2021年5月25日　印　刷　第75巻　第6号　2021年6月1日　発　行（毎月1回1日発行）

ISSN 0037-4091

植物防疫

Plant Protection

6

2021

VOL.75

一般社団法人 日本植物防疫協会

Japan Plant Protection Association

分類	使用の可否
一般米	可 ○
飼料米	可 ○
WCS	可 ○

誘引！摂食！速効的！

スクミリンゴガイ防除剤

スクミン®

メタアルデヒド 10.0%

湛水状態で散布
誘引して殺貝！

WCSにも使えます
（稲発酵粗飼料用イネ）

田植え同時処理でも！

QRコードから本剤の特長や
田植え同時処理の様子がご覧頂けます

ドローン散布でも！

サンケイ化学株式会社

本　　社	鹿児島県鹿児島市南栄2-9	TEL：099-268-7588	東京本社	東京都台東区上野7-6-11	TEL：03-3845-7951
九州北部営業所	佐賀県鳥栖市曽根崎町1154-3	TEL：0942-81-3808	東京営業部	埼玉県深谷市幡羅町1-13-1	TEL：048-551-2122
宮崎事務所	宮崎県宮崎市神宮東3-6-19	TEL：0985-25-7051	大阪営業所	大阪府大阪市淀川区西中島2-14-6	TEL：06-6305-5871

対象害虫の幅広さ
チョウ目害虫やアザミウマなど幅広い害虫*1に効く。

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

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

野菜・茶用殺虫剤

グレーシア®乳剤

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

*1 作物によって適用害虫は異なります。詳しくはWebをご覧下さい。 *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

バイエル クロップサイエンス株式会社　お客様相談室 0120-575-078 9:00～12:00,13:00～17:00 土日祝日および会社休日を除く

植物防疫
Plant Protection
2021
第75巻 第6号

目　　次

巻 頭 言

農薬の市民権 …… 土佐　幸雄　1

特集：緊急に求められた病害虫防除対策の事例を考える

モモせん孔細菌病の総合的な防除の取り組み …… 七海　隆之　2

研究報告

地球温暖化による気温上昇がイネ紋枯病の発生および被害に及ぼす影響評価 …… 井上　博喜　7

メッシュ農業気象データシステムを用いたカイガラムシ類の防除適期推定とその適合性検証 …… 恒川　健太　11

チャ栽培における赤色防虫ネットのチャノキイロアザミウマおよびチャノミドリヒメヨコバイに対する防除効果 …… 德丸　晋虫　18

トピックス

青森県で発生したカボチャ果実斑点細菌病について …… 近藤　亨　22

トルコギキョウ斑点病の生育適温および病徴と発病程度の品種間差 …… 舛本将明・坂本幸栄子　25

新技術解説

ダイズ紫斑病菌の液体培養菌糸を用いた紫斑粒の形成方法 …… 岩間　俊太　29

植物防疫講座

病害編-41　カンキツ病害の発生生態と防除 …… 冨村　健太　35

虫害編-35　ネコブセンチュウの生態と防除 …… 上杉　謙太　41

虫害編-36　草地・飼料作物における主要な害虫の生態と防除―飼料用トウモロコシ編― …… 吉田　信代　46

新農薬の紹介

新規ウンカ・ヨコバイ防除剤ベンズピリモキサン（オーケストラ®フロアブル）の特徴と使い方 …… 高儀春香・深津浩介・中野元文　52

研究室紹介

奈良県農業研究開発センター 研究開発部 環境科 …… 井村　岳男　57

農林水産省プレスリリース（2021.4.10～2021.5.13）　10

新しく登録された農薬（2021.4.1～4.30）　17, 21

登録が失効した農薬（2021.4.1～4.30）　24

発生予察情報・特殊報（2021.4.1～4.30）　40

【表紙写真】
上段右：モモせん孔細菌病　発病果実
中央左：イネ紋枯病　発病株
下段右：サツマイモネコブセンチュウによる被害　ニンジン根部
左下端：アワノメイガ
右下端：カンキツ黒点病　発病果実

私たちの多彩さが、
この国の農業を笑顔にします。

殺虫剤

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

殺菌剤

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

殺虫殺菌剤

スタウトダントツ® スタウトパディート® ハコナイト®
箱将軍® 箱いり娘® 箱大臣® 箱王子®

水稲用除草剤

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

植物成長調整剤

住友ジベレリン ロミカ® スミセブンP フルメット®

®は登録商標です。

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

〒104-8260 東京都中央区新川2丁目27番1号　お客様相談室 ナビダイヤル 0570-058-669
農業支援サイト i-農力 https://www.i-nouryoku.com

大地のめぐみ、まっすぐ人へ SCC GROUP

住友化学

巻頭言

農薬の市民権

神戸大学　土佐幸雄（とさゆきお）

還暦を過ぎて自身のこれまでの経歴を振り返ると，離れたり近づいたりしながら常に農薬が絡んできたように思う。出身は，中山間地域の農村である。小学校低学年のころは，田植えはもちろんのこと稲刈りも除草も手作業であった。その後「バインダー」「田植機」が発明・導入され，労働はかなり軽減されたが，様々な農作業に追われる日々であることに変わりはなかった。農家の子供がこれら農作業を手伝うのは当然のことであったが，一つだけ免除された農作業があった。農薬散布である。夏の暑い盛りの夕方，「農薬散布するぞ」という大人の声を聞くと，子供達は家に戻り窓を閉め，エアコンなどない部屋の中で，周囲の田圃への農薬散布が終わるのをじっと待つ。農薬散布が終わると窓を開けるが，流れ込んでくる農薬の臭いが鼻をついた。村の子供達は夏になると川で泳ぐのが常であったが，ある年突然遊泳禁止となった。田圃に撒かれた農薬が流れ込むからとのことであった。新聞では農産物・母乳等の“農薬汚染”が次々と報道されるようになった。そのような世相の中，自分達の世代が大人になるときまで日本民族は健康で存続しているのだろうかと真剣に不安を感じたことを覚えている。このように，私の農薬とのかかわりは，「アンチ農薬」から始まった。

しかし，大学に入っていろいろな本を読み漁るうちに，何かが変わり始めた。病害虫との闘いの歴史を知り，農薬が戦後の農業生産増進に果たした役割を客観的に見ることができるようになった。また，日進月歩の農薬の安全性向上の様子を垣間見ることができた。幸運だったのは，その後高知大学に職を得た際に，近くにある日本植物防疫協会高知試験場の方と一緒に農薬委託試験に携わる機会を得たことである。弟子入りしてノウハウを教えてもらいながら病害の試験を進める中で，農薬の「凄さ」を肌で感じることができた。農薬の（消費者に対する）安全性についても，様々な情報をもとに確信を得ることができた。以後，農薬に関する正しい知識の普及の一端を担うことが自分のミッションの一つと考え，できる範囲の中でそれを試みてきた。

ところが，シニアの方々に対してはこれがなかなか難しい。大学の公開講座やシニア対象の講演会などで農薬の安全性について話をすると，出席者から「あなたは農薬会社と何かの（深い）関係があるのですか」「あなたは無農薬に取り組んでいる私たちの活動が無意味だと言われるのですか」という質問（抗議）をされることもまれではなかった。やはり，昭和40年代にでき上がってしまった農薬＝悪のイメージの払拭はそう簡単ではないと思わざるを得なかった。

一方，若い世代は，データを示して解説すれば，すんなりと理解してくれるようである。高知大学時代には，年に1回講義の1コマを使って農薬問題の討論会を行い，また神戸大学に移ってからも毎年1回生を対象に農薬について考えさせる講義を行ってきた。その中では，農薬問題を「農薬なしで農業は可能か」「農薬は安全か」という二つの問いに分割し，さらに後者を「対消費者」「対生産者」「対環境」に分け，それぞれを理詰めで検討するように要請してきた。そのレポートからは，彼らが先入観にとらわれることなく，科学的データに基づいて自分の考えを構築していくのを確認することができた。また，10年間ほど，ある高校での出前講義で「農薬問題」「食料自給問題」「遺伝子組換え作物の問題」等をテーマとして出し，グループで自由研究をさせるという取り組みを行ってきたが，私が事前に何か情報を与えたり誘導したりしていないにもかかわらず，「農薬問題」を選択したグループの研究発表の結論は，サイエンスに基づいた妥当なものであった。「先生に指導してもらった？」と尋ねてみたところ，「いいえ，全部自分たちで調べて考えました」という，頼もしい答えが返ってきた。

最近は，一時期と比べてアンチ農薬の風潮はかなり和らいできているようにも思える。しかし，まだ，消費者の間に広く「市民権」を得るというところまではいっていないように思う。ある新聞社の若手がある残留農薬問題を記事にしようと関係者に取材し，専門家の意見を聞いた結果，「この程度の残留農薬は問題ない」という結論に達したが，それを記事にしようとしたところ上司に却下されたというような話も聞く。「農薬＝悪」のスタンスが社是だからだという。このような「社是」を正すのはなかなか難しいが，地道に広報活動を続けていくしかないと思う。

私は，学生によく，「農薬は空気（酸素）のようなものだ」と言っている。それは，「ないと生きていけないのに，普段は（生産者以外は）その恩恵を全く感じていない」という意味である。これからも，農薬の恩恵と安全性についての正確な知識を持つきっかけとなるよう，若者への問いかけを続けたいと思っている。

（日本植物病理学会会長）

特集

緊急に求められた病害虫防除対策の事例を考える

モモせん孔細菌病の総合的な防除の取り組み

福島県農業総合センター果樹研究所　七海（ななうみ）　隆之（たかゆき）

はじめに

モモせん孔細菌病は *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* を主病原とする雨媒伝染性の難防除病害であり，近年では全国的に発生が多く，モモの安定生産の大きな阻害要因となっている。本病は枝，新梢葉および果実に発生し（図-1a～c），枝の枯死や早期落葉等を引き起こすが，果実に発生した場合には商品価値の著しい低下を招くため特に問題となる。

本病には卓効を示す薬剤や耐病性品種がないため，化学的防除と耕種的防除を組み合わせた総合的な防除対策（図-2）が必須であり，その重要性について本誌第 74 巻第 5 号で解説した。本稿では福島県における本病の総合的な防除対策の取り組みの現状と課題について紹介する。

I　福島県でのモモせん孔細菌病の発生経過

福島県内で本格的にモモの栽培が始まったのは 1950 年代半ばであり，1960 年代半ばに主産地である県北部の福島盆地の山間部に新たに造成された圃場において初めて本病の発生が確認されるようになったが，その発生は山間部の圃場に限定されていた。しかし，1980 年代半ばにはこれまで発生が見られなかった平坦部の圃場でも発生が認められるようになり，前年 8 月下旬に台風による記録的な豪雨があった 1999 年からは産地全体で本病が多発傾向にある（落合，2003；図-3）。特に直近 10 年間（2011 年から 20 年）では，病害虫防除所から延べ 17 回の注意報が発表され，数年おきに甚大な果実被害が発生するなど危機的な状況が続いている。

また，福島県の農作物病害虫防除指針では 1970 年以降，本病が発生しないことを前提とした防除体系と本病の発生に対応した防除体系を併記してきたが，2004 年からは本病の発生を前提とした防除体系のみの記載となったことも，本病の発生拡大を示している。

II　多発要因の解析

本病と気象要因の関係については古くから研究が行われ，特定の時期の降水量や風速，気温との関係が強いとされてきたが（落合・林，1989；森本，2011），近年の岡山県での研究では，収穫期における本病の発生には当年の気象要因よりも越冬菌密度の影響が大きいことが報告されている（Kawaguchi, 2014）。福島県でも同様の解析を実施したところ，主力品種‘あかつき’の収穫期の果

図-1a　モモせん孔細菌病の罹病枝（春型枝病斑）

図-1b　モモせん孔細菌病の罹病葉

図-1c　モモせん孔細菌病の罹病果実

Integrated Control of Bacterial Spot on Peach.　By Takayuki Nanaumi

（キーワード：モモ，せん孔細菌病，防除対策）

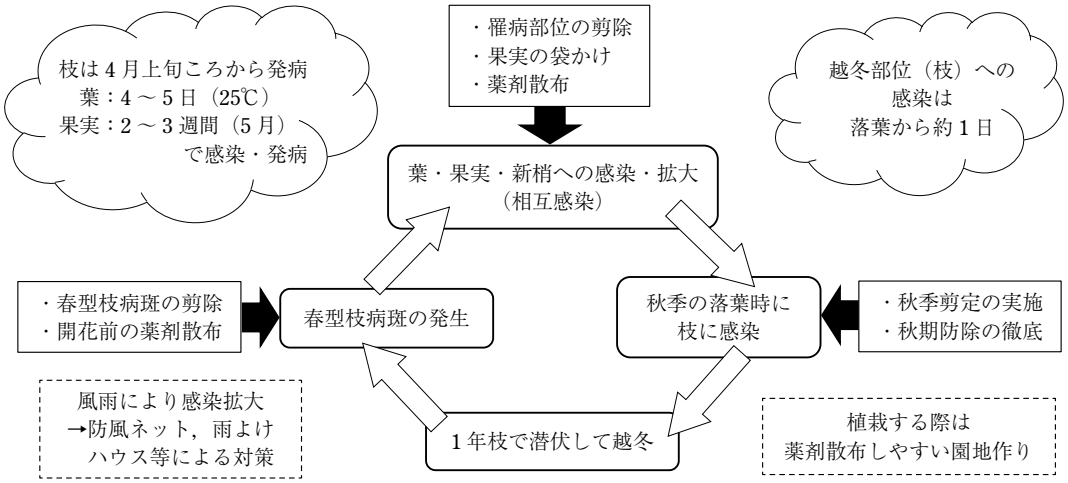


図-2　モモせん孔細菌病の生活環と防除対策（福島県農作物病害虫防除指針より）

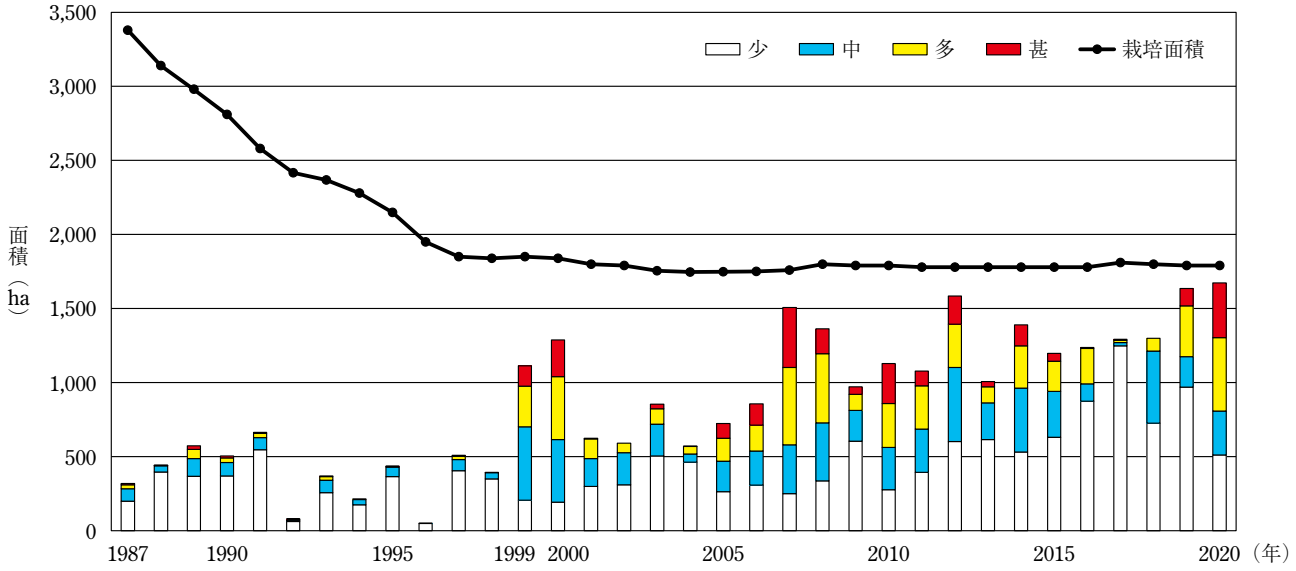


図-3　福島県におけるモモせん孔細菌病の発生面積の推移（県病害虫防除所：1987～2020 年）

実被害には，前年秋季の新梢葉での発病程度や当年の春型枝病斑（越冬一次伝染源）の発生といった越冬菌密度に関する要因，当年 5～6 月の降雨の順で影響が大きいことが明らかになり（七海・柳沼，2017 b），岡山県と同様の傾向が認められた。

永年性作物である果樹に発生する病害の場合，病原菌は樹体や罹病落葉等で越冬するものが多く（本病の病原細菌は枝でのみ越冬する），病害が一度多発すると病原菌密度を短期間で低減させることは非常に困難である。特に本病は，卓効を示す薬剤がないために「一度多発した圃場はその後も多発する危険性が高い」ことになる。また，モモの果実は幼果期における本病の感受性が高いことから，越冬菌密度が高く，5～6 月の幼果期に降雨が多い場合に果実被害が多くなりやすい。本解析結果は上記のような特性と「生育初期から病原菌密度を低く保つ」という本病防除の基本の重要性を改めて示したものと考えられる。

III　耕種的防除の現状と課題

1　春型枝病斑の剪除について

福島県では一次伝染源である春型枝病斑の発生時期が発芽 10 日後頃（開花直前）から 7 月下旬頃まで長期間にわたるため（七海ら，2019），病斑の剪除は複数回実施する必要があるが，それには多大な労力がかかること，展葉に伴い病斑の発見が困難になること，枝表面の黒変や枝の枯死により発見が容易な病斑だけでなく，芽の周囲のみが生育不良となるだけの病斑もあり（図-4），発見・識別が困難な場合があること等の理由から生産現場

図-4　様々な春型枝病斑とその症状

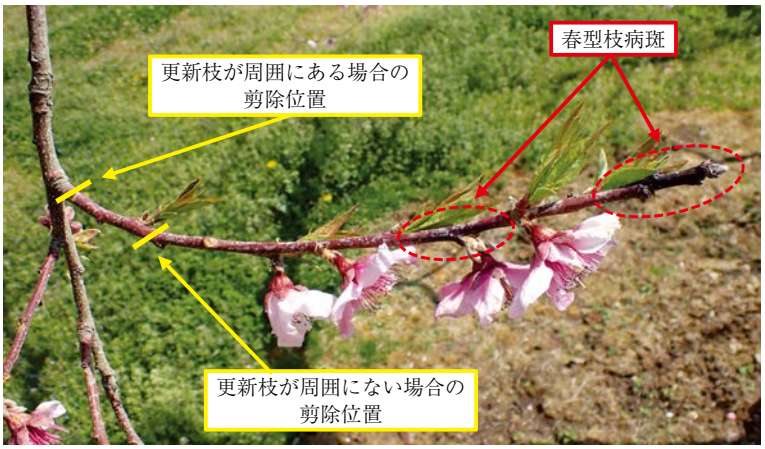


図-5　春型枝病斑の新たな剪除位置

での剪除の徹底は困難な場合が多い。しかし，越冬菌密度の影響が極めて大きく，卓効を示す薬剤がない本病の特徴を考慮すると，強力な伝染源である春型枝病斑の剪除は極めて重要な対策であるため，主産地では病斑剪除の日を設定するなどして，地域ぐるみでの剪除の徹底を図っている。

さらに，春型枝病斑は同一の枝に複数の病斑が時間差で発生する場合があり（七海ら，2019），病斑を剪除した枝でも再度病斑が発生する可能性が示唆されたことから，根拠が曖昧であった従来の「病斑の 4〜5 芽下で切り戻す」という罹病枝の剪除方法を「可能な限り基部まで切り戻す」よう変更し，病斑の複数回剪除と併せて県病害虫防除指針や現地防除暦に反映させている（図–5）。また，樹冠上部に病斑が発生した場合は，病斑直下での被害が大きくなることから（図–6），樹冠上部の病斑を見落とさないよう指導している。

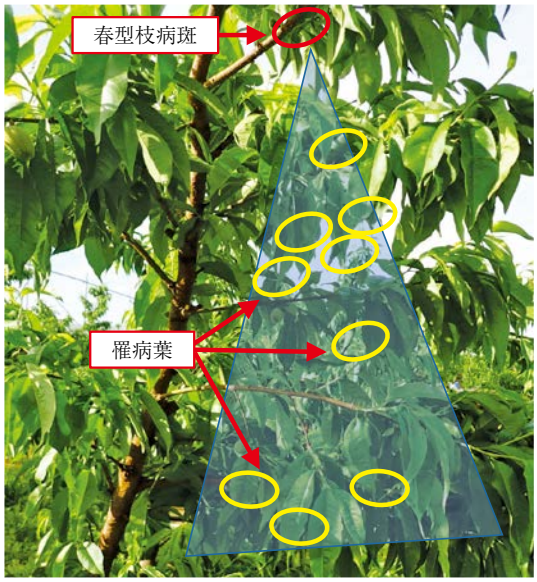


図-6　樹冠上部に発生した春型枝病斑とその直下での被害

2　防風ネットについて

福島県では導入コストなどの関係から防風ネットの設置は停滞していたが，近年では補助事業の活用もあり，導入面積が漸増している。しかし，本病の多発生圃場では防風ネットを導入しただけでは防除効果は期待できないため，春型枝病斑の剪除や化学的防除の徹底が不可欠である。

3　雨よけ処理について

本病は雨媒伝染性病害であるため，雨よけ処理による防除効果が非常に高いことが明らかになっている（七海・柳沼，2017 a）。そのため，現地の本病多発生圃場において実証試験を行ったところ（図-7），収穫期の無処理区での発病葉率が 66.7%，発病果率が 67.1%という甚発生となった一方で，雨よけ処理区では発病葉率，発病果率ともに 4%程度であり（表-1），本処理の有効性が改めて示された。さらに，雨よけ処理の期間が長くなると灌水の問題や強風によるハウスの破損等が想定されることから，雨よけ処理の期間を落花期～袋かけ終了後までに短縮した試験についても併せて実施したところ，実害となる果実被害は長期間の雨よけ処理区と同等であったことから（表-1），雨よけ処理の新たな手法の一つになり得ることが明らかになった。

図-7　現地圃場の雨よけハウス（福島県伊達市，2020 年 8 月）

これらの結果から，福島県では単価が高い反面，被害が大きくなりやすい晩生品種での雨よけハウスの導入を推奨している。

Ⅳ　化学的防除の現状と課題

1　防除体系について

本病は細菌性病害であることから，基幹防除薬剤は無機銅剤と抗生物質剤となるが，福島県では無機銅剤を開花前（4 月中旬ころ）と収穫終了後の秋季（9～10 月）に使用し，落花期（4 月下旬）から 7 月までは抗生物質剤を主体としたローテーション散布を実施している。このような防除体系となっている理由としては，無機銅剤

表-1　雨よけ処理による本病の被害低減効果（福島県伊達市，2020 年）

試験区	一年枝調査（3～6 月累計）		新梢葉調査（8 月 21 日）		果実調査（8 月 13 日）	
	調査枝数	発病枝率（%）	調査葉数	発病葉率（%）	調査果数	発病果率（%）
短期間雨よけ処理区（処理期間：5 月 1 日～6 月 30 日）	3,084	7.3	1,167	14.2	1,138	3.2
長期間雨よけ処理区（処理期間：5 月 1 日～収穫後）	2,474	11.2	1,199	4.8	1,076	3.7
無処理区	2,143	12.4	553	66.7	700	67.1

注）品種‘ゆうぞら’．全試験区において 6 月 15 日に果実の袋かけ，8 月 12 日に除袋を行った．
短期間雨よけ処理区では 6 月 30 日に罹病葉をすべて除去した．
調査数は 3 樹の合計値．

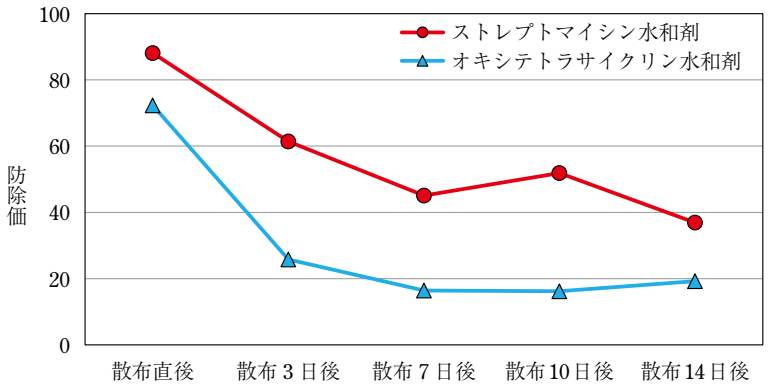


図-8　抗生物質剤のモモせん孔細菌病に対する残効性（福島果樹試，2005 年）
※防除価は発病葉率より算出．

をモモの開花期以降に使用すると著しい薬害が生じること，2010 年に硫酸亜鉛の登録が失効し，これまで 4 月下旬から 5 月上旬ころに使用してきた 6–6 式硫酸亜鉛石灰液が使用できなくなったこと，が挙げられる。

福島県では他病害虫の防除を含めて生育期間中はおおむね 10 日間隔で薬剤散布が実施されているが，一般的に抗生物質剤は残効が短いため（図–8），病原菌密度や散布時期，気象条件によっては防除効果が期待できないことも多い。また，近年は早生種と極晩生種の導入も進んでおり，同一圃場内に様々な品種が混植されているケースが多く，そのような場合は薬剤の収穫前日数の関係から 6 月までしか本病の防除薬剤が使用できないことに加えて，極晩生種の収穫が終了する 9 月下旬ころまでは秋期防除が実施できないために本病の無防除期間が長くなるという問題が生じている。そのような事情から，改植の際には薬剤散布が実施しやすくなるように品種ごとにまとめて植栽するよう誘導を図っている。

2　薬剤耐性菌について

福島県では 1970 年代からストレプトマイシン（以下，SM）に対する耐性菌の存在が確認されているが，オキシテトラサイクリンやオキソリニック酸，無機銅に対する耐性菌は確認されていない（苅谷ら，2016；國京ら，2018）。

SM 剤については 1988～2001 年までは使用を中止していたが，耐性菌の割合が低下したことから，2002 年より収穫前日数（60 日）を考慮して，落花直後または落花 10 日後ころの年間 1 回での使用を再開している。

ポット樹を用いたモデル試験の結果，SM 耐性菌に対する SM 水和剤の実用的な防除効果は認められなかった（七海・柳沼，2018）。しかし，福島県の主産地では SM の感受性菌と耐性菌が同一圃場内または同一樹内に混在している場合があることが明らかになっており（苅谷ら，2016），生育期間中に使用できる薬剤の中では防除効果が高く（川口，2019），本病の登録薬剤も限られることから SM 剤（混合剤を含む）を使用しているのが現状である。

3　秋期防除について

福島県では越冬菌密度の低減を目的に，9 月上中旬～10 月中旬までおおむね 2 週間間隔で 3 回秋期防除を実施しているが，翌年の春型枝病斑の発生を十分抑制できていないため，生産現場からは現行の防除時期や回数について疑問視する声がある。この要因としては秋期防除開始時には既に多発生条件になっていることが多く，薬剤の効果が十分に発揮されないことも考えられるが，今後は秋期における病原菌の生態を解明し，それに基づく適切な防除時期について解明する必要がある。

4　新規防除薬剤の登録拡大について

本病の多発を受け，生産現場からは新規防除薬剤の開発・登録が強く求められているが，これまでの新農薬実用化試験により，炭酸カルシウム水和剤を加用することで薬害の発生を軽減でき，落花期以降でも使用可能な無機銅水和剤（永井・三宅，2017）が 2020 年にモモで登録拡大となった。本剤は所謂「特効薬」ではないが，これまで使用不可能とされていた時期に比較的残効が長い無機銅剤が使用可能となったことで，落花期以降の抗生物質剤主体の防除体系が改善されることにより，防除対策の強化が期待される。

また，マンゼブ水和剤が本病の防除薬剤として有効である可能性が示唆されていることから（髙山ら，2020），本剤の登録拡大に向けた試験を実施中であり，これら新規防除薬剤を用いた新たな防除体系の構築に向けた試験にも本格的に取り組み始めている。

お　わ　り　に

本病の防除対策についてはほとんど進展がなく，現在でも総合的な防除対策が不可欠であることに変わりはない。しかし，本稿で紹介したように，わずかではあるが確実に個々の防除対策の改善が図られてきているのも現状である。今後も関係機関と連携し，防除対策技術の向上とその普及に努めていく必要がある。

福島県では「ふくしま桃の郷づくりプロジェクト推進会議（2020 年 10 月から「モモせん孔細菌病対策連絡協議会」）」を設置して本病の被害防止と産地のさらなる発展に向けた支援を行っており，その活動の中で 2018 年に本病の対策マニュアルを作成してインターネット上で公開してきたが，本稿で紹介した知見について追記した改訂版を 2021 年 4 月に作成（https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/440781.pdf）したので，ご活用いただければ幸いである。

引　用　文　献

1）苅谷和幸ら（2016）：日植病報 **82**：285.
2）Kawaguchi, A.（2014）：J. Gen. Plant Pathol. **80**：435～442.
3）川口　章（2019）：EBC 研究会誌 **13**：22.
4）國京瑞季ら（2018）：日植病報 **84**：46.
5）森本涼子（2011）：植物防疫 **65**：210～214.
6）永井裕史・三宅律幸（2017）：日植病報 **83**：237～238.
7）七海隆之・柳沼久美子（2017 a）：北日本病害虫研報 **68**：120～122.
8）————・————（2017 b）：日植病報 **83**：237.
9）————・————（2018）：同上 **84**：219～220.
10）————ら（2019）：同上 **85**：296.
11）落合政文・林　重昭（1989）：福島果試研報 **13**：11～17.
12）————（2003）：福島県におけるモモ穿孔細菌病の発生の特徴と防除対策の要点，社団法人（現・公益社団法人）福島県植物防疫協会，福島，p.1～3.
13）髙山浩太郎ら（2020）：日植病報 **86**：36～37.

