

植物防疫

11

Plant Protection

2020
VOL.74



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



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

園芸用殺菌剤

ゾーベック™ エニベル™
ゾーベック™ エンカンティア™
ジマンダイセン™
グリーンダイセン™ M
ラリー™
インダー™
コサイド® 3000

園芸用殺虫剤

トランスフォーム™
Isoclast™ active
ダブルシューター™
スピノエース™
ランネート™
ファルコン™
ファルコンエース™
デリゲート™

水稲用殺虫剤

エクシード™
Isoclast™ active
ゼロカウント™

水稲用除草剤

クリンチャー™
ワイドアタック™
ロイヤント™ 乳剤
Rinskor™ active
ウィードコア™ 1キロ粒剤
Rinskor™ active

水稲用殺菌剤

ビーム™
ビーム™ エイト

水稲用殺虫殺菌剤

ビーム™ エイト エクシード™
Isoclast™ active



速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。

*2

*1

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。

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。

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

「植物防疫」年間購読料のお知らせ (2021年1～12月号分)

本誌ご愛読いただき厚く御礼申し上げます。

2021年第75巻(2021年1～12月号分)の購読料は下記の通りとなりますので、引き続きご購読下さいますようお願い申し上げます。継続のご購読申込につきましては、今年度から『JPPA オンラインストア』よりお願いいたします(次頁参照)。

また、第74巻(2020年1～12月号)全ての掲載記事のPDF版CD-ROMとのセット販売をいたしておりますので、併せてお知らせいたします。なお、PDF版CD-ROM単体での販売はいたしておりません。

■年間購読料

11,000円(税込み, 送料サービス) **【前払い割引適用価格】**
11,580円(税込み, 送料サービス) (後払い価格)

■年間購読料+第74巻PDF版CD-ROM(第75巻1月号に同封)のセット

12,650円(税込み, 送料サービス) **【前払い割引適用価格】**
13,230円(税込み, 送料サービス) (後払い価格)

農薬適用一覧表 2020年版 **2020年11月10日発売**



2020年9月30日現在の作物・病害虫別の殺虫剤・殺菌剤、作物別の除草剤、使用目的別の植物成長調整剤について、適用情報を一覧表形式で掲載しました。

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

A4判, 価格: 15,400円(税込み, 送料サービス)

※付録CD-ROM: 農薬適用一覧DB(検索ソフト)は付いておりません。

今後の刊行図書

- ◆ **農薬要覧 2020** 2020年12月下旬以降の発刊を予定
A5判, 価格: 11,000円(税込み, 送料サービス)
- ◆ **農薬ハンドブック** 2021年2月下旬発刊を予定(価格未定)

※発刊日近くになりましたら「JPPA オンラインストア」に順次掲載いたします。

JPPA オンラインストア ご利用について

日本植物防疫協会では、9月7日よりオンラインストアを開設いたしました。

当協会が発行する月刊「植物防疫」、図書、植物ウイルス検定用抗血清、発生予察用調査資材（予察用フェロモン等）をご注文いただけます。

※月刊「植物防疫」及び図書は、書店でのお取り扱いはしていません。

◆ご利用にあたって◆

- ・ご利用は、次の URL <https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/> または協会 HP から。
- ・ご注文の際は、「初めての方へ」をご覧ください。注文方法等を紹介しています。
- ・「お客様登録」すると購入履歴のほかに配送先リストの追加もでき、より便利にご利用いただけます。なお、お客様登録しなくてもご注文いただけます。
- ・すべての商品に納品書をお送りいたします。



◆お支払い方法について◆

- ・お支払方法は、「クレジットカード」「郵便振替」「コンビニ決済」「代金引換※」からお選びいただけます。※発生予察用調査資材は「代金引換」はご利用いただけません。また、銀行振込みはできませんので、上記方法にてお願いいたします。
- ・請求書および郵便・コンビニ用振込用紙をお送りいたしますので期限内にお振込み手続きをお願いいたします。発生予察用資材および抗血清は商品お届け後に、図書類については商品とともに、当協会よりお送りいたします。
- ・振込受領書を領収書の代わりにさせていただきます。



カウントダウン®



JAグループ
農協 全農 経済連

⑧ カウントダウンはバイエルグループの登録商標
⑨ はクミアイ化学工業(株)の登録商標

雑草の無い水田へ

一発、カウントダウン。

新登場



- 1 3成分で高い除草効果
- 2 ノビエへの優れた除草効果
- 3 難防除多年生雑草への高い除草効果
- 4 多年生イネ科雑草に対する高い除草効果
- 5 SU抵抗性雑草に対する高い除草効果
- 6 田植同時散布可能(1キログラム剤・フロアブル)
- 7 無人航空機での処理可能(1キログラム剤・フロアブル)
- 8 水口施用可能(移植水稲・フロアブル)
- 9 拡散性に優れたジャンボ剤
- 10 直播水稲への適用性
- 11 新規需要米(WCS、飼料米等)に対する高い安全性

●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。

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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

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!



温水消毒との 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

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・安次富 厚・廣岡裕吏 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・上島 完・岡田 敦 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 果樹茶業研究部門

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

農林水産省プレスリリース（2020.9.3～2020.10.5）	25
新しく登録された農薬（2020.9.1～9.30）	7, 32
登録が失効した農薬（2020.9.1～9.30）	51
発生予察情報・特殊報（2020.9.1～9.30）	44

【表紙写真】

上段左：サトイモ疫病，葉の病徴

上段右：サトイモ疫病発生圃場

下段左：ヨトウガ幼虫

下段右：フタスジヒメハムシ成虫

新登場!

明日の農業を
考える

レイミーが
AI診断するよ

害虫・病害・雑草

稲の異変!?

写真を撮るだけ

水稲用

園芸作物へも
拡大準備中!



スマートフォンアプリ

レイミーのAI病害虫雑草診断

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

病害虫・雑草
を撮影



診断結果
有効薬剤
がわかる!



スマホでいつでも、写真からAI診断、有効薬剤をご紹介



いもち病
発生予測
機能付き!

※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

無料

ダウンロードはこちら



利用時の通信料はお客様のご負担となります。

または日本農業ホームページから
日本農業 検索



■本アプリケーションで使用されているAI診断学習モデルは(株)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。

開発



日本農業株式会社

NTT DATA

株式会社NTTデータ CCS

参加



日産化学株式会社



日本曹達株式会社



三井化学アグロ株式会社

巻頭言

2020年、私が感じた虫たちの「異変」



大阪府立大学 ^{ひら}平 ^い井 ^{のり}規 ^お央

今年（2020年）は、サバクトビバッタがアフリカ東部や中東、インド等で大発生し、農作物を食い荒らすなど猛威を振るった。過去には1987～89年、2003～05年等にも大発生があった。このバッタについては、様々な研究がなされてきたものの、いつ大発生するのかはいまだに予測はできない。南米でもミナミアメリカバッタと呼ばれる種が大発生した。日本では森林害虫のマイマイガが各地で大発生したそうである。私たちの身近でも、昆虫を見ていると、いつもの年と何か違う、と思うことがよくある。今年は特にそれを感じるが多かったので、私の気づいた例を紹介する。

大阪府堺市にある私たちの大学キャンパスには実験圃場があり、私たちの研究室でも一画を借りて昆虫の実験や害虫のモニタリング、食草の栽培等を行っている。私が「昆虫畑」と呼んでいるその場所では、農薬は使用せず、野菜と水稲、一部果樹等が栽培されている。

そこで今年の春にまず感じたのは、アシナガバチ類の営巣が少なかったことである。たまたま今年からアシナガバチの研究を始める学生がいたので、キャンパス内で記憶にある営巣場所を巡ってみたが、成虫を散見するものの巣は一つも見つけることができなかった。例年ならフタモンアシナガバチとセグロアシナガバチがハウスの周辺や建物の軒下に多数の巣をつくるのだが、これほど見つからないということは、やはり少なかったのだろう。葉の上を歩き回り、ガ類の幼虫を狩って、次々に運び去るこれらのハチ類が少ないことは、野菜の栽培にとって痛手であろう。後にオオタバコガやハスモンヨトウの食害が多いと感じたのは、このことと無関係ではないと思う。

害虫ではカメムシ類が多かった。例年は秋ごろから被害が目立つミナミアオカメムシをはじめ、ブチヒゲカメムシ、シラホシカメムシ類等が早くからトマトやナスの実に群がり、その後も高密度で居座り続けた。ホオズキカメムシは毎年見られるが、今年もピーマンで多発した。一方、いつもより少ないと思った害虫もいる。ナスで毎年のように多発していたニジュウヤホシテントウについては、今年なぜか少なかった。また、農作物の害虫ではないが、いつもゴールデンウィーク明けから多発するヒトスジシマカが例年に比べて非常に少なかった。

梅雨期には、各地で豪雨被害が出るほど雨量が多く、期間も長かった。近畿地方でも7月いっぱい梅雨が続き、

7月の雨量は平年の2.5倍を超えていたようだ。梅雨前線は長期間にわたって本州付近に停滞し、大阪でも日々実感できるほど南風の吹く日が多かった。梅雨明け後の8月には一転して猛暑が続いた。このような年には南方系の昆虫が多発する。

予想通り、クロマダラソテツシジミが早い時期から現れた。このチョウはもともと熱帯から亜熱帯にかけて分布し、幼虫がソテツの新芽を食べる害虫である。2007年以降、毎年のように南西諸島から本州にかけて北上しながら世代を繰り返して分布を広げているが、冬季にはほとんどの場所で見られなくなる。大阪付近では、9月以降に発生することが多かったが、今年は8月から各地で見られるようになり、新芽の出ているソテツでは高頻度で加害が見られた。

9月以降にはウンカ類が多発し、各地の水田で坪枯れが目立ち始めた。私たちの小さな水田ではトビイロウンカなどが見られたものの枯死には至らなかった。収穫期には広範囲でイネの枯れが目立つ水田が見受けられ、かなりの被害が出たものと思われる。これより前に私が坪枯れを見たのは10年以上前のことであり、しかもこれほど多数の場所で見えたのは今年が初めてである。同じく南方系の水田害虫であるコブノメイガも歩くたびに飛び回るほど多く見られた。

このように、今年は多くの昆虫で例年とは異なる発生パターンを実感した。近年は気候温暖化によって、猛暑や豪雨等の強度や頻度が高まっていると言われる。もともと昆虫の個体数の変動は種によって様々であり、度々大発生を繰り返す種も多く知られるが、このような性質も気候の変化による影響を受けているに違いない。農作物の不作や価格の高騰が伝えられることも多かったが、植物防疫の観点からの貢献が期待される場面は今後増加すると思われる。

さて、9月下旬からは急に涼しくなり、圃場は一見静かになった。先日は大阪南部の山に出かけたが、この時期に咲いているはずのヒヨドリバナの花がすでに終わって枯れ始めており、期待していたアサギマダラの乱舞を見ることができなかった。違和感続きの今年もあとわずかとなった。来年はいろいろな意味で平穏であることを願いたい。

（関西病虫害研究会 会長）



サトイモ疫病の総合防除対策技術の確立

宮崎県総合農業試験場 **黒** **木** **修** **一**
 愛媛県農林水産研究所 **まつ** **だ** **と** **る**
松 **田** **透**

はじめに

サトイモ疫病は、アジアやオセアニアのタロイモ類で大きな被害を発生させる重要な病害である。国内でも、かなり以前から発生することは知られていたが、経済的被害を及ぼすような発生をすることはなかった。ところが、2014年くらいから発生が散見されるようになり、2015年8月の台風通過後には四国・九州の複数の県で同時に多発し、サトイモの生産量が大幅に減少する事態となった。サトイモ疫病の特徴である急激なまん延と、その経済的被害の大きさから、農業者のみならず実需者からも早急に効果の高い防除対策の確立を強く求められたが、国内における菌の生態や防除に関する報告はほとんどなく、伝染源、病原菌の動態や感染メカニズム等詳細な生態が不明で、農薬登録された剤も皆無であったため、有効な防除対策が実施できない状況にあった。

このため、イノベーション創出強化研究推進事業の支援を受け、愛媛県農林水産研究所を主査とし、宮崎県総合農業試験場、鹿児島県農業開発総合センター、国立大学法人岐阜大学、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が共同のもと、「【29018C】産地崩壊の危機！リスク軽減によるサトイモ疫病総合防除対策技術確立試験（2017～2019年度）」に取り組んだ。その中で得られた成果は、毎年度ごとに改訂する農業者向け「サトイモ疫病対策マニュアル」として対策技術を生産現場に周知してきた（黒木，2017）。また、3年間の研究成果は、菌の生態や伝染環の解明、耕種的・化学的防除法とその実施のタイミング等多岐にわたる。そこで、技術者向けのマニュアルとして、2020年2月に「サトイモ疫病対策マニュアル（2020版）（技術者向けマニュアル）」（<https://www.pref.ehime.jp/h35118/2406/byocyubojo/htm/satoimoekibyoutaisaku.html>）

Development of Taro Leaf Blight (*Phytophthora colocasiae*) Control Technology. By Shuichi KUROGI and Tooru MATSUDA

（キーワード：サトイモ、疫病、防除法、卵胞子、品種間差異、軟腐病）

を取り纏めた。ここでは、これらの概要を紹介する。

I 疫病菌とは何者か（疫病菌の生態的特徴）

1 卵胞子の存在

愛媛県、宮崎県、鹿児島県の圃場から疫病菌を採集し、温度を変えて培養したところ、遊走子を形成する温度は菌の系統ごとに異なっていること、培養温度が20℃でも遊走子を形成することが明らかになった。

また、*Phytophthora* 属菌の卵胞子は外界要因に対して耐性を有し、数年間生存するといわれる（桂，1971）。疫病菌は雌雄異株性で、卵胞子を形成するには、A1およびA2の交配型が必要とされるが（TYSON and FULLERTON, 2007）、頻繁に検出されることはないとされている（NELSON et al., 2011）。本研究における調査でも自然界において卵胞子を確認してはいないが、A1およびA2が各地で確認され、同一圃場でも両型が併存することがあること、また、A1にもA2にもなる雌雄同性株もまれにはあるが確認できる。したがって、かなり高い確率で卵胞子が存在している可能性があり、生活環（図-1）には卵胞子を記載した。

このように、卵胞子が圃場に存在する可能性が高くなったことから、防除に際しては卵胞子対策も意識する必要がある。卵胞子はA1型とA2型の菌株を培地上で接

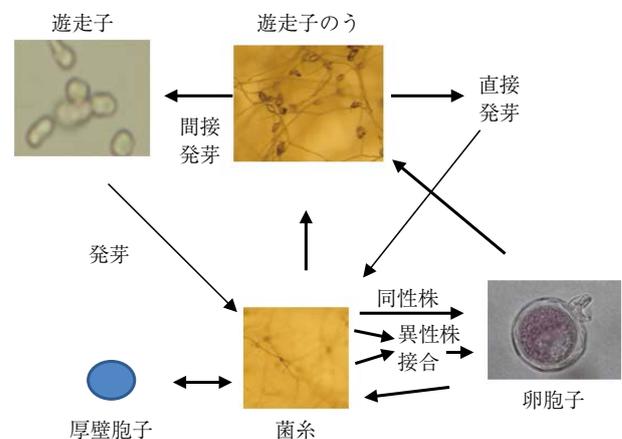


図-1 サトイモ疫病菌の生活環

合させると容易に得られることから、それらを供試して卵胞子の殺菌法について検討した。その際、ETXEBERRIA et al. (2011) が *Phytophthora capsici* の生死判別を行った tetrazolium bromide を用いた染色法と、4MNaCl による原形質分離による判別法を利用して卵胞子の生死を判別した。まず、薬剤について種芋消毒等に農薬登録がある剤液への浸漬については、殺卵胞子効果はあまり高くなかった。一方、銅剤への浸漬、市販の次亜塩素酸水（商品名：「グリーンドロップ」、現商品名「ジアバルス」）は殺卵胞子効果が高かったが、農薬登録がないために現在は使用できない。次に、温湯消毒による殺卵胞子効果を調査したところ、60℃温湯3分浸漬で効果があった。ただし、温湯消毒によるサトイモの生育への影響はまだ不明である。以上の知見は、将来の疫病菌の卵胞子対策になり得ると考えられる。

2 伝染経路

種芋による伝染は強く疑われてきたことであるが、それだけでなく、残渣と残渣から発生する野良生え株についても重要な伝染源である。サトイモは、忌地とよばれる連作障害があるために同一圃場では連作しない。このため、放棄された残渣を含め、残渣と残渣から発生する野良生え株について、翌年作の病害虫の発生源としてあまり意識されない。しかし、前作の残渣が残っているが残渣がまだ発芽していない栽培翌年の圃場において、降雨時の排水路に「養液栽培における高温性水媒伝染病害の安全性診断マニュアル」（<http://www.green.gifu-u.ac.jp/~kageyamalab/index.html>）に従って作成したエゴマトラップを設置し、回収したエゴマの種子を選択培地に置いたところ、疫病菌を検出した。このことは、残渣に疫病菌が残っている可能性を示し、同時に残渣が残っている圃場の水中には疫病菌の遊走子が活動していることを示している。また、後述する降雨の後の発病とも関係していると考えられる。

3 まん延経路

疫病菌は、風雨により容易に飛散することが知られている。条件が合えば、遊走子を接種した葉は、72時間で茶色く変色し、感染がはっきり確認できるようになる。また、風速2~3 m/sの微風のときに動力噴霧機を使って水を散布すると、40 m先でも感水紙で水滴を検出できることから、台風のような強い風雨でなくても、相当広い範囲に飛散し、拡大していくものと考えられる。

4 具体的被害

疫病菌は、茎葉にも芋にも感染する。図-2には初期の病斑から茎葉を喪失する段階までの病徴を示した。茎葉の病徴は、目視しやすいため疫病が発生している産地では認識されているが、マニュアルには認識されにくい芋の病徴も示しているのでそちらを参照頂きたい。芋は疫病菌の単独感染によっても腐敗するが、多くの場合、細菌との重複感染によって一層ひどく腐敗する。芋に疫病菌を培養した培地を接種した場合、菌の浸潤は速やかで、接種96時間後には芋の深い部分まで到達する。

5 軟腐病との合併症

茎葉部の病斑から細菌 (*Pectobacterium carotovorum*) に感染することがあり、軟腐病を発症する。葉は濡れた紙のように破れ、葉柄はドロドロと溶けて失われ、被害を拡大させる。軟腐病はハスモンヨトウやセスジスズメの食害、強風で破れた葉や葉柄の折損部からも発症するが、疫病の病斑から発症することが多く、芋の腐敗と関連することが強く示唆されている。そのため、疫病の対策と同時に、軟腐病の対策も行うべきである。

6 発病のタイミング

3年間の試験期間中、「気温が25℃よりやや低く、降雨を伴う日」の後に初発を確認することが多くあった（図-3）。気象データと宮崎県内各産地の初発を合わせてみると、各産地とも発病の2~4日前に50 mm以上の日降水量と、日平均気温25℃の日が出現していた。この



図-2 病徴の進展



図-3 2019年における気象と疫病の初発（宮崎県）

ため、この条件になった数日後に初発が確認できるものと考えられる。しかしこれは、疫病斑が目で確認できる程度に発生したものであるため、目に見える前の兆しは何か検討したところ、鹿児島県の調査では「発病前の10日間の日平均気温が21℃程度」になることを確認した。このため、平均気温が21℃になってくると、「そろそろ発病する」と考え、平均気温が24℃で雨を伴う日が来たなら、「目に見えないが、どこかに発病がある」と考える必要がある。また、発病したら、被害は急激に拡大するため、防除は遅れてはならない。

II 防除対策

疫病のまん延により多くの葉が失われるが、収量にどれほど影響するか把握されていなかった。このため、7月、8月および9月に疫病の発生を模して葉を除去したところ、7~8月に葉を除去すると、約3~4割減収するが、9月に葉を除去しても収量には影響しないことが明らかとなった。このことから、疫病の発生をできるだけ遅らせることが、被害を軽減することにつながる。そこで、疫病対策として発生源対策、疫病をまん延させない対策、薬剤防除、施肥による栄養改善を検討した。

1 発生源の対策

疫病の発生源は、畑に放置された残渣、野良生えの芋、菌が感染した種芋である（図-4）。圃場に残された残渣は、ロータリー耕起してできるだけ破碎し、堆肥や残渣分解用の微生物資材を混和して土中で分解させる。このとき、1回のロータリーによる破碎効果は限定的であるので、できる限り多く破碎作業を行う。圃場の外に放置された残渣が発芽し、野良生えとなることがあるが、耕起できないような場所にあるときには、除草剤を用いる



図-4 サトイモ疫病の発生源（左から畑に放置された残渣、野良生えの芋、菌が感染した種芋）

ことも有効である。圃場の周囲には、意識しないと気づかないくらい小さなサトイモ株が自生していることがあるので、見逃さず対策を行う必要がある。

種芋の対策は特に重要である。種芋を水に浮かべると、先述した疫病菌が深いところまで浸潤した種芋や、乾腐病や軟腐病、デンプンの蓄積不良で深層部まで劣化した芋は水に浮いてくるため、排除することができる。また、種芋はネグサレセンチュウや黒斑病に感染していることがあり、この対策として薬剤処理することがあるが、種芋に土が付着している場合は、処理薬液が病斑部に届かない。このため、種芋洗浄は種芋消毒を効果的に実施するためにも必要である。種芋の洗浄と水選別で、完全な防除効果は得られないが、疫病菌に感染した芋を種芋として使用してしまうリスクは大幅に減少する。

2 疫病をまん延させない対策

(1) 散布通路の確保

発生源を少なくすることで、発病リスクは大幅に減少するが、それでも発病がゼロにできるとは限らない。疫病の特徴は、発生した株から急激に広くまん延することであるため、初発を確認したら、薬剤防除を行わなければならない。サトイモの茎葉は人の身長を超える高さになるため、薬剤散布を行うとき圃場の中に株を分け入って散布すると、茎葉を折損して余計にまん延させてしまう。このため、鉄砲ノズルのような遠くに薬液を飛ばすことができるノズルを使って、圃場の周囲などから薬剤を散布するが、散布位置から離れた株では散布薬液は茎葉の上部には届いても、株元には届きにくい。疫病は下の葉から発病しやすいため、これでは薬剤を散布しても下葉の病斑部まで届かない。鉄砲ノズルで薬剤を散布したときの株元までの薬剤の付着を調査したところ、散布位置から5m先の株元までは薬液が到達するが、それ以上の距離があると防除効果が期待できないことが明らかになった。このため、圃場に10mごとに「薬剤散布通路」を確保することで、散布した薬液の株元到達を確保する必要がある(図-5)。もちろん、距離が近くても薬剤が株元に届かないことはあるので、ていねいに散布するとともに、使用するノズルを選ぶことで、株元への薬剤の付着をある程度は改善できる。

(2) 排水路の確保と雑草対策

「I. 2. 伝染経路」で、圃場の水中には疫病菌の遊走子が活動していることを記載した。畝間などに水が溜まり、そこに葉が触れることで感染がおきる可能性があることから、圃場の排水はしっかりできるようにしておかなければならない。また、少々の降雨などでは種芋が露出しないように適正な深さに植え付ける必要がある。

圃場に雑草が多い場合、疫病の発生が多くなる傾向が

確認できる。これは、雑草の繁茂により圃場内の湿度が下がりにくくなることが要因として考えられる。前述したように散布通路を確保すると、本来はサトイモの茎葉が日射を遮っているところに通路を作ることになるため、地面に日射が当たる場所が出て、雑草が発生しやすくなる。雑草対策はこのことを考慮して、念入りに行う必要がある。

3 薬剤防除

防除の主体となる薬剤は、2020年2月段階で、ジーファイン水和剤、アミスター20フロアブル、ダイナモ顆粒水和剤の3剤が農薬登録されていたため、この3剤の特徴と散布時期、早生・中生品種における薬剤の防除体系モデル、さらに早生と中生の中間的品種である‘愛媛農試V2号’における生育と疫病の発生時期を示し、防除の考え方と薬剤の使用時期、薬剤単剤の使用と体系的な使用のときの防除価を示した(図-6)。例えば、ジーファイン水和剤の散布は、発病を遅らせる効果があり、葉柄の病斑に効果が高く葉柄が折損することを防ぐ効果が高いため、予防的に使用するとともに、軟腐病に農薬登録があるため、栽培後半にも定期的に使用することが適している。アミスター20フロアブルは、発病時の散布が最も効果が高く、ダイナモ顆粒水和剤は病徴の進展を阻止する効果が高く発病後でもある程度効果があるため、発病初期にはこの2剤を交互使用することなどを推奨している。また、ペンコゼブ水和剤も新たに農薬登録されている。

4 適正施肥

いくつかのデータでは、植物体内の肥料成分が少ない株で疫病の被害が大きい傾向があった。芦沢(1971)が施肥と疫病の予防について記載しており、NELSON et al.(2011)の総説にも施肥管理について記載があることから、適正な肥培管理を行うことについても重要であり、



図-5 農薬散布通路の確保

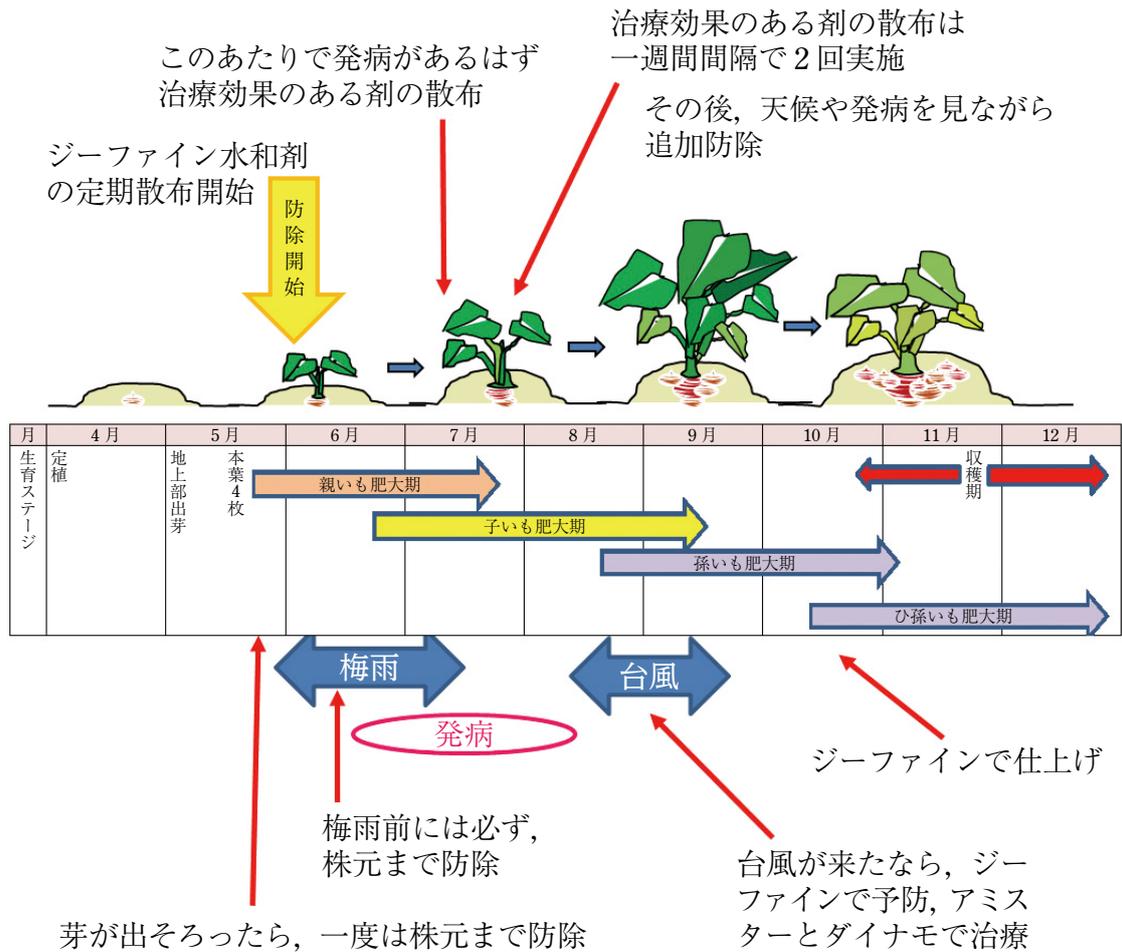


図-6 薬剤の防除体系モデル（中・晩生種の例）

詳細はマニュアルに記載した。適正施肥は、薬剤だけに頼らない防除対策の一つである。

5 その他

(1) 品種の違いによる発病の違い

疫病の発病程度は品種により大きく異なる。葉に病徴が出やすい品種や、葉の病徴は少ないが葉柄に発生しやすい品種があることから、耐病性品種の利用は有効である。また、現在は実用化に至っていないが、将来に疫病抵抗性の品種を育成できる可能性は十分にある。

(2) 日焼けと薬害

サトイモの葉には撥水効果があり、無理に水を付着させるだけでも薬害様の症状が発生する。例えば、サトイモ株の生育初期の葉温は、マルチの照り返しにより40℃を容易に超える。このため葉が焼け、薬害と誤認されてしまうことがある。また、薬剤散布時に展着剤を加用するだけでも薬害が発生することがあり、特に高温時には発生しやすくなる。このため、加用する展着剤は注意して選択し、高温時はできるだけ散布を避けるべきである。サトイモは薬害を出しやすい作物であることか

ら、サトイモに使用できる展着剤、ジーファイン水和剤またはアミスター 20フロアブルと、サトイモに農薬登録がある殺虫剤との混用時の薬害についてもマニュアルに記載している。なお、展着剤の加用により殺菌剤の防除効果が低下する事例があった。この原因は不明であるが、サトイモは薬害を出しやすい作物であり、数多い品種で同じように薬害が発生するとは限らないため、薬害事例の一つとして記載した。

おわりに

サトイモ疫病は、四国・九州の産地で大きな被害が出て問題となったが、現在は東日本の産地でも被害が発生するようになってきている。対策として実施すべき作業は多いが、本病が顕在化したときには約4割減収した宮崎県における被害は、2020年作には大きく改善している。マニュアルには、疫病菌の基本的な解説から防除法、環境サンプルからのDNA抽出法と疫病菌のLAMP法による検出法、リアルタイムPCR法による定量法など多岐にわたる内容を掲載し、技術指導者が農業者に対して

的確に解説できるように、根拠となるデータもできるだけ掲載している。サトイモ疫病による被害が発生している産地は、このマニュアルを活用して対策の一助としていただきたい。

引用文献

- 1) 芦沢安平 (1971): 熱帯農業 15(3): 203~205.
- 2) ETXEBERRIA, A. et al. (2011): Revista Iberoamericana de Micología 28(1): 43~49.
- 3) 桂 琦一 (1971): 植物の疫病 理論と実際, 誠文堂新光社, 東京, 128 pp.
- 4) 黒木修一 (2017): 植物防疫 71: 458~462.
- 5) NELSON, S. et al. (2011): Plant disease bulletin no PD-71, University Hawaii, Manoa, 14 pp.
- 6) TYSON, J. L. and R. A. FULLERTON (2007): Australas. Plant Dis. Notes 2: 111~112.



