圃場に移動して作物を加害する。産卵期間が長く、卵から成虫羽化までおよそ1か

Ecology and Management of Striped Flea Beetle, *Phyllotreta striolata*. By Jun-ichi SHINDO

(キーワード: アブラナ科野菜, キスジノミハムシ, 生態, 防除)

月であるため、各世代が混発するようになる。成虫は4～10月まで発生し、一般に6～8月の密度が特に高い。卵は地際部の土中浅くに産み付けられ、1頭の雌が産む卵の数は150～200粒である。卵期間は3～15日、ふ化幼虫は根部表面を食害し続け幼虫期間10～20日で3齢を経て地表面近くで蛹化する。蛹期間は3～10日である。9月中に産卵を停止し、10月下旬ころには成虫は寄主植物を離れ、作物の残渣や落葉の下あるいは土塊の隙間等に潜ってそのまま越冬する。

II 被 害

成虫、幼虫のどちらも加害し、コマツナ、チンゲンサイ等葉菜類では成虫による葉部の被害が問題となる。成虫は幼葉を好んで食べ、葉一面に直径1mm程度の丸い食痕を残す(図-3)。食痕は葉の成長とともに穴が広がり、不規則な裂孔となる。発芽直後に集中的に加害されると、生育が遅れたり枯死することもあり減収の原因となる(一般社団法人日本植物防疫協会, 2005)。幼虫は土中で根部を加害することから、特にダイコンやカブ等根菜類での被害が大きい。根部表面を加害するが、生育

初期～肥大期を通じて食害が激しいときには、表面がざらざらしたサメ肌状に(図-4)、肥大初期の食痕が根部の肥大につれて不規則なくぼみとなって残るとナメリ状に(図-5)、表皮が厚くなってからの加害は孔状の食痕として残る(図-6)。根部の伸長初期での加害が激しいと、根部の表面は凸凹になり、茶褐色に変色して硬化し、枯死することもある。また、被害が少なくても食痕が残り、商品としての価値は下がり、著しいものは出荷不能となる。ダイコンでは一般に春播栽培と夏播栽培で被害が大きく、秋播栽培では少ないが、発生量は年により変動が大きい。気温が高く、雨の少ない年に被害が多くなる傾向がある。また、アブラナ科野菜の連作で多発する。圃場にアブラナ科作物がない場合は、圃場周辺のキレハイヌガラシやスカシタゴボウ等のアブラナ科雑草で増殖し発生源となる(妙楽ら, 2013)。

III 発生調査法

キスジノミハムシ成虫の発生調査法として、見とり法、トラップによる調査法が挙げられる(浅田ら, 1978)。トラップには黄色水盤や黄色粘着トラップが利



図-3 成虫による葉の食痕



図-4 サメ肌状の食痕



図-5 ナメリ状の食痕



図-6 孔状の食痕

用できる。黄色水盤は誘引源としてイソチオシアン酸アリルを併用することで誘引効果が高まる（浅田ら、1978）。イソチオシアン酸アリルは短時間に蒸発するため、誘引源を入れたガラス管ビンの栓としてシリコンダブルキャップを利用することで長時間にわたり蒸発量を制御する方法が報告されている（白井・腰原、1986）。また、黄色水盤に比べ誘殺数は少なくなるが、市販の黄色粘着トラップでも成虫の発生推移を調査することができる（広島総研農技セ、2013）。

IV 防 除 対 策

1 耕種の防除

エンバク野生種に含まれる成分がキスジノミハムシに対して忌避活性があり（森本ら、2003）、ダイコンの前作にアウェナ ストリゴサ（エンバク野生種）を作付け、すき込むことでキスジノミハムシの被害を軽減できる（中野、2000；石川ら、2011）。ただし、忌避効果を得るには少なくとも60日程度のエンバク野生種作付け期間が必要である。また、成虫の発生が多くなる夏播きダイコンでは十分な被害軽減効果が得られないので利用する作型に注意する。キレハイスガラシやスカシタゴボウ等のアブラナ科雑草は、キスジノミハムシが増殖し発生源となることから、周辺圃場の除草を徹底する。

2 物理的防除

施設栽培では、太陽熱土壌消毒、近紫外線カットフィルム、防虫ネット（目合い0.6 mm）等の併用による被害軽減技術が報告されている（福井、2002）。露地栽培では、防虫ネット（目合い0.6 mm）のトンネル被覆や不織布のべたがけが成虫の侵入抑制に有効である（村井・豊川、1991；中野ら、2006）。

3 化学的防除

化学的防除は、播種時または定植時の粒剤処理を基本として、これに茎葉散布を組合せる。発芽直後からキスジノミハムシ成虫が寄生し、成虫発生量も多く被害が高

まりやすい夏播きダイコンでは、粒剤処理後の茎葉散布開始時期が早いほど、茎葉散布の散布間隔が短いほど防除効果は高く、茎葉散布は播種7～10日後から開始し、約7日間隔で生育後期まで散布する防除体系の有効性が報告されている（妙楽ら、2013；新藤・木村、2019）。粒剤の中には、生育期の株元散布が可能な薬剤もあり、防除体系に組み入れることで茎葉散布剤の効果を補完できる可能性がある。

お わ り に

キスジノミハムシは古くからの害虫であるものの、殺虫剤に対する抵抗性や感受性低下に関する報告等は今のところないが、粒剤処理と茎葉散布を組合せた防除を行っても被害を十分に抑えられない場合がある。粒剤の処理量と処理方法、選択した茎葉散布剤、茎葉散布の開始時期と散布間隔等の防除条件を再確認するとともに、発生源となるような圃場内外のアブラナ科雑草の除草を徹底する等圃場内の成虫密度を高めないように対策が重要と考える。

引 用 文 献

- 1) 浅田幸男ら（1978）：奈良農試研報 9：65～73.
- 2) 福井正男（2002）：京都府農業研究所研究報告 23：21～35.
- 3) 広島県立総合技術研究所農業技術センター（2013）：平成25年度広島県立総合技術研究所農業技術センター研究成果情報集：31～32.
- 4) 石川寛人ら（2011）：山梨県総合農業技術センター研究報告 4：17～23.
- 5) 一般社団法人日本植物防疫協会（2005）：平成16年度コスメティックペストの被害実態調査報告書：85～92.
- 6) 木村利幸（1992）：青森農試研報 32：81～94.
- 7) 森本正則ら（2003）：日本農業学会（講要）28：39.
- 8) 村井智子・豊川幸穂（1991）：北日本病虫研報 42：155～157.
- 9) 中野昭雄ら（2006）：四国植防 41：33～39.
- 10) 中野智彦（2000）：近畿中国四国農業研究成果情報：55～56.
- 11) 新藤潤一・木村勇司（2019）：北日本病虫研報 70：147～151.
- 12) ———（2014）：同上 65：160～162.
- 13) ———（2015）：同上 66：132～134.
- 14) 白井洋一・腰原達雄（1986）：関西病虫研報 28：69～70.
- 15) 妙楽 崇ら（2013）：岐阜農技セ研報 13：13～24.

植物
防疫
講座

農薬編-33

複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位に作用する殺菌剤

日本曹達株式会社 田 辺 憲 太 郎

はじめに

農業用殺菌剤の耐性管理について国際的に活動している Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) は、細胞呼吸に作用する殺菌剤を作用機構グループ C に分類している。細胞呼吸とは、解糖系においてグルコースを代謝して生成したピルビン酸などを原料に、生物が利用できるエネルギーとして ATP を合成する一連の反応である。ピルビン酸は、ピルビン酸脱水素酵素複合体によってアセチル CoA に変換されてクエン酸回路に入り、そこで生じた電子が NADH, FADH₂ として捕捉される。集まった電子はミトコンドリア内膜の複合体 I~IV からなる電子伝達鎖で受け渡されながら、ミトコンドリア内膜に囲まれているマトリックスから、膜間腔と呼ばれる

外膜と内膜の間に H⁺ (プロトン) を輸送、形成されたプロトン濃度勾配を利用して多くの ATP を合成する。

複合体 III にはユビキノール・ユビキノンの酸化・還元によってプロトンを輸送する Q-サイクル機構があり、ミトコンドリア内膜の細胞質側にあるユビキノールがユビキノンに酸化される Qo 部位、マトリックス側にあるユビキノンがユビキノールに還元される Qi 部位のそれぞれが殺菌剤の作用点となっている。本稿においては、グループ C に属する国内登録のある殺菌剤 (表-1, 図-1) のうち、Qo 部位に作用する QoI 殺菌剤の概要について解説する。

殺菌剤の作用機構、グループ名、略称、耐性リスク等については、主に FRAC コード表日本版 (Japan FRAC, 2020 a) に従っている。

表-1 国内登録がある QoI 殺菌剤

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	殺菌剤の耐性リスク・備考	FRAC コード
C: 呼吸	複合体 III ユビキノール酸化 酵素 Qo 部位	QoI 殺菌剤 (Qo 阻害剤)	メトキシアクリレート	アゾキシストロビン	高/複数の耐性菌が発生. グループ内で交差耐性がある.	11
				ピコキシストロビン		
			メトキシアセトアミド	マンデストロビン		
			メトキシカーバメート	ピラクロストロビン		
			オキシイミノ酢酸	クレソキシムメチル		
				トリフロキシストロビン		
			オキシイミノアセトアミド	メトミノストロビン		
			オキサゾリジンジオン	ファモキサドン		
			ジヒドロジオキサジン	フルオキサストロビン		
			ベンジルカーバメート	ピリベンカルブ		
			テトラゾリノン	メチルテトラブロール	高/耐性菌未発生. コード 11 の G143A 突然変異株とは交差しない.	11A

出所: FRAC コード表日本版 (2020 年 7 月) (Japan FRAC, 2020 a) を抜粋, 改変.

