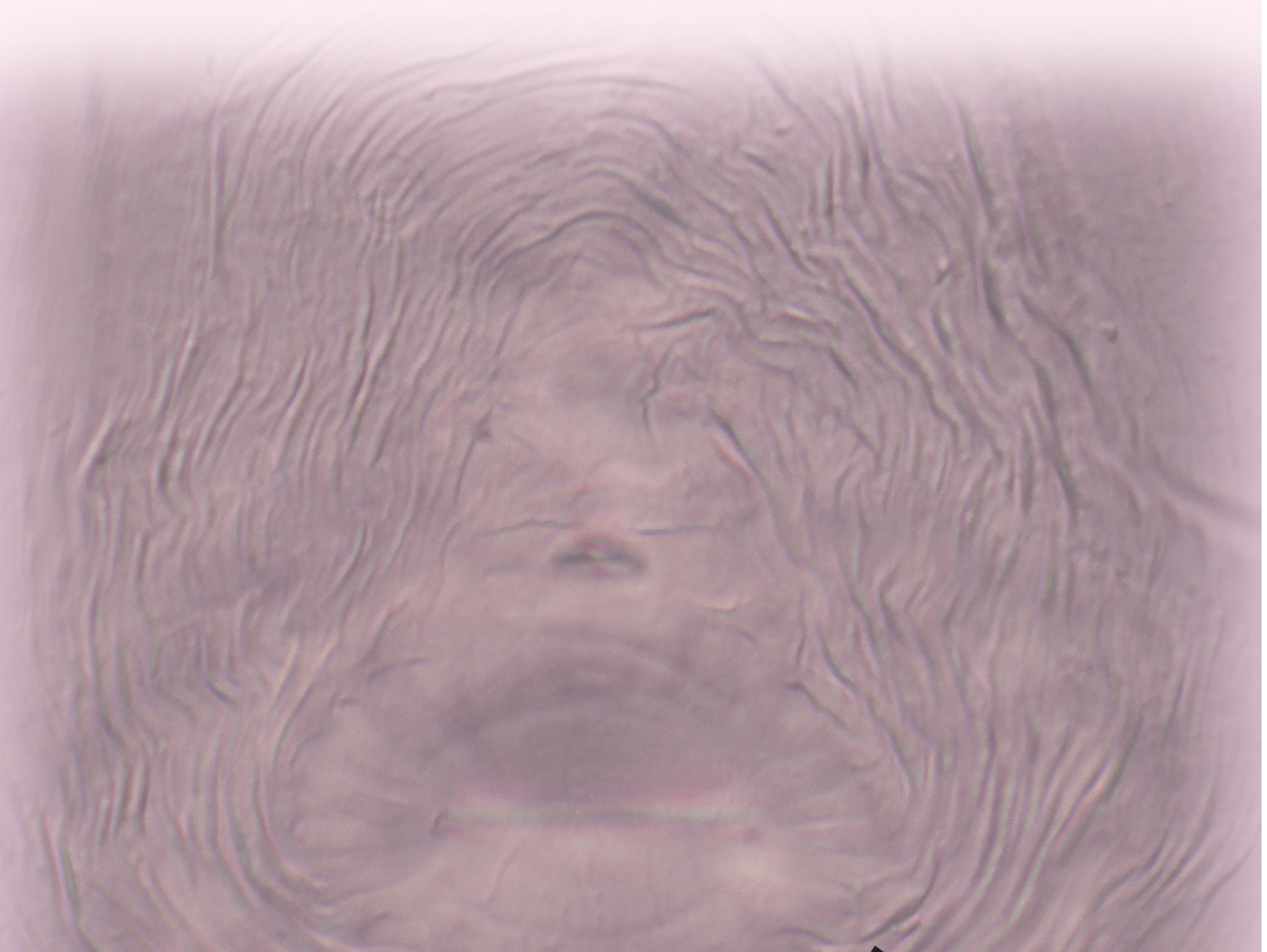
平成29年5月25日　印　刷　第71巻　第6号　平成29年6月1日　発　行（毎月1回1日発行）
ISSN 0037-4091

植物防疫

Plant Protection

ミニ特集：ムギ類の種子生産における黒節病管理技術



2017 6 VOL.71

- ■疫病・べと病に対する基礎活性が高く、病原菌生活環の様々なステージに作用するので、比較的ゆとりを持って疫病・べと病を防除できます。
- ■上方移行性、葉面浸透性、耐雨性に優れます。
- ■新規作用機構なので既存殺菌剤との交差耐性はありません。
- ■適用作物、有用生物、周辺環境に対する高い安全性。

デュポン™
ゾーベック®エニケード®

疫病・べと病用殺菌剤

農林水産省登録：第23789号

製造　デュポン・プロダクション・アグリサイエンス株式会社
東京都千代田区永田町2丁目11番1号

販売　MBC 丸和バイオケミカル株式会社
■本社／〒101-0041　東京都千代田区神田須田町2-5-2
☎03-5296-2314　http://www.mbc-g.co.jp
お問い合わせ窓口／☎03-5962-9731（平日9:00～17:00祝祭日を除く）
■札　幌／☎011-222-1285　■仙　台／☎022-261-1103
■名古屋／☎052-951-7234　■大　阪／☎06-6484-6850
■福　岡／☎092-714-7101

本剤の使用にあたってはラベルをよく読み、また本剤の耐性菌管理方針をご理解いただき、適切にお使いください。

別段の表示がない限り、®又は™を付した商標は、米国デュポン社又はその関連会社の商標又は登録商標です。©2017　デュポン・プロダクション・アグリサイエンス株式会社

明日の「農」を支える力でありたい。

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

殺虫剤

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

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

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

除草剤

- アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
- シンカイデン® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
- アルファープロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L フロアブルH/L
- クサトリーBSX® 1キロ粒剤75/51 ジャンボH/L・フロアブルH/L
- キクンジャ〜Z® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
- イネキング® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
- クサバルカン® 1キロ粒剤・ジャンボ フロアブル
- オシオキ®MX 1キロ粒剤
- フォローアップ® 1キロ粒剤
- サンバード® 粒剤
- ワイドアタック™ SC
- 草枯らし MIC®
- アトカラ® SジャンボMX
- セカンドショット® SジャンボMX

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

三井化学グループ
三井化学アグロ株式会社 東京都中央区日本橋1-19-1 日本橋ダイヤビルディング
ホームページ http://www.mitsui-agro.com/

ムギ類黒節病による被害と防除研究

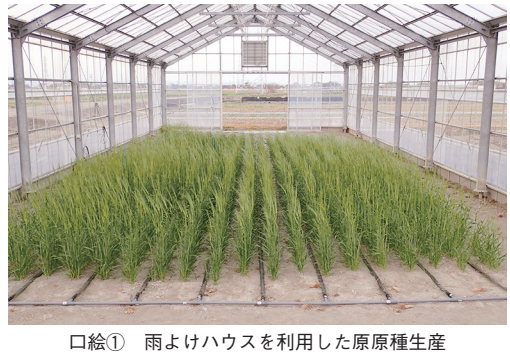
（本文 1 ページ参照，井上康宏氏原図）

口絵①　穂と節に生じた典型的な黒節病の病斑

口絵②　節に生じた黒節病の病斑

個別技術を組み合わせたムギ類黒節病の防除対策

（本文 23 ページ参照，酒井和彦氏原図）



口絵①　雨よけハウスを利用した原原種生産

土着天敵タバコカスミカメをナスの周年栽培体系で利用する技術の開発

（本文 30 ページ参照，中野昭雄氏原図）

口絵①　露地ナス圃場の畝の端に植え付けたゴマ

口絵②　施設ナス圃場の谷間換気部直下に植え付けたゴマ

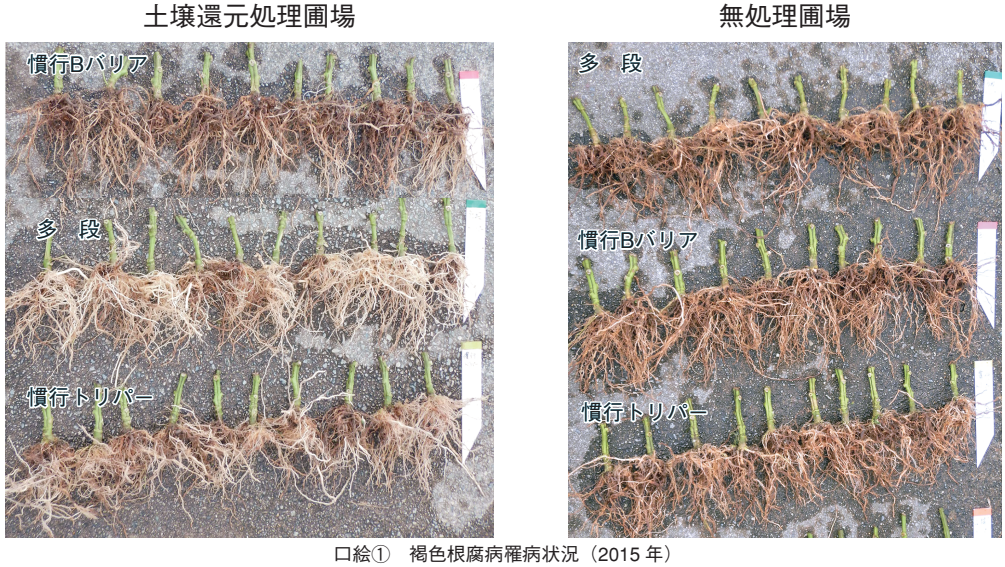
土着天敵タバコカスミカメを高知県内で リレーして利用する技術の開発

（本文 34 ページ参照，下元満喜氏原図）

口絵①　タバコカスミカメ　*Nesidiocoris tenuis*（Reuter）

多段接ぎ木法を用いたトマトにおける複合土壌病害の防除効果

（本文 42 ページ参照，熊崎晃氏原図）



口絵①　褐色根腐病罹病状況（2015 年）

SANKEI
ECO PRODUCTS

植物油脂パワー！
サンクリスタル乳剤

チョウ目害虫退治の生物農薬！
サンケイ
サブリナフロアブル

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

新規成分
フルオピラム含有
新・殺菌剤

BAYER

オルフィン®
フロアブル

生育段階の大切な時期に
重要病害をしっかり防除。
安心して高品質な農産物を!

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

®はバイエルグループの登録商標

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 71 巻 第 6 号
平成 29 年 6 月号

目　次

ムギ類の種子生産における黒節病管理技術

ムギ類黒節病による被害と防除研究……井上　康宏… 1

ムギ類黒節病に対する効果的な種子消毒剤のスクリーニングとその防除効果……森　充隆… 5

ムギ類黒節病に対する生育期薬剤散布による防除効果……島田　峻・酒井和彦…11

雨よけ栽培と晩播によるムギ類黒節病の耕種的防除……田畑　茂樹…15

個別技術を組合せたムギ類黒節病の防除対策……酒井　和彦…20

ムギ種子の簡便な黒節病菌保菌粒率調査法……橋爪不二夫・藤田絢香…25

土着天敵タバコカスミカメをナスの周年栽培体系で利用する技術の開発……中野　昭雄…29

土着天敵タバコカスミカメを高知県内でリレーして利用する技術の開発……下元満喜・中石一英…34

多段接ぎ木法を用いたトマトにおける複合土壌病害の防除効果……熊崎　晃…39

植物防疫基礎講座

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル 2016

（18）ブドウべと病―フェニルアミド剤（メタラキシル M）（生物検定）― ―QoI 剤（生物検定）―
……綿打　享子…44

（19）ブドウべと病―QiI 剤（生物検定）・シアゾファミド剤― ……瀧井康子・阿部ゆずか…50

平成 29 年 1 月シンポジウムから

殺菌剤耐性菌対策に係る FRAC の活動……田辺　憲太郎…54

リレー連載：農薬製剤・施用技術の最新動向⑭微粒剤 F ～その特徴と今後の展望～ ……三角　裕治…61

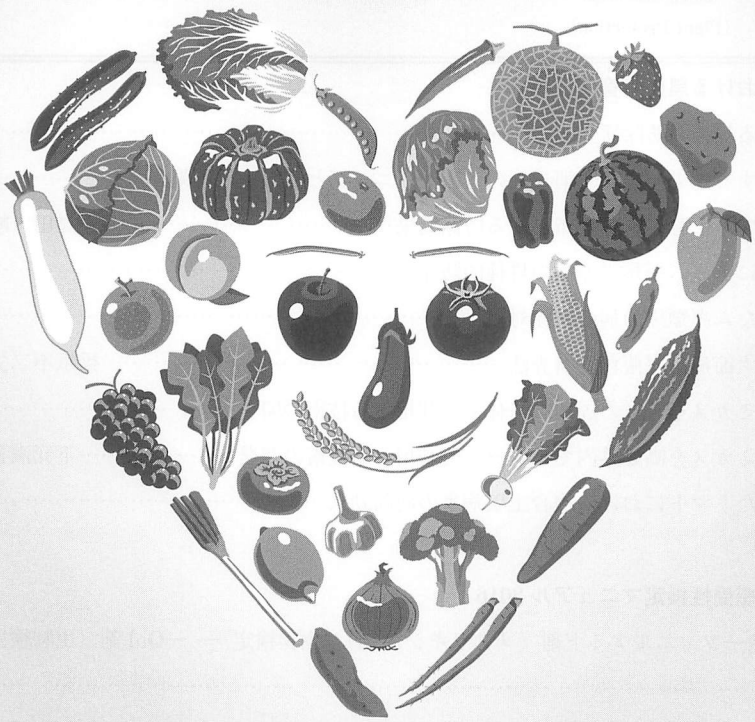
エッセイ：楽しい“虫音楽”の世界（その 20　日本民謡の中の昆虫） ……柏田　雄三…67

農林水産省プレスリリース（29.4.10 ～ 29.5.15）……14

新しく登録された農薬（29.4.1 ～ 4.30） …… 4　　登録が失効した農薬（29.4.1 ～ 4.30）……10

発生予察情報・特殊報（29.4.1 ～ 4.30） ……19

私たちの多彩さが、
この国の農業を笑顔にします。



殺虫剤

ロビンフッド® ディアナ® プレオ® スミチオン® ダントツ®
パダン® アディオン® エスマルク® ゴッツA®

殺菌剤

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

殺虫殺菌剤

新規剤 スタウトパダン® 新規剤 箱大臣® 箱王子®
スタウトパディート® 箱いり娘® スタウトダントツ®

水稲用除草剤

ゼータタイガー® ゼータハンマー® メガゼータ® 忍®
ゼータファイヤ® ブルゼータ® ゴエモン® カットダウン® オサキニ®

®は登録商標です。

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

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

大地のめぐみ、まっすぐ人へ SCGGROUP 住友化学

ミニ特集：ムギ類の種子生産における黒節病管理技術

ムギ類黒節病による被害と防除研究

農研機構中央農業研究センター　井上康宏（いのうえやすひろ）

はじめに

麦類は国民の生活においてなくてはならない穀物である。小麦はパンや麺類として，大麦は麦茶やビール等の飲料として利用されており，近年では家庭でのパンの消費額が米を上回るなどその重要性は増すばかりである。また，地産地消の促進，うどんやケーキ等の地域ブランド創出により，麦類の地域経済に対する貢献も増している。一方で平成 27 年度の品目別自給率は小麦約 15%，大麦約 9%となっており，主要穀物としては低い。自給率向上および地域農業の活性化のうえで麦の持続的安定生産は重要であるが，春先の気温が高く雨の多い日本では，麦の出穂期から収穫期にかけて様々な病害が発生し，その阻害要因となっている。特に近年では，黒節病などの種子伝染性病害の発生が増加しており，生産物の減収や品質低下といった直接的な被害だけではなく，採種圃場での発生により種子供給が妨げられる，深刻な事態が起こっている。

このため，農研機構中央農業総合研究センター（現：中央農業研究センター），茨城県農業総合センター農業研究所，埼玉県農林総合研究センター（現：埼玉県農業技術研究センター），三重県農業研究所，香川県農業試験場，山口県農林総合技術センターは，農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（以後，農食事業）「麦類で増加する黒節病などの種子伝染性病害を防ぐ総合管理技術の開発」（平成 25 ～ 27 年度）において，黒節病，斑葉病，裸黒穂病，なまぐさ黒穂病等の種子伝染性病害の被害拡大を防ぐための試験研究を行った。

本特集では，農食事業で明らかにしたムギ類黒節病に対する有効な種子消毒方法，薬剤散布による防除方法，耕種的発病抑制技術および種子の病原細菌保菌率検査技術を紹介する。これに先立ち，本稿ではムギ類黒節病がどのような病害であり，本病防除に向けてこれまでにどのような研究が行われてきたかを紹介する。

Damage to Wheat and Barley Caused by Bacterial Black Node and Studies of their Control.　By Yasuhiro Inoue

（キーワード：麦類黒節病，*Pseudomonas syringae*，種子伝染）

I　ムギ類黒節病とは

ムギ類黒節病は病原細菌 *Pseudomonas syringae* pv. *japonica*（synonym pv. *syringae*）によって引き起こされる。本病は春先の気温が高く雨の多い日本に特有の病害であり，ヨーロッパや米国等の麦の大産地での発生はないが，類似の病害として *P. syringae* pv. *atrofaciens* による basal glume rot が一部ヨーロッパやニュージーランド等で発生している。pv. *japonica*，pv. *syringae*，pv. *atrofaciens* はすべて遺伝的には同一グループに属しており（Gardan et al., 1999；Inoue and Takikawa, 2006），その異同については現在も検討されている。

本病は葉や麦稈，穂に発生するが，特に麦稈の節が黒色になり，そこから上下に黒い条線がのびる症状が特徴である（図-1，口絵①，②）。また，穂に感染すると穂焼症状を呈する（図-2）。本病の一次伝染源としては種

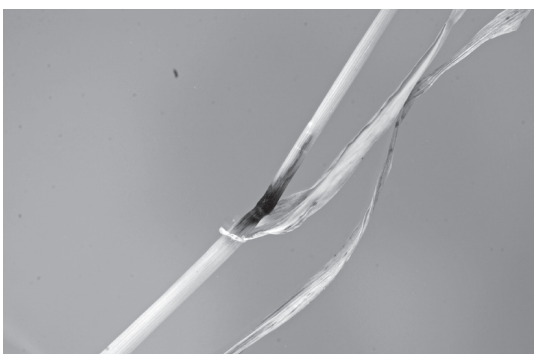


図-1　麦稈の節に生じた黒節病病斑

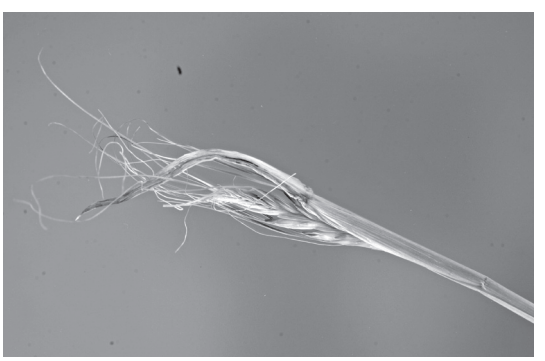


図-2　穂焼症状

子が最も重要と考えられている（Kawaguchi et al., 2017）が，罹病した麦稈による伝染も報告されている（菅，1978）。病原細菌は傷や各組織の気孔から感染して柔組織の細胞間隙中で増殖するが維管束は侵さない（福田ら，1990）。したがって，感染部位で増殖した病原細菌は一度植物外に出て，雨滴などで次の感染部位へと伝播すると考えられる。さらに病原細菌は穎の気孔から侵入し，柔組織細胞間隙中で増殖，定着することで種子伝染することが明らかとなっている（福田ら，1990）。

II　ムギ類黒節病の発生状況

本病は戦後間もないころに大発生し，新病害として報告された（鋳方・堀，1950；向・土屋，1950）。穂焼症状も当時は穂焼病として報告されていたが（後藤・中西，1951），のちに黒節病の一症状とされた。その後いったん発生は減少したが，1970 年代後半に再び増大，1980 年代初めに終息し，その後も不定期に発生の増減が見られている。本病は北海道および東北地方での発生は確認されていないが，北関東での発生は近年増大しており（青木・横須賀，2014；山城ら，2016），発生地域の拡大が懸念されている。本病の全国的な発病調査は行われていないが，毎年 10 ～ 20 県程度で発生調査が行われており（JPP–NET 病害虫発生面積データより），その発病圃場調査結果から，平成 17（2005）年以降増加傾向であり，2007 年には発病圃場率が 15％まで増加していることが見て取れる（図–3）。その後は 4 ～ 8％の発生圃場率で推移している。

本病の発生による減収について，青柳ら（1980）は，オオムギ（品種：‘ミノリムギ’）を用いた調査で，発病稈率 10％で 1.5％の減収，50％で 7.5％の減収と推計している。また，千粒重の減少と粒厚の減少が認められ（松澤，1987），品質への影響も大きい。

本病は種子伝染性の病害であり，病原細菌を保菌した種子による発生の拡大が問題となることから，近年では，採種圃場での本病の発生が問題視されている。採種圃場での黒節病発生に関して報告されることは少ないが，オオムギの採種圃場で本病が多発し，種子として不合格となる被害が発生した事例（青木・横須賀，2014），コムギの採種圃場で発生して問題となった事例（酒井ら，2016）等がある。

III　麦の品種と発病の関係

本病に対する麦種および品種ごとの罹病性の検定を行うことは，防除対策を検討するうえで重要であるが，その調査事例は少なく，単年度の圃場調査結果がほとんどである。その理由として，一つは本病を圃場で安定的に発病させることが難しいことが挙げられる。本病の発生は播種時期の影響のほうが大きく（横山，1976），植物の病原細菌に対する感受性が高い時期と，病原細菌が感染しやすい気象条件が重なったときに発病が多くなると考えられる。もう一つは，本病を安定して発病させるための接種試験系が確立していないことが挙げられる。上松・井上（2015）は，播種 3 ～ 5 日程度のオオムギ幼苗の鞘葉に病原細菌を針接種すると，品種間で罹病性に差異が見られることを報告しているが，この試験によって得られた結果と圃場における発病状況は必ずしも一致していない。本病に対する罹病性検定を行うためには，出穂期以降の植物に対して，無傷接種で減病徴を再現できる手法の開発が必要である。そこで，農食事業において，接種手法を開発し，それを用いて品種間の罹病性差異について現在検討を行っている。

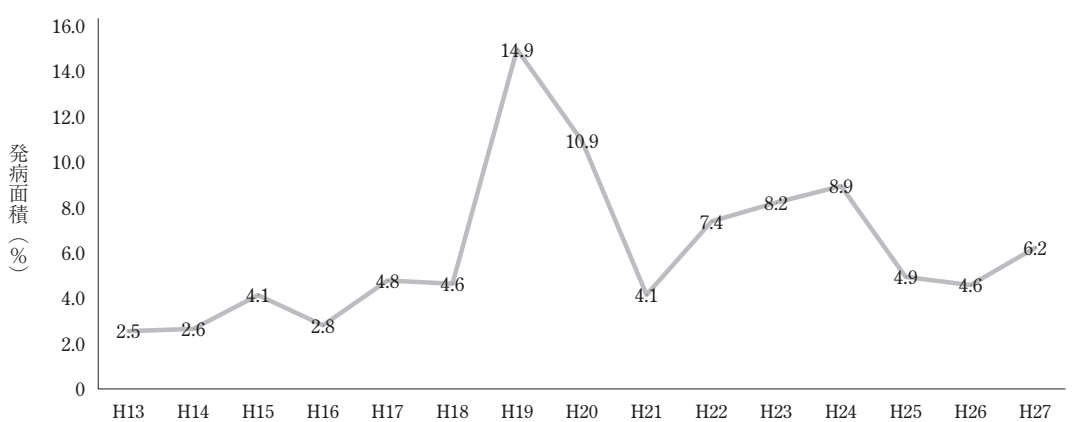


図-3　黒節病の発生面積推移

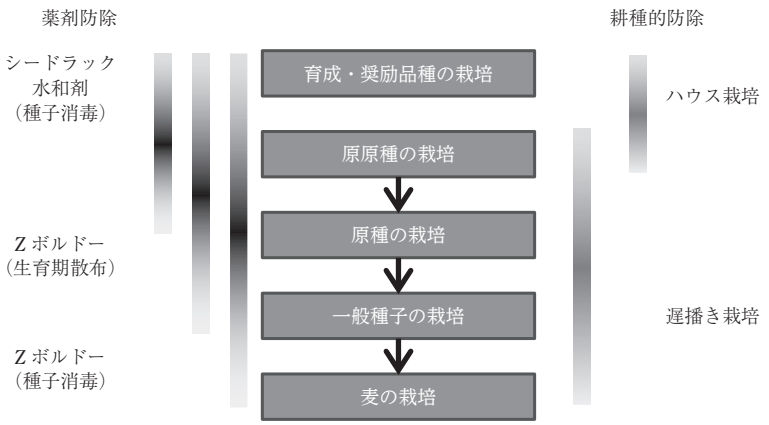


図-4　各防除手法の使用段階

Ⅳ　病気の診断と病原細菌の検出

病気の診断をすばやく，正確に行うことは防除対策を講じるうえで重要である。三重県では「コムギ黒節病対策技術マニュアル」（三重県農業研究所, 2011）において，コムギ黒節病の病斑を，Ⅰ：病斑が止葉葉鞘の大部分に進展し，場合によって穂が出すくむ，Ⅱ：病斑が局所的で斑紋状，Ⅲ：病斑が局所的で斑点状，の3種類に分けている。さらにこれらの症状から，森ら（1999）の開発した黒節病菌選択培地を用いて黒節病菌を分離し，遺伝子診断によって同定する方法を報告している。吉岡ら（2014）は植物サンプルから直接黒節病菌を検出するためのプライマーを開発し，現在，圃場内での病原細菌の二次伝播に関する調査を行っている。

種子からの黒節病菌検出に関しては，黒節病菌選択培地に種子を埋め込んで培養し，黒節病菌に特徴的な集落の形成を見ることで保菌粒を見分ける方法を開発している（三重県農業研究所, 2011）。また，上松・井上（2013）は，種子1,000粒中の保菌粒の存在を検定できる手法を報告している。

Ⅴ　黒節病防除手法

本病は種子伝染性であることから，種子消毒に関する研究は古くから行われており，様々な薬剤や物理的消毒手法が試され，対照となる麦種に対して有効な技術が開発されてきた（三重県農業研究所, 2011；山城ら, 2016）。しかし，麦類はコムギ，オオムギ，ハダカムギで薬剤や温度に対する感受性が異なるため，すべてに対応できる統一的な種子消毒法は存在しなかった。一方で，本病の防除に薬剤散布はあまり検討されていなかった。また，耕種的防除手法として，ハウスによる雨よけ栽培や遅まき栽培がコムギ黒節病の発生抑制に有効であることが報告されているが（三重県農業研究所, 2011），麦種や品種さらには地域の違いによる防除効果への影響については明らかではない。

Ⅵ　農食事業での取り組み

農食事業では，黒節病による被害を最小限に抑えるため，コムギ，オオムギ，ハダカムギのいずれにも用いることができ，栽培面積やコストにあわせて防除手段を組合せられるように（図-4），種子消毒，薬剤散布，雨よけ・風よけ栽培，遅まき栽培等の複数の防除手法を検討し，これらを組合せて実証試験を行った。さらに，生産される種子の黒節病菌保菌率を簡便で高感度に判別できる手法を開発した。その詳細は次項から紹介する。

最後に，本事業の推進にあたりご努力いただいた各県の研究担当者，外部アドバイザーを引き受けてくださった静岡大学創造科学技術大学院教授瀧川雄一博士に深く感謝いたします。また，本事業の研究成果を特集号として発表する機会を与えてくださった茨城県農業総合センター農業研究所所長渡邊健博士，日本大学生物資源科学部教授藤田佳克博士，農研機構野菜花き部門仲川晃生氏，並びに関係各氏に厚く御礼申し上げます。

引　用　文　献

1）青木一美・横須賀知之（2014）：関東東山病虫研報 **61**：23 ～ 25.
2）青柳和雄ら（1980）：北日本病害虫研究会報 **28**：84 ～ 85.
3）福田徳治ら（1990）：日植病報 **56**：252 ～ 256.
4）Gardan, L. et al.（1999）：Int. J. Syst. Bacteriol. **49**：469 ～ 478.
5）後藤和夫・中西　勇（1951）：日植病報 **15**：117 ～ 120.
6）鋳方末彦・堀　真雄（1950）：同上 **15**：32 ～ 33.
7）Inoue, Y. and Y. Takikawa（2006）：J. Gen. Plant Pathol. **72**：26 ～ 33.
8）菅　正道（1978）：今月の農薬 **22**：14 ～ 18.
9）Kawaguchi, A. et al.（2017）：J. Gen. Plant Pathol. **83**（印刷中）.
10）松澤克彦（1987）：北日本病害虫研究会報 **35**：57 ～ 60.
11）三重県農業研究所（2011）：コムギ黒節病対策マニュアル，三

重県小麦健全種子供給体制確立地域農業研究・普及協議会，三重，11 pp.
12）向　秀夫・土屋行夫（1950）：日植病報 **15**：44 ～ 45.
13）森　充隆ら（1999）：同上 **63**：362 ～ 363.
14）酒井和彦ら（2016）：関東東山病虫研報 **63**：8 ～ 13.
15）上松　寛・井上康宏（2013）：日植病報 **79**：248.
16）――――・――――（2015）：関東東山病虫研報 **62**：6 ～ 8.
17）山城　都ら（2016）：同上 **63**：3 ～ 5.
18）横山佐太正（1976）：植物防疫 **30**：7 ～ 10.
19）吉岡陸人ら（2014）：日植病報 **80**：322.

新しく登録された農薬（29.4.1 ～ 4.30）

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

「殺虫剤」

●フルエンスルホン粒剤
23931：**ネマショット粒剤**（アダマジャパン）17/4/11
23932：**SDS ネマショット粒剤**（エス・ディー・エス バイオテック）17/4/11
フルエンスルホン：2.0%
かんしょ：ネコブセンチュウ：植付前
きゅうり，トマト，ミニトマト，ピーマン，なす，かぼちゃ，メロン，すいか：ネコブセンチュウ：定植前

●フィプロニル粒剤
23937：**プリンスアクティブ粒剤**（BASF ジャパン）17/4/12
フィプロニル：1.0%
さとうきび：ハリガネムシ類：植付前

●クロラントラニリプロール水和剤
23941：**シンジェンタ アセルプリン**（シンジェンタ ジャパン）17/4/26
クロラントラニリプロール：18.4%
芝：スジキリヨトウ，シバツトガ，タマナヤガ，コガネムシ類幼虫：発生前～発生初期
樹木類：ケムシ類：発生前～発生初期

「殺菌剤」

●チフルザミド水和剤
23933：**パルサーフロアブル**（日産化学工業）17/4/11
チフルザミド：21.1%
ばれいしょ：黒あざ病：植付前
だいず：リゾクトニア根腐病：は種前
てんさい：根腐病：定植前
23934：**グレータムフロアブル**（日産化学工業）17/4/11
チフルザミド：21.1%
稲：紋枯病：収穫 7 日前まで

●フェンブコナゾール・マンゼブ水和剤
23935：**どさんこスター水和剤**（クミアイ化学工業）17/4/12
フェンブコナゾール：7.8%
マンゼブ：66.5%
てんさい：褐斑病：収穫 21 日前まで

●トリチコナゾール水和剤
23940：**フリートフロアブル**（BASF ジャパン）17/4/26
トリチコナゾール：19.2%
西洋芝（ベントグラス）：ダラースポット病，炭疽病，葉腐病（ブラウンパッチ）：発病初期

「除草剤」

●オキサジクロメホン水和剤
23936：**ロングパワー顆粒水和剤**（丸和バイオケミカル）17/4/12
オキサジクロメホン：48.0%
日本芝：一年生イネ科雑草

●グリホサートイソプロピルアミン塩液剤
23938：**グリホエース PRO**（ハート）17/4/26
グリホサートイソプロピルアミン塩：41.0%
樹木類：一年生雑草
樹木等：一年生及び多年生雑草
23939：**グリホエース AL**（ハート）17/4/26
グリホサートイソプロピルアミン塩：1.0%
つつじ類：一年生雑草
樹木等：一年生及び多年生雑草

ミニ特集：ムギ類の種子生産における黒節病管理技術

ムギ類黒節病に対する効果的な種子消毒剤のスクリーニングとその防除効果

香川県農業試験場　森（もり）　充（みつ）　隆（たか）

はじめに

ムギ類黒節病は，*Pseudomonas syringae* pv. *japonica*（synonym pv. *syringae*）van Hall 1902 による細菌病で，オオムギ，コムギともに発生する病害である。この病害は 1945 年ころに発生が確認された古くから知られる大きな被害をもたらす病害であるものの，その発生は突発的で防除対策に関する研究例は少ない。伝染源としては，種子伝染（後藤・中西，1951；福田ら，1990）が知られているものの，その種子伝染を回避するための有効な防除方法は唯一雨除け栽培（三重県，2011）のみで，広範囲に導入することは困難であり，その使用場面は限られていた。近年，一部の産地では甚大な被害を認めるなど，全国的に黒節病の発病が増加する傾向にあったことから，種子消毒法の開発が切望されていた。当初は，黒節病に適用のある種子消毒剤はなく，そこで，農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（25063）「麦類で増加する黒節病などの種子伝染性病害を防ぐ総合管理技術の開発」において，種子消毒法の確立に取り組んだので紹介したい。

I　種子消毒法のスクリーニング

ムギ類黒節病に対する種子消毒法の報告は，山城ら（2011）によりオキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤の浸漬処理や乾熱処理と食酢浸漬処理の組合せによる防除効果の可能性が示されている。ただし，麦種やロットによっては極端な発芽率の低下や異常発芽をもたらしたりすることがあり，また，長時間の浸漬処理は種子発芽をもたらし種子消毒後に完全に乾燥する行程が必要となる。そこで，正常な発芽率を保持しながら効率的な処理が可能となる種子消毒法のスクリーニングを行った。処理薬剤などと処理方法は，表-1 に示した薬剤と処理方法の組合せ並びに乾熱処理とした。スクリーニングは，ハダカムギ品種‘イチバンボシ’を供試し，ポット試験による初期生育に与える処理の影響調査と以下の方法による発芽後の芽・根での黒節病菌の生育抑制効果に基づいて行った。まず，ムギの生育に与える影響は，園芸培土を 60 mm ポリポットに充てんし，ポット当たり 10 粒ずつ 100 粒を播種して 25℃定温室内に置いてその後の生育を調査する方法で行った。この試験で大きな生育障害がなかった処理法について，96 ウェルマイクロウェルプレート（ウェル径 7.0 mm）に滅菌水で湿らせた直径 7 mm の綿球を詰めて，各種子消毒処理後の種子を各 40 粒づつ，ウェル当たり 1 粒を置床し，25℃に 3 日間置いた後に，種子より出た芽・根を切断採取して黒節病菌選択培地（森ら，1999）上に置いて，黒色タール状の菌の生育の有無で黒節病菌の生育抑制効果の程度を評価した（図-1）。

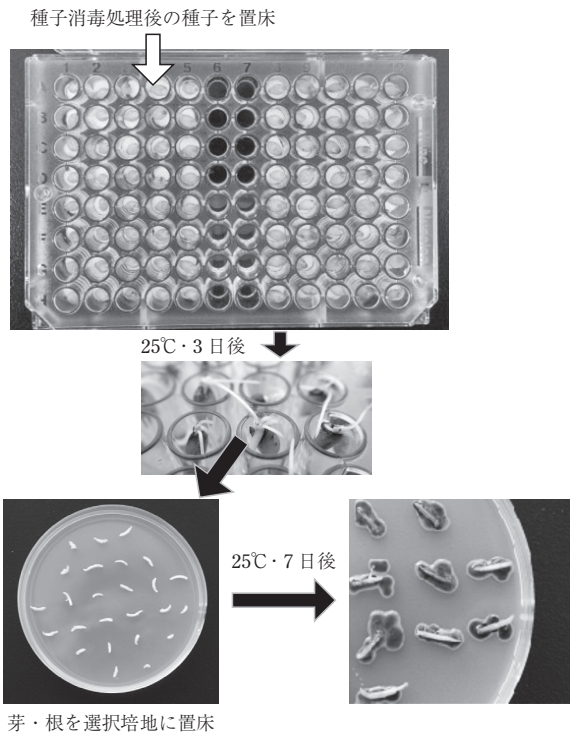


図-1　選択培地を利用した種子消毒法の黒節病菌生育抑制効果スクリーニング方法

Screening of Effective Seed Disinfectant and the Prevention Effect on Bacterial Black Node of Wheat and Barley.　By Mitsutaka Mori

（キーワード：ムギ類，オオムギ，コムギ，黒節病，種子消毒剤）

表-1　種子消毒法のスクリーニングに供試した薬剤などの処理方法

供試した薬剤など	処理方法
農薬（有効成分含有率）	
オキシテトラサイクリン（31.5%）水和剤	0.5%，1.0%　乾粉衣，
オキシテトラサイクリン（2.8%）・ストレプトマイシン（18.8%）水和剤	7.5 倍・30 m*l*/kg　種子吹付処理，
ストレプトマイシン（25.0%）液剤	7.5 倍・60 m*l*/kg　種子吹付処理，
カスガマイシン（5.7%）・塩基性塩化銅（75.6%）水和剤	20 倍・10 分間浸漬，
水酸化第二銅（61.4%）水和剤	200 倍・24 時間浸漬，
オキソリニック酸（80%）水和剤	一部の薬剤について，0.5%，1.0%湿粉衣*
金属銀（20%）水和剤	
物理的防除	
乾熱（80℃）	1，3，6，12 時間

*：乾燥籾重量の 3%水を添加し適度に湿らせた状態で所定量の薬剤を添加して混和.