新しく登録された農薬 (2020.9.1~9.30)

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

〔殺菌剤〕

●トルクロホスメチル・マンデストロピン水和剤

24420：住化ディアマンテ（住友化学）20/9/9

トルクロホスメチル：40.0%

マンデストロピン：10.0%

日本芝：カーブラリア葉枯病：発病初期

西洋芝（ベントグラス）：葉腐病（ブラウンパッチ）、炭疽病、ダラースポット病、フェアリーリング病：発病初期

●バリダマイシン・フェリムゾン水和剤

24421：住化トルファン（住友化学）20/9/9

バリダマイシン A：5.0%

フェリムゾン：30.0%

日本芝：ヘルミントスポリウム葉枯病、カーブラリア葉枯病、葉腐病（ラージパッチ）：発病初期

西洋芝（ベントグラス）：ヘルミントスポリウム葉枯病、カーブラリア葉枯病、葉腐病（ブラウンパッチ）、炭疽病、ダラースポット病、ピシウム病、赤焼病：発病初期

〔殺虫剤〕

●プロフラニリド水和剤

24422：プロフレア SC（三井化学アグロ）20/9/14

プロフラニリド：5.0%

キャベツ：コナガ、アオムシ、ハスモンヨトウ、ヨトウムシ、オオタバコガ、ウワバ類、ハイマダラノメイガ：収穫前日まで

はくさい：コナガ、アオムシ、ハスモンヨトウ、ヨトウムシ、オオタバコガ、ハイマダラノメイガ：収穫前日まで

だいこん：コナガ、ヨトウムシ、ハイマダラノメイガ、キスジノミハムシ、カブラハバチ、アオムシ：収穫前日まで

かぶ：コナガ：収穫前日まで

ブロッコリー：コナガ、アオムシ、ハスモンヨトウ、ヨトウムシ、オオタバコガ：収穫前日まで

カリフラワー：コナガ、アオムシ：収穫前日まで

非結球あぶらな科葉菜類：コナガ、アオムシ、キスジノミハムシ：収穫前日まで

レタス：ハスモンヨトウ、ヨトウムシ、オオタバコガ、ウワバ類：収穫前日まで

非結球レタス：ハスモンヨトウ、ヨトウムシ、オオタバコガ、ウワバ類：収穫前日まで

ねぎ：ネギコガ、シロイチモジヨトウ：収穫前日まで

えだまめ：ハスモンヨトウ、オオタバコガ：収穫前日まで
かんしょ：ハスモンヨトウ、ナカジロシタバ：収穫前日まで

きく：ハスモンヨトウ、オオタバコガ：発生初期

●プロフラニリド水和剤

24423：プロフレア 20SC（三井化学アグロ）20/9/14

プロフラニリド：20.0%

キャベツ：ハスモンヨトウ：収穫前日まで

(32 ページに続く)

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

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
生物多様性研究拠点

すえ
末よし
吉まさ
昌ひろ
宏

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター
環境情報基盤研究領域・東京農業大学農学部農学科

よし
吉まつ
松しん
慎いち
一

はじめに

クロバネキノコバエ類はハエ目クロバネキノコバエ科に属する昆虫の一群である。成虫は体長1~6 mm程度で一般に体色が褐色から黒色であり (MENZEL and MOHRIG, 1997), カのような昆虫である (図-1)。幼虫は、胴部が白色で、頭部が黒色のウジである。旧北区でおよそ1,000種弱、日本から113種が知られるが (MENZEL and MOHRIG, 1997; 笹川, 2014), いまだ記録されていない種や新種も多く、国内には1,130~2,260種が分布すると推測されている (中村, 2016)。チバクロバネキノコバエ (以下単にチバ) や *B. ocellaris* (Comstock, 1882) は輸出入された農産物やそれらに付着した腐葉土等によって人為的に運ばれ、汎世界的に分布するとされる (MENZEL et al., 2003)。国内ではチバを含む8種 (表-1) が農林業害虫

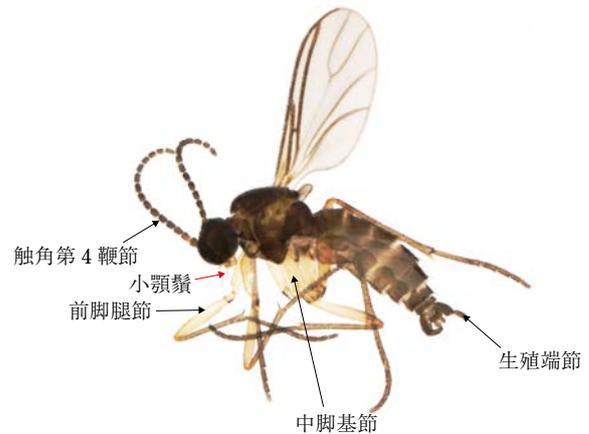


図-1 チバクロバネキノコバエ *Bradysia impatiens* ♂成虫 (体長1.1 mm)
Bradysia の種分類でよく使われる各部とそれらの形態学用語を示した。

表-1 国内のクロバネキノコバエ科農林業害虫の学名と和名

有効名	無効名	提唱された和名 ^{a)}
<i>Bradysia impatiens</i> (Johannsen, 1912)		チバ
	<i>Bradysia difformis</i> Frey, 1948	チバ
	<i>Bradysia agrestis</i> Sasakawa, 1978	チビ
<i>Bradysia odoriphaga</i> Yang & Zhang 1985		ネギネ
<i>Bradysia paupera</i> Tuomikowski, 1960		シイタケ
<i>Bradysia zingiberis</i> (Sasakawa, 1985)		ショウガ
<i>Chetosciara takahashii</i> Sasakawa, 1992		ハチジョウ
<i>Lycoriella aripila</i> (Winnertz, 1867)		
<i>Lycoriella ingenua</i> (Dufour, 1839)		ツクリタケ
	<i>Lycoriella mali</i> Fitch, 1856	ツクリタケ
	<i>Psilosciara flammulinae</i> Sasakawa, 1983	ヒトトゲ
<i>Pnyxia scabiei</i> (Hopkins, 1895)		ジャガイモ

注) 学名をアルファベット順に配列した。

^{a)} 和名末尾の「クロバネキノコバエ」を省略した。

Taxonomy and Biology of Black-Winged Fungus Gnats as Agricultural and Silvicultural Pest Species in Japan. By Masahiro SUEYOSHI and Shin-ichi YOSHIMATSU

(キーワード: 特用林産, 食用きのこ, 野菜, 地理的分布, 防除, ハエ目, ネギネクロバネキノコバエ, チバクロバネキノコバエ)

表-2 国内のクロバネキノコバエ類による農林作物被害

寄主植物・キノコ科名	寄主植物・キノコ学名	寄主植物・キノコ和名, 作物名	被害部位	報告時の学名 ^{a)}	有効名 ^{a)}	発生都道府県, 引用文献 ^{b)}
タマバリアタケ科	<i>Flammulina velutipes</i>	エノキタケ	菌床	<i>L. ingenua</i>	<i>L. ingenua</i>	滋賀 ⁶
ツキヨタケ科	<i>Lentinula edodes</i>	シイタケ		<i>B. paupera</i>	<i>B. paupera</i>	千葉 ^{12,13} , 大分 ¹³
ツキヨタケ科	<i>Lentinula edodes</i>	シイタケ		<i>B. diffformis</i>	<i>B. impatiens</i>	岐阜 ³⁸ , 大分 ³⁸ , 沖縄 ³⁸
ツキヨタケ科	<i>Lentinula edodes</i>	シイタケ		<i>L. ingenua</i>	<i>L. ingenua</i>	千葉 ¹³
ツキヨタケ科	<i>Lentinula edodes</i>	シイタケ		<i>C. takahashii</i>	<i>C. takahashii</i>	東京 ¹⁶
ハラタケ科	<i>Agaricus bisporus</i>	ツクリタケ		<i>B. paupera</i>	<i>B. paupera</i>	千葉 ^{11,13}
ハラタケ科	<i>Agaricus bisporus</i>	ツクリタケ		<i>L. ingenua</i>	<i>L. ingenua</i>	千葉 ^{11,13} , 愛媛 ¹¹
ハラタケ科	<i>Agaricus bisporus</i>	ツクリタケ		<i>L. auripila</i>	<i>L. auripila</i>	記載なし ¹¹
ヒラタケ科	<i>Pleurotus abalonus</i>	クロアワビタケ		<i>B. paupera</i>	<i>B. paupera</i>	沖縄 ¹³
モエギタケ科	<i>Pholiota microspora</i>	ナメコ		<i>B. paupera</i>	<i>B. paupera</i>	千葉 ¹³
モエギタケ科	<i>Pholiota microspora</i>	ナメコ		<i>L. ingenua</i>	<i>L. ingenua</i>	宮城 ¹¹
ウコギ科	<i>Aralia cordata</i>	ウド	地下茎・宿根	<i>B. sp.</i> (未同定)		岡山 ³
ウリ科	<i>Citrullus lanatus</i>	スイカ		<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	記載なし ⁷
ウリ科	<i>Cucumis melo</i>	メロン		<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	記載なし ⁷
ウリ科	<i>Cucumis melo</i>	メロン	種子, 根, 茎	<i>B. sp.</i> (未同定)		岡山 ³
ウリ科	<i>Cucumis sativus</i>	キュウリ	根	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	京都 ^{1,2,4} , 愛知 ^{1,2,4}
ウリ科	<i>Cucurbita</i> spp.	カボチャ	蒔種	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	愛知 ^{3,5}
クク科	<i>Petasites japonicus</i>	フキ	地下茎・宿根	<i>B. sp.</i> (未同定)		岡山 ³
サトイモ科	<i>Amorphophallus konjac</i>	コンニャクイモ		<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	記載なし ¹⁹
サトイモ科	<i>Colocasia antiquorum</i> var. <i>toonimo</i>	エビイモ	芋 (収穫後)	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	静岡 ⁵
サトイモ科	<i>Colocasia antiquorum</i> var. <i>toonimo</i>	エビイモ	芋 (収穫後)	<i>B. sp.</i> (未同定)		静岡 ³
サボテン科	<i>Hatiora gaertneri</i> or (×) <i>H. rosea</i>	イースターカクタス		<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	愛知 ^{2,3}
ショウガ科	<i>Zingiber officinale</i>	ショウガ	貯蔵地下茎	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	和歌山 ^{22,23}
ショウガ科	<i>Zingiber officinale</i>	ショウガ	貯蔵地下茎	<i>B. zingiberis</i>	<i>B. zingiberis</i>	長崎 ⁸
ショウガ科	<i>Zingiber officinale</i>	ショウガ	貯蔵地下茎	<i>B. sp.</i> (未同定)		和歌山 ²³
ショウガ科	<i>Zingiber officinale</i>	ショウガ	貯蔵地下茎	<i>L. sp.</i> (未同定)		和歌山 ²³
ショウガ科	<i>Zingiber officinale</i>	ショウガ	貯蔵地下茎	<i>P. flummulinae</i>	<i>L. ingenua</i>	長崎 ⁸
スマレ科	<i>Viola</i> × <i>wittrockiana</i>	パンジー	葉, 根	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	神奈川 ²¹
セリ科	<i>Daucus carota</i>	ニンジン	根	<i>B. sp.</i> (未同定)	<i>B. odoriphaga</i>	埼玉 ³¹
トウダイグサ科	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	ポインセチア	根	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	香川 ²⁷
ナス科	<i>Solanum melongena</i>	ナス	根際の茎	<i>B. sp.</i> (未同定)		岡山 ³
ナデシコ科	<i>Dianthus caryophyllus</i>	カーネーション		<i>B. sp.</i> ^{c)}	<i>B. impatiens</i>	静岡 ^{4,5}
ナデシコ科	<i>Dianthus caryophyllus</i>	カーネーション		<i>B. sp.</i> (未同定)		岡山 ³
ナデシコ科	<i>Gypsophila elegans</i>	カスミノウ	根	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	記載なし ¹⁹
バラ科	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>	イチゴ	根, クラウン, 花房, 新葉	<i>B. diffformis</i>	<i>B. impatiens</i>	長野 ¹⁹ , 長崎 ²⁵ , 佐賀 ²⁸ , 茨城 ²⁹ , 大分 ³⁰
バラ科	<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>	イチゴ	根, クラウン	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	三重 ¹⁴
ヒガンバナ科	<i>Allium fistulosum</i>	ネギ	茎盤, 葉鞘	<i>B. spp.</i> (未同定)	<i>B. odoriphaga</i>	埼玉 ³¹ , 群馬 ³²
ヒガンバナ科	<i>Allium fistulosum</i>	ネギ	葉鞘	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	京都 ^{33,34}
ヒガンバナ科	<i>Allium fistulosum</i>	ネギ	葉鞘, 茎盤	<i>P. scabiei</i>	<i>P. scabiei</i>	北海道 ¹⁸ , 長野 ³⁰ , 群馬 ³⁵ , 三重 ³⁷
ヒガンバナ科	<i>Narcissus pseudonarcissus</i>	ラッパスイセン		<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	静岡 ⁹
ヒユ科	<i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i>	テンサイ		<i>L. auripila</i>	<i>L. auripila</i>	北海道 ¹¹
ヒルガオ科	<i>Ipomoea batatas</i>	サツマイモ		<i>P. scabiei</i>	<i>P. scabiei</i>	千葉 ²⁴
ベゴニア科	<i>Begonia</i> sp.	ベゴニア		<i>B. spp.</i> (未同定)		岩手 ⁴
ヤマノイモ科	<i>Dioscorea japonica</i>	ヤマイモ		<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	記載なし ¹⁹
ヤマノイモ科	<i>Dioscorea japonica</i>	ヤマイモ	根	<i>P. scabiei</i>	<i>P. scabiei</i>	神奈川 ³⁶
ユリ科	<i>Lilium concolor</i>	ヒメユリ	鱗茎	<i>P. scabiei</i>	<i>P. scabiei</i>	長野 ²⁶
ユリ科	<i>Lilium longiflorum</i>	テッポウユリ	根	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	京都 ¹
ユリ科	<i>Lilium</i> sp.	ユリ	鱗茎	<i>P. scabiei</i>	<i>P. scabiei</i>	北海道 ¹⁸
リンドウ科	<i>Eustoma grandiflorum</i>	トルコギキョウ	苗葉	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	栃木 ¹⁰
リンドウ科	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	リンドウ	苗	<i>B. agrestis</i>	<i>B. impatiens</i>	栃木 ¹⁰ , 岩手 ^{15,17,20}
リンドウ科	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	リンドウ	地下茎・宿根	<i>B. sp.</i> (未同定)		岡山 ³

^{a)} 属名を頭文字で略した。B: *Bradysia*, C: *Chetosciara*, L: *Lycoriella*, P: *Phyxia*.

^{b)} 引用文献¹ 笹川・赤松, 1978; ² 中込・加藤, 1979; ³ 中込, 1980; ⁴ 谷本, 1980; ⁵ 池田ら, 1982; ⁶ SASAKAWA, 1983; ⁷ 笹川, 1985; ⁸ 小川ら, 1985; ⁹ 笹川, 1989; ¹⁰ 伊村, 1992; ¹¹ 笹川, 1993; ¹² 石谷・笹川, 1994; ¹³ 石谷, 1996; ¹⁴ 三重県, 1998; ¹⁵ 後藤ら, 2003; ¹⁶ 笹川, 2003; ¹⁷ 後藤・藤沢, 2003; ¹⁸ 北海道, 2003; ¹⁹ 長野県, 2004; ²⁰ 後藤, 2004; ²¹ 神奈川県, 2006; ²² 小山ら, 2007 b; ²³ 小山ら, 2007 a; ²⁴ 千葉県, 2009; ²⁵ 長崎県, 2010; ²⁶ 長野県, 2010; ²⁷ 井口, 2012; ²⁸ 佐賀県, 2012; ²⁹ 茨城県, 2014; ³⁰ 大分県, 2015; ³¹ 埼玉県, 2016; ³² 群馬県, 2017; ³³ 京都府, 2017; ³⁴ 笹川, 2017; ³⁵ 群馬県, 2018; ³⁶ 神奈川県, 2018; ³⁷ 三重県, 2019; ³⁸ SUEYOSHI and YOSHIMATSU, 2019.

^{c)} SUEYOSHI and YOSHIMATSU (2019) では *B. agrestis* と記載されたがこれは誤りである。

として知られる。これらが加害する農林作物は 24 科 33 品目にわたり (表-2), 特にチバは広食性の重要害虫である。

農林業害虫であるクロバネキノコバエ類の分類はこの数十年で大きく変化した。特に、現在チバと称されるクロバネキノコバエ類に適用された学名は数度の変遷を伴ったため、過去の記録で使用された学名が時代によって異なり、その変遷や被害の全容を把握するのが困難になっていた。また、国内で農林業産物を加害する種として一度記録されたのみで、国内に自然分布するのか疑わしい種も知られる。

我々はネギ・ニンジン・ニラを加害する新害虫ネギネ・クロバネキノコバエ (以下ネギネ) の防除に関する二つの委託研究事業 (2016~19 年度) において、ネギネの分類学的位置とチバに対して適用する学名を明らかにする研究を行う過程で、上記の諸問題点を把握しつつ、それらを俯瞰する機会を得た。本原稿では、国内の農林業害虫クロバネキノコバエ類の分類とそれらによる農産物被害について解説を行う。

1 国内のクロバネキノコバエ科農林業害虫種

国内で農林業害虫となるクロバネキノコバエ類 8 種のうち、ネギネは 2016 年に初めて国内で被害が報告され、当時国内で未記録であった害虫である。また、チバ、シイタケクロバネキノコバエとツクリタケクロバネキノコバエはそれぞれの近縁種との間で分類がこの 20 年間で大きく変遷した。他の 4 種は 1980 年代以降の既知の害虫であるが、現在に至るまで学名が安定している。本稿では、ネギネとチバの分類について詳述し、その他の 6 種および未同定種について文献に基づく被害の知見の整理

を行った。また、ネギネとチバ、シイタケクロバネキノコバエを除き、同定された各種の国内外の地理的分布は現時点で笹川 (2014) にまとめられているものと相違ない。そのため、これら各種の地理的分布に関する記述を割愛するが、今後の課題となる問題点を絡めて議論した。

1 Bradysia impatiens (Johannsen, 1912) チバクロバネキノコバエ

本種は当初、テッポウユリとキュウリを加害する Bradysia agrestis Sasakawa, 1978 として記載された (笹川・赤松, 1978)。また、笹川 (1993) は Bradysia paupera Tuomikowski, 1960 をシイタケの害虫として国内で初めて記録した。しかし、Bradysia paupera と B. agrestis は後年の分類学的研究により B. difformis Frey, 1948 と同種として扱われ (MENZEL and MOHRIG, 1999 ; MENZEL et al., 2003), さらに B. difformis もともに B. impatiens と同種とされた (MOHRIG et al., 2013)。笹川 (2017) は B. agrestis は B. difformis と B. impatiens と異なる独立種であるとした。しかし、笹川 (2017) が挙げた B. agrestis と B. difformis の形態的特徴の差異は、前翅長、触角第 4 鞭節の長さとの比率、生殖端節先端の強剛毛の数等、量的な違いであった (表-3)。MENZEL et al. (2003) は、B. difformis に形態変異を認めており、笹川 (2017) が挙げた B. agrestis の特徴は、前翅長を除き、それと重複する (表-3)。また、笹川 (2017) は B. impatiens と B. difformis の間の関係について言及しておらず、MOHRIG et al. (2013) をどのように評価しているか不明である。笹川 (2017) と異なり、MENZEL and MOHRIG (1999) と MOHRIG et al. (2013) の種分類は模式標本の実見に基づいている。MENZEL and MOHRIG (1999) は 10 年以上の時間をかけた調査に基づく大作であるが、B. impatiens, B. difformis,

表-3 チバクロバネキノコバエ Bradysia impatiens とその新参同物異名 B. difformis, B. agrestis の模式標本 (♂) の形態および MENZEL and MOHRIG (1999) と笹川 (2017) で示された変異幅の比較

	前翅長 (mm)	触角第 4 鞭節の長さ/幅	R-M 横脈上の剛毛数	第 5 径室先端の前縁脈の長さ/第 5 径室先端部の幅	中脈基部の長さ/R-M 横脈の長さ	中脈幹部の長さ/中室の長さ	生殖端節先端の強剛毛数	基節の色彩
<i>B. impatiens</i>	1.6	1.4	1	0.8	1	1.3	5	黄色
<i>B. difformis</i> ^{a)}	1.8 (1.8~2.1)	1.7 (1.2~1.7)	1 (1, 2)	0.7 (>0.5)	1 (0.7~1.0)	1.1 (>1.0)	7, 8 (5~7)	基部は暗褐色 (黄白色~明褐色)
<i>B. agrestis</i> ^{b)}	1.1 (1.2~1.8) ^{c)}	1.1 (1.1~1.8)	0, 1 (-)	0.7 (0.5~0.7)	1 (-)	1.1 (1.1~1.5)	6 (6~8)	黄色 (黄色)

注) 各部形態の詳細は図-1~4 を参照。

a) 括弧内は MENZEL and MOHRIG (1999) で示された変異幅。

b) 括弧内は笹川 (2017) で示された変異幅。 - : 該当するデータを欠く。

c) この数値は♀の計測値も含む。

B. agrestis の模式標本を同時に比較していないため、種間の形態差の捉え方が途中で変わっている可能性があった。上述した経緯は、国内の農産物生産の現場で本種の被害に直面し、本種と近縁種の分類やそれらの同定に通じていない、あるいはこれらの情報を容易に入手し得ない都道府県の研究担当者に極めてわかりにくい状況を生み出していた。このことは2000年以降筆者らが本種やその近縁種の同定の相談などを度々受けていたことから想定しうる。農林産物生産の現場で発生するクロバネキノコバエ類にどの学名を適用することが適切であるか、また、*B. impatiens*, *B. difformis*, *B. paupera*, *B. agrestis* それぞれはどのように異なるのか、改めてその分類を整理する必要があった。

我々は上記の問題を解決するため、*B. impatiens*, *B. difformis*, *B. paupera*, *B. agrestis* の模式標本が収蔵されている、コーネル大学（米国ニューヨーク州）、フィンランド自然史博物館（フィンランド・ヘルシンキ）、大阪市立自然史博物館（大阪市）を2017年8月から18年11月までの間に歴訪し、これらの模式標本を検討した。フィンランド自然史博物館への訪問は下記ネギネの同定のための *B. cellarum* Frey, 1948 の模式標本の検討と同時であった。

我々は SUEYOSHI and YOSHIMATSU (2019) で *B. impatiens* と上記関連種の分類を以下のように取りまとめた。*Bradysia impatiens* と *B. difformis*, *B. agrestis* の間に明確な形態差異はなく、これらは同種である。これら3種の模式標本の間には、前翅長、触角第4鞭節（図-2）の長さとの比率、R-M横脈上の刺毛数、第5径室先端部の幅と第5径室内の前縁脈の長さの比、中脈基部と第1+2径脈の比、中脈幹部と中室の長さの比、生殖端節先端の強剛毛数等、これまでの分類で用いられてきた形質の状態に若干の差はあるが、その差はいずれも量的な

違いであった（表-3、図-2~4）。*Bradysia agrestis* の前翅長を除き、これらの違いは MENZEL et al. (2003) と 笹川 (2017) で示された変異幅の中に収まる。*Bradysia paupera* はこれらと異なる別種である（下記参照）。したがって、学名 *B. difformis* と *B. agrestis* は *B. impatiens* の新参同物異名であり、無効名である。国内で従来チバあるいはチビとされてきたクロバネキノコバエ類の学名として、有効名である *B. impatiens* を用いることが適切である。

和名チバクロバネキノコバエはかつて *B. paupera* に対して石谷・笹川 (1994) で新称として提唱された。また、和名チビクロバネキノコバエは *B. agrestis* に対して 笹川・赤松 (1978) で原記載時に提唱された。*Bradysia*

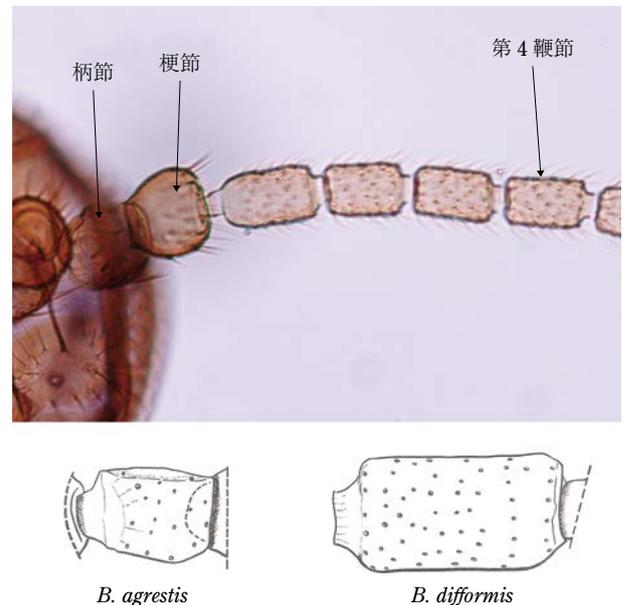


図-2 チバクロバネキノコバエ *Bradysia impatiens* ♀成虫の触角の基部（上）とその新参同物異名 *B. agrestis*（左下）、*B. difformis*（右下）の模式標本（♂）の触角第4鞭節

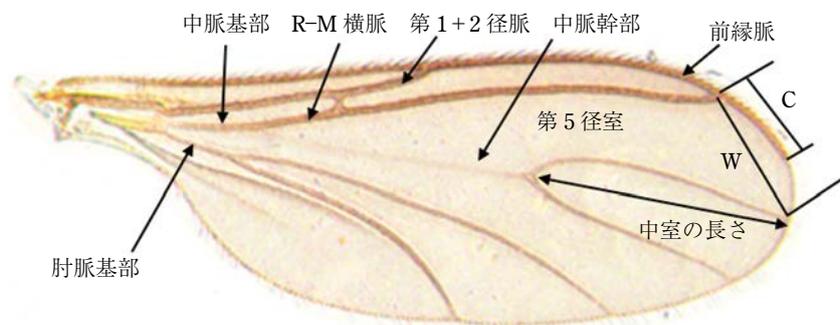


図-3 チバクロバネキノコバエの右前翅背面 *Bradysia tilicola* 種群の分類で用いる各部とその形態学用語を示す。C：第5径室前縁上の前縁脈の長さ；W：第5径室先端部の幅。

difformis の和名としてチバが使われた経緯がある（日本応用動物昆虫学会，2006；笹川，2014）。*Bradysia difformis* は *B. agrestis* よりも原記載年が古い。学名と異なり，和名に規約における先取権のような決まり事はないが，整理のため *B. difformis* の和名として提唱されたチバを *B. impatiens* の和名として用いることを我々は新たに提唱した（SUEYOSHI and YOSHIMATSU, 2019）。

チバの分類が整理されたことで，本種が本州から沖縄まで広く分布することが明らかになった（表-2）。本種は北海道からいまだ報告がないが，実際に野外あるいは農産物の生産施設内に分布しているならば被害への警戒が必要になる。

2 *Bradysia odoriphaga* Yang & Zhang, 1985 ネギネ クロバネキノコバエ

本種は 2014 年に埼玉県北部でネギ・ニンジンを食べる害虫として発見され，2016 年に国内で既に知られていたチバなどとは異なることが確認された（埼玉県，2016）。本種による被害はその後，利根川の対岸に位置する群馬県東部・中部に拡大した（群馬県，2017；2019）。加害作物はネギ，ニンジン，ニラであり，タンポポ類，オニノゲシ，オオアワダチソウ，ノボロギクといった野生草本類にも及ぶ（SUEYOSHI and YOSHIMATSU, 2019）。本種の和名は小俣（2017）で提唱された。

本種は，発見当時に東京大学の須島充昭氏によって，上述の通り，チバと異なる，*Bradysia* の 1 種であると同定された。しかし，海外に産する既知種であるのか，あるいは新種であるのかの判断は持ち越されていた。その後，DNA 分析の結果，本種が中国でネギ・ニラの害虫として知られる *B. odoriphaga* と DNA 塩基配列が酷似していることが明らかにされた（ARIMOTO et al., 2018）。ネギネが *B. odoriphaga* と同種であると判断しうる結果が得られたが，ではネギネが中国産種と同種であり，学名として *B. odoriphaga* を使用できるかという点，それが一筋縄ではいかない経緯があった。

Bradysia は世界各地から 200 種以上が知られる，クロバネキノコバエ科の中でも最も多くの種を擁する属の一つである。これらの種は 16 の種群に分類され，その一つに 90 種余りから成る *B. tilicola* 種群がある（MENZEL and MOHRIG, 1999）。この種群の種の外部形態は互いに酷似しており，各種は♂交尾器の生殖端節の形状やその先端部に位置する嘴状突起の位置，強剛毛数など，微小・微細かつわずかな違いによって分類されている。そのため，文献上に見られる記録にも誤同定が散見されたり，種分類が二転三転したりするなど，極めて同定が困難な種群である。*Bradysia tilicola*（Loew, 1850）はこの種群

の中で最も古くから知られ，欧州に広く分布するとされる。しかし，学名 *B. tilicola* には既に 20 の新参同物異名が報告されている（MENZEL and HELLER, 2007）。過去の文献でこの種として同定された標本の中にも多数の種が混じっている可能性があると考えられる。MENZEL and HELLER（2007）は，フィンランド産の標本に基づいて記載された種 *B. cellarum* を *B. tilicola* と同種であるとし，学名 *B. cellarum* を無効名にした。しかし，HEIDARI-LATIBARI et al.（2016）はイラン産の標本が *B. tilicola* と異なるとしてこれを *B. cellarum* と同定し，学名 *B. cellarum* を再度有効名として復活させた。さらに，YE et al.（2017）は従来中国で *B. odoriphaga* と同定されたネギなどの害虫の DNA 塩基配列が HEIDARI-LATIBARI et al.（2016）による *B. cellarum* の配列とほぼ同じであることから，学名 *B. odoriphaga* を学名 *B. cellarum* の新参同物異名であるとした。そのため，2017 年時点で学名 *B. odoriphaga* は無効名であり，学名 *B. cellarum* を有効名として使う必要があった。

MENZEL and HELLER（2007），HEIDARI-LATIBARI et al.（2016），YE et al.（2017）による一連の分類には次のような問題がある。*B. cellarum* はフィンランドの地下にあるタマネギ貯蔵室で得られた 1 ♂ 2 ♀ 標本に基づいて新種記載された。♂ の標本は Frank MENZEL と Werner MOHRIG 両氏によって 1993 年に後模式標本に指定され，それは MENZEL and MOHRIG（1999）ではじめて文献上で示された。HEIDARI-LATIBARI et al.（2016）によれば，この後模式標本の♂交尾器は彼らが調査した当時すでに失われていた。したがって，*B. cellarum* と *B. tilicola* の♂交尾器は直接比較されておらず，これら二つが別種であるとする根拠が薄弱である。YE et al.（2017）は *B. odoriphaga* とイラン産の *B. cellarum* の間に若干の形態的差異があるとしたが，その詳細は不明である。また，HEIDARI-LATIBARI et al.（2016）が同定したイラン産の標本はマツ属の 1 種の枝が収められたビニール袋内から得られているため，その生態が *B. cellarum* と同じであると言い難い（表-4）。したがって，もし，HEIDARI-LATIBARI et al.（2016）の主張が誤謬であるならば，学名 *B. odoriphaga* は有効名であり得る。また，*B. odoriphaga* と *B. tilicola* が含まれ，分類が混沌とする同種群内の各種とネギネの間の関係を明確にする必要もあった。

我々は上記の問題を解決するため，*B. tilicola*，*B. cellarum*，*B. odoriphaga* の模式標本が収蔵される，ベルリン自然史博物館（ドイツ・ベルリン），フィンランド自然史博物館（フィンランド・ヘルシンキ），浙江農林大学（中国浙江省臨安）を 2017 年 8 月に歴訪し，各種の

表-4 ネギネクロバネキノコバエ *Bradysia odoriphaga* と近似種の形態と生態の比較

学名 (産地)	R-M 横脈上の剛毛数	中脈基部の長さ/第1+2 径脈の長さ	腿節の色彩	幼虫の生息場所
<i>B. odoriphaga</i> (日本産)	0~4	1	黄褐色	ネギ, ニンジン, ニラ
<i>B. odoriphaga</i> (中国産)	0~4	1	黄褐色	ネギ
<i>B. sp.</i> (イラン産)	0~4	0.5	黒褐色	マツ属の1種の小枝
<i>B. cellarum</i> (フィンランド産)	6~7	0.7~1.0	黄褐色	タマネギ貯蔵庫

模式標本を検討した。また、同時期に世界各地のクロバネキノコバエ科の標本が収蔵されているドイツ昆虫学研究所（ドイツ・ミュンヘベルク）を訪れ、*B. tilicola* 種群の各種標本とネギネの間の異同を検討した。

我々は SUEYOSHI and YOSHIMATSU (2019) において、上記関連の種の模式標本の外部形態の特徴と ARIMOTO et al. (2018) による DNA 塩基配列の結果から、ネギネは *B. odoriphaga* と同種であると判断した。まず、ネギネは小顎鬚 (palpus) 上に感覚毛を備えた窪みを持つことで *B. tilicola* 種群に属することを確かめた。さらに、ネギネは *B. cellarum* やイラン産標本と次の諸点で異なっていた：R-M 横脈上の剛毛数が 0~4 本（イラン産は 0~4 本だが、*B. cellarum* は 6~7 本）；肘脈基部と第 1+2 径脈の比が 1（*B. cellarum* で 0.7~1.0、イラン産標本で 0.5）；腿節が黄色（イラン産標本で暗褐色）（表-4）（SUEYOSHI and YOSHIMATSU, 2019）。*Bradysia odoriphaga* は *B. cellarum* やイラン産標本と明確に区別されるため、*B. odoriphaga* は独立種であり、その学名を有効名として使用できる。

ネギネは埼玉と群馬で発生した後、現在までにさらなる分布の拡大は知られていない。しかし、京都のネギ圃場でチバがネギネとよく似た症状の被害を起こしたとされる（京都府, 2017）。チバとネギネは混生することから（小俣ら, 2019）、今後の被害動向を注視する必要がある。

3 *Bradysia paupera* Tuomikowski 1960 シイタケクロバネキノコバエ

本種はフィンランド産の標本に基づいて 1960 年に新種として記載された（TUOMIKOWSKI, 1960）。本種はこの 20 年間 *B. impatiens*, *B. difformis*, *B. agrestis* と混同さ

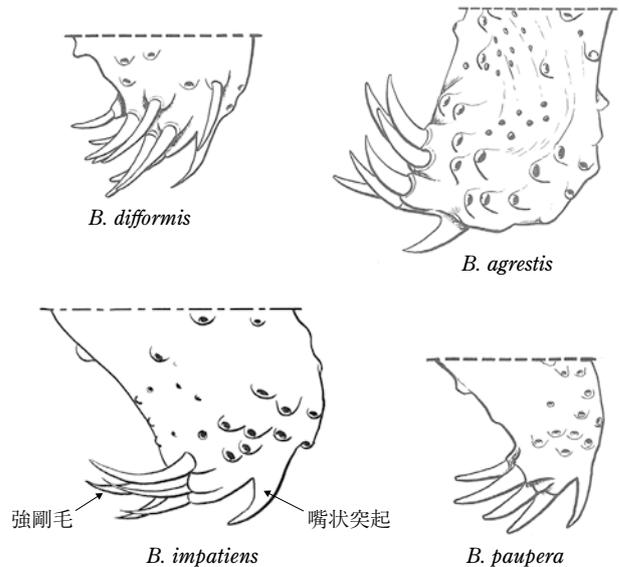


図-4 チバクロバネキノコバエ *Bradysia impatiens* とその新参同物異名 *B. difformis*, *B. agrestis* およびシイタケクロバネキノコバエ *B. paupera* の模式標本の生殖端節先端部それぞれはスライドグラスに封入・固定されており、透過型生物顕微鏡で観察可能な角度は微妙に異なる。

れてきた。しかし、本種は外部形態が酷似した上記 3 種やネギネと次の諸点で異なる、別種である：生殖端節の先端が細く、強剛毛が 4 本である（*B. impatiens* と *B. difformis*, *B. agrestis* は 5~8 本である）（図-4）（SUEYOSHI and YOSHIMATSU, 2019）。