Fungicides Acting on Complex III Ubiquinol Oxidase at Qo Site.
By Kentaro TANABE
(キーワード: ストロビルリン, メトキシアクリレート, オキサゾリジンジオン, ベンジルカーバメート, テトラゾリノン)

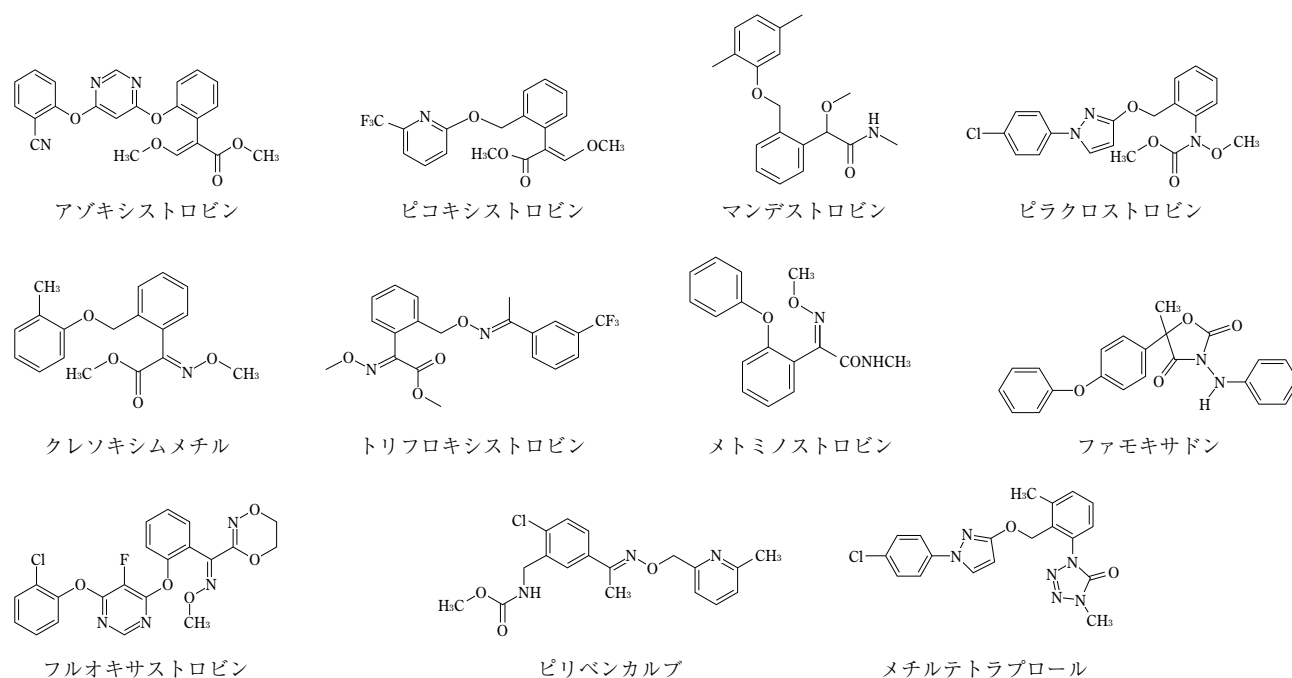


図-1 国内登録がある QoI 殺菌剤の化学構造式

表-2 国内登録がある QoI 殺菌剤の概要

有効成分	農薬登録 (年)	申請者 (略)	現登録会社 (略)	ファーマコフォア	適用作物の範囲**				適用病害の範囲 (門)**			
					水稻	果樹	野菜 畑作	芝	卵菌	子の う菌	不完全 全菌	担子 菌
アゾキシストロビン	1998	ICI	シンジェンタ	メトキシアクリル酸	○	○	○	○	○	○	○	○
ピコキシストロビン	2016	日本農薬	日本農薬	メトキシアクリル酸			○	○	○	○	○	○
マンデストロビン	2015	住友化学	住友化学	メトキシアクリル酸類縁体		○	○	○		○	○	○
ピラクロストロビン	2006	BASF	BASF	メトキシアクリル酸類縁体		○	○	○	○	○	○	○
クレソキシムメチル	1997	BASF	BASF	メトキシアクリル酸類縁体		○	○	○	○	○	○	○
トリフロキシストロビン	2001	バイエル	バイエル	メトキシアクリル酸類縁体		○	○			○	○	○
メトミノストロビン	1998	塩野義製薬	住商アグロ	メトキシアクリル酸類縁体	○					○	○	○
ファモキサドン*	2000	デュポン	コルテバ	オキサゾリジンジオン		○	○		○	○	○	
フルオキサストロビン	2016	アリスタ	アリスタ	メトキシアクリル酸類縁体				○	○	○	○	○
ピリベンカルブ	2012	クミアイ化学 日本曹達	クミアイ化学 日本曹達	カーバメート	○	○	○	○		○	○	○
メチルトetraフロール	2020	住友化学	住友化学	テトラゾリノン		○	○			○	○	

*：適用の範囲はシモキサニル混合剤として。

**：2020 年 9 月時点での適用内容を反映させた。

I 開発の経緯

Strobilurus tenacellus (和名：マツカサシメジ) が産生する天然抗菌物質ストロビルリン A などから展開された化合物群で、抗菌活性の発現に必要な部分構造であるファーマコフォアとしてメトキシアクリル酸およびその類縁体を有する有効成分が多い (メトキシアクリレート系

QoI, 表-2)。ファモキサドン, ピリベンカルブ, メチルトetraフロールはファーマコフォアが異なり, それぞれオキサゾリジンジオン, カーバメート, テトラゾリノンである。当初はストロビルリン系殺菌剤と呼ばれていたが, 化学構造が多様化したため, 現在は作用点により QoI 殺菌剤と総称される。

国内では, 1997 年にクレソキシムメチル, 1998 年に

アゾキシストロビン、水稻に特化したメトミノストロビンが農薬登録された（表-2）。その後も新規有効成分の研究・開発は継続し、2020年9月時点で11の有効成分の登録がある。

国際的には、QoI 殺菌剤の使用は1996年に始まってから20年以上経過、2018年における世界の殺菌剤市場での販売規模はDMIに次いで第2位のグループに成長、約18%を占めている（AgbioInvestor, 2019）。第3位は複合体Ⅱコハク酸脱水素酵素阻害剤であるが、これらの耐性リスクが中～高のいずれかに属する耐性管理が必要な3グループによって、世界の殺菌剤市場の51%を占めている。

Ⅱ 作用機構

ミトコンドリア内膜にある電子伝達鎖の複合体Ⅲ（シトクロム bc1 複合体）のシトクロム b の Qo 部位に結合してユビキノール酸化を阻害することにより電子伝達ができなくなる。その結果としてプロトン濃度勾配が不十分となるなどの悪影響が生じて病原菌の ATP 合成を抑制する。

人工培地を使用した抗菌試験においては、QoI 殺菌剤が作用すると代替酸化酵素（AOX）が作動するため、抗菌力を明確にする目的で AOX 阻害剤であるサリチルヒドロキサム酸、没食子酸 n-プロピルを添加することが多い。しかし、植物においてはフラボノイド類が AOX の発現や活性を阻害することが明らかとなっており（田村・水谷, 1999）、農薬としての実用場面における QoI 殺菌剤の抗菌力に寄与している。

Ⅲ 作用特性

QoI 殺菌剤の特徴の一つとして適用病害の範囲が広いことが挙げられる。登録病害からの推定によると、いずれもメトキシアクリレート系 QoI であるアゾキシストロビン、ピコキシストロビン、ピラクロストロビン、クレソキシメチル、フルオキサストロビンは卵菌、子のう菌、不完全菌、担子菌のいずれにも適用病害がある（表-2）。マンデストロビン、トリフロキシストロビン、メトミノストロビン、ピリベンカルブには卵菌類病害を除く3門に適用病害がある。ファモキサドンについてはシモキサニルとの混合剤からの推定になるが、シモキサニルは卵菌類のみに有効なので、担子菌類病害を除く3門に対する適用病害はファモキサドンの活性によるものと推定している。2020年に登録認可となったばかりのメチルテトラプロールの詳細は現時点では不明であるが、登録認可時の適用病害の範囲は子のう菌および不完

全菌病害である。水稻に適用があるのは、アゾキシストロビン、メトミノストロビン、ピリベンカルブで、適用病害の数はメトミノストロビンが最も多い。

なお、殺菌剤各製剤の適用作物・病害の範囲には、単剤・混合剤、他剤とのポジショニングも関係するため、適用病害がないからと言って効果がないというわけでは必ずしもないので、おおまかな傾向としてとらえていただきたい。

QoI 殺菌剤は細胞呼吸を阻害するため、病原菌の生活環の多くのステージに作用する。全般的に予防・治療効果が優れているが、有効成分と対象病害の組合せで特性は異なる。

各有効成分の詳細な特性については、各社が公開している製品の技術資料などをご参照いただきたい。

Ⅳ 耐性菌の現状および対策

FRAC は QoI 殺菌剤の殺菌剤リスクを「高」としている。高リスク殺菌剤とは、使用開始後数年で耐性菌が広範囲に発生、防除効果が大幅に低下した殺菌剤である。QoI 殺菌剤についても使用開始後早期に一部の病害において耐性菌が発生、FRAC が作成している国際的な耐性菌発生のリストによると54病原菌について、実使用によって発生した圃場耐性菌の報告事例がある（FRAC, 2020）。QoI 殺菌剤と同じく複合体Ⅲに作用するが、結合部位が異なり Qo 部位のスチグマテリン結合サブサイトに作用する QoSI 殺菌剤、Qi 部位に作用する QiI 殺菌剤とは交差耐性はない。

耐性機構は作用点であるシトクロム b の変異によるもので、シトクロム b 遺伝子の塩基置換により、Qo 部位の三次元構造が変わって有効成分の結合能力が低下することによる。143 番目のアミノ酸がグリシンからアラニンに変異する G143A、129 番目のフェニルアラニンがロイシンに変異する F129L、137 番目のグリシンがアルギニンに変異する G137R の報告がある（FRAC, 2006）。G143A 変異株の事例が非常に多く、その変異によって、耐性の程度を示す RF 値（100 X 耐性菌の EC₅₀/感受性菌の EC₅₀）が100以上の高度の耐性菌になることが多い。その一方で F129L、G137R は5～15の範囲に収まる低～中レベルの感受性低下にとどまる。

FRAC はメチルテトラプロール以外の QoI 殺菌剤は同じ交差グループに属するとしているが、ファーマコフォアなどの部分構造が異なる有効成分については例外もある。ファモキサドンについては、*Alternaria solani* の F129L 変異株に対して、メトキシアクリレート系 QoI と比較するとファモキサドンの感受性低下が少ないとい

う報告がある (PASCHE et al., 2005)。ピリベンカルブについては、メトキシアクリレート系 QoI 耐性菌に対する感受性の低下幅が少ない (貴田, 2015)。QoI 殺菌剤耐性のカンキツ灰色かび病に対して、圃場試験で実用的な防除効果を示した事例がある。

G143A 変異部位と QoI 分子との立体障害回避を志向した研究により開発されたメチルトetraプロール (MATSUZAKI et al., 2020) については、メトキシアクリレート系 QoI 耐性のコムギ葉枯病菌 (G143A 変異株) に対する抗菌力試験において、対照の QoI 殺菌剤の RF 値が 187.9~306.3 と非常に高いのに対して、本剤の RF 値は感受性菌と同程度の範囲 (0.7~1.5) に収まっている (SUEMOTO et al., 2019)。また、対照の QoI 殺菌剤の効力が劣る圃場においても高い防除効果を示す。F129L 変異株に対しても RF 値は感受性菌とほぼ同等であり、圃場試験においてオオムギ網斑病に対する有効事例がある。G143A 変異株に対して本剤の感受性低下がほとんどないため、FRAC は本剤についてサブグループ 11A を新設した (表-1)。

