

植物防疫

Plant Protection

2017 **11** VOL.71

スピノエースTM 顆粒水和剤

知らず知らずに進む、害虫の被害

ミカンキイロアザミウマ



いちご

ハモグリバエ類(ナモグリバエ)



レタス

ハイマダラノメイガ



キャベツ

栽培形態と使える農薬

	農薬 有機JAS規格別表2に 含まれない農薬	有機JAS規格別表2の農薬 マシン油剤、銅水和剤、生石灰、性フェロモン剤、 天敵など生物農薬、スピノサド水和剤、他(一部化 学合成農薬を含む)
慣行栽培	○ 使用可	○ 使用可
特別栽培※1	○ 使用可※2	○ 使用回数にカウントされない
有機栽培	× 使用不可	○ 農作物の被害が予想 される場合に使用可

有機農産物とは？ 有機農産物の日本農林規格(有機JAS規格)の規定に従って生産された農産物(飲料食品)のことです。

※1 慣行栽培と比較して農薬の50%を削除

※2 使用回数にカウントされない農薬も一部あるが、地方自治体によって基準が異なる

スピノエースが
有機農産物で
使えるように
なった!



スピノエース顆粒水和剤の主な特長

- 天然物由来の全く新しい作用
- アザミウマ類、チョウ目害虫に優れた効果

ダウ・アグロサイエンス日本株式会社

本社/〒140-8617 東京都品川区東品川2丁目2番24号 天王洲セントラルタワー

<http://www.dowagro.com/ja-jp/japan>



®TM: ザ・ダウ・ケミカル・カンパニーまたはその関連会社商標

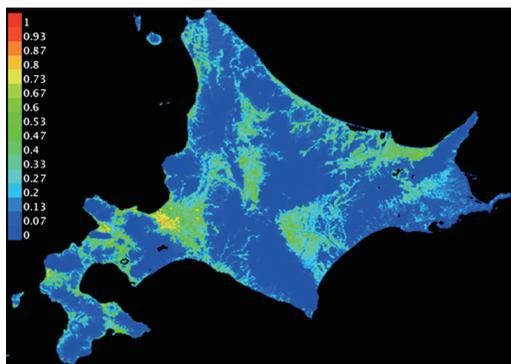


Dow AgroSciences

Solutions for the Growing World

「セイヨウオオマルハナバチの代替種の利用方針」 の背景およびその概要について

(本文 2 ページ参照)



口絵① 本州の生息情報から MaxEnt で推定されたクロマルハナバチの生息適地 左：北海道 右：南西諸島
(Suzuki-Ohno, Y. et al. (2017) を改変)

奈良県の露地ナス栽培における 天敵温存植物を利用したミナミキイロアザミウマの防除

(本文 12 ページ参照)



口絵① 土着天敵保護体系で加害が問題となるカスミカメシ類
左：成虫 右：新芽が加害されると成長が止まる (日植防原図)



口絵② 天敵温存植物としてフレンチマリーゴールドを
周囲に植栽したナス圃場 (井村岳男氏原図)

タバコカスミカメを中心とした 施設キュウリの総合的害虫管理技術の開発

(本文 17 ページ参照, 下元満喜氏原図)



口絵① アザミウマ類幼虫を捕食するタバコカスミカメ成虫



口絵② タバコカスミカメによるキュウリの果実の被害

徳島県内のモモ産地におけるクビアカツヤカミキリによる被害状況とこれまで試行した防除法

(本文 27 ページ参照, 中野昭雄氏原図)



口絵① 交尾中のクビアカツヤカミキリ雌雄成虫



口絵② モモ果実を摂食する成虫



口絵③ モモ樹皮に産み付けられた卵



口絵④ 大量のフラスが排出されたモモ被害樹



口絵⑤ 輪切りしたモモ被害主枝



口絵⑥ 合成性フェロモンによる捕獲試験に利用した十字型衝突板トラップ

植物防疫が 平成30年1月号から A4判でリニューアル！

より読者に身近で、役立つ技術情報誌として本年4月より刷新を図ってまいりましたが、平成30年1月より更にパワーアップします。

- ・A4判化により一段と読みやすく
- ・オールカラー化によりわかりやすく
- ・新企画「植物防疫講座」スタート

ベテランは新知識の習得！

新人さんはイチから勉強！！

そのうえ購読料は据え置きです！！！！

(詳細は綴じ込みページ)





植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤



チョウ目害虫退治の生物農薬！
**サンケイ
サブリーナフロアブル**



植物保護薬！
**サンケイ
ジーファイン水和剤**



硫黄の力でうどんこ病防除！
**サンケイ
クムラス**



安定した銅の効果！
サンボルドー



キュウリ・カボチャのうどんこ病に！
ハッパ乳剤



硫黄と銅の強力タッグ！
園芸ボルドー



サンケイ化学株式会社

本社 〒891-0122 鹿児島市南栄 2 丁目 9 ☎(099) 268-7588
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野 7-6-11 ☎(03) 3845-7951



ボデーガードプロ

新登場



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

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



JAグループ
農協 **全農** 経済連
E-P 登録商標 第4702319号

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

東京都千代田区丸の内1-6-5 〒100-8262 www.bayercropscience.co.jp

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

来年度誌代（平成30年1～12月号分）のお知らせと誌代ご送金のお願い

本誌ご愛読いただき厚く御礼申し上げます。

お申込方法

来年第72巻（平成30年1～12月号分）の購読料（税抜）は、本年と同額でございますので、引き続きご購入下さいますようお願い申し上げます。

本年12月号で誌代切れとなります方には、本11月号の封筒に『12月号で誌代切れ』と印刷させていただきました。

記

平成30年1～12月号誌代（税込み、送料サービス）
直接前払い購読者 10,800円

1. 個人でのご購読は、誌代前払いでお願いします。
2. 送付先住所、ご氏名、継続・新規の別をご明記下さい。
3. ご送金方法は、本号はさみ込みの郵便振替用紙をご利用いただきますと振込手数料が不要となります。現金書留を利用される場合は、上記2について必ずご明記下さい。
4. 直接後払い購読については、協会出版担当までお問い合わせ下さい。

月刊雑誌「植物防疫」 PDF版のお知らせ

年間購読頂いている皆さんに第71巻（1～12月）12冊全ての掲載記事をPDFファイルでご提供致します。パソコンや携帯型端末で手軽に閲覧頂けます。

本誌11月号に同封の払込取扱票にてお申し込み下さい。

12冊分のPDFファイルをCDに収め、来年1月号と一緒に送付致します。

なお、発送時のトラブルを避けるため、協会から「植物防疫」を直送している購読者のみの販売とさせていただきます。

価格：第71巻1～12月号12冊分 1,296円（税込み）

一般社団法人 日本植物防疫協会
支援事業部 出版担当

TEL：03-5980-2183, FAX：03-5980-6753

mail：order@jppa.or.jp

農薬適用一覧表 2017年版

農薬適用一覧表

—平成29年9月30日現在—
2017年版

2017
一般社団法人 日本植物防疫協会

A4判 961頁，本体 14,000円＋消費税
送料サービス

付録CD-ROM：農薬適用一覧DB（検索ソフト付き）

『農薬適用一覧表』は、平成29年9月30日現在の作物・病虫害別の殺虫剤・殺菌剤，作物別の除草剤，使用目的別の植物成長調整剤について，適用情報を一覧表形式で掲載しました。

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

また，2015年版からは本文の農薬名の後ろに作物機構分類コードを付け，より一層内容の充実を図っています。

農薬要覧 2017年版（平成28農薬年度）

農薬要覧

— 2017 —

日本植物防疫協会

A5判 781頁，本体 9,000円＋消費税
送料サービス

『農薬要覧』は，わが国の農薬生産や出荷に関する統計資料の決定版として，1963年から毎年刊行しており，植物防疫の関係者に必携の資料としてご活用いただいております。最新版を発行しましたので，是非ともお買い求めください。

掲載内容

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

一般社団法人日本植物防疫協会 支援事業部

TEL 03-5980-2183

FAX 03-5980-6753

URL : <http://www.jpapa.or.jp/>

E-mail : order@jpapa.or.jp

植物防疫

第 71 卷 第 11 号
平成 29 年 11 月号

目次

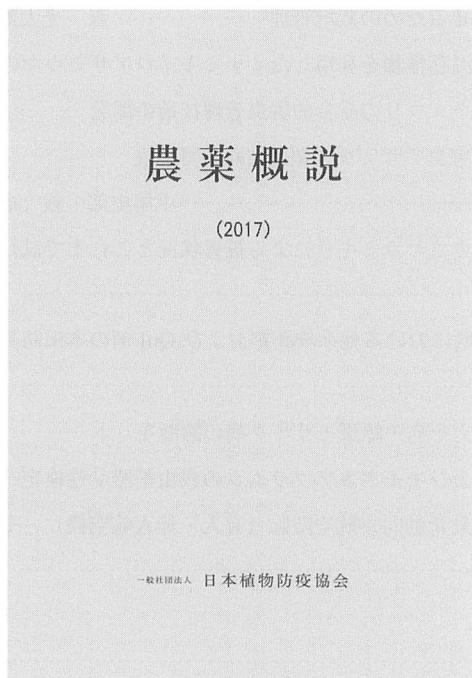
Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

「セイヨウオオマルハナバチの代替種の利用方針」の背景およびその概要について	森明 修由	1	
農薬の後作物残留を防ぐために一得られた知見と今後必要なこと	清家 伸康	4	
施設栽培における天敵利用を成功させるための栽培管理	森 光太郎・大朝真喜子・安達鉄矢	7	
奈良県の露地ナス栽培における天敵温存植物を利用したミナミキイロアザミウマの防除	井村 岳男	11	
タバコカスミカメを中心とした施設キュウリの総合的害虫管理技術の開発	下元満喜・中石一英	17	
紫外線 UV-B の夜間照射による施設害虫アザミウマ類の防除の可能性	中尾史郎・銭 成晨・山田 真・青木慎一	22	
徳島県内のモモ産地におけるクビアカツヤカミキリによる被害状況とこれまで試行した防除法	中野昭雄・渡邊崇人	27	
QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生地域における他系統薬剤および QoI 剤の本田防除剤を組み込んだ体系防除の効果検証	石井 貴明	33	
改良 DIBA 法を用いたキュウリ黄化えそ病・緑斑モザイク病の診断キット	榎間 義幸	39	
簡易検定法によるワタアブラムシおよびモモアカアブラムシの殺虫剤感受性検定	松浦 明	45	
リレー連載：農薬製剤・施用技術の最新動向⑨航空防除（有人・無人航空機）～その特徴と展望～	柳 真一	49	
平成 29 年 9 月シンポジウムから			
薬剤施用法をめぐる論点	藤田 俊一	53	
農林水産省プレスリリース（29.9.13～29.10.15）		10	
新しく登録された農薬（29.9.1～9.30）	38	登録が失効した農薬（29.9.1～9.30）	32
発生子察情報・特殊報（29.8.28～9.30）			16

農薬概説 2017

B5判 本文358頁
本体1,800円＋税，送料実費

一般社団法人 日本植物防疫協会 編



本書は、農薬使用者に必要な行政情報，農薬の使用法や安全性・適正使用，防除対象となる病害虫・雑草に関する情報を網羅した解説書です。

2017年版では，主に次のような改訂を行いました。

- ・マルチローターの実用化が始まったことから，普及状況等を追加。
- ・「住宅地等における農薬使用について」の通知を資料編に追加。
- ・「農薬の作用機構分類」は IRAC・FRAC・HRAC とともに最新版に更新。

細かい改訂点については下記にまとめました。

<http://www.jppa.or.jp/shuppan/pdf/gaisetsu2017.pdf>

農薬取扱業者用テキストのみならず，一般向けのテキストとしても利用できる内容となっています。

◆ お問い合わせとご注文は下記へお願いします ◆

〒114-0015 東京都北区中里 2-28-10
一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部
TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753
mail order@jppa.or.jp
HP <http://www.jppa.or.jp/>

時事解説

「セイヨウオオマルハナバチの代替種の利用方針」 の背景およびその概要について

農林水産省生産局園芸作物課花き産業・施設園芸対策室 **もり** **みょう** **のぶ** **よし**
森 **明** **修** **由**

経 緯

1990年代からトマトなどの花粉交配に利用されてきた外来種のセイヨウオオマルハナバチは、それまで園芸農家が手作業で行ってきた授粉作業(ホルモン剤や振動、ブロー等による授粉)の省力化に大きく寄与してきたが、1996年に北海道で女王バチの野外越冬と自然巣が確認され、その後、道内での広域分布や定着が明らかになるとともに、餌資源を巡る競合や巣の乗っ取り、生殖かく乱等により北海道の在来種であるエゾオオマルハナバチの減少が確認された。

このため、2006年にセイヨウオオマルハナバチは「特定外来生物」に指定され、以後、「生業の維持」を目的として環境大臣の許可を受けた場合を除き、園芸農家が新規でセイヨウオオマルハナバチの飼養などを行うことは禁止された。これを受け、園芸産地では、セイヨウオオマルハナバチの代替種として、在来種であるクロマルハナバチの導入を進めているが、クロマルハナバチが利用され始めた当初、セイヨウオオマルハナバチと比べて訪花性が劣るといった評判が立ったことなどもあり、クロマルハナバチの利用数はマルハナバチ全体の約3割程度にとどまっておき、セイヨウオオマルハナバチの国内利用数は減っていないのが現状である(図-1)。

一方、国内にも北海道や奄美大島以南等、クロマルハナバチが自然分布していない地域があり、セイヨウオオマルハナバチから代替種への転換をさらに進めるには、こういった地域でのマルハナバチの利用方針についても整理する必要があった。

また、2015年に環境省、農林水産省および国土交通省が策定した「外来種被害防止行動計画～生物多様性条約・愛知目標の達成に向けて～」では、セイヨウオオマルハナバチの代替種であったとしても、人工増殖で偏った遺伝的形質を持つ集団が無秩序に野外へ放出された場

合は、自然生息する在来種への遺伝的かく乱などのおそれがあることから、これらの実態を把握し、セイヨウオオマルハナバチやその代替種に関する利用方針を検討することとしていた。

これらを踏まえ、2017年4月に環境省および農林水産省では、セイヨウオオマルハナバチや代替種である在来種マルハナバチの利用の現状や課題を整理し、代替種を自然分布域外で利用した場合の定着リスクや遺伝的かく乱の可能性について、現時点での科学的知見による評価と地域ごとの実状を踏まえ、セイヨウオオマルハナバチから在来種マルハナバチへの転換方向を具体化した「セイヨウオオマルハナバチの代替種の利用方針」(環境省・農林水産省、2017)を策定した。

I セイヨウオオマルハナバチの代替種について

1 クロマルハナバチ

現在、花粉交配用昆虫として利用されているクロマルハナバチは、セイヨウオオマルハナバチの代替種として日本在来の複数のマルハナバチ類の中から、その訪花性や増殖率等の観点から選抜され、開発された農業用資材である。

クロマルハナバチは、表-1の通り、セイヨウオオマルハナバチと比較してもそんな色なく働くことが明らかとなっている。

一方、様々な農業者が、様々な環境において利用する実際の農業現場では、クロマルハナバチの評価として、訪花活動がセイヨウオオマルハナバチほど活発でない、巣箱の寿命が短いといった声もある。実際、クロマルハナバチはセイヨウオオマルハナバチに比べておとなしく、また、早い時期からオス蜂の発生が見られるため、こうした評価につながっていると考えられるが、クロマルハナバチの訪花活動はセイヨウオオマルハナバチと同等であり、トマトやミニトマトにおける収量および秀品率はセイヨウオオマルハナバチと差がないこと、また、オス蜂の発生は早いものの、その後も働き蜂の生産はされており、巣箱の寿命はセイヨウオオマルハナバチと同等で差はないことが報告されている。このことは、現に3万群近くのクロマルハナバチが商業利用されているこ

A Background and a Summary of “The Manual on Utilization of Native Bumblebees, as an Alternative Species of *Bombus terrestris*”.

By Nobuyoshi MORIMYO

(キーワード: 利用方針, マルハナバチ, 代替種)

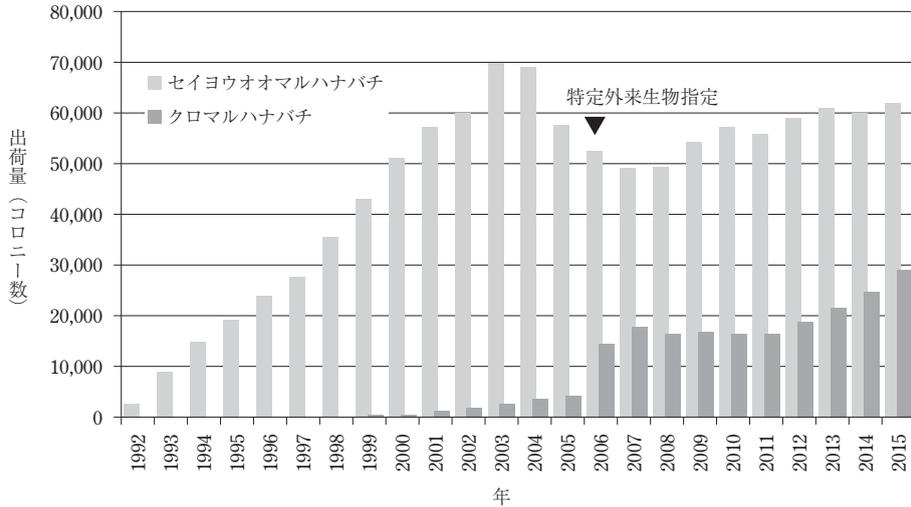


図-1 マルハナバチの出荷量の推移

※マルハナバチ普及会, 国立環境研究所, 環境省 提供 (環境省・農林水産省, 2017)。

表-1 マルハナバチの訪花がトマトの果実品質に及ぼす影響 (浅田・北, 2001)

マルハナバチ種	段位	果実重量 (g)	一果の種子数 (個)	空洞果率 (%)	花跡の大きさ (mm)
クロマルハナバチ (<i>B.ignitus</i>)	4	175 (n = 35)	99 (n = 35)	0 (n = 32)	3.3 (n = 35)
セイヨウオオマルハナバチ (<i>B.terrestris</i>)	4	190 (n = 63)	109 (n = 63)	3 (n = 63)	2.9 (n = 63)
クロマルハナバチ (<i>B.ignitus</i>)	5	203 (n = 50)	105 (n = 50)	6 (n = 53)	2.6 (n = 50)
セイヨウオオマルハナバチ (<i>B.terrestris</i>)	5	189 (n = 50)	108 (n = 45)	4 (n = 51)	2.6 (n = 50)

とが証明しているともいえる。

ただし、UV カットフィルムの下ではセイヨウオオマルハナバチに比べて活動が抑制される場合があるなど、クロマルハナバチ特有の性質があることから、その利用にあたっては、セイヨウオオマルハナバチとは異なる蜂であるということも認識しておく必要がある。

2 エゾオオマルハナバチ

北海道に自然分布するエゾオオマルハナバチ、エゾトラマルハナバチ、エゾナガマルハナバチ等の在来種マルハナバチの中では、エゾオオマルハナバチが産卵や働き蜂、女王蜂、オス蜂の生産が最も高いこと、また、UV カットフィルム下でもセイヨウオオマルハナバチと同等に訪花活動を行うことが報告されている。このため、現在、北海道における在来の花粉交配用昆虫としては、エゾオオマルハナバチに着目して製品開発 (系統選抜、大量増殖) が行われている。

II 検 討 内 容

セイヨウオオマルハナバチの代替種の利用方針の策定

にあたっては、次の二つの観点から整理し、セイヨウオオマルハナバチの利用縮減と代替種利用の促進について検討を行った。

1 代替種を利用した場合の生態系への影響評価 (定着リスクの評価)

クロマルハナバチが自然分布しない地域で利用された場合の定着リスクを評価するにあたり、まずこれまでの自然分布の記録に基づき、クロマルハナバチの生息適地を推定するために有効な環境要因を分析した結果、生息適地は主に森林面積と降水量が重要であることが判明した (SUZUKI-OHNO et al., 2017)。これらを踏まえ森林面積や降水量等のデータを用いて北海道および奄美大島以南において、クロマルハナバチの定着リスクを評価したところ、北海道では、クロマルハナバチの生息適合度が高い地域が見られ、奄美大島以南ではクロマルハナバチ生息適合度は低いと評価された (口絵①)。

(遺伝的かく乱リスクの評価)

次に、クロマルハナバチおよびエゾオオマルハナバチの自然分布域でこれらを利用する場合の、遺伝的かく乱

リスクを評価した。

国内に存在するクロマルハナバチの遺伝子は9タイプが確認されており、分化の程度は低いものの、一定程度の遺伝的多様性を有していることから、商業利用のために生産された遺伝的に均一なクロマルハナバチを利用した場合、遺伝的かく乱のリスクがあるなど、遺伝的多様性を損なうおそれと否定できないと考えられた。

また、エゾオオマルハナバチは12タイプが確認されているが、クロマルハナバチよりもさらに分化の程度が低いことから、今後、商業利用のために生産した遺伝的に均一なエゾオオマルハナバチを利用した場合、遺伝的多様性に与える影響はあるが、影響の程度は比較的小さいと考えられた。

2 代替種が開発されていない地域（北海道、奄美大島以南）における取扱

北海道では、マルハナバチ販売事業者などによりクロマルハナバチ販売の自主規制が行われており、また2015年には、北海道生物多様性の保全などに関する条例に基づき、クロマルハナバチは指定外来種として位置づけられ、北海道内への導入は自粛が要請されている。上記のリスク評価からも、定着リスクの高いクロマルハナバチは利用しないことが適切である。一方、トマトなどにおける新規就農者によるマルハナバチ利用の要望があることから、北海道で利用できるエゾオオマルハナバチなどの代替種の早急な開発・実用化が必要である。

奄美大島以南では、すでにクロマルハナバチは花粉交配用昆虫として利用されている。奄美大島以南では、マルハナバチ類が自然分布していないことから、マルハナバチ類間における交雑による遺伝子かく乱のおそれはないが、仮にクロマルハナバチが定着すれば、他の在来種や生態系に影響を及ぼす可能性は否定できない。

III ま と め

セイヨウオオマルハナバチの利用にあたっては、特定外来生物法に基づき適切な管理が行われているが、生態

系などへのリスクを小さくするにはその利用自体を減少させることが最も効果的である。このため、以下の考え方に基づき、地域ごとに代替種の適切な利用を促進し、セイヨウオオマルハナバチの総出荷数量(北海道を除く)を2020年までに半減することを目指すこととした。

・北海道では、クロマルハナバチは利用せず、代替種としてエゾオオマルハナバチの実用化を進め、実用化後は速やかにこれに転換する。

・本州・四国・九州および代替種の開発が見込めない奄美大島以南では、代替種としてクロマルハナバチを利用する。

・これら代替種の利用にあたっては、遺伝的多様性への影響に配慮しつつ、マルハナバチの逸出を防ぎ、資材として効果的に利用する観点から、適切な管理（施設にネット（網目4mm）を張り、使用済みの巣箱は蒸し込みをして死滅させる）を行うよう努める。

最 後 に

環境省、農林水産省およびマルハナバチ販売事業者は、セイヨウオオマルハナバチからクロマルハナバチへの転換を円滑に進めるため、これらマルハナバチの利用上の留意点などについて農業者に周知を図っている。

また、農林水産省では、戦略的プロジェクト推進事業により、北海道で利用可能なエゾオオマルハナバチの実用化を進めるとともに、2020年までにセイヨウオオマルハナバチの半減に向けて計画的な取組を行う園芸産地に対し、養蜂等振興強化推進事業により、セイヨウオオマルハナバチから代替種（クロマルハナバチやエゾオオマルハナバチ）への転換を後押ししているところである。

引 用 文 献

- 1) 浅田真一・北 宣裕 (2001): 日本花粉学会会誌 47(1): 63~73.
- 2) 環境省・農林水産省 (2017): セイヨウオオマルハナバチの代替種の利用方針,
http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/kaki/attach/pdf/170421_11-1.pdf (2017年9月27日アクセス確認)
- 3) SUZUKI-OHNO, Y. et al. (2017): Scientific Reports 7: 11215.

総説

農薬の後作物残留を防ぐために

—得られた知見と今後必要なこと—

農研機構 農業環境変動研究センター せい け のぶ やす
清 家 伸 康

はじめに

次作以降に栽培する作物を考慮して、現在栽培している作物に使用する農薬を決めることが可能か？これが農薬の後作物残留問題の本質である。農薬の後作物残留とは、作物収穫後の農地に栽培した他の作物への農薬の非意図的残留、すなわち、前作以前に使用された農薬が土壌に残留し、次作以降の作物がそれを吸収すると換言され、食品衛生法における残留基準値、特に一律基準の超過が懸念される問題である。

我が国では、土壌中半減期が100日を超える場合には、2作物以上（水田の場合は麦、大豆または根菜類の中から2種類以上。畑地の場合は根菜類およびそれ以外の作物を各1種類以上。）を用いた後作物残留性試験成績が農薬登録申請時に必要となっている。一方、経済開発協力機構のテストガイドライン（OECD-TG）のうち農薬の後作物残留に関しては、すべての農薬について後作物における代謝試験が行われ、懸念すべき残留（0.01 ppm以上）が認められた場合は残留試験を行い、残留リスクがある場合はさらなる試験が要求される。OECD-TGは諸外国で行われている大規模農場での輪作体系での適用を想定しており、小規模農場で多様な作物を栽培し、それに応じて農薬を使用する我が国の農業体系では、OECD-TGはなじまない可能性がある。筆者らの研究グループは、平成25年度以降この問題に取り組み、農薬の後作物残留に関連する土壌残留、作物移行性等に関するある一定の知見を得たので、ここに紹介したい。

I 土壌残留性

筆者らは、土壌に残留するすべての農薬が作物体へ吸収されるわけではなく、土壌から土壌溶液に溶出した農薬が作物体へ移行することに着目した。通常の有機溶媒抽出された土壌中の農薬濃度（全抽出濃度とする）に加

えて、土壌から水によって抽出される農薬濃度（水抽出濃度とする）を定量することで、作物への可給性（アベイラビリティ）を考慮した土壌残留性の評価法について検討するとともに、アベイラブルな農薬の消長を追跡した。

農薬を添加した炭素含量の異なる4種の土壌（黄色土、灰色低地土、黒ボク土は2種）でコマツナを栽培し、茎葉部の農薬濃度（コマツナ中濃度）および水とアセトンによる逐次抽出で求めた土壌中の農薬濃度のデータを得た（MOTOKI et al., 2015）。コマツナ中濃度は土壌の種類によって異なり、有機炭素含量が少ない土壌ほどコマツナ中濃度が高くなった。コマツナ中濃度と土壌中の農薬濃度の関係に着目すると、土壌中の全抽出濃度よりも、水抽出濃度の間でより高い正の相関を示し、水抽出により土壌に残留した農薬のアベイラビリティを評価可能であることが示された（図-1）。なお、水抽出により得た農薬については、精製不要でELISA法により検出可能であり（WATANABE et al., 2016）、土壌診断法としての応用を検討している段階である。

次いで容器内土壌残留試験を行った結果（MOTOKI et al., 2016）、土壌中農薬の水抽出濃度および全抽出濃度は経時的に減衰し、おおむね一次反応式に従った。一次反応式から算出した水抽出濃度および全抽出濃度の半減期を算出した結果、水抽出濃度のほうが全体的に短い値を示すとともに、水抽出濃度から算出した半減期は有機炭素含量が少なく、農薬の土壌吸着が弱い砂丘未熟土が長い傾向にあることがわかった。したがって、水抽出濃度の減衰には微生物分解や加水分解、揮発以外に加えて農薬の土壌吸着が寄与したものと推察された。

さらに、土壌吸着の観点から水抽出濃度の減衰を明らかにするために、水抽出濃度を土壌吸着係数（ K_d ）に換算し解析した結果（MOTOKI et al., 2016）、 K_d は経時的に増加すること、炭素含量が少なく土壌吸着の弱い砂丘未熟土では K_d の増加速度が小さく、反対に有機炭素含量が多く土壌吸着が強い黒ボク土における K_d 増加速度は大きくなった。また、農薬種別に見ると、オクタノール・水分配係数（ $\log Pow$ ）が大きい農薬ほど K_d の増加速度が大きい傾向にあった。すなわち、 K_d が小さくなる条件（有機炭素含量が少ない土壌、 $\log Pow$ が小さい

Reduction of Pesticide Residue in Succeeding Crops. By Nobuyasu SEIKE

（キーワード：後作物残留，土壌残留，作物移行，登録制度，アベイラビリティ）

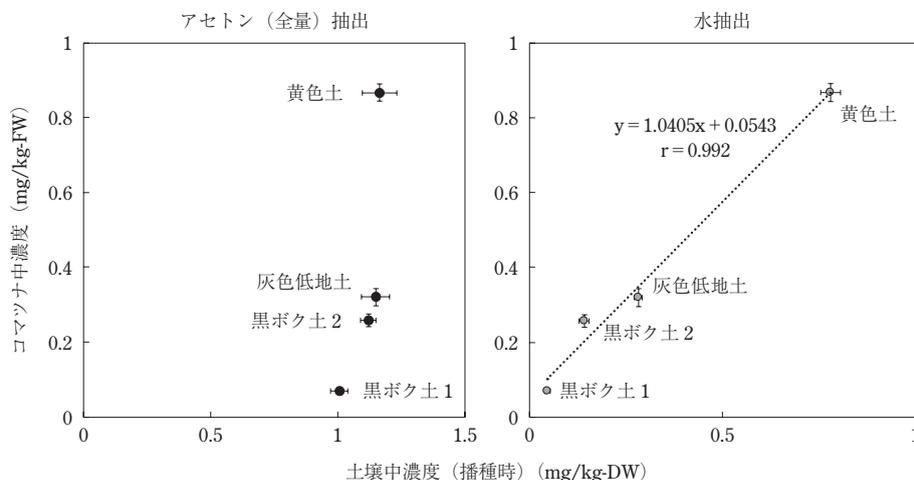


図-1 土壤中濃度とコマツナ中濃度の関係 (テトラコナゾールの例)
 (左図：土壌を全量抽出した場合，右図：土壌を水抽出した場合．全量抽出による土壤中濃度が 1 mg/kg-DW となるように農薬を添加した．エラーバーは標準偏差を示す.)

