

植物防疫

12

Plant Protection

2019
VOL.73

ミニ特集：新規資材「糖含有珪藻土」を用いた
土壌還元消毒によるトマト土壌病害防除技術



□・BASF

We create chemistry

短く、強い小麦作りに!

早めの散布で小麦の倒伏を軽減

秋まき小麦では幼穂形成期も使用できる

秋まき小麦に2回散布できるようになりました

植物成長調整剤

サイコセル[®]PRO

クロルメコート液剤



®=BASF社の登録商標

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

BASFジャパン株式会社 東京都中央区日本橋室町3丁目4番4号 OVOL日本橋ビル3階
☎0120-014-660 <https://agriculture.basf.com/jp>

明日の「農」を支える力でありたい。

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

殺虫剤

三井薬匠 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアースカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬匠 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジジ® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ピカット® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

クロピクテープ

ドロロール

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

クサトリ-BSX® 1キロ粒剤75/51
ジャンボH/L・フロアブルH/L

クサバルカン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

アトカラ® SジャンボMX

シュイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ-Z® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

オシオキ® MX 1キロ粒剤

ワイドアタック™ SC

セカンドショット® SジャンボMX

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

フォローアップ® 1キロ粒剤

草枯らし MIC®

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



三井化学アグロ株式会社

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



ボデーガードプロ



2成分で 稲を守る。プロ。 高葉齢ノビエも難防除雑草も、 的確に防除。



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



JAグループ
農協 全農 経済連



●使用前にはラベルをよく読んで下さい。●ラベルの記載以外には使用しないで下さい。
●本剤は小児の手の届く所には置かないで下さい。Ⓢはバイエルグループの登録商標

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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



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 鹿児島市南栄 2 丁目 9 ☎(099) 268-7588
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野 7-6-11 ☎(03) 3845-7951

目次

巻頭言

21世紀の農業・食料と気候危機 宮下 清貴 1

ミニ特集：新規資材「糖含有珪藻土」を用いた土壌還元消毒によるトマト土壌病害防除技術

新規資材（糖含有珪藻土，糖蜜吸着資材）を用いた土壌還元消毒 中保 一浩 2
北信越地域におけるトマト半促成，抑制栽培における病害虫に対する防除効果 前田 征之 7
東海地域における新規資材を用いた土壌還元消毒による病害虫防除効果 村元 靖典 12

総説

日本における除草剤抵抗性雑草の出現と除草剤の開発 山木 義賢 16

研究報告

イネ稲こうじ病の防除試験に適した品種と窒素多施用による発病促進
..... 下大園佳由・日高春美・黒木修一 21

日植防シンポジウムから

国内外の殺菌剤耐性管理の現状 田辺 憲太郎 25
殺虫剤抵抗性管理 農業生産現場への普及の取組み 山本 敦司 30

植物防疫講座

病害編-24 コムギ雪腐病の発生生態と防除 相馬 潤 38
虫害編-23 コナガの発生生態と防除 高篠 賢二 43

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
カンキツ研究領域 カンキツ病害虫ユニット 望月 雅俊 49
新潟県農業総合研究所 作物研究センター 栽培科 病害虫チーム 石本 万寿広 50

農林水産省プレスリリース（2019.10.5～2019.11.11） 48
新しく登録された農薬（2019.10.1～10.31） 52, 53
登録が失効した農薬（2019.10.1～10.31） 53, 54
発生予察情報・特殊報（2019.10.1～10.31） 6

【表紙写真】

上段：糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒のトマト青枯病に対する防除効果

下段左：コナガ

下段中：イネ稲こうじ病

下段右：コムギ紅色雪腐病の被害株

作物を守り、 人を助ける ムシがいる。

天敵製剤とえば、
信頼と実績のアリスタです。

2009年、難防除害虫対策の基幹剤
『スワルスキー®』の発売を皮切りに
アリスタは、薬剤抵抗性害虫や
防除作業の省力化対策として、
生物農薬(天敵・微生物)を主体とした
施設園芸におけるIPM体系の確立と
その普及、技術推進に邁進してまいりました。
みなさまと手を携えて。


これからは、施設だけでなく
露地へ活躍の場を広げていきます。



農業は正しく使いましょう。●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。



アリスタライフサイエンス株式会社
〒104-6591 東京都中央区明石町8-1
<https://www.arystalifescience.jp>


 巻頭言

21 世紀の農業・食料と気候危機



公益財団法人日本植物調節剤研究協会理事長 **宮 下 清 貴**

今年の夏も暑かった。6~7月の世界の気温は史上最高を記録。欧州では熱波が襲来して多くの国で過去最高気温を更新し、市民生活にも大きな影響が出た。シベリアでは6月の平均気温は平年を10℃も上回り、北極海の海水面積は過去最少となった。頻発した世界の異常気象による災害数、被害額とも急増しており、「気候危機」が現実味を増す。

進行する温暖化の原因は、人間活動による大気中の温室効果ガス(CO₂等)濃度の上昇にある。このまま気温上昇が続くと海面上昇や異常気象の頻発が予測され、自然生態系や生活環境、農業等に対する甚大な影響が懸念される。日本でも温暖化による様々な影響が拡大している。

現在の温暖化対策の国際的な枠組みである「パリ協定」(2015年)では、世界共通の長期目標として、産業革命前からの平均気温の上昇を2℃より十分低く保ち、さらに1.5℃に抑える努力をすることを掲げている。二重目標のようで少しわかりにくいのが、1.5℃の上昇でも様々な被害が予測されるが、2℃の上昇と比べて被害を大きく減らすことができるためという。しかし今日の情勢では1.5℃はおろか、2.0℃以下に抑える道筋すら見えていない。

そんな中、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)は、今年8月、気候変動と土地利用にテーマを絞った特別報告書を公表した。土地(陸地)は人間の生活の基盤であり、農業生産だけでなく多様な生態系サービス提供の場である。世界の陸地(土地)が1年間に提供する生態系サービスの経済価値は、世界の年間GDP(国内総生産)に相当すると見積もられる。

気候変動は人類と陸上生態系にとって大きな圧力であり、生態系の変化や気象災害の多発は生命と生活を脅かす。近年のアフリカに見るように、気候変動により世界の穀物収量と生産性は減少が見込まれる。一方で世界の食料需要は増え続ける結果、2050年には最大で23%の穀物価格の高騰が予測されるとする。気候変動に起因する飢餓や水不足は、貧困や紛争、難民等、社会問題を引き起こす。

農業は温暖化による被害者であるばかりではなく、温暖化の要因ともなっている。土地を利用した農業、林業等の活動により放出される温室効果ガスは、人間活動による総CO₂排出量の13%に上る。これは、自動車、航空機、船舶等の「運輸」からの排出量に匹敵する。陸地は温室効果ガスの吸収源であるとともに発生源でもあ

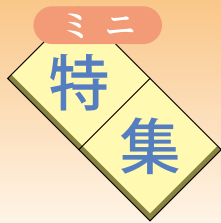
り、大気中CO₂濃度の変化に大きく影響している。健全な生態系と土壌は大気中のCO₂を吸収して温暖化を緩和するが、砂漠化等で劣化した土壌は逆にCO₂の発生源となる。土地(土壌、生態系)は、人間によるCO₂総排出量の28%を吸収しており、温暖化の緩和に大きく働いている。その一方で、農地の拡大等の土地利用変化により発生する温室効果ガスは、人間活動による温室効果ガス発生量のうちの23%を占める。「地球の肺」と称されるアマゾンの熱帯雨林の40%が伐採されると、気候システムは回復のできない状態に陥ることが危惧されている。

気候変動は様々な問題と関連しており、総合的な取り組みが必要とされる。土壌の有機物含量を増やしたり、農地の耕作や管理方法の改善により土壌劣化を防止したりすることは、気候変動の緩和に働くとともに、食料安全保障の確保にもつながる。「国連の持続的開発目標」(SDGs)で言うと、目標13「気候変動に具体的な対策を」や目標15「陸地(陸上生態系)の生物を守り、生態系を保存、修復(復元)する」に直接貢献し、目標2「飢餓をゼロに」や目標8「経済成長」といった他の目標にも同時に寄与することができる。

気候変動に対する世界の危機感は、急速に高まっている。今年9月に開かれた国連サミットでは、77か国が50年までにCO₂排出量を実質ゼロとすることを約束した。しかし一方で、来年パリ協定を離脱する米国をはじめ、中国、インド、日本等、主要排出国の反応は鈍い。

北半球の多くの場所が猛暑に見舞われた2018年夏の8月15日。スウェーデンの15歳の少女、グレタ・トゥーンベリさんは、温暖化対策を求めて国会横に一人で座り込んだ。「気候のための学校ストライキ」という看板を掲げて。彼女の行動は瞬間にスウェーデン国内、そして世界へと広がり、今年9月20日には世界150か国5,000箇所、400万人が参加して、同時デモ行進が行われている。次世代を生きる世界の若者たちの危機意識からくる真剣な行動は、世界に大きなインパクトを与えている。それに対して日本は危機意識不在ともいわれ、環境意識の低さが指摘されている。

気候変動は農業が直面する独立の課題ではなく、農業のあらゆる面に関係していると言える。今世紀末の気温上昇を1.5℃以下に抑えるとともに食料の安全保障を確保するため、農業セクターが果たすべき役割は大きい。



新規資材「糖含有珪藻土」を用いた土壤還元消毒による トマト土壤病害防除技術

新規資材（糖含有珪藻土，糖蜜吸着資材）を用いた 土壤還元消毒

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門

なか ほ かず ひろ
中 保 一 浩

はじめに

トマトは近年の産地化，施設化に伴う連作により，青枯病や線虫等の土壤伝染性病害虫が発生し安定生産にとって大きな問題となっている。土壤病害虫の防除対策として一般的にはクロルピクリンやD-D等の土壤くん蒸剤による土壤消毒が行われている。土壤くん蒸剤は環境および処理者への負担が大きいことや圃場の深層部に存在する青枯病菌や線虫等の病害虫に対する消毒効果が不十分なことから新たな防除技術の開発が求められている。

近年開発された土壤還元消毒は，易分解性の有機物である米ぬか，フスマや糖蜜等を土壤に混和して灌水し，ビニールで土壤表面を被覆して空気の流れを遮断しながら，高い地温を維持する消毒方法である（門馬，2013）。土壤中の微生物が，資材をエサとして分解しながら増殖する際に，土壤中の酸素を消費し土壤が嫌気状態（還元状態）となり，酢酸や酪酸の有機酸の生成，二価鉄や二価マンガン等の金属イオンの溶出や土壤微生物群の構造の変化等の機構により土壤病害虫を死滅させる（門馬，2013）。しかしながら，米ぬか，フスマを用いた土壤還元消毒は，圃場の深層部まで消毒効果が届かないことや，糖蜜などの液体の有機物を用いた還元消毒は，深層部の消毒効果が高いものの（井上・中保，2019），重労働である糖蜜の希釈作業や液肥混入器の利用等が普及の妨げとなっている。

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」（管理人：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（以下，農研機構）生物系特定産業技術研究支援センター）の支援を受けて実施した「持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発」では，圃場の深層部に分布する

土壤病害虫の持続的防除のため，処理が容易な可溶性の有機物（糖）を含む資材を用いた土壤還元消毒技術の開発を行うとともに，トマト青枯病に対する防除対策である「高接ぎ木栽培」を組合せた総合防除体系を構築した（農研機構，2019）。本稿では，新しい土壤還元消毒資材を紹介するとともに，処理方法，土壤病害虫に対する防除効果や総合防除体系について解説する。

I 新規土壤還元消毒資材について

プロジェクトでは，粉～粒状で糖を含む資材として①糖含有珪藻土，②糖蜜吸着資材を選抜した。①糖含有珪藻土は，アミノ酸生産工場において，糖化液をろ過する工程の副生物として産出される粉状の資材である（図-1）。本資材はタピオカスターチの糖化液由来の糖とろ過助剤である珪藻土であり，副生物の有効利用の観点から環境配慮型の製品といえる。現在，九州地域は域内の，他地域はタイ国内のアミノ酸生産工場産の糖含有珪藻土を供給する体制を整えている。②糖蜜吸着資材は水溶性の糖を含む家畜飼料である（図-1）。本資材は大豆皮にサトウキビ糖蜜を吸着させたもので，乾燥した粒状資材のため取り扱いが容易である。

表-1に新規および既存の土壤還元消毒資材および土壤くん蒸剤との経費と特徴の比較をまとめた。新規土壤還元消毒資材は既存の資材と比較して導入コストがやや高めであるが，処理の労力や時間が軽減され，窒素成分を含まないため匂い（ドブ臭）も少なく土壤病害虫が分



図-1 新規土壤還元消毒資材（左：糖含有珪藻土，右：糖蜜吸着資材）

Anaerobic Soil Disinfestation (ASD) with Sugar-containing Diatomite and Dry Molasses. By Kazuhiro NAKAHO

（キーワード：土壤還元消毒，糖含有珪藻土，糖蜜吸着資材，青枯病，線虫，高接ぎ木）

表-1 土壤還元消毒資材および土壤くん蒸剤の経費と特徴の比較（農研機構，2019）

	糖含有珪藻土	糖蜜吸着資材	糖蜜	米ぬかやフスマ	ダゾメット剤
資材経費 (10a 当たり)	未定	15万円前後	10万円前後	5万円前後	6~8万円
特徴	○環境にやさしい。 ○深く（地下60cm程度）まで消毒できる。 ○処理の労力・時間軽減。 ○消毒時の臭いが少ない。	○環境にやさしい。 ○深く（地下60cm程度）まで消毒できる。 ○処理の労力・時間軽減。 ○消毒時の臭いが少ない。	○環境にやさしい。 ○深く（地下60cm程度）まで消毒できる。 △処理の労力・時間必要。 △液肥混入器などが必要。	○環境にやさしい。 ○資材が入りやすい。 △深耕ロータリーを使用しないと、地下深くまで消毒できない。 △消毒時のドブ臭が強い。	○冬期間でも消毒効果が得られる。 ○処理時間が短い。 △地下深くまで消毒できない。

注) ダゾメット剤は土壤くん蒸剤。

布する深層の土壤を消毒することができる。

II 処理時期および処理方法

処理時期は、施設ハウス内が高温になり、深さ40~60cmで30℃以上の地温が確保できる夏期(6~9月)の処理が適している。高い消毒効果を得るには、消毒開始後の最初の3日間に良好な天候が続くことが重要である。

処理方法は、①新規資材をハウス圃場10a当たり1~2tをブレンドキャストなどの肥料散布機やスコップ等で散布、②資材と土壤がよく混和するようにロータリー耕起、③灌水チューブを60cm~1mおきに設置し、ビニールシート（透明ポリエチレン、またはPOフィルム製）で被覆、④灌水は一般的に1m²当たり100~150l、灌水状態になるまで実施（農業用支柱などを圃場に差し込み下層まで灌がい水が浸透しているかを確認）、⑤地温を確保するためハウスを約3週間密閉、その後、被覆ビニールを除去、よく耕耘しトマトを定植する（図-2）。両資材とも、炭素源(糖)を多く含む水に溶けやすく土壤に吸着しにくいいため、資材をすき込んだ土壤に灌水すると、水の流れによって深層に糖が到達し、表層だけでなく下層まで還元化する（図-3）。米ぬかやフスマを用いた土壤還元消毒を実施している生産者は、新規資材に替えるだけで深層まで効果の高い消毒技術を導入できる。注意点として圃場に資材をすき込んだら当日~翌日には土壤中の微生物により糖が分解されるので、直ちに灌水処理を行うことが重要である。

III 土壤病害虫に対する防除効果と「高接ぎ木栽培」と組合せた防除体系

新規資材を用いた土壤還元消毒を実施した圃場では還



図-2 新規資材を用いた土壤還元消毒処理（岐阜県）
（農研機構，2019を一部改変）

元化を示すジピリジル反応により60cmの深層まで還元化していることが確認された（図-4）。また、クロロピクリンや米ぬかの土壤還元消毒では消毒が難しい深層の青枯病菌（表-2）および線虫密度（データ略）が検出限界以下まで抑制された（農研機構，2019）。消毒後に栽培したトマトは、青枯病の発生および線虫による根こぶの形成がほとんど認められず（図-5, 6）、各地の実証試験において、その防除効果は2作以上持続することが明らかとなった（図-5）。

青枯病防除技術である高接ぎ木法は、慣行接ぎ木（接ぎ木部位：子葉上）より高い位置（同：地際から10cm以上）に接いだ苗（図-7）を利用した防除技術である（中保ら，2013；鍛治原・中保，2014）。高接ぎ木トマトは台木品種の持つ“植物体内での青枯病菌の移行と増殖の抑制能力”を最大限に活用し、穂木への青枯病菌の感染

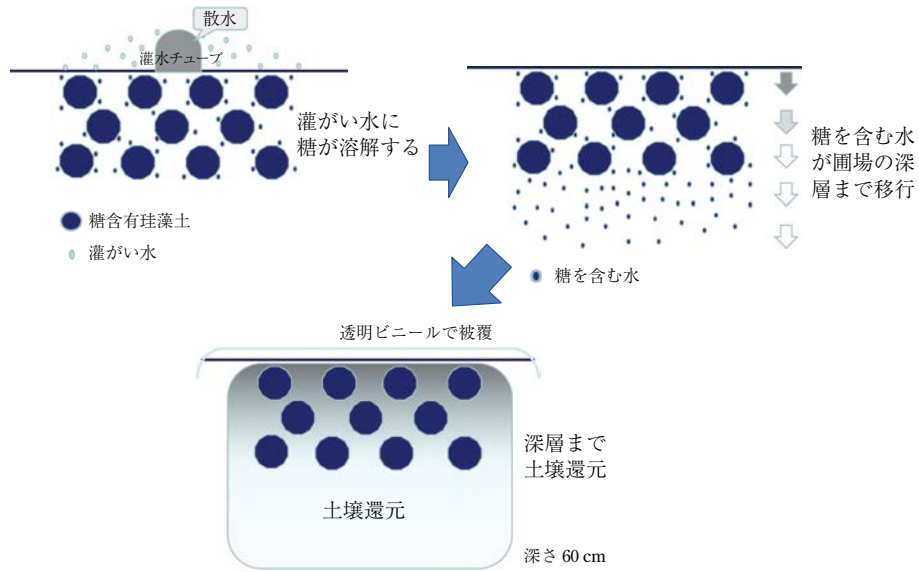


図-3 新規資材を用いた土壌還元消毒のイメージ（農研機構，2019）

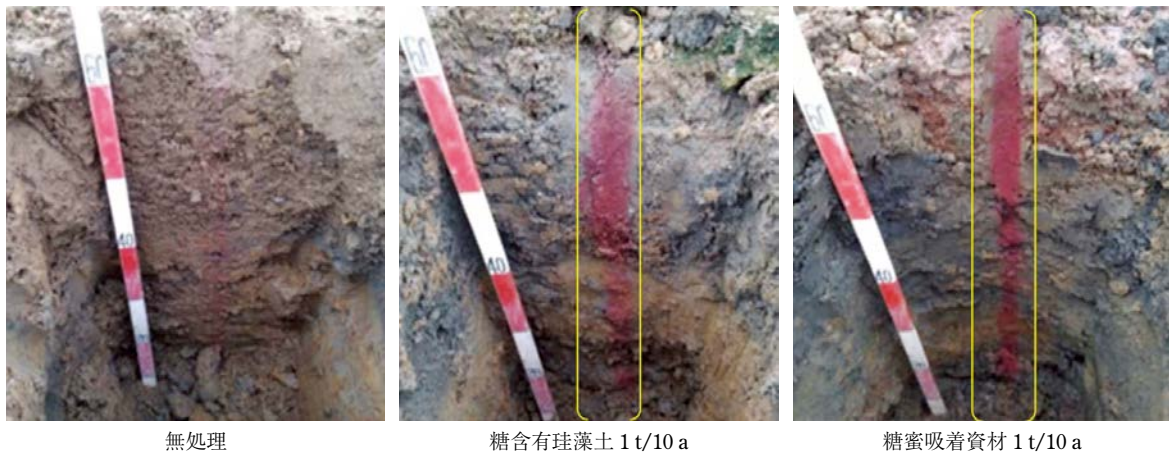


図-4 土壌還元消毒後の土壌断面におけるジピリジル反応（農研機構，2109 を一部改変）
黄色枠：還元化（赤色の線）を 60 cm 深さまで確認，2018 年 6 月実施。

表-2 新規資材を用いた土壌還元消毒による土壌中の青枯病菌に対する殺菌効果（農研機構，2019）一部改

試験区	処理期間	調査日	青枯病菌数 (CFU/g 土壌)			
			0~15 cm 深	15~30 cm 深	30~45 cm 深	45~60 cm 深
糖含有珪藻土 1 t/10 a		5/31	1,100	210	43	23
		6/25	< 3	< 3	< 3	< 3
糖蜜吸着資材 1 t/10 a	2018.6/1 ~6/25	5/31	≥ 2,400	120	410	9.2
		6/25	< 3	< 3	< 3	< 3
無処理		5/31	≥ 2,400	≥ 2,400	210	28
		6/25	1,100	≥ 2,400	64	15

現地圃場：新潟県，青枯病菌は MPN-PCR 法（井上・中保，2015）で定量。

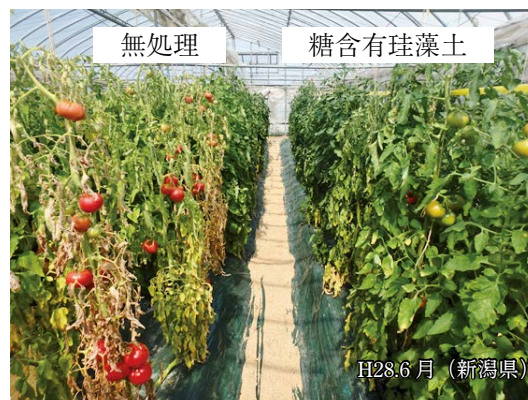
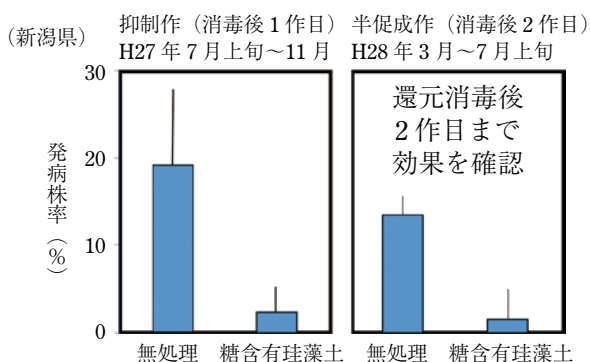


図-5 糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒の青枯病に対する防除効果（農研機構，2019）



図-6 ネコブセンチュウに対する新規資材を用いた土壌還元消毒の抑制効果（農研機構中央農研）（農研機構，2019）

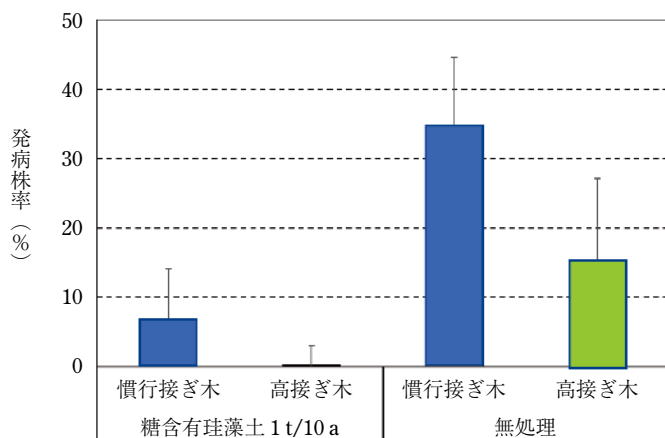


図-7 糖含有珪藻土を利用した土壌還元消毒法と高接ぎ木栽培によるトマト青枯病に対する防除効果（農研機構，2019）

消毒後3連作目の実証（新潟県，抑制作型），消毒期間：2015年8月17日～9月20日，栽培期間：2017年7月15日～11月24日，供試 穂木品種‘りんか409’，台木品種‘Bバリア’。

を抑制する。また、根部における線虫の感染によりトマト青枯病の発生が助長されるが、高接ぎ木では慣行接ぎ木と比較してその程度が顕著に抑制される（UEHARA and NAKAHO, 2018）。新規資材を用いた土壌還元消毒は、消毒後3作目でも高接ぎ木栽培と組み合わせることで、青枯病に対する防除効果が安定化し持続性も高まることが示され

た（図-7）。青枯病防除を導入コストから考えると、最初に新規土壌還元消毒で深層の青枯病菌の菌密度を低下させた上で、2～3作に一度還元消毒を実施することが経済的に有効である。青枯病は発生した後では防除対策が取れないため、前作の青枯病の発病程度やネコブセンチュウの根こぶ程度等の診断を行い、高接ぎ木栽培を導

入した体系防除を実施する。

おわりに

日本総合研究所の経済性評価により、前述の防除体系は、「青枯病等の土壌病害虫に起因する収穫量減少に悩む生産者（特に慣行防除が効かなくなっている地域）の農業所得復元に向けて有用である」ことが明らかになっている（農研機構，2019）。新規資材を用いた土壌還元消毒技術導入の経営的メリットとして、化学農薬に比べ近隣や作業者にとって安全であることや処理作業が容易なこと（導入マニュアルの整備も含む）等があげられる。導入コストがやや高いことから本技術の導入にあたっては複数作での適用により1作当たりの負担を減らすことも必要である。現在、社会実装のロードマップに従い、①新規資材「糖含有珪藻土」の販路や供給体制の構築、②新規資材を用いた土壌還元消毒の各地域での実証、普及成果情報等への掲載、研修会を通じた普及推進およびトマト以外の品目（キュウリ、花き類等）への導入等、を通じて本技術の全国的な普及を推進している。

なお、本成果は農研機構中央農業研究センター、同機

構九州沖縄農業研究センター、理化学研究所バイオリソース研究センター、北海道立総合研究機構道南農業試験場、青森県産業技術センター野菜研究所、千葉県農林総合研究センター、新潟県農業総合研究所、富山県農林水産総合技術センター、石川県農林総合研究センター、岐阜県農業技術センター、和歌山県農業試験場、熊本県農業研究センター、味の素株式会社、株式会社日本総合研究所との共同研究で得られたものである。

引用文献

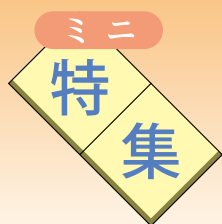
- 1) 井上康宏・中保一浩（2015）：植物防疫 **69**：439～443.
- 2) ————・—————（2019）：農研機構研究報告中央農研 **7**：1～10.
- 3) 鍛冶原 寛・中保一浩（2014）：植物防疫 **68**：75～78.
- 4) 門馬法明（2013）：同上 **67**：210～213.
- 5) 中保一浩ら（2013）：農業技術大系土壌施肥編 **第5-1巻**：畑106の12-30.
- 6) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター（2019）：新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル—技術版—，http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130490.html
- 7) UEHARA, T. and K. NAKAHO（2018）：J. Phytopathol. **166**：53～58.

発生予察情報・特殊報（2019.10.1～10.31）

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

- ケイトウ：ピシウム立枯病（新称）（神奈川県：初）10/1
- ツマジロクサヨトウ（徳島県：初）10/2 *フェロモントラップでの確認
- 飼料用トウモロコシ：ツマジロクサヨトウ（大阪府：初）10/3
- ネギ：ネギハモグリバエ（別系統）（長野県：初）10/4
- ツマジロクサヨトウ（兵庫県：初）10/9 *フェロモントラップでの確認
- スイートコーン：ツマジロクサヨトウ（沖縄県：初）10/10
- ツマジロクサヨトウ（愛知県：初）10/11 *フェロモントラップでの確認
- ネギ：ネギハモグリバエ（別系統）（埼玉県：初）10/15
- サトウキビ：ツマジロクサヨトウ（鹿児島県：初）10/18
- ツマジロクサヨトウ（鳥根県：初）10/21 *フェロモントラップでの確認
- ローズマリー：ヨコバイ科の一種（京都府：初）10/23
- ツマジロクサヨトウ（和歌山県：初）10/24 *フェロモントラップでの確認
- レタス：根腐病（レース2）（岩手県：初）10/25
- キウイフルーツ：キクビスカシバ（茨城県：初）10/31



新規資材「糖含有珪藻土」を用いた土壤還元消毒による トマト土壤病害防除技術

北信越地域におけるトマト半促成、抑制栽培 における病害虫に対する防除効果

新潟県農業総合研究所 基盤研究部 **まえ だ まさ ゆき**
前 田 征 之

はじめに

新潟県を含む北陸地域は、稲作を基幹とした農業が行われており、冬季に積雪が見られることや、日射量が少ないことから、トマトの施設栽培は早春から夏季までの半促成栽培と、夏季から冬季に向けた抑制栽培を中心に行われている。また、産地によっては半促成作型でトマトを栽培したのち、抑制作型ではキュウリもしくはトマトが栽培されている。近年の夏季の酷暑や長年の連作の影響もあり、青枯病の発生は増加傾向にある。防除対策としては、抵抗性台木を使った接ぎ木苗の利用と化学合成農薬による土壤消毒が行われてきたが、環境条件によっては必ずしも十分な効果を得ることができていない。このことは、本病の病原菌が土壤深層部に生息しているため、化学合成農薬による土壤消毒では消毒効果が及ばないことに起因している。こうした背景のもと、廃糖蜜を用いた土壤還元消毒が土壤深層部の青枯病菌およびネコブセンチュウに対して高い消毒効果を示すことが明らかとなり（前田，2011），新潟県のトマト産地では青枯病対策として利用されてきた。一方で、液肥混入機の設置や、消毒時の資材処理にかかる労力が、本技術のさらなる普及への妨げとなってきた。

本稿では、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」（管理人：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）生物系特定産業技術研究支援センター）で実施した「持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発」において、廃糖蜜に比べて処理が容易で、土壤深層部に生息する青枯病菌などの土壤病害虫の消毒を目的に選ばれた資材、糖含有珪藻土（アミ

ノ酸生成過程で生じる副生物）および糖蜜吸着資材（大豆皮に糖蜜を吸着させ乾燥させたもの）を用いた新規土壤還元消毒について、北信越地域のトマト栽培において実証した結果をもとに、トマト青枯病の防除技術としての有効性について紹介する。

I 新規土壤還元消毒によるトマト土壤病害虫 に対する防除効果

青枯病の多発する現地圃場において両資材を用いて土壤還元消毒を行った。消毒方法の作業手順は図-1のように行った。いずれの実証圃場においても、同一ハウス内に無処理区を設定して試験を行った結果、消毒後の土壤では、地表下 60 cm まで還元化され（図-2）、土壤中の青枯病菌密度は低減した（表-1）。消毒終了後にトマトを栽培した結果、無処理区に比べて青枯病に高い防除効果が認められた（図-3、図-4）。また、本消毒法はネコブセンチュウに対しても高い防除効果を示す（表-2、図-5）。

北信越地域では、トマトを半促成作型で栽培後に新規土壤還元消毒を行い、抑制作型でキュウリを栽培する産地があるため、両品目に寄生するネコブセンチュウを防除することは、本栽培体系を維持するうえで効率的である。また、トマト青枯病はネコブセンチュウの共存下では発病が助長されることが明らかとなっている（UEHARA and NAKAHO, 2018）。したがって、センチュウで汚染された圃場での青枯病には、本土壤消毒の実施が効果的であると考えられる。

II 新規土壤還元消毒によるトマト青枯病に対する 防除効果の持続性

糖含有珪藻土を用いた土壤還元消毒後にトマトを連作し、青枯病の発病を調査した結果、消毒後3作および4作しても、無処理区に比べて青枯病の発病は低く抑えられた（図-6）。ただし、消毒時に地温が確保できない時期（4月や10月下旬）に土壤還元消毒を行った圃場では、

Effect of Anaerobic Soil Disinfection with Sugar-Containing Diatomite and Dry Molasses on Occurrence of Soilborne Pathogen under Semi-Forcing and Retarding Culture Tomato in Hokushinetsu Area. By Masayuki MAEDA

（キーワード：土壤還元消毒，糖含有珪藻土，糖蜜吸着資材，青枯病，ネコブセンチュウ，高接ぎ木）

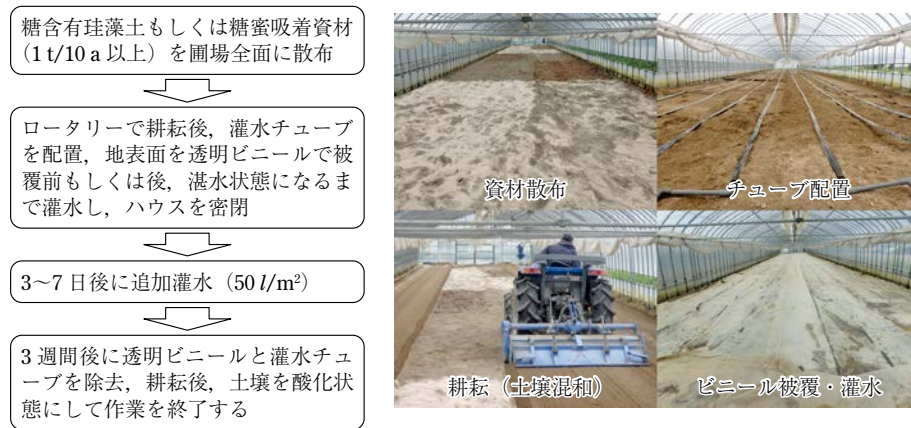


図-1 新規土壌還元消毒の作業手順

表-1 新規土壌還元消毒による土壌中の青枯病菌に対する殺菌効果 (農研機構, 2019 a)

試験区	処理期間	調査日	青枯病菌数 (CFU/g 土壌)			
			0~15 cm 深	15~30 cm 深	30~45 cm 深	45~60 cm 深
A ハウス						
糖含有珪藻土		6/4	1,100	210	43	23
1 t/10 a		7/3	< 3	< 3	< 3	< 3
糖含有珪藻土	2017.6/5 ~7/3	6/4	≥ 2,400	1,100	23	7.2
1.5 t/10 a		7/3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	3.6
無処理		6/4	≥ 2,400	≥ 2,400	210	28
		7/3	1,100	≥ 2,400	64	15
B ハウス						
糖含有珪藻土		5/31	210	64	43	11
1 t/10 a		6/25	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
糖含有珪藻土	2018.6/1 ~6/25	5/31	102	64	15.2	6.8
2 t/10 a		6/25	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
糖蜜吸着資材		5/31	1,110	≥ 2,400	56	7.2
1 t/10 a		6/25	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
無処理		5/31	21.2	36	63	20
		6/25	43	8.1	21	28

青枯病菌数の測定は MPN-PCR 法 (井上・中保, 2015) により測定。
消毒・栽培概要

A ハウス 消毒期間: 2017年6月5日~7月3日。栽培期間: 7月16日~11月28日。
供試品種 穂木: 'りんか409', 台木: 'Bバリア'。

B ハウス 消毒期間: 2018年6月1日~6月25日。栽培期間: 7月12日~11月26日。
供試品種 穂木: 'りんか409', 台木: 'Bバリア'。

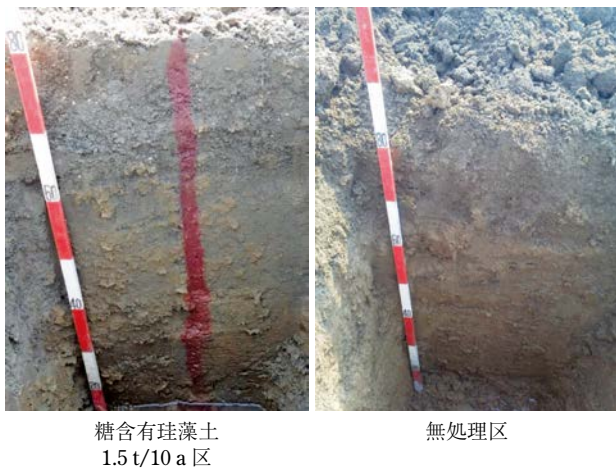


図-2 新規土壌還元消毒後の土壌断面におけるジピリジル反応 (ジピリジル液を土壌に吹きつけ赤く色がつくと還元状態であることを示す。)



図-3 新規土壌還元消毒によるトマト青枯病に対する防除効果 (農研機構, 2019 a)