本種は国内から笹川（1993）と石谷・笹川（1994）で学名 *B. paupera* を用いて記録された。その後、*B. paupera* が *B. difformis* の新参同物異名とされた経緯から（MENZEL and MOHRIG, 1999）、国内ではこの学名を使用した記録がない。岡部（2006）は石谷・笹川（1994）に倣い、シイタケ害虫として和名チバクロバネキノコバエを用いて *B. paupera* を挙げたが、上述のようにこの和名は *B. impatiens* に用いられることが適切である。国内で当初シイタケの害虫として記録されたことから（笹川, 1993）、和名としてシイタケクロバネキノコバエ（以下単にシイタケクロバネ）を提唱した（SUEYOSHI and YOSHIMATSU, 2019）。シイタケ栽培の現場ではチバと混同されている可能性がある。国内で本種がどのように分布しているか、今後の調査が必要である。

4 *Bradysia zingiberis* (Sasakawa, 1985) ショウガクロバネキノコバエ

本種は 1980 年代に長崎県の貯蔵ショウガを加害する害虫 *Phytosciara zingiberis* として和名ショウガクロバネキノコバエ（以下単にショウガクロバネ）の提唱とともに新種記載された（小川ら, 1985）。その後、MOHRIG

and MENZEL (1994) によって本種の種小名は *Bradysia* と結合され、現在は *Bradysia* の一種として扱われている。本種は 2007 年に和歌山県紀の川市の貯蔵シヨウガを加害していることが報告された (小山, 2009; 2010)。なお、同じ 2007 年に和歌山県和歌山市の貯蔵シヨウガを加害するチバ (学名として *B. agrestis* が用いられた) が記録されている (小山ら, 2007 a; 2007 b; 笹川, 2017)。このチバとシヨウガクロバネの間の関係について再検討が必要である。湯川ら (2000) は本種 (Werner MOHRIG と Frank MENZEL 両氏の同定による) を皇居から記録した。

5 *Chetosciara takahashii* Sasakawa, 1992

ハチジョウクロバネキノコバエ

本種は八丈島のシイタケほだ場で採集された標本に基づいて新種記載された (SASAKAWA, 1992)。原記載時にはシイタケが寄主キノコであると明記されていなかったが、シイタケに寄生する (笹川, 2003) あるいはその加害虫とされる (日本応用動物昆虫学会, 2006; 須島, 2009)。その後、本種は宮城県と岩手県で記録された (須島, 2009) のみである。本種が実際にシイタケを加害するかどうか不明である。和名は須島 (2009) で提唱された。

6 *Lycoriella auripila* (Winnertz, 1867)

本種は笹川 (1993) でマッシュルーム (ツクリタケ) および北海道のテンサイの害虫として初めて国内で報告された。後藤・伊藤 (1995) はヨーロッパでマッシュルームの害虫として知られるとし、国内の分布を北海道と本州とした。しかし、笹川 (2003) は本種がきのこ栽培舎とテンサイ圃場で発生したとのみ記した。岡部 (2006) は後藤・伊藤 (1995) に倣い、本種をマッシュルームの害虫として挙げたが、本種による、国内での具体的な寄主きのこの種類や被害の有無、被害が出た地域は不明である。その後、本種は国内で追加記録がなく、本種の国内での地理的分布や被害の軽重は不明である。

7 *Lycoriella ingenua* (Dufour, 1839) ツクリタケクロバネキノコバエ

本種の国内最初の記録は *Psilosciara flammulinae* Sasakawa, 1983 として記載されたときに遡る (SASAKAWA, 1983)。学名 *P. flammulinae* は後に *L. mali* Fitch, 1856 の新参同物異名として扱われた (笹川, 1993)。その後 *L. mali* は *L. ingenua* の新参同物異名として扱われた (MENZEL and MOHRIG, 1999)。したがって、現在、本種の有効な学名は *L. ingenua* である。

笹川 (1985) は *Psilosciara flammulinae* の和名としてヒトゲククロバネキノコバエを提唱し、岡部 (2006) はそれに倣った。和名としてのヒトゲククロバネキノコバエの提唱はツクリタケクロバネキノコバエ (以下単にツ

クリタケクロバネ) (石谷・笹川, 1994) の提唱に先立つが、ツクリタケクロバネが *L. ingenua* の和名として利用されている (日本応用動物昆虫学会, 2006; 笹川, 2014)。

本種は食用栽培きのこおよび貯蔵シヨウガに被害を及ぼす害虫として知られる (表-2)。栽培キノコの発生舎ではチバと並び多く発生する害虫である (末吉, 未発表)。シヨウガへの加害は小川ら (1985) で報告されたのみである。

ツクリタケクロバネはこれまでに本州から九州まで間の 5 県からのみ記録されている (表-2)。しかし、寄主であるエノキタケやシイタケ等の生産施設が実際には全国に分布することから (林野庁, 2019) どこにでもいる可能性が高い。

8 *Pnyxia scabiei* (Hopkins, 1895) ジャガイモクロバネキノコバエ

本種は国内では当初屋内害虫として記録され (TANAKA, 1984)、北海道でテンサイ苗立枯病の病原菌菌核を摂食する昆虫として研究が行われた (内藤, 1988; 内藤・杉本, 1988; 内藤ら, 1988; NARRO and MAKINO, 1995)。海外ではジャガイモの害虫であると考えられていたが、実際には根茎を食害することはないとされる (内藤ら, 1988)。近年北海道と本州各地でネギやユリ、ヤマイモ、サツマイモ等の根を食害することが報告された (表-2)。笹川 (2003) は福島県内の圃場で本種を見いだしたが、その圃場内で発生したブロッコリーの根こぶとの関係、ブロッコリーへの実際の被害の有無について言及していない。和名は本種が海外でジャガイモの害虫とされていたことに因み TANAKA (1984) で提唱された。

9 その他クロバネキノコバエ科の未同定種

これまでに国内の 38 の報告で農産物からクロバネキノコバエ類が加害虫として知られているが、そのうち 8 件の報告で種まで同定されていない記録が含まれる (表-2)。また、マッシュルームや菌床シイタケの害虫として報告されたクロバネキノコバエ類において属・種まで同定されていない事例が複数ある (岩澤, 1996; 1997; 井戸・大橋, 2005; 矢野, 2006; 2009; 中川・石谷, 2007 a; 2007 b 等)。寄主が野菜・花きの場合、これらの害虫の多くはチバであろうし、寄主が栽培きのこの場合ツクリタケクロバネあるいはチバ、シイタケクロバネ等であると考えられる。しかし、その検証には適切に処理・保存された標本が必要である。ネギ・ニンジンを加害するネギネは当初未同定であったが、現地から採集された標本に基づいて SUEYOSHI and YOSHIMATSU (2019) で種同定を行うことができた。谷本 (1980) と池田ら

(1982) は静岡産カーネーションを加害するクロバネキノコバエ類について言及したが、それらの種について明確な同定結果を示していなかった。SUEYOSHI and YOSHIMATSU (2019) はこれらの加害虫と思しき標本を農業環境変動研究センターの所蔵標本から見だし、チバと同定した(表-2)。中込(1980)はクロバネキノコバエ類が加害する作物としてカボチャ、メロン、ウド、フキ、ナス、カーネーション、リンドウ、エビイモを記録した。しかし、これらの加害虫の標本の有無や所在は不明である。そのため、これらの加害虫が上記と同じ作物への被害を記録した報告(谷本, 1980; 池田ら, 1982; 笹川, 1985; 伊村, 1992; 後藤ら, 2003; 後藤・藤沢, 2003; 後藤, 2004)で同定されたチバと同種であるかどうかの検証はできていない(表-2)。これらの事例から、被害現場から採集された標本が種の同定に耐えうる状態で保存・保管されていれば、後世の研究でそれらを利用し、他の被害事例と寄主などの情報を比較し議論することが可能になることがわかる。

II 残された課題と展望

農業害虫クロバネキノコバエ類のうち、ネギネとチバおよびそれらの近縁種の分類と学名はSUEYOSHI and YOSHIMATSU (2019)で整理が行われた。これら以外の害虫の分類とそれらの学名はこの20年余安定している。したがって、今後はこれらを幼生期も含めて被害の現場で正確に同定する技術が必要になる。すでに、小俣ら(2019)はネギ・ニンジン圃場で見つかる害虫クロバネキノコバエ類としてネギネ、チバ、ジャガイモクロバネキノコバエを挙げ、これらの成虫、幼虫、蛹の検索表を作成した。また、笹川(1985)はショウガクロバネ、チバ、ツクリタケクロバネの検索表を、後藤・伊藤(1995)はツクリタケクロバネ、*L. auripila*、チバの検索表をそれぞれ作成しているが、これらで用いられた分類と学名は現在のそれらと異なっているため、その扱いに注意が必要である。後藤・伊藤(1995)は文献としての入手がやや困難である。害虫種すべての現在の学名と和名を用いた包括的な、かつ入手の容易な同定資料が必要となる。

チバ以外の7種はそれぞれごくわずかな分布記録や被害記録があるのみであった。ここで挙げた農林業害虫種のみならず、クロバネキノコバエ類の国内野外での分布記録はほとんどない。これらは実際にはどこにでもいると推察されるが、その立証には自然史研究などの野外調査で得られた標本の同定とそれに基づいた記録の蓄積が必要になる。

おわりに

ネギネによるネギへの被害は新たな害虫による被害が顕在化した事例であった。ネギはネギネの発生地域の主要農産物であることから農水省による委託事業が地方自治体と国の研究機関の共同により急遽進められ、被害が広く拡散する前に防除方法の開発が行われた。それと同時に、加害虫の分類の研究が同じ研究プロジェクトで進められたため、我々の研究結果がすぐに各種の研究成果に反映されるように情報の円滑かつ安定な共有と発信を行った(例えば、石原・田上, 2019; 小俣ら, 2019; ARIMOTO et al., 2020; 末吉, 2019)。害虫種を含めたクロバネキノコバエ類の分類を整理し、安定的な分類体系を構築することは、本科の昆虫による、今後の未知および既知の農産物被害の防除研究とその情報共有において不可欠である。

謝辞 太田泉氏(農研機構野菜花き研究部門)に本稿へ有益なコメントをいただいた。大内昭彦氏(千葉県農林総合研究センター)には文献でお世話になった。本研究は農林水産省2016年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(緊急対応研究課題)「クロバネキノコバエ科の一種の生態の解明及び防除手法の開発」および農林水産省2017~19年度安全な農林水産物安定供給のためのレギュラトリーサイエンス研究委託事業「クロバネキノコバエ科の一種の総合的防除体系の確立と実証」の支援を受けた。

引用文献

- 1) ARIMOTO, M. et al. (2018): Appl. Entomol. Zool. **53**: 419~424.
- 2) ————— et al. (2020): *ibid.* **55**: 181~185.
- 3) 千葉県 (2009): 平成21年病害虫発生予察特殊報 **4**: 1~2.
- 4) 後藤純子 (2004): 今月の農業 **2004**: 72~75.
- 5) —————・藤沢 巧 (2003): 北日本病虫害研究会会報 **54**: 189~192.
- 6) —————ら (2003): 平成14年度東北農業研究成果情報, <https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H14/to180.html>
- 7) 後藤忠男・伊藤雅道 (1995): きのご菌床栽培の病害菌と害虫, 農林水産省農林水産技術会議事務局・林野庁森林総合研究所編, 東京, p.41~54.
- 8) 群馬県 (2017): 平成28年度病害虫発生予察情報 **1**: 1~2.
- 9) ————— (2018): 平成29年度病害虫発生予察情報 **2**: 1~2.
- 10) ————— (2019): 平成30年度病害虫発生予察情報 **3**: 1~2.
- 11) HEIDARI-LATIBARI, M. et al. (2016): Stud. dipterol. **22**: 39~45.
- 12) 北海道 (2003): 平成15年度新発生病害虫, <http://www.agri-hro.or.jp/boujoshou/sinhassei/html/H15/1506.htm>
- 13) 茨城県 (2014): 平成26年度病害虫発生予察特殊報 **2**: 1~2.
- 14) 井戸好美・大橋章博 (2005): 岐阜森研所研報 **34**: 7~10.
- 15) 井口里香 (2012): 香川県農業普及情報提供システムかがわアグリネット平成23年度普及活動の主要成果(事例): 29~30. <https://www.pref.kagawa.lg.jp/agrinet/dougubako/cen-ter/katudou/23/pdf/15.pdf>
- 16) 池田二三高ら (1982): 静岡農試研報 **27**: 49~54.
- 17) 伊村 務 (1992): 関東東山病虫害研究会報 **39**: 257~258.

- 18) 石原由紀・田上陽介 (2019): 応動昆 **63**: 57~67.
- 19) 石谷栄次 (1996): 房総の昆虫 **16**: 3~4.
- 20) ————・笹川満廣 (1994): 日林論 **105**: 71~72.
- 21) 岩澤勝巳 (1996): 千葉森研七業務報告 **31**: 40.
- 22) ———— (1997): 同上 **32**: 43.
- 23) 神奈川県 (2006): 平成17年度病害虫発生予察特殊報 **7**: 1~2.
- 24) ———— (2018): 平成29年度病害虫発生予察特殊報 **3**: 1~2.
- 25) 小山昌志 (2009): 関西病虫害研究会報告 **51**: 79~80.
- 26) ———— (2010): 同上 **52**: 149~151.
- 27) ————ら (2007 a): 同上 **49**: 69~71.
- 28) ————ら (2007 b): 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨: A201.
- 29) 京都府 (2017): 病害虫発生予察特殊報 **2**: 1~5.
- 30) MENZEL, F. and K. HELLER (2007): Stud. dipterol. **13**: 209~229.
- 31) ———— and W. MOHRIG (1997): Contribution to a Manual of Palaearctic Diptera **1**: 51~69.
- 32) ———— (1999): Stud. dipterol., Supplment **6**: 1~761.
- 33) ———— et al. (2003): Ann. Entomol. Soc. Am. **96**: 448~457.
- 34) 三重県 (1998): 平成10年度病害虫発生予察特殊報 **1**: 1.
- 35) ———— (2019): 平成31年度病害虫発生予察特殊報 **1**: 1~2.
- 36) MOHRIG, W. and F. MENZEL (1994): Beitr. Entomol. **44**: 167~210.
- 37) ———— et al. (2013): Stud. dipterol. **19**: 141~286.
- 38) 長野県 (2004): 平成16年病害虫発生予察特殊報 **1**: 1.
- 39) ———— (2010): 平成22年病害虫発生予察特殊報 **1**: 1~2.
- 40) 長崎県 (2010): 平成22年度病害虫発生予察特殊報 **3**: 1~2.
- 41) 内藤繁男 (1988): 植物防疫 **42**: 255~258.
- 42) NAITO, S. and S. MAKINO (1995): JARQ **29**: 31~37.
- 43) 内藤繁男ら (1988): 日植病報 **54**: 52~59.
- 44) ————・杉本利哉 (1988): 同上 **54**: 317~318.
- 45) 中川茂子・石谷栄次 (2007 a): 千葉森研七業務報告 **41**: 53.
- 46) ————・——— (2007 b): 同上 **41**: 54.
- 47) 中込暉雄 (1980): 植物防疫 **34**: 155~159.
- 48) ————・加藤喜重郎 (1979): 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨: 185.
- 49) 中村剛之 (2016): 昆虫. ニューシリーズ **19**: 22~30.
- 50) 日本応用動物昆虫学会 (2006): 農林有害動物・昆虫名鑑増補改訂版, 日本応用動物昆虫学会, 東京, 387 pp.
- 51) 小川義雄ら (1985): 応動昆 **29**: 193~197.
- 52) 岡部貴美子 (2006): 森林総研研報 **5**: 119~133.
- 53) 小俣亮介 (2017): 植物防疫 **71**: 260~263.
- 54) ————ら (2019): 同上 **73**: 576~580.
- 55) 大分県 (2015): 農林水産研究指導センター 研究 Now **41**: 1.
- 56) 林野庁 (2019): H30年特用林産基礎資料, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00501004&tstat=000001021191&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=000001021192&tclass2=000001132663>
- 57) 佐賀県 (2012): 病害虫発生予察特殊報 **4**: 1~2.
- 58) 埼玉県 (2016): 平成28年度発生予察情報特殊報 **1**: 1~2.
- 59) SASAKAWA, M. (1983): Kontyu **51**: 319~321.
- 60) 笹川満廣 (1985): 今月の農業 **29**: 56~60.
- 61) ———— (1989): 第33回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨: 37.
- 62) SASAKAWA, M. (1992): Appl. Entomol. Zool. **27**: 571~574.
- 63) 笹川満廣 (1993): 環動昆 **5**: 1~5.
- 64) ———— (2003): 昆虫. ニューシリーズ **6**: 119~133.
- 65) ———— (2014): 日本昆虫目録第8巻(双翅目), 日本昆虫学会, 福岡, p.114~126.
- 66) ———— (2017): 京都府立大学学術報告生命環境学 **69**: 15~17.
- 67) ————・赤松 学 (1978): 京都府立大学学術報告(農学) **30**: 26~30.
- 68) 末吉昌宏 (2019): 研究成果 2019年紹介分, <https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2019/20190805-03.html>
- 69) SUEYOSHI, M. and S. YOSHIMATSU (2019): Entomol. Sci. **22**: 317~333.
- 70) 須鳥充昭 (2009): 応動昆 **53**: 29~30.
- 71) TANAKA, K. (1984): Makunagi **12**: 1~10.
- 72) 谷本温暉 (1980): 徳島農試研報 **18**: 24~29.
- 73) TUOMIKOWSKI, R. (1960): Annales Zoologici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae 'Vanamo' **21**: 1~164.
- 74) 矢野幸一 (2006): 栃木林七年報 **38**: 9.
- 75) ———— (2009): 関東森林研究 **60**: 269~272.
- 76) YE, L. et al. (2017): J. Asia-Pacific Entomol. **20**: 179~184.
- 77) 湯川淳一ら (2000): 国立科学博物館専報 **36**: 373~379.



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

沖縄県農業研究センター おお大 しろ城 あつし篤*
 沖縄県農業研究センター石垣支所 あ安 じ次 とみ富 あつし厚
 法政大学生命科学部 ひろ廣 おか岡 ゆう裕 り吏

はじめに

沖縄県のオクラ (*Abelmoschus esculentus*: アオイ科トロアオイ属) 生産は全国で3位の出荷量があり、生産量は2008年以降、約1,200~1,700トンで推移していることから(沖縄県農林水産部, 2018)、本県の戦略品目として重要な位置づけにある(図-1)。本県のオクラの作型は、春植露地栽培と、これを切戻して年内まで収穫する切戻し栽培が主流であるが、ビニール栽培やトンネルを利用してさらなる早出しを行う早熟栽培や、遅出しを目的とした秋植栽培(主に八重山地域)も行われている(図-2)(沖縄県農林水産部, 2014)。本県のオクラの出荷は4~12月までの期間が中心であり、高温期の7~9月、特に8月は出荷量が多く、低価格で推移することが多い。他県での生産量が少なくなる4~6月と10~12月にいかに多く出荷できるかが所得増大のポイントとなる。近年、本県の主力の作型である春植露地栽培と早熟栽培において、オクラの立枯性病害の発生が多く、問題

となっており、その要因解明が求められた。本県のオクラの立枯性病害の要因解明については、外間(1983)により幼苗期に発生する立枯性病害の病原として *Pythium* sp. と *Rhizoctonia* sp. が関与し、さらに切戻し後の立枯性病害の病原として *Phytophthora* sp. が関与することが明らかにされた(外間, 1990)が、それ以降、本県のオクラの立枯性病害の詳細な調査はなされていない。そこで、本報では、近年の本県におけるオクラ立枯性病害の病原菌の特定ならびに県内での発生状況について調査したので、その結果を報告する。

被害および特徴

2015~16年にかけて、沖縄県のオクラの主要産地における立枯性病害の発生実態調査を実施した。調査の結果、立枯性病害の病徴のタイプは4種類(病徴A, B, C, D)に分類され、病原として5種の病原菌の関与が明らかとなった(図-3)。

病徴Aは苗の根から上位へ黒色もしくは褐色に腐敗

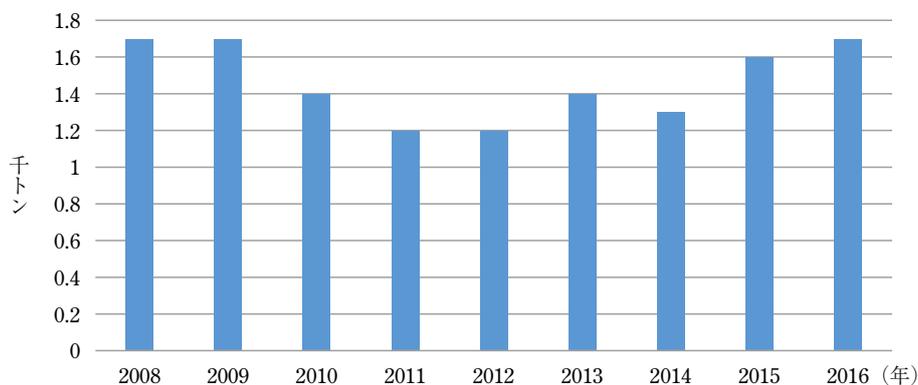


図-1 沖縄県のオクラの生産量の推移

The Pathogens of Wilt Diseases of Okra and It's Occurrence in Okinawa Prefecture. By Atsushi OOSHIRO, Atsushi AJITOMI and Yuuri HIROOKA

(キーワード: オクラ, 立枯性病害, 発生実態)

*現所属: 沖縄県八重山農林水産振興センター

作型 月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
早熟 (トンネル)	○											
春植		○										
早熟 (トンネル) および春植 切戻し	○											
秋植									○			

○ 播種 □ 収穫

図-2 沖縄県におけるオクラの作型

オクラの立枯性病害の見分け方

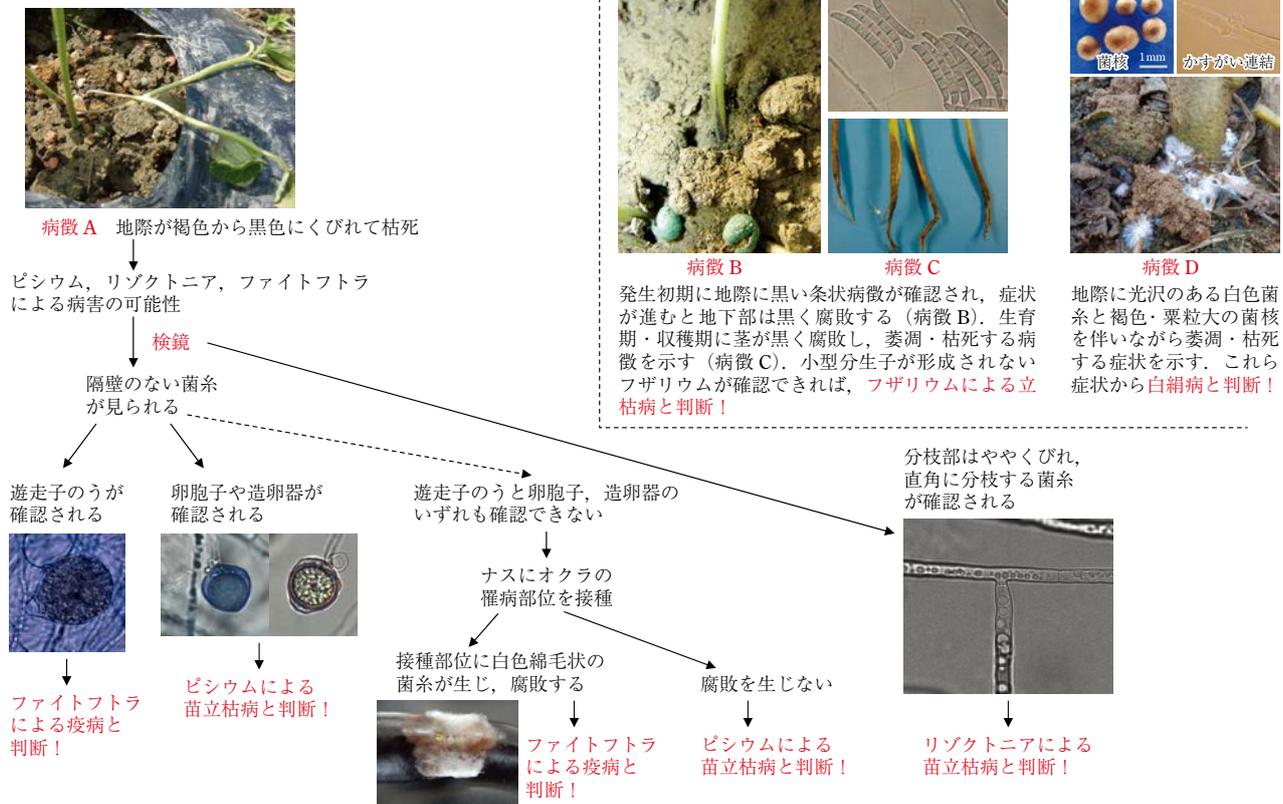


図-3 オクラの立枯性病害の見分け方

が進展し、腐敗部位は健全部位と比べてくびれる症状を示した。本罹病組織からは *Phytophthora* sp. と *Pythium* sp. ならびに *Rhizoctonia* sp. が分離された。各分離株を用いた接種試験は、PDA培地で培養した菌叢（直径6 cm）を滅菌した培養土（与作N-150）を半分程度につめたビニールポット（直径10 cm，高さ10 cm）の上面に載せ、さらに菌叢の上に滅菌した培養土（与作N-150）を5 cm程度つめた後に、ポット中央部に2 cm程度の穴をあけ、そこにオクラ種子（品種：‘ブルースカイ’）を5粒播種し

て行った。ポットは、水受け内に入れ、随時水を浸した状態で維持し、25℃で12D12Lの条件下の光照射型インキュベータ内に置いた。その結果、発芽後、各接種区とも上記と同一の病徴が再現され、分離菌の病原性が再現され、接種菌が再分離された。なお、下記に述べる白絹病を除く他の病原菌については上記と同様な条件で接種試験を実施し、病原性の確認を行った。*Phytophthora* sp. の同定については、V8寒天培地上での無性器官（遊走子のう、硬膜胞子）の形態的特徴ならびにA1型との

交配により有性器官（造精器，造卵器，卵胞子）が確認され，これら器官の大きさは既報の *P. nicotianae* とおおむね一致し，さらに種特異的プライマーを用いた PCR により *P. nicotianae* と同定され，疫病菌であることが確認された。*Pythium* sp. については，培地上での孢子嚢と卵胞子，造卵器（同一性），造精器（数は1）の形態的特徴・大きさは既報のピシウム属菌である *P. ultimum* とおおむね一致し，さらに rDNA-ITS 遺伝子領域の塩基配列により種の同定を行った結果，*Pythium ultimum* と 100% の高い相同性を示し，既往のピシウム属菌である *P. ultimum* による苗立枯病であることを確認した。

Rhizoctonia sp. については，rDNA-ITS 遺伝子領域の塩基配列により種の同定を行った結果，*R. solani* と 100% の高い相同性を示し，既往の *R. solani* による苗立枯病であることが確認されたが，菌糸融合反応の有無による菌糸融合群の確認はなされていない。

病徴 B は苗の根が黒く腐敗し，地際から上位へ黒いすじ状の病徴が形成される病徴であり，*Fusarium* sp. が主として分離された。分離菌の病原性を上記と同様な手法で確認した結果，発芽後に上記と同一の病徴が再現され，接種菌が再分離された。本症状は過去の報告から *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* による立枯病と酷似したが，今回の分離菌は立枯病菌が有する小分生子を形成しなかったため，未知の病害と考えられた。病原菌は PDA 培地上で小分生子を形成せず，大分生子は無色，鎌形で，3~5（主に5）隔壁を有し，大きさ 41.4~70.2 × 5.3~7.4 μm，厚膜胞子は球形~類球形，直径 8.1~9.9 μm，菌叢生育可能温度は 10~37.5℃，最適温度は 27.5℃であった。さらに，沖縄県内のオクラ立枯病発生圃場（名護市，うるま市，南城市，石垣市）から分離し

病原性を確認した 4 菌株の DNA を用いて，種の同定を行った。その結果，県内各地域のオクラ立枯病分離 4 菌株の ITS, TEF1-α, RPB2, RPB1 領域の塩基配列は *F. buharicum* と 98~100% の高い相同性を示し，TEF1-α, RPB1, RPB2 遺伝子領域の塩基配列に基づく系統樹（最尤法）について各分離株は *F. buharicum* と同一のクレードに所属した。以上より，分離 4 菌株を *F. buharicum* と同定し，病名をオクラ立枯病へ追加登録した（小谷ら，2018）。本病原菌によるオクラの病害は海外および本邦で初報告となり，さらに海外では，本病原菌による病害としてアオイ科の植物である綿（GERLACH and ERSHAD, 1970），ケナフ（GERLACH and SCHARIF, 1970），フヨウ（LUPIEN et al., 2017）での発生が確認されていることから，注意が必要である。

病徴 C は生育・収穫期の株で地際の茎表面から上位・下位へと黒く腐敗が進展する症状を示し，地上部が萎凋・枯死する症状を示す病徴であり，病原として病徴 B と同一の菌種である *F. buharicum* が分離・同定された。なお，病原性については，上記と同一の手法で実施し，発芽後に病徴 B と同一の病徴が再現され，接種菌が再分離された。

病徴 D は苗・生育・収穫期のすべてのステージで発生し，地際に光沢のある白色菌糸と褐色・粟粒大の菌核を伴いながら萎凋・枯死する症状を示す病徴であり，病原菌として PDA 培地上に白色絹糸状で表面に直径約 0.6~1.8 mm の球形から亜球形の菌核を形成する糸状菌が分離され，菌糸にはかすがい連結が確認されたことから，*Sclerotium* sp. であることが確認された。接種試験においては接種菌株のフスマ培養物をオクラ苗の株元に接種したところ，上記と同様な病徴が再現され接種菌が

表-1 沖縄県内のオクラ産地における各立枯性病害の発生圃場件数

栽培地	調査圃場数	各病害の発生圃場数					
		立枯病		疫病	苗立枯病		白絹病
		苗	生育・収穫期		P	R	
名護市	2	2	0	1	1	0	0
うるま市	10	3	0	7	3	0	0
南城市	3	2	1	0	0	0	0
宮古島市	8	1	2	3	1	2	1
石垣市	12	4	1	5	2	0	0
計	35	16	16	7	2	1	

1) 各栽培地の各調査圃場において，複数の病害が同時に発生するケースがあったため，調査圃場数合計と各病害の発生圃場数の合計は必ずしも一致しない。

2) 苗立枯病の P は *Pythium ultimum* による病害を示し，R は *Rhizoctonia solani* による病害を示す。立枯病の病原は *Fusarium buharicum*，疫病の病原は *Phytophthora nicotianae*，白絹病の病原は *Sclerotium rolfsii* である。

再分離された。rDNA-ITS 領域の塩基配列は *Athelia rolfsii* と 99% の相同性を示し、植物体上および PDA 培地上で有性器官の形成は確認できなかったことから、*A. rolfsii* の不完全世代である *Sclerotium rolfsii* と同定した。本糸状菌によるオクラの病害は本邦では初報告であることから本病名を白絹病と提案した（安次富ら，2016）。

今回、オクラの立枯性病害の要因について、県内の主要産地を中心に調査を行った結果を表-1 にとりまとめた。これにより、*F. buharicum* による立枯病と *P. nictotianae* による疫病が立枯性病害の主要因であることが明らかとなり、さらにピシウム属菌である *P. ultimum* と *R. solani* による苗立枯病と *S. rolfsii* による白絹病の関与も示され、計 5 種類の病原菌が確認された（表-1）。外間（1983；1990）の報告時と比較して、病原として 2 種が追加され、現地での診断は困難を伴うことから、本県では、図-3 に示す手法により病原を絞りこめるようマニュアル化している。

おわりに

今回、本県で確認されたオクラの立枯性病害は、発芽直後に立枯症状を引き起こすケースが多いことが明らかとなったことから、播種前の病害対策が重要であり、基本的な対策として播種時に利用可能である農薬の利用が

考えられる。現在オクラで播種時に利用できる剤（随時農薬登録情報に留意して使用）で疫病と 2 菌種による苗立枯病と白絹病に対しては、予防効果は期待できるが、立枯病について効果は期待できない。近年、クロルピクリン錠剤が立枯病に対して登録されたことから、本病が多発生した圃場については、本剤の利用により被害が軽減されることが期待できる。立枯病については、現時点においても本県でオクラ立枯性病害の主要因であることから、輪作などの耕種的防除法を含めた総合的な防除法の確立が求められる。

本研究は、沖縄県振興特別推進交付金事業（次世代沖縄ブランド作物特産化推進事業：2014～17 年度）で行われた研究成果である。

引用文献

- 1) 安次富 厚ら (2016): 九病虫研会報 **62**: 139.
- 2) GERLACH, W. and D. ERSHAD (1970): Arten in Iran. *Nova Hedwigia* **20**: 725~784.
- 3) ——— and G. SCHARIF (1970): *Phytopathol. Z.* **68**: 323~333.
- 4) 外間数男 (1983): 九病虫研会報 **29**: 36~39.
- 5) ——— (1990): 同上 **36**: 52~55.
- 6) LUPIEN, S. L. et al. (2017): *Plant disease* **101**: 354~358.
- 7) 小谷優奈ら (2018): 日植病報 **84**(3): 201.
- 8) 沖縄県農林水産部 (2014): 沖縄県野菜栽培要領: 112~114.
- 9) ——— (2018): 沖縄県の園芸・流通: 19.