研究報告

地球温暖化による気温上昇がイネ紋枯病の発生および被害に及ぼす影響評価

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 暖地畑作物野菜研究領域
井上博喜（いのうえ ひろよし）

はじめに

イネ紋枯病（病原菌名：*Rhizoctonia solani* J.G. Kühn AG1–IA，完全世代名：*Thanatephorus cucumeris*（Frank）Donk）はイネ（Oryza sativa L.）の重要病害であり，本病原菌の菌核が水田に移植後のイネ株元に付着し，葉鞘，葉身に暗緑色～灰白色の楕円形もしくは雲形の病斑が形成される。本病の罹病株では，枯死による同化能力の低下，養水分の吸収阻害，病原菌による養分摂取等が生じる（井上・内野，1963）。その結果として，収量構成要素のうち，稔実歩合および千粒重が低下して減収する（吉村，1955；木谷ら，1958）。また品質にも影響し，白未熟粒の発生増加を助長すると報告されている（磯田ら，2002；宮坂ら，2009）。

一方，気候変動は，国際社会全体で取り組むべき問題であり，第21回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）において，パリ協定が2015年に採択，2016年に発効し，締約国は温室効果ガスの排出量削減目標を設定している。諸外国では気候変動に関する法整備が進められているが，我が国でも地球温暖化対策の推進に関する法律（平成10年），気候変動適応法（平成30年）が施行され，必要な措置が講じられている。気候変動に関する政府間パネル（ICPP）によると，“気候システムの温暖化には疑う余地はない”とされ，世界の年平均気温は19世紀後半以降，0.72℃/100年の割合で上昇しており，21世紀末までの世界平均気温は＋0.3～4.8℃の範囲で上昇すると予測されている（環境省，2014）。日本においては世界平均よりも早い1.19℃/100年のペースで気温が上昇している（環境省ら，2018）。

地球温暖化が国内の農業に与える影響は大きく，イネでは登熟期の高温障害により，白未熟粒・胴割粒の発生，玄米の充実不足など増加することが知られており（森田，2011），また，極端な高温では収量が減少するとされている（環境省ら，2018）。

イネ紋枯病は高温性の病害であり，発生には気温が22～23℃以上，相対湿度96%以上になることが必要で，28～32℃かつ飽和湿度のときが発病にとって最適とされている（堀，1991）。稲作期間の気温が高い地域は本病の発生面積・防除面積が大きくなっている（宮坂，2018）。地球温暖化の進行によって，将来的にイネ紋枯病は発生・被害が拡大するものと考えられている。しかしながら，イネ紋枯病を含むイネの病害に対して温暖化による発生の増加およびそれによってもたらされる減収についての検討は少ない。

そこで，本稿では，夏季の気温によるイネ紋枯病の発病株率，病斑高率および全体の被害度への影響について5年間の圃場試験のデータと平均気温の年次変動の関係を解析し，気温の上昇によるイネ紋枯病の発生の増加および収量への被害程度を推定した。

なお，本研究は農林水産省戦略的プロジェクト研究推進事業「農業分野における気候変動適応技術の開発」A–11系「温暖化の進行に適応する生産安定技術の開発」の中で実施した。

I 試験概要

熊本県合志市の九州沖縄農業研究センターの水田圃場（5 a）にイネ品種‘ヒノヒカリ’を2013～17年の5年間栽培した。6月下旬（2017年のみ7月11日移植）に苗を50株/坪（条間30 cm×株間22 cm）で機械移植した。その後の栽培管理は慣行に従った。イネ紋枯病の防除剤は使用しなかったが，その他の殺菌剤，殺虫剤，除草剤については各年の発生状況に応じて適宜使用した。5年間を通してイネ紋枯病菌の接種は行わなかった。2013年は16試験区，2014年は7試験区，2015年は12試験区，2016年は6試験区，2017年は9試験区を圃場内に設定した。イネ紋枯病の発病調査は各年の収穫直前に実施し，既報（羽柴，1984）に準じて行った。発病株数，株ごとの草丈，病斑高を調査し，調査データから発病株率，病斑高率，発病株の被害度および全体の被害度を算出した。

Estimates of Occurrence of Rice Sheath Blight Disease and Damage of Yield Reduction Increasing with a Rise in Temperature by the Global Warming.　By Hiroyoshi Inoue

（キーワード：イネ紋枯病，地球温暖化，気候変動）

表-1　試験中の 7～9 月および出穂 10 日前～20 日後の平均気温と出穂日

月/年	平均気温（℃）[a]					
	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2013～17 年
7 月	27.7	26.1	25.6	27.3	27.8	26.9
8 月	28.0	26.1	26.5	28.3	28.0	27.4
9 月	24.2	23.2	22.9	25.0	22.9	23.6
7～9 月	26.6	25.1	25.0	26.9	26.2	26.0
出穂 10 日前～20 日後[b]	25.5	24.3	23.0	26.3	23.5	24.5

[a] 九州沖縄農業研究センター（熊本県合志市）圃場で測定した期間の日平均気温の平均値.
[b] 品種は‘ヒノヒカリ’. 出穂日は 2013 年 8 月 20 日，2014 年 8 月 31 日，2015 年 9 月 2 日，2016 年 8 月 29 日，2017 年 9 月 8 日.

・発病株率＝発病株数/調査株数×100
・病斑高率＝最上位病斑高（cm）/発病株の草丈（cm）×100
・発病株の被害度＝1.62×病斑高率－32.4
・全体の被害度＝発病株被害度×発病株率/100

収量調査は調査区の株を収穫後，精玄米重量を測定し，10 a 当たりに換算した。各年の全体の被害度と 10 a 当たり収量の関係を求めた。

栽培期間中の気温は水田圃場に隣接して設置されている気象観測装置により計測した。試験を実施した 2013～17 年の 7，8，9 月の平均気温，および‘ヒノヒカリ’の出穂日と出穂 10 日前～出穂 20 日後の平均気温を表-1 に記した。7～9 月の平均気温は，2013 年で 26.6℃，2016 年で 26.9℃，2017 年で 26.2℃となり，5 年間の中では高温であった。一方，2014 年は 25.1℃，2015 年で 25.0℃となり，5 年間の中では低温であった。また，各年の出穂 10 日前～出穂 20 日後の平均気温は，2013 年で 25.5℃，2014 年で 24.3℃，2015 年で 23.0℃，2016 年で 26.3℃，2017 年で 23.5℃であった。5 年間の中で 2013，2016 年は高温，2015，2017年は低温，2014年は平均的であった。

II　7～8 月の平均気温と発病株率の関係

2013～17 年において，試験区の発病株率は 2013 年で 43.3～93.3%，2014 年で 33.3～60%，2015 年で 33.3～76.7%，2016 年で 39.0～53.2%，2017 年で 26.7～90.0%の範囲であった。7，8 および 9 月の各月の平均気温と収穫期のイネ紋枯病の発病株率の間で，単回帰分析を行い，7月および8月の平均気温では有意となった（7月：$p = 0.0091$，8 月：$p = 0.0406$，データ略）。一方，9 月の平均気温では有意にならなかった（$p = 0.4998$，データ略）。このため，7～8 月の平均気温と発病株率の回帰分析を図-1 に示した。7～8 月の平均気温（x）と発病株率（y）の間には y = 6.93x − 131.24 の回帰式が得られた。

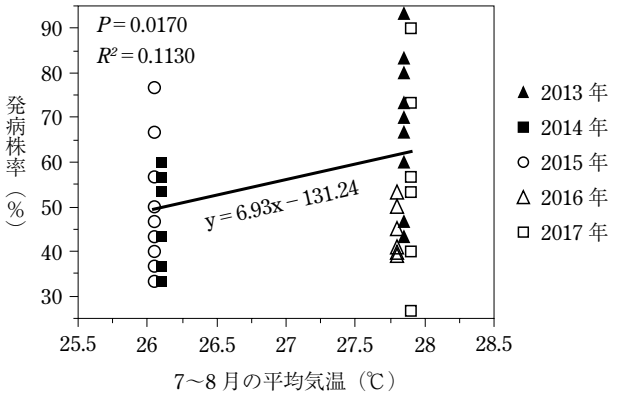


図-1　7～8 月の平均気温とイネ紋枯病の発病株率の関係
横軸は各年の 7～8 月の日平均気温の平均値.

本式の回帰係数 6.93 から，7～8 月の平均気温が 1℃上昇すると，発病株率が 6.93%上昇すると推測できる。しかし，発病株率の上昇傾向は認められるものの，決定係数 R^2 は 0.1130 と低かった（p 値も高い）。これは，発病のばらつきや，圃場の内部に行くほど発病株率が減少するという報告もあり（早坂，2002），圃場内での試験区の位置による発病株率への影響が大きいためと考えられる。また，発病株率と 7 月，8 月のそれぞれの平均気温の R^2 の値（7 月 $R^2 = 0.1332$，8 月 $R^2 = 0.0842$）から，発病株率は 8 月より 7 月の気温の影響を強く受けると考えられた。

III　出穂 10 日前～出穂 20 日後の平均気温と病斑高率の関係

2013～17 年において，試験区の病斑高率は 2013 年で 44.4～54.2%，2014 年で 47.3～52.0%，2015 年で 37.8～47.8%，2016 年で 55.7～61.0%，2017 年で 36.6～49.4%の範囲であった。

気温と病斑高率の関係については，筆者らは，出穂期前後（出穂 10 日前～出穂 20 日後）の気温が高いと，病

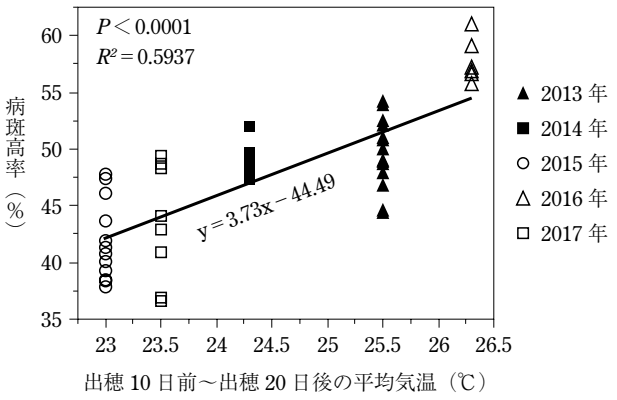


図-2　出穂 10 日前～出穂 20 日後の平均気温とイネ紋枯病の病斑高率の関係
横軸は各年の出穂 10 日前～出穂 20 日後の日平均気温の平均値.

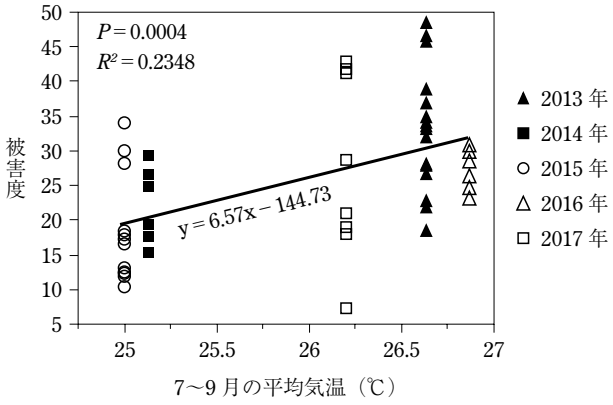


図-3　7～9 月の平均気温とイネ紋枯病の被害度の関係
横軸は各年の 7～9 月の日平均気温の平均値.

斑進展によって紋枯病の被害が大きいと報告している（井上ら，2015）。このことから，各年の出穂日の 10 日前～20 日後の平均気温（x）と病斑高率（y）で回帰分析を行ったところ，y = 3.73x − 44.49 の回帰式が得られた（図-2）。本式の回帰係数 3.73 から，出穂期前後の平均気温が 1℃上昇すると病斑高率が 3.73%上昇すると推測される。本回帰式の R^2 は 0.5937 と高く，発病株率より病斑高率のほうが平均気温による影響を受けやすいと考えられた。渡邊（2013）によると，標準的な施肥条件で栽培した‘ヒノヒカリ’の草丈は 111 cm であり，平均気温が 1℃上昇すると‘ヒノヒカリ’株上での病斑高は 4.17 cm 上位に進展すると推定される。

Ⅳ　7～9 月の平均気温と被害度の関係

2013～17 年において，試験区の全体の被害度は 2013 年で 21.9～48.5，2014 年で 15.4～29.3，2015 年で 10.4～34.0，2016 年で 23.1～30.8，2017 年で 7.2～42.9 の範囲であった。平均気温と被害度の関係については，7～9 月の平均気温との間で単回帰分析を行い，平均気温（x）と被害度（y）の間には y = 6.57x − 144.73 の回帰式が得られた（図-3）。

平均気温と被害度の関係については，被害度が発病株率と病斑高率から算出されることから，発病株率に影響する 7～8 月の平均気温，病斑高率に影響する出穂日前後の平均気温の両方が影響すると考えられた。出穂 20 日後は最も遅い年で，9 月 28 日であることから，被害度と 7～9 月の平均気温（x）と被害度（y）の間で，y = 6.57x − 144.73 の回帰式が得られた。本式の回帰係数 6.57 から，7～9 月の平均気温が 1℃上昇すると，被害度が 6.57 上昇すると推測される。

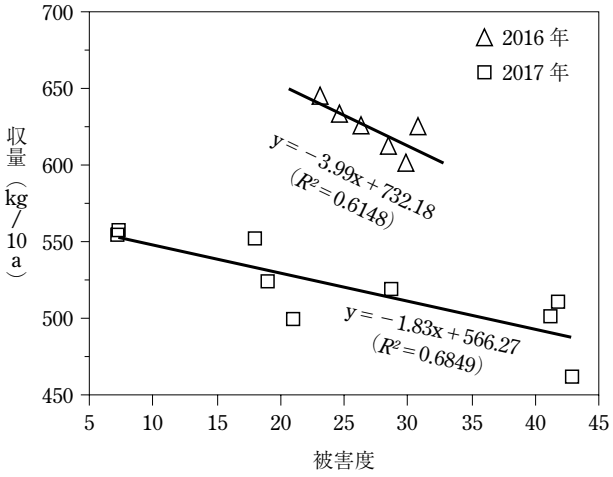


図-4　2016, 17 年におけるイネ紋枯病の被害度と収量の関係

Ⅴ　イネ紋枯病による収量への影響

2013～17 年の 10 a 当たり収量は，2013 年で 574.6～660.2 kg/10 a，2014 年で 560.0～650.5 kg/10 a，2015 年で 577.5～679.1 kg/10 a，2016 年で 601.1～644.9 kg/10 a，2017 年で 499.5～557.5 kg/10 a の範囲であった（データ略）。2013～17 年の各年の被害度（x）と収量（y）の関係については，各年の回帰式が次のように得られた。

2013 年：y = −0.90x + 638.25，2014 年：y = −1.69x + 638.22，2015 年：y = −0.83x + 630.81，2016 年：y = −3.99x + 732.18，2017 年：y = −1.83x + 566.27。しかし，2013～15 年の 3 か年については，R^2 が低く，二乗平均平方根誤差（RMSE）は高くなった（2013 年：R^2 = 0.08，RMSE = 28.81，2014 年：R^2 = 0.08，RMSE = 31.70，2015 年：R^2 = 0.06，RMSE = 26.84，データ略）。2016，2017 年の R^2 は高く，RMSE は低かった（2016 年：R^2 = 0.61，RMSE = 10.67，2017 年：R^2 = 0.68，RMSE = 18.83）。このため，2013～15 年の回帰式は減収への影響の推定

には使用せず，2016 と 2017 年の回帰式から，被害度に対する減収量の推定を行った（図–4）。両年の回帰係数はそれぞれ 3.99，1.83 であった。2 か年の回帰係数を用いてイネ紋枯病による減収量を推測すると，7～9 月の平均気温が 1℃上昇することによって被害度が 6.57 増加すると，2016 年では 26.21 kg/10 a，2017 年では 12.02 kg/10 a，2 か年の平均では 19.12 kg/10 a の減収が生じると推測できた。

お　わ　り　に

回帰分析の決定係数の値から，高温によるイネ紋枯病の増加は，発病株率よりも病斑高率で強く影響を受けると推測される。このことから温暖化で増加するイネ紋枯病への防除対策としては，初発時期に有効な箱施用剤より垂直進展が始まる穂ばらみ期ころの本田散布剤による防除が有益であると示唆される。

今後，温暖化の進行に伴い，イネ紋枯病への防除対策が重要になると想定されるが，これまでにイネ紋枯病に抵抗性を持つ実用的なイネ品種は育成されていない。そのため，イネ紋枯病への対策は，将来的にも薬剤を用いた防除が中心となると想定される。温暖化の進行に対応した要防除水準の策定，新規薬剤の開発，防除体系の再構築が必要になると考えられる。

引　用　文　献

1）羽柴輝良（1984）：北陸農試報告 **26**：116～164.
2）早坂　剛（2002）：北日本病虫研報 **53**：9～11.
3）堀　眞雄（1991）：イネ紋枯病―発生・防除の理論と実際―，日本植物防疫協会，東京，324 pp.
4）井上博喜ら（2015）：九病虫研会報 **61**：1～6.
5）井上好之利・内野一成（1963）：農林省農林水産技術会議事務局 指定試験（病害虫）**4**：1～136.
6）磯田　淳ら（2002）：日植病報 **68**：81（講要）.
7）環境省（2014）：ICPP 第 5 次評価報告書の概要―第 1 作業部会（自然科学的根拠）―，https://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg1_overview_presentation.pdf
8）―――ら（2018）：気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018―日本の気候変動とその影響，http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf
9）木谷清美ら（1958）：病害虫発生予察資料 **61**：7～27.
10）宮坂　篤ら（2009）：九病虫研会報 **55**：13～17.
11）――――（2018）：植物防疫 **72**：122～125.
12）森田　敏（2011）：イネの高温障害と対策 登熟不良の仕組みと防ぎ方，農山漁村文化協会，東京，142 pp.
13）渡邊丈洋（2013）：日本作物学会講演要旨集 **236**：14～15.
14）吉村彰治（1955）：九州農試彙報 **3**：143～154.

農林水産省プレスリリース（2021.4.10～5.13）

農林水産省プレスリリースから，病害虫関連の情報を紹介します。
https://www.affrc.maff.go.jp/j/press の後にそれぞれ該当のアドレスを追加してご覧下さい。

- **令和 3 年度（第 22 回）「民間部門農林水産研究開発功績者表彰」における候補者の募集開始について**（21/4/14）　maff.go.jp/ の後に /docs/press/210414_9.html
- **令和 3 年度（第 17 回）「若手農林水産研究者表彰」における候補者の募集開始について**（21/4/14）　maff.go.jp/ の後に /docs/press/210414.html
- **「令和 3 年度病害虫発生予察第 1 号」の発表について**（21/4/14）　/syouan/syokubo/210414.html
- **「安全な農畜水産物の安定供給のためのレギュラトリーサイエンス研究推進計画」の策定について**（21/4/26）　/gijyutu/210426.html
- **「第 15 回国際植物防疫条約年次総会（CPM–15）報告会」の開催について**（21/4/26）　/syouan/kenekai/210426.html
- **「令和3年度農薬危害防止運動」の実施について**（21/4/27）　/syouan/nouyaku/210427.html
- **「2020 年農林業センサス結果の概要（確定値）」の公表について**（21/4/27）　/tokei/census/210427.html
- **「農業技術の基本指針（令和 3 年改定）」の公表について**（21/4/28）　/kanbo/kihyo03/210428.html
- **「みどりの食料システム戦略本部」の開催について**（21/5/11）　/kanbo/kankyo/210511.html
- **みどりの食料システム戦略の策定について**（21/5/12）/kanbo/kankyo/210512.html
- **「令和 3 年度病害虫発生予察第 2 号」の発表について**（21/5/12）　/syokubo//210512.html

研究報告

メッシュ農業気象データシステムを用いたカイガラムシ類の防除適期推定とその適合性検証

愛知県農業総合試験場　恒川健太（つねかわけんた）

はじめに

農薬による防除効果を最大限発揮するためには，防除適期を捉えることが重要である。特に害虫では，発育ステージにより農薬への感受性が大きく異なる場合があるため，それらに対しては最も感受性の高い時期を狙って防除を実施する必要がある。果樹の害虫として知られるコナカイガラムシ科のフジコナカイガラムシ *Planococcus kraunhiae*（Kuwana）（以下「フジコナ」という）やマルカイガラムシ科のナシマルカイガラムシ *Diaspidiotus perniciosus*（Comstock）（以下「ナシマル」という）もその生態上，農薬散布による防除適期が限定されることが知られている。フジコナでは，2齢，3齢幼虫および雌成虫はロウ物質に覆われ，薬剤をはじくため，防除効果が低下する。そのため，ふ化幼虫期に防除を実施する必要がある（森下，2006）。ナシマルにおいては，2齢幼虫，雌成虫は介殻を被り薬液が虫体に届かないため，防除適期はふ化後に定着場所を求めて歩き回る歩行幼虫期か，その少し後とされる（新井，2009）。

両者とも防除適期にあたる虫体は小さく，個々の圃場で目視により発生ピークを捉えることは難しい。一方で，フジコナ，ナシマルともに発育零点および有効積算温度が明らかになっているため，防除適期にあたる発育ステージの発生時期を気温データから推定することが可能である（澤村・奈良井，2008；新井，2009）。愛知県において，フジコナ，ナシマルともに気象観測点（地方気象観測所およびアメダス地点）の気温データで計算した推定日と実際の圃場での発生消長がおおよそ一致することが確認されている（小出ら，2009；石川ら，2011）。それらに基づき，愛知県病害虫防除所では，気象観測点ごとに防除適期推定日を情報提供している。しかし，気象観測点の中間に位置するような圃場では，どちらの気象観測点のデータを参照すべきかわからない場合も存在する。そのような圃場は，気象観測点との位置関係や地形を踏まえた生産者自身の経験等により，防除日を決定しているのが実状である。

そこで筆者らは，農研機構メッシュ農業気象データ（The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO：以下「メッシュ農業気象データ」）（大野ら，2016：https://amu.rd.naro.go.jp/）を活用することを考えた。メッシュ農業気象データは，約1 km四方（基準地域メッシュ）を単位に気温データなどを提供するデータシステムであり，対象の圃場に対してピンポイントに防除適期を決定できる可能性がある。一方で，メッシュ農業気象データは観測値を空間補間したデータセットであるため，本誌でも西野（2019）が指摘しているように，実用化にあたっては補間された値の精度を検証する必要がある。そこで，筆者らはフジコナおよびナシマルについて，栽培圃場での実際の発生消長とメッシュ農業気象データを用いた計算推定日との適合性を確認したので紹介する。なお，本研究成果の一部は，「農林水産省消費・安全局 病害虫の防除に直結する発生予察体制への転換委託事業」の支援を受けて実施した。また，手法の検討やPythonプログラムの作成には，森林研究・整備機構の松下通也氏および長野県環境保全研究所の髙野（竹中）宏平氏，農研機構の奥田充氏，赤松佑紀氏，吉利怜奈氏，北海道立総合研究機構の牧野司氏に多大な協力・助言をいただいた。ここに記して厚く御礼申し上げる。

I　有効積算温度および発生推定日の計算

フジコナについては，小出ら（2009）の報告から，第1世代の卵塊発生日は1月1日を起点に，発育零点12.2℃，発育高温限界30.0℃，有効積算温度270日度として算出した。ふ化日はその世代の卵塊発生日を起点に，発育零点10.7℃，発育高温限界30.0℃，有効積算温度112日度

Estimation of Optimal Timing to Control Scale Insects Using The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO and Its Suitability. By Kenta Tsunekawa

（キーワード：有効積算温度，フジコナカイガラムシ，ナシマルカイガラムシ，発生消長調査，防除適期予測）

として算出した。第2世代の卵塊発生日は第1世代のふ化日を起点に，発育零点12.2℃，発育高温限界30.0℃，有効積算温度531日度として算出した。また，各ステージの発育停止温度は30.0℃とした。

ナシマルについては，石川ら（2011）の報告から，第1世代のふ化幼虫の発生初期は，3月1日を起点に発育零点10.5℃，発育上限温度32.2℃とし，第1世代歩行幼虫発生初期，第1世代発生ピーク，第2世代歩行幼虫発生初期，第2世代発生ピークの有効積算温度はそれぞれ338日度，427日度，1,005日度，1,179日度として算出した。発育停止温度は明らかになっていないため，40.0℃とした。

メッシュ農業気象データは試験を実施した2018，19年時点において，日別データのみの提供であった。発生予察での積算温度計算において，日平均気温が発育零点付近かそれ以下の時期や真夏等最高気温が発育上限温度を超える場合，日平均気温を積算するより，日最高気温と日最低気温を用いて積算する三角法が適切であるとされている（坂神・是永，1981）。以上から，メッシュ農業気象データを用いた計算では三角法を適用し，前述の積算温度に達した日を推定日とした。これらの算出はAMD_Tool3（農研機構，2019）および奥田充氏作成のPython（Anaconda version3.6.9）上で動作するプログラム（奥田ら，2019）を改変して用いた。気象観測点データを利用した発生推定日の算出は，JPP-NET（一般社団法人日本植物防疫協会）が提供する「有効積算温度計算シミュレーション version 2」を用い，計算には毎正時データを利用した。

II　圃場での発生消長調査方法

フジコナの圃場調査は，愛知県長久手市にある愛知県農業総合試験場内のカキ栽培圃場で行った。調査地点は名古屋観測所と豊田アメダス地点の中間に位置し，それぞれから東へ約9.5 km，北西へ約10.5 km離れた場所にある（図-1）。

フジコナの検証は確認しやすい卵塊で行った。面ファスナー（縦15 cm，横2.5 cm）に毛糸を絡ませたフジコナ誘引バンド（手柴，2013）を圃場内のカキの5樹に5本ずつ計25本設置し，そこに産み付けられた卵塊数を調査した。2018年は，第1世代にあたる5月2日～5月28日まで1～6日ごとに調査した。2019年は，第1世代から第2世代の卵塊発生時期にあたる，5月15日～8月13日まで1～6日ごとに調査した。毎調査日および時刻から24時間あたりの捕捉数を計算し集計した。なお，前述の通り卵塊からふ化までの有効積算温度も明らかになっているため，卵塊との適合性を見ることで防除適期を把握することが可能である。

図-1　圃場調査地点と気象観測点との位置関係
（恒川ら，2020を一部改変）

ナシマルの圃場調査は，愛知県安城市のナシ現地栽培圃場で行った。調査圃場は，大府アメダス地点から北東へ約11.5 km，岡崎アメダス地点から北西へ約13 km，豊田アメダス地点から南西へ約20 km離れており，各気象観測点のほぼ中間に位置する（図-1）。

ナシマルの発生消長調査は，雌成虫が寄生している主枝の下に，青色粘着トラップ（ホリバーブルー®：縦20 cm，横10 cm，アリスタライフサイエンス）を設置して，そこに捕捉された歩行幼虫数を実体顕微鏡により計測することで調査した。2018年は5月2日～10月31日まで圃場内の2箇所，2019年は，5月7日～11月5日まで圃場内の3箇所に設置して，1～9日ごとに交換した。毎調査日および時刻から24時間あたりの合計捕捉数を計算し集計した。

III　圃場調査結果および計算推定日の適合性の検証

1　フジコナの有効積算温度による推定日と実測値との差

2018，19年に行った圃場におけるフジコナの卵塊発生消長結果およびメッシュ農業気象データによる推定日は，図-2の通りであった。2018年の圃場での第1世代卵塊発生ピークは5月14～19日でメッシュ農業気象データによるピーク推定日は5月17日であったため，よく合致した。2019年の第1世代の卵塊発生ピークは5月18～22日，メッシュ農業気象データによる推定日は5月24日と誤差があったが，第2世代は，圃場での卵

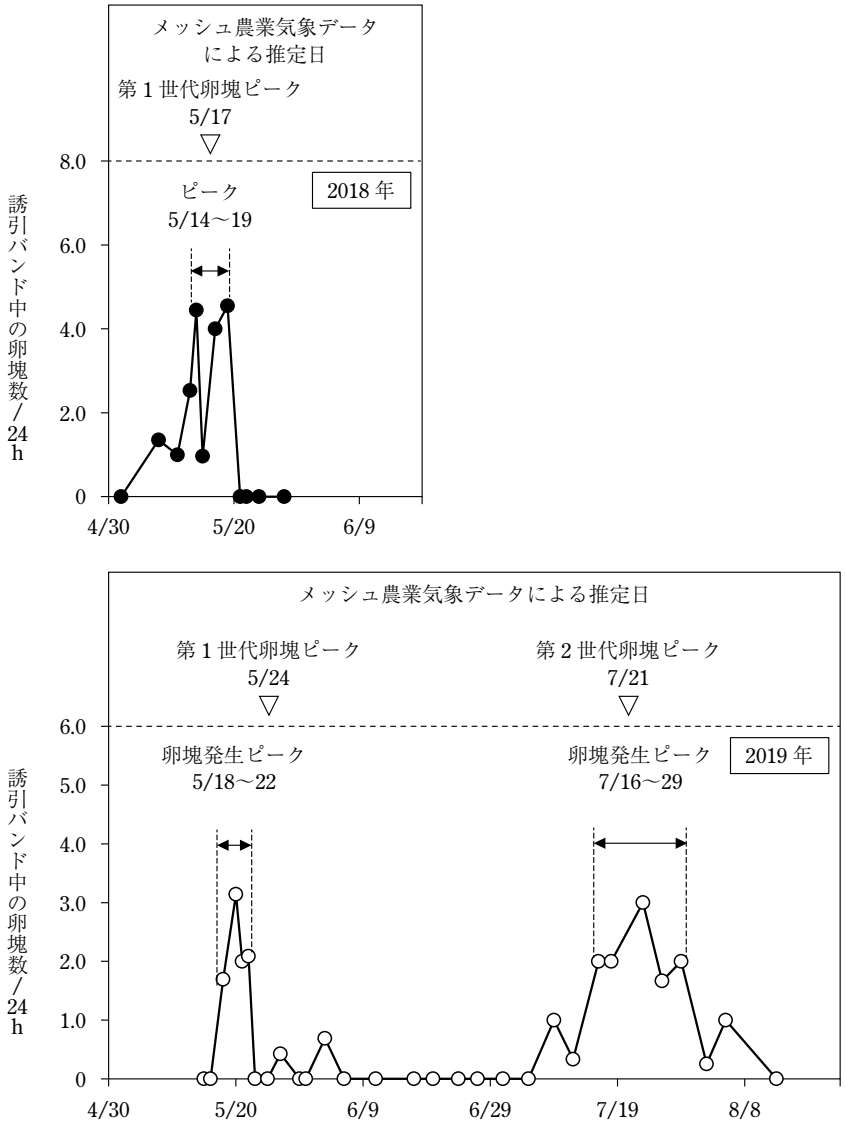


図-2　フジコナの卵塊発生消長およびメッシュ農業気象データによる推定日
（恒川ら，2020 を一部改変）

表-1　フジコナの圃場での実測値と各種計算手法を用いた推定日との比較（恒川ら，2020 を一部改変）

年	世代	生育段階	圃場での実測値	推定日		
			発生ピーク中央日	メッシュ農業気象データ	名古屋	豊田
2018年	第1世代	卵塊	5/16～17	5/17（0～＋1日）	5/14（－3～－2日）	5/19（＋3～＋2日）
		ふ化	－	5/30	5/25	5/29
2019年	第1世代	卵塊	5/20	5/24（＋4日）	5/21（＋1日）	5/26（＋6日）
		ふ化	－	6/5	6/2	6/7
	第2世代	卵塊	7/22～23	7/21（－2～－1日）	7/17（－6～－5日）	7/23（－1～0日）
		ふ化	－	8/6	7/26	8/4