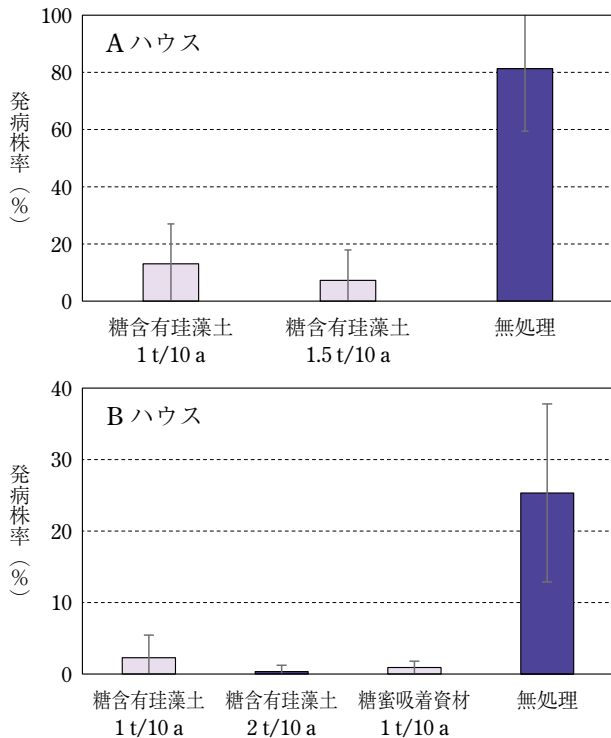


図-4 新規土壌還元消毒によるトマト青枯病に対する防除効果 (農研機構, 2019 a)
消毒・栽培概要は表-1 の脚注を参照。

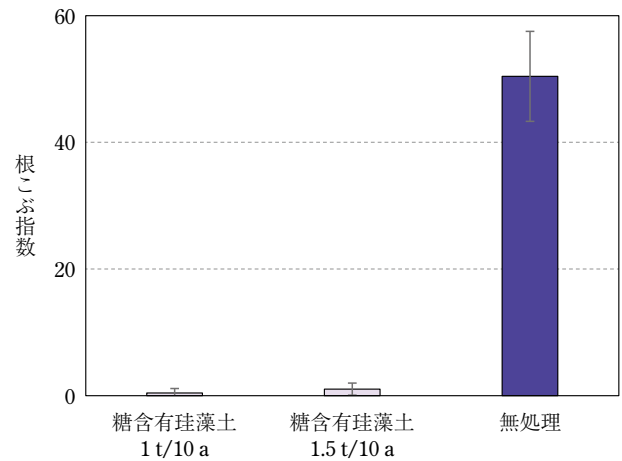


図-5 新規土壌還元消毒によるネコブセンチュウに対する防除効果 A ハウスで実施した。消毒・栽培概要は表-1 の脚注を参照。

表-2 新規土壌還元消毒法によるネコブセンチュウに対する消毒効果 (A ハウス***)

処理区	消毒前		消毒後	
	0~30 cm*	30~60 cm	0~30 cm	30~60 cm
糖含有珪藻土 (1 t/10 a)	75.4**	51.2	0	0
糖含有珪藻土 (1.5 t/10 a)	84.6	58.7	0	0
無処理区	97.6	68.6	33.9	28.3

*: 表層からの土壌深。

** : 土壌 20 g 当たりのネコブセンチュウ数 平均値。

*** : 消毒・栽培概要は表-1 の脚注を参照。

消毒後 1 作目のトマト栽培では防除効果が得られたものの、2 作目では青枯病が多発する事例が認められている。したがって、トマトの複数作栽培において、青枯病の発病を持続的に低く抑えるためには、土壌還元消毒を適切な時期 (地温の確保) と手順で行うことが重要である。

III 新規土壌還元消毒と高接ぎ木法の体系化防除

高接ぎ木法とは、慣行接ぎ木 (接ぎ木部位: 子葉上) より高い位置 (同: 地際から 10 cm 以上) に接いだ苗を利用した防除技術である (鍛治原・中保, 2014)。新潟県では夏季の高温期に定植する抑制作型において、高接ぎ木栽培の導入を進めており、高接ぎ木苗を用いることで、慣行接ぎ木苗に比べて青枯病の発病株率を低く抑えることが可能である (前田, 2013)。糖含有珪藻土お

よび糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒の実施直後は、土壌中の青枯病菌は検出限界以下まで低下するが、消毒後のトマトの作付回数とともに土壌中の病原細菌数は増加するため、青枯病の発病リスクは高まることが想定される。本実証試験では、消毒後に 3 作目および 4 作目となるトマト栽培時に、高接ぎ木苗を栽培した (図-7)。その結果、慣行接ぎ木苗に比べて青枯病の発病を抑制することができた (図-8, 図-9)。土壌還元消毒の処理が上手くいかなかった場合や、前作の発病状況等を考慮し、高接ぎ木栽培の導入時期を判断することで、青枯病を持続的に防除することができる。高接ぎ木苗は自家育苗も可能であるが、種苗会社から購入可能であり、生産者にとっても取り組みやすい防除技術である。

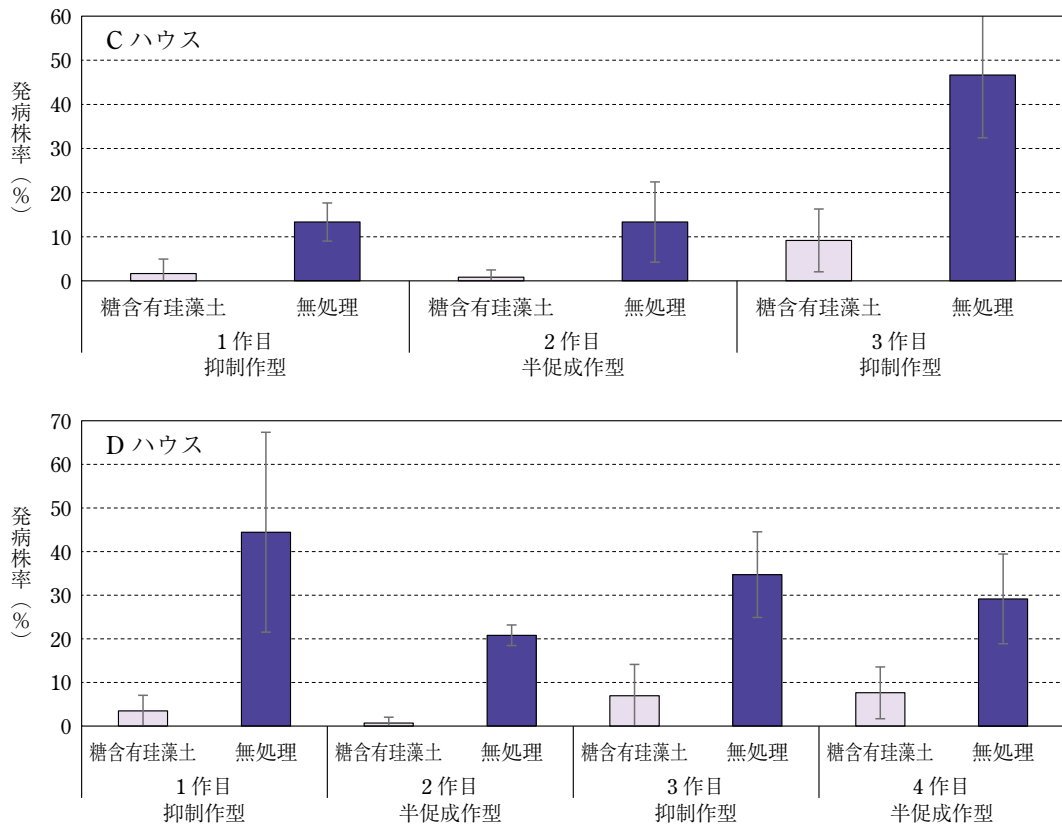


図-6 新規土壌還元消毒によるトマト青枯病に対する防除効果の持続性（農研機構，2019 a）

Cハウス 消毒期間：2015年6月8日～6月30日。

栽培期間 1作目：2016年7月10日～11月27日，2作目：2017年3月5日～7月1日，

3作目：2017年7月8日～11月19日。

供試品種 1作および3作目 穂木：‘りんか409’，台木：‘Bバリア’，

2作目 穂木：‘麗容’，台木：‘ブロック’。

Dハウス 消毒期間：2016年6月1日～6月25日。

栽培期間 1作目：2016年7月8日～11月24日，2作目：2017年3月1日～7月10日，

3作目：2017年7月15日～11月24日，4作目：2018年3月6日～7月10日。

供試品種 1および3作目 穂木：‘りんか409’，台木：‘Bバリア’，

2および4作目 穂木：‘麗容’，台木：‘ブロック’。



図-7 抑制型における高接ぎ木栽培による実証
（新規土壌還元消毒後4連作目のトマト栽培）

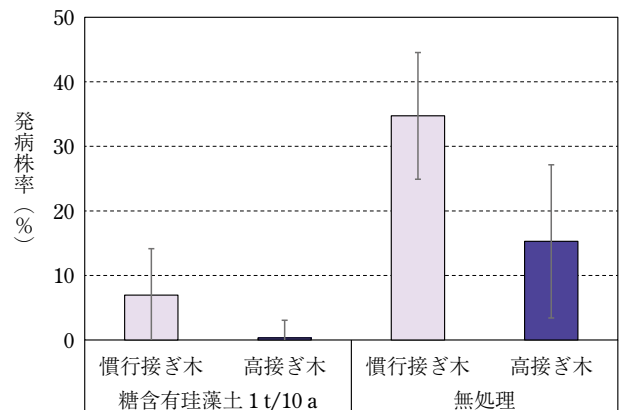


図-8 新規土壌還元消毒法と高接ぎ木栽培によるトマト青枯病に対する防除効果（土壌還元消毒後3連作目のトマト栽培）

消毒期間：2015年8月17日～9月20日，栽培期間：2017年

7月15日～11月24日，供試品種 穂木：‘りんか409’，台木：

‘Bバリア’，慣行接ぎ木：子葉上で接ぎ木した苗，高接ぎ木：

3葉上で接ぎ木苗。

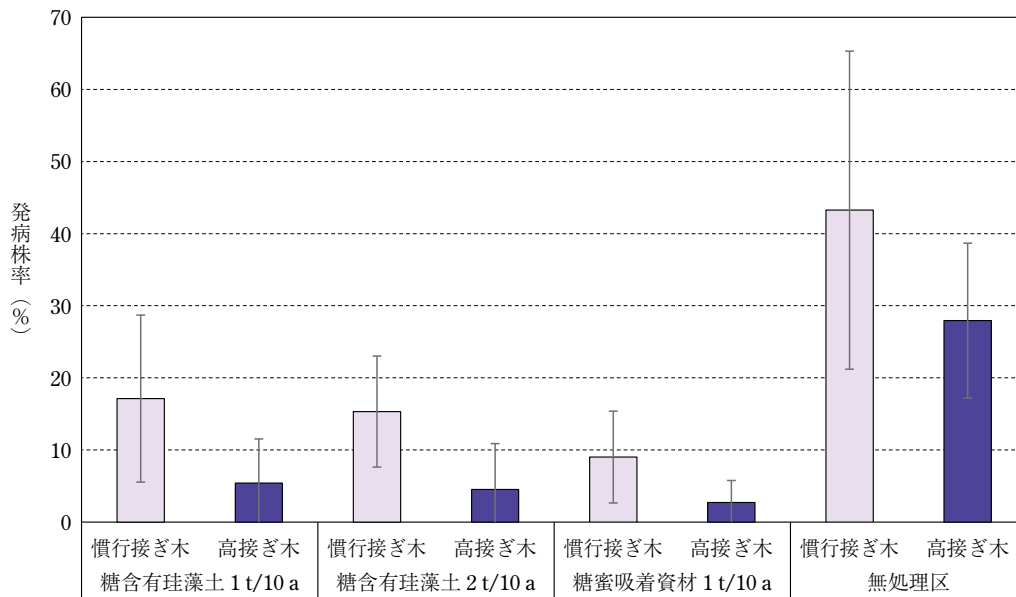


図-9 新規土壌還元消毒法と高接ぎ木栽培によるトマト青枯病に対する防除効果の持続性
(土壌還元消毒後4連作目のトマト栽培)

消毒期間：2016年8月18日～9月12日，栽培期間：2018年7月12日～11月24日，
供試品種 穂木：‘りんか409’，台木：‘Bバリア’，慣行接ぎ木：子葉上で接ぎ木，高接
ぎ木：3葉上で接ぎ木。

おわりに

北信越地域における糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を用いた土壌還元消毒の実証試験は，石川県農林総合センター，富山県農林水産総合技術センターおよび新潟県農業総合研究所が担当した。本稿では新潟県で得られたデータを示したが，地域や圃場条件等により消毒効果に差は認められるものの，いずれの試験結果も，青枯病およびネコブセンチュウへの防除効果が認められた（農研機構，2019a；2019b）。また，本稿では記載していないが，トマト土壌病害のうち褐色根腐病に対しても防除効果が見られている。

現在，各地域において成果の技術指導や講習会等を通じて土壌還元消毒法の生産現場への普及が図られている。また，トマトの土壌病害虫だけではなく，ナス青枯病，半身萎凋病，トルコギキョウの青枯病と立枯病，キュウリのネコブセンチュウの対策技術として現地実証試験が行われており，高い防除効果が認められてきている。

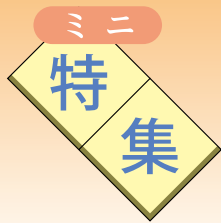
一方で，水はけのよい砂質土壌では土壌還元消毒の青枯病に対する効果が劣る事例が認められた。現場では，暗渠を施工した圃場では暗渠管の出口を閉じることで，圃場に水がたまり，消毒効果が得られるが，暗渠のない圃場においては，灌水前に鎮圧をしてから圃場内に水を

溜めるなどの工夫がとられている。砂質土壌における効果的な処理方法については，解決すべき課題も多く，現在取り組んでいるところである。

施設野菜の生産現場では，既にフスマや米ぬか等の有機物を用いた土壌還元消毒は土壌病害対策として広く普及した技術となっているが，効果が得られなかった事例も散見されている。その多くは，消毒時の不適切な処理が原因となっている。本消毒法の導入にあたっては，必ず技術マニュアル（農研機構，2019a；2019b）を参照し，要点を理解して実施することが重要である。

引用文献

- 1) 井上康広・中保一浩 (2015): 植物防疫 **69**: 439~443.
- 2) 鍛冶原 寛・—— (2014): 同上 **68**: 75~78.
- 3) 前田征之 (2011): 農耕と園芸 **66**(6): 120~124.
- 4) —— (2013): 農業技術体系土壌肥料編 **vol.5**: 31~33.
- 5) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター (2019a): 新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル—技術版一, https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130490.html
- 6) —— (2019b): 新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系マニュアル—北信越地域版一, https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130490.html
- 7) UEHARA, T. and K. NAKAHO (2018): J. phytopathology. **166**: 53~58.



新規資材「糖含有珪藻土」を用いた土壤還元消毒による トマト土壤病害防除技術

東海地域における新規資材を用いた土壤還元消毒 による病害虫防除効果

岐阜県農業技術センター **村 元 靖 典**

はじめに

トマトの出荷量は、愛知県が全国第2位、岐阜県が第7位（2018年農林水産省作物統計調査による）であり、東海地域における施設野菜の重要品目となっている。東海地域の太平洋側の温暖な平坦地では、9月ころに定植して翌年6月ころまで収穫する「促成作型」や、8～9月定植で翌年1月ころまで収穫する抑制栽培と1～2月定植で6月ころまで収穫する半促成栽培を組合せた「抑制+半促成」作型の冬春トマト栽培が行われている。

生産面積の大部分を占める土耕栽培では、近年の高温化傾向によって土壤病害虫の発生が顕在化しており、収穫量減少の主な要因となっている。土壤病害虫が発生した場合、種々の土壤消毒による物理・化学的防除を行う必要があるが、近年では周辺環境や作業者の健康への配慮などの観点から、化学薬剤に依存しない土壤消毒の導入が求められている。冬春トマト産地では、高温となる7～8月は栽培を行わず、かつ30℃以上の地温の確保が容易となるため、この時期に慣行として太陽熱消毒が実施されている。特に、岐阜県の海津市を中心とする地域では、太陽熱と有機物を組合せた土壤消毒法の一つである。糖蜜を利用した土壤還元消毒法が既に普及している。青枯病などに対して高い防除効果を示すことが実証されているため、土壤病害虫が発生した施設では本消毒法を利用することが推奨されていたためである。しかし、糖蜜による土壤還元消毒法は深層までの殺菌・殺虫効果が高いものの、糖蜜の希釈液を処理するための液肥混入器などが必要で、かつ希釈の作業も非常に煩雑であることが現場では問題となっている。一方、米ぬかやフスマは処理作業そのものが比較的簡便であるが、深層までの殺菌・殺虫効果が低いことが問題となっている。

Pest Control Effect of Reductive Soil Disinfestation with New Materials in Tokai Area. By Yasunori MURAMOTO

(キーワード：土壤還元消毒，糖含有珪藻土，糖蜜吸着資材，青枯病，かいよう病，褐色根腐病，ネコブセンチュウ)

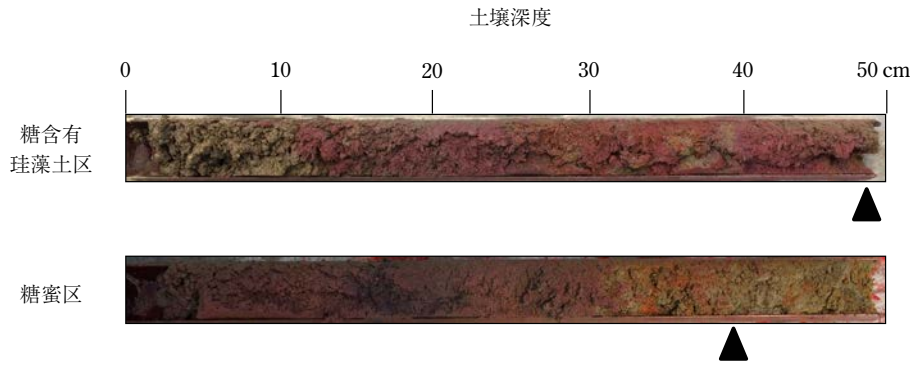
これらの問題点を解決するために、糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を土壤還元消毒資材とする新しい消毒技術の開発を、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）事業「次世代農林水産創造技術」の支援を受け、2014～18年度にわたって進めてきた。ここでは、岐阜県において現地生産者の協力を得ながら実施してきた、各種土壤病害虫に対する新規資材を用いた土壤還元消毒の現地実証試験の結果を中心に紹介する。

I トマト青枯病に対する防除効果

全国的に問題となっている青枯病を対象として、新規資材による土壤還元消毒の防除効果および高接ぎ木技術との組合せによる体系化処理の効果について検討した。

海津市の青枯病発生圃場において、糖含有珪藻土を1.2 t/10 aの施用量で作土層に土壤混和した後、ポリフィルムで土壤表面を被覆し、灌水チューブを用いて灌水状態になるまで灌水した。土壤消毒期間は2016年7月12日～8月11日までとした。この期間の平均地温は20 cm深で35.7℃（最低25.7～最高42.9℃）、40 cm深で33.5℃（25.9～39.1℃）で推移した。消毒終了後に土壤採取器を用いて深さ50 cmまでの土壤を回収し、ジピリジルによる呈色反応によって土壤還元度を調査した結果、新規資材区は深度50 cmまで還元化されていた（図-1）。このことから、灌水することにより資材から糖分が溶出し、資材が混和された作土層以下の深層まで還元化できることがわかった。青枯病発生箇所の消毒前の土壤中菌密度は高い値を示したが、土壤還元消毒を行うことによって慣行区（糖蜜処理）と同等に検出限界値以下まで低下させることができた（表-1）。消毒後作（2016年9月定植～2017年6月収穫終了）では一部で青枯病の発生が見られたが、新規資材区では慣行区と比較して発病株率が低く、高い防除効果が認められた。

抵抗性台木を利用した接ぎ木は、青枯病対策の最も一般的かつ安定した対策技術であるが、この接ぎ木による抵抗性をさらに強化した技術として、高接ぎ木法が開発



注) ▲の位置までジピリジルによる発色があったことを示す。

図-1 ジピリジル反応による土壤還元程度の判定

表-1 土壤還元消毒前後の土壤中青枯病菌密度

試験区	土壤深度	消毒前		消毒後	
		菌密度 (cfu/g 乾土)	菌の検出箇所数	菌密度 (cfu/g 乾土)	菌の検出箇所数
糖含有珪藻土 (1.2 t/10 a)	0-17 cm	N.D.~290	2/3	N.D.	0/3
	17-33 cm	N.D.~460	1/3	N.D.	0/3
	33-50 cm	N.D.~93	2/3	N.D.	0/3
糖蜜 (0.6%)	0-17 cm	N.D.~3.6	1/3	N.D.	0/3
	17-33 cm	N.D.~3.6	1/3	N.D.	0/3
	33-50 cm	N.D.	0/3	N.D.	0/3

注) N.D. は MPN-PCR 法による検出限界値以下 (<3) を示す。

調査日 消毒前：2016年7月7日 消毒後：2016年8月12日。

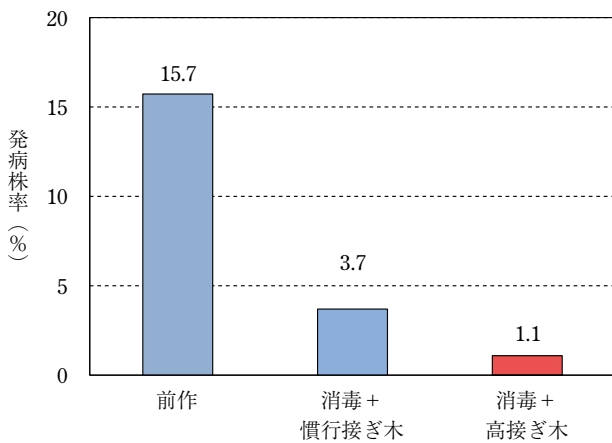


図-2 トマト青枯病に対する土壤還元消毒と高接ぎ木の体系化処理による防除効果

されている (鍛治原・中保, 2014)。深層まで消毒できる新規資材による土壤還元消毒技術と組合せることで、より高い防除効果を持続できると考えられるため、その体系化による防除効果について検討した。その結果、高接ぎ木区の発病株率は慣行接ぎ木区よりも低く (図-2)、

新規資材による土壤還元消毒技術と高接ぎ木技術を組合せた体系化によって、青枯病に対する高い発病抑制効果が認められた (村元ら, 2019)。

他地域の青枯病発生圃場において、糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を 1 t/10 a の施用量で土壤還元消毒処理 (2017年7月1日~8月6日) を行った試験では、海津市での試験と同様に消毒後は土壤中菌密度を検出限界値以下まで低下させることができ、さらに後作での発病株率を慣行接ぎ木でも 0% に抑えることができた。前作での青枯病発生株率、土壤中菌密度、菌の生息深度等にもよるが、新規資材による土壤還元消毒技術は単年の処理だけでも青枯病に対して高い防除効果を示すことが明らかとなった。

II トマトかいよう病に対する防除効果

トマトかいよう病が発生した海津市の2圃場 (A圃場, B圃場) において、糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を 1 t/10 a の施用量で土壤還元消毒処理を行い、その防除効果を検討した。かいよう病の発生箇所は両圃場ともに

圃場内の一部の畝に集中しており、各資材試験区の消毒前の発生株率はA圃場の糖含有珪藻土区では89.0% (2畝)、糖蜜吸着資材区では66.6% (2畝)、B圃場の糖含有珪藻土区では47.0% (2畝)、糖蜜吸着資材区では61.9% (2畝)であった。土壤消毒期間はA圃場では2018年7月6日～8月7日まで、B圃場では2018年7月20日～8月20日までで、この期間の平均地温は20 cm 深でそれぞれ39.3℃と38.2℃、50 cm 深で35.4℃と37.3℃であった。土壤の還元度は、両圃場ともに採取場所によってムラがあったものの、深度40 cm まではジビリジルによる呈色反応が見られた。消毒後作(2018年9月定植～2019年6月収穫終了)では、両圃場ともにかいよう病の発生が全く見られず、栽培終了時のトマト株からもかいよう病菌は検出されなかった。

トマトかきよう病菌の土壤中菌密度の測定技術は確立されていないため、発生圃場の土壤汚染程度や菌の生息深度は明らかではなかったものの、新規資材による土壤還元消毒技術がトマトかきよう病に対して高い防除効果を示すことが確認できた。

III トマト褐色根腐病に対する防除効果

海津市のトマト褐色根腐病発生圃場において、糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を1 t/10 aの施用量で土壤還元消毒処理(2016年7月8日～8月15日)を行い、その防除効果を検討した。消毒前は枯死する株はなかったものの、褐色根腐病抵抗性台木である‘グリーンセーブ’を用いた接ぎ木栽培にもかかわらず、根部発病度は高い値を示した。新規資材による土壤還元消毒を行うことにより、後作(2016年9月定植～2017年6月収穫終了)の栽培終了時の根部発病度は、慣行区(太陽熱消毒)と

比較して両資材区ともに大きく低下しており(表-2)、高い発病抑制効果が得られた。根部発病度をゼロにするまでには至らなかったものの、生産者の達観では、両資材区の消毒後作トマトの生育および収量が、慣行区と比較して明らかに良好であったとのことであり、その後の本圃場では2年に1回のローテーションで土壤還元消毒を実施し、褐色根腐病による被害を回避している。

IV ネコブセンチュウに対する防除効果

海津市のネコブセンチュウが発生したトマト圃場において、糖含有珪藻土および糖蜜吸着資材を1 t/10 aの施用量で土壤還元消毒処理(2017年7月1日～7月30日)を行い、その防除効果を検討した。ネコブセンチュウの発生箇所は圃場内の一部の畝に散在しており、ネコブセンチュウ密度および根こぶ指数は高い値を示し、生育後期には日中の萎れが目立っていた。新規資材による土壤還元消毒後は、ネコブセンチュウ密度が検出限界値以下まで低下しており、高い殺虫効果が得られた。消毒後作トマトの生育は順調であったものの、栽培終了後に根部の掘り取り調査では、一部で根こぶの着生が見られ(表-3)、特に圃場内の鉄骨支柱の基部やその周囲部分で根こぶが多く観察された。これは、大型施設の鉄骨支柱周辺は耕起できず、また被覆するビニールの継ぎ目にあたるため、消毒効果が劣ったためと考えられた。また、本圃場は周囲が水田であるため、消毒時の灌水には灌水チューブを用いず、水田パイプラインからダクトチューブを用いて圃場内に大量に直接送水する方法をとったため、灌水量にムラが生じたことも消毒効果が劣った要因の一つと考えられた。

養老町のネコブセンチュウ発生圃場において、土壤還

表-2 土壤還元消毒前後のトマト褐色根腐病発病程度

試験区	消毒前(前作)		消毒後(後作)		
	発病株率	発病度	発病株率	発病度	
糖含有珪藻土 (1 t/10 a)	畝①	100	79.3	5.0	1.7
	畝②	100	75.7	20	6.7
糖蜜吸着資材 (1 t/10 a)	畝①	100	82.9	15	5.0
	畝②	100	76.6	10	3.3
太陽熱消毒	畝①	59.5	19.8	100	33.3
	畝②	81.1	27.9	65	21.7

※台木品種 前作；‘グリーンセーブ’ 後作；‘グリーンフォース’。

調査日 消毒前；2016年7月5日 消毒後；2016年8月15日。

発病度 = $\Sigma(\text{発病指数} \times \text{指数別株数}) / (3 \times \text{調査株数}) \times 100$ 。

発病指数 0；根の褐変無し 1；25%未満が褐変 2；25～50%が褐変
3；50～75%が褐変 4；75%以上が褐変。

表-3 土壤還元消毒前後のネコブセンチュウ密度と根こぶ指数

資材名	土壤深度	土壤消毒前		土壤消毒後	
		センチュウ密度 (頭/20 g 乾土)	根こぶ指数	センチュウ密度 (頭/20 g 乾土)	根こぶ指数
糖含有珪藻土 (1 t/10 a)	0-17 cm	45~2,970		N.D.	
	17-33 cm	20~350	> 90	N.D.	53.1~56.3
	33-50 cm	N.D.~50		N.D.	
糖蜜吸着資材 (1 t/10 a)	0-17 cm	310		N.D.	
	17-33 cm	290	> 90	N.D.	59.4
	33-50 cm	5		N.D.	

※ N.D. はベルマン法における検出限界以下を示す。

ネコブセンチュウ密度調査日 消毒前；2017年6月30日 消毒後；2017年8月3日。
根こぶ指数密度調査日 消毒前；2017年6月30日 消毒後；2018年6月22日。

元消毒処理（2018年7月10日～8月6日）を行った試験では、海津市での試験同様に消毒後はネコブセンチュウ密度を検出限界値以下まで低下させることができ、さらに後作の栽培終了後の根こぶ指数をゼロに抑えることができたため、高い防除効果を確認することができた。

ネコブセンチュウによる被害は、トマトだけでなくキュウリ栽培でも全国的な問題となっている。海津地域ではキュウリ栽培も盛んに行われており、ネコブセンチュウの発生が近年顕在化している。ネコブセンチュウが発生した海津市の2箇所のキュウリ圃場において、新規資材による土壤還元消毒処理を2018年7～8月に行い、その防除効果を検討したところ、両圃場ともにネコブセンチュウ密度が検出限界値以下まで抑えられ、後作の抑制栽培（9月定植～12月収穫終了）、半促成栽培（12月定植～翌年6月収穫終了）それぞれの栽培終了後も根こぶの着生が見られず、防除効果の持続性が確認できた。

おわりに

本稿では、岐阜県海津地域を中心とする冬春トマト産地での現地実証試験の結果を中心に紹介した。冒頭で述べたように、本地域では高温となる夏季は栽培を行わないため、太陽熱消毒が慣行として実施されている。そのため、作業が煩雑である糖蜜による土壤還元消毒も、米ぬかやフスマよりも消毒効果が高いとされているため、比較的抵抗なく普及してきた背景がある。本資材を用いた土壤還元消毒は省力的であり、青枯病だけでなく土壤伝染性の病害虫全般に効果があると期待されるため、新規資材の販路や供給体制が確立できれば、様々な施設園芸作物に対して全国的に普及が進むと考えられる。今回

紹介した事例はいずれも非常に防除効果が高い結果となったが、土壤還元消毒のみで完全な防除対策を構築することは不可能であり、青枯病に対しては高接ぎ木または通常の接ぎ木、かいよう病に対しては管理作業を介した地上部からの二次伝染対策、ネコブセンチュウに対しては薬剤処理等を組合せた体系化防除対策を取る必要があると考えられる。

岐阜県内の飛騨地域や東濃地域等の中山間地では、夏の冷涼な気候を活かし、4～5月に定植して11月ころまで収穫する夏秋作型でトマト栽培が行われている。これらの地域では栽培中の夏季には土壤還元消毒を実施することができないため、天候が安定し地温の上昇が得られやすい定植直前の春季処理が推奨されている。しかし、夏季ほどの地温の高さを得ることが困難なため、特に土壤深層やハウス周辺部の土壤還元効果が弱く、消毒効果にムラが生じやすい傾向がある。2017～18年にかけて、青枯病が発生した夏秋産地ののべ4圃場において、春季処理による新規資材の土壤還元消毒の防除効果を検討したが、いずれも夏季処理を行う冬春産地ほどの高い防除効果は得ることができず、薬剤による土壤消毒の効果とほぼ同程度であった。北海道においても、春季処理では褐色根腐病に対する土壤深層への防除効果が認められなかったと報告しており（三澤ら、2018）、今後は低温時期の春季処理においても、深層まで高い消毒効果を発揮する処理方法を詳細に検討していく必要がある。

引用文献

- 1) 鍛冶原 寛・中保一浩 (2014): 植物防疫 68: 75～78.
- 2) 村元靖典ら (2019): 日植病報 85: 75 (講要).
- 3) 三澤知央ら (2018): 北日本病虫研報 69: 77～84.