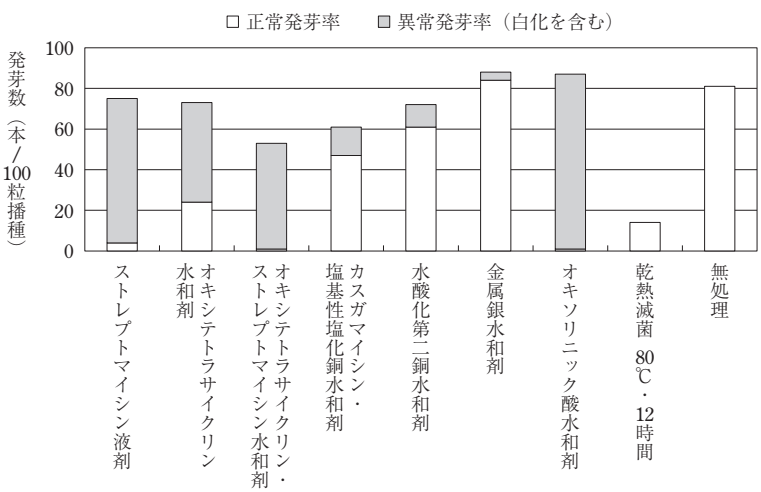


図-2　ハダカムギにおける各種種子消毒法が種子発芽に与える影響：
薬剤処理方法は 20 倍・10 分間浸漬処理

その結果，ストレプトマイシン液剤やオキシテトラサイクリン水和剤の抗生物質を成分とする剤およびオキソリニック酸水和剤では，発芽異常や白化などの薬害が顕著であり，また，乾熱処理でも発芽率が低下することがわかった（図-2）。そこで，薬害がないか，またはその程度の低かった種子消毒処理について黒節病菌の生育抑制効果を確認したところ，金属銀水和剤 20 倍 10 分間浸漬処理，0.5%湿粉衣処理の黒節病菌の生育抑制効果が高く，次いで無機銅剤である水酸化第二銅水和剤の 7.5 倍・30 m*l*種子吹付処理が有効であった（図-3）。そこで，金属銀水和剤と無機銅剤を中心として，実際の圃場での黒節病に対する防除効果とムギの生育に与える影響について検討することとした。

II　圃場レベルでの防除効果と薬害の検討

1　試験実施体制

「麦類で増加する黒節病などの種子伝染性病害を防ぐ総合管理技術の開発」事業のコンソーシアムでの共通認識として，黒節病に有効な種子消毒剤の適用拡大登録の取得があったことから，適用拡大に必要な試験内容や例数を農薬メーカーと協議しつつ試験を実施した。ムギ類での登録取得のため，コムギ，オオムギの両麦種を対象に各試験場所で役割分担を決めて，表-2 の供試品種で防除効果と薬害（倍濃度薬害を含む）の検討を行った。試験対象薬剤は，金属銀（20%）水和剤と塩基性硫酸銅（58%）水和剤とし，処理方法としては，スクリーニング試験で乾粉衣よりも種子への付着がよい浸漬処理と，吹付処理の黒節病菌生育抑制効果が高かったことから，

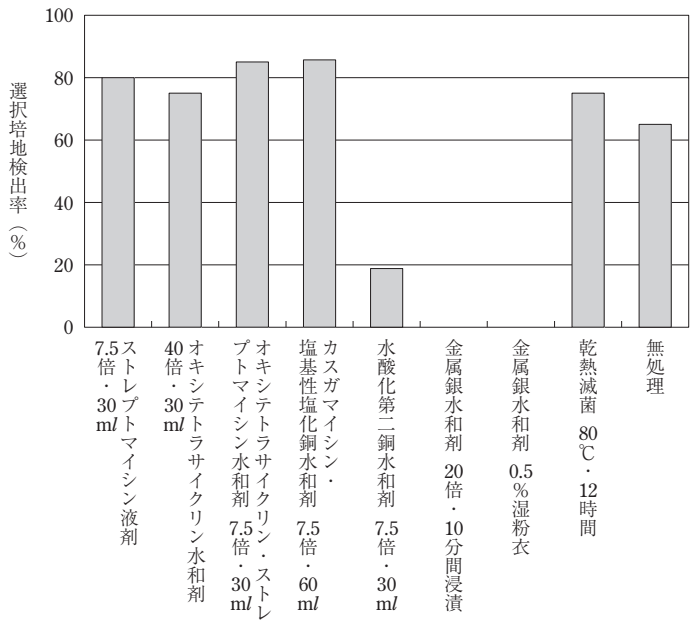


図-3　消毒処理種子から出た芽からの選択培地における黒節病菌の検出状況

表-2　試験実施機関と供試品種

供試麦種	試験実施機関	供試品種
コムギ	埼玉県農業技術研究センター	‘さとのそら’
	農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター	‘農林 61 号’
	山口県農林総合技術センター	‘せときらら’
	三重県農業研究所	‘あやひかり’
カワムギ（オオムギ）	茨城県農業総合センター農業研究所	‘カシマムギ’
ハダカムギ（オオムギ）	香川県農業試験場	‘イチバンボシ’
	愛媛県農林水産研究所*	‘ハルヒメボシ’

*：コンソーシアム外での試験協力.

処理の利便性も考慮して短時間浸漬と湿粉衣処理を選択した。なお，湿粉衣処理は乾燥種子重量の約 3%の水を添加して混和し，適度に湿らせた状態で所定量の薬剤を粉衣した。

2　圃場レベルの防除試験と薬害

コムギ，オオムギに対する防除効果と生育に与える影響試験の一例を，それぞれ図-4，図-5 に示した。これらに示した通り，金属銀水和剤の 20 倍・10 分間種子浸漬処理，乾燥種子重量の 1%湿粉衣処理並びに塩基性硫酸銅水和剤の乾燥種子重量の 1%湿粉衣処理で黒節病の発病抑制効果が認められ，また，処理による穂数の減少は認められなかった。これらの処理のコムギの生育に与える影響についての詳細な結果は，酒井ら（2016）により苗立ちやその後の生育経過に対する薬害はないとされており，オオムギでも本県や茨城県の試験により薬害はないと判断された。各場所での試験を統合した全体の発病抑制効果試験の結果を図-6 に示した。麦種によって，また，処理法によって防除価のばらつきは異なるものの，全試験で黒節病の発病抑制効果を示した。両薬剤の乾燥種子重量の 1%湿粉衣処理について，メタアナリシスを用いて先例（田代ら，2008；川口ら，2012；川口，2014）に習って総合評価した（図-7，図-8）。解析には EZR を用い，種子消毒処理区と無処理区のリスク比を変動効果モデル（Random effects model, DerSimonian-Laird method）で行った。その結果，金属銀水和剤の統合リスク比は 0.37（$p < 0.001$，95%信頼区間 0.26 ～ 0.52）で防除価に換算すると 63，塩基性硫酸銅水和剤の統合リスク比は 0.45（$p < 0.001$，95%信頼区間 0.38 ～ 0.53）で防除価に換算すると 55 となり，有意な防除効果が得られると判断された。

ただし，橋爪ら（2016）の方法に基づいて採種種子の保菌粒率を調査した結果，種子消毒により発病が少なくなっても種子の保菌率は必ずしも低くなっていない事例が見受けられており（データ省略），種子消毒のみでは種子の汚染を防ぐことは困難である可能性があると考えられた。

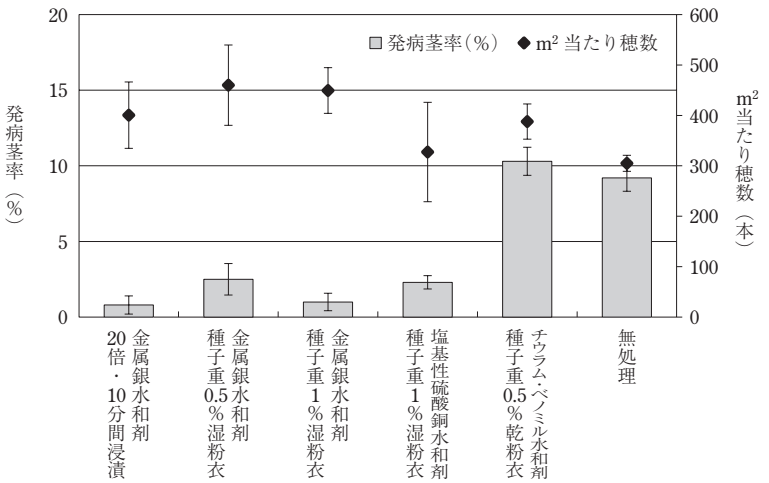


図-4　コムギ‘さとのそら’における各種種子消毒の防除効果と穂数への影響
（2014 年播種　埼玉県農業技術研究センター試験結果より）

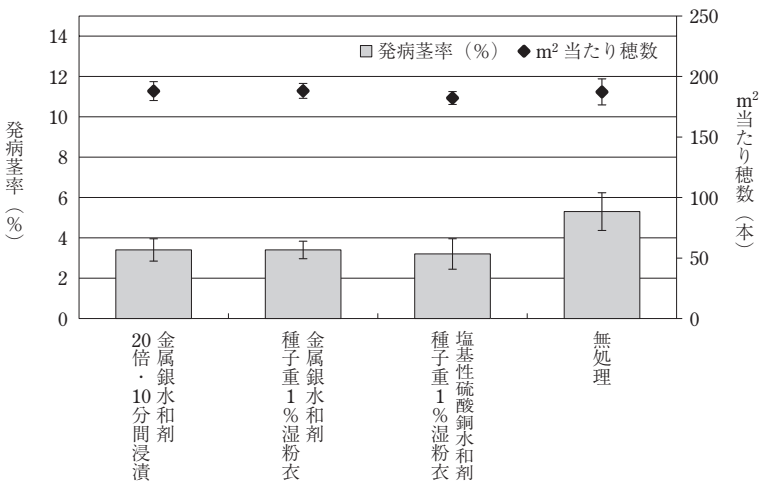


図-5　ハダカムギ‘イチバンボシ’における各種種子消毒の防除効果と穂数への影響
エラーバーは標準誤差を示す．
（2014 年播種　香川県農業試験場試験結果より）

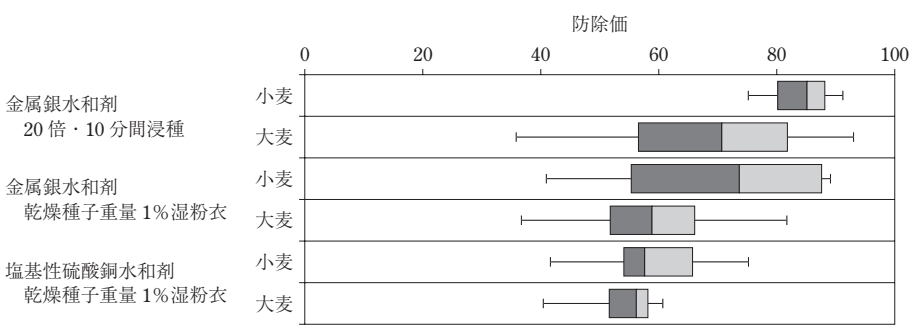


図-6　黒節病に対する種子消毒の発病軽減効果（防除価）
図は箱ひげ図で，ひげの両先端は最高・最低値を示し，箱の中央線は中央値を，箱の両端は 4 分位数（75%値，25%値）を示している．

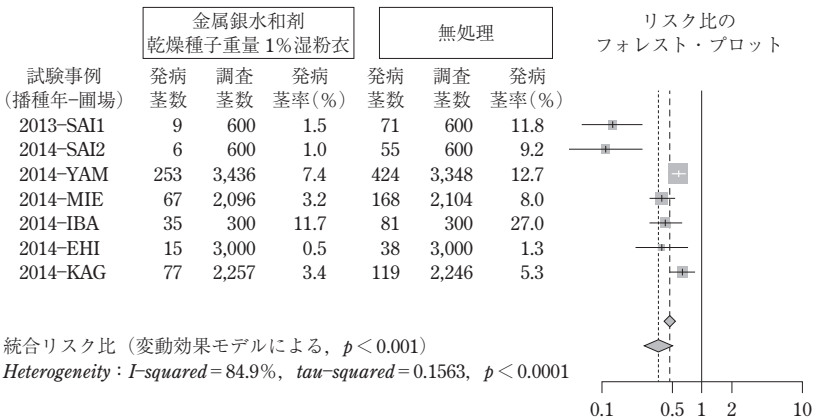


図-7　ムギ類黒節病に対する金属銀水和剤　乾燥種子重量 1%湿粉衣処理の防除効果試験のメタアナリシス
2014 ～ 15 年に異なる圃場で実施した 7 事例を変量効果モデル統合方法である DerSimonian-Laird method（n = 7）で解析した．
無処理区に対する統合リスク比は 0.37（$p < 0.001$）となり，防除効果が有意に認められた．

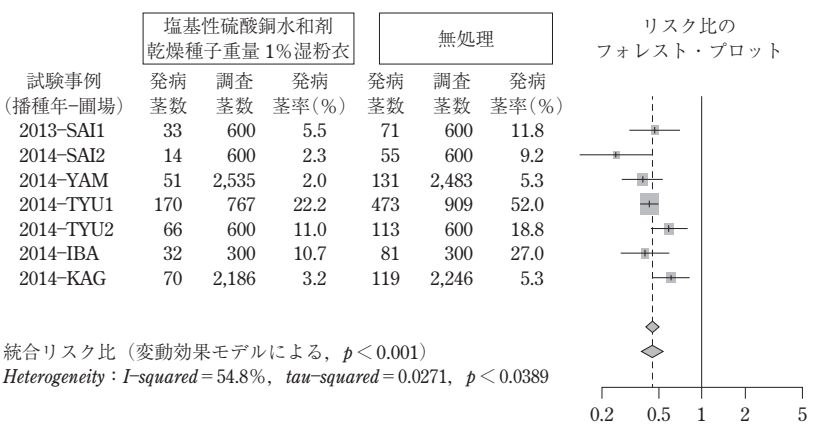


図-8　ムギ類黒節病に対する塩基性硫酸銅水和剤　乾燥種子重量 1%湿粉衣処理の防除効果試験のメタアナリシス
2014 ～ 15 年に異なる圃場で実施した 7 事例を変量効果モデル統合方法である DerSimonian-Laird method（n = 7）で解析した．
無処理区に対する統合リスク比は 0.45（$p < 0.001$）となり，防除効果が有意に認められた．

表-3　ムギ類黒節病登録農薬の適用表

農薬の種類	農薬の名称	作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	成分使用回数
金属銀水和剤	シードラック水和剤	麦類	黒節病	20 倍 乾燥種子重量の 0.5 ～ 1.0%	播種前	1 回	10 分間種子浸漬 種子粉衣（湿粉衣）	1 回
硫酸銅水和剤	Z ボルドー	麦類	黒節病	種子重量の 1%	播種前	−	湿粉衣	−

お わ り に

金属銀水和剤については，原体メーカーであるサンケイ化学株式会社の協力を得て，平成28年8月3日に，硫酸銅水和剤については，原体メーカーである日本農薬株式会社の協力を得て，平成28年11月2日に麦類黒節病に適用拡大登録となった（表–3）。これらの剤の処理によって黒節病の発病を抑制することは可能となったものの，先に示した通り，種子汚染までを防ぐことは困難であったことから，別に紹介する耕種的防除法や本圃での散布剤の有効利用を図り，総合的に防除する必要があると考える。

引 用 文 献

1）福田徳治ら（1990）：日植病報 **56**：252 ～ 256.
2）後藤和夫・中西　勇（1951）：同上 **15**：117 ～ 120.
3）橋爪不二夫ら（2016）：関西病虫研報 **58**：99 ～ 102.
4）川口　章ら（2012）：植物防疫 **66**：450 ～ 455.
5）――――（2014）：同上 **68**：379 ～ 382.
6）三重県農業研究所（2011）：コムギ黒節病対策技術マニュアル，三重県小麦健全種子供給体制確立地域農業研究・普及協議会，三重，11 pp.
7）森　充隆ら（1999）：日植病報 **65**：362 ～ 363（講要）.
8）酒井和彦ら（2016）：関東病虫研報 **63**：8 ～ 13.
9）田代暢哉ら（2008）：日植病報 **74**：89 ～ 96.
10）山城　都ら（2011）：関東病虫研報 **58**：9 ～ 12.

登録が失効した農薬（29.4.1 ～ 4.30）

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

「殺虫剤」

●カルボスルファン粒剤
20795：**FMC アドバンテージ粒剤**（エフエムシー・ケミカルズ）17/4/12
●トラロメトリン乳剤
16743：**日曹スカウト乳剤**（日本曹達）17/4/13
●イミダクロプリド・エチプロール粒剤
22374：**キラップ AD 粒剤**（バイエルクロップサイエンス）17/4/19
● MPP 粒剤
13933：**ヤシマバイジット粒剤**（協友アグリ）17/4/24
13935：**サンケイバイジット粒剤**（サンケイ化学）17/4/24
●フィプロニル粒剤
19223：**プリンス粒剤**（BASF ジャパン）17/4/25
19224：**日産プリンス粒剤**（日産化学工業）17/4/25
● DMTP 水和剤
12158：**スプラサイド水和剤**（全国農業協同組合連合会）17/4/26
●メタアルデヒド粒剤
4335：**ナメキール**（日本農薬）17/4/30

「殺虫殺菌剤」

● MEP・トリシクラゾール・バリダマイシン粉剤
16701：**ビームバリダスミ粉剤 3DL**（住友化学）17/4/8
●エトフェンプロックス・フサライド粉剤
16768：**ホクコーラブサイドトレボン粉剤 DL**（北興化学工業）17/4/13
●フィプロニル・イソプロチオラン粒剤
19230：**ローヌ・プーランフジワンプリンス粒剤**（BASF ジャパン）17/4/25
●イミダクロプリド・カルプロパミド水和剤
20820：**ウィンアドマイヤー顆粒水和剤**（バイエルクロップサイエンス）17/4/26
●ジノテフラン・メトミノストロビン粒剤
20831：**オリブライトスタークル 1 キロ粒剤**（三井化学アグロ）17/4/26
●エチプロール・テブフロキン粉剤
23242：**トライ 2K 粉剤 DL**（Meiji Seika ファルマ）17/4/27

「展着剤」

●展着剤
5734：**トクエース**（三井化学アグロ）17/4/17

ミニ特集：ムギ類の種子生産における黒節病管理技術

ムギ類黒節病に対する生育期薬剤散布による防除効果

茨城県農業総合センター農業研究所　島田（しまだ）　峻（しゅん）
埼玉県農業技術研究センター　酒井（さかい）　和彦（かずひこ）

はじめに

茨城県は，ムギ類の作付面積 7,900 ha（全国 5 位），収穫量 22,000 t（全国 8 位），また埼玉県も 6,100 ha（全国10位），22,800 t（全国7位）と，麦作が盛んである（2016年産，作物統計）。ムギ類黒節病は，*Pseudomonas syringae* pv. *japonica*（synonym pv. *syringae*）によって引き起こされる種子伝染性の細菌病であり，オオムギおよびコムギに発生する。

本病の発生生態は不明な点が多いが，主に種子に生存する病原菌が第一次伝染源となり（福田, 1992），その後，発病した株から風雨によって二次伝染すると考えられている。茨城県においては，20 年以上前に本病が二条オオムギで突発的に大発生した事例があるが，その後大きな被害は発生しなかった。しかし，2009 年に六条オオムギ‘カシマムギ’の採種圃場で本病が多発し，種子として不合格となる被害が生じたことから，ふたたび問題視されるようになった（青木ら，2013）。以降，本病の発生は年次間差があるものの増加傾向にあり，また，発病の有無にかかわらず，収穫した種子は高率で保菌していることが報告されているため（山城，2012），防除対策の確立が望まれてきた。

保菌種子の流通による本病の発生を防止するためには，黒節病菌を保菌していない健全な種子生産が重要である。そこで，本稿では生育期の薬剤散布による黒節病の発病抑制効果および収穫種子の保菌粒率低減効果について紹介する。

Ⅰ　ムギ類黒節病の発病抑制効果

埼玉県では，2013年および14年播種のコムギ（品種‘さとのそら’）において，止め葉抽出期からの薬剤散布による，黒節病の発病抑制効果を検討した。

2013 年播種試験では，銅水和剤（塩基性硫酸銅 58.0%，商品名：Z ボルドー），ノニルフェノールスルホン酸銅水和剤（商品名：ヨネポン水和剤），銅・有機銅水和剤（商品名：キンセット水和剤），カスガマイシン・銅水和剤（商品名：カスミンボルドー），およびオキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤（商品名：アグリマイシン 100）の 5 剤を供試し，止め葉抽出期以降 4 回散布した。その結果，無処理区の発病茎率が 15.8%と多発生条件の中，処理区の発病茎率は 3.5 ～ 5.3%と発病抑制効果が高かった（表–1）。

2014 年播種試験では，銅水和剤（塩基性硫酸銅 58.0%）を止め葉抽出期または穂揃い期から 3 回散布，また銅水和剤（塩基性硫酸銅 23.0%，商品名：フジドー L フロアブル）を止め葉抽出期から 3 回散布した。その結果，無処理区の発病茎率が 24.5%と多発生条件の中，処理区の発病茎率は 11.2 ～ 14.2%と発病抑制効果が認められた（表–2）。

茨城県でも，銅水和剤（塩基性硫酸銅 58.0%）を供試し，オオムギ（品種‘カシマムギ’）において，止め葉抽出期から 3 回散布を行い，発病抑制効果を検討した。その結果，無処理区の発病茎率が 18.9%と多発生条件の中，10.7%と発病抑制効果が認められた（表–3）。

以上のように，コムギおよびオオムギともに，止め葉抽出期以降に銅水和剤（塩基性硫酸銅 58.0%）を 3 回散布することにより，茎葉の発病を抑制できると考えられた。

Ⅱ　黒節病菌の保菌粒率低減効果

青木・横須賀（2014）は，オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤，オキソリニック酸水和剤およびカスガマイシン・銅水和剤を出穂期前後に散布することにより，オオムギ黒節病菌の保菌粒率低減効果が認められたことを報告しているが，いずれの薬剤も農薬登録拡大には至らなかった（表–4）。そこで，2013 ～ 15 年にかけて，銅水和剤（塩基性硫酸銅58.0%）を供試し，生育期薬剤散布による保菌粒率低減効果および効果の高い散布時期を検討した。

2012 ～ 13 年および 2013 ～ 14 年試験では，オオムギ（品種：‘カシマムギ’）圃場において，出穂期から 3 回散布を行い，山城ら（2011）の方法に準じて収穫種子の保

Control of Bacterial Black Node of Wheat and Barley by Fungicide Application.　By Shun Shimada and Kazuhiko Sakai

（キーワード：ムギ類黒節病，薬剤散布，銅水和剤，発病抑制効果，保菌粒率低減効果）

表-1　コムギにおける薬剤散布による防除効果

酒井ら（2016）の一部抜粋

播種時期	薬剤名	希釈倍率（倍）	発病茎率[a)]（%）	防除価[b)]
2013 年 11 月 21 日	銅（塩基性硫酸銅　58.0%）水和剤	500	3.7 a	76.8
	ノニルフェノールスルホン酸銅水和剤	500	4.3 a	72.6
	銅（水酸化第二銅）・有機銅水和剤	400	3.5 a	77.9
	カスガマイシン・銅水和剤	1,000	5.2 a	67.4
	オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤	1,000	5.3 a	66.3
	無散布	−	15.8 b	−

a) 異符号間に有意差あり（arcsin 変換後の値を用いて Tukey 法で検定，$p < 0.05$）．
b) 防除価＝｛1 −（処理区 − 無処理区）｝× 100．以降の表も同様である．
供試品種はコムギ品種 'さとのそら'．
慣行栽培に準じて，チウラム・ベノミル粉剤（商品名：ベンレート T コート，黒節病は適用外）を種子重量の 0.5% 乾粉衣して播種．
薬剤散布日は，2014 年 4 月 9 日，17 日（穂ばらみ始め），24 日および 5 月 2 日．10 a 当たり 100 *l* の割合で散布．

表-2　銅水和剤による発病抑制効果（コムギ）

酒井ら（2016）の一部抜粋

播種時期	薬剤名	第 1 回目の散布時期	希釈倍率（倍）	発病茎率[a)]（%）	防除価	保菌種子検出割合（%）	同左低減効果
2014 年 11 月 14 日	銅（塩基性硫酸銅　58.0%）水和剤	止め葉抽出期	500	11.5 ab	53.1	1.2	76.7
	銅（塩基性硫酸銅　58.0%）水和剤	穂揃い期後	500	14.2 ab	42.2	1.0	80.0
	銅（塩基性硫酸銅　23.0%）水和剤	止め葉抽出期	1,000	11.2 ab	54.4	1.0	80.0
	無散布	−	−	24.5 b	−	5.2	−

a) 異符号間に有意差あり（arcsin 変換後の値を用いて Tukey 法で検定，$p < 0.05$）．
供試品種はコムギ品種 'さとのそら'．
慣行栽培に準じて，チウラム・ベノミル粉剤（商品名：ベンレート T コート，黒節病は適用外）を種子重量の 0.5%乾粉衣して播種．
薬剤散布日は，止め葉抽出期からの散布では 2015 年 4 月 3 日，23 日および 30 日，穂揃い期後からの散布では 4 月 23 日，30 日および 5 月 7 日．10 a 当たり 100 *l* の割合で散布．

表-3　銅水和剤による発病抑制効果（オオムギ）

試験区	発病茎率（%）	防除価
生育期散布区	10.7	43.6
無処理区	18.9	

供試品種はオオムギ品種 'カシマムギ'．
播種日は 2014 年 10 月 31 日．薬剤散布日は 2015 年 3 月 31 日（止め葉抽出期），4 月 6 日，4 月 23 日．
供試薬剤は銅水和剤（塩基性硫酸銅 58.0%）500 倍希釈液．10 a 当たり 150 ～ 200 *l* 相当量を散布．

菌粒率を調査した結果，年次間差が認められるものの，処理区では保菌粒率が低減された（表–5）。

さらに，2015 年は保菌粒率低減効果の高い散布時期を検討するために，生育ステージに合わせた散布を実施し，橋爪ら（2016）の方法に準じて保菌粒率調査を行った（表–6）。その結果，無処理区の保菌粒率が 60.9% と高い中で，穂揃い期以降 2 回または 3 回散布した処理区の保菌粒率は 1.4 ～ 5.9% と大きく低減された（島田ら，2016）。

また，表–2 に示す通り，埼玉県で実施したコムギに対する試験においても，無処理区の保菌粒率が 5.2% と低かったが，止め葉抽出期または穂揃い期から銅水和剤

表-4　生育期の薬剤散布による収穫種子の黒節病菌保菌粒率低減効果（2012 年）
青木・横須賀（2014）

供試薬剤および希釈倍数	保菌粒率（%）
オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤　500 倍	23.0
オキソリニック酸水和剤　1,000 倍	42.2
カスガマイシン・銅水和剤　1,000 倍	36.3
銅水和剤　500 倍	50.4
有機銅水和剤　200 倍	63.0
バチルス・銅水和剤　1,000 倍	51.1
食酢（酸度 10%，日本バイオ肥料（株）製）　100 倍	56.3
乳酸（乳酸 50%，（株）武蔵野化学研究所製）　100 倍	52.6
バチルス ズブチリス水和剤　200 倍	54.1
タラロマイセス フラバス水和剤　200 倍	53.3
トリコデルマ アトロビリデ水和剤　200 倍	48.2
無処理	58.3

表-5　銅水和剤による収穫種子の黒節病菌保菌粒率低減効果
島田ら（2016）

試験年	散布日	保菌粒率（%）	防除価
2012 ～ 13 年	出穂期（2013 年 4 月 22 日），5 月 2 日，5 月 9 日	8.0	88.4
	無処理	68.8	
2013 ～ 14 年	出穂期（2014 年 4 月 16 日），4 月 23 日，5 月 2 日	50.7	39.4
	無処理	83.7	

供試品種はオオムギ品種‘カシマムギ’.
供試薬剤は銅水和剤（塩基性硫酸銅 58.0%）500 倍希釈液．10 a 当たり 150 ～ 200 *l* 相当量を散布.
2012 ～ 13 年試験の播種日は 2012 年 11 月 8 日，穂揃い期は 2013 年 4 月 25 日.
2013 ～ 14 年試験の播種日は 2013 年 11 月 1 日，穂揃い期は 2014 年 4 月 19 日.

表-6　薬剤散布時期が収穫種子の黒節病菌保菌粒率に及ぼす影響（2015 年）
島田ら（2016）

薬剤散布日			保菌粒率（%）	防除価
1 回目	2 回目	3 回目		
3 月 20 日	3 月 30 日	4 月 9 日	43.1	29.3
止め葉抽出期	止め葉展開期	穂揃い期	14.6	76.1
止め葉展開期	穂揃い期	穂揃い期 7 日後	5.9	90.3
4 月 16 日	4 月 27 日	5 月 7 日	2.4	96.0
穂揃い期	穂揃い期 7 日後	穂揃い期 14 日後	1.4	97.7
穂揃い期 7 日後	穂揃い期 14 日後	穂揃い期 21 日後	2.6	95.7
無処理			60.9	

止め葉抽出期：3 月 31 日，止め葉展開期：4 月 6 日，穂揃期：4 月 23 日.
網掛けの箇所は穂揃い期以降を示す.
供試品種はオオムギ品種‘カシマムギ’.
供試薬剤は銅水和剤（塩基性硫酸銅 58.0%）500 倍希釈液．10 a 当たり 150 ～ 200 *l* 相当量を散布.

を3回散布することにより，保菌粒率を1.0～1.2%と極めて低く低減できた。

以上のように，銅水和剤（塩基性硫酸銅58.0%）を穂揃い期以降に2回以上散布することにより，収穫種子の保菌粒率を低減できると考えられた。

お わ り に

黒節病菌を保菌していない健全な種子生産のためには，雨よけ栽培が有効であることが明らかとなっている（山川ら，2011；青木ら，2015）が，実施可能な栽培面積には限界があることから，広大な面積の採種圃場などにおいては，銅水和剤（塩基性硫酸銅58.0%）を用いた穂揃い期以降の防除が有効と思われる。本剤は，2017年2月に黒節病を対象とした生育期の散布剤として適用拡大された。ただし，コムギにおいては本剤を茎葉に散布後，葉に褐色の小斑点や周縁部の枯れ込み等の薬害を生じることが確認されている。そのため，適用範囲は「採種用小麦」に限定されるので，注意が必要である。また，種子汚染低減のための散布時期は，オオムギおよびコムギの赤かび病防除適期と重なることから，赤かび病防除と合わせて行うことができると考えられるが，混用による防除効果への影響および薬害の有無等については今後検討する必要がある。

ムギ類黒節病の防除のためには，種子消毒を基本とし，銅水和剤（塩基性硫酸銅58.0%）による生育期の薬剤散布や耕種的防除を組合せることによって，発病を抑制するとともに，健全な種子生産が可能と考えられる。

謝辞　本稿執筆にあたり，（国研）農研機構中央農業研究センターの井上康宏博士には貴重なご助言をいただいた。この場を借りて御礼申し上げる。

なお，本研究は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「麦類で増加する黒節病などの種子伝染性病害を防ぐ総合管理技術の開発」により実施したものである。

引 用 文 献

1）青木一美ら（2013）：茨城病虫研報 **52**：18～23.
2）――――・横須賀知之（2014）：関東病虫研報 **61**：23～25.
3）――――ら（2015）：同上 **62**：175（講要）.
4）福田徳治（1992）：畑作物の病害虫（高橋廣治・持田 作 編），全農協，東京，p.65～66.
5）橋爪不二夫ら（2016）：関西病虫研報 **58**：99～102.
6）酒井和彦ら（2016）：関東病虫研報 **63**：14～17.
7）島田 峻ら（2016）：同上 **63**：6～7.
8）山川智大ら（2011）：日作紀 **80**（別1）：94～95（講要）.
9）山城 都ら（2011）：関東病虫研報 **58**：9～12.
10）――――（2012）：植物防疫 **66**：35～38.

農林水産省プレスリリース（29.4.10～5.15）

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。

◆**農林水産省のホームページに農業技術・研究の見える化サイトを開設しました！**（4/10）　http://www.affrc.maff.go.jp/docs/press/170410.htmlhtml

◆**「平成29年度病害虫発生予報第1号」の発表について**（4/19）　http://www.maff.go.jp/j/press/syouan/syokubo/170419.html

◆**「セイヨウオオマルハナバチの代替種の利用方針」の策定について**（4/21）　http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/kaki/170421_11.html

ミニ特集：ムギ類の種子生産における黒節病管理技術

雨よけ栽培と晩播によるムギ類黒節病の耕種的防除

三重県農業研究所　田畑茂樹（たばた しげき）

はじめに

Pseudomonas syringae pv. *japonica*（synonym pv. *syringae*）が引き起こすムギ類黒節病は，以前から全国各地で突発的に被害の発生が見られている種子伝染性の細菌病である。

三重県においてはコムギの作付面積が拡大する中で，2007年に一部産地で重篤な発生が見られたことから防除対策を確立するため，農林水産省研究成果実用化促進事業「小麦（あやひかり）の黒節病感染を回避する種子生産技術の開発」（2009～10年）に取り組み，「コムギ黒節病対策技術マニュアル」（三重県小麦健全種子供給体制確立地域農業研究・普及協議会（2011））を策定した。当時は，三重県のコムギ生産者やコムギ採種圃場の種子審査にあたる普及指導員において，黒節病の認知度が低い状況であったことから，マニュアルは，黒節病の認知度を向上させる情報を主体としてハウス栽培や晩播栽培の有効性を紹介している。その後，全国的に黒節病の総合的な防除対策の必要性が高まったこともあり，農研機構中央農業総合研究センターを中核機関として，茨城県，埼玉県，山口県，香川県，三重県の公設試が参加した農林水産省・食品産業科学技術研究推進事業（25063C）「麦類で増加する黒節病など種子伝染性病害を防ぐ総合管理技術の開発」（2013～15年）に取り組んだ。当事業では，殺菌剤による種子消毒や本圃防除技術の確立，耕種的防除技術の確立，黒節病判別手法の開発等を目標としていた。

本稿では，上記二つの事業において，得られた一連の成果の中から，耕種的防除法である雨よけ栽培や遅播等の耕種的防除について報告する。

I 雨よけ栽培

これまでの知見から，ムギ類黒節病は，春先の低温遭遇や風雨に遭うことにより助長されることが解っている。そこで，通常露地で栽培されるムギをハウス内で栽培することは，ムギ類黒節病の感染に好適な条件を回避し発生を抑制することができる有効な手段と考えられる。

三重県が2010年産コムギ‘あやひかり’で行った場内試験では，雨よけ栽培（ガラス温室）が，露地栽培に比べて発病およびそこで生産された種子の黒節病菌保菌粒率を大きく下げる効果が確認できた（表-1）。また，農食事業25063Cコンソーシアムの中でも，茨城県（青木ら，2015），山口県，香川県（河田・森，2017）において，雨よけ栽培による防除効果を確認している（表-2）。

しかし，ムギ類黒節病に対して，高い防除効果が期待できる雨よけ栽培であるが，露地で大面積，低コスト栽培が行われているムギ類栽培に導入するのは現実的ではない。そこで三重県では，種子伝染性病害であるムギ類黒節病菌を保菌していない健全な種子の供給のために種子生産の初期の段階（系統種子生産）において雨よけ栽培を導入している。

三重県では，‘あやひかり’，‘ニシノカオリ’，‘タマイズミ’のコムギ3品種とオオムギ1品種‘ファイバースノウ’の採種を行っている。それぞれの品種の原種圃場は，2017年産の計画で‘あやひかり’350 a，‘ニシノカオリ’60 a，‘ファイバースノウ’25 a，‘タマイズミ’は備蓄で調整となっている。そのため，最も栽培面積が大きい‘あやひかり’で約20 a，その他の品種で約10 aの原原種の生産を農業研究所場内圃場で行っている。その生産のために必要な種子約50 kg（備蓄も含めて）を約2 aのビニールハウスで，1品種につき4年程度の間隔で生産し

図-1　‘あやひかり’のハウス採種の様子

Control for Bacterial Black Node of Wheat and Barley by Rain Protected Culture and Late Sowing.　By Shigeki Tabata

（キーワード：ムギ類黒節病，耕種的防除）

表-1　三重県農業研究所内における黒節病の発病程度と種子保菌率（山川ら，2011）

生産場所	発病茎率（%）			種子保菌率（%）		
	I	II	平均	I	II	平均
温室	0	0	0	0	0.4	0.2
露地	5.0	3.0	4.0	7.2	10.4	8.8

注1）使用した種子の黒節病菌保菌率は9%.
注2）発病茎率は1区につき100茎調査，種子保菌率は各区250粒を調査.