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

公益財団法人 園芸植物育種研究所 **門 馬 のり あき**

はじめに

土壌伝染性病原による障害は国内外問わず大きな問題となっている。その対策として、輪作や抵抗性品種の利用、その他様々な耕種的手法があげられるが、被害が甚大な圃場においては、土壌消毒は特に重要な技術の一つであるといえるだろう。土壌消毒技術のなかでも土壌還元消毒は、国内外においてその利用がますます拡大してきている。本稿では、低濃度エタノールを用いた土壌還元消毒法を施した土壌における病原菌密度の推移と土壌の化学性の変化を経時的に調査した結果と、これまでの研究で明らかとなってきた作用メカニズムについてあわせて説明する。本稿の内容の一部には、「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（課題番号：2019）」、「JSPS 科研費（B）17H03955」の助成を受け、園芸植物育種研究所で取り組んだ試験の内容を含む。

I 土壌還元消毒法とは

土壌還元消毒法の基礎となる技術は、イチゴの萎黄病対策として1970年代には奈良県で既に利用されていた（小玉，2015）。小玉が開発した方法は、圃場外へ持ち出して処分すべき茎葉などの作物残渣を積極的に土中にすきこみ、湛水処理を行うことで土壌の還元化を促し、その結果生じる環境の変化により病原菌を死滅させるというものである。しかし、土壌くん蒸剤が全盛であった当時は、その必要性や有用性がなかなか認知されなかったようである。その後臭化メチルの削減や環境意識の高まりにともない、代替技術の開発に期待や関心が寄せられるようになった。このような背景のもと、1999年になって新村によって土壌還元消毒法が開発され、続く2000年にはオランダのBlokらによって類似した方法が発表されている（Momma et al., 2013 b）。

日本では前出の小玉らの研究に加え、畑地雑草や病原

体の田畑輪換による抑制技術が利用されていた。オランダではやはり豊富な水資源を利用し花きの球根生産現場において、線虫害の抑制のために湛水処理期間を設けることが行われてきた。Blokらが湛水処理を参考にしたかはわからないが、両国において類似した技術がそれぞれ独自に開発されたことに不思議はない。現在では米国や中国等でも現地の条件に合わせた改良がなされ、普及が拡大してきている。

還元消毒の方法は単純で、①土壌への易分解性有機物の投入（土壌微生物の活性化）、②灌水（土壌からの空気の追い出し）、③プラスチックシートによる土壌表面の被覆（大気からの酸素の流入の遮断）の3要素で構成される。いずれの処理も土壌環境の還元化の促進と維持が目的となっている。使用する有機物は微生物が容易に分解できるものであればなんでもよく、筆者はこれまでに小麦フスマや低濃度エタノールをはじめ、酒粕やアミノ酸系除草剤、酢酸でも還元消毒の効果が得られることを確認している。ただし、実用の場面においては還元消毒の効果が得られることだけでなく、環境への負荷が小さく、安定した品質のものが安価にかつ、使いたいときに必要量が安定的に確保できることが求められる。

米ぬかや小麦フスマは比較的安価で還元消毒の開発当初から広く用いられてきたが、還元消毒の効果が資材の混和された深度までしか得られないことが課題であった。一方で、低濃度エタノールや糖蜜吸着資材、糖含有珪藻土では、米ぬかなどと比較してより下層においても還元消毒の効果が得られることが確認されている。

低濃度エタノールを用いた還元消毒（以下、エタノール還元とする）では、プラスチックフィルムによる被覆を行った状態で、あらかじめ被覆下に敷設しておいた灌水チューブなどを用いて、土壌還元消毒用のエタノール製剤（エコロジアル，アルコール産業株式会社）を0.25～1.0%（v/v）程度に希釈しながら、作土層が一時的な飽和状態になるまで施用する方法が用いられることが多い（図-1）。エタノール水溶液の施用量の目安は、土壌の気相率を算出し設定する。作土層の厚さは耕盤層の深さや作物種、病害の種類等に応じて設定する。実際には

Temporal Changes in Chemical Components and Survival of Fusarium Wilt Pathogen of Tomato in the Soil Treated with Anaerobic Soil Disinfection. By Noriaki MOMMA

（キーワード：土壌還元消毒，Fe²⁺，有機酸）



図-1 低濃度エタノールによる土壤還元消毒の様子

50~100 l/m²の幅で処理されるケースが多い。エタノール水溶液を施用した後、2~3週間ほど経過する間に還元消毒の効果が得られる。

II 作用メカニズム

土壤還元消毒を施した土壤では、土着の微生物群が酸素を消費しながら投入された有機物を分解する。このとき大気中からの酸素の流入も制限されるため土壤環境は酸化的な環境から、還元的な環境へと遷移していく。この過程において、いくつかの土壤伝染性病原や線虫の密度が低減することが調べられている。還元消毒のメカニズムとして、酸欠により病原菌が窒息すると説明されることがある。しかし、少なくとも *Fusarium oxysporum* では、水素バブリングにより無酸素状態とした蒸留水中で培養した場合にも、その生存は全く影響を受けなかったことから、単純な無酸素状態により病原菌が死滅しているわけではなさそうである (門馬, 2013 a)。

土壤の還元化には土着の微生物群の働きが必須である。これは滅菌した土壤ではエタノールやフスマを加えても酸化還元電位の低下が起こらず、病原菌の密度低下も起こらないことから明らかである。このことから、還元条件化で優占してくる微生物群が病原菌の密度低減に直接的もしくは間接的に関与していると考えられていた。

筆者らは、多孔質素焼管を用いて土壤抽出液を採取し、これをさらにろ過滅菌した溶液にトマト萎凋病菌の菌体を浸漬して培養する試験を行った (MOMMA et al., 2011)。その結果、土壤還元消毒を施した土壤から得られた抽出液中では病原菌が速やかに殺菌されることを見いだした。これと同様の結果が *Verticillium dahliae* (柳岡ら, 2019) や *Ralstonia solanacearum* でも得られている。これらのことから、土壤還元消毒による病原菌の密度低減には、土着微生物群との物理的な接触は必要ないこと、水溶性の物質が関与していることが示された。

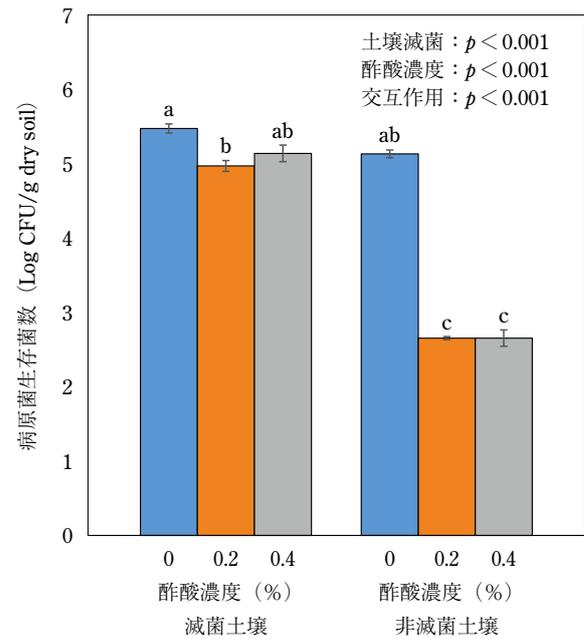


図-2 酢酸の土壤添加がトマト萎凋病菌の生存におよぼす影響

還元処理土壤では酢酸や酪酸が最も多く検出される。有機酸の殺菌効果は古くから知られているところであったため、還元消毒による病原菌の密度低減作用には、有機酸による直接的な殺菌作用が関与していることが考えられてきた。そこで筆者は、酢酸添加によるトマト萎凋病菌への影響を調査した。滅菌または非滅菌の黒ボク土壤にトマト萎凋病菌の胞子を加え汚染土壤とし、そこへ滅菌水または酢酸を飽和状態となるまで加え密閉し、30℃で1週間培養した。その後、土壤中の生存菌数を測定した。その結果、滅菌土壤へ酢酸を添加した場合には、滅菌水を添加した土壤と同レベルの病原菌が検出された。一方で、非滅菌土壤に酢酸を添加した場合には、病原菌の顕著な密度低下が認められた (図-2)。このとき、土壤からは還元消毒時に感じられる特有の臭気が生じており、土壤抽出液へ二価鉄指示薬を処理したところ明瞭な反応が認められ、土壤環境の還元化が確認された。このため、土壤への酢酸添加による病原菌の密度低下は、酢酸そのものの直接的な作用ではなく、酢酸を炭素源とした還元消毒の効果であると判断された。これらのことから、筆者は還元消毒の過程で生じる酢酸の病原菌に対する直接的な作用はそれほど大きくないと考えている。

土壤抽出液へ病原菌を浸漬する試験において、殺菌作用が強い抽出液では、殺菌作用が弱い抽出液と比較して二価鉄指示薬による発色が顕著であることを発見した。また、磯山らは2017年の環境微生物系合同学会において、還元処理土壤の抽出液を酸化処理することで、トマト萎凋病菌に対する殺菌作用が顕著に低下することか

ら、酸化によって形態が変化する Fe^{2+} などの成分が殺菌作用に大きく関与している可能性があることを報告している。

エタノール還元処理土壌の水相中では、 100 mg/l 以上の濃度で Fe^{2+} が検出されることもあり、トマト萎凋病菌では、 0.001% の FeSO_4 溶液に7日間浸漬することで完全に殺菌されてしまうことが分かっている (MOMMA et al., 2011)。また、同菌は 0.0001% の FeSO_4 や 0.001% の酢酸溶液中では殺菌されないが、これらを混合した溶液中では生存が強く抑制される。これには酢酸による Fe^{2+} の酸化の阻害が関与していると考えられる。

Fe^{2+} について土壌中での働きを調べる目的で以下のような試験を行った。 FeSO_4 の高濃度水溶液を土壌に灌注または FeSO_4 粉末を土壌混和して湛水状態にする処理を行い、そこから得られた土壌抽出液中に Fe^{2+} が検出されるかを調べた。その結果、いずれの方法でも Fe^{2+} を検出することができなかった。酸化的な状態にある土壌中では、 Fe^{2+} は速やかに酸化されてしまうためと考えられる。このため、現在のところ Fe^{2+} が土壌中の病原菌の抑制に関与していることを直接的に示すことはできていない。

III エタノール還元消毒土壌における病原菌の消長と理化学性の経時変化

土壌水中の有機酸や金属イオンが土壌還元消毒の効果に関与している可能性については上述したところであるが、これまでの試験では、還元消毒処理を開始してから1~2週間ほど経過した土壌サンプルから得た抽出液を用いている。しかし、還元処理土壌中ではより早期に病

原菌の密度低下が観察される場合も少なくないため、還元消毒の初期段階から土壌抽出液中の成分の分析を行う必要があると考えた。

エタノール還元を施した土壌中におけるトマト萎凋病菌の密度変化と土壌の化学性の変化を経時的に調査した。土壌 4.5 kg をプラスチック容器に入れその中心部に病原菌体を埋設した。そこへ、水または 1% 、 2% のエタノール水溶液 1 l を加え 30°C で9日間培養した。トマト萎凋病菌密度の測定と土壌抽出液の採取は、エタノール処理区については3, 6, 9日目、水処理区については9日目のみ行った。土壌抽出液の pH を測定するとともに、酢酸および酪酸濃度を HPLC 法、 Fe^{2+} の濃度をフェロジン法により測定した。酸化還元電位については全処理区で毎日測定した。

その結果、水処理区を含むすべての処理区において酸化還元電位の顕著な低下が認められた (図-3)。トマト萎凋病菌の密度はエタノールを添加した処理区で処理開始後3~6日の間に急激に減少したが、水処理区では処理終了時点の9日目にも高い密度での生存が確認された (図-4)。また、エタノール添加区では、処理開始後3~6日目にかけて pH が顕著に低下し (図-5)、酢酸および Fe^{2+} の濃度が急激に上昇した (図-6, 7)。

水処理区においてもエタノール還元区と同程度にまで酸化還元電位が低下していたにもかかわらず、 Fe^{2+} は検出されず、病原菌の密度も低下しなかった。実圃場において還元消毒を実施する際には、土壌の酸化還元電位の低下を還元消毒がきちんと行えていたかの一つの目安としていることが多い。しかし、この試験の例から、酸化還元電位だけでは消毒効果の推定には不十分である可能

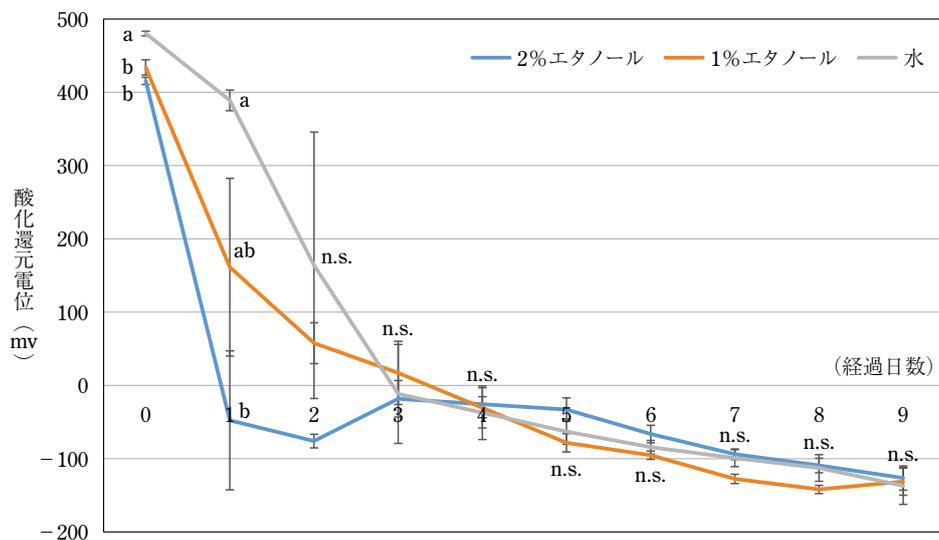


図-3 低濃度エタノール土壌還元消毒による酸化還元電位の変化

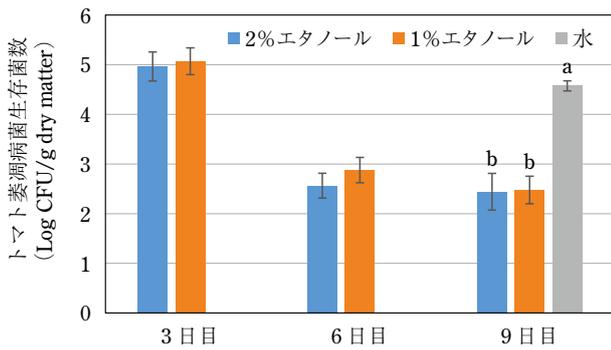


図-4 低濃度エタノール土壌還元消毒がトマト萎凋病菌の生存におよぼす影響

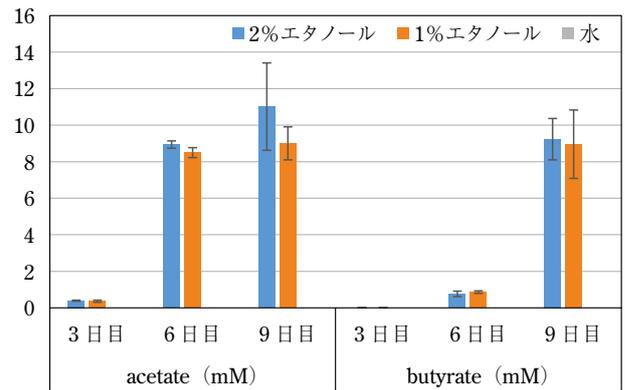


図-6 低濃度エタノール土壌還元消毒処理土壌における有機酸の蓄積

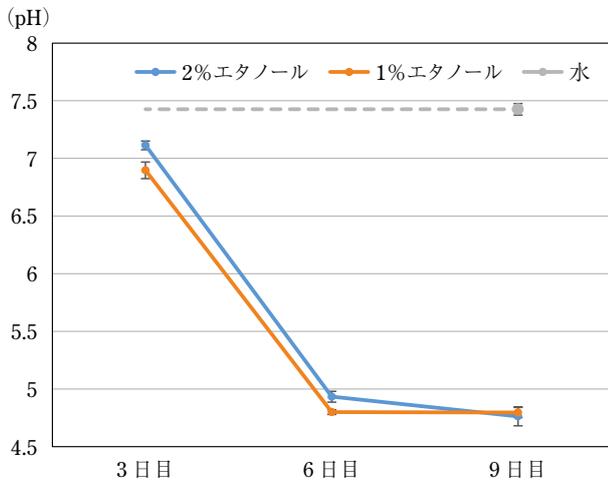


図-5 低濃度エタノール還元消毒による土壌 pH の変化

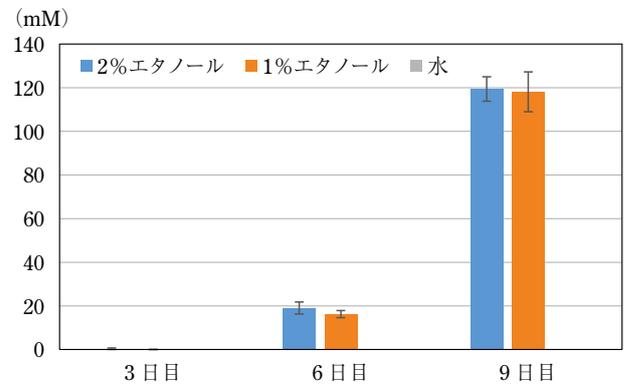


図-7 低濃度エタノールによる土壌還元消毒処理土壌における Fe²⁺ の蓄積

性があるということがわかる。実際にインキュベーターを用いた試験や実圃場での試験でも、酸化還元電位が低下していたにもかかわらず、十分な還元消毒効果が得られなかったという事例もある。このことから、還元消毒の効果には、酸化還元電位の低下と酢酸の産生 (pH 低下)、これらに続く水相中での Fe²⁺ の濃度の増大が大きく関与していると考えられる。

IV 還元消毒の選択性

還元消毒前後の微生物群集構造解析によって、還元消毒により密度が低下するグループとあまり影響を受けないグループが存在することが明らかとなっている。培養法に基づく調査では、糸状菌群や好気性の細菌群の密度は還元消毒の前後でほとんど変化がなく、嫌気性の細菌群については増殖することも調べられている。このように還元消毒では、処理後も高い微生物密度が維持されるため、例えばクロロピクリンによる土壌くん蒸消毒と比較して、土壌の発病抑止性が高く維持されることが期待される (MOMMA et al., 2013 b)。

筆者は、*F. oxysporum* や *Diaporthe sclerotoides*, *Phytophthora capsici*, *Monosporascus cannonballus* といった病原菌と、エタノール還元を施した土壌と湛水処理を施した土壌から分離した糸状菌群について、Fe²⁺ や酢酸、酪酸に対する感受性の比較を行った。その結果、病原菌群や湛水処理を施した土壌から分離される糸状菌群では、Fe²⁺ や酢酸、酪酸に感受性の高いものが多く、還元処理土壌から分離される糸状菌群には、これらに対し感受性の低いものが多いことが明らかとなった。以上のように、Fe²⁺ や酢酸、酪酸により還元消毒の選択性がある程度説明できることは、これらの要素が還元消毒のメカニズムの一端を担っていることの傍証であるといえる。

また、上述の土壌抽出液中で病原菌を培養する試験では、*V. dahliae* (柳岡ら, 2019) や *R. solanacearum* では 24 時間でほぼ死滅するが、*F. oxysporum* では数日を要することがわかっている。詳しくは調べていないが、この差は還元消毒に対する感受性の差を反映したものではないかと予想している。さらに、還元消毒後も生存している微生物群が多数存在することからも、病原菌の中に

も還元消毒の影響を受けにくいものがあることは間違いないだろうと考えている。

おわりに

土壌還元消毒法は、気候条件や圃場環境、病害の種類等に応じて、工夫やアレンジが必要になるため、一定の処理方法を提示することが難しい。加えて、作物の種類によっては処理コストが高すぎるものが問題となる。このため、地域性や作物の種類に応じた工夫や最適化が必要であり、その余地もまだ多く残されている。また、そのためにはより詳細なメカニズムの解明が求められる。今後より多くのデータがあつまることで、より詳細なメカニズムが明らかとなり、還元消毒技術の高度化だけで

なく、さらに発展した新しい技術が開発されることも期待される。

最後に、本稿を執筆するにあたり Fe^{2+} や有機酸の分析にご協力いただいた、天知誠吾教授（千葉大学大学院園芸学研究科）、白根正太氏（千葉大学大学院園芸学研究科）に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 小玉孝司 (2015): 植物防疫 **69**(3): 63.
- 2) 門馬法明 (2013 a): 同上 **67**(4): 18~21.
- 3) MOMMA, N. et al. (2013 b): Appl. Microbiol. Biotechnol. **97**: 3801~3809.
- 4) ————— et al. (2011): JGPP **77**: 331~335.
- 5) 柳岡麻由子ら (2019): 日植病報 **85**(3): 252.



農林水産省プレスリリース (2020.9.3~2020.10.5)

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。

- ◆ 「スマート農業は農家のモチベーションを高める！～令和元年度スマート農業実証プロジェクトに参画する米農家8名の動画を2020年9月4日(金)に公開～(20/9/4) [maff.go.jp/](https://www.maff.go.jp/j/docs/press/200904.html) の後に /docs/press/200904.html
- ◆ 国内外における農業資材の供給の状況に関する調査結果の公表について (20/9/8) [/seisan/sizai/200908.html](https://www.maff.go.jp/j/seisan/sizai/200908.html)
- ◆ 「令和2年度病害虫発生予報第7号」の発表について (20/9/9) [/syouan/syokubo/200909.html](https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/200909.html)



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

日本農薬株式会社 よねくら ひろくに うへはた かん おかだ あつし
米倉 浩晋・上島 完・岡田 敦

はじめに

スマートフォンをかざすだけで病害虫雑草が診断でき、同時に防除の必要性や防除方法が解説されるととても便利だろう。また診断情報が時間および位置情報とともに自動的に保存され、後日簡単に診断内容を圃場ごとに再確認できれば圃場ごとの病害虫雑草防除の最適化を図れるのではないか。病害虫雑草に関する知識がなくても簡単に診断できれば新規就農者・新規農業従事者の不安を低減するとともに多くの農家、農業生産法人の方々の防除コストの低減に貢献できると考え AI 病害虫雑草診断機能を搭載した診断アプリケーション（水稻版）を開発した。本稿においては開発目標設定の 2015 年 3 月から、2020 年 4 月に実装し 4 か月を経過した 8 月時点までの開発・実装の主要経緯概要について解説する。

I 開発目標と期待

1 開発目標

AI 診断対象作物の開発第一目標は水稻に設定した。

理由は、栽培時期および栽培体系がほぼ全国同様で、問題となる病害虫雑草も園芸作物と比較し、地域や品種の影響が小さいこと、全国で栽培され各種画像の獲得が比較的容易であること、作物の生育ステージが明確で病害虫雑草の発生を予測しやすいこと、作物の構造が簡単で、葉鞘・葉身・穂の三つのみで単純なことから、AI 学習モデル作成の難易度が最も低いと判断したからである。まず水稻で AI 学習モデル開発の経験値を高め、その後他作物への拡大を図ることにした。

スマートフォンのアプリケーション開発においては使用方法の簡便さと、診断・防除薬剤と農薬販売店舗情報入手をワンストップで行えること、診断履歴（位置情報・時間情報・診断結果）自動保存機能により防除上の

課題事項を後日確認できる機能を装備することにした。AI の誤診および AI 診断の範囲外の対象に対応できるようカルテ式診断（画像比較による図鑑型検索）機能も同一アプリケーションに装備し、本アプリケーション内で診断が完結できることを目標とした。

2 期待

日本農業においては、長期に新規就農者減、農業従事者減の局面が続いてきた。それに加え 2010 年台の半ばには、少子高齢化に伴う人口減少と若年労働者人口の減少は産業を問わない状況となり、需要減少と労働力（人材）確保難の環境下における事業モデル・戦略の転換や改革が企業にとっては急務となった。このため、農業の様々な分野に AI が使われることで、人手を掛けずに桁違いに効率的で生産性の高い農業の実現が期待されるようになってきた。病害虫雑草管理場面においても AI を活用して防除関連業務（計画・実施・効果検証・改善・記録）の大幅な効率化を図ることが期待されている。

本アプリケーションの使用については無料とし、スマートフォンさえあれば「誰でも導入できるスマート農業技術」の位置付けにより、最速の農家への普及を期待している。

ただし、開発コストは継続的に少なからず発生する。使用料無料で継続的な作物拡大と機能強化を行うためには、弊社にとっても採算性のあるビジネスモデルであることが求められるが、この課題については IT 企業の事業モデルを導入することで解決できると判断している。

II システム全体像とアプリケーションの使い方概要

1 システムの全体像

(1) システム構成（図-1）

本システムは、スマートフォン用のアプリケーション以外にはそれと連携する情報提供用データベース（病害虫雑草画像、生態情報、農薬情報）、ユーザーデータベース（ユーザー情報、撮影画像、診断結果）および分類機能（AI 識別モデル、以下 AI）によって構成される。これらのデータベースに掲載される情報はセンタアプリを

Development of AI Application for Pests and Weeds Diagnosis (Paddy Rice Version). By Hirokuni YONEKURA, Kan UEHATA and Atsushi OKADA

（キーワード：AI, 診断, アプリケーション, スマートフォン, 病害, 虫害, 害虫, 雑草, 防除）

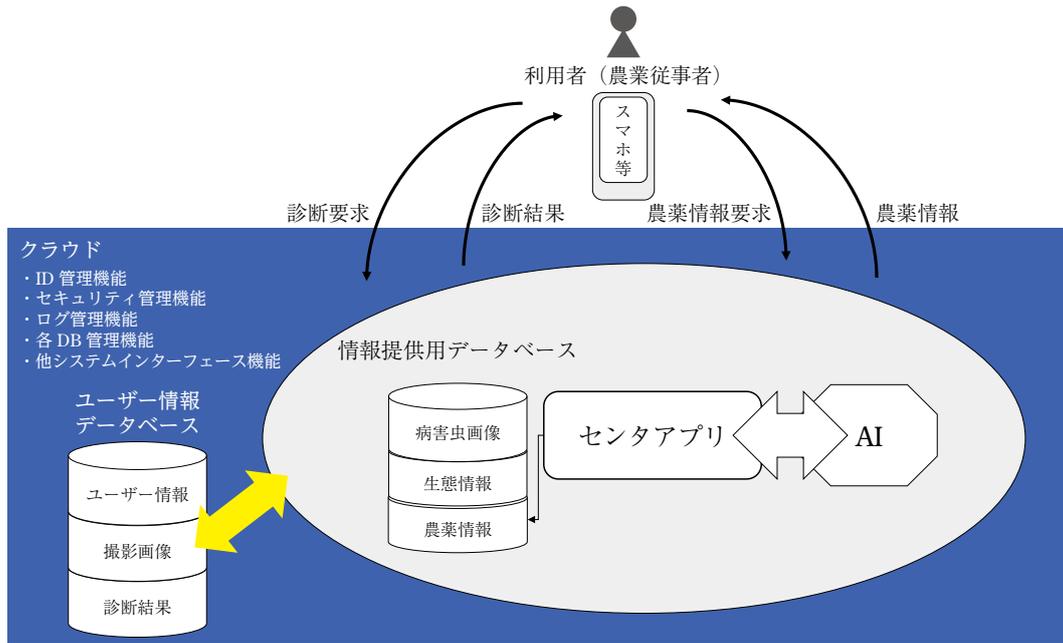


図-1 システム構成

介してAIと連携し、Application Programming Interface (API) によってアプリケーション上で利用者に適切・適時な情報提供を行う。

(2) 搭載機能（2020年8月時点）

本アプリケーションには2020年8月時点で主に以下の機能が搭載されている。今後ユーザーの利便性が向上する追加機能の開発を検討している。

1) 病害虫雑草診断機能

作物に発生した病気や害虫、圃場に発生した雑草などをスマートフォンで撮影（またはギャラリーから選択）し、画像データを基に診断を行う。診断結果については撮影物の識別、生態情報が掲載された病害虫雑草のミニ図鑑が提示される。

2) 防除薬剤提案機能

診断結果に基づき、防除に有効な薬剤の一覧を表示する。薬剤を選択すると詳細情報を確認できる。選択した薬剤をお気に入り登録して保存、ポータル画面から確認することができる。

3) 診断結果保存機能

診断結果は履歴として一定期間保存され、後でまとめて確認できる。写真を撮った場所と診断を行った場所をマップ上に表示することができる。

4) 天気予報といもち病発生予測機能

現在地の天気予報の確認と、気象状況からいもち病の発生を予測しその結果を確認することができる。

2 アプリケーションの使い方

(1) アプリケーションポータル（図-2）

アプリケーションのポータルは利用者環境を考慮し、一目で機能が一覧できるようボタンを大きく配置している。アプリケーション全体として直感的に利用可能なインターフェースを目指して開発を行っている。

(2) 画像診断から薬剤情報閲覧までの画面遷移（診断ボタンをタップ後）

1) 診断モード選択（図-3）

病害、害虫、雑草の中から目的の診断モードを選択する。なお、害虫の食害は病害と判別が困難である場合もあることから病害と同じ診断モードに分類している。

2) 作物選択（図-4）

現在対応作物は水稻のみであるが、今後対応可能な作物を追加していく予定である。過去に選択した作物を履歴から選択することもできる。

3) 写真撮影、画像選択（図-5）

写真はアプリ上で写真を撮影するか、ギャラリーから写真を指定するか選択することができる。写真選択後、簡易編集画面に遷移する。写真のズームイン、回転等、診断対象をよりクローズアップすることができる。

写真の中央になるべく大きく対象を配置することが診断精度向上のコツである。

4) 診断（図-6）

選択した写真はAI診断かカルテ式診断の大きく二つのモードから診断を行うことができる。

AI診断をタップするとその場で自動診断を行うこと



図-2 アプリケーションポータル



図-3 診断モード選択

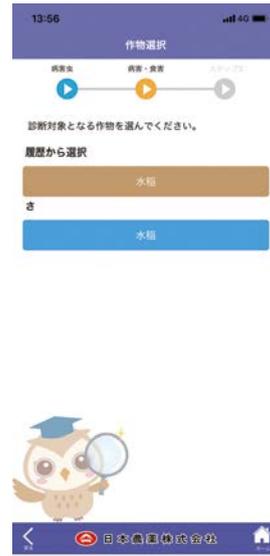


図-4 作物選択

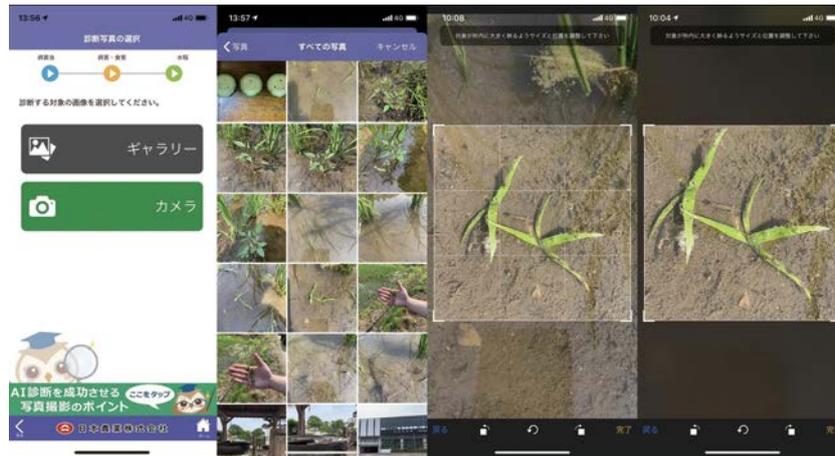


図-5 写真撮影，画像選択



図-6 診断

ができる（図-6 中央）。カルテ式診断は様々な写真ギャラリーと比較しながら自身で診断を行う（図-6 右）。

5) 診断結果（図-7）

AI 診断モードの場合，診断結果は AI の自信度（%）を伴って複数表示される。上部のタブをタップすることでそれぞれの結果を確認できる。診断結果に掲載される多数の写真，また発消長や生態情報等を参考に結果の吟味を行うことができる。自身で最終的な診断を行い，診断結果の対象物を防除したい場合は画面下部の「この対象物を防除する」と書かれた赤いボタンをタップすると登録を有する農業情報を閲覧できる。

得られた診断結果は保存されており，ポータルの「診断履歴」から確認可能である。また，画面右上のボタンをタップすることで撮影場所と診断場所の位置情報をマップ上で確認できる。



図-7 診断結果

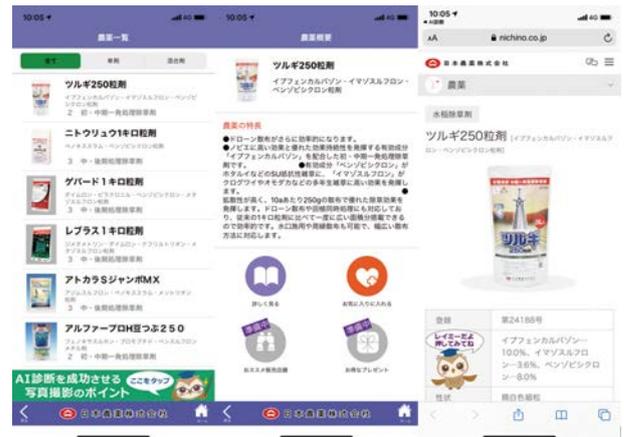


図-8 農薬情報閲覧



図-9 天気予報、いもち病発生予察

6) 農薬情報閲覧 (図-8)

対象物に対して有効な（登録を有する）農薬が一覧表示される。タップすることで詳細な情報を得ることができる。また、「お気に入り」ボタンをタップすることでポータルから簡単に閲覧できる。

(3) 天気予報・いもち病発生予察 (図-9)

使用した端末の GPS 情報から地域の天気予報を確認できる。また、当該地域における過去の気象データからいもち病の感染リスク評価を行い提示する機能も有している。

III AI 識別モデル開発の実際

1 用いた AI 技術と基本的課題

(1) ディープラーニング（深層学習）

システムの全体像とアプリケーションの使い方の概要

は、以上見てきた通りだが、ここで AI 診断の核となる AI 識別モデルの開発について触れてみたい。

使用している技術は、いわゆる機械学習の中でディープラーニング（深層学習）というものである。ディープラーニングは脳の神経回路を模したニューラルネットワークをコンピューター内に構成し、神経にあたるパーツが多層になっていることから「ディープ（深層）」と呼ばれている。従来の機械学習により、例えば画像で犬と猫を識別させようとした場合、着目すべき対象の特徴（以下、特徴量）を人間がプログラムして学習させる必要があった。ところが、ディープラーニングでは大量の教師データを学習させることにより、AI が自ら特徴量を見だし識別能力を得る。姿形など、複雑な対象を識別させたい場合に適した応用のある技術といえる。