日本における除草剤抵抗性雑草の出現と除草剤の開発

公益財団法人 日本植物調節剤研究協会 やま き よし のり
山 木 義 賢

はじめに

日本では1981年にパラコート抵抗性の畑地雑草ハルジオンが初めて除草剤抵抗性雑草として報告され、その後、現在までで40種にのぼる(表-1)。パラコート剤は即効性がある茎葉処理剤で、当時、刈り取り代用として農地の周辺や樹園地、桑園等で広く使用されていた。パラコート抵抗性が発生した桑畑や果樹園では、登録のない安価なパラコート剤も含めて、年間を通してかなりの数量が散布されていたためか、その後、同じキク科雑草であるヒメムカシヨモギ、アレチノギク、オオアレチノギク、オニタビラコでもパラコート抵抗性が確認されることになった。これらの抵抗性雑草は1980年代にグリホサート、グルホシネート等他の薬剤が登録、使用されたことで問題性が徐々に小さくなったと言われている。1996年には北海道で水田雑草ミズアオイが初めてスルホニルウレア(以下、SU)系除草剤抵抗性の雑草として報告された。SU系除草剤抵抗性は、抵抗性雑草が報

告された種類数が最も多く、現在までで40種のうちの23種を占める。畑地や芝地の雑草も報告されているが、そのうちの多くは水田に発生する雑草である。2000年代以降には、ジニトロアニリン系除草剤のトリフルラリン抵抗性、アセチルCoAカルボキシラーゼ(ACC)阻害剤のシハロホップブチル抵抗性、グリホサート抵抗性、グルホシネート抵抗性が相次いで報告され、除草剤、雑草とも種類が増えている状況にある。

一般に、殺虫剤、殺菌剤での抵抗性の対策は、薬剤をローテーションで使用することや、登録の適用内容に従って使用して対象個体すべてをしっかりと防除すること、等が言われている。除草剤についても基本的に同様のことが言えるが、例えば水田除草剤には、複数の有効成分を組合せた混合剤が多く販売、普及しており、その中には対策成分と呼ばれる有効成分を含めることで抵抗性の対策を図っている。

本稿では、日本におけるいくつかの抵抗性雑草について、その防除対策などを除草剤の開発と交えて紹介する。

表-1 これまでに日本で除草剤抵抗性が報告されている雑草

パラコート抵抗性

ハルジオン、ヒメムカシヨモギ、アレチノギク、オオアレチノギク、オニタビラコ、チチコグサモドキ、トキワハゼ

シマジン(トリアジン系除草剤)抵抗性

スズメノカタビラ

スルホニルウレア系除草剤(ALS阻害剤)抵抗性

ミズアオイ、アゼトウガラシ、アゼナ、アメリカアゼナ、タケトアゼナ、イヌホタルイ、キクモ、キカシグサ、ミゾハコベ、コナギ、タイワンヤママイ、オモダカ、スズメノテッポウ、ホソバヒメミソハギ、ウリカワ、ヘラオモダカ、ミズマツバ、アブノメ、ウキアゼナ、マツバイ、ヒメクダ、ヒメタイヌビエ、スズメノカタビラ

トリフルラリン(ジニトロアニリン系除草剤)抵抗性

スズメノテッポウ、カズノコグサ

シハロホップブチル(ACCase阻害剤)抵抗性

ヒメタイヌビエ、イヌビエ

グリホサート抵抗性

ネズミムギ、オヒシバ、ヒメムカシヨモギ、オオアレチノギク

グリホシネート抵抗性

ネズミムギ

※「内野 彰(2019) これまでに日本で除草剤抵抗性が報告されている雑草. 2019.8.15. <http://www.wssj.jp/~hr/weeds.html>」を改変。

Appearance of Herbicide-Resistant Weeds and Development of
Herbicides in Japan. By Yoshinori YAMAKI
(キーワード: 薬剤抵抗性雑草)

I スズメノテッポウにおけるトリフルラリン (ジニトロアニリン系除草剤) 抵抗性、 スルホニルウレア系除草剤抵抗性

スズメノテッポウは麦作における主要な一年生イネ科雑草である。2004年に九州北部の麦作圃場において、トリフルラリン(ジニトロアニリン系除草剤)抵抗性、SU系除草剤抵抗性、およびその両方に抵抗性を示すスズメノテッポウが確認された(図-1)。北部九州の麦作ではスズメノテッポウが主要雑草であり、その防除にはイネ科雑草に高い効果を持つトリフルラリン剤(商品名:トレファノサイド)が永らく使用されていた。やがて、トリフルラリン剤ではスズメノテッポウが防除できずに残草すると言われ始めた時期に、スズメノテッポウおよび広葉雑草に効果があるチフェンスルフロンメチル剤(商品名:ハーモニー)が登場し、麦作のスズメノテッポウ防除に使用されることになった。トリフルラリン剤がスズメノテッポウの発生前から発生初期に土壤処理するのに対して、茎葉処理でも効果を有するチフェンスルフロンメチル剤は使用しやすいこともあって急速に普及した。チフェンスルフロンメチル剤の使用が続いた結



図-1 トリフルラリン・スルホニルウレア系除草剤抵抗性スズメノテッポウが多発する麦畑

果、抵抗性バイオタイプが現れたため、再びトリフルラリン剤に替えたところ、トリフルラリン剤でも防除できないスズメノテッポウが出現し、検査した結果、チフェンスルフロンメチル剤とトリフルラリン剤の両者に抵抗性を持つ複合抵抗性スズメノテッポウであることが判明した。また、この複合抵抗性スズメノテッポウはチフェンスルフロンメチル以外のSU系除草剤にも抵抗性を有し、トリフルラリン以外のジニトロアニリン系除草剤にも抵抗性を持つことが確認された。

このような状況において、ジニトロアニリン系除草剤およびSU系除草剤以外でスズメノテッポウに高い除草効果を示すプロスルホカルブ、エスプロカルブ、フルフェナセット等を有効成分に持つ土壤処理剤が2010~14年にかけて計8剤が新たに登録された。登録後から使用面積が増え2015年にはこれらの薬剤全体の使用面積は推定で約9万6千haとなった。フルフェナセットやプロスルホカルブは、海外では抵抗性を有する雑草が報告されているが、日本では現在そのような報告はない。

抵抗性のスズメノテッポウがまん延している圃場では1m²当たり1万本もの多数の発生が見られ、埋土種子数も10万粒ほどになるような状況にあった。このような激発圃場では有効な土壤処理剤であっても、それだけでは雑草害を回避し、かつ埋土種子を安定して減少させることは困難と考えられたため、浅耕播種、不耕起播種といった耕種的な防除や、他の除草剤(非選択性茎葉処理剤)の散布等を組合せた総合防除技術が研究、開発された。これらの総合防除技術は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センターのホームページに防除マニュアルが公開されている。

麦作においては、スズメノテッポウと同じ一年生イネ科雑草のカズノコグサについても、2010年に福岡県と佐賀県でトリフルラリン抵抗性が確認されている。カズノコグサは、スズメノテッポウと同様に九州では一般的

表-2 小麦作で抵抗性スズメノテッポウに対して実用化可能と判定された登録除草剤

商品名	使用量 (/10 a)**	使用時期**
キックボクサー細粒剤 F	4 kg	播種後出芽前, 雑草発生前
バンバン乳剤	300~500 ml (水量 100 l)	播種後~小麦出芽前, スズメノテッポウ発生始まで
バンバン細粒剤 F	3~5 kg	播種後出芽前, 雑草発生前
ボクサー乳剤	400~500 ml (水量 100 l)	播種後~小麦2葉期, スズメノテッポウ1葉期まで
ムギレンジャー乳剤	500~600 ml (水量 25~100 l)	播種後出芽前, 雑草発生前
リベレーターフロアブル	80 ml (水量 100 l)	播種後出芽前, 雑草発生前
リベレーター G	4~5 kg	播種後~小麦2葉期, イネ科雑草1葉期まで

※使用量・使用時期は、適用性試験で実用性が確認された内容を記載。

な雑草である。スズメノテッポウに比べて土壌の深い位置からも発生することなどから、有効とされる土壌処理剤でも効果が不安定な場合があるとされる。上記の総合防除技術は、カズノコグサのまん延圃場においても同様の防除効果を得られたことが確認されている。

なお、当協会では、麦作の問題雑草（抵抗性スズメノテッポウ、カズノコグサ他）に対する効果確認試験を実施している。抵抗性スズメノテッポウに対しては、プロスルホカルブ・リニュロン粉粒剤（商品名：キックボクサー細粒剤 F）、エスプロカルブ・ジフルフェニカン乳剤/粉粒剤（商品名：バンバン乳剤/細粒剤 F）、プロスルホカルブ乳剤（商品名：ボクサー）、プロスルホカルブ・リニュロン乳剤（商品名：ムギレンジャー乳剤）、ジフルフェニカン・フルフェナセット粒剤/水和剤（商品名：リベレーター G/フロアブル）、等が実用化可能と判定された（表-2）。薬剤は公益財団法人 日本植物調節剤研究協会（以下、植調協会）ホームページでも記載しているので参考にされたい。

II 水稲作における SU 系除草剤抵抗性雑草

水稲作での SU 系除草剤抵抗性雑草は、1996 年に北海道でミズアオイにおいて初めて報告され、その後、アゼナ、イヌホタルイ、キカシグサ、ミゾハコベ、コナギ、オモダカ等 19 種にのぼる。当初は北海道や東北等の冷涼な地域で SU 系除草剤抵抗性が確認されたが、徐々に温暖地でも確認され、現在では日本全国で何らかの種において一般的に見られる状況にある。

SU は分岐アミノ酸の生合成にかかわる酵素であるアセト乳酸合成酵素（以下 ALS）を阻害する化合物の一群であり、日本では 1980 年代に水稲作で登場した。主要な一年生広葉雑草および多年生広葉雑草に対して高い除草効果を示すことから、この頃に、初期剤、中期剤の体系による防除から移行する形で開発されていた「一発処

理剤（体系是正剤）」の主要な有効成分として活用された。一発処理剤は作用機構の異なる複数成分を組合せた混合剤が主体であるため、抵抗性は現れ難いと考えられていた。一発処理剤の普及が進むと、これまでは手取りされていた雑草がそのまま残されることが多くなり、そのような状況の中で SU 系除草剤抵抗性雑草の出現は、大きな問題になった。SU を含む一発処理剤は、当初はノビエを防除できる有効成分と組合せられ、長く使用されてきた。ノビエを防除できる有効成分が、一年生広葉雑草や多年生広葉雑草に対し効果を示さない雑草種は、SU 抵抗性が発生した場合に防除できずに残草する（図-2, 3）。SU 系除草剤抵抗性雑草が問題化する中で、アゼナなどの一年生広葉雑草の中には、適切な薬剤を防除可能な処理時期に使用することで対応できる場合もあったが、ホタルイはそれらに比べて同様の対応を採ることが困難であった。

SU 抵抗性雑草の対策には、従来の SU を含まない初期剤と中期剤との体系防除に戻すことや、SU を含まない一発処理剤を使用することなども挙げられたが、新たに SU 抵抗性雑草に有効な成分を加えた一発処理剤が開発された。これらの一発処理剤は SU が有する多年生雑草に対する安定した高い除草効果が長所であった。当時の対策成分は、クロメプロップ、プロモブチド、ベンゾピシクロン等が使用されることが多かった。一発処理剤は、ノビエ対象の成分と SU に加えてこれらの対策成分を含む 3 種の混合剤が多く開発され、普及した。

その後、スルホニルウレアを含む新たな ALS 阻害の成分としてピリミルスルファン、フルセトスルフロン、ペノキスラム、プロピリスルフロン、メタゾスルフロン、トリアファモン等が開発された。これらの有効成分は、ノビエに対する効果を有することや、これらの中に難防除雑草のオモダカ、クログワイ等への効果が極めて高いことを活用して、難防除雑草も含めて防除可能な一発処



図-2 スルホニルウレア系除草剤抵抗性アゼナが多発する水田



図-3 スルホニルウレア系除草剤抵抗性イヌホタルイが多発する水田

理剤の有効成分の一つとして利用されることなど、それまでのSU系除草剤と比べて役割に変化が見られる。依然としてALS阻害成分は水田の一発処理剤に多く使用されている(表-3)。

SU系除草剤抵抗性雑草は、ALSの一部のアミノ酸の種類が感受性のそれと異なっている。異なるアミノ酸の部位にはPro197, Asp376, Trp574等八つが確認されており、30近い異なるアミノ酸への変異が知られている。変異部位の違いによりSUを含むALS阻害型の有効成分の抵抗性の示され方が変わるとされている(内野・岩上, 2014)。SU抵抗性雑草が報告された以降に開発されているこれらのALS阻害剤は、SU抵抗性雑草に対して効果を示すこともあるが、予防の面からも、それまでと同様に抵抗性雑草に効果を有する他の有効成分を含む一発処理剤が多く開発されている。現在、開発されている一発処理剤は、対策成分を含むか、あるいはALS阻害剤を含まない混合剤など、ほとんどがSU系除草剤抵抗性雑草も含めて防除が可能である。近年使用されている

SU (ALS 阻害) 成分を含む一発処理剤の中に含有しているSU (ALS 阻害) 抵抗性対策になり得る成分には、メソトリオン、テフリルトリオン、フェンキノトリオン、シクロピリモレート等があり、開発中も合わせると対策可能な成分は多い。

III ヒメクグにおけるSU系除草剤抵抗性

ヒメクグはカヤツリグサ科の多年生雑草で、主に夏から秋にかけて地下茎により繁殖するほか、種子繁殖もある。湿った場所を好み、ゴルフ場でもそのような場所で比較的多く発生、生育している。種子発生する個体は土壌処理剤で比較的容易に防除できるが、地下茎で繁殖する個体の防除が難しく、数回の除草剤による防除が必要なことから、元来、ゴルフ場ではヒメクグは防除することが困難な雑草とされてきた。1990年ころからSU剤が登録、使用されるようになると、地下茎で繁殖する個体も容易に防除できるようになった。SU系除草剤は一般的にヒメクグをはじめとした多くの草種に高い効果を有していることもあり、ゴルフ場では最も多く使用される有効成分となり、広く使われた。SU剤の使用が続いた結果、2011年にSU系除草剤に対する抵抗性が報告された。

常に刈込みが行われる芝地では、ヒメクグの発生量がわずかであれば問題にならないこともあり、大発生になるまで気づかず見過ごされてきたことと、ゴルフ場の雑草管理の費用が削減される中で、除草剤を低用量で使用するなど、除草剤の使用数量が限られたことがSU系除

表-3 一発処理剤におけるALS阻害剤、抵抗性対策成分の推定使用面積割合

	薬剤数	推定使用面積
全体	361 剤	約 175 万 ha
非 ALS	21%	14%
ALS 含有 (うち ALS 含有対策剤)	78% (85%)	86% (99.7%)

表-4 芝地におけるヒメクグに適用のある登録除草剤 (ALS 阻害剤を除く)

種類名	作物名	使用時期	使用方法	使用量 (散布水量) (/m ²)	商品名
カフェンストロール・レナシル水和剤	コウライシバ	ヒメクグ発生前～発生初期	全面土壌散布	0.2～0.4 g (200～300 ml)	ウェーブ顆粒水和剤
S-メトラクロール乳剤	コウライシバ	ヒメクグ発生前～発生初期	全面土壌散布	0.25～0.4 ml (200～300 ml)	シバッチ乳剤
フェノキサスルホン顆粒	コウライシバ	ヒメクグ発生前～発生初期	全面土壌散布	0.15～0.3 g (200～300 ml)	スパード顆粒水和剤
カフェンストロールフロアブル	コウライシバ	雑草発生前	全面土壌散布	0.25～0.5 ml (200～300 ml)	ハイメドウフロアブル, ラポストフロアブル
アラクロール乳剤	コウライシバ	春夏期ヒメクグ発生前～発生初期	全面土壌散布	0.6～1.0 ml (250 ml)	ハブーン乳剤
DBN 粒剤 2.5	日本芝	ヒメクグ生育初期	全面土壌散布	10～15 g	カベレン粒剤 2.5
DCBN 水和剤	日本芝	雑草発生前～生育初期	局所散布	1～2 g (150～200 ml)	クサピース水和剤, グラスダン水和剤, ベンポール水和剤
DCBN 粒剤	日本芝	(春期) 雑草発生前～生育初期	局所散布	10～20 g	ベンポール粒剤
ベンタゾン液剤	日本芝	春夏期雑草生育期	雑草茎葉散布	0.5～1 ml (100～200 ml)	バサグランターフ

草剤抵抗性ヒメクグ発生の要因と言われている。

表-4に示した薬剤は、ヒメクグに適用がある登録除草剤のうちSUを含まないものである。2012年ころよりSU系除草剤抵抗性ヒメクグの対策として、従来はヒメクグ以外の雑草を対象に使用されていたSU剤以外の除草剤についてヒメクグに対する防除効果の試験が行われ、有効な結果が示されたものから、その後、登録に至った(表-4)。

アラクロール、S-メトラクロール、カフェンストロール、フェノキサスルホン、DBN、DCBN、レナシル等の単剤あるいは混合剤は、ヒメクグの発生前～発生始期に使用する。実際の使用場面においては1回の散布では防除が必要な期間を通して抑えることが難しいため、反復処理あるいは他剤との体系処理が必要になる。近年、春季のヒメクグの発生が早まる傾向にあると言われているため、処理時期を逸しやすい点は注意が必要になる。

ヒメクグの生育期に使用する薬剤には、DBN、DCBN、ベンタゾンがある。実際の使用場面では、発生量が多い場合に芝の生育が追いつかず裸地化するなどの問題が生じることがあるため、発生前の薬剤と組合せて密度を減らすなど、裸地化を防止することが有効である。

また、芝地ではSU抵抗性スズメノカタビラの存在が報告されている。従来から芝地での主要な雑草であるが、近年に防除が難しい理由の一つには抵抗性の存在が挙げられる。生育期のスズメノカタビラに使用できるALS阻害剤以外の有効薬剤が少ないため、有効な薬剤の開発が期待される。

IV ネズミムギにおけるグリホサート抵抗性、グルホシネート抵抗性

ネズミムギは、牧草イタリアンライグラスとしての利用のほかに、道路および河川造成の際の法面緑化資材として活用される。他方、これらの場所から逸脱、野生化するなど道路水路などで雑草として普通に見かけるほか、農耕地においても、果樹園の下草や水田畦畔等で防除対象の雑草である。

2013年に静岡県の水田畦畔や水田周辺部の道路においてグリホサート抵抗性ネズミムギが報告された。ネズミムギは東北以南では一般に秋に発生し、越年するため、水田畦畔や周辺部の近くで作付される麦類でも防除対象になる。麦作におけるネズミムギについては、2000年代に小麦作の中でまん延し、問題化しているとの報告がなされており、以前から強害雑草として認識されていた。

小麦に限らず麦類では、生育のすすんだイネ科雑草を対象に作物を含めて全面散布できる除草剤がない。除草

剤による防除を考えた場合には、栽培(耕起)前に生育している個体と、耕起後に発生してくる個体を確実に防除する必要がある。

耕起後に発生する個体に対しては土壌処理剤による防除が最も有力になる。麦作で使用できる数種の土壌処理剤について、ネズミムギを対象に試験が行われ、ジフルフェニカン・フルフェナセット水和剤/粒剤(商品名:リベレーターフロアブル/リベレーターG)等の有効性が確認された。抵抗性スズメノテッポウと同様に植調協会のホームページに記載しているので参考にされたい。これらは遅くともネズミムギの発生始期までに使用する必要がある。枯死せずに小麦群落中で生育した場合は有効な除草剤がないため、処理時期を逸しないように注意が必要である。

栽培(耕起)前に生育しているネズミムギについては、作物に直接薬剤がかからない散布になるため、非選択性茎葉処理剤が使用できる。麦類生育期での圃場内周縁部についても同様であるが、いずれも登録がある除草剤は限られ、有効成分もグリホサートが極めて多い。一般には作物栽培前では移行性の高い有効成分が効果的とされているため、感受性の場合には現状ではグリホサート剤が最適と考えられるが、抵抗性に対して有効な薬剤は検討が必要である。茎葉処理剤のジクワット・パラコート剤が土壌処理剤と組合せた有効性が確認されている。(森崎ら, 2018)

おわりに

抵抗性雑草が発生、問題化しても、早期に何らかの対策がとられた場合、問題がそれ以上に大きくならない。関係者による迅速な情報の発信と共有、それを受けて対策が検討、実行されることは極めて重要であり、また対策に活用できる新規薬剤の速やかな開発が望まれる。

なお、除草剤の抵抗性については、除草剤(有効成分)が作用する酵素の遺伝子の変異に関係する作用点抵抗性と、有効成分の吸収の有無や作用点への到達、分解代謝等の非作用点抵抗性があると言われている(岩上, 2015)。非作用点抵抗性は除草剤(有効成分)の作用点が関係していないため、新たな除草剤の開発や、既存除草剤のローテーション使用等での対策が作用点抵抗性の場合と異なる可能性があり、今後の検討課題であるとともに、従来の対策が活用できるかの確認が必要である。

引用文献

- 1) 岩上哲史(2015):雑草研究 60(4):169~173.
- 2) 森崎耕平ら(2018):同上 63(3):89~95.
- 3) 内野 彰・岩上哲史(2014):日本農業学会誌 39(1):58~62.

研究 報告

イネ稲こうじ病の防除試験に適した品種と窒素多施用による発病促進

宮崎県総合農業試験場 しもおぞの 下大園 か ゆ 佳由・ひ だか 日高 はる み 春美*・くろぎ 黒木 しゅういち 修一

はじめに

イネ稲こうじ病（以下、稲こうじ病とする）は、*Ustilaginoidea virens* (Cke.) Takahashi（完全世代 *Villosiclava virens*）(TANAKA et al., 2008) の感染により引き起こされるイネの重要病害である（図-1）。本病の発病は、収量・品質への影響が大きい（横山，1953；池上，1960；福田，1972；加藤・芦立，1978；内田ら，1978；長田，1995）だけでなく、本病粒が混入している玄米は国内では出荷規格外となるため〔農産物規格規定（平成13年2月28日農林水産省告示第244号）に定められた国内産農産物の被害粒等の取扱要領（平成16年3月12日制定15総食第719号）〕，経済的な影響が大きい。また，発病した籾に大量に生じた胞子は精米時に精米機や健全な米を汚すため，精米・加工業者にもすこぶる評判が悪い。

本菌の圃場中での生態や感染経路は，いまだはっきりしていないが（田中，2015），薬剤散布適期判定システムが開発されるなど（芦澤，2017），発生生態に基づく防除法および薬剤防除適期の把握方法は徐々に確立され

つつある。しかし，本病に対して，殺虫剤などの混合剤を含め40剤（2019年4月10日現在）が農薬登録されているものの，このうち稲こうじ病の薬剤防除マニュアル（http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/058289.html）で防除効果があるとして使用が推奨されている剤は，塩基性硫酸銅を有効成分とする粉剤2剤と水和剤1剤，シメコナゾールを有効成分とする粒剤2剤に過ぎないことから選択肢は多くはなく，薬剤の新規農薬登録や剤の特性評価等防除に関する知見の集積が望まれる。また，薬剤の防除効果を判定するためには，1株当たりの発病初数が0.03個以上の発病程度であることが望ましいが，本病は気象による発生量の変動が大きいことから（飯島・高沼，1983；園田ら，1997；辻ら，1997；笹原ら，2008；田中ら，2012；芦澤，2014），防除薬剤の効果を安定的に検討することは容易でない。

そこで，本病の安定した防除試験などを行う手法を確立するため，宮崎県の普通期水稻栽培における稲こうじ病の薬剤防除試験に適した品種の選定と，多肥栽培により安定して発病させる方法について検討したので，その概要を紹介する。なお，本研究の一部は，一般社団法人九州病害虫防除推進協議会の特別連絡試験により実施した。関係各位に厚く感謝の意を表す。

I 稲こうじ病防除試験に適した品種の選定

薬剤防除試験などを安定的に実施するため，筆者らは，宮崎県の普通期栽培で稲こうじ病が発生しやすい品種を継続して検討している。このうち，晩生品種の‘まいひかり’は，慣行栽培品種の‘ヒノヒカリ’よりも発病しやすいことを確認した。2018年に同一圃場で隣接して栽培した‘まいひかり’と‘ヒノヒカリ’の発病程度を表-1に示す。

本試験は，2018年6月18日に，18日苗（稚苗）を移植し，施肥量は元肥としてBB066（N成分6kg/10a），追肥としてBB追肥2号（N成分2.5kg/10a）を施用して管理した。同年10月11日に各区25株/地点で，2地点について調査し，発病株率，発病穂率および1株当た



図-1 イネ稲こうじ病の病粒

Rice Varieties Suitable for Control Test of Rice False Smut Disease *Ustilaginoidea virens* and the Disease Onset Promotion by High N Fertilization. By Kayu SHIMOZOONO, Harumi HIDAKA and Shuichi KUROGI

（キーワード：稲こうじ病，窒素施用，発病）

*現所属：宮崎県西臼杵支庁

表-1 同一水田に隣接して栽培した2品種のイネ稲こうじ病の発病 (2018)

品種	出穂期	調査地点	調査株数	1株穂数(本)	発病株数(株)	発病株率(%)	発病穂数(本)	発病穂率(%)	発病籾数(個)	1株当たり発病籾数(個)
まいひかり	9月4日	I	25	14.5	19	76.0	31	8.6	40	1.60
		II	25		13	52.0	21	5.8	31	1.24
		平均	25	16.0	64.0	26.0	7.2	35.5	1.42	
ヒノヒカリ	8月24日	I	25	16.5	0	0	0	0	0	0
		II	25		3	12.0	3	0.7	3	0.12
		平均	25	1.5	6.0	1.5	0.4	1.5	0.06	

りの発病籾数を算出した。その結果、‘ヒノヒカリ’および‘まいひかり’のいずれの品種でも発生が見られたが、中生品種の‘ヒノヒカリ’は8月24日に出穂し、発病株率が6.0%の中発生であったのに対して、晩生品種の‘まいひかり’は9月4日に出穂し、64.0%の甚発生となった。1株当たりの発病籾数は‘ヒノヒカリ’で0.06個と発病株であっても発病籾が少ないのに対して、‘まいひかり’では1.42個と多くの発病株では複数の籾が発病した。出穂が遅い晩生品種では、本病の発病が多い傾向があるとされるが(辻ら, 1996), 9月に出穂する晩生品種の‘まいひかり’は中生品種の‘ヒノヒカリ’よりも発病が多い結果となった。両品種とも宮崎県における奨励品種であるが、ほかに複数年実施している調査においても、‘ヒノヒカリ’よりも‘まいひかり’で稲こうじ病の発病程度が高い傾向が確認されている。

II 窒素の多施用による発病の助長試験

本病は多肥により発生が助長される(安・吉野, 1955; 飯島・高沼, 1983; 辻ら, 1996; 倉内ら, 2006)ことから、施肥量を増加することで稲こうじ病の発病を誘導することが可能であると思われる。そこで、宮崎県総合農業試験場内の水田で2017年および18年に、発病程度が高い傾向がある‘まいひかり’を用い、施肥量を増やしたときの発病程度を調査した。

両年の試験とも、前年に本病の発病が確認された同一水田をあぜ波シートで仕切り、多肥区と慣行区の異なる窒素施肥量を設けた。施肥量は、本県の栽培指針に従い、元肥として各区共通で堆肥1t/10a、普通期一発くん40kg/10a(宮崎県経済農業協同組合連合会製: N成分6.4kg/10a)、粒状ケイカル40kg/10a(南九州化学工業株式会社製)を施用した。多肥区では窒素の合計施肥量を慣行区の約1.5倍である9.55kg/10aとするため、硫酸を2回に分けて9.1kg/10a(N成分1.91kg)と5.9kg/10a(N成分1.24kg)ずつ追肥した。2017年試験では、6月20日に19日苗(稚苗)を移植し、多肥区

に8月7日(移植46日後)および8月15日(移植54日後)に追肥した。また、2018年試験では、6月22日に21日苗(稚苗)を移植し、多肥区に8月9日(移植50日後)および8月15日(移植56日後)に追肥した。

2017年の試験結果を表-2に、2018年の試験結果を表-3に示す。2017年の試験では、9月11日に出穂し、多肥区および慣行区に出穂日の差は認められなかったが、多肥区の草丈は慣行区より高くなった。気象庁アメダスデータ(地点: 宮崎)では、2017年の平均気温は、6月下旬は平年よりやや低く、7~8月は平年より高く推移し、9~10月上旬は平年並に推移した。降水量は、8月下旬は平年よりかなり少なく、その他の期間は平年並みであった。

このような気象状況の中で、慣行区の発病株率は2.9%と少発生であり、同区の発病穂率は0.16%、1株当たりの発病籾数は0.04個と少なかった。これに対して多肥区では、慣行区よりも発病株数、発病穂数および1株当たりの発病籾数のいずれも上回り、発病株率は9.2%、発病穂率は0.60%、1株当たりの発病籾数は0.19個であった。

2018年試験では、2018年9月4日に出穂し、多肥区および慣行区に出穂日の差は認められなかったが、2017年試験と同様に多肥区の草丈は慣行区より高くなった(図-2)。2018年の平均気温は6~7月は平年並で、8~



図-2 多肥料区(左)と慣行区(右)における水稻の生育状況

表-2 窒素施肥量の違いによるイネ稲こうじ病の発病状況 (2017年)

区	反復	調査株数 (株)	1株穂数 (本) ^{*1}	発病株数 (株)	発病株率 (%)	発病穂数 (本)	発病穂率 (%)	発病初数 (個) ^{*2}	1株当たり 発病初数 (個)
多肥区	I	300	—	20	6.7	24	0.39	36	0.12
	II	300	—	35	11.7	49	0.80	79	0.26
	平均				9.2		0.60		0.19
慣行区	I	300	—	6	2.0	6	0.10	6	0.02
	II	300	—	11	3.7	13	0.21	16	0.05
	平均				2.9		0.16		0.04

※1：各区合計10株調査した結果、1株当たりの平均穂数は、20.5本であった。

※2：両区の発病初数はt検定により有意差あり (P=0.0056)。

表-3 窒素施肥量の違いによるイネ稲こうじ病の発病状況 (2018年)

区	反復	調査株数 (株)	1株穂数 (本)	発病株数 (株)	発病株率 (%)	発病穂数 (本)	発病穂率 (%)	発病初数 (個) [*]	1株当たり 発病初数 (個)
多肥区	I	150	20.8	129	86.0	299	9.58	514	3.43
	II	150	27.0	131	87.3	353	8.72	557	3.71
	平均				86.7		9.15		3.57
慣行区	I	150	21.2	59	39.3	80	2.52	112	0.75
	II	150	20.4	61	40.7	98	3.20	130	0.87
	平均				40.0		2.86		0.81

注) ※両区の発病初数はt検定により有意差あり (P=0.0001)。

10月上旬は平年より高く推移した。降水量は、試験期間中を通じて平年より多く、特に9月は平年より約60%多くなった。

このような気象状況の中で、慣行区の発病株率は40.0%と甚発生となり、同区の発病穂率は2.86%、1株当たりの発病初数は0.81個であった。これに対して多肥区では2017年試験と同様に発病株数、発病穂数および1株当たり発病初数のいずれも慣行区を大きく上回り、発病株率は86.7%、発病穂率は9.15%、1株当たりの発病初数は3.57個となった。

2017年には、8月6日に台風8号が宮崎県に接近し、9月17日に台風18号が鹿児島県、宮崎県に上陸した。また、2018年には、8月14日に台風15号が宮崎県に上陸し、7月30日に台風12号、8月21日に台風19号、9月3日に台風21号、9月30日に台風24号が接近し、特に台風24号では約50m/sの強風および大雨となった。しかしながら、2か年とも試験圃場での稲の倒伏は認められなかった。

稲こうじ病は、出穂前20~30日間の降雨日が多いほど発生量が多くなるとされる(辻ら、1996; 芦澤、2014)。2017年は、8月下旬が小雨で本病が多発する条件ではなく、慣行区の発病株率が2.9%と少発生であったのに対し、多肥区の発病株率は9.2%と中発生となった。1株

当たりの発病初数を比較しても慣行区0.04に対して多肥区では0.19と約5倍となり、多肥区では薬剤防除試験により防除効果を問題なく検討できる発病程度となった。一方で、2018年は平年より降雨が多く、慣行区の発病株率が40.0%と甚発生となる本病が発生しやすい条件であったが、多肥区の発病株率は慣行区をさらに大きく上回る86.7%となった。また、1株当たりの発病初数については、慣行区0.81に対し、多肥区3.57と約4.4倍に増加し、有意に多くなった。肥効の遅延による栽培後期までの多窒素状態は発病に大きく関与する(飯島・高沼、1983)ことから、本試験で実施した幼穂形成期から出穂期前に窒素施肥量を慣行栽培の1.5倍量となるように追肥することで、2017年および18年とも発病が増加したと思われる。

また、‘まいひかり’は耐倒伏性が強く(滝田ら、2006)、本試験の多肥区でも倒伏は見られなかった。特に2018年は連続した台風の接近と上陸があったものの、倒伏は認められず問題なく試験を継続できた。

III 栽培品種と多肥管理の組合せによる発病の助長

本県の普通期栽培における慣行栽培品種である‘ヒノヒカリ’は、いもち病に対する抵抗性遺伝子Pi-iを持つ

(八木ら, 1990) ことから, いもち病菌レース 001 ないし 003 には罹患しないものの, レース 007 には感染し, 実際にいもち病に対する病害虫発生予察注意報が発表されることがある。稲こうじ病は穂いもちとともに多発した(三上ら, 2004) ことがあり, 本県でも出穂期前 20 日間における降水日数と本病の発病には正の相関関係が認められている(日高ら, 2017)。このため, 降雨が多く, 本病といもち病が同時に多発するような環境で‘ヒノヒカリ’を本病の試験に供試したときには, いもち病防除剤を多用しながら稲こうじ病防除剤の試験を行うことになるが, 使用するいもち病防除剤が稲こうじ病の発病に与える影響を, 先に評価しておく必要が生じてしまう。また, 多肥はいもち病の発病を助長するだけでなく倒伏の危険性も増加するが, ‘ヒノヒカリ’は耐倒伏性がやや弱い(八木ら, 1990) ため, 多肥栽培により稲こうじ病の発病を促すことには適した品種ではない。

一方, ‘まいひかり’は, 葉いもち病抵抗性の中で, 穂いもち抵抗性は強, さらに耐倒伏性は強である(滝田ら, 2006)。稲こうじ病の防除試験を行うとき, 本病以外の病害を対象とした薬剤散布を行う必要があるが, ‘まいひかり’の穂いもち抵抗性は強であることから, 薬剤防除を慣行以上に行う必要性は低く, 穂いもちの発生により稲こうじ病の調査に影響がでることもまれである。また, 南九州は頻繁に台風の接近や上陸が予想されるが, 耐倒伏性が強であることで, 台風被害をある程度なら回避できるものと思われる。

先行研究により, 多肥により稲こうじ病の発病を助長することは知られていたものの, 多肥条件により発生するいもち病の影響や倒伏の危険性を排除しきれず, 稲こうじ病に対する研究に応用できなかった側面があると思われる。今回紹介した‘まいひかり’のような, いもち病に対する抵抗性と耐倒伏性を兼ね備えた稲こうじ病が発病しやすい晩生品種を用いることにより, 多肥による稲こうじ病の発病を助長させ, 生態と防除に関する研究知

見を蓄積することができる。

おわりに

稲こうじ病の生態解明や防除に関する研究は, 東日本で多く行われており, 時に大きな被害が出る九州では報告が少ない。これは, 発病の年次変動が大きいためであり, 重要な病害ながら, 生態や防除に関する知見を集積することが難しかったためである。今回紹介した通り, 宮崎県では晩生品種の‘まいひかり’を用い, 幼穂形成期の穂肥および出穂期前の実肥として窒素施肥量を慣行栽培の 1.5 倍量となるように追肥することで, 稲こうじ病が少発生の年でも防除や生態解明のための試験を行うことができる発病を得られることを明らかにした。少しずつ解明されつつある稲こうじ病の生態と防除法であるが, 知見の少なかった九州においても, 今後は防除に関する知見が集積できると考えられる。

引用文献

- 1) 芦澤武人 (2014): 関東東山病虫研報 61: 18~22.
- 2) ——— (2017): 農研機構研究報告中央農研 1: 1~12.
- 3) 福田謙四郎 (1972): 北日本病虫研報 23: 102.
- 4) 日高春美ら (2017): 九病虫研会報 63: 118 (講要).
- 5) 池上八郎 (1960): 岐阜大農研報 11: 56~63.
- 6) 飯島章彦・高沼重義 (1983): 関東東山病虫研報 30: 24~25.
- 7) 加藤公光・芦立正雄 (1978): 北日本病虫研報 29: 47.
- 8) 倉内賢一ら (2006): 同上 57: 17~21.
- 9) 三上綾子ら (2004): 同上 55: 268 (講要).
- 10) 長田 茂 (1995): 同上 46: 30~32.
- 11) 笹原剛志ら (2008): 同上 59: 18~21.
- 12) 園田亮一ら (1997): 同上 48: 39~42.
- 13) 滝田 正ら (2006): 宮崎総農試研報 41: 85~118.
- 14) TANAKA, E. et al. (2008): MYCOTAXON 106: 491~501.
- 15) 田中栄爾ら (2012): 北陸病虫研報 61: 5~10.
- 16) ——— (2015): JSM Mycotoxins 65(1): 39~43.
- 17) 辻 英明ら (1997): 宮城農七報 63: 12~21.
- 18) ———ら (1996): 植物防疫 50: 359~363.
- 19) 内田信義ら (1978): 九病虫研会報 24: 22~24.
- 20) 八木忠之ら (1990): 宮崎総農試研報 25: 1~30.
- 21) 安 正純・吉野正義 (1955): 関東東山病虫研報 2: 11.
- 22) 横山佐太正 (1953): 九州農業研究 12: 49~50.