日本国内におけるウリ類とリンゴにおける耐性菌の発生例の一部を表-3 に示す。FRAC は病原菌の耐性リスクを低~高の 3 段階に分類しているが、日本国内の平均的な栽培リスクを設定して、耐性菌リスク評価方法として FRAC が推奨している複合リスク値 (Japan FRAC, 2020 b) を算出した (表-3)。うどんこ病と褐斑病の 2 病害に最高リスク値となるウリ類、特にキュウリにおける使用については、もっと慎重になるべきであった。リンゴ病害については、QoI 殺菌剤が主に使用された主要防除適期が夏である斑点落葉病、炭疽病に耐性菌が発生した後、気象条件が好適となった黒星病の耐性菌が発生した。黒星病の病原菌リスクは高であるが、耐性菌の発生は比較的遅く、現在でも有効な地域がある。主要防除

時期である開花期~落花期に QoI 殺菌剤が使用されなかったこと、使用が多かったピラクロストロビンがボスカリドとの混合剤としてのみ適用があること、リンゴ病害の防除には多作用点接触活性化化合物が比較的多く使用されていることなどが要因として考えられる。

おわりに

2006 年に国内登録となったメトキシアクリレート系 QoI オリサストロビンは、育苗箱処理でイネいもち病、紋枯病を長期間防除できた画期的な殺菌剤であった (2020 年時点で失効、残留農薬基準値はあり)。それまでに、アゾキシストロビン、メトミノストロビンが本田使用されていたため耐性管理を検討するために J FRAC 内にワーキンググループを設立、2008 年に国内で初めての殺菌剤使用ガイドラインである「ストロビルリン系殺菌剤のイネに対する使用ガイドライン」(Japan FRAC, 2008) を作成することができた。日本における耐性管理の重要な節目のきっかけとなった有効成分であった。

大変残念ではあったが、2012 年には西日本の一部の地域で QoI 殺菌剤耐性のいもち病菌が発生、その後地域が拡大した。QoI 殺菌剤耐性菌は、フィットネスコスト (耐性化の代償として得る病原菌の生存・繁殖能力の低下) が低く、使用を中止しても耐性菌密度の低下が遅い傾向があるが、イネいもち病の場合は、福岡県を始めとする複数の県において使用中止後速やかに耐性菌密度が低減した (福岡県, 2017)。また、耐性菌が存在する圃場においても、抵抗性誘導剤、MBI-R と体系防除をすれば、穂いもちに有効な事例がある (石井, 2017)。耐性菌が発生しても、その殺菌剤の使用場面を粘り強く追求していくことの重要性を痛感した知見である。

耐性菌対策の要点は、複合リスク値に基づいて高リスクと判断する分野を特定して、耐性リスクのある殺菌剤について感受性ベースラインを作成、モニタリングの継続的な実施、ガイドラインを作成・公開し、これらの知見を共有することである。特に単作用点殺菌剤については耐性菌の選択圧があることを前提にして、防除効果の低減を観察する前に耐性菌の発生状況を把握する取り組みが必要である。

執筆にあたり、BASF ジャパン (株) 山下慶晃氏、バイエルクロップサイエンス (株) 波多野広幸氏、ダウ・アグロサイエンス (株) 播本佳明氏、クミアイ化学工業 (株) 明星亘俊氏、日本農薬 (株) 伯野史明氏、住友化学 (株) 木村教男氏、岩橋福松氏、シンジェンタジャパン (株) 中島嘉秀氏に貴重なご助言をいただいた。厚く御礼申し上げる。

表-3 QoI 殺菌剤耐性菌の発生例と複合リスク値算出例

作物	病害	病原菌リスク	栽培リスク*	複合リスク
ウリ類	うどんこ病	高	高	18
	褐斑病	高	高	18
	つる枯病	高	中	9
	べと病	高	中	9
リンゴ	斑点落葉病	高	中	9
	炭疽病	中	中	6
	黒星病	高	高	18

*: 日本国内の平均的な栽培リスクを設定して算出。

引用文献

- 1) AgbioInvestor (2019): Product section: 292.
- 2) FRAC (2006): Mutations associated with QoI-resistance.
- 3) ——— (2020): List of first confirmed cases of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents.
- 4) 福岡県 (2017): 福岡県農林業総合試験場ホームページ 成果情報.
- 5) 石井貴明 (2017): 植物防疫 **71**: 729~734.
- 6) Japan FRAC (2008): ストロビルリン系殺菌剤 (QoI) のイネに
対する使用ガイドライン.
- 7) ——— (2020 a): FRAC コード表日本版 (2020 年 7 月).
- 8) ——— (2020 b): 農業用殺菌剤の耐性リスク評価.
- 9) 貴田健一 (2015): 植物防疫 **69**: 681~685.
- 10) MATSUZAKI, Y. et al. (2020): Bioorganic & Medicinal Chemistry **28**: 1~7.
- 11) PASCHE, J. S. et al. (2005): Plant Disease **89**: 269~278.
- 12) 田村廣人・水谷 章 (1999): 日本農薬学会誌 **24**: 189~196.
- 13) SUEMOTO, H. et al. (2019): Pest Manag Sci **75**: 1181~1189.

登録が失効した農薬 (2020.10.1~10.31)

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」

- ペルメトリン水和剤
- 17854: ホクコーアディオフロアブル（北興化学工業株式会社）20/10/7
- ハスモンヨトウ核多角体病ウイルス水和剤
- 23056: ハスモンキラー（揖斐川工業株式会社）20/10/7

「殺菌剤」

- イミベンコナゾール・マンゼブ水和剤
- 19126: マネージ M 水和剤（北興化学工業株式会社）20/10/7
- カスガマイシン・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤
- 22888: ダブルカットバリダ粉剤 DL（北興化学工業株式会社）20/10/7
- イミベンコナゾール・マンゼブ水和剤
- 19337: 明治マネージ M 水和剤（Meiji Seika ファルマ株式会社）20/10/30

「殺虫殺菌剤」

- MEP・カスガマイシン・フサライド粉剤
- 14551: ホクコーカスラブサイドスミ粉剤 3DL（北興化学工業株式会社）20/10/7
- イミダクロプリド・フィプロニル・プロベナゾール粒剤
- 21274: ホクコー Dr. オリゼプリンスアドマイヤー粒剤（北興化学工業株式会社）20/10/7
- イミダクロプリド・プロベナゾール粒剤
- 21485: ホクコービルダーアドマイヤー箱粒剤（北興化学工業株式会社）20/10/7
- シラフルオフエン・カスガマイシン・トリシクラゾール粉剤

- 22923: ダブルカット J 粉剤 DL（北興化学工業株式会社）20/10/7
- シラフルオフエン・カスガマイシン・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤
- 23088: ダブルカットバリダ J 粉剤 3DL（北興化学工業株式会社）20/10/7
- エチプロロール・シラフルオフエン・カスガマイシン・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤
- 23091: ホクセットエース粉剤 DL（北興化学工業株式会社）20/10/7
- イミダクロプリド・フィプロニル・プロベナゾール粒剤
- 21273: Dr. オリゼプリンスアドマイヤー粒剤（Meiji Seika ファルマ株式会社）20/10/30
- イミダクロプリド・プロベナゾール粒剤
- 21484: ビルダーアドマイヤー箱粒剤（Meiji Seika ファルマ株式会社）20/10/30

「除草剤」

- オキサジクロメホン・クロメプロップ・プロモブチド・ベンスルフロンメチル水和剤
- 21715: ゴウワン L フロアブル（北興産業株式会社）20/10/7
- オキサジクロメホン・クロメプロップ・プロモブチド・ベンスルフロンメチル粒剤
- 21717: ゴウワン 1 キロ粒剤 75（北興産業株式会社）20/10/7
- クロメプロップ・フェントラザミド・ベンスルフロンメチル粒剤
- 22246: ホクコーロングキック 1 キロ粒剤 75（北興化学工業株式会社）20/10/7

研究室紹介

山形県農業総合研究センター 食の安全環境部

山形県農業総合研究センター本所は、1896年に山形県農事試験場として創立された。1950年に山形県農業試験場と改称され、現在の山形市みのりが丘には1982年に移転した。

山形県農業総合研究センターは、2005年に農業試験場、農業試験場庄内支場、園芸試験場、農業研究研修センター畜産研究部、養豚試験場を再編統合して設立された。当時のセンター本所の組織体制は、総務課、研究企画部、農業環境研究部の1課2部体制で、農業環境研究部に作物資源開発科、食の安全研究科、環境技術開発科、農産加工開発科が設置された。さらに2009年の組織再編で、センター本所は農業環境研究部を廃止し、総務課、研究企画部、作物資源開発部（2010年に土地利用型作物部に名称変更）、食の安全環境部、農産加工開発部の1課4部体制に改正され今日に至っている。

現在、食の安全環境部では病虫害、土壤肥料および環境保全型農業分野の研究を行っている。病虫害担当は4名で、主な研究内容は県内で問題となっている病虫害の発生生態の解明や防除技術の開発、総合的な病虫害管理に関する技術開発である。ここでは、現在実施中の主な研究課題を紹介する。

1 イネばか苗病の感染リスクに対応した総合的な防除対策の構築

2015年ころから化学農薬による種子消毒を行ったにもかかわらず、ばか苗病が多発する事例があり、プロク

ロラズ剤に対する耐性菌であることを確認した。そこで、県内でのプロクロラズ耐性菌の発生実態を把握し、数種薬剤に対する感受性検定により代替薬剤の防除効果や薬剤感受性の検討に取り組んでいる。また、化学農薬を使用しない温湯消毒で消毒後の浸種～育苗工程中に感染がおこることを確認し、イネばか苗病防除の見直しが必要となった。そこで、温湯消毒後の感染防止技術を確立するための対策法の検討に取り組んでいる。

2 イネいもち病の発生予測精度の向上と効率的な防除体系の構築

イネいもち病の防除は、現在は予防防除が主体で被害の懸念から過剰防除の事例も見られる。発生実態に即した効率的な防除を行うためには、予測精度の向上と発生リスクに対応した防除方法の選択が必要である。そこで、現在の品種構成におけるいもち病のレース分布を調査して罹病リスクを把握するとともに、発生予測精度を向上させるために葉面濡れセンサーを利用した予測法の開発に取り組んでいる。

3 大豆の主要病虫害の発生実態に対応した効率的な防除方法の確立

近年、大粒品種‘里のほほえみ’の作付面積が増加し作付面積の5割を占めるようになった。そこで、品種や栽培条件の違いによる病虫害の発生実態調査を行い、子実病害の紫斑病、べと病について、品種ごとの病害抵抗性の違いによる防除要否の解明や重要な子実害虫であるマメシクイガについて、各種薬剤の最適な使用時期の解明に取り組んでいる。

