

植物防疫

Plant Protection

10
2020
VOL.74

特集：大豆の多収阻害要因，
ダイズ黒根腐病対策技術の開発



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

キレイなりんご作りを目指す皆さまへ。
BASFジャパンの農薬ラインナップ。

殺菌剤



アクサー® フロアブル

新成分「ゼミウム®」を含む2成分で、幅広い病害を抑える

殺菌剤



デラン® フロアブル

主要病害に優れた抗菌活性を示し、耐性菌が発達しにくい

殺菌剤



ナリア® WDG

優れた殺菌剤2成分で、主要な夏期病害を防除

殺虫剤



ガステード® 乳剤

ハマキムシ類、キンモンホソガ、ギンモンハモグリガの防除に

除草剤



バスタ®

りんご園の安心・安全な下草管理に

「今日もキレイだね」
「りんごのいいと?...私のこと?(笑)」

■・BASF
We create chemistry

BASFジャパン株式会社

東京都中央区日本橋室町3丁目4番4号 OVOL日本橋ビル3階 ☎0120-014-660 <https://crop-protection.basf.co.jp/>

®=BASF社の登録商標

明日の「農」を支える力でありたい。

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

殺虫剤

三井薬匠 **アルバリン**® 顆粒水溶剤・粒剤
粉剤DL・箱粒剤

トレボンスター® フロアブル
粉剤DL

コロマイト® 水和剤
乳剤

スタークル® 顆粒水溶剤

トレボン® 乳剤・EW・MC・粉剤DL
粒剤・エアー・スカイMC

ミルベノック® 乳剤

スタークルメイト® 1キロH粒剤
液剤10

アズキ® 乳剤

キックオフ® 顆粒水和剤

殺菌剤・殺虫殺菌剤・土壌消毒剤

アフエット® フロアブル

フルーツセイバー

モンガリット® 1キロ粒剤
粒剤

タチガレン® 粉剤
液剤

サンブラス® 粒剤

サントリプル® 箱粒剤

三井薬匠 **クロールピクリン**

ベジセイバー®

ネビジ® 粉剤

サンリット® 水和剤

タチガレエース® M 粉剤
液剤

ガッツスター® 粒剤

サンフェスタ® 箱粒剤

三井 **ソイリーン**®

ヒカト® フロアブル

ネビリュウ®

テーク® 水和剤

タチガレファイト® 液剤

トリプルキック® 箱粒剤

ツインキック® 箱
粒剤

サンスパイク® 箱
粒剤

除草剤

アールタイプ® 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

キクンジャベ® Z 1キロ粒剤・ジャンボ
フロアブル

サンバード® 粒剤

草枯らし MIC®

セカンドショット® SジャンボMX

シェイデン® 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

ワイドアタック™ SC

アトカラ® SジャンボMX

トドメMF® 1キロ粒剤・乳剤

アルファプロ® 1キロ粒剤75/51・ジャンボH/L
フロアブルH/L

フォローアップ® 1キロ粒剤



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



三井化学アグロ株式会社

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



カウントダウン®



雑草の無い水田へ

一発、カウントダウン。



JAグループ
農 協 金 協 経 済 連

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

新 登 場



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

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

バイエル クロップサイエンス株式会社

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

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

Agripalette アグリパレット

トマト黄化葉巻ウイルス (TYLCV) 検出キット

- 専門の機器が無くても、圃場等で診断が可能。
- 操作が容易。短時間(30分程度)で検出可能。






茨城県農業総合センターと
日本製粉株式会社の
共同研究の成果をもとに開発。

■特願2019-082805号(特許出願中)

キャンペーン実施中 2020.12.31まで

1キット(10検査分) **10,000円** (税別)
通常15,000円を

詳しくは右記までお問い合わせください →

〈販売元〉

株式会社ファスマック 遺伝子検査事業部

〒243-0041 神奈川県厚木市緑ヶ丘5-1-3
TEL.046-295-8787 FAX.046-294-3738
URL: <http://www.fasmac.co.jp> E-mail: gmo@fasmac.co.jp

目次

巻頭言

試験研究における「4つのフレッド」	高岡 誠一	1
-------------------	-------	---

特集：大豆の多収阻害要因、ダイズ黒根腐病対策技術の開発

農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発）」病害ユニットでダイズ黒根腐病対策技術開発に取り組んだ背景	越智 直・赤松 創・高橋真実	2
ダイズ栽培におけるダイズ黒根腐病のリスク要因	赤松 創・藤井直哉・古和田 壘・黒田智久・三室元気・萬田 等・宮原 薫・越智 直ら	5
秋田県におけるダイズ黒根腐病の発生実態と薬剤防除技術の確立	松田英樹・藤井直哉・齋藤隆明・佐山 玲	12
晩播と耕うん同時畝立て狭畦栽培のダイズ黒根腐病発病軽減効果	黒田智久・藤田与一・堀 武志・川上 修	17
富山県におけるダイズ黒根腐病の発生実態	三室元気・青木由美・守川俊幸・越智 直	21
長野県におけるダイズ黒根腐病の被害実態調査と防除技術の開発	内田英史・萬田 等	25

研究報告

野菜・花き類を加害するヤガ科害虫4種の性フェロモントラップによる誘殺消長 —奈良県の発生予察定点圃場データの解析—	井村岳男・山口貴大	30
--	-----------	----

調査報告

我が国の植物防疫における血清学的診断法の需要に関する調査	眞境名元次・富高保弘	35
------------------------------	------------	----

トピックス

ダゾメット粉粒剤と灌水処理を組合せたトマト青枯病に対する防除技術の効果	村元靖典・坂口一智・烏海 航・美野光哉・吉田重信	40
-------------------------------------	--------------------------	----