国内外の殺菌剤耐性管理の現状

農薬工業会 JFRAC リーダー 田 辺 憲 太 郎

はじめに

病害による5大作物の損失は低く見積もっても年間6億人分の食糧に相当する、イネの収量は85か国においていもち病によって10~35%低減しているとの報告がある(FISHER et al., 2012)。農業用殺菌剤は、このように作物栽培に多大な影響を及ぼす病害を防除することにより、収量増・高品質化に貢献している。その一方で、殺菌剤耐性菌が発生すると防除効果が低下して、農作物の収量・品質に大きな影響を及ぼすことがある。

19世紀ころから使用されている銅、硫黄、初めての合成殺菌剤ジチオカーバメート等の今でも有効な多作用点接触活性化化合物(多作用点殺菌剤)によって病害を防除していた1960年代ころまでは、耐性菌の発生は限定的であった。1970年代以降に主な作用点の一つの単作用点殺菌剤であるMBC(Methyl Benzimidazole Carbamates)殺菌剤、ジカルボキシイミド、DMI(Demethylation Inhibitors)殺菌剤等の開発・普及が進むにしたがって、耐性菌による防除効果の低減が大きな問題となった。今後も単作用点殺菌剤の開発が主流と予想されるため、長期間効果の安定化を図って、可能な限り製品寿命を延ばして耐性菌の発生を遅延化するための対策が重要である。

耐性菌対策のための国際組織Fungicide Resistance Action Committee(FRAC)の活動については以前ご紹介した(田辺, 2017)ので、本稿においては主にその後の進展・新資料等についてまとめた。なお、殺菌剤の系統名、有効成分名等については、FRACコード表日本版(2019年3月, 表-1)に従っている。

本稿は、2019年9月に開催された一般社団法人日本植物防疫協会シンポジウム「植物防疫の新たな展開の「その後」をフォローする」での講演をまとめたものである。

I 耐性菌の発生機構

病原菌の集団の中には、特定の殺菌剤に耐性の自然突然変異菌が10億分の1くらいの比率で存在している(BRENT and HOLLOWAY, 2007)。この突然変異は、その殺菌剤が存在しない状態では病原菌の生存にとっては役に立たない性質であるため、発生と消滅を繰り返している。その殺菌剤や同系統の殺菌剤を繰り返して散布することによって、耐性の突然変異菌の密度が高くなり、それが1~10%くらいになった段階で、防除効果が低減して、耐性菌の存在が明らかになる。

耐性菌の発生機構には一段階および多段階耐性の二つの様式があるが、農業用殺菌剤の場合は、感受性菌と耐性菌が分離した集団となるのが特徴である一段階耐性が主である(図-1上段)。耐性機構としては標的蛋白質のアミノ酸変異が多い。たとえばQoI(Quinone outside Inhibitors)殺菌剤の場合、ミトコンドリア複合体IIIのシトクロムb遺伝子における143番目のアミノ酸をコードする塩基の変異(グリシンからアラニンに置換するG143A突然変異)による耐性菌が主である。

例外的にDMI殺菌剤は、低感受性化が緩やかに進行する多段階耐性である(図-1下段)。耐性機構には、菌の細胞膜成分であるエルゴステロール生合成系の標的酵素である24-メチレンジヒドロラノステロールを脱メチル化するCYP51の変異以外に、CYP51遺伝子の過剰発現・重複、薬剤の過剰排出の報告がある(COOLS et al., 2013)。DMI殺菌剤耐性菌は圃場安定性(フィットネス)が低く、使用をやめると感受性が回復する事例がある。DMI殺菌剤の耐性機構についてはJFRACホームページ(<https://www.jcpa.or.jp/lab/jfrac/documentation.html>)に資料を掲載しているのでご参照いただきたい。

II 海外における耐性管理

単作用点殺菌剤の耐性菌問題が深刻化する中、1981年に代表的な農薬メーカーの殺菌剤の専門家が集まって、共同で耐性菌対策を実施することを目的にFRAC

Recent Status of Domestic and International Fungicide Resistance Management. By Kentaro TANABE
(キーワード: 耐性菌, 耐性機構, 耐性管理, FRAC コード)

表-1 FRACコード表日本版(2019年3月)



FRACコード表(1)

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農薬名(例)	耐性リスク備考	FRACコード	
A: 核酸合成代謝	RNAポリメラーゼI	PA 殺菌剤 (フェニルアミド)	アシルアラニン	メタラキシル	リドミル	高 複数の耐性卵菌が発生.	4	
	DNA/RNA 合成 (提案中)	芳香族ヘテロ環	イソキサゾール	メタラキシル M	サブデューマックス	耐性菌未発生.	32	
	DNAトポイソメラーゼ タイプII (ジキレース)	カルボン酸	カルボン酸	ヒドロキシイソキサゾール	オキシソニック酸	スターナ	不明 耐性菌発生.	31
B: 有糸核分裂と細胞分裂	β-チューブリン重合阻害	MBC 殺菌剤 (メチルベンゾイミダゾールカーバメート)	ベンゾイミダゾール	ベノミル	ベンレート	高 広範囲の耐性菌が発生. グループ内で交差耐性がある. N-フェニルカーバメートと負相関交差耐性がある.	1	
		チオファネート	チオファネートメチル	トップジン M				
		N-フェニルカーバメート	N-フェニルカーバメート	ジエトフェンカルブ	スミブレンド, ゲッター, プライアの成分		10	
	チアゾールカルボキサミド	エチルアミノチアゾールカルボキサミド	エタボキサム	エトフィン		低~中	22	
	細胞分裂 (作用点不明)	フェニルウレア	フェニルウレア	ペンシクロン	モンセレン	耐性菌未発生.	20	
	スペクトリン様蛋白質の非局在化	ベンズアミド	ピリジニルメチルベンズアミド	フルオピコリド	ジャストフィット, リライアブルの成分	中 欧州においてブドウと病の耐性菌が発生.	43	
アクチン/ミオシン/フィブリン機能	アリルフェニルケトン	ベンゾイルピリジン	ピリオフェノン	プロバティ	中 欧州において低感受性のコムギうどんこ病菌が発生.	50		
C: 呼吸	複合体 I NADH 酸化還元酵素	ピリミジンアミン	ピリミジンアミン	ジフルメトリム	ピリカット	耐性菌未発生.	39	
	複合体 II コハク酸脱水素酵素	SDHI 殺菌剤 (コハク酸脱水素酵素阻害剤)	ピラゾールカルボキサミド	ピラゾールカルボキサミド	トルフェンピラド	ハチハチ	中~高 複数の耐性菌が発生.	7
			フェニルベンズアミド	フェニルベンズアミド	フルトラニル	モンカット		
			メプロニル	メプロニル	メプロニル	バシタック		
			フェニルオキシエチルチオフェンアミド	フェニルオキシエチルチオフェンアミド	イソフエタミド	ケンジャ		
			ピリジニルエチルベンズアミド	ピリジニルエチルベンズアミド	フルオピラム	オルフィン		
			チアゾールカルボキサミド	チアゾールカルボキサミド	チアルザミド	グレートラム		
			ピラゾール-4-カルボキサミド	ピラゾール-4-カルボキサミド	フルキサピロキサド	セルカディス		
					フラメトビル	リンバー		
					インピルフェキサム	2019年3月現在未登録		
					イソピラザム	ネクスター		
	ピリジニルカルボキサミド	ピリジニルカルボキサミド	ペンフルフェン	エバーゴル				
	ピラジニルカルボキサミド	ピラジニルカルボキサミド	ベンチオピラド	アフエツト, フルーツセイバー				
		ボスカリド	カンタス					
		ピラジニルカルボキサミド	ピラジニルカルボキサミド	バレード				
		メトキシアクリレート	メトキシアクリレート	アゾキシストロピン	アミスター	高 複数の耐性菌が発生. グループ内で交差耐性がある.	11	
複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位	QoI 殺菌剤 (Qo 阻害剤)	ピラゾールカルボキサミド	ピラゾールカルボキサミド	ピロキスピロキサド	セルカディス			
				フラメトビル	リンバー			
				インピルフェキサム	2019年3月現在未登録			
				イソピラザム	ネクスター			
				ペンフルフェン	エバーゴル			
				ベンチオピラド	アフエツト, フルーツセイバー			
				ボスカリド	カンタス			
				ピラジニルカルボキサミド	ピラジニルカルボキサミド			バレード
		メトキシアクリレート	メトキシアクリレート	アゾキシストロピン	メジャー			
		メトキシセトアミド	メトキシセトアミド	マンデストロピン	スクレア			
		メトキシカーバメート	メトキシカーバメート	ピラクストロピン	ナリア, シグナムの成分			
		オキシイミノ酢酸	オキシイミノ酢酸	クレソキシムメチル	ストロビー			
		オキシイミノアセトアミド	オキシイミノアセトアミド	トリフロキシストロピン	フリント			
		オキサゾリジンジオン	オキサゾリジンジオン	メトミノストロピン	オリブライト, イモチエース			
		ジヒドロジオキサジン	ジヒドロジオキサジン	オリサストロピン	嵐			
		イミダゾリノン	イミダゾリノン	ファモキサド	ホライズンの成分			
		ベンジルカーバメート	ベンジルカーバメート	フルオキサストロピン	デイスアーム			
		シアノイミダゾール	シアノイミダゾール	フェンアミド	ビトリン			
		スルファモイルトリアゾール	スルファモイルトリアゾール	ピリベンカルブ	ファンタジスタ			
複合体 III ユビキノール還元酵素 Qi 部位	QH 殺菌剤 (Qi 阻害剤)	スルファモイルトリアゾール	スルファモイルトリアゾール	シアゾファミド	ランマン	不明であるが中~高と推測.	21	
酸化のりん酸化の脱共役		2,6-ジニトロアニリン	2,6-ジニトロアニリン	フルアジナム	フロンサイド	低 耐性灰色かび病菌が発生.	29	
複合体 III ユビキノール還元酵素 Qo 部位 スチグマテリン結合サブサイト	QoSI 殺菌剤 (QoS 阻害剤)	トリアゾロピリミジンアミン	トリアゾロピリミジンアミン	アメトクトラジン	ザンプロ	QoI とは交差しない. 耐性リスクは中~高と推測.	45	
D: アミノ酸および蛋白質合成	メチオニン合成 (提案中)	AP 殺菌剤 (アニリノピリミジン)	アニリノピリミジン	シプロジニル	ユニックス	中 耐性灰色かび病菌と黒星病菌が発生.	9	
	蛋白質合成 (リボソーム 翻訳開始段階)	ヘキソピラノシル抗生物質	ヘキソピラノシル抗生物質	メバニピリム	フルピカ			
		グルコピラノシル抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	カスガマイシン	カスミン		中 耐性糸状菌, 細菌が発生.	24
蛋白質合成 (リボソーム ポリペプチド伸長段階)	テトラサイクリン抗生物質	テトラサイクリン抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	ストレプトマイシン	アグレプト, ストマイ, ヒトマイシン, マイシン	高 細菌病防除剤. 耐性菌が発生.	25	
				オキシテトラサイクリン	マイコシールド	高 細菌病防除剤. 耐性菌が発生.	41	
E: シグナル伝達	浸透圧シグナル伝達における MAP・ヒスチジンキナーゼ (os-2, HOG1)	PP 殺菌剤 (フェニルピロール)	フェニルピロール	フルジオキソニル	セイビアー	低~中	12	
	浸透圧シグナル伝達における MAP・ヒスチジンキナーゼ (os-1, Dof1)	ジカルボキシイミド	ジカルボキシイミド	イブプロジオン	ロブラール	中~高	2	
F: 脂質合成または輸送/細胞膜の構造または機能	リン脂質合成, メチルトランスフェラーゼ阻害	ホスホロチオレート	ホスホロチオレート	プロシミド	スミレックス			
	細胞脂質の過酸化 (提案中)	カーバメート	カーバメート	IBP (イブペンホス)	キタジン P	低~中 グループ内で交差耐性あり.	6	
	細胞膜透過性, 脂肪酸 (提案中)	カーバメート	カーバメート	ジチオラン	フジワン			
	病原菌細胞膜の微生物攪乱	微生物 (Bacillus sp.)	Bacillus 属菌および殺菌剤ペプチド	トルクロホスメチル	リゾレックス	低~中 複数の耐性菌が発生.	14	
脂質恒常性および輸送/貯蔵	OSBPI オキシステロール結合蛋白質阻害	ペバリジニルチアゾールイソキサゾール	ペバリジニルチアゾールイソキサゾール	プロバモカルブ塩酸塩	プレビケール N	低~中	28	
				バチルス・ズブチリス QST713 株	インプレッション, セレナーデ	耐性菌未発生.	44	
				ゾーベック エンカンテニア等の成分		中~高と推測.	49	

この表は, 耐性菌対策目的としては自由にご利用ください.

FRAC コード表(2)

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農薬名(例)	耐性リスク備考	FRACコード	
G:細胞膜のステロール生成	ステロール生成におけるC14位の脱メチル化酵素	DMI 殺菌剤 (脱メチル化阻害剤) (SBI: クラス I)	イミダゾール	ビベラジン	トリホリン	サブロール	中 グループ内で耐性差が大きい、複数の病原菌において耐性が発生している、DMI 間で交差耐性が発生しているとみなしたほうがよい、DMI と他の SBI は交差しない。	3
				ピリミジン	フェナリモル	ルビゲン		
				オキシボコナゾールフマル酸塩	オーシャイン			
			トリアゾール	ペフラゾエート	ヘルシード			
				プロクロラズ	スボルタック			
				トリフルミゾール	トリファミン			
				シプロコナゾール	アルト			
				ジフェノコナゾール	スコア			
				フェンブコナゾール	インダー、デビュー			
				ヘキサコナゾール	アンビル			
				イミベンコナゾール	マネージ			
				イブコナゾール	テクリード			
				メトコナゾール	リベロ、ワークアップ			
				マイクロブタニル	ラリー			
				プロビコナゾール	チルト			
シメコナゾール	サンリット、モンガリット							
テブコナゾール	シルバキュア、オンリーワン							
テトラコナゾール	サルバトレ、ホクガード							
ステロール生成のC4位脱メチル化における3-ケト還元酵素	(KRI 殺菌剤 (ケト還元阻害剤) (SBI: クラス III))	ヒドロキシアニリド	フェンヘキサミド	パスワード	低~中	17		
			アミノピラゾリノン	フェンピラザミン			ピクシオ	
ステロール生成のスクワレンエポキシゲナーゼ	(SBI クラス IV)	チオカーバメート	ビリブチカルブ	エイゲン	耐性菌未発生。	18		
H:細胞壁生成	キチン生成酵素	ボリオキシシ	ペプチジルピリミジンヌクレオシド	ボリオキシシ	ボリオキシシ	中	19	
			桂皮酸アミド	ジメトモルフ	フェスティバル	低~中 欧州においてブドウと 他の耐性菌が、グル ープ内で交差耐性がある。	40	
			バリンアミドカーバメート	ベンチアバリカルアインソプロビル	プロボース、バトファイター等の成分			
セルロース生成酵素	CAA 殺菌剤 (カルボン酸アミド)	マンデル酸アミド	マンジプロバミド	レーバス				
		イソベンゾフラン	フサライド	ラフサイド				
I:細胞壁のメラニン生成	メラニン生成の還元酵素	MBI-R	ピロキノリノン	ピロキロン	コラトップ	耐性菌未発生。	16.1	
			トリアゾベンゾチアゾール	トリシクラゾール	ビーム			
	メラニン生成の脱水酵素	MBI-D	カルボキサミド	ジクロシメット	デラウス	中 耐性菌が発生。	16.2	
	メラニン生成のポリケタイド合成酵素	MBI-P	トリフルオロエチルカーバメート	トルプロカルブ	サンプラス、ゴウケツ	耐性菌未発生。	16.3	
P:宿主植物の抵抗性誘導	サリチル酸シグナル伝達	ベンゾチアジアゾール (BTH)	ベンゾチアジアゾール (BTH)	アシベンゾラル S-メチル	アクティガード	耐性菌未発生	P1	
		ベンゾイソチアゾール	ベンゾイソチアゾール	プロベナゾール	オリゼメート	耐性菌未発生	P2	
		チアジアゾールカルボキサミド	チアジアゾールカルボキサミド	チアジニル	ブイゲット	耐性菌未発生	P3	
		イソチアゾールカルボキサミド	イソチアゾールカルボキサミド	イソチアニル	スタウト、ルーチン	耐性菌未発生		
	ホスホナート	ホスホナート	エチルホスホナート	ホセチル	アリエッティ	低 耐性菌報告事例がわずかにある。	P7	
U:作用機構不明	不明	シアノセトアミド=オキシム	シアノセトアミド=オキシム	シモキサニル	カーゼート、プリザード等の成分	低~中	27	
		ベンゼンスルホン酸	ベンゼンスルホン酸	フルスルファミド	ネビジン、ネビリュウ	耐性菌未発生	36	
		フェニルアセトアミド	フェニルアセトアミド	シフルフェナミド	パンチョ、コナケシ	耐性うどんこ病菌発生	U6	
		チアゾリジン	シアノメチレンチアゾリジン	フルチアニル	ガッテン	耐性菌未発生	U13	
		ピリミジノンヒドラゾン	ピリミジノンヒドラゾン	フェリムゾン	ブラシンの成分	耐性菌未発生	U14	
	複合体 III 結合部位不明	4-キノリル酢酸	4-キノリル酢酸	テブフロキン	トライ	Qol とは交差しない、耐性リスク不明、中と推測。	U16	
	不明	テトラゾリルオキシム	テトラゾリルオキシム	ピカルブトラゾクス	ピシロック、ナエファイン	耐性菌未発生	U17	
	不明 (トレハラーゼ阻害)	グルコピラノシル抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	バリダマイシン	バリダシン	耐性菌未発生。 トレハロースによる抵抗性誘導提案中。	U18	
未分類	不明	種々	種々	炭酸水素カリウム、炭酸水素ナトリウム、天然物起源	カリグリーン、ハーモメイト	耐性菌未発生	NC	
M:多作用点接触活性化合物	多作用点接触活性	無機化合物 (求電子剤)	無機化合物	銅	Zボルドー、コサイド3000等	全般的に低リスクとみなしている。	M1	
		無機化合物 (求電子剤)	無機化合物	硫黄	サルファー、イオウ等		M2	
		ジチオカーバメート (求電子剤)	ジチオカーバメート	マンゼブ	ジマンダイセン、ベンコゼブ		M3	
				マンネブ	エムダイファー			
				プロビネブ	アントラコール			
				チウラム	チウラム、チオノック、トレノックス			
				ジラム	モノドクター			
		フタルイミド (求電子剤)	フタルイミド	キャプタン	オーソサイド		M4	
		クロロニトリル (フタロニトリル) (作用点不明)	クロロニトリル (フタロニトリル)	TPN	ダコニール、パスポート		M5	
		ビスグアニジン (細胞膜攪乱剤、界面活性剤)	ビスグアニジン	イミノクタジン酢酸塩	ペフラン		M7	
				イミノクタジナルベシル酸塩	バルカート			
キノン (アントラキノン) (求電子剤)	キノン (アントラキノン)	ジチアノン	デラン	M9				
キノキサリン (求電子剤)	キノキサリン	キノキサリン系	モレスタン	M10				
マレイミド (求電子剤)	マレイミド	フルオリミド	ストライド	M11				

最新版は J FRAC ホームページ (<http://www.jpca.or.jp/labofrac/>) に掲載。FRAC CODE LIST より、国内で使用されている殺菌剤を抜粋しました。

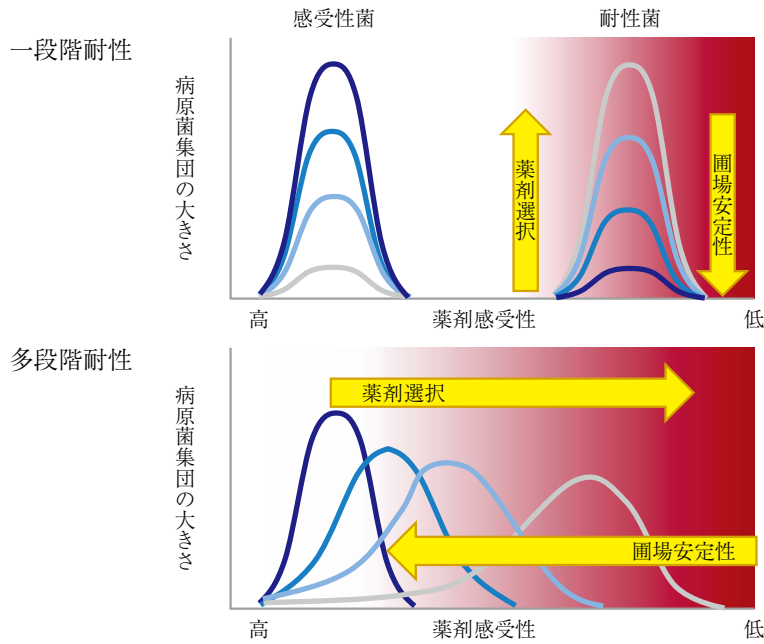


図-1 殺菌剤耐性菌の発生様式

を設立した。FRACの主な役割は殺菌剤の系統別に設置される作業部会における殺菌剤の使用ガイドラインの作成である。現在系統別の6作業部会およびバナナ部会が活動している。最近の動きとして、作業部会がない殺菌剤についても製造会社が作成したガイドラインを承認している。日本の農薬製造会社2社がとりまとめたQiI (Quinone inside Inhibitors) 殺菌剤のガイドラインが同ホームページに掲載されている。

耐性菌対策の必要性については、過去の知見に基づいて、殺菌剤・病原・栽培の各リスクから算出する複合リスクに基づいて判断している(田辺, 2017)。複合リスクが高くて、ガイドラインを作成すると判断した場合、実使用が始まる上市前に広範囲にわたって病原菌を採集、分離して、その殺菌剤の感受性ベースライン検定を行って、上市後に継続実施する感受性モニタリング結果とともに知見を作業部会に所属する会社で共有する。その上で、1作期当たりの散布回数・使用時期、混用・混合剤の使用、ローテーション散布の必要性等を規定する。各作業部会の議事の概要、ガイドライン、感受性モニタリング結果・方法等は、FRACのホームページ(<http://www.frac.info/>)に公開されている。

バナナ部会は、特にバナナの輸出国において発生が問題となっている黒シガトカ病(*Pseudocercospora fijiensis*)の耐性菌対策に取り組む唯一の作物部会であり、農薬メーカーだけでなく、バナナ生産会社も参加している。各国における殺菌剤の感受性を把握し、それに基づいて系統別に単剤の使用可否、防除体系、最大使用回数、散布

時期を推奨している。

ブラジルにおいては主要作物の一つであるダイズに発生するアジアさび病(*Phakopsora pachyrhizi*)の耐性菌問題が発生していて、DMI殺菌剤、QoI殺菌剤、SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitors) 殺菌剤の各作業部会においてモニタリングを実施している。3系統共通の対策として、必ず混合剤を使用する、予防的に使用する、GAPを考慮して、感染源、病原圧、耐性リスクを低下させることが規定されている。ダイズの栽培時期を10月ころから始まる雨季のsafraという作期に限定しているほか、雑草化したダイズの除去が推奨されている。また、QoIおよびSDHI殺菌剤に対して複合耐性のダイズ褐色輪紋病(*Corynespora cassiicola*)も見つかっている。ワタとの共通病害であるため、ブラジルFRACが注意喚起している。

III 国内における耐性管理

FRACの日本の活動拠点であるJFRACは任意団体であったが、2017年9月より農薬工業会薬剤抵抗性対策特別チームに所属して活動を継続している。

FRACは殺菌剤を作用機構、交差耐性の有無により分類して、それぞれのグループに記号、番号を指定してまとめたFRACコード表を作成しているが、これをJFRACにおいて国内登録剤のみに編集して代表的な農薬名を記載した国内版を毎年公開している。農薬工業会は、国内登録がある農薬のRACコード検索表をホームページ(<https://www.jcpa.or.jp/lab/mechanism.html>)に公開し

ている。農薬名から検索することができるので便利である。殺菌剤の製品ラベルに FRAC コードが掲載されていると殺菌剤の系統の区別が容易となる。農薬工業会は、会員に対して RAC コード (FRAC コード, 殺虫剤のための IRAC コード, 除草剤のための HRAC コードを総称) を農薬ラベルに標記するときのガイドラインを作成した。既にラベル表示を始めている製品もあり, 他の製品についてもラベル改版の際に各メーカーが検討する。なお, 国際的な農薬工業会的な位置づけの組織であるクロップライフ・インターナショナル会員 (BASF, Bayer, Corteva, FMC, 住友化学, Syngenta, いずれも略称) は 2023 年までに自主的に RAC コードをラベル表示することを合意していて, 非会員に対しても推奨している。

JFRAC ホームページには, FRAC が欧州向けに作成したガイドラインを日本向けに改訂したガイドライン集, 耐性リスク評価, FRAC 文献集を掲載している。文献集には, FRAC Monograph 1 「農業用殺菌剤耐性菌: どのように対策するのか?」, 「植物病原菌の殺菌剤感受性モニタリング方法」等を和訳して掲載している。

JFRAC は, 水稲分野における本田処理剤のストロビルリンが使用されている状況において 2007 年に育苗箱処理剤の本格使用が始まったことから耐性菌の出現リスクが高くなったと判断, 2008 年 2 月に, 日本国内における初めての殺菌剤使用ガイドラインである「ストロビルリン系殺菌剤のイネいもち病ガイドライン」を作成・公開した。残念なことに 2012 年には九州, 中四国で QoI 殺菌剤の耐性菌が発生した。一般に QoI 耐性菌は圃場安定性が高いため, 散布を中止しても生存する事例が多いが, イネいもち病の場合は使用中止後 3 年間で激減する事例が複数の地域で確認されている。また, 耐性菌が存在する圃場においても, 他の系統の殺菌剤と体系防除をすれば, 穂いもちに有効な事例 (石井, 2017) がある。耐性菌が発生すると他に有効病害があるにもかかわらず使用を中止する事例が多いが, エビデンスを積み上げて使用方法を探索する取り組みは農薬製造会社にとっても重要である。

おわりに

海外におけるバナナ黒シガトカ病, ダイズアジアさび病と同様に, 日本国内ではリング黒星病, テンサイ褐斑

病について, 使用できる単作用点殺菌剤の系統数が極めて限られており, 多作用点殺菌剤の使用が増えている。JFRAC のホームページに翻訳して掲載している「植物病原菌の耐性管理における多作用点接触活性殺菌剤の重要性について」において, FRAC は耐性菌対策における有用性について以下の見解を提示している。

- * 多作用点殺菌剤の耐性リスクは低い。また, 単作用点殺菌剤との混用または混合剤の使用, ローテーション散布が有用である。
- * 多作用点殺菌剤は, 防除効果が高い単作用点殺菌剤に対する耐性菌の発生を抑制することにより, その製品寿命を延ばすことに加えて, 病害防除の水準を上げて, 防除対象の病害を広げることにより, 単作用点殺菌剤の防除効果を高める。
- * 多作用点殺菌剤は, 多くの作物における多くの病害において, 耐性菌の発生を防止, 抑制するので耐性管理に有用である。
- * 単作用点殺菌剤に対する耐性化が大きな問題となっているコムギ葉枯病, オオムギ *Ramularia leaf spot* 病, ダイズさび病等の病害において, 防除体系における効果の持続と耐性管理について, 多作用点殺菌剤の果たす役割が大きくなっている。

耐性菌対策のためには新規作用機構剤が開発されてそれを防除体系に入れるのが, 最も効果的である。しかし, 新規剤の開発は極めて限定的であり, 現在有効な殺菌剤について対策をしながら, 長期間に渡って使用することが大切である。農薬製造会社としても, 耐性リスク評価に基づいた耐性菌対策を継続実施しなければならない。

耐性菌対策の基本となるモニタリング結果については, 欧州では FRAC 作業部会の関係会社間で知見を共有したうえで, 対策を立案している。国内においても同様の体制がとれないのかどうか, 課題として取り組む必要がある。

引用文献

- 1) BRENT, K. J. and D. W. HOLLIMON (2007): FUNGICIDE RESISTANCE IN CROP PATHOGENS: HOW CAN IT BE MANAGED? FRAC, p.14.
- 2) COOLS, H. J. et al. (2013): *Plant Pathology* **62**: 36~42.
- 3) FISHER, M. C. et al. (2012): *Nature* **484**: 186~192.
- 4) 石井貴明 (2017): *植物防疫* **71**: 729~734.
- 5) 田辺憲太郎 (2017): 同上 **71**: 426~432.

殺虫剤抵抗性管理 農業生産現場への普及の取組み

日本曹達株式会社 小田原研究所 やま山 もと本 あつ敦 し司

はじめに

農作物を加害する病害虫の薬剤抵抗性発達は、作物減収の一原因となる古くて新しい問題である。過去約 100 年の世界の殺虫剤抵抗性事例を集積した報告 (SPARKS and NAUEN, 2015) では、ほとんどの害虫種に抵抗性の発達が見られ、特に 1990 年代以降に抵抗性報告数の増加が著しいことが示されている。この事実は 1984 年に IRAC が設立され抵抗性対策の普及が実施されているものの、農業生産現場では抵抗性の発達を抑制できていないことを示唆している。日本でもその状況は同様であり (白石, 2017)、農業関係の新聞・雑誌のメディアで薬剤抵抗性管理の必要性に関する話題や提案が繰り返し報じられている。

日本植物防疫協会では、これまで薬剤抵抗性をテーマに 3 回のシンポジウムを開催しており、前回の 2017 年 1 月には「薬剤抵抗性対策の新たな展開」をテーマに 6 講演が行われた。本稿では、前回から約 2 年半が経過した現在、「殺虫剤抵抗性対策」の諸活動がどれだけ進展したかを総説する。特に、「薬剤抵抗性対策を農業生産現場へいかにわかり易く伝えるか」を論点に据える。そして、①薬剤抵抗性管理の取組の考え方、②殺虫剤抵抗性対策の課題、③現場指導者の意見と要望、④関係者の連携と抵抗性対策ツールの作成、および⑤薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの成功事例の 5 点の話題を整理して述べる。なお本稿は、2019 年 9 月 20 日に開催された日本植物防疫協会シンポジウム「植物防疫の新たな展開の「その後」をフォローする」での講演をまとめたものである。本稿では主に殺虫剤抵抗性の事例を取り上げるが、殺菌剤と除草剤も含めた薬剤抵抗性管理の全般的な提案と理解も視野に入れている。

Insecticide Resistance Management : Its Recent Approach to Communication with Agricultural Producers and Advisers/Researchers.
By Atsushi YAMAMOTO

(キーワード：殺虫剤抵抗性管理、薬剤抵抗性リスクコミュニケーション、薬剤抵抗性リスク分析、IPM)

I 薬剤抵抗性管理：取組みの考え方

1 薬剤抵抗性管理とは

広く一般的に薬剤抵抗性管理を考えると、まず、生産者にとってはそもそも薬剤抵抗性発達の定義が難解である。殺虫剤抵抗性を例に (IRAC, 2019)、この定義をかみ砕いてわかり易く説明すると以下ようになる。「殺虫剤抵抗性とは、害虫に対してうっかりと“適切でない方法”で薬剤を繰り返し使い続けると、これまで有効であった登録薬量・濃度で防除できなくなる状態に陥ることであり、やっかいなことに、害虫の次の世代へ“遺伝して”伝わってしまう」。薬剤抵抗性発達は薬剤を使用する限り避けられない生物進化現象であるものの、防除のやり方の良し悪しでも引き起こされるため、ヒューマンエラーとも言える (山本, 2017 a)。

薬剤抵抗性管理の本質的な戦略は、“適切な防除の実施”と“抵抗性を遺伝させない工夫”の 2 点に集約される。そして、薬剤抵抗性問題には大別して二つの解決策がある (山本, 2017 a) (表-1)。すなわち、①使用できる薬剤数を増やすための「新規作用機構の薬剤開発」と、②抵抗性発達を遅延させ薬剤をできるだけ長く使用するための「後手に廻らない抵抗性管理の普及」である。前者の新規薬剤の開発の考え方は、山本 (2017 a) を参照されたい。

2 薬剤抵抗性管理の基本と用語の整理

ここで薬剤抵抗性に関する用語を整理する (図-1)。“薬剤抵抗性管理”とは、薬剤抵抗性という難敵を抑えるための大きな「戦略 (strategy)」である。そして、“薬剤抵抗性対策ツール”という様々な「武器 (weapon)」を活用して、“薬剤抵抗性対策”という「戦術 (tactic)」すなわち適切な薬剤の使用方法を実行して難敵を駆逐する。抵抗性対策ツールをどれだけ準備し活用できるか、薬剤ローテーションなどの抵抗性対策をいかに正しく適切に実施できるかが、抵抗性管理のポイントであるのはいままでの間。

薬剤抵抗性の定義から薬剤抵抗性管理を考えると、そ

表-1 薬剤抵抗性問題の解決策と、薬剤抵抗性リスク分析
山本 (2017 a ; 2018 c) を一部改訂。

農業生産現場からの よくある質問
① どうして 抵抗性が発達するのか？ ② 抵抗性発達の 遅延・抑制 はできるのか？ ③ 一度発達した抵抗性は 感受性が回復 するのか？ ④ どんな対策を、いつ 実施したらよいか？
薬剤抵抗性問題の解決策
① [開発] 新規作用機構を持つ 薬剤の開発 ② [普及] 後手に廻らない 薬剤抵抗性管理
薬剤抵抗性リスク分析, 3 ステップ
【① 研究】 薬剤抵抗性リスク評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ 薬剤の効果・抵抗性機構の解明 ・ 抵抗性病害虫の生物的・遺伝的特性の解明 ・ 抵抗性の検出 (生物検定・遺伝子診断) ・ 抵抗性リスク評価表の作成
【② 施策】 薬剤抵抗性管理 <ul style="list-style-type: none"> ・ 抵抗性対策 (防除方法) の確立 (ローテーション, 混用, IPM 体系, 等) ・ 抵抗性対策ツールの整備 (抵抗性管理ガイドライン, 等の作成)
【③ 対話】 薬剤抵抗性リスクコミュニケーション <ul style="list-style-type: none"> ・ 抵抗性リスクの正しい伝達 ・ 農業生産者との対話・連携の仕組み作り ・ 関係者の所属・立場の垣根を超えた連携 ・ 地域の防除暦・基準への抵抗性管理の導入

の基本は「薬剤抵抗性を“遺伝させない”ように“適切な”薬剤の使い方 (= 抵抗性対策, tactics) を考えること」である。これには二つの基本戦略, ①あらゆる処理法(対策)を駆使して抵抗性害虫を積極的に排除すること, ②圃場周辺 (の環境) にいる薬剤が効く感受性の害虫を保護し活用すること, がある。この2点を踏まえた薬剤抵抗性対策 (特に殺虫剤抵抗性) の薬剤処理の基本は次の5点である (山本, 2019 b)。

(1) [入れない] 初期防除・予防を行い, 抵抗性害虫を圃場に持ち込まない。

(2) [増やさない①] 害虫の連続した世代への同一系統の薬剤施用を避け, 抵抗性遺伝子 R を遺伝させない。

(3) [増やさない②] 追加防除で害虫個体数を十分に少なくし, 抵抗性遺伝子 R そのものを徹底的に減らす。

(4) [増やさない③] 薬剤施用後に圃場外から感受性個体 SS を多量に移入する環境を整える。そして抵抗性個体 RR と交尾・繁殖させ, 抵抗性遺伝子 R の頻度を下げる。

(5) [出さない] 最終防除 (追加防除) を行う。害

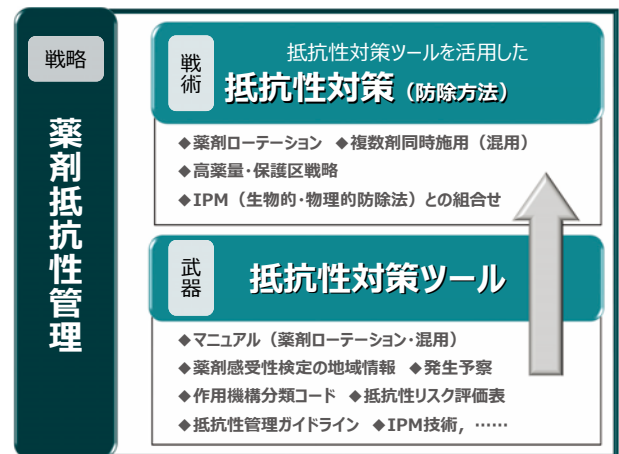


図-1 薬剤抵抗性管理を構成する要素

虫防除が終わった抵抗性遺伝子 R 頻度の高い圃場から, 圃場外の周辺環境へ抵抗性個体 RR を移出させないように残渣処理などの最終防除を行う。

この基本に則った適切な薬剤の選択・防除タイミング・処理方法を考えると, より効果的な抵抗性管理ができる。また害虫防除分野では, 生物的・物理的防除技術などの IPM 技術の実用化が進展している。殺虫剤抵抗性対策には薬剤だけに頼るのではなく, IPM・ICM 技術の併用が効果的である。

3 薬剤抵抗性管理の位置付け

上述したように, 薬剤抵抗性管理 (PRM ; Pesticide Resistance Management) を効率的に進めるためには, 総合的作物管理 (ICM ; Integrated Crop Management) の重要な基盤技術の一つである耕種的防除の利用や, 総合的病害虫雑草管理 (IPM ; Integrated Pest Management) の生物的防除や物理的防除資材の活用が不可欠である。すなわち, 薬剤抵抗性管理 PRM は ICM・IPM の基盤なしには成り立たない (図-2)。IPM 実践指針 (農水省植防課, 2005) の考え方が生産現場でも浸透したと考えられる現在, 薬剤抵抗性管理は IPM・ICM の延長線上に位置しているものとして今後の施策を提案し実践していきたい。

4 薬剤抵抗性リスク分析とリスクコミュニケーション

薬剤抵抗性発達を“抵抗性リスク”として見える化しその解決策を進めるため, 一般的リスク分析の考え方で整理をする。リスク分析の三つのステップ, ①抵抗性リスク評価 (研究) →②抵抗性リスク管理 (方針・施策) →③抵抗性リスクコミュニケーション (対話・伝達), を活用した薬剤抵抗性管理の進め方を提案した (表-1) (山本, 2018 a ; 2018 c)。