表-2　香川県における雨よけポット栽培における黒節病の保菌粒率と発病茎数（河田・森，2017，改変）

ポット番号	1	2	3	4	5	6	7
使用種子の保菌粒率（%）	0.0				92.0	30.0	5.0
保菌粒率・%	1.6	4.2	1.6	0.5	1.6	0.0	0.0
発病茎数・本/ポット	0	0	0	0	0	0	0

1）播種年は2014年.
2）品種は‘イチバンボシ’.
3）ポット1～4は2000年産系統種子，ポット5は2014年産原種種子，ポット6～7は2011年産原種種子を使用.

表-3　三重県農業研究所内の温室および露地圃場における‘あやひかり’の生育特性（山川ら，2011）

生産場所	播種時期	基肥窒素量（kg/a）	出穂期	開花期	成熟期	稈長（cm）	穂長（cm）	穂数（本/株）	倒伏程度	うどんこ病
温室	1月下旬	0.2	4/12	4/20	6/4	94	11.6	15.3	無	中
		0.4	4/12	4/20	6/4	94	11.2	16.8	無	中～多
	2月下旬	0.2	4/27	5/4	6/16	92	10.6	17.4	無	多
		0.4	4/27	5/4	6/16	93	10.3	18.0	無	多
露地圃場	11/20	0.7	4/12	4/22	6/3	92	9.9	2.8	無	微～少

注1）倒伏程度および病気の発病程度は無，微，少，中，多，甚の6段階評価.

図-2　チューブ灌水の様子

ている（図-1）。

一般的な露地栽培とハウス栽培では，ムギの生育は大きく異なる（表-3）ことから，以下の点に留意する。

通常，県内のムギの播種は11月に行われるが，ハウス栽培では，年明けに播種を行っても十分な生育量が確保できるので，過剰生育による倒伏を避けるため播種は2月ころに行う。また，灌水によるムギ類黒節病菌の感染を防ぐために，なるべく植物体に水がかからないようチューブ灌水等を行う（図-2）。さらに，露地栽培に比べてハウス内は，高温で乾燥気味に経過するため，アブラムシやうどんこ病の発生に注意し，状況に応じて防除を行う必要がある。

II 遅 播 栽 培

ムギ類黒節病に対する雨よけ栽培の防除効果は，本稿

表-4　香川県における播種期別黒節病発生茎数（率）（河田・森，2017）

播種期	発生茎数	穂数	発病茎率	生育ステージ間の日数	
				幼穂形成始期～節間伸長始期	節間伸長始期～出穂期
	（本/m²）	（本/m²）	（%）		
11.5	2.94	358.0	0.82	33	31
11.14	2.70	389.6	0.69	28	30
11.28	0.21	313.0	0.07	9	24
12.8	0.00	274.7	0.00	9	20
12.25	0.00	208.1	0.00	8	21

1）各区ごとの調査は 1.8 × 7 m，6 反復平均とした．
2）播種年は 2014 年．
3）品種は‘イチバンボシ’．

表-5　三重県農業研究所内圃場における異なる年産，作期における生育ステージの推移（田畑ら，2016）

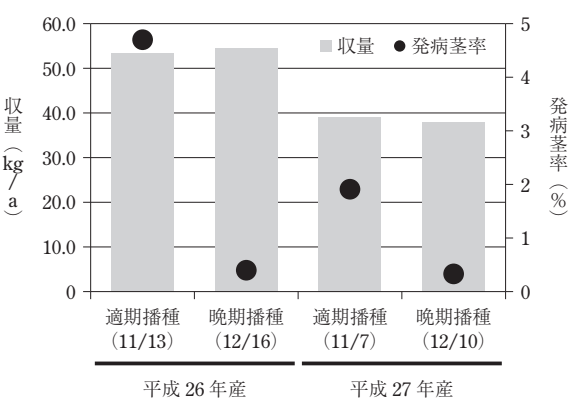
年産	播種時期	播種日	幼穂形成始期	止葉抽出始期	出穂期	成熟期
2014	適期	11 月 13 日	2 月 18 日（97）	4 月 2 日（140）	4 月 17 日（155）	6 月 6 日（205）
	晩期	12 月 16 日	3 月 28 日（102）	4 月 14 日（119）	4 月 24 日（129）	6 月 10 日（176）
2015	適期	11 月 7 日	2 月 6 日（91）	3 月 23 日（136）	4 月 8 日（152）	5 月 27 日（201）
	晩期	12 月 10 日	3 月 23 日（103）	4 月 6 日（117）	4 月 22 日（133）	6 月 8 日（180）

1）（　）は播種日からの日数．

で紹介した事例が示すように安定的な発病抑制および保菌粒率低下の効果が期待できると考えられる。しかし，雨よけ栽培を導入できる場面は採種事業の初期段階にあたる小面積での栽培である。そこで，より広い面積においても実施可能な耕種的防除法として，通常の適期とされる時期より播種を遅らせる晩播の効果について，農食事業 25063C コンソーシアムの中で，埼玉県，香川県，三重県で検討した。香川県では，2014 年産のハダカムギ品種‘イチバンボシ’で，晩播栽培を検討し，発病抑制効果を確認している（表-4）。

三重県においては，主力のコムギ品種である‘あやひかり’について，播種適期とされる 11 月上中旬に対し，約 1 か月播種を遅らせた晩播の効果を 2014 年産からの 2 年間検討した。その結果，晩播では，11 月上中旬の適期播種に比べて発病を抑制する効果が確認された。その一方で，香川県の試験により懸念された穂数の減少による減収は見られなかった（図-3）。

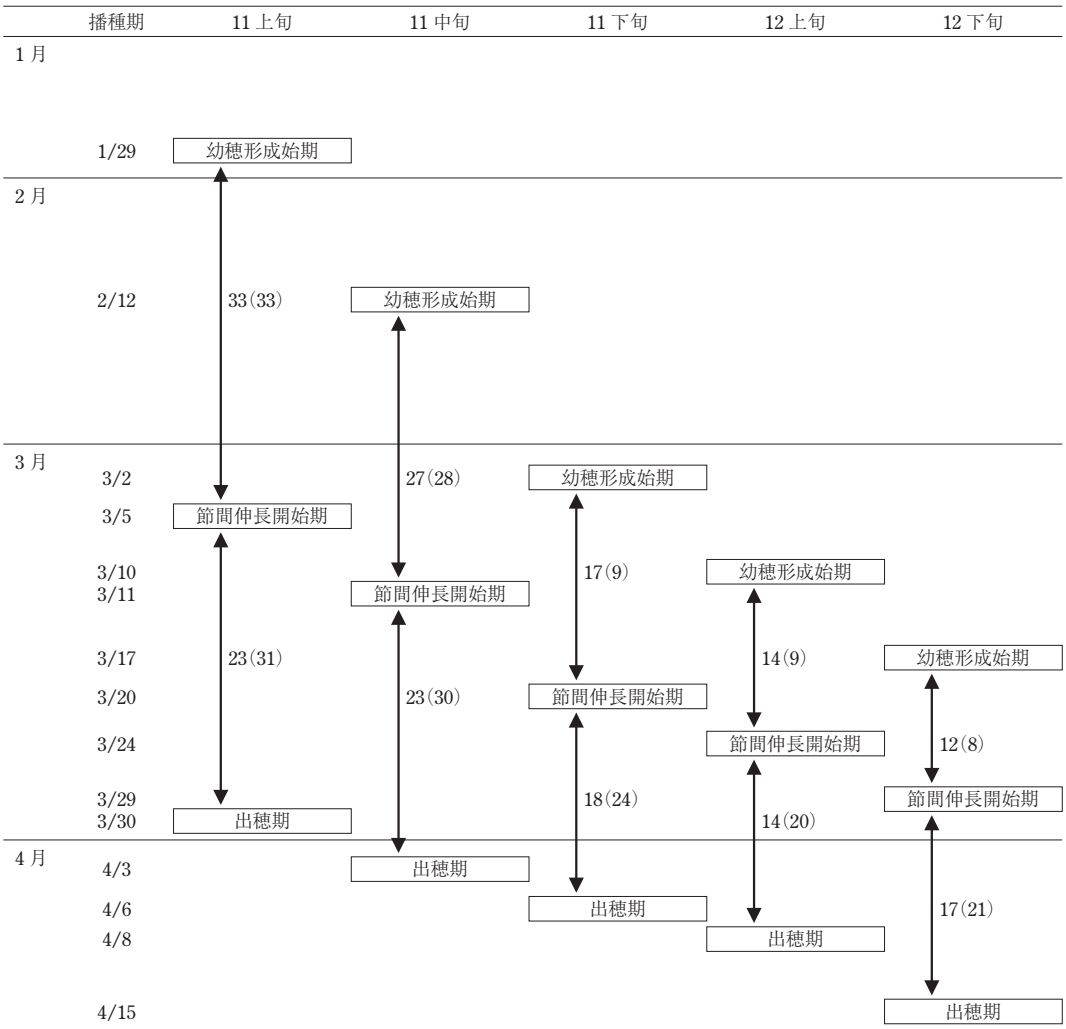
晩播によりムギ類黒節病の発病が抑制される要因としては，播種期の移動に伴い，ムギの生育ステージの推移が変化するためと考えられる（図-4）（表-5）。播種時期



品種：‘あやひかり’　播種量：8 kg/10 a
農業研究所内圃場（松阪市嬉野川北町）

図-3　播種時期の違いがコムギ黒節病の発病と収量に及ぼす影響

が遅くなるに伴い，ムギの生育ステージの進捗は遅くなるが，播種時期の移動幅に比べて，出穂期の移動幅は小さいため，各生育ステージの間隔が短くなる。生育ステージのとらえ方が多少異なるが，香川県では，幼穂形成始期から節間伸長始期の間が，後退するとともに大きく



1）矢印間の数字は生育ステージ間の日数.
2）日数は，作況試験結果の 2013 ～ 15 年産 3 か年平均.（　）内は 2015 年産.
3）品種は ‘イチバンボシ’.

図-4　香川県における播種期別生育ステージ（2013 ～ 15 年産平均）（河田・森，2017）

短縮され，三重県では，幼穂形成始期から止葉抽出始期の間が後退するとともに短縮される。このことにより，ムギ類黒節病菌にムギが感染しやすい生育ステージである幼穂形成始期以降に，感染に好適な低温や高湿といった気象条件に遭遇する機会が減少するためと考えられる（河田・森，2017）。

また，晩播により茎数は少なく推移する傾向が見られ，そのことが群落内の高湿な条件を緩和し発病を抑制していると考えられた（田畑ら，2016）。

ムギ類黒節病の発病抑制に有効と考えられる晩播栽培であるが，経営体あたりのムギの作付面積が大規模となっている現状では，播種作業が長期にわたるため，播種の大幅な遅延により香川県の試験結果にも見られるように，穂数の減少をまねき，減収するリスクが高いと考えられ，導入できる場面は限られると考えられる。また，農食事業 25063C コンソーシアムの中でも，埼玉県におけるコムギ ‘さとのそら’ では，晩播の効果が確認されなかった事例もあることにも留意が必要である（酒井ら，2016）。ムギ類黒節病の罹病性には品種間差異がある可能性が示唆されている（上松・井上，2015）ことや栽培環境が地域により異なることなどから，品種・地域ごとの効果の検証，データの蓄積が必要である。

お わ り に

ムギ類黒節病の耕種的防除法として，雨よけ栽培および晩播栽培を紹介した。これらの防除法については，導入にあたってビニールハウスなどの高価な資材が必要であったり，大面積経営の中，播種時期の大幅な遅延による減収のリスクを伴ったり，品種や地域により効果が不安定となる可能性があることから，安易に取り組める技術とは言い難い。ただし，種子伝染性の細菌病であるムギ類黒節病のまん延を防ぐ手立てとして健全な種子を提供するうえで，比較的小面積栽培である種子生産の初期の段階であれば雨よけ栽培は導入可能な手段であると考えられる。

また，晩播栽培による発病抑制効果とその要因から考えられることは，ムギの栽培において，少なくとも極端な早期播種，多肥や厚播きによる生育期の過繁茂は，ムギ類黒節病の発病を助長させるので避けるべきであるということである。

引 用 文 献

1）青木一美ら（2015）：関東東山病虫研報 **62**：175（講要）.
2）上松　寛・井上康宏（2015）：同上 **62**：6 ～ 8.
3）河田和利・森　充隆（2017）：香川県農業試験場研究報告 **67**：1 ～ 8，9 ～ 16.
4）三重県小麦健全種子供給体制確立地域農業研究・普及協議会（2011）：コムギ黒節病対策技術マニュアル，三重，p.4 ～ 5.
5）酒井和彦ら（2016）：関東東山病虫研報 **63**：14 ～ 17.
6）田畑茂樹ら（2016）：関西病虫研報 **58**：103 ～ 106.
7）山川智大ら（2011）：日作紀（別 1）**80**：94 ～ 95.

発生予察情報・特殊報（29.4.1 ～ 4.30）

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

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

■ **ホウレンソウ：べと病レース 8 およびレース 10**（神奈川県：初）4/12
■ **トルコギキョウ：斑点病**（高知県：初）4/14
■ **トマト，ミニトマト：葉かび病（レース 2.9）**（鳥取県：初）4/24
■ **トマト：黄化病**（東京都：初）4/26

ミニ特集：ムギ類の種子生産における黒節病管理技術

個別技術を組合せたムギ類黒節病の防除対策

埼玉県農業技術研究センター　酒井和彦（さかい かずひこ）

はじめに

ムギ類黒節病は*Pseudomonas syringae* pv. *japonica*（synonym pv. *syringae*）によって引き起こされる種子伝染性の細菌病で，近年，関東地域でも普遍的に発生が見られる。本病による大幅な減収などの直接的な被害事例はほとんどないが，種子伝染することから，ムギ類の採種生産における本病の的確な防除は健全種子の確保上極めて重要である。

本号においてそれぞれの執筆者が述べられたように，ムギ類黒節病に対しては「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（農食事業）」に採択され（課題番号25063c），2013～15年度の3年間，発生生態の解明，種子消毒技術の確立や有効な茎葉散布剤のスクリーニング，保菌種子の検出手法の改良等の研究課題に取り組んできた。

それらの研究成果については前記事までに関係諸氏が詳細に述べられているので，本記事では，個別技術を組合せた総合的防除対策技術を紹介したい。

I　種子消毒と茎葉散布を組合せた体系化防除

「農食事業25063c」で検討された種子消毒技術は，ハダカムギを香川県，オオムギ（六条皮麦）を茨城県，コムギを埼玉県が担当した。その結果，金属銀水和剤（銀20.0%，商品名シードラック水和剤）および銅水和剤（塩基性硫酸銅58.0%，商品名Zボルドー）が有効と判断され，シードラック水和剤は2016年8月2日付で，Zボルドーは2016年11月2日付で，ムギ類黒節病に対する種子消毒剤として適用拡大された。一方，茎葉散布剤については，農食事業として研究に取り組む前から茨城県や埼玉県が薬剤のスクリーニングを行い，防除効果と，作物残留試験の要否を考慮して銅水和剤（Zボルドー）を選定し，農食事業において参画各県によりオオムギおよびコムギに対する薬効薬害試験を実施した（青木・横須賀，2014；酒井ら，2016；島田ら，2016）。その結果をもとに2017年2月22日付でオオムギおよび採種用コムギを対象として適用が拡大された。

種子消毒技術および茎葉散布剤の検討についてはすでに詳述されているので，ここでは，金属銀水和剤の1%湿粉衣による種子消毒と出穂期前後の銅水和剤散布を組合せた黒節病防除技術について紹介する。

1　試験方法

コムギ品種‘さとのそら’の，2015年産（2014年秋播種）を供試した。試験は埼玉県農業技術研究センター久喜試験場内露地畑圃場（沖積土壌：褐色低地土）で試験を行った。

金属銀水和剤は種子重量の1%を湿粉衣（種子の3%量の滅菌蒸留水を加えて混和，種子表面を湿らせたのち所定量の薬剤を混和）とし，対照はチウラム・ベノミル粉剤（商品名：ベンレートTコート，ただし本病には適用なし。地域慣行薬剤として使用。）の0.5%乾粉衣とした（表-1）。播種時期は，適期である11月14日と，適期より約3週間遅らせた12月8日の2水準とした。晩播き区を設けたのは，播種時期を遅らせることによる防除効果の向上も企図したためである。

生育期の防除は，銅水和剤（Zボルドー500倍液）を3回散布とした（表-2）。本病に対し，病徴発現の抑制にはムギの茎立ち期から薬剤散布を行うことが有効（青木・横須賀，2014）とされているが，種子保菌粒率の低減には穂に薬剤が複数回付着する必要性が示唆された（酒井ら，2015）ため，本試験では，止め葉抽出期からの3回散布区と，穂揃い期後からの3回散布区を設けた。

出穂の22または23日後，任意の200茎について発病の有無を調査した。茎によっては穂，葉鞘，稈基部等複数部位に病徴が発現するものも見られたが，こうしたものも1本の発病茎として扱った。また，病徴発現部位による発病程度の重みづけは行わなかった。

成熟期に坪刈を行い，風乾，脱穀，調製して得られた種子の保菌粒率を，橋爪ら（2016）の方法により調査した。本手法については次記事で詳述されているので，そちらを参照されたい。なお，橋爪ら（2016）では種子の浸漬温度および日数を8℃で3日間としているが，発芽とともに種子内部に存在する細菌を浸出液中に泳出させるため，今回の試験では7日間浸漬とした。

Integrated Control by Combination of Each Methods to Bacterial Black Node of Wheat and Barley.　By Kazuhiko SAKAI
（キーワード：ムギ類，黒節病，防除技術，総合的対策）

表-1　種子消毒と生育期散布を組合せた体系防除における試験区の構成

種子消毒の方法	薬剤名	希釈倍率（倍）	散布時期・回数
金属銀水和剤1%湿粉衣	銅（塩基性硫酸銅　58.0%）水和剤	500	止め葉抽出期から3回
	銅（塩基性硫酸銅　58.0%）水和剤	500	穂揃い期後から3回
	無散布	−	−
（参考薬剤）チウラム・ベノミル粉剤0.5%乾粉衣	銅（塩基性硫酸銅　58.0%）水和剤	500	止め葉抽出期から3回
	銅（塩基性硫酸銅　58.0%）水和剤	500	穂揃い期後から3回
	無散布	−	−

薬剤の商品名は，金属銀水和剤：シードラック水和剤，銅水和剤：Zボルドー．

表-2　コムギの播種時期，出穂期，穂揃い期と薬剤散布月日

播種時期	出穂期	穂揃い期	薬剤の散布時期および回数	薬剤散布日
適期播種（2014年11月14日）	2015年4月18・19日*)	2015年4月20・21日*)	止め葉抽出期から3回	4月3日，23日，30日
			穂揃い期後から3回	4月23日，30日，5月7日
晩播（2014年12月8日）	4月25日	4月28日	止め葉抽出期から3回	4月16日，5月1日，5月6日
			穂揃い期後から3回	5月1日，6日，11日

*) 適期播種の出穂期は，慣行薬剤粉衣区が4月18日，金属銀水和剤湿粉衣区が4月19日，穂揃い期は，慣行薬剤粉衣区が4月20日，金属銀水和剤湿粉衣区が4月21日．
試験規模は1区4.8 m²，3連制とした．

1処理につき576粒の保菌粒率を検定し，保菌種子検出割合から低減効果を求めた。

2　防除効果

金属銀水和剤による種子消毒のみでも病徴発現を抑制する効果が高く，防除価は80以上であった。銅水和剤の生育期散布と組合せることによる防除効果の向上は小さかったが，適期播種では止め葉抽出期からの散布でその効果が認められた。一方，金属銀水和剤による種子消毒を行わず出穂期前後の散布とした場合（図-1のDおよびE）では病徴発現の抑制効果は十分ではなかった。なお，適期播種に比較し晩播き栽培のほうで発病が多くなる傾向が認められた。

図-1のCに示す通り金属銀水和剤による種子消毒のみでも保菌粒率低減効果が認められ，低減効果の防除価は70～80程度であった。さらに，銅水和剤の散布と組合せた体系防除において低減効果90以上と極めて高い防除効果が得られ，特に，穂揃い期後からの3回散布では保菌粒が検出されないか検出割合が極めて低く，コムギにおいて本体系は極めて有効であった。

防除効果の年次変動を考慮して2016年産でも同様の試験設計の追認試験を埼玉農技研内で実施し，11月下旬播種のコムギおよびオオムギ（六条皮麦）に対する検討を行っている（酒井，未発表）。コムギ‘さとのそら’では無防除区における発病茎率18.5%に対し保菌種子検出割合は24.5%，オオムギ（六条皮麦）‘すずかぜ’では同様に7.2%，45.3%であったが，体系防除による種子保菌粒率低減効果はコムギで87，オオムギ（六条皮麦）で67であった。子実が穎に護られているコムギに比較しオオムギで保菌種子検出割合が高い傾向はあるものの，金属銀水和剤による種子消毒と銅水和剤の3回散布を組合せた体系化防除は実用性が高いと考えられる。

なお，2015年産コムギでの試験では，発病茎率が高い割に保菌種子検出割合が低い。その原因は明らかでないが，2015年はコムギの出穂期以降成熟期にかけて降雨が少なく，乾燥した晴天の日が多かったために，病原細菌の穂あるいは子実への移行が少なかったためと推測される。

3　留意点

金属銀水和剤は，そのままでは麦類の乾燥種子に対する付着性が良好でない。乾粉衣では十分な量の薬剤が種

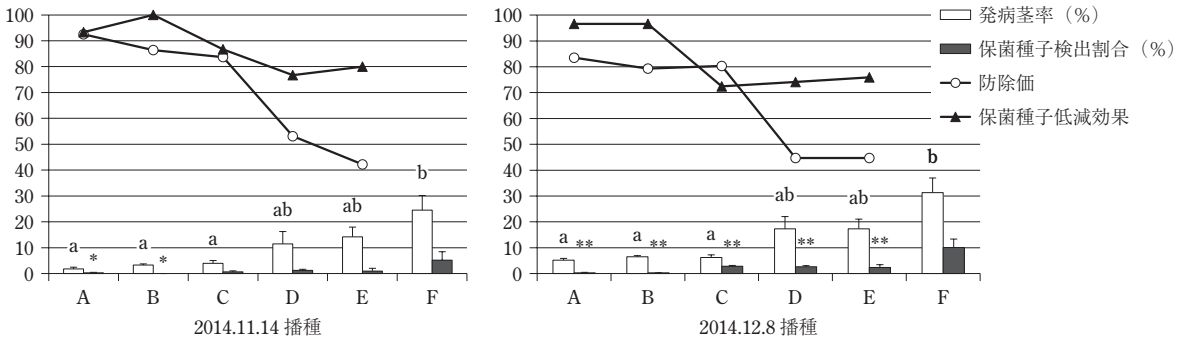


図-1　体系防除における防除効果および種子保菌粒率低減効果（酒井ら，2016 より）
A：金属銀による種子消毒・止め葉抽出期から 3 回散布　B：金属銀による種子消毒・穂揃い期後から 3 回散布　C：金属銀水和剤による種子消毒のみ　D：参考薬剤による種子消毒・止め葉抽出期から 3 回散布　E：参考薬剤による種子消毒・穂揃い期後から 3 回散布　F：参考薬剤による種子消毒のみ．
各グラフのエラーバーは標準誤差（n = 3）．
発病茎率について，異なる英小文字間に有意差あり（arcsin 変換後，Tukey 法で検定．$p < 0.05$）．
保菌種子検出割合，参考薬剤のみの区（F）との間に，*は $p < 0.05$，**は $p < 0.01$ で有意差あり（Dunnett 法で検定）．

子に付着しないため，粉衣処理の場合は必ず湿粉衣とする。その際，必要以上に撹拌を続けると種子表面に付着した薬剤が落ちてしまうため注意が必要である。本剤は空気中で徐々に酸化されるため種子や機材に付着した薬剤が褐色になり，また，薬剤が皮膚に付着すると変色が落ちにくくなる。取り扱う際には必ず手袋を着用するとともに，粉末を吸いこまないよう保護マスクを着用する。

なお，本剤の粉衣処理により種子表面の摩擦係数が変わるためか，ベルト繰上げ式など，播種機の種類によっては同一設定の場合に地域慣行薬剤と比較して播種量が減少することがある。今回の試験ではチウラム・ベノミル粉剤に比較し播種量が約 10%減少した。初めて本剤を用いる場合には，設定量の種子が播けるようあらかじめ播種機の調整を行っておくことが望ましい。

銅水和剤散布により，コムギでは，薬液の付着した葉に淡褐色・不整形の小斑点が生じる。葉先から枯れ込む場合もあり，出穂期前など抽出・展開中の葉が軟弱な場合に薬害が生じやすい。収量に及ぼす影響は小さいが，このような薬害を考慮し農薬登録上，コムギでの適用は「採種用小麦」に限られる。なお，オオムギでは二条皮麦，六条皮麦，六条裸麦ともこのような薬害は生じないため，採種栽培，一般栽培を問わず使用が可能である。

II　雨よけハウスを活用した栽培法

すでに小麦では雨よけハウス栽培による種子保菌粒率低減効果が高いことが示されていた（山川ら，2011；三重県，2011）。農食事業25063cでは，コムギ‘さとのそら’およびオオムギ（六条皮麦）‘カシマムギ’を対象に，雨よけハウス栽培と薬剤防除を組合せた防除技術の構築を茨城県農業総合センター農業研究所において検討した（図-2）。その結果は表-3 の通りで，本体系により本病の発生をほぼ完全に抑制した（農研機構，2016）。

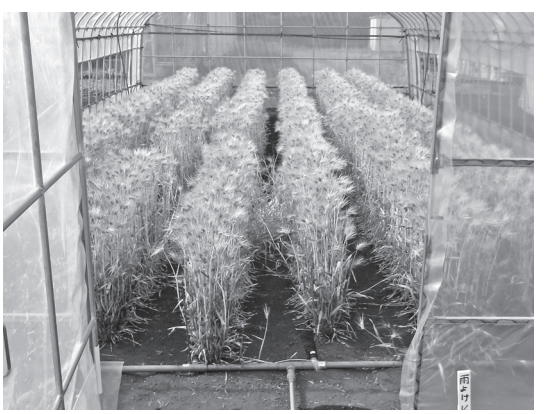


図-2　雨よけハウスでのオオムギ黒節病防除試験
（茨城県農業総合センター　農業研究所）

なお，雨除けハウスでは施設内の温度が露地に比較して高く経過するため，麦種や品種にもよるが播種時期を慣行の露地栽培に比較し 2 か月程度遅らせる必要がある。なお，品種により秋播性程度（花芽分化までの低温要求性）が異なるため，各県で発行されている奨励品種特性表などを参考に播種晩限を決める必要がある。また，当然のことであるが，降雨の影響がなく土壌の乾燥が顕著となるため灌水チューブを設置する等の対応により土壌水分を確保するとともに，アブラムシ類や，うどんこ病の発生が多くなりやすいため早期から適切な防除

表-3　雨よけ栽培・種子消毒・生育期散布を組合せた総合的防除技術

ムギの種類（品種名）	防除体系	種子消毒	生育期散布	発病茎率（%）	防除価
オオムギ（カシマムギ）	総合防除（雨よけ）	金属銀水和剤 1%湿粉衣	銅水和剤・500 倍液	0	100
	慣行栽培（露地）	−	−	14.7	−
コムギ（さとのそら）	総合防除（雨よけ）	金属銀水和剤 1%湿粉衣	銅水和剤・500 倍液	0	100
	慣行栽培（露地）	−	−	1.0	−

播種日は，慣行栽培：2014 年 11 月 19 日，総合防除：2015 年 1 月 22 日．
生育期防除はムギの止め葉展開期から 3 回散布．
*農研機構（2016）麦類種子伝染性病害対策パンフレット「黒節病などの種子伝染性病害に注意しましょう」より．

が必要となる。

ところで，ムギ類採種圃における種子の基準収量は一般生産圃場より低く設定されており，埼玉県においては 10 a 当たり小麦および二条大麦が 300 kg，六条大麦が 350 kg，裸麦が 240 kg である。ムギ類では種子の増殖率が 50 ～ 100 倍程度であることを考慮すると，一般生産圃場向け種子の所要量を確保するためには広大な面積の採種圃が必要となる。小麦の一般栽培における播種量を 10 a 当たり 6 ～ 8 kg とすれば 1 ha 当たり 60 ～ 80 kg の種子が所要となり，200 ～ 300 m^2 の雨除けハウス 1 棟が必要となる。したがって，雨除けハウスでの栽培は，原原種（一般生産圃場向け種子の 2 世代前，口絵①参照）の生産が現実的なターゲットになると考えられるが，ハウス栽培で得られたクリーンな種子を用いて，金属銀水和剤による種子消毒と生育期の銅水和剤散布を組合せた体系防除により種子の増殖をすすめ，健全な種子生産を図ることが本病対応技術の要となる。

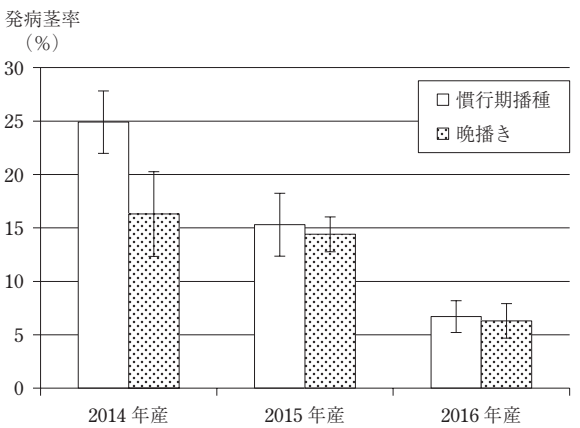


図-3　晩播き栽培の効果が不明瞭であった試験例（コムギ：品種 ‘さとのそら’，埼玉県農業技術研究センター）
注 1）圃場内 5 地点（200 茎）の平均，エラーバーは標準誤差．
注 2）播種月日は次の通り．
2014 年産：2013 年 11 月 21 日（慣行期），同 12 月 9 日．
2015 年産：2014 年 11 月 14 日（慣行期），同 12 月 8 日．
2016 年産：2015 年 11 月 24 日（慣行期），同 12 月 17 日．

III　耕種的対策での留意点

本病の耕種的対策技術として，播種期を遅らせることにより防除効果が得られることが最近の研究でも示されており（田畑ら，2016；河田・森，2017），本号特集記事においてもそれぞれ詳しく述べられている。しかし，関東地域においてコムギ ‘さとのそら’ ではその効果が十分でない事例があり（図-3），また，本稿 I 章で述べた体系防除においても 11 月中旬の適期播種に比較し 12 月上旬の晩播きのほうで発病茎率や保菌種子検出割合が高かったことからも，晩播き栽培で防除効果が得られない場合もあることに留意する必要がある。青木ら（2013）も，コムギ ‘さとのそら’ では播種期の遅いものでも種子保菌粒率が高いことを指摘している。

ところで，河田（私信）は，ムギ類における生育ステージの転換，すなわち茎立ち期を過ぎて節間伸長が急速に行われる時期および出穂期が，本病に対する感染性に影響する可能性を指摘している。コムギ ‘さとのそら’ はかつて関東地方で広く作付けられてきた ‘農林 61 号’ に比較して秋播性程度が高く（‘農林 61 号’：II，‘さとのそら’：IV），茎立ち期（主茎の稈長 2 cm 以上となる時期）は遅い。しかし，出穂期は ‘農林 61 号’ に比較して 4 日

程度早いため（大澤ら，2012），茎立ち期以降の節間伸長が速やかで茎葉が軟弱になると推定される。播種期を遅らせると節間伸長期も遅くなり，適期播種の場合よりも節間伸長期の気温が高く降水量が多い時期になることから，発病リスクが高まることも考えられる。

今後も試験を重ねて知見の蓄積を図る必要が残されているが，晩播き栽培における留意点として述べておきたい。

お わ り に

ムギ類黒節病に限らず，細菌病は難防除病害として常に生産現場を悩まし続けてきた。特に，本病に対しては2016年7月まで登録薬剤は皆無であったため，生産現場で発生した際の対応には本県を含め各地とも苦慮してきたが，2016年8月以降ようやく有効な薬剤が複数登録され，種子消毒と生育期散布を組合せた体系防除も可能となった。

ムギ類黒節病防除技術の開発はここ数年で大きく進捗したが，農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業として参画各機関連携のもと研究を進めることができたことに加え，農薬登録の適用拡大にあたっては関係の農薬メーカーや（一社）日本植物防疫協会，農林水産省の関係部門の協力が得られたことも大きな要素である。

本研究に携わった研究者，担当者に心よりお礼申し上げるとともに，これまで紹介してきた対策技術が種子生産現場に取り入れられ，ムギ類の健全種子の生産が拡大・継続することを願ってやまない。

引 用 文 献

1）青木一美ら（2013）：関東病虫研報 **60**：151（講要）.
2）――――・横須賀知之（2014）：同上 **61**：23 ～ 25.
3）橋爪不二夫ら（2016）：関西病虫研報 **58**：99 ～ 102.
4）河田和利・森　充隆（2017）：香川農試研報 **67**：1 ～ 8.
5）三重県（2011）：コムギ黒節病対策技術マニュアル，11 pp.
6）農研機構（2016）：麦類種子伝染性病害対策マニュアル「黒節病などの種子伝染性病害に注意しましょう」，4 pp.
7）大澤　実ら（2012）：日作紀 **81**：343 ～ 348.
8）酒井和彦ら（2015）：日植病報 **81**(3)：293（講要）.
9）――――ら（2016）：関東東山病虫研報 **63**：14 ～ 17.
10）島田　峻ら（2016）：関東病虫研報 **63**：6 ～ 7.
11）田畑茂樹ら（2016）：関西病虫研報 **58**：103 ～ 106.
12）山川智大ら（2011）：日作紀（別1）**80**：94 ～ 95（講要）.