農薬)において水抽出濃度の半減期が長く、アベイラブルな農薬が土壤中に長く残留しうることが示された。

II 作物移行性

農薬の作物吸収は、①土壌から土壌溶液へ溶出する、②土壌溶液から作物根に移動・吸着する、③作物根から導管液を介して地上部へ輸送・分布する、のステップで説明される。①については、前章で述べた。②のステップは、RCF (=根中の化学物質濃度/根を取り囲む水溶液中の化学物質濃度)で評価され、 $\log Pow$ が大きい物質ほど RCF が高くなるとされている (BRIGGS et al., 1982)。NAMIKI et al. (2015) は、ディルドリン ($\log Pow = 5.2$) と β -HCH ($\log Pow = 3.8$) を添加した水耕液で 5 種の作物を培養 (24 時間) し RCF を算出した結果、ディルドリン > β -HCH の関係にあること、経時的に RCF が上昇しディルドリンのほうが速度も速いことを明らかにしている。③のステップについては、TSCF (=蒸散流中の化学物質濃度/根を取り囲む水溶液中の化学物質濃度) と $\log Pow$ との関係について、BRIGGS et al. (1982) が得た $\log Pow$ が 2 程度を極大とするベル型曲線と DETTENMAIER et al. (2009) が得たシグモイド型曲線 (負の相関関係) の両説がある (図-2)。これらの違いは、実験条件の違いで説明できる。BRIGGS らの実験はいわゆる通常の水耕であるのに対して、DETENMAIER et al. (2009) の方法は加圧条件下での水耕であることから③のステップを、BRIGGS et al. (1982) の実験は②と③のステップを評価していると思われる。したがって、異な

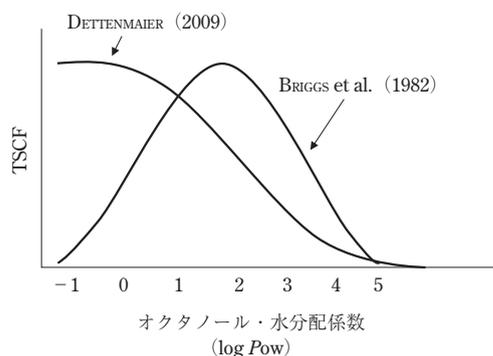


図-2 TSCF (=蒸散流中の化学物質濃度/根を取り囲む水溶液中の化学物質濃度) と $\log Pow$ との関係
 BRIGGS et al. (1982) および DETTENMAIER (2009) から作図。

る $\log Pow$ の農薬を添加した土耕条件下、すなわち①から③のステップを含めた条件では、I 項で述べた傾向をふまえると、 $\log Pow$ が 2 よりも小さい位置が極大となるベル型曲線を描くと推察される。

ここまででは農薬の物性値と移行性に関して述べたが、農薬の移行性に関する作物間差についても検討しており、茎葉部における濃度差については、ウリ科作物によるディルドリン吸収ほどの特異的な傾向はなく、作物の成長の程度に応じて吸収することを確認している。

III 後作物残留しやすい条件は？

ここまで述べた土壌残留性および作物移行性から、後作物残留しやすい条件について考えてみたい。土壌中の

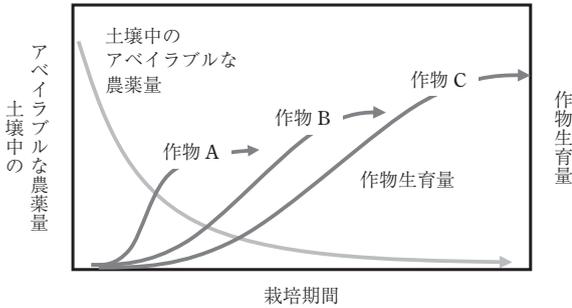


図-3 土壤中のアベイラブルな農薬量と作物生育量の経時変化
ケース1: 作物(品種)の生育速度と収穫時期が異なる場合。

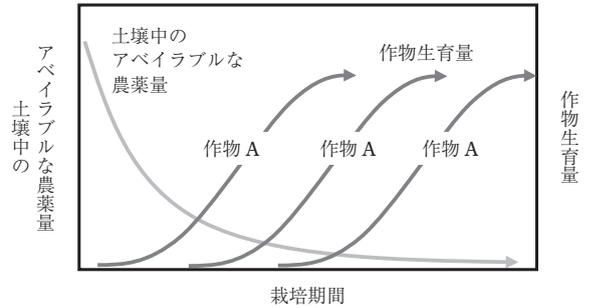


図-4 土壤中のアベイラブルな農薬量と作物生育量の経時変化
ケース2: 同一作物で播種(移植)日が異なる場合。

水抽出濃度すなわちアベイラビリティな農薬量は、経時的に減少する。一方、作物による農薬の吸収量は作物の生育の程度に応じる。これら両者を重ね合わせることで、後作物残留しやすい条件を視覚的に表現できる。例えば、ケース1(図-3): 作物(品種)の作付けと収穫時期が同じ場合、播種(移植)後の初期生育が早い作物(品種)ほど高い水抽出濃度で存在する時期に作物が大きく成長しているため、後作物残留しやすい条件となりえる。ケース2(図-4): 同一作物で播種(移植)日が異なる場合は、農薬散布日に播種日が近いほど後作物残留しやすくなり、逆に言えば、農薬散布後に十分な日数を確保して播種を行えば、後作物残留しにくくなる。さらに、土壌種や季節の違い等に起因した土壤中のアベイラビリティが異なる場合についても表現可能である。これらの考え方に基づいて、後作物残留しやすい作物種および土壌種および環境条件を農薬登録時の試験作物および試験土壌として提案することが可能となる。なお、I章からIII章に記述した知見については、現在、圃場で

の検証試験を行っている段階である。

IV 後作物残留を未然に防ぐ登録制度は必要か？

筆者の答えはYesである。ただし、その登録制度に関係する試験条件については、すべて Worst Case をあてはめてしまうのは現実的ではない可能性がある。まずは、農薬製造、農薬使用、およびその管理を行う者が農薬登録時や農薬使用時に対応できることを明らかにしたうえで、次作以降に栽培する作物を考慮して、現在栽培している作物に使用する農薬を決めるために、それらの判断材料を提供できる仕組みづくりを思案中である。

引用文献

- 1) BRIGGS, G. G. et al. (1982): Pestic. Sci. 13: 495 ~ 504.
- 2) DETTENMAIER, E. et al. (2009): Environ. Sci. Technol. 43: 324 ~ 329.
- 3) MOTOKI, Y. et al. (2015): J. Pestic. Sci. 40: 175 ~ 183.
- 4) ——— et al. (2016): J. Agric. Food Chem. 64: 4478 ~ 4486.
- 5) NAMIKI, S. et al. (2015): Environ. Toxic. Chem. 34: 536 ~ 554.
- 6) WATANABE, E. et al. (2016): Ecotoxicol. Environ. Saf. 132: 288 ~ 294.

総説

施設栽培における天敵利用を成功させるための栽培管理

石原産業株式会社 ^{もり}森 ^{こうたろう}光太郎*・^{おおあさ}大朝 ^{まきこ}真喜子宮崎大学 ^あ安 ^{だち}達 ^{てつ}鉄 ^や矢

はじめに

害虫とその天敵は、葉、茎、花、幼果等作物植物個体の構造を住処、餌場や産卵場所として利用し、相互作用している。開花などの作物の生育ステージ、また収量、秀品率や作業性を向上するために行われる栽培管理（本稿では摘葉・花・果、施肥、灌水、収穫も含めるが、農薬散布は含めない）は、害虫のみならず、天敵にも影響を及ぼす。例えば、イチゴ花に寄生する害虫とその天敵の場合、摘花により害虫が圃場から除かれる一方、天敵も圃場から持ち出されてしまう。オオバ圃場でハダニ防除のためにチリカブリダニを放飼したところ、カブリダニ数の減少とそれに伴うハダニ数の増加が観察されたことがあった。これは摘葉によるチリカブリダニの持ち出しの影響であった。持ち出される葉以外の下位の葉にチリカブリダニが多く生息していればこのような現象は起きにくかったであろうが、摘まれる葉は天敵の作物上の分布とは関係ないので持ち出しは不可避である。また摘花、摘葉によって餌資源量やマイクロハビタット（微小生息場所）が減少すれば、天敵の生存率が下がったり、分散が促進されたりするかもしれない。このように栽培管理が天敵による防除効果へ及ぼす影響は直接的にも間接的にも小さくないはずであるが、これまでに量的に示された例は多くない（THORBEC and BILDE, 2004）。

本稿では天敵利用における栽培管理の重要性を示す事例を紹介したい。効果的に天敵を利用するためには、天敵の生活史、個体分布、行動を把握することだけでなく、栽培を考慮することも重要である。

本文に入るに先立ち、天敵利用における作物の生育ステージや栽培管理の重要性について筆者に最初に示唆いただいた渡邊丈夫氏（香川県農業試験場、現JA香川県）

に感謝申し上げる。また天敵利用と栽培管理に関して第60回日本応用動物昆虫学会にて開催した小集会「生物的防除をする上で栽培管理をどうすべきか～ピーマンとイチゴにおける事例紹介と数理モデルによる解析～」(世話人：安達鉄矢(当時高知県農業技術センター))において講演された島 克弥氏(デュボン・プロダクション・アグリサイエンス(株))、池川雄亮氏(大阪府大、現琉球産経(株))には多くの示唆をいただいた。

I タイリクヒメハナカメムシの事例

島(2004)は、アザミウマ類の天敵タイリクヒメハナカメムシのナスとピーマンにおける産卵場所を調べた。その結果、ナスでは展開葉の葉脈・葉柄に65.9%、芽の節に15.9%、ピーマンでは新芽の節に94.9%の卵が産下されることが明らかになった。このように同じ天敵種であっても作物によって産卵部位が異なる。さらに、整枝摘葉作業によるハウス外への持ち出し量を三つの促成栽培ピーマン圃場で計測した結果、10a当たりで342～560頭と推定された。持ち出しされたのは卵～成虫までのすべてのステージであった。これらの結果から島(2004)は、ピーマンでタイリクヒメハナカメムシを利用する際は、芽かきをできるだけ放飼前にしておくことや放飼後の芽かきの残渣を圃場に残しておく等の対処法を提案した。

II アカメガシワクダアザミウマの事例

アカメガシワクダアザミウマはアザミウマ類の天敵製剤「アカメ®」として一部地域で販売されている(森ら, 2017)。本種の成虫はイチゴの花や幼果に多く分布し、そこで産卵する。ふ化した幼虫は幼果に多く分布し、花にも移動しながら発育する。したがって、摘花や摘果の影響を受けやすい天敵と言える。

10株ずつのイチゴ(品種:‘章姫’)を定植したパイプハウス(面積21m², 石原産業(株)中央研究所)2棟をそれぞれ摘果有区と摘果無区として、イチゴの摘果による持ち出しがアカメガシワクダアザミウマ数の減少と防除効果の低下をもたらすかどうかを調査した(森, 未発表)。両区にアカメガシワクダアザミウマ成虫(株当た

Importance of Cultivation Management on Biological Pest Control Success in Greenhouses. By Kotaro MORI, Makiko OHASA and Tetsuya ADACHI

(キーワード:栽培管理, 生育ステージ, マイクロハビタット, 天敵, 生物的防除, 数理モデル, ヒメハナカメムシ, アカメガシワクダアザミウマ)

*石原バイオサイエンス株式会社兼務

り5頭)を2015年3月4日に放飼した後、ヒラズハナアザミウマ成虫(株当たり0.5頭)を11日と31日に放虫し、その後、約1週間ごとに個体数をカウントした(図-1)。摘果有区では調査時に株当たり3幼果になるように摘果した。同時に、熟した実、ランナーや黄化した葉も適宜除去した。摘果無区では幼果は放置し、熟した実、ランナーや黄化した葉を除去した。除去した残渣を解体し、実体顕微鏡下で観察して発見したアカメガシワクダアザミウマを发育ステージ別にカウントした。アカメガシワクダアザミウマの成虫は調査期間中、摘果無区のほうが多く推移し、最大で約1.8倍の差があった(3月31日)。本種の1齢幼虫は放飼の21日後(3月25日)に残渣中で初めて認められ、その後、株上でも観察でき

るようになった。残渣中にはアカメガシワクダアザミウマが含まれ、成虫よりも幼虫が多い傾向があり調査期間中に除去される個体数が増加した。株上のアカメガシワクダアザミウマ数の差異に呼応してヒラズハナアザミウマ数にも両区で差があった。特に摘果無区では幼果を傷つけるヒラズハナアザミウマ幼虫が観察されなかった。

2014年に高知県のイチゴ生産者圃場で発生した花、幼果の残渣に存在するアカメガシワクダアザミウマを調査した(図-2)。残渣中には卵~成虫までのすべての发育ステージが観察されたが、幼虫が多い傾向があった。5月には卵が多かった。4月3日から6月16日まで合計6回の調査を平均すると、1l当たり平均560.6頭のアカメガシワクダアザミウマが存在した。これは10a当た

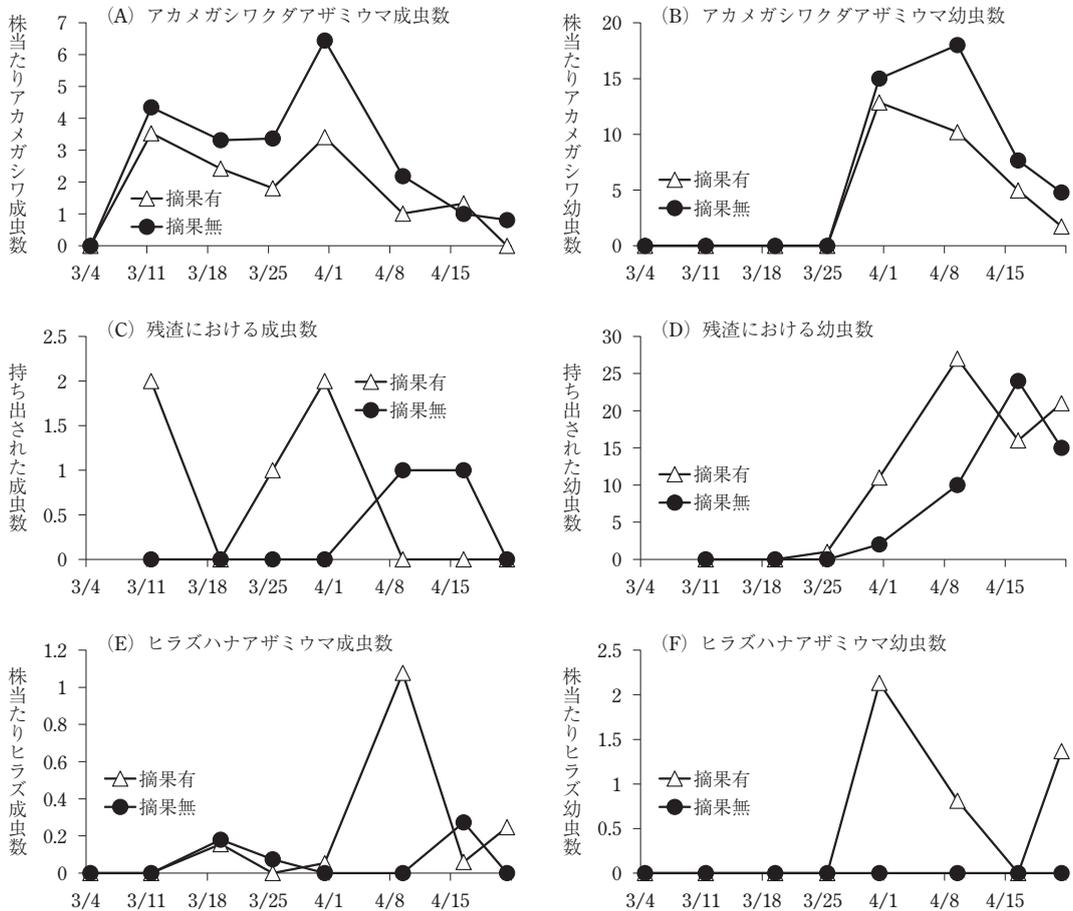


図-1 イチゴの摘果が天敵アカメガシワクダアザミウマや害虫ヒラズハナアザミウマに及ぼす影響 (2015年, 石原産業株式会社中央研究所(滋賀県草津市))

△: 摘果有区, ●: 摘果無区. (C)と(D)は残渣で観察された棟当たり(10株のイチゴ)のアカメガシワクダアザミウマの個体数. 3月4日にアカメガシワクダアザミウマ成虫(5頭/株), 3月11日と31日にヒラズハナアザミウマ成虫(0.5頭/株)を放飼した(熟した実, ランナー, 黄化した葉, 摘果有区では摘果した幼果も含む).

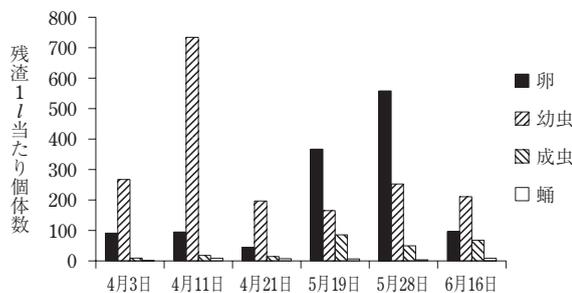


図-2 促成栽培イチゴ圃場における摘花・果残渣 1/100 当たりに含まれるアカメガシワクダアザミウマ数 (2014年, 高知県四万十町)

2014年2月28日, 3月14日, 28日, 4月11日にアカメガシワクダアザミウマ成虫 (15,000頭/10a) を放飼した。その後, 図中の日付に生産者が行った摘花・果残渣を入手して持ち帰り, 実体顕微鏡下で发育ステージ別にカウントした。

り1回の摘花・果作業で約7,400頭 (卵~成虫までの全ステージを含む。卵以外のステージは約5,000頭) のアカメガシワクダアザミウマが持ち出された計算となる (大朝ら, 未発表)。この結果を受けて, 2015年に圃場に摘み取った残渣を残す操作をしたところ, 天敵放飼量を前年の半分に減らしてもアカメガシワクダアザミウマの定着数が安定し, ヒラズハナアザミウマへの防除効果は高く, 5月末まで被害果がほとんど発生しなかった。

III 数理モデルの利用

以上のように, 天敵の利用技術を作物の生育スケジュールや栽培管理も含めた視点で構築していけば, 安定した防除効果を期待できる。そこに至る方法の一つは数多くの圃場試験データから, 重要なポイントを特定していくことである。しかしながら, 多数の要因を検証するために, 生産者圃場でコントロールされた複数の試験区を作り, さらに各試験区に反復をとって実施することは難しい。別の方法としては数理モデルとシミュレーションの利用がある。

圃場は単一の作物植物個体が2次元平面に配置された構造を持っている。それぞれの植物個体上に害虫と天敵が分布し, 捕食・被食相互作用が生じ, 別の植物個体へ移動するという生態系が構築されている。害虫と天敵は植物上で発育して繁殖し増殖する。植物には生育ステージが存在する。植物のステージは栄養成長期と花器官を形成する生殖成長期に分けられ, 後者の中で花に注目すれば開花, 幼果, 成熟果とステージが進む。この生育ステージの進行の中で, 摘果などの栽培管理が行われる。栽培管理は生態学的には周期的なく乱と見なすことができる。圃場はこのような複雑な構造が時間発展する平

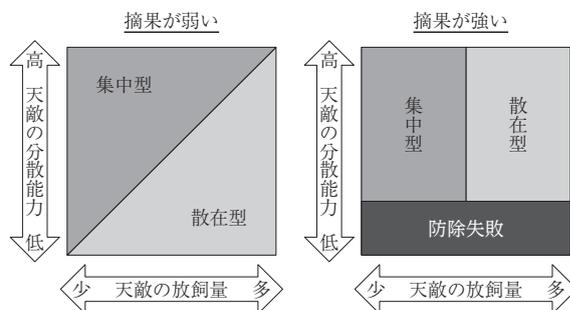


図-3 イチゴ圃場で発生した害虫 (ヒラズハナアザミウマ) を防除するための摘果管理を考慮した数理モデルから予測された天敵 (アカメガシワクダアザミウマ) の最適な放飼方法 (IKEGAWA et al. (2016) の内容に基づき作図)

摘果が弱い場合 (1回の摘果数が少ない) と強い場合 (1回の摘果数が多い) とに分けて作図。

衡に達することのない系と言える。

IKEGAWA et al. (2016) は, イチゴ圃場をイチゴ株が一定間隔で2次元に配置された格子と見なし, 上記のようなプロセスを組み込んだ格子モデルを作成した。このモデルでは, 幼果を食害するヒラズハナアザミウマと, その天敵でありかつイチゴの花を代替餌として増殖可能なアカメガシワクダアザミウマを念頭においている。そしてイチゴ株上の害虫と天敵の局所的集団から構成されるメタ個体群動態モデルを作成し, そのシミュレーションによる解析を行った。この際, イチゴの花の生育ステージと摘果作業を設定し, 摘果の効果を検討した。評価値は被害果数と収量とした。その結果は以下のようにまとめられる。摘果は害虫と花粉の両方の餌資源を除去してしまうので, 摘果により天敵個体数を減らす効果が出やすいことがわかった。したがって, 摘果が強くなれば (1回の栽培管理で摘み取る果実数が多いこと), 防除効果も低下した。天敵の分散能力が高いことや花粉を代替餌として利用できることでこの負の効果は補償される。被害果数を少なくすることを指標とした場合, 天敵を圃場に分散して放飼したほうがよいか, 1か所にまとめて放飼したほうがよいかは, 放飼個体数, 天敵の分散能力と摘果の強さに依存する (図-3)。アカメガシワクダアザミウマの分散能力は未知であるため, 分散能力の値を変えてシミュレーションしたところ, 天敵の最適な放飼方法は二つあり, 一つは分散能力の低い天敵を数多く圃場に散在させて放飼することであり, もう一つは分散能力の高い天敵を1か所にまとめて放飼することであった。すなわち, 摘果の強さ (栽培管理方法) や天敵の分散能力がわかれば, 最適な天敵の放飼方法を判断することができる。このモデルのパラメータ値を変えれば, 他

の作物、害虫、天敵に適用することが可能である。シミュレーションは現実の圃場ではないから、絵に描いた餅と思われるかもしれない。しかし、いくつかのパラメータ値を変化させる感度分析によって、注目すべきパラメータが抽出されてくることが重要であると考えられる。それに基づいて圃場試験で実証することもできる。

おわりに

本稿では天敵利用に対して栽培管理が及ぼす影響を紹介した。栽培管理を考慮した天敵利用技術を作るには、第一に、対象となる作物のどの部位を害虫や天敵のどの発育ステージがどのように利用しているのかを明らかにする必要がある。天敵と害虫の生活史、行動、作物上の分布を知らなければならない。さらに作物の生育スケジュールを知り、栽培管理の詳細を知っておかなければならない。

栽培管理による天敵の維持への悪影響を和らげる方法としては、タイリクヒメハナカメムシの例のように栽培管理のタイミングを変えることが考えられる。しかし、多くの栽培管理は作物生産上不可欠であり、タイミング変更可能な管理も限られている。アカメガシワクダアザミウマの例のように残渣を圃場に残すことも持ち出しの影響を軽減する方法と考えられ、上記のようによく例もある。しかし、残渣を残すことは害虫や病害の発生源になる可能性があるため注意しなければならない。数理モデルの例で示したように天敵の性質（分散能力など）に即し、栽培管理は変えずに放飼方法を変えること

によって対応することも可能であろう。あるいは天敵種によっては人工的な住処を作物上や圃場内外に作ることも考えられる。その住処が天敵の増殖装置として機能するのであれば、作物上の天敵が持ち出されても後から補充されることを期待できる（バンカープラント、バンカーシート®等）。

栽培管理を考慮した天敵利用技術をどのようにして普及していくかは残された課題である。我々が実践していることは、生産者や営農指導者に摘果残渣中の天敵を実際に見せたり、残渣中の天敵数をデータとしてお知らせしたりすることである。このことで生産者の中には栽培管理の負の側面に気づき、自発的に対処法を考えて実行される方もいる。イチゴ生産者のケースでは摘果残渣を三角コーナー、ネット袋、かご等に入れて一定期間圃場に残す方が現れた。これらの方法は残渣を集積しながら摘果でき、そのまま圃場内に設置可能で、かつ任意のタイミングで残渣を簡単に圃場から除去できるものである。これらの工夫を取り込み、本稿では触れなかったが圃場環境における薬剤散布の天敵への影響（東田ら、2017）も含め、栽培管理を考慮したIPMプログラムを作成して提案していくことが今後の目標である。

引用文献

- 1) 東田景太ら (2017): 関西病虫研報 59: 41 ~ 45.
- 2) IKEGAWA, Y. et al. (2016): Biol. Cont. 93: 37 ~ 48.
- 3) 森 光太郎ら (2017): 植物防疫 71: 163 ~ 169.
- 4) 島 克弥 (2004): 農薬ガイド 108. (http://www.arystalife-science.jp/guide/f_108.html 2017/10/5 アクセス確認)
- 5) THORBEK, P. and T. BILDE (2004): J. Appl. Ecol. 41: 526 ~ 538.

農林水産省プレスリリース (29.9.13 ~ 10.15)

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

- ◆ 「平成 29 年度病害虫発生予報第 7 号」の発表について
 (9/13) maff.go.jp/j/press/syouan/syokubo/170913.html
- ◆ シンポジウム「薬剤抵抗性害虫の次世代管理体系構築に向

けて」の開催について
 (10/13) affrc.maff.go.jp/docs/press/171013.html

研究報告

奈良県の露地ナスにおける天敵温存植物を利用した
ミナミキイロアザミウマの防除

奈良県農業研究開発センター 井 村 岳 男

はじめに

奈良県の露地ナス栽培では多種の害虫が発生し、殺虫剤散布回数が非常に多い(井村ら, 2012)。そのため、ミナミキイロアザミウマの殺虫剤感受性の低下が著しく(井村ら, 2013)、殺虫剤のみによる防除は困難な状況にある。これらの状況から、近年、本種の土着天敵であるヒメハナカメムシ類の保護によるミナミキイロアザミウマの防除が全国で取り組まれている。

ヒメハナカメムシ類の保護による露地ナスのミナミキイロアザミウマ防除技術の研究は、1980年代に始まり、1990年代に確立、現地実証された(永井, 1991; 大野ら, 1995)。その後、ネオニコチノイド系殺虫剤の開発によって本種の被害は沈静化し、土着天敵保護は長らく顧みられることがなかったが、近年、ネオニコチノイド系を始めとする様々な系統の殺虫剤に対して抵抗性を発達させたミナミキイロアザミウマの多発が全国で問題となり、再び土着天敵保護が注目されている(井村, 2015)。

そこで本稿では、これまで奈良県で取り組んできた露地ナスにおける土着天敵保護と天敵温存植物による天敵強化の取り組みについて紹介したい。

なお、これらの研究の一部は、農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「西南暖地の果菜類における農業に有用な生物多様性の管理技術の確立(21064)」および農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」により実施した。

I 土着天敵保護体系による露地ナスの害虫防除

1 ヒメハナカメムシ類のミナミキイロアザミウマに対する防除効果

2010年と2011年に県内各地の露地ナス産地において、可能な限りヒメハナカメムシ類に対する影響が小さい選

択性殺虫剤を使用する土着天敵保護体系の現地実証圃場(以下、天敵保護圃場)と、農家の判断で必要に応じて慣行の非選択性殺虫剤を使用する圃場(以下、慣行防除圃場)を設置し、各種害虫と天敵類の発生を経時的に調査した(井村ら, 2012)。その代表的な圃場の結果を図-1に示した。慣行防除圃場では、7月以降にミナミキイロアザミウマが増加し、その対策に10回、延べ16成分の殺虫剤を使用したにもかかわらず、10月には被害果率がほぼ100%となった。これに対して、天敵保護圃場では、1回、延べ1成分のみの殺虫剤の使用であったにもかかわらず、ミナミキイロアザミウマの被害をほぼゼロに抑えた。ヒメハナカメムシ類は慣行防除圃場ではほとんど発生しなかったが、天敵保護圃場では常に発生しており、殺虫剤散布よりも土着天敵のほうが高い防除効果を示す結果となった。

2 その他の害虫の発生

露地ナス栽培では、ミナミキイロアザミウマ以外にも様々な害虫が発生する。特に、ミナミキイロアザミウマと双壁を成す大害虫であるオオタバコガを抑えることが、防除体系の組み立てにあたっては必須の条件となる。幸いに、オオタバコガに効果の高い選択性殺虫剤が複数あり、先の調査では慣行防除圃場、天敵保護圃場のいずれもオオタバコガの被害はほとんど発生しなかった。また、アブラムシ類、コナジラミ類、カンザワハダニ、チャノホコリダニについても、ナスでの登録薬剤の中にヒメハナカメムシ類への影響が少ない選択性殺虫剤があることから、従来通りの防除を行っていけば問題になる事例はなかった。

これに対し、ニジュウヤホシテントウについては、ナスでの登録薬剤はいずれもヒメハナカメムシ類に影響の大きい非選択性殺虫剤である。そこで、ナスの他害虫に対して登録のある選択性殺虫剤のニジュウヤホシテントウに対する防除効果とヒメハナカメムシ類に対する影響を調査した(井村, 2013)。ニジュウヤホシテントウに対する防除効果が期待できる選択性殺虫剤であるインドキサカルブMP水和剤とフェンピロキシメート・ブプロフェジン水和剤の2剤、および対照として非選択性殺虫剤のベルメトリン乳剤を散布した場合のニジュウヤホ

Conservation Biological Control of *Thrips palmi* Karny on Eggplant Fields with Banker Plants System. By Takeo IMURA

(キーワード: ヒメハナカメムシ類, フレンチマリーゴールド, 天敵保護)

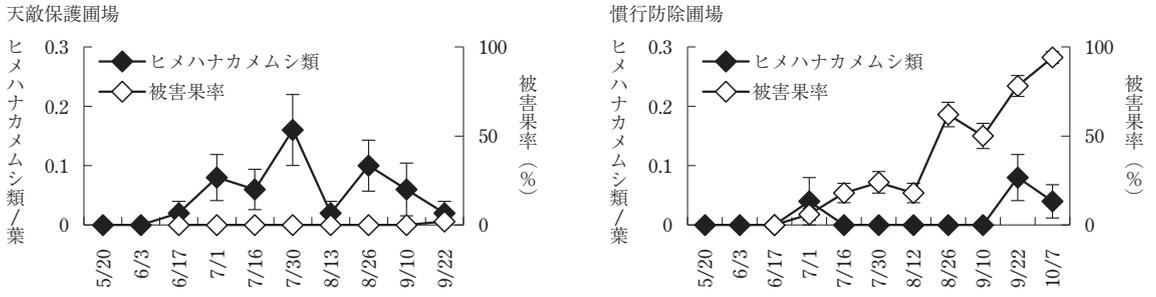


図-1 殺虫剤管理が異なる露地ナス圃場におけるヒメハナカメムシ類とミナミキイロアザミウマの被害果率の推移 (2010年) プロット上の縦棒は標準誤差を表す。天敵保護圃場は奈良県五條市、慣行防除圃場は奈良県葛城市で調査した。

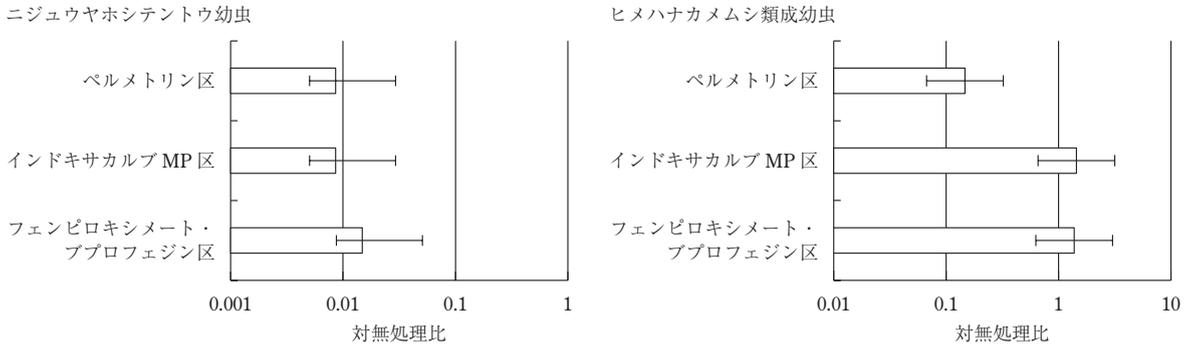


図-2 露地ナスにおけるニジュウヤホシテントウとヒメハナカメムシ類に対する3種殺虫剤の影響 (2012年) データは処理8日後の発生密度の対無処理比 (横棒は95%信頼区間)を表す。1区5株×3反復で7月9日に150 l/10 a相当量を散布し、各区5株×10葉の虫数を計数した。

シテントウの防除効果とヒメカメムシ類への影響を図-2に示した。供試した3剤ともにニジュウヤホシテントウ幼虫密度の対無処理比はかなり低く、防除効果は高かった。一方、ヒメハナカメムシ類発生量の対無処理比は、非選択性殺虫剤のペルメトリン乳剤では低く、影響が大きいと考えられたが、インドキサカルブMP水和剤、フェンピロキシメート・ブプロフェジン水和剤では対無処理比がおおむね1前後の値を示し影響は低かった。ニジュウヤホシテントウは、露地ナスでは6月下旬から7月に発生するので、この時期に発生するオオタバコガの防除を目的としたインドキサカルブMP水和剤の散布、もしくはチャノホコリダニの防除を目的としたフェンピロキシメート・ブプロフェジン水和剤の散布を行うことで、ヒメハナカメムシ類を保護しながらニジュウヤホシテントウの発生を抑えることが可能である。

一方、選択性殺虫剤がない害虫の場合、天敵保護体系に切り替えることによるリサージェンスが懸念される。特に、西日本を中心に問題になるカシカメ類(口絵①)

は、ヒメハナカメムシ類と同じカメムシ亜目であり、ヒメハナカメムシ類を保護する体系とは相性が悪い。従来はピレスロイド系やネオニコチノイド系等の非選択性殺虫剤の散布によって同時防除されてきた害虫である。しかし、先述の現地実証圃場では、選択性殺虫剤中心の天敵保護体系で被害が増加した(図-3)。

そこで筆者らは、ヒメハナカメムシ類に比較的影響が少なく、カシカメ類防除が可能な剤としてピリフルキナゾン水和剤を見いだした。本剤は、ナスのカシカメ類に対する農薬登録があるが、ヒメハナカメムシ類に対する影響はピレスロイド系剤と比較すると軽微である。露地ナスの圃場試験では、散布直後には無処理区に比較して発生量は半減するが、1週間程度で無処理区と同程度まで回復することを圃場試験で確認している(井村, 2013)。また、室内試験では、本剤はタイリクヒメハナカメムシの活動を抑制し、産卵前期間を延長させる効果があるが、直接の殺虫効果はないと報告されている(北村・武田, 2016)。