薬剤抵抗性リスク分析の最初のステップは, 研究的な



図-2 農業生産にかかわる管理体系と薬剤抵抗性管理の位置づけ
 奥語（2019）の解説図に追加して作成。

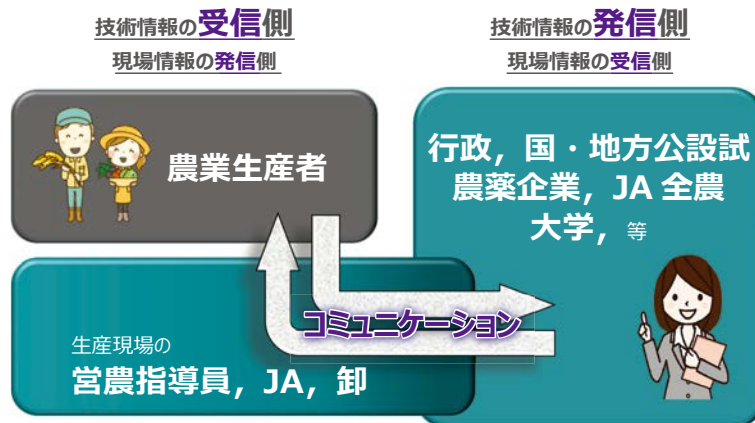


図-3 薬剤抵抗性リスクコミュニケーション
 山本（2017 a, 2018 c）を改訂。

側面の「薬剤抵抗性リスク評価」である。ここでは、抵抗性リスクの重大性を「抵抗性リスク評価表」で集約し、わかり易く伝える資料として提供する。

第2ステップは、リスクコントロールの施策である後手に廻らない「薬剤抵抗性（リスク）管理」である。これには、抵抗性管理ガイドライン、すなわち抵抗性リスク評価をベースとした薬剤抵抗性対策マニュアルが相当する。これは、各地域・作物で、薬剤抵抗性管理を組込んだ防除基準・暦を作成するうえで参考にできる。

第3ステップは、「薬剤抵抗性リスクコミュニケーション（以下、抵抗性リスクコミ）」である（表-1、図-3）。抵抗性リスクコミでは、研究者・指導員・行政等の技術側が生産者へ抵抗性リスクの重大性や被害・損失の程度を正しく伝え、抵抗性対策ツールや方法をわかりやすく説明する。また、生産者からの現場情報・問題を汲み上げ

ることができれば、双方向のリスクコミが完成することになる。抵抗性リスクコミが上手く機能すると、抵抗性管理を組み込んだ防除マニュアルや防除基準が多くの作物/地域で普及することになるだろう。

II 殺虫剤抵抗性管理の課題

まず、何が問題なのかを明確にしておきたい。これまで述べた“理想的な”薬剤抵抗性管理の考え方がある一方、生産現場ではそれを容易に行うことができない技術的・人的ハードルがある。このハードルを、知恵を出していかに低くするかが、“現実的な”薬剤抵抗性管理である。さらに、「薬剤抵抗性管理」という用語そのものが難しくして生産者・営農指導員へ伝わり難いこともあるだろう。

1 人的課題

「薬剤抵抗性問題の解決に向けて、関係者すべての意識のベクトルが同じ方向を向いているか」、「抵抗性対策技術を上手く伝えられるコミュニケーションができていくか」が人的課題の要点である。まず技術を発信する側、すなわち研究者（国研・都道府県・大学）、企業（研究・営業）、流通、植防関連団体、行政が、上から目線にならない意識が大切である。また、技術を受け取る側の生産者や営農指導員に対して、農業生産の中で抵抗性管理のメリットを感じるような正しい意識付けや自主性を、技術発信側からも促していきたい。そのため先述のように、対話の広場としての抵抗性リスクコミュニケーションの充実が求められる。

2 技術的課題

人的課題のハードルを下げるためには、適正な技術発信が求められる。これには「科学的根拠・新知見に基づいた正しい指導ができていくか？ 抵抗性対策ツール・資料が整備されているか？」という課題がある。正しい資料・指導がある一方、正しさに欠ける資料・指導も散見されるため、情報発信側のスキルアップが優先課題であろう。

III 現場指導者の声

薬剤抵抗性対策に関する生産現場のニーズや意見を把握するため、2018年に神奈川県営農指導協議会、高知県植物防疫協会、および愛知県植物防疫協会の協力のもとに薬剤抵抗性に関する講演会を実施した。講演会後に

営農指導員（3県合計156名）に回答いただいたアンケート結果（山本，2019a）の一部を現場の声として紹介する。

薬剤抵抗性対策に使えるツール（以下、抵抗性対策ツール）として上位5件の要望は、薬剤ローテーション・薬剤混用の説明資料、薬剤作用機構分類コード（RACコード）、薬剤感受性検定結果情報、抵抗性リスク評価表（点数表）であった（図-4）。

薬剤ローテーションや薬剤混用の方法を「知らない・よく知らない」との回答はともに39%と同じであり、上記の抵抗性対策ツールに薬剤ローテーション・混用資料の要望が高い結果を裏付けた。また、薬剤ローテーション・混用が「生産現場で有効な対策である」ものの（それぞれ、97%と85%の回答）、「その普及にはハードルがある」との意見であった（それぞれ、70%と52%）。その理由として、現実的な薬剤の選択基準を考えると、作物によって使える薬剤が思ったより少ないことや、具体的な薬剤の組合せ事例が少ないこと等が考えられた（山本，2012）。

次に、作用機構分類コード（RACコード）については40%もの営農指導員が「知らない・よく知らない」と回答した。一方、91%が「必要性あり」と回答しており、その周知方法の要望の82%は、生産者・営農指導員が自分で調べなくてもよい手段の提供であった。具体的には、農薬製品ラベル・チラシへの記載、店頭の商品陳列棚への記載、防除暦・防除マニュアルへの記載である。

抵抗性リスクコミについては、営農指導員の71%が「よ

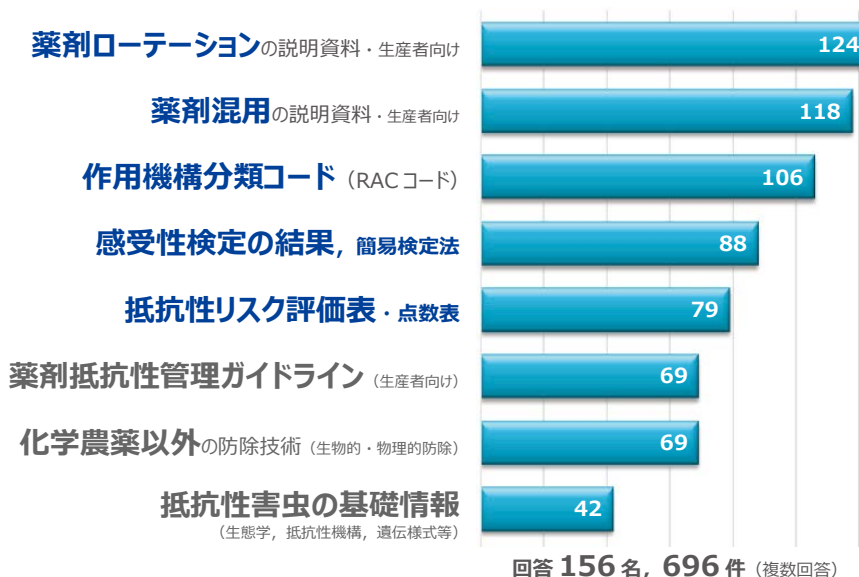


図-4 営農指導員が要望する薬剤抵抗性対策ツール
2018年に神奈川県営農指導協議会、愛知県植物防疫協会、高知県植物防疫協会で行われた研修会アンケートの集計（3県合計）より。山本（2019a）。

く知らない・全く知らない」と回答したものの、92%が「抵抗性対策の普及に必要」との意見で意識が高かった。

このように抵抗性問題で生産現場が困っている実情が浮き彫りになった。問題なのは、現状では現場ニーズ・要望に対して技術が十分に応えていないことである。今後は、抵抗性対策ツールを現場目線・指向で充実させる必要があること、抵抗性リスクが重要であると集約できた。

また参考として、薬剤抵抗性にかかわる研究者の声も、後述の2018～19年の日本応用動物学会大会の小集会「殺虫剤抵抗性リスクコミュニケーション」にてアンケートに回答いただき集約した（山本・島，2018；中倉ら，2019）。

IV 殺虫剤抵抗性対策の所属を超えた連携

1 農水省委託プロジェクト研究「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発」

2014～18年の5か年にわたり、表題のプロジェクト研究（以下、抵抗性プロジェクト研究）が実施された。この中で殺虫剤抵抗性に関しては、農研機構の8機関、道府県の10機関、3大学および農薬企業2社の合計23機関が薬剤抵抗性リスク評価とリスク管理の課題に連携して取り組み、5か年で100名近い関係者の協力を得た。その成果は「薬剤抵抗性重要農業害虫ガイドライン案」として公表された（農研機構，2019；中島，2019）。このプロジェクトでは6種の重要害虫、コナガ、チャノコカクモンハマキ、ワタアブラムシ、ネギアザミウマ、ナミハダニおよびウンカ類に関して、それぞれガイドライン案、遺伝子診断法と生物検定法が研究され、薬剤抵抗性管理の手順が示された。さらに特筆できるのは、数理モデルを用いた薬剤抵抗性発達の予測も研究されたことである。様々な害虫の生物特性と殺虫剤処理方法を考慮し、薬剤ローテーションだけでなく、総じて薬剤混用など複数剤同時処理がより有効である点も数理モデルで検証された（Sudo et al., 2018）。

本研究の成果であるガイドライン案は総論的であり個々の生産現場にそのまま適用できるものではないものの（中島，2019）、抵抗性対策ツールや地域別ガイドライン作成に参考となるとの高評価を研究者から得た（2019年日本応用動物昆虫学会-小集会「殺虫剤抵抗性リスクコミュニケーション」アンケート）。今後は、この成果を参考に各生産現場の抵抗性の状況を考慮して、抵抗性管理を組込んだ個別の防除暦・指針が作成されることを期待する。

2 殺虫剤抵抗性リスクコミュニケーション

先述した「殺虫剤抵抗性リスクコミュニケーション」という用語と考え方は、2017年の農林害虫防除研究会岩手大会にて初めて提案された（山本，2017b）。その後、日本応用動物昆虫学会大会の小集会「殺虫剤抵抗性リスクコミュニケーション」が2018年（鹿児島大会）と2019年（筑波大会）に、所属の異なる研究者が参加して開催された（山本，2018a；山本・中島，2019）。それぞれの年次の小集会で3講演、総合討論およびアンケートが実施されて、殺虫剤抵抗性管理・対策に関する課題が浮き彫りとなり、その後の薬剤抵抗性管理全般の活動の参考になっている。公的な資料ではないが、アンケート結果を集約した報告書も作成されており、小集会参加者には提供された（この報告書を希望される方は、本稿の著者まで連絡されたい）。今後は、薬剤抵抗性対策の考え方が各地域/作物で浸透するのに合わせて、生産者や営農指導員が主役となる薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの場が設けられることを期待する。

3 殺虫剤抵抗性対策タスクフォース学会を核とした連携

先述の小集会「殺虫剤抵抗性リスクコミュニケーション」での議論は、農林害虫防除研究会に殺虫剤抵抗性対策専門委員会「殺虫剤抵抗性対策タスクフォース」を2019年に設置するヒントになった。本タスクフォースの目的と活動計画の概要を示す（山本・土井，2019）。設立の目的は次の2点である。①農業生産現場での薬剤抵抗性対策のニーズに応え、「抵抗性対策の技術集約と普及」を進める。②抵抗性リスクを進めるため、第三者的立場から「行政-研究者-現場指導者-生産者が、所属組織にかかわらず垣根を越えて意見交換・情報共有できる広場」を提供する。

当面、優先的に活動する以下の4点の企画が提案されている。①薬剤抵抗性検定結果データベースの作成、②殺虫剤抵抗性リスク評価表の作成、③「薬剤抵抗性農業害虫管理ガイドライン案/農研機構2019.3」の普及支援、④薬剤抵抗性対策の基盤となるIPM技術との連携。

殺虫剤抵抗性対策が農業生産現場で上手いいかない理由の一つに、「技術の収集と知識の継続性が難しい」との意見がある。殺虫剤抵抗性対策タスクフォースが抵抗性対策ニーズに“継続して”応えるためには、所属組織の枠を超えた参画者からの協力が不可欠である。主な農薬企業で構成されるJapan IRAC（殺虫剤抵抗性対策委員会日本支部）とも連携し、本タスクフォースの活動が、農林水産省の薬剤抵抗性対策の施策の支援にもつながることを期待する。

V 殺虫剤抵抗性対策ツール

1 薬剤感受性モニタリング

生産者にとって、現場で使用する薬剤が実用量・濃度で効くかどうかは抵抗性対策の入り口である。生物検定法（薬剤感受性検定）や遺伝子診断法は、薬剤抵抗性レベルを把握する抵抗性対策ツールである。上述の抵抗性プロジェクト研究では、重要害虫の地域個体群に対する抵抗性モニタリング結果に従い、抵抗性リスクレベルを3段階、すなわちリスクレベル1（抵抗性は未発達）、2（抵抗性が発達中）および3（既に抵抗性が発達）に設定して、検定した薬剤の使用継続の可否の目安を示した（農研機構，2019）。

薬剤感受性モニタリングは、研究者だけでなく、現場の営農指導員も実施できることが望ましい。それは、抵抗性問題を営農指導員自身のこととして捉え、自分の経験や言葉で農業生産者へ伝えられるメリットがあり、薬剤抵抗性リスクを進めるうえでも有効である。実例として、和歌山県JAながみねで実施されたかんきつのクワゴマダラヒトリの感受性検定事例がある（井上・坂田，2017）。

一方、薬剤感受性モニタリングには課題もある。感受性検定や遺伝子診断は誰でも簡便に実施できず煩雑であることは否めない（中野，2017）。また、遺伝子診断法は正確ではあるが、薬剤抵抗性が発達してから開発されるために後手に廻るうえ、実施できる薬剤/害虫の組合

せも少ない。このような課題を踏まえて、現場指導員や生産者でも実施できる“簡易”感受性検定法も提案・開発されている。事例は少ないが、例えばハダニ類（溝部ら，2015；藤原・鹿島，2019）、アブラムシ類（溝部ら，2017）等で報告されている。今後の簡易検定法の充実に期待する。また、農研機構では、AIを活用して薬剤抵抗性発達を予測する次世代へ向けた研究が計画されており、抵抗性発達前に遺伝子診断法を確立することも視野に入れている（農研機構農業情報研究センター）。

2 殺虫剤抵抗性リスク評価表

生産者にとって、「抵抗性リスクの重み付け」が具体的に示されて簡単に目で見てわかる抵抗性対策ツールが欲しい。その点で、薬剤抵抗性リスク評価表は、防除対象の病害虫と薬剤の組合せで抵抗性リスクの重み付けが点数化されておりわかりやすい。殺虫剤分野では抵抗性機構が複雑であるなどの理由から、殺虫剤抵抗性リスク評価表は作成されていなかったが、最近その素案が提案された（図-5；山本，2017b；山本，2018c）。殺虫剤抵抗性の「抵抗性総合リスク」は、①殺虫剤リスク②害虫リスクおよび③栽培・地域リスクの三つのリスク値の掛け算で点数化され、抵抗性リスクの重大性は数値が大きいほど高い。殺虫剤リスクはその作用機構グループによって、また害虫リスクはその害虫種の生物・生態的特性によって、それぞれ固有のリスク値が振り分けられる。

一方、栽培・地域リスクの数値は、栽培方法、気象条件、薬剤処理法によって作物・地域によって変動する

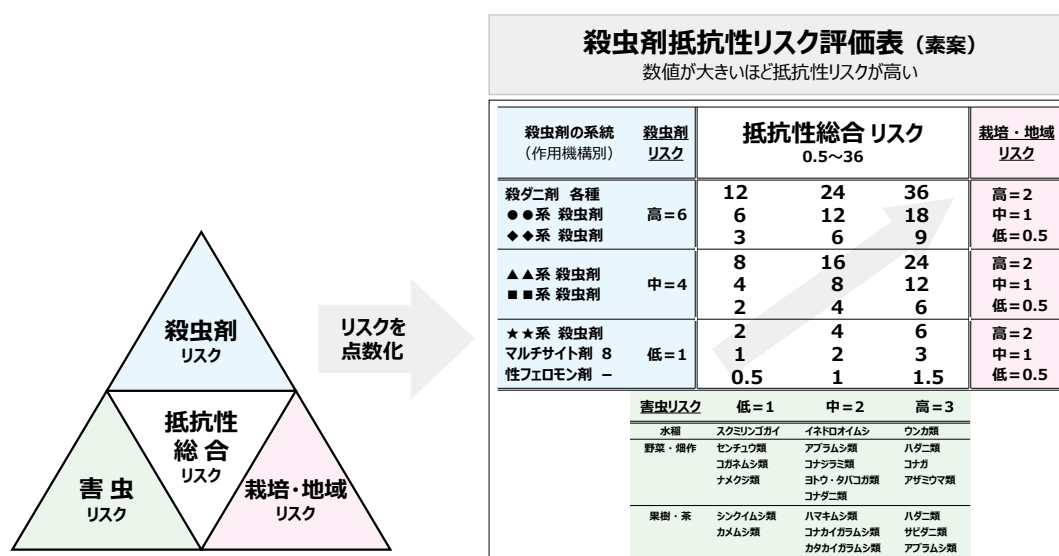


図-5 殺虫剤抵抗性リスク評価表（素案）

山本（2017b, 2018c）を一部改訂。
 数値が大きいほど抵抗性リスクが高い。
 IPM 技術の導入は栽培・地域リスク値を下げる。
 新規殺虫剤は殺虫剤リスク値が低い。

が、IPM 技術導入はこのリスク値を大きく下げられるメリットがある。したがって、栽培・地域リスクのコントロールが殺虫剤抵抗性対策をより効果的に進める鍵を握る。

この殺虫剤抵抗性リスク評価表の作成は、農林害虫防除研究会・殺虫剤抵抗性対策タスクフォースが進める抵抗性対策ツールの開発・作成の企画の一環の中で、Japan IRAC や IPM 技術の専門家との協働で作業が進んでおり(山本・土井, 2019), その完成を待ちたい。

3 数理モデルによる抵抗性発達予測

先述の抵抗性プロジェクト研究で行われた数理モデルによる抵抗性発達予測シミュレーション(SUDO et al., 2018)は、新たな抵抗性対策ツールと言える。これは害虫の繁殖様式、移動分散、薬剤の特性、薬剤処理方法等のパラメータが組み込まれた現場での使用を考慮したシミュレーションであり、その精度は高いものと考えられる。数理モデルであるが故に現場の予測の限界はあるものの、各生産現場の条件でも使えるより具体的な害虫/薬剤の組合せの個別シミュレーションの実用化への期待が研究者から寄せられている(中倉ら, 2019)。今後、実証事例を得ることより、より強力な抵抗性対策ツールとなるだろう。

4 作用機構分類コード

生産者にとって使用する薬剤の作用機構を知ることは難解であるが、薬剤抵抗性管理を考えて薬剤を選ぶ際には必要である。作用機構分類コード(RAC コード)は薬剤の有効成分ごとに、数字あるいは数字とアルファベットの組合せで簡便に表示されている。そのため、薬剤の作用機構を知らなくとも薬剤を選ぶ助けとなる便利な抵抗性対策ツールである。一方、農薬の製品数は数多くあり、うっかり同じ作用機構の薬剤を選んでしまう間違いもある。それを避けるために、2019年より農薬工業会HPに「製品名から作用機構分類コードを検索できるデータベース」が表示されている。作用機構分類コードは既知情報で多くの解説があるので参照されたい(例えば、農薬工業会, 2019)。

5 GAP (農業生産工程管理)

GAP (Good Agricultural Practice : 農業生産工程管理)は、農業において食品安全、環境保全、労働安全等の持続可能性を確保するための生産工程管理の取組である。そして、農薬適正使用の工程チェック項目の中に、薬剤抵抗性対策を設けている都道府県 GAP も少なくない。すなわち、GAPによるチェックそのものが薬剤抵抗性対策の意識向上に貢献するものであり、特に薬剤抵抗性リスクを進めるうえでも有効な抵抗性対策ツールであ

る。GAPを用いた薬剤抵抗性管理の手法を三重県の事例を主に解説した最近の総説があるので参照されたい(鈴木, 2019)。

6 IPM 技術

先述のように、薬剤抵抗性管理 PRM は IPM 技術の基盤があって成立つ(図-2)と同時に、個々の IPM 技術は重要な抵抗性対策ツールでもある。薬剤抵抗性対策において、IPM 技術利用の目的は少なくとも次の3点にある。①不必要で“過剰な”薬剤処理を削減する、②薬剤が効く感受性の害虫を保護する、③薬剤と組合せて(抵抗性)害虫個体群をより低密度まで低減できる手段である。さらに、先述の抵抗性の地域・栽培リスク値を低減する原動力としても注目に値する。

IPM 技術は主に害虫防除分野で研究が進展し、特に2000年以降に現場での実用化・普及が進んだ。例えば、ハダニ防除分野では2000年以前は殺ダニ剤による防除が主流であったが、2000年以降は、気門封鎖剤などの天然物由来剤、カブリダニ類などの生物的防除法や天敵保護資材、中波長紫外線(UVB)や高濃度炭酸ガス等の物理的防除法の開発・実用化が進展した(図-6)。その結果、多彩な技術の組合せによる IPM・ICM ベースの殺虫剤抵抗性管理が実現している(山本, 2018b ; 2018d)。これらの技術の特徴は各資材の資料や別の総説(柳田, 2019 ; 関根, 2019)を参照されたい。さらに、天敵と農薬の併用の考え方は、宮田(2011)の解説がわかり易い。一方、IPM 実践指針(農水省植物防疫課, 2005)では薬剤抵抗性管理には言及していないため、そ

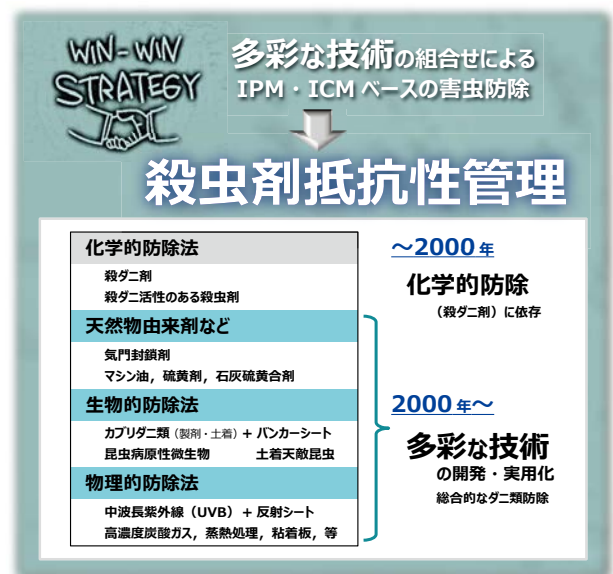


図-6 IPM 技術との体系による殺虫剤抵抗性管理 (ハダニ類防除の例) 山本(2018b ; 2018d)。

れが IPM の延長線上にあることを提案したい。

VI 薬剤抵抗性リスクコミュニケーションの成功事例

薬剤抵抗性リスクの成功事例として、大分県でのネオニコチノイド剤抵抗性ワタアブラムシの「発生実態把握→原因解明から防除対策構築→沈静化」に至ったわずか3年間の経緯を紹介する(岡崎ら, 2019)。2011年の抵抗性顕在化当初は、リスク分析の手法や抵抗性リスクを意識していなかったが、研究側は普及指導員の要望に応じて迅速に感受性検定を実施して代替薬剤の選定を行った。それを基盤に防除暦の見直しを行い、生産者の理解と実施を得た。この抵抗性問題の沈静化にあたっては、普及員・指導員を介して生産者に理解してもらう抵抗性リスクが機能していた。この成功事例のように、抵抗性が問題になってから取組むのではなく、普段からスピード感を持ってどんどん現場へ入っていき、研究者、指導員と生産者が相互にコミュニケーションをとる信頼関係と人間力が、薬剤抵抗性管理には重要と考えられる。

おわりに

薬剤抵抗性管理へのビクトリーロードを駆けトライを決めるには、抵抗性リスクというスクラムを組み人的・技術的課題の壁に向かい、ステップ・バイ・ステップで突破する熱意を持つ。さらに、新時代技術となりつつあるスマート農業とも協働したい。病害虫のセンシング技術を利用した精密な発生予察で適切な防除タイミングを見極め、抵抗性管理にも対応したドローンによる薬剤散布ができる時代がやって来るだろう。

薬剤抵抗性管理は現場ファーストであり、生産者と営農指導員が主役である。そして、IPM・ICMを基盤とした薬剤抵抗性管理技術と抵抗性リスクコミュニケーションを活用する。生産者・指導員はもちろん行政・研究者・農業企業・流通にとっても、長い目で見て「みんなが得する薬剤抵抗性管理」を推進したい。

最後に本稿を作成するにあたり、神奈川県営農指導協議会、高知県植物防疫協会、愛知県植物防疫協会、JAあいち経済連の皆様にはアンケートにご協力いただき

た。また、農林害虫防除研究会および Japan IRAC の皆様には多くのご教示を賜った。厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 藤原 聡・鹿島哲郎 (2019): 関東東山病害虫研究会第 66 回研究発表会要旨: 18 (虫 1-18).
- 2) 井上 一・坂田寛樹 (2017): 第 22 回農林害虫防除研究会岩手大会講要: 11.
- 3) IRAC (2019): IRAC Mode of Action Classification Scheme Ver. 9.3 : <https://www.irac-online.org/>
- 4) 宮田将秀 (2011): バイオコントロール 15: 23~28.
- 5) 溝部信二ら (2015): 山口農林総技セ研報 6: 29~32.
- 6) ———ら (2017): 応動昆 61(4): 252~255.
- 7) 中倉紀彦ら (2019): 第 24 回農林害虫防除研究会沖縄大会講要: 19.
- 8) 中野昭雄 (2017): 日植防シンポジウム 2017/1/12 講要: 125~147.
- 9) 中島信彦 (2019): 植物防疫 73(6): 347~351.
- 10) 農研機構 (2019): 薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案 (2019年3月): <https://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/nias/contents/files/PRMfull.pdf> (2019.10.14 アクセス)
- 11) 農研機構 農業情報研究センター: <https://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/rcait/introduction/chart/07/index.html> (2019.10.14 アクセス)
- 12) 農林水産省消費安全局植物防疫課 (2005): 「総合的病害虫・雑草管理 (IPM) 実践指針」: http://www.maff.go.jp/j/syuan/syokubo/gaicyu/g_ipm/pdf/byougai_tyu.pdf (2019.10.14 アクセス)
- 13) 農業工業会 (2019): 植防コメント 2019/7/26-1: 1~4.
- 14) 岡崎真一郎ら (2019): 第 63 回応動昆大会講要: 154 (W013).
- 15) 関根崇行 (2019): 応動昆 63(3): 79~95.
- 16) 白石正美 (2017): 植物防疫 71: 269~277.
- 17) SPARKS, T. C. and R. NAUEN (2015): Pestic. Biochem. Physiol. 121: 122~128.
- 18) SUDO, M. et al. (2018): Evol. Appl. 11: 271~283.
- 19) 鈴木啓史 (2019): 植物防疫 73(10): 615~622.
- 20) 山本敦司 (2012): 日本農業学会誌 37: 392~398.
- 21) ——— (2017 a): 植物防疫 71(5): 337~346.
- 22) ——— (2017 b): 第 22 回農林害虫防除研究会岩手大会講要: 9.
- 23) ——— (2018 a): 第 62 回応動昆大会講要: 215 (W161).
- 24) ——— (2018 b): 農業の創製研究の動向, シーエムシー出版, 東京, p.113~127.
- 25) ——— (2018 c): JATAFF ジャーナル 6(9): 47~52.
- 26) ——— (2018 d): 日本ダニ学会誌 28(1): 56.
- 27) ——— (2019 a): 第 63 回応動昆大会講要: 36 (D201).
- 28) ——— (2019 b): EBC 研究会ワークショップ 2019 講演要旨: 27~37.
- 29) ———・土井 誠 (2019): 農林虫防除研究会 News Letter 43: 4~7.
- 30) ———・中島信彦 (2019): 第 63 回応動昆大会講要: 154 (W011).
- 31) ———・島 克弥 (2018): 第 23 回農林害虫防除研究会広島大会講要: 11.
- 32) 柳田裕紹 (2019): 応動昆 63(1): 1~12.
- 33) 與語康洋 (2019): 植調 53(3): 66~73.

植物
防疫
講座

病害編-24

コムギ雪腐病の発生生態と防除

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 農業研究本部
中央農業試験場

そう
相 ま
馬

じゅん
潤

はじめに

雪腐病とは麦類や牧草等越冬性の植物が積雪下で加害される病害の総称である。その程度が激しいと融雪後に株が枯死し大きな被害となる。また、雪腐病には複数の病原菌が関与し、これらを総称して雪腐病菌という。寒冷積雪地帯における障害としては、厳しい寒さにより生理的ないし物理的に凍死する被害もあるが、雪腐病による被害のほうが多いとされる（松本，2013）。

我が国で栽培される麦類の中ではコムギの栽培面積が最も大きく、なかでも北海道の栽培面積は約6割を占める。北海道は寒冷で積雪が多いため、雪腐病は古くから発生しており、現在でもコムギ栽培における最重要病害の一つと認識されている。そこで、本稿では北海道での事例を中心としてコムギに発生する雪腐病の発生生態と防除について解説したい。

I コムギに発生する雪腐病

日本植物病名目録（日本植物病理学会，2019）に記載のあるコムギの雪腐病を表-1に示した。雪腐褐色小粒菌核病と雪腐黒色小粒菌核病は、同目録では雪腐小粒菌核病と総称されているが、病原菌別に区別した上記名称が用いられることが多い。またこのほか、病原菌が未同定であるが、担子菌によるスッポヌケ症（仮称）の報告

がある（清水・宮島，1990）。

なお、紅色雪腐病の病原菌は、同目録では完全世代の *Monographella nivalis* を採っているが一般的には不完全世代の *Microdochium nivale* が使われることが多い。また、雪腐大粒菌核病について同目録では *Myriosclerotinia borealis* を採用しているが、分類学的所属の問題が指摘されていることから（松本，2013）、ここでは *Sclerotinia borealis* と記載した。またオオムギでもコムギと同様に表-1に記載した5病害が発生する。

II 雪腐病による被害

雪腐病菌は積雪下という低温・暗黒条件下で感染、まん延し融雪後に葉や茎を枯死させて被害を及ぼす。発生程度が軽く一部の葉が枯れる程度では大きな被害に結びつくことはないが、多数の葉が枯れると融雪以降の生育に遅延が生ずる。茎が枯死すると影響は大きくなり、程度が激しい場合株全体が枯死することがある。茎の枯死あるいは株全体の枯死は穂数の減少に直結するため収量に及ぼす影響が大きい。

雪腐病は積雪下で進行する病害であるため、積雪期間の長い年に発生が多くなる傾向がある。このため年次によって発生程度の変動が大きいことも本病の特徴である。

北海道のコムギでは平年で約34%の圃場で発生が見られている（北海道農政部ら，2018）。発生が多い場合、

表-1 国内で発生するコムギの雪腐病とその病原菌

病名	病原菌
褐色雪腐病	<i>Pythium iwiyamai</i> , <i>P. paddicum</i> , <i>P. horinouchiense</i> , <i>P. graminicola</i> , <i>P. okanoganense</i> , <i>P. vanterpoolii</i> , <i>P. volutum</i>
紅色雪腐病	<i>Microdochium nivale</i>
雪腐大粒菌核病	<i>Sclerotinia borealis</i>
雪腐褐色小粒菌核病	<i>Typhula incarnata</i>
雪腐黒色小粒菌核病	<i>Typhula ishikariensis</i>

注) 日本植物病名目録（2019年9月版）より作成。

Ecology and Control of Snow Mold of Wheat. By Jun SOUMA
(キーワード: コムギ, 麦類, 雪腐病, 発生生態, 防除)



図-1 褐色雪腐病により全面が枯死したコムギ圃場

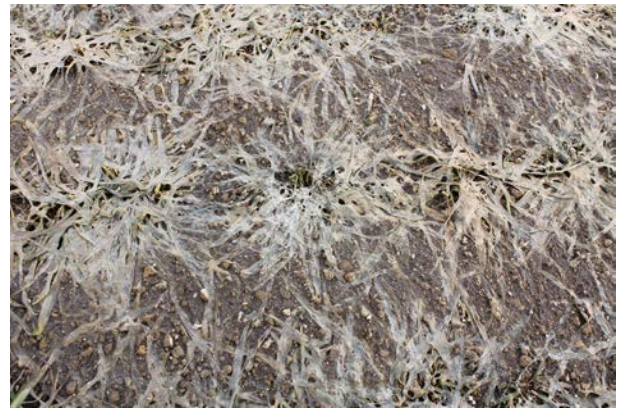


図-2 褐色雪腐病により枯死したコムギ

圃場全面が枯死することもあり（図-1）、年によっては数百 ha 規模で廃耕されることがある。北海道以外では、青森県、秋田県、岩手県での発生が比較的多く、平年の発生面積率はおおむね 15~30% ほどである（岩手県病害虫防除所，2017；青森県病害虫防除所，2018；秋田県農林水産部，2018）。なお、オオムギ雪腐病の近年の発生状況については、主要生産県の植物防疫関係資料によると、福井県の積雪期間が長い地域で褐色雪腐病の発生がやや目立っているようである。

III 雪腐病の発生生態

雪腐病の発生は単一の病害によることもあるが、複数の病害が混在して発生することが普通である。また病害別の発生割合は地域や年次、あるいは圃場ごとの諸条件により変動する。以下では北海道での事例を中心に各病害の発生生態を解説する。

1 褐色雪腐病

Pythium 属菌による病害であり、北海道では *P. iwayamai* と *P. paddicum* の発生が知られている。石狩、空知、上川地方で発生が多く、これら地域での発生の主体は *P. iwayamai* である。

融雪直後の被害葉は暗緑色水浸状であり、乾燥すると淡褐色で半透明となる（図-2）。茎が腐敗し株全体が枯死することもあり、発生が多いと圃場全面が枯死する場合もある（図-1）。枯死した茎葉に菌核の付着は見られないが、被害葉を顕微鏡観察すると病原菌の卵胞子を観察することができる（図-3）。

被害組織で形成された卵胞子が土壌中で生残し伝染源となる。卵胞子は積雪下で発芽し菌糸が直接コムギ組織に感染するほか、土壌表面に停滞水があると遊走子を放出しこれが感染する。*Pythium* 属菌は湿潤な環境を好むため排水の悪い水田転換畑で発生が多い傾向がある。

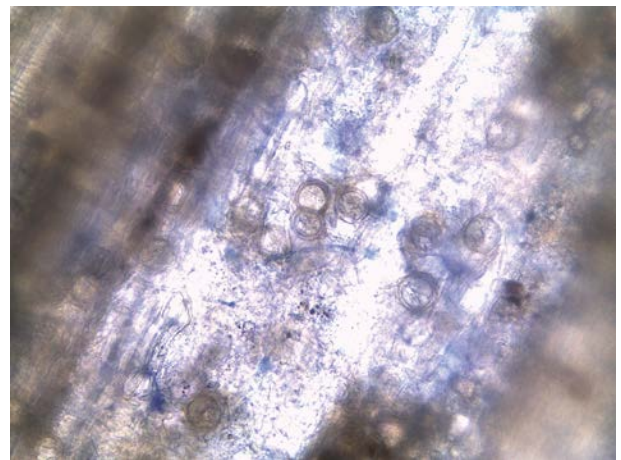


図-3 褐色雪腐病の被害葉の組織中に形成された卵胞子

2 紅色雪腐病

ほぼ全道的に発生の見られる病害である。病原菌である *Microdochium nivale* は生育温度が -5~25℃ と広く、赤かび病の病原菌としても知られる。本菌による赤かび病が発生すると種子が汚染され、保菌種子は紅色雪腐病の伝染源となる。本病は種子伝染する唯一の雪腐病である。一方、土壌伝染することも知られており、融雪後の被害茎葉や収穫残渣が伝染源になると考えられている。

本病による被害茎葉は特徴的なピンク色を呈し（図-4）、菌核の形成は認められない。特徴的なピンク色は病原菌の分生胞子と菌糸の色調によるものであり、被害葉を顕微鏡観察すると病原菌の分生胞子が多数形成されている（図-5）。

発生程度が軽い場合は葉の一部が枯死するのみであるが、茎も腐敗し株全体が枯死する場合がある。特に、種子伝染による発病は重症化しやすく、土壌伝染よりも株の枯死に至ることが多いようである。筆者は圃場全面が紅色雪腐病によって枯死した圃場を見たことがあるが、これは、赤かび病の防除を十分に行わなかった自家採種種子を無消毒のまま播種したケースであった。