4 県産有機野菜の安定生産技術の構築

本県では「山形県有機農業推進計画」に基づき、有機農業の取り組み拡大を図っている。現在は水稻の取り組みがほとんどで、野菜栽培での取り組みを拡大するための技術開発が急務である。病虫害防除においては耕種的防除や土着天敵の利用、有機栽培で利用できる農薬による防除効果の検討に取り組んでいる。

（部長 柴田康志）



研究棟・管理棟の外観

〒990-2372 山形県山形市みのりが丘 6060-27
TEL 023-647-3500（代表）

研究室紹介

栃木県農業試験場 研究開発部 病理昆虫研究室

栃木県農業試験場は、県中央部の宇都宮市に位置しています。

研究体制は、水稻研究室、麦類研究室、野菜研究室、果樹研究室、花き研究室、生物工学分研究室、病理昆虫研究室、土壌環境研究室の8研究室と各研究室を統括する研究開発本部からなり、県南部には国内唯一のいちご研究所があります。当病理昆虫研究室は、病害3名、虫害3名の6名で試験課題に取り組んでいます。

これまで病害虫の発生生態の解明と防除技術の開発、天敵等を利用した防除技術の開発、育種部門と連携した病害虫耐病性試験等を行ってきました。

以下に現在取り組んでいる主な試験課題などについて紹介します。

初めにモモを加害するクビアカツヤカミキリですが、環境省の特定外来生物に指定され、本県では2017年に県南部のもも生産地帯で被害の発生が確認され問題となりました。そこで2018年からイノベーション創出強化研究推進事業「サクラ・モモ・ウメ等バラ科樹木を加害する外来種クビアカツヤカミキリの防除法の開発（研究総括：森林研究・整備機構森林総合研究所）」に参画し、クビアカツヤカミキリ成虫のモモ栽培圃場での発生状況やモモ樹幹内での幼虫の動態、生活環について調査を実施しています。

ナシ（にっこり）に発生した汚果症状については、本県育成品種‘にっこり’において収穫期～収穫後に果実表面の汚れ症状が発生し問題となりました。そこで2020年から本症状の原因菌を明らかにするため、経時的に現地生産農家の果実をサンプリングし原因菌の分離・同定を行うとともに、同



図-1 クビアカツヤカミキリとモモ被害状況



図-2 なし‘にっこり’汚れ果症状



図-3 トマトフザリウム株腐病

定された菌については、本症状の感染時期、感染好適条件を明らかにし有効な防除対策の確立に向け試験を実施しています。

トマトフザリウム株腐病については、2004年に本県で初確認されて以降、越冬長期どり栽培の増加に伴い、被害の発生拡大が続いています。本病は、特に冬春トマトの出荷最盛期となる3～5月にかけて発病が増加することから大きな減収要因となっており、早急な防除対策の確立が望まれています。そこで、本病に対する耐病性品種の探索、薬剤による防除方法の検討、土壌消毒の効果検証等の試験を実施しています。

また、2017年から農水省委託プロジェクト研究「人工知能未来農業創造プロジェクト」「AIを活用した病害虫診断技術の開発」のイチゴの画像データ収集と検証に参画し、県内のイチゴ栽培において発生が問題となる病害虫を選定し、病害虫画像データの収集と共同研究機関で開発した診断システムの検証作業を行っています。

このほか、いちご研究所で作出されたイチゴ系統・品種に対するイチゴ萎黄病、炭疽病等の耐病性検定や一般社団法人日本植物防疫協会から委託を受けて農業適用拡大試験に取り組んでいます。

各種病害虫の発生は、気象経過や生産農家個々の栽培管理だけでなく品種や栽培方法の変遷により、常に変化しています。

これまで問題とならなかった病害虫についても、これら要因の変化により、その発生が顕在化することもあります。また、国際化に伴う物流の多様化も病害虫の発生には重要なポイントであり、生産現場において病害虫による被害発生を未然に防ぐため今後も病害虫試験研究に研究室一丸となって取り組んでいきたいと考えています。

（室長 福田 充）

農林水産省プレスリリース (2020.10.6～2020.11.2)

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。

- ◆「令和2年度病害虫発生予報第8号」の発表について (20/10/7) /syouan/syokubo/201007.html
- ◆ジャンボタニシ（スクミリンゴガイ）防除対策マニュアル及びリーフレットの公表について (20/10/21) /syouan/syokubo/201021.html
- ◆「令和2年度第1回生物多様性影響評価検討会総合検討会」の開催及び一般傍聴について (20/10/26) maff.go.jp/ の後に /docs/press/201026.html
- ◆「令和元年地球温暖化影響調査レポート」の公表について (20/10/30) /seisan/kankyo/201030.html
- ◆スマート農業で平場でも中山間でも、水田作での労働

時間の短縮が可能に！～スマート農業実証プロジェクトによる水田作の実証成果を2020年10月30日（金）に公表～ (20/10/30) maff.go.jp/ の後に /docs/press/201030.html

- ◆令和2年度地域における気候変動適応実践セミナー（果樹、九州・沖縄地域）の開催について (20/10/30) /kanbo/kankyo/201030.html
- ◆アグリビジネス創出フェア2020はオンライン開催 (20/11/2) maff.go.jp/ の後に /docs/press/201102.html

新しく登録された農薬 (2020.10.1～10.31)

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

「殺虫剤」

●クロルフェナピル粒剤

24438：コテツベイト（BASF ジャパン）

24439：サンケイコテツベイト（サンケイ）

20/10/28

クロルフェナピル：0.50%

ほうれんそう：ホウレンソウケナガコナダニ：は種時～2葉期まで但し、収穫14日前まで

「殺虫殺菌剤」

●ソルビタン脂肪酸エステル乳剤

24430：カダンセーフⅡ（大下製薬）20/10/14

ソルビタン脂肪酸エステル：0.14%

野菜類（はつかだいこんを除く）：アブラムシ類、ハダニ類、うどんこ病：発生初期

はつかだいこん：アブラムシ類、アオムシ、ハダニ類、うどんこ病：発生初期

果樹類（ぶどうを除く）：アブラムシ類、ハダニ類：発生初期

ぶどう：アブラムシ類、ハダニ類、うどんこ病：発生初期

花き類・観葉植物（パンジーを除く）：アブラムシ類、ハダニ類、うどんこ病：発生初期

パンジー：アブラムシ類、ハダニ類、うどんこ病、灰かび病：発生初期

「除草剤」

●イプフェンカルバゾン・テフリルトリオン・プロピリスルフロンの粒剤

24432：カイリキ Z1 キロ粒剤（北興化学）20/10/28

イプフェンカルバゾン：2.5%

テフリルトリオン：2.5%

プロピリスルフロンの：0.90%

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

●プロマシル・DCMU 粒剤

24433：草取り名人 K（丸和バイオ）

24434：こっぱみじん K（レインボー）

20/10/28

プロマシル：1.5%

DCMU：0.30%

樹木等：一年生雑草、多年生広葉雑草

●テニクロール・ピラクロニル・ベンゾビシクロン粒剤

24435：パピリカ 1 キロ粒剤（日産化学）20/10/28

テニクロール：2.0%

ピラクロニル：2.0%

ベンゾビシクロン：3.0%

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

●プロマシル・MCP P 粒剤

24436：草取り名人 M（丸和バイオ）

24437：こっぱみじん M（レインボー）

20/10/28

プロマシル：1.5%

MCP P：0.70%

樹木等：一年生雑草、多年生広葉雑草

「植物成長調整剤」

●過酸化カルシウム粉粒剤

24440：オクソス DS（シンジェンタ）20/10/28

過酸化カルシウム：19.0%

直播水稻：苗立歩合の安定

「殺そ剤」

●クマリン系剤

24431：ラットシード F（大丸合成）20/10/28

クマリン系：0.10%

野ソが加害する農作物等：野ソ

貯蔵穀物等：野ソ

学 会 だ よ り

○日本農薬学会第46回大会のご案内

日程 2021年3月8日(月)～10日(水)

場所 府中市立 府中の森芸術劇場および東京農工
大学府中キャンパス

開催形式に関してはコロナ感染状況を鑑み、現段階では以下の3つを想定しております。いずれの開催形式にするかは11月中旬ごろに決定する予定です。

【想定1】通常の対面開催の場合

3月8日：総会、授賞式、特別講演(府中の森芸術
劇場 ふるさとホール 500名収容)
懇親会受賞祝賀会(府中の森芸術劇場 平成の間)

3月9日、10日：一般講演 農工大府中キャンパス

【想定2】オンライン開催とした場合

3月8日：総会、授賞式、受賞者講演、特別講演：
オンラインを介して進行3月9日、10日：一般講演、シンポジウム：オンラ
インを介して進行

【想定3】ハイブリッド開催の場合

3月8日：総会、授賞式、受賞者講演を限定人数(ふ
るさとホール 250名迄)で開催
オンライン開催も同時に進行
祝賀会を限定人数(100名以下)で開催

広告掲載会社一覧 (掲載順)

BASF ジャパン(株)…………サイコセル PRO
三井化学アグロ(株)…………主要品目
バイエルクロップサイエンス(株)
…………ボデーガードプロ
エス・ディー・エスバイオテック(株)
…………タフブロック
OAT アグリオ(株)…………グランドオンコル
日本農薬(株)…………AI 診断
日本曹達(株)…………ピシロック
サンケイ化学(株)…………主要品目
日産化学(株)…………グレーシア
アグロカネショウ(株)…………主要品目

(平成の間)

3月9日、10日：一般講演、シンポジウムはオンラ
イン開催

○第27回レギュラトリーサイエンス研究会

2020年12月4日(金)に開催を予定しておりました
レギュラトリーサイエンス研究会は、新型コロナウイルス
感染拡大の影響から、2021年に延期となりました。

次号予告

次号 2021年1月号の主な予定記事は次のとおりです。

新年を迎えて	及川 仁	青森県で発生したウリ類の炭腐病について	岩間俊太
新年を迎えて	松村正哉	フェロモントラップに誘引されたナシヒメシクイとその近縁種 の見分け方	那須義次ら
2020年の病虫害の発生と防除	農林水産省植物防疫課、農業対策室	殺ダニ剤アシノナピルの特長	姜 昌慶
殺虫剤抵抗性リスク評価表抵抗性リスクを見える化して対策へつ なげる	山本敦司ら	植物防疫講座 病害編：芝草病害の発生生態と防除	矢口重治
新潟県におけるネオニコチノイド低感受性のアカヒゲホソミドリ カスミカメの発生と今後の対策	石本万寿広ら	病害編：作物に発生するウイルス病害	津田新哉
サツマイモつる割病発生農家圃場における発生要因	島田 峻	虫害編：果樹主要害虫の発生生態と防除	三代浩二
日本で初めて発生が確認されたスモモミハバチ <i>Monocellicampa pruni</i> の発生生態と防除	溝部信二	農業編：細胞壁のメラニン合成を阻害する殺菌剤	萩原寛之
セイヨウナシに発生したセイヨウナシハモグリダニ(仮称)の被 害と越冬生態および休眠期における薬剤防除の効果	五十嵐美穂・小松美千代	研究室紹介：農研機構 農業環境変動研究センター 昆虫分類評価 ユニット	中谷至伸
		農研機構 九州沖縄農業研究センター 生産環境研究 領域 虫害グループ	真田幸代