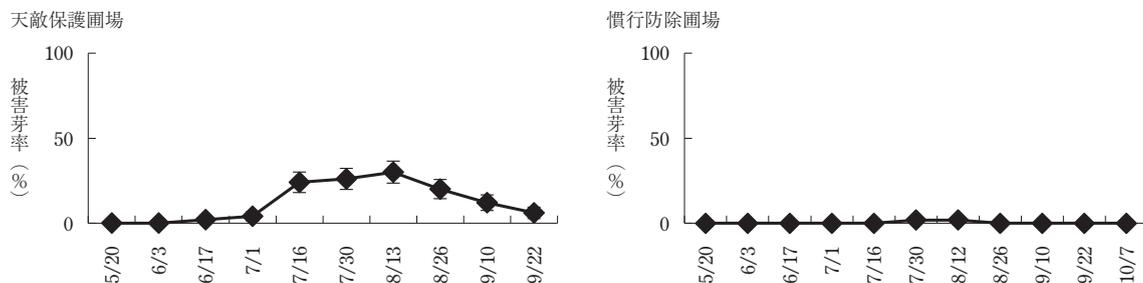


図-3 殺虫剤管理が異なる露地ナス圃場におけるカスミカメ類による被害の推移 (2010年)
 プロット上の縦棒は標準誤差を表す。
 天敵保護圃場は奈良県五條市、慣行防除圃場は奈良県葛城市で調査した。

現在では、これらを組み立てた防除体系をマニュアル化し、奈良県農業研究開発センター HP (<http://www.pref.nara.jp/6516.htm>) に公開して、県内での普及に役立てている。

II 天敵温存植物による土着天敵強化の試み

1 天敵温存植物に求められる条件と草種の選定

近年、インセクタリープラントなどを活用した天敵の活動を強化する植生管理が注目されている。土着天敵の保護利用は「自然任せ」な技術であるとも言え、効果の安定性に対する不安が常につきまとう。そのため、土着天敵の活動を強化できる天敵温存植物を、いわば保険として導入するのは、効果の安定性確保だけでなく、農家の不安軽減にもつながる。

天敵温存植物に求められる条件は、以下の四つである。①害虫の温床とならないこと。②対象作物に天敵を供給可能な期間が、対象害虫の発生期間の大部分をカバーできること。③対象害虫に対する天敵の防除効果が向上し、被害がより減少すること。④安価で管理に手間がかからず、雑草化の懸念がないこと。

これらの条件を満たす可能性がある植物として、長森ら (2007) を参考に以下の手順で天敵温存植物の候補を選定した。まず①については、ナスと共通する害虫が全くない草種を選定するのは困難だったので、選択性殺虫剤による管理が困難なカスミカメ類が発生しないことを条件とした。②については、開花期が露地ナスにおけるミナミキイロアザミウマ発生時期である6～10月をカバーすることを条件とした。③については、ヒメハナカメムシ類が発生することを条件とした。④については、種子繁殖性で雑草化した事例が知られていないことを条件とした。以上の条件を満たす植物としてフレンチマリーゴールドを選定し、上記の条件についてさらに詳

細に検討した。

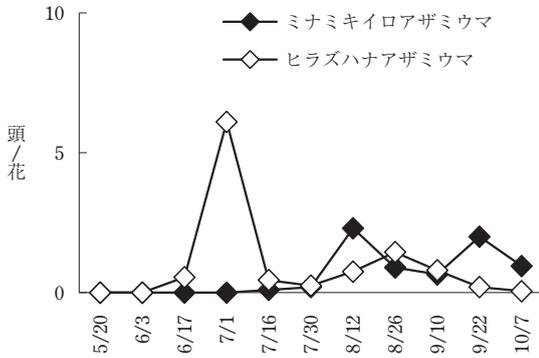
2 フレンチマリーゴールドにおけるアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生

まず、フレンチマリーゴールドがミナミキイロアザミウマの温床とならないことと、露地ナスの管理状況にかかわらずヒメハナカメムシ類が長期間安定して発生することを確認するため、非選択性殺虫剤を使用している慣行防除圃場の脇にフレンチマリーゴールドを植栽し、そこに発生するアザミウマ類とヒメハナカメムシ類を調査した (井村・神川, 2012) (口絵②)。

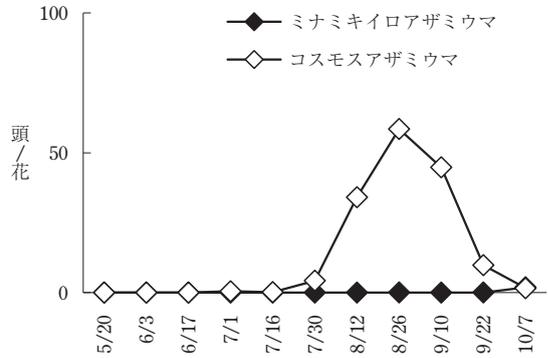
図-4に、ナスとフレンチマリーゴールドにおけるアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生の推移を示した。フレンチマリーゴールドは6～10月まで長期間に渡って開花が続いた。この間、ヒメハナカメムシ類は、慣行防除のナスで発生が少なくなる8～9月にもフレンチマリーゴールドでは安定して発生したことから、フレンチマリーゴールドは天敵温存場所として好適であると考えられた。フレンチマリーゴールドではナスに対する加害性のないコスモアザミウマが優占し、これがヒメハナカメムシ類の代替餌になっていたと考えられる。また、露地ナスでミナミキイロアザミウマが多発しているも、その横のフレンチマリーゴールドにはミナミキイロアザミウマが発生しなかったことから、ミナミキイロアザミウマの温床にはならないと考えられた。

このほか、これまでに県内各地で実施した現地の実証試験圃場でも同様の傾向を確認している。フレンチマリーゴールドに時折カンザワハダニやハスモンヨトウが発生する場合もあったが、これらはいずれも露地ナスが一次発生源と考えられること、発生しても選択性殺虫剤で防除可能なことから、大きな問題とはならなかった。また、フレンチマリーゴールドの植栽によって、カスミカメ類の発生が増加した事例もなく、マリーゴールド苗の

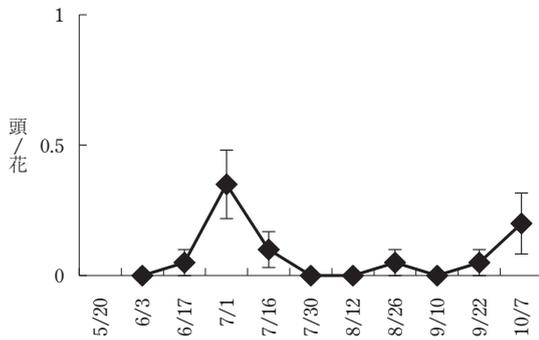
a. ナスの主要なアザミウマ類



b. フレンチマリーゴールドの主要なアザミウマ類



c. ナスのヒメハナカメムシ類



d. フレンチマリーゴールドのヒメハナカメムシ類

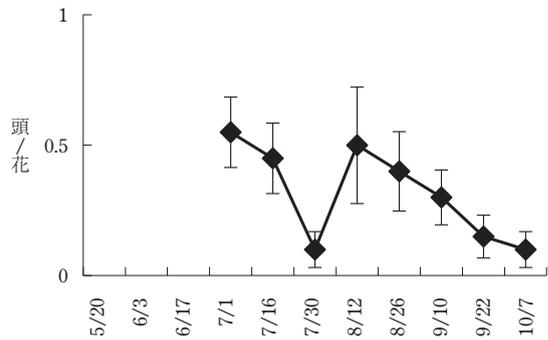


図-4 露地ナスの花と圃場両側に植栽したフレンチマリーゴールドの花における主要なアザミウマ類とヒメハナカメムシ類の推移 (2010年) プロット上の縦棒は標準誤差を表す。調査は奈良県葛城市の慣行防除圃場で行った。

害虫として問題化することのあるナメクジが発生した事例はなかった。

3 フレンチマリーゴールドによる天敵強化の取り組み

先の結果を受けて、実際に天敵保護体系で防除を行っている圃場にフレンチマリーゴールドを植栽した場合の天敵強化の効果を調査した (井村, 2015)。天敵保護体系で防除を行った露地ナス圃場において、圃場両側面にフレンチマリーゴールドを植栽した場合 (植栽区) と植栽しない場合 (対照区) を比較した概要を図-5に示した。植栽区のフレンチマリーゴールドではヒメハナカメムシ類が安定して発生し、ナスの株上でも植栽区のほうが発生が多くなった。また、両区ともに天敵保護体系で防除したのでアザミウマ類による被害は少なかったが、植栽区のほうがアザミウマ類の発生量は少なくなり、ヒメハナカメムシ類はより多く、天敵強化による防除効果の向上が確認できた。

以上のことから、フレンチマリーゴールドは露地ナス

の天敵保護体系において、ヒメハナカメムシ類を強化する天敵温存植物として有望であることが確認できたので、2012年に現地実証試験を県内各地で実施した。それらの結果に基づいて、露地ナスのヒメハナカメムシ類発生量に対する各要因の影響度を解析した結果が図-6である。最も影響が大きいのは使用する殺虫剤の種類であり、次いで餌となるアザミウマ類の発生 (ミナミキイロアザミウマ以外の加害性の低いアザミウマを含む)、最後にフレンチマリーゴールドの植栽の有無となり、圃場周辺の森林の有無はほとんど影響しなかった。この結果から、天敵温存植物の植栽は、ヒメハナカメムシ類の発生に対してプラスの影響があることが確認できた。しかし、最も重要なのはやはり使用する殺虫剤の選択であり、また加害性の低いダイズウスイロアザミウマやネギアザミウマ等の餌昆虫を根絶しないように、過剰防除とまらないような配慮も必要だと考えられた。

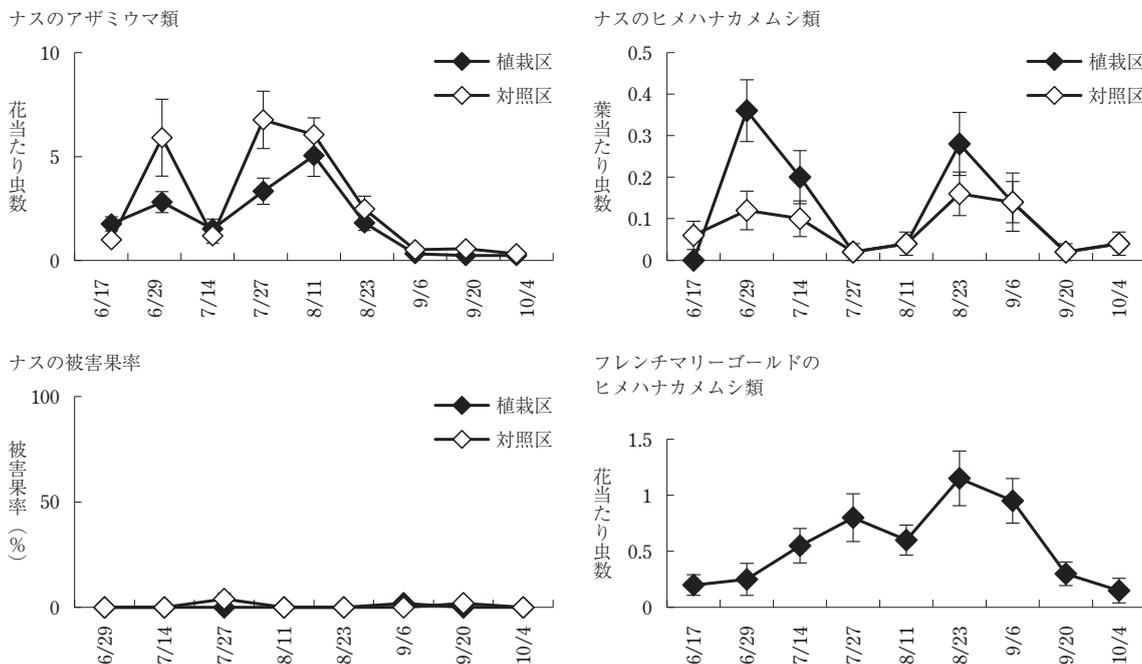


図-5 露地ナス圃場へのフレンチマリーゴールド植栽がヒメハナカメムシ類とアザミウマ被害に及ぼす影響 (2011年) プロット上の縦棒は標準誤差を表す。調査は奈良県橿原市の奈良県農業研究開発センター圃場で実施した。

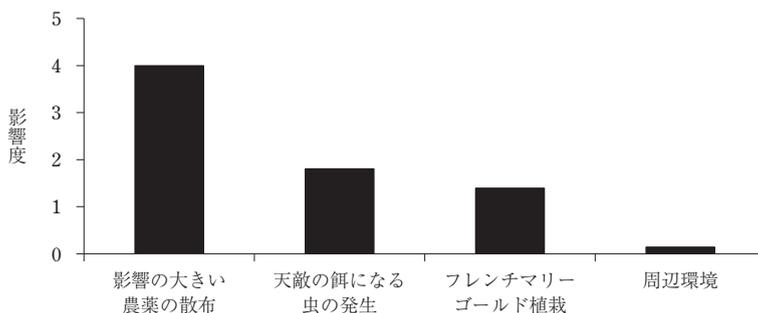


図-6 露地ナス圃場におけるヒメハナカメムシ類の発生量に対する各種要因の影響度 (2012年)

奈良県内の露地ナス生産圃場 30 箇所におけるのべ 48 事例について、ヒメハナカメムシ類密度に対する各種要因の影響を見るため、以下の要因とカテゴリーを設定して数量化理論 I 類で解析した。

- 要因 1. 影響の大きい農薬の散布：① 1 か月以内に非選択性殺虫剤を散布，②前記①以外で 1 か月以内にクロルフェナピルとピリフルキナゾンを散布，③前記①②以外で 2 週間以内にクロルフェナピルを散布，④前記①②以外で 2 週間以内にピリフルキナゾンを散布，⑤前記①～④以外。
- 要因 2. 天敵の餌になる虫の発生：①アザミウマ類が葉当たり 0.1 頭以上，②アザミウマ類が葉当たり 0.1 頭未満。
- 要因 3. フレンチマリーゴールド植栽：①植栽あり，②植栽なし。
- 要因 4. 周辺環境：①圃場付近に森林がある，②森林がない。

まとめと今後の課題

以上の取り組みの結果、現在奈良県内では選択性殺虫剤を中心とした天敵保護とフレンチマリーゴールド植栽を組合せた防除体系が普及しつつある。ヒメハナカメムシ類自体は農耕地帯に豊富に生息する普通種であり、殺虫剤の選択にさえ注意すれば十分な密度で発生することが期待できる。

しかし、カスミカメ類が多発する圃場や、アオクサカメムシ等の大型カメムシが飛来する圃場では、非選択性殺虫剤の連続散布を余儀なくされ、天敵保護をあきらめざるを得ないケースもある。我が国は気候が温暖で害虫の種類が豊富であり、天敵を利用する場合にも対象外の害虫に対する殺虫剤の併用が不可欠である。今後は、天敵に対する影響を最小限度にとどめるような非選択性殺虫剤の使用方法を探る必要がある。

また、施設イチゴなどで顕著な抵抗性発達が問題化しているナミハダニ黄緑型は、今のところ奈良県の露地ナ

スでは問題になっていないが、露地ナスで使用可能な選択性殺虫剤の多くで既に感受性低下を確認しており、今後の動向に注意する必要がある。

このほか、天敵保護体系のさらなる改良を目指して、定植時処理剤の変更(井村, 2016)や、天敵への圃場影響が解明されていない各種殺虫剤の影響を検討している。本技術は抵抗性害虫対策として有効であるだけでなく、防除労力とコストの削減につながる技術である。今後も害虫の発生状況や殺虫剤抵抗性の発達等の変化に対応できるような検討の継続が必要である。

引用文献

- 1) 井村岳男ら (2012): 奈良農研七研報 43: 31 ~ 37.
- 2) ———・神川 論 (2012): 関西病虫研報 54: 163 ~ 165.
- 3) ——— (2013): 同上 55: 7 ~ 11.
- 4) ———ら (2013): 同上 55: 87 ~ 88.
- 5) ——— (2015): 農薬誌 40: 23 ~ 26.
- 6) ——— (2016): 関西病虫研報 59: 101 ~ 103.
- 7) 北村登史雄・武田光能 (2016): 同上 58: 77 ~ 81.
- 8) 永井一哉 (1991): 応動昆 35: 283 ~ 289.
- 9) 長森茂之ら (2007): 岡山農総試研報 25: 17 ~ 28.
- 10) 大野和朗ら (1995): 福岡農総試研報 14: 104 ~ 109.

発生予察情報・特殊報 (29.8.28 ~ 9.30)

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

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| ■ スイカ：えそ斑点病（沖縄県：初）8/28 | ■ ナス：ミナミアオカメムシ（奈良県：初）9/8 |
| ■ キク：茎えそ病（岩手県：初）8/30 | ■ ブドウ：ブドウミタマバエ（仮称）（福島県：初）9/15 |
| ■ アブラナ属野菜：テンサイシストセンチュウ（長野県：初）9/1 | ■ トルコギキョウ：斑点病（長崎県：初）9/25 |
| | ■ ナス：タバコノミハムシ（岐阜県：初）9/26 |

研究報告

タバコカスミカメを中心とした施設キュウリの
総合的害虫管理技術の開発高知県農業技術センター ^{しももと} 下元 ^{みつ き} 満喜・^{なかいし} 中石 ^{かずひで} 一英*

はじめに

高知県は、温暖、多照な気象条件を活かして、古くから野菜の施設栽培が行われている全国屈指の園芸産地である。施設キュウリは施設ナス類、ピーマン類と並んで本県にとって重要な品目であり、平成27年度の栽培面積は136 ha、生産量は2.4万tで（高知県農業振興部、2017）、栽培面積、生産量ともに国内の上位に位置している。キュウリで問題となる害虫は、アザミウマ類、コナジラミ類、ハモグリバエ類、ハスモンヨトウを始めとする鱗翅目など種類が多い。特に、ミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny はメロン黄化えそウイルス、タバココナジラミ *Bemisia tabaci* (Gennadius) はウリ類退緑黄化ウイルスを媒介する（竹内ら、2001；行徳ら、2009）ことから、多発すれば深刻な被害をもたらす。そのため、生産現場では、防虫ネットや紫外線カットフィルム等の物理的防除法を積極的に導入し、化学的防除法と組合せた対策が取られてきた。しかしながら、両種ともに薬剤抵抗性の発達が問題となっており（古味、2003；広瀬ら、2008）、有効な防除薬剤が少ないことから、対策に苦慮していた。これらに対して捕食能力が高いスワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot の導入も進められ、一定の効果が得られていた。しかし、気温が上昇し、害虫類の増殖が旺盛になる栽培後期には対応できない事例も認められ、さらなる対策が求められていた。

そこで、施設キュウリにおいて、アザミウマ類、コナジラミ類に対して高い捕食能力を有する（中石、2007）タバコカスミカメ *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (図-1, 口絵①) を中心とした総合的防除体系の確立を目指し、2012～14年までの3か年、農林水産省、「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（土着天敵タバコカスミ



図-1 アザミウマ類幼虫を捕食するタバコカスミカメ成虫

カメの持続的密度管理によるウイルス媒介虫防除技術の開発・実証（24017）」による支援を受けて研究に取り組んだ。ここではそれらの成果を紹介する。

I タバコカスミカメの導入体系の検討

高知県における施設キュウリの作型は、主に抑制作型および促成作型であり、いずれも栽培開始が害虫の発生の多い時期と重なる。特に促成作型では10月ころに定植された後、翌年の6月ころまで栽培が続くことから、アザミウマ類やコナジラミ類の発生も多く、被害も大きい。そこで、本作型でのタバコカスミカメの導入時期および各防除資材との組合せを明らかにするために、次に示す4区を設けタバコカスミカメの定着性および害虫に対する防除効果を検討した。試験は当センター内のプラスチックハウス（定植：2013年10月7日）の内部を各区17m²になるように防虫ネットで仕切って行った。秋放飼Ⅰ区、秋放飼Ⅱ区では定植8日後にそれぞれタバコカスミカメ成虫を10,000頭/10a放飼するとともに温存植物としてクレオメ1株/区を定植した。また、秋放飼Ⅱ区ではタバコカスミカメに対して影響が小さいスピロトラマト水和剤（中石、2015）の定植時の灌注処理も行った。春放飼区では、2月下旬にタバコカスミカメ成虫を10,000頭/10a放飼した。さらに、秋放飼Ⅰ、春放飼区では、定植直後にスワルスキーカブリダニを50,000頭/10a放飼した。いずれの区も害虫類の発生に

Development of Techniques for Pest Control Mainly on Biological Control Using Predator Bug, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) on Greenhouse Cucumber. By Mitsuki SHIMOMOTO and Kazuhide NAKAISHI (キーワード: キュウリ, IPM, 天敵, タバコカスミカメ)

*現所属：高知県環境農業推進課

応じて天敵類に影響の小さい殺虫剤を使用した。なお、対照として天敵類への影響を考慮せず、効果が高いと考えられる殺虫剤をローテーション散布する薬剤防除区も設けた。

その結果、ミナミキイロアザミウマの密度は秋放飼Ⅰ区で最も低く推移した。秋放飼Ⅱ区ではタバコカスミカメの密度が高くなるまでの1～3月にかけミナミキイロアザミウマの密度が高くなった。また、2月にタバコカスミカメを放飼した春放飼区では、栽培初期に放飼し

た秋放飼Ⅰ、秋放飼Ⅱ区に比べ本天敵の密度が低く、4月以降のミナミキイロアザミウマの密度を抑えることができなかった。なお、薬剤防除区では定期的に殺虫剤を散布したにもかかわらず、4月以降のミナミキイロアザミウマの密度は他の3区に比べ高く推移した(図-2)。このことから、薬剤感受性の低下したミナミキイロアザミウマの発生が顕在化している現状では、薬剤主体での防除は困難で、タバコカスミカメとスワルスキーカブリダニを定植後速やかに放飼する体系が最も防除効果が高

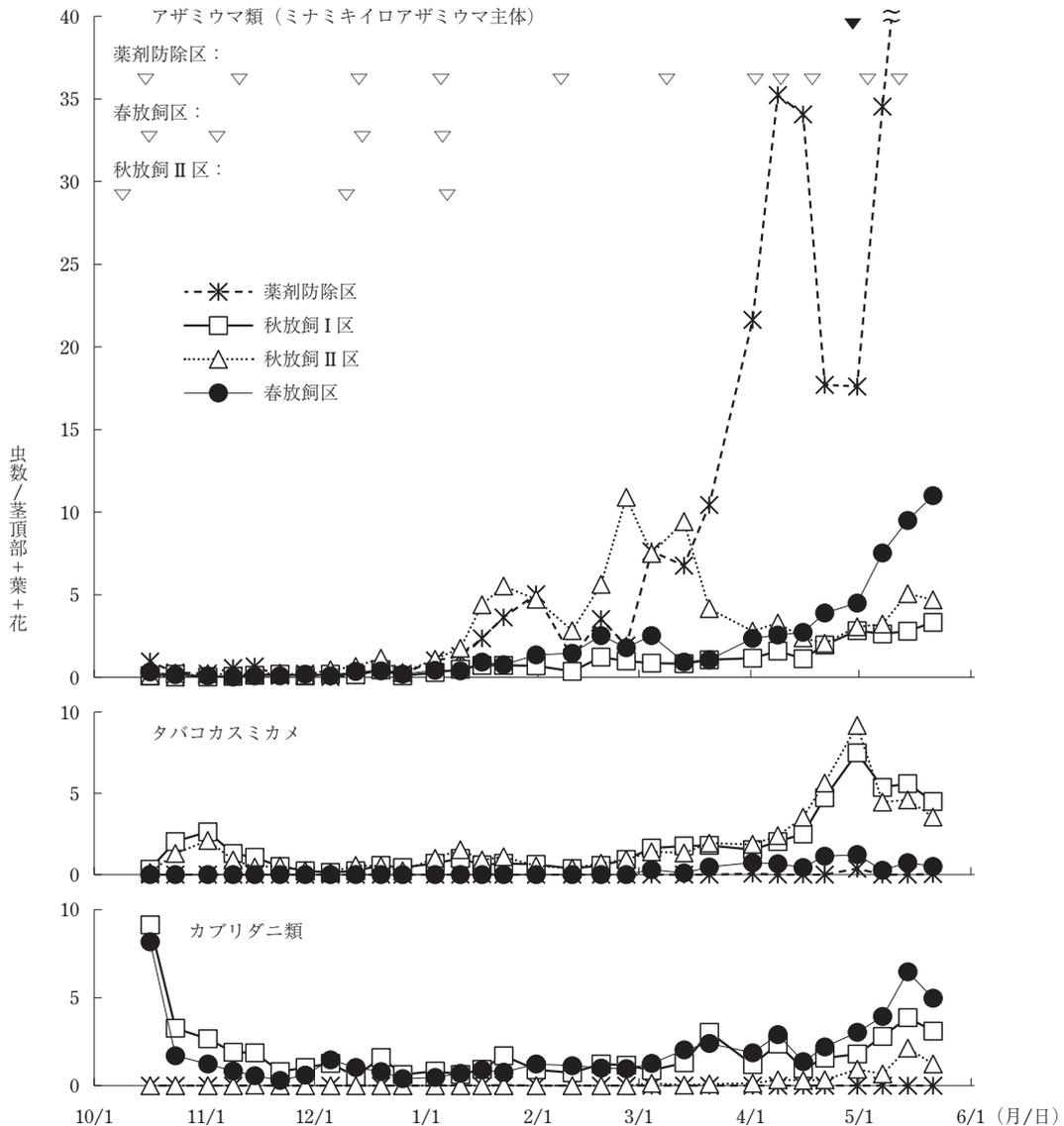


図-2 各試験区におけるアザミウマ類、タバコカスミカメおよびカブリダニ類の発生推移(2012-13)

注1) ▼: プロピレングリコールモノ脂肪酸エステル乳剤散布(秋放飼Ⅰ、Ⅱ区のみ)

2) ▽: アザミウマ類に対する殺虫剤散布

いと考えられた。タバココナジラミについては各区とも密度が低かったことから、体系の違いによる防除効果の差は判然としなかった（データ省略）。

クレオメは本県では施設ナスを中心にタバコカスミカメの温存植物として導入されている。本試験においても調査期間を通して本天敵の定着を確認し（図-3）、促成キュウリの栽培環境下においても、本天敵の維持に有効であることが明らかになった。

II 総合的防除体系の実証

次に現地圃場（試験場所・面積：土佐市・10 a, 定植：2014年10月6日）において、アザミウマ類に防除効果の高かった秋放飼Ⅰ区に基づいた体系での実証試験を行った。本試験では、タバコカスミカメおよびスワルスキーカブリダニに対する温存効果が高いスカエボラおよびパーベナ（タピアン®）（安部ら，2015）を温存植物とし

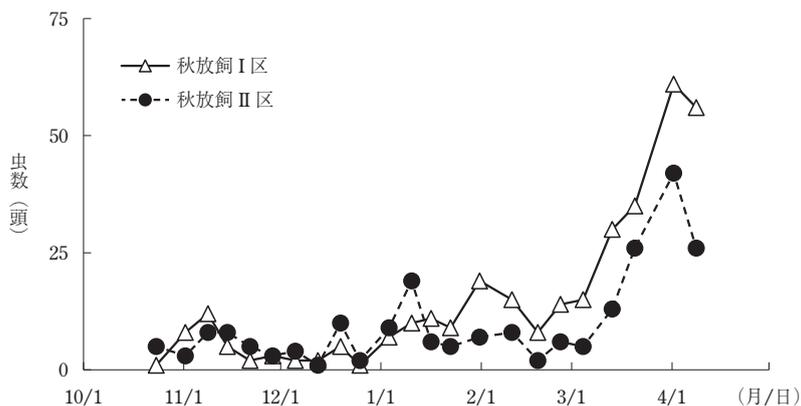


図-3 クレオメにおけるタバコカスミカメの密度推移（2013-14）

注1) 虫数は5茎頂部+10葉当たりを示す。
2) 試験概要は図-2に同じ。

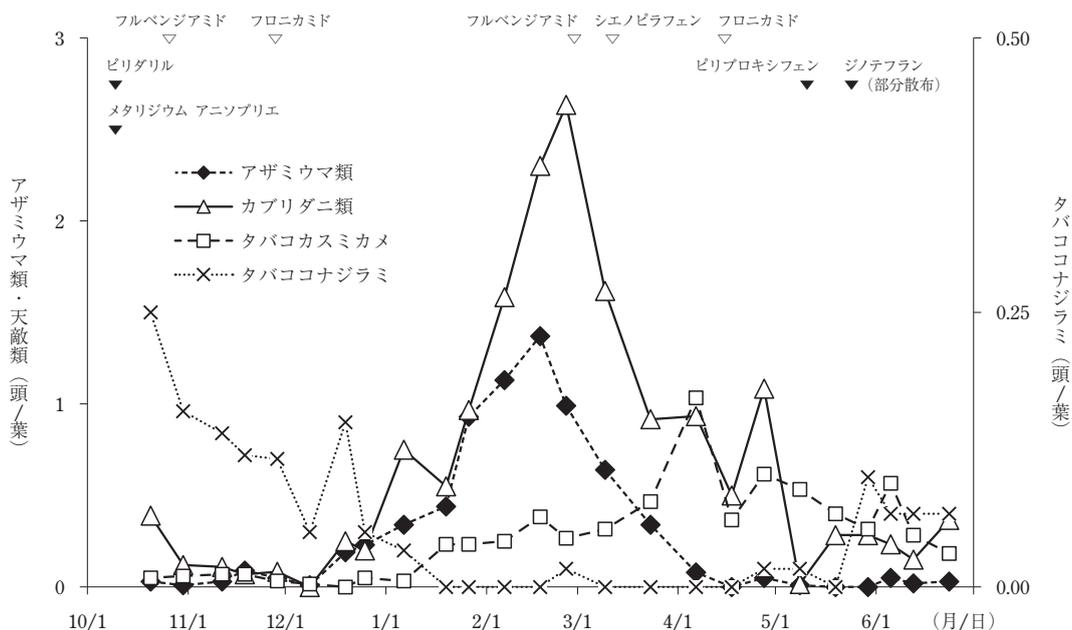


図-4 施設キュウリにおける害虫類・天敵類の発生推移（2014-15）

注1) タバコカスミカメ放飼：10月10日，20日（合計6,600頭），スワルスキーカブリダニ放飼：10月10日（50,000頭）。
2) 温存植物の設置：10月10日にスカエボラおよびパーベナ（タピアン®）をキュウリの株間へ、52株ずつ定植。
3) アザミウマ類の主要種はミナミキイロアザミウマ。▼はアザミウマ類，▽はその他の害虫に対する薬剤散布を示す。

て導入した。その結果、キュウリでのタバコカスミカメの発生数は1月上旬までは少なかったが、1月中旬以降は栽培終了時まで約0.2～1.0頭/葉の密度で推移した。スワルスキーカブリダニの発生もおおむね栽培期間を通じて確認された。一方、ミナミキイロアザミウマ、タバココナジラミの発生数は翌年6月までの栽培期間を通じておおむね1頭/葉以下の低密度に抑えることができた(図-4)。さらに、温存植物スカエボラ上ではカブリダニ類、パーベナ(タバアン®)上ではタバコカスミカメを栽培期間を通じて維持できることも確認できた(データ省略)。

キュウリ退緑黄化病の発生はほとんど見られなかった。キュウリ黄化えそ病の発生株率は栽培初期から4月までは10%以下と低かったが、6月の栽培終了時には約75%に達した(データ省略)。ただし、生産者からの聞き取りの結果、同圃場における前年度作では、3月末にはほぼ全株で発病が見られていたとのことであった。また、試験圃場において栽培期間中に使用したアザミウマ類に対する殺虫剤の使用成分回数は前作では17回であったのに対し、当作では4回(図-4)と少なかったことから、生産者からは本体系の防除効果に対して高い評価を得た。なお、本試験ではタバコカスミカメ成虫の放飼量を栽培初期に2回に分けて2,400頭/10a、4,200頭/10aの合計6,600頭/10aとしたが、前章での試験(放飼頭数:10,000頭/10a)に比べ少なくした場合でも同様の防除効果が得られたことから、これを放飼頭数の目安とすることができると考えられた。

III タバコカスミカメによるキュウリの被害

タバコカスミカメはタバコ、トマトの害虫であり(安



図-5 タバコカスミカメによるキュウリの葉(上)および果実(下)の被害

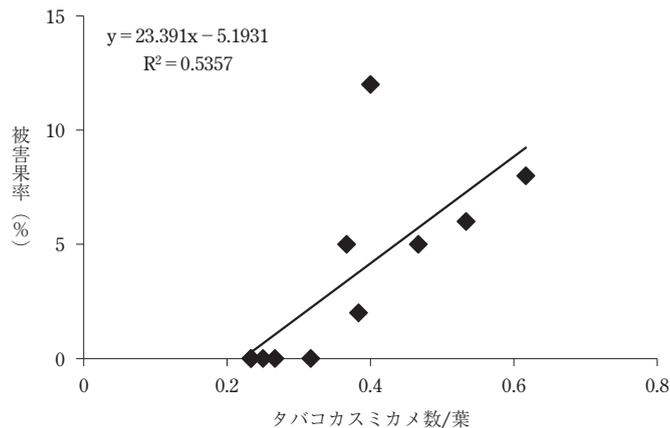


図-6 キュウリ葉でのタバコカスミカメ虫数とその約40日後の被害果の発生(2014-15)

注1) 試験概要は図-4に同じ。

2) タバコカスミカメによる刺し傷が3個以上見られるものを被害果とした。

永ら, 1993), 高知県内ではピーマン, シシトウ等でも本種によると考えられる被害果の発生が確認されている(下元・中石, 2017)。本試験においてもキュウリの葉および果実に被害が認められた(図-5, 口絵②)。現地での聞き取りでは, 葉の被害による影響は判然としませんが, 果実では品質に影響するとのことであった。そこで, 前章で紹介した現地実証試験でのタバコカスミカメの発生数とキュウリ果実での被害の発生との関係を解析した。その結果, キュウリ葉でのタバコカスミカメ生息数とその40日後のキュウリ収穫果実の被害発生には正の相関があり, 傷果の発生はタバコカスミカメ成, 幼虫数が約0.23頭/葉を超えると見られ始め, 約0.36頭/葉になると10%の果実で被害が発生すると考えられた(図-6)。タバコカスミカメの加害による被害果の発生条件は餌であるコナジラミ類, アザミウマ類の密度にも影響される可能性もあり, 被害発生とタバコカスミカメ密度との関係については, さらなる調査が必要である。しかし, 当面はこれらを目安に本天敵の密度の調整が必要となると考えられる。

おわりに

今回紹介した成果はタバコカスミカメを特定農薬として利用することを想定した防除体系である。タバコカスミカメはゴマのみを餌とした場合でも増殖する(中石ら, 2012)ことから, 本天敵を土着種として入手できる地域では必要数の確保は比較的容易であると思われる。ゴマを利用した増殖法および地域内でのリレー技術について

は, 下元・中石(2017)を参考にされたい。また, 本天敵は生物農薬としての登録に向けた準備も進められている。導入方法などは産地に応じた検討が新たに必要と思われるが, 本天敵を土着種として確保できない地域でも利用が進むことが期待される。

なお, 本研究の成果は「施設キュウリとトマトにおけるIPMのためのタバコカスミカメ利用技術マニュアル(2015年版)」として国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のホームページ上(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/060741.html)でも公開されているので, そちらも参照されたい。

引用文献

- 1) 安部順一朗ら(2015):施設キュウリとトマトにおけるIPMのためのタバコカスミカメ利用技術マニュアル(2015年版), (国)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター, つくば, p.23~37.
- 2) 高知県農業振興部(2017):高知の園芸, 高知県農業振興部産地・流通支援課, 高知, p.15~16.
- 3) 古味一洋(2003):高知農技セ研報 12:21~25.
- 4) 行徳 裕ら(2009):日植病報 75:109~111.
- 5) 広瀬拓也ら(2008):四国植防 43:37~43.
- 6) 中石一英(2007):第51回日本応動昆大会講要:96.
- 7) ———ら(2012):応動昆 55:199~205.
- 8) ———(2015):施設キュウリとトマトにおけるIPMのためのタバコカスミカメ利用技術マニュアル(2015年版), (国)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター, つくば, p.19~22.
- 9) 下元満喜・中石一英(2017):植物防疫 71:406~410.
- 10) 竹内繁治ら(2001):日植病報 67:46~51.
- 11) 安永智秀ら(1993):日本原色カメムシ図鑑, 全国農村教育協会, 東京, 380pp.