（　）内は圃場での実測値からの誤差を示す．
誘引バンド調査においてふ化幼虫調査は行っていない．

塊発生ピークは7月16～29日，メッシュ農業気象データの推定日は7月21日であったため，よく捉えていた。

表-1には，圃場での発生ピークの中央日，メッシュ農業気象データ，気象観測点（名古屋，豊田）データで計算した卵塊発生ピーク推定日，ふ化幼虫発生ピーク推定日を整理した。気象観測点データの推定では，名古屋が5月14日（実測値との差－3から－2日），豊田が5月19日（実測値との差+3から+2日）であった。2018，19年を通して比較すると，名古屋の気象データに基づいた推定日は実測値と最大－6日（2019年の第2世代卵塊発生ピーク），豊田の気象データの推定日は実測値と最大+6日の誤差が生じた（2019年第1世代卵塊発生ピーク：表-1）。メッシュ農業気象データの最大の誤差は，+4日であったことを踏まえると，メッシュ農業気象データを参照して防除日を決定することがより適切であると考えられた。

2　ナシマルの有効積算温度による推定日と実測値との差

2018年，2019年に行った圃場におけるナシマル歩行幼虫発生消長結果およびメッシュ農業気象データによる推定日は，図-3の通りであった。2018年は，第1世代の圃場での初発確認日とメッシュ農業気象データの発生初期推定日はともに5月14日で合致した。発生ピーク日は，圃場では5月19～20日，メッシュ農業気象デー

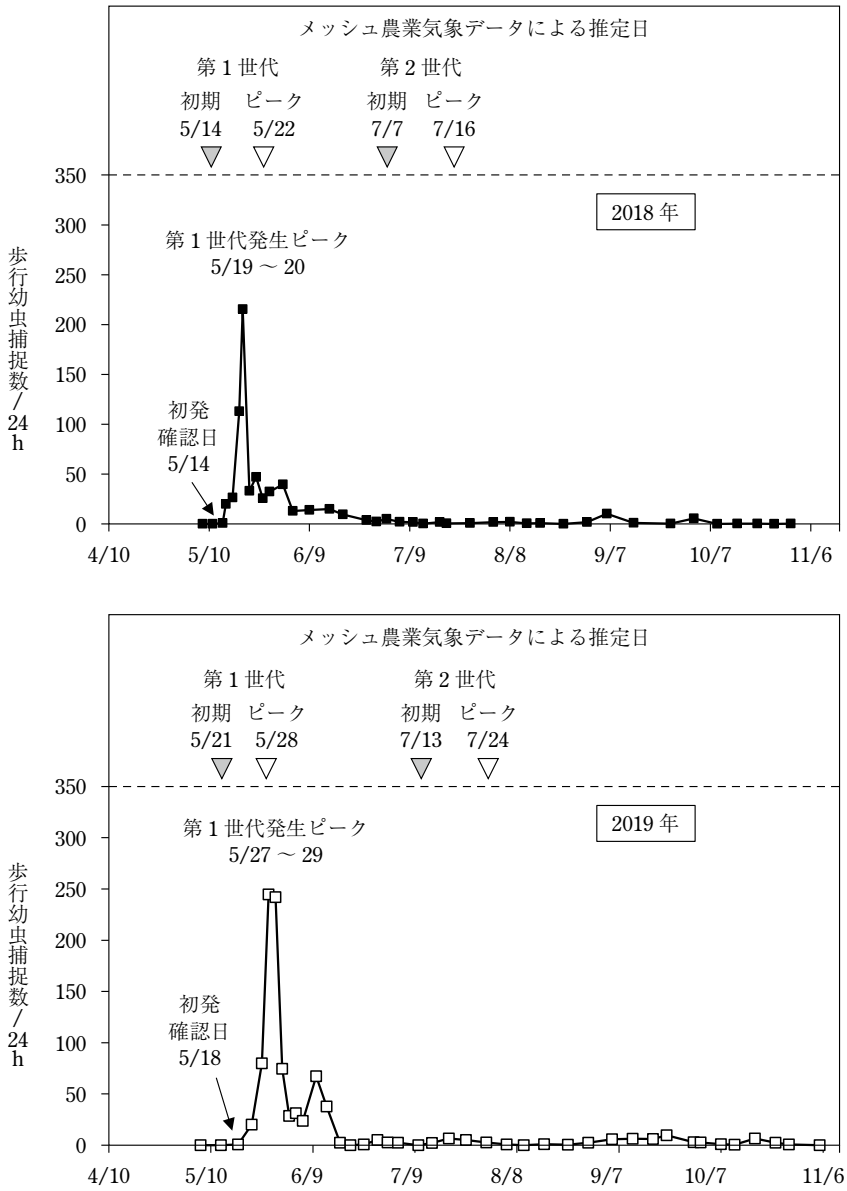


図-3　ナシマルの歩行幼虫発生消長およびメッシュ農業気象データによる推定日
（恒川ら，2020を一部改変）

タの推定日が5月22日と，その誤差は3日以内であった。2019年は，第1世代歩行幼虫の初発確認日は5月18日，メッシュ農業気象データの推定日は5月21日でその誤差は+3日で，発生ピーク日は圃場では5月27～29日，メッシュ農業気象データの推定日は5月28日で合致した。ナシマルの発生消長を調査した他の報告（石川ら，2011；宮下ら，2014）と同様に，第2世代以降は，2018，19年ともに顕著なピークは認められなかったため，防除は第1世代に重点をおいて実施すると効果的であると考えられた。

表-2には，圃場での第1世代および第2世代の歩行幼虫発生初期，発生ピーク日およびメッシュ農業気象データ，気象観測点（大府，岡崎，豊田）データで計算した卵塊発生ピーク推定日，ふ化幼虫発生ピーク推定日を整理した。気象観測点データでの推定では，2018年，2019年ともに大府アメダスの結果が各推定日と実測値との誤差が2日以内となり近かった。ナシマルの試験地（愛知県安城市）は，大府，岡崎，豊田アメダスのほぼ中間に位置するため，これまでどの気象観測点データを参照すべきか判断が難しかった（図-1）。これら気象観測点の推定日を比較すると，2018年の第1世代発生ピークにおいて最大5日異なっていた（大府-岡崎間）。岡崎の推定日に合わせて防除計画を立て，さらに天候などにより防除日が遅れた場合は適期を逃していた可能性がある。その点，メッシュ農業気象データに基づく推定の誤差は3日以内であったため，本手法は，気象観測点の中間にあたる圃場における実際の防除場面において高い実用性を有すると考えられた。

Ⅳ　防除指導の効率化・精度向上への寄与

メッシュ農業気象データは，Pythonプログラムと組合せて使用することにより，短時間に県域などの広域範囲の防除適期推定日を可視化・抽出することができる。図-4および表-3は，愛知県内に含まれる地域メッシュすべてにおいて，有効積算温度により計算した2019年のフジコナ卵塊発生ピーク推定日などについて，マップ化および日付を緯度経度別に整理し一覧にした結果である。ナシマルについても同様に出力することが可能である。これにより，実測する以外には，経験に基づく予測に頼るしかなかった個々の圃場における最適な防除日を明確に設定することが可能となる。また，病害虫防除所のような県下全域が対象となる機関において，情報作成の効率化に大きく寄与すると考えられる。

本手法は，フジコナおよびナシマル以外にも有効積算温度による防除適期が明らかになっている他の農業害虫においても，プログラムコードのパラメータを変更することで応用することができる。すでに，ヒメトビウンカやトビイロウンカ等でもその実用性が検証されつつある（奥田ら，2019；田中ら，2019）。

本研究では，過去値を用いて計算し圃場での実測値との適合性を見たが，実際の防除場面においては，防除適期前に予測し，備えなければならない。近年は気温の年

表-2　ナシマルの圃場での実測値と各種計算手法を用いた推定日との比較（恒川ら，2020を一部改変）

年	世代	時期	圃場での実測値	推定日			
			発生ピーク日	メッシュ農業気象データ	大府	岡崎	豊田
2018年	第1世代歩行幼虫	発生初期	5/14	5/14（±0日）	5/13（−1日）	5/16（+2日）	5/16（+2日）
		発生ピーク	5/19～20	5/22（+3～+2日）	5/21（+3～+2日）	5/26（+7～+6日）	5/25（+6～+5日）
	第2世代歩行幼虫	発生初期	不明※	7/7	7/7	7/11	7/10
		発生ピーク	不明※	7/16	7/15	7/19	7/18
2019年	第1世代歩行幼虫	発生初期	5/18	5/21（+3日）	5/20（+3日）	5/25（+7日）	5/24（+6日）
		発生ピーク	5/27～29	5/28（−1～+1日）	5/28（−1～+1日）	6/2（+6～+4日）	6/1（+5～+3日）
	第2世代歩行幼虫	発生初期	不明※	7/13	7/13	7/20	7/18
		発生ピーク	不明※	7/24	7/23	7/28	7/27

（　）内は圃場での実測値からの誤差を示す.
※顕著なピークが認められなかったため，不明とした.

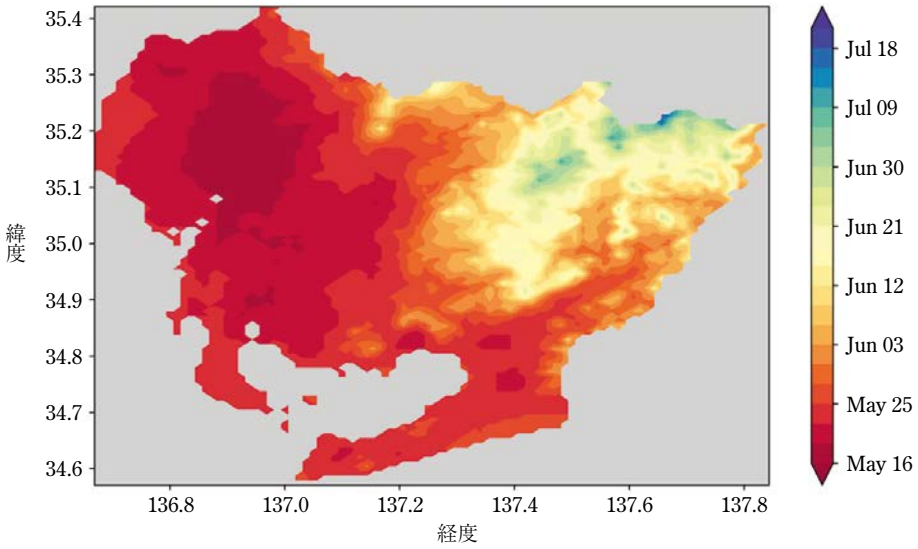


図-4　Python プログラムによる 2019 年のフジコナの第 1 世代卵塊発生ピーク推定日のマップ化（恒川ら，2020 を一部改変）

表-3　地域メッシュごとのフジコナ第 1・2 世代の卵塊ピーク，ふ化ピーク推定日の一覧（恒川ら，2020 を一部改変）

愛知県内の地域メッシュ		第 1 世代		第 2 世代	
緯度	経度	卵塊ピーク予測日	ふ化ピーク予測日	卵塊ピーク予測日	ふ化ピーク予測日
34.579	137.019	5/27	6/7	7/21	8/2
34.579	137.031	5/27	6/7	7/22	8/3
34.579	137.044	5/27	6/7	7/21	8/1
34.579	137.056	5/26	6/6	7/20	7/31
34.588	137.019	5/26	6/6	7/20	7/30
34.588	137.031	5/27	6/7	7/21	8/2
34.588	137.044	5/26	6/6	7/20	8/1
34.588	137.056	5/26	6/6	7/20	8/1
34.588	137.069	5/25	6/5	7/19	7/30
・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・
＊35.163	137.069	5/24	6/5	7/21	8/6
・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・
35.404	136.969	5/27	6/7	7/23	8/9
35.404	136.981	5/29	6/9	7/26	8/12
35.404	136.994	5/27	6/7	7/23	8/9
35.413	136.956	5/27	6/7	7/23	8/9
35.413	136.969	5/27	6/7	7/23	8/9
35.413	136.981	5/31	6/11	7/28	8/15
35.421	136.956	5/29	6/9	7/25	8/11
35.421	136.969	5/26	6/7	7/22	8/8
35.421	136.981	5/29	6/9	7/26	8/12
35.421	136.994	5/29	6/9	7/25	8/12

＊は，フジコナの試験を実施した圃場を含む地域メッシュを示す．

次変動が激しく，予測した日以降の未来値を平年値もしくは前年値で計算した場合，当日までに予測誤差が生じることが多々ある。その点，メッシュ農業気象データでは当日から最長 26 日先まで気象庁の発表に基づく各種予報値を利用することができ，より正確な未来値が得られる。田中ら（2019）は，トビイロウンカの世代推定において，未来値について，アメダス平年値を利用するより，メッシュ農業気象データの予報値を利用したほうが正しく推定できたとしている。また，メッシュ農業気象データは，2021 年 1 月より時別データ（気温のみ）の配信も開始している。これらを組合せることで，さらに精緻に防除日を推定できる可能性がある。

お　わ　り　に

メッシュ農業気象データをはじめ，近年のスマート農業の発展が後押しし，圃場ごとの環境データがオンデマンドに入手できるようになってきている。一方で，環境データは，病害虫発生状況など実際の現象と結びつけられることで初めて生産現場に活かせる内容となる。生産現場がスマート農業の恩恵を最大限に受けられるように，人間の足で稼いだ調査データとの融合・検証がさらに進められることが望まれる。

引　用　文　献

1）新井朋徳（2009）：植物防疫 **63**(2)：104～107.
2）石川博司ら（2011）：関西病虫研報 **53**：135～137.
3）小出哲哉ら（2009）：同上 **51**：115～116.
4）宮下奈緒ら（2014）：北陸病虫研報 **63**：29～31.
5）森下正彦（2006）：応動昆 **50**(3)：211～216.
6）西野　実（2019）：植物防疫 **73**(5)：299～301.
7）農研機構（2019）：職務作成プログラム 機構−Z03/P 第 11026 号−1，https://www.naro.go.jp/collab/program/laboratory/rcait/133033.html（2021 年 4 月 2 日アクセス）
8）奥田　充ら（2019）：関東東山病虫研報 **66**：52～55.
9）大野宏之ら（2016）：生物と気象 **16**：71～79.
10）坂神泰輔・是永龍二（1981）：応動昆 **25**(1)：52～54.
11）澤村信生・奈良井祐隆（2008）：応動昆 **52**(3)：113～121.
12）田中　慶ら（2019）：九州病虫研報 **65**：75～83.
13）恒川健太ら（2020）：関西病虫研報 **62**：71～77.
14）手柴真弓（2013）：応動昆 **57**(3)：129～135.

新しく登録された農薬（2021.4.1～4.30）

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

「殺虫剤」

●オキサゾスルフィル粒剤

24512：**アレス箱粒剤**（住友化学）

24513：**ブエノ UN 箱粒剤**（住化農業）

21/4/21

オキサゾスルフィル：2.0%

稲（箱育苗）：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，ニカメイチュウ，フタオビコヤガ，イネツトムシ，コブノメイガ，イナゴ類：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：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，，ニカメイチュウ，フタオビコヤガ，イネツトムシ，コブノメイガ，イナゴ類：は種前

「殺虫殺菌剤」

●オキサゾスルフィル・イソチアニル粒剤

24514：**スタウトアレス箱粒剤**（住友化学）

24515：**ブエノ粒剤**（住化農業）

24516：**稲名人箱粒剤**（協友アグリ）

21/4/21

オキサゾスルフィル：2.0%

イソチアニル：2.0%

稲（箱育苗）：いもち病，白葉枯病，もみ枯細菌病，穂枯れ（ごま葉枯病菌），内穎褐変病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ，ウンカ類，ツマグロヨコバイ，ニカメイチュウ，フタオビコヤガ，イネツトムシ，コブノメイガ，イナゴ類，苗腐敗症（もみ枯細菌病菌），苗立枯細菌病：は種前

稲（箱育苗）：いもち病，白葉枯病，もみ枯細菌病，穂枯れ（ごま葉枯病菌），内穎褐変病，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ，ウンカ類，ツマグロヨコバイ，ニカメイチュウ，フタオビコヤガ，イネツトムシ，コブノメイガ，イナゴ類，苗腐敗症（もみ枯細菌病菌），苗立枯細菌病：は種時（覆土前）

（21 ページに続く）

研究報告

チャ栽培における赤色防虫ネットのチャノキイロアザミウマおよびチャノミドリヒメヨコバイに対する防除効果

京都府農林水産技術センター 生物資源研究センター 徳丸晋虫（とくまるすすむ）

はじめに

近年，チャの生産地では，チャノキイロアザミウマ *Scirtothrips dorsalis* Hood（以下，チャノキイロと略記）およびチャノミドリヒメヨコバイ *Empoasca onukii* Matsuda（以下，チャノミドリと略記）が多発し，減収および製茶品質が低下する被害が問題になっている。チャノキイロは，チャ（南川・刑部，1979），カンキツ（西野・小泊，1988），ブドウ（高木ら，1972），ピーマン（高知県病害虫防除所，2008）等，広範囲の農作物を吸汁加害する。チャでは，成・幼虫が新芽を加害し，萌芽期に加害されると新芽の生育が停止し，著しく減収する（河合，1997）。チャノミドリは，別名をチャノウンカとも呼び，古くからチャの重要害虫として知られている。本種も成・幼虫がチャの新芽を吸汁加害し，生育を著しく阻害し，製茶品質を低下させる。両種に対する防除は，専ら殺虫剤の散布が中心になるが，近年，両種のネオニコチノイド系殺虫剤に対する感受性低下が国内のチャ生産地で報告されている（小杉，2006；長ヶ原ら，2008；小澤ら，2009；山下ら，2011；小杉・芳賀，2013；徳丸ら，2013）。このため，殺虫剤に頼らない防除法の開発が望まれている。

殺虫剤に頼らない物理的防除法の一つとして赤色防虫ネットの利用が野菜栽培を中心に進んでいる（徳丸・伊藤，2019）。これまで赤色防虫ネットによる防除効果は，キャベツのアザミウマ類（大矢ら，2011），ネギのネギアザミウマ（上山ら，2013；徳丸・伊藤，2018）およびキュウリのミナミキイロアザミウマ（桑原ら，2013；妙楽，2017）でそれぞれ確認されているが，チャ害虫に対する防除効果は明らかにされていない。そこで，チャ栽培園において赤色防虫ネットのチャノキイロおよびチャノミドリに対する防除効果について調べたのでその概要について報告する。

本文に先立ち，日本ワイドクロス株式会社の阿部弘文および吾郷泰三の両氏には，試験で用いた各種防虫ネットを製作，ご提供いただいた。生産者の中西義典氏には試験チャ園のご提供と管理にご協力いただいた。これらの方々に対して心より感謝し，お礼申し上げる。

なお，本研究は，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」（管理法人：農研機構生研支援センター）により実施した。

I 試験方法

試験は京都府京都市伏見区の有機栽培チャ園で 2016 年の 8～9 月および 2017 年 9～11 月の 2 回行った。

試験区は 2016 年が 1 区 5.25 m²（1.75 m × 3.0 m），2017 年が 5.4 m²（1.8 m × 3.0 m）とした。2016 年 8 月 12 日にチャの樹冠部を縦糸をポリエチレン製の赤糸，横糸を同製の白糸で平織りにした 0.8 mm 目合の防虫ネットで覆った赤白ネット区，縦および横糸ともに同製の赤糸で平織りにした同目合の赤赤ネット区，および対照区としてネット無区を設けた。同様に 2017 年では 8 月 27 日に 0.8 mm 目合の赤赤ネット区，縦および横糸ともに同製

図-1 各種防虫ネットで覆った茶樹
（樹冠部を各種防虫ネットで覆う）

Effectiveness of Red Insect-proof Nets for Controlling *Scirtothrips dorsalis* and *Empoasca onukii* in a Tea Field. By Susumu Tokumaru

（キーワード：赤色防虫ネット，チャノキイロアザミウマ，チャノミドリヒメヨコバイ，防除，チャ）

の白糸で平織りにした同目合の白ネット区，および対照区としてネット無区を設けた（図–1）。両年とも各試験区を3区ずつ設け，試験期間中に化学農薬の使用はなかった。

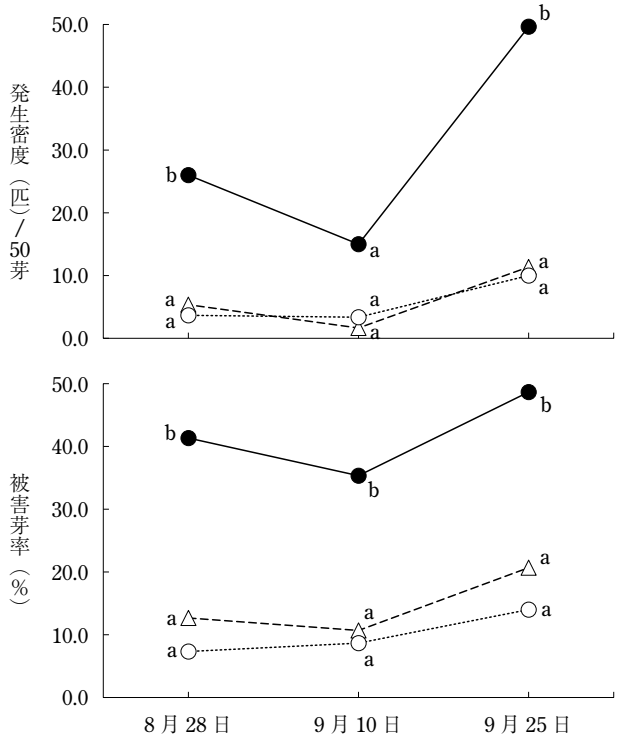
調査は，2016年8月28日（設置16日後），9月10日（同29日後）および25日（同44日後），ならびに2017年9月15日（設置19日後），10月5日（同39日後）および11月2日（同67日後）に行った。各試験区において，50芽を任意に選び，チャノキイロおよびチャノミドリによる被害（チャノキイロ：芽裏面のすじ状の褐変痕，チャノミドリ：芽の枯死）の有無とチャノキイロでは，芽に寄生する成幼虫数を調査した。

Ⅱ　赤色防虫ネットのチャノキイロアザミウマに対する防除効果

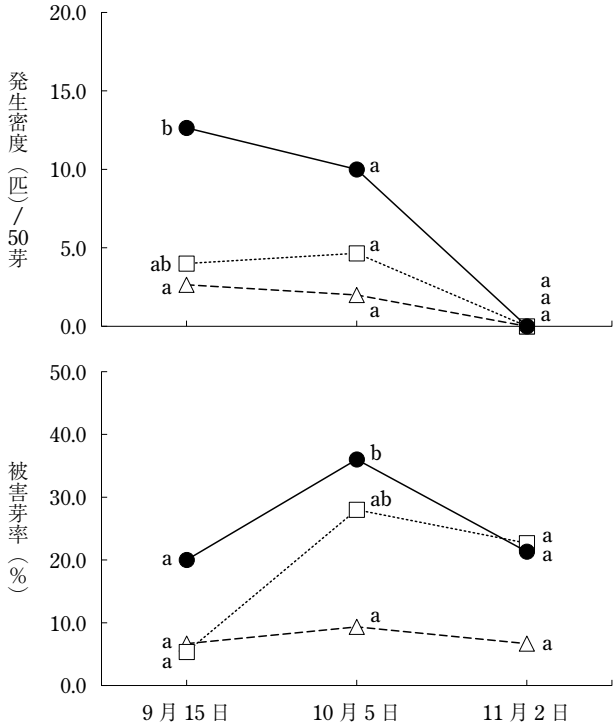
2016年の各試験区におけるチャノキイロ成幼虫数および被害芽率の推移を図–2に示した。赤白ネット区では，設置16日後（8月28日）から同44日後（9月25日）まで50芽当たりのチャノキイロの発生をネット無区の約7分の1から5分の1の密度に抑えた。また，赤赤ネット区においても設置16日後から同44日後までネット無区の約10分の1から5分の1の密度に抑えた。赤白および赤赤ネット区ともに，設置16日後および同44日後にはネット無区と比較してそれぞれ有意な差が認められた（Tukeyの多重比較検定，$P<0.05$）。各調査日で赤白ネット区と赤赤ネット区の間には有意な差は認められなかった（Tukeyの多重比較検定，$P>0.05$）。

赤白ネット区の被害芽率は，設置16日後から同44日後まで6.0～24.0%（平均7.3～14.0%）の範囲であった。赤赤ネット区でも，設置16日後から同44日後まで6.0～26.0%（平均10.7～20.7%）の範囲であった。赤白および赤赤ネット区ともに各調査日でネット無区との間には有意差が認められた（逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P<0.01$）。

2017年の各試験区におけるチャノキイロ成幼虫数および被害芽率の推移を図–3に示した。赤赤ネット区では，設置39日後（10月5日）まで50芽当たりのチャノキイロの発生を5匹以下の密度に抑制し，設置39日後にはネット無区の約5分の1，白ネット区の約2分1にそれぞれ抑えた。設置19日後（9月15日）には赤赤ネット区とネット無区の間に有意な差が認められた（Tukeyの多重比較検定，$P<0.05$）。



図–2　各試験区におけるチャノキイロアザミウマの発生密度および被害芽率の推移（2016年）
※異なる文字間で有意差あり（発生密度：Tukeyの多重比較検定，$P<0.05$，被害芽率：逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P<0.01$）．
△：赤赤ネット区，○：赤白ネット区，●：ネット無区．



図–3　各試験区におけるチャノキイロアザミウマの発生密度および被害芽率の推移（2017年）
※異なる文字間で有意差あり（発生密度：Tukeyの多重比較検定，$P<0.05$，被害芽率：逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P<0.01$）．
△：赤赤ネット区，□：白ネット区，●：ネット無区．

赤赤ネット区の被害芽率は設置19日後から同67日後（11月2日）まで10%未満に推移し，ネット無区の約4分の1から3分の1，白ネット区（設置19日後を除く）の約3分の1にそれぞれ抑えられた。設置39日後には赤赤ネット区とネット無区間に有意な差が認められた（逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P<0.05$）。

III　赤色防虫ネットのチャノミドリヒメヨコバイに対する防除効果

2016年の各試験区におけるチャノミドリの被害芽率の推移を図-4に示した。赤白ネット区では，設置29日後（9月10日）のみにチャノミドリによる被害芽の発生を認め，有意差はないものの，50芽当たりの被害芽率は，ネット無区の約2分の1に抑えられた（逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P>0.05$）。赤赤ネット区では，試験期間を通じてチャノミドリによる被害芽の発生を認めなかった。

2017年の各試験区における被害芽率の推移を図-5に示した。赤赤ネット区では，設置67日後（11月2日）にのみチャノミドリによる被害芽の発生を認め，有意差は認められなかったが，被害芽率は白ネットおよびネット無区の約3分の1および5分の1にそれぞれ抑えられた（逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P>0.05$）。

考察および今後の課題

赤色防虫ネットの防除効果については，これまで*Thrips*属のネギアザミウマ*Thrips tabaci* Lindeman（上山ら，2013；徳丸・伊藤，2018）およびミナミキイロアザミウマ*Thrips palmi* Karny（桑原ら，2013；妙楽，2017）ならびにオンシツコナジラミ*Trialeurodes vaporariorum* Westwood（徳丸・伊藤，2018）でそれぞれ確認されている。その防除効果を示すメカニズムについては明らかにされていないが，上記害虫は赤色防虫ネット内の植物を視覚認識できないと考えられている（徳丸・伊藤，2018）。本試験においても赤色防虫ネットを被覆した区ではチャノキイロの発生密度ならびにチャノミドリの被害芽の発生を抑えており，これら両種に対する防除効果も期待できると考えられる。また，我が国ではこれまでに，両種（チャノキイロ：佐野，2007；柴尾・田中，2008；小杉・芳賀，2013；徳丸ら，2013，チャノミドリ：小杉，2006；長ヶ原ら，2008；小澤ら，2009；山下ら，2011）に対する薬剤殺虫効果の低下が報告されている。したがって，赤色防虫ネットは，両種に対する殺虫剤を用いない新たな防除技術として有望であると考えられる。

徳丸・伊藤（2019）は，露地ネギ栽培において，圃場全体を赤色防虫ネットで囲むことにより，ネギアザミウマの発生密度をネット無区の約2分の1に抑えたと述べている。これまで赤色防虫ネットは，主に施設野菜（桑原ら，2013；妙楽，2017）で防除効果試験が行われているが，今後はチャや果樹等の露地作物での利用方法を確立する必要がある。また，本試験は自然仕立て茶園（茶の樹を自然のまま伸ばして育てた茶園）で行ったことから，今後は弧状仕立て茶園や機械摘み茶園（機械で摘採するために整枝して樹の形を整えた茶園）での試験を行う必要もある。

チャではチャノキイロおよびチャノミドリ以外に，カンザワハダニ*Tetranychus kanzawai* Kishida，コミカンアブラムシ*Toxoptera aurantii*（Boyer de Fonscolombe）およびチャトゲコナジラミ*Aleurocanthus camelliae* Kanmiya

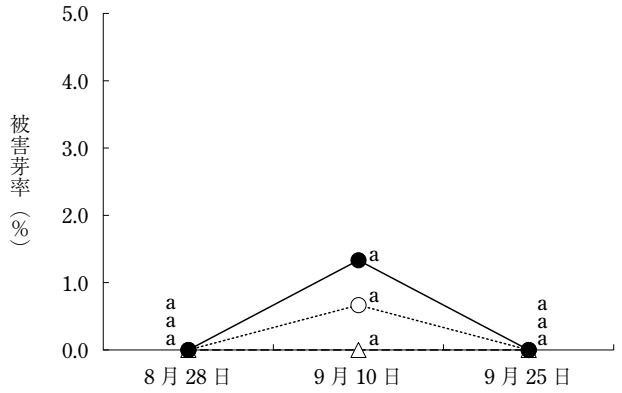


図-4　各試験区におけるチャノミドリヒメヨコバイの被害芽率の推移（2016年）
※異なる文字間で有意差あり（逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P<0.05$）．
△：赤赤ネット区，○：赤白ネット区，●：ネット無区．

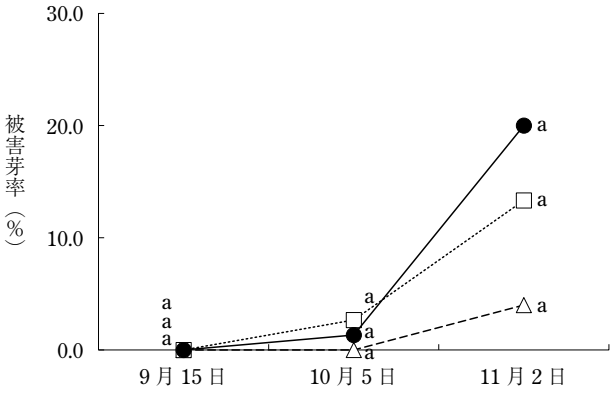


図-5　各試験区におけるチャノミドリヒメヨコバイの被害芽率の推移（2017年）
※異なる文字間で有意差あり（逆正弦変換値を用いたTukeyの多重比較検定，$P<0.05$）．
△：赤赤ネット区，□：白ネット区，●：ネット無区．

and Kasai が芽を加害する。本試験では，これらの害虫に対する防除効果については調べていない。したがって今後は，赤色防虫ネットのこれら害虫に対する防除効果についても調べる必要がある。

Shahak et al.（2004）は，モモを赤色防虫ネット下で栽培することにより，一果実重が増加すると述べている。赤色防虫ネットがチャの収量および品質へ与える影響については不明であり，今後は赤色防虫ネットの生育への影響についても詳細に調べる必要がある。

引　用　文　献

1）長ケ原　智ら（2008）：茶研報 **106**（別）：118～119.
2）河合　章（1997）：植物防疫 **51**：587～589.
3）小杉由紀夫（2006）：茶研報 **102**（別）：100～101.
4）――――・芳賀　一（2013）：関西病虫研報 **55**：79～81.
5）高知県病害虫防除所（2008）：病害虫発生予察特殊報第 1 号：1～2.
6）桑原克也ら（2013）：関東病虫研報 **60**：107～109.
7）南川仁博・刑部　勝（1979）：茶樹の害虫，日本植物防疫協会，東京，p.20～23.
8）西野　操・小泊重洋（1988）：チャノキイロアザミウマ，農作物のアザミウマ（梅谷献二・工藤　巌・宮崎昌久 編），全国農村教育協会，東京，p.192～233.
9）大矢武志ら（2011）：関東病虫研報 **58**：115（講要）.
10）小澤朗人ら（2009）：同上 **56**：107～109.
11）佐野敏広（2007）：平成 18 年度近畿中国四国農業研究成果情報：51～52.
12）Shahak, Y. et al.（2004）：Acta Hort. **636**：609～616.
13）柴尾　学・田中　寛（2008）：関西病虫研報 **50**：171～172.
14）妙楽　崇（2017）：植物防疫 **71**：225～228.
15）高木一夫ら（1972）：同上 **26**：429～438.
16）徳丸　晋ら（2013）：茶研報 **116**（別）：54～55.
17）――――・伊藤　俊（2018）：植物防疫 **72**：88～91.
18）――――・――――（2019）：技術と普及 **56**：76～77.
19）上山　博ら（2013）：関西病虫研報 **55**：123～124.
20）山下幸司ら（2011）：同上 **53**：95～97.