ミニ特集：ムギ類の種子生産における黒節病管理技術

ムギ種子の簡便な黒節病菌保菌粒率調査法

三重県農業研究所　橋爪（はしづめ）　不二夫（ふじお）・藤田（ふじた）　絢香（あやか）

はじめに

ムギ類の黒節病は病原細菌 *Pseudomonas syringae* pv. *japonica*（synonym pv. *syringae*）によって引き起こされる。本病害は種子が第一次伝染源とされているため，採種圃における発生が栽培圃場における発生の拡大，さらには収穫物の品質低下，減収を招くおそれがある。そのため，採種圃段階で汚染度の低い種子を生産することが重要となるが，汚染度を定量的に評価するための指標の一つとなるのが種子の保菌粒率である。効果的な種子消毒法や耕種的防除手法を開発するためにも簡便かつ客観的な保菌粒率の調査法が必要となってくる。

これまでに筆者らが黒節病菌の保菌粒率調査法を考案する過程で，黒節病菌は種子の胚に高濃度で存在しており，吸水で漏出させることで検出が容易になることがわかってきた。そこで，黒節病菌選択培地（森ら，1999）（以下，選択培地）に種子の胚側を差し込み，黒節病菌のコロニーの発生割合をカウントする方法（以下，選択培地差込法）（橋爪ら，2009）を開発した。しかし，この選択培地差込法は1粒ずつ多数の種子を差し込むために多大な労力と時間がかかること，糸状菌の繁殖によって黒節病菌の判定がしにくくなること，多量の選択培地の作成が必要なためコストがかかること等の問題があり，簡便な方法とは言えなかった。

そこで，96穴プレートに入れた種子の浸水液を選択培地に少量スポットすることで，簡便にムギ種子の黒節病菌保菌粒率を調査する方法（以下，96穴プレート法）を開発したので紹介する。

I　96穴プレート法の特徴

本法は，選択培地差込法を用いる場合と比較して以下のような特徴がある。長所としては，①選択培地の量を約7分の1に低減できる，②差込法とは異なり，種子表面に付着した雑菌を高濃度で持ち込まないため雑菌の発生が少なく，黒節病菌のコロニーが判定しやすい，③作業の手間，時間を低減できる。一方，短所としては，移植する器具の使用経験がない場合，操作に慣れる必要がある。

II　96穴プレート法の基本操作

1　選択培地の作成

黒節病菌の選択培地（森ら，1999）を用いる。具体的には蒸留水1 *l* 当たり KH_2PO_4 1.2 g，$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ 1.3 g，$(NH_4)_2SO_4$ 5 g，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.25 g，L−セリン5 g，$NaMoO_4 \cdot 2H_2O$ 24 mg（100倍濃縮液を10 m*l* 添加），カビサイジン100 mg力価（乳鉢で粉砕後99.5%エタノール10 m*l* に懸濁），寒天15 gを入れてオートクレーブ滅菌（120℃，20分間）し，60℃程度まで冷却後に，最終濃度でメチルバイオレット1 ppm，アンピシリンナトリウム10 ppm，シクロヘキシミド25 ppm，亜テルル酸（IV）カリウム25 mgとなるよう調整した100倍濃縮混合液を10 m*l* 加える。作成した選択培地はマイクロプレート型シャーレ（アズワン1−9668−02など）に20 m*l* ずつ分注する。9 cmシャーレ（90 mm × 15 mm）を用いる場合は，10 m*l* とする。培地は厚さが一定で表面が水平に固まるように注意する。

2　ムギ種子の水浸漬

1検体当たりに用いる種子数は種子の汚染度によって異なり，想定される保菌粒率が低いほど多くの種子を検定する必要がある。ここでは保菌粒率が1%未満であっても検出できるように，2枚の96穴プレート（ビーエム機器BM6001など）に，ピンセットで192粒の種子を入れることを基本とした。大麦の種子の場合，胚（尖っていない側）が着実に浸水されるよう下向きに入れる。リザーバー（ビーエム機器BM−0852−5など）に滅菌水を入れ，200 μ*l* 8連ピペットで，200 μ*l* ずつウェルに注ぐ。または，分注器を使って，1ウェルずつ200 μ*l* の滅菌水を注ぐ。ふたをして，2プレートごとにラップで包んで密閉する。これらの浸水した種子を4 ～ 10℃で3日間浸漬する。ただし，雑菌が発生せず，発芽が操作の妨げにならない種子，汚染度の低い種子を用いる場合，25℃，2日間処理でも構わない。種子浸水の温度を

A Simple Method to Survey a Ratio of Wheat and Barley Seeds Infested by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.　By Fujio Hashizume and Ayaka Fujita

（キーワード：ムギ類黒節病菌，種子保菌粒率，96穴プレート，選択培地）

上げると，黒節病菌コロニーの検出感度を高められる一方，雑菌の発生により判定が困難になることもあるため，あらかじめ適切な温度を検討しておくとよい。

3　種子浸水液のスポット

（1） コピープレートを用いる方法（図-1）

①クリーンベンチ内で，選択培地の表面の水滴が完全になくなり，みずみずしさが消えるまで乾燥させる（水滴が残っているとコロニーが拡散し判定しにくくなるため）。

②ガラスシャーレ（乾熱滅菌済）3枚に，それぞれ70%エタノール，シャーレ一杯の滅菌水，ろ紙2枚（乾熱滅菌済）を入れる。

③48ピンのコピープレート（フナコシTK-CP96-1/2）を70%エタノールに浸漬し，ガスバーナーでピンを軽く火炎消毒する。

④コピープレートのピンを滅菌水で冷まし，ろ紙で余分な水分を切る。

⑤種子浸水液の入った96穴プレートの左半分のウェルに，コピープレートをできるだけ深く押し入れる（図-1右上）。

⑥種子浸水液の付着したコピープレートをゆっくりと左半分の選択培地（マイクロプレート型シャーレ）の上に置き，液が落ちるのをしばらく数秒待つ（図-1右中）。

⑦コピープレートを③，④の通り消毒し，種子浸水液の入った96穴プレートの右半分のウェルについて，右半分の選択培地に⑤，⑥と同じ操作を行う。

⑧さらにもう1プレート分も同様に操作し，1検体当たり2枚のマイクロプレート型シャーレ（9 cmシャーレの場合4枚）をラップで包んで密閉し，フタを下側にして，25℃で培養する。

なお，48ピンのコピープレートがない場合，ディスポーザブルの96ピンコピープレート（ワトソン4820-963Sなど）を用いることもできる。

（2） 8連ピペットを用いる方法

コピープレートを用いる方法に準ずるが，選択培地は96穴プレートに200 μl/ウェルで分注する。10 μl の8連マイクロピペットで種子浸水液を1 μl 吸い上げ，選択培地の96穴プレートの同じ位置に滴下する。

4　形成コロニーの調査

7日後，黒節病菌の黒色コロニーの形成を調査する（図-1右下）。黒節病菌かどうか判断しにくいコロニーが多い場合，hrpZ領域がグループIIIに分類される菌を検出するプライマー（Inoue and Takikawa, 2006）を用いて，PCR分析を行う。コロニーの色や形状とPCRの結果を照合し，コロニーの判定の基準を設定しておくとよい。

III　方法の適用性の検討

生産県，生産年の異なる5種類のコムギ種子，10種類のオオムギ種子（6種類のカワムギ，4種類のハダカムギ）の保菌粒率を96穴プレート法と選択培地差込法で調査した。また，移植器具として48ピンコピープレート，8連ピペットとを比較した。種子の浸水の条件は8℃，3日間とした。その結果，96穴プレート法では一部を除き保菌の有無が判別しやすいコロニーが形成された。選択培地差込法と比較すると，保菌粒率は全体的に高い傾向があったが（表-1），これは判別性が向上したことによるものと考えられる。ただし，48ピンコピープレートを強く培地に押しつけると，形成されるコロニ

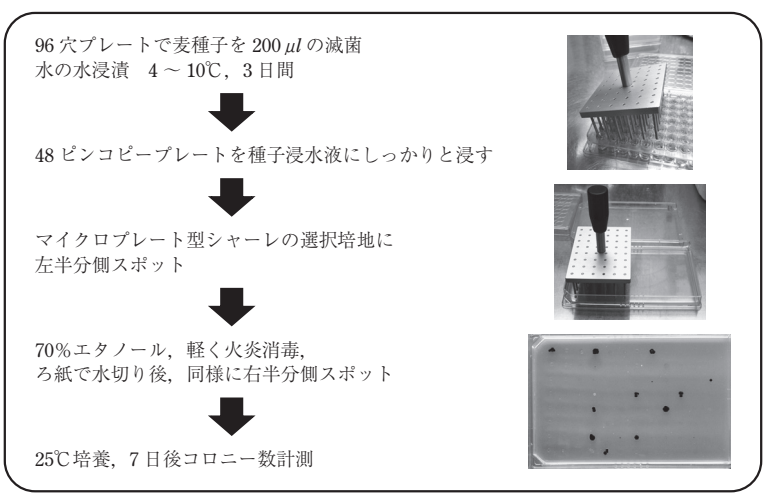


図-1　96穴プレート法の基本操作と検出される黒節病菌のコロニー

表-1　96穴プレート法による各県産ムギ種子の黒節病菌保菌粒率調査

生産県	生産年	麦種	品種	マルチウェルプレート法				選択培地差込法
				移植器具	陽性コロニー数			
					プレート1	プレート2	保菌粒率(%)	保菌粒率(%)
茨城県	2014	カワムギ	カシマムギ	8連ピペット	15	17	16.7	8
				コピープレート	14	21	18.2	
	2011	カワムギ	ミカモゴールデン	8連ピペット	43	49	47.9	39
				コピープレート	49	53	53.1	
埼玉県	2014	コムギ	さとのそら	8連ピペット	60	68	66.7	46
				コピープレート	67	74	73.4	
	2014	カワムギ	みょうぎ二条	8連ピペット	84	81	85.9	41
				コピープレート	62	61	64.1	
	2014	カワムギ	カシマムギ	8連ピペット	81	83	85.4	46
				コピープレート	74	71	75.5	
	2013	コムギ	あやひかり	8連ピペット	0	1	0.5	3
				コピープレート	1	0	0.5	
	2011	コムギ	農林61号	8連ピペット	2	5	3.6	14
				コピープレート	3	5	4.2	
	2007	カワムギ	はるな二条	8連ピペット	23	20	22.4	10
				コピープレート	26	28	28.1	
香川県	2007	ハダカムギ	イチバンボシ	8連ピペット	0	3	1.6	8
				コピープレート	0	3	1.6	
	2011	ハダカムギ	イチバンボシ	8連ピペット	52	55	55.7	41
				コピープレート	56	53	56.8	
	2014	ハダカムギ	イチバンボシ	8連ピペット	95	93	97.9	50
				コピープレート	92	94	96.9	
山口県	2013	コムギ	ふくさやか	8連ピペット	82	76	82.3	49
				コピープレート	78	64	74.0	
	2012	コムギ	ニシノカオリ	8連ピペット	16	19	18.2	24
				コピープレート	13	9	11.5	
	2013	ハダカムギ	トヨノカゼ	8連ピペット	92	91	95.3	49
				コピープレート	92	91	95.3	
	2012	カワムギ	アサカゴールド	8連ピペット	41	46	45.3	22
				コピープレート	46	50	50.0	

ーが黒節病菌特有の黒色とならないことがあり，保菌粒率が8連ピペットを用いた場合より下回る場合があった（表-1，埼玉県産‘みょうぎ二条’，山口県産‘ニシノカオリ’等）。このことから，作業の簡便性を優先する場合はコピープレートを用い，検出の安定性を優先する場合は8連ピペットを移植器具として用いるのがよいと考えられる。

お　わ　り　に

96穴プレート法を用いることで，ムギ種子の保菌粒率調査を大幅に簡易化できるようになった。そのため，1検体当たり多数の種子を扱うことも可能となり，検定精度の向上も期待できる。なお，本研究は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（25063C）「麦類で増加する黒節病などの種子伝染性病害を防ぐ総合管理技術の開発」（2013～15年）により実施した。また，本研究において，材料となるムギ種子の提供や有益なご助言をいただいた上記事業の参画研究機関の研究者の方々に厚くお礼申し上げる。

引 用 文 献

1）橋爪不二夫ら（2009）：平成 21 年度関東東海北陸農業研究成果情報.
2）Inoue, Y. and Y. Takikawa（2006）：Plant Pathol. **72**：26 ～ 33.
3）森　充隆ら（1999）：日植病報 **65**：362 ～ 363（講要）.
4）向　秀夫（1955）：栃内・福士両教授還暦記念論文集：153 ～ 157.
5）Young, J. M.（1992）：Lett. Appl. Microbiol. **15**：129 ～ 130.

研究報告

土着天敵タバコカスミカメをナスの周年栽培体系で利用する技術の開発

徳島県立農林水産総合技術支援センター　中野昭雄（なかのあきお）

はじめに

徳島県内では露地ナスが約 90 ha，施設ナスが約 20 ha 栽培されている。吉野川中流域の阿波市や吉野川市では両体系を栽培する生産者もみられる。両体系は栽培始期と終期が重なる。つまり，露地栽培終期の 8 ～ 9 月ごろに，施設栽培が始まり，施設栽培終期の 5 月ごろには露地栽培が始まる。両栽培期間中にはアブラムシ類やハダニ類等様々な害虫が発生し，葉や果実等を加害する。なかでも，侵入害虫のミナミキイロアザミウマは果実に被害を及ぼし，生産者が最も防除に苦慮している。とりわけ，両体系を栽培する地点では栽培終期に増殖したミナミキイロアザミウマが新たな体系に移動，定着し，増殖するといった悪循環を繰り返すことになる。さらに，本種は各地で種々の薬剤に対する抵抗性を獲得し（古味，2003；柴尾ら，2007），近年では本県のキュウリ栽培地でもスピノサドに対する抵抗性が確認されている（Bao et al., 2014）。また，露地ナスでは施設ナスに近接する圃場で採集した個体群が，近接していない圃場の個体群よりも各種薬剤に対する感受性が低い傾向にあることを確認している（中野，未発表）。

一方，本種の有力な天敵のタバコカスミカメ（以下，カスミカメ）は，2007 年 8 月に高知県香南市の野外のゴマ圃場において，餌になるような微小昆虫などがほとんどいないにもかかわらず大量に発生し，世代を繰り返していることが観察された（福井，私信）。後に，中石ら（2011）によって，カスミカメが動物質の餌がなくてもゴマで増殖できることが明らかになった。このようなことから，高知県内では，「天敵温存ハウス」と呼ばれる遊休ハウスにゴマを植栽することでカスミカメを増殖し，それをナスなどの生産施設に導入する方法が利用されている。この方法を本県に導入する場合，適当な遊休ハウスが産地内に見当たらないことや生産者が天敵利用に馴染んでおらず，利用するまでの機運が熟していないなどの隘路がある。そこで，「天敵温存ハウス」を利用しなくとも産地内で個々の生産者が露地ナスと施設ナスでカスミカメを周年利用できる方法を考案し，生産現場で実証したので紹介する。なお，本研究は農林水産省の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」F 系，「土着天敵を有効活用した害虫防除システムの開発」の助成を受けて実施した。

I　タバコカスミカメをナスの周年栽培体系で利用する「ゴマまわし」

この度開発した，カスミカメをナスの周年栽培体系で利用する技術を模式的に図-1 に示し，解説する。太曲線矢印は露地栽培の夏秋ナスと施設栽培の冬春ナスの栽培期間を，また細曲線は天敵温存植物の栽培期間を示す。まず，露地栽培ではゴマを 5 ～ 6 月ころより 1 か月ごとにナス圃場内に植栽する（図中①細曲線）。ゴマで発生したカスミカメは増殖させ，ゴマごとナスへ移す（図中②矢印）。具体的には，ゴマの鞘が黄変しかけたこ

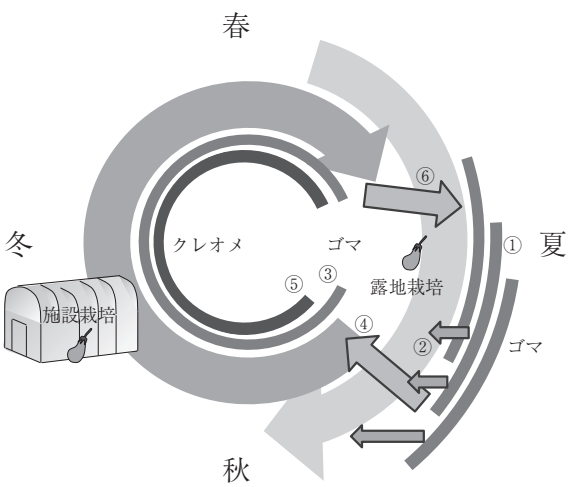


図-1　タバコカスミカメをナスの周年栽培体系で利用する「ゴマまわし」
図中の丸数字は本文中を参照.

Development of the Technique Using *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) on the Year-round Production System of Eggplant.　By Akio Nakano

（キーワード：土着天敵，タバコカスミカメ，ゴマ，ナス周年栽培，ゴマまわし）

ろに先端より約 50 cm 程度（以下，ゴマ先端部）を枝ごとに切断し，ナス株に掛ける。一方，施設栽培では，施設内の土壌消毒が終了した 8 月中旬ころより，施設内の谷間換気部直下や施設内周囲の空きスペースにゴマを植栽する（図中③細曲線）。そこへ露地に植栽したゴマで殖えたカスミカメを移す（図中④矢印）。この場合もカスミカメが殖えたゴマ先端部を切断し施設内のゴマの株元に放置する。ゴマ鞘などに害虫であるミナミアオカメムシやブチヒゲカメムシが寄生している場合があるので，ゴマ先端部を玉ねぎ収穫・保存用ネット袋（通称：玉ねぎネット）内に投入し塞ぐ。網目サイズより大きいそれらのカメムシはネットの外には出てこられず，体サイズの小さいカスミカメだけがネットを潜り抜ける。施設内には 8 月下旬から 9 月上旬にナスを定植する。その 1 ～ 2 週間後に，露地に植栽したゴマで殖やしたカスミカメをナスに移す（図中④矢印）。この場合もカスミカメが殖えたゴマ先端部を切断しナスの株元に放置する。このころにはクレオメもゴマを植栽したところなどに植栽する（図中⑤細曲線）。施設内に植栽したゴマは 12 月以降に枯死する。この際，こぼれ種が地面に落ち，翌春には発芽する。気温の上昇とともに生育し，やがてカスミカメが寄生し殖える。クレオメは冬期においても枯れることはなく，生育し続ける。ゴマ同様にカスミカメが寄生し，特に春季以降は密度が急増する。施設栽培の終盤にこのように殖えたカスミカメを露地栽培のナスに移す（図中⑥矢印）。この場合もカスミカメが殖えたゴマやクレオメの先端部を切断しナスの株元に放置するか，あるいは株に掛ける。

以上のような，カスミカメを露地から施設，施設から露地へと循環させ，周年利用する一連のシステムを「ゴマまわし」と称した。以降に徳島県内の生産現場で実践した具体的な試験事例を記す。

Ⅱ　露地に植栽したゴマにおけるタバコカスミカメの発生・増殖

試験は阿波市阿波町の露地ナス生産現場 3 箇所（A, BとC）で実施した。これらナス圃場の畝の端にゴマ（品種：‘黒ゴマ’）を植付け（口絵①），カスミカメ成幼虫の発生個体数を約 1 週間間隔ごとに計数した。ゴマは 3 圃場とも第 1 作目は 2014 年 6 月 6 日，第 2 作目は 7 月 4 日にポット苗を植付けた。なお，A 圃場はカスミカメが定着したナス施設（A 施設）に近接していた。C 圃場も同虫が定着したナス施設（C 施設）に近接し，その施設内に植栽したゴマで増殖した同虫を，6 月 17 日にゴマ先端部を切断し露地に植え付けたゴマの株元に放置することで放飼した。なお，B 圃場は水田に囲まれ，同町内で A 圃場と C 圃場の間に位置するが，近い方の C 圃場でも約 2 km 離れていた。

その結果，カスミカメが定着した施設に近接した A 圃場における同虫の初発は 6 月 30 日であったのに対して，B 圃場では 7 月 22 日であった。A 圃場では，近接施設から同虫が移出し定着したものと考えられた。次に，カスミカメを放飼した C 圃場は 1 作目で先端部当たり成幼虫数が 20 頭以上まで増殖した（以上，図-2）。このように人為的にカスミカメを移すことにより，確実に殖やすことができる。

なお，ゴマが成熟し枯死するとカスミカメは発生しな

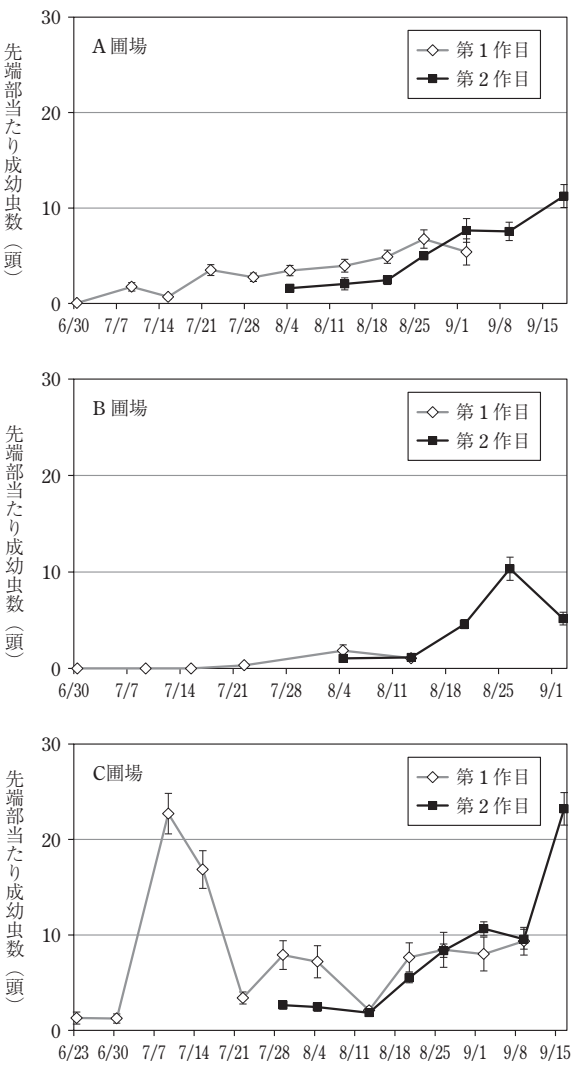


図-2　露地に植栽したゴマにおけるタバコカスミカメの発生推移（2014）
垂線は標準誤差を示す.

くなることから，ナス栽培期間中にカスミカメを安定して発生させるためには約1か月間隔でゴマを植え継ぐことが必要である。

III　露地や施設で増殖したタバコカスミカメの露地ナスでの定着

試験は2015年に阿波市阿波町の露地ナス生産現場（C圃場）で実施した。本圃場（9畝）の4畝（2畝×2反復）にカスミカメを放飼する区（以下，放飼区），その他5畝を対照区として設けた。この圃場に，近接したナス施設（C施設，秋季にカスミカメを放飼，その後定着）に前年秋季に植付けたクレオメの先端部を約50 cmに切断して6月27日に同圃場内の放飼区のナス株元に株当たり1.6本，計272本を放置することで，同虫を放飼した（カスミカメ成幼虫放飼量：推定6,150頭/区，約36頭/株）。調査は試験区ごとにナス20主枝を抽出し，各主枝の頂葉，上位葉と中位葉より各2葉，計6葉におけるアザミウマ類と土着天敵（ヒメハナカメムシ類とカスミカメ）の発生個体数を約1週間間隔で計数した。

その結果，放飼5日後にはカスミカメ幼虫と成虫とも放飼区と対照区に有意な差が認められた（幼虫：$p<0.05$，成虫 $p<0.01$，GLM）。また幼虫では放飼区における発生ピーク時の密度は対照区の約2倍となった。しかし，7月16日～17日に接近した台風11号の暴風雨の影響により個体数は急減した（以上，図-3）。なお，アザミウマ類とヒメハナカメムシ類の発生密度には両区に大きな差は認められなかった（データ省略）。これらのことから，クレオメやゴマの先端部を切断し，それをナス株元に放置することでカスミカメを放飼すると，同虫がナスに定着することが明らかとなった。なお，本試験では台風や長雨による悪天候の影響によりアザミウマ類の発生が少なく，放飼したカスミカメによるミナミキイロアザミウマの防除効果を評価できなかった。

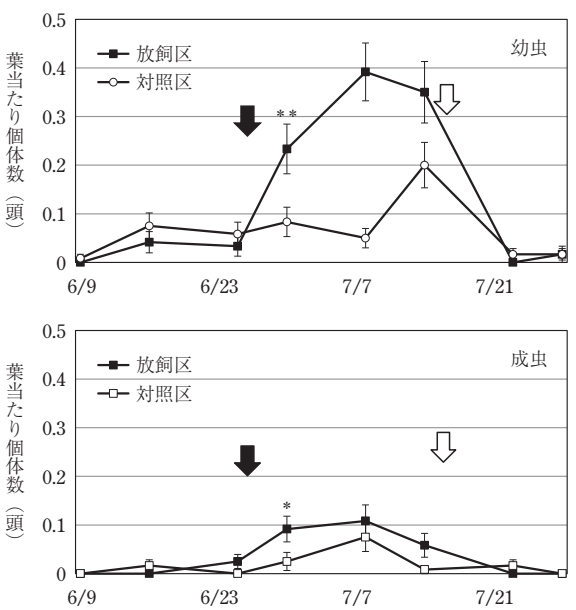


図-3　露地ナスに放飼したタバコカスミカメのナス葉における定着推移（2015）
図中の黒矢印はタバコカスミカメの放飼，白抜き矢印は台風11号の接近を示す．
*：$p<0.05$，**：$p<0.01$，GLM．
垂線は標準誤差を示す．

これまで本県で実施してきたヒメハナカメムシ類の発生調査では，9月以降に密度が高くなることはなかった。このような場合，残暑が続くとミナミキイロアザミウマの増加が懸念されるところである。しかし，本試験で示したように，露地ナスに放飼し定着したカスミカメによるミナミキイロアザミウマの密度抑制効果が期待される。また，近年本県の露地ナス生産現場では6～7月にコアオカスミカメなどによる被害発生が問題となっている。この害虫が発生した場合には，生産者は防除のためにネオニコチノイド系薬剤などヒメハナカメムシ類に影響のある殺虫剤の使用を余儀なくされる。しかし，やむなくこのような殺虫剤を使用しヒメハナカメムシ類の発生密度を低下させても，後ほどにカスミカメを放飼すれば，リサージェンスによるミナミキイロアザミウマの増加を回避できると考えられる。

IV　露地で増殖したタバコカスミカメによる施設ナスのミナミキイロアザミウマ防除

試験は阿波市阿波町のナス生産施設2箇所（AとC）と吉野川市鴨島町の同生産施設2箇所（DとE）で実施した。A施設では施設内の谷間換気部直下に8月21日にゴマ（品種：‘黒ゴマ’）を40株植付け（口絵②），9月2日に露地ナス圃場に植栽したゴマの先端部約50 cmをその株元に放置することで，カスミカメを放飼した。次に，ナス（品種：‘千両’，台木：トナシム）を9月9日に定植し，9月25日に同ゴマ先端部160本（0.2本/ナス株）をナス株元に放置した（カスミカメ放飼量：推定成幼虫約3,680頭/棟，約4.6頭/株）。併せて，スワルスキーカブリダニのパック剤（商品名：スワルスキープラス）を9月10日に1袋/5株設置した。C施設では，A施設同様に施設内の谷間換気部直下に8月21日にゴマを40株植付け，9月2日に露地ナス圃場に植栽したゴマの先端部50 cm程度をその株元に放置することで，カスミカメを放飼した。次に，ナス（品種：‘千両’，台木：

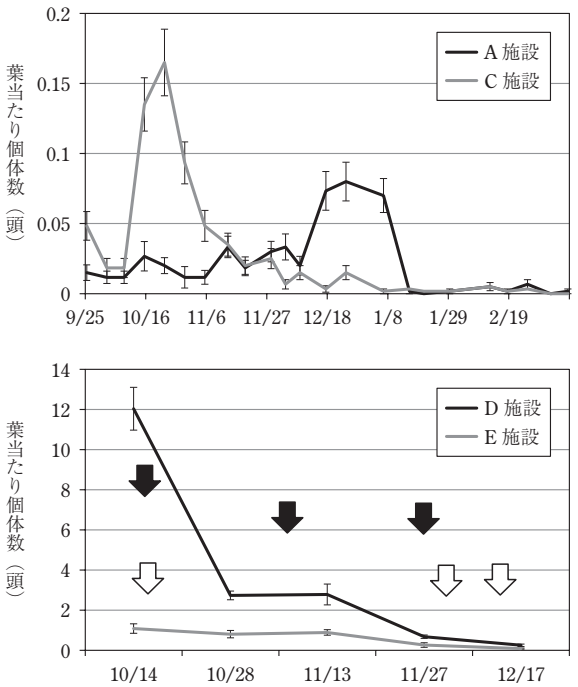


図-4　ナス施設 4 箇所におけるミナミキイロアザミウマ成幼虫の発生推移（2014 ～ 15）
黒矢印は D 施設，白抜き矢印は E 施設におけるミナミキイロアザミウマ防除のための薬剤使用を示す．
垂線は標準誤差を示す．

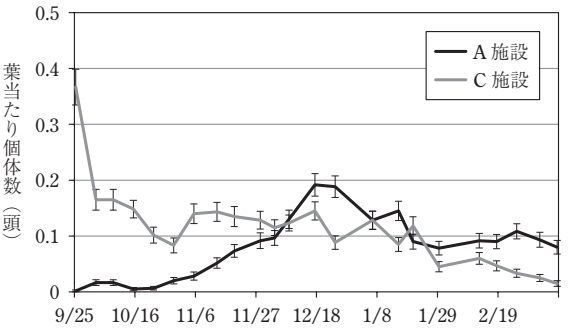


図-5　タバコカスミカメを放飼したナス施設 2 箇所におけるタバコカスミカメ成幼虫の発生推移（2014 ～ 15）
垂線は標準誤差を示す．

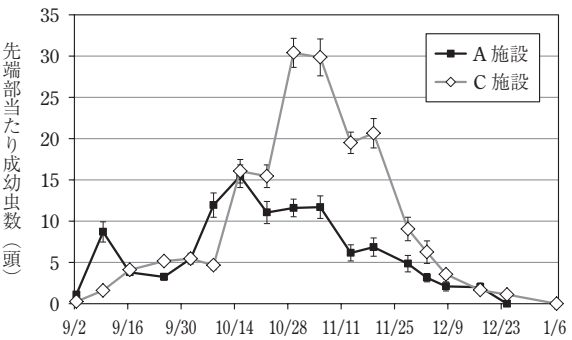


図-6　タバコカスミカメを放飼したナス施設 2 箇所に植栽したゴマにおけるタバコカスミカメ成幼虫の発生推移（2014 ～ 15）
垂線は標準誤差を示す．

トナシム）を 9 月 2 日に定植し，9 月 21 日に同ゴマ先端部 291 本（0.73 本/ナス株）を上記同様の方法で放置した（カスミカメ放飼量：推定成幼虫約 13,500 頭/棟，約 34 頭/株）。併せて，スワルスキーカブリダニのパック剤（商品名：スワルスキープラス）を 9 月 5 日に 1 袋/5 株設置した。以上の対照として，慣行防除を実施する吉野川市鴨島町の D 施設と E 施設を調査対象とした。

調査は，全施設の 2 畝（中央部とサイド部）を対象に 1 畝より任意に 25 主枝を抽出し，各主枝の上位葉，中位葉と下位葉より各 2 葉，計 6 葉におけるミナミキイロアザミウマ成幼虫とカスミカメ成幼虫の発生個体数を約 1 週間間隔（ただし，E と F は約 2 週間間隔）で計数した。さらに，A 施設と C 施設に植付けたゴマの先端部（約 15 cm 程度）におけるカスミカメ成幼虫数を約 1 週間間隔で計数した。

その結果，カスミカメを放飼した A 施設と C 施設のミナミキイロアザミウマ成幼虫発生密度は慣行防除の D 施設と E 施設よりも低く推移した（図-4）。また，カスミカメは，放飼量の多かった C 施設では 1 月前半までは葉当たり 0.1 頭前後で推移し，その後漸減した。放飼量の少なかった A 施設は漸増し，12 月後半には 0.2 頭/葉近くまで増加したが，その後漸減し葉当たり 0.1 頭前後で推移した（図-5）。ゴマにおけるカスミカメは，A 施設では 10 月 22 日に先端部当たり約 16 頭，C 施設では 10 月 29 日に先端部当たり約 30 頭をピークに漸減し，1 月にはゴマの枯死とともにいなくなった（図-6）。

以上のように，カスミカメを放飼した 2 施設では，ミナミキイロアザミウマの発生密度は低く，同虫による高い防除効果が認められた。本技術の重要なポイントは，ナスを作付けする前にあらかじめゴマを谷間換気部直下などの空きスペースに植栽し，露地で発生したカスミカメを人為的に移し徐々に増殖させることである。このことにより，11 月ころからゴマが黄熟するなど生育状況が悪くなるにしたがって，同虫成虫はゴマから離脱し，自然にナスへ移動，定着する。しかし，翌年 1 月にはゴマは完全に枯死してしまうことから，冬季以降同虫を安定して温存させるためにはクレオメの植栽も必要である。

お わ り に

ゴマを植え継いだり，カスミカメが増殖したゴマ先端部を切断し新たな作付地へ移動することにより，カスミカメを露地から施設，施設から露地へと循環させ，周年利用することが可能となった。また，この循環の過程で，特に施設栽培ではミナミキイロアザミウマなどの微小害虫を効果的に防除することが可能となった。本システムはナスだけでなく，キュウリやトマト等でも応用は可能である。露地において栽培作物の害虫防除に利用しない場合には，露地圃場の空きスペースなどにゴマを1か月間隔で植栽する。秋季には害虫防除に利用したい施設内に作物の定植前にゴマをあらかじめ植栽し，増殖したカスミカメを投入する。そうすれば，カスミカメは自然にゴマの中で増殖し，ゴマの成熟に伴い離脱し，作物へ移動，定着する。反対に露地栽培だけに利用する場合には，施設からの供給がないので，自然発生するカスミカメをゴマを植え継ぐことによって，徐々に増殖させる。順調に殖えると9月ころには利用できる。

引 用 文 献

1）Bao, W. X. et al.（2014）: Pestic Biochem Physiol **112** : 51 ～ 55.
2）古味一洋（2003）: 高知農技研報 **12** : 21 ～ 25.
3）中石一英ら（2011）: 応動昆 **55** : 199 ～ 205.
4）柴尾　学ら（2007）: 関西病虫研報 **49** : 85 ～ 86.

研究報告

土着天敵タバコカスミカメを高知県内でリレーして利用する技術の開発

高知県農業技術センター　下元（しもと）　満喜（みつき）・中石（なかいし）　一英（かずひで）*

はじめに

高知県では，1997年ころより総合的害虫管理技術（以下，IPM技術）の普及に向けた取り組みが始まり（岡林，2002），施設栽培ナス，ピーマン類では，タイリクヒメハナカメムシなどの市販天敵を利用した生物的防除法に防虫ネットやシルバーマルチ等の物理的防除法，さらに天敵類に影響の少ない選択性殺虫剤による化学的防除法を組合せた体系が確立された（高井・高橋，2005；山下・下八川，2005）。その後，IPM技術の普及を進めていく中で，自然発生した土着天敵が害虫類の密度抑制に大きく関与していると思われる事例も観察され，生産現場ではそれらの利用に高い関心が寄せられるようになった。しかし，自然発生に頼った場合には，土着天敵の働きは不安定であり，また，土着天敵の多くは市販されていないことから，防除に必要な個体数を安定して確保することは難しい。

そこで，施設果菜類の重要害虫であるアザミウマ類，コナジラミ類に対して有望な土着天敵であるタバコカスミカメ *Nesidiocoris tenuis*（Reuter）（図-1，口絵①）を高知県内でリレーして利用する技術の開発を行ったので紹介する。なお，本研究は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糧生産等の確立のためのプロジェクト（土着天敵を有効活用した害虫防除システムの開発）」により実施したものである。

図-1　タバコカスミカメ *Nesidiocoris tenuis*（Reuter）

Supply System of the Indigenous Predator Bug, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) by Relaying among Greenhouses in Kochi Prefecture. By Mitsuki Shimomoto and Kazuhide Nakaishi

（キーワード：IPM，天敵，タバコカスミカメ，施設野菜）

*現所属：高知県環境農業推進課

I　高知県における土着天敵の利用

前述のように，高知県でのIPM技術の導入当初には市販天敵を中心に防除体系が構築された。それらの体系では，従来の化学農薬を主体とした防除に比べ殺虫剤の使用が極端に制限されたことから，圃場内において，カブリダニ類，ハモグリバエ類やアブラムシ類の天敵寄生蜂，捕食性カスミカメムシ類といった多くの土着天敵類の生息を確認するようになった（下元，2002；荒川・浜吉，2003；下八川・山下，2007；古味ら，2008；杉本，2008）。生産現場において，これらの土着天敵に高い関心が寄せられるきっかけとなったのはタバココナジラミバイオタイプQの多発生である。本系統に対しては，それまで構築されたIPM技術，さらにその後検討された市販の天敵寄生蜂や微生物製剤の利用では対応しきれず，すす病や生育阻害を伴う被害が多発し，IPM技術の継続が困難な状況に陥った（下元，2011）。そういった状況下で生産現場では，生産者独自の観察により，自然発生したクロヒョウタンカスミカメ，タバコカスミカメによるタバココナジラミへの捕食が確認された。これと並行して西川ら（2006），中石（2007）の室内試験により，これら2種がタバココナジラミに対して高い捕食能力を有することが明らかにされた。これらをきっかけに，野外から捕獲した土着カスミカメムシの施設内への導入が行われ始め，さらに安定的に導入量を確保するため，遊休ハウスや育苗ハウスにナス，イヌホウズキ，バジル等を栽培し，これらの天敵を温存する方法も行われ始めた（下元，2011）。その後，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ことが現場の取り組みや研究を通して明らかになった（中石ら，2011）ことから，ゴマで増殖したタバコカスミカメを防除に利用する取り組みが拡大した。

II　温存ハウスによる温存・増殖方法

前述のようにタバココカスミカメはゴマのみで容易に増殖が可能である。しかし，ゴマは生育期間が短く 2 ～ 3 か月程度で枯死することから，一定期間タバココカスミカメを維持するためにはゴマを複数回定植（または播種）する必要がある。そこで，小規模の天敵温存・増殖用ハウス（以下，温存ハウス，図–2）内での本種の増殖を想定したゴマの栽培方法を検討した。まず，6 月中旬に草丈約 15 cm 程度のゴマを定植し，増殖元となるタバココカスミカメを6月下旬に放飼した後，7月上旬，8月下旬，10 月中旬に順次ゴマを追加定植した。その結果，40 m^2 の温存ハウスで 180 株のゴマを栽培し，増殖元としてのタバココカスミカメ成虫 200 頭を導入することで，8 月下旬から 10 月上旬にかけて 13,000 ～ 32,000 頭の確保が可能と試算された（図–3）。これらを参考にゴマの栽培規模を調整することでタバココカスミカメの必要数に応じた計画的な確保が可能となる。なお，露地栽培でも 6 ～ 8 月の高温期であれば温存ハウスと同様の作付体系でタバココカスミカメの確保が可能である。この方法であれば専用施設が不要であるためコストが抑えられ，手軽に取り組みやすい。しかし，温存ハウスに比べると確保できる期間が短かく，降雨や台風等，気象条件の影響を受けやすい。そのため，導入に必要な個体数を確実に確保するためには，温存ハウスの利用が望ましい。

III　促成栽培と雨よけ栽培での産地間リレー

高知県内には，平野部の促成栽培（9 ～ 6 月）と中山間部の雨よけ栽培（4 ～ 10 月）の 2 作型の施設果菜類産地がある。これらの地域間でタバココカスミカメを相互に

図-2　天敵温存ハウス（左）とハウス内に定植されたゴマ（右）

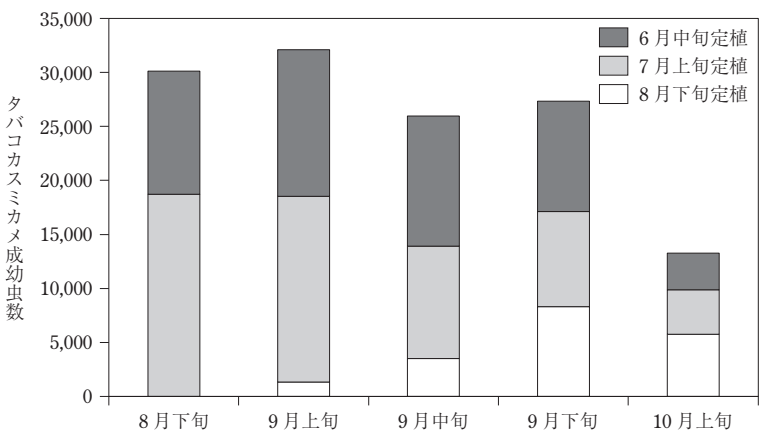


図-3　温存ハウス内におけるタバココカスミカメ数の推移
注 1）タバココカスミカメ数はゴマ 180 株当たりを示す.
2）6 月下旬に温存ハウス内（面積 40 m^2）にタバココカスミカメ成虫 200 頭を放飼した.