研究報告

紫外線 UV-B の夜間照射による 施設害虫アザミウマ類の防除の可能性

京都府立大学大学院生命環境科学研究科 なか お 中尾 しろう 史郎・せん 銭 せいしん 成晨

パナソニック株式会社 やまだ まこと 山田 真・あおき しんいち 青木 慎一

はじめに

紫外線 UV-B は 280 nm から 315 nm の光で、その夜間照射はうどんこ病やハダニ類の防除に有効である (松浦ら, 2012; 増井ら, 2013)。UV-B は節足動物の発育に影響を与えるとされており、農業害虫の防除に有効な可能性がある。薬剤抵抗性の発達が顕著な施設の難防除微小害虫であるアザミウマ類についても、その防除への利用が期待される。これまで、光がアザミウマ類に及ぼす影響を利用した防除技術に関する知見は、近紫外線除去フィルム (野中・永井, 1983; 1986)、反射光 (土屋ら, 1995)、および赤色ネット (上山ら, 2013) に着目した研究に見ることができるが、その多くが行動に関与する特性の利用と思われ、光が発育に及ぼす影響についてはあまり注目されてこなかった。350 nm 程度の近紫外光はミカンキイロアザミウマを誘引する効果が高いことが知られている (二村, 2014) が、近年夜間に紫外光を照射した施設において、粘着トラップにおける害虫アザミウマ類成虫の捕殺数が多い場合のあることが指摘され、これが施設外からの飛来、および周辺環境の影響によるものなのか、あるいは、紫外光がアザミウマ類の増殖になんらかの正の影響を及ぼすためであるのかの検討が望まれた (柴尾, 私信)。こうした背景から、紫外線 UV-B の夜間照射がアザミウマ類の防除に有効な手段となる可能性を検討するとともに、増殖率の増加を引き起こす可能性があるかを室内飼育実験によって検討した (銭ら, 2016)。

I 室内飼育での検討

1 飼育容器

イチゴやメロンのうどんこ病・ハダニ類の防除では苗や培地上への約 $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の UV-B の約 3 時間の夜間

照射が行われる (松浦ら, 2012; 増井ら, 2013)。本研究ではその条件を想定し、試験区を設定した。昆虫の飼育実験では容器を透過することによる光質の変化を厳密に考慮する機会は少ないが、本研究では供試虫が容器素材を通過した光を感受するため、飼育容器がどの程度の光透過率を示すかの把握からスタートした。光源にはパナソニック(株)の「タフナレイ」を使用した。その結果は、昆虫の行動解析などでは容器の素材や色彩に注意を払う必要を改めて示唆するものであった (図-1)。数素材の光透過率を検討し、透明ポリスチレン容器をパラフィルムで密閉して供試虫を飼育することにした。紫外線は、容器の一端のパラフィルム越しに約 5 cm の距離 (容器の高さ) に定位する個体に 1 方向から照射した (銭ら, 2016)。逆の一端はインゲンの葉片で全面を覆い、その外側からパラフィルムで固定した。

2 照射装置

照射装置は、調光器によって $10 \sim 50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の強度に調整された蛍光灯「タフナレイ」を設置して、容器の UV-B 受光部のパラフィルム面がランプから約 25 cm の距離となるように統一した。この 25 cm の間には目合いを調整した鋼製メッシュを適宜設置した (図-2)。フィルム越しに葉面に到達する UV-B 強度を測定して、アザミウマ個体に到達する想定光強度の制御を行った。UV-B 強度を 2 社 (A 社と B 社) の測定器で測ったところ、各機器で強度の相対値を的確に測定できることが確認できた。ただし、異なる機器が表示する測定値は比例関係を保つものの、相互に異なっていた (図-3)。どちらの機器も米国の基準審査をクリアした信頼できるメーカーのものであった。本研究では相対的に低値を示した B 社の機器による観測値を採用した。照射実験は、一般的な蛍光灯照明を備えた恒温器 (NK System, BIOTRON LP300: 2 台) で明期 14 時間-暗期 10 時間とし、暗転 1 時間後から 3 時間の UV-B 照射を行うものであった (図-4)。

3 実験方法

実験対象としたアザミウマは、ミカンキイロアザミウマ、ヒラズハナアザミウマ、ネギアザミウマ、ミナミキ

Prospect of Controlling Pest Thrips in Greenhouse by Ultraviolet B Rays at Nighttime. By Shiro NAKAO, Cheng Chen QIAN, Makoto YAMADA and Shinichi AOKI

(キーワード: UV-B, Thrips 属, *Frankliniella* 属, 発育, 死亡率)

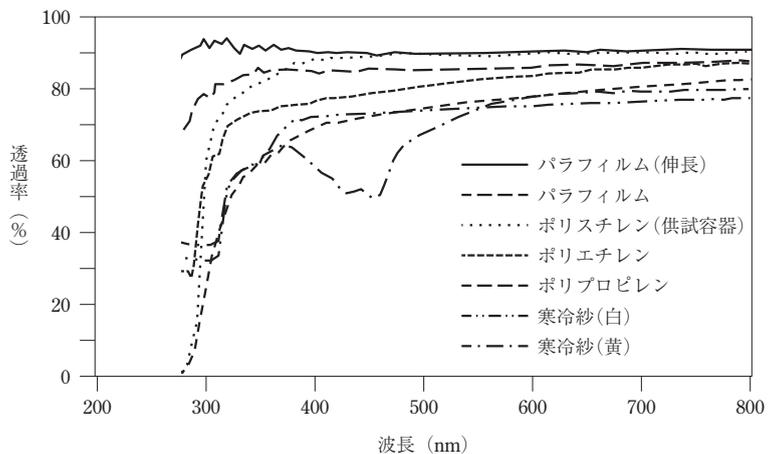


図-1 様々な素材に対する異なる波長の光の透過率



図-2 照射装置



図-4 恒温器内の照射装置

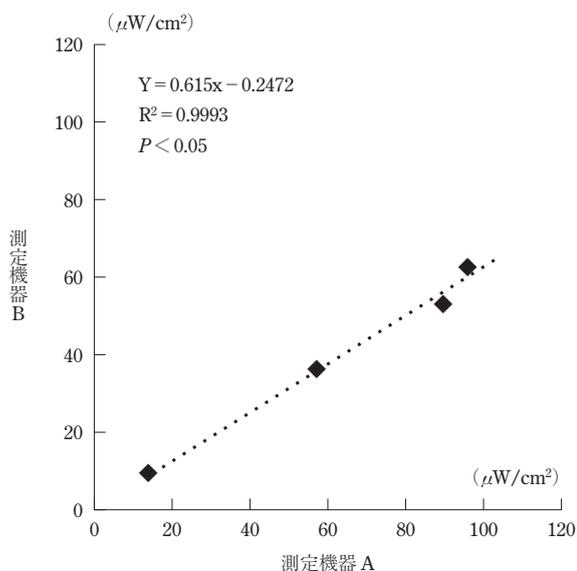


図-3 同一の UV-B 強度条件における二つの測定器の測定値の関係

イロアザミウマの4種である。ネギアザミウマでは mtDNA のハプロタイプが異なる 2 系統を用いた。これらは, TODA and MURAI (2007) によって報告されている合成ピレスロイド系薬剤に抵抗性のハプロタイプ 16 と感受性のハプロタイプ 12 で (図表中では H16 と H12 と表記した), いずれも産雌性単為生殖する単雌系統であった。容器の UV-B 受光面とは反対側の一端に固定した寄主植物 (インゲン) の葉片上に照射される UV-B 強度が, 1.5, 2.3, 4.8, 6.5, 8.7 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ となる 5 処理区を設けた。このほかに, 対照区として UV-B 非照射条件での飼育も行った。飼育実験はすべて 20°C 条件下で実施した。UV-B を照射した発育段階は, 卵からふ化まで, ふ化から羽化まで, 前蛹 (第 1 蛹) から羽化まで

とし、発育所要日数や生存期間、そして成虫の形態に UV-B 照射が及ぼす影響を調査した。

4 卵への影響

アザミウマ4種5系統について、インゲン葉の組織に産み込まれた卵への UV-B 照射は、いずれの強度でもふ化率を顕著に低下させなかった(銭ら, 2016)。一方、生物農薬のアカメガシワクダアザミウマの卵に対する照射は、 $1.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の強度であってもふ化率を低下させる(銭ら, 2016)。穿孔孔目アザミウマ類の卵は植物組織内に挿入されるため、植物の表皮組織によって UV-B から保護されると考えられる。

5 幼虫への影響

幼虫期以降の照射では4種とも著しく低い羽化率が得られた(表-1)。ただし、 $2.3\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以下の強度で影響はなく、 $6.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以上の強度では、ヒラズハナアザミウマを除く3種で羽化に至る個体がなく、強い殺虫効果が示された。羽化率の低下は $5.0\sim 6.0\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 程度の照射でもたらされるようである(表-1)。幼虫期の生存率を調査したところ、 $4.8\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 程度の照射強度では顕著な低下は認められず、ヒラズハナアザミウマを除く3種で $6.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以上の強度で低下する傾向が示唆された(表-2)。ヒラズハナアザミウマでは、 $8.7\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の強度でわずかに影響が現れる程度であった。ヒラズハナアザミウマの耐性が高い理由は明らかではない。しかし、ヒラズハナアザミウマにおいても $4.8\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以上の照射強度では発育が遅延し、羽化した成虫の体サイズが小型化するなど、発育に対する悪影響は顕在化する(銭ら, 2016)。ミナミキイロアザミウマは最も耐性が低いようだが、その要因の一つに体サイズが小さいことがあると推察している。ネギアザミウマの異なる系統間に耐性の相違はなかった。

6 蛹・成虫への影響

前蛹期以降だけの短期間の照射でも、 $4.8\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以

上の照射強度では比較的強い致死効果が認められた(図-5)。また、羽化した個体の大部分は翅に異常があり、正常な翅のものは少ない(図-5)。これらは正常な飛翔ができないと推定された(図-6)。さらに、触角に異常のある個体も散見された。このことは、通常は閉塞した空間で蛹化・羽化するアザミウマ類が、蛹期間から羽化直後にかけて夜間に UV-B に晒された場合、形態の異常や脱皮の失敗が高率発生することを示している。なお、幼虫期から羽化にかけて UV-B 照射条件で発育した場合には、 $1.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の弱い照射強度であっても、羽化後に正常な翅を有する個体の比率は $10\sim 60\%$ となることが明らかにされている(銭ら, 2016)。したがって、施設における UV-B の夜間照射が施設内で発育する個体の増加をもたらす、粘着トラップによる捕殺数が増加する原因となる可能性は否定された。なお、成虫期の $3.0\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以下の UV-B は、その寿命や産卵数に影響を与えない(銭ら, 2016)。

II 実用化の可能性

イチゴうどんこ病の UV-B 照射による病害抑制技術の近年の検討では、深夜の3時間(23時~2時)、照射強度を $10\sim 20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ として照射することで高い効果が得られ、 $9\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ほどでも効果があるとされている(関根ら, 2014)。施設イチゴのナミハダニ防除では、イチゴ株上における照射強度が $20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ で植物体に害がなく、ナミハダニ防除効果があることが報告されている(田中ら, 2017)。その際、葉裏へ UVB を到達させるために光反射シートを設置した区では、葉裏の照射強度は $2.3\sim 5.3\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であった(田中ら, 2017)。この場合、卵は1~3日で半数が死亡することになるという(TANAKA et al., 2016; 田中ら, 2017)。しかし、成虫や幼虫の致死効果は低いと推察される(田中ら, 2017)。同じく施設イチゴでは、カンザワハダニに対する密度抑制効果

表-1 ふ化以降の UV-B 照射が羽化率 (%) に及ぼす影響

処理**	ミカン キイロ	ヒラズ ハナ	ネギ H16	ネギ H12	ミナミ キイロ
非照射	70.8	85.7	63.0	66.7	73.9
1.5	77.3	87.5	75.0	66.7	61.1
2.3	62.5	76.2	64.0	60.0	59.1
4.8	39.1*	75.0	34.6	36.0	0*
6.5	0*	44.0	0*	0*	0*
8.7	0*	10.0*	0*	0*	0*

標本数: 18~28.

* Fisher の正確確率検定 (非照射との比較, Holm の補正: $P < 0.05$).

** 数値は UV-B 強度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$).

表-2 ふ化以降の UV-B 照射が幼虫期の生存率 (%) に及ぼす影響

処理**	ミカン キイロ	ヒラズ ハナ	ネギ H16	ネギ H12	ミナミ キイロ
非照射	75.0	90.5	63.0	70.4	73.9
1.5	77.3	91.7	75.0	66.7	72.2
2.3	75.0	90.5	64.0	64.0	77.3
4.8	82.6	100.0	46.1	76.0	42.9
6.5	39.1	96.0	33.3	45.8	37.0
8.7	34.8*	65.0	25.9	33.3	3.8*

標本数: 18~28.

* Fisher の正確確率検定 (非照射との比較, Holm の補正: $P < 0.05$).

** 数値は UV-B 強度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$).

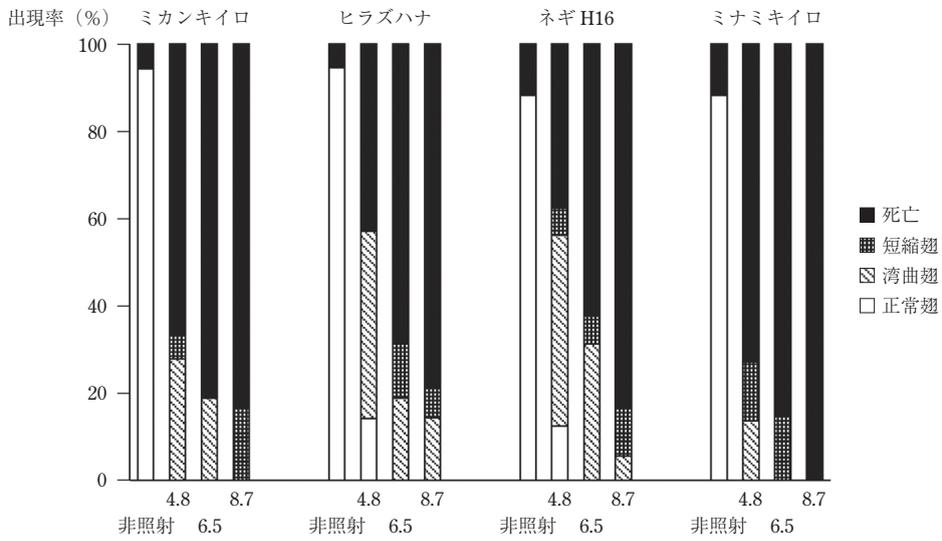


図-5 第一蛹以降の UV-B 照射が羽化率と翅成長に及ぼす影響
 標本数：14～22.
 数値は UV-B 強度 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$).

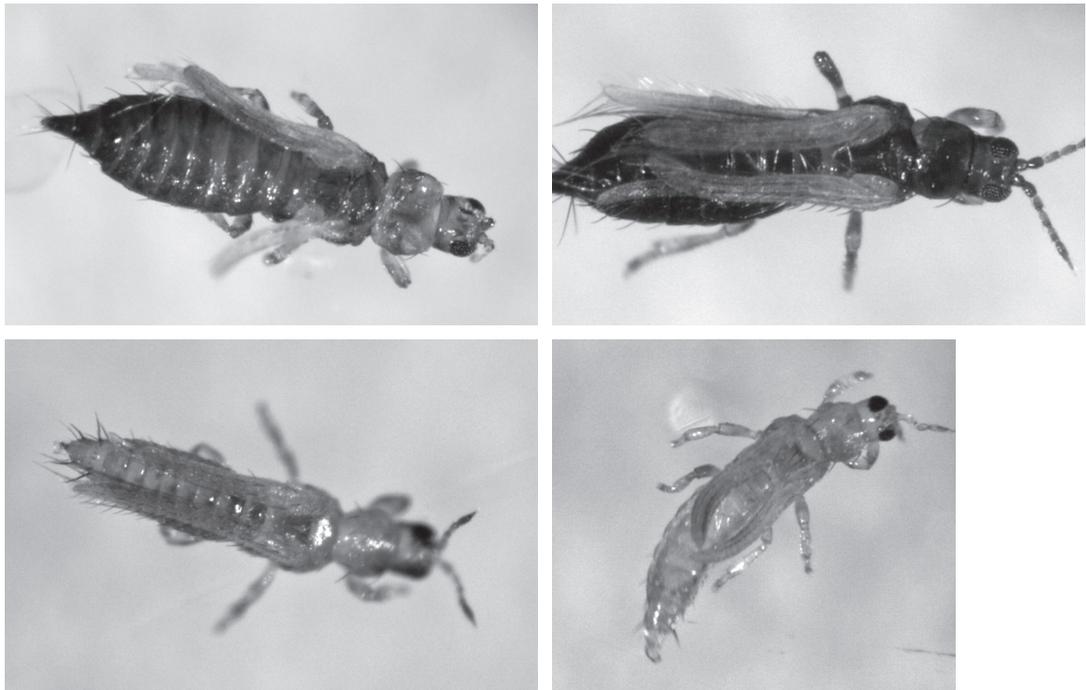


図-6 第一蛹以降の $6.5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の UV-B 照射条件で羽化したヒラズハナアザミウマの異常翅の例 (上：メス, 下：オス)

が、苗上で $17 \sim 20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の照射強度の夜間3時間(21時~24時)照射によって確認されている(近藤ら, 2016)。カンザワハダニではUV-B照射によって卵のふ化率が低下するとともに、産卵数が減少する(近藤ら, 2016)。温室メロンのアシノワハダニでは、地上10cmの高さでの強度を $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ として照射し、反射シートマルチを併用すると防除効果に実用性があるという(増井ら, 2013)。

これらのことから、反射シートを活用した照射強度のわずかな補強で、UV-B照射は幼虫期から羽化直後のアザミウマ類の発育抑制にも効果が期待できる。しかし、ハダニ類の密度抑制がふ化率の低下や産卵数の減少によってもたらされる可能性が強いのに対して、穿孔目アザミウマ類ではふ化率の低下は期待できず、産卵数の減少も現時点では期待できない。施設害虫のアザミウマ類では幼虫から蛹段階での生存率の低下、そして正常飛翔ができない成虫の発生が密度抑制要因となろう。アザミウマ類ではUV-Bの積算照射量が死亡率に及ぼす影響についての厳密な検討は行われていない。今後は、この積算量の効果に影響する栽培環境の気温にも注目した基本的性質のさらなる把握が望まれる。また、複数種害虫の同時防除を技術化する際には、既述の理由から、UV-B強度を同一(型番、ロット番号の)機器で測定して、複数生物種の反応を温度条件とともに把握して、複合的に照会しておくことが有益だと思われる。アザミウマ類では、特に、蛹化・羽化する場所への照射ができれば、高い効果を得ることが可能であろうと思われる。

おわりに

薬剤抵抗性系統の出現に左右されない施設害虫防除技術の確立は、アザミウマ類の被害低減の重要な懸案である。例えば、ネギアザミウマは、同所であっても作付けや年次によって異なる遺伝的性質の集団が出現する(JACOBSON et al., 2016)。さらに、産雌性単為生殖系統は産雄性単為生殖系統の雄と有効な交尾をすることで、遺

伝的な多様性を獲得する(Li et al., 2015)。そして、産雌性単為生殖系統と産雄性単為生殖系統の増殖率の相対的な大小関係は、利用する作物種によって逆転することがある(Li et al., 2014)。また、しばしば両性産生単為生殖と産雌性単為生殖との切り替えが生じることも、薬剤感受性にかかわる性質を変化させるようである(NAULT et al., 2006; JACOBSON et al., 2013)。同様に、産雌性単為生殖するクサキイロアザミウマについても、我が国では天敵温存のための施設内代用餌資源のように利用される向きがあるが、本種にも雄が出現するため(MIRAB-BALOU and CHEN, 2010)、今後、ネギアザミウマと同様の問題に直面する可能性もある。その他、新規の外來種・系統の侵入は不可避でもある。こうした背景から、薬剤感受性に関する遺伝的変異に富む微小昆虫アザミウマ類の防除において、UV-Bをはじめとする高い普遍性のある物理的防除にかかわる知見や資料開発は、総合的害虫管理のオプションとして一定の価値を保つものと思われる。夜間のUV-B照射はハダニ類の防除に有効であることが示されつつあり、設備の流用によってアザミウマ類の同時防除も試みる価値があろう。

引用文献

- 1) JACOBSON, A. L. et al. (2013): PLoS ONE 8(1): e54484.
- 2) ——— et al. (2016): ibid. 11(9): e0163882.
- 3) 近藤博次ら (2016): 滋賀県農技セ研報 54: 30 ~ 33.
- 4) Li, X-W et al. (2014): J. Econ. Entomol. 107: 1526 ~ 1534.
- 5) ——— et al. (2015): PLoS ONE 10(9): e0138353.
- 6) 増井伸一ら (2013): 関西病虫研報 55: 37 ~ 41.
- 7) 松浦克成ら (2012): 同上 54: 125 ~ 126.
- 8) MIRAB-BALOU, M. and X. X. CHEN (2010): Zootaxa 2540: 65 ~ 68.
- 9) NAULT, B. A. et al. (2006): Environ. Entomol. 35: 1264 ~ 1271.
- 10) 二村友彬 (2014): 光を利用した害虫防除のための手引き, (独)農研機構中央農研, 茨城, p.29 ~ 30.
- 11) 野中耕次・永井清文 (1983): 九農研 45: 119 ~ 120.
- 12) ——— (1986): 同上 48: 162.
- 13) 銭成農ら (2016): 応動昆 60: 179 ~ 188.
- 14) 関根崇行ら (2014): 北日本病虫研報 65: 93 ~ 97.
- 15) TANAKA, M. et al. (2016): J. Econ. Entomol. 109: 1758 ~ 1765.
- 16) 田中雅也ら (2017): 植物防疫 71: 229 ~ 234.
- 17) TODA, S. and T. MURAI (2007): Appl. Entomol. Zool. 42: 309 ~ 316.
- 18) 土屋雅利ら (1995): 応動昆 39: 289 ~ 297.
- 19) 上山博ら (2013): 関西病虫研報 55: 123 ~ 124.

研究報告

徳島県内のモモ産地におけるクビアカツヤカミキリによる被害状況とこれまで試行した防除法

徳島県立農林水産総合技術支援センター ^{なかの}中野 ^{あきお}昭雄・^{わたなべ}渡邊 ^{たかひと}崇人

はじめに

徳島県北部の鳴門市大麻町、板野郡板野町、同郡上板町と阿波市土成町の阿讃山麓一帯は、瀬戸内気候帯に属し、日当たりがよく年間降水量が少ないことと、排水性がよいことから、古くからモモ、カキ、ブドウ等の果樹栽培が盛んな地域である。なかでもモモは、約44 ha (2015年度)が栽培されている。近年、目立った病害虫の発生はなかったが、2015年7月に板野郡板野町において、クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* の発生と甚大な被害が確認された。本種は、国内では2012年7月に愛知県海部地域のサクラとウメで(愛知県, 2013)、2013年7月には埼玉県草加市のサクラで(加納ら, 2014)発生が確認され、その後2015年には、本県をはじめ、東京都福生市、群馬県館林市と大阪府狭山市、2016年には、東京都あきる野市、栃木県足利市でも確認された。しかし、本県と栃木県以外はいずれも主にサクラでの発生であり、経済栽培の果樹での発生は、本県が国内では初めてのことであった。このことから、本稿では、本種の本県モモ産地における発生の経緯、被害の状況とこれまで試行した防除技術について紹介する。

I クビアカツヤカミキリの特徴

クビアカツヤカミキリは、カミキリムシ科 Cerambycidae-カミキリ亜科 Cerambycinae-アオカミキリ族 Callichromatini-ジャコウカミキリ属 *Aromia* に属し、南ロシア、モンゴル、中国、朝鮮半島、ベトナム北部に分布する外来種である。成虫の体長は3~4 cmで全体は艶のある黒色を呈している。前胸背板は赤色と黒色の二タイプがあるが、国内ではこれまで黒色タイプは見つかっていない。オスの触角はメスよりも長く、体長の2倍近くある。それにより雌雄を容易に見分けられる(口

絵①)。モモ、アンズ、スモモ、ウメ、サクラ、ナシ等のバラ科果樹、もしくは樹木のほかに、ヤナギ類、イチイガシ、クワ、ザクロ等を宿主とする一次性(健全な樹木等を加害すること)の1~3年1化性のカミキリムシとして知られている(胡等, 2007)。成虫の発生時期は、埼玉県草加市の葛西用水沿いのサクラ樹での観察によると、6月下旬~7月中旬で、7月上旬がそのピークと考えられている(加納ら, 2014)。我々が2016年に板野町吹田のあるモモ園(47樹が植栽されていたが、そのうち、20樹は本種と病害等により枯死したためにすでに伐採され、切り株として残存)で毎日、樹より羽化脱出した成虫を捕獲した結果、羽化は6月21日から始まり、8月3日まで続いた。この間に雄88頭、雌91頭の計179頭を捕獲した。ピークは7月3~4日であった(図-1)。羽化脱出後は間もなく交尾が可能であり、クヌギの樹液などを摂食することが観察されているが、性成熟には後食を必要としない(小林ら, 2016)。筆者らは鳥が啄んだモモ果実への摂食を観察している(口絵②)。雌成虫の産卵はサクラでは樹皮の割れ目や裂け目に確認されており(加納ら, 2014)、筆者らもモモで同様に観察している(口絵③)。1雌当たりの産卵数は非常に多く、324~354個(呂, 1995)や112~362個(余・高, 2006)と報告されている。

本種の被害の特徴は、樹木などに穿孔した幼虫が大量のフラス(木くずと虫糞が混ざったおがくずのようなもの)を排出することである(口絵④)。モモやサクラでは粗皮となった主幹の根元近くで多く見かけるが、モモの老木樹の場合、地上2メートル近くの主枝でも確認している。このフラスはひき肉状、粒状、粉状と様々であり、なかでもひき肉状のものを頻繁に観察する。排出が数日間続くと、落下した地面にてんこ盛りとなり、5メートル程度離れたところからでも、一目で認知できる。なお、被害樹を伐採し、輪切りにすると木部に穿孔した孔道が数本見られる。師部や形成層は、食い荒らされたことにより一部がなくなり、フラスで満たされている(口絵⑤)。これが数箇所に及ぶと致命的となり、枯死に至ると考えている。

本種の侵入経路は、ヨーロッパの事例では、幼虫が穿

Damage Caused by the Red-necked Longhorn Beetle, *Aromia bungii* in Peach Orchards in Tokushima Prefecture and Trial Control Method. By Akiyo NAKANO and Takahito WATANABE

(キーワード: クビアカツヤカミキリ, モモ, 発生経緯, 被害状況, 防除法)

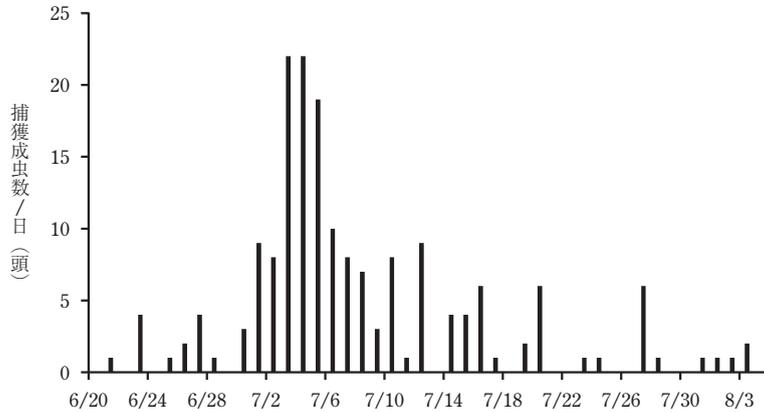


図-1 徳島県板野町内のモモ園で羽化脱出したクビアカツヤカミキリ成虫の発生消長 (2016)
 注1) 調査時点での園内の状況：約20年生，57樹植栽（うち，20樹は伐採された切り株），
 3品種（‘日川白鳳’，‘武井白鳳’，‘みさか白鳳’）を混植。
 注2) 2016年6月20日～8月4日までの間，毎日，樹上などで発見した成虫を捕獲した。

孔した木材が発生国で加工され，工業用パレットや梱包材等の資材になり，貨物輸送の際に各地に運ばれ持ち込まれた可能性が示唆されている（加賀谷，2014）。また，国内でも埼玉県草加市にある葛西用水沿いのサクラ樹に発生した本種の侵入経路も同様と推定されている（加納ら，2014）。

II 発生の経緯と被害の状況

2015年7月21日に板野郡板野町内の民家のブロック塀にとどまっていた本種成虫を一般の方が発見し，通報された。これを受けて，7月27日，本県病害虫防除所は，農林水産省神戸植物防疫所とともに，発見地点周辺において発生および被害の状況を調査したところ，発見場所周辺のモモ園で，本種が原因と考えられる大量のフラスが排出された樹や成虫を確認した。その後，改めて7月29日と30日に板野町内と鳴門市西部のモモ園やウメ園等を調査した。その結果，被害（フラスの排出）は，板野町内でモモ（スモモ含む）30園地，865樹のうち，17園地で130樹とウメ8園地等（学校，寺院内の植栽樹含む），318樹のうち，3園地等で7樹を確認した。これを受けて，7月31日付けで特殊報を発表した。さらに，8月5日には，同地域内の寺院，神社，学校と公園等に植栽されたサクラ樹も対象に調査した。その結果，54箇所，1,796樹のうち，9箇所で43樹を確認した。このようにモモで被害発生園，被害樹が多く，地域として板野町吹田と板野町川端においてその傾向が著しかった。被害はほとんどが老木樹で認められたが，なかには7年生の樹でも認められた。以上のような被害状況から推察すると，本種は数年前より本地域に侵入し定着したものと