図-4 紅色雪腐病による被害株

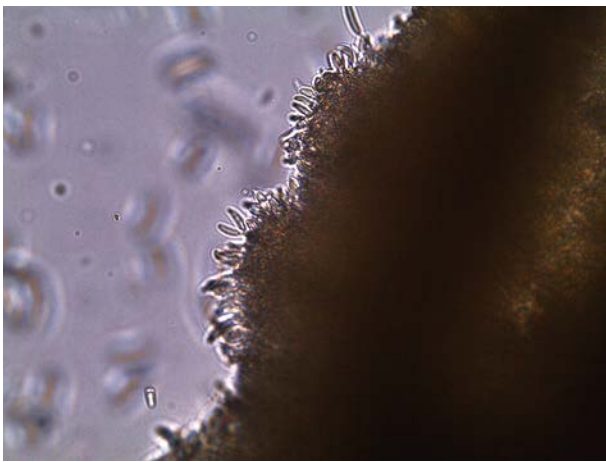


図-5 紅色雪腐病の被害葉の表面に形成された病原菌の分生胞子



図-6 雪腐大粒菌核病の被害株（清水基滋原因，「北海道病害虫防除提要（2014）」より転載）



図-7 雪腐褐色小粒菌核病の被害株

3 雪腐大粒菌核病

本病の主な発生地域はオホーツク地方や十勝地方を中心とした土壤凍結地帯である。融雪後、発病株は全体的に灰褐色となり、枯死した茎葉に黒色でネズミの糞状の菌核が付着している（図-6）。菌核は後述する雪腐褐色小粒菌核病や雪腐黒色小粒菌核病のものよりも大型で形状が不揃いである。なお、本病が発生した場合、葉の一部の枯死など軽症にとどまることは少なく、株全体が枯死することが多い。

土壤に残った菌核は晩秋から初冬にかけて発芽し、子う盤（きのこ）を形成する。子う盤上では子う胞子が形成され、これらが飛散してコムギの葉に付着する。子う胞子は積雪下で発芽し、凍害により損傷した組織から侵入する。土壤凍結地帯で発生が多いのは他の地域より寒さが厳しく凍害の発生が多いことによる。空気伝染であることから近隣の牧草地やイネ科雑草地内で形成される菌核も伝染源として重要であるとされる。

4 雪腐褐色小粒菌核病

全道的に発生するが、石狩、空知、上川地方等、道内でも積雪の多い地帯で発生が多い。被害茎葉が灰白色に

枯死し、枯死した葉の上や茎の中に赤褐色～褐色で不整形の菌核を作る（図-7）。菌核の大きさは一定しないがおおむね2mm程度である。被害葉の組織はもろく、容易に崩れやすい特徴がある。一般に本病で株全体が枯死することはまれである。

本病の伝染様式には土壤伝染と空気伝染があり、土壤伝染では菌核から伸長した菌糸が直接コムギへ感染する。空気伝染では晩秋から初冬にピンク色で棒状の子実体（きのこ）が形成され（図-8）、表面に形成された担子胞子（図-9）が飛散しコムギ葉に付着し積雪下で感染する。

5 雪腐黒色小粒菌核病

本病も全道的に発生が認められるが、雪腐褐色小粒菌核病と異なり比較的積雪の少ない十勝地方やオホーツク地方で発生が多い傾向にある。症状は茎葉が灰白色に枯死し、枯死した葉の上や茎の中に黒色の菌核を形成する（図-10）。雪腐褐色小粒菌核病の菌核とは色が異なるのみではなく、形がほぼ球形で大きさも約1mmと小さい。菌核上に子実体を形成することもあるが、本菌の場合は担子胞子が伝染源となることはほぼないと考えられており、菌核からの菌糸伸長による土壤伝染が主体である。



図-8 *Typhula incarnata* の子実体（エンバク培地で人工培養した菌核に形成）

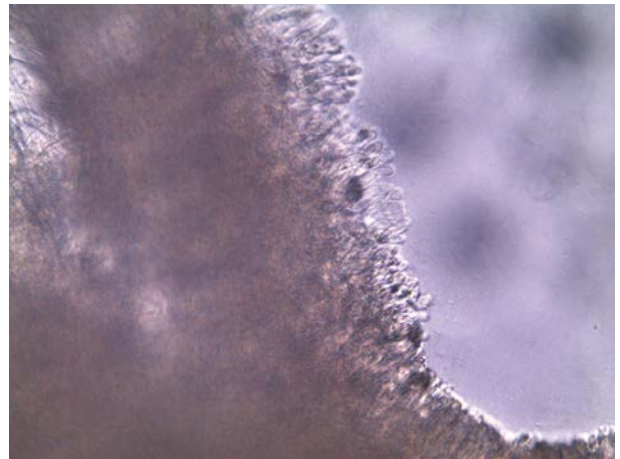


図-9 子実体の表面に形成された子実層



図-10 雪腐黒色小粒菌核病の被害株

本病の病原性は雪腐褐色小粒菌核病より強く、しばしば株全体が枯死することがある。

IV 雪腐病の防除

1 耕種的防除

耕種的防除としてはじめに挙げられるのは、抵抗性品種の利用である。1980年代の北海道の代表的な品種である‘チホクコムギ’の雪腐病抵抗性は「やや弱」であったが、現在の主要品種‘きたほなみ’は「やや強」と大きく改善されており、雪腐病の被害低減に大きく貢献している。

播種適期を逃すと越冬前の生育量が少なくコムギの抵抗性が弱くなることからこれを遵守する必要がある。また、窒素を過度に施肥すると軟弱な生育となり発病を助長するので避ける必要がある。また、輪作の実施により土壌中の菌核密度など菌量を低下させることも有効である。

褐色雪腐病では停滞水が発病を増やす原因となることから、排水不良な圃場では排水対策の実施が効果的である。

雪腐病は積雪下で進行する病害であるため積雪期間の短縮が対策となる。根雪の開始時期を遅らせることは困難であるので、適切な融雪資材を用いた融雪の促進を行う。発病の進展は積雪期間の後半に起こる傾向があることから融雪を早めることは有効な対策であると言える。

2 薬剤防除

種子伝染する紅色雪腐病では種子消毒を行うことが重要である。先に述べたように無消毒では本病が多発するリスクが高いため、北海道においては必須技術となっている。

根雪前の茎葉散布も重要な対策であり、散布できなかった場合には大きな被害を受けることがある。北海道では散布を推奨しており、平成29年度の実施面積率は81%であった（北海道農政部ら、2018）。雪腐病には複数の病原菌が関与するので散布にあたっては薬剤の選択に留意する必要がある。例えば、担子菌である *Typhula* 属菌による雪腐小粒菌核病に効果の高い薬剤であっても *Pythium* 属菌による褐色雪腐病に対しては効果が低いというケースがある。それぞれの地域で発生する病害（菌種）を把握し適切な薬剤を選択することが重要となる。

茎葉散布の実施時期は「根雪直前」がよいと指導されてきた。これは散布から根雪までの期間が長くなると効果が低下するためである。しかしながら、根雪となる時期は年次変動が大きいことを予測することは難しく、「根雪直前」をねらっても予想より早く積雪状態となり機会を逸することが少なくなかった。反対に、散布できたとしても根雪が予想より遅くなると効果が低下してしまう問題もある。また、根雪前の初冬期は気象条件、土壌条件が悪く散布そのものが困難な地域や圃場があることも問題であった。

以上のような問題に対し、より早い散布時期でも効果

が得られれば確実な実施が可能となる。青森県では早期の散布による雪腐褐色小粒菌核病の防除効果を検討し、散布時期の指導を平年の根雪始の4週間前に改めている(岩間・渡邊, 2005)。

北海道においても、褐色雪腐病、雪腐大粒菌核病、雪腐褐色小粒菌核病および雪腐黒色小粒菌核病の4病害に対して、主要薬剤の残効性を散布から根雪始までの降水量で評価し、被害を許容範囲内に抑えるための散布時期を検討した。その結果、残効性に優れる薬剤の使用により従来の散布時期より早期(対象病害と薬剤によって異なるが、根雪始の平年値のおおむね1か月前)に実施することが可能であることを示した(北海道農政部, 2014; 山名・小澤, 2015 a; 2015 b; 2015 c; 相馬・長浜, 2017)。この結果を受けて現在では従来より早期に散布が行われるケースが増えつつある。

おわりに

雪腐病は積雪期間との関係が深い病害であるが、気候変動によって北海道の融雪期(長期積雪終日)は2030年代には1971~2000年を統計期間とする平年値に比べて3~17日(全道平均では11日)早くなることが予想されている(北海道立総合研究機構農業研究本部中央農業試験場, 2011)。このことから全体的な傾向として今後雪腐病の発生は減少していくのかもしれない。しかしながら、大きな流れの中にあってもある程度の変動幅も予想されることから、コムギの安定生産を優先するならば雪腐病の防除対策のレベルを下げてもよいということにはならないであろう。

薬剤防除に関しては従来から航空防除に対するニーズ、期待がある。その要因としては、地上散布では根雪前の時期の圃場条件や必要な水の確保等の問題がある。

さらに、経営規模拡大に伴う省力化の要請も挙げられる。これまでは無人ヘリコプターによる散布が主流であったが、より扱いが簡易なドローンの普及や農業登録要件の緩和等、薬剤散布にかかわる情勢に変化が出てきており、雪腐病に対する茎葉散布の場面で最も早く変化が訪れるかもしれない。

薬剤防除は欠かすことのできない技術となっている一方で、北海道のようにコムギの雪腐病防除のために大規模に薬剤を散布している地域は世界にないという指摘がある(松本, 2013)。薬剤防除には労力・コストがかかっているが、コムギ栽培においても省力・低コスト化は解決すべき重要な課題となっている。今後、品種の抵抗性をさらに向上させることによって雪腐病のリスクを薬剤防除に頼らなくてもよいレベルにまで下げるのが理想であろう。

引用文献

- 1) 秋田県農林水産部(2018):平成29年度植物防疫年報:54.
- 2) 青森県病害虫防除所(2018):平成29年度有害動物発生予察事業年報:73~74.
- 3) 北海道農政部(2014):平成26年普及奨励ならびに指導参考事項:53~55.
- 4) ————ら(2018):農作物有害動物発生予察事業年報:154 pp.
- 5) 北海道立総合研究機構農業研究本部中央農業試験場(2011):北海道立総合研究機構農業試験場資料 39:96 pp.
- 6) 岩間俊太・渡邊智雄(2005):日植病報 71(3):252.
- 7) 岩手県病害虫防除所(2017):平成28年度植物防疫事業年報:48.
- 8) 松本直幸(2013):雪腐病,北海道大学出版会,札幌,153 pp.
- 9) 日本植物病理学会(2019):日本植物病名目録(2019年9月版), <https://www.ppsj.org/pdf/mokuroku/mokuroku201909.pdf>, p.833~839.
- 10) 清水基滋・宮島邦之(1990):日植病報 56(1):141~142.
- 11) 相馬 潤・長浜 恵(2017):北農 84(1):25~30.
- 12) 山名利一・小澤 徹(2015 a):北日本病虫研報 66:39~43.
- 13) ————・————(2015 b):同上 66:44~47.
- 14) ————・————(2015 c):同上 66:48~52.

植	物	
防	疫	
講	座	

虫害編-23

コナガの発生生態と防除

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター

たか しの けん じ
高 篠 賢 二

はじめに

コナガ *Plutella xylostella* はチョウ目コナガ科に属するアブラナ科作物の世界的な重要害虫である。原産地は西アジアの地中海沿岸といわれているが、現在は熱帯地域から高緯度地帯まで全世界的に広く分布し、アブラナ科の作物であればほとんどすべてのものを加害する。同じコナガ科に属する害虫にヒロバコナガ *Leuroperma sera* がいるが、こちらはワサビやタカナを加害することが報告されているものの、他の作物を加害するという報告はない。

本種による被害が問題となり始めたのは1960年代以降で、これは1953年にDDT抵抗性が報告されて以降、有機塩素剤、有機リン剤、カーバメート剤および合成ピレスロイド剤等、当時使われていたほとんどのグループの薬剤に対する抵抗性が報告されるほど高度に薬剤抵抗性を発達させた難防除害虫となったことが大きな要因である(浜, 1986)。当時は殺虫スペクトルの広い薬剤が天敵に対する影響を考慮することなく使用されていたこともあり、根本(1986)がメソミル水和剤で確認したりサージェンス(害虫防除のために薬剤を散布すると、害虫が散布前よりもかえって増加したり、無散布よりも多くなる現象)と同じことが各地で起こっていた。また、我が国ではそのころから好適作物であるキャベツの周年栽培化と作付面積の急激な増加という耕種的な要素が重なったことも被害が拡大した要因である(山田, 1977)。その後も微生物由来のBT剤やIGRであるキチン合成阻害剤にも抵抗性を持つ個体群が報告されてきたものの、2000年以降は発生量が大幅に減少し(白井, 2005)、一時期のように各地で多発することは少なくなっている。しかし、近年においても比較的新しい系統の薬剤であるジアミド系殺虫剤に対する抵抗性の発達が報告されており(TROCZKA et al., 2012)、ほとんどすべての系統の薬剤に対して抵抗性を発達させていることから、防除に注意

を要する害虫であることには変わらない。

I 生物的特徴

1 卵

卵は淡黄色で、上から見ると長径約0.5 mmの小判形で上下方向に扁平な形状である(図-1)。キャベツでは健全株よりも食害株により多くの卵が産み付けられ、産卵部位も被害株では食害痕や吐糸上が多いのに対して、健全株では地際の茎表面に集中する(植松・坂之下, 1993)。これにはキャベツやブロッコリーの植物体表面を覆う粉状のロウ質であるワックスブルームが関係している。ワックスブルームは脱落しやすい構造であるため、雌成虫が定位置づらく、また卵が葉に付着しにくいので産卵数が少なくなる。コマツナやダイコン等のワックスブルームをもたない作物では食害の有無にかかわらず全面的に産み付けられる。生育適温での1雌当たりの生涯産卵数はおよそ100~200卵である(山田・川崎, 1983)。

2 幼虫

幼虫期間は4齢までであり、体長は最大で10 mmほどである。1齢幼虫の頭部は黒く、胸腹部は淡褐色をしており、キャベツなど葉肉の厚い作物ではふ化と同時に葉肉内に穿孔して食害し、短い絵描き虫様の食痕を残すことがある(図-2)。2齢幼虫も頭部は黒いが、胸腹部



図-1 卵

Ecology and Management of Diamondback Moth. By Kenji TAKASHINO

(キーワード: アブラナ科害虫, コナガ, 生態, 防除)



図-2 1 齢幼虫による絵描き虫様の食痕



図-3 2 齢幼虫



図-4 4 齢幼虫



図-5 コナガの食痕 左：表側，右：裏側

は個体によって淡褐色～淡緑色となり（図-3）、3 齢以降は頭部が褐色、胸腹部は淡緑～黄緑色に変化する。体型は胸腹部中央付近が最も太く、頭部と尾端に向けて細くなる。特に4 齢幼虫（図-4）では尾端側がすぼまって見えることと、発達した尾脚が真上からでも確認できることで、アブラナ科を加害するモンシロチョウやウワバ

類、ヨトウムシ類等の他のチョウ目害虫と区別できる。また、幼虫に直接触れたり、植物を揺らす等の刺激を与えると、身体をS字状にくねらせながら勢いよく後ずさりして逃げ、葉の縁などから糸を垂らしてぶら下がる特徴的な行動をとることも他のチョウ目幼虫と識別する際の助けとなる。2 齢以降の幼虫は基本的に葉裏に定着

して、葉の表側の表皮と太い葉脈を残して食害するため、本種による食害を受けた部位は透明な膜状となる(図-5)。

3 蛹

蛹化場所は植物体上の主に葉裏で、紡錘形で網目状の構造をした繭(図-6)を作る。蛹には乳白色～淡褐色系の色合いをしたものと緑色系のものがあり、褐色～黒色の紋が見られるものもある(図-7)。

4 成虫

成虫は体長約10mm、前翅を閉じて静止している際にできる背部の菱形が連なる形の紋は英名の diamond-back moth (DBM) の由来となっている(図-8)。この紋は雄のほうが雌よりも鮮明であるため雌雄を判別する際の参考となるが、より確実に識別するためには腹部末端の構造を確認する必要がある。昼間は基本的に葉裏などに静止してじっとしていることが多いが、発生圃場の畝間を歩くなどして作物に刺激を与えると飛び立って短距離を不規則に飛翔する姿を見ることができる。

5 発育

本種の生育適温は22.5～27.5℃で、30℃以上では死亡率が高くなる(山田・川崎, 1983)。本種は休眠せず、これまでに国内の様々な個体群で調べられた発育零点は7～10℃の範囲で、卵から成虫羽化までの有効積算温度は230～310日度の範囲である(桐谷, 2012)。山田・川崎(1983)による報告では、25℃における卵期間は約3日で、幼虫期間は約9日、蛹期間は約4日である。また、本種では雄よりも雌のほうが蛹期間が短いため雌が先に羽化する雌性先熟という性質が認められるが、その適応的意義については明らかとなっていない(植松・森川, 1997)。

II 発生生態

発生量を左右する要因としては、気温や降雨、積雪等の気象的要因、作物の種類や作付時期等の耕種的要因、寄生蜂や昆虫病原微生物等の天敵による生物的要因が考えられる。コナガは日本全国で発生が見られるが、地域によって発生の様相が異なる。本種は休眠しないため、



図-6 繭



図-7 蛹



図-8 成虫 左:雌, 右:雄

西日本から関東にかけての比較的温暖な地域では通年で発生が見られるが、これらの地域における発生はだいたい2山型となる。気温が本種の生育適温になってくる4月ころより発生量が増え始め、5~6月ころが1回目のピークとなる。夏場は高い気温と遅れて発生してくる天敵の影響、アブラナ科作物の作付け面積の減少にともない発生量が減少するが、秋になると再び発生量が増して10~11月ころに2回目のピークを迎え、冬場は低い気温のために少ない発生量で経過する。一方、北日本や高冷地等の冷涼な地域では夏に1回の発生ピークがあり、冬期間には発生が見られない。本種は東北北部や北海道等の積雪期間が60日を超える地域(本多・宮原, 1987)や12~2月の月平均気温の積算値が0℃を下まわる地域(前田・高野, 1984)では自然条件下で越冬できないとされている。そのため、これらの地域では、基本的に毎年春季に越冬可能地域から飛来してくる個体群を起源として発生していると考えられている(HONDA et al., 1992)。しかし、岩手県盛岡市で1986~2007年までの約20年間にわたり同じ場所で蓄積されたフェロモントラップの毎日誘殺数のデータからはこの期間に誘殺時期が早期化していることが認められており(高篠ら, 2008)、前述の越冬可能条件から割り出した越冬限界地点以北にある年ほど翌春の誘殺時期が早い傾向があったことから(高篠ら, 2011)、今後は越冬可能地域の北上に伴い北日本における発生の様相が変化していく可能性がある。

発生量に対する降雨の影響については、和気坂ら(1991)がブロッコリーを用いて雨よけをすることで降雨の影響を操作して得た生命表と人工降雨による実験から、卵と若齢幼虫の死亡要因の大部分は降雨による落下であることを示しており、降雨がコナガの発生に及ぼす影響は少なくない。

また、コナガの発生に影響する要因として長距離移動がある。コナガの自力での移動能力は高くないが(河合・北村, 1987)、コナガが長距離移動を行うことはカナダ(HARCOURT, 1957)や英国(FRENCH and WHITE, 1960)で古くから報告されている。コナガは気流を利用して長距離移動をしており、我が国では中国大陸長江下流域に発生した低気圧に伴う前線が特定のルートで北日本を通過した直後や台風の通過直後に長距離移動に由来すると思われる飛来が認められている(宮原, 1986; 1987)。

III 防 除 対 策

1 発生予察

本種の性フェロモンは1977年にTAMAKI et al.によって単離・同定されており、日本植物防疫協会が斡旋する

発生予察用の性フェロモン製剤と粘着トラップが利用できる。トラップを設置する高さとしては地上30cmで最も誘引性が高くなるが、キャベツ栽培で用いる場合は草丈を考慮して40cmくらいの高さに設置するのが実用的である(岩田, 1988)。

2 被害許容水準・要防除水準

防除対策を策定するうえで対象作物における被害許容水準を意識することは重要であり、要防除水準が策定されていれば効率的で安定的な防除を実践するための大きな助けとなる。森下(1998)が和歌山県の夏秋どりキャベツにおいて導きだしたコナガの被害許容水準は、結球初期の結球率100%を目標とする場合は5.0頭/株であり、収穫時の秀品率95%を目標とする場合は約0.8頭/株である。また、コナガのみが対象ではないが、北海道のキャベツにおいては食葉性害虫の株当たり新食痕数1個という指標が要防除水準として提唱されており(岩崎, 1994)、この指標とコナガの防除開始時期決定のための発生予測システムを利用することで十分な防除効果が得られることが示されている(中尾・橋本, 1999)。

3 化学的防除

前述の通り、コナガはほとんどすべての系統の薬剤に対して抵抗性を発達させていることから、薬剤を使用するには防除対象となる個体群の各種薬剤に対する感受性低下の情報に留意し、使用する薬剤を選択する必要がある。また、現在効果の高い薬剤に対する抵抗性の発達を回避または遅延させるためには、作用機作に基づく分類コード(IRACコード)を利用した世代間ローテーションを基礎とした薬剤抵抗性管理戦略(島, 2017)などを意識すべきである。

近年の我が国における薬剤感受性低下の情報はジアミド系薬剤に関するものが多く、各地でジアミド系のフルベンジアミド剤およびクロラントラニリプロール剤に対する感受性の低下が報告され(清水ら, 2014; 福田・林川, 2014; 井上ら, 2015; 吉田・遠藤, 2016)、千葉県では同じ報告の中でインドキサカルブ剤、トルフェンピラド剤、ピリダリル剤、有機リン系のプロチオホス剤、合成ピレスロイド系のエトフェンプロックス剤等にも感受性が低下した個体群がいることが認められており、鹿児島県では上記に加えて有機リン系のアセフェート剤、合成ピレスロイド系のシペルメトリン剤、カーバメート系のメソミル剤、キチン合成阻害剤系のクロルフルアズロン剤、フルフェノクスロン剤、テフルベンズロン剤、ネオニコチノイド系のクロチアニジン剤、アセタミプリド剤、フェニルピラゾール系のフィプロニル剤、そして、クロルフェナピル剤、トルフェンピラド剤等の感受性低

下個体群が認められている。一方で、後発のジアミド剤であるシアントラニプロロールについては今のところ顕著な感受性の低下は報告されていない。

化学的防除手段の新しいところでは、気門封鎖型殺虫剤であり殺菌剤でもある脂肪酸グリセリドがコナガに対して高い殺卵効果を有することが示されるとともに、他の薬剤との混用による防除効果の向上が示唆されており(福田, 2018), 今後の展開が期待される(2019年10月1日時点でコナガに対する登録はない)。

4 物理的防除

よく用いられる物理的防除の手段として、防虫ネットによる害虫の侵入防止がある。施設栽培を想定した試験において、1 mm 目合いのネットを用いればコナガ成虫の侵入を完全に防止できることが示されているので(長坂ら, 2014), 施設栽培の場合は開口部をこれらで覆うことは有効である。一方で、若齢幼虫は0.4 mm 目合いでも24時間以内に約半数が通過してしまうことから、トンネル栽培やべたがけで防虫ネットを利用する際には幼虫の通過に注意が必要である。

5 生物的防除

(1) 交信攪乱

コナガでは合成性フェロモンを利用した交信攪乱剤が実用化されている。また、コナガ以外にオオタバコガ、ハスモンヨトウ、タマナギンウワバ、イラクサギンウワバ、ヨトウガおよびシロイチモジヨトウも対象とした複合交信攪乱剤も市販されている。交信攪乱剤は合成性フェロモン成分を空气中に蒸散させて充満させることにより、雄雌間の性フェロモンによる正常な交信を乱すことで交尾を阻害し、次世代の被害を抑制することができる。人畜に対する毒性が低く安全性が高い、効果の持続時間が比較的長いという長所があるが、周囲から飛び込んできた既交尾雌に対しては有効ではないため、広範な地域で一斉に使用しないと効果が現れにくく、傾斜地では濃度勾配による効果のムラが生じないように設置密度を変えるなどの注意が必要である。

(2) 微生物農薬

コナガに登録のある微生物農薬としては昆虫病原糸状菌のボーベリア・バシアーナが製剤化され市販されている。糸状菌なので十分な効果を得るためにはある程度の湿度を必要とすることに注意しなければならないが、化学農薬を使うのと同様な方法で使用できる。また、紫外線の影響を受けやすいので、夕方や曇天・雨天時に使用するほうが安定した効果を期待できる。

(3) 天敵利用

天敵を生物的防除に利用する際の方法として、①外部

から新しい天敵を導入・定着させ、永続的効果を得ることを狙う永続的利用(伝統的生物的防除)、②生物農薬の利用に見られるような放飼増強法による利用、③土着天敵の保護利用がある。

コナガの天敵の永続的利用の例としてはセイヨウコナガチビアメバチの利用がある。この蜂はヨーロッパ原産のヒメバチ科の寄生蜂で、ニュージーランドやインドネシア、台湾等に導入され、80%以上に達する高い寄生率でコナガの密度抑制に成功したことから日本にも導入され、1991年から東京都で野外放飼が行われて以来、岩手県、福島県、長野県等でも放飼されてきた(伊賀, 1997; NODA et al., 2000)。しかし、岩手県において本種の越冬が確認されたものの、これらの地域における野外放飼は定着には至らなかった。

放飼増強法としては、タマゴバチやコナガサムライコマユバチの利用による効果が確かめられている(MIURA, 2003; 安部ら, 2007)。前述のセイヨウコナガチビアメバチについても、放飼増強法的に利用するのであれば効果が認められている(NODA et al., 2000)。しかし、現時点ではコナガの生物農薬として我が国で市販されているものではなく、この方法を実践するためには放飼する天敵を自ら増殖する必要がある。

土着天敵の保護利用は、前提として利用しようとする環境に有用な土着天敵が存在することが必要である。そして、土着天敵に悪影響の少ない殺虫剤の選択的使用や、それらの餌や棲息場所等の環境を整えることで天敵を保護し、それらによる密度効果を期待するものである。コナガの土着天敵には、クモ類やゴミムシ類、ハサミムシ類、アリ類、鳥類等の捕食者と、寄生者である寄生蜂と寄生蠅、および、糸状菌や細菌、ウイルスといった微生物がある。捕食者については、ウヅキコモリグモ、オオアトボシアオゴミムシおよびキボシアオゴミムシの3種の有用性について末永(1995; 1996)が報告しており、ウヅキコモリグモに悪影響の少ない殺虫剤についても調べられている(浜村ら, 2006)。土着寄生蜂については二次寄生蜂を含めて野田(1997)が詳しくまとめており、主要な種はコナガサムライコマユバチ、コナガチビヒメバチ、ニホンコナガヤドリチビアメバチ、コナガヒメコバチの4種とされている。土着寄生蜂の保護利用に関しては、コナガサムライコマユバチを対象として天敵誘引剤と天敵活性化剤が開発され、ミズナの雨よけ施設栽培での実証試験において効果を認めている(浦野ら, 2007)。天敵誘引剤はコナガに加害されたキャベツが特異的に多く放出する香り成分の研究から開発されたコナガサムライコマユバチを誘引する効果がある製剤で、これを害虫

が侵入して被害が発生する前の圃場に設置して周囲から天敵を呼び込むことで天敵による効果を増大させることを狙ったものである。また、天敵活性化剤は自然の餌植物に乏しい栽培施設内に誘引剤を使って呼び込んだハチに糖類を給餌して寿命と産卵数の向上を図るものである(天敵誘引剤は現在のところ農薬登録されておらず、天敵活性化剤を含めて市販されていない)。

おわりに

コナガは1960年代以降世界各地で難防除害虫として問題となっていたが、我が国においては2000年代になって発生量が減少し、大きな被害を出すことは少なくなっていた。この要因として、新たな作用機作の薬剤が登場してきたことは大きい。当時は総合的病害管理(Integrated Pest Management: IPM)に関する研究や技術開発、普及に向けた取り組みが盛んに行われ、また消費者の安全安心志向のニーズに対応するための減農薬の必要性などから、化学農薬偏重だった防除体系が見直された時期であったことも一因であると思われる。一方、近年になってジアミド剤抵抗性の問題が顕在化してきた背景の一つには、チョウ目害虫に長期の卓効を示すジアミド剤に頼った防除体系の影響が示唆されており(清水ら, 2014)、1960年代にコナガが難防除害虫となってきた経緯と重なって見える。コナガが薬剤抵抗性を発達させやすい害虫であることは今も昔も変わっていないため、防除にあたってはIPMや薬剤抵抗性管理を念頭においた防除を実践し、コナガが再び猛威を振るうことがないようにすることが大切だと考える。

引用文献

- 1) 安部順一郎ら (2007): 近中四農研報 6: 125~132.
- 2) FRENCH, R. A. and J. H. WHITE (1960): Plant Pathol. 9: 77~84.
- 3) 福田 健・林川修二 (2014): 九病虫研報 60: 75~78.
- 4) ——— (2018): 同上 64: 47~54.
- 5) 浜 弘司 (1986): 植物防疫 40(8): 366~372.
- 6) 浜村徹三ら (2006): 応動昆 50(3): 253~255.
- 7) HARCOURT, D. G. (1957): Can. Ent. 87: 400~406.
- 8) 本多健一郎・宮原義雄 (1987): 北日本病虫研報 38: 133~134.
- 9) HONDA, K. et al. (1992): Appl. Entomol. Zool. 27: 517~525.
- 10) 伊賀幹生 (1997): 応動昆 41(4): 195~199.
- 11) 井上麻理子ら (2015): 関東東山病虫研報 62: 141~143.
- 12) 岩崎暁生 (1994): 北日本病虫研報 45: 171~174.
- 13) 岩田直記 (1988): 関東病虫研報 35: 167.
- 14) 河合 章・北村實彬 (1987): 九病虫研報 33: 142~144.
- 15) 桐谷圭治 (2012): 農環研報 31: 1~74.
- 16) 前田正孝・高野俊昭 (1984): 宮城県園試研報 5: 1~20.
- 17) MIURA, K. (2003): Appl. Entomol. Zool. 38(1): 79~85.
- 18) 宮原義雄 (1986): 北日本病虫研報 37: 143~146.
- 19) ——— (1987): 応動昆 31(2): 138~143.
- 20) 森下正彦 (1998): 関西病虫研報 40: 77~81.
- 21) 長坂幸吉ら (2014): 関東病害虫研報 61: 132~136.
- 22) 中尾弘志・橋本庸三 (1999): 北海道立農試集報 77: 75~80.
- 23) 根本 久 (1986): 植物防疫 40(8): 361~365.
- 24) 野田隆志 (1997): 同上 51: 20~24.
- 25) NODA, T. et al. (2000): Appl. Entomol. Zool. 35(4): 557~563.
- 26) 島 克也 (2017): 植物防疫 71(10): 675~681.
- 27) 清水 健ら (2014): 関東東山病虫研報 61: 137~140.
- 28) 白井洋一 (2005): 日本昆虫学会第65回大会 講要: 92.
- 29) 末永 博 (1995): 日本昆虫学会第55回大会・第39回応用動物昆虫学会大会 合同大会講要: 165.
- 30) ——— (1996): 日本昆虫学会第56回大会・第40回応用動物昆虫学会大会 合同大会講要: 215.
- 31) 高篠賢二ら (2008): 北日本病虫研報 59: 145~148.
- 32) ———ら (2011): 同上 (講演要旨) 62: 219.
- 33) TAMAKI, Y. et al. (1977): Appl. Entomol. Zool. 12: 208~210.
- 34) TROCZKA, B. et al. (2012): Insect Biochem. Mol. Biol. 42: 873~880.
- 35) 植松秀男・坂之下 旭 (1993): 応動昆 37(1): 1~3.
- 36) ———・森川亮一 (1997): 同上 41(4): 217~223.
- 37) 浦野 知ら (2007): 植物防疫 61(12): 699~703.
- 38) 和気坂成一ら (1991): 応動昆 35(2): 115~122.
- 39) 山田偉雄 (1977): 植物防疫 31(5): 202~205.
- 40) ———・川崎健次 (1983): 応動昆 27(1): 17~21.
- 41) 吉田雅紀・遠藤純子 (2016): 北日本病虫研報 67: 163~165.