(2) 教師データ（画像）の収集

一方で基本的課題となるのは、“大量の教師データ”が必要になるという点であり、画像を撮りまくればよいという単純なものでもなく四苦八苦した（している）。自然界に存在する病害虫雑草が対象であり、撮りたいものを計画したとしてもその対象が都合よく発生しているかどうか、つまり撮影機会の確保が 1 点目。

また発生しているものを当然まずは人間が識別して撮らなければならない。間違えた画像を学習させると間違えた識別しかできない AI に育つ。つまり撮影には対象識別の専門性が必要というのが 2 点目。これらについては社内ははじめ様々なメンバーの協力体制が不可欠である。

次にどのような画像を収集すればよいのか。経験上得たノウハウについては割愛させていただくが、大量の画像が必要といっても例えば連写感覚で同様な画像を収集して学習させると、過学習といわれる、いわゆる過去問は解けるが応用問題は解けないといった現象につながり

かねない。時間、環境とともに変化していく生物的特徴（生育、病徴）、光具合、背景等々、いかにバリエーションの豊富さを捉えていくかが極めて重要となる。どのような画像をどれだけ収集すればいいのか正解にたどりくのは難題である。

2 AI 識別モデル開発の基本的流れと課題事例・対応

(1) AI 学習と検証の基本的流れ

図-10に基本的流れを示したが、AI 開発はまず教師データの収集から始まる。画像撮影には実際想定される使用現場を考慮し、複数種のスマートフォンや安価なコンパクトデジカメを用い、「美しい」画像を得ることが目的ではないため一眼レフなどの高級カメラを使用することは避けた。撮影現場では周囲の明るさやモニター画面の大きさから、撮影画像の確認が難しい場合も多く、撮影行為に集中し持ち帰ってから画像選別を行った。

AI 学習用画像はシステムの特性上、そのまま AI にインプットするのではなく対象が収まるように正方形に切り出し学習に用いることとした。診断用アプリでもユーザーが撮影した画像から対象部位を正方形内に収めることができる仕様になっている。

学習のためには、正方形に調整したデータセットを学習用と検証用にランダムに一定の割合に分け、学習とベース検証を行った。学習時には、さらに画像バリエーションの増幅を目的として、画像の回転・水平・垂直移動等を加えている。

順次、新規の撮影画像も加えながら以上のプロセスにて学習、ベース検証を繰り返した結果、2019年春段階で対象の病害虫雑草に対して約90%の認識正解率が得られていた。

(2) 難所となった課題事例と対応

上述した AI 学習・ベース検証を経た AI 識別モデルにおいて、実際にぶつかった難所と対応の一端を事例として紹介させていただく。

害虫を対象とした事例であるが、図-10のプロセスで画像切り出しによる学習データセット作成の際に、当初は正方形内にできる限り大きく対象物が収まるように調整し、AI が対象の特徴を学習しやすいように配慮していた。同様に調整した検証データでテストすると高い認識正解率が得られていたものの、撮影したオリジナル画像の短辺をカットしただけの正方形画像をテストしたところ、認識正解率は期待を大きく下回る10%不足となった。

AI が何を考えて回答したかを理解するのは困難な所であるが、害虫の場合、撮影画像内に占める対象物の面積割合が小さいことが関係しているのではないかと推察



図-10 AI 識別モデル開発の基本的流れ

された。

そこで、Grad-CAM という手法（AI 着目部位の強度を青く黄く赤で示す）により、AI が画像データ内のどこに着目してその回答を行ったかを分析した結果、2019年春段階の AI 識別モデルでは対象物ではなく背景の一部に“惑わされている”のではないかと考えられた（図-11）。

その結果より、画像切り出しによる学習データセット調整段階に問題があるのではないかと考え、画像切り出しの手法に工夫を加えることを試みた。虫対象で見られがち小さすぎるいわゆる“引き”の画像ではそもそも学習すべき対象を AI が認識しづらいことがわかったため、学習用画像の切り出し方の試行錯誤を行い最適化を図った。結果的に図-11に示したように、ある程度小さい対象物に対しての認識正解率が向上した。これにより“引き、寄り”の適応幅が増したと考えられたが、一方でユーザーが診断画像を撮影した際に、示された正方形枠内に対象物をできる限り大きく収められるピンチアウト機能をアプリケーションに装備することにした。

以上、難所にぶつかった一例として虫認識の事例を示したが、形の同等性が乏しい、または明瞭でない病害や、継時的な変化の度合いが大きい雑草についてもそれらに応じた難所が様々存在する。また、どのような環境下でどのように撮影されるか全く未知の画像に対する反応等々、今後改善していく余地は果てしなく大きいと考えている。また、画像に対する AI 診断のみでの限界があるだろうことから、より有効な情報をユーザーに提供するためにはどのようなデータや技術を組合せるのがよいか等、検討すべき課題は山積している。

また、改善を図っていくうえでの重要点として、生物主体サイドの我々と、システムを直接オペレーティングする立場の共同開発者(株)NTT データ CCS との密な協議と試行錯誤により PDCA サイクルをいかに回してい

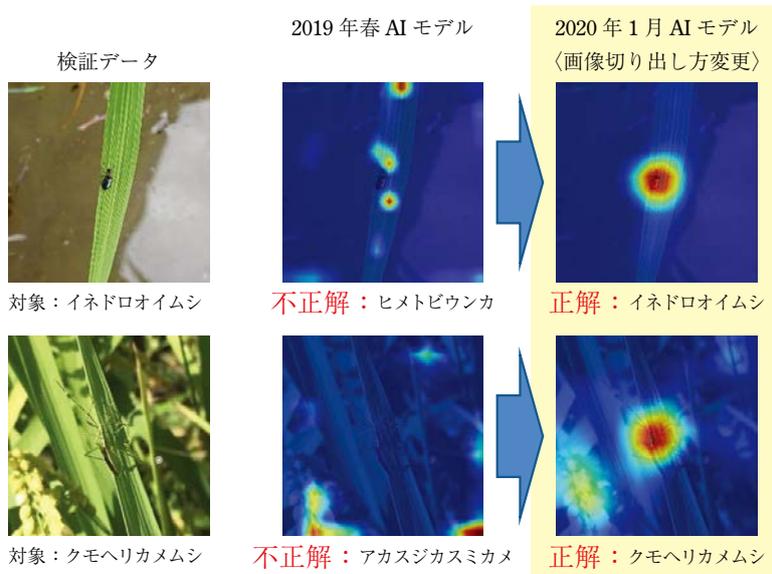


図-11 画像の切り出し方変更による認識正解率向上

くかだと実感している。

IV 社会実装後の状況

アプリケーションのダウンロード数は8月22日時点で約18,000件であり、その属性別構成は図-12の通りである。

農家と農協関係者で全体の約5割となっている。絶対数も約9,000人であり実際にAI診断の手段を獲得した農業者・現場指導者の方々の関心は極めて高いことがわかる。また、農薬メーカー、農薬の1次流通の利用も多く本アプリケーションへの関心の高さがうかがえる。診断機能のみならず、瞬時に対応農薬検索・詳細解説表示*ができる機能も活用されているものと推測する。

8月22日までの総診断数は約40,000であった。対象外（水稻病虫害、水田雑草以外の撮影）診断が全体の5割、診断モード選択誤りが1割、不適切な撮影・診断条件（背景への他診断対象の映り込み、診断時の拡大調整未実施等）が2割で、開発側で想定した診断条件下での診断は2割であった。この2割を対象とした平均正解率（AIが回答した複数候補を含む）は80~90%程度であった。対象によって正解率に差があり今後改善すべき対象が明確になったが、このことは社会実装しなければわからないことであった。

おわりに（今後の目標）

AIによる病虫害雑草診断は緒に就いたばかりで解

*現在は日本農薬、日産化学、日本曹達、三井化学アグロの製品に対応。

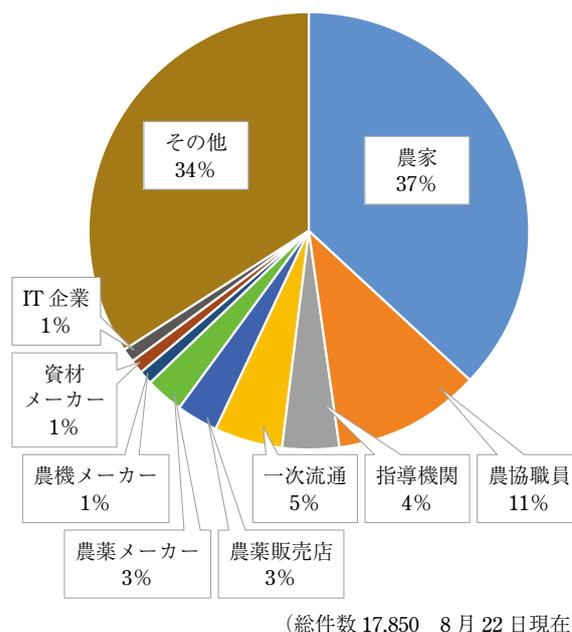


図-12 アプリケーションダウンロード属性別構成

決・改善すべき点は多く、現場での使用環境に即したAIの改善・アプリケーションの改良を実施し、より多くの農家の必須ツールに成長させ防除業務の効率性向上に貢献できるようにしたい。

AI診断の需要が高いと思われる作物から順次作物拡大を行う予定である。次期拡大作物として露地の葉菜類数種を計画している。各種作物への拡大と並行し、アプリケーションの機能強化を図る予定である。また、中長期的課題としては圃場の自動モニタリングシステムを活用し、病虫害雑草の自動管理システムへ発展させていく



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

地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所 かね こ しゅう じ
金 子 修 治

はじめに

近年、地球温暖化に伴う農業害虫の発生地域の拡大や発生量の増加、発生時期の早期化等が懸念されている(桐谷・湯川, 2010)。オオタバコガ *Helicoverpa armigera* (Hübner) (チョウ目: ヤガ科) は熱帯から亜熱帯地域を中心に分布する野菜や花き等の重要害虫で、日本では1990年代半ば以降、大阪府を含めて全国的に発生が増加傾向にある(吉松, 1995; 浜村, 1998; 2000; 國友ら, 2006; 砂池ら, 2012)。

本種は初夏から秋にかけて多く発生し、幼虫がトマトやナス、レタス、キク等の新芽や葉、果実、花・蕾等を食害して商品価値や収穫量を低下させる(吉松, 1995; 浜村, 1998; 2000)。また、幼虫は茎や果実、結球部に食入することが多く、その被害を防ぐためには、食入前のふ化幼虫から若齢幼虫に対して殺虫剤を施用することが重要である(吉松, 1995)。特にレタスでは、結球部に食入する前のふ化直後の幼虫を対象に防除を行う必要がある(豊嶋, 1999)。このため、本種をより効果的かつ効率的に防除するには、幼虫のふ化盛期をできる限り正確かつ早期に予測する必要がある。そして、その予測には、親世代成虫の発生盛期の把握が欠かせない。国内の多くの地域では、本種成虫の発生盛期を推定するため、フェロモントラップを用いた雄成虫の誘殺数調査が実施されている(浜村, 1998; 2000; 栗原, 2010)。

今後、地球温暖化に伴って年間の気温が上昇した場合、国内では本種の発生盛期の早期化や年間発生世代数の増加が引き起こされる可能性がある。このため、年間気温の上昇時における本種の発生パターン、とりわけ成虫発生盛期を事前に予測することは、今後の防除対策、

特に殺虫剤の適期施用による防除効果の向上や効率化に役立つと考えられる。

そこで筆者らは、気温上昇が本種の成虫発生盛期や年間発生世代数に及ぼす影響を推定するため、一般社団法人日本植物防疫協会が運用する会員制サービス「JPP-NET」がインターネット上で提供するコンピュータプログラム「有効積算温度計算シミュレーション version2」を利用して、気温データから本種成虫の羽化最盛日を予測するシミュレーションモデルを作成した(金子ら, 2017)。なお、このコンピュータプログラムでは、気象庁が運用するアメダス(AMeDAS: 地域気象観測システム)の各観測地点における気温データを利用する。

作成したシミュレーションモデル(以下、モデル)については、大阪府羽曳野市にある大阪府立環境農林水産総合研究所(以下、研究所)で調査された本種のフェロモントラップにおける雄成虫誘殺数の最多日(以下、誘殺ピーク日)と近隣のアメダス観測地点「大阪府堺」の気温データを用いて予測した本種成虫の羽化最盛日(以下、羽化ピーク日)との比較により、その有効性を検証した。そして、有効性が認められた本モデルを用いて、年間気温の上昇時における本種成虫の羽化ピーク日や年間発生世代数を予測したので、その結果を紹介する。

I 大阪府羽曳野市における雄成虫の誘殺消長

本モデルの適合性の検討には、研究所内露地圃場で2009~16年の4~11月に調査されたフェロモントラップによる本種雄成虫の誘殺データを利用した。フェロモントラップにはSEトラップ(サンケイ化学製)を、誘引源にはオオタバコガ用発生予察用フェロモン製剤(サンケイ化学製)を用いた。調査期間中、フェロモントラップに誘殺された雄成虫をおおむね3~4日間隔で計数し、誘引源は約1か月ごとに交換した。

フェロモントラップにおける誘殺ピーク日を求める際には、各調査日に記録された誘殺数をその調査間隔(日数)で割ることで、その調査間隔内の各日における1日

Forecast of Adult Emergence Dates of *Helicoverpa armigera* in Osaka Prefecture by Using a Simulation Program Based on the Total Effective Temperature Provided by JPP-NET. By Shuji KANEKO

(キーワード: オオタバコガ, JPP-NET, シミュレーションモデル, 地球温暖化, 有効積算温度)

当たりの平均誘殺数を算出し、さらに、各日とその前日および翌日の各々における1日当たりの平均誘殺数から3日間の平均値（移動平均）を算出し、それを各日の誘殺数とした。そして、各世代の成虫発生期間において最大の誘殺数を示した日を各世代における誘殺ピーク日（以下、誘殺ピーク実測日）とした。

研究所におけるフェロモントラップによる雄成虫の誘殺ピーク実測日を表-1に示す。越冬世代の誘殺ピーク実測日は年により5月7日～5月26日に変動し、最大19日の開きがあった。第1世代では6月23日～7月12日に変動し、同じく最大19日の開きがあった。第2世代と第3世代ではそれぞれ最大11日と14日の開きとなり、変動はやや小さかった。第4世代の誘殺ピーク実測日は10月19日～11月6日に変動し、最大18日の開きで、誘殺ピーク日が認められない年が2年あった。

各年における雄成虫誘殺数の推移を基に算出された8年間の平均誘殺数の推移を図-1に示す。誘殺数は、6月下旬から8月上旬にかけて大きく増加し、10月中旬に最も多くなった。この平均誘殺数の推移における各世代での誘殺ピーク日は、越冬世代で5月9日、第1世代で

7月3日、第2世代で7月31日、第3世代で9月11日、第4世代で10月20日となり、各年における誘殺ピーク実測日の8年間の平均値（表-1）とおおむね一致した。

II シミュレーションモデルの作成と検証

本モデルでは、「有効積算温度計算シミュレーション version2」において、本種の各世代（越冬世代から第4世代）の各発育ステージ（卵、幼虫、蛹、産卵前成虫）における発育パラメータ（発育零点、発育上限温度、発育停止温度、有効積算温度）を、各発育ステージの期間と気温との関係等に関する研究（CASIMERO, 2001；JALLOW and MATSUMURA, 2001；LIU et al., 2006；MIRONIDIS and SAVOPOULOU-SOULTANI, 2008）に基づいて設定し、各世代の成虫の羽化ピーク日を予測するように作成した（設定に関する詳細は金子ら（2017）を参照）。なお、作成した本モデルは、「有効積算温度計算シミュレーション version2」で、パラメータ名「(大阪) オオタバコガ ver.10」として保存している。

本モデルを用いて、各年の1月1日を起点として、研究所における各世代の成虫の羽化ピーク日を予測した。

表-1 大阪府立環境農林水産総合研究所（大阪府羽曳野市）におけるフェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫の各世代での誘殺ピーク実測日（金子ら（2017）より関西病虫害研究会の承諾を得て転載）

世代	年								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	平均
越冬	5月20日	5月26日	5月11日	5月17日	5月8日	5月14日	5月7日	5月8日	5月13日
第1	6月24日	7月4日	7月3日	7月12日	7月3日	7月3日	6月24日	6月23日	6月30日
第2	8月6日	7月28日	7月31日	8月8日	8月7日	8月5日	8月5日	7月31日	8月3日
第3	9月2日	9月16日	9月11日	9月6日	9月11日	9月7日	9月16日	9月11日	9月10日
第4	10月25日	10月20日	11月6日	10月30日	10月19日	n.d.	n.d.	10月20日	10月25日 ^{a)}

n.d.：誘殺ピーク日が確認されなかった。

^{a)} 誘殺ピーク日が確認された年のみの平均値。

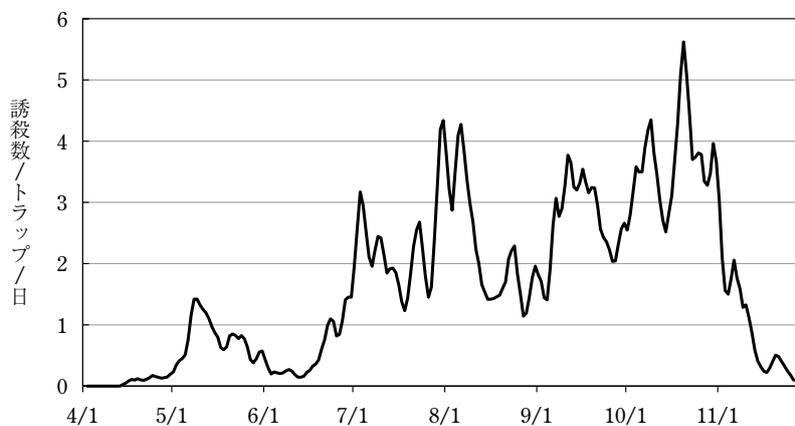


図-1 大阪府立環境農林水産総合研究所（大阪府羽曳野市）におけるフェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫の誘殺数の推移（2009～16年の平均値）

その際の気温データについては、研究所から最も近いアメダス地点である「大阪府堺」で該当年に観測された実測値を用いて、研究所敷地内で観測された過去の気温データとの比較に基づき -0.5°C の補正を行った（詳細は金子ら（2017）を参照）。そして、本モデルが算出した研究所における成虫の羽化ピーク日（以下、羽化ピーク予測日）と研究所に設置したフェロモントラップにおける雄成虫の誘殺ピーク実測日とを比較した。

表-2 に誘殺ピーク実測日と羽化ピーク予測日との差を示す。その差を求めることができた全 36 回のうち 24 回（66.7%）で、その差は前後 5 日以内に収まった。この結果から、本モデルは、研究所における本種成虫の羽化ピーク日の予測においておおむね適合していると判断した。特に第 2 世代では誘殺ピーク実測日と羽化ピーク予測日との差は全体的に小さく、次いで第 1 世代でその差は比較的小さかった。

一方、越冬世代では、検証した 8 年のうち、誘殺ピーク実測日と比べて羽化ピーク予測日が 6 日以上遅い年が 4 年あり、誘殺ピーク実測日と羽化ピーク予測日との差も平均で 6.0 日と大きかった（表-2）。このため、越冬世代成虫については、本モデルの適合性は低いと考えら

れた。研究所における越冬世代成虫の発生時期には、越冬条件（休眠や越冬場所等）や成虫の長距離移動等、様々な要因が関与している可能性がある。したがって、研究所付近では越冬世代成虫については発生ピーク日を有効積算温度に基づくモデルで正確に予測することは難しいと考えられる。

III 気温上昇時の羽化ピーク日の予測

年間気温の上昇時における本種成虫の発生パターンを予測するため、研究所における気温が平年値と比べて 0.5°C ずつ $+2.0^{\circ}\text{C}$ まで上昇した場合の各世代の羽化ピーク予測日を算出した。算出の際は、本モデルにおいてアメダス地点「大阪府堺」の気温の平年値に -0.5°C の温度補正を行ったうえで、 $\pm 0^{\circ}\text{C}$ から 0.5°C ずつ $+2.0^{\circ}\text{C}$ までの温度条件を設定し（すなわち、モデル上では -0.5°C ～ $+1.5^{\circ}\text{C}$ の温度補正）、それぞれの設定気温時における羽化ピーク日を予測した。

表-3 にその結果を示す。研究所における羽化ピーク予測日は、年間の平均気温が 0.5°C 上昇につき、第 1 世代と第 2 世代では 3～4 日、第 3 世代では 4～6 日早くなった。本種の羽化ピーク日が早まった場合、次世代の幼

表-2 大阪府立環境農林水産総合研究所（大阪府羽曳野市）におけるフェロモントラップによるオオタバコガ雄成虫の誘殺ピーク実測日と作成したシミュレーションモデルが算出した羽化ピーク予測日との各世代での比較：表中の数字は誘殺ピーク実測日から羽化ピーク予測日を引いた日数を示す（金子ら（2017）より関西病虫害研究会の承諾を得て転載）

世代	年								誤差の平均 ^{a)}
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
越冬	3	5	-9	-1	-14	-6	-6	-4	6.0
第 1	-7	0	0	7	0	-1	-6	-6	3.4
第 2	2	-9	-4	3	5	0	2	-1	3.3
第 3	-5	11	5	0	5	-3	9	9	5.9
第 4	n.c.	0	4	n.c.	-5	n.d.	n.d.	5	3.5 ^{b)}

n.c.：誘殺ピーク日が確認されたが、羽化ピーク予測日は算出されなかった。

n.d.：誘殺ピーク日が確認されず、羽化ピーク予測日も算出されなかった。

^{a)} 誘殺ピーク実測日から羽化ピーク予測日を引いた日数の絶対値の平均値。

^{b)} 誘殺ピーク日と羽化ピーク予測日との差が算出された年だけの平均値。

表-3 作成したシミュレーションモデルが算出した年平均気温の各変化時における大阪府立環境農林水産総合研究所（大阪府羽曳野市）でのオオタバコガ各世代の羽化ピーク予測日（金子ら（2017）より関西病虫害研究会の承諾を得て転載）

世代	年平均気温の変化				
	平年値	+0.5 $^{\circ}\text{C}$	+1.0 $^{\circ}\text{C}$	+1.5 $^{\circ}\text{C}$	+2.0 $^{\circ}\text{C}$
越冬	5月 25日	5月 21日	5月 18日	5月 15日	5月 12日
第 1	7月 7日	7月 4日	7月 1日	6月 27日	6月 24日
第 2	8月 9日	8月 6日	8月 2日	7月 29日	7月 25日
第 3	9月 13日	9月 7日	9月 2日	8月 27日	8月 23日
第 4	n.c.	n.c.	10月 21日	10月 2日	9月 24日

n.c.：羽化ピーク予測日が算出されなかった。

虫のふ化盛期およびそれに対する殺虫剤の施用適期も同程度早まると推測されるため、年間平均気温の上昇時には、それぞれの世代で上昇程度に応じた早期の薬剤防除が必要になると考えられる。

研究所における年間発生世代数は、年平均気温が現在の平年値と比べて1℃以上上昇した場合には、10月に第4世代が追加され、年4世代から5世代に増加すると予測された(表-3)。ただし、この「平年値」は、規定により、2020年時には1981~2010年までの30年間の平均値である。「大阪府堺」では、年平均気温の「平年値」は15.9℃であるが、トラップ調査を行った8年間(2009~16年)における年平均気温の平均値は16.8℃と、「平年値」と比べて0.9℃高い。すなわち、平年値と比べて1℃の気温上昇を仮定した状況は、トラップ調査を行った8年間の気温状況に近いと考えられる。実際、平年値と比べて1℃上昇した場合の各世代の羽化ピーク予測日(表-3)は、調査した8年間における各世代の誘殺ピーク実測日の平均値(表-1)に近い。

したがって、将来の状況を予測する際には、年平均気温が「現在の平年値」と比べて1.5℃または2.0℃上昇した場合の羽化ピーク予測日(表-3)を参考にする必要がある。本モデルでは、平年値より1.5℃または2.0℃上昇すると、第4世代の羽化ピーク日が大幅に早まることが示唆された。第4世代成虫の発生が大幅に早まった場合(例えば、平年値より2.0℃上昇した場合、羽化ピーク予測日は9月24日)、秋季(10~11月)の幼虫発生の増加や長期化が懸念されることから、防除回数を増やすなどの対策が必要になると考えられる。

一方で、オオタバコガは幼虫期に高温に曝されると蛹期に夏季休眠を行うことが知られている(Liu et al., 2006)。しかし、本種の夏季休眠については、その導入および解除に必要な条件・期間や休眠継続期間等不明な点が多く、国内における状況は解明されていない。このため、本モデルでは、夏季の高温の影響を考慮する必要

性から発育停止温度を設定したものの、夏季休眠の導入・解除等に関する条件は組み込んでいない。今後、国内における本種の夏季休眠について詳細が明らかになれば、夏季休眠と羽化時期との関係の本モデルに組み込むことが可能か検討し、可能な場合は気温上昇、特に夏季の高温化が本種の発生パターンに及ぼす影響について予測を行う必要がある。

おわりに

本モデルを作成する際に最も苦慮したのが、本種の発育上限温度と発育停止温度の設定である。本種においては、これらの温度に関する研究例は少ないことから、本モデルで設定したこれらの数値の信頼性はあまり高くない。最近、国内では、夏季のさらなる高温化が深刻な問題となっている。今後、秋季における害虫の発生時期を予測する際には、このような夏季の非常に高い気温が虫の発育に及ぼす影響をより正確に評価・解明し、モデルに組み込む必要がある。このため、発育上限温度と発育停止温度、夏季休眠に関する研究は、本種だけでなく、様々な害虫種でより重要になると考えられる。

引用文献

- 1) CASIMERO, V. V. (2001): オオタバコガの幼虫の発育、繁殖形質および飛翔活動性に関する研究, 岡山大学博士論文.
- 2) 浜村徹三 (1998): 植物防疫 52: 407~413.
- 3) ——— (2000): 同上 54: 278~286.
- 4) JALLOW, M. F. A. and M. MATSUMURA (2001): Appl. Entomol. Zool. 36: 427~430.
- 5) 金子修治ら (2017): 関西病虫研報 59: 105~108.
- 6) 桐谷圭治・湯川淳一 (2010): 地球温暖化と昆虫, 全国農村教育協会, 東京, 347 pp.
- 7) 國友義博ら (2006): 関西病虫研報 53: 119~122.
- 8) 栗原 潤 (2010): 植物防疫 64: 128~131.
- 9) LIU, Z. et al. (2006): J. Insect Physiol. 52: 1012~1020.
- 10) MIRONIDIS, G. K. and M. SAVOPOULOU-SOULTANI (2008): Environ. Entomol. 37: 16~28.
- 11) 砂池利浩ら (2012): 関西病虫研報 54: 89~92.
- 12) 豊嶋悟郎 (1999): 今月の農業 43(7): 90~94.
- 13) 吉松慎一 (1995): 植物防疫 49: 495~499.

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

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 法人本部 み さわ とも お
三 澤 知 央

はじめに

Rhizoctonia 属菌およびその関連属菌は多様な作物に感染し、様々な症状を引き起こす。植物病害としては *Rhizoctonia solani* (完全世代 *Thanatephorus cucumeris*) によるものが圧倒的に多い。次いで2核 *Rhizoctonia* (完全世代 *Ceratobasidium*) による病害である。イネ科作物では *Waitea circinata* による病害も発生する。

R. solani は菌糸融合反応に基づき菌糸融合群 (Anastomosis Group : AG) に分類され、さらに培養菌叢・病原性等に基づきサブグループ (亜群) に分類されている。現在までに AG-1~13 が報告されている (CARLING et al., 2002)。

2核 *Rhizoctonia* も菌糸融合反応により分類され、AG-A~W が報告されている (YANG et al., 2015)。

W. circinata は病原性・培養菌叢・rDNA-ITS 領域の塩基配列に基づき五つの variety (*agrostis*, *circinata*, *oryzae*, *prodigus* および *zeae*) に分類されている (KAMMERER et al., 2011)。

本稿では、近年我が国で発生した *Rhizoctonia* 属菌とその関連属菌による病害および、それに関連した分類学的な知見について、筆者の研究成果を中心に紹介する。

I *Rhizoctonia solani* AG-1

R. solani AG-1 は IA, IB, IC, ID, IE, IF, IG の七つの亜群に分類され、AG-1 IA, IB, IC の3亜群が我が国に分布する。

1 *R. solani* AG-1 IA によるイネ紋枯病および疑似紋枯症

近年、北海道の水田地帯で紋枯病 (図-1a) とそれに病徴が類似した疑似紋枯症 (6病害の総称) の発生が増加傾向にある。そこで、道南地域における菌種構成を明らかにするために、2015~16年に渡島地方 (太平洋側) の10圃場から58菌株、松山地方 (日本海側) の9圃場から34菌株を分離し、ブドウ糖加用ジャガイモせん汁寒天 (PDA) 斜面培地上における培養菌叢と特異的プライマー (表-1) を用いたPCR法によって分離菌を同定した。

分離菌の培養菌叢は図-1b~dに示した三つのタイプに分類された。菌叢が褐色で直径1~3mmの濃褐色の菌核を形成する菌 (図-1b) はPCR法で紋枯病菌 (*R. solani* AG-1 IA), 菌叢が淡褐色で直径約1mmの淡褐色の菌核を形成する菌 (図-1c) はPCR法で褐色菌核病菌 (2核 *Rhizoctonia* AG-Bb), 菌叢が乳白色で直径1~2mmのオレンジ色の菌核を形成する菌 (図-1d) はPCR法で

表-1 イネ紋枯病菌, 褐色菌核病菌, 赤色菌核病菌の特異的PCRプライマー

菌種	プライマー	プライマー配列 (5'-3')	アニーリング温度	PCR産物	参考文献
紋枯病菌	AG-1 IA-F	CCTTAATTTGGCAGGAGGG	58℃	540 bp	国永 (2003)
	AG-1 IA-R	GACTATTAGAAGCGGTTCA			
褐色菌核病菌	ITS1 GMROS-2	TCCGTAGGTGAACCTGCGG CGGCTCATCTTGAAAAATCC	65℃	650 bp	JOHANSON et al. (1998)
赤色菌核病菌	GMRO-3 R635	TACGCCTTGAAGTCCCTGTAG GGTCCGTGTTTCAAGACGG	65℃	800 bp	

Rhizoctonia Diseases Recently Occurred in Japan. By Tomoo MISAWA

(キーワード: 同定, 新病害, *Ceratobasidium*, *Rhizoctonia*, *Waitea*)

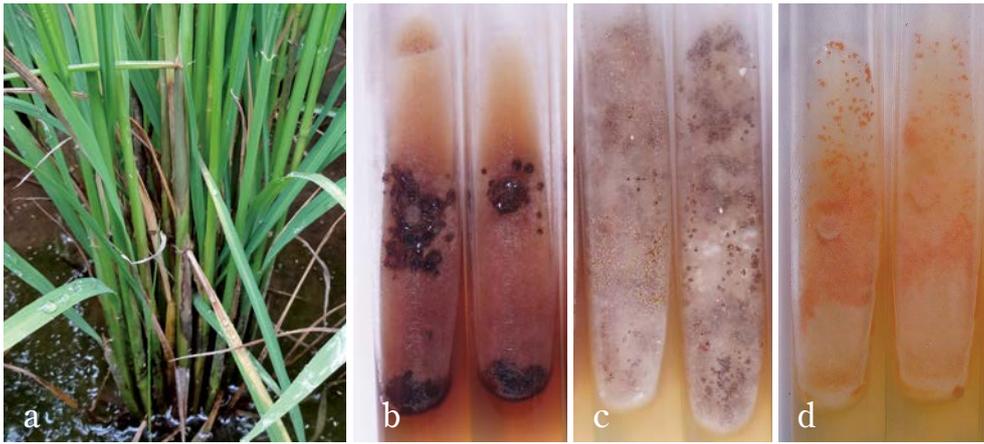


図-1 a: イネ紋枯病, PDA斜面培地上での分離菌の培養菌叢 (b~d),
b: イネ紋枯病菌, c: イネ褐色菌核病菌, d: イネ赤色菌核病菌

表-2 北海道道南地域 (渡島・松山) におけるイネ紋枯病および疑似紋枯症の菌種構成

渡島地方	分離菌株数 (割合)				松山地方	分離菌株数 (割合)			
	合計	紋枯病菌	褐色菌核病菌	赤色菌核病菌		合計	紋枯病菌	褐色菌核病菌	赤色菌核病菌
北斗市 1	5	5	0	0	せたな町 1	1	0	1	0
北斗市 2	5	5	0	0	せたな町 2	5	5	0	0
北斗市 3	7	1	2	4	せたな町 3	2	0	0	2
七飯町 1	8	1	2	5	今金町 1	5	0	0	5
七飯町 2	5	0	2	3	今金町 2	5	0	5	0
七飯町 3	5	0	5	0	今金町 3	4	0	4	0
福島町 1	3	3	0	0	乙部町 1	2	0	0	2
函館市 1	8	5	3	0	江差町 1	5	0	3	2
知内町 1	7	5	2	0	江差町 2	5	0	2	3
木古内町 1	5	4	1	0					
渡島計	58	29(50.0%)	17(29.3%)	12(20.7%)	松山計	34	5(14.7%)	15(44.1%)	14(41.2%)

赤色菌核病菌 (*W. circinata* variety *oryzae*) と同定された。

渡島地方では、紋枯病菌が 50.0%、褐色菌核病菌が 29.3%、赤色菌核病菌が 20.7% であり、紋枯病菌が優占していた。一方、松山地方では、紋枯病菌が 14.7%、褐色菌核病菌が 44.1%、赤色菌核病菌が 41.2% であり、褐色菌核病菌と赤色菌核病菌が優占しており、渡島地方と松山地方で種構成が異なった (表-2)。せたな町では圃場 1, 2, 3 から異なる菌種が分離され、同一町内でも圃場ごとに菌種が異なった。また、調査した 19 圃場中 8 圃場で圃場内に複数の菌種が混在していた。

2 *R. solani* AG-1 IB によるニンジン葉腐病

2016 年に北海道で収穫期のニンジンで葉柄と葉身が腐敗する症状が発生した (図-2a, b)。罹病植物上および土壌表面には白色の菌糸が生じた (図-2b)。病原菌は *R.*

solani AG-1 IB であった。*R. solani* によるニンジン病害としては AG-2-2 IV による根腐病が報告されており (長井・深津, 1971)、北海道においても広く発生している。そこで AG-1 IB と AG-2-2 IV のニンジンに対する病原性を比較した。AG-1 IB は地上部に葉腐症状のみ、AG-2-2 IV は地下部に根腐症状のみを起こし、病原性が明らかに異なった。そのため、本症状を根腐病とは別病害であると判断し、葉腐病と命名した (MORI et al., 2021)。

3 *R. solani* AG-1 IC によるキャベツ株腐病

R. solani AG-1 IC は、主に苗立枯病を起こす菌群である。2015 年に北海道で収穫期のキャベツで AG-1 IC による株腐病 (図-3) が発生し、本菌が生育した植物にも病気を起こすことが明らかとなった (MISAWA and AOKI, 2017)。ネギにおいても生育した植物に AG-1 IC が感染



図-2 ニンジン葉腐病

a: 葉身の腐敗, b: 葉身~葉柄の腐敗, 罹病植物上と土壤表面に生じた白色の菌糸 (坂内泰輔氏原図) (Mori et al., 2021 より転載).