考えられた。

なお，これまで本県における本種の発生は，この年の状況を第1報として報じてきたが，実はその2年前2013年に徳島市応神町で成虫1頭が確認されたのが本県では最初の発見である。この発見を受けて，同病害虫防除所と同植物防疫所で発見地点周辺の学校などに植栽されたサクラ樹を重点に被害調査を行ってきたが，全く確認されなかった。また，この地域ではモモやウメ等のバラ科果樹は栽培されていなかった。それだけに，当時はこの地に何故1頭だけが見つかったのかが，謎となっていた。しかし，前述したように，板野町内の本種多発生地域では，すでにこの年から発生していたと推察されることから，この発見個体は南東方向に直線距離にして約7km離れたその地域から，飛翔，もしくは何らかの手段により移動してきたものではないかと考えている。

翌2016年には，被害発生の多かった板野町の2地域を重点に調査したところ，46園地，1,178樹のうち，31園地で256樹と被害の増加が認められた。最も被害の著しいモモ園では29樹のうち，28樹に被害が認められ，3分の2程度が枯死していた。2地域よりも西方の板野町羅漢や上板町神宅，東方の鳴門市大麻では被害が認められなかったことから，この時点での地理的な被害の拡大はなかったと判断した。

しかし，本年（2017年）になって，上板町神宅の生産者より本種の被害が発生しているとの通報を受け，その地域のモモ園，ほぼ全園を対象に地元の鳴門藍住農業支援センターの協力の下，被害確認の一斉調査を実施した。その結果，100園地，2,831樹のうち，31園地で131樹の被害が認められた。その地域には標高150～200m

の斜面を開墾した園もあり、そこでも被害は確認された。上昇気流に乗って飛翔したものと推察している。以上の被害の発生状況は地域ごとに表-1に示した。

III これまで試行した防除法

1 化学農薬による防除効果の評価

害虫を防除する場合に、経済的で効果的な方法は化学農薬を利用することである。本種を防除するために、いち早く取り組んだのが化学農薬の適用を拡大するための防除試験である。まず、幼虫を防除するためにフラスが排出される孔内に薬剤を噴射するエアゾール剤の効果を検討した。薬剤には、開発中のフェンプロパトリンのエアゾール剤（商品名：ロビンフード）に注目し、試験を実施した。モモを対象に1試験当たり10程度のフラス排出孔のフラスを千枚通しによりかき出し、薬剤を噴射しながらノズルを挿入し、1週間程度後のフラスの排出の有無により防除効果を評価した。その結果、2015年の2試験では処理後の防除価（ $100 - (\text{薬剤処理後のフラス排出孔数} / \text{調査全孔数} \times 100)$ ）の補正値（無処理でフラス排出のなかった孔があった場合、無処理の値を100とし、得られた防除価を補正）は59.6と70.0を示した。2016年の3試験では、同様に81.5、73.3、70.6（表-2）を示し、ふれと2～3割のうち漏らしが認められた。安岡（2017）のサクラを対象とした4試験の結果も65.1～91.1と、筆者らの試験結果とほぼ同様であった。

このような結果をもたらした要因として、安岡（2017）同様に、孔内部にフラスが充満しているためとその孔道の複雑な構造により薬液が幼虫に到達しなかったことが考えられる。本剤は、モモのカミキリムシ類に対して本年4月26日に、サクラのクビアカツヤカミキリに対して5月17日に適用拡大が登録された。その後、生産現場でも使用されたが、生産者によっては、十分な効果が上がっていないとの声が聞かれる。また、安岡（2017）は、無処理区の観察で、フラスの排出が1～3週間停止した後に再びフラスが排出されることが確認されたこと

表-1 2015～17年に発生したクビアカツヤカミキリの被害状況

調査年	調査対象	上板町 神宅	板野町				鳴門市 大麻	計	発生率 (%)	
			羅漢	犬伏	吹田	川端				小計
2015	園	0/0	0/5	1/5	9/9	7/9	17/28	0/2	16/30	53.3
	樹	0/0	0/69	1/34	95/155	34/428	130/686	0/178	130/864	15.0
2016	園	0/4	0/5	0/2	14/15	17/22	31/44	0/2	31/50	62.0
	樹	0/227	0/69	0/5	125/323	131/603	256/1,000	0/178	256/1,405	18.2
2017	園	31/100	2/5	—	11/12	25/36	38/53	0/9	69/162	42.6
	樹	131/2,831	6/44	—	100/222	188/1,303	294/1,569	0/432	425/4,832	8.8

注1) 数値は、2017年9月15日時点の被害園数・樹数/調査対象園数・樹数を示す。

注2) —は未調査を示す。

表-2 クビアカツヤカミキリ幼虫に対するフェンプロパトリンエアゾール剤の防除効果（2016）

試験No. 処理月日	薬剤名	フラス排出の孔数（箇所）							防除価 ¹⁾ 補正値
		処理前	処理 2日後	処理 3日後	処理 4日後	処理 5日後	処理 6日後	処理 7日後	
1 6月8日	フェンプロパトリン0.02% エアゾール	12	2			2			83.3 81.5
	無処理	10	5			9			10.0
2 8月9日	フェンプロパトリン0.02% エアゾール	10		1			2		80.0 73.3
	無処理	12		9			9		25.0
3 8月15日	フェンプロパトリン0.02% エアゾール	13		2				3	76.9 70.6
	無処理	14		12				11	21.4

¹⁾ $100 - (\text{処理後のフラス排出孔数} / \text{処理前の調査全孔数} \times 100)$ 。

から、本種幼虫は生存しているも何らかの理由でフラスを排出しなくなる期間があることを指摘している。このため、安岡 (2017) は本種幼虫の防除を実施するにあたっては、排出されたフラスの観察により幼虫の寄生を確認し、フラス排出孔に薬剤の注入を行う際は、間隔を開けて複数回実施する必要があると考えている。したがって、このような剤は、発生の初期段階で樹にフラス排出が数箇所程度、確認されたときに、処理すべきであり、10か所以上と数多くなると十分な効果の発揮や手間の面で難があると考えられ、いち早く伐倒することが最善と考えられる。

現在、成虫を防除するための薬剤を検索している。今回は詳細なデータの紹介は省略するが、室内において虫体浸漬をした場合には、モモに適用のある有機リン剤のDMTP剤、MEP剤、マラソン・MEP剤とネオニコチノイド系剤のアセタミプリド剤、イミダクロプリド剤、クロチアニジン剤等で効果の高い結果を得ており、今後、野外試験などを実施することによって、本種に対する適用拡大につなげたいと考えている。その一方で、成虫の防除適期は、収穫期と重なることから、生産者の作業労力面や薬剤によっては農薬の安全使用基準上に課題がある。このことから、薬剤散布などは収穫後が最も適当と考えられるが、本種がすでに産卵を終えていることも想定される。この対策として、卵やふ化幼虫、樹皮下の若齢幼虫に対して効果のある薬剤の利用が考えられ、今後、このような薬剤を検索したいと考えている。

2 合成性フェロモンの有効性の検証

合成性フェロモンは、ガ類やコガネムシ類等の防除や発生予察用に一般的に利用されている。Xu et al. (2017) によって同定・合成された本種オス成虫の性フェロモン

(E)-2-cis-6,7-epoxynonanal を利用し、対照として、溶媒のみと無処理を設け、トラップには吊り下げ式で黒色の十字型衝突板トラップ (口絵⑥) を各4基用いて、メス成虫に対する誘引効果を4回、本種の発生がある板野町内のモモ園で検証した。その結果、4試験中、すべてのトラップで捕獲されたメス成虫は27頭、オス成虫は9頭であったのに対して、フェロモンを処理したトラップではメス成虫が24頭、オス成虫が7頭と他の処理区よりも有意に多かった (図-2, Xu et al., 2017 を改変)。試験期間中には、試験園で毎日1回、樹上で確認した成虫を捕獲・除去しており、メス成虫ではトラップで捕獲された虫を併せて62頭であった。つまり、園内で羽化脱出した約3分の1のメス成虫がトラップで捕獲されたことになる。

以上のように、本合成性フェロモンの有効性が確認されたことから、今後は発生予察用、未侵入地の発生警戒用、あるいは大量捕獲用など、その利用方法について検討する予定である。

なお、本試験を実施するにあたって、ご協力いただいた日本大学の深谷 緑博士、桐山 哲氏、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センターの安居拓恵博士、辻井 直博士に、また、合成性フェロモンをご提供いただいたカリフォルニア大学のJocelyn G. MILLAR 博士に感謝し上げる。

3 人手による成虫大量捕獲の試み

ゴマダラカミキリでは、和歌山県や鹿児島県の喜界島と徳之島等で生産者などが成虫を捕獲し防除につなげている。この場合、ある自治体では捕獲者より成虫を1頭当たり数十円の価格で買い取っている。このような方法と同様に、本種でもモモ園に大量に発生する成虫を人手

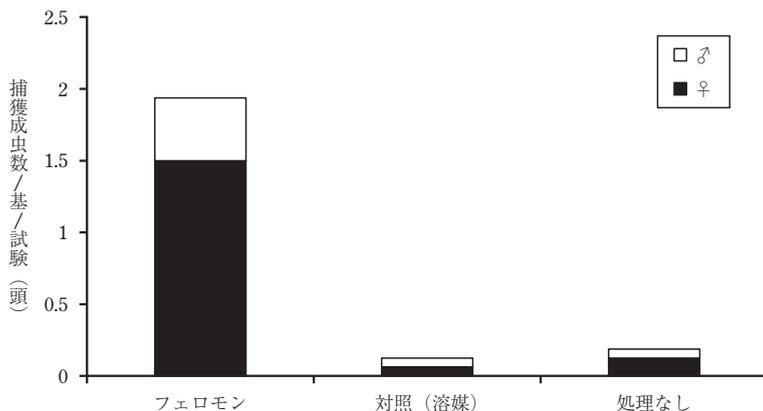


図-2 合成性フェロモンを利用したトラップのクビアカツヤカミキリ捕獲数 (Xu et al., 2017 を改変)

注1) 試験は、2016年7月5日～8月3日までの間に実施した。

注2) 1試験につき、5～9日間設置した後、トラップの設置位置をローテーションし、4回繰り返した。

により捕獲することを試みた。

まず、本種成虫を捕獲するにあたって、国立大学法人徳島大学、徳島県立農林水産総合技術センター農業大学校、県立板野高校の学生、男女合わせて約100名、14チームによる「クビアカツヤカミキリ捕獲隊」を結成した。あらかじめ準備した板野町内のモモ園を記したマップ、プラスチック製の虫かご、ゴム手袋、捕獲隊であることを証明するための腕章を学生に渡し、本年7月1日から捕獲作業を開始した。捕獲は生け捕りを原則とし、その成虫は筆者らが研究用として利用するため、本県が1頭当たり500円で買い取ることにした。また、1日の

捕獲作業開始前から終了するまでの間は、SNSのアプリ、LINEの「グループ」で随時、チームリーダーが捕獲作業する園名、捕獲頭数等をアップし、捕獲隊のチーム間で情報を共有することで、効率的に園を見廻り、同じ園内に数チームが入らないようにした。その結果、事前に筆者らが捕獲した虫を合わせて6月22日から7月31日までの間に合計1,423頭を捕獲することができた。また、LINEにアップされた捕獲情報を整理することによって、得られた日別や園別の捕獲数(図-3, 4)は、本種の発消長や板野町内の園ごとの発生の実態が把握でき、今後の防除を実施するうえでの基礎資料となった。この大

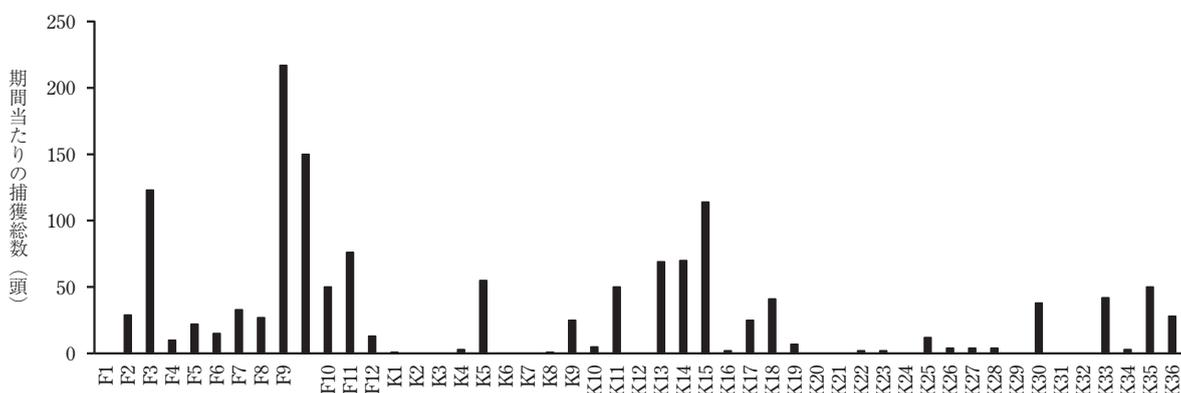


図-3 クビアカツヤカミキリ捕獲隊などによる園地別のクビアカツヤカミキリ捕獲実績(2017)

注1) 捕獲は、板野町内のモモ園48箇所において、6月22日～7月31日に実施した。
 注2) 横軸は、各園地名を示す。また、F9園の左縦棒はオス、右縦棒はメスの捕獲総数を示す。

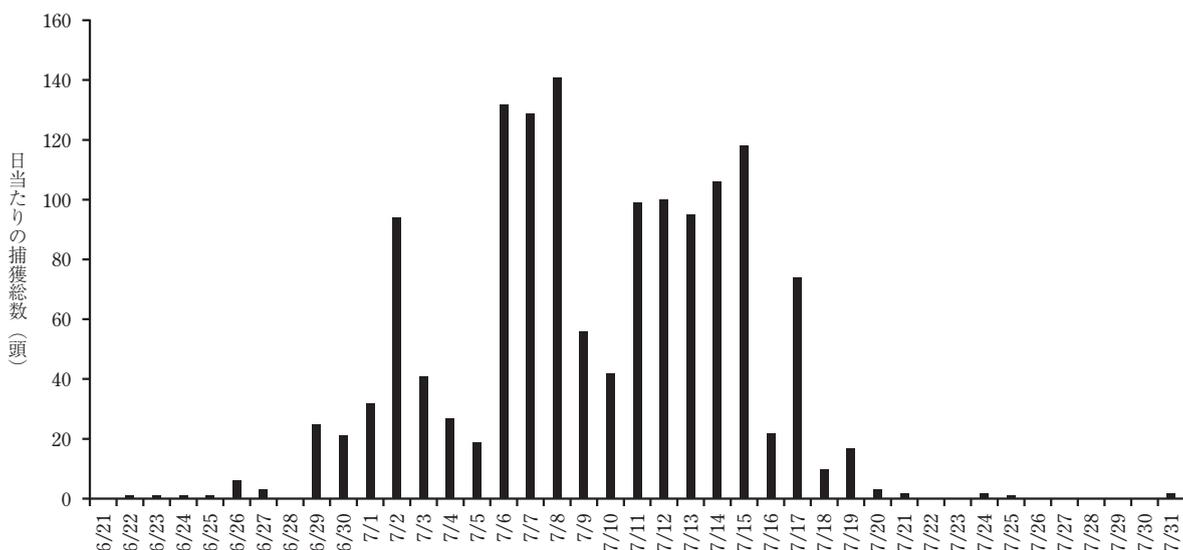


図-4 クビアカツヤカミキリ捕獲隊などによる日別のクビアカツヤカミキリ捕獲実績(2017)

注1) 捕獲は、板野町内のモモ園48箇所において、6月22日～7月31日に実施した。
 注2) 日当たりの捕獲総数は、各園捕獲数の合計値を示す。

量捕獲の試みは来年以降も実施する予定である。

なお、本活動は、一般社団法人大学支援機構（理事長佐野正孝）が運営するクラウドファンディングのサイトを利用し、本年5月1日～6月30日までに募集した支援金により実施することが可能となった。ご支援をいただいた248名・団体の方々に感謝申し上げます。

おわりに

本種の発生状況とこれまで試行した防除技術を紹介した。本種の多発を確認してから3年を経過しようとしているが、いまだ、有効な防除技術が開発されていない。その間に、発生分布を拡大させてしまったことは、痛恨の極みである。化学農薬を主体に合成性フェロモンの利用など、他の防除法を組合せた防除技術をいち早く開発し、撲滅につなげたいと考えている。しかしその一方で、

産地内には、多数の耕作放棄園が見受けられる。そのような園では被害樹を多数確認しており、今後の管理方策などが撲滅に向けた新たな課題となっている。

引用文献

- 1) 愛知県 (2013): 平成25年度病害虫発生予察特殊報 2: 1～2.
- 2) 加賀谷悦子 (2014): 樹木医学研究 19(1): 37～40.
- 3) 加納正行ら (2014): 森林防疫 63(3): 3～7.
- 4) 胡 长效等 (2007): 农业与技术 27: 63～67.
- 5) 小林諒介ら (2016): 関東森林研究 67(2): 247～250.
- 6) 呂 印譜 (1995): 河南農業科学 1995(7): 25～27.
- 7) Xu, T. et al. (2017): SCIENTIFIC REPORTS, <http://www.nature.com/articles/s41598-017-07520-1>
- 8) 安岡拓郎 (2017): 植防研報 53: 51～62.
- 9) 余 桂萍・高 翀年 (2006): 中国森林病虫 24(5): 1～16.

本稿で供試された薬剤の一部は未登録ですのでご留意ください。

「植物防疫」編集注

登録が失効した農薬 (29.9.1～9.30)

掲載は、種類名、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

〔殺虫剤〕

- チリカブリダニ剤
20892：カブリダニ PP（シンジェンタジャパン）17/9/3
- コレマンアブラバチ剤
20893：アブラバチ AC（シンジェンタジャパン）17/9/3
- アセタミプリドくん煙剤
19327：新富士モスピランジェット（新富士化成薬）17/9/10
- イサエアヒメコバチ剤
20901：ヒメコバチ DI（シンジェンタジャパン）17/9/17
- ハモグリコマユバチ剤
20902：コマユバチ DS（シンジェンタジャパン）17/9/17
- ペルメトリンマイクロカプセル剤
20734：リプレース MC（住化グリーン）17/9/20
- BPMC・MEP マイクロカプセル剤
21313：スミアップ MC（住化グリーン）17/9/20
- 還元澱粉糖化物液剤
22598：あめんこ 100（住化グリーン）17/9/20
- BT 水和剤
23035：トップクレスト（住化グリーン）17/9/20
- マラソン油剤
14346：ヤシママラソン油剤 20（住化グリーン）17/9/21
- メタアルデヒド粒剤
20246：大塚マイマイペレット（OAT アグリオ）17/9/27
- ブルウェルア・ロウカルア剤
18431：コンフェューザー-G（信越化学工業）17/9/30

〔殺菌剤〕

- ペノミル水和剤
22145：ケルスケット（住化グリーン）17/9/20

〔殺虫殺菌剤〕

- エチプロール・シラフルオフェン・カスガマイシン・フサライド粉剤
21703：ホクコーゲットワン粉剤 DL（北興化学工業）17/9/19
- エチプロール・シラフルオフェン・カスガマイシン・フサライド水和剤
21854：ホクコーゲットワンフロアブル（北興化学工業）17/9/19
- エチプロール・カスガマイシン・フサライド粉剤
21861：ホクコーカスラブキラップ粉剤 DL（北興化学工業）17/9/19
- エチプロール・カスガマイシン・フサライド水和剤
21883：ホクコーカスラブキラップフロアブル（北興化学工業）17/9/19
- エチプロール・バリダマイシン・フサライド粉剤
21907：ホクコーラブサイドバリダキラップ粉剤 DL（北興化学工業）17/9/19
- カルタップ・ペンシクロン粉剤
19341：パダンモンセレン粉剤 DL（クミアイ化学工業）17/9/27

〔除草剤〕

- ブタクロール・プロモブチド・ベンゾフェナップ水和剤
20894：ホクコーハチクフロアブル（北興化学工業）17/9/5
- クロメブロップ・フェントラザミド・ベンスルフロロンメチル水和剤
22238：ホクコーロングキック Lフロアブル（北興化学工業）17/9/10
- クロメブロップ・ダイムロン・フェントラザミド・ベンスルフロロンメチル粒剤
22249：ホクコーロングキック D1キロ粒剤 51（北興化学工業）17/9/10

研究報告

QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生地域における 他系統薬剤および QoI 剤の本田防除剤を組み込んだ 体系防除の効果検証

福岡県農林業総合試験場 ^{いし}石 ^い井 ^{たか}貴 ^{あき}明

はじめに

水稻病害の防除に使用されるストロビリリン系薬剤（以下、QoI 剤）には、アゾキシストロビン、オリサストロビン、メトミノストロビンの製剤があり、育苗箱粒剤、本田期の粒剤や茎葉散布剤等多様な剤型がある。なかでもオリサストロビンの育苗箱粒剤は、いもち病や紋枯病に対する高い防除効果や長い残効性から全国的に普及が進んだ。

QoI 剤は耐性菌の発達リスクが高い薬剤の一つで、既に野菜、果樹、茶等で QoI 剤耐性の植物病原菌が発生している。そのため、イネいもち病菌でも QoI 剤耐性菌発生の可能性が専門家から指摘されていた（宗・山口、2008）。

こうした中、2012年に QoI 剤耐性イネいもち病菌（以下、耐性菌）が九州、中四国で同時多発的に発生した。この年以來、耐性菌の分布域は西日本を中心に拡大を続け、いまや東北地方にまで達している（2016年までの各府県公表による）。耐性菌が発生した府県における QoI 剤の使用については、発生程度に応じて全面的もしくは一部発生地域での使用中止（使用自粛を含む）や使用継続等、様々な対応が採られている。福岡県では、2013年の水稲作から全面的に QoI 剤の使用を停止し、現在もいもち病に対する使用を自粛している状況である。また、QoI 剤の使用制限と併せた耐性菌対策の一つとして、県として QoI 剤に替わる水稲病害の防除体系を構築し、その効果を検証することが急務となった。

そこで、福岡県では試験場内水田や現地圃場において QoI 剤耐性いもち病菌に対する他系統薬剤の効果やそれらを組合せた体系防除試験を行った。本稿では、耐性菌発生圃場で行った他系統薬剤による体系防除試験や他系統薬剤と本田期の QoI 系散布剤を組合せた体系防除試

験のいもち病防除効果について述べる。さらに水稻の病害防除における QoI 剤の再使用の可能性についても言及したい。

I 代替防除体系の構築と効果検証

代替防除体系を組み立てるにあたって、まず QoI 剤以外の主な他系統薬剤を選抜し、QoI 剤耐性菌または感受性菌を接種したイネ苗を用いた防除効果試験を行った。その結果、フェリムゾン・フサライド水和剤、トリシクラゾール水和剤、ピロキロン箱粒剤、ジクロシメット箱粒剤およびカスガマイシン液剤は、いずれも防除値 92～100 と非常に高い効果を示した。しかし、対照としたアゾキシストロビン水和剤の防除値は 30～40 程度と極めて低く、他系統の薬剤と比べて著しく効果が劣っていた（表-1）。また、前記の防除効果試験の結果を基に、2014～16年度にかけて圃場を用いた体系防除試験を行った。

2014年度には、本県農林試験場内の水田で小規模な代替防除体系の防除効果を検証した。QoI 剤耐性菌の保菌率 15% の水稲種子（品種‘さがびより’）を用い、種子消毒に加え、QoI 剤以外の他系統の育苗箱粒剤、他系統の本田茎葉散布剤を組合せた体系防除試験を実施した。その結果、これらの代替防除体系は耐性菌の発生圃場において、葉いもちや穂いもちに対して実用上問題のない防除効果を示した（表-2）。興味深いことに、耐性菌の存在する圃場での試験にもかかわらず、出穂期防除にアゾキシストロビン水和剤を散布した試験区もいもち病に対して実用的な防除効果を示した。続いて、2015年と2016年には現地圃場において、供試する他系統薬剤の種類を増やして代替防除体系の効果を検証した。併せて、本田期防除における QoI 剤の使用が穂いもちの発生に及ぼす影響を確認する試験を行った。

2015年度の農林試験場内水田での試験では、品種‘元気つくし’の耐性菌の保菌種子を用い2種類の体系防除試験を行った。種子消毒にイブコナゾール銅水和剤とベノミル水和剤を用い、インソチアニル箱粒剤は播種時覆土前処理した。本田防除には他系統のピロキロン粒剤と

An evaluation on Effect of Systemic Chemical Control in Combination with QoI-fungicide and other Fungicides to QoI-resistant Rice Blast Fungus. By Takaaki Ishii

（キーワード：イネいもち病、QoI 剤、耐性菌、代替防除体系）

表-1 各種いもち病防除薬剤の QoI 剤耐性イネいもち病菌株に対する防除効果

供試薬剤	処理量・濃度	供試菌株					
		福岡 A 株 (耐性菌)		福岡 B 株 (耐性菌)		感受性株 (対照)	
		平均病斑数/苗 ¹⁾	防除価	平均病斑数/苗 ¹⁾	防除価	平均病斑数/苗 ¹⁾	防除価
フェリムゾン・フサライド水和剤	×1,000	0	100	0	100	0	100
トリシクラゾール水和剤	×1,000	0	100	0	100	0	100
ピロキロン箱粒剤	50 g/苗箱	0	100	0	100	0	100
ジクロシメット箱粒剤	50 g/苗箱	0	100	0	100	0	100
カスガマイシン液剤	×1,000	0.08	92	0.21	92	0	100
アゾキシストロピン水和剤 (QoI 剤)	×1,000	0.64	35	2.14	15	0	100
無処理		0.99		2.53		2.02	

¹⁾ 3 反復の平均値を示した。

表-2 各試験区のいもち病に対する防除効果

種子消毒	育苗箱粒剤	出穂期防除	苗いもち		葉いもち				穂いもち		防除価
			平均苗率	防除価	7月31日		8月21日		9月22日		
					発病株率	病斑数/株	発病株率	病斑数/株	発病率	被害度 ¹⁾	
イブコナゾール銅水和剤+ベノミル水和剤	クロチアニジン・クロラントラニプロロール・イソチアニル粒剤	フェリムゾン・フサライド水和剤 (他系統)	0.1	99.1	1.0	0.02	0.67	0.02	1.0	0.4 a	89
イブコナゾール銅水和剤+ベノミル水和剤	クロチアニジン・クロラントラニプロロール・イソチアニル粒剤	アゾキシストロピン水和剤 (QoI 剤)	0.1	99.1	1.0	0.01	0.7	0.03	1.9	1.1 a	73
温湯浸漬+カスミン液剤灌注	クロチアニジン・クロラントラニプロロール・イソチアニル粒剤	フェリムゾン・フサライド水和剤 (他系統)	0	100	0.7	0.01	0.3	0.01	0.67	0.3 a	94
イブコナゾール銅水和剤	フィプロニル・チアジニル・フラメトビル粒剤	フェリムゾン・フサライド水和剤 (他系統)	1.0	97.1	5.7	0.1	5.7	0.1	1.9	0.9 a	78
-	-	-	34.8		50	1.1	30.3	0.41	9.6	3.8 b	

¹⁾ 防除価は被害度から算出した。

²⁾ 英異文字間は、5%水準で有意差あり (Tukey の多重比較検定)。

QoI 剤のメトミノストロピン粒剤を用いた。葉いもち中発生、穂いもち少発生の条件下で、いずれの体系防除も穂いもちの発病度により算出した防除価は 61 を示し、防除効果が示された。両体系の防除効果の間に有意差は認められなかった。一方、穂いもちの QoI 剤耐性菌検出率は、ピロキロン粒剤施用区では 10% に低下したのに対し、メトミノストロピン粒剤施用区では 36.7% で、ほとんど低下しなかった (表-3)。

2015 年度の現地圃場における体系防除試験は、異なる地域の水田 2 圃場 (圃場 A および B) で行った。ど

ちらの圃場も 6 月中旬ごろ移植した品種: '元気つくし' を用いた。圃場 A、B とも耐性菌発生圃場であった。

圃場 A の試験では、種子消毒に 60℃、10 分間の温湯浸漬を行った後にカスガマイシン液剤を灌注処理し、育苗箱粒剤は播種時覆土前に処理した。本田防除には、試験区を 5 種類設け、出穂直前に系統の異なる 4 種類の茎葉散布剤とアゾキシストロピン水和剤を用いた。なお、2015 年には 8 月の冷涼多雨の気象条件により、葉いもち初発当初より病勢が急激に進展したため、病勢を抑える目的で出穂期防除の 1 か月前に圃場全体にピロキロン

表-3 代替防除体系の効果検証および QoI 剤耐性菌の検出状況（試験場内圃場）

防除体系		防除効果 ¹⁾				耐性菌の検出率 ¹⁾		
		本田防除		葉いもち		葉いもち	穂いもち	
種子消毒	育苗箱 粒剤	7月31日	8月21日		9月19日		7月21日	9月2日
			発病 株率	病斑数 /株	発病 穂率	被害度 ²⁾		
イプロナゾール 銅水和剤 + ベノミル水和剤	クロチアニジン・ クロラントラニプロロール・ イソチアニル粒剤	ピロキロン粒剤 (他系統)	% 16.7	個 0.2	% 2.9	2.4 a	% (11/30)	% (3/30)
		メトミノストロピン 粒剤 (QoI 剤)	18	0.3	2.5	2.3 a	40 (12/30)	36.7 (11/30)
-	-	-	69.3	1.7	6.5	6.2 b	30 (9/30)	23.3 (7/30)

¹⁾ 防除効果および耐性菌率の調査は各区3反復で行い、平均値のみを示した。

²⁾ 異なる文字間には、5%水準で有意差あり (Tukey の多重比較検定法による)。

粒剤を処理した。葉いもち多発、穂いもち少～中発生条件下の試験で、他系統薬剤による体系防除を行った結果、出穂期に無防除の慣行区に比べて穂いもち被害度を43～70%に抑え、実用的な防除効果を示した。また、QoI 剤を本田期の茎葉散布剤として使用した体系防除区も慣行区に比べて穂いもち被害度を53%に抑え、実用的に問題のない効果であった (表-4)。

圃場 B では、種子消毒および箱粒剤は圃場 A と同様とし、試験区は4区を設定し、異なる系統の薬剤3種類と QoI 剤を出穂期に散布した体系防除試験を行った。また、圃場 A と同様の理由で出穂期の1か月前に圃場全体にピロキロン粒剤を処理した。葉いもち多発、穂いもち中発生の条件下で、他系統薬剤を用いた体系防除区では、穂いもち発病度が出穂期無防除区の発病度の36～48%に抑えられ、いもち病に対して実用的な防除効果を発揮した。一方、出穂期に QoI 剤の水和剤を散布した体系防除区も穂いもち発病度を慣行区の34%に抑え、他系統の薬剤と同等の実用的な効果を示した (表-5)。

2016年度は、耐性菌が発生している現地圃場1か所で試験を行った。種子消毒はイプロナゾール銅水和剤で行い、育苗箱粒剤はクロチアニジン・クロラントラニプロロール・イソチアニル箱粒剤を当日処理した。代替防除体系には2区を設け、それぞれ異なる系統の2種類の茎葉散布剤を用いた。さらに QoI 剤であるアゾキシストロピン水和剤を散布する区を設けた。葉いもち中発生、穂いもち少発生条件下で、本田防除にフェリムゾン・フサライド水和剤およびジクロシメット・トリシクラゾール水和剤を散布した区では、穂いもち発病度を慣行区

と比べてそれぞれ51%および26%に抑え、2015年度試験と同様に実用的な効果を示した。また、アゾキシストロピン水和剤を出穂期に散布した区でも、慣行区に比べて発病度を34%に抑え、実用上問題ない効果が示された (表-6)。

以上の試験結果から、育苗箱粒剤として QoI 剤を使用せず、本田防除は稲作暦などで採用されているいもち病防除薬剤を使用することで、耐性菌が発生している圃場でもいもち病に対して実用的な効果が期待できることがわかった。これらの知見から本県のいもち病防除では、種子消毒の徹底、QoI 剤以外の育苗箱粒剤と本田防除薬剤を福岡県病害虫・雑草防除の手引きを通じて指導しており、各地域の稲作暦もいもち病対策として QoI 剤以外の薬剤を掲載している。

さて、われわれが行った試験では、本田防除の粒剤もしくは茎葉散布剤として QoI 剤を1回に限って使用した場合にも、いもち病の発生を抑制する効果が示されるという興味深い知見が得られた。同様の知見は佐賀県からも報告されている (農研機構中央農業研究センター, 2017)。また、他系統であるが MBI-D 剤でも同じ知見が得られている (安永, 2007)。この理由については、次項の II の終わりの部分で考察する。