（新しく登録された農薬 17 ページからの続き）

●オキサゾスルフィル・ジクロベンチアゾクス粒剤
24517：**ブーンアレス箱粒剤**（クミアイ化学）21/4/21
オキサゾスルフィル：2.0%
ジクロベンチアゾクス：2.0%
稲（箱育苗）：いもち病，ウンカ類，ツマグロヨコバイ，イネドロオイムシ，イネミズゾウムシ，コブノメイガ：は種時（覆土前）～移植当日
稲（箱育苗）：ニカメイチュウ：移植当日
●クロチアニジン・ミクロブタニル液剤
24518：**ガーデンアシスト W スプレー**（キング園芸）21/4/21
クロチアニジン：0.0080%
ミクロブタニル：0.0025%
なし：ケムシ類：収穫 14 日前まで
もも：カメムシ類：収穫 7 日前まで
おうとう：カメムシ類：収穫 3 日前まで
かき：うどんこ病：収穫 7 日前まで
きゅうり：アブラムシ類，うどんこ病：収穫前日前まで
なす：アブラムシ類，うどんこ病：収穫前日前まで
トマト：コナジラミ類，葉かび病：収穫前日前まで
ミニトマト：コナジラミ類，葉かび病：収穫前日前まで
ピーマン：アブラムシ類，うどんこ病：収穫前日前まで
ねぎ：ネギアザミウマ：収穫 7 日前まで
わけぎ：ネギアザミウマ：収穫 7 日前まで
花き類・観葉植物（きくを除く）：アブラムシ類，うどんこ病：発生初期
きく：アブラムシ類，白さび病：発生初期

「除草剤」
●オキサジクロメホン・テフリルトリオン・メタゾスルフロン水和剤
24511：**ディオーレ顆粒**（日産化学）21/4/7
オキサジクロメホン：5.0%
テフリルトリオン：25.0%
メタゾスルフロン：12.5%
移植水稲：一年生雑草，マツバイ，ホタルイ，ウリカワ，ミズガヤツリ，ヒルムシロ，セリ

「植物成長調整剤」
●クロルタールジメチル・デシルアルコール乳剤
24510：**ホワイトリボン**（エスディーエス）21/4/7
ジメチル＝テトラクロロテレフタラート：0.20%
デシルアルコール：70.0%
たばこ：わき芽抑制

トピックス

青森県で発生したカボチャ果実斑点細菌病について

青森県産業技術センター野菜研究所　近藤（こんどう）　亨（とおる）

はじめに

青森県におけるカボチャの出荷量は，農林水産省野菜生産出荷統計（2019年）によると1,460 tほどであるが，特に県内下北地域，今別地域では，1株に1果だけ結実させて栽培する「一球入魂カボチャ」が地域ブランドの高級カボチャとして生産されている。ところが2018年，県内下北地域においてカボチャ果実に大小のいぼ症状が発生し，大きな被害を受けた。そこでこの原因を詳細に調査したところ，*Pseudomonas syringae* pv. *syringae* によるカボチャ果実斑点細菌病の発生が明らかとなった（近藤・遠，2020）。本病の発生は，東北地域における初確認であるので，ここに紹介し今後の被害拡大防止に役立てていただければと思う。

なお，本研究は農業・食品産業技術総合研究機構東北農業研究センター 遠瑞枝博士との共同研究により行われた。また，現地調査および現地被害写真等の提供は，青森県下北地域県民局地域農林水産部農業普及振興室松田正利氏の協力によるものである。ここに記して深く感謝申し上げる。

I　発生状況および病徴

2018年8月，県内下北地域にあるむつ市のカボチャ栽培露地圃場1地点において，果実障害が発生したため，調査を行った。障害発生圃場における作型は，定植日5月26日，交配日6月28～30日の1果採り露地栽培であった。カボチャ品種は‘ダークホース’であった。圃場は水田転作畑で，カボチャの連作が7年目であり，栽培面積は15 aであった。被害果には，かさぶた状の大きなものから直径数mm程度の小さなものまで，多数のいぼ状突起が形成されており，軽度のものも含めると80%以上の果実に症状が認められた（図-1a～c）。障害発生圃場のカボチャ株では，下葉周縁部からの枯れ上がりが認められた。今回の調査は既に収穫期を迎えていた

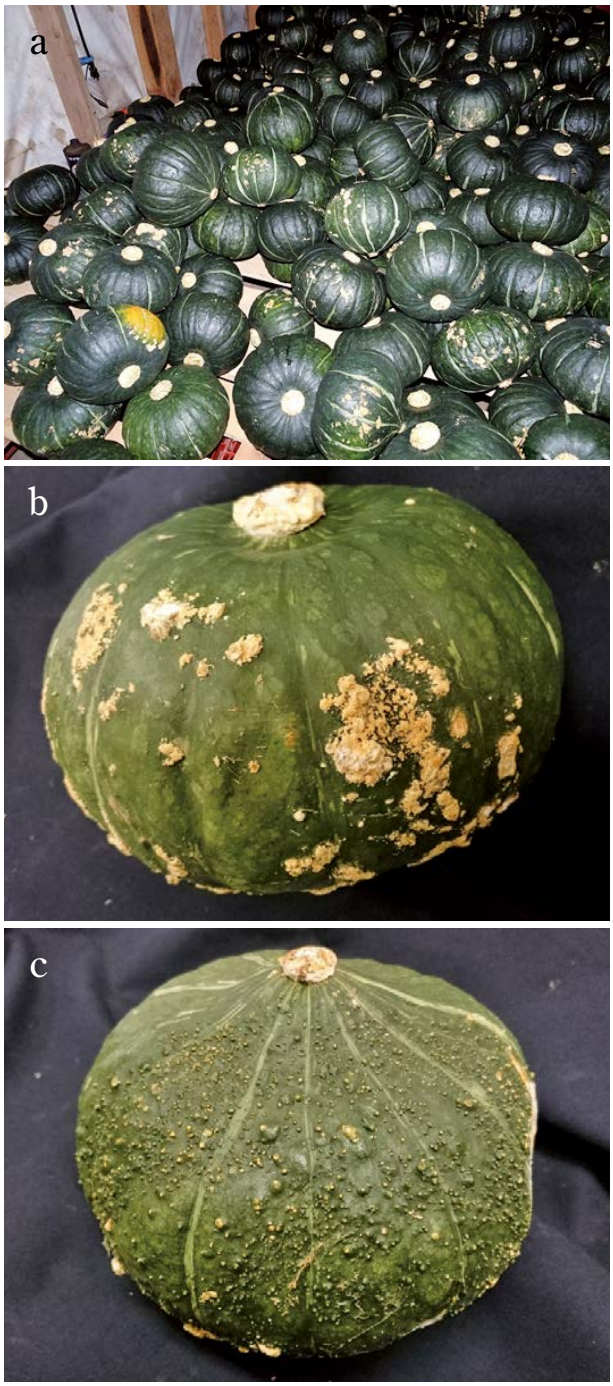


図-1　カボチャ果実斑点細菌病の被害および病徴
a：被害発生状況．b：果実の病徴（かさぶた状の大型突起）．
c：果実の病徴（小型突起）．

Bacterial Spot of Squash Caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in Aomori Prefecture.　By Toru Kondo

（キーワード：カボチャ，果実斑点細菌病）

ため，翌年生育期の茎葉被害調査を計画していたが，残念ながら生産者がカボチャ栽培を止めてしまったため実施できなかった。果実表面のいぼ状突起は，後に被害果から分離された細菌を，カボチャの幼果表面に接種することにより再現された。

II　病原菌の分離および細菌学的性状解析

上記圃場で採取されたいぼ症状を呈するカボチャ果実から細菌を分離し，4 菌株を得た。これら 4 菌株と比較参考菌株 *P. syringae* pv. *syringae* LOB2–1 株について，細菌学的性状解析を行ったところ，いずれも，グラム陰性，OF 試験では O 型（酸化型）を示し，King's B 培地上で蛍光色素を産生した。また，レバン産生能とタバコ過敏感反応は陽性，オキシダーゼ活性，ジャガイモ塊茎腐敗能，アルギニンジヒドロラーゼ活性は陰性を示したことから，主要性質（LOPAT）による蛍光色素生産性 *Pseudomonas* 属植物病原細菌の類別によると，Ia 群の *P. syringae* に属した。さらに API20NE キットを用いた細菌学的性状試験の結果，分離菌株は，*P. syringae* pv. *syringae* の比較参考菌株 LOB2–1（MAFF301861）と一致する性状（API プロファイル 0446551）を示した。

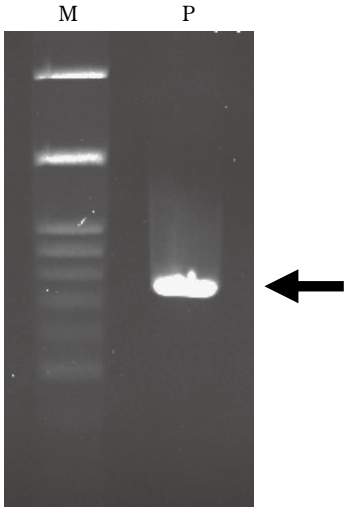
III　遺伝子解析

分離 4 菌株のうち 1 菌株について，*P. syringae* pv. *syringae* が含まれる *P. syringae hrp* III 群菌特異的検出 PCR（Inoue and Takikawa, 2006）を行った結果，予想された約 750 塩基のバンドが確認された（図–2）。また，16S rRNA 遺伝子塩基配列解析を行ったところ，分離菌株および比較参考菌株 LOB2–1 の塩基配列（1,383 塩基）は完全に一致した。

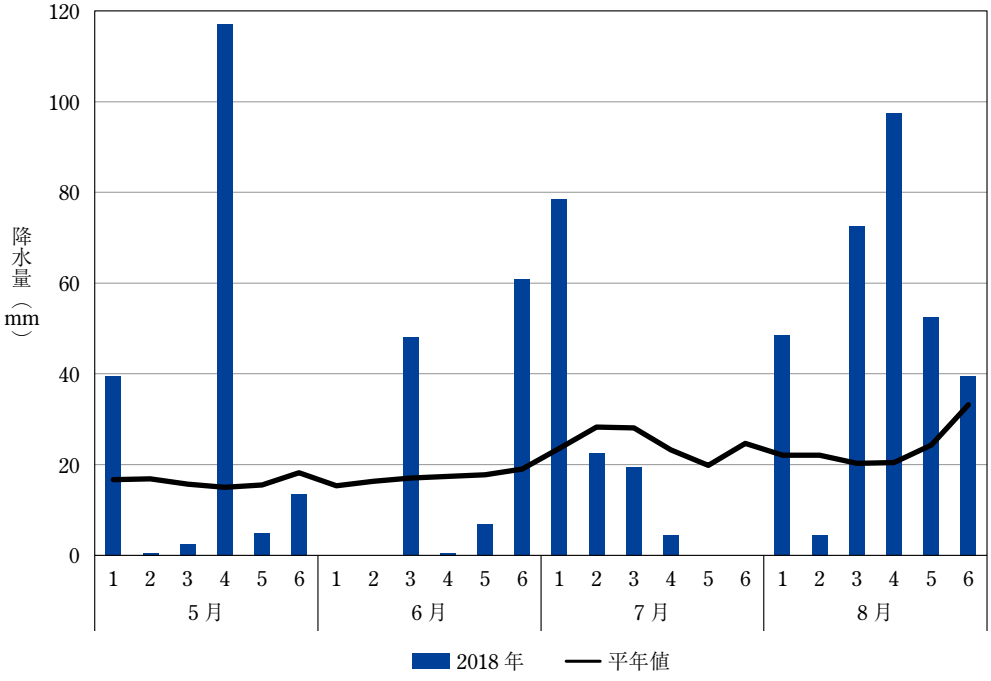
以上の結果から，分離菌を *P. syringae* pv. *syringae*，本症状をカボチャ果実斑点細菌病と同定した。

IV　発生要因および防除対策

今回調査を行った 1 地点のカボチャ生産圃場では，本病による被害果割合が軽度のものも含めると 80%以上



図–2　*Pseudomonas syringae hrp* III 群菌特異的検出 PCR による検出
M：分子量マーカー，P：分離菌株.



図–3　2018 年むつ市の半旬別降水量

と，甚大な被害が出た。本病については，新村・美濃（2015）が生態と防除に関する詳細な試験を行っていることから，この知見を考慮しつつ，生産者からの聞き取り情報などから甚発生した原因を推察すると，①カボチャを連作していた（7年目），②水田転作畑であり水はけが悪かった，③果実への感染がおこりやすいとされている開花前後の時期（6月第6半旬から7月第1半旬）に降水量が多かった（図-3），④細菌病を意識していなかったため，薬剤防除がされていなかった，ことが挙げられる。今後被害を防止するための対策としては，連作を避ける，作物残渣を適切に処分する，圃場の排水をよくする等の耕種的防除法を励行するとともに，登録農薬（現時点では銅剤のみ）による生育期前半から開花期前後を重点とした予防散布が重要と考えられる。カボチャ品種の抵抗性や菌株による病原性の違いに関してはまだ知見が少ないため，今後の課題である。

お　わ　り　に

本病は2011年鹿児島県で初めて報告された（西ら，2011）。その後，2014年に北海道（新村，2014）および沖縄県（沖縄県病害虫防除技術センター，2014）で発生が確認された。一方，東北地域においては青森県が初確認となったが，他県にて類似症状を診たことがあるという情報もあり，既に他地域でも発生している可能性がある。本症状は，果肉内部への腐敗は伴わないが，外観品質を著しく損なうため，多雨などの感染好適条件により多発すると，本事例のように甚大な経済的被害を生ずる。カボチャ産地の方々には十分に警戒していただきたい。

引　用　文　献

1）Inoue, Y. and Y. Takikawa（2006）: Journal of General Plant Pathology **72**: 26～33.
2）近藤　亨・達　瑞枝（2020）: 北日本病虫研報 **71**: 58～61.
3）西　八束ら（2011）: 日植病報 **77**: 38（講要）.
4）沖縄県病害虫防除技術センター（2014）: 平成26年度病害虫発生予報 **9**: 19.
5）新村昭憲（2014）: 日植病報 **80**: 57（講要）.
6）――――・美濃健一（2015）: 植物防疫 **69**: 656～662.

登録が失効した農薬（2021.4.1～4.30）

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

「殺虫剤」

●イミダクロプリド粒剤

18214：**ヤシマアドマイヤー箱粒剤**（協友アグリ株式会社）21/4/1

「殺虫殺菌剤」

●クロチアニジン・トリシクラゾール・フェリムゾン粉剤

21713：**ノンブラスダントツH粉剤DL**（協友アグリ株式会社）21/4/1

●クロチアニジン・トリシクラゾール・バリダマイシン・フェリムゾン粉剤

22832：**ノンブラスバリダダントツH粉剤DL**（協友アグリ株式会社）21/4/1

トピックス

トルコギキョウ斑点病の生育適温および病徴と発病程度の品種間差

熊本県農業研究センター 生産環境研究所　舛本（ますもと）　将明（まさあき）・坂本（さかもと）　幸栄子（さえこ）*

はじめに

トルコギキョウは，2019年の作付面積が424 haであり，キク，ユリに次ぐ第3位となっており，我が国の花き生産において重要な品目の一つとなっている（農林水産省，2020）。その中で熊本県におけるトルコギキョウの作付面積は，全国2位の46.9 haを有している。

我が国でのトルコギキョウ斑点病の発生は，2008年に福岡県で初めて確認されたが，当時は拡大せずに終息しており大きな問題にならなかった（成山，2018）。しかし，2015年ころから九州各県で一斉に発生し始め，熊本県では2016年に初確認され，その後県内のほぼすべての産地で発生が認められている。全国的に見ると東北以南の各地で発生が確認されており，2021年1月末までに21県で特殊報が発出されている。本病は*Pseudocercospora nepheloides*によって引き起こされ（Braun et al., 2009），ほぼ年間を通じて発病する。ただし，春季と秋季の多湿条件下で多発しやすく，夏季には発生が減少することが知られている（成山，2018；成山・石井，2020）。本病は，葉に灰褐色から黒褐色のすす状病斑を生じるため，葉も観賞の対象となる花きでは商品価値を著しく低下させることが問題となっている。しかし，本病は国内では新しい病害であることから，発生生態をはじめとしていまだ不明な点が多く，効果的な防除技術が確立されていない。

本稿では，本病の発生生態に関するいくつかの知見が得られたので紹介する。

I　菌糸生育および分生子発芽の生育適温

*Pseudocercospora*属を含む*Cercospora*属とその類縁属菌は，発芽可能温度が10℃～35℃，至適温度は25℃付近であることが報告されているものの（中島，2020），種によって生育適温が異なることが知られている。そのため，本病原菌の菌糸生育と分生子発芽の適温について検討した。菌糸生育試験は，2017～19年に県内主要産地（4地域13圃場）から採取した本病原菌13菌株を用いた。5℃～45℃までを5℃間隔で九つの温度条件とし，各菌株がPDA培地上において14日間で伸長した菌糸の長さを，採取地域ごとに平均化した菌糸伸長度で評価した。その結果，菌糸伸長度は20～30℃で良好であった。一方，5～20℃および30～40℃では菌糸伸長度は次第に低下し，5℃または40℃では菌糸が伸長しなかった。既報の知見として培地上における菌糸生育適温については，15℃～25℃までは温度が高くなるほど菌糸の生育が早いことが報告されており（成山・石井，2020），同様の傾向であった（図-1）。

次に，分生子発芽適温について試験を行った。県内3地域から採取した3菌株を用いて発病させた株から分生子懸濁液を作成し，素寒天培地に塗布した。その後，5℃～45℃まで5℃刻みの温度条件で2日間暗黒下で培養後，発芽の有無を調査し発芽率を算出した。その結果，発芽率は15℃～35℃で良好であり，5℃または40℃でも発芽がわずかに認められたものの，45℃では発芽しなかった。このことから分生子の発芽適温は15℃～35℃と，中島（2020）の報告と同様の結果であり，菌糸生育適温と比較するとより温度適応の幅が広かった（図-2）。また，菌糸生育の下限および分生子発芽の上限温度には，菌株間および採取地域間の差はなかった。さらに，40℃以上で14日間培養し生育しなかった菌糸と40℃と45℃で7日間培養し発芽しなかった分生子を適温条件に移し，正常に生育するかを確認したところ，どちらも生育は見られなかった。

トルコギキョウ栽培におけるハウス内温度は，いずれの作型であっても昼夜を通じて10℃～30℃の間で推移するように管理することが多く，本病原菌の生育適温と重なっていることが明らかになった。特に，夜温が下がる初春や晩秋では夜間にハウスを閉め切ることから多湿となり，本病が多発しやすい条件となっていることが考えられる。一方，菌糸伸長は40℃以上で14日間，分生

Optimum Temperature of Leaf Spot of *Eustoma grandiflorum* and Its Varietal Differences in Disease Symptoms and Severity.　By Masaaki Masumoto and Saeko Sakamoto

（キーワード：トルコギキョウ斑点病，品種間差，病徴，発病程度，生育適温）

*現所属：熊本県農林水産部生産経営局農産園芸課

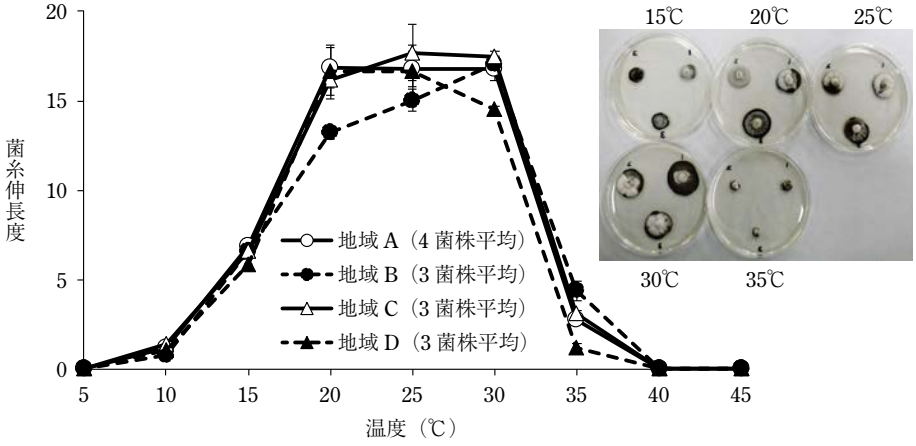


図-1　トルコギキョウ斑点病菌の菌糸伸長に適した温度条件
20% PDA 培地で 14 日間前培養後，4 mm の菌叢ディスクを PDA 培地に置き，暗黒下で培養した．培養 14 日目に菌叢ディスクの外縁部から伸長した菌糸の先端部までの長さを計測し（n = 3），最長と最短の平均値を菌糸伸長度とし，菌株採取地域別に平均値を算出した．右上は培養 14 日目の菌叢写真．

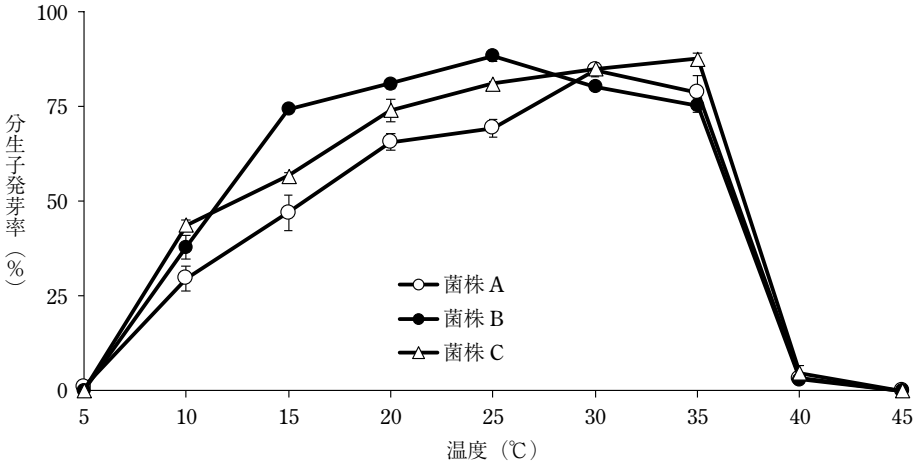


図-2　トルコギキョウ斑点病菌の分生子発芽に適した温度条件
各菌株を別々にトルコギキョウ株に接種して発病させ，病斑から分生子を採取した．分生子濃度を約 1×10^4 個/m*l* に調整して，200 μl を素寒天培地に塗布し，2 日間各温度，暗黒下で培養後，100 個の分生子について発芽の有無を調べ，発芽率を算出した（n = 3）．

子発芽は 45℃ 以上で 7 日間の処理により生育を抑制できることが示された。分生子は発芽可能な状態でハウス内の支柱やパイプに生存しているため（成山・石井, 2020），高温時のハウス密閉処理が次作における本病の発生を抑制する耕種的防除技術の一つとして活用できる可能性がある。

II 品 種 間 差

1　潜伏期間および発病程度への影響

多くの花き病害は感受性や病徴，標徴に品種間差があることが知られており，菌株によっても品種の感受性が異なることが報告されている。そのため，県内で栽培されている 6 品種（表–1）を供試品種とし，県内 4 地域から採取した 4 菌株と組合せて，本病における感受性の品種間差を検討した。試験は 20℃ に設定した人工気象室内においてポット栽培で行った。接種は 1×10^4 個/m*l* に調製した分生子懸濁液を 4 対葉期の株全体に噴霧する方法で行い，接種後は 5 日間ビニールで被覆して保湿し，

表-1　供試品種一覧

供試品種	早晩性	花色
プライムホワイト	中晩生	白
ハピネスホワイト	中晩生	白
ロジーナラベンダー	中生	淡紫
ボヤージュ（1 型）サクラ	早生	淡ピンク
ボヤージュ（1 型）グリーン	早生	淡緑
海ほのか	中生	白，青縁

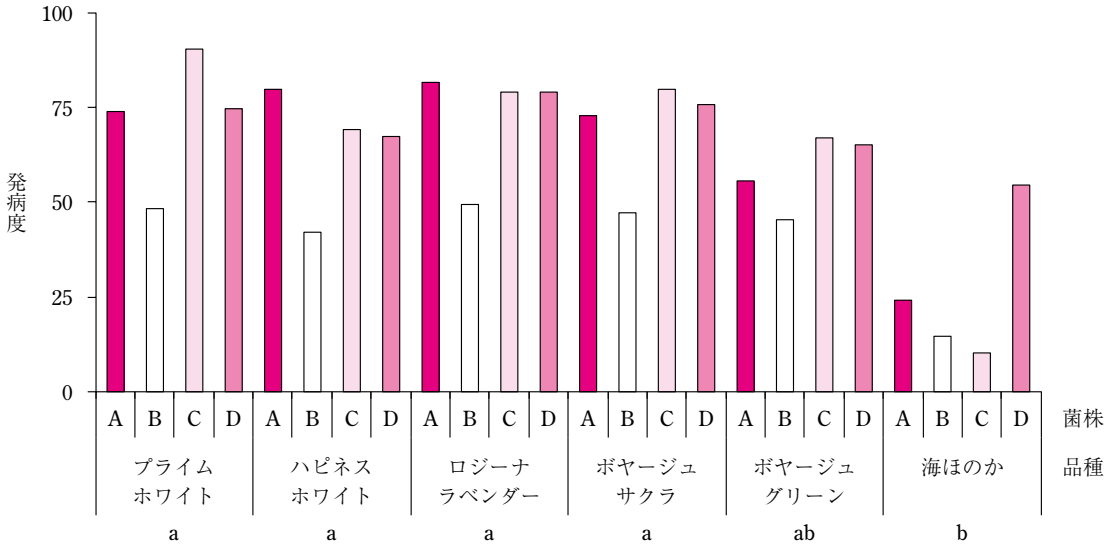


図-3　トルコギキョウの品種が斑点病の発病度に与える影響
接種 22 日後に接種時の最上位展開葉から下の 4 対葉について発病程度を次の基準により調査し，下式により発病度を算出した（n = 10）.
発病指数　0：発病を認めない　1：病斑面積率が 5%未満　2：病斑面積率が 5%以上 25%未満
3：病斑面積率が 25%以上 50%未満　4：病斑面積率が 50%以上
発病度 =（Σ（発病指数別葉数×指数））/（4 ×調査葉数））× 100.
図中の同一英小文字は Box–Cox 変換後の Tukey–HSD 検定による 5%有意差がないことを示す.

図-4　トルコギキョウ斑点病の 2 種類の病斑
左：黄色の病斑　右：すす状の病斑.