表-1　促成ナスの栽培終期におけるタバコカスミカメの発生数

圃場	A	B	C	D	E
面積（m^2）	1,000	1,600	1,000	1,100	1,400
放飼頭数/1,000 m^2	1,500	300	500	900	2,900
放飼時期	10 月	9 月	11 月	9 ～ 11 月	10 月
調査日	6 月 19 日	6 月 19 日	6 月 19 日	6 月 19 日	6 月 26 日
10 a 当たりの推定発生数（頭）	73,222	48,686	59,741	17,827	18,634
備考				病害のため落葉	クモ類，カエルの発生多

注 1）調査場所：香南市香我美町（栽培期間：2011 年 9 月～ 12 年 6 月）.
　2）各調査圃場当たり 16 ～ 20 株に生息するタバコカスミカメを計数し，栽植株数から推定発生数を求めた.

表-2　タバコカスミカメの採集頭数

	採集経験	調査圃場	成虫	幼虫	合計
40 代男性 1	かなりあり	A	102	136	238
		C	97	106	203
		平均	99.5	121.0	220.5
40 代男性 2	あり	A	38	135	173
		C	11	89	100
		平均	24.5	112.0	136.5
40 代女性	ほとんどなし	A	19	97	116
		C	28	89	117
		平均	23.5	93.0	116.5

注 1）採集頭数は 30 分当たりを示す.
　2）調査圃場は表-1 の通りで，調査時期は同じ.

利用することができれば効率的な確保が可能となる。まず，山間部の雨よけ栽培用のタバコカスミカメの確保を検討するため，本天敵を利用した害虫防除体系が導入されている香南市香我美町の促成ナスの栽培終期で，雨よけ栽培果菜類での天敵導入時期にあたる 6 月中旬に圃場内でのタバコカスミカメの発生量を調査した。病害の発生により落葉が激しかった場合やクモ類，カエル等の捕食性天敵が多い場合を除けば，約 49,000 ～ 73,000 頭/10 a の発生が確認できた（表-1）。これらから算出すれば，産地の規模から確保可能なタバコカスミカメ数がある程度推定できる。次にこれらの採集のための労力であるが，同時期に吸虫管（図-4）を用いて株から直接採集する方法を試みた。その結果，採集経験により確保できた虫数が左右されたものの，ほとんど経験がない場合でも 30 分間当たり約 120 頭のタバコカスミカメを採集できた（表-2）。さらに圃場内でのタバコカスミカメの発生数も採集数に影響するが，これらを採集時間の目安とすることができる。

図-4　タバコカスミカメの採集に用いる吸虫管

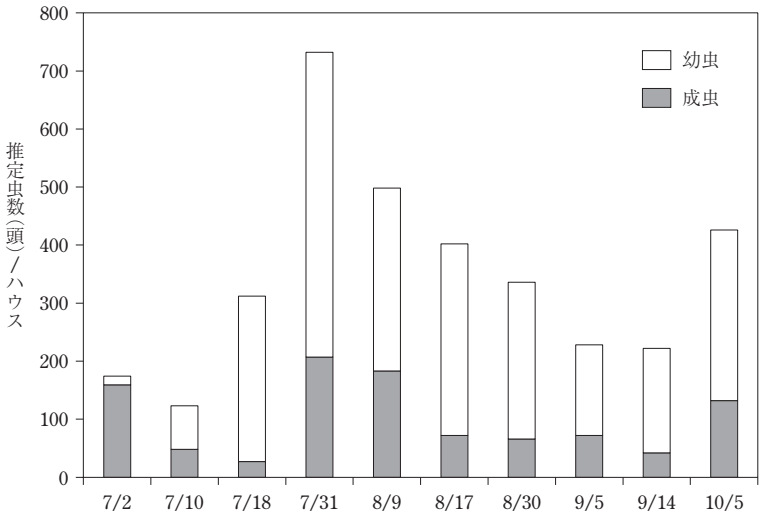


図-5　雨よけ栽培シシトウハウス内の温存植物ゴマでのタバコカスミカメの発生推移
1）試験場所：土佐郡土佐町，面積：9 a，定植：2012 年 4 月 14 日.
2）天敵温存植物の設置：6 月 11 日，7 月 2 日，8 月 30 日にゴマをそれぞれハウス内の谷部へ定植（長さ 6 m，1 条，30 株，株間 15 cm）.
3）タバコカスミカメの放飼：6 月 27 日に平野部の促成栽培ナス圃場（香南市）より捕獲した 900 頭を放飼.

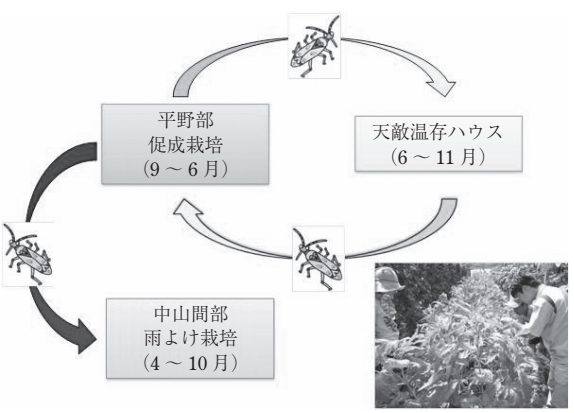


図-6　高知県におけるタバコカスミカメ利用のイメージ図

続いて，平野部の促成栽培用のタバコカスミカメの確保を検討するため，6 月中旬に平野部で確保したタバコカスミカメを導入し，温存植物としてゴマを植えた雨よけシシトウ圃場での害虫類，天敵類の発生を調査した。その結果，シシトウ株上ではヒラズハナアザミウマを主体としたアザミウマ類，タバココナジラミの密度は栽培期間を通じて低密度で推移し（データ省略），温存植物のゴマ上でタバコカスミカメを 7 月上旬～ 10 月上旬まで維持することができた。ただし，ゴマ株上での発生量は 9 月以降には 222 ～ 426 頭/圃場と低密度であった（図-5）。その原因として，中山間地域では立地条件の悪いところが多く，温存植物であるゴマの栽植場所が限定される。今回の試験圃場では多湿条件となりやすい連棟ハウスの谷部に配置せざるを得なかったことから，十分な量が維持できなかったと考えられた。また，産地の規模も小さいことから，平野部の促成栽培地域で必要な天敵数を確保できないことが想定される。そのため，平野部においては，前章に示した温存ハウスでの確保に努めるほうが確実であり，高知県内の産地間でタバコカスミカメを効率的に確保する方法として図-6 のようなイメージになる。

Ⅳ　技術の利用上の注意点

温存ハウスで栽培するゴマには，ミナミアオカメムシなどの害虫も発生することから，ゴマを刈り取って圃場に導入する場合にはこれらも同時に持ち込む恐れがある。そのため，十分に観察して害虫を取り除くほか，圃場内では害虫が通過できない細かな目合いのネット内に入れるなどの注意が必要である。

タバコカスミカメはタバコ，トマトの害虫であり（安永ら，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。そのため，該当品目で利用する際には十分注意する必要がある。また，周辺に被害の発生する恐れのある作

物がある場合には，温存ハウスでの維持・増殖の際には開口部へ1 mm目合い以下の防虫ネットを展張するなど，周辺への飛び出しを抑える対策を十分にとる必要がある。また，ネットの展張はミナミアオカメムシなどの害虫カメムシ類のハウス内への飛び込みを軽減する効果も期待できる。

お わ り に

現在，高知県内の施設果菜類におけるタバコカスミカメの導入面積は305.1 haに達しており，市販天敵であるスワルスキーカブリダニの309.3 haと並んで利用面積の多い天敵となっている。これらを導入品目別に見ると，施設ナス類での導入面積は240.4 haと最も多く，施設ピーマン類で32.4 haと続く。さらに，ミナミキイロアザミウマが媒介するキュウリ黄化えそ病の多発生により天敵類の利用が難しいとされてきた施設キュウリにおいても21.7 haで利用され，天敵類の導入がほとんど行われていなかった施設トマトにおいても試験的な取り組みが進められるなど，本種は主要品目におけるIPM技術体系の中心的な位置づけとなっている（表-3）。

他県での状況を見ると，熊本県のナス（松本，2016），鹿児島県のピーマン（柿元・大保，2016）等特定農薬として入手が可能な西日本を中心にタバコカスミカメの利用が進んでおり，本種はIPM技術の普及に大きな役割を果たしていると考えられる。産地により気象条件，品目，作型が異なることから，適用が難しい場面もあるかもしれないが，今回紹介した技術が各地域での取り組みの推進に少しでも役に立てれば幸いである。

表-3　高知県における天敵類の導入面積（2016）

品目（施設栽培）	導入面積（ha）	
	スワルスキーカブリダニ	タバコカスミカメ
ナス類	161.4	240.4
ピーマン類	81.9	32.4
キュウリ	43.7	21.7
トマト	0	2.8
その他	22.3	7.8
合計	309.3	305.1

注）2016年10月　高知県環境農業推進課による取りまとめ.

引 用 文 献

1）荒川　良・浜吉由起子（2003）：四国植防 **38**：45 ～ 50.
2）柿元一樹・大保勝宏（2016）：天敵利用大事典，農文協，東京，事例61 ～ 67.
3）古味一洋ら（2008）：日本ダニ学会誌 **17**：23 ～ 28.
4）松本幸子（2016）：天敵利用大事典，農文協，東京，事例12 ～ 19.
5）中石一英（2007）：第51回日本応動昆大会講要：96.
6）――――ら（2011）：応動昆 **55**：199 ～ 205.
7）西川洋史ら（2006）：第50回日本応動昆大会講要：56.
8）岡林俊宏（2002）：今月の農業 **46**(12)：24 ～ 28.
9）下元満喜（2002）：高知農技セ研報 **11**：37 ～ 44.
10）――――（2011）：植物防疫 **65**：400 ～ 403.
11）下八川裕司・山下　泉（2007）：高知農技セ研報 **16**：21 ～ 30.
12）杉本久典（2008）：同上 **62**：255 ～ 259.
13）高井幹夫・高橋尚之（2005）：プロジェクト研究成果 環境負荷軽減のための病害虫群高度管理術の開発，中央総合研究センター，茨城，p.107 ～ 113.
14）山下　泉・下八川裕司（2005）：植物防疫 **59**：457 ～ 461.
15）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

多段接ぎ木法を用いたトマトにおける複合土壌病害の防除効果

岐阜県中山間農業研究所中津川支所　熊崎　晃（くまざき　あきら）

はじめに

トマトの営利栽培においては施設が必須であり，栽培圃場が固定されることから土壌病害がまん延している。これら土壌病害対策としては接ぎ木の利用が一般的であるが，様々な病害が複合的に発生することから，十分な効果が得られない場面も多い。栽培現場では化学薬剤による防除でも十分な効果が得られなかったり，農家から化学薬剤以外の対策を求める声も多い。

これまでにトマト多段（三段）接ぎ木（図-1）はポット試験において青枯病および褐色根腐病の発病を抑制することが報告されている（中保ら，2013）。今回，トマト夏秋作型の実際の栽培現場において還元土壌処理と多段接ぎ木を行い，青枯病，褐色根腐病に対する防除効果を明らかにするとともに，その生産性を評価した。

Ⅰ　キルパーならびに還元土壌処理が青枯病菌密度に及ぼす影響

ナス科青枯病の汚染圃場において，3か年にわたり，キルパー処理，土壌還元処理，無処理と異なる処理を行い，土壌深度ごとの青枯病菌の動態を調査した。

1　材料および方法

（1）　試験区の構成

キルパー処理区　2013～15年，毎年4月中旬～5月上旬の間で14日間，キルパー60 *l*/10 aを希釈散布処理。

土壌還元処理区　2013年上記キルパー処理を，2014～15年，毎年4月中旬～5月中旬の間で21日間処理した。20 *l*/m^{2}の水を施用したのち，7.7 g/*l*の換算で希釈した糖蜜を130 *l*/m^{2}施用（糖蜜処理量1,000 g/m^2）した後，POフィルムで土壌表面を被覆した。

無処理区　植物残渣の持ち出し，耕起のみを行った。

※6 m×20 mの雨よけパイプハウスを一つの処理区とした。各区ともナス科野菜の連作圃場で，処理開始前には「がんばる根」を台木としてトマトを作付けした場合，30～50%の青枯病の枯死株が出ていた。

（2）　青枯病菌密度の測定方法

2013年作付け終了後，2014年土壌処理終了後，作付け終了後，2015年土壌処理終了後，作付け終了後の5

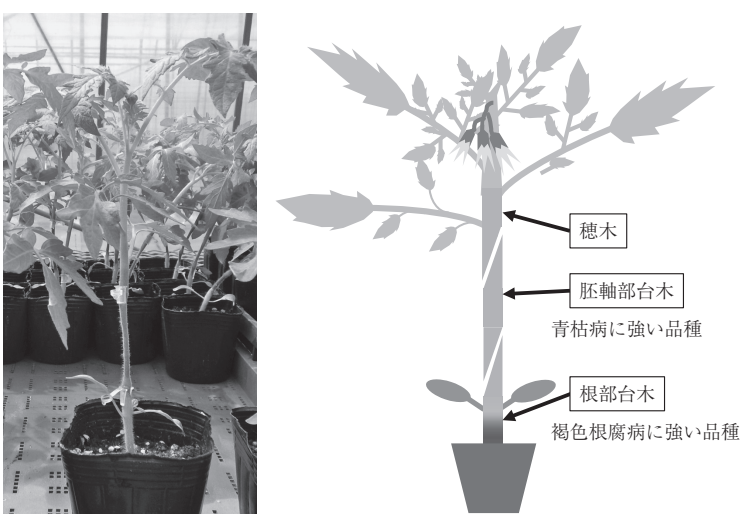


図-1　多段接ぎ木の概念

Double Grafting Tomatoes to Control Ralstonia Wilt and Corky Root.　By Akira Kumazaki

（キーワード：トマト，多段接ぎ木，青枯病，褐色根腐病）

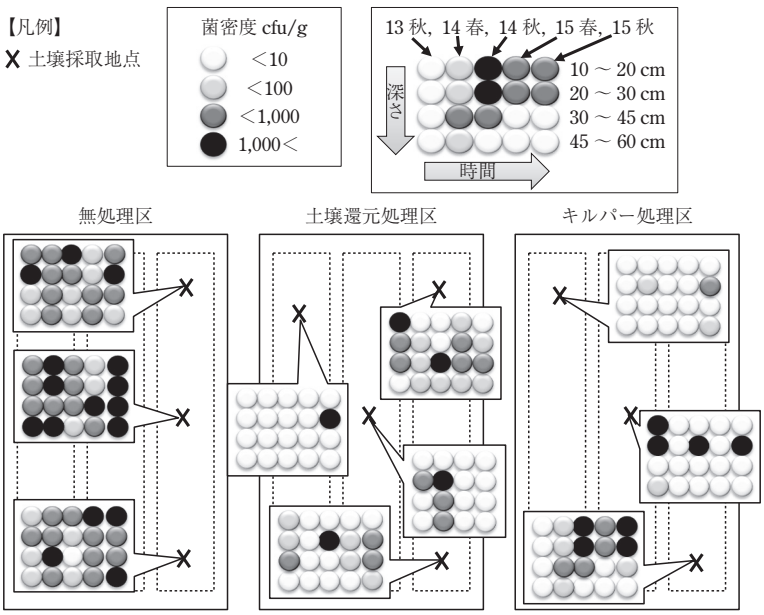


図-2　各処理区の青枯病菌密度（2013 ～ 15 年）

回各ハウス 3 ～ 4 地点から，4 深度（10 ～ 20 cm，20 ～ 30 cm，30 ～ 45 cm，45 ～ 60 cm）に分けて土壌を採取し土壌中の青枯病菌の密度（cfu/g）を MPN-PCR 法（井上・中保，2014）により評価した。

2　結果

3 か年の経緯を図-2 に示した。無処理区では作付け前後の菌密度に大きな変化はなく，どの地点，どの深さにおいても常に高密度で青枯病菌が存在した。キルパー処理区，土壌還元処理区における青枯病菌は土壌処理後，低密度になっても，作付け後高密度になる地点が存在した。キルパー処理区，土壌還元処理区における青枯病菌は 20 ～ 30 cm の耕盤層上で非常に高密度な 1,000 cfu/g を超える地点が散見された。

青枯病の発病に関してはキルパー処理区，土壌還元処理区とも，台木に「B バリア」を用いて栽培を行った場合は 3 か年とも 5%以下の罹病となった。なお，キルパーに関してはトマト青枯病に対しての農薬登録はないので留意願いたい。

Ⅱ　多段接ぎ木による青枯病，褐色根腐病に対する防除効果と生産性

次に I 章で述べた土壌還元処理圃場，無処理圃場を用いて多段接ぎ木の耐病性および生産性を検定した。試験区の構成は表-1 に示した通りである。2015 年 5 月 18 日定植の慣行の夏秋トマト作型での栽培を行い，収量性と青枯病，褐色根腐病への抵抗性を調査した。

抵抗性調査方法

青枯病：栽培期間中随時しおれの発生を調査

褐色根腐病：栽培終了後，根部を掘り起こし下記の 0 ～ 4 の 5 段階で評価

0：褐変面積が 5%未満

1：同 25%未満

2：同 25%以上 50%未満

3：同 50%以上 75%未満

4：同 75%以上 100%未満

無処理圃場での青枯病発病率は慣行グリーンフォース区 47%，慣行 B バリア区 0%に対して，多段グリーンガード区 20%と効果的に青枯病の発生を抑制した（図-3）。同じく無処理圃場において，慣行トリパー区 7%，多段トリパー区 0%，慣行 B バリア区 0%と青枯病の発生を抑制した（図-4）。

土壌還元処理圃場では，どの区においても青枯病の発病は認められなかった。

無処理圃場の慣行トリパー区において 7%という罹病率は数字的に低いが，本試験は誘引，芽かき等の作業時には常にゴム手袋をし，80%エタノールでの消毒をこまめに行った条件下であり，実際の農家で発生した場合は地上部感染を伴い重篤な状態となることが予想される。

褐色根腐病の罹病程度は土壌処理により大きく異なっ

表-1　多段接ぎ木試験区の構成（2015 年）

試験区	台木	中間台木	作付圃場※	反復
多段トリパー	がんばる根トリパー	B バリア	還元 無処理	10 株×4 反復 10 株×3 反復
多段グリーンフォース	グリーンフォース	B バリア	無処理	10 株×2 反復
慣行 B バリア	B バリア	−	還元 無処理	10 株×4 反復 10 株×3 反復
慣行トリパー	がんばる根トリパー	−	還元 無処理	10 株×4 反復 10 株×3 反復
慣行グリーンフォース	グリーンフォース	−	無処理	10 株×2 反復

※作付圃場の還元は「土壌還元処理圃場」.
※穂木はすべて ‘桃太郎 8’.
※青枯病への抵抗性は「B バリア」＞「がんばる根トリパー」＞「グリーンフォース」.
※褐色根腐病への抵抗性は「グリーンフォース」＝「がんばる根トリパー」＞「B バリア」.

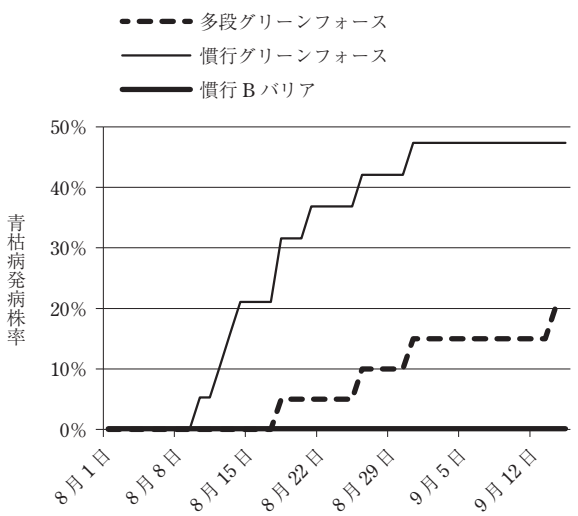


図-3　無処理圃場における青枯病発病率の推移
（台木グリーンフォース，2015 年）（熊崎ら，2016）

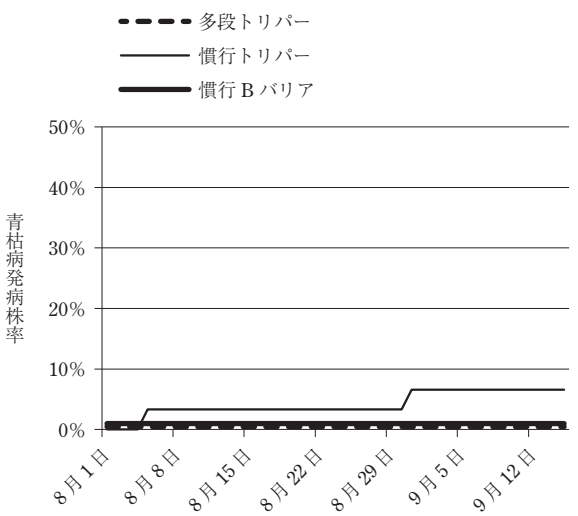


図-4　無処理圃場における青枯病発病率の推移
（台木がんばる根トリパー，2015 年）（熊崎ら，2016）

たものの土壌還元処理，無処理双方において多段トリパー区の罹病程度は慣行トリパー区と同等であり，慣行 B バリア区より軽かった（図–5・口絵①，表–2）。

収量性を比較したところ，多段トリパー区，慣行トリパー区の間では着果数，平均果重ならびに粗収量はほぼ同等であった。また，果実品質も同等で可販収量も両者間で差はみられなかった（表–3）。ただし，収量調査は抽出調査であるため，実収量では罹病があった慣行トリパーの収量は低下することが予想される。

Ⅲ　多段接ぎ木の現地栽培圃場での効果

実際の生産現場での効果を確認するために，岐阜県中津川市落合（標高 390 m）の夏秋トマト農家圃場で栽培試験を行った。本圃場は　2013 年台木「がんばる根フォルテ」で 50 株/180 株（約 28%）が青枯病で枯死した青枯病中程度の汚染圃場である。なお，2014 年の作付け終了後ガスタード微粒剤による土壌消毒を実施した。

2015 年 6 月 14 日に表–4 に示したトマト苗を定植し，11 月中旬まで栽培を行った。青枯病の発病を随時目視で観察するとともに，収穫終了後，各区 5 株の各花房の開花数，着果数，その直下の茎径を計測した。さらに根部の褐色根腐病の罹病程度を 0 ～ 4 の 5 段階で評価した。

青枯病の発生は慣行トリパー区が最も多く，8 株/29 株（28%），続いて慣行 B バリア区が 7 株/29 株（24%），

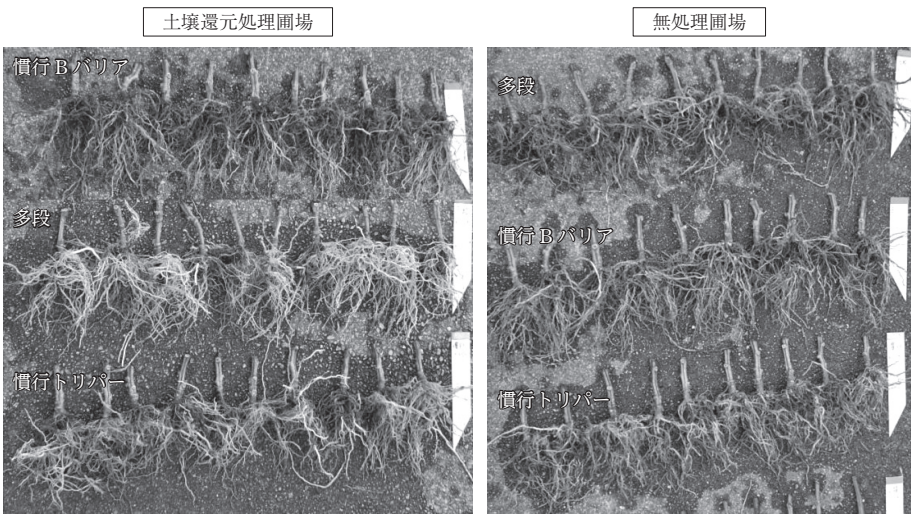


図-5　褐色根腐病罹病状況（2015年）

表-2　褐色根腐病の罹病程度（2015年）（熊崎ら，2016）

試験区	土壌還元処理					無処理			
	畝1	畝2	畝3	畝4	平均	畝1	畝2	畝3	平均
慣行Bバリア	2.0	1.8	3.7	2.9	2.6	3.8	3.8	2.6	3.4
多段トリパー	1.6	1.6	1.2	2.7	1.8	2.7	2.1	3.0	2.6
慣行トリパー	1.8	0.8	2.6	1.7	1.7	2.1	2.7	3.4	2.7

※各畝を一つのブロックとして各区10株を配置した．
※土壌還元処理圃場は4反復，無処理圃場は3反復．

表-3　収量性および品質の比較（2015年）（熊崎ら，2016）

試験区	収穫果数（果/株）	平均果重（g/果）	粗収量（kg/10 a）	可販収量（kg/10 a）	A品（%）	B品（%）	C品（%）	格外（%）	尻腐果（果/株）	裂果（果/株）	うち不可	空洞果（果/株）
土壌還元処理												
多段トリパー	33.4	199	14,676	10,929	24	24	26	27	1.5	11.8	3.8	4.7
慣行トリパー	34.8	196	15,137	11,620	21	24	27	28	1.7	11.6	3.8	6.7
慣行Bバリア	35.0	198	15,414	12,167	24	23	28	25	1.3	9.2	2.8	8.0
無処理												
多段トリパー	32.2	194	13,854	11,523	25	26	30	20	0.4	9.9	1.7	6.7
慣行トリパー	32.3	197	14,149	11,616	22	24	32	21	0.1	8.3	1.4	9.1
慣行Bバリア	32.0	203	14,397	11,383	24	22	32	23	0.5	8.3	2.3	7.9

表-4　試験区の構成（2015年）

試験区	台木	中間台木	栽培株数
多段	がんばる根トリパー	Bバリア	120
慣行Bバリア	Bバリア	−	40
慣行トリパー	がんばる根トリパー	−	40

多段区では10株/116株（9%）で多段接ぎ木により青枯病の発生が抑制される傾向にあった（図-6）。慣行Bバリア区は端の畝に設置したため，地温が上がりやすく，青枯病の発生が多かったが，多段区はどの畝においても慣行トリパー区の発病率を下回っており，青枯病抑制効果が認められた。

一方で，褐色根腐病に関しては慣行Bバリア区，慣

調査日 2015 年 9 月 8 日

区名	枯死株数(株)	枯死株率(%)	枯死株の発生状況（1 条当たり 29 株）※
慣行 B バリア	7	24	
慣行トリパー	8	28	
多段	2	7	
多段	2	7	
多段	5	17	
多段	1	3	

※　□を 1 株としてハウス見取り図を示した.　□ ハウス内株の位置　■ 枯死株

図-6　現地栽培圃場での青枯病発病状況（熊崎ら，2016）

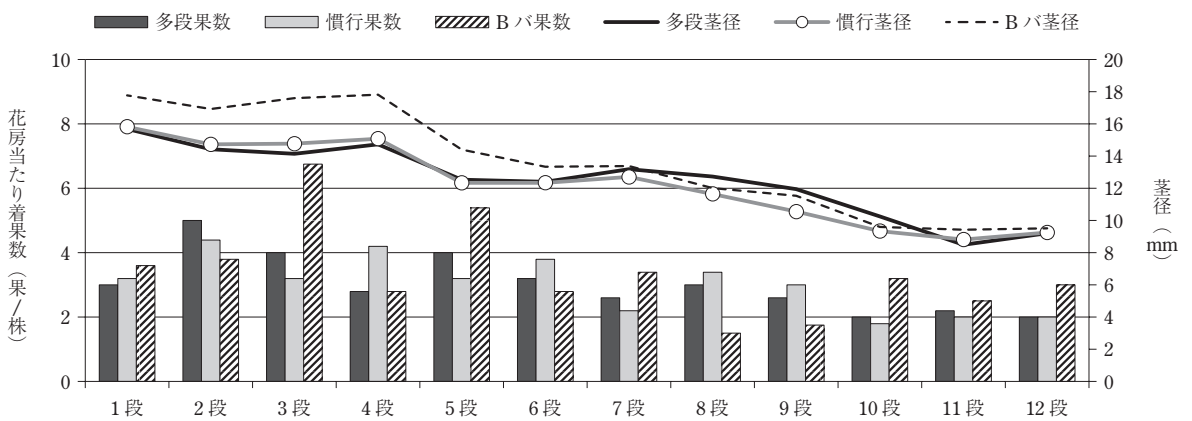


図-7　現地試験生育調査結果（2015 年）（熊崎ら，2016）

行トリパー区，多段区とも罹病程度 2 となり，多段接ぎ木の優位性は認められなかった。

多段区の生育（茎径，着果数の推移）は慣行トリパー区に類似した（図-7）。平均着果数は慣行トリパー区 34.4 個/株に対して多段区 34.4 個/株と同等であった。ただし，採光条件のよい慣行 B バリア区は 37.7 個/株とやや多くなった。

お　わ　り　に

実際の青枯病激発圃場では，土壌消毒，台木のみでの効果的な発生抑制はできていない。今回示した土壌消毒，台木のみの対応でなく，地温上昇の抑制，排水対策，地上部感染の抑制等様々な対策を総合的に組合せることが必要であり，今回紹介した技術をその一助としていただきたい。

トマト台木の抵抗性育種も進み，現在では青枯病，褐色根腐病に一定以上の抵抗性を示す品種も発表されている。今回，青枯病の発生を杯軸部分で抑えることを示せたことは，多段接ぎ木の根部に様々な品種を用いることを可能とし，台木の選択の幅を広げることができる。

謝辞　本研究は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「革新的接ぎ木法によるナス科野菜の複合土壌病害総合防除技術の開発」において取り組まれたものであり，共同研究者として多段接ぎ木の理論構築をいただいた国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター 中保一浩氏，青枯病の特性について多くの示唆をいただくとともに，土壌の青枯病菌密度の計測にご尽力いただいた同研究センター 井上康宏氏に深く感謝申し上げます。

引　用　文　献

1）井上康宏・中保一浩（2014）：農研機構成果情報，http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/2014/narc14_s24.html
2）中保一浩ら（2013）：日植病報 **79**：256 ～ 257.
3）熊崎　晃ら（2016）：岐阜県中山間農業研究所研究報告第 11 号，9 ～ 16.