II 耐性菌発生圃場における QoI 剤使用による耐性菌への影響

2015年および16年の試験で、いもち病の初発時期および出穂期のアゾキシストロピン水和剤散布の前後の耐性菌率を調査した。その結果、2105年の試験場内試験

表-4 各体系防除区のいもち病に対する効果および QoI 剤耐性菌の検出状況 (現地圃場 A)

防除体系		防除効果 ¹⁾							耐性菌の検出率 ²⁾			
		本田防除		葉いもち				穂いもち		葉いもち		穂いもち
		7月21日 (初発頃)	8月14日 (出穂直前)	7月31日		8月10日		9月2日		7月21日	8月10日	9月2日
種子消毒	育苗箱 粒剤			発病 株率	病斑数 /株	発病 株率	病斑数 /株	発病 穂率	被害度 ³⁾			
						%	個	%	個	%		%
			フェリムゾン・ フサライド水和 剤 (他系統)	100	18.8	84	1.1	10.2	6.4 a	12.5 (1/8)	16.7 (5/30)	3.3 (1/30)
			アゾキシストロ ビン水和剤 (QoI 剤)	100	17.9	76	0.9	17.7	4.9 a	同上	16.7 (5/30)	13.3 (4/30)
更新種子 温湯浸漬 +カスガ マイシン 液剤灌注 処理	クロチア ニジン・ クロラン トラニリ ブロー ル・イン チアニル 粒剤播種 時処理	ピロキロン 粒剤 (他系統)	ジクロシメッ ト・トリシクラ ゾール水和剤 (他系統)	100	19.6	78.7	1.0	13.4	5.0 a	同上	13.3 (4/30)	0 (0/30)
			テブフロキン水 和剤 (他系統)	100	15	86.7	0.9	13.8	4.0 a	同上	13.3 (4/30)	0 (0/30)
			カスガマイシ ン・トリシクラ ゾール水和剤 (他系統)	100	17.9	78.7	1.0	13.4	4.9 a	同上	16.7 (5/30)	3.3 (1/30)
			-	100	18.8	74.7	1.2	23.4	9.2 b	同上	10.0 (3/30)	3.3 (1/30)

1) 数値は3反復の平均で表示。

2) 耐性菌の検出率の()内は菌株数。

3) 英異文字間は、5%水準で有意差あり (Tukey の多重比較検定)。

表-5 各体系防除区のいもち病に対する効果および QoI 剤耐性菌の検出状況 (現地圃場 B)

防除体系		防除効果 ¹⁾							耐性菌の検出率 ²⁾			
		本田防除		葉いもち				穂いもち		葉いもち		穂いもち
		7月22日 (初発頃)	8月21日 (出穂直前)	8月2日		8月18日		9月11日		7月22日	8月18日	9月11日
種子消毒	育苗箱 粒剤			発病 株率	病斑数 /株	発病 株率	病斑数 /株	発病 穂率	被害度 ³⁾			
						%	個	%	個	%		%
			フェリムゾン・ フサライド水和 剤 (他系統)	100	112.6	100	35.3	11.2	4.4 a	50 (3/6)	26.7 (8/30)	0 (0/30)
			アゾキシストロ ビン水和剤 (QoI 剤)	100	126.7	100	33.1	7	3.1 a	同上	23.3 (7/30)	16.7 (5/30)
更新種子 温湯浸漬 +カスガ マイシン 液剤灌注 処理	クロチア ニジン・ クロラン トラニリ ブロー ル・イン チアニル 粒剤播種 時処理	ピロキロン 粒剤 (他系統)	ジクロシメッ ト・トリシクラ ゾール水和剤 (他系統)	100	120.3	100	30.3	8.6	3.4 a	同上	33.3 (10/30)	3.3 (1/30)
			カスガマイシ ン・トリシクラ ゾール水和剤 (他系統)	100	109.2	100	27.5	7.1	3.3 a	同上	23.3 (7/30)	3.3 (1/30)
			-	100	110	100	27.3	23.4	9.2 b	同上	26.7 (8/30)	3.3 (1/30)

1) 数値は3反復の平均で表示。

2) 耐性菌の検出率の()内は菌株数。

3) 英異文字間は、5%水準で有意差あり (Tukey の多重比較検定)。

表-6 各体系防除区のいもち病に対する効果と QoI 剤耐性菌の検出率 (2016 年現地実証試験)

種子消毒	育苗箱 粒剤	体系防除		葉いもち ¹⁾ (8/5)		穂いもち (8/31) ¹⁾		耐性菌の検出率 ^{1), 2)}			
		初発時 防除 (7/18)	出穂期防除 (8/9)	発病株率 (%)	病斑数 /株	発病 穂率	被害度	被害	葉いもち		穂いもち
									7/14 (初発時)	8月5日	8月31日
イブコナ ゾール銅 水和剤	クロチア ニジン・ クロラン トニリ ブロー ル・イン チアニル 粒剤	ピロキロ ン粒剤	フェリムゾン・フサライド 水和剤 (他系統)	96.7	4.1	4.1	2.4	-	6.0 (3/50)	3.3 (1/30)	0 (0/30)
			アゾキシストロビン水和剤 (QoI 剤)	95.0	4.1	2.4	1.6	-	同上	3.3 (1/30)	3.3 (1/30)
			ジクロシメット・トリシク ラゾール水和剤 (他系統)	96.7	3.5	2.3	1.2	-	同上	6.7 (2/30)	3.3 (1/30)
			- (現地慣行)	100	3.3	8.4	4.7	-	同上	6.7 (2/30)	3.3 (1/30)

¹⁾ 数値は 3 反復の平均で表示。

²⁾ 耐性菌の検出率の () 内は菌株数。

³⁾ 英異文字間は、5%水準で有意差あり (Tukey の多重比較検定)。

のピロキロン粒剤処理区では耐性菌率が低下し、メトミノストロビン粒剤 (QoI 剤) 処理区ではほとんど低下していた (表-3)。圃場 A での耐性菌率がフェリムゾン・フサライドなどの代替薬剤処理区では低下したが、アゾキシストロビン水和剤処理区ではやや低下する程度で、圃場 B も圃場 A と同様の傾向であった (表-4, 5)。さらに 2016 年の試験では、代替薬剤処理区では使用前後で耐性菌率が半減し、QoI 剤処理区では変化しなかった (表-6)。以上の結果をまとめると、耐性菌率は代替薬剤を処理した場合には低下するが、QoI 剤を処理した時には、処理の前後で大きな変化はなく、維持される傾向が認められた。ブドウバと病菌の耐性菌発生に伴う使用制限後の耐性菌密度やチャ輪斑病の耐性菌発生圃場における QoI 剤使用後の耐性菌密度に関する調査によると、圃場内の耐性菌密度が上昇していたことが報告されている (尾松ら, 2012; 綿打ら, 2015)。今回のいもち病の場合はこれらの事例とは異なった結果が得られた。この理由として、耐性菌率が低い時には、育苗箱施用剤のような QoI 剤以外の薬剤の防除効果および QoI 剤感受性菌に対する QoI 剤の効果の両方が相加されて高い防除効果が得られている可能性が考えられる。一方、QoI 剤を使用しても耐性菌率が増加しないのは、QoI 剤の散布で感受性菌が減少するのに対し、育苗箱施用剤などの効果で耐性菌も減少するためではないかと考えられる。つまり、育苗箱施用が防除効果の維持と耐性菌の抑制に一定の効果を発揮するため、比較的残効の長い箱粒剤を用いた防除体系では、耐性菌の増加抑制と防除効果が維持される可能性が考えられる。

おわりに

QoI 剤は紋枯病、ごま葉枯病や穂枯れ等にも効果があり、薬剤によっては無人ヘリ防除にも適用できることから、水稻病害防除では使い勝手のよい薬剤である。そのため、本県においても紋枯病対策に本田時期の利用を望む地域がある。このような事情や本田防除に QoI 剤を使用しても実用的な効果が示され、耐性菌率が大きく変化しないこと、県内の耐性菌率が 2.7% に低下したことから、本県でも本田防除の 1 回に限定した QoI 剤の再使用について検討を試みる時期となってきた。なお、QoI 系の育苗箱粒剤は、その長期残効性から耐性菌再選抜のリスクが高く、再び耐性菌まん延となる可能性も危惧されるため、現在のところ再使用の検討対象としていない。

これまで、いくつかの薬剤と病原菌の組合せで、耐性菌のまん延により使用を中止した薬剤を、その後の耐性菌率低下に伴い使用を再開した結果、再び耐性菌率が上昇した事例が確認されていることから、耐性菌が発生した薬剤の使用再開に対して慎重に対応するように注意喚起がなされている (石井, 2014)。本県での QoI 剤の使用再開については、その協議自体が始まっていないが、仮に再開を可能とする場合には、耐性菌の発生モニタリングを必須とし、「イネいもち病菌の QoI 剤及び MBI-D 剤耐性菌対策ガイドライン」(宗・山口, 2008) の順守などの耐性菌対策を改めて指導機関や生産者に対して周知・徹底を図り、同じ過ちを繰り返さないようにしなければならない。

なお、本試験研究の一部は、委託プロジェクト研究「ゲ

ノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発」(PRM)にて実施されたものである。

引用文献

- 1) 石井英夫 (2014): 日本農薬学会誌 39: 53 ~ 57.
- 2) 農研機構中央農業研究センター (2017): 殺菌剤耐性イネいもち病菌対策マニュアル, p.34,

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/laboratory/narc/073008.html

- 3) 尾松直志ら (2012): 日植病報 78: 3 ~ 9.
- 4) 宗 和弘・山口純一郎 (2008): 第18回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集: 70 ~ 80.
- 5) 綿打享子ら (2015): 山梨県果試研報 15: 39 ~ 47.
- 6) 安永忠道 (2007): 今月の農業 51: 88 ~ 92.

新しく登録された農薬 (29.9.1 ~ 9.30)

掲載は、種類名、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録年月日、有効成分：含有量、対象作物：対象病虫害：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〕

●フィプロニル水和剤

23970：トップチョイスフロアブル（バイエルクロップサイエンス）17/9/27
フィプロニル：9.1%
芝：シバツトガ、ケラ：発生初期

〔殺菌剤〕

●トルプロカルブ粒剤

23971：サンプラス1キログラム（三井化学アグロ）17/9/27
23972：ゴウケツ1キログラム（北興化学工業）17/9/27
トルプロカルブ：9.0%
稲：いもち病：出穂5日前まで但し、収穫30日前まで
23973：サンプラス粒剤18（三井化学アグロ）17/9/27
23974：ゴウケツ粒剤500（北興化学工業）17/9/27
トルプロカルブ：18.0%
稲：いもち病：出穂5日前まで但し、収穫30日前まで
●ジエトフェンカルブ・ベノミル水和剤
23975：ニマイパー水和剤（住友化学）17/9/27
ジエトフェンカルブ：25.0%
ベノミル：25.0%

豆類（種実、ただし、だいず、らっかせいを除く）：灰色かび病、菌核病、炭疽病：収穫14日前まで
だいず：灰色かび病、菌核病、紫斑病、炭疽病：収穫14日前まで
茶：輪斑病、炭疽病、新梢枯死症、褐色円星病：摘採14日前まで

●ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤

23976：GFワイドヒッター顆粒水和剤（住友化学園芸）17/9/27
ベンチアバリカルブイソプロピル：5.0%
TPN：50.0%
きゅうり：べと病、褐斑病、うどんこ病、黒星病：収穫前日まで
アスパラガス、ミニトマト：疫病：収穫前日まで
トマト：疫病、葉かび病：収穫前日まで
ばれいしょ：疫病、夏疫病：収穫7日前まで
はくさい：べと病、白さび病、黒斑病、白斑病：収穫7日前まで
たまねぎ：べと病、白色疫病、灰色かび病：収穫7日前まで
なす：褐色腐敗病、すすかび病：収穫前日まで
すいか：褐色腐敗病、炭疽病：収穫3日前まで
メロン：べと病、つる枯病：収穫3日前まで

かぼちゃ：べと病、疫病、うどんこ病：収穫7日前まで
キャベツ：べと病：収穫14日前まで
ねぎ：べと病、葉枯病：収穫14日前まで
らっきょう：白色疫病：収穫14日前まで
だいず：茎疫病、べと病：収穫21日前まで

〔殺虫殺菌剤〕

●フェンプロパトリン・ミクロブタニル複合肥料

23969：ベニカワイドケアスプレー（住友化学園芸）17/9/13
フェンプロパトリン：0.010%
ミクロブタニル：0.0025%
トマト：アブラムシ類、葉かび病：収穫前日まで
きゅうり：アブラムシ類、うどんこ病：収穫前日まで
なす：コナジラミ類、うどんこ病：収穫前日まで
いちご：アブラムシ類、ハダニ類、うどんこ病：収穫前日まで
花き類・観葉植物（ばら、カーネーション、はばたん、マリーゴールドを除く）：アブラムシ類、うどんこ病：発生初期
ばら：アブラムシ類、チュウレンジハバチ、ハダニ類、うどんこ病、黒星病：発生初期
カーネーション：アブラムシ類、ハダニ類、うどんこ病：発生初期
マリーゴールド：アブラムシ類、ハスモンヨトウ、うどんこ病：発生初期
はばたん：アブラムシ類、アオムシ、うどんこ病：発生初期
つばき類：カイガラムシ類、チャドクガ：発生初期
つつじ類：ツツジゲンバイ：発生初期
さくら：アメリカシロヒトリ：発生初期

〔除草剤〕

●アミカルバゾン・フルボキサム・プロマシル粒剤

23966：ウィードボリスDX（丸和バイオケミカル）17/9/13
23967：ネコソギDCM粒剤（レインボー薬品）17/9/13
アミカルバゾン：0.50%
フルボキサム：0.25%
プロマシル：2.0%
樹木等：一年生雑草、多年生広葉雑草
●フルボキサム・プロマシル粒剤
23968：草取り名人F（丸和バイオケミカル）17/9/13
フルボキサム：0.25%
プロマシル：1.0%
樹木等：一年生雑草、多年生広葉雑草

技術解説

改良 DIBA 法を用いたキュウリ黄化えそ病・
緑斑モザイク病の診断キット

宮崎県総合農業試験場 櫛 間 義 幸

はじめに

宮崎県は全国一の生産量を誇るキュウリ産地であるが、生産現場では植物ウイルス病による被害が多発生して問題となっている。特に近年ではミナミキイロアザミウマによって媒介されるメロン黄化えそウイルス (*Melon yellow spot virus*; MYSV) による黄化えそ病が県内全域に拡大しつつあり、その防除対策に生産現場は苦慮している。また、件数は少ないもののキュウリ緑斑モザイクウイルス (*Kyuri green mottle mosaic virus*; KGMMV) によるキュウリ緑斑モザイク病も散発的に発生し警戒されている。これらのウイルス病は、媒介虫とともに病原ウイルスが圃場周辺の雑草などに感染し潜伏したり、宿主残渣とともに土壤中に残存し、次期作の感染源となることが知られている。

感染後の治療が不可能な植物ウイルス病の防除対策においては、早期発見と速やかな感染株の除去が基本であるが、的確かつ効率的な防除対策を実施するためには、正確な診断が必要不可欠である。

植物ウイルス病の診断法には、判別植物を用いた生物検定法や電子顕微鏡によるウイルス粒子の観察、遺伝子診断法があるが、なかでもよく用いられている手法として ELISA 法 (酵素結合抗体法 Enzyme linked immunosorbent assay 高橋, 1988) などに代表される血清学的診断法がある。特に、DAS-ELISA 法は抗ウイルス抗体 (検査キット) 以外の試薬やその作業工程が共通していること、多くの検査キットが日本植物防疫協会などから提供されていること、また、比較的簡便な作業で専門の職員以外でも実施可能なことから、宮崎県総合農業試験場では多くのウイルス病診断に本手法を活用している。しかし、当農試に持ち込まれるウイルス病の診断依頼数は 2010 年以前には年平均 100 件以上あり、また、その依頼も各作物の栽培期間のある一定の時期に集中するこ

とが多く、簡便な ELISA 法であっても、その必要経費や実施労力等は大きな負担であった。さらに遠隔地での症例はサンプル輸送のタイムラグなどにより、迅速な診断、的確な防除時期を逸する場面もあり、生産現場で利用可能な診断手法の開発が望まれていた。

日比 (1984) は、タンパク質の電気泳動解析法の一種であるイムノプロット法を、ELISA 法に応用し、植物ウイルスの検出を目的とした DIBA (Dot immuno-binding assay) 法を考案した。マイクロプレートの代わりにニトロセルロースメンブレンを利用するため、洗浄や反応を 1 ウェルごとに行う必要がなく、試薬類も節約可能で、検出感度は ELISA 法と同等であるとしている。

宮崎総農試では、この DIBA 法に着目し、その手順を見直して、農業改良普及センターなどでも取り組める簡便かつ低コスト、比較的短時間で検出できる改良 DIBA 法 (櫛間ら, 2014; 櫛間, 2017) を開発したので、その概要を紹介する。

I 改良 DIBA 法の概要

1 改良 DIBA 法とは

DIBA 法は、通常 2 ステップの抗体処理からなり、サンプルをプロットしたニトロセルロースメンブレンシート (以下、NCM シート) をまず一次抗体液 (検定したいウイルスの抗体、通常ウサギ抗体) で処理し、次に二次抗体液 (酵素標識抗体、抗ウサギ・ヤギ抗体) で処理したのち、最後に基質・発色液を添加して酵素反応させ、濃紫色の呈色程度を評価し判定を行う。

これに対し、改良 DIBA 法では一次抗体と二次抗体を混合して同時に処理することで、抗体処理時間の短縮と作業工程の簡素化を図っている。

2 試薬類

(1) 試薬

・TBS (基本となる緩衝液。NCM シートの前処理に使用): トリスヒドロキシアミノメタン 2.4 g, 塩化ナトリウム 29.2 g, 蒸留水 1,000 ml pH7.5

・TTBS: TBS 1,000 ml, ツイーン 20 0.5 ml を加える (サンプルの磨砕用; A液, NCMシートの洗浄用; C液)。

・ブロック液: TTBS 50 ml, ポリビニルピロリドン 1 g,

Diagnostic Reagent kit for MYSV (*Melon Yellow Spot Virus*) and KGMMV (*Kyuri Green Mottle Mosaic Virus*) on Cucumber Plant with Modified DIBA. By Yoshiyuki KUSHIMA

(キーワード: DIBA 法, MYSV, KGMMV, ウイルス診断, キュウリ)

牛血清アルブミン Fr5 1g (サンプル処理後の NCM シートへのタンパク質の吸着阻止用; B液)

・基質・発色液 (D液): SigmaFast BCIP/NBT タブレット 1錠を蒸留水 10ml に溶解

・TTBSPB (抗体希釈液): TTBS 50ml, ポリビニルピロリドン 1g, 牛血清アルブミン Fr5 0.1g

・一次抗体: 抗ウイルス抗体 MYSV 抗体, KGMMV 抗体 (いずれも日本植物防疫協会製 DAS-ELISA 用コーティング抗体)

・二次抗体: アルカリフォスファターゼ標識抗ウサギ・ヤギ抗体 (ナカライテスク等)

(2) 資材

・ニトロセルロースメンブレンシート (NCMシート): Biorad 社製 孔径 0.45 μ m など

・2ml マイクロチューブ: 混合抗体液用 (反応容器)

・その他: 精密ピンセット, 爪楊枝, パラフィルム, 小型シャーレ, ペーパータオル等

(3) 混合抗体液の作成方法

TTBSPB 2ml に一次抗体 4 μ l (500倍希釈液), 二次抗体 0.67 μ l (3,000倍希釈液) を添加する。

3 手順

改良 DIBA 法の大まかな手順は次の通りである (図-1)

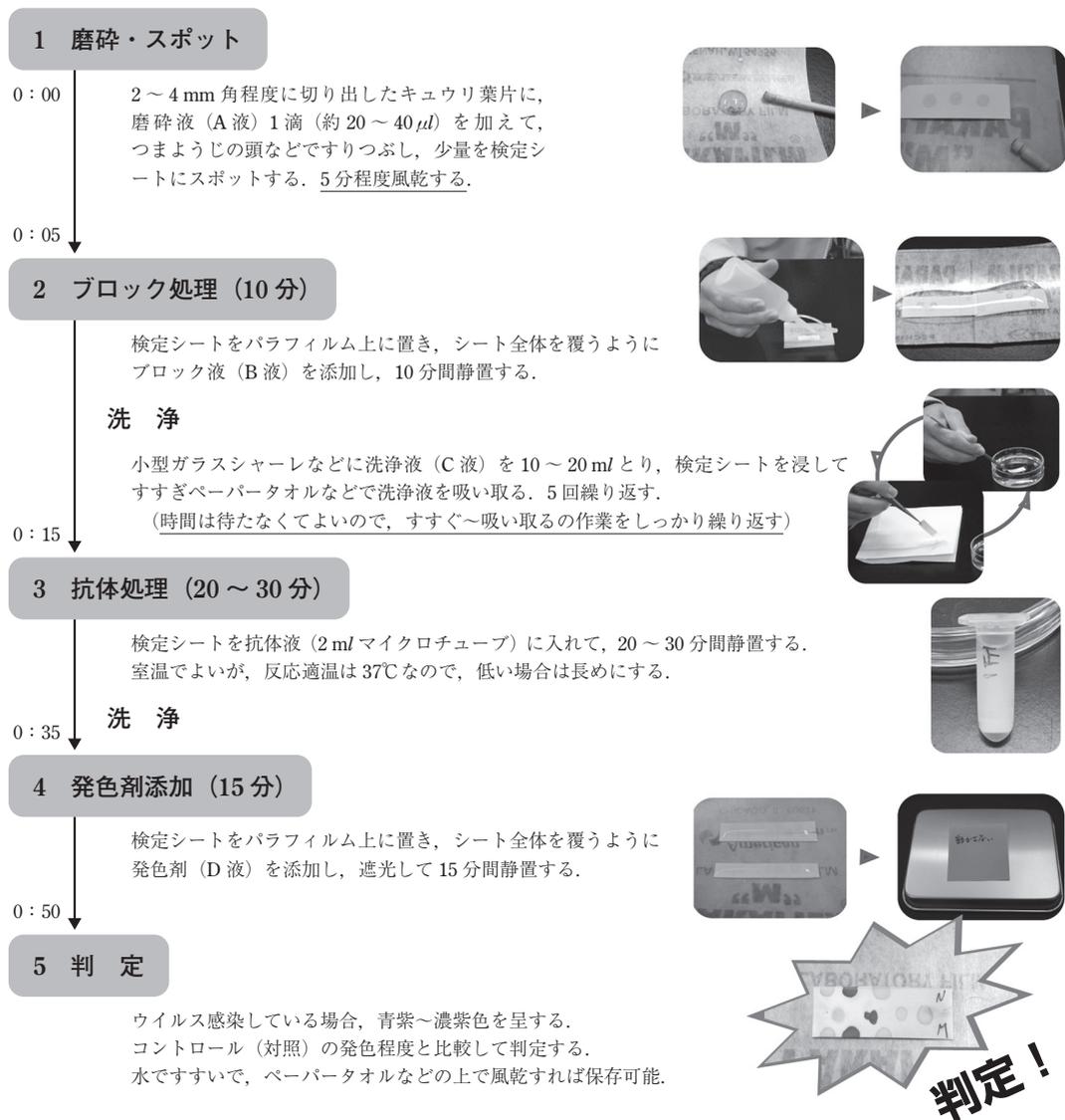


図-1 改良 DIBA 法の手順

参照)。

- ①サンプル処理：パラフィルム上でサンプルを磨砕し、検定シートにスポットする。
- ②ブロック処理：風乾後、ブロック液を添加し 10 分程度静置する（非特異反応防止）。
- ③混合抗体液処理：検定シート洗浄後、2 ml マイクロチューブ内で抗体液と反応させる。
- ④発色剤処理：検定シート洗浄後、基質・発色液を添加し、遮光して 15 分間静置する。
- ⑤判定：陽性の場合、青～濃紫色を呈する。

なお、標準 DIBA 法では抗体処理後、基質・発色剤を添加する前に、メンブレンの pH をアルカリフォスファターゼ（酵素）の作用域（pH9.5）に規正するために AP 緩衝液（トリスヒドロキシアミノメタン 12.1 g, 塩化ナトリウム 5.8 g, 塩化マグネシウム・6 水和物 0.2 g, 蒸留水 1,000 ml pH9.5）で処理する工程を設けているが、改良 DIBA 法ではメンブレンの水分をしっかりと除去することで AP 緩衝液による処理を割愛し、作業工程の簡素化を図っている。

4 改良 DIBA 法の実際

純化ウイルスを用いた標準 DIBA 法と改良 DIBA 法の検出力の比較試験の結果および実際のサンプルを用いた改良 DIBA 法と DAS-ELISA 法による検出試験の結果を図-2、表-1 に示す。

MYSV 純化ウイルスを用いた試験では、標準 DIBA 法では 0.01 $\mu\text{g/ml}$ まで検出されたのに対して、改良 DIBA 法では 0.1 $\mu\text{g/ml}$ までしか検出されずやや劣る結果であった（図-2 A）。しかしながら、植物体からの検出感度

は DAS-ELISA 法と一致し、実用上遜色のない結果であった。

さらに、一次抗体として CMV 抗体、KGMMV 抗体および ZYMV (*Zucchini yellow mosaic virus*) 抗体（いずれも日本植物防疫協会製）をそれぞれ供試し、同様の手法で試験をした結果、これら 3 種のウイルスについても同等の結果が得られた（図-2 B）。

また、作成した混合抗体液は約 1～2 か月は反復利用が可能（図-2 C）であり、メンブレン上にプロットした

表-1 DAS-ELISA 法との比較

番号	症状	肉眼観察	改良 DIBA 法	DAS-ELISA
1	発症葉（下位老化葉）	±	-	-
2	発症葉	+	+	+
3	未発症葉（中位）	-	-	-
4	発症葉（中位）	+	+	+
5	激しい発症葉（上位）	++	+	+
6	発生初期の上位葉	+	+	+
7	症状のある側枝	+	+	+
8	萌芽後間もない腋芽	-	+	+
9	未発症葉（下位葉）	-	-	-
10	未発症の側枝葉	-	-	-

※各サンプルは同一感染株の各部位から採取。

DIBA 法は抗体同時処理、罹病・健全サンプルの発色程度と比較して判定。

DAS-ELISA 法は健全サンプルの吸光度の 2 倍以上を陽性と判定した。

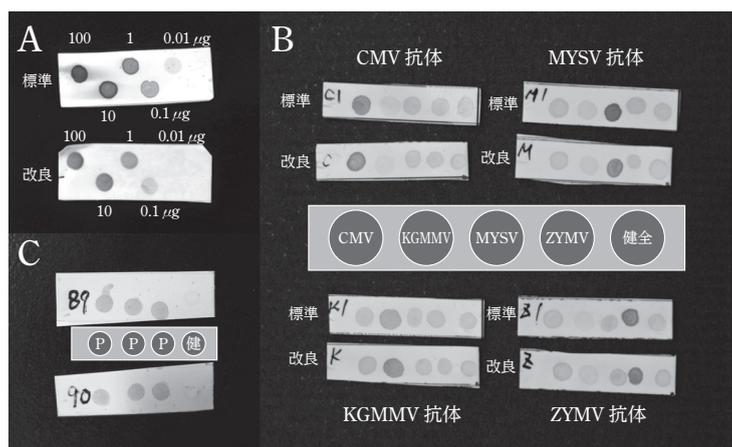


図-2 改良 DIBA 法の実際

A：標準 DIBA 法と改良 DIBA 法の検出限界濃度（MYSV 純化ウイルス）。

B：CMV、KGMMV、MYSV、ZYMV への適用。

C：作成後 43 日目の混合抗体液で 89、90 回反復使用した場合の反応（MYSV）。

ウイルスの抗原活性も比較的長期間保持されることを確認している(データ省略)。

5 その他の血清学的診断法との比較

改良 DIBA 法の所要時間とコストを、従来の主要な血清学的診断法と比較して表-2 に示した。改良 DIBA 法の所要時間は約 1 時間で、標準の DIBA 法と比べ、約 1 時間程度短縮可能である。また、DAS-ELISA 法に比べると 1/8 ~ 1/16 程度の時間で判定することが可能である。さらに、DAS-ELISA 法は反応容器としてマイクロプレートを利用するため検定規模にもよるがコストがやや高くなること、検定実施に際してもマイクロピペットやプレートリーダー等の機材を要し、諸操作への習熟も必要であり、簡便性においても改良 DIBA 法が優れている。

一方、現在イムノストリップキットとして実用化されている Rapid immunofilter paper assay (RIPA 法, Tsuda et al., 1992) は簡単な作業でかつ約 10 分程度で判定が可能で、簡便性・迅速性が極めて優れる手法である。しかし、検定できるウイルス種に限られるうえ、1 件当たり約 1,000 円前後のコストがかかるため、大量検定には

向いていないが、その点も DIBA 法であれば比較的低コストで対応可能である。

II 診断キット

1 診断キットの作成

改良 DIBA 法の実用性を確認できたことから、生産現場で誰でも簡単に取り組めるよう、診断キットを作成した(口絵, 図-3)。

キットの構成は以下の通りである。

A 液 (摩砕液): TTBS 40 ml スポイトびん

B 液 (ブロック液): 40 ml スポイトびん

C 液 (洗浄液): TTBS 500 ml プラスチックボトル

D 液 (発色剤): 基質・発色液 20 ml スポイトびん (10 ml のソースタレピン等で可)

混合抗体液: 2 ml マイクロチューブ

MYSV 用: MYSV 抗体 500 倍希釈液 + 酵素標識抗体 3,000 倍希釈液

検定シート: 反応容器として 2 ml のマイクロチューブを利用するため、容器内に入るサイズに NCM シートを裁断する。25 × 8 mm のマス目を鉛筆で引き、上下辺に感染植物汁液 (陽性対照), 健全植物汁液 (陰性対照) をあらかじめプロットしておく (図-3)。

なお、宮崎県ではまん延のリスクが高い MYSV および KGMMV の 2 種ウイルス病を対象に限定し、検定シートは両ウイルスが同時に検定できるように、左から KGMMV 感染汁液, MYSV 感染汁液, 健全汁液をプロットしたものを作成している。実験的には CMV (Cucumber mosaic virus) のほか 4 種ウイルスについて有効であることを確認しているが、対照のプロットが多くなると多様な発色程度の違いから利用者の誤解を生じ、間違った判断をしてしまう懸念があるため、対象ウイルス種を限定しているところである (参考までに、検定の実例を口絵に示した)。

2 改良 DIBA 法を実施するにあたっての留意点

- ① NCM シート (Bio Rad 社製) に裏表はない。手指の皮脂・汚れの付着を避けるため、できるだけビニル手袋やピンセット等を用いる。なお、引火性なので火気厳禁である。
- ② 同時に複数サンプルの検定が可能である。プロット時にはバッファーが浸透・拡散するため、隣接サンプルと重複するように感じられるが、実際に試料がプロットされる箇所は 2 ~ 3 mm 程度であるので、判定に支障はない。慣れてくると、千鳥に配置するなどして、最大 10 件程度はプロットが可能である (NCM シート 25 × 8 mm の場合)。

表-2 各種血清学的診断法との比較

検定方法	検定規模	所要時間	単価/件
改良 DIBA 法	1 ~ 5 件	約 1 時間	50 円
DIBA 法	1 ~ 5 件	約 2 時間	50 円
DAS-ELISA 法	1 ~ 96 件	1 ~ 2 日	100 円 ~
RIPA 法	1 件	約 10 分	1,100 円

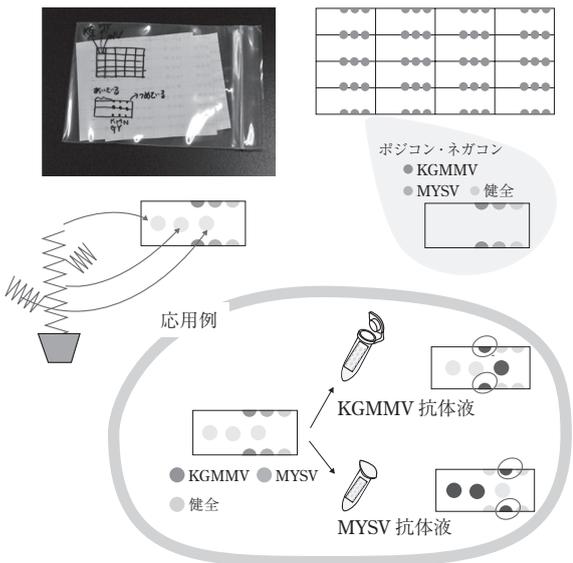


図-3 検定シートの作成 (KGMMV および MYSV 用)

- ③混合抗体液は、冷蔵保存で約1か月程度は反復使用が可能であるが、次第に発色が弱くなるので、発色が弱い場合には抗体処理時間や基質・発色液の反応時間を延長することで判定しやすくなる。
- ④基質・発色液は使用直前に調製することが基本とされているが、本県ではあらかじめ溶解したものをソースタレピンなどに入れて配布している。これをアルミホイルなどで遮光し、冷蔵庫で保存して使用する。溶液が黄色を呈していれば使用可能である。
- ⑤DIBA法は比色判定であるため、検定に際し、必ず同一シート上にウイルス感染植物（陽性対照）および健全植物（陰性対照）の汁液をプロットして比較することが望ましい。最低でも健全植物は同時に供試する。

III 宮崎県における普及状況

宮崎県では、2012年度から農業改良普及センターの職員を対象にウイルス病診断研修を、実習を交えて実施し、改良DIBA法の技術移転に取り組んできた。その結果、改良DIBA法導入前の2004～05年および2009～10年にはいずれも2年間200件以上持ち込まれていたウイルス診断件数が、2014～15年には50件未満まで減少した（図-4）。また、キュウリ黄化えそ病の甚発生（100株/10a以上）農家数は2014年度には前年度の約1/9に減少している。ウイルス診断キットの配布により、試験場に持ち込む前に生産現場に近い機関で早期にウイルス病診断を行い防除対策が可能になった成果と考えられる。

近年では農業改良普及員が各地域JAの営農指導員を対象に本法の研修を行うなど、ユーザーの広がりを見せている。

おわりに

一般にウイルス病の初期症状は不明瞭で生理障害と混

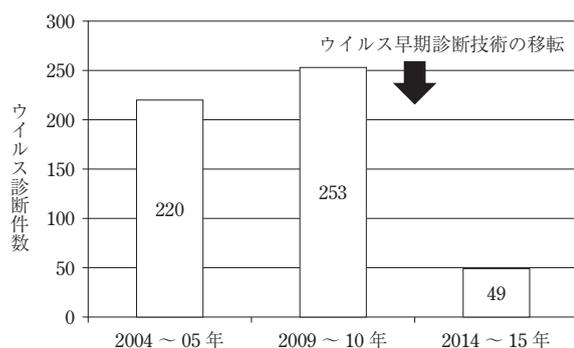


図-4 ウイルス診断の技術移転による診断依頼数の推移

同されやすく、また病原ウイルスは細菌や糸状菌と異なって極めて小さく光学顕微鏡などでは観察できないことから、これまでウイルス病を正確に診断するためには農業試験場などへ持ち込まざるを得ず、現場で簡単にかつ低コストで診断できるツールが求められていた。

RIPA法は、迅速性と簡便性を兼ね備えた優れたウイルス診断ツールで、いくつかの県において、独自に診断キットを開発・配布している事例（山下，2003；甲把・津田，2015）や、複数のウイルス種を一斉に検定するMulti-RIPA法（大崎，2012）等が報告されているが、いずれも抗体感作粒子の調整やストリップ支持体の作成等、煩雑な作業が多いのが実情と考えられる。

今回開発した改良DIBA法は、RIPA法と比較して、迅速性の点では及ばないが、必要とされる資材はNCMシート小片と反応容器としてのマイクロチューブのみで特別な機材をいっさい必要とせず、ごく簡単な作業で済むことから、業務の合間に実施することが可能である。また、RIPA法のようなストリップを作成する労力なども不要であることから、資材を提供する側としても取り組みやすい利点がある。また、2mlのマイクロチューブに挿入可能なNCMシートの小片サイズであれば5～10件はサンプルのスポットが可能で、一斉に複数サンプルを検定できるメリットがある。このため、同一圃場内の複数箇所から、あるいは同一個体内でも複数の部位からサンプルを採取することでより精度の高い診断が可能である。さらに、複数のウイルス病についても、今回作成したような複数種の陽性対照をプロットした検定用NCMシートに同時にスポットして用いれば、対象ウイルスの混合抗体液と各々反応させることで、一斉に検定することも可能である。

本県では、ピーマンモザイク病（*Pepper mild mottle virus*；PMMoV）やトマト黄化えそ病（*Tomato spotted wilt virus*；TSWV）等複数のウイルス病についても改良DIBA法が有効であることを確認しており、今後、より多くのウイルス病を生産現場で診断できるツールになるように、さらに改良を進めていきたいと考えている。

引用文献

- 1) 甲把（安達）理恵・津田新哉（2015）：植物防疫 69：447～449.
- 2) 日比忠明（1984）：同上 38：380～384.
- 3) 櫛間義幸ら（2014）：日植病報 80：336（講要）.
- 4) ———（2017）：九病虫研会報（印刷中）.
- 5) 大崎秀樹（2012）：植物防疫 66：224～227.
- 6) 高橋義行（1988）：同上 42：88～92.
- 7) TSUDA, S. et al. (1992)：Plant Dis. 76：466～469.
- 8) 山下一夫（2003）：植物防疫 57：103～106.