発病を促した。その結果，接種から初発までに要した日数は，5 品種で 15 日であったのに対し，‘海ほのか’では 18 日と他品種に比べて長かった。また，接種 22 日後の発病程度については，‘海ほのか’は‘ボヤージュグリーン’を除く 4 品種と比べて，有意に低かった。同一品種に異なる菌株を接種すると，発病程度は菌株ごとに差があり，各品種に対する病原性の強弱には一定の傾向が見られた（図–3）。これらのことから，本病に対する感受性には品種間差があり，潜伏期間の長短や発病程度の高低に影響していることが推察された。しかし，供試した菌株にかかわらずすべての品種で発病しており，本病に対して真正抵抗性を有する品種は確認できなかった。

2　病徴への影響

本病の病徴は，発病初期に退緑斑が発生し，時間経過によりすす状の分生子が形成され，すす状病斑となることが報告されている（成山，2018）。しかし，複数品種での病徴を調べる中で，既報の病徴であるすす状病斑ではなく，黄色の病斑を多く形成する品種が認められ（図–4），病徴にも品種間差がある可能性が示唆された。顕微鏡下で，すす状病斑と黄色病斑を観察したところ，すす状病斑は葉の組織内に菌糸があり，葉の表面にも多数の分生子が見られた。一方，黄色病斑では葉の組織内

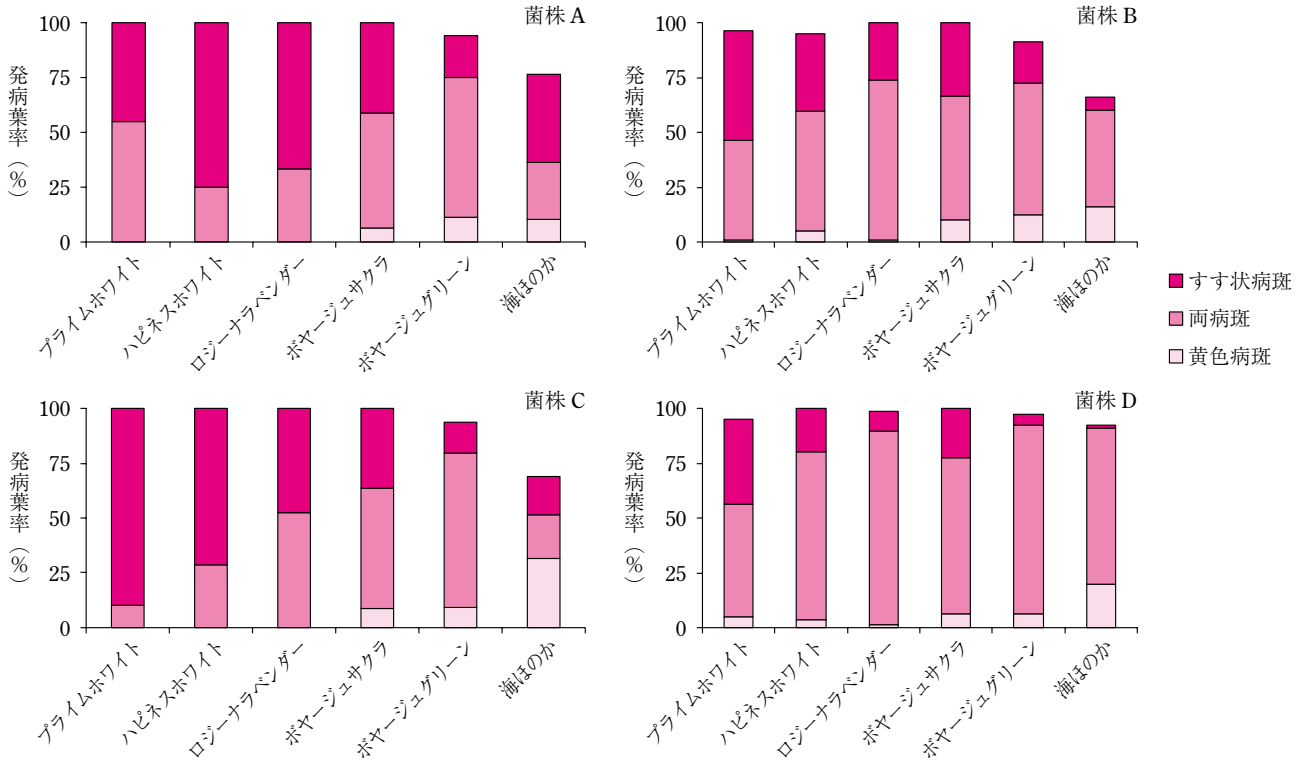


図-5　トルコギキョウの品種が斑点病の病徴に与える影響
接種 29 日後に接種時の最上位展開葉から下の 4 対葉について病徴をすす状，黄色，すす状と黄色の両方の三つに分けて調査し，各病徴の発病葉率を算出した（n = 10）．

に菌糸が見られるものの，葉の表面には分生子が形成されないといった病徴の差異が確認された。葉の表面に形成される分生子は二次伝染源となることから，黄色病斑が多い品種では本病の周囲への拡散が抑えられる可能性がある。そのため，前述の品種間差試験と同様の栽培条件，品種および菌株を用い，接種 29 日後における発病葉率に占める各病徴の割合について調査し，品種が病徴に与える影響を検討した。その結果，黄色病斑の発生は品種によって異なり，‘海ほのか’で多く，発病葉率も他品種と比較して低い傾向が認められた。しかし，黄色病斑が比較的多く認められた‘ボヤージュサクラ’や‘ボヤージュグリーン’は，すす状病斑を多く形成した‘プライムホワイト’や‘ハピネスホワイト’と比較して発病葉率に差がなく，黄色病斑と発病葉率の関係は判然としなかった（図-5）。

お　わ　り　に

今回，*P. nepheloides* の発生生態とトルコギキョウ品種が本病に与える影響について紹介した。

今回供試した品種の中に，本病に対して真正抵抗性を有する品種は認められなかったものの，発病しにくい品種を見いだした。このことは，抵抗性を有する遺伝資源が存在する可能性を示唆していると考えられ，抵抗性を有する品種の開発に期待が持たれる。なお，黄色病斑についての知見はまだ少なく，黄色病斑を多く形成する品種のさらなる探索や，発病後の病徴進展や周辺株への二次伝染のしやすさ等についても検討する必要がある。

引　用　文　献

1）Braun, U. et al.（2009）: Schlechtendalia **19** : 81～84.
2）中島千晴（2020）: 植物防疫 **74**(5) : 49～52.
3）成山秀樹（2018）: 同上 **72**(9) : 46～49.
4）————・石井孝明（2020）: 福岡農林試研報 **6** : 5～9.
5）農林水産省大臣官房統計部（2020）: 確報 花き生産出荷統計 令和元年産：https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kaki/index.html

新技術解説

ダイズ紫斑病菌の液体培養菌糸を用いた紫斑粒の形成方法

青森県産業技術センター農林総合研究所　岩間俊太（いわま　としたか）

はじめに

近年，ダイズ紫斑病菌（*Cercospora kikuchii*）では，アゾキシストロビン水和剤（QoI剤）に対して，感受性低下を示す培地検定の結果（関原ら，2017；佐々木ら，2020）およびチトクローム *b* 遺伝子の変異（佐々木ら，2020）が報告されている。このような特徴を示す菌株が分離された場合に，QoI剤耐性菌かどうかを判断するためには生物検定による薬剤の効力低下の確認が求められる。

本菌では平板培地上での分生子形成法（鈴木・藤田，1979）が確立されていることから，分生子を用いた噴霧接種による生物検定が可能である。この方法によると，分離直後の紫黒色菌叢は分生子を形成しやすいが，3週間以上の継代培養時に出現する白色菌叢は分生子を形成しないため，紫黒色菌叢の維持に約2週間ごとの選抜移植があらかじめ必要となる（藤田・小山，1977；鈴木・藤田，1979；藤田，1995）。さらに，分生子を得るまでには，選抜移植菌叢の前培養，前培養菌叢片の移植・平板培養および気中菌糸除去後の光照射下と暗黒下での培養が必要となる。前培養（直径約3 cmの菌叢を得るまで）に25℃で7日間程度を要するとしても，その後の培養過程において，さらに22～30日間（藤田，1995）もしくは19～22日間（鈴木・藤田，1979）を要する。

このほかの接種方法では，培養菌叢片を莢上に置き，莢全体をパラフィン紙で覆う方法（Murakishi, 1951）もある。この方法では菌叢の種類は問わないが，作業が煩雑であり，接種莢数を増やして調査粒数を多く確保する必要がある試験には不向きである。また，接種源を得るまでの培養期間として，前培養に約1週間，さらに前培養菌叢片の移植・平板培養で菌叢が培地表面全体を覆うまでに約3週間，計約4週間を要する。

そこで本稿では，本菌の液体培養菌糸をダイズの若莢に塗布接種して紫斑粒を形成させる方法（岩間，2020）を紹介し，今後，生物検定などが行われる際の参考に供したい。本方法では，分生子形成能の菌株間差を考慮せずに，長期間保存している通常の菌株を使用することができる。また，液体培養菌糸は，斜面培地保存菌株の平板培地への移植・前培養に約1週間，振とう培養に約1週間，計約2週間で得られ，あらかじめ前培養菌叢を準備しておけば振とう培養期間のみで得られる。本方法により，菌株の準備に係る作業の省略や培養期間の短縮が可能となり，開花期の確認後に前培養を開始しても，莢の感染適期にあたる開花期12～37日後（藤田，1990）に合わせた接種源の準備が容易となる。以下に，2019年および20年に行った試験方法とその結果を記す。

I　試験方法

1　供試ダイズ株の養成

供試ダイズ株の養成は，雨が直接あたりにくいガラス屋根付きの網室内で行った。供試品種は青森県における主要品種の‘おおすず’（紫斑病抵抗性：弱）とした。播種時期は慣行栽培（本県では5月下旬～6月上旬播種）におおむね合わせ，2019年（以下，試験1）には6月11日に，2020年（以下，試験2）には6月2日に播種した。いずれも園芸培土10 *l*（商品名「ソイルフレンド」，三研ソイル株式会社）を充てんした1/2,000 aワグネルポットを用いた（図-1a）。はじめに2箇所に約10 cm離して1穴当たり2粒ずつ播種し，初生葉展開期頃に葉形が健全で生育が揃った株を残して2本植えとなるように1箇所当たり1株に間引きした（図-1a）。

なお，普段の灌水管理と強風によるポットの転倒防止を兼ねて，3ポットずつ浅型のコンテナ（縦62 cm×横41 cm×深さ12 cm）に入れてポットを固定した（図-1a）。さらに，株の倒伏防止のために支柱（長さ約130 cmの細めの園芸用支柱）を挿し（図-1b），これに主茎を伸長にあわせてビニタイで2，3箇所固定した（図-1b，c）。

このように養成したダイズ株は，密植状態となるために株が徒長・大型化しやすくなる（図-1c）。そのため，接種の数日前には，作業性の向上や開花後日数をなるべ

A Formation Method of Purple Stained Seeds Using *Cercospora kikuchii* Hyphae Grown in Submerged Culture.　By Toshitaka Iwama

（キーワード：*Cercospora kikuchii*，液体培養菌糸，ダイズ，紫斑粒）

図-1　供試ダイズ株の養成
a：初生葉展開期頃の間引き後のポット（2本植え）．b：倒伏防止のための支柱立て・主茎の固定．c：主茎の伸長に合わせた追加固定．d：塗布接種前の整枝株．

く揃えるための整枝として，主茎の先端2節目と分枝の基部から4節目を切除した（図-1d）。

2　菌糸の液体培養と菌糸懸濁液の調製

供試菌株は，青森県産‘おおすず’の紫斑粒から組織分離によって得られた菌株A（2019年2月分離，継代培養なし）および菌株B（2017年12月分離，継代培養なし）とした。試験1では両菌株を，試験2では菌株Aのみを用いた。

両試験ともに，開花期を確認後に前培養を開始し，ジャガイモ煎汁ショ糖寒天平板培地で25℃，7日間培養した（図-2a）。次に，500 m*l*の三角フラスコにジャガイモ煎汁ショ糖液体培地を200 m*l*分注し，これに前培養菌叢片を移植し（図-2b），25℃，120 rpm，7日間の振とう培養を行った（図-2c）。培養後，余分な培地成分を落とすために網ざるに移して水道水流水で菌糸を水洗し，最後に軽く水を切った（図-2d）。この方法により，三角フラスコ1本当たり含水状態で約60 gの液体培養菌糸を得た。菌糸懸濁液の調製は，これに100 m*l*の蒸留水を加えてミキサーで破砕後（図-2e），ビーカーに移してTween 20を1，2滴加えて撹拌する方法で行った（図-2f）。なお，この量につき，ダイズ10株程度への接種を目安とした。

3　接種方法

接種は，株内すべての大小様々な若莢を対象に，菌糸懸濁液を絵筆（毛筆でもよい）で塗りつける塗布接種によって行った（図-3a）。試験1では，開花期（8月3日）19日後の8月22日に接種し，菌株A接種区，菌株B接種区および対照の無接種区に各6ポット・12株供試した。試験2では，開花期（7月20日）22日後の8月11日に接種し，菌株A接種区および対照の無接種区に各6ポット・12株供試した。

接種後，90 *l*の透明ポリエチレン袋をコンテナ単位で株全体に被せ，袋の上部にあたる底側を支柱に突き刺すとともに袋の下部にあたる口側の数か所をガムテープで

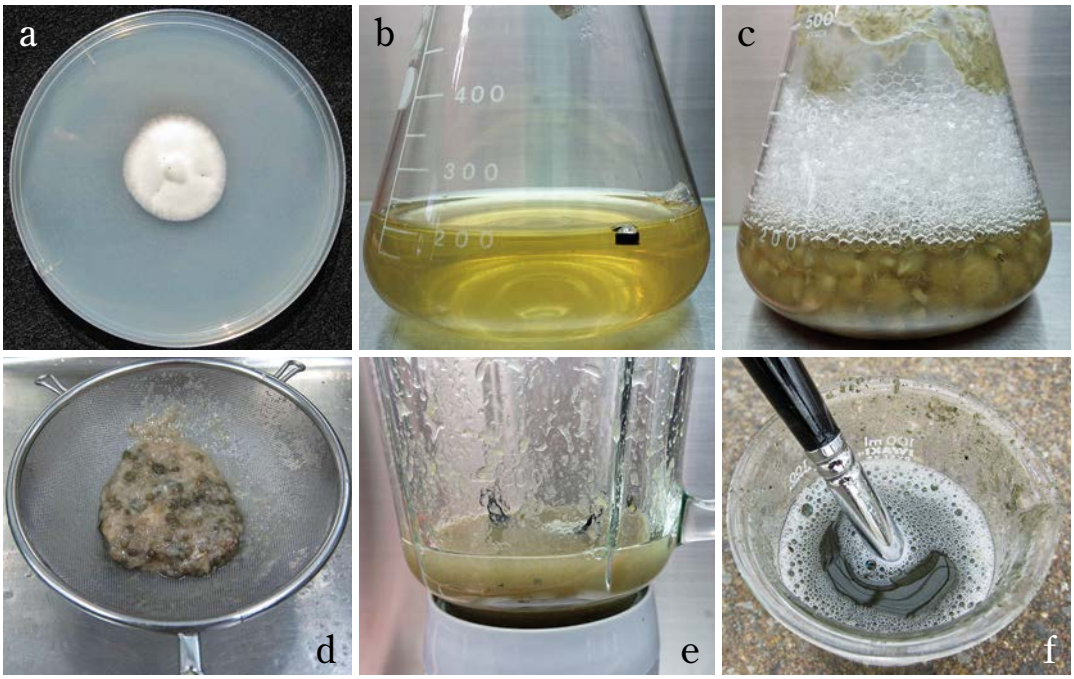


図-2　ダイズ紫斑病菌の菌糸の液体培養と菌糸懸濁液の調製
a：前培養菌叢（25℃・7日間培養後の菌株A：白色菌叢）．b：前培養菌叢片の液体培地への移植．c：振とう培養後（25℃・120 rpm・7日間）の菌糸．d：水洗・水切り後の菌糸（含水状態で約60 g）．e：dに蒸留水（100 m*l*）を加えてミキサーで破砕．f：eをビーカーに移してTween20を1，2滴加えて撹拌すれば菌糸懸濁液の完成．

図-3　塗布接種とその後の管理方法
a：塗布接種直後の若莢（黒く見える部分が菌糸懸濁液を絵筆で塗りつけた箇所）．
b：湿室状態の保持方法．c：朝に外側から見た袋内の様子（水滴で曇っている）．
d：袋除去直後～収穫時までの屋外管理方法．

ワグネルポットに貼りつけて固定した（図-3b）。固定後，袋内を湿室状態に保持するために，袋の上部に開けた小さな穴と下部のガムテープを貼っていない隙間から電動式噴霧器で地下水を噴霧して適宜加湿し，さらにコンテナ内を湛水状態にして根に十分に吸水させて蒸散を促した（図-3b）。なお，対照の無接種区においても，同様に湿室状態に保持した。

袋被覆期間中の管理は，試験1（曇天が続く予報）ではガラス屋根付きの網室内で行い，試験2（高温日が続く予報）では日射による袋内の温度上昇を抑えるための遮光と側窓を少し開けて風を通した無加温ガラス温室内で行った（図-3b）。両試験ともに袋被覆4日後に袋を除去した後は，収穫時まで屋外コンクリート上の自然降雨条件下で管理した（図-3d）。なお，この間の灌水は，ホースまたはバケツを使ってコンテナ内へ適宜行った。

4　発病調査

試験1では接種42日後（開花期61日後：莢黄変期）の10月3日に，試験2では接種57日後（開花期79日後：成熟期の数日前）の10月7日に，全株の全稔実莢を株ごとに収穫した。収穫物は株ごとに網袋に入れ，試験1では10月21日まで，試験2では10月22日まで無加温温室内に吊して自然乾燥させた。その後，1莢ずつ手で脱粒し，発病粒率を調査した。

5　接種後の気象条件

接種後～収穫時（試験1：8月22日～10月3日，試験2：8月11日～10月7日）までの日平均気温と降雨状況について，青森県産業技術センター農林総合研究所内に設置されている「黒石アメダス」を参照した。さらに試験2では，透明ポリエチレン袋被覆期間（8月11日13時30分～15日9時）の袋内の温湿度について，サーモレコーダー（ESPEC MIC RS-12）を用いて30分間隔で測定した。

Ⅱ　試　験　結　果

1　接種後の気象条件

接種後の透明ポリエチレン袋被覆期間の日平均気温（ただし，外気温）は，試験1（8月22～26日）では19.3～23.1℃，試験2（8月11～15日）では23.7～27.7℃であった（図-4）。さらに，試験2において袋内の気温を実測した結果，日平均気温は25.3～28.5℃（外気温比＋0.5～2.4℃）であった。いずれの気温も，分生子を接種源として噴霧接種されたこれまでの試験事例（20～30℃）（藤田，1995）に近かった。また，被覆期間中の袋内は，常に内側に水滴が付着していて曇っており（図-3c），試験2において袋内の湿度を実測しても，高湿度状態が十分に保持されていた（データ省略）。

袋除去後から収穫時までの屋外管理期間の日平均気温は，試験1（8月26日～10月3日）では15.1～26.4℃，試験2（8月15日～10月7日）では13.1（ただし，最終日の10月7日）～27.4℃であった（図-4）。両試験ともに，莢から子実へ菌糸が進展する温度の範囲（最適27℃，13℃以下と35℃以上では著しく低下（藤田・鈴木，1981））にあった。

屋外管理期間の降雨日数は，試験1では9日間，試験

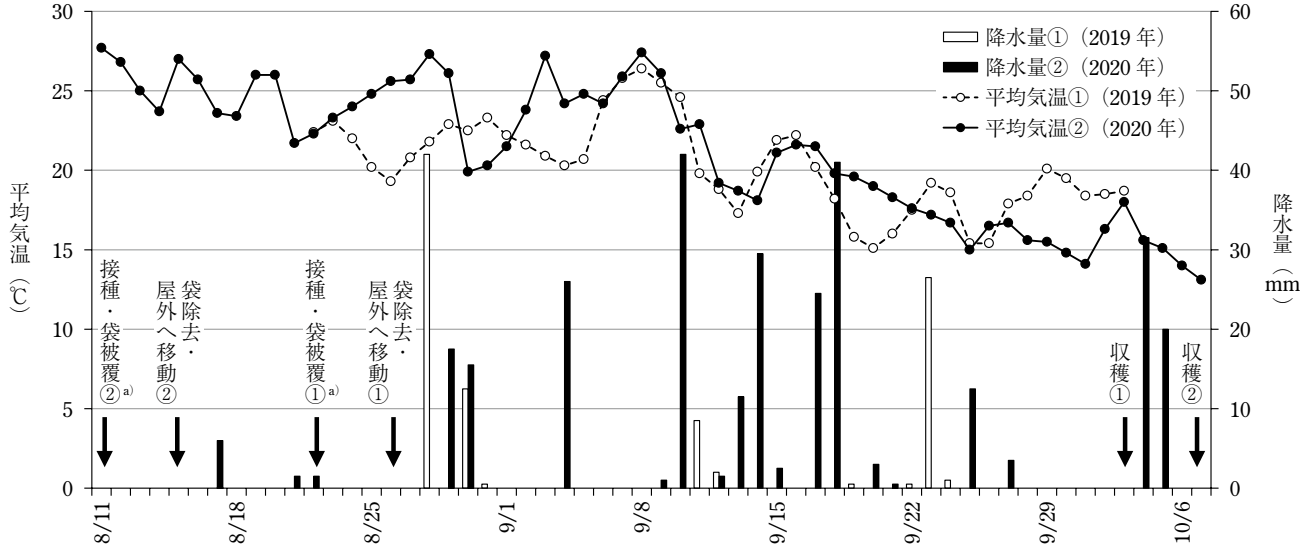


図-4　接種後の気象条件 b)

a) ①は試験1（2019年）の作業，②は試験2（2020年）の作業を示す．

b) 気象庁ホームページのアメダスデータ（黒石）より作成した．

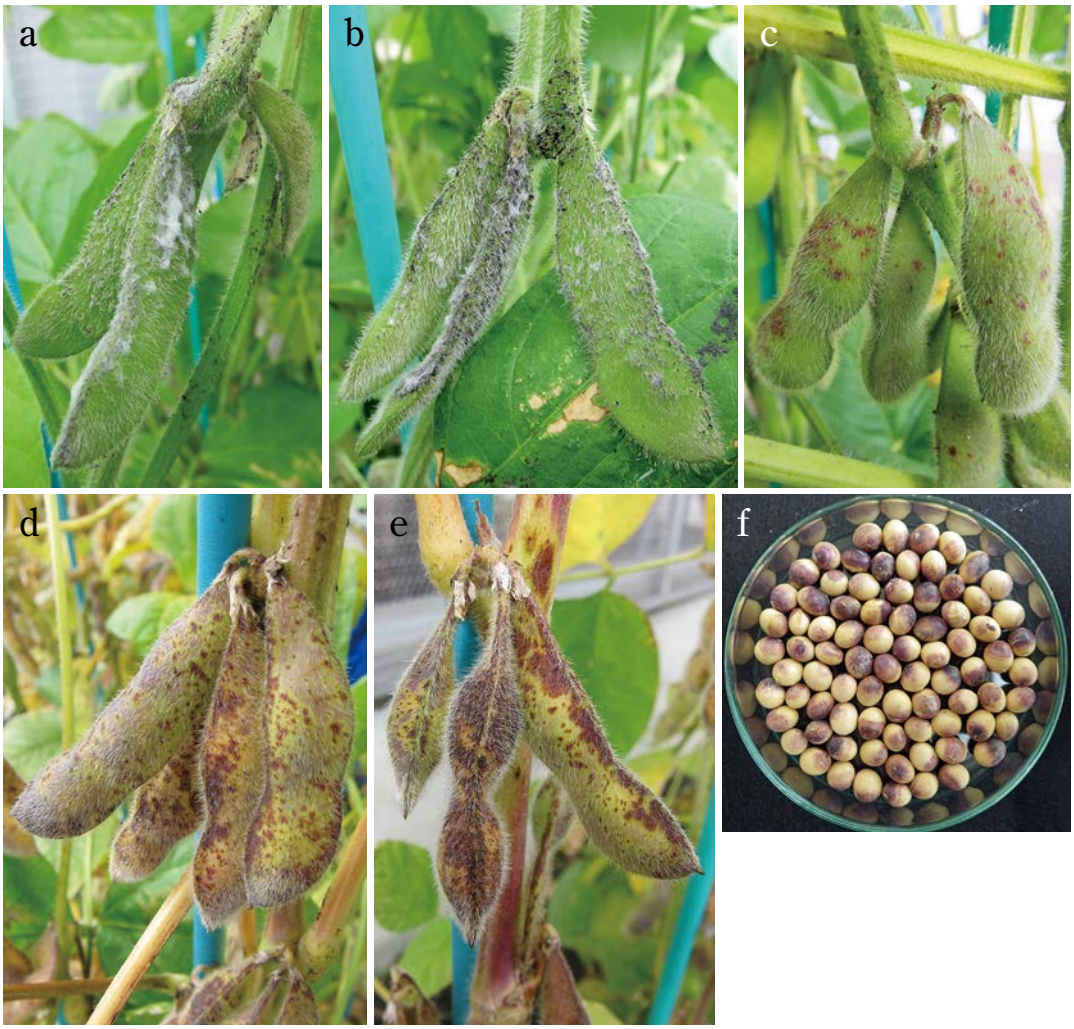
2では20日間あった（図–4）。これに降水量を考慮すると，莢が自然降雨条件下に暴露されていた期間は，試験1では少雨傾向，試験2では多雨傾向にあった（図–4）。降雨は莢への感染から子実への菌糸進展までの全過程に影響して紫斑粒の形成を増加させ，その影響は成熟期60日前から成熟期までの長期間にわたる（藤田，1990）。このことから，降雨条件でいえば，紫斑粒の形成には試験2のほうが適していた。

2　接種結果

接種区では，透明ポリエチレン袋除去直後の若莢の側面や縫合部に気中菌糸が形成され（図–5a，b），莢の生育が進むにつれて側面や縫合部に小褐点，あるいはそれらが癒合した褐色の病斑が明瞭に形成された（図–5c，d，e）。なお，対照の無接種区の莢には病斑は認められなかった。

発病調査の結果（表–1，図–5f），発病粒率は，試験1（少雨傾向）では菌株A接種区で5.5%，菌株B接種区で4.8%となり，発生状況はいずれも少発生であった。試験2（多雨傾向）では，菌株A接種区で30.0%となり，発生状況は多発生であった。なお，対照の無接種区では，両試験ともに0%であった。

紫斑粒の形成は，成熟期10日前から始まり，特に成熟期5日前から成熟期に至る過程で急速に増加する（藤田，1990）。そのため，収穫時期を成熟期に近づけることも紫斑粒の形成を増加させるポイントの一つとなる。収穫時期でいえば，試験1では成熟期よりも1週間程度早く，試験2では数日前であり，後者のほうがより適していた。ただし，この時期には，台風などの強風による枝折れや，少雨で乾燥状態が続くことによる裂莢が懸念されるので，収穫適期を逃さないように注意が必要である。



図–5　塗布接種後の莢表面の様子と形成された紫斑粒
a, b：ポリエチレン袋除去直後（白い気中菌糸を形成）．c：子実肥大期（側面や縫合部に小褐点を形成）．d, e：莢黄変期頃（小褐点～癒合した褐色病斑を形成）．f：紫斑粒．

表-1　ダイズ紫斑病菌の液体培養菌糸による若莢への塗布接種結果

試験区[a)]	稔実莢数（莢）		調査粒数（粒）		発病粒数（粒）		発病粒率（%）	
	総数	（1株当たり ± S.D.）	総数	（1株当たり ± S.D.）	総数	（1株当たり ± S.D.）	区	（1株当たり ± S.D.）
【① 2019年】								
菌株A接種区	432	（36.0 ± 10.0）	835	（ 69.6 ± 19.6）	46	（ 3.8 ± 1.0）	5.5	（ 5.5 ± 1.5）
菌株B接種区	501	（41.8 ± 11.8）	975	（ 81.3 ± 23.6）	47	（ 3.9 ± 2.4）	4.8	（ 4.8 ± 2.2）
無接種区	409	（34.1 ± 10.9）	802	（ 66.8 ± 20.5）	0	（0）	0	（0）
【② 2020年】								
菌株A接種区	639	（53.3 ± 14.3）	1,179	（ 98.3 ± 27.3）	354	（29.5 ± 13.6）	30.0	（30.0 ± 9.4）
無接種区	687	（57.3 ± 13.3）	1,268	（105.7 ± 26.2）	0	（0）	0	（0）

[a)] ①は試験1，②は試験2を示し，各試験区にダイズ12株を供試した．

お　わ　り　に

薬剤感受性検定を行うと，その結果次第では生物検定を急遽実施しなければならない状況に直面することがある。ダイズ紫斑病菌の場合，分生子を接種源とするためには，菌の分離当初から分生子形成能の菌株間差を考慮し，選抜移植の繰り返しによる紫黒色菌叢の維持が不可欠となる。また，ポット試験において，試験区の種類や調査粒数をより多く確保しようとすると，接種日を同じくして一度に数10～100株程度でも接種でき，さらに莢への感染を促すための湿室状態に数日間保持する方法が必要となる。ほかにも，ダイズのように播種～収穫までの期間が長く，株が大型化しやすい作物では，普段の管理のための適当な試験場所の確保も必要となる。これらが生物検定を速やかに実施するうえでの支障となりかねない。

その点，本稿で示した方法では，①分生子形成能の菌株間差を考慮せずに通常の長期保存菌株を使用でき，②比較的短期間で液体培養菌糸が得られる。また，③人工気象室や大型の接種箱を必要とせず，④湿室保持後は屋外自然降雨条件下での管理でよい，等の利点が挙げられる。実際に，今回と並行して，本方法による薬剤感受性検定を2019年と20年に行ったが，比較的簡易な方法でありながら，いずれも実態に即した結果が得られた。

今後は，ポット試験レベルでの殺菌剤のスクリーニングや，同じく殺菌剤の種類に応じた散布時期・回数を明らかにするための予備的な試験等についても，本方法を利用して行う予定である。

引　用　文　献

1）藤田佳克（1990）：東北農試研報 **81**：51～109.
2）――――（1995）：作物病原菌研究技法の基礎―分離・培養・接種―：ダイズ紫斑病（大畑貫一ほか 編），日本植物防疫協会，東京，p.95～97.
3）――――・小山隆光（1977）：北日本病虫研報 **28**：65.
4）――――・鈴木穂積（1981）：同上 **32**：117～119.
5）岩間俊太（2020）：同上 **71**：38～41.
6）Murakishi, H. H.（1951）：Phytopathology **41**：305～318.
7）佐々木陽菜ら（2020）：北日本病虫研報 **71**：195（講要）.
8）関原順子ら（2017）：北陸病虫研報 **66**：38～39（講要）.
9）鈴木穂積・藤田佳克（1979）：植物防疫 **33**：443～446.