図-3 キャベツ株腐病 (MISAWA and AOKI, 2017 より転載)

する事例が認められている (MISAWA et al., 2017 a)。

II *Rhizoctonia solani* AG-2

R. solani AG-2 は AG-2-1, AG-2-2 IV, AG-2-2 IIIB, AG-2-2 LP, AG-2-2 WB, AG-2-3, AG-2-4, AG-2 BI に分類され, 我が国には AG-2-2 WB と AG-2-4 以外が分布する。

1 日本産 *R. solani* AG-2-1 菌株の rDNA-ITS 領域の塩基配列に基づく分類

CARLING et al. (2002) は世界各地から分離した *R. solani* AG-2-1 菌株を rDNA-ITS 領域の塩基配列に基づき Subset 1~3 に分類した。日本産 2 菌株は Subset 1 とされたが, その後も日本産菌株の解析はほとんど行われていなかった。

筆者らは, 北海道内の各種作物から分離した AG-2-1・20 菌株および国内各地から分離され農業生物資源データベースに保存されていた AG-2-1・8 菌株について, rDNA-ITS 領域の塩基配列を解読し, 分子系統解析を実

施した (MISAWA and KUNINAGA, 2010; MISAWA et al., 2018; 三澤ら, 2019; 三澤・黒瀬, 2020)。

農業生物資源データベース保存全 8 菌株および北海道産 9 菌株 (各種アブラナ科野菜・ニラ由来) は Subset 1 であった。北海道産 6 菌株 (各種アブラナ科野菜・ネギ由来) は Subset 1~3 とは別の系統群を形成し, 新グループ clade HK と命名した。北海道産 2 菌株 (ブロッコリー・ハウレンソウ由来) は Subset 2, 北海道産 3 菌株 (トマト・イチゴ由来) は Subset 3 であった。なお, Subset 3 は, 別名 AG-2-Nt と呼称されていたが, 三澤・国永 (2013) は AG-2-1/Nt と呼称することを提案している。

Subset 1~3 および clade HK 菌株の PDA 平板上の培養菌叢を図-4 に示した。Subset 1 は褐色の菌叢上に 4~5 重の明瞭な輪紋を形成 (図-4a), clade HK の菌叢は Subset 1 に類似するが輪紋が不明瞭 (図-4b), Subset 2 は培養菌叢色が薄く不明瞭な輪紋を形成 (図-4c), Subset 3 は培養菌叢色は薄く直径 2~5 mm の白色菌核を形成する (図-4d)。しかし, 培養菌叢は培養条件や菌株による変異が大きく, 培養菌叢のみからこれらを識別することは困難である。三澤 (2019) は, 国永史朗博士が設計し, 未発表であった Subset 1~3 特異的 PCR プライマーを紹介している (表-3)。clade HK 特異的プライマーは未設計である。

2 *R. solani* AG-2-1 によるニラ白色葉腐病

2006~07 年に北海道のニラで春の萌芽期に萌芽遅延および葉先の腐敗症状が発生した (図-5a)。病原菌は *R. solani* AG-2-1 (Subset 1) であった。*R. solani* によるニラ病害としては AG-4 HG-I によって夏の株養成期に外葉が枯死する葉腐病が栃木県で報告されている (中山ら, 1992)。そこで AG-2-1 と AG-4 HG-I のニラに対する病

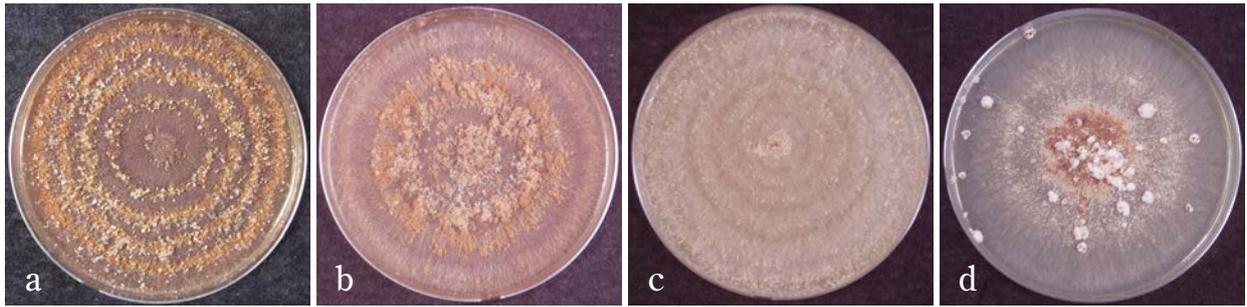


図-4 PDA 平板培地上での *R. solani* AG-2-1 の培養菌叢
 a : Subset 1, b : clade HK, c : Subset 2, d : Subset 3 (MISAWA et al., 2018 より転載).

表-3 *Rhizoctonia solani* AG-2-1・Subset 1~3 特異的 PCR プライマー

Subset	プライマー	プライマー配列 (5'-3')	アニーリング温度	PCR 産物
Subset1	21-S1F	TTGTAGCTGGCCATTATTCA	50℃	600 bp
	21-S1R	GAGATCAGATCATAAAGGTG		
Subset2	21-S23F	CTGAACGCCTCTAAGTCAGAA	50℃	400 bp
	21-S2R	ATCTCCCACCTTCTTCTC		
Subset3	21-S23F	CTGAACGCCTCTAAGTCAGAA	50℃	430 bp
	21-S3R	GGTTGTCTCACACCACCTAC		



図-5 ニラ白色葉腐病
 a : 萌芽遅延と葉先の腐敗, b : 接種試験・25℃, 無接種 (左), AG-2-1 接種 (中央 2 株: 無症状), AG-4 HG-I 接種 (右: 外葉が枯死) (MISAWA and KUNINAGA, 2013 より転載).

原性を比較した。AG-2-1 は 15℃ の低温下で萌芽遅延と葉先の腐敗のみを発生させ、AG-4 HG-I は 25℃ の高温条件下で外葉の枯死症状のみを起こし (図-5b), 病原性が明らかに異なった。そのため、本症状を葉腐病とは別病害であると判断し、白色葉腐病と命名した (MISAWA and KUNINAGA, 2013)。

3 *R. solani* AG-2-2 IV によるブロッコリー株腐病

2007 年に北海道で収穫期のブロッコリーで地際部が褐色に軟化・腐敗し (図-6a), 地上部が萎れる症状 (図-6b) が発生した。病原菌は *R. solani* AG-2-2 IV であった。

R. solani によるブロッコリー病害としては AG-1 IC および AG-2-2 IIIB による苗立枯病が報告されている (窪田・我孫子, 1997; 窪田ら, 2009)。そこで、苗立枯病菌 (AG-1 IC, AG-2-2 IIIB) と AG-2-2 IV のブロッコリーに対する病原性を様々な条件で比較した。その結果、AG-2-2 IV のみが収穫期近くのブロッコリーに強い病原性を示し、萎凋症状を起こすことが明らかとなった。そのため、本症状を苗立枯病とは別病害であると判断し、株腐病と命名した (MISAWA et al., 2015)。



図-6 ブロッコリー株腐病
a: 地際部の褐変・腐敗, b: 地上部の萎れ (MISAWA et al., 2015 より転載).

III *Rhizoctonia solani* AG-3

R. solani AG-3 は PT, TB, TM の三つの亜群に分類され、我が国には AG-3 PT と TM が分布する。

1 *R. solani* AG-3 TM (新亜群) によるトマト葉腐病

トマト葉腐病 (図-7) は 1984 年に *R. solani* AG-3 による病害として岡山県で報告された (伊達ら, 1984) が、病原菌の亜群は長い間不明であった。筆者らは秋田県・福島県・岡山県および米国から分離したトマト葉腐病菌について、AG-3 PT, TB 菌株と 3 領域 (rDNA-ITS 領域・rDNA-IGS1 領域・*TEF-1α* 遺伝子) の塩基配列を比較し、トマト葉腐病菌を新亜群 AG-3 TM と位置付けた (MISAWA et al., 2020)。

2 *R. solani* AG-3 PT によるトマト株腐病

2004~07 年に北海道内の 3 圃場で定植 2~8 週間後のハウス栽培トマトで地際部が褐色に軟化・腐敗し (図-8a), 地上部が萎れる症状 (図-8b) が発生した。病原菌

は *R. solani* AG-3 PT であり、株腐病と命名した (MISAWA and KUNINAGA, 2010)。AG-3 PT はジャガイモ黒あざ病菌として世界各地に分布することが知られていたが、トマトにも病害を起こすことが明らかとなった。



図-7 トマト葉腐病 (佐山玲博士原図)

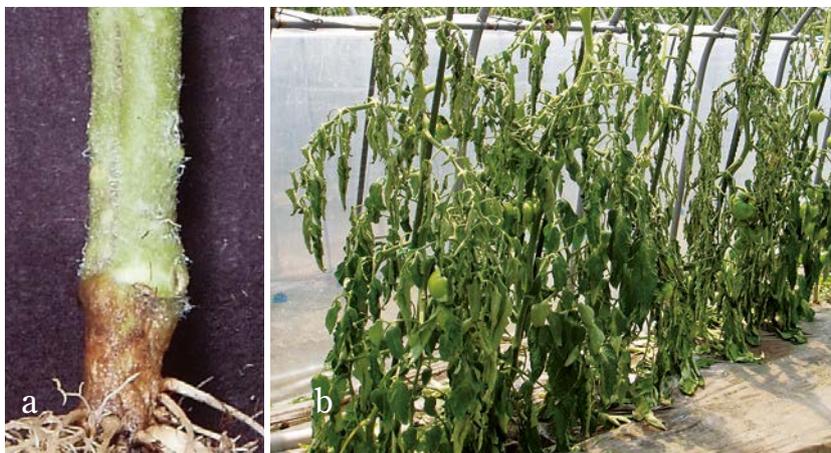


図-8 トマト株腐病
a: 地際部の褐変・腐敗, b: 地上部の萎れ (MISAWA and KUNINAGA, 2010 より転載).

IV *Rhizoctonia solani* AG-4

R. solani AG-4 は HG-I, HG-II, HG-III の三つの亜群に分類されており、3 亜群とも我が国に分布する。

1 *R. solani* AG-4 など多様な菌群によるネグリゾクトニア葉鞘腐敗病

2007~13年に北海道各地のネギ圃場で収穫期近くに葉鞘が腐敗し(図-9a)、外葉が枯死する症状(図-9b)が発生した。20圃場から20菌株を分離し、同定した結果、*R. solani* AG-4をはじめとした多様な *Rhizoctonia* 属菌が本症状の発生に関与していることが明らかとなり、リゾクトニア葉鞘腐敗病と命名した(MISAWA et al., 2017 a)。病原菌は *R. solani* AG-1 IB, AG-1 IC, AG-2-1, AG-2-2 III B, AG-4 HG-I, AG-4 HG-II, AG-5, 2核 *Rhizoctonia* AG-U および AG-4 HG-I と HG-II の両方の rDNA-ITS 領域の塩基配列を持つハイブリッド菌株であった。AG-4 HG-I と HG-II のハイブリッド菌株は、本研究において世界で初めて報告された。

2 国内における *R. solani* AG-4 HG-I, HG-II, HG-III の分布

我が国では *R. solani* AG-4 による病害の初発生報告論文において亜群が未同定の事例が多く、各亜群の分布や生態的特徴は不明であった。MISAWA and KUROSE (2019) は農業生物資源ジーンバンク保存 AG-4・21 菌株について亜群を同定した。AG-4 HG-I が 18 菌株であり、我が国で AG-4 HG-I が優占している実態が明らかとなった。ハウレンソウおよびテンサイ由来の 2 菌株は HG-III であった。これは、我が国でオカヒジキ・リョクトウ・コマツナに次ぐ AG-4 HG-III の分離事例である。福島県のカリフラワー由来の 1 菌株は AG-4 HG-I と HG-II のハイブリッド菌株であり、同亜群が北海道のネギ以外か

らも分離されることが明らかとなった。

検定菌株のなかに AG-4 HG-II は認められなかった。また、国内での AG-4 HG-II による病害の報告はニンジン苗木立枯病(米本ら, 2008)とネグリゾクトニア葉鞘腐敗病(MISAWA et al., 2017 a)の2例しかない。KUNINAGA and YOKOSAWA (1984) が AG-4 HG-II 設立の根拠とした 8 菌株のうち 6 菌株が北海道のテンサイ由来菌株であり、AG-4 HG-II は北海道のテンサイ以外からは滅多に分離されないと考えられた。

V *Rhizoctonia solani* AG-5

R. solani AG-5 は亜群に分類されておらず、我が国に分布する。

1 *R. solani* AG-5 によるトリカブト立枯病

2015年に北海道でトリカブトの茎地際部が腐敗し、地上部全体が枯死する症状が発生した(図-10)。発病株の球根および根も黒変した。病原菌は *R. solani* AG-5 であり、立枯病と命名した(Mori et al., 2020)。国内における AG-5 による病害の発生事例は少なく、テンサイ苗木立枯病(内藤ら, 1975)などいくつかの作物で報告があるのみである。

VI *Rhizoctonia solani* AG-6

R. solani AG-6 は北海道の未耕起土壌から分離された菌群に基づいて設立された AG であり、HG-I, Gv1, Gv2, Gv3, Gv4 の五つの亜群に分類される。我が国には AG-6 HG-I, Gv1, Gv2 が分布する。

1 罹病植物からの *R. solani* AG-6 の分離

MISAWA and KUROSE (2019) は農業生物資源ジーンバンクに *R. solani* として保存されていたカラマツおよびアカマツの罹病組織由来の菌株を AG-6 と再同定した。



図-9 ネグリゾクトニア葉鞘腐敗病
a: 葉鞘部の腐敗, b: 外葉の枯死 (MISAWA et al., 2017 a より転載)。



図-10 トリカブト立枯病 (森万葉実氏原図)
(Mori et al., 2020 より転載)

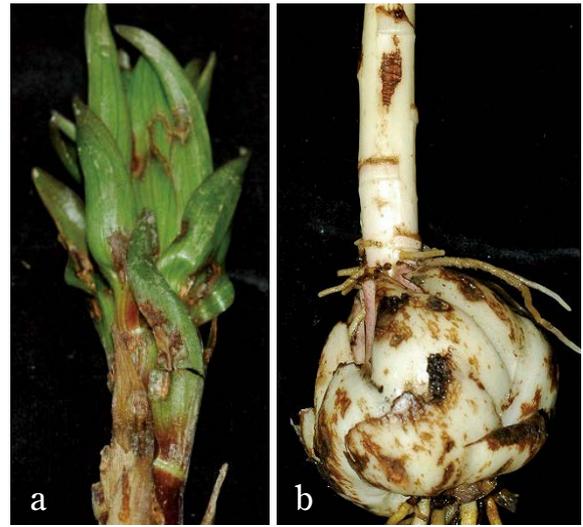


図-11 ユリ株腐病
a : 地上部, b : 地下部 (栢森美如氏原図)
(Misawa et al., 2017 b より転載).

海外では AG-6 による植物病害の発生が報告されているが、我が国では初の罹病植物からの AG-6 の分離事例である。農業生物資源遺伝子バンク保存 AG-6 菌株の分離源の病徴は不明で、菌株の病原性も未確認である。また、亜群も未同定である。

VII *Rhizoctonia solani* AG-11

我が国には *R. solani* AG-1~7 が分布し (本間ら, 1983), AG-7 が報告された 1983 年以降, 30 年以上新しい AG による病害の発生は報告されていなかった。

1 *R. solani* AG-11 によるユリ株腐病

2012 年に北海道のユリで葉・茎・球根に褐変が生じ、萌芽が遅延する症状が発生した (図-11)。罹病株から分離した菌の同定および病原性試験の結果、本症状が我が国で初の *R. solani* AG-11 による病害 (ユリ株腐病) であることが明らかとなった (Misawa et al., 2017 b)。また、rDNA-ITS 領域の塩基配列の解析の結果、日本のユリ菌株は、オーストラリアに分布する AG-11 と近縁 (塩基配列の相同性: 約 98%) で、米国に分布する AG-11 との塩基配列の相同性はやや低い (約 91%) ことも明らかとなった。

VIII 2 核 *Rhizoctonia* AG-U

2 核 *Rhizoctonia* 属菌は AG-A~W に分類され、近年我が国では AG-U による病害の発生が目立っている。

1 2 核 *Rhizoctonia* AG-U による病害

AG-U は岐阜県のバラ根腐症状から分離された菌群に基づいて設立された AG である。その後、北海道のニンジン (Misawa and Toda, 2013), ネギ (Misawa et al., 2017 a),

ジャガイモ (Misawa and Kurose, 2018) および富山県のトリカブト (Mori et al., 2020) で AG-U による病害が相次いで報告されている。また、Misawa and Kurose (2019) はナンキンハゼ、マテバシイ、ダケカンバ、ヒノキおよびアカマツから分離され、農業生物資源遺伝子バンクに *R. solani* として保存されていた菌株を AG-U と再同定した。

おわりに

本稿で紹介した知見は、黒瀬大介博士 (CABI-UK), 戸田武博士 (秋田県立大学), 森万葉実氏・野津あゆみ氏・栢森美如氏・美濃健一氏 (北海道立総合研究機構), 国永史朗博士 (北海道医療大学) らとの共同研究によるものである。共同研究者各位に感謝申し上げます。

本属菌の具体的な同定手法については、本稿では記載を省略したため、三澤 (2015) および三澤 (2019) を参照していただきたい。我が国には病原菌の AG・亜群未同定の病害が多く存在する (国永, 2003)。また、ニンジン・ニラ・トマト等では、異なる菌群が一つの作物に異なる病害を起こすことが明らかになった。一方、ネギリゾクトニア葉鞘腐敗病では、1 病害に多くの菌群が関与していることが明らかとなった。これらのことから、国内で発生する本属菌による病害について、病原菌の同定のみならず、病徴および病原性の観点から、病害の特性を把握することが重要である。本稿がその一助になれば幸いである。

引用文献

- 1) CARLING, D. E. et al. (2002): *Phytopathology* **92**: 43~50.
- 2) 伊達寛敬ら (1984): *日植病報* **50**: 399 (講要).
- 3) 本間善久ら (1983): 同上 **49**: 184~190.
- 4) JOHANSON, A. et al. (1998): *FEMS Microbiol. Lett.* **162**: 289~294.
- 5) KAMMERER, S. J. et al. (2011): *Plant Dis.* **95**: 515~522.
- 6) 窪田昌春・我孫子和雄 (1997): *関西病虫研報* **39**: 33~34.
- 7) ———ら (2009): 同上 **51**: 27~28.
- 8) KUNINAGA, S. and R. YOKOSAWA (1984): *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **50**: 322~330.
- 9) 国永史朗 (2003): *植物防疫* **57**: 219~222.
- 10) 三澤知央・国永史朗 (2013): 同上 **67**: 44~49.
- 11) MISAWA, T. and S. KUNINAGA (2010): *J. Gen. Plant Pathol.* **76**: 310~319.
- 12) ——— and T. TODA (2013): *ibid.* **79**: 86~88.
- 13) ——— and S. KUNINAGA (2013): *ibid.* **79**: 280~283.
- 14) ——— et al. (2015): *ibid.* **81**: 15~23.
- 15) 三澤知央 (2015): *植物防疫* **69**: 88~91.
- 16) MISAWA, T. et al. (2017 a): *J. Gen. Plant Pathol.* **83**: 121~130.
- 17) ——— et al. (2017 b): *ibid.* **83**: 406~409.
- 18) ——— and M. AOKI (2017): *New Disease Reports* **36**: 12.
- 19) ——— and D. KUROSE (2018): *ibid.* **38**: 24.
- 20) ——— et al. (2018): *J. Gen. Plant Pathol.* **84**: 387~394.
- 21) ——— and D. KUROSE (2019): *ibid.* **85**: 282~294.
- 22) 三澤知央 (2019): *微生物遺伝資源利用マニュアル* **41**: 1~27.
- 23) ———ら (2019): *北日本病虫研報* **70**: 42~48.
- 24) ———・黒瀬大介 (2020): 同上 **71**: (印刷中).
- 25) MISAWA, T. et al. (2020): *J. Gen. Plant Pathol.* **86**: doi: 10.1007/s10327-020-00943-1
- 26) MORI, M. et al. (2020): *ibid.* **86**: 224~226.
- 27) ——— et al. (2021): *ibid.* **87**: in press.
- 28) 長井雄治・深津量栄 (1971): *日植病報* **37**: 369 (講要).
- 29) 内藤繁男ら (1975): *北海道農業試験場報告* **111**: 25~35.
- 30) 中山喜一ら (1992): *植物防疫* **46**: 64~65.
- 31) YANG, Y. G. et al. (2015): *Plant Dis.* **99**: 1757~1763.
- 32) 米本健悟ら (2008): *日植病報* **74**: 20~23.

発生予察情報・特殊報 (2020.9.1~9.30)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち、特殊報のみ紹介。発生物種：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.jpnn.ne.jp/>) でご確認ください。

- サツマイモ (かんしょ): ヨツモンカメノコハムシ (大阪府: 初) 9/2
- 飼料用トウモロコシ: ツマジロクサヨトウ (群馬県: 初) 9/10
- キュウリ: キュウリ退緑黄化病 (島根県: 初) 9/15
- 夏秋トマト (雨よけ栽培): トビイロシワアリ (福島県: 初) 9/15
- 飼料用トウモロコシ: ツマジロクサヨトウ (栃木県: 初) 9/18
- ブルーベリー (無加温栽培): ブルーベリー類うどんこ病 (仮称) (長崎県: 初) 9/18
- ねぎ: ネギハモグリバエ別系統 (秋田県: 初) 9/23
- 水稲: ミナミアオカメムシ (茨城県: 初) 9/28
- ウメ及びモモ: ヨコバイ科の一種 (和名なし) *Singaporea shinshana* (Matsumura) (徳島県: 初) 9/30

植物
防疫
講座

虫害編-28

テンサイに発生する害虫の生態と防除

地方独立行政法人北海道立総合研究機構 **いわ** **さき** **あけ** **お**
中央農業試験場 **岩** **崎** **暁** **生**

I はじめに

テンサイは、サトウキビと並ぶ砂糖の原料作物で、国内の栽培面積のすべてを北海道が占めている。ペーパーポット苗の移植栽培が主体で、生産者当たりの経営規模が拡大傾向にある近年は育苗労力節減の観点から直播栽培への切り替えも進んでいる。ハウレンソウに似た草丈50 cmを上回る大型の草姿で、数ヘクタールにも及ぶ広大な圃場に畦間60~66 cm、株間20 cmほどの栽植間隔で栽培される。10~11月には一株当たり1 kg程度の根部を機械収穫し、これを原料に各地の製糖工場において砂糖が生産される。圃場での栽培期間は4月下旬の定植から10~11月の収穫時期まで6か月以上に及び、この間、主に葉を食害する害虫による加害を受け、これらを対象とした防除が行われている。また、重要病害であるテンサイ黄化病の病原ウイルスを媒介するモモアカアブ

ラムシへの対策も重要である(表-1)。本稿では、テンサイの主要害虫の発生生態と被害、防除法について紹介する。

II 主要害虫と防除対策

1 ヨトウガ *Mamestra brassicae*

(1) 加害の概要

老齢の6齢時には体長45 mm程度に達する幼虫(図-1)が葉を食害する。本種は蛹態で越冬し、年間2世代を経過する。各世代の加害期間は6月下旬~7月下旬、8月中下旬~10月であり(田中ら, 2014)、幼虫期全体の摂食量の90%近くを老齢時に食害する(図-3右)。卵塊サイズは、第1世代は30~50粒と小さく(図-2)、第2世代は100粒以上と大きい。一方、産卵株率は第1世代が第2世代を上回る事例が多い(小野寺・岩崎, 1998)。なお、テンサイにはヨトウガ以外にもガンマキンウワバ

表-1 テンサイ主要害虫の加害期間と薬剤種別の防除対象期間

害虫種	重要度 ^{a)}	5月	6月	7月	8月	9月	10月
		上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下
テンサイトビハムシ	+	●●	●●				
テンサイモグリハナバエ	±		●●	●●●	●●●	●●●	
カメノコハムシ	±		●	●●●			
ヨトウガ	++		●	●●●	●	●●●	●●●
アシグロハモグリバエ	+		●●	●●●	●●●	●●●	●●●
モモアカアブラムシ	+		●●	●●●	●●●	●●●	
マメクロアブラムシ	±		●●	●●●	●●●	●●●	
シロオビノメイガ	+			●●	●●●	●●●	●●●
ハダニ類	+			●	●●●	●●●	
種子コーティング		○○○	○○				
灌注剤		○○○	○○○				
茎葉散布		○○	○○○	○○○	○○○	○○	

^{a)} ++: 防除実施が基本; +: 多発条件では防除する; ±: 経過把握・現状では防除対象とはならない。



図-1 ヨトウガ幼虫



図-2 ヨトウガ卵塊

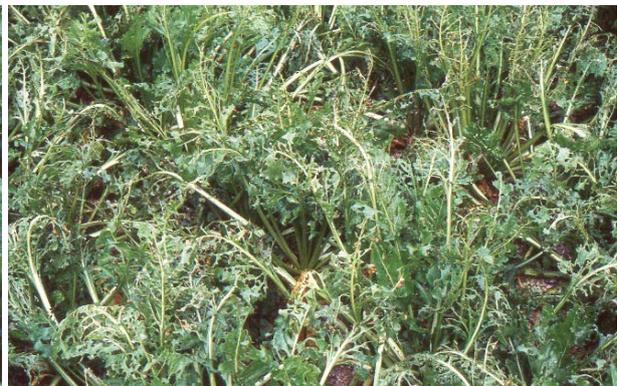


図-3 加害前の散布薬剤による9月16日の第2世代被害状況
左：フルフェノクスロン乳剤，右：合成ピレスロイドA剤，両剤ともに散布月日は6月28日，7月5日。

Autographa gamma など多種のチョウ目害虫が加害する。しかしテンサイ上で常発し、恒常的に収量に影響するような被害をもたらすのはヨトウガのみである。

(2) 被害株率 50%に基づいた防除時期決定

第1, 第2世代ともに、被害株率 50%前後が防除の適期である(小野寺・奥山, 1997; 小野寺, 1998)。この基準に従った防除を実施することで、テンサイ株が拡大途上で小さく、圃場内における産卵株率も高い第1世代は1回の薬剤散布で被害の進展を止めることができる。植物体の拡大が進展し、大きな卵塊が少数産み付けられる傾向の強い第2世代では、1回目の薬剤散布後も被害が進展することがあり、そのような場合には2回目の防除を実施する。なお、成虫発生末期まで被害株率が50%に達しない場合には防除は不要である。

(3) ベンゾイル尿素剤 (IGR 剤) の長期残効

数多い登録薬剤の中で、ベンゾイル尿素系薬剤(以下、IGR 剤)には、テンサイのヨトウガに対して、通常の散布薬剤とは異なる長期の残効が確認されている(図-3)(岩崎ら, 2007)。前述のモニタリングによる防除も含め、ヨトウガ幼虫を対象とした防除は、加害量の少ない若齢から中齢の幼虫を対象に茎葉散布を行うのが一般的であ

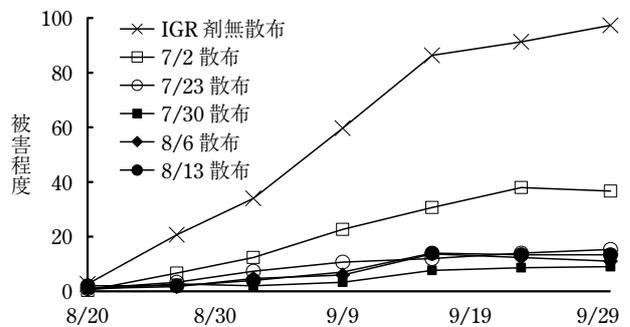


図-4 テンサイに対するフルフェノクスロン乳剤散布有無、散布時期と、散布後のヨトウガによる被害程度
被害程度：食害程度 (0：食痕なし，1：小さい食痕が数個みられる，2：半数内外の葉に食痕があり，大きい食痕も点在する，3：ほとんどの葉に大きい食痕がみられる，4：ほとんどの葉が網目状に食害されている) および次式に基づき算出した。被害程度 = {Σ(被害程度指数)/(4×調査株数)}×100。

る。これに対し、IGR 剤はふ化前もしくは産卵前の茎葉散布で高い防除効果が得られる。IGR 剤は分解を経た低濃度であっても若齢幼虫に対しては殺虫効果が持続する。ヨトウガは中～下位葉に産卵することが多いため、ふ化幼虫が最初に摂食する葉には産卵前に散布された

IGR 剤の成分が残存している。このような理由により、早期に散布した IGR 剤によってヨトウガを防除できるものと考えられる。

8 月中旬～9 月上旬に被害の進展する第 2 世代に対し、当該世代の産卵に先立つ 7 月中旬またはそれ以降に散布した場合であっても、十分な被害抑制効果が得られる（武澤・岩崎，2009；図-4）。6 月下旬以降に加害する第 1 世代に対しても、加害開始前の IGR 剤散布による被害防止効果が確認されている。本系統薬剤により、ヨトウガ対象の防除を 1 世代当たり 1 回にとどめることができ、他の農作業との競合や秋の長雨等による防除実施の逸機を回避することも可能である。

2 テンサイトビハムシ *Chaetocnema concinna*

(1) 加害の概要

本種は年 1 世代を経過し、ササが自生している林地や防風林等の落葉間、一部はイネ科牧草などの群落内で成虫が越冬する。体長 2.2 mm 程度の成虫は高温乾燥条件下で活発に移動し、テンサイ圃場に移動して苗を食害し、径 2 mm 程度の小さな穴をあける（図-5）。個体としての食害量は微量であるが、植物体が小さい早期や、多数の成虫が寄生した場合には被害が大きい。特に直播栽培では、発芽後早期に激しい被害を受けると株の枯死



図-5 テンサイトビハムシ成虫

に至ることもある。幼虫はシロザやタデ類、ギシギシ等の根で生育した後、7 月後半以降に新成虫となり越冬地に移動する。

(2) 防除対策

移植栽培、直播栽培を対象に被害の状況とその後の生育、収量の関係を解析した結果、「全葉に被害、食害面積 1/4」と示される被害程度 2（図-6）までは被害時の株が小さい直播栽培でも欠株には至らず、直播、移植栽培双方において大きな減収は認められなかったことから、上記被害程度 2 が被害許容水準と位置付けられる。防除対策としては、直播栽培において殺虫剤を含む被覆剤の種子コーティング、移植栽培における定植前苗床灌注、茎葉散布があげられる。茎葉散布は、直播栽培では発芽始めからの 3 回散布が効果的である。本種の発生は圃場環境によって大きく変動し、山間部などのササ藪に近接する圃場などで被害が大きい。そのような環境や直播栽培圃場では、殺虫剤を含む種子コーティングや苗床灌注等の事前処理の実施を検討する。

3 テンサイモグリハナバエ *Pegomya cunicularia*

(1) 加害の概要

幼虫は葉内に食入し、表皮を残して袋状に葉肉を食害する（図-7）。産卵は白色で縦長の卵が横に並ぶ卵塊で



図-7 テンサイモグリハナバエ被害



図-6 テンサイトビハムシによる被害



図-8 テンサイモグリハナバエ卵塊

行われ(図-8), 1卵塊の粒数は3~4粒であることが多い。産卵は主に株の中間よりやや上位の葉に対してなされる。同一卵塊からふ化した複数の幼虫が並んで食害することが多く、潜孔は大きな袋状となる。被害部は当初は淡緑から暗緑色の水膨れ状を呈するが、時間が経過すると枯凋して褐色に変色する。小さな葉を喰いつくすと、幼虫はしばしば潜孔を出て他の葉に移動し、潜孔を再開することがある。生育を完了した幼虫は葉から脱出し、土中で赤褐色の囲蛹となる。本種は、年間3~4世代を経過し、発生期間は6~9月に及ぶ。テンサイの生育に対して影響が大きいのは、植物体が拡大途上にある6月中旬~7月上旬に加害する第1世代である(奥, 1961)。この世代の産卵は、オホーツク地方においては6月中旬~下旬に多くなる。この時期、テンサイの本葉は葉位が低いほど最終的な葉のサイズが小さく、本種の加害によって葉面の大半を食害されたり枯死に至ったりする葉は第4葉以下の下位葉である(岩崎, 1999)。