植物ウイルス・細菌診断用抗血清 配布のお知らせ

当協会では、植物防疫上重要な病原の診断および免疫研究用として、以下の植物ウイルスおよび細菌診断用抗血清を配布しております。

配布可能な植物ウイルスおよび細菌の抗血清¹⁾

抗血清の種類	区分 ²⁾	抗血清の種類	区分 ²⁾
ウイルス抗血清³⁾			
1 アイリスイエロースポットウイルス (ISV)	D	15 スイカ緑斑モザイクウイルス (CGMMV)	A
2 イネ萎縮ウイルス (RDV)	C	16 スカッシュモザイクウイルス (SqMV)	B
3 イネ縞葉枯ウイルス (RSV)	C	17 ズッキーニ黄斑モザイクウイルス (ZYMV)	B
4 インパチエンスネクロティックスポットウイルス (INSV)	D	18 ソラマメウルトウイルス (BBWV)	C
5 温州萎縮ウイルス (SDV)	D	19 タバコモザイクウイルス—ワサビ系 (TMV-W)	A
6 オオムギ縞萎縮ウイルス (BaYMV)	D	20 タバコモザイクウイルス—普通系 (TMV-OM)	A
7 オドントグロッサムリングスポットウイルス (ORSV)	E	21 タバコ輪点ウイルス (TRSV)	C
8 カーネーション斑紋ウイルス (CarMV)	B	22 トウガラシマイルドモットルウイルス (PMMoV)	A
9 カブモザイクウイルス (TuMV)	A	23 トマトモザイクウイルス (ToMV)	A
10 キュウリモザイクウイルス (CMV)	B	24 トマト黄化えそウイルス (TSWV)	D
11 キュウリ緑斑モザイクウイルス (KGMMV)	A	25 ミラフィオリレタスビッグペインウイルス (MLBBV)	D
12 クローバー葉脈黄化ウイルス (CYVV)	B	26 メロンえそ斑点ウイルス (MNSV)	C
13 ジャガイモYウイルス (PVY)	D	27 メロン黄化えそウイルス (MYSV)	D
14 シンビジウムモザイクウイルス (CyMV)	E	28 ユリ潜在ウイルス (LSV)	E

抗血清の種類	区分 ²⁾	利用できる血清試験法
細菌抗血清		
1 アシドボラックス・アペナエ subsp. シトルリイ (Aac)	A	エライザ ⁴⁾ 、高比重ラテックス凝集
モノクローナル抗体		
1 イネ縞葉枯ウイルス (RSV)	F	エライザ

¹⁾平成28年3月1日現在。²⁾抗血清作製調整の難易度と所要経費の多少に応じてA～Gに価格を区分しています。

³⁾コーティング液、コンジュゲート液は各1ml (2,500検体)

⁴⁾コーティング液、コンジュゲート液は各1ml (2,000検体)

各種試験用抗血清配布価格 (税別)

区分	エライザ用セット	コーティング抗体	コンジュゲート抗体	抗体感作	抗体感作
				高比重ラテックス 50 ml : 500 検体	ラテックス 25 ml : 500 検体
A	39,000 円	19,500 円	19,500 円	28,500 ^{a)} 円	
B	40,500 円	20,250 円	20,250 円		
C	42,000 円	21,000 円	21,000 円	28,500 ^{b)} 円	28,500 ^{b)} 円
D	47,500 円	23,750 円	23,750 円		
E	50,500 円	25,250 円	25,250 円		
F	49,000 円	24,500 円	24,500 円		
G	20,000 円	10,000 円	10,000 円		

^{a)} Aac

^{b)} RDV, RSV

お申し込みは下記あてに内容を明記した FAX でお願いいたします。

(申し込み先) 一般社団法人日本植物防疫協会支援事業部

〒114-0015 東京都北区中里 2-28-10

TEL : 03-5980-2183 FAX : 03-5980-6753

<http://www.jppa.or.jp/>

新技術解説

簡易検定法によるワタアブラムシおよび
モモアカアブラムシの殺虫剤感受性検定宮崎県総合農業試験場 病害虫防除・肥料検査課 ^{まつ}松 ^{うら}浦 ^{あきら}明

はじめに

果樹、野菜および花き等の重要害虫であるワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover およびモモアカアブラムシ *Myzus persicae* (Sulzer) は古くから、薬剤抵抗性が発達しやすい害虫として知られている。ところが1990年代に入って上市されたネオニコチノイド剤は、それまでの有機リン剤や合成ピレスロイド剤抵抗性アブラムシにも卓効を示し、日本国内において約20年にわたり、本剤に対する抵抗性の発達は確認されなかった。しかしながら、2012年に宮崎県のピーマンとキュウリで採集されたワタアブラムシにおいて、複数のネオニコチノイド剤に対する抵抗性が確認された (MATSUURA and NAKAMURA, 2014; 松浦, 2015)。今後もアブラムシ類において新たな薬剤に対する抵抗性発達が予見されるが、生産現場において抵抗性害虫の抵抗性レベルを速やかに把握することは、効率的防除体系の構築と害虫の抵抗性管理において重要である。

これまでアブラムシ類における薬剤抵抗性の実態は、局所施用法 (西東, 2013) や虫体浸漬法 (浜, 1987) および幼苗処理法 (MATSUURA and NAKAMURA, 2014; 岡本ら, 2014) 等の植物体浸漬法などの生物検定法により明らかにされてきた。過去のデータとの殺虫効果の比較では、局所施用法が適しているが、使用器材が高価であり、手法も簡便とは言い難い。特に生産現場の防除に利用するためには、迅速かつ簡易に利用できる手法が好ましい。そのため、植物体浸漬法が比較的容易に取り組める手法ではないかと考える。植物体浸漬法にはいくつか類似した手法が存在するが、幼苗処理法や Munger cell 法 (岡崎ら, 2014) は、検定容器の加工が必要であるため、加工労力や費用が必要になる点が検定実施者の負担となる。そこで市販の器材を利用し、かつ手順が簡便に実施できる簡易検定法 (松浦・日高, 2016) を開発した。

本稿では、ワタアブラムシとモモアカアブラムシに対する簡易検定法による感受性検定法の検定手順と検定結果を示すとともに、他の検定方法との比較について紹介する。

なお、本手法の開発は、農林水産省委託研究プロジェクト「ゲノム情報等を活用した薬剤抵抗性管理技術の開発 (PRM2103)」により実施した。

I 簡易検定法による検定手順

1 検定植物および検定葉片

ワタアブラムシは同一種でも寄主植物が異なるバイオタイプが存在するため、検定植物には、採集または飼育植物と同じ植物を供試する。本稿ではワタアブラムシはキュウリ、モモアカアブラムシはピーマン葉片を用いた。

供試葉は健全な厚めのものを用いる。目安としてキュウリは定温25℃で播種20～30日以降、ピーマンは播種30日以降の株を供試する。キュウリは成長点を除去すると残りの葉が大きくなり、多数の葉片を確保しやすくなるので、本葉5ないし6葉目を除去後、しばらく栽培するとよい。また、肥料は多めに施用する。

検定葉片は葉片浸漬の2時間位前までに直径約5cmの円形に打ち抜き、十分に湿らせたペーパータオル上に葉裏を上にして置く。浸漬まで乾燥しないように、葉上にハンドスプレーで水道水を噴霧後、ラップをかけておく。打ち抜きには市販の打ち抜き用のベルトポンチ (販売: トラスコ中山株式会社) やお菓子作り用の円形の型 (100円ショップなどで販売) 等を利用する。

2 検定容器

①小型プラスチックシャーレ (直径6.0×深さ1.5cm, 西部株式会社製, 未滅菌), ②ペーパータオル (商品名リードクッキングペーパー), 約8×5cmにあらかじめカットし, 2枚重ねて使用する。③ガラスもしくは耐薬品性プラスチックビーカー (500ml), ④葉さじ, ⑤浸漬用ピンセット (図-1)。

3 検定容器の作製

2枚のペーパータオル (約8×5cm) を半分に折り、シャーレ内に敷いた後、水道水を1.0～1.5ml滴下する (入れすぎに注意すること)。

New and Simple Bioassay Method for Monitoring Pesticide Toxicity on *Aphis gossypii* and *Myzus persicae*. By Akira MATSUURA

(キーワード: *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, 植物体浸漬法, Munger cell 法, 幼苗処理法)



図-1 簡易検定法

小型プラスチックシャーレ（直径6.0×深さ1.5 cm、西部株式会社製）内に、ペーパータオルを敷き、水道水を1.5～2.0 ml 滴下、検定薬液に浸漬・風乾した葉片（直径約5 cm）を入れ、アブラムシ類無翅雌成虫10頭を接種。

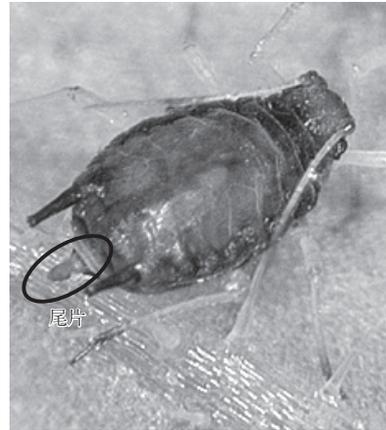


図-2 ワタアブラムシ無翅雌成虫
尾片の形状で成虫を見分ける。

4 薬液の準備と浸漬

各供試薬剤は展着剤としてトリトン X-100 (2,000 倍 0.05%) を添加した水道水で希釈する。トリトン X-100 添加水道水は、20 倍の高濃度液（要冷蔵）を作製しておき、検定前に 100 倍希釈で使用。希釈は、泡立ち防止のため水道水を 9 割以上入れた後、20 倍液を所定量添加する。冷蔵中にかびが発生した場合は作り直す。

供試薬液は 1 薬剤につき最低 200～300 ml 以上作製する。各葉片を薬液に 10 秒間浸漬後、軽く湿らせたスポンジまたはペーパータオル上に葉裏を上向きに置き、風乾後シャーレ内に移動する。浸漬後の葉片は、葉片上の薬液のおおむね 9 割以上が乾けば、シャーレに移動してよい。また、葉片はペーパータオルに押しつけず、軽く置くだけにする。

5 供試虫の接種

成虫の移動は、実体顕微鏡下で無翅雌成虫を、湿らせた面相筆を用い 10 頭/シャーレを接種する。無翅雌成虫は尾片の形状（田中、1976）により判断する（図-2）。成虫の尾片は突起状であるのに対し、幼虫の尾片は丸みを帯びる。また、成虫より大きい 4 齢幼虫が存在するため、大きさだけで成虫を識別しない。

アブラムシは小筆の先をあごの下付近に差し込むようにすくい取ると効率よく接種できる。この採取法で死亡率が上昇することはないため、アブラムシが口針を抜くまで待つ必要はない。ワタアブラムシは、同一植物体上でも、体サイズのバラツキが大きいので、供試薬剤ごとの虫体サイズが平均的になるように配慮しながら接種する。また、元気な個体を選んで移動させる。

6 検定容器の保管と死亡虫調査

無翅雌成虫を接種した検定容器は 23～25℃ 16L8D の定温器内に重ねずに静置する。72 時間後に実体顕微鏡下で生死を判定し、ABBOTT (1925) の補正式によって各補正死亡率を算出する。葉片以外の場所で生存している個体も生存虫として計数する。試験の目的にもよるが、無処理の死亡率が 30% 以上の場合は再度検定を行う。

7 簡易検定法の問題点

シャーレ内に結露が生じると、アブラムシが溺死し、死亡率が上昇する場合がある。対策として、①シャーレ内の水道水の滴下量を 1.5～2.0 ml とする、②シャーレ上に新聞紙やティッシュ等を被せて遮光をしない、③フタの内側に付着した結露が多いときは、検定 2 日目ころに拭き取る、等が有効である。

II 簡易検定法と他の植物体浸漬法の 検定結果の比較

簡易検定法と同じく植物体浸漬法である幼苗処理法と Munger cell 法を用い、各種薬剤の感受性検定結果の比較を、ネオニコチノイド剤抵抗性ワタアブラムシ（2012 串間市）およびモモアカアブラムシ（2013 西都市）を供試し行った。ワタアブラムシの検定において、簡易検定法における無処理区の 72 時間後の補正死亡率は 5.5% と低く、幼苗処理法 6.7%、Munger cell 法 0.0% と比べて有意な差は認められなかった（表-1）。

簡易検定法の補正死亡率は、幼苗処理法とすべての薬剤で同等の結果を示した。一方、Munger cell 法もほとんどの剤は簡易検定法と同等の結果を示したが、ネオニコチノイド剤のイミダクロプリドおよびアセタミプリド、ネライストキシン類縁体剤のカルタップの 3 剤の補

表-1 簡易検定法によるネオニコチノイド剤抵抗性ワタアブラムシに対する各種殺虫剤の補正死虫率

系統 ^{a)}	供試薬剤	剤型 ^{b)}	有効成分%	希釈倍数(倍)	総供試頭数	補正死虫率 (% ± S.D.) ^{c)}		
						簡易検定法	幼苗処理法	Munger cell 法
ネオニコチノイド	イミダクロプリド	WP	10	2,000	30	60.0 ± 6.7	69.2 ± 6.7	16.7 ± 15.3
	クロチアニジン	SP	16	2,000	30	40.0 ± 10.0	46.2 ± 17.6	36.7 ± 30.6
	チアメトキサム	SP	10	2,000	30	23.3 ± 15.3	3.8 ± 9.7	6.7 ± 5.8
	ジノテフラン	WP	20	2,000	30	23.3 ± 20.8	3.8 ± 4.4	0 ± 0
	ニテンピラム	SP	10	1,000	30	43.3 ± 41.6	38.5 ± 24.0	23.3 ± 11.5
	アセタミプリド	SP	20	2,000	30	86.7 ± 5.8	92.3 ± 13.3	36.7 ± 11.5
	チアクロプリド	WP	30	2,000	30	73.3 ± 20.8	92.3 ± 13.3	56.7 ± 5.8
ピレスロイド	ベルメトリン	EC	20	1,000	30	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
	アクリナトリン	WP	3	1,000	30	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
有機リン	アセフェート	WP	50	1,000	30	100 ± 0	96.4 ± 6.2	100 ± 0
	フェニトロチオン	EC	50	1,000	30	100 ± 0	100 ± 0	100 ± 0
カーバメート	メソミル	WP	45	1,000	30	100 ± 0	96.4 ± 6.2	100 ± 0
	カルバリル	WP	85	1,000	30	100 ± 0	96.4 ± 6.2	100 ± 0
ネライストキシン類縁体	カルタップ	SP	75	1,500	30	92.3 ± 13.3	96.4 ± 6.2	30.0 ± 26.5
無処理死虫率 ^{d)}	—	—	—	—	30	5.5 ± 6.9 a	6.7 ± 6.7 a	0.0 ± 0 a

^{a)} IRAC の分類に従った。 ^{b)} SP : 水溶剤, WP : 水和剤, EC : 乳剤。 ^{c)} 補正死虫率は ABBOTT (1925) の補正式により算出した。 ^{d)} 同じ英文字間は各検定法間で有意差がないことを示す (Tukey's HSD Test, $P < 0.05$)。

表-2 簡易検定法によるネオニコチノイド剤抵抗性ワタアブラムシに対する遅効性殺虫剤の補正死虫率

系統 ^{a)}	供試薬剤	剤型 ^{b)}	有効成分%	希釈倍数(倍)	総供試頭数	試験回数	補正死虫率 ^{c)}		
							簡易検定法	幼苗処理法	Munger cell 法
ピメトロジン	ピメトロジン	SP	50	5,000	30	1 回目	60.0	60.0	43.3
						2 回目	72.4	75.9	60.7
						3 回目	100	88.9	88.5
						最大-最小	40.0	28.9	45.1
						平均	77.5	74.9	64.2
フロニカミド	フロニカミド	WP	10	2,000	30	1 回目	68.0	72.0	86.7
						2 回目	72.4	96.6	85.7
						3 回目	96.3	96.3	69.2
						最大-最小	28.3	24.6	17.4
						平均	78.9	88.3	80.5
UN	ピリフルキナゾン	WP	20	3,000	30	1 回目	72.0	60.0	80.0
						2 回目	82.8	65.5	60.7
						3 回目	100	88.9	84.6
						最大-最小	28.0	28.9	23.9
						平均	84.9	71.5	75.1
無処理死虫率						1 回目	16.7	16.7	0
						2 回目	3.3	3.3	6.7
						3 回目	10.0	10.0	13.3
						最大-最小	10.0	10.0	6.7
						平均	10.0	10.0	6.7

^{a)} IRAC の分類に従った。 ^{b)} SP : 水溶剤, WP : 水和剤。 ^{c)} 補正死虫率は ABBOTT (1925) の補正式により算出した。

正死虫率は、簡易検定法のほうが Munger cell 法よりも 40 ポイント以上高い傾向が認められた。また、クロチアニジン以外のネオニコチノイド剤においても、Munger cell 法に比べ、簡易検定法の補正死虫率が 10 ポイント以上高い傾向を示した (表-1)。

III 遅効性薬剤の評価

遅効性薬剤であるピメトロジン、ピリフルキナゾン、フロニカミドの簡易検定法による無翅雌成虫を用いた評価は、同一個体群でも試験日ごとに結果のバラツキが大

表-3 簡易検定法によるモモアカアブラムシに対する各種殺虫剤の補正死虫率

系統 ^{a)}	供試薬剤	剤型 ^{b)}	有効成分%	希釈倍数(倍)	総供試頭数	補正死虫率 (% ± S.D.) ^{c)}	
						簡易検定法	幼苗処理法
ネオニコチノイド	イミダクロプリド	WP	10	2,000	30	100 ± 0	100 ± 0
	クロチアニジン	SP	16	2,000	30	100 ± 0	100 ± 0
	チアメトキサム	SP	10	2,000	30	100 ± 0	96.8 ± 5.2
	ジノテフラン	WP	20	2,000	30	100 ± 0	97.0 ± 5.8
	ニテンピラム	SP	10	1,000	30	100 ± 0	100 ± 0
	アセタミプリド	SP	20	2,000	30	100 ± 0	100 ± 0
	チアクロプリド	WP	30	2,000	30	100 ± 0	100 ± 0
ピレスロイド	ペルメトリン	EC	20	1,000	30	3.7 ± 12.8	0 ± 0
有機リン	アセフェート	WP	50	1,000	30	100 ± 0	80.0 ± 20
METI	トルフェンピラド	EC	15	1,000	30	100 ± 0	83.3 ± 11.5
カーバメート	メソミル	WP	45	1,000	30	88.9 ± 11.1	80.0 ± 20
無処理死虫率	-	-	-	-	30	10.0 ns ^{d)}	0

a) IRAC の分類に従った。b) SP: 水溶剤, WP: 水和剤, EC: 乳剤。c) 補正死虫率は ABBOTT (1925) の補正式により算出した。d) ns は幼苗検定法と有意差がないことを示す (一元配置分散分析, $P < 0.05$)。

きい事例が認められ、困難であった (表-2)。現在、産子幼虫も含めた密度指数による評価法を検討中である。

IV 簡易検定法によるモモアカアブラムシに対する各種殺虫剤の補正死虫率

簡易検定法における無処理区の72時間後の死虫率は10.0%と低く、幼苗処理法の0%と比べて有意な差は認められなかった。

モモアカアブラムシに対する簡易検定法の補正死虫率は、幼苗処理法とすべて同等の結果を示した (表-3)。

おわりに

殺虫剤抵抗性害虫の各種殺虫剤に対する抵抗性レベルを正確に把握することは、効率的防除体系の構築と害虫の抵抗性管理において重要である。また、既知の代替薬剤に対する感受性を明らかにすることも、抵抗性害虫が発生した生産現場における被害拡大を防ぐために重要である。そのためには、対象害虫の抵抗性レベルを速やかに評価する手法が必要である。アブラムシ類の抵抗性モニタリングにおいて、植物体浸漬法である幼苗処理法や Munger cell 法は、局所施用法に比べると比較的簡便な方法であり、これまでネオニコチノイド剤抵抗性ワタアブラムシの感受性検定には、両手法が用いられてきた。今回、開発した簡易検定法は、両手法に比べ、検定容器が安価であり、また、加工を必要としない点において、より簡便な方法である。そのため、試験研究機関に加えて、各農業改良普及センターや JA 等、殺虫剤検定の実験器材がない機関においても簡易に利用できると考え

る。また、簡易検定法の検定結果も、比較した二つの手法の結果と比べ、おおむね同様の結果が得られ、大きな問題はないと判断した。また、モモアカアブラムシに対しても特に問題は認められず、有効な検定法であると考ええる。

ただし、Munger cell 法との比較では、一部の薬剤において異なる結果が得られた点は注意すべきと考える。今回、採用した3種の検定法は検定容器や検定植物の形状が異なる以外は、植物体浸漬法を基準とした検定法である。そのため、いずれの検定法もワタアブラムシに対する供試殺虫剤の作用経路は経口および経皮毒性が主と考えられ、検定法により違いが出るとは想定していなかった。

結果が異なった原因は不明であるが、今回の結果から簡易検定法に限らず、植物体浸漬法を用いた検定では、一部の薬剤において結果が大きく異なる可能性が示唆された。そのため、正確な抵抗性モニタリングにおいては、感受性個体群や複数の供試個体群との比較を行い、総合的に判定することが重要である。

引用文献

- 1) ABBOTT, W. S. (1925): J. Econ. Entomol. 18: 265 ~ 267.
- 2) 浜 弘司 (1987): 植物防疫 41: 159 ~ 164.
- 3) 松浦 明 (2015): 同上 69: 92 ~ 96.
- 4) ———・日高春美 (2016): 九病虫研会報 62: 82 ~ 88.
- 5) MATSUURA, A. and M. NAKAMURA (2014): Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 49: 535 ~ 540.
- 6) 岡本 崇ら (2014): 関西病虫研報 56: 135 ~ 137.
- 7) 岡崎真一郎ら (2014): 九病虫研会報 60: 79 ~ 83.
- 8) 西東 力 (2013): 農業害虫の薬剤感受性検定マニュアル, 日本植物防疫協会, 東京, p.79 ~ 82.
- 9) 田中 正 (1976): 野菜のアブラムシ, 日本植物防疫協会, 東京, p.25 ~ 26.

リレー連載

農薬製剤・施用技術の最新動向⑬

航空防除（有人・無人航空機）～その特徴と展望～

一般社団法人 農林水産航空協会
農林航空技術センター

柳 真一（やなぎ しんいち）

はじめに

我が国での航空防除は、1951年に北海道でセスナ機による粉剤散布でのマイマイガの防除、水稲のいもち病防除試験が最初である。1954年から固定翼機とヘリコプターの散布性能の比較試験が行われ、ヘリコプターの利用が日本の狭く複雑な農地の条件、離発着の利便性から見て実用的であるとされた。有人ヘリコプターによる防除は1958年に神奈川県下において実施されたいもち病防除で卓効を得たことを期に急速に発展を遂げた。その後1962年に農林水産航空事業が制度化され、農林水産航空協会が設立された。以降水稲の病虫害防除を中心に、マツクイムシ防除を主とする林野の害虫、野そ防除、畑作、果樹の病虫害防除、ミバエ類防除に利用が広まった。防除以外では水稲の直播、施肥等への利用がある。農業分野における防除事業実施面積は1988年にピークを迎え、水稲の病虫害防除では1741千ha（延べ面積）に達したものの、その後減少に転じ2003年には1990年に制度化され、運用の始まった無人ヘリコプターと逆転して2016年では水稲の病虫害防除面積としては7県で実施され、34千haとなっている。一方、無人ヘリコプターは水稲の病虫害防除を中心に42道府県で実施され、1041千haとなっている。2016年からマルチローターによる病虫害防除が開始され、水稲、だ이지等で543ha（2017年1月末現在）実施された（図-1）。

I 有人ヘリコプターによる空中散布

1 有人ヘリコプター

空中散布は、広域を一斉に効率よく散布することを目

的とした防除方法であるが、有人ヘリコプターであっても、1回に積載できる散布水量は機種によるが270～450kgである（表-1）。このことから、効率の面においては薬剤の補給回数を減らすために少量で広面積を散布する必要があり、効果の面では同薬剤の地上散布と有効成分投下量を同じにする必要があるため、高濃度少量散布の技術が開発された。また、飛行に支障がない一定の高度から散布する必要があり散布ノズルと作物の間には10m程度の距離がある。当然何もなければ噴霧粒子は重力よりも自然風の影響を受け漂流飛散することが考えられる。ヘリコプターによる空中散布は、飛行するときにメインローターから発生する下降気流（ダウンウォッシュ）を利用して吹き付けることにより、噴霧粒子の作物への到達を助長している。このダウンウォッシュは、メインローターの回転軌跡の直径と同じぐらいの長さの下方（後方）で最も発達するので、これを効率よく活用できる散布高度、速度が重要となっている。また、この直径の70%以内の位置に噴霧ノズルを配置することで、ダウンウォッシュから外れる翼端過流による噴霧粒子の巻き上げを抑制し、圃場外への漂流飛散を抑えることができることから、現在では有人ヘリコプター、無人ヘリコプターともにこのようなノズル配置としている。

(1) 液剤の散布

飛行諸元は、農作物では散布高度8～10m、森林では樹冠上10～15m、飛行間隔27m、飛行速度64～72km/hで、単位面積当たりの散布水量により以下の3種類に分類される。なお農薬の希釈倍数と散布量は、農薬登録で規定された組合せにより散布方法を選択することになる。

1) 微量散布（ULV）

散布量は0.8～5l/haで原液か低倍率希釈液を散布する。回転式アトマイザ（ロータリーアトマイザ）と呼ばれる数段に重ねた鋸状の高速に回転する円板の遠心力を利用して散布液を霧状にする装置を使用する。薬液の補

Aerial Application (Manned / Unmanned Aircraft). By Shin-ichi YANAGI

（キーワード：航空防除，無人ヘリコプター防除，マルチローター防除）

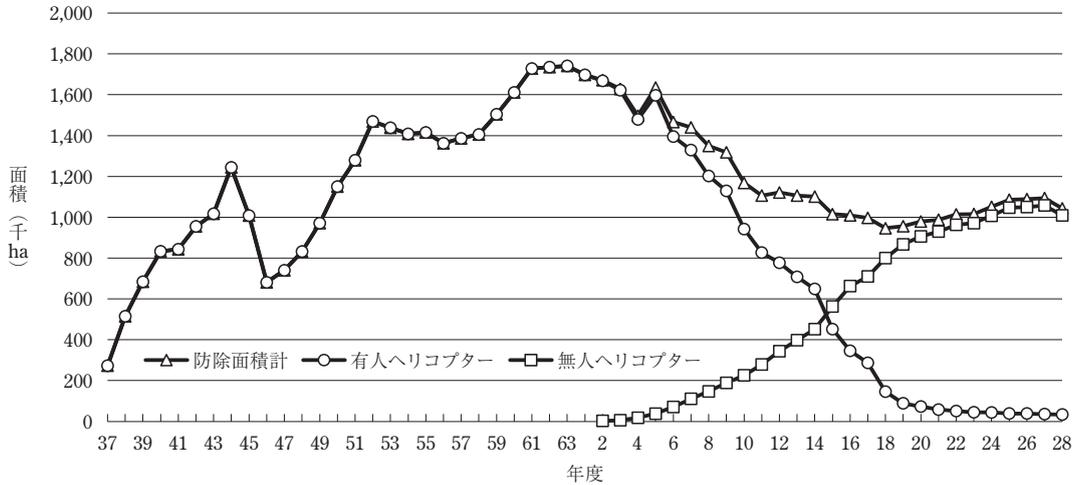


図-1 航空防除事業（農業）の実施状況

表-1 飛行諸元の比較（水稻病虫害防除）

	有人ヘリコプター	無人ヘリコプター	マルチローター
飛行高度	8～10 m	3～4 m	2 m
飛行速度	64～72 km/h	10～20 km/h	10～20 km/h
飛行間隔	27 m	5～7.5 m	3～4 m
農薬等資材 最大搭載量	450 kg	32 kg	10 kg

給回数が少なく済み、広面積がまとまった地域で作業効率が最も発揮できる方法である。噴霧粒子は他の方法よりもやや微細である。

2) 液剤少量散布 (LV)

散布量は 8 l/ha で微量散布同様にロータリーアトマイザを使用する。微量散布より散布水量が多くなることから、薬液の到達、付着状況から見て多様な農作物、対象病虫害に対応でき、かつ効率を損なわない方法である。