植物防疫

第74巻 2020年11月25日印刷

第12号 2020年12月1日発行
(通算888号)

定価965円

本体877円

2020年
12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。

「植物防疫」第 74 卷 月別 総目次

2020 年（令和 2 年）1～12 月号

1 月号

巻頭言

- 新年を迎えて……………早川泰弘… 1
新年を迎えて……………望月光顕… 2
新年を迎えて……………高梨祐明… 3

調査報告

- 2019 年病害虫の発生と防除
農林水産省消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課…………… 4

特集：生物・物理・化学の力を総合的に利用したトマト 地上部病害虫の新防除体系

- SIP 植物保護・トマト地上部体系化グループで取り組
んだこと……………日本典秀…16
土耕長期越冬作型におけるタバコカスミカメを中心と
した害虫防除体系……………日本典秀・岩本健太郎…18
植物工場トマトにおけるタバコカスミカメを利用した
防除の試み……………日本典秀ら…24
紫色 LED 光源によるタバコカスミカメ誘引技術
……………霜田政美ら…30
LED を利用したタバコカスミカメ捕集装置の紹介
……………中野昭雄…35
エッジ効果を利用した新しい色彩捕虫シートの開発
……………八瀬順也・森口彦彌…38
新規忌避剤アセチル化グリセリドによるトマト黄化葉
巻病の防除効果……………北村登史雄ら…41

日植防シンポジウムから

- ドローンによる薬剤散布の可能性……………中島 満…46
農薬使用者およびミツバチ安全対策をめぐる国内外の
現状と課題……………元場一彦…53

研究室紹介

- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
生物機能利用研究部門 昆虫制御研究領域 昆虫相互
作用ユニット……………霜田政美…58
群馬県農業技術センター 環境部 病害虫係
……………斎藤幸雄…59

2 月号

巻頭言

- 農業にロマンを—農薬業界としてできること—
……………小池好智… 1

研究報告

- ハダニからみた捕食性カブリダニ類のステルス性
……………大槻初音・矢野修一… 3
滋賀県における斑点米カメムシ類の水田および水田畦
畔での発生消長……………樋口博也… 8

新技術解説

- バレイシヨのそうか病対策のための土壌酸性簡易診断
手法……………久保寺秀夫…16
アブラナ科野菜根こぶ病における省スペースで実施可
能な生物検定法……………板橋 建ら…20

トピックス

- トマトの新発生害虫 トマトウロコタマバエ *Lasioptera*
yoichiensis の発生生態 ……齊藤美樹・橋本直樹…26
最近明らかになった薬用作物の糸状菌病
……………佐藤豊三・廣岡裕吏…31
樹木の葉を侵す白藻病の発生と研究の現状
……………周藤靖雄・大谷修司…37

植物防疫講座

- 病害編-25 *Cladosporium* 属菌による病害の発生生態
と防除—キュウリ黒星病を例に—……………岩舘康哉…45
虫害編-24 野菜のコガネムシ類の発生生態と防除
……………林川修二…49
農薬編-23 細胞膜のステロール生合成阻害剤
……………宇賀神 勉・林 敬介…54

研究室紹介

- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門 病害虫・機能解析研究領域 虫害
ユニット……………豊島真吾…62
地方独立行政法人 青森県産業技術センター
りんご研究所 病虫部 ……木村佳子…63

3 月号

巻頭言

- 希有な体験……………根岸寛光… 1

研究報告

- ナミハダニ個体群構造の遺伝的解析による殺ダニ剤感
受性低下個体群の分布要因の推定……………羽田 厚… 2
DNA 塩基配列を用いたハダニ類の種の識別と系統関
係の推定……………松田朋子・後藤哲雄… 7
国内市販品種からのトマト葉かび病菌レース検定用固

定系統の作出……………窪田昌春…13	
千葉県南房総地域におけるチャバネアオカメムシの発生量予測とメタアナリシスを用いたビワ二重果実袋の被害抑制効果の評価……………清水 健…16	
調査報告	
チバクロバネキノコバエによる作物被害の詳細……………小林政文…24	
トピックス	
ナス果実の小陥没症とナス褐色斑点病の関係……………岩館康哉…29	
時事解説	
国際植物防疫年における我が国の取り組み……………望月光顕…33	
植物防疫講座	
病害編-26 <i>Fusarium</i> 属菌の生態・病原性・実験方法と分類に関する近年の状況……………外側正之…36	
虫害編-25 ハナバエ科野菜害虫 ……岩崎暁生…43	
農薬編-24 アセチリコリンエステラーゼ阻害剤—カーバメート系—……………林 直孝…54	
農薬編-25 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III Q _i 部位に作用する殺菌剤……………荒木智史・三谷 滋…59	
研究室紹介	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門 野菜病虫害・機能解析研究領域 病害ユニット……………中保一浩…65	
鹿児島県農業開発総合センター 茶業部 環境研究室……………松比良邦彦…66	

4 月号

巻頭言

ハダニの薬剤抵抗性管理とゲノム情報…刑部正博… 1

時事解説

2020 年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方について

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 農薬対策室 …… 2

令和 2 年度植物防疫研究課題の概要

農林水産省 農林水産技術会議事務局
研究開発官（基礎・基盤、環境）室……………10

総説

オウトウ輸出に対応した防除体系の検討……………伊藤慎一…14

研究報告

気温上昇がイネ紋枯病の発病に与える影響……………宮野法近…22

トマト黄化えそウイルス（TSWV）によるダリア輪紋病の防虫ネットと発病株除去による防除……………浅野峻介ら…28

トピックス

新規 SDHI 殺菌剤ピラジフルミドの葉菜類セルトレイ灌注処理による病害防除…西村 昭・山下真生…32

2019 年に多発したトビイロウンカによる被害状況とその要因……………真田幸代…39

殺虫剤のローテーションの深い理解と抵抗性管理防除暦……………島 克弥…44

植物防疫講座

病害編-27 根こぶ病菌による病害の発生生態と防除……………田中秀平…49

農薬編-26 菌類の細胞壁生合成を阻害する殺菌剤—キチン生合成阻害剤, セルロース生合成阻害剤—……………前川大輔・金子 功…53

新農薬の紹介

新規殺虫剤フルピリミンの特長……………堀越 亮…59

研究室紹介

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 茶業研究領域 茶病虫害ユニット……………佐藤安志…64

山口県農林総合技術センター 農業技術部 資源循環研究室……………松村和之…65

5 月号

巻頭言

侵略的外来昆虫に思うこと……………田付貞洋… 1

総説

福島県におけるモモせん孔細菌病の総合的な防除対策……………七海隆之… 2

チャノホソガの効率的な防除に向けて…上室 剛… 8

薬剤抵抗性研究の最前線

野外個体群の長期の薬剤感受性データと人為選択個体群を用いたトビイロウンカのネオニコチノイド系殺虫剤に対する交差抵抗性の解析……………藤井智久…13

研究報告

佐賀県のアスパラガス圃場におけるミカンキイロアザミウマの優占的発生……………成富毅誌…17

ナミハダニ黄緑型に対する時刻の概念と気門封鎖型農薬の殺卵活性を利用した薬剤防除方法……………堀川英則…21

調査報告

残留農薬等のリスクコミュニケーション手法の確立と評価……………穂山 浩ら…26

トピックス

特定外来生物クビアカツヤカミキリの被害分布と防除：対策におけるちょっとしたコツ

……………加賀谷悦子…35

フルトラニル耐性白絹病菌の発生および簡易検定法の開発……………松本翔太ら…39

日植防シンポジウムから

近年の異常気象の実態と予測されている変化

……………高槻 靖…43

植物防疫講座

病害編-28 *Cercospora* 属とその類縁菌による病害の発生生態と防除……………中島千晴…49

病害編-29 花き類病害の発生と防除 ……佐藤 衛…53

農薬編-27 シグナル伝達を阻害する殺菌剤—フェニルピロール・ジカルボキシイミド—…中野孝明…57

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センター 生産環境研究領域 虫害管理グループ……………三浦一芸…61

熊本県農業研究センター 生産環境研究所 病害虫研究室……………古家 忠…62

6月号

巻頭言

感染症対策と植物防疫……………奈良部 孝… 1

研究報告

耕起によるヒメトビウンカ越冬虫の防除効果

……………吉田和弘・八瀬順也… 2

黄化葉巻病耐病性トマト品種におけるトマト黄化葉巻ウイルスの動態……………岡田 亮… 6

トマト灰色かび病菌の主要殺菌剤に対する耐性菌の発生動向……………川上 拓ら…11

日植防シンポジウムから

地球温暖化が我が国の病害虫発生にもたらす影響—因果関係を調べる方法について—……………山村光司…16

近年我が国で新たに発生が確認された病害虫と今後警戒すべき病害虫……………古畑 徹…21

植物防疫講座

病害編-30 *Verticillium* 属菌による病害の発生生態と防除……………宇佐見俊行…28

虫害編-26 ダイズのチョウ目害虫（ウコンノメイガ、マメシンクイガ）の発生生態と防除

……………渋谷和樹・竹内博昭…34

農薬編-28 脂質生合成または輸送/細胞膜の構造または機能に作用する殺菌剤…富田啓文・山下真生…39

農薬編-29 脱皮ホルモン（エクダイソン）受容体アゴニスト……………大上 恵…48

研究室紹介

農林水産省 横浜植物防疫所 調査研究部

……………水野明文…53

愛知県農業総合試験場 環境基盤研究部 病害虫研究室……………松崎聖史…54

7月号

巻頭言

生物の生き残り戦略における多様性……………内野 彰… 1

研究報告

割れ粃がカスミカメ2種による斑点米被害に与える影響—広域リスク評価に向けた8品種の比較—

……………田淵 研・櫻井民人… 2

ホオズキのウイルス病の発生実態と弱毒ウイルスによる防除技術の開発……………富高保弘… 8

トピックス

宮城県におけるフタオビコヤガの発生生態

……………横堀亜弥…12

鹿児島県のアボカドに発生した害虫

……………西 菜穂子・宮路克彦…18

青森県のダイズにおけるダイズクキタマバエ (*Resseliella soya*) の発生 ……対馬佑介…24

新技術解説

封筒法によるハダニ類の簡易な薬剤感受性検定

……………藤原 聡…29

ベンチオピラドのリング黒星病菌に対する感受性検定法……………湯谷 智ら…34

日植防シンポジウムから

ツマジロクサヨトウの日本への侵入状況と生態

……………秋月 岳…40

植物防疫講座

病害編-31 *Ralstonia* 属細菌による病害の発生生態と防除……………堀田光生…44

虫害編-27 ダイズカメムシ類の発生生態と防除

……………遠藤信幸…49

農薬編-30 核酸合成を阻害する殺菌剤—フェニルアミド殺菌剤・芳香族ヘテロ環・カルボン酸—

……………赤野史岳…54

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西日本農業研究センター 生産環境研究領域 病害管理グループ……………川上 顕…59