植物防疫講座

病害編−41

カンキツ病害の発生生態と防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
果樹茶業研究部門 カンキツ研究領域
冨村健太（とみむらけんた）

はじめに

カンキツはミカン科（Rutaceae）植物に含まれ，本科は1,600種以上の約60属より構成される非常に多様な植物であるとともに，熱帯および亜熱帯地域に適応した常緑果樹である。

我が国でカンキツに発生する病害として，日本植物病名目録（日本植物病理学会，2021）には66の病名が記載されている。これら病害を糸状菌，細菌およびウイルス・ウイロイドの病原体ごとに分けてみると，糸状菌が48（約7割）と大半を占め，細菌で5種，ウイルス・ウイロイドで13種という内訳になる。その中でもカンキツに発生する細菌病が糸状菌病に比べ数が少ないにもかかわらず，古くからカンキツを栽培するうえで最も問題となっているカンキツかいよう病，さらには近年になり一部地域で問題となり，かつ世界中のカンキツ産業に脅威を与えているカンキツグリーニング病は細菌による病害である。本稿では，カンキツに発生する病害のうち，主要なカンキツ病害に関する伝染方法および発生生態の点から以下に解説する。

I　糸状菌によるカンキツ病害

1　黒点病（*Diaporthe citri*）

本病の伝染源は，樹上の枯れ枝や園内に放置されたせん定枝である。枯れ枝などに形成された胞子は，降雨によって流出し，さらに風雨により周囲に飛散し葉や果実等に感染することから，枯れ枝の除去やせん定枝等を園外に持ち出すことが重要である。幼木では黒点病が見られないのに対し，古い樹ほど被害が多いことが知られている。枯れ枝の発生が多い老木については品種更新することも有効である。日照の悪い園地では降雨後の雨露が乾きにくい条件となり発病を助長するので，特にこのような園では枯れ枝除去をはじめとした耕種的防除に力点を置くことで，本病の病原菌密度を低減することができる。

本病は，梅雨期（初期感染）および秋雨期（後期感染）が主な感染時期であり，とりわけ果実は幼果期から成熟期の長期間にわたり発病するリスクがある。佐々木（1965）によれば，初期感染型の果実の黒点状の病徴は，黒点が比較的大きく，果皮の表面に突出した黒点の周囲に白いふちどりが認められ，黒点の表面が粗造である（図−1）。さらに黒点病の症状が激化した涙斑状もしくは泥塊状の病徴では，病斑部がやや隆起し，果実表面に不規則な亀裂を生じ，その亀裂には白いふちどりが見られるのが初期感染型の特徴である。さらに後期感染型の果実の黒点状の病徴は，黒点が比較的小さく果面に突出せず，黒点の周囲には初期感染で観察される白いふちどりが見られない（図−2）。果実が着色してきても黒点の周りが緑色に残る。後期感染型の涙斑状もしくは泥塊状の

図−1　果実における黒点病（初期感染型）

図−2　果実における黒点病（後期感染型）

Epidemiology and Control of Citrus Diseases.　By Kenta Tomimura

（キーワード：カンキツ，糸状菌，細菌，ウイルス，発生生態，防除）

病徴では，病斑部は隆起せず，むしろ少しくぼんだ感じである。病斑に亀裂があるのはまれで，亀裂があったとしても白いふちどりがなく，病斑の周囲は果実着色後も緑色を残すものが多いのが後期感染型の特徴である。近年，秋に高温多雨となる年が多いことから，後期感染についても初期感染同様に考慮する必要がある。

主要感染時期を中心に，薬剤の効果を途切れないように散布することが重要である。主要薬剤であるマンゼブ水和剤やマンネブ水和剤は散布後の積算降雨量が 250 ミリ前後，もしくは前回の散布から約 1 か月を経過した段階で次の散布を行う。‘せとか’‘清見’等の黒点病に対し感受性が高い品種については，防除の目安となる積算降雨量を低く見積もると同時に，薬剤散布間隔をやや短くすることが重要である。なお，年内収穫品種では，収穫時期を考慮し，薬剤の使用時期，使用回数を遵守する。なお，貯蔵病害の一つに軸腐病があるが，その病原菌は黒点病と同一である。カンキツの貯蔵条件が悪いと軸腐病の発病を助長する。すなわち黒点病の発生を抑えることは軸腐病を抑えることにつながる。

2　そうか病（*Elsinoë fawcettii*）

本病の伝染源は，前年の越冬病斑，特に夏秋梢に形成された病斑である。新葉が展開してから表皮または傷口から侵入し，降雨のたびに飛散する胞子によって感染拡大が起こる。葉には初めに円形，水浸状の小さな病斑が見られ，さらには周囲に細い濃緑色の縁どりが形成される。病斑が局所に多数発生すると葉は奇形となる。生長初期の若い葉に感染すると，病斑およびその周囲が盛り上がったイボ型病斑となり（図-3），葉がかなり生長してから感染するとかさぶた状のそうか型病斑となる。イボ型病斑は春葉の伸長中期までに発生し，そうか型病斑は伸長終了後も発生する。果実では生育の盛んな 5 月下旬ころまでに感染するとイボ型，かなり生長した 6 月中に感染すると両型の混在，7 月から 8 月中旬の感染ではそうか型となるが，それ以降は発病しない。幼果に激しく感染すると落果する。中晩柑での発生は少ないが，ウンシュウミカンやレモンは弱い。苗木や樹齢が若い木ほど発病が多い傾向にある。春葉の発病量と果実の発病量には高い相関があることが知られているので，春葉の時期に本病の病原菌密度をいかに低くするかが重要になってくる。

薬剤散布の防除適期は展葉初期，落弁期および幼果期である。春葉に発生が見られる場合に，主要薬剤であるジチアノン水和剤やフルアジナム水和剤を散布する。落弁期もしくは幼果期に灰色かび病や黒点病との同時防除を行うことも有効である。窒素肥料の多施用や新梢発生のばらつきによる緑化の遅延が本病の発病を助長するので，適切な肥培管理に努める。薬剤防除による防除効果が期待できるものの，一部の園地で本病に対して薬剤感受性が低下した耐性菌の発生が確認されている。これまでの薬剤散布履歴を考慮し，薬剤耐性菌の発生により防除効果が低下した園地では異なる作用点を持った薬剤を使用する。例年発病の多い園地では，2〜3 年徹底的に防除することで園内の病原菌密度を減らすことができる。

II　細菌によるカンキツ病害

1　かいよう病（*Xanthomonas citri* subsp. *citri*）

葉，緑枝および果実に中心がコルク化した円形の病斑が現れ（図-4），特に果実に発生すると著しく商品価値が低下する。激発した場合，落葉や枝枯れを引き起こし，樹勢を著しく低下させる最重要病害の一つに挙げられる。病原菌は平均気温が 10℃ を超えるころから活動を開始し，気温の上昇とともに病斑部位から雨水中に細菌が流出し新葉に発病する。カンキツ品種により本病に対する抵抗性が異なり，温州ミカンでは中程度で問題となることは少ないが，レモンやスイートオレンジ類では適切な防除対策を講じなければ激しい被害を受ける可能性がある。

本病は，無機銅剤などの薬剤防除および耕種的防除が

図-3　そうか病（イボ型病斑）

図-4　葉および緑枝に発生したかいよう病

主体で，本病が多発した後の薬剤防除では手遅れになることから，初発の発病拡大をいかに防ぐかに主眼を置いた防除戦略が必要である。夏秋梢の病斑が一次伝染源となり，その後の本病発生に影響するので，罹病した夏秋梢を徹底的に除去しできるだけ病原菌密度を下げることが重要である。前年にかいよう病が多発した年，あるいは前年秋に多雨であった年には本病の発生が多い傾向にある。

春先感染防止対策として発芽前の薬剤防除を徹底し，IC ボルドー 66D を散布する。多発圃場や発芽前防除の未実施圃場では，開花前および落弁期の薬剤防除を徹底する。なお，銅水和剤に含まれる石灰による新梢の葉焼けを防止するために，特に IC ボルドー 66D 散布の際，新梢伸長期にパラフィン系展着剤を加用し薬害低減に努める。風当たりの強い園地では，防風垣や防風ネットの設置等の防風対策を講じる必要がある。梅雨明け以降の対策も銅水和剤の散布が中心となるが，果実に薬害が発生する可能性があるので炭酸カルシウム剤を加用し薬害低減に努める。夏季にはミカンハモグリガの食害痕などの傷口が病原細菌の侵入箇所となるので，余分な夏秋梢の発生を抑える樹体管理もミカンハモグリガの防除に有効である。

2　グリーニング病（*Candidatus* Liberibacter asiaticus）

罹病植物からの接ぎ木や取り木によって伝搬するほか，半翅目昆虫であるミカンキジラミによって虫媒伝搬する。本病は，中国や東南アジアをはじめ，米国，メキシコを含む北アメリカ大陸，ブラジルを中心とした南アメリカ大陸で甚大な被害をもたらしている。これら地域以外にも，カリブ海地域，中東およびアフリカ大陸の一部でも発生が確認されている。本病の病原細菌の詳細については，アジア型，アフリカ型およびアメリカ型の 3 種に分類される。アメリカ型は 2005 年にブラジルサンパウロ州で初発が確認されたが，その分布域は限定的である。アフリカ型については，南アフリカを中心としたアフリカ大陸および中東の一部地域に分布している。世界で最も猛威をふるっているのがアジア型で，我が国で発生しているカンキツグリーニング病はアジア型の病原細菌である。

葉に亜鉛欠乏症に類似した退緑斑を示すほか（図–5），主脈の左右で非対称な葉の黄化，葉脈の黄化，さらに症状が激しい場合には葉脈のコルク化や葉全体の黄化を示す。本病に感染すると葉の落葉を経て，数年のうちにカンキツ樹が枯死する。カンキツ樹が枯死する前に，地下部の根量が著しく減少し，特に細根の発生が抑制される。

図–5　グリーニング病（葉の退緑斑）

このような根の状態から樹体を回復するのは難しい。ほとんどすべてのカンキツ品種が感染するが，本病に対する感受性はスイートオレンジやマンダリンでその病徴が明瞭で，ブンタンやラフレモンでは軽い傾向がある。

防除手段としては，ウイルス病対策に準じて無病苗木を植え付けるとともに，本病発生地から感染穂木や苗木を持ち込まないことが重要である。本病に感染したカンキツ樹の早期発見に努め，発見した場合は直ちに伐採し，園地から感染源を取り除く。本病の感染の有無を調査する方法として，いくつかの遺伝子診断法が開発されている。ミカンキジラミによる虫媒伝染リスクを低減するために，カンキツやゲッキツに対し農薬登録がある MEP 乳剤や DMTP 乳剤等の有機リン系薬剤ならびにイミダクロプリド水和剤やチアメトキサム水溶剤等のネオニコチノイド系薬剤を使用する。使用農薬により前者は速効性，後者は残効性に優れることから，ミカンキジラミの侵入・定着を阻止するための防除もしくは密度抑制のための防除ではネオニコチノイド系薬剤を，グリーニング病原細菌を保毒した虫の防除では有機リン系薬剤を使用する（林川ら，2006）。

III　ウイルス・ウイロイドによるカンキツ病害

1　ステムピッティング病およびかいよう虎斑病

ステムピッティング病，もしくは伊予柑やユズの果実に発生するかいよう虎斑病（図–6）と呼び方は異なるが，いずれもクロステロウイルス科（*Closteroviridae*）クロステロウイルス属（*Closterovirus*）に分類されるカンキツトリステザウイルス（citrus tristeza virus；CTV）が病原体である。ステムピッティングとは，枝や幹の木質部に生じる大小の溝のことで（図–7），樹勢の低下や果実の小玉化による収量の減少につながる。我が国の圃場栽植のカンキツの大部分で CTV に感染しているが，その

図-6　CTV によるかいよう虎斑病

図-7　CTV によるステムピッティング症状

被害が顕在化するのはハッサク，ネーブルオレンジ，伊予柑，ユズおよびブンタン等の罹病性カンキツ品種である。

ステムピッティングの発生程度から強毒系統および弱毒系統に大別されるが，病原性の違いは連続的でこれら両系統の中間的な病原性を示す CTV もある。なお，強毒系統に含まれるシードリングイエローズ系統（seedling yellows：SY）はイヨカンのかいよう虎斑病の病原である。海外のカンキツ産地で台木として使用されるサワーオレンジは，SY 系統に感染すると葉の萎縮・黄化の症状を示し根部が衰弱する。

感染穂木の接ぎ木により伝搬するだけでなく，自然界ではミカンクロアブラムシにより容易に虫媒伝搬する。ミカンクロアブラムシのほかにワタアブラムシによっても虫媒伝搬することが報告されているが，その伝搬効率はミカンクロアブラムシに比べ低い。

防除手段としては，ウイルスフリーを確認した苗木にあらかじめ干渉効果能がある弱毒ウイルスを接種し，それら苗木を圃場に定植する。圃場内では CTV を媒介するアブラムシ類が飛来しているので，そのアブラムシ類の防除を行うことも有効である。干渉効果は，感染しても病徴が非常に軽微で経済栽培上ほとんど問題とならない弱毒系統をあらかじめ接種しておき，圃場定植後に予想される強毒系統の感染によるウイルス増殖を抑制する

図-8　ウンシュウミカンに発生した温州萎縮病

現象を利用したものである。しかしながら完璧な干渉効果ではないことから，圃場内のアブラムシ密度を高めない環境で干渉効果能がある弱毒系統をあらかじめ接種したカンキツ苗木を栽培することが肝要である。

2　温州萎縮病，モザイク病，ナツカン萎縮病およびネーブル斑葉モザイク病

ウイルスによる病害で，温州萎縮病のほかに，モザイク病，ナツカン萎縮病およびネーブル斑葉モザイク病が古くから知られているが，これら病原ウイルスは温州萎縮ウイルスの近縁ウイルスである（Iwanami, 2010）。温州萎縮病の病原ウイルスは温州萎縮ウイルス（satsuma dwarf virus；SDV）で，国際ウイルス分類委員会（ICTV）によりピコルナウイルス目（*Picornavirales*）セコウイルス科（*Secoviridae*）サドワウイルス属（*Sadwavirus*）に分類され，SDV は唯一のタイプ種として分類されている（Thompson et al., 2017）。前に述べたモザイク病，ナツカン萎縮病およびネーブル斑葉モザイク病の病原ウイルスである citrus mosaic virus, natsudaidai dwarf virus および navel orange infectious mottling virus は ICTV 未公認の種名である。

温州ミカンの新芽に症状が現れ，舟形やさじ型の奇形葉を引き起こす（図-8）。春枝の葉が小型化し，節間が短い叢生症状を示す。接ぎ木によって伝染することから，穂木を採取する母樹が本ウイルスに感染していないことを確かめたうえで採穂することが重要である。さらには土壌を介して周囲の樹にゆっくりと感染することが知られていることから，被害樹を抜根し健全樹を植えても数年以内に感染する。

SDV の検出に最も適した時期は，新芽が出る春季が最も適している。従来は抗原および抗体を用いたイライザ法が本ウイルス検出の主流であったが，現地圃場でも

簡易に検出・診断できるSDVイムノクロマト法が開発され，生産現場で利用されている（Kusano et al., 2007）。SDV検出に適した時期（春季の新梢展開期）にウイルス検定を確実に行うことができればよいが，生産者の栽培管理作業との兼ね合いで実施することが困難なことが多い。加藤ら（2014）は本病の周年検定について検討し，春の新梢以外の花蕾（5月），果皮のフラベド部（8月），貯蔵果実（1～3月）でもウイルス検定できることを明らかにしている。さらにハウスミカンの着花予想に用いられる枝挿し法を参考に，冬季（2月）に緑枝を採取後，新梢および花蕾の発生を促し検定することも可能である。

3　接木部異常病

ウイルスによる病害で，カンキツ類の多くの品種が無病徴で感染する。その病原ウイルスはリンゴステムグルービングウイルス（apple stem grooving virus；ASGV）で，ティモウイルス目（*Tymovirales*）ベータフレキシウイルス科（*Betaflexiviridae*）カピロウイルス属（*Capillovirus*）に分類される（Magome et al., 1997）。カラタチやシトレンジ類（カラタチとスイートオレンジの交雑種）のカンキツ台木を用いた場合に，台木部と穂木部間の木質部接合面に界層を生じる（図-9）。その結果，罹病樹の接合部分に養水分の通導障害が起こるため，地上部（穂木部）が二次的に衰弱する。ユズやラフレモン等のカラタチ以外の台木を用いた場合は，本ウイルスを保毒していても界層は生じない。本ウイルスを保毒した感染樹は，苗木の段階では外見上感染の有無を区別することができないが，圃場に植栽した後に樹勢の低下や収量減をもたらし最終的に衰弱枯死に至る場合がある。虫媒伝染および土壌伝染は知られていないことから，保毒穂木が伝染源となり接ぎ木によって伝染する。

診断方法として，従来はラスクシトレンジを用いた生物検定により実施されていたが，近年ではウイルスゲノムRNAを標的にした遺伝子診断法に加え，SDVとASGVを同時に検出できるSDV/ASGVクロマト（ミズホメディー）がある。無毒母樹より採穂することが唯一の対策であることは言うまでもないので，本クロマトを使用しASGVに感染していないことを確認することが重要である。

図-9　カラタチ台木接合部の界層

4　カンキツウイロイド病

ウイロイドが病原体で，ウイルス病と同様に接ぎ木により伝染する。ウイロイドは現在知られている最小の病原体で，その構造はタンパク質を持たないわずか250～400塩基程度の環状1本鎖RNAである。一見コンパクトで単純なゲノムを持っていながら，ねじれた輪ゴムのような棒状の安定な2次構造を取るため失活しにくい。カンキツエクソコーティスウイロイド（citrus exocortis viroid；CEVd）による被害が最も知られている。エクソコーティス病は，カラタチやシトレンジ等の樹皮に剥皮症状を示し，これら台木のカンキツでは樹全体の矮化や衰弱症状を示す。このほかにカンキツウイロイドとしては，カンキツベントリーフウイロイド（citrus bent leaf viroid；CBLVd），ホップ矮化ウイロイド（hop stunt viroid；HpSVd），カンキツ矮化ウイロイド（citrus dwarfing viroid；CDVd），カンキツバーククラッキングウイロイド（citrus bark cracking viroid；CBCVd），カンキツウイロイドV（citrus viroid V；CVd-V）およびカンキツウイロイドVI（citrus viroid VI；CVd-VI）が知られている（伊藤，2010）。ウイロイドの単独感染というよりは，混合感染した状態で発見されるケースが多く，混合感染の結果としてカンキツ樹体に症状が現れることがある。

診断方法として，従来はエトログシトロンを用いた生物検定が最も確実な方法として用いられてきたが，発病を確認するまでに時間を要することから，現在はウイロイドRNAを標的にした遺伝子診断で簡易的に行うことができる。本病の何よりの対策は，ウイルス病と同様にウイロイドに保毒していない無病母樹に由来する健全種苗を利用することが肝要である。接ぎ木を行う中間台が既にウイロイドに感染している場合，いくら健全穂木を利用しても意味がないので，健全穂木の利用とともに健全台木を利用することも同様に重要である。園内の発病樹やウイロイド保毒が疑われる樹の管理作業で使用したナイフやせん定鋏は，ウイロイドに汚染されていない器具と区別して使用する。器具の消毒は，塩素系漂白剤（家庭用ハイターなど）の原液～20%希釈液（有効塩素濃度1%以上）に数秒間浸して水洗する。塩素系漂白剤がナイフやせん定鋏に付着すると，サビが発生し刃先が痛み

やすくなるので，漂白剤浸漬後にはよく水洗するとともに，サビを発生させないように管理する。

お　わ　り　に

本稿では我が国で発生するカンキツ病害について，伝染方法および発生生態に重点を置いて解説した。例えば，「この病気だったらどの薬剤を散布したらよいか？」という問いに対する答えをピンポイントで知ることができれば，カンキツ生産者は十分ではないかという意見もある。カンキツ栽培の中でも病害防除（農薬散布など）に費やす作業時間は比較的多いことからも，一つ一つの病害防除に費やす作業についても意味のある作業にすることが重要である。すなわち，この病害の初発はいつの時期か知っておけば，その初発時における病原菌密度をカンキツ園内でできるだけ少なくすることを心がけるように作業すればよいことになる。農薬によっては薬剤耐性菌の発生が報告されているものもあり，このような農薬の使用は必要最小限の使用にとどめ，ローテーション散布を心がけることが必要である。「病気の正体が何か？」，「病原体が活動を開始する時期はいつか？」，「どの時期に病気にかかると果実の収量や樹体のダメージが大きいか？」をそれぞれの病原体の発生生態の面から考察することで，これまで漠然と行ってきた薬剤防除の必要性を実感していただければ幸いである。

引　用　文　献

1）林川修二ら（2006）：九病虫研会報 **52**：71～74.
2）伊藤隆男（2010）：果樹種苗 **117**：21～25.
3）Iwanami, T.（2010）：JARQ **44**：1～6.
4）加藤光弘ら（2014）：日植病報 **80**：222～228.
5）Kusano, N. et al.（2007）：J. Gen. Plant Pathol. **73**：66～71.
6）Magome, H. et al.（1997）：Phytopathology **87**：389～396.
7）日本植物病理学会（2021）：日本植物病名目録（2021年3月版），日本植物病理学会，東京，2403 pp.
8）佐々木　篤（1965）：日植病報 **30**：246～252.
9）Thompson, J. R. et al.（2017）：J. Gen. Virol. **98**：529～531.

発生予察情報・特殊報（2021.4.1～4.30）

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

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

■**たまねぎ：タマネギ黒腐菌核病**（大阪府：初）4/19

植物防疫講座

虫害編−35

ネコブセンチュウの生態と防除

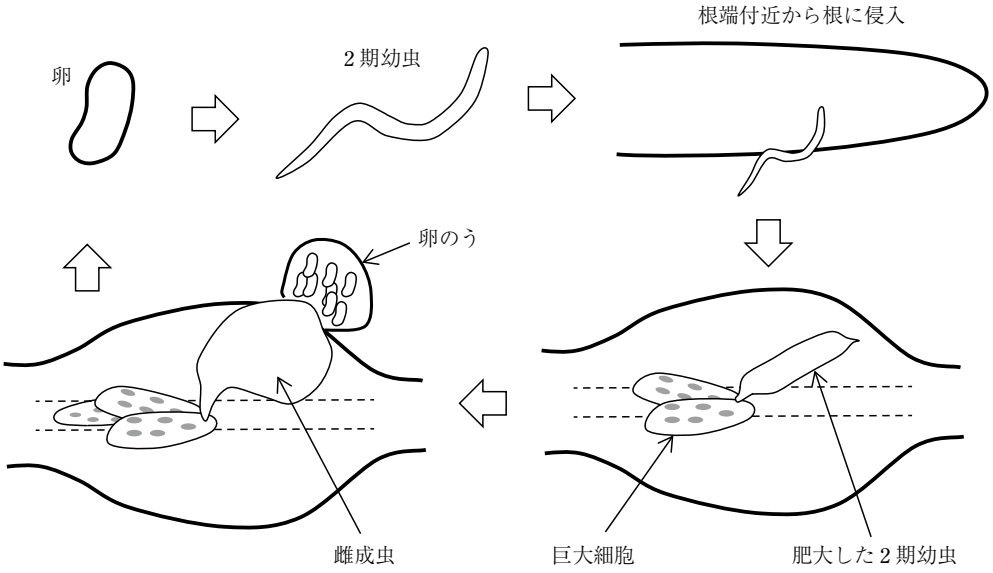
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
植物防疫研究部門 作物病害虫防除研究領域
上杉 謙太（うえすぎ けんた）

はじめに

ネコブセンチュウはティレンクス目メロイドギネ科のメロイドギネ属（*Meloidogyne*）に属する線虫の総称である。シストセンチュウ，ネグサレセンチュウとともに，農業上最も重要な植物寄生性線虫の一群で，世界からは約 100 種，日本からは未記載ながら別種として扱ったほうがよいものも含めて 13 種が報告されている（奈良部，2004）。作物の根に寄生して養水分を吸奪し，トマト，キュウリ，ピーマン等に収量の低下を引き起こすほか，サツマイモ，ニンジン等の根菜類では根部の変形により商品価値の低下を招く。微小な土壌害虫のため肉眼での観察は困難であり，加害部位も根であるため，被害が拡大するまでその存在に気が付かないこともある。本稿では，これらネコブセンチュウの生態や防除法について概説する。より詳細な情報については日本線虫研究会 編（1992）；荒城（2001）；奈良部（2004）；Perry et al.（eds.）（2009）；岩堀（2010）の総説や，水久保・二井 編（2014）の実験書などを参照いただきたい。

I 生　態

ネコブセンチュウは寄主植物でのみ増殖する絶対寄生性の線虫であり，根に侵入した後は移動性を失う内部定着性の寄生生態を持つ（図−1，2）。幼虫は卵内で 1 回脱皮を行った 2 期幼虫としてふ化する。2 期幼虫の体長は約 0.4 mm で，土壌中を移動して根端近くから寄主の根に侵入する。根内を移動した幼虫は維管束に到達すると通常の細胞の 100 倍以上の大きさに達する多核の巨大細胞を誘導し，そこから養水分を摂食する定着生活を開始する。巨大細胞から摂食した幼虫はソーセージ状に肥大し，3 期幼虫，4 期幼虫を経て 20 日ほどで雌成虫へと発育する。雌成虫はさらに風船状に肥大し，ゼラチン状の物質の中に数百にもおよぶ卵を産下して卵のう（卵塊）を形成する（図−2）。重要種を含むほとんどのネコブセン



図−1　ネコブセンチュウの生活環
2 期幼虫が土壌中を移動して根に侵入・定着し，3 期幼虫，4 期幼虫（図では省略）を経て雌成虫へと発育する．

Biology and Control of Root-Knot Nematodes.　By Kenta Uesugi
（キーワード：線虫，*Meloidogyne*）

図-2　ネコブセンチュウの2期幼虫および根こぶ
A：サツマイモネコブセンチュウ2期幼虫，B：サツマイモネコブセンチュウの根こぶ（トマト），C：キタネコブセンチュウの根こぶ（トマト），D：シバネコブセンチュウの寄生部位（コムギ）．B，Cでは雌成虫はこぶ内に埋没し，根外からは卵のう（EM）のみが観察されるが，Dではこぶがほとんど発達せず，雌成虫（F）が根外に露出している．キタネコブセンチュウの根こぶからは細根（AR）が伸びる特徴がある．スケールはAが0.1 mm，B～Dが1 mm.

チュウは単為生殖を行うため幼虫は基本的に雌に発育するが，まれに雄に発育する個体も見られ，寄主の状態が悪いときなどにその比率が高まる。線虫の寄生部位が肥大してこぶ（ゴール）となることからネコブセンチュウと呼ばれ，雌成虫は発達したこぶ内に埋没して卵のうのみが根外に露出していることが多い（図-2B，C）。ただ，こぶは必ず発達するわけではなく，線虫種や寄主植物によりほとんど肥大が見られない場合もある（図-2D）。代表種であるサツマイモネコブセンチュウの発育零点は10.1℃，一世代所要有効積算温量は400日度とされており（Ploeg and Maris, 1999），好適温度下では1か月弱で1世代を経過する。

Ⅱ　ネコブセンチュウの主要種と被害

日本に分布するネコブセンチュウのうち，世界的にも被害の大きい重要種はサツマイモネコブセンチュウ（*M. incognita*），アレナリアネコブセンチュウ（*M. arenaria*），ジャワネコブセンチュウ（*M. javanica*），キタネコブセンチュウ（*M. hapla*）の4種である。日本国内のアレナリアネコブセンチュウはミトコンドリアDNAの差異によってさらに本州型と沖縄型に細分化されている。いずれも寄主範囲が非常に広く，被害の程度に差はあるものの多くの作物を加害する。サツマイモネコブセンチュウは熱帯・亜熱帯を中心に分布する暖地型の種であり，25～30℃が生育適温とされる。日本では本州中部から沖縄にかけて検出率が高いが，施設栽培では北海道においても発生する。トマト，キュウリ，メロン，スイカ，サツマイモ等のネコブセンチュウ害は本種によるものであることが多い（図-2，3）。地温が18℃程度以下になると根への寄生活動が低下するため，冬期の露地圃場では寄主作物でも寄生や被害が見られなくなる。アレナリアネコブセンチュウ，ジャワネコブセンチュウもサツマイモ

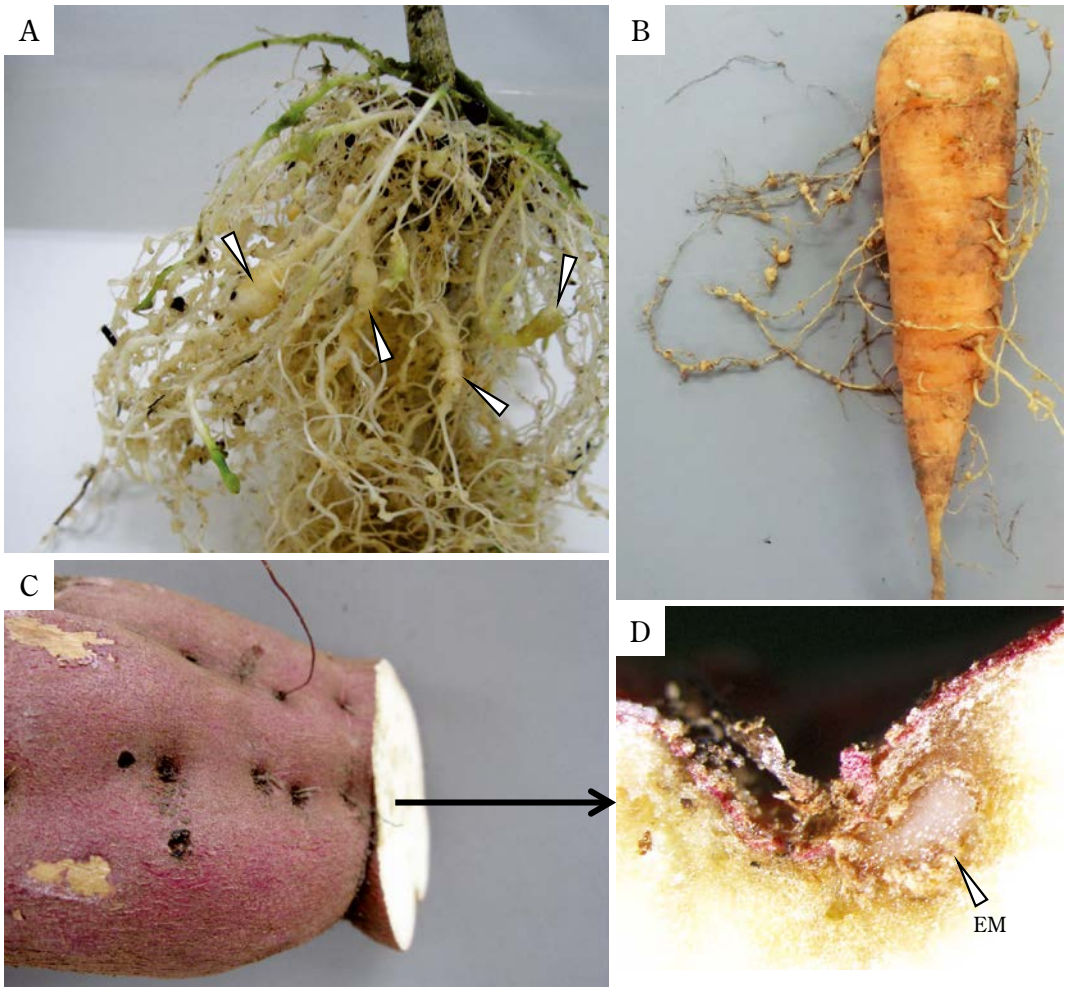


図-3　サツマイモネコブセンチュウによる被害
A：トマトの根，細根に多数のこぶが形成され，一部でこぶが連なって太根化している（矢印），
B：ニンジン．C，D：サツマイモ，被害根の変形部断面に埋没した卵のう（EM）が観察される．