植物防疫基礎講座：
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル2016

(18) ブドウべと病

―フェニルアミド剤（メタラキシルM）（生物検定）―
―QoI剤（生物検定）―

山梨県果樹試験場　綿打享子（わたうち きょうこ）

はじめに

ブドウべと病は，*Plasmopara viticola* によって引き起こされるブドウの重要病害である。フェニルアミド系薬剤耐性ブドウべと病菌は，海外では1981年にフランスではじめて確認され（Clerjeau et al., 1984），日本では2010年にはじめて山梨県で確認された（綿打ら，2011）。一方，QoI剤耐性ブドウべと病菌は，1999年にフランスおよびイタリアではじめて確認され（Heaney et al., 2000），日本では2009年にはじめて山梨県で確認された（綿打ら，2010）。その後，QoI剤耐性ブドウべと病菌は，北海道を除く全国のブドウ産地で確認されている（Furuya et al., 2010）。

ブドウべと病菌は絶対寄生菌であるため，薬剤感受性検定はリーフディスクや植物体を用いた生物検定法が行われる場合が多く，FRAC（Fungicide Resistance Action Committee）などからフェニルアミド剤やQoI剤を対象とした手法が提唱されている（Schwinn and Sozzi, 1982；Sierotzki and Kraus, 2003）。

ここでは，これらの手法に加え，筆者が切り取り葉を用いて実施した簡易法などについても併せて紹介する。

I　検定用材料の調製

1　べと病菌のサンプリング

発病後まもない淡黄色の病斑が見られる葉や，病斑上に新鮮な遊走子嚢を形成している葉が望ましい。病斑の状態が良好であれば，採取する葉は4～5枚程度でよい。採取後はビニール袋に入れ，移動に時間を要する場合は，クーラーボックスなど低温条件下（4℃）で保存し，実験室に持ち帰る。

2　供試植物（ブドウ）の育成

ブドウべと病の発生には品種間差があるため，べと病に弱い欧州系品種が適している。筆者は生食用品種の‘甲斐路’，‘ネオマスカット’を用いているが，海外では醸造用品種の‘シャルドネ’，‘カベルネソーヴィニヨン’等が用いられている。菌株の分離や増殖，感受性検定等，べと病の試験には良好な状態の葉が多く必要となる。筆者は2種類の苗，すなわち，休眠期に圃場から採取した結果母枝を4号鉢に挿し木し，新梢1本仕立てで育成した小さな苗と，購入苗を10号鉢に植え付け，新梢3～4本支立てで育成した大きな苗，それぞれを複数鉢用意している。挿し木苗は，鉢ごと接種試験に供試することもあるため，できるだけコンパクトに仕立てている（図-1）。べと病菌は絶対寄生菌であるため，増殖や検定に供試する葉の状態が試験結果に大きく影響する。べと病の発病は葉の生育状況により異なり，先端の柔らかすぎる葉や，生育が進み硬くなった葉では発病が少なく，新梢先端から数えて3枚目程度以降の完全展開した柔らかい葉ではよく発病する。挿し木苗や購入苗には週1回液体肥料などを施用し，長くなった新梢は基部から切り戻すなど，良好な葉で試験ができるよう計画的に育成す

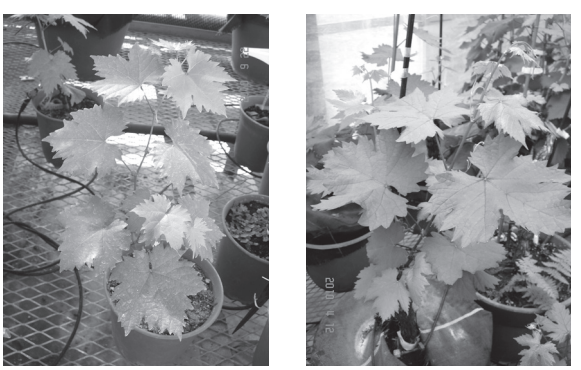


図-1　ブドウ苗の様子
（左：4号鉢挿し木苗，右：10号鉢購入苗）．

Bioassay Methods for Phenylamide（Metalaxyl-M）and QoI Fungicide Resistance in Grape Downy Mildew Caused by *Plasmopara viticola*.　By Kyoko Watauchi

（キーワード：ブドウ，べと病，メタラキシルM，QoI剤，感受性検定）

る。植物はガラス室で管理するが，梅雨時など，ガラス室内が多湿になると，うどんこ病が発生することがあるため，べと病菌に活性を持たないDMI剤（トリフミン水和剤など）を散布する。また，スリップスやハダニについても，発生状況に応じて薬剤防除する。秋～冬は一般的にブドウが落葉する時期である。試験を継続する場合は，ガラス室内を20℃以上になるよう加温し，蛍光灯で補光するなどして新梢の伸長を促す。しかし，この時期は生育に時間がかかるうえ，生育が旺盛な時期と同じ生育ステージの葉を用いても，べと病菌の増殖などがうまくいかず，試験に苦慮することがある。試験は，ブドウの生育が良好な生育期前半に実施することが望ましい。

3　接種源の準備

採取したブドウ罹病葉の葉裏を上面にし，湿室状態に保ったビニール袋に入れ一昼夜保持すると，通常は1～2日で遊走子嚢が形成される。しかし，これでは十分量の遊走子嚢が得られないことが多く，採取した葉に付着している薬液の影響も懸念される。そこで，筆者はいったん，これを前記の方法で育成した欧州系品種（‘甲斐路’，‘ネオマスカット’）の葉に接種し，増殖してから検定に供試している。

直径15 cmのガラスシャーレに採取した罹病葉の葉裏を上面にして入れる。病斑に滅菌蒸留水を滴下し，絵筆（先を切り揃えると使用しやすい）で遊走子嚢を掃き出し，滅菌水に懸濁する。得られた懸濁液は二重ガーゼでろ過し，ハンドスプレーで葉裏に噴霧接種する。圃場から採取した病斑が古く遊走子嚢の形成が少ない場合には，懸濁する蒸留水を少なくし，マイクロピペットで葉に滴下するか，クロマトグラフィー用のガラス噴霧器を用いて接種する。

増殖用や検定用の葉をガラス室から実験室に持ち帰る際，軟弱な葉はしおれてしまうことがある。採取後はビニール袋に入れ，使用直前までクーラーボックスなどの低温条件下（4℃）で保存する。葉は葉柄を水につけ，基部を切り戻し，水を入れた給水チューブ（商品名：フレッシュホルダー）に差し込むか，給水した脱脂綿で包み，葉裏を上にしてプラスチックシャーレに入れる。ペーパータオル（商品名：キムワイプなど）を密閉容器（タッパーウエアなど）に敷き，給水した後，葉をシャーレごと並べ，遊走子嚢懸濁液を噴霧接種する。接種後はフタをし，湿室状態を保つ。使用する葉が多い場合は，水切りカゴと大型のビニール袋などを組合せてもよい（図-2，図-3）。

4　接種後の管理

接種した葉は，20℃，12時間暗/12時間明，湿室条件に保つ。遊走子嚢懸濁液を接種後，2～3日程度は葉に懸濁液の水滴が残っていてもよいが，その後は水滴のないほうが葉の痛みは少なく，新たな遊走子嚢の形成は良好である。インキュベーションの間に適宜，滅菌水を入れたハンドスプレーでごく軽く霧を吹き，遊走子嚢の形成を促す。密閉容器のフタの内側につく水滴は，葉裏へ落下するのを防ぐため拭き取る。

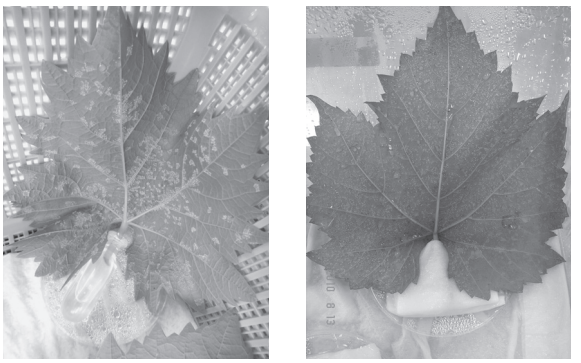


図-2　試験に用いた切り取り葉の様子
（左：フレッシュホルダー使用，右：脱脂綿使用）．

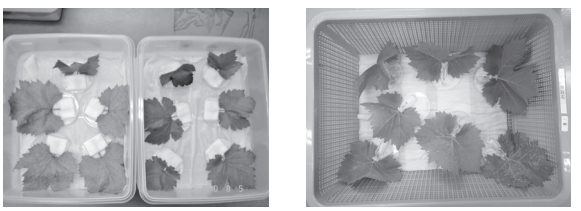


図-3　菌の増殖および切り葉試験の様子
（左：密閉容器使用，右：水切りカゴと大型ビニール使用）．

接種5日後ころから発病が見られ，7日後には薬剤感受性検定に十分な遊走子嚢が得られる。なお，分離や接種に使用する器具は，べと病菌に汚染されていないものを使用する。

5　菌株の保存

遊走子嚢を十分形成した葉（水滴がついていないものがよい）に寒天の粉末を振りかけ，余分な粉を落とした後，チャック式のビニール袋に入れ－80℃で凍結保存する。筆者は寒天の粉末を三角フラスコに入れ，口を2重ガーゼで被い，輪ゴムで留めたものを使用している。凍結保存した菌株を再度使用する場合は，粉末寒天ごと遊走子嚢を絵筆で滅菌水中に掃き出し，二重ガーゼでろ過した懸濁液を使用する。冷凍庫から出すと葉が急速に軟化するため，作業は速やかに行う。凍結葉から増殖すると，接種10日後くらいから発病が見られる。凍結後は増殖率が落ちる場合があるため，必要に応じて再度増殖

する。この方法で保存した場合，1年半までは病原性を保持することを確認している。

Ⅱ　検定方法と判定基準

1　リーフディスク法

直径15 mmのコルクボーラーで薬剤無処理のブドウ葉から5枚のリーフディスクを打ち抜く。直径5 cmのペトリ皿に所定濃度に調整した薬液（対照は蒸留水）を10～15 m*l*入れ，準備したリーフディスクを葉裏を上面にして浮かべる。薬液の濃度は有効成分で0.01 ppm～100 ppmの間とする。遊走子嚢懸濁液（濃度：5×10^4個/m*l*～1×10^5個/m*l*）10 μ*l*を葉裏に滴下し，ふたをする。18～21℃，日長時間12～16時間，湿室条件に保つ。48時間後にはふたをあけ，遊走子嚢懸濁液を風乾させる。接種8～10日後に発病状況を調査する。薬剤感受性を判断するには，各濃度について発病ディスク数を調査する。より正確に評価するためには，発病程度に基づいて，以下の指数で調査し，発病度を算出する。

指数0：発病なし，1：わずかに発病，2：発病は中程度，3：発病は激しい，発病度＝Σ（指数×該当リーフディスク数）×100/（3×供試リーフディスク数）

また，薬剤の無処理区の発病度から阻害度を求め，EC_{50}値を算出する。

2　リーフディスクを用いたプレート法

この手法はメタラキシルM，QoI剤，CAA剤，その他の殺菌剤にも用いることができる。

展葉後，5～6週間経過したブドウ苗の新梢先端から数えて3～4枚目の葉を供試する。1%ジメチルスルホキシド（DMSO）を用いて，10,000 ppmのメタラキシルM溶液を調製し，保存溶液とする。メタラキシルM原体については，使用目的をメーカに伝え，分譲をうける。アゾキシストロビンは市販されているアゾキシストロビン10%水和剤を使用してもよい。感受性検定には24穴プレートを用い，各ウェルに0.5%寒天を1 m*l*分注し，蒸留水（1% DMSOを含む）で各濃度（0，0.1，3，10，100 ppm）に調整した薬液をそれぞれのウェルに1 m*l*ずつ分注する。直径15 mmのコルクボーラーで打ち抜いたリーフディスクを，葉裏が上面になるようそれぞれのウェルに置床する。薬液の処理は接種前日に実施する。遊走子嚢懸濁液（濃度：5×10^4個/m*l*）をクロマト用スプレーで均一に噴霧接種する。対照として感受性菌を供試する。接種後はプレートのふたをしめ，19℃，12時間暗/12時間明，湿室条件に保つ。接種6日後に，葉片ごとに遊走子嚢の発病面積率を調査する。薬剤無処理区の発病度から阻害度を求めEC_{50}値を算出する。

3　切り取り葉を用いた試験法（メタラキシル，QoI剤）

筆者はメタラキシルおよびQoI剤について，リーフディスクのかわりに切り取り葉を用いた感受性検定を実施した。薬剤の散布濃度区が少ない簡易的な手法であるため，EC_{50}値を求める場合は前述の手法を参考にされたい。

（1）　検定方法

使用する植物体は展葉5～6枚期ころが望ましい。1区当たり5葉以上が供試できるよう準備する。メタラキシルの場合，1%メタノールを用いて10,000 ppmのメタラキシル溶液を調製した。供試濃度は10，100 ppmの2濃度とし，対照としてマンゼブ80.0%水和剤1,000倍区と1%メタノール区を設けた。

QoI剤はアゾキシストロビン10.0%水和剤1,000倍を供試し，対照としてマンゼブ80.0%水和剤1,000倍区，無散布区を設けた。

また，同系統薬剤の発病抑制効果を調べる場合は，アゾキシストロビン10.0%水和剤1,000倍，クレソキシムメチル50%水和剤2,000倍，シモキサニル30.0%・ファモキサドン22.5%水和剤2,500倍を供試し，対照としてマンゼブ80.0%水和剤1,000倍区，無散布区を設けた。

鉢植え苗にハンドスプレーで各薬剤を十分量散布し，風乾後，新梢先端の展葉初期の葉と基部葉を除いた全葉を採取した。前述「3　接種源の準備」のとおり葉を準備し，密閉容器に入れ，遊走子嚢懸濁液（濃度：1×10^5個/m*l*）をハンドスプレーで噴霧接種した。接種後は19～20℃，12時間暗/12時間明，湿室条件に保った。接種7～8日後に，各区の葉について，遊走子嚢の形成を伴う病斑の面積率に以下の指数を与えて調査し，各区の発病葉率および発病度を算出した。

指数0：発病なし，1：病斑面積率10%以下，2：11～30%，3：31～50%，4：51%以上，発病度＝Σ（指数×該当葉数）×100/（4×供試葉数）

なお，メタラキシルは，濃度10 ppmで発病が見られるものを感受性低下菌，100 ppmでも発病が見られるものを高度耐性菌とした（Haiyan et al., 2010）。また，QoI剤についてはアゾキシストロビン10.0%水和剤1,000倍散布で発病が見られるものを高度耐性菌とした。

（2）　検定結果

本来，薬剤感受性検定には，ベースライン感受性をもつ菌株を対照として用い，これとの比較で調査菌株が耐性かどうかを判定する必要がある。今回メタラキシルを対象に調査した現地19菌株のうち，10菌株は10 ppmで発病が認められ，9菌株は100 ppmでも発病が認められた。しかし，対照として供試した保存菌株（1998年

採取）も 10 ppm で発病が認められたことから，今回の切り取り葉試験では，メタラキシル耐性についての正確なデータは得られなかった（表–1）。しかし，植物体を用いた感受性のベースラインは EC_{50} 値が 0.2 ～ 0.5 ppm であることから（Schwinn and Sozzi, 1982），供試した菌株はいずれも感受性が低下していると推察された。

表–1　ブドウべと病菌のメタラキシルに対する感受性（2010）[a]

採取場所	供試菌株数	メタラキシル濃度別発病菌株数	
		10 ppm	100 ppm
A 市	8	6	2
B 市	2	1	1
C 市	5	2	3
D 市	2	0	2
E 市	1	1	0
F 市	1	0	1
山梨果樹試保存菌[b]	1	1	0

[a] 品種‘ネオマスカット’の鉢植え苗に，ハンドスプレーでメタラキシル 10 ppm，100 ppm 溶液を十分量散布した．対照としてマンゼブ水和剤区と無散布区を設けた．薬剤散布翌日に葉を採取し，遊走子嚢懸濁液（濃度：1×10^5 個/m*l*）を噴霧接種した．接種後は 20℃，湿室条件下に保った．1 濃度当たり 5 ～ 7 枚の切り取り葉を供試した．接種 7 ～ 9 日後に各区における発病状況を調査した．すべての供試菌につき，無散布区では発病が認められ，マンゼブ水和剤区では発病が認められなかった．
[b] 1998 年採取．

QoI 剤については，生物検定を実施した 6 菌株はすべて高度耐性菌であった。また，6 菌株のうち 2 菌株を用いた接種試験では，アゾキシストロビン水和剤，クレソキシムメチル水和剤散布葉で発病が認められ，両薬剤間で交差耐性が確認された。一方，シモキサニル・ファモキサドン水和剤では発病は認められなかった（表–2）。

4　ポット苗を用いた試験法

メタラキシルは 0.2 ～ 200 ppm，その他の殺菌剤は 2 ～ 2,000 ppm の間で段階的に散布濃度を設定する。3 ～ 4 葉期となった植物体に薬液を十分量散布し，風乾する。植物体は 1 濃度当たり 3 個体を供試し，遊走子嚢懸濁液（濃度：5×10^4 個/m*l* ～ 1×10^5 個/m*l*）を葉裏に十分量噴霧接種する。18 ～ 21℃，日長時間 12 ～ 16 時間，湿室条件に保つ。接種 8 ～ 12 日後に葉裏の発病状況を調査する。感染が成立してからは光照射時に低湿度条件としたほうが遊走子嚢の形成は良好なようである。EC_{50} 値は，試験法や接種源，環境条件の影響が大きい。メタラキシルのブドウべと病菌に対する EC_{50} 値は，リーフディスク法で 0.01 ppm，幼苗を使う方法で 0.2 ～ 0.5 ppm である。

III　防　除　試　験

メタラキシルについては，現地での薬剤使用状況から発病後散布における効力低下が推察されたため，感受性低下菌と挿し木苗を用いて以下の防除試験を実施した。

表–2　アゾキシストロビン水和剤耐性ブドウべと病菌に対する同系統薬剤の発病抑制効果（2009 年）

菌株	供試薬剤	希釈倍数	発病葉数[a]/調査葉数	発病葉率（%）
D	アゾキシストロビン 10.0%水和剤	1,000	5/5	100
	クレソキシムメチル 50.0%水和剤	2,000	5/5	100
	シモキサニル 30.0%・ファモキサドン 22.5%水和剤	2,500	0/5	0
	マンゼブ 80.0%水和剤[b]	1,000	0/8	0
	無散布	−	6/6	100
E	アゾキシストロビン 10.0%水和剤	1,000	6/6	100
	クレソキシムメチル 50.0%水和剤	2,000	6/6	100
	シモキサニル 30.0%・ファモキサドン 22.5%水和剤	2,500	0/6	0
	マンゼブ 80.0%水和剤	1,000	0/7	0
	無散布	−	7/7	100
山梨果樹試保存菌	アゾキシストロビン 10.0%水和剤	1,000	0/4	0
	クレソキシムメチル 50.0%水和剤	2,000	0/5	0
	シモキサニル 30.0%・ファモキサドン 22.5%水和剤	2,500	0/5	0
	マンゼブ 80.0%水和剤	1,000	0/7	0
	無散布	−	6/6	100

[a] 当場保存菌を無散布区に接種した結果，供試した 6 葉のうち 4 葉は葉面積の 51%以上，2 葉は 10%以下に遊走子嚢の形成を認めた．その他の区の発病葉ではすべて葉面積の 51%以上に遊走子嚢の形成を認めた．
[b] 対照薬剤．

1　感染後発病前防除試験

展葉5～6枚期のものが望ましいが，もう少し生育が進んだ植物体でも十分な発病が得られる。1区当たり3鉢以上を供試し，苗の葉裏に遊走子嚢懸濁液（濃度：1×10^5 個/m*l*）を十分量噴霧接種した。フタのできる密閉容器（90 *l* プラスチック製ダストボックスなど）の底に水を張り，内側にはハンドスプレーで滅菌水を散布することで高湿度を保った。さらにボックス全体を大型ビニール袋で包み，20℃，24時間暗黒条件とした（図-4）。翌日，植物体を取り出し，葉上の水滴を風乾させた。供試薬剤として，マンゼブ64.0%・メタラキシルM3.8%水和剤1,000倍を十分量散布し，対照としてシモキサニル24.0%・ベンチアバリカルブイソプロピル10.0%水和剤2,000倍，シモキサニル30.0%・ファモキサドン22.5%水和剤2,500倍，マンゼブ80.0%水和剤1,000倍，薬剤無散布区（滅菌水散布）を設けた。薬剤散布後は苗を風乾し，20℃，昼は密閉容器のフタを開ける低湿度条件，夜は閉める多湿度条件下で管理し，接種7日後（薬剤散布6日後）に，先端葉を除く全葉の発病状況を切り取り葉試験と同様に調査した。

図-4　ダストボックスを利用した挿し木苗接種試験

その結果，無散布区およびマンゼブ水和剤散布区では発病が認められたが，その他の散布区では発病は認められず，マンゼブ・メタラキシルM水和剤区の防除効果は高かった（表-3）。

2　発病後防除試験

病原菌接種翌日までの処理は先の感染後発病前防除試験と同様である。接種2日目以降は，昼は密閉容器のフタを開ける低湿度条件，夜は閉める多湿度条件下で管理した。接種5日後に，全葉の発病状況を切り取り葉試験と同様に調査した。次いで，調査当日に薬剤を散布した。供試薬剤はマンゼブ64.0%・メタラキシルM3.8%水和剤1,000倍とし，対照として，シモキサニル24.0%・ベンチアバリカルブイソプロピル10.0%水和剤2,000倍，シモキサニル30.0%・ファモキサドン22.5%水和剤2,500倍，マンゼブ80.0%水和剤1,000倍，薬剤無散布区（滅菌水散布）を設けた。薬剤散布後は苗を風乾した。20℃，昼は密閉容器のフタを開ける低湿度条件，夜は閉める多湿度条件下で管理し，定期的に先端葉を除く全葉の発病状況を切り取り葉試験と同様に調査した。

その結果，マンゼブ水和剤，シモキサニル・ファモキサドン散布区の防除効果は認められなかった。シモキサニル・ベンチアバリカルブイソプロピル水和剤の防除効果は高かったが，マンゼブ・メタラキシルM水和剤の防除効果は低かった（表-4）。

Ⅳ 留　意　点

（1）　ここで供試した菌株は単遊走子分離菌株ではな

表-3　感染後・発病前薬剤散布のブドウべと病に対する防除効果（2010）[a)]

供試薬剤	希釈倍数	調査葉数	発病葉率（%）	発病度[b)]	防除価
マンゼブ64.0%・メタラキシルM3.8%水和剤	1,000	33	0	0	100
シモキサニル24.0%・ベンチアバリカルブイソプロピル10.0%水和剤	2,000	31	0	0	100
シモキサニル30.0%・ファモキサドン22.5%水和剤	2,500	32	0	0	100
マンゼブ80.0%水和剤	1,000	35	71.4	36.4	54.9
無散布	−	35	100	80.7	

[a)] 品種‘ネオマスカット’の苗を1区当たり3鉢供試した．メタラキシル感受性低下菌の遊走子嚢懸濁液（濃度：1×10^5 個/m*l*）を噴霧接種し，20℃，24時間暗黒，湿室条件に保った．翌日，葉上の遊走子嚢懸濁液を風乾させ，薬剤を十分量散布した．薬剤散布後は苗を風乾させ，20℃，昼は低湿度条件，夜は高湿度条件とした．

[b)] 接種7日後（薬剤散布後6日後）に，各区の葉について以下の指数に基づき葉の発病状況を調査し，発病度，防除価を算出した．指数　0：発病なし，1：病斑面積率10%以下，2：11～30%，3：31～50%，4：50%以上，発病度＝Σ（指数×該当葉数）×100/（4×供試総葉数），防除価＝100－（処理区の発病度/無処理区の発病度）×100.

表-4　発病後薬剤散布のブドウべと病に対する防除効果（2010）[a)]

供試薬剤	希釈倍数	調査葉数	発病葉率（%）	発病度[b)]	防除価
マンゼブ 64.0%・メタラキシル M3.8%水和剤	1,000	33	78.8	60.6	39.4
シモキサニル 24.0%・ベンチアバリカルブイソプロピル 10.0%水和剤	2,000	32	12.5	3.9	96.1
シモキサニル 30.0%・ファモキサドン 22.5%水和剤	2,500	33	100	100	0
マンゼブ 80.0%水和剤	1,000	32	100	100	0
無散布	−	32	100	100	

a) 品種‘ネオマスカット’の苗を1区当たり3鉢供試した．メタラキシル感受性低下菌の遊走子懸濁液（濃度：1×10^5個/m*l*）を噴霧接種し，20℃，24時間暗黒，湿室条件に保った．翌日，葉上の遊走子嚢懸濁液を風乾させ，20℃，昼は低湿度条件，夜は高湿度条件に保った．接種後5日後（いずれの試験区も発病葉率100%，発病度100）に薬剤を十分量散布した．薬剤散布後は苗を風乾させ，20℃，昼は低湿度条件，夜は高湿度条件に保った．

b) べと病菌接種8日後（薬剤散布3日後）に前記表-3の試験と同様に発病状況を調査し，発病度，防除価を算出した．

く，複数菌株が混在したものである。このような複数菌株からなるQoI剤耐性菌の増殖を薬剤無散布葉で繰り返した結果，耐性を示した菌の集団が感受性に変化したが，薬剤処理したブドウで増殖すると再び感受性が低下し，耐性となった（Genet et al., 2006，綿打未発表）。したがって，分離した菌株の取り扱いには十分注意する。

（2） メタラキシルの場合，分離個体群のうち，耐性菌の存在割合が1%以下なら感受性を示し，耐性菌の存在割合が10%ならば完全に耐性を示すという報告がある（Stähle-Csech et al., 1992）。

（3） QoI剤のうち，ファモキサドンについても，他のQoI剤間との交差耐性が確認されている（Heaney et al., 2000）。

V　今後の問題点

山梨県では，メタラキシル耐性ブドウべと病菌の発生に伴い，マンゼブ・メタラキシルM水和剤およびメタラキシルM・TPN水和剤の使用を中止しているが，圃場に存在するメタラキシルM耐性菌の割合と防除効果の関係や，耐性菌発生の時期別変化や年次変動等，十分に解明されていない部分が多く今後の課題である。生産者に対しては，農薬のグループ分けや，耐性菌発生リスクなどに関する情報提供を積極的に行い，予防散布を徹底するよう指導しているが，天候不順の年には治療効果のある薬剤の使用回数が多くなり，耐性菌の発達につながりやすい。耐性菌発生リスクの高い薬剤については，今後も定期的な感受性モニタリングが必要である。

引　用　文　献

1）Clerjeau, M. et al.（1984）: Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 49/2a, 179 ～ 184.
2）Furuya, S. et al.（2010）: Pest Manag. Sci. **66**: 1268 ～ 1272.
3）Genet, J. L. et al.（2006）: Pest Manag. Sci. **62**: 188 ～ 194.
4）Haiyan, S. et al.（2010）: J. Phytopathology. **158**: 450 ～ 452.
5）Heaney, S. P. et al.（2000）: Proc. Brighton Crop Protect Conf-Pests and Dis. BCPC, Farnham, Surrey, UK, p.755 ～ 762.
6）Schwinn, F. J. and D. Sozzi（1982）: FAO Plant Protection Bulletin **30**: 67 ～ 68.
7）Sierotzki, H. and N. Kraus（2003）: http://www.frac.info/frac Monitoring Methods/PLASVI micro titter plate test.
8）Stähle-Csech, U. et al.（1992）: EPPO Bulletin **22**: 314 ～ 316.
9）綿打享子ら（2010）: 日植病報 **76**: 154 ～ 155（講要）.
10）————ら（2011）: 同上 **77**: 162 ～ 163（講要）.

植物防疫基礎講座：
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル2016

(19) ブドウべと病菌

—QiI剤（生物検定）・シアゾファミド剤—

石原産業株式会社 中央研究所生物科学研究室　瀧井（たきい）　康子（やすこ）・阿部（あべ）　ゆずか

はじめに

シアゾファミド，商品名「ランマンフロアブル®」は，石原産業（株）が発明した殺菌剤で，従来の殺菌剤とは異なる化合物グループ（シアノイミダゾール）に属する。各種作物のべと病，疫病を代表とする卵菌綱の病原菌による病害や，アブラナ科植物の根こぶ病に卓効を示す（Mitani et al., 1998；2002；2003 a；2003 b）。石原産業は，1996年から本剤のグローバルな開発を本格化し，日本では2001年に農薬登録され，2015年9月30日現在43作物56病害の広い範囲で適用を取得している。

シアゾファミドは植物病原菌のエネルギーを生成するミトコンドリア電子伝達系の複合体Ⅲ（シトクローム bc_1 複合体）Qi部位を特異的に阻害することで殺菌作用を発揮する（Mitani et al., 2001 b）。また本剤は対象病原菌の各生育ステージを極めて低い濃度で阻害する（Mitani et al., 2001 a）。

シアゾファミドの適用病害の一つであるブドウべと病を引き起こす *Plasmopara viticola* は，一般に耐性菌発達リスクが高い菌とされており（FRAC, pathogen risk list），国内ではQoI剤に対する耐性菌が出現し全国的に分布している（鈴木ら，2011）。これまでにシアゾファミドに対する耐性菌は国内では報告されていないが，本菌は前述の通り耐性菌発達リスクが指摘されているため，感受性のモニタリングが必要であると考え，薬剤感受性検定方法を確立した。本稿ではその方法および検定結果を紹介する。

Ⅰ 検定材料の準備

1 供試植物

べと病に感受性のブドウ（品種：‘ネオマスカット’）を使用する。直径25 cmのポットで育苗したブドウ苗から，べと病に感染していない，完全に展開した比較的若い葉を選んで試験に用いる。使用する葉が古すぎると感染しない場合があり，展開途中の若い葉は葉脈が多く接種の際に遊走子のう懸濁液が葉面で保持できないことがあるので，避ける。

2 供試薬剤

市販のランマンフロアブル（シアゾファミド：10% w/v, 9.4% w/w，石原産業製）を使用する。

3 ブドウべと病菌の採集

罹病したブドウの葉を圃場から採取する。採取した罹病葉はサンプルごとにビニール袋に入れ，湿度を保つ。移送に時間を要する場合は，クーラーボックスに入れるなどして低温に保持する。罹病葉1枚から得られる菌を便宜的に1菌株とする。

4 接種源の調製および継代

遊走子のうは罹病した葉を20℃の湿室に保持することで得られる。ただし，検定に十分な量の遊走子のうが得られない場合は，採取した葉に形成された遊走子のうを，べと病に感染していないブドウ葉の裏面に接種して，新たに形成した遊走子のうを供試する。継代には，シャーレに水を含ませたろ紙を敷き，ブドウの葉をシャーレ（直径9 cm）に入る程度の大きさに縦横十字に4分割し，葉裏を上にして置く（葉を分割せずに丸ごと使うと枯れる場合がある）。その葉の上に水に懸濁した遊走子のう懸濁液8 μl を10～20箇所/葉に滴下する。シャーレのふたをし，これを湿度を保ったまま20℃，照明下（約5,000 lux，12時間明暗周期）で7～10日間培養する。

Ⅱ 感受性検定法

シアゾファミドはキュウリべと病菌において，遊走子遊泳法およびリーフディスク法による感受性検定方法が確立している（三谷，2009）。そこで，同じく卵菌類で絶対寄生菌であるブドウべと病菌もこれらを参考に検討を行った。

1 遊走子遊泳法

シアゾファミドの最終濃度が0（対照），0.015，0.05，

Methods for Testing Cyazofamid Sensitivity in Downy Mildew Pathogen of Grape.　By Yasuko Takii and Yuzuka Abe
（キーワード：ブドウべと病，感受性検定，シアゾファミド，QiI剤）

0.15，0.5，1.5，5，15 および 50 ppm になるようにマイクロプレート（96穴，平底）に1穴当たり 50 μl 入れる。その直後に遊走子のう懸濁液（3～5×10⁴ 個/ml）を 50 μl ずつ分注後，軽くゆすって薬剤を分散させる。20℃で3～4時間静置後に，光学顕微鏡で 100 個以上の遊走子のうを観察し，遊走子を放出した遊走子のう数を計測することにより，間接発芽率（%）を算出する。薬剤処理区と無処理区の間接発芽率から阻害率（%）を求め，50%遊走子遊泳阻害濃度（EC_{50}，ppm）を算出する。また，遊走子のう遊泳を完全に阻害する最小濃度を，最小遊走子遊泳阻害濃度（Minimum Inhibitory Concentration，MIC，ppm）とする。

2　リーフディスク法

中澤ら（1998）および天野ら（2000）の方法（リーフディスク・浮遊法）を参考にし，植物体を用いた試験方法を検討した。キュウリベと病菌のシアゾファミド検定にはリーフディスク・浮遊法を用いたが（三谷，2009），ブドウベと病菌にはこの方法では効果がほとんど認められなかったため，リーフディスク表面に薬液散布する方法（白石，2000）を参考に検討した。

ブドウ葉から直径 1 cm のリーフディスク（できるだけ葉脈を避ける）を打ち抜く。次に，シャーレに水を含ませたろ紙（直径 7 cm）を敷き，その上に葉裏を上にして並べ，所定濃度（0.1，0.3，1，3，10，30，100 ppm）の薬液を噴霧処理する。処理には回転テーブル式農薬散布器（大起理化工業製，DIK-7321 S）を使用し，スプレーノズルの真下に距離を 22 cm あけてシャーレを1枚置き，約 900 l/ha 相当を噴霧処理する。薬液を風乾した後，別の小型シャーレ（直径 3.5 cm）にろ紙と所定濃度の薬液 1 ml を入れ，リーフディスクを移す（5枚/シャーレ）。接種は処理翌日に行うが，それまでは乾燥を防ぐためにリーフディスクの入ったシャーレのふたをし，さらにスチロール製透明ケースに入れて 20℃で保存する。処理翌日に，接種源の遊走子のう懸濁液（約 5×10⁴ 個/ml）を 20℃下に約1時間静置し，遊走子のうの間接発芽を促す。遊走子のうの半数以上が間接発芽したことを検鏡によって確認後，懸濁液 10 μl をリーフディスクの中央部に滴下接種し，シャーレのふたをしてスチロール製透明ケース内で湿度を保ち，20℃，照明下（約 5,000 lux，12 時間明暗周期）で 10 日間インキュベートする。

効果判定はリーフディスク1枚ごとに病斑を肉眼および実体顕微鏡観察することにより行う。各リーフディスクにおける遊走子のう形成を伴った病斑部分の面積を5段階の評価基準（指数 0：全く遊走子のうが形成していない。1：遊走子のう形成が滴下面積の 10%未満。2：遊走子のう形成が 10%以上 50%未満。3：遊走子のう形成が 50%以上 90%未満。4：遊走子のう形成が 90%以上。）に従って判定し，次の式により発病度を求める。発病度＝100×Σ（指数×枚数）÷（4×5枚）。発病度から病斑形成阻害率（%）を求め，50%病斑形成阻害濃度（EC_{50}，ppm）を算出する。また，遊走子のう形成が全く認められない濃度の最小値を最小病斑形成阻害濃度 MIC（ppm）とする。

III　検　定　例

1　遊走子遊泳法

2004 年（30 株），2005 年（7 株），2006 年（10 株），および 2007 年（3 株）に日本各地から採集した合計 50 菌株を検定した。2004 年に採集した菌株に対するシア

表-1　採集したブドウベと病菌のシアゾファミドに対する感受性（2004）

	リーフディスク法		遊走子遊泳法	
採集場所	EC_{50}	MIC	EC_{50}	MIC
滋賀県	0.65	1	＜0.015	0.05
滋賀県	0.65	1	0.025	0.05
滋賀県	0.53	3	0.033	0.15
山梨県	0.65	1	0.041	0.15
山梨県	0.63	1	0.033	0.05
山梨県	0.53	1	0.037	0.5
山梨県	0.61	3	0.039	0.15
山梨県	0.42	1	＜0.015	0.05
岡山県	0.27	1	0.024	0.05
岡山県	0.56	3	0.025	0.05
岡山県	0.64	3	0.033	1.5
岡山県	0.61	1	0.032	5
岡山県	0.65	3	0.028	0.05
岡山県	0.3	3	0.021	0.05
長野県	0.46	1	0.031	0.05
長野県	0.59	1	0.017	0.05
長野県	0.65	3	0.045	0.5
長野県	0.22	1	0.031	0.05
長野県	0.36	1	0.019	0.05
滋賀県	0.63	1	0.031	0.05
滋賀県	0.61	1	0.03	0.05
滋賀県	0.16	1	0.029	0.05
滋賀県	1.2	3	0.029	1.5
滋賀県	0.22	1	0.033	5
滋賀県	0.84	3	0.048	5
滋賀県	0.8	3	0.036	5
滋賀県	0.54	3	0.036	5
滋賀県	0.67	3	0.039	1.5
滋賀県	0.19	1	0.033	0.15
滋賀県	0.33	1	0.19	15

（単位：ppm）

表-2 採集したブドウべと病菌のシアゾファミドに対する感受性（2005）

採集場所	リーフディスク法		遊走子遊泳法	
	EC_{50}	MIC	EC_{50}	MIC
大阪府	0.53	1	0.033	0.05
滋賀県	0.2	0.3	0.026	0.15
滋賀県	0.16	0.3	0.052	1.5
滋賀県	0.3	1	0.058	1.5
滋賀県	0.39	3	0.034	0.15
滋賀県	0.26	1	0.044	1.5
滋賀県	0.31	1	0.063	5

（単位：ppm）

表-3 採集したブドウべと病菌のシアゾファミドに対する感受性（2006）

採集場所	リーフディスク法		遊走子遊泳法	
	EC_{50}	MIC	EC_{50}	MIC
滋賀県	0.16	0.3	0.02	1.5
滋賀県	0.35	1	0.035	15
滋賀県	0.31	1	0.14	15
滋賀県	0.65	1	0.034	5
滋賀県	0.65	1	0.033	5
滋賀県	0.63	1	0.033	15
滋賀県	0.65	1	0.1	0.5
滋賀県	0.65	1	0.033	0.05
滋賀県	0.6	1	0.052	0.15
滋賀県	0.63	1	0.052	0.15

（単位：ppm）

表-4 採集したブドウべと病菌のシアゾファミドに対する感受性（2007）

採集場所	リーフディスク法		遊走子遊泳法	
	EC_{50}	MIC	EC_{50}	MIC
滋賀県	0.59	1	0.018	0.05
滋賀県	0.63	1	0.01	0.15
滋賀県	0.65	1	0.033	0.5

（単位：ppm）

ゾファミドの50％遊走子遊泳阻害濃度（EC_{50}）は＜0.015～0.19 ppm，最小遊走子遊泳阻害濃度（MIC）は0.05～15 ppmの範囲に分布し（表–1），平均値は各々0.038 ppmおよび2.1 ppmであった。また2005年に採集した菌株ではEC_{50}は0.026～0.063 ppm，MICは0.05～5 ppmの範囲に分布し（表–2），平均値は各々0.044 ppmおよび1.4 ppmであった。2006年に採集した菌株ではEC_{50}は0.02～0.14 ppm，MICは0.05～15 ppmの範囲に分布し（表–3），平均値は各々0.053 ppmおよび5.7 ppmであった。2007年に採集した菌株ではEC_{50}は0.01～0.033 ppm，MICは0.05～0.5 ppmの範囲に分布し（表–4），平均値は各々0.02 ppmおよび0.23 ppmであった。

2004～07年のMIC値は0.05 ppmから15 ppmまでと分布範囲がやや広い傾向にあるが，EC_{50}値は＜0.015～0.19 ppmの狭い範囲に分布した。MIC値の高かった株は次に述べるリーフディスク法ではMIC値が1 ppmと低い値を示しており，また，EC_{50}値とMIC値について年次ごとの感受性低下も認められず，検定した菌株はいずれもシアゾファミドに対して高い感受性を示した。したがって，遊走子遊泳法でシアゾファミドに対する感受性を判断するには，感受性分布の狭いEC_{50}値で判断するが，MIC値の高い株についてはリーフディスク法の結果と併せて判断するのが望ましいと考える。

2　リーフディスク法

遊走子遊泳法で検定した合計50菌株を評価した（2004年：30株，2005年：7株，2006年：10株，2007年：3株）。2004年に採集した菌株について50％病斑形成阻害濃度（EC_{50}）は0.16～1.2 ppm，最小病斑形成阻害濃度（MIC）は1～3 ppmの範囲に分布し（表–1），平均値は各々0.55 ppmおよび1.9 ppmであった。

また2005年に採集した菌株では，EC_{50}は0.16～0.53 ppm，MICは0.3～3 ppmの範囲に分布し（表–2），平均値は各々0.31 ppmおよび1.1 ppmであった。

2006年に採集した菌株では，EC_{50}は0.16～0.65 ppm，MICは0.3～1 ppmの範囲に分布し（表–3），平均値は各々0.53 ppmおよび0.93 ppmであった。

さらに2007年に採集した菌株では，EC_{50}は0.59～0.65 ppmの範囲に分布し，MICは1 ppmであった（表–4）。平均値は各々0.62 ppmおよび1 ppmであった。

2004～07年のMIC値は0.3～3 ppm，EC_{50}は0.16～1.2 ppmの範囲に分布しており，年次ごとの感受性低下も認められず，検定した菌株はいずれもシアゾファミドに対して高い感受性を示した。

3　検定結果に関する考察

検定の結果，日本国内ではシアゾファミドに対する耐性菌は検出されなかった。しかしながら，欧州において感受性低下菌の存在を示唆するデータが報告されている（DGAL-SDQPV et al., 2016）。このことから，シアゾファミド剤の使用にあたっては，耐性菌の発達を防ぐために予防的散布の徹底や，異なる作用機構を有する薬剤との混用やローテーション散布等，引き続き適切な耐性菌管理が必要であると考える。

4　感受性検定法に関する考察

以上のように遊走子遊泳法，リーフディスク法，いず

れでも感受性検定が可能である。2004 ～ 07年にかけて，遊走子遊泳法により求めたMIC値は0.05から15 ppmであったが，リーフディスク法ではいずれの菌株もMIC値は0.3 ～ 3 ppmの狭い範囲にとどまっており感受性に問題はなかった。遊走子遊泳法は検定感度が高く，かつ処理後3 ～ 4時間以内に結果を判定できる利点があり，ある程度EC_{50}値で耐性の判断ができるが，MIC値が高い場合はリーフディスク法も併せて判断する。一方，リーフディスク法は，実際の圃場をより反映した結果が得られる。したがって，検定の目的に応じた検定方法を選択すればよい。

引　用　文　献

1）天野徹夫ら（2000）：平成11年度農薬試験成績（JA全農 営農・技術センター），p.83 ～ 92.
2）DGAL-SDQPV（Direction Générale de l'Alimentation ―Sous-Direction de la Qualité et de la Protection des Végétaux）et al.（2016）"NOTE TECHNIQUE COMMUNE GESTION DE LA RESISTANCE 2016"〈http://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Note_technique_commune_Vigne_2016_validee_cle4d819f.pdf〉 2016年11月22日アクセス
3）FRAC（Fungicide Resistance Action Committee）（2013）"PATHOGEN RISK LIST（December 2013）"〈http://www.frac.info/docs/default-source/publications/pathogen-risk/pathogen-risk-list.pdf?sfvrsn=8〉 2016年11月22日アクセス
4）Mitani, S. et al.（1998）: Brighton Crop Prot. Conf.-Pests and Diseases, British Crop Protection Council. Farnham, Surrey, UK, p.351 ～ 358.
5）――― et al.（2002）: Pest Manag. Sci. **58**: 139 ～ 145.
6）――― et al.（2003 a）: ibid. **59**: 287 ～ 293.
7）――― et al.（2003 b）: J. Pesticide Sci. **28**: 64 ～ 68.
8）――― et al.（2001 a）: Pestic. Biochem. Physiol. **70**: 92 ～ 99.
9）――― et al.（2001 b）: ibid. **71**: 107 ～ 115.
10）三谷　滋（2009）: 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアルII，植物防疫特別増刊号（No.12），日本植物防疫協会，東京，p.58 ～ 60.
11）中澤靖彦ら（1998）: 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル，植物防疫特別増刊号（No.4），日本植物防疫協会，東京，p.33 ～ 36.
12）白石　慎（2000）: 第10回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨集，p.17 ～ 26.
13）鈴木俊二ら（2011）: 植物防疫 **65**（11）: 640 ～ 644.