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本

部 十勝農業試験場 研究部 生産技術グループ
……………三宅規文…60

8月号

巻頭言

農業・幸福・化学 我々を幸せにしているあたりまえ
のもの……………浅見忠男…1

総説

植物病原細菌 *Dickeya dadantii* は果樹急性枯死症状を
引き起こす……………藤川貴史…2

研究報告

テグス（釣り糸）を利用した果樹園へのカラス侵入対
策……………吉田保志子・佐伯 緑…8

調査報告

水稻育苗期に使用した農薬の後作葉菜類への残留
……………松田英樹ら…14

トピックス

山梨県におけるイネ株腐病の発生と課題
……………舟久保太一…19

新技術解説

サトウキビ畑のネグサレセンチュウに対するフィプロ
ニルの抑制効果……………河野辺雅徳ら…24
ダリアのウイルス・ウイロイド病の診断と防除
……………浅野峻介ら…29
ラナンキュラス安定生産のためのウイルス診断方法の
開発……………早日早貴…34

植物防疫講座

病害編-32 *Corynespora* 属菌による病害の発生生態と
防除……………宮本拓也…40
農薬編-31 脱皮阻害剤 ハエ目昆虫—シロマジナー
……………小笠原宏美…47

新農薬の紹介

殺菌剤インピルフルキサム（カナメ®フロアブル）の
特長……………倉橋 真…51

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 野菜
病害虫管理グループ……………水谷信夫…56
長野県果樹試験場 環境部 ……………江口直樹…57

9月号

巻頭言

感染症対策と発生予察に関する雑感……………根本文宏…1

ミニ特集：新害虫ビワキジラミの防除対策の確立

ビワキジラミ対策研究プロジェクトの概要

……………井上広光…2
ビワキジラミの薬剤感受性評価……………兼田武典ら…6
ビワキジラミの防除体系技術の開発
……………生咲 巖・渡邊丈夫…12

研究報告

ピーマンおよびトマトに退緑斑紋病を引き起こすトウ
ガラシ退緑ウイルス（CaCV）の媒介アザミウマ種
の特定……………千秋祐也・櫻井民人…16
油脂を有効成分とする気門封鎖剤によるタバココナジ
ラミの定位および交尾阻害効果……………杖田浩二…20

調査報告

鹿児島県のマンゴー加温栽培におけるチャノキイロア
ザミウマの系統別発生消長
……………宮路克彦・西 菜穂子…26

新技術解説

ベンチオピラドのリングうどんこ病菌に対する感受性
検定法……………堤 京子ら…32

植物防疫講座

病害編-33 *Burkholderia* 属細菌による植物病害と病
原細菌の識別方法……………達 瑞枝…38

新農薬の紹介

新規殺虫剤テトラニリプロールの特長……………安宅 雅…47

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 線虫
グループ……………吉田陸浩…53
石川県農林総合研究センター農業試験場 資源加工研
究部 生物資源グループ ……………安達直人…54

10月号

巻頭言

試験研究における「4つのクレド」……………高岡誠一…1

特集：大豆の多収阻害要因、ダイズ黒根腐病対策技術の開発

農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のため
の研究開発（多収阻害要因の診断法及び対策技術の
開発）」病害ユニットでダイズ黒根腐病対策技術開
発に取り組んだ背景……………越智 直ら…2
ダイズ栽培におけるダイズ黒根腐病のリスク要因
……………赤松 創ら…5
秋田県におけるダイズ黒根腐病の発生実態と薬剤防除
技術の確立……………松田英樹ら…12
晩播と耕うん同時畝立て狭畦栽培のダイズ黒根腐病発
病軽減効果……………黒田智久ら…17
富山県におけるダイズ黒根腐病の発生実態

.....三室元気ら	21
長野県におけるダイズ黒根腐病の被害実態調査と防除技術の開発	内田英史・萬田 等
25	
研究報告	
野菜・花き類を加害するヤガ科害虫 4 種の性フェロモントラップによる誘殺消長—奈良県の発生予察定点圃場データの解析—	井村岳男・山口貴大
30	
調査報告	
我が国の植物防疫における血清学的診断法の需要に関する調査	眞境名元次・富高保弘
35	
トピックス	
ダゾメット粉粒剤と灌水処理を組合せたトマト青枯病に対する防除技術の効果	村元靖典ら
40	
植物防疫講座	
病害編-34 チャ病害の発生生態と防除	山田憲吾
44	
農薬編-32 細胞骨格とモータータンパク質に作用する殺菌剤	田辺憲太郎
50	
研究室紹介	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 病害グループ	井上博喜
56	
香川県農業試験場 生産環境部門 病害虫担当	西村文宏
57	

11 月号

巻頭言

2020 年、私が感じた虫たちの「異変」…平井規央… 1

総説

サトイモ疫病の総合防除対策技術の確立
.....黒木修一・松田 透… 2

調査報告

我が国の農林業害虫クロバネキノコバエ類の分類と生態
.....末吉昌宏・吉松慎一… 8

トピックス

沖縄県におけるオクラ立枯性病害の病原菌とその発生実態
.....大城 篤ら…17

還元消毒処理土壌中におけるトマト萎凋病菌の密度と土壌の化学性の経時変化
.....門馬法明…21

AI 病害虫雑草診断アプリケーションの開発（水稻版）について
.....米倉浩晋ら…26

新技術解説

JPP-NET が提供する有効積算温度計算シミュレーションを用いた大阪府におけるオオタバコガの成虫発生時期予測：気温上昇の影響評価の試み

.....金子修治…33

植物防疫講座

病害編-35 近年、我が国で発生した *Rhizoctonia* 属菌による病害
.....三澤知央…37

虫害編-28 テンサイに発生する害虫の生態と防除
.....岩崎暁生…45

虫害編-29 フタスジヒメハムシの発生生態と防除
.....加進丈二…52

新農薬の紹介

新規殺菌剤ジクロベンチアゾクス（ディザルタ™）の特長
.....明星亘俊…57

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構ブドウ・カキ研究領域 ブドウ・カキ病害虫ユニット
.....井上広光…61

岡山県農林水産総合センター農業研究所 病虫研究室
.....長森茂之…62

書評

花木・観賞緑化樹木の病害虫診断図鑑…高橋賢司…63

12 月号

巻頭言

行って、見て、触れることの大切さ—インドネシアを旅して—
.....舟久保太一… 1

総説

オオムギ間作による害虫密度抑制効果と IPM への導入
.....関根崇行・大坂正明… 2

研究報告

油脂を有効成分とする気門封鎖剤のトマト主要病害虫に対する防除効果
.....杖田浩二… 9

早期落葉の原因となるダイズ褐色輪紋病の発生生態と防除対策
.....角田佳則・西見勝臣…14

グラントオンコル粒剤を組み込んだ新たなレンコンネモグリセンチュウの総合防除法
.....高木素紀ら…22

トピックス

農業害虫ナミハダニにおける雄の繁殖戦略
.....佐藤幸恵…27

新技術解説

PMMoV *L4* 打破系統（病原型 P_{1,2,3,4}）のピーマンモザイク病に対する当面の防除対策について
.....松橋伊織ら…33

植物防疫講座

病害編-36 芝草病害の発生生態と防除
.....矢口重治…39

虫害編-30 アブラナ科野菜に発生するキスジノミハ

ムシの発生生態と防除……………新藤潤一…45
農薬編-33 複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位
に作用する殺菌剤……………田辺憲太郎…48

研究室紹介

山形県農業総合研究センター 食の安全環境部

……………柴田康志…53
栃木県農業試験場 研究開発部 病理昆虫研究室
……………福田 充…54

「植物防疫」第 74 巻 項目別 総目次

2020 年（令和 2 年）1～12 月号

……………（掲載月）-総頁

植物防疫行政

国際植物防疫年における我が国の取り組み
……………望月光顕…（3）-157
2020 年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方につ
いて
農林水産省 消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 農薬対策室 ……………（4）-194
令和 2 年度植物防疫研究課題の概要
農林水産省 農林水産技術会議事務局
研究開発官（基礎・基盤、環境）室……………（4）-202

病害虫全般

2019 年病害虫の発生と防除
農林水産省消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課……………（1）- 4
AI 病害虫雑草診断アプリケーションの開発（水稻版）
について……………米倉浩晋ら…（11）-640
油脂を有効成分とする気門封鎖剤のトマト主要病害虫に
対する防除効果……………杖田浩二…（12）-687
特集：生物・物理・化学の力を総合的に利用したトマト
地上部病害虫の新防除体系
SIP 植物保護・トマト地上部体系化グループで取り組
んだこと……………日本典秀…（1）- 16
土耕長期越冬作型におけるタバコカスミカメを中心と
した害虫防除体系
……………日本典秀・岩本健太郎…（1）- 18
植物工場トマトにおけるタバコカスミカメを利用した
防除の試み……………日本典秀ら…（1）- 24

紫色 LED 光源によるタバコカスミカメ誘引技術
……………霜田政美ら…（1）- 30
LED を利用したタバコカスミカメ捕集装置の紹介
……………中野昭雄…（1）- 35
エッジ効果を利用した新しい色彩捕虫シートの開発
……………八瀬順也・森口彦彌…（1）- 38
新規忌避剤アセチル化グリセリドによるトマト黄化葉
巻病の防除効果……………北村登史雄ら…（1）- 41

病 害

バレイシヨのそうか病対策のための土壌酸性簡易診断手
法……………久保寺秀夫…（2）- 76
アブラナ科野菜根こぶ病における省スペースで実施可能
な生物検定法……………板橋 建ら…（2）- 80
最近明らかになった薬用作物の糸状菌病
……………佐藤豊三・廣岡裕吏…（2）- 91
樹木の葉を侵す白藻病の発生と研究の現状
……………周藤靖雄・大谷修司…（2）- 97
国内市販品種からのトマト葉かび病菌レース検定用固定
系統の作出……………窪田昌春…（3）-137
ナス果実の小陥没症とナス褐色斑点病の関係
……………岩館康哉…（3）-153
気温上昇がイネ紋枯病の発病に与える影響
……………宮野法近…（4）-214
トマト黄化えそウイルス（TSWV）によるダリア輪紋病
の防虫ネットと発病株除去による防除
……………浅野峻介ら…（4）-220
福島県におけるモモせん孔細菌病の総合的な防除対策
……………七海隆之…（5）-260
黄化葉巻病耐病性トマト品種におけるトマト黄化葉巻ウ
イルスの動態……………岡田 亮…（6）-328
ホオズキのウイルス病の発生実態と弱毒ウイルスによる
防除技術の開発……………富高保弘…（7）-386
植物病原細菌 *Dickeya dadantii* は果樹急性枯死症状を引
き起こす……………藤川貴史…（8）-442
山梨県におけるイネ株腐病の発生と課題
……………舟久保太一…（8）-459
ダリアのウイルス・ウイロイド病の診断と防除