(2) 防除対策

切葉処理による被害解析の結果、テンサイ12葉期(北海道東部では6月20日ころ)の達観調査で被害株率100%に達し、かつ食害面積が1/4を超える葉が株当たり5葉(被害葉率42%)に達していた場合に防除が必要と結論付けられた(古川・岩崎, 1999)。近年、本種の発生は少なく推移しており、本種対象の防除の必要性は低下している。ヨトウガとの同時防除として用いられる茎葉散布剤に加え、定植時の灌注剤処理や殺虫剤を含む被覆剤の種子コーティングにより、テンサイトビハムシなどの初期害虫との同時防除がなされている。

4 カメノコハムシ *Cassida nebulosa*

(1) 加害の概要

越冬成虫は6月上旬~中旬ころにシロザやテンサイの葉裏に数個~十数個の卵を卵塊として産み付ける。ふ化幼虫は初め卵塊付近を食害した後に分散して葉を食害す

る(図-9)。被害葉は小さな孔が散在し、生育後半のヨトウガのように径数センチにも達する大きな穴をあけることはない。幼虫期の後半には食害による穴が目立つ(図-10)こともあるが、そのような状態になったら、それほど時間を経ずに加害は終了するので、よほどの高密度発生でもない限り防除の必要性は低い。圃場内外にシロザが自生している場合に発生が目立つ。

(2) 防除対策

茎葉散布剤と定植時灌注処理剤の登録があるが、ヨトウガなどの他害虫との同時防除で対応は十分であることがほとんどである。

5 シロオビノメイガ *Spoladea recurvalis*

(1) 加害の概要

本種は、ハウレンソウなどヒユ科の野菜類と同様に、テンサイも好んで食害する。老齢時に体長2 cm程度に成育する幼虫(図-11)は、テンサイの葉裏を軽く綴り合わせるなどして、上面の表皮のみを残して葉の組織を摂食する。そのため、被害部は膜状の表皮が残る。本種は、7月ころに南方からの成虫の飛来によって発生が始まり、以降北海道内で2世代程度を経過する。そのため、恒常的に多発する害虫ではない。また、前蛹期から蛹期にかけて17.5℃以下の低温により障害を受けるとされており(山田・腰原, 1976; 山田ら, 1979)、北海道は盛夏であっても本種の生存に不適な気象条件が頻発する。

(2) 2010年の道内広域における激発

本種は2010年の8月以降、北海道内の広い地域においてそれまで見たことのないような激甚な発生に至り、多発した圃場ではテンサイの葉が中肋を残して食い尽くされるような激しい被害(図-12)を受けた。成虫誘殺や気温の経過を解析した結果、同年の多発生は、それ以前の30年間と比較して2番目に高かった気温によって、飛来後2世代に渡って発育に好適な高温条件が維持されたことと、7月中旬ころと推定される飛来時の飛来個



図-9 カメノコハムシ幼虫



図-10 カメノコハムシによる被害



図-11 シロオビノメイガ幼虫と被害



図-13 アシグロハモグリバエ成虫



図-12 シロオビノメイガ激発圃場



図-14 アシグロハモグリバエ被害

体量が多かったことによるものと推察された(岩崎ら, 2011)。その後10年間程度、これに類似したような多発生は認めていないが、温暖化の進行している中で、高温年には注意が必要な害虫である。

(3) 防除対策

2010年の多発生時には、ヨトウガ対象に合成ピレスロイド剤や有機リン剤を散布した圃場では本種の被害抑制効果はほとんど得られなかったようである。一方、ベンゾイル尿素系のフルフェノクスロン乳剤を散布した試験区で被害が少ないという事例があり、本種に対しては同剤などの防除効果があるものと考えられた。

6 アシグロハモグリバエ *Liriomyza huidobrensis*

(1) 加害の概要

本種(図-13)は、南米原産の侵入害虫で、人為的な分布拡大によって世界各地において野菜、花き類に多大な被害をもたらしている。日本では、2001年に北海道でハウレンソウやキクを栽培するビニールハウスでの発生が確認されたのが最初の確認事例である(岩崎ら, 2004)。初確認3年後の2004年には、近隣地域のテンサイにおいて激甚な発生(図-14)を認めた。本種は耐寒性が弱く、北日本では野外で冬期間を生存することが困

難である(岩崎, 2004b)。ビニールハウスなどの中で越冬した個体群が春以降に密度を高め、6月ころに野外に逸出してから露地圃場で栽培されるテンサイなどに発生のを広げる。テンサイは広食性の本種においても好適な寄主の一つで、初発見以降の北海道内における分布拡大の中で、市町村単位の初確認43事例中、12事例において初確認時の被害作物はテンサイであった(岩崎, 2011)。本種は発生確認後の10年間で北海道の南西端から北東部のオホーツク海沿岸まで分布を広げたが、一方で各地において激しい被害の継続期間は5年程度にとどまり、2020年現在ではテンサイで多発生を認めることもまれになった。

(2) 防除対策

本種は国内への侵入以前から薬剤抵抗性を発達させた害虫として知られていた。実際、北海道で発生を確認した時点で、ハウレンソウやキクに対して用いる一般的な薬剤である合成ピレスロイド剤や有機リン剤では被害を止めることができなかった。発生地において実施した薬剤の効果比較によって、成虫に対してはネライストキシン系、幼虫に対してはベンゾイル尿素系薬剤やシロマジンの防除効果が高いことが確認され(岩崎, 2004a),

テンサイにおいてはベンゾイル尿素系薬剤がアシグロハモグリバエ対策に用いられている。

7 アブラムシ類

(1) モモアカアブラムシ *Myzus persicae*

テンサイにおいて、モモアカアブラムシ(図-15)は高密度に寄生することはなく、吸汁加害が減収要因となることはない。しかし、本種はテンサイの重要病害である黄化病(旧名西部萎黄病)の病原ウイルス BLYV を媒介し、2008 年ころから認められた黄化病多発に際して、媒介者としての本種防除の必要性が高まった。北海道中央部のテンサイ圃場における調査において、本種は6月中旬～8月上旬と8月下旬以降の2回、発生の増加が認められ、特に8月下旬以降に寄生株率、寄生個体数の増加が顕著だった(岩崎ら, 2013)。

本種は、温室やビニールハウス等の施設内では冬季にも発生を繰り返す胎生虫が頻繁に認められる。2008 年以降の黄化病の多発生に対しても、冬季間に地域内に点在するビニールハウス内の雑草や野菜の残渣等モモアカアブラムシ越冬個体群の餌となるような植物を除去する管理を徹底することにより、翌夏の黄化病発病が軽減された(三宅ら, 2017)。テンサイ定植1か月後以降に飛来するモモアカアブラムシ有翅虫に対して、灌注処理した薬剤の残効は低下していること、茎葉散布によっても長期間に及ぶウイルス媒介を抑止することは難しいことから、モモアカアブラムシが狭い場所に集約される冬季間のハウス内清掃がモモアカアブラムシならびに黄化病対策の柱と位置付けられている。

(2) マメクロアブラムシ *Aphis fabae*

マメクロアブラムシは、テンサイの中心葉付近に密集したコロニーを形成する。寄生密度が高い株では中心の1, 2葉が覆いつくされるような状態になることもあるが(図-16)、本種は移動性が弱く、高密度寄生株の隣接株に寄生を全く認めないようなことも多く、圃場内で広

く多発生に至った事例はない。本種は1993年の初確認時の観察において、晩秋に認められた個体群が寒冷地で越冬困難と考えられる胎生虫だったことから、テンサイにおける発生は飛来もしくは施設内からの逸出個体群による偶発的なものである可能性もある。ただし、近年、本種の発見頻度はやや高まってきているようである。

8 ハダニ類(ナミハダニ, カンザワハダニ)

Tetranychus urticae, *T. kanzawai*

(1) 加害の概要

圃場周辺のクローバなどから、5月下旬以降に圃場に侵入し、葉裏に寄生する。気温が上昇する8月以降に被害が目立ち、高密度な寄生を受けると葉の黄化が上面から認められるようになる。発生は年次変動が大きく、通常、被害は圃場内の一部に止まることが多いが、ハダニ類の発生に好適な高温乾燥条件が続くと圃場全面に被害が広がることもある。

(2) 防除対策

茎葉散布剤の登録がある。通常年は防除を要さないことが多く、防除は多発年もしくは高温乾燥により多発が予想される場合にのみ必要とされる。

9 カスミカメムシ類

テンサイには、旧来からテンサイカスミカメ *Orthotylus flavosparsus*, マキバカスミカメ *Lygus rugulipennis* の加害が知られている。テンサイカスミカメは吸汁により葉を黄変から褐変させるとされている(田中ら, 2014)が、本種をテンサイ圃場で目にすることはまれで、圃場周辺のシロザ上に数頭が群生してシロザの葉を白色かすり状に変色させているのを見かける程度である。マキバカスミカメは、定植後早期の加害によって成長点に変形するとされていたが、そのような被害についても近年の確認事例はなく、葉や葉柄からの吸汁によって中肋の被害部付近が黒褐色に変色する症状が認められる程度である。なお、近年になってツマグロアオカスミカメ *Apolygus*



図-15 モモアカアブラムシ



図-16 マメクロアブラムシ

spinolae 幼虫が生育初期の成長点付近を加害し、展開した葉に小さな穴が多数生じる被害が認められている（北海道立総合研究機構中央農業試験場，2016）。ただしこれについてもその後の生育に影響するような症状には至っておらず、カスミカメムシ類による被害は現状では防除対象になるレベルにはない。

引用文献

- 1) 古川勝弘・岩崎暁生（1999）：北日本病虫研報 50：158～164.
- 2) 北海道立総合研究機構中央農業試験場病虫部予察診断グループ（2016）：北農 83：192～203.
- 3) 岩崎暁生（1999）：北日本病虫研報 50：165～168.
- 4) ———（2004 a）：同上 55：236～239.
- 5) ———（2004 b）：同上 55：240～241.
- 6) ———（2011）：同上 62：123～126.
- 7) ———ら（2011）：同上 62：194～198.
- 8) ———ら（2004）：植物防疫 58：13～19.
- 9) ———ら（2013）：北日本病虫研報 64：227～231.
- 10) ———ら（2007）：同上 58：138～140.
- 11) 三宅規文ら（2017）：同上 68：190～193.
- 12) 奥 俊夫（1961）：北海道立農試集報 8：1～9.
- 13) 小野寺鶴将（1998）：同上 75：81～87.
- 14) ———・岩崎暁生（1998）：北日本病虫研報 49：129～133.
- 15) ———・奥山七郎（1997）：北農 64：13～17.
- 16) 武澤友二・岩崎暁生（2009）：北日本病虫研報 60：204～207.
- 17) 田中文夫ら（編著）（2014）：北海道病害虫防除提要，北海道植物防疫協会，札幌，896 pp.
- 18) 山田偉雄・腰原達雄（1976）：応動昆 20：213～214.
- 19) ———ら（1979）：野菜試験場報告 A 6：171～184.

登録が失効した農薬（2020.9.1～9.30）

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

「殺虫剤」

●トラロメトリン水和剤

17252：スカウトフロアブル（バイエルクロップサイエンス株式会社）20/9/25

「殺虫殺菌剤」

●クロチアニジン・プロベナゾール粒剤

21225：明治ダントツオリゼメート 10 箱粒剤（Meiji Seika ファルマ株式会社）20/9/11

●クロチアニジン・テブフロキン・バリダマイシン粉剤
23408：トライメイジン粉剤 DL（Meiji Seika ファルマ株式会社）20/9/11

「除草剤」

●ペンディメタリン複合肥料

22282：BASF プレエム 550 粒剤（BASF ジャパン株式会社）20/9/30

植	物	
防	疫	
講	座	

虫害編-29

フタスジヒメハムシの発生生態と防除

宮城県古川農業試験場 ^か加 ^{しん}進 ^{じょう}丈 ^じ二

はじめに

フタスジヒメハムシ *Medythia nigrobilineata* Motschulsky は、コウチュウ目ハムシ科に属する小形の甲虫である。日本、朝鮮半島、中国東北部、シベリアに分布し、ダイズの害虫として広く知られている（木元・滝沢、1994）。本種は、一般にダイズの食葉性害虫に分類されるが、成虫は葉以外にも茎、花、莢を食害する。特に莢の食害によって生じる黒斑粒の発生は品質低下の要因となり、本種は子実害虫としても重要視されている。また、幼虫はダイズの根に着生する根粒を食害し、生育や収量に影響を及ぼす。

I 形態

成虫（図-1a）の体長は3~4 mm 前後で、体色は全体に黄褐色を呈する。外観から雌雄を判別するのは難しいが、雌は雄に比べてやや大形であり、特にダイズを摂食して成熟した雌の腹部は鞘翅の外に現れるほど顕著に大きくなる。鞘翅には縦に一对の黒色条斑があり、本種の和名はこの模様由来する。触角は黒褐色を帯びて細長く、体長の3分の2程度の長さがある。卵（図-1b）は直径0.3 mm 前後のやや縦長の球形をしており、黄白色

を呈して表面には網目状の隆線がある。幼虫（図-1c）の体色は白色で、頭部や前胸背、尾節背板は黒褐色を呈する。ふ化直後の体長は1.3 mm 前後であるが、老熟すると4 mm 前後に達する。老熟幼虫は土を固めて土窩を作り、その中で蛹化する。蛹（図-1d）の体長は3 mm 前後で、体色は乳白色である。

II 生活史

東北地方におけるフタスジヒメハムシの発生消長を模式図（図-2）に示した。東北地方において、ダイズの播種作業は5月下旬から6月上旬に始まる。ダイズの発芽が始まると、成虫はすぐに現れて食害を始める。これらは、前年の夏から秋にかけて発生した成虫で、土中や落葉の下で越冬し、春になって再び地上に現れた越冬後成虫（または越冬世代成虫）である。これらは、子葉、初生葉、本葉と順に現れる葉を次々と食害した後、成熟した雌成虫は茎の地際部や土中に産卵する。幼虫は根に着生した根粒を食害して3齢を経過し、その後土中で蛹化する。この蛹から羽化した成虫が第1世代成虫で、ダイズの開花期前後にあたる7月下旬~8月上旬に発生盛期を迎える。次の第2世代成虫は、子実肥大始期にあたる8月下旬~9月上旬に発生盛期を迎え、若い莢を好んで

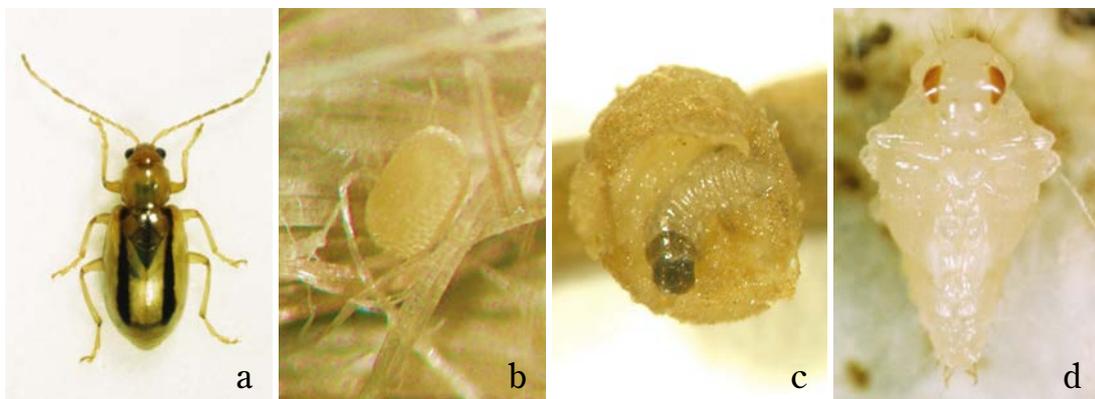


図-1 フタスジヒメハムシの成虫 (a)、卵 (b)、幼虫 (c) および蛹 (d)

Ecology and Management of Two-Striped Leaf Beetle, *Medythia nigrobilineata* on Soybean. By Joji KASHIN

(キーワード: フタスジヒメハムシ, ダイズ, 生活史, 防除)

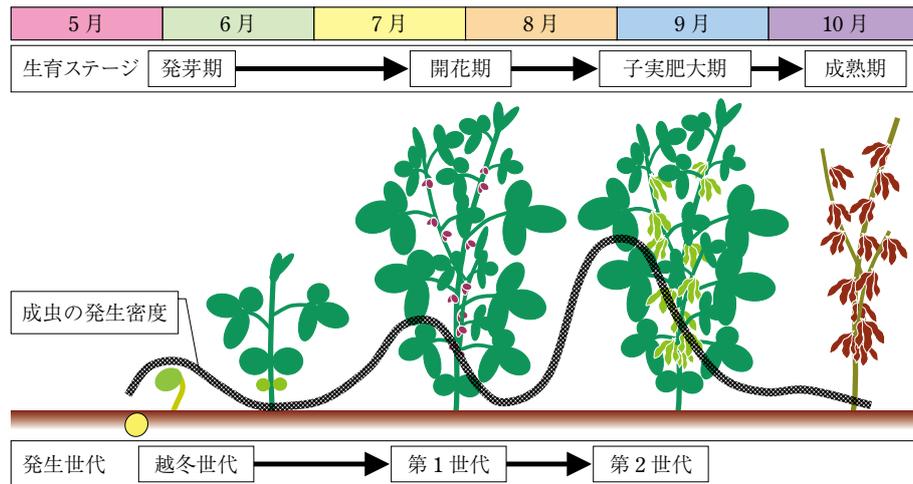


図-2 フタスジヒメハムシの発生活長（模式図）



図-3 ダイズの子葉（左）と初生葉（右）におけるフタスジヒメハムシの食害痕

食害する。この世代はダイズを摂食しても成熟することなく（加進，2011），産卵をせずに越冬に入る。

このように，東北地方では年間2世代を経過し，ダイズの生育期間中には越冬世代，第1世代，第2世代と3回の成虫発生が生じる（斎藤ら，1989；加進ら，2009）。一方，東北地方よりも温暖な関東，北陸，西南暖地では第3世代成虫が発生するため発生回数が増加する（永井・坪井，1989；菊地・持田，1992；杉本ら，1994）。ただし，西南暖地におけるダイズの播種時期は，越冬世代成虫の発生時期よりも遅い6月中旬以降となるため，越冬後成虫はダイズではなくマメ科のツルマメに産卵し，そこで発生した第1世代成虫がダイズに侵入すると見られる（永井・坪井，1989）。

III 被 害

1 茎葉の食害

成虫による食害は発芽直後から生じる。子葉では丸く

えぐり取ったような皿状の食痕を，初生葉や本葉では不整形な円孔をつくる（図-3）。また，生育初期のダイズでは柔らかい茎を側面から食害されることがあり，萎凋や枯死に至る場合がある。成虫による茎葉の食害は，ダイズの生育量が小さい生育初期の段階では影響が大きい，成虫の摂食量は少なく食痕も小さいため，ダイズの生育量が増すにしたがってこれらの食害はあまり問題とならなくなる。

2 莢の食害

莢が発達して子実が肥大し始める時期（子実肥大初期）になると，成虫は若い莢を好んで食害する（図-4a）。成虫は莢の表面のみを摂食し，内部の子実を直接加害することはない。食害痕は小さな円形状のいわゆる「ナメリ症状」となり，被害莢は「ナメリ莢」とも呼ばれる（図-4b）。食害された莢の傷口から *Fusarium* 属菌や *Alternaria* 属菌が侵入すると，前者は白色菌糸に覆われた腐敗粒（図-4c），後者は表皮の一部が黒く変色した黒

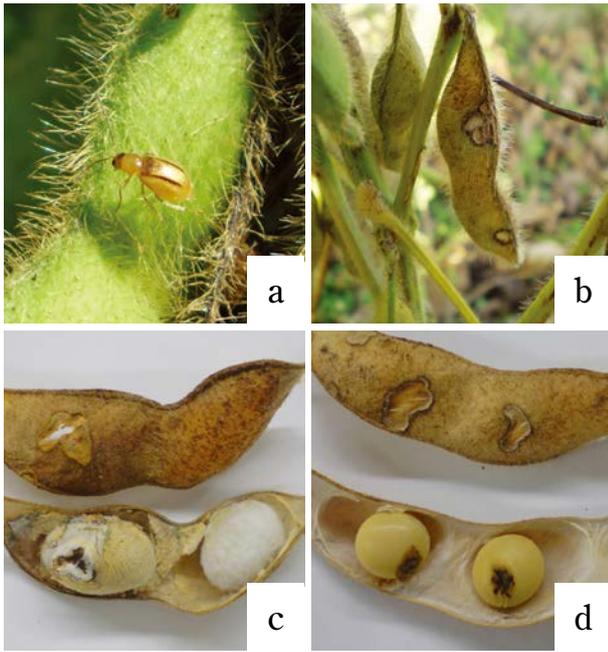


図-4 フタスジヒメハムシによるダイズの莢の食害と被害粒
a: 莢を食害する成虫, b: 被害莢, c: 被害粒 (腐敗粒),
d: 被害粒 (黒斑粒)。

斑粒 (図-4d) を生む (本蔵・及川, 1986)。腐敗粒は扁平粒になることが多く, 調製段階で形状選別機を利用することで除去することができる。しかし, 黒斑粒の場合は形状が整粒と変わらず, 黒く変色した部分が紫斑粒や褐斑粒に比べて小さいため, 形状選別機や色彩選別機を用いても完全に除去するのは難しい。製品への黒斑粒の混入は外観品質を損なうだけでなく, 等級検査では被害粒として扱われて落等の原因となる。このような黒斑粒の発生は, 1980年代以降, 東北や北陸地方において問題視されるようになった (佐藤・布施, 1983; 若松ら, 1990; 新田, 2002; 島宗ら, 2003)。食害を受けた莢の子実は, 黒斑粒や腐敗粒といった被害が生じていなくても子実の肥大が抑制されて小粒化する傾向がある (佐藤ら, 1989)。また, ダイズの莢が成熟しても落葉せずに莢が緑色のまま枯れ上がらない株のことを「青立ち」または「莢先熟」と呼ぶが, この症状の一因としてフタスジヒメハムシによる莢加害の関与が疑われている (尾島ら, 2001)。

3 根粒の食害

ダイズの根に着生する根粒は, 内部に共生する根粒菌の働きによって大気中の窒素をアンモニア態窒素に変換 (窒素固定) して宿主であるダイズに供給している。フタスジヒメハムシの幼虫は, この根粒に入り込み, 表皮を残して内部を食い尽くす。本種と同様にダイズの根粒を食害する害虫に, ダイズコンリユウバエ *Rivellia*

apicalis Hendel (ハエ目, ヒロクチバエ科) がいる。この幼虫も根粒に入り込んで内部を食害するが, 根粒内部には腐敗した内容物が残されていることが多く (永井, 2010 a), フタスジヒメハムシに食害された根粒と区別できる。幼虫は蛹化するまでに根粒を7~15個摂食する (永井, 2010 b)。フタスジヒメハムシが多発して根粒の食害量が大きくなると, ダイズの葉は黄化して収量が低下する。

IV 防 除 法

1 耕種的防除

宮城県でのダイズ栽培は, 水田転作作物として大規模に集団化されて, 多くはブロックローテーション方式による水稲や麦類との輪作が行われている。連作することで子実被害が大きくなるマメシクイガ *Leguminivora glycinivorella* Matsumura (チョウ目, ハマキガ科) に対しては, 輪作は効果的な耕種的防除法となる (渋谷・竹内, 2020)。しかし, フタスジヒメハムシの場合は, 作付け初年目の圃場であっても連作圃場と同様に子実被害が多く発生する場合があります (小野ら, 2011), 輪作による被害低減の効果は期待できない。本種は, 卵巣が発達する前の越冬後成虫と生殖休眠状態にある第2世代成虫で飛翔活動性が高くなり, これらが飛翔移動に関与していると考えられる (加進, 2011)。また, 晩播栽培によって越冬後成虫の侵入を回避したり, 晩性品種の導入によって子実肥大期を遅らせても本種による子実被害を防ぐことは難しい (加進ら, 2009)。フタスジヒメハムシに対して, 現時点では有効な耕種的防除法はなく, 連作の有無や作型, 品種に関係なく薬剤防除が対策の主体となる。

2 薬剤防除

(1) 播種時の防除

ダイズの播種時期に殺虫剤を施用する予防的な薬剤防除法である。処理方法としては, 播溝処理土壌混和と種子塗沫処理の2種類がある。前者は播種機に薬剤散布装置を取り付けて, 播種と同時に播溝に粒剤を施用する方法で, ネオニコチノイド系 (IRACコード: 4A) のクロチアニジン, ジノテフランが使用できる。後者は, ミキサーやビニール袋等を用いて種子表面をフロアブル剤でコーティングし, 乾燥させた種子を播種に用いる方法である。ネオニコチノイド系のチアメトキサムが使用できる。いずれの処理方法も, 有効成分がダイズ内に浸透移行することでダイズを食害した成虫に殺虫効果を発揮する。発芽直後に発生する越冬後成虫を防除することで次世代の発生を防ぐことが可能であり, 生育初期における

成虫の食害や次世代幼虫の根粒食害を効果的に抑制できる(武井ら, 2002; 加進・小野, 2011)。ただし, 殺虫効果が有効に働くのは発芽後1か月程度で, 効果が消失してから侵入する成虫には防除効果が得られない(加進・小野, 2011)。周辺にツルマメの群生地や無防除のダイズ圃場等の発生源がある場合は, 後述する子実肥大期の薬剤防除との体系防除が有効である。

なお, 大江(2018)は宮城県においてチアメトキサムによる種子塗抹処理が広く長期間使用されている現状を踏まえて, 今後の薬剤感受性検定におけるベースラインとなる感受性個体群のLD₅₀値を示した。ダイズで種子塗抹処理ができる殺虫剤は現時点でチアメトキサムしか存在しないことから, 今後は同剤の感受性モニタリングを継続的に実施するとともに, フタスジヒメハムシによる被害が問題となっていない地域においては連用を見直すなど, 抵抗性を発達させないための対策を検討していく必要がある。

(2) 子実肥大期の防除

この時期の薬剤防除は, 莢を加害する第2世代成虫の密度を抑制することが目的である。防除適期の幅は狭く, 第2世代成虫の発生初期の薬剤散布で高い防除効果が得られるが, 防除時期が遅れると効果は低下する(杉本ら, 1994)。ダイズの莢伸長や成虫の発生状況を観察して, タイミングよく防除するのが重要である。殺虫剤の剤型としては, そのまま散布できる粒剤と, 水に希釈して茎葉散布に使用する液剤, 乳剤, 水和剤等の種類に分かれる。前者で農薬登録されているのは, 有機リン系(1B)のダイアジノンのみである。これに対して, 後者はピレスロイド系(3A)のベルメトリン, シベルメトリン, エトフェンプロックス, ネオニコチノイド系(4A)のアセタミプリド, クロチアニジン, ジノテフラン, セミカルバズン系(22B)のメタフルミゾン, イソオキサゾリン系(30)のフルキサメタミド等, 比較的新しい剤を含めて多系統の薬剤の登録があり, 選択肢の幅は広い。しかし, いずれの茎葉散布剤も無人航空機を用いた散布に対応した農薬登録がなく, ブームスプレーヤなどを用いた地上防除のみでの使用となっている。大規模に栽培されることが多いダイズにおいて, 無人航空機を活用した空中散布は大面積を効率的に防除するうえで不可欠な存在となっている。フタスジヒメハムシに対しても, 無人航空機による防除が可能となるよう農薬登録の拡大が望まれる。

斎藤ら(1989)によると, 子実肥大初期の成虫密度と

被害粒率の間には正の相関があり, 子実の被害許容水準を被害粒率5%とした場合の要防除密度を示したが, その値は‘ライデン’と‘デウムスメ’で33頭/m², ‘タチユタカ’で75頭/m²とダイズの品種によって値が異なり, 上記以外の品種にそのまま適用できないので注意が必要である。

おわりに

本稿では, フタスジヒメハムシによる被害を前提にした防除対策を解説したが, 実際のダイズ栽培では同時期に発生する複数の害虫を想定して防除対策を講じることが多い。宮城県では, フタスジヒメハムシとマメシクイガを重要な子実害虫に位置づけ, マメシクイガの被害が少ない作付け初年目から3年目までのダイズではフタスジヒメハムシの防除に重点を置き, マメシクイガの被害が大きくなる作付け4年目以降のダイズでは, 子実肥大期の防除において両種に有効な殺虫剤を選択するなど, 病害虫の発生リスクに応じた効率的な防除対策を推奨し(小野ら, 2011), 近年はフタスジヒメハムシの被害は減少傾向にある。しかし, フタスジヒメハムシの防除対策において化学的防除への依存度は大きく, 前述したように薬剤抵抗性対策の面でも改善の余地が残されている。これまでほとんど行われてこなかった発生予察技術や耕種的・生物的防除の利用等, さらなる研究の進展が望まれる。

引用文献

- 1) 本蔵良三・及川俊雄(1986): 植物防疫 40: 327~332.
- 2) 加進文二(2011): 応動昆 55: 207~215.
- 3) ———ら(2009): 北日本病虫研報 60: 189~192.
- 4) ———・小野 亨(2011): 宮城古川農試報 9: 55~64.
- 5) 菊地淳志・持田 作(1992): 関東東山病虫研報 39: 193~145.
- 6) 木元新作・滝沢春男(1994): 日本産ハムシ類幼虫・成虫分類図説, 東海大学出版会, 東京, 539 pp.
- 7) 永井一哉(2010 a): 応動昆中国支会報 52: 1~8.
- 8) ———(2010 b): 同上 52: 9~14.
- 9) ———・坪井昭正(1989): 近畿中国農研 77: 16~20.
- 10) 新田 朗(2002): 北陸病虫研報 50: 229~232.
- 11) 大江高穂(2018): 北日本病虫研報 69: 136~139.
- 12) 尾島輝佳ら(2001): 北陸作物学会報 36: 81~83.
- 13) 小野 亨ら(2011): 宮城古川農試報 9: 35~54.
- 14) 斎藤 隆ら(1989): 山形農試研報 24: 53~61.
- 15) 佐藤政太郎・布施 寛(1983): 北日本病虫研報 34: 37~39.
- 16) ———ら(1989): 山形農試研報 24: 37~51.
- 17) 渋谷和樹・竹内博昭(2020): 植物防疫 74: 356~360.
- 18) 島宗知行ら(2003): 東北農業研究 56: 77~78.
- 19) 杉本直子ら(1994): 北陸病虫研報 42: 94~99.
- 20) 武井真理ら(2002): 愛知農試研報 34: 31~36.
- 21) 若松俊弘ら(1990): 北陸病虫研報 38: 89~93.