農林水産省プレスリリース (2019.10.5~2019.11.11)

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。

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

- ◆ 「令和元年度病害虫発生予察第8号」の発表について (19/10/16) /syouan/syokubo/191016.html
- ◆ 「国際植物防疫条約 (IPPC) 国際シンポジウム」の開催について (19/10/18) /syouan/keneki/191018.html
- ◆ 「平成30年度森林病害虫被害量」について (19/10/18) /hogo/191018.html
- ◆ 「農業資材審議会 農薬分科会 (第20回)」の開催及び一般傍聴について (19/10/25) /nouyaku/191025.html
- ◆ 「越境性植物病害虫の研究連携に関する国際ワークショップ」の開催について (19/11/1) (maff.go.jpの後)/docs/press/191101.html

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 カンキツ研究領域 カンキツ病害虫ユニット

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 カンキツ研究領域は、静岡県清水区興津にあります。果樹茶部門の中ではカンキツ類を対象にした研究に取り組んでいます。カンキツ研究領域の歴史をたどると、現在地（興津）に農商務省農事試験場園芸部として園芸研究が開始された1902年まで遡ります。地名にちなんで温州みかん‘興津早生’、タンゴール‘清見’等多くの優れた品種がこれまで生まれています。研究領域には、カンキツ育種、カンキツゲノム、カンキツ栽培生理、カンキツ流通利用・機能性、カンキツ病害虫の5研究ユニットがあり、領域長を含め20名の研究職員が所掌の担当分野について研究を進めています。共同実験棟に全員が集い、研究に関する日常的な議論・協力のできる恵まれた環境です（図-1）。

カンキツ病害虫ユニットはユニット長を含め3名です。その前身は農水省果樹試験場の二つの支場（興津（静岡）と口之津（長崎））にあった病害と虫害の研究室です。研究実施場所は、1996年に口之津へ集約された後、2010年以降は徐々に興津に移転し、2016年から現体制で全国的な視野に立って研究を行っています。

病害分野では、カンキツかいよう病については、イノベーション創出強化研究推進事業「安定生産を実現するかいよう病抵抗性を付与した無核性レモン及びブンタン新品種の開発」に参画し、カンキツかいよう病原菌のレース分布を解明するとともに、本菌の病原性解明に向けてレモン・ブンタン品種を用いた接種試験に取り組んでいます（図-2）。カンキツグリーンング病については、農水委託プロジェクト研究「有害動植物の検出・同定技術の開発」に参画し、遺伝的な多様性が高い本病原細菌（*Candidatus Liberibacter asiaticus* ; Las）の個体群識別技術の開発に取り組んでいます。また、カンキツ病害虫防除の一層の効率化を進めるために農水委託プロジェク



図-2 レモン果実のかいよう病



図-3 ミカンバエ成虫

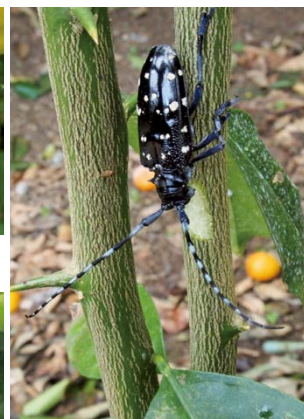


図-4 ゴマダラカミキリ成虫

ト研究「ドローンやセンシング技術を活用した果樹の病害虫防除管理効率化技術の開発」に参画し、デジタルカメラを用いた画像およびドローンを利用して撮影した動画を基にしたカンキツ病害虫の判定技術の開発にも取り組んでいます。

日本からカンキツ類を輸出しようとする際には、相手国側が侵入を警戒している病害虫があるため、相手国との交渉などにより取り決めた検疫措置を講じる必要があります。虫害分野では、そのような害虫の代表例である土着ミバエ類のミカンバエ（図-3）について、公設試などとの協力により農林水産省委託事業「我が国の輸出に有利な国際的検疫処理基準の確立、実証委託事業」を実施し、適切な防除手段をとることでミカンバエの被害を無視できるレベルに抑える実証試験を行っています。また国際基準として提案できる検疫処理技術の確立を目的に、収穫果実に対する種々の処理手段について殺虫効果の実証試験に取り組んでいます。

カンキツ栽培の現場では、度重なる自然災害や生産者の高齢化等に伴って管理不十分な園地が増加傾向にあり、そのような場所では枝幹害虫であるゴマダラカミキリ（図-4）が多発します。そこで重要害虫であるゴマダラカミキリの発育などの生態を詳しく解明して、成虫発生時期を正確に予測する手法の開発にも取り組んでいます。さらに栽培管理の中でも面倒な作業である農薬散布を減らすため、ミカンハダニを対象に土着天敵の保護・利用を活用した防除体系についても調査を進めています。研究所内の一角には、調査専用の圃場を設定して、減農薬防除体系と下草や防風樹の管理を組合せた条件下でのミカンハダニなどの発生状況を調査しています。

（ユニット長 望月雅俊）



図-1 研究拠点全景

〒424-0292 静岡県静岡市清水区興津中町 485-6
TEL 054-369-7100（代）

研究室紹介

新潟県農業総合研究所 作物研究センター 栽培科 病害虫チーム

作物研究センターは県のほぼ中央に位置する長岡市にあり、水稲、大豆、麦類等の普通作物を対象とした研究を行っています。育種科と栽培科があり、病害虫の研究は栽培科の病害虫チームが担っています。チームは病害担当2人、虫害担当2人の体制です。センター内には病害虫研究のための圃場もありますが、これらの圃場では試験ができる病害虫の種類や試験規模が限られることから、農業者の一般圃場も多く利用しながら多様な試験を行っています。

最近の病害虫研究のキーワードは「品種」です。水稲では、晩生新品種‘新之助’のデビューや業務用の多収性品種の普及があり、大豆では‘里のほほえみ’の普及が進んでいます。これらの品種の病害虫発生リスクの評価やリスクに対応した防除法の開発が求められています。また、当県の水稲病害虫防除では、‘コシヒカリ BL’の存在と、作付面積の1/2を共同防除が占めていることが特徴で、これらを踏まえて防除対策を構築することが必要です。

水稲病害に関係した本県の最大の特徴は、コシヒカリのいもち病抵抗性マルチライン（‘コシヒカリ BL’）の存在です。いもち病抵抗性遺伝子が異なる4品種の混合栽培で、2005年に県内全域に導入され、その後3年程度の間隔で品種構成を変更しながら栽培が継続されています。品種構成の決定には、県内でのいもち病菌レースの発生実態の把握が不可欠で、普及指導センターなどの協力を得ながら、毎年おおよそ800菌株のレース検定を行っています。このレースのモニタリングとその結果に基づく品種構成の決定により、普及後15年経過した現在でも、‘コシヒカリ BL’はいもち病に対する高い防除効果が維持されています。レース検定を目的に採取された病斑は薬剤耐性菌の検定にも供試でき、最近のQoI剤耐性菌の早期発見にもつながりました。‘コシヒカリ BL’以外の品種ではいもち病が多発生することがあり、いもち病の予察法や防除法の研究にも取り組んでいます。近年は、新品種‘新之助’や多収性品種を対象とした試験を行っています。

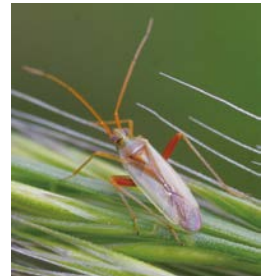


いもち病菌レース検定用イネ

大豆病害では、長年、黒根腐病の研究に取り組んでいます。本病は土壌伝染性で、防除が難しい病害ですが、防除対策の開発に向けて着実に成果



アカヒゲホソミドリカスミカメ



アカスジカスミカメ

が得られています。最近では、‘里のほほえみ’の普及に伴って葉焼病の発生が問題となり、この防除対策の研究を始めました。

水稲害虫では斑点米カメムシ類が最重要種です。1990年代後半に新たにアカヒゲホソミドリカスミカメによる被害が顕在化し、これを契機にこのカメムシを対象とした防除対策の開発に重点的に取り組みました。近年はアカスジカスミカメの増加が顕著で、これら2種の混発が一般的になっています。アカスジカスミカメの増加と水稲品種の多様化に伴い、斑点米発生リスクは高まっていて、被害の発生状況にも変化が見られます。カスミカメ類2種の混発と、極早生から晩生までの多様な品種の栽培に対応した防除対策の構築をめざして研究を進めています。斑点米カメムシ類防除にはジノテフラン剤の使用が多く、10年以上の連年使用地区も多くなっていて、カメムシ類の薬剤感受性低下が懸念されます。過去にアカヒゲホソミドリカスミカメのMEP抵抗性が確認された経緯も踏まえ、アカヒゲホソミドリカスミカメ、アカスジカスミカメの薬剤感受性検定を、小規模ながら継続して実施しています。



斑点米

大豆害虫では、マメシクイガとウコンノメイガの研究に取り組んでいます。マメシクイガでは大豆連作や前年の被害発生程度、当年のフェロモントラップ誘殺数を指標としたリスク推定法とリスクに応じた防除対策のマニュアル化をめざしています。ウコンノメイガでは、フェロモントラップ利用による発生予察法の開発をめざしています。

今後、水田農業のさらに大きな変化が予想される中、その変化に対応し、またそれを先取りした病害虫研究を進めていきたいと考えています。

(栽培科 病害虫チーム 石本万寿広)

2020 Calendar

七十二候 新撰

日本植物病理学会 初代会長である白井光太郎博士が明治二四年、二七歳の時に水戸彰考館で伝写した七十二候の絵をもとにした季節のカレンダーです。二ヶ月で一冊の折り本形式です。年末年始の贈答品としても人気です。



白井光太郎博士

ご注文はホームページ・電話・FAXにてお願いします
東京国立博物館ミュージアムショップ等でも購入できます
取扱店舗はホームページをご覧ください



価格 税込1100円 + 送料200円
寸法 縦 210mm 幅 85mm
発行 (有)泰山堂

TEL 03-5259-9797 FAX 03-5259-9763
<http://www.taizando.com>

七十二候は立春・冬至などの二十四節気をさらに三つに分けたもので一候は約五日になります。鳥獣蟲魚と植物の絵のカレンダーを片手に、ご自分の七十二候を見つけてみては如何でしょうか。



新しく登録された農薬 (2019.10.1~10.31)

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

〔殺菌剤〕

●ペンチオピラド・TPN 水和剤

24299：イサンテール SC（宇都宮化成）19/10/23

ペンチオピラド：6.4%

TPN：40.0%

てんさい：褐斑病

〔殺虫殺菌剤〕

●フルピリミン・プロベナゾール粒剤

24300：ホクコーファーストオリゼリディア粒剤（北興化学）

24301：ファーストオリゼリディア粒剤（Meiji Seika）
19/10/23

フルピリミン：2.0%

プロベナゾール：20.0%

稲（箱育苗）：いもち病，イネミズゾウムシ，イネドロ
オイムシ，ウンカ類，ツマグロヨコバイ：は種前

稲（箱育苗）：いもち病，イネミズゾウムシ，イネドロ
オイムシ，ウンカ類，ツマグロヨコバイ：は種時（覆
土前）

〔除草剤〕

●シクロピリモレート・ピラゾレート・プロピリスル フロン粒剤

24275：ウルティモ Z ジャンボ（三井化学アグロ）

24276：レイトリック Z ジャンボ（宇都宮化成）19/10/9

シクロピリモレート：8.6%

ピラゾレート：17.1%

プロピリスルフロン：2.57%

移植水稻：一年生雑草，多年生広葉雑草，エゾノサヤヌ
カグサ

直播水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ミズガヤ
ツリ，ウリカワ，ヒルムシロ

●シクロピリモレート・ピラゾレート・プロピリスル フロン水和剤

24277：ウルティモ Z フロアブル（三井化学アグロ）

24278：レイトリック Z フロアブル（宇都宮化成）
19/10/9

シクロピリモレート：5.5%

ピラゾレート：11.0%

プロピリスルフロン：1.65%

移植水稻：一年生雑草，多年生広葉雑草，エゾノサヤヌ
カグサ，アオミドロ・藻類による表層はく離

直播水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモ
ダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ

●シクロピリモレート・ピラゾレート・プロピリスル フロン粒剤

24279：ウルティモ Z1 キロ粒剤（三井化学アグロ）

24280：レイトリック Z1 キロ粒剤（宇都宮化成）
19/10/9

シクロピリモレート：3.0%

ピラゾレート：6.0%

プロピリスルフロン：0.90%

移植水稻：一年生雑草，多年生広葉雑草，エゾノサヤヌ

カグサ，アオミドロ・藻類による表層はく離

直播水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモ
ダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ

●シクロピリモレート・ピラゾレート・フェントラザミ ド粒剤

24281：ジェイソウルジャンボ（三井化学アグロ）19/10/9

シクロピリモレート：6.7%

ピラゾレート：13.3%

フェントラザミド：6.7%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモ
ダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，オモダカ，ヒルムシ
ロ，セリ，シズイ，エゾノサヤヌカグサ，アオミドロ・

藻類による表層はく離

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

●シクロピリモレート・ピラゾレート・フェントラザミ ド水和剤

24282：ジェイソウルフロアブル（三井化学アグロ）
19/10/9

シクロピリモレート：5.5%

ピラゾレート：11.0%

フェントラザミド：4.5%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモ
ダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，オモダカ，ヒルムシ
ロ，セリ，シズイ，エゾノサヤヌカグサ，アオミドロ・

藻類による表層はく離

直播水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモ
ダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，ヒルムシロ

●シクロピリモレート・ピラゾレート・フェントラザミ ド粒剤

24283：ジェイソウル 1 キロ粒剤（三井化学アグロ）
19/10/9

シクロピリモレート：3.0%

ピラゾレート：6.0%

フェントラザミド：3.0%

移植水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ヘラオモ
ダカ，ミズガヤツリ，ウリカワ，オモダカ，ヒルムシ
ロ，セリ，シズイ，エゾノサヤヌカグサ，アオミドロ・

藻類による表層はく離

直播水稻：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ミズガヤ
ツリ，ウリカワ，ヒルムシロ，セリ

●シクロピリモレート・テフリルトリオン粒剤

24284：バイスコープ 1 キロ粒剤（三井化学アグロ）

24285：ルナクロス 1 キロ粒剤（宇都宮化成）
19/10/9

シクロピリモレート：2.0%

テフリルトリオン：3.0%

移植水稻：一年生雑草（ノビエを除く），オモダカ，ホ
タルイ，クログワイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヘラ
オモダカ

●シクロピリモレート・トリアファモン・ピラゾレート 水和剤

24286：ホクサンジャスタフロアブル（ホクサン）

(53 ページに続く)

(新しく登録された農薬 52 ページからの続き)

24287: ジャスタフロアブル (宇都宮化成)

24288: クサウエポンフロアブル (三井化学アグロ)

19/10/9

シクロピリモレート: 5.5%

トリアファモン: 0.90%

ピラゾレート: 11.0%

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

直播水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, アオミドロ・藻類による表層はく離

●シクロピリモレート・トリアファモン・ピラゾレート粒剤

24289: ホクサンジャスタ1キログ粒剤 (ホクサン)

24290: ジャスタ1キログ粒剤 (宇都宮化成)

24291: クサウエポン1キログ粒剤 (三井化学アグロ)

19/10/9

シクロピリモレート: 3.0%

トリアファモン: 0.50%

ピラゾレート: 6.0%

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

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

●シクロピリモレート・トリアファモン・ピラゾレート粒剤

24292: クサウエポンジャンボ (三井化学アグロ)

24293: ホクサンジャスタジャンボ (ホクサン)

24294: ジャスタジャンボ (宇都宮化成)

19/10/9

シクロピリモレート: 7.5%

トリアファモン: 1.2%

ピラゾレート: 15.0%

移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモ

ダカ, ミズガヤツリ, ウリカワ, クログワイ, オモダカ, ヒルムシロ, セリ, コウキヤガラ, 多年生イネ科雑草

直播水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ

●メコプロップPカリウム塩・DBN粒剤

24295: クサピースIII粒剤 (保土ヶ谷アグロテック)

24296: シバキープIII粒剤 (レインボー)

19/10/9

メコプロップPカリウム塩: 1.0%

DBN: 1.0%

日本芝 (こうらいしば): 一年生雑草, 多年生広葉雑草, スギナ

観賞用ジャノヒゲ: 一年生雑草

●イプフェンカルバゾン・テフリルトリオン・プロピリスルフロ水和剤

24297: カイリキZフロアブル (北興化学) 19/10/23

イプフェンカルバゾン: 4.8%

テフリルトリオン: 4.8%

プロピリスルフロ: 1.75%

移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, オモダカ, クログワイ

●イプフェンカルバゾン・テフリルトリオン・プロピリスルフロ粒剤

24298: カイリキZジャンボ (北興化学) 19/10/23

イプフェンカルバゾン: 8.3%

テフリルトリオン: 8.3%

プロピリスルフロ: 3.0%

移植水稻: 一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ミズガヤツリ, ウリカワ, ヒルムシロ, セリ, オモダカ, クログワイ, コウキヤガラ

●プロパニル乳剤

24302: スタム乳剤35 (ユーピーエル)

24303: ホドガヤユーピーエルスタム乳剤35 (保土谷UPL)

19/10/31

プロパニル: 35.0%

直播水稻: 水田一年生雑草

登録が失効した農薬 (2019.10.1~10.31)

掲載は、種類名、登録番号：商品名 (製造者又は輸入者) 登録失効年月日。

〔殺虫剤〕

●ダイアジノン水和剤

11663: ホクコーダイアジノン水和剤34 (北興化学工業) 19/10/16

●フェンバレレート・MEP水和剤

15461: ホクコーパーマチオン水和剤 (北興化学工業) 19/10/16

●フェンバレレート・マラソン水和剤

15464: ホクコーハクサップ水和剤 (北興化学工業) 19/10/16

●アセフェート乳剤

16632: ホクコーオルトラン乳剤 (北興化学工業) 19/10/16

●テフルベンズロン乳剤

17735: ホクコーノーモルト乳剤 (北興化学工業) 19/10/16

●シラフルオフエン・テブフェノジド粉剤

18995: ミミックジョーカー粉剤DL (北興化学工業) 19/10/16

●アセフェート粒剤

16568: 家庭園芸用ホクコーオルトラン粒剤 (北興化学工業) 19/10/16

●ジノテフラン粒剤

20810: ホクコースタークル箱粒剤 (北興化学工業) 19/10/16

(54 ページに続く)

(登録が失効した農薬 53 ページからの続き)

- エチプロール・シラフルオフェン粉剤
- 21633：ホクコーキラップジョーカー粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- エチプロール・チアクロプリド水和剤
- 21995：ホクコーキラップバリアードフロアブル (北興化学工業) 19/10/16

「殺菌剤」

- ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル粉剤
- 15705：チバガイギー・タチガレエース粉剤 (シンジエンタ ジャパン) 19/10/16
- 銅・バリダマイシン・フサライド粉剤
- 16507：ホクコーラブバリダボルドー粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- バチルス ズブチリス・メパニピリム水和剤
- 22377：クリーンフルピカ (クミアイ化学工業) 19/10/23
- バチルス ズブチリス・ポリオキシン水和剤
- 22624：クリーンサポート (クミアイ化学工業) 19/10/23
- ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤
- 16623：タチガレエース液剤 (三井化学アグロ) 19/10/24

「殺虫殺菌剤」

- MEP・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド粉剤
- 14539：ホクコーカスラブバリダスミ粉剤 3DL (北興化学工業) 19/10/16
- エトフェンプロックス・カスガマイシン・フサライド粉剤
- 17574：ホクコーカスラブレボン粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- エトフェンプロックス・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド粉剤
- 17586：ホクコーカスラブバリダトレボン粉剤 3DL (北興化学工業) 19/10/16
- エトフェンプロックス・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド水和剤
- 17645：ホクコーカスラブバリダトレボン水和剤 (北興化学工業) 19/10/16
- ダゾメット粉粒剤
- 17721：ホクコーガスタード微粒剤 (北興化学工業) 19/10/16
- エトフェンプロックス・フサライド水和剤
- 18263：ホクコーラブサイドトレボンゾル (北興化学工業) 19/10/16
- シラフルオフェン・テブフェノジド・バリダマイシン粉剤
- 19254：ホクコーミミックジョーカーバリダ粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- シラフルオフェン・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド粉剤
- 19255：カスラブバリダジョーカー粉剤 3DL (北興化学工業) 19/10/16
- シラフルオフェン・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド粉剤

- 19256：カスラブバリダジョーカー粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- ベンスルトップ・フラメトピル粒剤
- 20484：ホクコールーバンリンバー粒剤 (北興化学工業) 19/10/16
- フィプロニル・プロベナゾール粒剤
- 21264：ホクコー Dr. オリゼプリンス粒剤 10H (北興化学工業) 19/10/16
- ジノテフラン・テブフェノジド・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド粉剤
- 21283：イッカツ粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- ジノテフラン・カスガマイシン・バリダマイシン・フサライド粉剤
- 21352：カスラブバリダスタークル粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- フェンプロバトリン・テトラコナゾール液剤
- 22213：ダブルアタック (北興産業) 19/10/16
- エトフェンプロックス・カスガマイシン・トリシクラゾール粉剤
- 22481：ダブルカットトレボン粉剤 3DL (北興化学工業) 19/10/16
- エトフェンプロックス・チオファネートメチル粉剤
- 22991：ホクコートップジントレボン粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16
- エチプロール・カスガマイシン・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤
- 23090：ダブルカットバリダ K 粉剤 DL (北興化学工業) 19/10/16

「除草剤」

- ブロマシル粒剤
- 21232：クサダウンフォルテ (北興産業) 19/10/16
- オキサジクロメフォン・クロメプロップ・プロモブチド・ベンスルフロンメチル粒剤
- 21764：ゴウワン L ジャンボ (北興産業) 19/10/16
- カルブチレート・テトラピオン粒剤
- 21895：クサダウンロング粒剤 (北興産業) 19/10/16
- ブロマシル粉粒剤
- 21899：クサキール FG (北興産業) 19/10/16
- クロメプロップ・フェントラザミド・ベンスルフロンメチル水和剤
- 22240：ホクコーロングキックフロアブル (北興化学工業) 19/10/16
- クロメプロップ・フェントラザミド・ベンスルフロンメチル粒剤
- 22242：ホクコーロングキックジャンボ (北興化学工業) 19/10/16
- クロメプロップ・フェントラザミド・ベンスルフロンメチル粒剤
- 22244：ホクコーロングキック 1 キロ粒剤 51 (北興化学工業) 19/10/16
- オキサジクロメフォン・クロメプロップ・ベンスルフロンメチル粒剤
- 23269：クレセントジャンボ (北興産業) 19/10/16

日本植物防疫協会シンポジウムの開催案内

「病害虫被害の近未来を考える」

日 時：2020年1月20日（月） 13:00～17:30
場 所：日本教育会館「一ツ橋ホール」
東京都千代田区一ツ橋 2-6-2 TEL 03(3230)2831
主 催：一般社団法人 日本植物防疫協会

趣旨：近年の大規模な気候変動により世界各地で農業被害が問題となる中、我が国でも温暖化の進行に加えて異常気象が頻発するようになっており、大きな懸念材料となっている。かねてより、こうした気候変動が病害虫の発生様相にも大きな変化をもたらすことが指摘されてきたが、交易の増加や営農の変化といった様々な要因も相まって、近年、次々と新たな病害虫が発生しその対応に追われるようになってきている。そこで本シンポジウムでは、気候変動をはじめとする様々な背景要因の変化が今後10年程度の病害虫発生にどのような影響を及ぼすのかを予測し、植物防疫関係者が備えていくべき課題を考える。

参加費：無料

プログラム

近年の異常気象の実態と予測されている変化

気象庁 地球環境・海洋部気候情報課 異常気象情報センター
高 槻 靖 氏

気候変動が我が国の病害虫発生様相にどのような影響を及ぼすか

農研機構 農業環境変動研究センター 山 村 光 司 氏

近年我が国で新たに発生が確認された病害虫と今後警戒すべき病害虫

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課 古 畑 徹 氏

ツマジロクサヨトウの日本への侵入状況と生態の概要

農研機構 九州沖縄農業研究センター 秋 月 岳 氏

申し込み：FAXで下記へお申し込み下さい。

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部

FAX：03-5980-6753

詳細：<http://www.jppa.or.jp/symposium/index.html>

■訂正

2月号1頁の巻頭言に誤りがありました。

- 左段 20行目～21行目
- 68.4千t/kl → 684千t/kl
- 22.8千t/kl → 228千t/kl
- 3.2億円 → 3.2千億円
- 3.7億円 → 3.7千億円

訂正してお詫びいたします。

学会だより

○令和2年度日本植物病理学会大会

日時：2020年3月19日(木)～21日(土)

場所：かごしま県民交流センター

〒892-0816 鹿児島市山下町14-50

令和2年度日本植物病理学会大会事務局

鹿児島大学農学部内

〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-24

大会運営、会場に関するお問い合わせ

TEL：099-285-8683 FAX：099-285-8681

E-mail：psj2020@agri.kagoshima-u.ac.jp

プログラムに関するお問い合わせ

TEL：092-802-4563

E-mail：program2020@agr.kyushu-u.ac.jp

○第30回 殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム

日時：2020年3月22日(日) 10:00～15:15, 受付 9:30～

場所：かごしま県民交流センター 中ホール(西棟2階)

〒892-0816 鹿児島市山下町14-50

参加費：3500円(学生の方および講演要旨集のみご希望の方2000円)

参加申込：当日会場にて受付

プログラム

10:05～千葉県におけるDMI剤耐性ナシ黒星病菌の発生リスク軽減に向けた取り組み

広告掲載会社一覧 (掲載順)

- BASF ジャパン(株)……………サイコセル
- 三井化学アグロ(株)……………主要品目
- バイエルクロップサイエンス(株)…ポデーガードプロ
- サンケイ化学(株)……………主要品目
- アリスラ ライフサイエンス(株)……………天敵製剤
- (有)泰山堂……………七十二候 新撰
- フェニックス普及会……………フェニックス
- 日本曹達(株)……………ピシロック
- 北興化学工業(株)……………C-DZ 作戦
- 北興化学工業(株)……………ピラキサルト
- 日産化学(株)……………グレーシア
- アグロカネショウ(株)……………主要品目

青木 由(千葉県農林総合研究センター)

10:45～長野県における薬剤耐性リング黒星病菌の発生と対策

江口直樹・近藤賢一(長野県果樹試験場 環境部)

11:25～三重県における灰色かび病菌の薬剤感受性検定体制の構築

川上 拓(三重県農業研究所)

12:05～昼食休憩

13:05～研究会会計および幹事会活動報告

13:15～キュウリうどんこ病菌における各種SDHI剤に対する感受性差異と遺伝子変異

宮本拓也(茨城県農業総合センター園芸研究所)

13:55～新規QoI殺菌剤メチルテトラプロールの発見—交差耐性回避を目指した創農薬

松崎雄一(住友化学株式会社)

14:35～米国における耐性菌研究の現状

石井英夫(筑波大学)

次号予告

次号2020年1月号の主な予定記事は次のとおりです。

新年を迎えて	望月光顕	日植防シンポジウム：
新年を迎えて	高梨祐明	ドローンによる薬剤散布の可能性
2019年の病虫害の発生と防除	農林水産省植物防疫課、農薬対策室	農業使用者およびミツバチ安全対策をめぐる国内外の現状と課題
特集：生物・物理・化学の力を総合的に利用したトマト地上部病虫害の新防除体系		植物防疫講座 病害編 <i>Cladosporium</i> 属菌による病害の発生形態と防除
SIP植物保護・トマト地上部体系化グループで取り組んだこと	日本典秀	植物防疫講座 虫害編 コガネムシ類、ハリガネムシ類
土耕長期越冬型におけるタバコカスミカメを中心とした害虫防除体系	日本典秀	植物防疫講座 農薬編 アセチリコリンエステラーゼ阻害剤(カーバメート系)
植物工場トマトにおけるタバコカスミカメを利用した害虫防除の試み	日本典秀ら	新農薬の紹介：ダニオーテ
LEDを利用したタバコカスミカメ捕集装置の紹介	中野昭雄	研究室紹介：農研機構 生物機能利用研究部門 昆虫相互作用ユニット
エッジ効果を利用した新型捕虫シートの開発	八瀬順也	群馬県農業技術センター 環境部
新規忌避剤アセチル化グリセリドによるトマト黄化葉巻病の防除効果	北村登史雄	

植物防疫

第73巻 2019年11月25日印刷

第12号 2019年12月1日発行
(通算876号)

2019年
12月号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 早川 泰弘

印刷所 三美印刷(株)
東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価965円

本体877円

2019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

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

「植物防疫」第73巻 月別 総目次

2019年(平成31年, 令和元年)1~12月号

1月号

巻頭言

- 創刊73年目を迎えて……………藤田俊一…1
新年を迎えて……………松岡謙二…2
新年を迎えて……………大藤泰雄…3

調査報告

- 平成30年病害虫の発生と防除
農林水産省消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課……………4

研究報告

- ネギ黒腐菌核病の発生実態と防除対策上の課題
……………伊代住浩幸・斎藤千温…16
高知県に分布するニラ白斑葉枯病菌と薬剤の防除効果
……………矢野和孝…21
土着広食性カブリダニ4種に対する各種殺虫剤の影響
評価……………岸本英成…25

調査報告

- ブータン王国の農業風土と害虫問題…藤家 梓ら…30

日植防シンポジウムから

- 農薬の再評価制度と課題……………横田篤宜…36
天敵利用をめぐる海外の動向と我が国における展望
……………里見 純…41
青森県のりんご病害虫防除における現場指導と今後
……………川嶋浩三…47

植物防疫講座

- 病害編-13 うどんこ病菌による病害の発生生態と防
除……………高松 進・宮本拓也…53
農薬編-12 ダニ類成長阻害剤(MGI)ーヘキシチア
ゾクス, クロフェンテジン, エトキサゾールー
……………山本敦司…59

研究室紹介

- 農研機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域
情報化学物質グループ……………安田哲也…66
香川県農業試験場 府中果樹研究所 環境担当
……………生咲 巖…67

書評

- ハモグリバエ防除ハンドブック……………阿部芳久…68

2月号

巻頭言

- むかしも今も……………早川泰弘…1

ミニ特集: キウイフルーツかいよう病(Psa3系統)

- キウイフルーツかいよう病のPsa3系統の発生の経緯
と現状について……………越智 直…2
愛媛県におけるキウイフルーツかいよう病(Psa3系
統)の現状と対策……………青野光男ら…6
福岡県における現状と対策……………菊原賢次…11
和歌山県におけるキウイフルーツかいよう病の発生
……………間佐古将則…16

研究報告

- 北海道のミニトマト栽培におけるトマト斑点病の発生
実態と薬剤の防除効果……………白井佳代…21
光反射資材によるブドウのクビアカスカシバの被害抑
制効果……………河村俊和…26
農研機構メッシュ農業気象データシステムとその病害
虫分野での利用について……………大野宏之ら…31

新技術解説

- 気象予測値を用いた病害虫防除適期予測の精度向上ー
カンシャコバナネナガカメムシにおける精度検証ー
……………萱場互起ら…36

植物防疫講座

- 病害編-14 さび病菌の生態と防除 ……山岡裕一…44
虫害編-12 ニカメイガの発生生態と防除
……………松倉啓一郎…52
農薬編-13 ナトリウムチャンネルモジュレーターーピ
レスロイド系, ピレトリン系ー……………齋藤康将…56

新農薬の紹介

- 新規殺虫剤ピラキサルト™の特長
……………大上 恵・阿部新太郎…62

研究室紹介

- 農研機構 中央農業研究センター病害研究領域 リスク
解析グループ……………田中 穰…66
地方独立行政法人 青森県産業技術センター 野菜研究
所 病虫部 ……新藤潤一…67

3月号

巻頭言

- 雑誌「植物防疫」について思うこと ……田中啓司…1

研究報告

- 採種スイカにおける害虫発生状況と防除対策
……………井村岳男…2
着色期の柑橘類を加害するハナアザミウマとその防除
対策……………東浦祥光…6
沖縄県北大東島のサトウキビ畑における植物寄生性線

虫の実態と収量への影響

- ……………河野辺雅徳・宮丸直子…12
- ホップベと病およびうどんこ病への化学合成農薬の適用拡大と新規防除体系確立の取り組み
……………岩館康哉ら…19
- タマネギの小菌核病に対する効率的防除対策
……………池谷美奈子・山名利一…24

調査報告

- 農業生物資源ジーンバンクにおける *Ralstonia* 属細菌の学名の見直し……………澤田宏之ら…29
- 沖縄県におけるサツマイモトビハムシの分布状況とその寄主植物……………小濱継雄…37

新技術解説

- アライグマ専用捕獲器の開発……………小川倫史…41

植物防疫講座

- 病害編-15 野菜などに発生するべと病の発生生態と防除……………佐藤 衛…44
- 虫害編-13 イチモンジセセリの発生生態と防除
……………石崎摩美…49
- 農薬編-14 微生物由来昆虫中腸内膜破壊剤—*Bacillus thuringiensis* と殺虫タンパク質生産物—
……………浅野眞一郎…54

研究室紹介

- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 鳥獣害グループ……………竹内正彦…57
- 福岡県農林業総合試験場 八女分場 ……角重和浩…58

4月号

巻頭言

- 持続可能な開発目標 (SDGs) への農薬産業の貢献
……………西本 麗… 1

時事解説

- 2019年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方について
農林水産省 消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 農薬対策室 …… 2
- 平成31年度植物防疫研究課題の概要
農林水産省 農林水産技術会議事務局
研究開発官 (基礎・基盤, 環境) 室……………10

研究報告

- ルミネックス法を用いた複数遺伝子の殺菌剤耐性変異の同時検出……………二反田正悟ら…14

新技術解説

- 日本産チャバネアオカメムシ類の最新の分類
……………石川 忠・守屋成一…20
- モモシクイガの幼虫と卵の見分け方…那須義次…25

トピックス

- 調査ラベルに用いる市販油性マーカーの耐候性について……………石川陽介…29

日植防シンポジウムから

- 我が国におけるスマート農業への取り組み
……………長峰徹昭…32
- ICTを活用した防除機開発の取り組み…湯浅一康…37

植物防疫講座

- 病害編-16 炭疽病菌による病害の発生生態と防除
……………平山喜彦ら…43
- 虫害編-14 スクミリンゴガイの発生生態と防除
……………松倉啓一郎…49
- 農薬編-15 ニコチン性アセチルコリン受容体チャネルブロッカー—ネライストキシン誘導体—
……………大河原雄一…53
- 農薬編-16 グルタミン酸作動性塩素イオンチャネルアロステリックモジュレーター—アベルメクチン系およびミルベマイシン系—……………船田剛玄…59

研究室紹介

- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 虫害防除体系グループ……………平江雅宏…64
- 神奈川県農業技術センター 生産環境部
……………大矢武志…65

5月号

巻頭言

- 「診断」を巡る雑感 ……大藤泰雄… 1

総説

- 長崎県の暖地二期作バレイショ栽培におけるジャガイモシストセンチュウの根絶に向けた防除モデル
……………福吉賢三ら… 2

研究報告

- オオバのシソサビダニとモザイク病—シソサビダニとシソモザイクウイルスの生態および検出技術—
……………上遠野富士夫ら… 9
- オオバのシソサビダニとモザイク病対策—総合防除体系の開発と産地への普及の取り組み—
……………下八川裕司ら…15
- 茨城県におけるミズナ立枯れ症の発生実態と防除対策
……………林 可奈子ら…19

新技術解説

- イネいもち病抵抗性を定量的に評価する室内接種系の構築……………高原浩之…25

日植防シンポジウムから

- 農業生産現場におけるマルチコプターの活用例
……………吉田隆延…28

気象データを利用した害虫の発生予測—メッシュ農業
気象データシステムを利用した害虫の発生予測の利
点と課題—……………西野 実…33

植物防疫講座

病害編-17 麦類赤かび病の発生生態と防除
……………吉田めぐみ…36
虫害編-15 イネシンガレセンチュウの発生生態、調
査法および防除法……………星野 滋…42
虫害編-16 斑点米カメムシ類の生態と防除-1—カス
ミカメムシ類—……………樋口博也…49
農薬編-17 プロトン勾配を攪乱する酸化的リン酸化
脱共役殺虫剤—ピロール系—……………郡嶋浩志ら…56

研究室紹介

岐阜県農業技術センター 病理昆虫部 ……天野昭子…64
滋賀県農業技術振興センター 環境研究部 病害虫管理
係……………江波義成…65

6月号

巻頭言

「越境」するものの研究をめぐる ……松村正哉… 1

総説

栽培終了後のカーバムナトリウム塩（キルパー®）の
新しい処理方法について……………府賀伸彦… 2
施設野菜栽培におけるアブラムシ類制御のための天敵
利用技術の現状と今後……………安部順一郎…10

薬剤抵抗性研究の最前線

「薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案」
活用のメリット……………中島信彦…15
ワタアブラムシにおけるネオニコチノイド剤抵抗性発
達メカニズムの解明と診断法の開発
……………土田 聡・平田晃一…20
ナミハダニのエトキサゾール抵抗性と診断法
……………刑部正博…25

研究報告

タマネギベと病の第一次伝染に関する最近の研究
……………渡邊幸子・菖蒲信一郎…31
広島県におけるキク白さび病菌の QoI 剤感受性の現
状……………松浦昌平…38

日植防シンポジウムから

深層学習を用いた病害虫識別技術の開発
……………岩崎亘典…42
センサーデータと AI を活用した病害感染リスク予測
……………盛 朝子…49

植物防疫講座

病害編-18 菌核病菌による病害の発生生態と防除
……………窪田昌春…55
虫害編-17 斑点米カメムシ類の生態と防除-2—ホソ

ハリカメムシ、クモヘリカメムシ、ミナミアオカメ
ムシ、イネカメムシ—……………樋口博也…60
農薬編-18 アセチルコリンエステラーゼ阻害剤（有
機リン剤）……………下川床康孝…64

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
野菜花き研究部門 野菜生産システム研究領域 生産
環境ユニット……………窪田昌春…69
広島県立総合技術研究所 農業技術センター 生産環境
研究部……………松浦昌平…70

書評

新版 農薬の科学……………廣岡 卓…71

7月号

巻頭言

大学で講義をしていて思うこと……………夏目雅裕… 1

総説

クビアカツヤカミキリの発生と防除の現状
……………三代浩二… 2

調査報告

クビアカツヤカミキリに対する農薬登録促進に向けた
取り組みについて……………舟木勇樹… 7

研究報告

高知県の IPM 技術を導入している施設栽培野菜類で
問題となっているアザミウマ類とカスミカメムシ類
……………中石一英ら…14
Berkeleyomyces rouxiae によるレタス黒根病の発生
……………中根 麗ら…19
常温煙霧法の特性解明と保護殺菌剤の適用拡大
……………北條 広ら…23

トピックス

ツマジロクサヨトウの中国における分布拡大と日本へ
の侵入警戒……………松村正哉ら…28
我が国におけるジャガイモシロシストセンチュウの発
生と根絶に向けた防除対策について
……………奈良部 孝…33
石川県におけるイナゴ類の発生状況
……………渡邊照之・八尾充睦…38

植物防疫講座

病害編-19 ピシウム菌による病害の発生生態と防除
……………東條元昭…42
虫害編-18 野菜のアブラムシ類の発生生態と防除
……………太田 泉…47
農薬編-19 幼若ホルモン類似剤 ……大橋和典…55

新農薬の紹介

新規殺虫剤フルキサメタミドの特長
……………安藤公則・春山裕史…59

研究室紹介

- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹茶業研究部門 生産・流通研究領域 虫害ユニッ
ト……………三代浩二…63
徳島県立農林水産総合技術支援センター 資源環境研
究課病害虫・鳥獣担当……………中野昭雄…64

書評

- 植物病理学 第2版 ……………岡山健夫…65

8月号

巻頭言

- 一般社団法人日本植物病理学会の設立に向けて
……………柘植尚志… 1

薬剤抵抗性研究の最前線

- トビイロウンカのイミダクロプリド抵抗性の遺伝様式
……………真田幸代… 2

研究報告

- 北海道における薬剤耐性テンサイ褐斑病菌について
……………栢森美如… 6

調査報告

- 青森県におけるリンゴのナミハダニに対する殺ダニ剤
の効力の推移……………木村佳子…14

新技術解説

- オニオンパウダートラップによるネダニ類生息数調査
法とそれを活用した防除体系の構築
……………笥 美咲・高岡誠一…20
薬剤効果試験のためのチバクロバネキノコバエ自然発
生促進方法および簡易飼育方法……………小林政文…24