.....浅野峻介ら…(8)-469	
ラナンキュラス安定生産のためのウイルス診断方法の開 発.....早日早貴…(8)-474	
我が国の植物防疫における血清学的診断法の需要に関す る調査.....眞境名元次・富高保弘…(10)-591	
ダゾメット粉粒剤と灌水处理を組合せたトマト青枯病に 対する防除技術の効果.....村元靖典ら…(10)-596	
サトイモ疫病の総合防除対策技術の確立黒木修一・松田 透…(11)-616	
沖縄県におけるオクラ立枯性病害の病原菌とその発生実 態.....大城 篤ら…(11)-631	
還元消毒処理土壌中におけるトマト萎凋病菌の密度と土 壌の化学性の経時変化.....門馬法明…(11)-635	
早期落葉の原因となるダイズ褐色輪紋病の発生生態と防 除対策.....角田佳則・西見勝臣…(12)-692	
PMMoV L ⁴ 打破系統 (病原型 P _{1,2,3,4}) のピーマンモザイ ク病に対する当面の防除対策について松橋伊織ら…(12)-711	
特集：大豆の多収阻害要因，ダイズ黒根腐病対策技術の 開発	
農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のため の研究開発（多収阻害要因の診断法及び対策技術の開 発）」病害ユニットでダイズ黒根腐病対策技術開 発に取り組んだ背景.....越智 直ら…(10)-558	
ダイズ栽培におけるダイズ黒根腐病のリスク要因赤松 創ら…(10)-561	
秋田県におけるダイズ黒根腐病の発生実態と薬剤防除 技術の確立.....松田英樹ら…(10)-568	
晩播と耕うん同時畝立て狭畦栽培のダイズ黒根腐病発 病軽減効果.....黒田智久ら…(10)-573	
富山県におけるダイズ黒根腐病の発生実態三室元氣ら…(10)-577	
長野県におけるダイズ黒根腐病の被害実態調査と防除 技術の開発.....内田英史・萬田 等…(10)-581	
植物防疫講座	
病害編-25 <i>Cladosporium</i> 属菌による病害の発生生態 と防除—キュウリ黒星病を例に—岩館康哉…(2)-105	
病害編-26 <i>Fusarium</i> 属菌の生態・病原性・実験方法 と分類に関する近年の状況.....外側正之…(3)-160	
病害編-27 根こぶ病菌による病害の発生生態と防除田中秀平…(4)-241	
病害編-28 <i>Cercospora</i> 属とその類縁菌による病害の 発生生態と防除.....中島千晴…(5)-307	
病害編-29 花き類病害の発生と防除	

.....佐藤 衛…(5)-311	
病害編-30 <i>Verticillium</i> 属菌による病害の発生生態と 防除.....宇佐見俊行…(6)-350	
病害編-31 <i>Ralstonia</i> 属細菌による病害の発生生態と 防除.....堀田光生…(7)-422	
病害編-32 <i>Corynespora</i> 属菌による病害の発生生態と 防除.....宮本拓也…(8)-480	
病害編-33 <i>Burkholderia</i> 属細菌による植物病害と病 原細菌の識別方法.....遠 瑞枝…(9)-536	
病害編-34 チャ病害の発生生態と防除山田憲吾…(10)-600	
病害編-35 近年，我が国で発生した <i>Rhizoctonia</i> 属菌 による病害.....三澤知央…(11)-651	
病害編-36 芝草病害の発生生態と防除矢口重治…(12)-717	

虫 害

ハダニからみた捕食性カブリダニ類のステルス性大概初音・矢野修一…(2)- 63	
滋賀県における斑点米カメムシ類の水田および水田畦畔 での発生消長.....樋口博也…(2)- 68	
トマトの新発生害虫 トマトウロコタマバエ <i>Lasioptera yoichiensis</i> の発生生態齊藤美樹・橋本直樹…(2)- 86	
ナミハダニ個体群構造の遺伝的解析による殺ダニ剤感受 性低下個体群の分布要因の推定.....羽田 厚…(3)-126	
DNA 塩基配列を用いたハダニ類の種の識別と系統関係 の推定.....松田朋子・後藤哲雄…(3)-131	
千葉県南房総地域におけるチャバネアオカメムシの発生 量予測とメタアナリシスを用いたビワ二重果実袋の被 害抑制効果の評価.....清水 健…(3)-140	
チバクロバネキノコバエによる作物被害の詳細小林政文…(3)-148	
2019 年に多発したトビイロウンカによる被害状況とそ の要因.....真田幸代…(4)-231	
チャノホソガの効率的な防除に向けて上室 剛…(5)-266	
佐賀県のアスパラガス圃場におけるミカンキロアザミ ウマの優占的発生.....成富毅誌…(5)-275	
ナミハダニ黄緑型に対する時刻の概念と気門封鎖型農薬 の殺卵活性を利用した薬剤防除方法堀川英則…(5)-279	
特定外来生物クビアカツヤカミキリの被害分布と防除： 対策におけるちょっとしたコツ加賀谷悦子…(5)-293	

耕起によるヒメトビウンカ越冬虫の防除効果 ……………吉田和弘・八瀬順也…(6)–324	割れ粃がカスミカメ2種による斑点米被害に与える影響：広域リスク評価に向けた8品種の比較 ……………田淵 研・櫻井民人…(7)–324
宮城県におけるフタオビコヤガの発生生態 ……………横堀亜弥…(7)–390	鹿児島県のアボカドに発生した害虫 ……………西 菜穂子・宮路克彦…(7)–396
青森県のダイズにおけるダイズクキタマバエ (<i>Resseliella soya</i>) の発生 ……………對馬佑介…(7)–402	サトウキビ畑のネグサレセンチュウに対するフィプロニルの抑制効果……………河野辺雅徳ら…(8)–464
ピーマンおよびトマトに退緑斑紋病を引き起こすトウガラシ退緑ウイルス (CaCV) の媒介アザミウマ種の特定……………千秋祐也・櫻井民人…(9)–514	油脂を有効成分とする気門封鎖剤によるタバコナジラミの定位および交尾阻害効果……………杖田浩二…(9)–518
鹿児島県のマンゴー加温栽培におけるチャノキイロアザミウマの系統別発消長 ……………宮路克彦・西 菜穂子…(9)–524	野菜・花き類を加害するヤガ科害虫4種の性フェロモントラップによる誘殺消長—奈良県の発生予察定点圃場データの解析—……………井村岳男・山口貴大…(10)–586
我が国の農林業害虫クロバネキノコバエ類の分類と生態……………末吉昌宏・吉松慎一…(11)–622	JPP-NETが提供する有効積算温度計算シミュレーションを用いた大阪府におけるオオタバコガの成虫発生時期予測：気温上昇の影響評価の試み ……………金子修治…(11)–647
オオムギ間作による害虫密度抑制効果とIPMへの導入 ……………関根崇行・大坂正明…(12)–680	グランドオンコル粒剤を組み込んだ新たなレンコンネモグリセンチュウの総合防除法……………高木素紀ら…(12)–700
農業害虫ナミハダニにおける雄の繁殖戦略 ……………佐藤幸恵…(12)–705	
ミニ特集：新害虫ビワキジラミの防除対策の確立 ビワキジラミ対策研究プロジェクトの概要 ……………井上広光…(9)–500	
ビワキジラミの薬剤感受性評価 ……………兼田武典ら…(9)–504	
ビワキジラミの防除体系技術の開発 ……………生咲 巖・渡邊丈夫…(9)–510	
植物防疫講座 虫害編-24 野菜のコガネムシ類の発生生態と防除	

……………林川修二…(2)–109	虫害編-25 ハナバエ科野菜害虫 ……………岩崎暁生…(3)–167
虫害編-26 ダイズのチョウ目害虫 (ウコンノメイガ、マメシクイガ) の発生生態と防除 ……………渋谷和樹・竹内博昭…(6)–356	虫害編-27 ダイズカメムシ類の発生生態と防除 ……………遠藤信幸…(7)–427
虫害編-28 テンサイに発生する害虫の生態と防除 ……………岩崎暁生…(11)–659	虫害編-29 フタスジヒメハムシの発生生態と防除 ……………加進丈二…(11)–666
虫害編-30 アブラナ科野菜に発生するキスジノミハムシの発生生態と防除……………新藤潤一…(12)–723	

鳥獣害・雑草害

テグス (釣り糸) を利用した果樹園へのカラス侵入対策……………吉田保志子・佐伯 緑…(8)–448
--

農 薬

オウトウ輸出に対応した防除体系の検討 ……………伊藤慎一…(4)–206	新規SDHI殺菌剤ピラジフルミドの葉菜類セルトレイ灌注処理による病害防除 ……………西村 昭・山下真生…(4)–224
殺虫剤のローテーションの深い理解と抵抗性管理防除暦……………島 克弥…(4)–236	新規殺虫剤フルピリミンの特長……………堀越 亮…(4)–251
残留農薬等のリスクコミュニケーション手法の確立と評価……………穂山 浩ら…(5)–284	フルトラニル耐性白絹病菌の発生および簡易検定法の開発……………松本翔太ら…(5)–297
トマト灰色かび病菌の主要殺菌剤に対する耐性菌の発生动向……………川上 拓ら…(6)–333	封筒法によるハダニ類の簡易な薬剤感受性検定 ……………藤原 聡…(7)–407
ペンチオピラドのリング黒星病菌に対する感受性検定法……………湯谷 智ら…(7)–412	水稻育苗期に使用した農薬の後作葉菜類への残留 ……………松田英樹ら…(8)–454
殺菌剤インピルフルキサム (カナメ®フロアブル) の特長……………倉橋 真…(8)–491	ペンチオピラドのリングうどんこ病菌に対する感受性検定法……………堤 京子ら…(9)–530
新規殺虫剤テトラニリプロールの特長	

.....安宅 雅…(9)–545	新規殺菌剤ジクロベンチアゾクス（ディザルタ™）の特長.....明星亘俊…(11)–671
-------------------	--

薬剤抵抗性研究の最前線

野外個体群の長期の薬剤感受性データと人為選択個体群を用いたトビイロウンカのネオニコチノイド系殺虫剤に対する交差抵抗性の解析.....藤井智久…(5)–271
--