ネコブセンチュウと同じ暖地型の種であり，生態も類似する。アレナリアネコブセンチュウ本州型は本州から九州にかけてサツマイモネコブセンチュウに次いで多く検出される。サツマイモネコブセンチュウとは寄生性がやや異なり，サツマイモ圃場やピーマン圃場ではアレナリアネコブセンチュウ本州型の検出率が低い一方，ダイズ圃場で検出率が高い。アレナリアネコブセンチュウ沖縄型とジャワネコブセンチュウは南日本でまれに検出されるのみであるが，沖縄県ではアレナリアネコブセンチュウ沖縄型が高頻度で検出された調査例もある。分子生物学的な同定法が用いられる以前は，日本国内のアレナリアネコブセンチュウとジャワネコブセンチュウは混同されていたため，1995 年ころ以前の国内文献におけるこれら 2 種の記載には注意が必要になる。キタネコブセンチュウは北海道から九州にかけて広く分布し，沖縄県でも検出例がある。暖地型の種よりも低温で寄生・発育できる寒地型の種であり，北海道で被害を生じるのは主に本種である。ニンジン，ゴボウ等に奇形を生じるほか，サツマイモネコブセンチュウが寄生しないラッカセイも加害する。

ネコブセンチュウによる病徴はいずれの種も類似する。地上部には株全体の生育不良や収量の低下，葉のしおれ，枯れあがりが見られ，被害が著しい場合は枯死に至る。根には特徴的なこぶを形成し（図-2），根菜類では寄生部位の生育を阻害して奇形を生じ，商品価値が大きく低下する（図-3）。増殖力が高いため栽培前の線虫密度が低くても収量や商品化率に影響し，被害の大きい作物では土壌 20 g 当たり数頭（ベルマン法分離による 2 期幼虫数）が被害発生水準や要防除水準とされている。また，ネコブセンチュウは青枯病や萎凋病等の土壌病害を助長し，複合的な被害を生じる（佐藤，2014）。

Ⅲ　調 査・診 断

ネコブセンチュウは根部に特有のこぶや卵のうの形成

が見られるため，診断は容易である（図–2，3）。卵のうは根を 0.15％フロキシン B 水溶液に 10 秒程度浸漬すると赤く染色されて観察しやすい。加害種を同定する際は，こぶを解剖して取り出した線虫を用いるのが確実である。ネコブセンチュウの形態学的な種同定には，雌成虫の会陰紋（産卵口付近の紋様）や雄成虫頭部の特徴が重視されるが，種間で類似する形質も多く，専門家以外には識別が困難である。PCR–RFLP 法やリアルタイム PCR 法を用いた同定・定量法が開発されているため，これらを用いたほうがよい（水久保・二井 編，2014）。なお，キタネコブセンチュウによるこぶは比較的小さく，こぶから細根が発生する特徴を持つため，判断材料の一つになる（図–2C）。土壌の線虫調査では，ベルマン法で 2 期幼虫を分離して検出するのが一般的である。本法は線虫の運動性を利用した分離法であり，ネコブセンチュウではまれに見られる雄成虫を除けば 2 期幼虫のみが土壌から分離される。2 期幼虫はネコブセンチュウ種間の形態的差異がほとんどなく，いずれも細く不明瞭な口針と楊枝のように尖った尾端を持つ（図–2A）。被害圃場では土壌 20 g 当たり数百頭から千頭以上の 2 期幼虫が検出されることもある。ネコブセンチュウの 2 期幼虫を顕微鏡下で識別するにはある程度の経験を必要とするため，難しい場合は土壌 DNA からリアルタイム PCR で検出・定量する方法もある。本法はベルマン法に比べて検出力が高く，被害予測に適する。

Ⅳ 防　　除

線虫による被害は一般に栽培前の線虫密度に依存するため，作付けまでに線虫密度を十分に下げておくことが重要となる。ネコブセンチュウ害が問題となる作物では圃場の線虫密度も高まりやすく，土壌くん蒸剤や粒剤を用いた化学的防除が必要となる場合が多い。一般に殺線虫効果はくん蒸剤で高いが，サツマイモネコブセンチュウでは 2 期幼虫よりも卵の薬剤感受性が低いことが報告されており，低温期における効果低下の一因とされた（武田ら，2020）。粒剤では従来の有機リン系・カーバメート系の殺線虫剤に加え，近年ではピリジニルエチルベンズアミド系の剤も利用されている。殺線虫剤は播種・定植前に処理するものがほとんどであり，生育期に処理できるものは限られる。生物農薬ではネコブセンチュウの天敵細菌であるパスツリア菌が利用される。抵抗性品種が利用できる作物ではその利用も重要な対策となる。トマトでは多くの品種や台木にネコブセンチュウ抵抗性が導入されているほか，サツマイモ品種の一部，ピーマン台木やナス台木の一部も抵抗性を持つ。ただし，これらの品種では抵抗性が有効なネコブセンチュウの種は限られ，有効な種においても抵抗性を打破する線虫系統の存在が問題となる。トマトでは抵抗性を打破するサツマイモネコブセンチュウが国内に広く発生しており，サツマイモでも抵抗性品種に対する反応が異なるレースが 10 報告されている（表–1）。抵抗性品種の導入に際しては，事前に圃場のネコブセンチュウに対する反応を確認するとともに，導入後も抵抗性が有効でない種や系統が発生・増殖してないか定期的に確認したほうがよい。太陽熱消毒や土壌還元消毒は土壌病害だけでなく線虫にも効果がある。土壌還元消毒では低酸素状態や土壌中に発生する有機酸が線虫防除に効果を発揮するとされ，低濃度エタノールや新規糖含有資材を用いた土壌還元消毒法も開発されている。湛水や田畑輪換もネコブセンチュウの密度低減に有効であるが，圃場を短期間湛水するだけでは効果が低く，水温の上昇や有機物の施用が必要とされる。ネコブセンチュウは寄主植物がないと増殖できないため，圃場を裸地状態で維持することでも線虫密度は減少する。また，非寄主作物との輪作は線虫密度の低減に効果的で，サツマイモネコブセンチュウに対するラッカセイやキタネコブセンチュウに対するイネ科作物の効果は古くから知られる。緑肥作物や飼料作物にもネコブセンチュウ密度を低下させる働きを持つものがあり，ク

表–1　サツマイモネコブセンチュウのサツマイモレース

判別品種	サツマイモネコブセンチュウのレース									
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6–1	SP6–2	SP7	SP8	SP9
農林 1 号	＋	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	＋	－
農林 2 号	－	＋	－	＋	＋	－	－	＋	＋	－
種子島紫 7	－	－	＋	＋	＋	＋	＋	－	－	－
エレガントサマー	－	－	－	＋	－	＋	＋	－	－	＋
ジェイレッド	－	－	－	－	－	－	－	－	＋	－
ムラサキマサリ	－	＋	－	－	NT	－	＋	NT	NT	NT

＋：感受性，－：抵抗性，NT：未調査．Sano and Iwahori（2005），Tabuchi et al.（2017）より作成．

ロタラリア，ソルガム，ギニアグラス，マリーゴールド等のほか，近年ではエンバク類でもネコブセンチュウの増殖を抑制する品種が利用されている。これらの線虫抑制作物は抵抗性品種と同じく有効な線虫種が限られるため，圃場の線虫相を把握したうえで利用する。緑肥作物にはネコブセンチュウ，ネグサレセンチュウの好適寄主となるものもある。土作りなどで導入する際には，線虫管理の必要性も踏まえた草種選択が重要である。

お わ り に

近年，我が国への侵入を警戒していたシストセンチュウ2種が相次いで国内で発見され，大きな問題となっている。ネコブセンチュウでも，コロンビアネコブセンチュウ（*M. chitwoodi*）や *M. enterolobii* といった種の侵入が警戒されており，特に *M. enterolobii* は既存のネコブセンチュウ抵抗性の効果がなく，加害性も高いことから，国際的に分布拡大が懸念されている（Collet et al., 2021）。寄主作物が比較的限定されたシストセンチュウと異なり，ネコブセンチュウでは多くの作物で国内既発生種の寄生が見られるため，これら警戒種の侵入に気づきにくい側面があると思われる。根の観察や土壌診断により圃場のネコブセンチュウ発生量・発生種を把握しておくことは，適切な防除対策を立てるうえでの基礎となるだけでなく，警戒種の侵入があった場合の異常を早期に発見するうえでも重要であろう。

引 用 文 献

1）荒城雅昭（2001）: 農林水産研究文献解題 **24**: 299～321.
2）Collet, R. L. et al.（2021）: Nematology, DOI: 10.1163/15685411-bja10076
3）岩堀英晶（2010）: 植物防疫 **64**: 27～34.
4）水久保孝之・二井一禎 編（2014）: 線虫学実験，京都大学出版会，京都，324 pp.
5）奈良部　孝（2004）: 植物防疫 特別増刊号 **8**: 11～16.
6）日本線虫研究会 編（1992）: 線虫研究のあゆみ，日本線虫研究会，つくば，383 pp.
7）Perry, R. N. et al.（eds.）（2009）: Root-knot nematodes. Wallingford, UK, CAB International, 488 pp.
8）Ploeg, A. T. and P. C. Maris（1999）: Nematology **1**: 389～393.
9）Sano, Z. and H. Iwahori（2005）: Jpn. J. Nematol. **35**: 1～12.
10）佐藤恵利華（2014）: 土と微生物 **68**: 21～26.
11）Tabuchi, H. et al.（2017）: Nematol. Res. **47**: 29～33.
12）武田　藍ら（2020）: 応動昆 **64**: 37～45.

植物防疫講座

虫害編−36

草地・飼料作物における主要な害虫の生態と防除

―飼料用トウモロコシ編―

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門 畜産飼料作研究領域
吉田信代（よしだのぶよ）

はじめに

飼料作物害虫目録（農研機構，2011）には飼料作物の害虫として68科406種が加害作物とともに掲載されている。飼料作物害虫は種数の多さだけでなく，古来よりしばしば大発生し，甚大な被害を与えてきた種も含まれているにもかかわらず，人為的に管理されにくい状況が続いてきた（松倉，2018）。その理由として，まず経済的な側面が挙げられる。一般に，害虫防除では害虫の種類と被害状況を把握し，被害許容水準を勘案して防除の必要性を判断するが，飼料作物は食用作物に比べて経済的価値が低く，費用のかかる防除法が実施されにくいという背景がある。ここでは飼料作物の主要害虫の生態と防除について，飼料用トウモロコシと牧草（イネ科，マメ科）に分けて紹介する。本編では飼料用トウモロコシを扱う。

Ⅰ　飼料用トウモロコシ栽培と害虫防除の動向

飼料用トウモロコシは，これまで黄熟期に植物全体を収穫し，雌穂と茎葉を一緒に細断してホールクロップサイレージへと調製し，ウシの粗飼料にしてきた。近年，高栄養な雌穂を完熟期まで登熟させて収穫し，イアコーンサイレージに調製したり，子実のみを分離して濃厚飼料にするなど，利用法や栽培法が多様化してきている（農研機構，2019；2020）。害虫対策に関しては，これまでの黄熟期収穫ではほとんど防除が行われてこなかったが，完熟期収穫では栽培期間の長期化にともなって被害が顕在化することが多く，積極的な防除が必要とされるケースが生じている（山本・田辺，2018）。さらに2019年以降はツマジロクサヨトウがアジア大陸から日本国内へ侵入し，被害を受けた地域は緊急防除対応が求められた（秋月，2020；農林水産省）。栽培体系の多様化や海外侵入種，さらには温暖化等によって変動する被害状況に対応するには，これまでのような耕種的防除に重点を置いた対策に加え，新たな状況にあわせた柔軟な防除対策の実施が必要と思われる（松倉，2018；吉田，2020）。ここでは飼料用トウモロコシ害虫のうち，最も普通に見られるアワノメイガと，海外侵入種ツマジロクサヨトウを取り上げる。なお，2017年に久しぶりに大発生したアワヨトウについては牧草編をご覧いただきたい。その他，タネバエ，コメツキムシ類，タマナヤガ，カブラヤガ，イネヨトウの飼料用トウモロコシにおける被害と防除については吉田（2020）もご参照いただければ幸いである。

Ⅱ　アワノメイガ（*Ostrinia furnacalis*，チョウ目ツトガ科）

1　形態・生態

成虫は前翅長約10 mmで，前翅は灰色かかった黄褐色（図−1）。終齢幼虫は体長20〜25 mm，頭部は暗褐色，体はやや透明な淡褐色で小黒点が点在する。食草は主にイネ科で，トウモロコシ，ソルガム，アワ，ヒエ，キビ，オギ，ショウガ，ギシギシ等，7科16種以上が知られている（服部・六浦，1987）。

発生回数は，北海道は年に1回または2回（桑山，

図−1　アワノメイガ

Ecology and Management of Insect Pests in Forage Corn.　By Nobuyo YOSHIDA

（キーワード：飼料作物，飼料用トウモロコシ，害虫，生態，防除）

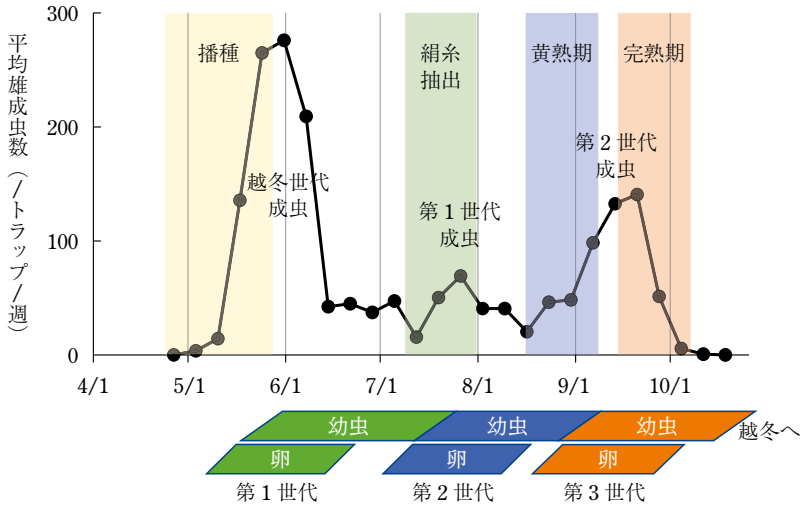


図-2　性フェロモントラップによるアワノメイガ雄成虫の捕獲数と飼料用トウモロコシの生育　アワノメイガの生活史は成虫の発生消長と野外観察から推定（栃木県那須塩原市，2019年）

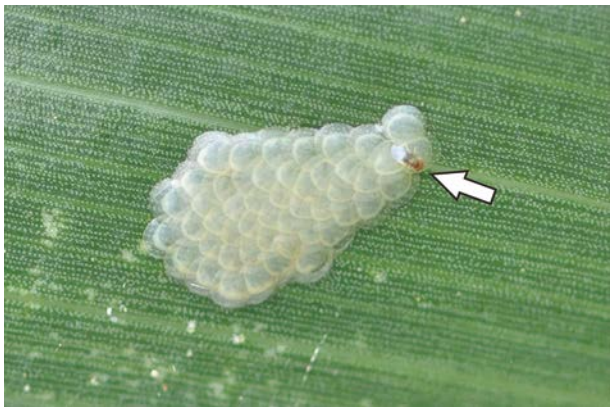


図-3　アワノメイガの卵塊と卵寄生蜂（右端の上から2番目の卵上：矢印）

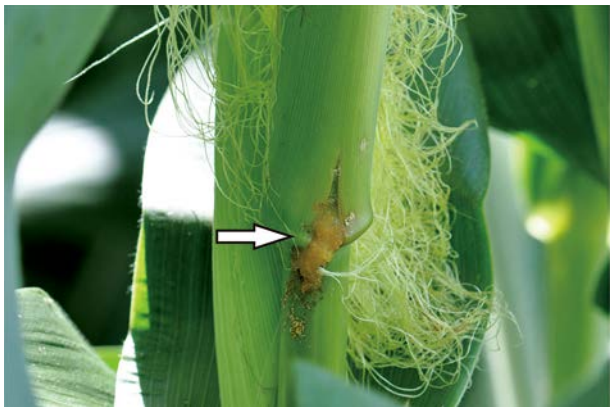


図-4　トウモロコシの稈の被害　幼虫の侵入孔周辺に虫糞が堆積

1930；青木，2017），東北は2回（斉藤・奥，1976；後藤，2011；木村，2017），関東以西は3回（図-2；藪・松浦，1999），暖地は4回（池内ら，1973）と，暖地に向かうほど回数が多くなる。ただし本種の化性は比較的不安定なようで，例えば年2回発生の盛岡では第1世代の一部の幼虫が休眠し，蛹化せずにそのまま越冬するため，冬期には第1世代と第2世代の異なる世代の幼虫が休眠に入り，さらに各世代の個体数割合は年次変動する（斉藤・奥，1985）。同様の現象は北海道（桑山，1930）や鳥取県（中村，1981）でも報告されている。さらに発生回数の異なる地域間では休眠期間や耐寒性も異なり（後藤，2011），個体群内および個体群間で生活史特性に大きな変異が見られる。

アワノメイガは収穫後のトウモロコシ残渣の中やイネ科植物の根元で幼虫で越冬した後，春先に蛹化する。羽化した越冬世代の雌は乳白色で扁平な卵をうろこ状に並べて卵塊とし，トウモロコシの葉の裏などに産みつける（図-3）。ふ化幼虫は，葉の片側表皮を薄く残しながら摂食するため，特徴のある食痕からふ化時期を察知することができる。中齢以降は植物体内へ侵入して内部の組織を食害する。侵入部位はトウモロコシの生育初期は葉鞘や稈，雄穂形成期以降は雄穂，絹糸抽出前後からは雌穂が多くなる。稈では侵入孔の周囲に乳白色～黄色の虫糞や破砕屑が堆積するので，食害を見つけやすい（図-4）。しかし雌穂では幼虫が絹糸抽出部や包葉の隙間から侵入することも多いため，破砕屑や虫糞が外部に排出されずに包葉内にとどまると幼虫の侵入がわかりづらくなる（図-5）。

2　黄熟期と完熟期の被害

アワノメイガの幼虫が侵入したトウモロコシは，食害された部位の組織が脆弱になり，折れやすくなる。稈では雌穂の着生部位以下で折損すると収穫困難となる。雌

図-5　トウモロコシの子実を食害するアワノメイガ 5 齢幼虫

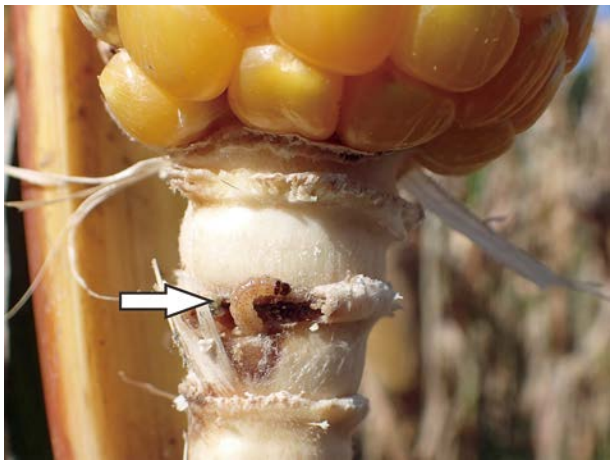


図-6　雌穂柄に侵入したアワノメイガ 3 齢幼虫

図-7　幼虫の食害により雌穂柄が折損し（矢印），垂れ下がった雌穂

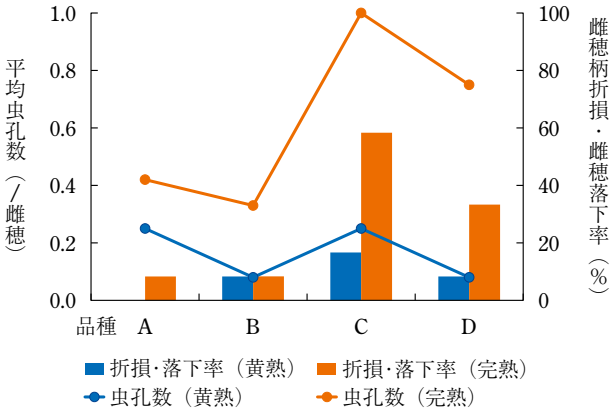


図-8　黄熟期と完熟期における飼料用トウモロコシの雌穂のアワノメイガ被害（栃木県那須塩原市，2018）

穂では雌穂柄（雌穂下部の細い柄になっている部分）が折損すると雌穂が垂れ下がってしまう（図–6，7）。雌穂柄が折損すると台風通過時の強風や，収穫機械の震動で容易に雌穂が落下するようになる。さらに食害部からはカビが侵入しやすくなるため（Sobek and Munkvold, 1999），かび毒蓄積の危険性が増すなど，品質の低下を招く。

フェロモントラップによる雄成虫捕獲数の推移から，栃木県での発生回数は年 3 回と推測された（図–2）。4 月下旬～5 月下旬に播種したトウモロコシ（極早生～早生のデントコーン）の生育ステージとアワノメイガの生活史を重ね合わせると，絹糸抽出期は第 1 世代成虫の発生ピークにあたる。黄熟期収穫では主に第 1 世代幼虫による稈への食害と，第 2 世代幼虫による雌穂への食害を受けるが，完熟期収穫ではさらに第 3 世代幼虫による食害が加わることになる。雌穂への被害を，雌穂あたりの虫孔数や，雌穂柄の折損または雌穂の落下率として見てみると，黄熟期より完熟期のほうが被害が大きいことがわかる（図–8）。さらに完熟期は被害の品種間差が拡大する傾向が見られ，品種によって雌穂柄の折損または雌穂落下率が大きく異なる（図–8）。幼虫の食害による雌穂柄折損は，その後の雌穂落下といった収穫ロスに結びつくため，品種選定にあたっては，収量性や収穫適性等とともに（赤松，2021），アワノメイガの被害についても考慮することが望ましいと思われる。

3　アワノメイガの防除対策

耕種的防除としては，①終齢幼虫は潜入した稈の内部などで越冬するので，収穫後は速やかに残渣を処理し，耕起することによって翌春の成虫発生につなげないようにする。②栽培品種の選定にあたっては，完熟期のアワノメイガ被害を考慮して，食害されにくい品種，あるいは食害されても雌穂柄が折損しにくいような品種を選ぶ。③播種時期の移動により，最も産卵されやすい雄穂抽出～絹糸抽出期をアワノメイガの発生ピークからずら

し，産卵数を減らす方法も有効と示唆されている。ただしこの方法は，発生回数が多い地域ほど発生時期と絹糸抽出期をずらすことが難しくなる。

農薬としては，カルタップ水溶剤とBT水和剤が利用できる。カルタップ水溶剤は食毒として作用し，収穫21日前までに2回以内の散布が可能であり，散布時期は雄穂抽出～絹糸抽出期を目安にすることが多い。BT水和剤は収穫前日まで散布が可能。ただし，防除適期はアワノメイガのふ化時期なので，発生消長データの利用や，ふ化幼虫の食痕の観察からふ化時期を推測し，散布時期を決定する（横田ら，2010）。

天敵利用としては，*Trichogramma*属の卵寄生蜂（図-3）が有望視され，放飼も検討されたが，国内では農薬登録されておらず，実用化されていない（矢野，2018）。

Ⅲ　ツマジロクサヨトウ（*Spodoptera frugiperda*，チョウ目ヤガ科）

1　形態・生態

ツマジロクサヨトウは南北アメリカ大陸の熱帯～亜熱帯に分布していたが，2016年にアフリカ大陸へ侵入し，アジア大陸へ分布を広げた。長距離移動に優れた本種の急速な分布拡大，日本への侵入，生態，防除法等は，松村ら（2019），秋月（2020），および「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル（農林水産省，2021），宮崎大学（2021）に詳しく紹介されている。

成虫は前翅長10～15 mm。終齢幼虫は体長約40 mm，体色は緑色～褐色，頭部に逆Y字の白色紋があり，目は網目模様，尾部に大きな黒点を備える（図-9）。卵塊の表面は雌の体毛で覆われる。ふ化幼虫は葉の片面だけを食べ，反対側の表皮が薄く残った食痕をつけるが，これはアワノメイガのふ化幼虫の食痕とよく似ている。成長すると未展開の巻葉に潜むことが多くなり，茎葉に不規則な食痕と多量の糞を残す（図-10）。栄養生長期のトウモロコシを好むので，幼穂や生長点付近を食害されると被害が大きくなる。土中で楕円形の繭を作り，その中で蛹化する。

図-9　ツマジロクサヨトウ

日本では，2019年7月に鹿児島で初確認された後，11月までに沖縄県から青森県までの21府県で発生が確認され，2020年には北海道を含む42道府県で確認された（農林水産省）。被害作物は飼料用トウモロコシが最も多く，2019年は飼料用トウモロコシのほかに，スイートコーン，ソルガム，サトウキビ，エンバク，2020年はさらにイネ科牧草，ハトムギ，モチキビ，ショウガが報告されている。

休眠性をもたず，寒地～温暖地では越冬できないと推測されるが，奄美以南では通年発生している可能性が高く，厳冬期でも海外もしくは南西諸島から九州への侵入が確認されたことから（秋月，2020），今後も引き続き，気流を利用した本種の移動分散に注意を払う必要がある。

2　ツマジロクサヨトウの防除対策

幼虫の被害が確認され，農薬による防除を行う場合，これまでは緊急防除対策としてツマジロクサヨトウに登録はないものの植物防疫法第29条第1項の規定によって認められた農薬が使用可能だったが，現在は登録農薬を使用することになっている。2021年3月にカルタップ水溶剤とBT水和剤の適用作物「飼料用とうもろこし」に適用害虫「ツマジロクサヨトウ」が追加され，飼料用トウモロコシではこれら2剤が登録農薬となった。

農薬の散布効果は若齢の方が高いが，若齢期の幼虫を見つけても同定が難しい場合も多い。また，同一圃場で

図-10　ツマジロクサヨトウによる飼料用トウモロコシの食害

クサシロキヨトウ（図–11，12）やアワヨトウ（図–13，14）が発生していると，それらとも混同されやすい。クサシロキヨトウとアワヨトウの終齢幼虫の特徴は吉松（2001）に記載されており，その他のチョウ目幼虫についても農林水産省（2021）や宮崎大学（2021）に特徴が示されているのでこれらが同定の参考になる。さらに性フェロモンの分析が沖縄に侵入した個体群を使って進められ，最も有効な性フェロモンの混合比が明らかにされたことから（Wakamura et al., 2021），今後のモニタリング調査の進展が期待される。

本種の長距離移動は気象条件によって年間に何度も起きると推測され，同一圃場で複数回の侵入があると，発生のたびに防除が必要となる。本種が日本へ侵入してから2シーズンが経過したが，この2シーズンとも二期作の2作目で同一圃場に複数回の発生が見られた地域では，収穫時期が近づくにつれて使用可能な農薬が少なくなり，対応に苦慮する場面が見られた。そのためトウモロコシの草高が高くなり，農薬散布が困難な場合には早刈りし，深耕して幼虫や蛹を破砕するといった対策が講じられることもある。早期収穫する場合は未熟な飼料用トウモロコシの収穫や調整法（宮崎大学，2021）にも留意したい。

おわりに：飼料用トウモロコシの害虫防除

上記2種以外の主要な害虫と防除法の概略をトウモロコシの生育ステージにしたがって簡単に紹介する。播種後の種子はタネバエの幼虫が食入することがあるので，早春の低温期の播種を避け，堆肥は完熟したものを施用する。発芽から幼苗期には，コメツキムシ類による食害でも不発芽や生育の遅れを生じ，被害が大きいと再播種しなければならない場合もある。タネバエやコメツキムシ類の対策としては，播種前の種子へのチアメトキサム水和剤の塗抹処理が有効である。幼苗期にはネキリムシ類（タマナヤガやカブラヤガの幼虫）が茎を切断して欠株を生じさせることがある。タマナヤガ，カブラヤガ，アワヨトウ，イネヨトウ等は主にイネ科雑草に産卵し，幼虫がトウモロコシへと移動するので，周囲の雑草を除去することが予防策となる。

幼苗期以後は被害状況に応じて農薬散布が必要な場合が生じる。しかし，「飼料用とうもろこし」で登録され

図-11　クサシロキヨトウ終齢幼虫

図-12　クサシロキヨトウ

図-13　アワヨトウ終齢幼虫

図-14　アワヨトウ

ている殺虫剤は全部で7剤と少なく，適用害虫（登録農薬数）も，アブラムシ類（2剤），アワノメイガ（2剤），タマナヤガ（1剤），ネキリムシ類（1剤），タネバエとハリガネムシ類（1剤）のみである。完熟期収穫でのアワノメイガ対策やツマジロクサヨトウの緊急防除対応のように，農薬散布の必要性が以前より増していることからも，食用の「穀類」「とうもろこし」等で登録されている農薬の適用拡大が望まれる。また，飼料用トウモロコシは生長すると草高が3 m前後に達し，茎葉も階層的に被覆するので，農薬を効果的に散布するための散布機械や散布方法の開発も必要と思われる。今後の飼料用トウモロコシにおける害虫対策では，耕種的防除を基本としつつ，新たな栽培法や被害状況の変化を考慮し，適切な化学的防除や生物的防除を組合せた防除法が開発されることが必要と考える。

（本稿の農薬登録情報やツマジロクサヨトウに関する情報は2021年5月時点のものでありホームページなどで最新の情報を確認していただきたい）

引　用　文　献

1）赤松佑紀（2021）：日草誌 **67**(2)：印刷中.
2）秋月　岳（2020）：植物防疫 **74**(7)：418～421.
3）青木元彦（2017）：新・北海道の病害虫ハンドブック全書，北海道協同組合通信社，札幌，426 pp.
4）後藤三千代（2011）：地球温暖化と南方性害虫，北隆館，東京，p.207～219.
5）服部伊楚子・六浦　晃（1987）：植物防疫 **41**(2)：62～69.
6）池内辰雄ら（1973）：四国植物防疫研究 **8**：43～50.
7）木村勇司（2017）：北日本病虫研報 **68**：173～178.
8）桑山　覚（1930）：北農試報告 **25**：1～140.
9）松倉啓一郎（2018）：応動昆 **62**(3)：171～187.
10）松村正哉ら（2019）：植物防疫 **73**(7)：434～437.
11）宮崎大学（2021）：ツマジロクサヨトウ防除飼料生産マニュアル改訂二版，https://www.miyazaki-u.ac.jp/ags/news/2021/03/post-18.html
12）中村剛二（1981）：牧草と園芸 **29**(11)：6～11.
13）農研機構（2011）：飼料作物害虫目録，http://www.naro.affrc.go.jp/archive/nilgs/d-base/
14）――――（2019）：子実用トウモロコシ生産・利活用の手引き（都府県向け）第1版，農研機構中央農業研究センター，那須塩原，62 pp.
15）――――（2020）：飼料用トウモロコシの作付け拡大に向けた新しい栽培技術〈2019年度版〉，農研機構畜産研究部門，那須塩原，17 pp.
16）農林水産省：ツマジロクサヨトウに関する情報，https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/tumajiro.html
17）――――（2021）：「ツマジロクサヨトウ」防除マニュアル本編（第2版），52 pp，https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/keneki/k_kokunai/tumajiro.html
18）斉藤　修・奥　俊夫（1976）：東北農試研報 **52**：115～121.
19）――――・――――（1985）：同上 **71**：43～57.
20）Sobek, E. A. and G. P. Munkvold（1999）：J. Econ. Entomol. **92**：503～509.
21）Wakamura, S. et al.（2021）：Appl. Entomol. Zool. **56**：19～25.
22）藪　哲夫・松浦博一（1999）：北陸病虫研報 **47**：31～34.
23）山本竜也・田辺　勉（2018）：福井県畜産試験場研究報告 **31**：41～46.
24）矢野栄二（2018）：応動昆 **62**：1～11.
25）横田　啓ら（2010）：北日本病虫研報 **61**：129～132.
26）吉田信代（2020）：牧草と園芸 **68**(4)：5～10.
27）吉松慎一（2001）：植物防疫 **55**(3)：130～133.