3) 液剤散布 (S)

散布量は $30\sim 60\text{ l/ha}$ で、ホローコーンタイプの加圧ノズルを使用する。噴霧粒子径が微量散布、液剤少量散布と比較して大きく、液量も多いことから、繁茂した作物内でも到達性がよい。果樹、森林害虫にも対応できる方法である。積込回数は増えるが、現在の水稻病虫害防除においても多く利用されている。

4) その他

マツクイムシ（マツノマダラカミキリ）の防除で、ガンズルと呼ばれる消火用に開発された装置を改良し、機体前方に向かって取り付け付けたノズルの先端から放水して単木処理する。散布水量は $120\sim 240\text{ l/ha}$ である。

(2) 固形製剤の散布

1) 粒剤散布

散布量は $10\sim 40\text{ kg/ha}$ でインペラ（スピナ）を回転させて遠心力で散布する装置を使用する。粒剤は、製剤の種類によって粒径、比重がことなることから、あらかじめ有効散布幅を確認して飛行間隔を決めることとしているが、飛行間隔 20 m 、散布高度 $10\sim 12\text{ m}$ 、飛行速度 $48\sim 56\text{ km/h}$ で散布する。

2) 微粒剤散布

散布量は $20\sim 50\text{ kg/ha}$ で飛行間隔 $15\sim 20\text{ m}$ 、散布高度 $10\sim 20\text{ m}$ 、飛行速度 $48\sim 64\text{ km/h}$ で散布する。インペラ式または専用の散布装置を使用する。

3) その他

ミバエの防除で農薬成分と誘引剤を浸み込ませたテックス板や不妊虫、野その防除におけるバック剤の投下等があり、それぞれ専用の散布装置などを使用する。

II 無人航空機による空中散布

ここでいう無人航空機は「空中散布等における無人航空機技術利用指導指針」（以下指導指針という）で規定された従来からあるシングルローターの無人ヘリコプターと2016年から追加されたマルチローターであるが、運用の基本的な部分について特に区別はない。

当初無人ヘリコプターによる農薬の散布飛行は農薬取締法以外の規制がなかったが、2015年4月にドローンが首相官邸の屋上で発見されたことを期に同年、航空法の一部改正により、産業用無人ヘリコプターを含むすべての無人航空機（ 200 g 未満を除く）が同法の規制対象となった。これにより農薬などの散布飛行についても

国土交通大臣の事前許可、承認が必要となった。これらの申請業務は煩雑であることから農林水産航空協会では無人航空機による空中散布の計画をとりまとめ代行申請を行うことにより、航空防除事業が円滑に行われるよう進めている。

1 産業用無人ヘリコプター

有人ヘリコプターの散布技術をそのままコンパクトにして受け継いでいる。散布資材の搭載能力は、事業を開始した1990年当初の機種で10kgであったが最新の機種では32kgである。現在までに5社から14機種の機体が発売された。その中にはRPH2（富士重工業株式会社）のように総重量（機体、散布装置、散布資材の合量）330kg、散布資材搭載量60kgの大型の無人ヘリコプターがあり、有人ヘリコプターと無人ヘリコプターの中間的な存在として飛行間隔10m、飛行速度30km/hで効率の高い防除を目指したが、2010年で運用を終了している。機体が重く専用の車両での運搬が必要であったこと、また当時総重量が100kgを超えるものについては、航空機製造法により、製造、整備等に制約があったことも、普及の足かせとなったと考えられる。一方で2014年にこの法律が一部改正され150kgに緩和されたことにより、最新機種では操作性向上のための機能追加、散布資材搭載能力の向上につながっている。現在稼働している2社9機種の飛行諸元は、機種によって異なるが、飛行速度10～20km/h、散布高度3～4m（作物上）、飛行間隔5または7.5mが基本となっている。オペレーターと機体の水平距離は150m以内と定められている。

（1）液剤の散布

1) 液剤少量散布

散布量は8l/haで、散布装置は、加圧式ノズル（ホローコーンノズルまたはファンノズル）とロータリーアトマイザの2種の装置があり、機種ごと専用の装置を使用する。現在実施されている病害虫防除の99%を占める水稻、麦、だいは、この散布方法で行われている。

2) 液剤散布

野菜、果樹、まつ等の病害虫防除では8l/ha以上を散布する。このうち、まつの害虫防除では多量散布装置を使用している。加圧式ノズルの散布装置で、ポンプやノズルの種類、個数を増やし液剤少量散布と同じ飛行諸元で散布量16l/haに対応できるように吐出量を設定した装置である。16l/haより散布液量が多い場合は、重ね散布を行う。

農業分野の病害虫防除で8l/ha以上を散布する場合は、液剤少量散布装置で重ね散布を行うことがある。

3) 滴下

水稻の除草剤でフロアブル剤の原液または顆粒剤の低倍率希釈液を散布する。このとき病害虫防除に使用する噴霧ノズルを使用せずに、滴下専用装置のノズルまたはチューブの先端から薬液を滴下させる。散布量は5l/haである。除草剤の散布は周辺圃場への影響のリスクが大きいことから、圃場端から一定の距離を空けたうえでの滴下処理は噴霧と異なり漂流飛散がないため、有効な散布手法である。

（2）固形剤の散布

1) 粒剤散布

散布量は5～40kg/haでインペラ（スピナ）の遠心力を利用して散布する装置を使用する。

なお、少量拡散型粒剤（豆つぶ剤）は2.5kg/haでスポット散布を行う。

粒剤散布のうち水稻の除草剤散布については、周辺圃場へ飛散させないため、畦畔際の散布はインペラ（スピナ）の回転速度を落とし、粒剤の落下幅を狭くしたうえで、圃場端から一定の距離を空けた位置を散布飛行するなどの対策をしている。

2) その他

農薬以外で水稻直播の種籾、肥料等の散布に粒剤散布装置を使用している。

2 産業用マルチローター

3枚以上のローターを有するマルチローターはドローンと呼ばれ様々な分野において急速な技術開発が進んでいる。農業分野においては2016年から指導指針のもと運用を開始した技術である。2017年7月時点で5社10機種が専用の散布装置とともに認定されている。ローター数が4、6、8枚の機種があり、薬剤の搭載能力は4～10kgである。総重量は12～29kgであり、現行の産業用無人ヘリコプターの約100kgと比較して、コンパクトかつ機体重量に対する薬剤の搭載能力は高いが、重量が軽いためダウンウォッシュが弱く、横風の影響を受けやすい（表-2）。また、動力源であるバッテリーの容量が10分程度であることも今後の課題となる。飛行諸元は機種によって異なるが、飛行速度10～20km/h、散布高度2m（作物上）、飛行間隔は液剤が3～4m、粒剤が4mとなっている。

農薬散布は現時点で液剤少量散布と粒剤散布を行うことができる。散布装置の構造は、無人ヘリコプターと同様で加圧式ノズルの液剤装置とインペラー式粒剤装置がある。

マルチローターで使用できる農薬は、使用方法が「無人ヘリコプターによる散布」となっているものがそのま

表-2 産業用マルチローターの仕様 (一部の機種)

名称	ZionAC940	MMC940AC	DAX04	スカイビークル	MG-1
製造会社名	(株)エンルート	(株)丸山製作所	TEAD(株)	東光鉄工(株)	DJI JAPAN(株)
ローター数	6	6	4	6	8
最大離陸重量 (kg)	14	14	29	12	24.5
薬剤タンク容量 (l)	液剤	5	10	4	10
	粒剤	7	5	3	-

ま使用できるが、水稻除草の一部、果樹、まつは指導指針に適用機種掲載がなく使用ができないので注意する必要がある。

お わ り に

有人ヘリコプターによる航空防除は、農地での宅地、他作物、有機栽培圃場等の混在化、周辺環境への影響の懸念から減少を続けている。微増している無人ヘリコプターにおいても長期残効型箱施用剤などの普及により本田での散布回数は減っている。しかしながら水稻の病害虫防除において 923 千 ha (延べ面積) の防除面積があり国内の主食用作付け面積 (2016 年) の約 67% を占めていることから、生産コストの低減、農業従事者の高齢化等による労働力不足の補完に対応する技術として、重要な位置づけを維持し続けているものと考えている。当初か

ら無人ヘリコプターは水稻、麦、だいの病害虫防除がほとんどで、防除時期が集中するため年間を通じた他作物への利用拡大の模索が課題となっているが、いまだ解決に至っていない。新たに参入したマルチローターは、まだ現場における実用上の問題を抽出する段階にあり手探りの状態ではあるが、従来の無人ヘリコプターの利用形態にとらわれず、コンパクト性を活かし、小規模圃場や野菜等の新たな作物への利用拡大が期待される。従来の水稻病害虫防除における広域一斉散布といった効率だけのコスト削減を求めただけでなく、手軽に使える防除器具の一つとしての位置づけも可能性はある。今後、有人ヘリコプター、無人ヘリコプター、マルチローターは、それぞれの条件に適応した利用方法で使い分けをして、農林業における安定生産、生産性の向上に寄与できるものと期待する。

日植防シンポジウムから

薬剤施用法をめぐる論点

一般社団法人日本植物防疫協会 藤 田 俊 一

はじめに

我が国では多様な農業形態を背景に、農業においても多様な製剤・施用法が登録され普及している。他方、機械化の進展とともに旧来の施用法との齟齬も多く聞かれるようになっており、水稲分野では、急速に普及しつつある新しい効率的な栽培方法に適合しうる薬剤施用法の確立が急務となっている。農業は農業生産に不可欠な資材であるが、今後の我が国農業に求められる大規模化・省力化・低コスト化といった課題に対し、製剤・施用法はキーテクノロジーの一つになると考えられる。このため、日本植物防疫協会（以下「協会」という）では平成29年9月14日に「薬剤施用法を考える」と題したシンポジウムを開催し、水稲および畑作分野を中心とした技術開発の動向を紹介した。本稿では、筆者がシンポジウム冒頭に同じ演題で行った講演の中から、協会が行ったアンケート結果を中心に薬剤施用法をめぐる論点を考察する。

I 薬剤施用法をめぐる最近の動き

今回の取り組みの直接の契機となったのは、水稲分野での新たな栽培技術の急速な展開である。水田は畑地と異なり湛水状態で防除作業に制約が多いため、古くから様々な薬剤施用法が考案されてきた分野である。なかでも育苗箱施薬は画期的な方法であり、長期にわたり効果を発揮できる農薬成分と優れた製剤技術の開発により、移植水稲栽培における基幹的防除法として定着している。その投薬量は一般に箱当たり50gとなっており、10アール換算ではおおむね1kgに相当する。一方、今後急速な普及が期待されている高密度は種苗（いわゆる「密苗」や「密播」）では、同じ育苗箱で栽植密度を通常の2～3倍まで高めた苗を2～3倍の面積に移植していく（疎植を組合せた場合はさらに拡大する）ことから、これに見合う投薬量が必要なのではないか、あるいは、そもそも育苗箱施薬は困難なのではないかという懸念が

生じてきた。

先行した直播栽培でも薬剤施用は大きな課題となっている。育苗箱施薬が適用できない直播栽培では、新たな発想に基づく薬剤施用法が実用化されつつあるが、普及はまだこれからである。農業各社においても、今後どのような薬剤施用法を中核としていくべきなのか模索段階にある。

こうした薬剤施用に係る課題は、畑作や園芸分野も含めると多岐にわたると推察され、その全体像を把握し必要な検討を行っていくことが急務になると考えられた。このため協会では、平成28年度に薬剤施用法に関する取り組みを掲げ、論点整理のため全国の関係者にアンケートを行うこととした。

II 全国から寄せられた意見

平成28年8～9月にかけて、全国の農業試験場や農業企業の関係者にEメールを活用したアンケート調査を実施した。アンケートでは「既存の薬剤施用法に対する疑問や問題点」と「今後早急に確立が望まれる薬剤施用法」について尋ね、その理由なども回答してもらった。以下、主な回答を紹介しその背景などについて考察する。

1 既存の薬剤施用法に関する疑問や問題点

回答の中で最も多かったのが用語の定義に関するものであった。具体的には、施用法を解説（定義づけ）した資料が見当たらず指導に苦慮している、といった趣旨の意見が複数寄せられた。分野別では灌漑処理や粒剤の土壌処理に意見が集中し、いわゆる土壌施用に関する用語や定義に課題があることが示唆された（表-1-1）。これらは主に畑作や野菜分野での課題である。その背景には、作目や栽培方法の多様化、優れた農薬の登場による施用法の多様化、多様な作業機の普及といった要因があるものと考えられるが、これらが相俟って旧来の施用法の定義ではカバーできなくなっている実態があるものと考えられた。

処理量（施薬量）に関する意見も数多く寄せられた（表-1-2）。まず、水稲の育苗箱施薬について、生産現場で1筆当たり箱数が減る傾向にある中で箱当たり一律の施薬量を不安視する意見が寄せられた。規格が多様化しているセルトレイ処理でも同様の趣旨の意見が寄せら

Current Issues on Pesticide Application Methods. By Toshikazu FUJITA

（キーワード：薬剤施用法、防除機）

表-1-1 既存の薬剤施用法に関する主な意見（用語の定義に関するもの）

全体	<ul style="list-style-type: none"> ➢ そもそも各処理法を具体的に解説（定義づけ）した資料が見当たらず、指導上の混乱も
灌注処理	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 散布との区別が曖昧で両者の混在も疑われる ➢ 土壌灌注・株元灌注といった表示も定義が曖昧 ➢ 代表的処理解器具が不明で現場では散布同様に動噴の使用も ➢ 作物にかかりすぎると残留上の懸念があるのではないか ➢ 面積当たり水量によって散布と区別するべきでは
粒剤の土壌処理(全般)	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ラベルには様々な用語/同義のものも混在し不統一 ➢ 各処理法の具体的な解説（定義づけ）が欲しい
作条処理	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 定義が曖昧で播溝処理との相違が不明 ➢ 現場はかつての作条処理から変遷し多様化しており、畦への施用法を再整理し、播溝処理のような具体的な用語に換えていくべき ➢ 現場では処理量の算出基準面積の考え方に誤解も ➢ 全面処理も再整理が必要
土壌混和	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 現場の機械作業上、混和ができないものも ➢ 混和の有無が効果にどの程度関係するのか

表-1-2 既存の薬剤施用法に関する主な意見（処理量に関するもの）

水稻の育苗箱施用	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 現状は箱当たり 50 g のように規定/10 アール当たり箱数を 20 枚程度と想定 ➢ 現場では 10 アール当たり箱数は減る傾向にあり、とりわけ疎植栽培では薬量不足（薬効低下や抵抗性助長）の懸念 ➢ 10 アール当たり薬剤投下量への転換も検討するべきでは
セルトレイ処理	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ペーパーポットも含め種類や規格が多様化し対応に苦慮 ➢ 培土量が低減傾向にある中、灌注処理に必要な薬量の施用が困難 ➢ ○株当たりの施用量として規定する方法を検討するべきでは
土壌処理	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 栽植密度に大きな幅があり処理量の解釈や設定が悩ましい ➢ 慣行の目安を示してほしい ➢ 処理深度や畦の盛土量が様々であることから、土中農薬濃度が大きく異なり、効果薬害に懸念も ➢ 畦面で土壌くん蒸剤を処理する場合、チドリ状の注入処理ができない畦成型法も普及しており、それらに見合う施用法・処理量が必要か

れ、その解決策として施薬量を 10 アール当たりで規定する方法に転換してはどうかとの提案が寄せられた。また、土壌処理における施薬量については、作付けのエリアや条件が様々な圃場でラベルに表示された 10 アール当たり施薬量をどう解釈するべきか、目安基準が必要であるとの意見が寄せられた。

2 今後早急に確立が望まれる薬剤施用法に関する意見

主な意見を表-2 に示す。多くの意見が寄せられたのは、水稻の高密度は種苗を用いる新しい移植栽培法への対応であり、本栽培法の急速な普及に伴って病害虫関係者の問題意識が高まっていることがうかがわれた。また、生産現場のニーズを背景とした効率的・省力的な薬剤施用法の開発についてもいくつかの興味深い提案が寄せられた。なかでも常温煙霧法は、施設の省力的かつ安全な無人防除法として一時ひろく普及したが、平成 15

年の農薬取締法の改正以降、登録薬剤が少ないなどの理由で活用場面が減ったままとなっている。天敵を活用した虫害防除体系が普及している地域では、病害防除のために重労働の薬剤散布を敬遠する生産者が増加し、病害が問題化していることから、その抜本的な対策には施設での省力的な薬剤施用法が必要であるという。

このほか、表-3 に示す意見や提案も寄せられた。

III 今後取り組むべき課題

今回のアンケートから、農薬の施用法には多くの種類・用語が使用されている一方、それらの定義・解説資料が乏しく、現場の指導者は混乱している実態がうかがわれた。とりわけ土壌処理法は煩雑で混乱を招いており、栽培法や管理機の現状にマッチしない部分が顕在化しているのではないかと考えられた。このため、煩雑と

表-2 今後早急に確立が望まれる薬剤施用法に関する主な意見

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 水稻の新しい移植栽培法への対応 </div>	▶ 一律に箱当たり 50g となっている箱粒剤であるが、密苗や密播による移植栽培法では薬量不足も懸念され、今後急速な普及が見込まれる本栽培法に適應する施用法の確立が急務
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 灌注処理への対応など </div>	▶ 大型施設内での自動灌水またはそれに準じた効率的・省力的な薬剤灌注処理法の確立が必要（水稻育苗箱） ▶ 苗灌注は非効率的なため、現場ではセルトレイごと薬液に浸漬する方法の確立が望まれている（野菜など） ▶ 灌水チューブなどの活用において多様な剤型に対応可能な（目詰まりなどを生じない）チューブが必要 ▶ 液肥混入器による微生物農薬などの土壤中処理法の開発
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> ドローンなど </div>	▶ 小規模な露地切り花へのドローン活用 ▶ 果樹などの棚下を飛行させ上向きに薬液散布させては ▶ ラジコンボートの活用促進
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> 常温煙霧法 </div>	▶ 散布労力の軽減が急務となる中、省力無人散布法として期待
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> その他 </div>	▶ 畦たて時に筋状に液剤を処理する施用法の確立 ▶ 性フェロモン資材の空中からの処理法 ▶ 高濃度少量散布法の拡大 ▶ ぶどう果房浸漬などの浸漬法の活用を拡大

表-3 その他の意見

- ▶ ビートモスやヤシ殻など様々な人工培土を用いた栽培法が開発される中、農薬の土壌処理はそれらを用いた場合のデータとなっておらず指導上の懸念に
- ▶ 小規模営農向けの小型包装化/薬液調製省力化のための水和剤の錠剤化
- ▶ 農薬を含浸したテープやピンによる簡便な施用法の開発
- ▶ 静電ノズルの問題点の有無
- ▶ 新たな農機・施用技術ができた際、農薬登録上の分類や登録データ要求を早期に明確化する仕組み・組織の確立

なっている施用法を体系的に再整理していくことが強く求められていると考えられる。その際、箱当たり、株当たり、10アール当たりといった処理量の規定方法についても、分野によってはこれまでと異なる合理的な方法を検討していくべきであろう。他方、省力化・効率化に資する施用法への期待感も示され、なかでも水稻の新しい移植栽培法に対応した施用法を早急に確立する必要があるものと考えられた。

協会では当初、専門家を集めた施用法専門委員会（仮称）をたちあげて、施用法に関する分類と解説作りに取り組んでいく予定であった。また、新しい施用法についてもその要件などを含めて検討し、開発にフィードバックしていくことを意図していた。しかし、施用法の分類は農薬登録とも密接に関係することから慎重にすすめていく必要がある。この結果、ラベル表示の変更を伴うこととなる場合には、変更のタイミングも慎重に見極めていく必要が出てくる。そこで、水稻の高密度育苗への対応のように技術的な検討を急がなければならない課題から取り組んでいくこととし、その検討をすすめる中で、

施用法全般に係る検討方向を模索していきたいと考えている。

おわりに

今後農作業の効率化・省力化の流れの中で薬剤施用法にも新たな展開が求められてくると考えられるが、新たな施用法の確立には様々な課題があるのも事実である。農薬企業にとって、新たな施用法を必要とする栽培方法や農業機械の普及見通しなしにコストを要する農薬登録には踏み切れない一方、農機企業にとって登録農薬のメニューが整わないと普及もままならないというジレンマの克服は、そう簡単なことではない。そのためには、一部の農機と農薬の組合せにとどめないよう技術を標準化していくことが必要であり、農機と農薬が恒常的に意見交換し連携していく中核組織が必要である。さきに述べた専門委員会の位置づけも、こうした観点を踏まえて再考していく必要があり、国の積極的な関与にも期待したい。

最後に、アンケートに快くご協力いただいた全国の農業試験場や農薬企業等の関係者各位に感謝申し上げます。

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

掲 載 規 程

1. 掲載記事の分野

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

2. 掲載記事の種別

本誌に掲載する記事はおおむね次の種別によります。

(1) 研究報告および総説

狙いや結果がわかりやすく解説された研究成果の紹介、もしくは諸課題や一連の研究成果等、関心度の高い技術テーマに関する総説。本誌の目的にかなう切り口で科学的に解説されているもの。(注1)

(2) 調査報告

調査を元にとりまとめ解説した研究報告に準ずる報告。(注2)

(3) 時事解説

行政の施策や世界動向等、関心度の高い時事テーマに関する解説。(注3)

(4) トピックス

新たに問題化した病害虫や薬剤耐性その他防除上のトピックス(地域限定の場合も含む)並びに新農薬の紹介等の諸情報。(注4)

(5) 新技術解説

新たな実験技法(圃場試験法や感受性検定法等)、調査法、防除法の紹介。(注5)

(6) その他

新規農薬登録・特殊報・登録失効・農林水産省プレスリリース、新刊図書の紹介、行事案内など。(注6)

注1) テーマは病害虫・雑草防除研究に限らず、農薬のリスクや管理に関するもの、製剤・施用技術に関するもの等、幅広く掲載可能です。本誌の目的にかなう切り口で科学的に解説いただきます。既発表の研究報告である時は、他誌掲載内容と異なる実践的な切り口でとりまとめて下さい。総説では、最近まで取り組まれてきた関連研究を体系的に解説いただきます。必ず引用文献を付記して下さい。図表を含め

刷り上がり4頁程度を目安として下さい。

注2) テーマは植物防疫に関連して幅広く掲載可能です。例えば海外の登録制度情報の収集・比較や文献調査などが該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。

注3) 植物防疫に関連した時事で、テーマは幅広く掲載可能です。例えば施策に基づいた事業・法令改正の解説が該当します。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。

注4) 早急に知見を周知する必要がある病害虫の発生・薬剤耐性等の情報が該当します。多少のデータ不足・限られた地域の事例でも可です。図表を含め刷り上がり2～3頁程度を目安としますが、更に短いものでも可とします。新農薬紹介は、記事広告ではなく、新規に登録となった有効成分について、物理化学性・作用機構と特長・適用表など基本情報の提供を目的とした記事です。基本的に図表を含め刷り上がり2頁とします。但し、活用法等の研究成果については(1)研究報告および総説で受け付けます。

注5) 従来技術と比べた利点・活用法を明確に解説されていることが必要です。必要に応じて引用文献を付記して下さい。図表を含め刷り上がり4頁程度を標準としますが、必要に応じて調整可能です。

一連の技術が多数ある場合は連載化も検討します。

注6) 基本的に事務局が企画・執筆する記事ですが、新刊図書紹介・行事案内については、他者からのご提案の掲載も検討します。基本的に刷り上がり1頁以内です。

※1頁の字数は400字詰め原稿用紙換算5枚：2000字が目安です。

3. 掲載の決定

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

(2) 審査の結果、内容の一部修正等をお願いすることがあります。

4. 執筆に当たっての留意事項

(1) 外部からの支援あるいは他の機関との共同で実施された研究を紹介しようとする時は、その旨を明記するものとし、執筆者の責任で関係者の事前了解を得るものとします。

(2) 本誌掲載記事の著作権は当協会に帰属するものとします。

(3) 本誌掲載のほか、当協会ホームページで1頁目の見本提示、ダイジェストの作成・公開、PDF版への収録などに利用させていただきます。

(4) 本誌掲載から2年を経過した時は、当協会ホームページ内の「植物防疫アーカイブ」に電子版として公開されます。

(5) 詳細を定めた「執筆要領」が必要な方は、事務局にご請求下さい。

5. 投稿・連絡先

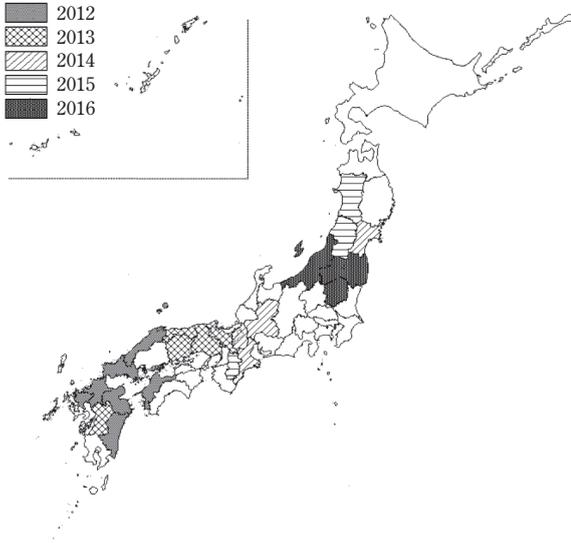
電話：03-5980-2183 mail：genko@jppa.or.jp

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 「植物防疫」編集担当

投稿はメールでの受け付けとなります。

■訂正

9月号49頁 櫻田氏らの「宮城県におけるQoI剤耐性イネいもち病菌の発生と対応」図-1に誤りがありました。正しい図は下記となります。訂正してお詫びいたします。



〔広告掲載会社一覧〕 (掲載順)

- ダウ・アグロサイエンス日本(株)・・・スピノエース
- サンケイ化学(株)……………主要品目
- バイエルクロップサイエンス(株)・・・ボデーガードプロ
- 日本曹達(株)……………ピシロック
- 日本農薬(株)……………フェニックス
- 日産化学工業(株)……………スターマイト
- 石原バイオサイエンス(株)……………ラミック
- (株)エス・ディー・エス バイオテック…ダコニール
- クミアイ化学工業(株)……………プロポーズ

協会だより

○平成29年度「新農薬実用化試験」成績検討会の開催予定

- 11月 1～2日 【稲・野菜等】東北地域(盛岡)
- 6～7日 【稲・野菜等】北陸地域(金沢)
- 8～9日 【稲・野菜等】北海道地域(札幌)
- 13～14日 【稲・野菜等】九州地域(熊本)
- 16～17日 【稲・野菜等】四国地域(香川)
- 20～21日 【稲・野菜等】近畿・中国地域(大阪)
- 27～28日 【稲・野菜等】関東地域(東京)
- 29～30日 【稲・野菜等】東山・東海地域(東京)
- 12月 4～5日 【寒冷地果樹】(東京)
- 6～8日 【落葉果樹・常緑果樹】(東京)
- 11～12日 【芝草】(東京)
- 14日 【生物農薬】(東京)
- 18日 【家庭園芸】(日植防)

主な次号予告

次号29年12号に予定されている掲載記事は次のとおりです。

徳島県のレンコン栽培における病害虫の発生状況と対策 沢田英司
 茨城県のレンコン生産におけるレンコンネモグリセンチュウ防除対策の取り組み 高木素紀
 鹿児島県における近年のイネウンカの発生状況とウンカシヘンチュウの発生実態 松比良邦彦
 秋田県南部のリンゴ収穫果に多発した小黑斑について 佐藤 裕
 オオムギにおける赤かび病かび毒濃度と粒厚との関係 吉田めぐみ

ELISA法による植物ウイルス検出における消泡剤の使用 奥田 充
 飼料用米等栽培は場における病害虫の発生 新山徳光
 サツマイモトビハムシの生態と防除 林川修二
 栃木県におけるオオムギ斑葉病の発生と防除対策 山城 都
 平成29年9月シンポジウムから
 水稻の新しい移植法の展開 藤岡 修
 水稻初期防除における新しい粒剤施用法 寺岡 豪

植物防疫

第71巻

平成29年10月25日印刷

第11号

平成29年11月1日発行

定価947円

平成29年分購読料
前払10,800円、後払11,364円
(送料サービス、消費税込み)

本体877円

平成29年

11月号

(毎月1回1日発行)

編集発行人 上路 雅子

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里5-9-8

—発行所—

〒114-0015 東京都北区中里2丁目28番10号
 一般社団法人 日本植物防疫協会
 電話 (03) 5980-2181 (代)
 FAX (03) 5980-6753 (支援事業部)
 振替 00110-7-177867番

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

べと病、疫病、白さび病を ピシッとロック!



農林水産省登録 第23952号

新発売

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

ピシロック® フロアブル



【登録作物】

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

🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)



日本曹達株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号
☎ (03)3245-6178 FAX (03)3245-6084
<http://www.nippon-soda.co.jp/nougyo/>

®は日本曹達(株)の登録商標

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

野菜、果樹、茶、だいず等の

チョウ目害虫

防除に!

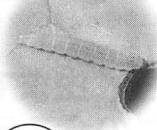
ハスモンヨトウ



オオタバコガ



コナガ



リンゴコカクモンハマキ



モモンクイガ



チャハマキ



明日の
農業を
考える



安長効
いきめ
からが



殺虫剤

フェニックス®

顆粒水和剤

®は登録商標



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 <http://www.nichino.co.jp/>

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

作用点まで しっかり届く!



殺ダニ剤

スターマイト[®]

70777ル



殺ダニ成分「シエノピラフェン」配合

だから・・・

●抵抗性ハダニにもきちんと効く

殺ダニ成分「シエノピラフェン」が、ハダニ体内にある「電子伝達系複合体II」にしっかり届き、その働きを阻害するので抵抗性ハダニにも優れた効果を発揮します。

●卵から成虫まで、 ハダニの全ステージにしっかり効く

卵・幼虫・若虫・成虫とあらゆる生育ステージが混在して発生するハダニ類。全ステージに効くので、ハダニの様々な発生状況に対応できます。

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

 日産化学工業株式会社

商品に関するお問い合わせは 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1
農業化学品事業部 03-3296-8141 <http://www.nissan-agro.net/>

農林水産省登録第23649号
農林水産省登録第23650号

[すいか]
[かぼちゃ]に
適用拡大!!

殺菌剤

アミック

顆粒水和剤

®は石原産業㈱の登録商標

(イミノクタジナルベシル酸塩・ピリオフェノン水和剤)

うどんこ病・灰色かび病に優れた防除効果を発揮!



すいか うどんこ病



いちご うどんこ病



きゅうり うどんこ病



かぼちゃ うどんこ病



いちご 灰色かび病



きゅうり 灰色かび病

特長

- ① 新規有効成分ピリオフェノンとイミノクタジナルベシル酸塩との混合剤です。
 - ② 各種うどんこ病に安定した効果を示すほか、灰色かび病などの同時防除が可能な薬剤です。
 - ③ サニテーション効果とマルチスプレッド効果の2つの効果で安定した性能を発揮します。
 - ④ 既存の各種耐性菌に対しても優れた効果を発揮します。
うどんこ病に対して有効な2つの成分を組み合わせることで耐性菌の発達リスクを抑えます。
 - ⑤ 有用生物や天敵に対して影響が少なくIPM体系に適した薬剤です。
- 使用前にラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。



石原バイオサイエンス株式会社
〒1102-0071 東京都千代田区富士見2丁目10番2号



日本曹達株式会社
東京都千代田区大手町2丁目2番1号

ダコニール1000 発売30周年! ご愛顧ありがとうございます。



【有益な情報もりだくさん】

ありがとう30th Anniversary

30周年ダコニール1000 特設サイト



ダコニール1000の特設サイト
やっぱりダコニール!!
ダコニール 倶楽部
Daconil Club



「野菜の病害と防除」や「病害図鑑」など、
色々なコンテンツをご覧いただけます。

www.daco-club.com

今すぐ検索 → [ダコニール倶楽部](#) 検索



ダコニール 1000

ダコニール 普及会

クミアイ化学工業株式会社 ◆ 住友化学
事務局 [Add](#) 〒110-8782 東京都台東区

2つで安心

プロポーズ

殺菌剤

顆粒水和剤

●はクミアイ化学工業(株)の登録商標です。

ベンチアバリカルブイソプロピルと
TPNの2つの成分を配合!
べと病・疫病に対して予防効果と
治療効果の高い殺菌剤です。

殺菌剤

顆粒水和剤

●はクミアイ化学工業(株)の登録商標です。

らっきょうに適用拡大!

JAグループ
農協 | 全農 | 経済連

自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社：東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL03-3822-5036
ホームページ <http://www.kumiai-chem.co.jp>

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



平成二十九年 十一月一日 発行 (毎月一回) 日 発行 定価 九四七円 (送料サービス)