植物防疫講座

農薬編-23 細胞膜のステロール生合成阻害剤.....宇賀神 勉・林 敬介…(2)–114
農薬編-24 アセチリコリンエステラーゼ阻害剤—カーバメート系—.....林 直孝…(3)–178
農薬編-25 ミトコンドリア電子伝達系複合体 III Q _i 部位に作用する殺菌剤.....荒木智史・三谷 滋…(3)–183
農薬編-26 菌類の細胞壁生合成を阻害する殺菌剤—キチン生合成阻害剤，セルロース生合成阻害剤—.....前川大輔・金子 功…(4)–245
農薬編-27 シグナル伝達を阻害する殺菌剤—フェニルピロール・ジカルボキシイミド—.....中野孝明…(5)–315
農薬編-28 脂質生合成または輸送/細胞膜の構造または機能に作用する殺菌剤.....富田啓文・山下真生…(6)–361
農薬編-29 脱皮ホルモン（エクダイソン）受容体アゴニスト.....大上 恵…(6)–370
農薬編-30 核酸合成を阻害する殺菌剤—フェニルアミド殺菌剤・芳香族ヘテロ環・カルボン酸—.....赤野史岳…(7)–432
農薬編-31 脱皮阻害剤 ハエ目昆虫—シロマジン—.....小笠原宏美…(8)–487
農薬編-32 細胞骨格とモータータンパク質に作用する殺菌剤.....田辺憲太郎…(10)–606
農薬編-33 複合体 III ユビキノール酸化酵素 Q _o 部位に作用する殺菌剤.....田辺憲太郎…(12)–726

シンポジウム

ドローンによる薬剤散布の可能性…中島 満…(1)– 46
農薬使用者およびミツバチ安全対策をめぐる国内外の現状と課題.....元場一彦…(1)– 53
近年の異常気象の実態と予測されている変化.....高槻 靖…(5)–301
地球温暖化が我が国の病害虫発生にもたらす影響—因果関係を調べる方法について—.....山村光司…(6)–338

近年我が国で新たに発生が確認された病害虫と今後警戒すべき病害虫.....古畑 徹…(6)–343
ツマジロクサヨトウの日本への侵入状況と生態.....秋月 岳…(7)–418

挨拶

新年を迎えて.....望月光顕…(1)– 2
新年を迎えて.....高梨祐明…(1)– 3

巻 頭 言

新年を迎えて.....早川泰弘…(1)– 1
農業にロマンを—農薬業界としてできること—.....小池好智…(2)– 61
希有な体験.....根岸寛光…(3)–125
ハダニの薬剤抵抗性管理とゲノム情報.....刑部正博…(4)–193
侵略的外来昆虫に思うこと.....田付貞洋…(5)–259
感染症対策と植物防疫.....奈良部 孝…(6)–323
生物の生き残り戦略における多様性.....内野 彰…(7)–379
農業・幸福・化学 我々を幸せにしているあたりまえのもの.....浅見忠男…(8)–441
感染症対策と発生予察に関する雑感.....根本文宏…(9)–499
試験研究における「4つのクレド」.....高岡誠一…(10)–557
2020 年，私が感じた虫たちの「異変」.....平井規央…(11)–615
行って，見て，触れることの大切さ—インドネシアを旅して—.....舟久保太一…(12)–679

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門 昆虫制御研究領域 昆虫相互作用ユニット.....霜田政美…(1)– 58
群馬県農業技術センター 環境部 病害虫係.....斎藤幸雄…(1)– 59
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門 病害虫・機能解析研究領域 虫害ユニット.....豊島真吾…(2)–122
地方独立行政法人 青森県産業技術センター りんご研究所 病虫部木村佳子…(2)–123
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門 野菜病害虫・機能解析研究領域 病害ユニット.....中保一浩…(3)–189

鹿児島県農業開発総合センター 茶業部 環境研究室松比良邦彦…(3)-190	
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 茶業研究領域 茶病虫害ユニット佐藤安志…(4)-256	
山口県農林総合技術センター 農業技術部 資源循環研究 室.....松村和之…(4)-257	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西 日本農業研究センター 生産環境研究領域 虫害管理グ ループ.....三浦一芸…(5)-319	
熊本県農業研究センター 生産環境研究所 病虫害研究室古家 忠…(5)-320	
農林水産省 横浜植物防疫所 調査研究部水野明文…(6)-375	
愛知県農業総合試験場 環境基盤研究部 病虫害研究室松崎聖史…(6)-376	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 西 日本農業研究センター 生産環境研究領域 病害管理グ ループ.....川上 顕…(7)-437	
地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部 十勝農業試験場 研究部 生産技術グループ三宅規文…(7)-438	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九 州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 野菜病害 虫管理グループ.....水谷信夫…(8)-496	

長野県果樹試験場 環境部江口直樹…(8)-497	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九 州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 線虫グル ープ.....吉田睦浩…(9)-551	
石川県農林総合研究センター 農業試験場 資源加工研究 部 生物資源グループ安達直人…(9)-552	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九 州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 病害グル ープ.....井上博喜…(10)-612	
香川県農業試験場 生産環境部門 病虫害担当西村文宏…(10)-613	
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 ブ ドウ・カキ研究領域 ブドウ・カキ病虫害ユニット井上広光…(11)-675	
岡山県農林水産総合センター 農業研究所 病虫研究室長森茂之…(11)-676	
山形県農業総合研究センター 食の安全環境部柴田康志…(12)-731	
栃木県農業試験場 研究開発部 病理昆虫研究室福田 充…(12)-732	

書 評

花木・観賞緑化樹木の病虫害診断図鑑高橋賢司…(11)-677	
---	--



害虫・病害・雑草

稲の異変!?

写真を撮るだけ

レイミーがAI診断するよ





写真を撮るだけ



スマホでいつでも、写真からAI診断、有効薬剤をご紹介

病害虫・雑草を撮影







いもち病発生予測機能付き!



診断結果有効薬剤がわかる!



※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

スマートフォンアプリ 無料ダウンロード

『レイミーのAI病害虫雑草診断』

日本農業ホームページから



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

日本農業株式会社

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

日本農業株式会社は持続可能な開発目標(SDGs)を支援しています

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤 ピカルブトラゾクス水和剤

ピシロック® フロアブル





新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)

【登録作物】
 キャベツ、はくさい、ブロッコリー、レタス
 非結球レタス、ほうれんそう、きゅうり、メロン、すいか
 トマト、ミニトマト、たまねぎ、だいこん、てんさい

HPはこちらから



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 FAX(03)3245-6084
<https://www.nippon-soda.co.jp/nougyo/>

●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。●使用後の空容器等は圏場などに放置せず、適切に処理してください。

®は日本曹達(株)の登録商標



SANKEI
ECO PRODUCTS



植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤



チョウ目害虫退治の生物農薬！
サンケイ
サブリーナフロアブル



植物保護薬！
サンケイ
ジーファイン水和剤



硫黄の力でうどんこ病防除！
サンケイ
グムラス



安定した銅の効果！
サンボルドー



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！
ハッパ乳剤



硫黄と銅の強力タッグ！
園芸ボルドー



サンケイ化学株式会社

本 社 〒891-0122 鹿児島県鹿児島市南栄二丁目9番地
東 京 本 社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11

☎(099) 268-7588
☎(03) 3845-7951



速く効く。
あの害虫にも効く。^{*1}

だから、
収量に差がつく。^{*2}

対象害虫の 幅広さ

チョウ目害虫や
アザミウマなど
幅広い害虫^{*1}に効く。

効きの速さ

有効成分が直接
害虫に作用するから、
作物が食べられる前に
駆除できる。

大切な作物の食害を抑え、収量を確保したい。
決め手は「効きの速さ」と「対象害虫の幅広さ」。
食べられる前に害虫を駆除、野菜・茶用殺虫剤 グレーシア。

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



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

*1 作物によって適用害虫は異なります。詳しくはWeb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。



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

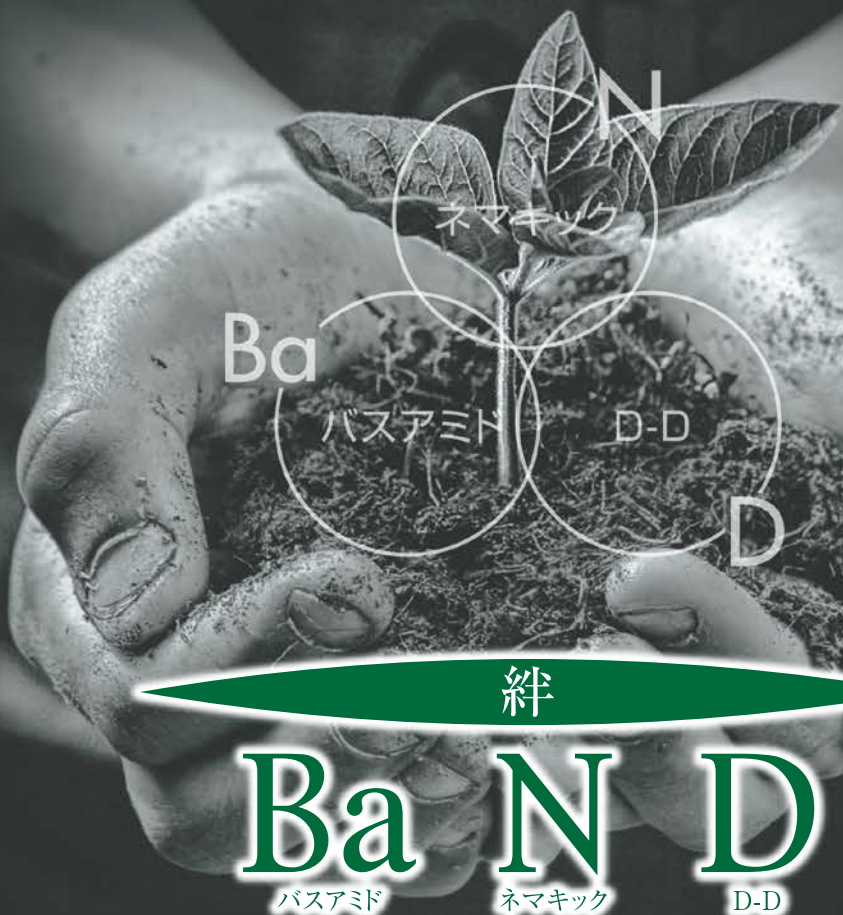
東京都中央区日本橋二丁目5番1号
<https://www.nissan-agro.net/>



 日産化学株式会社

いい土から、いい作物。

アグロカネショウの土壌消毒剤



で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壌病害・雑草防除に!

土壌センチュウ防除に!



ネマキック
粒剤



バスアミド
微粒剤

D-D

アグロ カネショウ

土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の
養分分析

線虫や
菌の密度

土壌分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壌分析室 [0296-21-3108] まで



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

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株) お客様相談係
04-2944-1117