日植防シンポジウムから

殺菌剤耐性菌対策に係るFRACの活動

Japan FRAC代表 田辺 憲太郎（たなべ けんたろう）

はじめに

農業用殺菌剤の耐性菌の発生を抑制するためには，特定の殺菌剤による低感受性菌の選択圧を低減することが必要である。そのためには作用機構が異なる殺菌剤が求められるが，新規作用機構剤の開発は極めて限定的である。また，今後開発される殺菌剤は，主として作用点が単一の特異的作用機構剤となるため，耐性菌の発生リスクは高くなっていく。

以上の状況において，現在農薬登録のある殺菌剤に対して，適切な耐性管理による防除効果の持続が一段と重要な課題となっている。本稿においては，殺菌剤耐性菌対策のための国際組織Fungicide Resistance Action Committee（FRAC）の活動内容をご紹介する。なお，殺菌剤のグループ名，有効成分名等については，FRACコード表日本版（表−1）に従っている。

本稿は，2017年1月に開催された日本植物防疫協会シンポジウム「薬剤抵抗性対策の新たな展開」での講演をまとめたものである。

I　FRAC設立の経緯

1960年代までの病害防除の主体は，耐性リスクの低い多作用点接触活性剤であったため，耐性菌の発生事例は限定的であった。1970年以降，ベンゾイミダゾール，ジカルボキシイミド，フェニルアミド等の主要な作用点が単一である特異的作用機構剤の開発・上市が増加，それにしたがって耐性菌の発生事例，ある特定の殺菌剤に耐性になると同系統の他の殺菌剤にも耐性となる交差耐性の事例が増加した。これらを背景として1981年，欧州において代表的な農薬メーカーの殺菌剤の専門家が集まって，共同で耐性菌発生の遅延化対策を実施することを目的にFRACを設立した。現在は国際農薬工業会の技術部会として活動を継続している。

会長，理事，委員のすべてが農薬メーカーの社員であり，メーカー自身によって自社の殺菌剤の耐性菌対策を推進する組織である。欧州以外に，日本（Japan FRAC），北米，ブラジル，南アフリカに地域の活動拠点がある。

II　作業部会

FRACにおける耐性菌対策の活動主体は，主に殺菌剤の系統別に設置される作業部会である（表−2）。作業部会は，原則として複数のメーカーが耐性リスクが高い同系統の作用機構の殺菌剤を保有する場合に設置される。

新規剤の耐性菌対策のためには，実使用が始まる上市前に広範囲にわたって病原菌を採集・分離して，殺菌剤の感受性を検定する感受性モニタリングを実施することにより，感受性のベースラインを把握しておく必要がある。上市後にモニタリングを継続実施することにより，感受性低下の有無や程度を把握することができる。また，防除効果の低下事例が認められた場合に，原因が感受性低下菌，耐性菌であるのかどうかを判断することができる。

作業部会は，年に1回程度集まって，感受性モニタリングの分担，実施，結果の共有をしたうえで，各殺菌剤の使用ガイドラインを作成，改訂を行っている。各作業部会の議事の概要，ガイドライン，殺菌剤の感受性モニタリングの方法等は，FRACのホームページ（http://www.frac.info/）に公開されている。

作業部会は原則として薬剤系統別であるが，バナナ部会については，国際的に問題となっている難防除病害であるバナナ黒シガトカ病の耐性菌問題を検討する唯一の作物別部会で，バナナ登録のある殺菌剤の農薬メーカーだけでなく，バナナ生産会社も参加している。

III　FRACコードによる殺菌剤の分類

FRACは殺菌剤を作用機構，交差耐性の有無により分類して，それぞれのグループにFRACコードという記号，番号を指定し，これをまとめたFRACコード表を作成して毎年改訂している。作用機構が判明している殺菌剤については1 ～ 49の番号，抵抗性誘導剤はP1 ～ 3，多作用点接触活性剤はM1 ～ 11のFRACコードを指定している。作用点が不明な殺菌剤については記号Uに番号を組合せて，作用点が判明した段階で新しいFRAC

A Resistance Activity of Fungicide Resistance Action Committee（FRAC）．　By Kentaro Tanabe

（キーワード：耐性管理，FRACコード，耐性リスク，病原リスク，殺菌剤リスク）

表-1　農業用殺菌剤の作用機構

最新版は Japan FRAC ホームページ（http://www.jfrac.com/）に掲載
FRAC CODE LIST より国内で使用されている殺菌剤を Japan FRAC が抜粋，改変しました（一部未登録農薬有）．

FRAC コード表 2017 年 4 月版(1)

作用機構	作用点とコード	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農薬名（例）	耐性リスク 備考	FRAC コード
A：核酸合成	A1：RNA ポリメラーゼ I	PA 殺菌剤 （フェニルアミド）	アシルアラニン	メタラキシル	リドミル	高 複数の耐性卵菌が発生。	4
				メタラキシル M	サブデューマックス		
	A3：DNA/RNA 生合成（提案中）	芳香族ヘテロ環	イソキサゾール	ヒドロキシイソキサゾール	タチガレン	耐性菌未発生	32
	A4：DNA トポイソメラーゼタイプ II（ジャイレース）	カルボン酸	カルボン酸	オキソリニック酸	スターナ	不明 耐性菌発生	31
B：有糸核分裂と細胞分裂	B1：β–チューブリン重合阻害	MBC 殺菌剤 （メチルベンゾイミダゾールカーバメート）	ベンゾイミダゾール	ベノミル	ベンレート	高 広範囲の耐性菌が発生。グループ内で交差耐性がある。N–フェニルカーバメートと負相関交差耐性がある。	1
			チオファネート	チオファネート メチル	トップジン M		
	B2：β–チューブリン重合阻害	N–フェニルカーバメート	N–フェニルカーバメート	ジエトフェンカルブ	スミブレンド，ゲッター，プライアの成分	高 耐性菌発生。ベンゾイミダゾールと負相関交差耐性がある。	10
	B3：β–チューブリン重合阻害	チアゾールカルボキサミド	エチルアミノチアゾールカルボキサミド	エタボキサム	エトフィン	低～中	22
	B4：細胞分裂（提案中）	フェニルウレア	フェニルウレア	ペンシクロン	モンセレン	耐性菌未発生	20
	B5：スペクトリン様蛋白質の非局在化	ベンズアミド	ピリジニルメチルベンズアミド	フルオピコリド	リライアブル等の成分	耐性菌未発生	43
C：呼吸	C1：複合体 I NADH 酸化還元酵素	ピリミジンアミン	ピリミジンアミン	ジフルメトリム	ピリカット	耐性菌未発生	39
		ピラゾールカルボキサミド	ピラゾールカルボキサミド	トルフェンピラド	ハチハチ		
	C2：複合体 II コハク酸脱水素酵素	SDHI （コハク酸脱水素酵素阻害剤）	フェニルベンズアミド	フルトラニル	モンカット	中～高 複数の耐性菌が発生。	7
				メプロニル	バシタック		
			フェニルオキソエチルチオフェンアミド	イソフェタミド	2017 年 4 月現在未登録		
			ピリジニルエチルベンズアミド	フルオピラム	オルフィン		
			チアゾールカルボキサミド	チフルザミド	グレータム		
			ピラゾール–4–カルボキサミド	フルキサピロキサド	セルカディス		
				フラメトピル	リンバー		
				イソピラザム	ネクスター		
				ペンフルフェン	エバーゴル，エメストプライム		
				ペンチオピラド	アフェット，フルーツセイバー		
			ピリジンカルボキサミド	ボスカリド	カンタス		
	C3：複合体 III ユビキノール酸化酵素 Qo 部位	QoI 殺菌剤 （Qo 阻害剤）	メトキシアクリレート	アゾキシストロビン	アミスター	高 複数の耐性菌が発生。グループ内で交差耐性がある。	11
				ピコキシストロビン	メジャー		
			メトキシアセトアミド	マンデストロビン	スクレア		
			メトキシカーバメート	ピラクロストロビン	ナリア，シグナムの成分		
			オキシイミノ酢酸	クレソキシムメチル	ストロビー		
				トリフロキシストロビン	フリント		
			オキシイミノアセトアミド	メトミノストロビン	オリブライト，イモチエース		
				オリサストロビン	嵐		
			オキサゾリジンジオン	ファモキサドン	ホライズンの成分		
			ジヒドロジオキサジン	フルオキサストロビン	ディスアーム		
			イミダゾリノン	フェンアミドン	ビトリーン		
			ベンジルカーバメート	ピリベンカルブ	ファンタジスタ		
	C4：複合体 III ユビキノン還元酵素 Qi 部位	QiI 殺菌剤 （Qi 阻害剤）	シアノイミダゾール	シアゾファミド	ランマン	不明であるが中～高と推測。	21
			スルファモイルトリアゾール	アミスルブロム	ライメイ，オラクル		
	C5：酸化的りん酸化の脱共役		2,6–ジニトロアニリン	フルアジナム	フロンサイド	低 耐性灰色かび病菌が発生。	29
	C8：複合体 III ユビキノン還元酵素 Qo 部位 スチグマテリン結合サブサイト	QoSI 殺菌剤 （QoS 阻害剤）	トリアゾロピリミジンアミン	アメトクトラジン	ザンプロ	QoI とは交差しない。耐性リスクは中～高と推測。	45
D：アミノ酸および蛋白質生合成	D1：メチオニン生合成（提案中）	AP 殺菌剤 （アニリノピリミジン）	アニリノピリミジン	シプロジニル	ユニックス	中 耐性灰色かび病菌と黒星病菌が発生。	9
				メパニピリム	フルピカ		
	D3：蛋白質生合成	ヘキソピラノシル抗生物質	ヘキソピラノシル抗生物質	カスガマイシン	カスミン	中 耐性糸状菌，細菌が発生。	24
	D4：蛋白質生合成	グルコピラノシル抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	ストレプトマイシン	アグレプト，ストマイ，ヒトマイシン，マイシン	高 細菌病防除剤。耐性菌が発生。	25
	D5：蛋白質生合成	テトラサイクリン抗生物質	テトラサイクリン抗生物質	オキシテトラサイクリン	マイコシールド	高 細菌病防除剤。耐性菌が発生。	41
E：シグナル伝達	E2：浸透圧シグナル伝達における MAP・ヒスチジンキナーゼ（*os–2*，*HOG1*）	PP 殺菌剤 （フェニルピロール）	フェニルピロール	フルジオキソニル	セイビアー	低～中	12
	E3：浸透圧シグナル伝達における MAP・ヒスチジンキナーゼ（*os–1*，*Daf1*）	ジカルボキシイミド	ジカルボキシイミド	イプロジオン	ロブラール	中～高	2
				プロシミドン	スミレックス		
F：脂質生合成または輸送/細胞膜の構造または機能	F2：りん脂質生合成，メチルトランスフェラーゼ阻害	ホスホロチオレート	ホスホロチオレート	IBP（イプロベンホス）	キタジン P	低～中 グループ内で交差耐性あり。	6
		ジチオラン	ジチオラン	イソプロチオラン	フジワン		
	F3：脂質の過酸化（提案中）	AH 殺菌剤 （芳香族炭化水素）	芳香族炭化水素	トルクロホスメチル	リゾレックス	低～中 複数の耐性菌が発生。	14
	F4：細胞膜透過性，脂肪酸（提案中）	カーバメート	カーバメート	プロパモカルブ塩酸塩	プレビクール N	低～中	28
	F6：病原菌細胞膜の微生物撹乱	微生物（*Bacillus* sp.）	*Bacillus subtilis*	バチルス・ズブチリス QST713 株	インプレッション，セレナーデ	低	44
	F9：脂質恒常性および輸送/貯蔵	OSBPI　オキシステロール結合蛋白質阻害	ピペリジニルチアゾールイソキサゾリン	オキサチアピプロリン	ゾーベックエニケード	中～高と推測（旧：U15）。	49

この表は，耐性菌対策目的としては自由にご利用ください．

FRAC コード表（2）

作用機構	作用点とコード	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農薬名（例）	耐性リスク 備考	FRAC コード
G：細胞膜のステロール生合成	G1：ステロール生合成における C14 位の脱メチル化酵素	DMI–殺菌剤 （脱メチル化阻害剤） （SBI：クラス I）	ピペラジン	トリホリン	サプロール	中 グループ内で耐性差が大きい。複数の病原菌において耐性が発生している。DMI 間で交差耐性が発生しているとみなしたほうがよい。DMI と他の SBI は交差しない。	3
			ピリミジン	フェナリモル	ルビゲン		
			イミダゾール	オキスポコナゾールフマル酸塩	オーシャイン		
				ペフラゾエート	ヘルシード		
				プロクロラズ	スポルタック		
				トリフルミゾール	トリフミン		
			トリアゾール	シプロコナゾール	アルト		
				ジフェノコナゾール	スコア		
				フェンブコナゾール	インダー，デビュー		
				ヘキサコナゾール	アンビル		
				イミベンコナゾール	マネージ		
				イプコナゾール	テクリード		
				メトコナゾール	リベロ，ワークアップ		
				ミクロブタニル	ラリー		
				プロピコナゾール	チルト		
				シメコナゾール	サンリット，モンガリット		
				テブコナゾール	シルバキュア，オンリーワン		
				テトラコナゾール	サルバトーレ，ホクガード		
	G3：ステロール生合成の C4 位脱メチル化における 3–ケト還元酵素	（SBI：クラス III）	ヒドロキシアニリド	フェンヘキサミド	パスワード	低～中	17
			アミノピラゾリノン	フェンピラザミン	ピクシオ		
	G4：ステロール生合成のスクワレンエポキシダーゼ	（SBI：クラス IV）	チオカーバメート	ピリブチカルブ	エイゲン	耐性菌未発生	18
H：細胞壁生合成	H4：キチン生合成酵素	ポリオキシン	ペプチジルピリミジンヌクレオシド	ポリオキシン	ポリオキシン	中	19
	H5：セルロース生合成酵素	CAA 殺菌剤 （カルボン酸アミド）	桂皮酸アミド	ジメトモルフ	フェスティバル	低～中 欧州においてブドウべと病の耐性菌が発生。グループ内で交差耐性がある。	40
			バリンアミドカーバメート	ベンチアバリカルブイソプロピル	プロポーズ，ベトファイター等の成分		
			マンデル酸アミド	マンジプロパミド	レーバス		
I：細胞壁のメラニン生合成	I1：メラニン生合成の還元酵素	MBI–R	イソベンゾフラノン	フサライド	ラブサイド	耐性菌未発生	16.1
			ピロロキノリノン	ピロキロン	コラトップ		
			トリアゾロベンゾチアゾール	トリシクラゾール	ビーム		
	I2：メラニン生合成の脱水酵素	MBI–D	シクロプロパンカルボキサミド	カルプロパミド	ウィン	中 耐性菌が発生。	16.2
			カルボキサミド	ジクロシメット	デラウス		
			プロピオンアミド	フェノキサニル	アチーブ		
	I3：メラニン生合成のポリケタイド合成酵素	MBI–P	トリフルオロエチルカーバメート	トルプロカルブ	サンプラス，ゴウケツ	耐性菌未発生	16.3
P：宿主植物の抵抗性誘導	P2	ベンゾイソチアゾール	ベンゾイソチアゾール	プロベナゾール	オリゼメート	耐性菌未発生	P2
	P3	チアジアゾールカルボキサミド	チアジアゾールカルボキサミド	チアジニル	ブイゲット		P3
		イソチアゾールカルボキサミド	イソチアゾールカルボキサミド	イソチアニル	スタウト，ルーチン		
U：作用機構不明	不明	シアノアセトアミド＝オキシム	シアノアセトアミド＝オキシム	シモキサニル	カーゼート，ブリザード等の成分	低～中	27
	不明	ホスホナート	エチルホスホナート	ホセチル	アリエッティ	低	33
	不明	ベンゼンスルホン酸	ベンゼンスルホン酸	フルスルファミド	ネビジン，ネビリュウ	耐性菌未発生	36
	不明	フェニルアセトアミド	フェニルアセトアミド	シフルフェナミド	パンチョ	耐性うどんこ病菌発生。	U6
	アクチン崩壊（提案中）	アリルフェニルケトン	ベンゾイルピリジン	ピリオフェノン	プロパティ	中 欧州において低感受性のコムギうどんこ病が発生。	U8
	不明	チアゾリジン	シアノメチレンチアゾリジン	フルチアニル	ガッテン	耐性菌未発生	U13
	不明	ピリミジノンヒドラゾン	ピリミジノンヒドラゾン	フェリムゾン	ブラシンの成分	耐性菌未発生	U14
	複合体 III 結合部位不明	4–キノリル酢酸	4–キノリル酢酸	テブフロキン	トライ	QoI とは交差しない。耐性リスク不明。中と推測。	U16
	不明	テトラゾリルオキシム	テトラゾリルオキシム	ピカルブトラゾクス	クインテクト	耐性菌未発生	U17
	不明（トレハラーゼ阻害）	グルコピラノシル抗生物質	グルコピラノシル抗生物質	バリダマイシン	バリダシン	耐性菌未発生 トレハロースによる抵抗性誘導提案中	U18
未分類	不明	種々	種々	炭酸水素カリウム，炭酸水素ナトリウム，天然物起源	カリグリーン，ハーモメイト	耐性菌未発生	NC
M：多作用点接触活性化合物	多作用点接触活性	無機化合物	無機化合物	銅	Z ボルドー，コサイド 3000 等	全般的に低リスクとみなしている。	M1
		無機化合物	無機化合物	硫黄	サルファー，イオウ等		M2
		ジチオカーバメート	ジチオカーバメート	マンゼブ	ジマンダイセン，ペンコゼブ		M3
				マンネブ	エムダイファー		
				プロピネブ	アントラコール		
				チウラム	チウラム，チオノック，トレノックス		
				ジラム	モノドクター		
		フタルイミド	フタルイミド	キャプタン	オーソサイド		M4
		クロロニトリル （フタロニトリル）	クロロニトリル （フタロニトリル）	TPN	ダコニール，パスポート		M5
		ビスグアニジン	ビスグアニジン	イミノクタジン酢酸塩	ベフラン		M7
				イミノクタジンアルベシル酸塩	ベルクート		
		キノン（アントラキノン）	キノン（アントラキノン）	ジチアノン	デラン		M9
		キノキサリン	キノキサリン	キノキサリン系	モレスタン		M10
		マレイミド	マレイミド	フルオルイミド	ストライド		M11

Japan FRAC 会員：BASF ジャパン株式会社，バイエル クロップサイエンス株式会社，ダウ・ケミカル日本株式会社，デュポン・プロダクション・アグリサイエンス株式会社，北興化学工業株式会社，石原産業株式会社，クミアイ化学工業株式会社，株式会社クレハ，三井化学アグロ株式会社，日本農薬株式会社，日本曹達株式会社，日産化学工業株式会社，住友化学株式会社，シンジェンタジャパン株式会社.

表-2　FRAC が設置している作業部会

作業部会	略称	作用点など	有効成分例
アニリノピリミジン	AP	メチオニン生合成阻害 （提案中）	シプロジニル メパニピリム
アザナフタレン	AZN	シグナル伝達：不明	キノキシフェン* プロキナジド*
オキシステロール結合蛋白質阻害剤	OSBPI	オキシステロール結合蛋白質 （提案中）	オキサチアピプロリン
カルボン酸アミド	CAA	セルロース生合成阻害	ジメトモルフ ベンチアバリカルブイソプロピル マンジプロパミド
コハク酸脱水素酵素阻害剤	SDHI	複合体 II 阻害	ボスカリド ペンチオピラド等
ステロール生合成阻害剤	SBI	細胞膜のステロール生合成	DMI SBI：class I–class IV
Qo 阻害剤	QoI	複合体 III 阻害 ユビキノール酸化酵素 Qo 部位	アゾキシストロビン クレソキシムメチル等
バナナ	Banana	黒シガトカ病防除	DMI，QoI，AP 等の バナナ用殺菌剤

*：国内未登録.

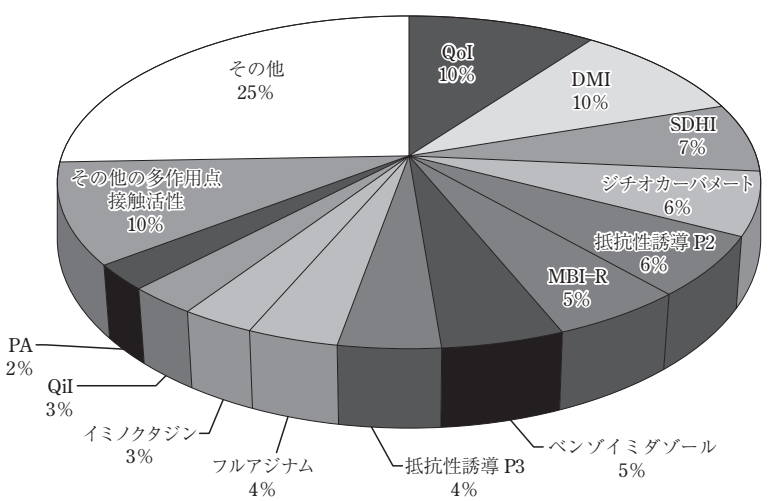


図-1　国内殺菌剤の系統別出荷割合（2016）
農薬要覧 2016 から出荷金額抜粋　混合剤は成分数で配分.

コードを指定している。防除暦，ローテーション表を作成する際に，各薬剤の FRAC コードを記載しておくと簡単に系統がわかるため，連用をさけるなどの対策に便利である。

なお，FRAC コードが異なる殺菌剤は交差しないが，同じであっても必ず交差するとは限らない。FRAC による分類はあくまで作用点による分類であるため，防除スペクトラム・化学骨格が異なっていて，交差しない可能性がある殺菌剤も同じ系統に分類されている。

例えばコハク酸脱水素酵素阻害剤は，担子菌類を主な防除対象とする殺菌剤で構成されていたが，近年，子のう菌などを主防除対象とするボスカリド，ペンチオピラド，フルオピラムも加わっている。この 3 剤については交差関係が複雑で，ある成分に対する耐性菌が，必ずし

も他の成分の耐性菌であるとは限らないことが複数の病原菌で判明している（Avenot, 2009；Ishii, 2011）。Qo阻害剤にはストロビルリン系殺菌剤，非ストロビルリンである卵菌類防除剤（ファモキサドン，フェンアミドン），カーバメート系殺菌剤（ピリベンカルブ）が同じFRACコード11として分類されている。またDMIについては，殺菌剤によって耐性差が大きく，ある殺菌剤の効果が低くても他の殺菌剤が有効である場合がある。

国際版のコード表は，日本登録がない殺菌剤や開発初期段階の薬剤を含んでいるため，Japan FRACにおいて，国内登録殺菌剤のみを抜粋して見やすくした日本語版のコード表を作成して，ホームページ（http://www.jfrac.com/）に公開している（表−1）。耐性菌対策目的による使用については自由にご活用頂きたい。

国内における殺菌剤の出荷金額による系統別の使用割合を図−1に示す。世界全体としては，DMIとQoIの出荷割合があわせて約50％と非常に高率となっているが（Phillips McDougall, 2016），国内においてはそれぞれ10％で，上位ではあるものの占める割合はそれほど高くはない。日本の特徴としては，イネいもち病の防除剤である抵抗性誘導剤（P2, P3），MBI−Rの割合が合わせて約15％あることが挙げられる。

Ⅳ　耐性リスク分析

FRACは過去の耐性菌の発生事例を分析し，耐性菌発生リスクの程度を殺菌剤リスク，病原リスク，栽培リスクから算出する複合リスクに基づいて評価している。

1　殺菌剤リスク

新規剤の上市後の耐性菌の発生の早さ，感受性の低下幅の大きさ等の発生程度は，殺菌剤の系統によって大きく異なっているので，殺菌剤についてのリスクを高，中，低の3段階に分類している。ベンゾイミダゾール（ベノミル，チオファネートメチル，フェニルアミド（メタラキシル，メタラキシルM），Qo阻害剤（アゾキシストロビン，クレソキシムメチル等）のように上市後短期間で耐性菌が発生して，防除効果が大幅に低下した事例のある殺菌剤を高リスクとしている。コハク酸脱水素酵素阻害剤（ボスカリド，ペンチオピラド等）については中〜高という中間的な位置づけとしている。

DMI（トリアゾールなど）などのステロール生合成阻害剤，アニリノピリミジン（シプロジニル，メパニピリム）のように一部の条件で防除効果が低下したり，防除効果の低下が限定的であったりする殺菌剤については中リスクとしている。

銅，硫黄，ジチオカーバメート等の多作用点接触活性化合物，メラニン生合成の還元酵素阻害剤（MBI−R: フサライド，ピロキロン，トリシクラゾール），宿主植物の抵抗性誘導剤（プロベナゾール，チアジニル，イソチアニル）等については，長期間の実使用においても耐性菌の発生がないか，非常に少ないため低リスクとしている。

上記に示した薬剤を含むすべての殺菌剤の耐性リスクについてはFRACコード表に記載がある（表−1）。

2　病原リスク

耐性菌の発生程度は，病原菌によっても差があるので，高，中，低の3段階に分類している（FRAC, 2013）。高リスク病原菌としては，耐性菌の発生事例が多く，発生した場合の影響が大きいイネいもち病，ウリ類のうどんこ病菌，灰色かび病菌等がある。中リスク病原菌としては，発生事例が高リスク病原菌に比べて少なく，影響が限定的なイチゴうどんこ病，ジャガイモ疫病，ナシ黒星病等がある。ジャガイモ疫病については，フェニルアミドに対する耐性菌の発生が早く，影響が大きかったが，それ以外の病原菌についてはそれほどではなかったため中リスクとなっている。低リスク病原菌は，耐性菌の発生事例がないか，非常に少ないもので，イネ紋枯病，麦類さび病等がある。ただし低リスクは無リスクを意味するのではなく，あくまでも過去の事例に基づいた評価である。

以上の殺菌剤リスク，病原リスクについては固定しているわけではなく，耐性菌の発生事例を見ながら見直しが行われている。

3　栽培リスク

複合リスク評価を開始した当初は，殺菌剤リスクと病原リスクによって複合リスクを求めていたが，該当する病害が多発することを前提としており，主産地であっても発生が少ない病害の場合において高リスクとなるなどの不都合があった。また，耐性菌の発生は国や地域によって大きく異なることから，複合リスクを調整する栽培リスクを導入した。栽培リスクには，気象条件，施肥量，灌漑，耕起法，単作・輪作，抵抗性品種の利用，圃場衛生等による病原圧がかかわってくる。その地域における病原圧によって，高，中，低の3段階と分類している。

4　複合リスクの算出

各リスクの高，中，低に，殺菌剤リスクは6，4，1，病原リスクは3，2，1，栽培リスクは1，0.5，0.25の係数を与えて，乗算した代表的な殺菌剤と病害についての複合リスクの値を表−3に示す。高リスク殺菌剤を高リスク病原菌による病害防除に使用して，その病害の発生が多く防除回数が多い地域では複合リスクが最大の18となる。高リスク殺菌剤と高リスク病原菌の組合せであ

表-3　殺菌剤，病原および栽培リスクに基づく複合リスク表

殺菌剤の系統例	殺菌剤リスク	複合リスク			栽培リスク
ベンゾイミダゾール フェニルアミド Qo 阻害剤	高＝6	6	12	18	高＝1
		3	6	9	中＝0.5
コハク酸脱水素酵素阻害剤		1.5	3	4.5	低＝0.25
アニリノピリミジン DMI 殺菌剤 MBI-D	中＝4	4	8	12	高＝1
		2	4	6	中＝0.5
		1	2	3	低＝0.25
多作用点接触活性剤 MBI-R 抵抗性誘導剤	低＝1	1	2	3	高＝1
		0.5	1	1.5	中＝0.5
		0.25	0.5	0.75	低＝0.25
病原リスク→		低＝1	中＝2	高＝3	
病原グループ→		イネごま葉枯病 イネ紋枯病 麦類裸黒穂病 麦類なまぐさ黒穂病 麦類さび病 モモ縮葉病 リンゴうどんこ病 菌核病 白絹病 つる割病 苗立枯病 土壌病害 *Fusarium* 病害 *Rhizoctonia* 病害	アスパラガス斑点病 イチゴうどんこ病 イネ馬鹿苗病 オオムギ網斑病 核果類黒星病 ジャガイモ疫病，夏疫病 ダイズ紫斑病 チャ輪斑病 テンサイ褐斑病 トウモロコシすす紋病 ナシ黒星病 ナスすすかび病 ピーマンうどんこ病 ブドウうどんこ病 麦類眼紋病 麦類紅色雪腐病 青かび病，緑かび病 炭疽病，灰星病 べと病（一部作物）	イネいもち病 ウリ類等うどんこ病 ウリ類つる枯病 ウリ類べと病 キュウリ褐斑病 ブドウべと病 麦類うどんこ病 リンゴ黒星病 *Alternaria alternata* （リンゴ斑点落葉病， ナシ黒斑病等） 灰色かび病	

ってもその病害の発生が少～中の地域においては，栽培リスクによる調整によって，複合リスクは 4.5 ～ 9 に減少する。

ある地域における耐性菌リスクを知るために感受性をモニタリングすることは，精度が高い一方時間と労力がかかってしまう。複合リスクによる判定は，数値化することによりその地域の耐性菌リスクを容易に推定することができ，感受性モニタリングの優先順位をつけることができる。

複合リスクが高い場合には，以下の内容が使用ガイドラインに盛り込まれる。

①１年または１作期当たりの使用回数制限
②予防的のみに使用するなどの使用時期の制限
③防除対象病害に対して有効な殺菌剤との混合剤，または現地混用による使用
④ローテーション散布の実施

複合リスクに基づく耐性リスク評価は，新規殺菌剤を開発している農薬メーカーにおいて広く用いられている。ただし，過去の使用実績がない新規作用機構の殺菌剤リスクが不明である問題がある。作用点，淘汰試験等により殺菌剤リスクを中～高のいずれかに仮定したうえで，評価するのが妥当であろう。複合リスクは，特定の地域において発生する病害について，耐性菌対策の必要性があるかどうかを判断することにも使用できる。

過去，新規殺菌剤の耐性菌発生リスクを淘汰試験，突然変異の誘発試験等の実験的な手法で推定する試みがなされたが，その後の実使用による事例と比較して過度にリスクを高く評価，あるいは低く評価したものが多く認

められた。また，フィットネスコストという耐性を獲得する代償としての病原菌の生存能力低下が勘案されていない。そのため，現状では複合リスクによる耐性リスク評価が最も実用的である。

お わ り に

Japan FRACの役割は，FRACの活動によって得た知見をもとに，日本における実防除で活用できる耐性菌対策を提示することである。現状日本における殺菌剤の使用ガイドラインは，イネのいもち病を対象とするQo阻害剤，セルロース生合成阻害剤のみであり整備が遅れている。また，これらのガイドライン，FRACコードの普及が進んでいないため，今後より一層の活動の活性化が課題であると考えている。

病害が多発すると，殺菌剤の散布回数が増えて使用した殺菌剤に対する低感受性菌の選択圧を高めるため，耐性菌の発生リスクが高くなる。実際の病害防除においての耐性菌対策には切り札的な手段はなく，以下に挙げた対策を含む総合的な管理によって，病害が多発しないようにするのが最も重要な耐性菌対策となる。

1　特定の系統の殺菌剤を連用しない

防除効果が高いからといって同じ殺菌剤を連用すると，その剤に対する選択圧が高くなり耐性菌が発生しやすくなるので，複数の系統でローテーションを組むようにする。農薬名が違っても同系統の殺菌剤があるので，FRACコード表を参照して，同系統の殺菌剤を連続散布しないように気を付ける。

2　ローテーションに混合剤や低リスク殺菌剤を導入する

混合剤は異なる系統の殺菌剤を配合しているため耐性菌が発生しにくくなる。またFRACコード表を参照して，耐性菌発生リスクが低い殺菌剤を活用する。

3　登録濃度・散布量を遵守する

薬剤の効果が最大限に発揮できるように，ラベルの内容に従い登録濃度や散布水量を守って，付着むらが生じないように散布する。

4　予防散布を心がける

殺菌剤は予防的に使用することが最も効果的である。発病初期にも有効な治療的効果のある殺菌剤に頼らず，初発を的確にとらえた防除を心がける。

5　適切な防除間隔を保つ

防除間隔が長くなると，前回の防除で取り逃がした病原菌が増殖しまん延する。普段から圃場を見回り，病害の発生状況に気を付ける。

6　圃場から伝染源となるような枯死葉を早めに除去する

病原菌の伝染源を除去して，病害の発生しにくい圃場環境を整える。

引 用 文 献

1）Avenot, H.（2009）: Phytopathology **99**: S6.
2）FRAC（2013）: Pathogen risk list.
3）Ishii, H.（2011）: Pest Manag Sci **67**: 474 ～ 482.
4）Phillips McDougall（2016）: AgriService.