新農薬の紹介

新規ウンカ・ヨコバイ防除剤ベンズピリモキサン（オーケストラ®フロアブル）の特徴と使い方

日本農薬株式会社　高儀（たかぎ）　春香（はるか）・深津（ふかつ）　浩介（こうすけ）・中野（なかの）　元文（もとふみ）

は　じ　め　に

ベンズピリモキサンは，日本農薬(株)が独自に発明したベンジルオキシ基および環状アセタール基を有するピリミジン誘導体であり，水稲害虫であるウンカ類・ツマグロヨコバイ幼虫の脱皮を特異的に阻害することで高い殺虫活性を示す。これまでの研究の結果，既存剤に対する感受性の低下した個体群に対しても高い殺虫活性を示すことが確認されており，また，新規の作用機構を有すると推定している。本剤は 2020 年 9 月 14 日にオーケストラ®フロアブルとして水稲のウンカ類・ツマグロヨコバイに登録を取得した。

Ⅰ　物理化学的性状および安全性情報

1　ベンズピリモキサンの物理化学的性状

一般名：ベンズピリモキサン（benzpyrimoxan）（ISO）
構造式：（図-1）
分子式：$C_{16}H_{15}F_3N_2O_3$
分子量：340.30
水溶解度：5.04 mg/l（19.9～20.2℃）
オクタノール/水分配係数（logPow）：3.42（24.5℃）
融点：120.1～121.3℃
蒸気圧：1.39×10^{-5} Pa（25℃）

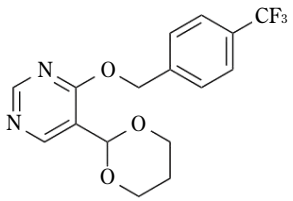


図-1　ベンズピリモキサンの化学構造式

Properties and Effective Usage of Benzpyrimoxan, a Novel Insecticide.　By Haruka Takagi, Kohsuke Fukatsu and Motofumi Nakano

（キーワード：ベンズピリモキサン，オーケストラ，殺虫剤，IPM）

2　哺乳類に対する安全性（原体）

ラット急性経口毒性：LD_{50} ＞ 2,000 mg/kg（♀）
ラット急性経皮毒性：LD_{50} ＞ 2,000 mg/kg（♂，♀）
ウサギ眼刺激性：軽度の刺激性あり
ウサギ皮膚刺激性：軽度の刺激性あり
皮膚感作性：感作性なし（LLNA 法），感作性あり（Maximization 法）

3　水生生物に対する安全性（原体）

コイ（LC_{50}）：2.20 mg/l（96 時間）
オオミジンコ（EC_{50}）：3.10 mg/l（48 時間）
ユスリカ（EC_{50}）：＞3.50 mg/l（48 時間）
緑藻（EC_{50}）：＞2.90 mg/l（72 時間）

4　作物に対する安全性

新農薬実用化試験および社内試験のいずれにおいても薬害を生じた事例はなく，本剤はイネに対して高い安全性を有することが確認されている。

Ⅱ　作　用　特　性

1　各種害虫に対する殺虫活性

ベンズピリモキサンは，カメムシ目害虫に対して殺虫活性を示し，特に水稲分野のウンカ類・ツマグロヨコバイに対して高い殺虫活性を示す（表-1）。また，本剤は合成ピレスロイド剤・ネオニコチノイド剤等の既存剤に対する感受性の低下したウンカ類にも有効である（表-2）。

2　活性発現速度および作用経路

本剤を処理したウンカ類の幼虫は脱皮時に死亡する。そのため，本剤の活性発現は神経伝達などを阻害する薬剤に比べてやや遅い傾向にある。

また，本剤は経口・経皮のいずれの作用経路でも殺虫活性を示す。イネの根部に本剤を処理した場合，茎葉部に浸透移行することも確認されているが，本処理法での活性は散布による活性に劣る。

3　ステージ別の殺虫活性

本剤はトビイロウンカの 1 齢～5 齢初期に対して高い殺虫活性を示す。一方で，卵や日齢が経過した 5 齢に対

表-1　ベンズピリモキサンの各種害虫に対する殺虫活性

目	和名	供試ステージ	処理方法	LC_{50} 値[a)]（ppm）
カメムシ目	トビイロウンカ	3齢	イネ葉鞘浸漬法	0.12
	ヒメトビウンカ	3齢	イネ葉鞘浸漬法	0.47
	セジロウンカ	3齢	イネ葉鞘浸漬法	0.87
	ツマグロヨコバイ	3齢	イネ葉鞘浸漬法	4.2
	ワタアブラムシ	1齢	虫体＋葉片浸漬法	31
	タバココナジラミ（バイオタイプQ）	卵	虫体＋葉片浸漬法	64
チョウ目	コナガ	2齢	虫体＋葉片浸漬法	＞100
アザミウマ目	ミカンキイロアザミウマ	1齢	虫体＋葉片浸漬法	＞100
ハエ目	トマトハモグリバエ	卵	虫体＋葉片浸漬法	＞100
コウチュウ目	イネクビホソハムシ	1齢	虫体＋幼苗浸漬法	＞100
ダニ目	ナミハダニ	幼虫	虫体＋葉片浸漬法	＞100
ハリセンチュウ目	サツマイモネコブセンチュウ	2期	虫体＋根部浸漬法	＞100

a)　薬剤処理5～10日後調査.

表-2　トビイロウンカ3齢に対する殺虫活性

薬剤	LC_{50} 値（ppm）[a)]			
	2020年[b)] 長崎県	2019年 鹿児島県	2015年 鹿児島県	感受性[c)] 系統
ベンズピリモキサンSC	0.33	0.32	0.23	0.12
A剤（系統①）	10	20	29	3.1
B剤（系統②）	12	31	15	0.061
C剤（系統③）	5.1	19	2.5	0.040
D剤（系統④）	21	5.3	11	0.27

a)　イネ実生浸漬，薬剤処理5～7日後調査.　b)　採集年.
c)　日本農薬(株)累代飼育系統（1983年採集）.

表-3　トビイロウンカ[a)]に対するステージ別の殺虫活性

薬剤	LC_{90} 概算値（ppm）[b)]					
	卵	1齢	3齢	5齢		成虫
				0日齢	1～2日齢	
ベンズピリモキサンSC	30～100	0.3～1	0.3～1	0.3～1	＞3	＞100
ブプロフェジンSC	＞100	0.3～1	0.3～1	0.3～1	＞3	＞100

a)　日本農薬(株)累代飼育系統（1983年採集）.
b)　イネ実生浸漬，薬剤処理5～10日後調査.

表-4　ベンズピリモキサンの天敵・有用昆虫に対する影響

和名	供試ステージ	処理方法	調査	LD_{50} 値（μg a. i. /bee）
セイヨウミツバチ	成虫	急性経口	48時間後	＞100
		急性接触	48時間後	＞100
和名	**供試ステージ**	**処理方法**	**調査**	**LC_{50} 値（ppm）**
カイコガ	幼虫	葉片散布法	5日後	＞100
アオムシサムライコマユバチ	蛹	虫体浸漬法	5日後	＞200
チリカブリダニ	卵	虫体＋作物・餌散布法	4日後	＞200
ミヤコカブリダニ	卵	虫体＋作物・餌散布法	4日後	＞100
キクヅキコモリグモ	成体	作物散布法	7日後	＞100
カタグロミドリカスミカメ	幼虫	作物・餌浸漬法	9日後	＞200
ムナグロキイロカスミカメ	幼虫	作物・餌浸漬法	10日後	＞100
ケシカタビロアメンボ	幼虫	虫体＋餌散布法	4日後	＞100

する殺虫活性はやや低く，脱皮（羽化）しない成虫に対しては殺虫活性を示さない（表–3）。

4　天敵・有用昆虫に対する影響

ウンカ類を捕食するクモ・カスミカメ・アメンボ等を含め，天敵・有用昆虫に対する本剤の影響は小さく（表–4），総合的病害虫・雑草管理（IPM：Integrated Pest Management）に適合すると考えられる。

III　圃場における生物性能

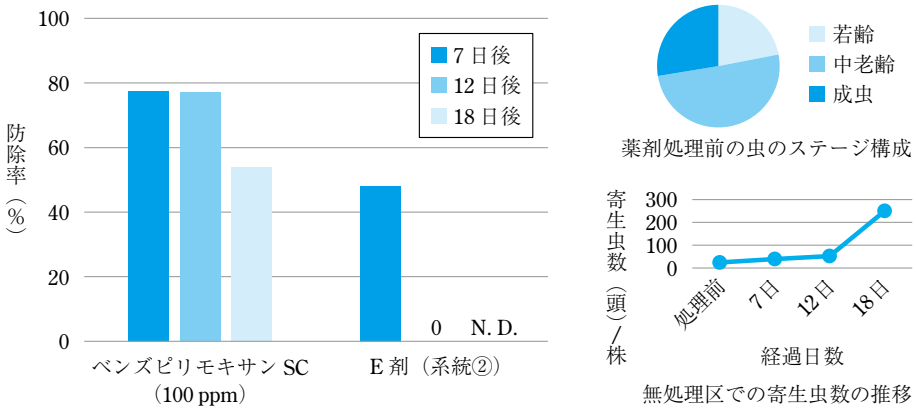
1　ウンカ類・ツマグロヨコバイに対する茎葉散布効果

本剤は茎葉散布にて，トビイロウンカ，セジロウンカ，ヒメトビウンカおよびツマグロヨコバイに対して実用的な防除効果を示す。本剤の殺虫活性はツマグロヨコバイよりウンカ類において高く，茎葉散布効果も同様である。

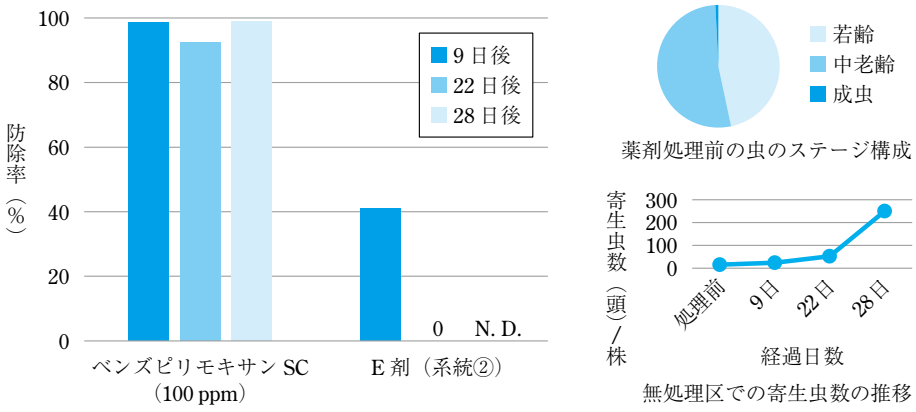
2　トビイロウンカに対する処理時期別の茎葉散布効果（効果的な使い方）

殺虫活性の低いもしくは殺虫活性のない老齢・成虫が多い時期に処理した場合，羽化直前の 5 齢や成虫を直接防除できないことから，本剤の初期効果はやや低い（図–2）。一方で，若中齢が主体の時期に処理した場合，本剤は高い初期効果を示し，効果持続期間も前者の時期に処理した場合に比べて長くなる（図–3）。このため，本剤の処理適期である若中齢主体の時期に処理した場合，複数試験において本剤が安定して高い防除効果を示すことが確認されている（図–4）。

本剤の効果を最大限に発揮させるためには，都道府県などの予察情報・防除指導をもとに圃場の発生状況を確認し，若中齢が主体の時期に処理することが重要である。



図–2　トビイロウンカに対する茎葉散布効果（老齢・成虫が多い時期での処理）
【2020 年日本農薬(株)社内試験】，試験場所：大阪府河内長野市．供試作物：イネ（ヒノヒカリ 5 月 25 日移植）．処理月日：2020 年 7 月 30 日（各製剤を 100 *l*/10 a 散布，展着剤無加用）．供試害虫：熊本個体群（2019 年採集）を放虫．



図–3　トビイロウンカに対する茎葉散布効果（若中齢が主体の時期での処理）
【2020 年日本農薬(株)社内試験】，試験場所：大阪府河内長野市．供試作物：イネ（ヒノヒカリ 5 月 25 日移植）．処理月日：2020 年 7 月 20 日（各製剤を 100 *l*/10 a 散布，展着剤無加用）．供試害虫：熊本個体群（2019 年採集）を放虫．

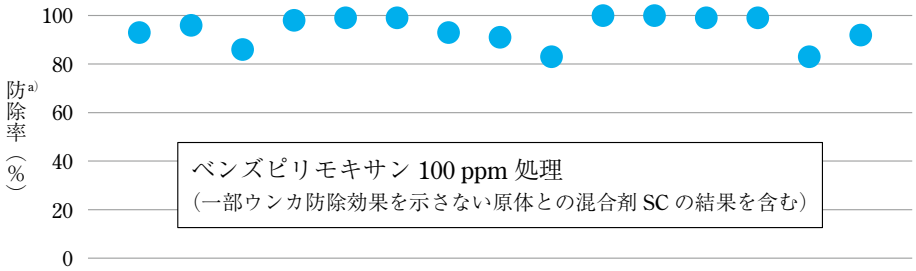


図-4　適期処理した場合のトビイロウンカに対する防除効果
【2015～20 年日本農薬(株)社内試験】，試験場所：大阪府，熊本県，宮崎県.
[a)] 薬剤処理 22～49 日後のいずれかにおいて，無処理区の虫の密度が大きく増加した時点での防除率.

図-5　トビイロウンカの死亡症状[a)]
[a)] イネ実生浸漬（50 ppm），4 齢供試，薬剤処理 5 日後調査.

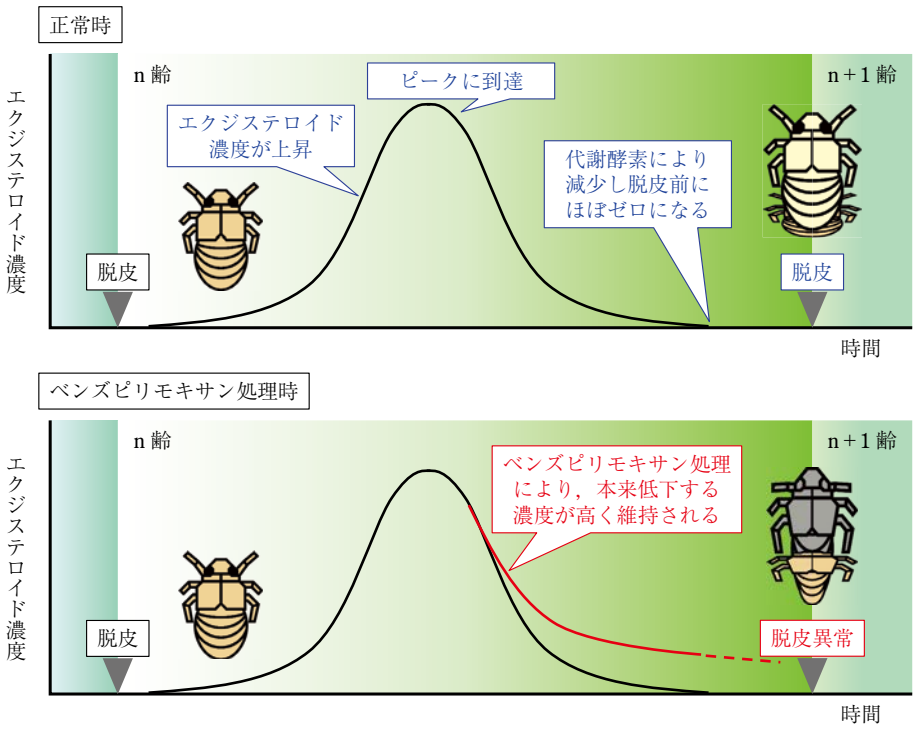


図-6　トビイロウンカ体内のエクジステロイド濃度の推移

Ⅳ 作 用 機 構

前述の通り，本剤はウンカ幼虫の脱皮時に作用し，高い殺虫活性を示す。脱皮異常を引き起こす既存の水稲用殺虫剤としてはブプロフェジン（アプロード®）が挙げられる。そこで，作用機構面においてブプロフェジンと比較したところ，ブプロフェジンがトビイロウンカ表皮組織におけるキチン生合成を直接阻害するのに対し，本剤は阻害作用を示さなかった。また，死亡症状も異なることから（図–5），両者の作用機構は異なると考えられた。

一方で，その作用症状からエクジステロイドを介した脱皮調節系をかく乱している可能性が考えられることから，トビイロウンカ体内におけるエクジステロイド濃度推移に対する本剤の影響を評価した。正常な脱皮では，エクジステロイド濃度がピークに達した後，脱皮前に一定以下の濃度に低下することが知られており（図–6），実際にトビイロウンカでも脱皮以前にエクジステロイド濃度が低下する現象が観察された。しかし，本剤を処理した個体ではエクジステロイド濃度の低下が抑制され，残存量が多い傾向が認められた。その結果，脱皮メカニズムがかく乱され，脱皮異常が起こると推測される（図–6）。

以上の結果から，本剤はウンカ虫体内におけるエクジステロイドの濃度推移をかく乱することにより脱皮異常を引き起こすと推察され，従来の脱皮阻害剤と異なる新規の作用機構を有すると考えられる。

お わ り に

ベンズピリモキサンは既存剤に対する感受性が低下した個体群にも有効であり，新規の作用機構を有すると考えられることから，ウンカ類・ツマグロヨコバイにおける薬剤抵抗性の管理に非常に有用な剤といえよう。また，人畜や水生生物等への影響が少なく，多くの天敵・有用昆虫に対する影響や作物に対する薬害リスクも低いことから，農業現場で安心してお使いいただける農業資材であると考える。

今後，ベンズピリモキサンが水稲分野で活用されることで，農作物の安定生産に少しでも貢献できれば幸いである。

研究室紹介

奈良県農業研究開発センター 研究開発部 環境科

奈良県では，京阪神の大消費地に近い立地条件を活かした特色ある農業を展開している。農業研究開発センターは，県農業を技術開発で支える研究機関として活動しており，中期運営方針に基づく研究５か年計画は２期目に入っている。

環境科には病害担当，虫害担当，農薬分析担当，土壌担当が含まれ，主に農業生産環境の改善にかかわる研究を行っている。この中で，病害担当と虫害担当は各２名おり，これに環境科長を加えた５名が病害虫防除所との兼務で活動している。以下に，病害虫担当者が現在取り組んでいる主な研究内容を紹介する。

１　遺伝子診断による重要病害診断技術の確立

イチゴうどんこ病，トマト葉かび病，トマトすすかび病，キク黒斑病等の重要な糸状菌病害について，遺伝子診断技術の応用により，迅速な診断と防除対策確立に欠かせない菌の生態解明や耐性菌診断等を目指している。昨年度，トマト葉かび病菌における国内未確認の新レースを報告したほか，現場で多発している菌株の薬剤耐性を明らかにし，被害軽減に貢献した。

２　天敵利用の拡大に向けた取り組み

カブリダニ製剤によるハダニ防除が普及している促成イチゴ栽培において，さらにアブラムシに対する寄生バチ製剤などを加え，イチゴ害虫の IPM 体系確立を目指している。また，露地ナスにおける土着天敵保護利用として，春夏期に多いヒメハナカメムシ類と夏秋期に多いタバコカスミカメを活用した天敵リレー体系を検討している。

３　微生物殺虫剤を利用したデュアルコントロール技術の開発

農林水産省イノベーション創出強化研究推進事業を活用し，病害にも効果のある微生物殺虫剤を利用した病害・虫害のデュアルコントロール技術の開発に，産学官連携で取り組んでいる。奈良県では，促成イチゴの天敵製剤導入体系に，本技術を利用したうどんこ病，ハダニ，アザミウマ等の同時防除技術を組み込むことを検討している。

奈良県農業研究開発センター全景

イチゴハウスに設置した天敵バンカー製剤

４　有機農業に活用可能な技術開発

本県の有機栽培はアブラナ科などの軟弱葉菜類の取り組みが多く，特にキスジノミハムシによる被害が大きい。そこで，防虫ネットや UV カットフィルムを活用した被害軽減の現地実証に取り組んでいる。化学殺虫剤が使えない条件では，物理的防除技術の効果が明瞭に現れるため，生産現場レベルで明確に技術実証できるのが面白いところである。

５　その他の業務

環境科の病害虫担当は，いずれも本務が病害虫防除所職員であるため，発生予察の巡回調査や病害虫の診断，抵抗性病害虫の薬剤感受性検定等も経常的に行っている。そのため，県内の様々な地域，作物，病害虫を広く扱い，生産現場でのタイムリーな課題に迅速に取り組みつつ，普及や行政施策に反映できるような提案をできるのが強みである。今後も地域農業の発展に貢献できるような研究を進めていきたい。

（総括研究員　井村岳男）

〒 633-0046　奈良県桜井市池之内 130-1
TEL　0744-47-4496

学 会 だ よ り

○日本菌学会第 65 回大会の開催のお知らせ

日時：2021 年 8 月 23 日（月）～29 日（日）
場所：Zoom ならびに LINC Biz プラットフォームによるオンライン開催
大会参加申込
　参加希望者は 7 月 5 日（月）まで
　詳細は学会ホームページでご確認ください。

○第 44 回農薬残留分析研究会の開催のお知らせ

日時：2021 年 11 月 18 日（木）～19 日（金）
場所：The Grand Yours Fukui
（ホテルフジタ福井 3F・4F）
JR 福井駅から徒歩 7 分
〒 910-0005 福井県福井市大手 3 丁目 12-20
* COVID-19 感染症の影響により，Web 開催となる可能性があります。そのため，参加等の申込み受付は 7～9 月の予定です。
プログラム
11 月 18 日（木）13:00～
　テーマ「農薬残留分析に係る最近の話題」
　招待講演-I
　「農業用ドローンを用いた最新の農薬散布について（仮題）」株式会社ナイルワークス　柳下　洋
　招待講演-II
　「パッシブサンプリング法を用いた河川水中の残留農薬分析について（仮題）」大阪府立環境農林水産総合研究所　矢吹芳教
　招待講演-III
　「花粉・花蜜残留試験について（仮題）」日本植物防疫協会　荒井雄太
　招待講演-IV
　「作物代謝をはじめとする農薬の各種運命試験について（仮題）」残留農薬研究所　増田　稔
　特別講演
　「福井県の農業に関する話題（仮題）」福井県植物防疫協会　高岡誠一
11 月 19 日（金）
　受賞者講演，各種セミナー，エクスカーションを企画中
　詳細は学会ホームページでご確認ください。

○日本土壌微生物学会 2021 年度大会の開催のお知らせ

日時：2021 年 6 月 18 日（金）～19 日（土）
開催方法：Web 開催（Zoom）
参加申込：事前申込制。参加申込期限：6 月 7 日（月）まで。
詳細は学会ホームページでご確認ください。

広告掲載会社一覧　（掲載順）

サンケイ化学(株)……スクミノン
日産化学(株)……グレーシア
バイエルクロップサイエンス(株)……ビーラム
日本曹達(株)……ピシロック
住友化学(株)……主要品目
日本農薬(株)……オーケストラ
三井化学アグロ(株)……主要品目
アグロカネショウ(株)……主要品目

次号予告

次号 2021 年 7 月号の主な予定記事は次のとおりです。

近年増加しているイネカメムシの発生状況と調査法　石島　力
宮城県内リンゴ園のナミハダニに対する殺ダニ剤の効果―薬剤使用履歴および周辺環境による影響―　関根崇行ら
マメシンクイガの被害リスク推定と防除　竹内博昭
Rhizoctonia solani AG-1 IB によるニンジン葉腐病と *Rhizoctonia* 属菌によるその他のニンジン病害　森　万菜実ら
茨城県のキョウナ栽培で発生する萎凋病を引き起こす *Fusarium* 属菌の菌種　林　可奈子ら
病害虫の見分け方シリーズ：イネウンカ類 3 種とその被害の見分け方　松村正哉
植物防疫講座　病害編：ブドウに発生する病害の生態と防除　須﨑浩一
植物防疫講座　虫害編：草地・飼料作物における主要な害虫の生態と防除―牧草編―　柴　卓也
研究室紹介：北海道立総合研究機構 農業研究本部 道南農業試験場 研究部 生産技術グループ　安岡眞二
　佐賀県果樹試験場 病害虫研究担当　衛藤友紀

植物防疫
2021 年
6 月 号
（毎月 1 回 1 日発行）

第 75 巻　2021 年 5 月 25 日印刷
第 6 号　2021 年 6 月 1 日発行
（通算 894 号）

定価 965 円
本体 877 円

編集発行人　早川　泰弘
印 刷 所　三 美 印 刷 ㈱
東京都荒川区西日暮里 5-16-7

――発 行 所――
〒 114-0015　東京都北区中里2丁目28番10号
一般社団法人　日 本 植 物 防 疫 協 会
電 話（03）5980-2181（代）
F A X（03）5980-6753（支援事業部）

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

明日の農業を考える

水稲用殺虫剤

オーケストラ® フロアブル

新登場

BPX Benzpyrimoxan

奏でよ、新ウンカ防除の第一章!!

新しい作用性で、ウンカ類を強力防除!

トビイロウンカ

ヒメトビウンカ

セジロウンカ

ツマグロヨコバイ

〈写真はイメージです〉

オーケストラ特設ページ

新しい作用性や登録内容はこちらから

®は日本農薬(株)の登録商標です。

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

日本農薬株式会社

東京都中央区京橋1丁目19番8号 ホームページアドレス https://www.nichino.co.jp/

日本植物防疫協会ホームページ
リニューアルのお知らせ

5月下旬リニューアル

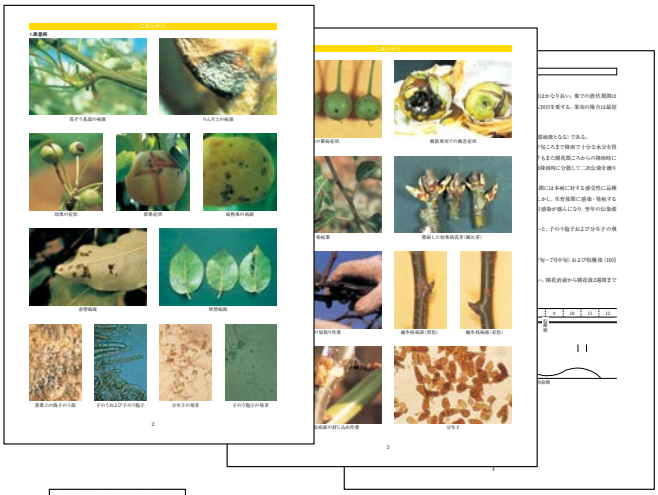
皆様に、より見やすく、より最適な情報をお届けするホームページをめざし、デザイン・構成を一新し、スマートフォンでの表示にも対応できるよう改善いたしました。

JPPAオンラインストアやJPP-NETのバナーをトップページに設置し、よりアクセスしやすくいたしました。

今後も多くの皆様にご利用いただけるよう更なる改善を図り、有益な情報提供を行ってまいります。

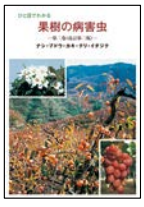
ひと目でわかる 果樹の病害虫

果樹病害虫の診断に必須の１冊！



第一巻（改訂第二版）
ミカン・ビワ・キウイなど
価格：6,600円（税込）

第三巻（改訂第二版）
リンゴ・モモ・ウメなど
価格：8,580円（税込）



第二巻（改訂第二版）
ナシ・ブドウ・カキなど
価格：9,020円（税込）

一般社団法人 日本植物防疫協会
ご注文はJPPAオンラインストアより
https://www1.enekoshop.jp/shop/jppashop/

殺虫剤

三井東圧 アルバリン® 顆粒水溶剤・粒剤 粉剤DL・箱粒剤
スタークル® 顆粒水溶剤
スタークルメイト® 1キロH粒剤 液剤10
トレボンスター® フロアブル 粉剤DL
トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL 粒剤・エアー・スカイMC
アニキ® 乳剤
コロマイト® 水和剤 乳剤
ミルベノック® 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

アフェット® フロアブル
ベジセイバー®
ピカット® フロアブル
フルーツセイバー
ネビジン® 粉剤
ネビリュウ®
モンガリット® 1キロ粒剤 粒剤
サンリット® 水和剤
テーク® 水和剤
タチガレン® 粉剤 液剤
タチガレエース® M 粉剤 液剤
タチガレファイト® 液剤
サンブラス® 粒剤
ガッツスター® 粒剤
トリプルキック® 箱粒剤
サントリプル® 箱粒剤
サンフェスタ® 箱粒剤
ツインキック® 箱 粒剤
三井東圧 クロールピクリン
三井 ソイリーン®
サンスパイク® 箱 粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
ジョーカイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
アルファープロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L フロアブルH/L
キクンジャ～Z® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
フォローアップ® 1キロ粒剤
サンバード® 粒剤
ワイドアタック™ SC
草枯らし MIC®
アトカラ® SジャンボMX
セカンドショット® SジャンボMX
トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

白く枯らす
CYRA サイラ

●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。

三井化学グループ
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/

植物防疫 VOL.75 No.6
2021年6月1日 発行（毎月1回1日発行） 定価 965円 本体 877円（送料サービス）
一般社団法人 日本植物防疫協会
〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
電話 03(5980)2181 FAX 03(5980)6753
http://www.jppa.or.jp/

いい土から、いい作物。

アグロ カネショウの土壌消毒剤

絆

Ba N D

バスアミド ネマキック D-D

で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!
ネマキック®
粒剤

土壌病害・雑草防除に!
バスアミド®
微粒剤

土壌センチュウ防除に!
D-D®

アグロ カネショウの
土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の養分分析
線虫や菌の密度

土壌分析の詳細や申込みについては▼
アグロ カネショウ土壌分析室[0296-21-3108]まで

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

■製品のお問い合わせ
アグロ カネショウ(株)お客様相談係
04-2944-1117