トピックス

- サツマイモ基腐病（仮称）の発生と対策
……………小林有紀…29
侵入が警戒されるセグロモミバエの誘引剤に係る近
年の研究の動向……………上地俊久ら…34

植物防疫講座

- 病害編-20 黒穂病菌の分類・接種法と防除—イネ科
植物寄生菌について—……………月星隆雄・田中文夫…40
虫害編-19 ヨトウムシ類の発生生態と防除
……………八瀬順也…46
農薬編-20 ミトコンドリア電子伝達系複合体 I (NADH
酸化還元酵素) および複合体 II (コハク酸脱水素酵
素) に作用する殺菌剤……………富田啓文・山下真生…51

新農薬の紹介

- 新規殺菌剤フルキサピロキサド (Xemium®, ゼミウ
ム®) の特長 ……………山下慶晃・片山博文…59

研究室紹介

- 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター 病害防除体系グループ

- ……………大西 純…63
長崎県農林技術開発センター 果樹・茶研究部門 カン
キツ研究室……………柴田真信…64

9月号

巻頭言

- 日本学術会議植物保護科学分科会と日本植物保護科学
連合……………松本 宏… 1

総説

- 施設栽培において飛ばないナミテントウの生存・発育
を増強するブラインシュリンプ耐久卵
……………世古智一ら… 2

研究報告

- 奈良県における土着天敵ヒメハナカメムシ類に対する
殺虫剤の圃場影響調査に基づく露地ナスの天敵保護
体系の改良……………井村岳男… 7
「レガシーデータ」を再利用してアカスジカスミカメ
の分布拡大メカニズムに迫る……………大澤剛士…11
イネばか苗病の増加要因とその対策について
……………藤 晋一…18
千葉県の秋冬どりニンジン産地におけるしみ症の発生
実態と品種間差異について……………中村耕士ら…24
ナシ黒星病の落葉処理による被害軽減効果
……………舟橋志津子…27

調査報告

- 音声入力およびスタイラスペンの利用による病害虫調
査の省力化……………浅野峻介ら…34

新技術解説

- 新害虫ネギネクロバネキノコバエ *Bradysia odoriphaga*
と混発するクロバネキノコバエ類の現場における簡
易な見分け方……………小俣良介ら…38

トピックス

- 京都府におけるネギハモグリバエ別系統の発生
……………徳丸 晋・上杉龍士…43

植物防疫講座

- 病害編-21 白絹病菌による病害の発生生態と防除
……………越智 直…46
虫害編-20 野菜のアザミウマ類の発生生態と防除
……………柴尾 学…50

新農薬の紹介

- コナジラミ類行動制御剤, アセチル化グリセリド乳剤
の特長と使い方……………加嶋崇之ら…56

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 生産・流通研究領域 病害ユニッ
ト……………大田将禎…60
岩手県農業研究センター 生産環境研究部 病理昆虫研

研究室……………熊谷拓哉…61

10月号

巻頭言

私の植物防疫・農薬との関わりと最近思うこと
……………大森 茂… 1

薬剤抵抗性研究の最前線

チャノココクモンハマキにおけるジアシルヒドラジン系 IGR 剤 (テブフェノジド剤) 抵抗性発達メカニズムの解明と診断法の開発…浅野(内堀)美和ら… 2

総説

薬用作物 (トウキ・トリカブト・オウギ) における栽培と病害虫防除……………櫻井美希… 7
GAP における IPM と薬剤抵抗性病害虫管理
……………鈴木啓史…13

研究報告

イチゴ炭疽病の伝染源としての雑草の評価
……………平山喜彦…21
秋田県の秋冬ネギにおけるネギ葉枯病の発生実態と防除対策……………齋藤隆明ら…27

調査報告

タイにおけるサトウキビ白葉病の発生生態と防除
……………小堀陽一…33

トピックス

日本におけるテンサイシストセンチュウの発生と緊急防除……農林水産省 消費・安全局 植物防疫課…38
近年のシロイチモジヨトウの発生状況と薬剤感受性
……………太田 泉・河野勝行…42

植物防疫講座

病害編-22 疑似紋枯症の発生生態と防除
……………野津あゆみ…47
虫害編-21 野菜・花きのハモグリバエ類の発生生態と防除……………徳丸 晋…51
農薬編-21 抵抗性誘導剤 (プラントアクチベーター)
……………梅村賢司…59

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門 昆虫制御研究領域 昆虫機能制御ユニット……………田中良明…64
佐賀県農業試験研究センター 病害虫・有機農業研究担当……………井手洋一…65

11月号

巻頭言

空中散布に携わって……………齋藤武司… 1

特集：紫外光照射技術を基幹とした施設イチゴ病害虫防除体系構築

紫外光 (UV-B) 照射技術を基幹とした施設イチゴ病害虫防除体系の構築……………佐藤 衛・田中雅也… 2
UV-B 照射によるハダニ類の防除メカニズムと環境要因……………刑部正博… 7
イチゴ施設栽培における超音波を活用した防蟻技術
……………中野 亮…12
植物を元気にして病気を防ぐ—植物活力剤によるイチゴの病害抑制技術—……………鳴坂義弘ら…16

総説

カメムシ目とコウチュウ目の昆虫における振動を利用した行動制御と害虫管理…上地奈美・高梨琢磨…21

トピックス

チャの新害虫ヒサカキワタフキコナジラミの発生生態について……………岩崎 剛・小俣良介…26
露地夏秋キュウリに発生する褐斑病のリスク要因分析
……………猫塚修一…30

研究報告

水稲高密度播種栽培のいもち病防除…萬田 等ら…35

日植防シンポジウムから

密苗移植栽培技術の概要と普及状況……澤本和徳…39
水稲高密度育苗における箱粒剤の適応性
……………舟木勇樹…43

植物防疫講座

病害編-23 トマト葉かび病の発生生態と防除
……………飯田裕一郎・須志田浩稔…48
虫害編-22 野菜類に発生するハダニ類の発生生態と防除……………國本佳範…53
農薬編-22 ミトコンドリア ATP 合成酵素阻害剤
……………肥川広樹・林 敬介…58

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門 花き生産流通研究領域 生産管理ユニット……………久松 完…65
宮城県古川農業試験場 作物環境部 ……佐々木次郎…66

12月号

巻頭言

21世紀の農業・食料と気候危機 ……宮下清貴… 1

ミニ特集：新規資材「糖含有珪藻土」を用いた土壌還元消毒によるトマト土壌病害防除技術

新規資材 (糖含有珪藻土, 糖蜜吸着資材) を用いた土壌還元消毒……………中保一浩… 2
北信越地域におけるトマト半促成, 抑制栽培における病害虫に対する防除効果……………前田征之… 7
東海地域における新規資材を用いた土壌還元消毒によ

る病虫害防除効果……………村元靖典…12

総説

日本における除草剤抵抗性雑草の出現と除草剤の開発
……………山木義賢…16

研究報告

イネ稲こうじ病の防除試験に適した品種と窒素多施用
による発病促進……………下大園佳由ら…21

日植防シンポジウムから

国内外の殺菌剤耐性管理の現状……………田辺憲太郎…25

昆虫剤抵抗性管理 農業生産現場への普及の取組み
……………山本敦司…30

植物防疫講座

病害編-24 コムギ雪腐病の発生生態と防除
……………相馬 潤…38

虫害編-23 コナガの発生生態と防除 ……高篠賢二…43

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 カンキツ研究領域 カンキツ病害
虫ユニット……………望月雅俊…49

新潟県農業総合研究所 作物研究センター 栽培科 病
害虫チーム……………石本万寿広…50

「植物防疫」第 73 卷 項目別 総目次

2019 年 (平成 31 年, 令和元年) 1~12 月号

…………… (掲載月)-総頁

植物防疫行政

2019 年度植物防疫事業・農薬安全対策の進め方につ
いて

農林水産省 消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 農薬対策室 ……(4)-202

平成 31 年度植物防疫研究課題の概要

農林水産省 農林水産技術会議事務局
研究開発官 (基礎・基盤, 環境) 室……………(4)-210

病虫害全般

平成 30 年病虫害の発生と防除

農林水産省消費・安全局 植物防疫課,
農産安全管理課 農薬対策室 ……(1)- 4

農研機構メッシュ農業気象データシステムとその病虫害
分野での利用について……………大野宏之ら…(2)-101

気象予測値を用いた病虫害防除適期予測の精度向上—カ
ンシャコバネナガカメムシにおける精度検証—
……………萱場互起ら…(2)-106

調査ラベルに用いる市販油性マーカーの耐候性について
……………石川陽介…(4)-229

音声入力およびスタイラスペンの利用による病虫害調査
の省力化……………浅野峻介ら…(9)-572

薬用作物 (トウキ・トリカブト・オウギ) における栽培
と病虫害防除……………櫻井美希…(10)-609

GAP における IPM と薬剤抵抗性病虫害管理
……………鈴木啓史…(10)-615

**特集: 紫外光照射技術を基幹とした施設イチゴ病虫害防
除体系構築**

紫外光 (UV-B) 照射技術を基幹とした施設イチゴ病
害虫防除体系の構築
……………佐藤 衛・田中雅也…(11)-670

病 害

ネギ黒腐菌核病の発生実態と防除対策上の課題
……………伊代住浩幸・斎藤千温…(1)- 16

高知県に分布するニラ白斑葉枯病菌と薬剤の防除効果
……………矢野和孝…(1)- 21

北海道のミニトマト栽培におけるトマト斑点病の発生実
態と薬剤の防除効果……………白井佳代…(2)- 91

ホップベと病およびうどんこ病への化学合成農薬の適用
拡大と新規防除体系確立の取り組み
……………岩館康哉ら…(3)-157

タマネギの小菌核病に対する効率防除対策
……………池谷美奈子・山名利一…(3)-162

農業生物資源ジーンバンクにおける *Ralstonia* 属細菌の
学名の見直し……………澤田宏之ら…(3)-167

オオバのシソサビダニとモザイク病—シソサビダニとシ
ソモザイクウイルスの生態および検出技術—
……………上遠野富士夫ら…(5)-275

オオバのシソサビダニとモザイク病対策—総合防除体系
の開発と産地への普及の取り組み—
……………下八川裕司ら…(5)-281

茨城県におけるミズナ立枯れ症の発生実態と防除対策
……………林 可奈子ら…(5)-285

イネいもち病抵抗性を定量的に評価する室内接種系の構
築……………高原浩之…(5)-291

タマネギベと病の第一次伝染に関する最近の研究
……………渡邊幸子・菖蒲信一郎…(6)-363

Berkeleyomyces rouxiae によるレタス黒根病の発生
 ……中根 麗ら…(7)-425

北海道における薬剤耐性テンサイ褐斑病菌について
 ……栢森美如…(8)-478

サツマイモ基腐病(仮称)の発生と対策
 ……小林有紀…(8)-501

イネばか苗病の増加要因とその対策について
 ……藤 晋一…(9)-556

千葉県の秋冬どりニンジン産地におけるしみ症の発生実態と品種間差異について…中村耕士ら…(9)-562

ナシ黒星病の落葉処理による被害軽減効果
 ……舟橋志津子…(9)-565

イチゴ炭疽病の伝染源としての雑草の評価
 ……平山喜彦…(10)-623

秋田県の秋冬ネギにおけるネギ葉枯病の発生実態と防除対策…齋藤隆明ら…(10)-629

タイにおけるサトウキビ白葉病の発生生態と防除
 ……小堀陽一…(10)-635

露地夏秋キュウリに発生する褐斑病のリスク要因分析
 ……猫塚修一…(11)-698

水稻高密度播種栽培のいもち病防除
 ……萬田 等ら…(11)-703

イネ稲こうじ病の防除試験に適した品種と窒素多施用による発病促進…下大園佳由ら…(12)-757

ミニ特集：キウイフルーツかいよう病(Psa3系統)
 キウイフルーツかいよう病のPsa3系統の発生の経緯と現状について…越智 直…(2)-72

愛媛県におけるキウイフルーツかいよう病(Psa3系統)の現状と対策…青野光男ら…(2)-76

福岡県における現状と対策…菊原賢次…(2)-81

和歌山県におけるキウイフルーツかいよう病の発生…間佐古将則…(2)-86

特集：紫外光照射技術を基幹とした施設イチゴ病害虫防除体系構築
 植物を元気にして病気を防ぐ—植物活力剤によるイチゴの病害抑制技術—…鳴坂義弘ら…(11)-684

ミニ特集：新規資材「糖含有珪藻土」を用いた土壤還元消毒によるトマト土壤病害防除技術
 新規資材(糖含有珪藻土, 糖蜜吸着資材)を用いた土壤還元消毒…中保一浩…(12)-738

北信越地域におけるトマト半促成, 抑制栽培における病害虫に対する防除効果…前田征之…(12)-743

東海地域における新規資材を用いた土壤還元消毒による病害虫防除効果…村元靖典…(12)-748

植物防疫講座
 病害編-13 うどんこ病菌による病害の発生生態と防除…高松 進・宮本拓也…(1)-53

病害編-14 さび病菌の生態と防除
 ……山岡裕一…(2)-114

病害編-15 野菜などに発生するべと病の発生生態と防除…佐藤 衛…(3)-182

病害編-16 炭疽病菌による病害の発生生態と防除
 ……平山喜彦ら…(4)-243

病害編-17 麦類赤かび病の発生生態と防除
 ……吉田めぐみ…(5)-302

病害編-18 菌核病菌による病害の発生生態と防除
 ……窪田昌春…(6)-387

病害編-19 ピシウム菌による病害の発生生態と防除
 ……東條元昭…(7)-448

病害編-20 黒穂病菌の分類・接種法と防除—イネ科植物寄生菌について—
 ……月星隆雄・田中文夫…(8)-512

病害編-21 白絹病菌による病害の発生生態と防除
 ……越智 直…(9)-584

病害編-22 疑似紋枯症の発生生態と防除
 ……野津あゆみ…(10)-649

病害編-23 トマト葉かび病の発生生態と防除
 ……飯田裕一郎・須志田浩稔…(11)-716

病害編-24 コムギ雪腐病の発生生態と防除
 ……相馬 潤…(12)-774

虫 害

ブータン王国の農業風土と害虫問題
 ……藤家 梓ら…(1)-30

光反射資材によるブドウのクビアカスカシバの被害抑制効果…河村俊和…(2)-96

採種スイカにおける害虫発生状況と防除対策
 ……井村岳男…(3)-140

着色期の柑橘類を加害するハナアザミウマとその防除対策…東浦祥光…(3)-144

沖縄県北大東島のサトウキビ畑における植物寄生性線虫の実態と収量への影響
 ……河野辺雅徳・宮丸直子…(3)-150

沖縄県におけるサツマイモトビハムシの分布状況とその寄主植物…小濱継雄…(3)-175

日本産チャバネアオカメムシ類の最新の分類
 ……石川 忠・守屋成一…(4)-220

モモシクイガの幼虫と卵の見分け方
 ……那須義次…(4)-225

長崎県の暖地二期作バレイショ栽培におけるジャガイモシストセンチュウの根絶に向けた防除モデル
 ……福吉賢三ら…(5)-268

施設野菜栽培におけるアブラムシ類制御のための天敵利用技術の現状と今後…安部順一朗…(6)-342

クビアカツヤカミキリの発生と防除の現状
 ……三代浩二…(7)-408

高知県の IPM 技術を導入している施設栽培野菜類で問題となっているアザミウマ類とカスミカメムシ類
 ……中石一英ら…(7)-420

ツマジロクサヨトウの中国における分布拡大と日本への侵入警戒
 ……松村正哉ら…(7)-434

我が国におけるジャガイモシロシストセンチュウの発生と根絶に向けた防除対策について
 ……奈良部 孝…(7)-439

石川県におけるイナゴ類の発生状況
 ……渡邊照之・八尾充陸…(7)-444

青森県におけるリンゴのナミハダニに対する殺ダニ剤の効力の推移
 ……木村佳子…(8)-486

オニオンパウダートラップによるネダニ類生息数調査法とそれを活用した防除体系の構築
 ……笥 美咲・高岡誠一…(8)-492

薬剤効果試験のためのチバクロバネキノコバエ自然発生促進方法および簡易飼育方法
 ……小林政文…(8)-496

侵入が警戒されるセグロモモミバエの誘引剤に係る近年の研究の動向
 ……上地俊久ら…(8)-506

施設栽培において飛ばないナミテントウの生存・发育を増強するブラインシュリンプ耐久卵
 ……世古智一ら…(9)-540

奈良県における土着天敵ヒメハナカメムシ類に対する殺虫剤の圃場影響調査に基づく露地ナスの天敵保護体系の改良
 ……井村岳男…(9)-545

「レガシーデータ」を再利用してアカスジカスミカメの分布拡大メカニズムに迫る
 ……大澤剛士…(9)-549

新害虫ネギネクロバネキノコバエ *Bradysia odoriphaga* と混発するクロバネキノコバエ類の現場における簡易な見分け方
 ……小俣良介ら…(9)-576

京都府におけるネギハモグリバエ別系統の発生
 ……徳丸 晋・上杉龍士…(9)-581

日本におけるテンサイシストセンチュウの発生と緊急防除
 ……農林水産省 消費・安全局 植物防疫課…(10)-640

近年のシロイチモジヨトウの発生状況と薬剤感受性
 ……太田 泉・河野勝行…(10)-644

カメムシ目とコウチュウ目の昆虫における振動を利用した行動制御と害虫管理
 ……上地奈美・高梨琢磨…(11)-689

チャの新害虫ヒサカキワタフキコナジラミの発生生態について
 ……岩崎 剛・小俣良介…(11)-694

特集：紫外光照射技術を基幹とした施設イチゴ病虫害防除体系構築

UV-B 照射によるハダニ類の防除メカニズムと環境要因
 ……刑部正博…(11)-675

イチゴ施設栽培における超音波を活用した防蟻技術
 ……中野 亮…(11)-680

植物防疫講座

虫害編-12 ニカメイガの発生生態と防除
 ……松倉啓一郎…(2)-122

虫害編-13 イチモンジセセリの発生生態と防除
 ……石崎摩美…(3)-187

虫害編-14 スクミリンゴガイの発生生態と防除
 ……松倉啓一郎…(4)-249

虫害編-15 イネシンガレセンチュウの発生生態、調査法および防除法
 ……星野 滋…(5)-308

虫害編-16 斑点米カメムシ類の生態と防除-1-カスミカメムシ類
 ……樋口博也…(5)-315

虫害編-17 斑点米カメムシ類の生態と防除-2-ホソハリカメムシ、クモヘリカメムシ、ミナミアオカメムシ、イネカメムシ
 ……樋口博也…(6)-392

虫害編-18 野菜のアブラムシ類の発生生態と防除
 ……太田 泉…(7)-453

虫害編-19 ヨトウムシ類の発生生態と防除
 ……八瀬順也…(8)-518

虫害編-20 野菜のアザミウマ類の発生生態と防除
 ……柴尾 学…(9)-588

虫害編-21 野菜・花きのハモグリバエ類の発生生態と防除
 ……徳丸 晋…(10)-653

虫害編-22 野菜類に発生するハダニ類の発生生態と防除
 ……國本佳範…(11)-721

虫害編-23 コナガの発生生態と防除
 ……高篠賢二…(12)-779

鳥獣害・雑草害

アライグマ専用捕獲器の開発
 ……小川倫史…(3)-179

日本における除草剤抵抗性雑草の出現と除草剤の開発
 ……山木義賢…(12)-752

農 薬

土着広食性カブリダニ 4 種に対する各種殺虫剤の影響評価
 ……岸本英成…(1)-25

新規殺虫剤ピラキサルト™の特長
 ……大上 恵・阿部新太郎…(2)-132

ルミネックス法を用いた複数遺伝子の殺菌剤耐性変異の同時検出
 ……二反田正悟ら…(4)-214

栽培終了後のカーバムナトリウム塩 (キルパー®) の新しい処理方法について
 ……府賀伸彦…(6)-334

広島県におけるキク白さび病菌の QoI 剤感受性の現状
 ……松浦昌平…(6)-370

クビアカツヤカミキリに対する農業登録促進に向けた取り組みについて
 ……舟木勇樹…(7)-413

常温煙霧法の特性解明と保護殺菌剤の適用拡大
 ……北條 広ら…(7)-429

新規殺虫剤フルキサメタミドの特長
 ……安藤公則・春山裕史…(7)-465

新規殺菌剤フルキサピロキサド (Xemium®, ゼミウム®)
 の特長…山下慶晃・片山博文…(8)-531

コナジラミ類行動制御剤, アセチル化グリセリド乳剤の
 特長と使い方…加嶋崇之ら…(9)-594

薬剤抵抗性研究の最前線

「薬剤抵抗性農業害虫管理のためのガイドライン案」
 活用のメリット…中島信彦…(6)-347

ワタアブラムシにおけるネオニコチノイド剤抵抗性発
 達メカニズムの解明と診断法の開発
 ……土田 聡・平田晃一…(6)-352

ナミハダニのエトキサゾール抵抗性と診断法
 ……刑部正博…(6)-357

トビイロウンカのイミダクロプリド抵抗性の遺伝様式
 ……真田幸代…(8)-474

チャノココクモンハマキにおけるジアシルヒドラジン
 系 IGR 剤 (テプフェノジド剤) 抵抗性発達メカニ
 ズムの解明と診断法の開発
 ……浅野(内堀)美和ら…(10)-604

植物防疫講座

農薬編-12 ダニ類成長阻害剤 (MGI) —ヘキシチア
 ゾクス, クロフェンテジン, エトキサゾール—
 ……山本敦司…(1)-59

農薬編-13 ナトリウムチャンネルモジュレーター—ピ
 レスロイド系, ピレトリン系—
 ……齋藤康将…(2)-126

農薬編-14 微生物由来昆虫中腸内膜破壊剤—*Bacillus*
thuringiensis と殺虫タンパク質生産物—
 ……浅野眞一郎…(3)-192

農薬編-15 ニコチン性アセチルコリン受容体チャネ
 ルブロッカー—ネライストキシン誘導体—
 ……大河原雄一…(4)-253

農薬編-16 グルタミン酸作動性塩素イオンチャンネル
 アロステリックモジュレーター—アベルメクチン系
 およびミルペマイシン系—…船田剛玄…(4)-259

農薬編-17 プロトン勾配を攪乱する酸化的リン酸化
 脱共役殺虫剤—ピロール系—
 ……郡嶋浩志ら…(5)-322

農薬編-18 アセチルコリンエステラーゼ阻害剤 (有
 機リン剤) ……下川床康孝…(6)-396

農薬編-19 幼若ホルモン類似剤
 ……大橋和典…(7)-461

農薬編-20 ミトコンドリア電子伝達系複合体 I (NADH
 酸化還元酵素) および複合体 II (コハク酸脱水素酵

素) に作用する殺菌剤
 ……富田啓文・山下真生…(8)-523

農薬編-21 抵抗性誘導剤 (プラントアクチベーター)
 ……梅村賢司…(10)-661

農薬編-22 ミトコンドリア ATP 合成酵素阻害剤
 ……肥川広樹・林 敬介…(11)-726

シンポジウム

農薬の再評価制度と課題…横田篤宜…(1)-36

天敵利用をめぐる海外の動向と我が国における展望
 ……里見 純…(1)-41

青森県のりんご病害虫防除における現場指導と今後
 ……川嶋浩三…(1)-47

我が国におけるスマート農業への取り組み
 ……長峰徹昭…(4)-232

ICT を活用した防除機開発の取り組み
 ……湯浅一康…(4)-237

農業生産現場におけるマルチコプターの活用例
 ……吉田隆延…(5)-294

気象データを利用した害虫の発生予測—メッシュ農業気
 象データシステムを利用した害虫の発生予測の利点と
 課題—…西野 実…(5)-299

深層学習を用いた病害虫識別技術の開発
 ……岩崎亘典…(6)-374

センサーデータと AI を活用した病害感染リスク予測
 ……盛 朝子…(6)-381

密苗移植栽培技術の概要と普及状況
 ……澤本和徳…(11)-707

水稻高密度育苗における箱粒剤の適応性
 ……舟木勇樹…(11)-711

国内外の殺菌剤耐性管理の現状…田辺憲太郎…(12)-761

殺虫剤抵抗性管理 農業生産現場への普及の取り組み
 ……山本敦司…(12)-766

挨 拶

新年を迎えて…松岡謙二…(1)-2

新年を迎えて…大藤泰雄…(1)-3

巻 頭 言

創刊 73 年目を迎えて ……藤田俊一…(1)-1

むかしも今も…早川泰弘…(2)-71

雑誌「植物防疫」について思うこと
 ……田中啓司…(3)-139

持続可能な開発目標 (SDGs) への農業産業の貢献
 ……西本 麗…(4)-201

「診断」を巡る雑感 ……大藤泰雄…(5)-267

「越境」するものの研究をめぐって

.....松村正哉…(6)-333
 大学で講義をされていて思うこと……夏目雅裕…(7)-407
 一般社団法人日本植物病理学会の設立に向けて
柘植尚志…(8)-473
 日本学術会議植物保護科学分科会と日本植物保護科学連
 合.....松本 宏…(9)-539
 私の植物防疫・農薬との関わりと最近思うこと
大森 茂…(10)-603
 空中散布に携わって.....齋藤武司…(11)-669
 21世紀の農業・食料と気候危機 …宮下清貴…(12)-737

研究室紹介

農研機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域
 情報化学物質グループ.....安田哲也…(1)-66
 香川県農業試験場 府中果樹研究所 環境担当
生咲 巖…(1)-67
 農研機構 中央農業研究センター 病害研究領域 リスク
 解析グループ.....田中 穰…(2)-136
 地方独立行政法人 青森県産業技術センター 野菜研究所
 病虫部.....新藤潤一…(2)-137
 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中
 央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 鳥獣害グル
 ープ.....竹内正彦…(3)-195
 福岡県農林業総合試験場 八女分場
角重和浩…(3)-196
 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中
 央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 虫害防除体
 系グループ.....平江雅宏…(4)-264
 神奈川県農業技術センター 生産環境部
大矢武志…(4)-265
 岐阜県農業技術センター 病理昆虫部
天野昭子…(5)-330
 滋賀県農業技術振興センター 環境研究部 病害虫管理係
江波義成…(5)-331
 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野
 菜花き研究部門 野菜生産システム研究領域 生産環境
 ユニット.....窪田昌春…(6)-401

広島県立総合技術研究所 農業技術センター 生産環境研
 究部.....松浦昌平…(6)-402
 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 生産・流通研究領域 虫害ユニット
三代浩二…(7)-469
 徳島県立農林水産総合技術支援センター 資源環境研究
 課病害虫・鳥獣担当.....中野昭雄…(7)-470
 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中
 央農業研究センター 病害防除体系グループ
大西 純…(8)-535
 長崎県農林技術開発センター 果樹・茶研究部門 カンキ
 ット研究室.....柴田真信…(8)-536
 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 生産・流通研究領域 病害ユニット
大田将禎…(9)-598
 岩手県農業研究センター 生産環境研究部 病理昆虫研究
 室.....熊谷拓哉…(9)-599
 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生
 物機能利用研究部門 昆虫制御研究領域 昆虫機能制御
 ユニット.....田中良明…(10)-666
 佐賀県農業試験研究センター 病害虫・有機農業研究担
 当.....井手洋一…(10)-667
 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野
 菜花き研究部門 花き生産流通研究領域 生産管理ユニ
 ット.....久松 完…(11)-733
 宮城県古川農業試験場 作物環境部
佐々木次郎…(11)-734
 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 カンキツ研究領域 カンキツ病害虫ユ
 ニット.....望月雅俊…(12)-785
 新潟県農業総合研究所 作物研究センター 栽培科 病害
 虫チーム.....石本万寿広…(12)-786

書 評

ハモグリバエ防除ハンドブック.....阿部芳久…(1)-68
 新版 農薬の科学.....廣岡 卓…(6)-403
 植物病理学 第2版岡山健夫…(7)-471

チョウ目害虫防除に!

殺虫剤

フェニックス®

顆粒水和剤

フロアブル



71作物に登録。
幅広く使えて、効きめが長く続く!



果樹・茶のチョウ目害虫、
枝幹害虫の防除にも(ヒメボクトウ、フタモンマダラメイガ等)

フェニックス普及会

日本曹達株式会社 事務局 日本農薬株式会社
東京都中央区京橋1丁目19番8号

- 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。

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



HP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/>

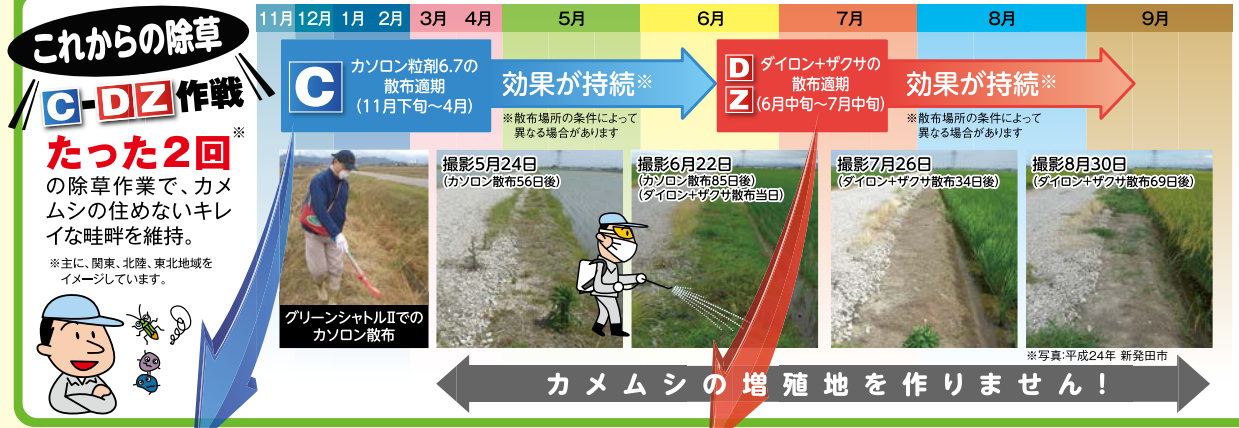


®は日本曹達(株)の登録商標

- 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。

「省力化」のご提案! シーディーゼット C-DZ 作戦で“らくらく”畦畔除草!!

C-DZ 作戦 では、除草回数を削減でき、さらにカメムシの発生場所をなくします!



春から初夏の雑草を抑える

CASORON
 土壌処理除草剤
カソロン 粒剤 6.7
 3kg

夏から秋の雑草を枯らして抑える

DAIRON ①
 土壌処理除草剤
ダイロンソル
 500ml

ZAXA ②
 茎葉処理除草剤
ザクサ 液剤
 10L 500ml 2L 5L 20L

JAグループ 農協 **全農** 経済連
 全農は登録商標 第4702318号

北興化学工業株式会社
 〒103-8341 東京都中央区日本橋本町一丁目5番4号

カソロン、CASORONはマクダーミッドASの登録商標です。
 ダイロンは保土谷化学工業株式会社の登録商標です。
 ザクサ、ZAXAはMeiji Seikaファルマ株式会社の登録商標です。

新規有効成分

「ピラキサルト™」が水稻箱施用剤に新革命!!

「ピラキサルト™ (一般名:トリフルメゾピリム)」は、新しい作用機構 (IRAC分類:グループ4E) を有する新規殺虫成分。既存剤抵抗性のウンカ類にも卓効を示し、長期残効性を有します。

ホクコーのピラキサルト含有水稻箱施用剤

スクラム 箱粒剤
 ウンカ類、チョウ目害虫、初期害虫、いもち病、紋枯病に有効

ホクコー **ビルダー フェルテラ ゼクサロン** 粒剤
 ウンカ類、チョウ目害虫、初期害虫、いもち病に有効

ホクコー **フェルテラ ゼクサロン** 箱粒剤
 ウンカ類、チョウ目害虫、初期害虫に有効



JAグループ 農協 **全農** 経済連
 全農は登録商標 第4702318号

北興化学工業株式会社
 〒103-8341 東京都中央区日本橋本町一丁目5番4号

スクラム、ビルダーは北興化学工業株式会社の登録商標。
 ピラキサルト、ゼクサロンは米国デュポン社及び関連会社の登録商標。
 フェルテラは、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。



速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。

対象害虫の幅広さ
チョウ目害虫やアザミウマなど幅広い害虫^{*1}に効く。

効きの速さ
有効成分が直接害虫に作用するから、作物が食べられる前に駆除できる。

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

新発売

野菜・
茶用殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



- 新規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。

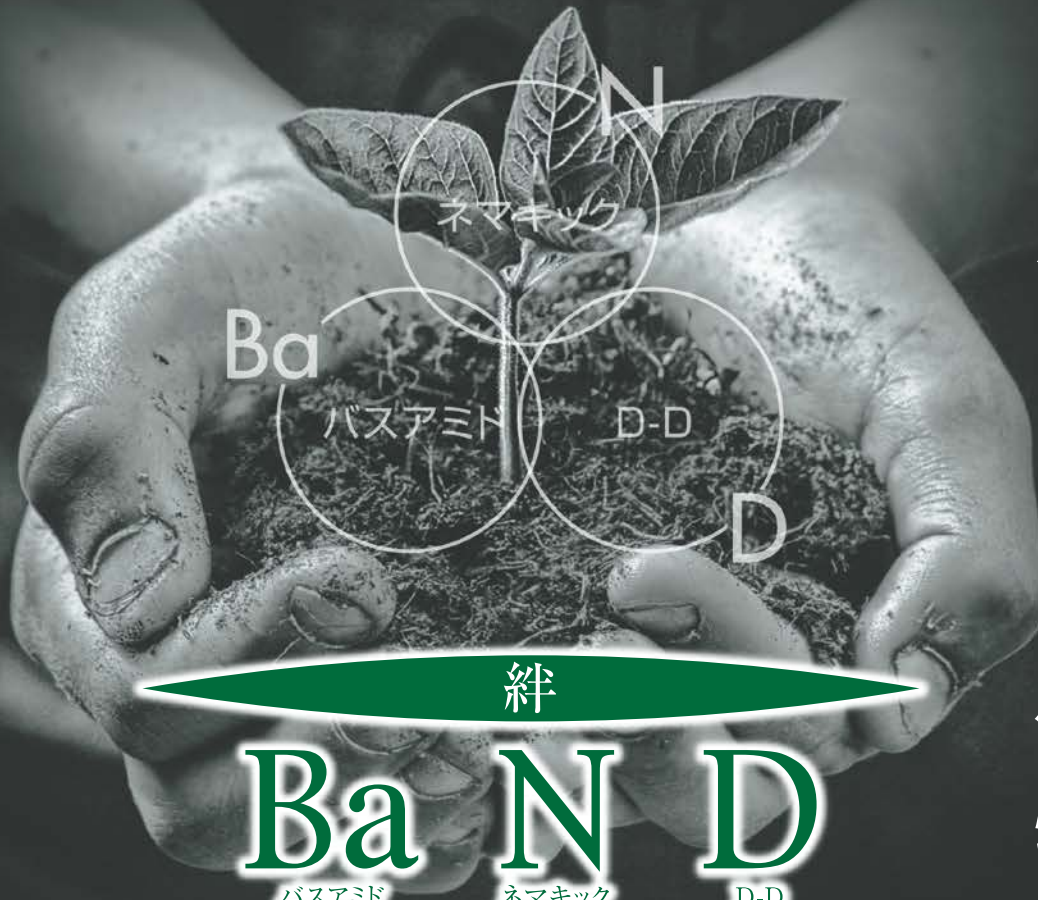


お客様窓口 TEL.03-4463-8271 (9:00~17:30 土日祝日除く)

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**

ここから、ここ作物。



アグロカネショウの土壤消毒剤

絆
Ba N D
バスアミド ネマキック D-D

で土壤を守る。

線虫問題にケリをつける!!

土壤病害・雑草防除に!

土壤センチウ防除に!



ネマキック
粒剤



バスアミド
微粒剤

D-D

アグロ カネショウ
の
土壤分析

化学性や生物性の土壤診断を行います。

土壤の
養分分析

線虫や
菌の密度

土壤分析の詳細や申込みについては▼

アグロ カネショウ土壤分析室 [0296-21-3108] まで



アグロ カネショウ株式会社

東京都港区赤坂4-2-19
http://www.agrokanesho.co.jp

■製品のお問い合わせ

アグロカネショウ(株)お客様相談係
04-2944-1117