リレー連載

農薬製剤・施用技術の最新動向⑭
微粒剤 F ～その特徴と今後の展望～

クミアイ化学工業株式会社
製剤技術研究所
三角　裕治（みすみ　ゆうじ）

はじめに

ポジティブリスト制度の施行以来，農薬使用者，流通関係者，消費者のいずれにおいても農薬の作物残留への関心が高まっている。周辺作物などから未登録農薬が検出される原因としては農薬の誤使用だけでなく散布器具の洗浄不足によるコンタミ，農薬散布時のドリフト等が挙げられ，ドリフトに関しては，ドリフト低減ノズルの開発やスピードスプレーヤー散布時のネットによる遮蔽等，散布技術の改良が進められ成果を上げている。

一方，水稲の DL 粉剤（DL：ドリフトレス，飛散性が少ないの意）は従来の粉剤と比べ粒径が約 2 ～ 3 倍大きく，ドリフトを軽減した剤型であるものの，その軽減効果には必ずしも十分とは言えない側面があった。DL 粉剤は弱い風でドリフトするうえ，散布後の二次飛散が懸念されるなどの問題があり，特に使用者のみならず，周辺住民にもドリフトが視覚的に認識できることから，農薬残留量の議論を待たずに農業と周辺環境との調和という点でも好ましくない印象を与えかねない。しかし，DL 粉剤は，散布の簡便さ，防除コストの安さ，多彩な商品構成により，現在においても本田防除の重要な役割を担っている。近年，DL 粉剤の出荷量は減少傾向にあるが，2015 年の出荷実績は約 26,000 t であり，使用面積はおよそ 65 ～ 86 万 ha と推定され，これは水稲作付面積の 30 ～ 55％に相当する。

DL 粉剤の代替技術としては，無人ヘリ散布技術，液剤地上散布，本田粒剤への切り替え等が挙げられるが，これらの代替技術は多額の設備投資を必要とするなど，防除コストの上昇を伴う問題を抱えている。このことから DL 粉剤と同様に従来のホース散布が可能で，防除コストの大幅な上昇を伴わない微粒剤 F にドリフトレス製剤としての期待が寄せられていた。このような状況の中，2006 年に微粒剤 F 協議会が設立され，その積極的な活動と関係省庁の協力により，2008 年には新たな微粒剤 F の第一号として「サジェスト微粒剤 F」が農薬登録を取得し，その後，「ビームスタークル微粒剤F」，「キラップ微粒剤 F」が農薬登録を取得し上市されている（表–1）。

I　微粒剤 F 概説

微粒剤は，粉剤の欠点であるドリフトを粒子の粗大化により防止することを目的として開発された新剤型であり，その後，防除効果，製造上の難点を考慮して，1973 年に微粒剤 F という名称で粒度規格が変更された。微粒剤 F の粒度は，粉剤と粒剤の中間にあるが，製造面からは粒剤の性質が強く，有効成分の作用性，散布性においては粉剤的要素が大きい等両剤型の長所を兼ね備えている。粉剤のドリフトにより散布作業者の健康被害が多発したことへの対策として，1970 年ころからドリフトレス製剤への様々な取り組みが始まり，1973 年以降には多くの微粒剤 F と DL 粉剤が農薬登録を取得した。しかし，微粒剤 F は製造コストの高さと散布機での散布性能の悪さ等が原因となり，その後，相次いで登録を失効し，それ以降は DL 粉剤が簡便で効率的な防除方法として本田防除の中心的役割を果たしてきた。微粒剤 F は主に土壌処理用の製剤として，数剤の農薬登録が維持され，限定的に水稲への適用のある一部の製品を除いて，水稲本田防除に広く適用される剤型ではなかった。しかし，広く用いられてきた DL 粉剤もポジディブリスト制度の施行などの影響で農薬残留への関心が高まるとともに周辺作物への飛散が問題視されるようになり，微粒剤 F の価値が再評価されるようになった。

Micro Granule Fine Characteristics and Future Prospects.　By Yuji Misumi

（キーワード：微粒剤，微粒剤 F，粒剤，粉剤，DL 粉剤，ドリフト，ドリフトレス，飛散，ポジティブリスト，散布，粒度，粒径，剥離，吸着型，被覆型，キャリヤー，微粒剤F協議会，防除コスト，製造コスト）

表-1　サジェスト微粒剤 F，ビームスタークル微粒剤 F，キラップ微粒剤 F

薬剤名	作物名	適用病害虫名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法
サジェスト微粒剤 F	稲	いもち病 紋枯病 ウンカ類 ツマグロヨコバイ カメムシ類	3 ～ 4 kg/10 a	収穫 21 日前まで	3 回以内	散布
ビームスタークル微粒剤 F	稲	いもち病 ウンカ類 ツマグロヨコバイ カメムシ類	3 ～ 4 kg/10 a	収穫 7 日前まで	3 回以内	散布
キラップ微粒剤 F	稲	ウンカ類 カメムシ類 イネドロオイムシ イナゴ類	3 ～ 4 kg/10 a	収穫 14 日前まで	2 回以内	散布

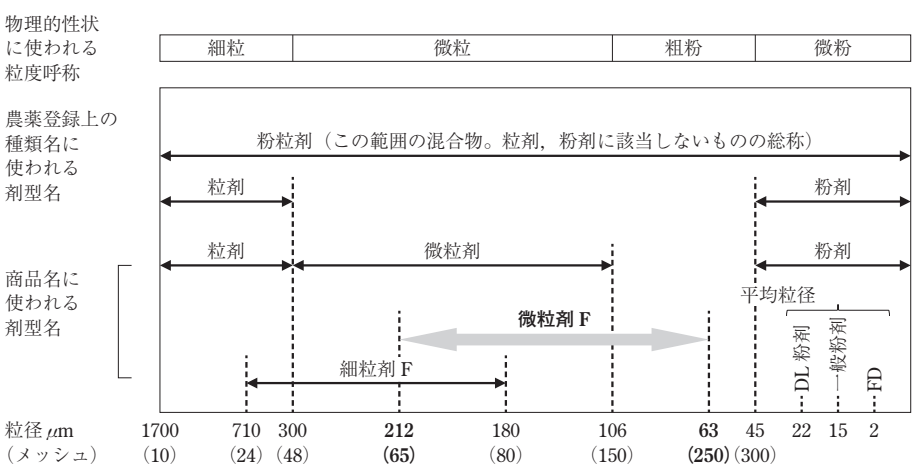


図-1　固型剤の粒度分布

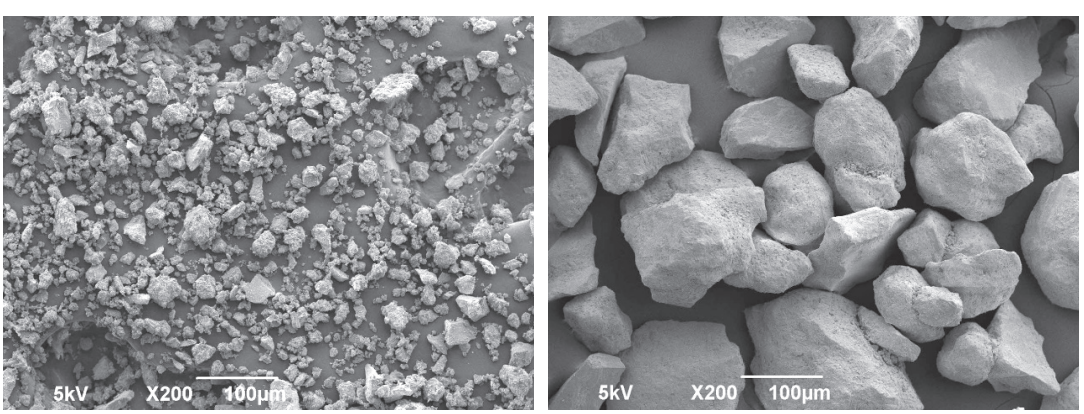


図-2　同倍率での DL 粉剤と微粒剤 F の粒子の比較

微粒剤 F の粒度分布は 63 ～ 212 μm で DL 粉剤（平均粒径約 22 μm）よりも遥かに大きいドリフトレス製剤である（図−1，図−2）。さらに JA 全農の購買規格によって 63 μm 以下の粒子混入率を 5%以下に抑え，有効成分の剥離率を 10%以下に抑えるように規定される等，ドリフトを限りなく少なくする対策がとられている。外観は文字通り微細な粒剤であるが，DL 粉剤と同様の有効成分を含有し，背負い動力散布機により，DL 粉剤と同様にホース散布が可能である。散布された粒子はほとんど視認されないことから，定量的のみならず，視覚的にもドリフトレスの散布を実現し，農業生産者が安心して使用できる製剤と言える。

微粒剤 F の防除効果は，1970 年代の製品では，DL 粉剤とほぼ同等の防除効果が認められているが，適用される有効成分によっては，十分な効果を発揮しないものも認められ，化合物の作用性や物理化学性が関与しているものと推察される。微粒剤 F に適性の高い有効成分の選定，生物効果発現機構，最適な使用方法等については，継続的に検討していく課題である。

Ⅱ　サジェスト微粒剤 F（KUM−073 微粒剤 F）の開発

1　製剤処方の確立

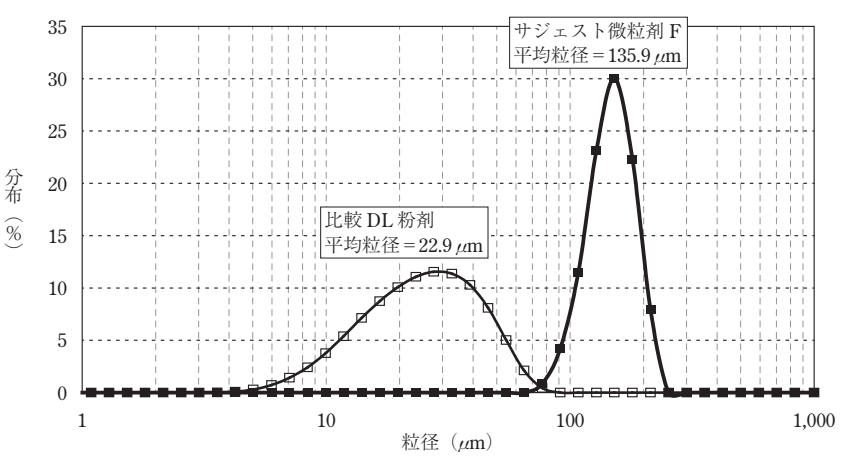
微粒剤 F の処方に関しては，本剤型全般を汎用的に解説できるだけの検討事例がないため，水稲本田防除のドリフト対策に有望な微粒剤 F の検討例として，主にサジェスト微粒剤 F を取りあげ，以下に解説する。

過去，数剤の微粒剤 F が農薬登録を取得したものの，短期間で DL 粉剤中心の商品構成に移行したこともあり，微粒剤 F の製剤化に関する知見は多くなかった。そこでまず，微粒剤 F についてより多くの特性を知るために，物性の異なるトリシクラゾール，ペンシクロン，ジノテフランを有効成分とする混合剤の製剤化検討を進めることとし，後に KUM−073 微粒剤 F として，特別連絡試験に供試した。

製剤検討の当初は製造方法が簡便で製造コストが低いと期待される吸着型の製剤と，粒剤として一般的な被覆型の製剤の 2 タイプの製剤について特性を比較した。種々の検討から，吸着型製剤では，高濃度の有効成分を含む微粉の飛散を抑えられず，微粒剤 F の JA 全農の購入規格を満たすことが困難であると判断し，最終的に硅砂を核とする被覆型製剤を採用して，処方の最適化，キャリアーとなる硅砂の安定供給先の選別，副原料と製造条件の最適化を進めた。サジェスト微粒剤 F の最終的な製剤は，平均粒径が約 140 μm であり（図−3），以下の風洞試験，ドリフト試験並びに防除効果検討を通して，ドリフトを抑えつつ稲体への十分な付着を可能にする処方設計とすることで，DL 粉剤と比べると圧倒的にドリフトの少ない製剤として完成させることができた。

2　ドリフト試験

一般社団法人日本植物防疫協会で実施された風洞試験にサジェスト微粒剤 F のプロトタイプを供試した。本試験は，温室内にビニール製の風洞を設置し，片端から扇風機を用いて風洞内に通風したところに散粉機を用いて製剤を 1 地点に散布後，風下に設置したシャーレトラップを回収し，成分を定量分析するもので，実際の圃場におけるドリフト試験のモデル試験である（図−4）。試験の結果，特定の物性を有した有効成分の飛散が多い傾向が認められ，水溶解度と剥離率にある程度の相関関係が認められた。その後，剥離率の低減に向けて，処方の



図−3　サジェスト微粒剤 F と DL 粉剤の粒度分布

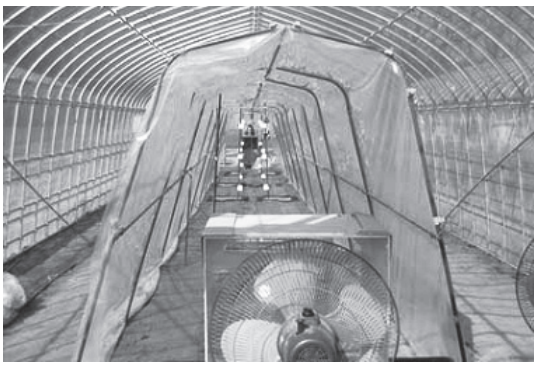


図-4　風洞試験
社団法人日本植物防疫協会.

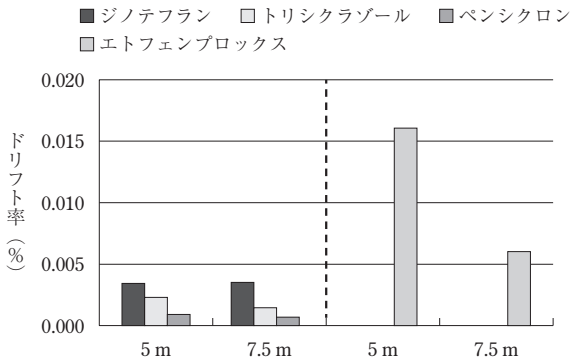


図-5　風洞試験におけるドリフト率測定

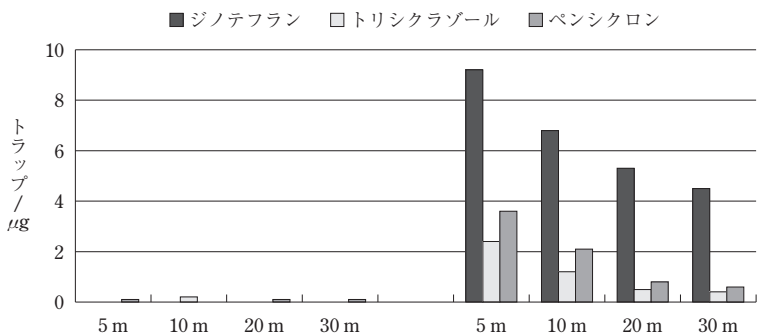


図-6　微粒剤 F と DL 粉剤のドリフト比較

サジェスト微粒剤 F

ビームモンセレンスタークル粒剤 DL

図-7　微粒剤 F と DL 粒剤のドリフト比較

最適化と製造条件の最適化を進め，期待する物性を有する製剤に至った（図-5）。

実際の圃場においても，JA 全農による検討で，サジェスト微粒剤 F は DL 粉剤に比較し，圧倒的なドリフト軽減効果が確認された（図-6，図-7）。

3　防除効果

微粒剤 F 特別連絡試験に KUM-073 微粒剤 F を供試し，いずれの病害虫でも DL 粉剤と同等の実用上十分な防除効果が認められた（表-2）。一方，他の試験薬剤では期待した効果が現れない有効成分も存在し，有効成分の物

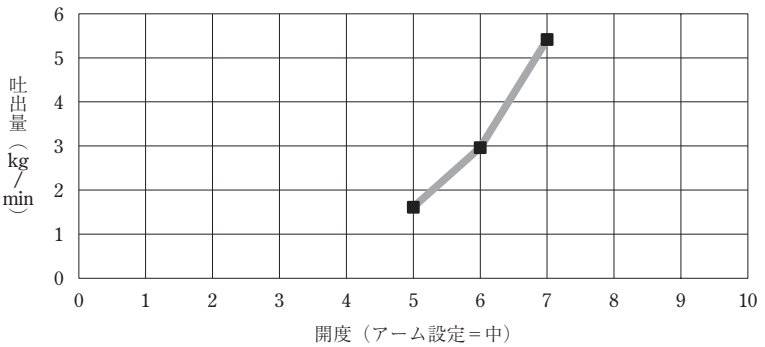


図-8 微粒剤 F 散布のシャッター開度と吐出量
使用機材：MDJ61-26/株式会社丸山製作所（2008）.

表-2 KUM-073 微粒剤 F の特別連絡試験成績

対象病害虫	総合判定				
	A	B	C	D	?
いもち病（葉）		2	1		
いもち病（穂）		1	2		1
紋枯病		2	1		
ウンカ類	4	2			1
ツマグロヨコバイ	2	2			1
カメムシ類	1	1	1		

図-9 エコマキホース写真

性や稲体での効果発現部位，病害虫への作用特性等によっては微粒剤 F に適合しない場合があることが示唆された。今後，多くの微粒剤 F 製品を農家に普及させていくためには，微粒剤 F に適した有効成分の把握と効果を安定させる散布方法等の検討が必要であると思われる。

Ⅲ 散 布 性 能

1970 年代の微粒剤 F が普及しなかった理由の一つに散布の難しさが挙げられたため，安定した散布性能の確保は，微粒剤の普及のために非常に重要であった。微粒剤の吐出性は DL 粉剤よりも敏感に増減するため，散布機のシャッター開度を正確に設定することと，微粒剤 F に適したホースを用意することが重要である。そのため，株式会社丸山製作所ではサジェスト微粒剤 F のキャリアーを使用して散布機ごとの吐出性を測定し，安定散布を可能とする散布諸元を作成した（図-8）。同様に，新潟ニチビ株式会社でも微粒剤 F の安定した散布を実現する微粒剤 F 専用ホース「エコマキホース」（図-9）を完成させ，安定したホース散布を可能とする技術が提供された。散布諸元の設定やホースの開発普及により，さらに多くの散布機で安定した散布が可能となっていくと思われる。

Ⅳ 微粒剤 F の製造

微粒剤 F の製造は，混合，被覆，乾燥，篩分，包装の工程を経るが，剥離率を低く抑え，散布性能を担保しながら，安定した防除効果を上げるためには，製剤処方の最適化に加え，各工程の条件の最適化が必要である。特に乾燥工程は，従来の粒剤よりも小さな粒度の被覆粒子を乾燥することから，乾燥時の有効成分の剥離および飛散を抑えるために，細部にわたる最適化が必要である。また，微粒剤 F のキャリアーは硬質で質量が大きいことから，設備の磨耗が懸念されるなど，微粒剤 F ならではの検討も必要となる。微粒剤 F を DL 粉剤に替わる新技術として位置付けるためには，製品価格が大幅に上昇することを避けなければならず，製造コストを踏

まえた製造技術の確立も必要である。

V 微粒剤F協議会

微粒剤F協議会は，日本植物防疫協会の主催により，農林水産省，農林水産消費安全技術センター，JA全農，農薬メーカー，散布機メーカー等が参加し，2006年10月23日に発足した。微粒剤Fの早期実用化を目指すために，メンバーが協力し，微粒剤Fの情報収集，規格および開発目標の確認，製剤試作，散布性能，飛散低減効果，生物効果の検討を同時並行で進めてきた。その結果，関係省庁の協力も得て，2008年6月25日にサジェスト微粒剤Fが農薬登録され，極めて短期間に新たな微粒剤Fの実用化に向けて動き出すことができた。現在は，日本植物防疫協会，JA全農，当社が連携し，サジェスト微粒剤Fのみならず，微粒剤Fの商品構成を充実すべく，農薬登録を取得した後続製品についても普及基盤の確立に注力している。

おわりに

微粒剤Fを市場に定着させ普及を進めていくためには，DL粉剤の様々な商品構成に対応しなければならない。いもち病，紋枯病，カメムシ類をはじめ，穂枯れ性病害，ウンカ類，チョウ目害虫等，全国的に必要とされる防除対象へも微粒剤Fを展開していく必要があり，微粒剤Fの商品ラインアップを充実させるためには，多くの農薬メーカーによる商品開発にも期待するところである。また，微粒剤Fの普及にあたっては，十分な防除効果を発揮する処理方法や処理条件の検討，散布方法のより一層の簡便化も必要と考えられ，微粒剤F協議会の今後のさらなる活動にも期待したい。

微粒剤Fを農薬使用現場に定着させる活動は，必ずしも順調に進捗しているとは言いがたい状況であり，各地域の防除体系に直結した商品ラインアップの充実や防除コストに直結する製造条件の継続的な検討等を含め，解決すべき課題は多い。しかし，微粒剤Fのように，農業生産者が今後も安心して使用でき，農業と周辺環境が共存できる新たな技術を提供することは農薬メーカーにとって重要な責務であり，今後も最大限の努力を行っていく必要があると考える。

引用文献

1）安達享一（1982）：日本農薬学会誌 **7**(20)：217.
2）藤田茂樹（2009）：EBC研究会誌 **5**：60～64.
3）矢野祐幸（2008）：日本植物防疫協会シンポジウム「農薬による病害虫防除対策の新たな展開」講演要旨，日本植物防疫協会，東京，p.27～32.

エッセイ

楽しい“虫音楽”の世界
（その 20　日本民謡の中の昆虫）

昆虫芸術研究家

柏田　雄三（かしわだ　ゆうぞう）

田中健次著の「図解日本音楽史」（東京堂出版）によると日本民謡は約 5 万 8 千曲もあって，日本歌曲の中では約 7 万曲の校歌に次ぐ多さだそうだ。民謡は場面や目的から労作歌，神事歌，芸ごと歌の三つに大別され，そのうち労作歌が 80 ～ 90％を占める。労作歌とは仕事の歌，神事歌とは神事・行事・生活に関する曲，芸ごと歌は放浪芸人の歌で，以前取り上げた「虫送りの曲」は神事歌に分類される。民謡をすべて聴くのはとてもできない相談なので，昆虫に関係した曲のことを書こう。

まずは宮城県の代表的な曲の一つ《長持歌》である。「蝶や花よ」と育てた娘をお嫁に出す歌詞で，結婚披露宴でも歌われる。花嫁行列で長持・箪笥（たんす）を担いだ人たちが唄う曲だが，土方鉄は「芸能入門・考」（明石書店）で嫁入り道具を持たせてやれなかった親がこの歌そのものを贈ったのだと書いている。曲が哀調を帯びて聞こえるのには，娘を嫁に出す嬉しさと寂しさに加え，このようなことも背景にあるのだろうか。この曲が少し変形したような《南部長持歌》や冒頭から「蝶や花」が出てくる《秋田長持歌》《加賀長持歌》も聴き比べよう。うって変わって《八木節》（群馬県）で「花や蝶や」と育てられるのは国定忠治である。

蝶には「新民謡」に属す奄美大島の《綾蝶（あやはぶら）節》もある。綾蝶とは美しい娘を指す言葉だそうで，島から出ていく美しい女性に早く戻って来いと歌っている。蝶を女性に喩えるのは《お山コ三里》（秋田）で，「花が蝶々か，蝶々が花か」と歌うのは《佐渡甚句》である。《越中おわら》で富山の街の灯に飛んでいきたいのは「灯とり虫」（ヒトリガ）だ。

鳴く虫の曲では，宮城の《新さんさ時雨》での「鈴ふる虫」，宮城の《おいとこ節》の「こおろぎ　鈴虫きりぎりす　くだをまく」である。「くだをまく」とは「クダマキ」のことだろうか。「クダマキ」は「クツワムシ」の古い名前で，果樹の害虫として問題となることがある面白い名前のクダマキモドキは外観がクツワムシに似ていることからきている。《淡海節》では萩，桔梗で鳴く秋の虫の声，《五木の子守唄》（熊本）では裏の松山で蝉が鳴いている。富山の《古代神》は山椒の樹に巣を作った羽根が 4 枚，足が 6 本あるアシナガバチに刺されたと歌うユーモラスな曲だ。

蚕の曲は落とせない。典型的な労作歌である蚕の曲には《秩父音頭》（埼玉），小林邦夫作詞，西条八十補作詞，町田佳聲作曲の《信濃よいとこ》（長野），野口雨情作詞，中山晋平作曲の《中野小唄》（長野）があり，かつて養蚕が盛んだった富山県八尾の《越中おはら節》にも若い女性の養蚕作業をうたう部分がある。蛍の曲では正木不如丘作詞，中山晋平作曲の《千曲小唄》（長野）が千曲川の河原で光る蛍を歌う。富山県八尾の《風の盆》の女踊りは女性が蛍と戯れる様子を表したものだと言われる。

民謡に含めてよいかどうか迷うところだが，さいたま市にある世界的に有名な「大宮盆栽美術館」で求めた CD に《盆栽恋歌》とともに収録されている《ぼんサイくんがやってきた！》では「悪い虫には気をつけて」と害虫が歌われているのが珍しい。悪い虫とはコガネムシの幼虫だろうか。2 曲とも，あらい太朗氏の作詞作曲で，とても面白い。民謡の世界でもいろいろな虫が人々の暮らしにかかわっていることが歌われているのは面白かった。

《ぼんサイくんがやってきた！》の CD
制作/大宮盆栽美術館周辺商店会

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・指導者等に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） 従来の技術と比べた利点・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頂きます。

（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。

学 会 だ よ り

○日本農薬学会　第 40 回農薬残留分析研究会

日時：平成 29 年 8 月 31 日（木）～ 9 月 1 日（金）
場所：大妻女子大学（千代田キャンパス）講堂
〒 102-8357 東京都千代田区三番町 12 番地
http://www.otsuma.ac.jp/
交通：JR，地下鉄「市ヶ谷」駅から徒歩 10 分
参加費等（事前登録料金）
研究会参加費：会員 5,000 円，非会員 8,000 円，学生 2,000 円
情報交換会：8,000 円
参加申込み：事前申込み締切　7 月末日
プログラム
8 月 31 日（木）：初日
13:00 ～　開会挨拶：農薬残留分析研究会 40 年の歩み
農薬残留分析研究会委員長　藪崎　隆
シンポジウム「農薬残留分析の 40 年，改めて分析値の持つ意味を考える」
13:30 ～ 14:10　基調講演「農薬の開発研究現場の視点から，農薬残留分析について考える（仮題）」
日本農薬株式会社　執行役員　元場 一彦
14:10 ～ 14:50「農薬使用現場の視点から，農薬残留分析の意義を考える（仮題）」
日本植物防疫協会　技術顧問　中村 幸二
14:50 ～ 16:20　ポスターセッション，企業展示
16:20 ～ 17:05「分析現場の視点から，農薬残留分析技術の進展について考える（仮題）」
明治薬科大学薬学部　教授　永山 俊廣
17:05 ～ 17:50　食品衛生・教育現場の視点から，残留農薬を通しての食の安全を考える」
大妻女子大学家政学部　教授　堀江 正一
18:00 ～ 20:00　情報交換会
9 月 1 日（金）：2 日目
・一般口頭発表　4 ～ 6 題
・40 周年記念企画 農薬残留分析研究会の現在・過去・未来（アンケート集計報告）
・企業セミナー
〈問い合わせ先〉
第 40 回研究会・実行委員会：飯島 和昭（一般財団法人残留農薬研究所）
TEL：0297-27-4516（ダイヤルイン）
FAX：0297-27-4517
E-mail：iijima@iet.or.jp

〔広告掲載会社一覧〕　（掲載順）
デュポン・プロダクション・アグリサイエンス(株)，
丸和バイオケミカル(株) …ゾーベック エニケード
三井化学アグロ(株)……主要品目
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) …オルフィン
住友化学(株)……主要品目
日本農薬(株)……フェニックス
日本曹達(株)……アベイル
(株)重松製作所…植物検疫くん蒸作業用保護具
日産化学工業(株)……スターマイト
アグロカネショウ(株) … 土壌消毒剤・線虫防除剤

主 な 次 号 予 告

次号 29 年 7 号に予定されている掲載記事は次のとおりです。

水稲の温湯種子消毒利用育苗施設におけるイネばか苗病の伝染環と衛生管理による感染抑制効果　越智昭彦
ブドウつる割細菌病の発生生態と防除　小松　勉
ショウガ白星病の発生生態と防除　森田泰彰
サトイモ疫病の発生状況と防除　黒木修一
イネ稲こうじ病の薬剤防除マニュアル　芦澤武人
侵入害虫クロテンコナカイガラムシの発生予察用誘引剤として利用できる性フェロモン物質の構造決定　田端　純
キウイフルーツの枝幹害虫キクビスカシバの生態と防除　窪田聖一
緑色 LED 灯を利用したモモのモモノゴマダラノメイガの被害抑制効果　佐野敏広
国内におけるジャガイモシロシストセンチュウの発生について　坂田尚史
植物防疫基礎講座
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル 2016
(20) ブドウ晩腐病菌―QoI 剤（生物検定・培地・遺伝子検定法）―　近藤賢一
(21) リンゴ炭疽病菌―QoI 剤（生物検定・培地検定）―　赤平知也
平成 29 年 1 月シンポジウムから
世代間ローテーションを基礎とした新たな殺虫剤抵抗性管理戦略と IRAC の活動　島　克弥
リレー連載：農薬製剤・施用技術の最新動向
⑮キャリアー～その特徴と今後の展望～　木村健市
エッセイ：やじ馬昆虫撮影記　その 10　野村昌史
新農薬の紹介：殺菌剤イソピラザム　蓮沼奈香子

植　物　防　疫
平成 29 年
6　月　号
（毎月 1 回 1 日発行）

第 71 巻　平成 29 年 5 月 25 日印刷
第 6 号　平成 29 年 6 月 1 日発行
（通算 846 号）

定価 947 円
本体 877 円

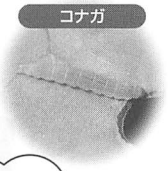
平成 29 年分購読料
前払 10,800 円，後払 11,364 円
（送料サービス，消費税込み）

編集発行人　上路　雅子
印 刷 所　三 美 印 刷 ㈱
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。

野菜、果樹、茶、だいず等の
チョウ目害虫
防除に！



明日の農業を考える

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ところ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。

新発売

アセタミプリド・シアントラニリプロール粒剤

農林水産省登録
第23623号

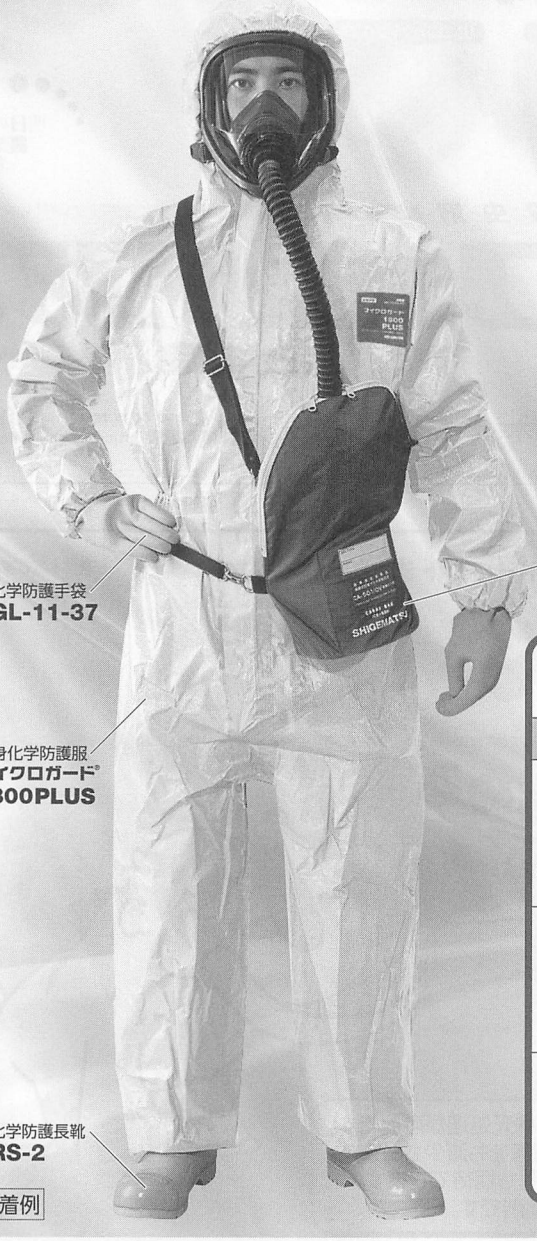
殺虫剤
アベイル®粒剤

特長
- ◆セル苗やポット苗に対して育苗期後半の株元処理が可能です。
- ◆速効性と残効に優れ、害虫が媒介する病害をも減少させます。
- ◆混合剤の為、薬剤抵抗性害虫の発達抑制も期待できます。
- ◆天敵、訪花昆虫に対して影響の少ない薬剤です。

日本曹達株式会社
本社 〒100-8165 東京都千代田区大手町2-2-1
TEL：03-3245-6178 FAX：03-3245-6084
http://www.nippon-soda.co.jp/nougyo/

シゲマツ おかげさまで 1917 - 2017 100年

植物検疫くん蒸作業に!



化学防護手袋
GL-11-37

全身化学防護服
マイクロガード® 1800PLUS

化学防護長靴
RS-2

装着例

3サイズ (S、M、L)

全面形
隔離式防毒マスク
GM161

●半面形隔離式防毒マスク
GM91もあります。

携行袋 #01374
※必ず携行袋をお使いください。

害虫や植物の種類によって、消毒方法(ガス)が異なります。
吸収缶は、くん蒸に使用するガスに合わせてお選びください。

吸収缶の種類	植物の種類			
臭化メチルくん蒸 **CA-501/MB2** (臭化メチル用)	種子 豆類 乾燥牧草 穀類	果実 野菜	木材	苗木 穂木 切花
青酸ガスくん蒸 **CA-501/HC** (シアン化水素用)	—	果実 野菜	—	苗木 穂木 切花
リン化アルミニウムくん蒸 **CA-501/HP** (リン化水素用)	種子 豆類 乾燥牧草 穀類	—	—	—

株式会社 重松製作所
SHIGEMATSU WORKS CO., LTD.
www.sts-japan.com

本社
〒114-0024 東京都北区西ケ原1-26-1
TEL 03(6903)7525(代表) FAX 03(6903)7520

作用点まで
しっかり届く!

殺ダニ剤
スターマイト®
フロアブル

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。

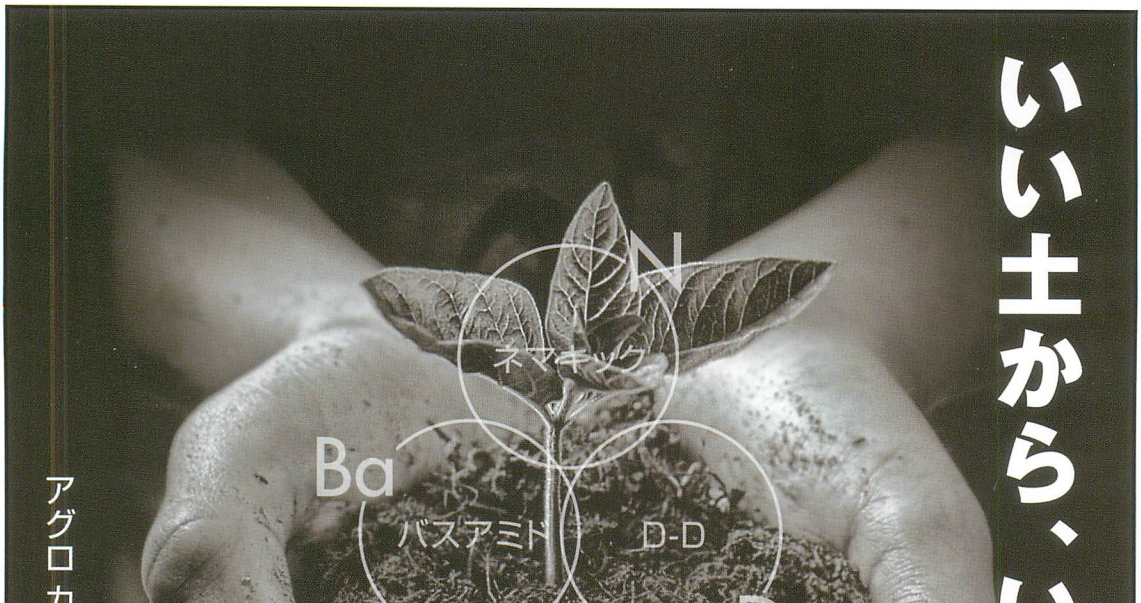
●ラベルの記載以外には使用しないでください。●使用前にはラベルをよく読んでください。●本剤は小児の手の届くところには置かないでください。

日産化学工業株式会社

商品に関するお問い合せは
農薬化学品事業部 03-3296-8141

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1
http://www.nissan-agro.net/

平成二十九年六月一日発行（毎月一回一日発行）定価九四七円 本体八七七円（送料サービス）



絆

Ba N D

バスアミド　ネマキック　D-D

で土壌を守る。

線虫問題にケリをつける!!　土壌病害・雑草防除に!　土壌センチュウ防除に!

ネマキック® 粒剤　バスアミド® 微粒剤　D-D®

アグロ カネショウの 土壌分析

化学性や生物性の土壌診断を行います。

土壌の養分分析　線虫や菌の密度

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

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

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

雑　誌　04497-06

4910044970671
00877