抵抗性遺伝子の発現が安定している
だけでなく、発現**速度**も早い。

2021年
販売開始
予定

新規水稻用 殺菌剤

抵抗性誘導剤

ブーン®



- ・いもち病に高い防除効果。
- ・白葉枯病や穂枯れ(ごま葉枯病菌)など幅広い病害防除にも優れる。

水稻 育苗箱用
殺虫・殺菌剤

いもち病・ウンカ類・初期害虫・チョウ目

農林水産省登録 第24370号

ブーンセクテラ®

箱粒剤

いもち病・初期害虫・チョウ目

農林水産省登録 第24371号

ブーンパティート®

箱粒剤

いもち病・紋枯病・初期害虫

農林水産省登録 第24372号

ブーンレパード®

箱粒剤

ブーン®, セクテラ®, レパード® はクミアイ化学工業(株)の登録商標



自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社：〒110-8782 東京都台東区池之端1-4-26 TEL.03-3822-5036
ホームページアドレス <https://www.kumiai-chem.co.jp>

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

クマイ化学工業株式会社 みょう 明 じょう 星 のぶ 巨 とし 俊

はじめに

ジクロベンチアゾクスは、クマイ化学工業株式会社が創出したベンゾイソチアゾール環およびイソチアゾール環を有する新規殺菌剤で、イネいもち病に対して長期にわたり高い防除効果を示すほか、白葉枯病やもみ枯細菌病などの水稲病害にも効果を有する。ジクロベンチアゾクスは、全国農業協同組合連合会（JA 全農）と共同で開発した有効成分で、日産化学株式会社とも共同で水稲箱処理剤の開発を進めている。なお、表題にあるディザルタ™（DISARTA™）はジクロベンチアゾクスのブランドネームである。

日本国内では、2013年より一般社団法人日本植物防疫協会を通じた新農薬実用化試験を開始し、2020年3月にジクロベンチアゾクス2%を含有する「ブーン®箱粒剤*」の農薬登録を取得した（表-1）。続いて同4月に既存成分との混合剤である「ブーン®ゼクテラ®箱粒剤」、 「ブーン®パディート®箱粒剤」および「ブーン®レパード®箱粒剤」の3剤の農薬登録を取得した。いずれも播種時から使用可能な水稲用箱処理剤であり、混合剤3剤についてはそれぞれ多様なニーズに対応できる剤として

2021年からの販売を予定している。

本報では、ジクロベンチアゾクスの作用機構や作用特性、圃場での性能、水稲に対する安全性等の特長について紹介する。

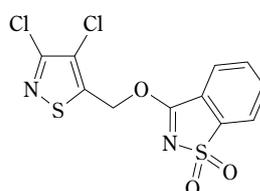
I 有効成分とその物理化学的性状

一般名：ジクロベンチアゾクス（dichlobentiazox）

化学名（IUPAC）：3-(3,4-ジクロロ-1,2-チアゾール-5-イルメトキシ)-1,2-ベンゾチアゾール=1,1-ジオキシド

CAS登録番号：957144-77-3

構造式：



分子式：C₁₁H₆Cl₂N₂O₃S₂

分子量：349.21

水溶解度：0.36 mg/l（20℃）

分配係数：logPow = 3.4（20℃）

蒸気圧：7 × 10⁻⁹ Pa（25℃）

表-1 ブーン®箱粒剤（ジクロベンチアゾクス2%含有）の適用病害および使用方法（2020年9月1日現在）

作物名	適用病害虫名	使用量	使用方法	使用時期	本剤の使用回数	ジクロベンチアゾクスを含む農薬の総使用回数
稲（箱育苗）	いもち病 白葉枯病 もみ枯細菌病	育苗箱 （30 × 60 × 3 cm, 使用土壌約 5 l）, 1箱当たり 50 g	育苗箱の上から 均一に散布する	播種時（覆土前） ～移植当日	1回	1回以内
			育苗箱の床土または 覆土に均一に混和する	播種前		

Properties of Dichlobentiazox (DISARTA™), a Novel Fungicide.
By Nobutoshi Myojo

（キーワード：ジクロベンチアゾクス，ディザルタ，ブーン箱粒剤，抵抗性誘導剤，プラントアクチベーター，全身獲得抵抗性（SAR））

*ディザルタ™，ブーン®，ゼクテラ®，レパード®はクマイ化学工業株式会社の商標または登録商標。

パディート®は FMC Corporation またはその米国およびその他の国の子会社・関連会社の登録商標。

II 安全性

1 人畜毒性（原体）

急性経口毒性：LD₅₀ > 2,000 mg/kg 体重 ラット（♀）
 急性経皮毒性：LD₅₀ > 2,000 mg/kg 体重 ラット（♂, ♀）
 皮膚刺激性：刺激性なし ウサギ
 眼刺激性：刺激性なし ウサギ
 皮膚感作性：感作性あり モルモット

2 水産動植物への影響（原体）

魚類急性毒性 コイ（LC₅₀）：> 120 μg/l（96時間）
 ミジンコ類急性遊泳阻害（EC₅₀）：> 110 μg/l（48時間）
 藻類成長阻害 緑藻（ErC₅₀）：> 20 μg/l（72時間）

III 作用機構

ジクロベンチアゾクスは、植物の病害応答反応の一つであるサリチル酸シグナル伝達経路に作用し、植物病害抵抗性を高めることで防除効果を発揮する抵抗性誘導剤であると考えられる（寺田ら，2019）。特に、ジクロベンチアゾクス処理後の植物のサリチル酸蓄積量や下流の遺伝子発現解析により、サリチル酸合成の上流と下流の両方に作用することが示唆されている（図-1）。植物病害抵抗性誘導剤はこれまでに国内外において耐性菌の発生報告はなく、ジクロベンチアゾクスについても耐性菌発生リスクは低いと考えられる。ジクロベンチアゾクスの作用機構分類についてはFRAC（Fungicide Resistance Action Committee）に申請中である。

IV 特長

1 作用特性

ジクロベンチアゾクスはイネいもち病に対して様々な処理方法で効果を示すが、特に根からの吸収移行性に優れている特長から、育苗箱処理で安定して高い防除効果を示す（寺田ら，2018）。本化合物は比較的水溶解度が低く logPow が高いため、製剤外への溶出が緩やかで有効成分の根圏外への急速な流亡は起きにくいことが推察される。これらの物理化学性がジクロベンチアゾクスの育苗箱処理での長期間、安定した防除効果の持続に寄与していると考えられる（永田ら，2018）。

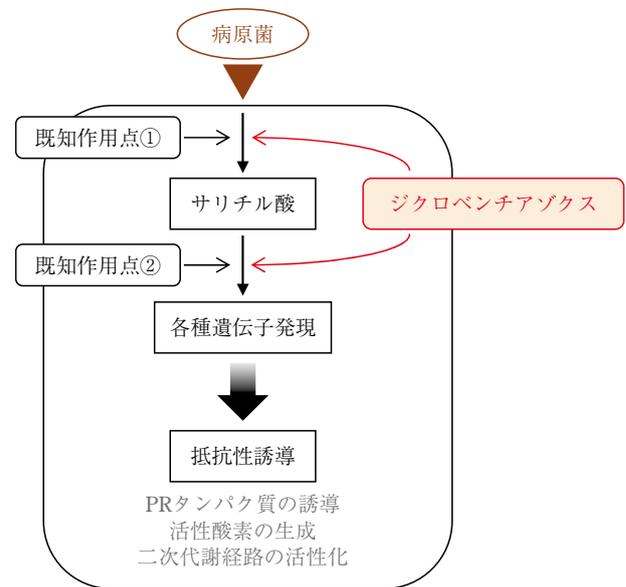


図-1 ジクロベンチアゾクスの作用機構

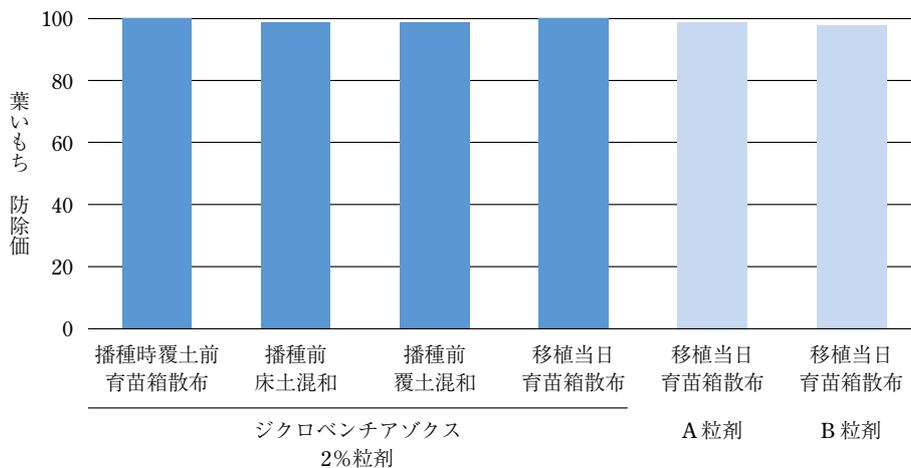


図-2 ジクロベンチアゾクス 2% 粒剤の各処理法での葉いもち防除効果
 試験場所：宮城県遠田郡。実施年：2018年。品種：‘ひとめぼれ’。
 薬剤処理：育苗箱当たり 50 g/箱を所定の方法で処理した。
 播種：4月20日。移植：5月22日。発生状況：少発生。
 評価：8月7日（移植77日後）、葉いもちの病斑面積歩合より防除価を算出。

ジクロベンチアゾクス 2%粒剤は、播種前覆土混和、播種時覆土前から移植当日散布までの育苗箱処理でイネいもち病（葉いもち）に対して安定した防除効果を示し（図-2）、幅広い使用時期に適用可能である。

2 圃場での性能

社内圃場試験および新農薬実用化試験を通じ、2012年より国内各地で実施したジクロベンチアゾクス 2%粒剤の育苗箱処理でのいもち病防除効果試験では、試験場所や感染圧等外的要因にかかわらず、長期にわたり安定した効果を示した（図-3）。

3 防除スペクトラム

2020年9月現在、ジクロベンチアゾクス粒剤は適用病害名として「いもち病」、「白葉枯病」および「もみ枯細菌病」に登録を有している。本剤は植物への病害抵抗性誘導により、上記病害以外に穂枯れ（ごま葉枯病菌）や内穎褐変病、育苗期に発生する苗腐敗症（もみ枯細菌病菌）等に対しても防除効果を示す。現在、これらの病害への適用拡大も進めている（表-2）。

4 イネに対する安全性

ジクロベンチアゾクス 2%粒剤を処理した際の薬害を確認したところ、処理方法（播種時覆土前、床土混和、覆土混和）や出芽方法、育苗条件にかかわらず、いずれにおいても地上部、根部ともに生育への影響は少なく、機械移植の妨げとなるマット強度の低下はなかった（図-4）。また、これまでに社内外で実施した様々な品種や多様な育苗条件での評価試験においても、育苗期および本田移植後ともに薬害が問題となる事例はなく、収量

への有意な影響事例も認められていない。本剤のイネに対する安全性は高いと考えられる。

おわりに

ジクロベンチアゾクスは、イネいもち病をはじめとした水稻病害に防除効果を示し、抵抗性誘導剤であることから耐性菌発生リスクも低いと考えられる。また、低薬量で長期間にわたって防除効果を維持すること、イネをはじめとした非標的生物への安全性が高いことから環境負荷の少ない薬剤といえる。これらの特長は今日の農業場面におけるニーズに合致していることから、今後も引

表-2 ジクロベンチアゾクス含有粒剤の開発状況

病害名	開発状況	
いもち病	農薬登録済	
穂枯れ（ごま葉枯病菌）	適用拡大申請中	
白葉枯病	農薬登録済（単剤） 適用拡大申請中（混合剤）	
もみ枯細菌病	農薬登録済（単剤） 適用拡大申請中（混合剤）	
内穎褐変病	適用拡大申請中	
育苗期	苗腐敗症（もみ枯細菌病菌）	適用拡大申請中（単剤） 委託試験実施中（混合剤）
	苗立枯細菌病	委託試験実施中

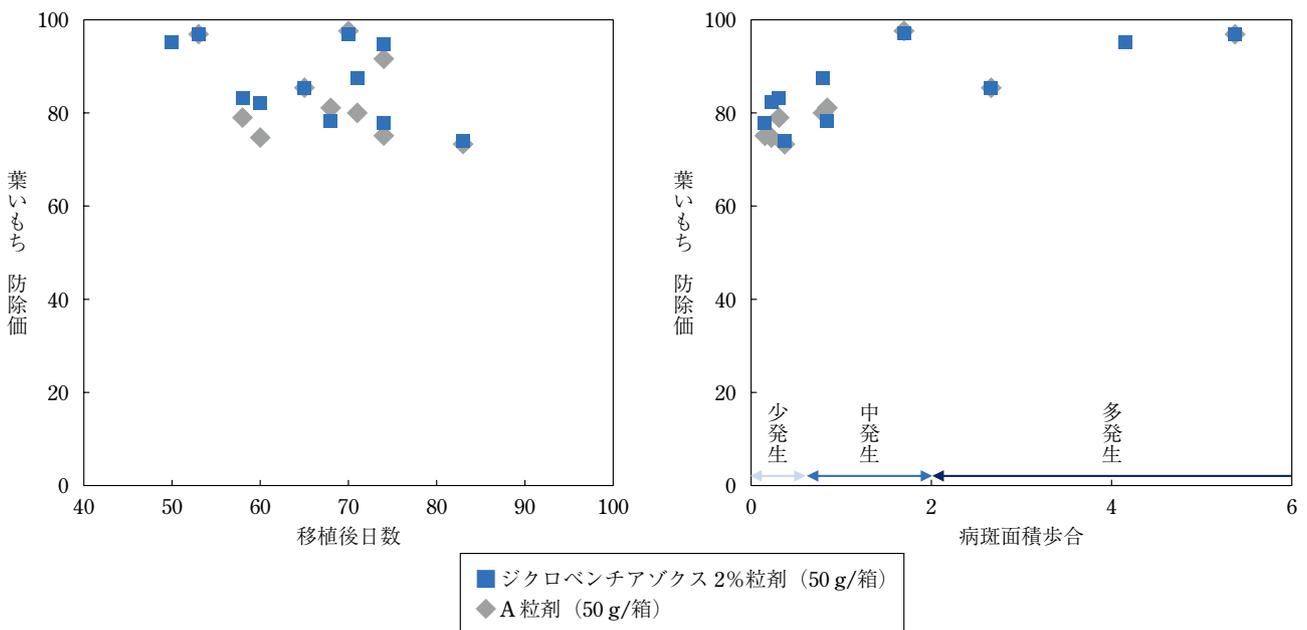


図-3 ジクロベンチアゾクス 2%粒剤の葉いもち防除効果（2012～17年圃場試験）

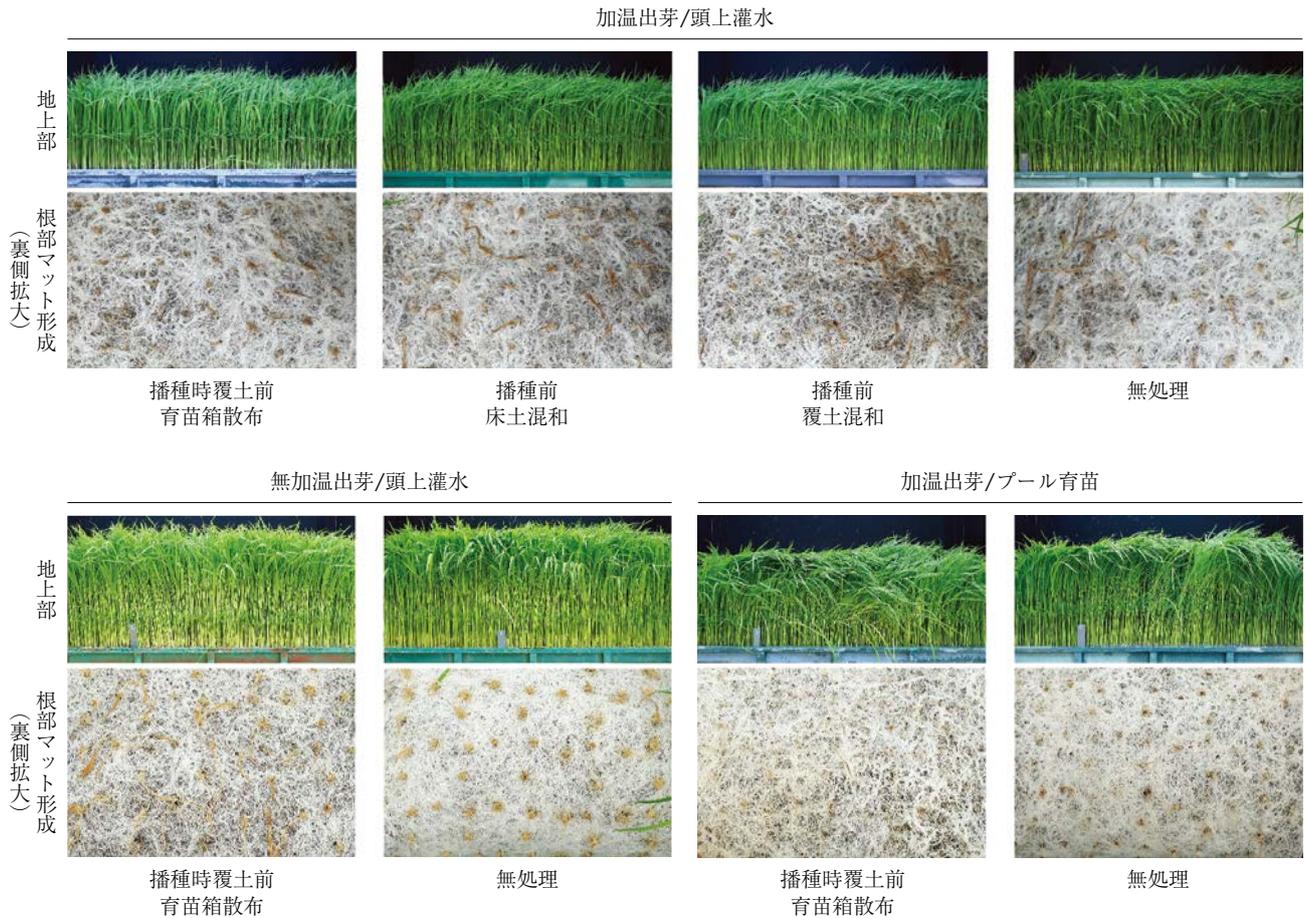


図-4 ジクロベンチアゾクス2%粒剤のイネ苗に対する影響

品種：‘キヌヒカリ’。薬剤処理：育苗箱当たり50g/箱を所定の方法で処理した。

加温出芽：播種後，育苗器内（30℃，3日間）で出芽。

無加温出芽：播種後，不織布（8日間）およびシルバーポリ（5日間）で覆い出芽。

灌水条件：頭上灌水またはプール育苗（水深2～3cm）で管理。

評価：播種3週間後に，苗の地上部および根部（根張り）を調査。

き続き水稻箱処理剤の混合母剤として開発していく予定である。本剤が末永く生産現場の労力低減および収量向上に貢献できるよう普及推進していきたい。

引用文献

- 1) 永田俊浩ら（2018）：日本農薬学会大会講演要旨 43：71.
- 2) 寺田壮志ら（2018）：同上 43：72.
- 3) ———ら（2019）：日植病報 85(3)：275（講要）.

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 ブドウ・カキ研究領域 ブドウ・カキ病害虫ユニット

農研機構果樹茶業研究部門ブドウ・カキ研究領域は、昭和43年に設置された旧園芸試験場安芸津支場に端を発し、平成13年の独立行政法人化にともなう農研機構果樹研究所ブドウ・カキ研究部等への改組を経て、平成28年に現在の名称になりました。広島県のほぼ中央、カキ養殖いかだが浮かぶ瀬戸内海を見下ろす標高100～180mの高台にあります(図-1)。瀬戸内海型の雨の少ない気候を活かして、落葉果樹のブドウ、カキ、キウイフルーツ等の育種、栽培、病害虫に関する研究を行い、これまでにブドウの‘シャインマスカット’、カキの‘太秋’等多数の優れた品種を生み出してきました。

ブドウ・カキ病害虫ユニットは、病害研究室と虫害研究室が統合されるかたちで平成28年に組織されました。現在、当ユニットは研究職員4名(病害2、虫害2)で構成されています。以下に、現在実施中の主な研究内容を紹介します。

【病害】

ブドウとカキを対象として、ウイルスやウイロイド、一部の難培養性細菌等による果樹の接ぎ木伝染性病原体(以下、ウイルスと総称)に関する研究を行っています。果樹は、接ぎ木などの栄養繁殖や虫媒伝染によるウイルス感染機会が多く、しかも永年性作物であるために、その影響が長期にわたります。そのため、果樹の安定生産において、ウイルス対策は非常に重要です。一方で、草本植物より扱いにくく、混合感染も多いために、試験を進めるのに適した材料とは言えませんでした。しかし近年は、次世代シーケンス解析と呼ばれる大規模遺伝子解析により、樹体内における多種多様なウイルスの網羅的把握ができるようになりました。当ユニットでは、国内



図-1 ブドウ・カキ研究拠点からの眺望(左下の建物が本館)

〒739-2494 広島県東広島市安芸津町三津 301-2
TEL 0846-45-1260 (代表)



図-2 ‘シャインマスカット’の奇形葉(左)とピワキジラミ(右)

でいち早く本法を取り入れ、ブドウとカキから効率的にウイルス探索を行っています。その結果、国内未報告の既知ウイルスだけでなく、新種ウイルスを世界で初めて発見する等、多くの新たな知見を得ています。特に、ブドウ‘シャインマスカット’の奇形葉症状(図-2左)、カキ‘麗玉’の生育阻害では、関連するウイルスを特定して、その対策に寄与しています。これらの知見を基に、母樹の無毒化検定にもかかわることで、健全種苗の安定供給に貢献していきたいと考えています。

【虫害】

虫害分野では、ブドウとカキの被害を人工知能による機械学習で判別するシステムの開発事業に参画しています。ブドウでは、まずはフタテンヒメヨコバイなどを対象に、生産者がスマホなどで撮影した被害画像からの判別を可能にするための画像収集を行っています(内閣府PRISM)。カキでは、集団加害性イラガ類の初期被害を対象に、ドローン空撮画像からの自動判定システムの開発に必要なセンシングデータを明らかにし、早期の防除につなげることを目指しています(農水省戦略プロ「センシング活用」)。

そのほかに、カキの花粉媒介昆虫相の解明(農水省委託プロ「花粉媒介昆虫」)、カンキツグリーン病の媒介昆虫ミカンキジラミの痕跡からの検出(農研機構生研支援センター・イノベーション創出強化研究推進事業「グリーン病」)、ピワの新害虫ピワキジラミ(図-2右)の対策技術の確立(同イノベ事業「ピワキジラミ」)にも取り組んでいます。ピワキジラミの事業は令和元年度で終了しましたが、農薬登録状況の変更などに対応した防除技術マニュアル(令和2年3月策定)の改訂や現場への普及支援を引き続き行っています。

(虫害担当 井上広光)

研究室紹介

岡山県農林水産総合センター農業研究所 病虫研究室

岡山県は、南部はなだらかな平野と瀬戸内海が広がり、中部は吉備高原などの丘陵地、また、北部は中国山地と盆地からなり、豊かな自然環境に恵まれた立地となっている。農業生産の面で見ると、米の生産量が中四国1位であるほか、黒大豆、ブドウ、モモ、ナス、トマト、黄ニラ、リンドウ、スイートピー等地域の立地条件を活かした多品目にわたる農産物が生産されている。

なかでも、ブドウの生産量は全国4位（ピオーネ、マスカット・オブ・アレキサンドリアはともに全国1位）、モモは全国6位と果樹生産県としての地位を確立している。また、冬春ナス（促成栽培ナス）の生産量は中四国では高知県に次いで2位であり、高品質・高単価なナス生産が行われている。

農業研究所は、2010年の行政組織の改革で統合された岡山県農林水産総合センター内にあり、赤磐市（岡山県南東部）に設置されている。病虫研究室では、現在10名の研究員で岡山県の農作物で問題となった難防除病害虫の生態解明を行い、これに基づいた物理的、耕種的、生物的防除技術の開発に努めている。さらに、これらの技術を駆使し、化学農薬を削減した環境に優しい病害虫防除対策技術を確立することを目的とした様々な試験研究を行っている。併せて、新規の農薬登録のための薬剤試験や薬剤感受性試験のほか、県下の各産地から持ち込まれた農作物の病害虫診断を実施し、現場の問題解決を支援している。また、病虫研究室には、病害虫防除所が併置されており、効率的な発生予察業務も行っている。

1 これまでに取り組んだ主な研究成果

これまで、主要品目における主な試験研究成果には以下のものがあげられる。

①ブドウ：

- ・黄色灯によるモモノゴマダラノメイガ防除
- ・クビアカスカシバの防除対策
- ・天敵（ミヤコカブリダニなど）によるハダニ類防除

②モモ：

- ・黄色・緑色灯によるモモノゴマダラノメイガ防除
- ・スギ・ヒノキ花粉飛散数を利用した果樹カメムシ類発生予測

③ナス：

- ・天敵や天敵温存植物を利用したミナミキイロアザミウマ防除
- ・ナスすすかび病の防除対策

④トマト：

- ・トマトかきょう病の防除対策
- ・トマトすすかび病・葉かび病の防除対策

2 現在取り組んでいる主な研究内容

現在では、

- ・簡易被覆ブドウにおける晩腐病の防除対策



アザミウマ類の天敵タバコカスミカメ



トマトすすかび病



ブドウコナカイガラムシ類



電子顕微鏡による病害虫診断



ブドウ晩腐病

- ・施設ブドウのコナカイガラムシ類防除体系の確立
 - ・モモ急性枯死症状の発病要因の解明（令和2年度農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究（果樹等の幼木期における安定生産技術の開発））
 - ・イチゴの天敵利用栽培における微小害虫防除体系の確立
 - ・主要病害虫の薬剤感受性の実態解明と有効薬剤の選抜
 - ・農作物障害診断アシストシステムの開発
- 等の課題に取り組んでいる。

当研究室では、現地で問題となっている喫緊の課題解決や普及指導員の診断スキル向上支援等県産農産物の安定生産に向けた取り組みを職員一丸となって行っている。

最後に、農業研究所および病害虫防除所のHPのアドレスを以下に掲載しますので、是非ご覧ください。よろしくお願いたします。

岡山県農林水産総合センター農業研究所 HP
<https://www.pref.okayama.jp/soshiki/235/>



岡山県病害虫防除所 HP
<https://www.pref.okayama.jp/soshiki/239/>



（室長 長森茂之）

書評

花木・観賞緑化樹木の病虫害診断図鑑
 第Ⅰ巻 病害編 第Ⅱ巻 害虫編
 堀江博道/竹内浩二/近岡一郎 編著
 B5判, 第Ⅰ巻 424頁 (カラー 332頁)
 第Ⅱ巻 428頁 (カラー 344頁), 定価 18,000円+税
 大誠社 (2020年9月11日発行)
 (ISBN 978-4-86518-099-2)



植物医科学の専門書のシリーズが法政大学植物医科学センターと(一財)農林産業研究所から出版されている。そのシリーズのNo.6が本書である。このシリーズでは「植物医科学実験マニュアル」「植物医科学の世界」等、植物を総合的に診断し植物保護に役立つ、植物医科学関係のわかりやすい実用的な専門書が出版されてきた。本書は専門書ではなく図鑑であるが、このシリーズの流れを汲み植物保護を意識した構成と内容になっている。

最近、環境保全の一環として緑地や街路樹の整備が進み、それら公共の場所やまた身近な庭木等に多くの種類の花木や観賞緑化樹木が植栽されるようになった。植栽された樹木の管理でまず問題となるのが病虫害の発生とその被害で、発生した病虫害を診断しその対処が求められる。病虫害を診断するための参考書や図鑑は少なくないが、樹木(木本植物)関係の書はそれほど多くない。植栽される花木や観賞緑化樹木の増加と多様化に応えられる本書の出版は時宜にかなう。

本書は第Ⅰ巻の病害編と第Ⅱ巻の害虫編の2分冊で構成されている。病害編、害虫編とも3部構成となっている。第1部は病害編、害虫編ともに図鑑形式で編成されている。病害編では樹木ごとに主要な病害を取り上げ、診断、病原菌、対処の三つの項目が解説されている。樹木は被害を受ける期間が長いことから時期によって異なる症状や被害状況の写真が多数掲載されていることに加え、病原菌の写真も要所に散りばめられていることは診

断の助けになる。さらに、第1部の締めには病徴の類型、標徴と生理障害の代表的な症例が写真付きでわかりやすく解説されているのは親切である。害虫編も第1部は病害編と同じ図鑑形式で編成されており、樹木ごとに主要な害虫を取り上げ、寄主、害虫の生態・形態、被害、対処の四つの項目が解説されている。害虫の写真だけでなく、被害状況の写真が多いのは診断の助けとなる。病害編、害虫編ともに特色があるのが第2部である。病害編では、近年問題となることが多い腐朽病害をまとめ、病害ごとに樹種・腐朽型、形態、ノートの項目が写真付きで解説されており、被害を受ける樹種は何か、どのような被害で特徴は何か等、腐朽病害として知りたい知見が的確に得られるようになっている。害虫編では、花木や観賞緑化樹木害虫の土着天敵を捕食性と寄生性に分けて取り上げ、多くの写真とともに対象害虫と生態・形態が解説されている。一つの図鑑に害虫だけでなく樹木害虫に関係する土着天敵を解説にとどまらず写真で確認できるのは、植物保護の視点での利用に役立つ。第3部は、病害編、害虫編ともに植物保護の基本が書かれている。病害編は病原体の種類や発生生態など病害診断に参考となる事項、様々な防除方法など対処の参考となる事項、一方、害虫編は主な害虫の種類や分類、生態的特性、加害様式など害虫診断の参考となる事項、IPMをはじめ対処の参考となる事項が書かれている。この第3部は、樹木の健康管理や保護に従事されている方々はもとより、これからかかわることになる方々にも大変参考になると思われる。なお、本書では探す樹木を見つけやすいように、樹木を科別・種別に配置するとともに異名でも検索できるようになっているのはありがたい。

本書には、病虫害診断に不可欠な事項の的確な解説とともに4,700枚もの多くのカラー写真が掲載されている。植物保護の専門家にとって十分に満足できる充実した内容の図鑑であり、各種病虫害図鑑のなかの一つとして手元があれば重宝すると思う。一方で、花木・観賞緑化樹木の植栽・管理・保全等の業務に携わっている方や庭木愛好の方の多くは保護や病虫害の専門家ではなく、それらの知識や経験が必ずしも豊富とは言えない。しかし、樹木の維持管理では病虫害被害への対応は不可避である。本書では、病虫害の診断や対処のポイントだけでなく、植物保護の基礎も簡潔かつ平易に解説されている。花木・観賞緑化樹木の関係者に広く本書をお勧めしたい。

(元日本植物防疫協会 高橋賢司)

■訂正

第74巻5号、「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」に誤りがありました。

299頁, 左段11~12行目
誤: フルトラニル 20%水和剤
正: フルトラニル 40%水和剤
訂正してお詫び致します。

協会だより

○2020年度「新農薬実用化試験」成績検討会の開催予定

- 10月19日【茶】(東京「ホテルラングウッド」)
- 21日【芝草】(東京「ホテルラングウッド」)
- 11月6日【稲・野菜等】東北地域(東京「ホテルラングウッド」)
- 9~10日【稲・野菜等】北陸地域(協会 会議室)
- 12~13日【稲・野菜等】北海道地域(協会 会議室)
- 16~17日【稲・野菜等】九州地域(協会 会議室)
- 24~25日【稲・野菜等】近畿中国地域(協会 会議室)
- 12月1日【稲・野菜等】関東地域(東京「ホテルラングウッド」)
- 2日【稲・野菜等】東山東海地域(東京「ホテルラングウッド」)
- 4日【家庭園芸】(協会 会議室)
- 8日【寒冷地果樹】(東京「ホテルラングウッド」)
- 9日【落葉果樹】(東京「ホテルラングウッド」)
- 10日【常緑果樹】(東京「ホテルラングウッド」)
- 14~15日【稲・野菜等】四国地域(協会 会議室)
- 17日【臨時】*(協会 会議室)
- *各地域・分野の検討会当日近くに提出される試験成績を対象とした検討会

広告掲載会社一覧 (掲載順)

- ダウ・アグロサイエンス日本(株) …… 主要品目
- 日産化学(株) …… グレーシア
- バイエルクロップサイエンス(株) …… カウントダウン
- エス・ディー・エスバイオテック(株) …… タフブロック
- 日本農薬(株) …… AI診断
- クミアイ化学工業(株) …… ブーン
- 日本曹達(株) …… ピシロック
- 日本農薬(株) …… AI診断
- サンケイ化学(株) …… 主要品目
- 石原バイオサイエンス(株) …… ケンジャ
- クミアイ化学工業(株) …… プロポーズ

学会だより

○令和2年度日本植物病理学会九州部会, 開催のお知らせ

令和2年度日本植物病理学会九州部会第71回講演会をWeb形式にて, 下記の通り開催いたします。

- 日程 令和2年11月16日(月)
- 午前10:00~18日(水)午後5:00
- 講演ファイル, 掲示板の閲覧時間
- (16日午前10:00~18日午後5:00)
- 質問の時間(16日午前10:00~17日午後5:00)
- 質問への回答時間(16日午前10:00~18日午後2:00)
- 総会(16日午前10:00~17日午後5:00)
- 場所 オンライン会場(日本植物病理学会ホームページ内の九州部会特設ページ:(株)ダイナコム)で実施します。
- 詳細は学会ホームページでご確認ください。

次号予告

次号2020年12月号の主な予定記事は次のとおりです。

大麦間作による害虫密度抑制効果とIPMへの導入 関根崇行ら 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	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
油脂を有効成分とする気門封鎖剤によるトマト主要病害虫の防除効果 杖田浩二	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
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 角田佳則ら	虫害編: 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
農業害虫ナミハダニにおける雄の繁殖戦略 佐藤幸恵 青森県で発生したウリ類の炭腐病について 岩間俊太	農業編: 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
セイヨウナシハモグリダニの越冬と薬剤防除 五十嵐美穂・小松美千代	研究室紹介: 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 栃木県農業試験場 研究開発部 病理昆虫研究室 福田 充

植物防疫

第74巻 2020年10月25日印刷
第11号 2020年11月1日発行
(通算887号)

定価965円
本体877円

2020年分購読料
前払11,000円, 後払11,580円
(送料サービス, 消費税込み)

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)
振替 00110-7-177867番

2020年
11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

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。

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



【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



HPIはこちらから

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)



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/>



®は日本曹達(株)の登録商標

●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園場などに放置せず、適切に処理してください。

明日の農業を考える

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

スマホでいつでも、写真からAI診断、有効薬剤をご紹介します

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



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
クムラス



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

適用拡大

新規殺菌剤

ケンミンズ® フロアブル

®は登録商標

[イソフェタミド]

灰色かび病・菌核病・うどんこ病に
賢い選択・賢く防除



果樹・野菜で適用作物が増えました

ケンジャフロアブルの特長

①優れた予防効果

本剤は、病原菌の生活環の多くのステージに作用します。特に感染前(孢子発芽～附着器形成期)に高い防除効果を発揮します。

②薬剤感受性低下菌に対して有効

本剤は、既存薬剤に対して感受性が低下している病原菌に対しても高い効果を示します。

③優れた浸透性を有し、残効性、耐雨性に優れる

有効成分が速やかに葉表⇒葉裏(葉裏⇒葉表)へ浸透することで、安定した防除効果を発揮します。

④サニテーション効果(次世代菌密度低減効果)により、二次感染を抑える

孢子形成を強く阻害し、孢子飛散による病害の拡大を防ぐことで、次世代の菌密度を効率的に抑えます。

⑤有用生物・天敵に対する安全性

訪花昆虫や天敵に影響がほとんどなく、IPMIに適合した薬剤です。

■サニテーション効果

灰色かび病菌に感染したきゅうり子葉に本剤を処理し、その後の孢子形成を調査した結果、孢子形成を強く阻害した。

ケンジャフロアブル 1,500倍

無処理区



社内試験 石原産業株式会社 中央研究所(2011)

●使用前にラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●空容器は圃場などに放置せず、3回以上水洗し、適切に処理してください。洗浄水はタンクに入れてください。

殺菌剤



プロポーズ[®] 顆粒水和剤

べと病・疫病に
2成分で優れた効果

予防

治療

残効性

耐雨性



100g



500g

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連
登録商標 第4702318号

自然に学び 自然を守る
クマイイ化学工業株式会社

本社：東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036
ホームページ <https://www.kumiai-chem.co.jp>

®はクマイイ化学工業(株)の登録商標です。

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