植物防疫講座

病害編-34 チャ病害の発生生態と防除	山田 憲吾	44
農薬編-32 細胞骨格とモータータンパク質に作用する殺菌剤	田辺 憲太郎	50

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 病害グループ	井上 博喜	56
香川県農業試験場 生産環境部門 病害虫担当	西村 文宏	57

農林水産省プレスリリース（2020.8.8～2020.9.2）	55
新しく登録された農薬（2020.8.1～8.31）	24, 29
登録が失効した農薬（2020.8.1～8.31）	55
発生予察情報・特殊報（2020.8.1～8.31）	39

【表紙写真】

上段：ダイズ黒根腐病発生圃場

下段右：ダイズ黒根腐病による葉の病徴

下段左：ダイズ黒根腐病による根の病徴

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® ティアナ® プレオ® スミチオン® ダントツ®
パダン® アディオン® アグロスリン® ロディー® エスマルカ®**

殺菌剤

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

殺虫殺菌剤

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

水稻用除草剤

**新規剤 ゼータプラス® マスラオ® ゼータタイガー®
メガゼータ® 忍® ブエモン® オサキニ®**

植物成長調整剤

住友ジベレリン® ロミカ® スミセブンプ® フルメット®

®は登録商標です。

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

〒104-8260 東京都中央区新川2丁目27番1号 お客様相談室



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
SCG GROUP



住友化学

巻頭言

試験研究における 「4つのクレド」

福井県農業試験場 たか高 おか岡 せい誠 いち一



私は、1983年に福井県農業試験場病理昆虫課に配属されて以来、通算で28年間、病害虫の研究に従事している。今日まで、イネばか苗病、ニホンザル、水稻湛水直播栽培における病害虫、フタスジヒメハムシ、ホウレンソウケナガコナダニ、斑点米カメムシ類等の防除技術に関する試験研究に携わってきた。これからを担う若手研究者の方の参考になればと思い、これまでの経験で私が考えてきたこと、感じてきたことを書いてみるので、一読いただければ幸いです。

クレド（Credo）とは、ラテン語で企業などのすべての社員が心がける信条や行動指針である。私は、病害虫の研究者は、農作物の生産基盤を支える縁の下の力持ちと考えており、これまで、現場からの要請を最優先に研究課題として取り上げてきた。目立たなくても農家の皆さんが喜んでくれる研究成果を出すことをモットーとしてきた。

そんな私が試験研究を行ううえで設定している「4つのクレド」を紹介する。

クレド①「現場重視」

病害虫の試験研究は、小規模なポット試験から大規模な圃場での実証試験まであり、試験内容によって使い分けが必要である。私は、圃場での実証試験を行う際は、農業試験場内ではなく、農家の圃場を借りて現地試験を行うようにしている。その際、処理区ごとに試験内容を記載した看板を立てると、圃場を提供してくれた農家だけでなく周囲の農家に強い関心を持たせることができる。そして、よい研究成果が出たときに、さらに地域ごとに現地モデル圃場を設けて実践して見せ、さらに研修会を開催し、一気に普及推進を図る。

開発した技術は、研究成果を公表して2年以内にどれだけ普及させるかが重要であると考えているが、その技術の普及率が全体の1割の農家だけにとどまっても、その1割の農家が喜んでくれるのなら、それは立派な技術と評価してよい。それが現場を重視してきた証となる。

クレド②「挑戦」

新規の試験研究を課題化し、取り組むには、あらかじめ研究目標を明示しなければならないが、その目標をどの程度のレベルに設定するか迷うところである。私は、こういう場面では、自分の能力を踏まえて、背伸びしても手が届くかどうかギリギリのレベルが丁度よいと考えている。ギリギリで手が届かなければ、何とか到達しようと努力するからである。また、たとえ挑戦して失敗したとしても、そこから学ぶことも、その後の試験研究の大きな糧となる。

クレド③「創意工夫」

試験に用いる器具や資材は、理化学機器のカタログから選ばなくても、日用品のほうが使いやすい場合がある。例えば、ホウレンソウケナガコナダニを濾し取るには、クッキングペーパーが適する。コナジラミ類を採取するときに用いる吸虫管も、乾電池式の医療用痰吸引機を用いれば、容易に捕獲することができる。工作好きの人なら、自分で改良する作業も楽しいかもしれない。また、ラッキョウのネダニ類を効率的に捕獲するためには、誘引源として市販のオニオンパウダーが役に立つが、ローストや食塩が添加されているなど加工されているものには誘引効果がない。東京へ出張した際、合羽橋道具街で無添加のオニオンパウダーを見つけたときに、感動したことを覚えている。

クレド④「効率化」

研究者も人間であり、体力と時間にも限界がある。また、働き方改革が叫ばれる一方、今後も試験研究にかかわる人員は削減されていくであろう。与えられた業務の中で、真剣に取り組む必要のあるものと、少々手抜きをしてもいいものを判断し、無駄な時間をかけないことが大切である。新規研究課題などを他者に説明、紹介する際には、いろいろな資料を作成するであろうが、それらの中に研究の出口（成果と波及効果）がイメージできるよう具体化されていることが重要である。研究の出口をイメージできていれば、その出口に向かって、どのような試験を行い、どのようなデータを揃えればよいかがわかるからである。必要最小限の試験データだけを集めることが、究極の効率化といえよう。

最後に、経験豊富なベテラン研究者の方へ、お願いしたい。私は、これまでリーダー的立場で6人の新採用職員と仕事をしてきた。昔のグループリーダーは、若い人が見習ってくれるよう、自分が手本となり一生懸命頑張っている姿を見せることが、リーダーの宿命だと信じていたように思う。しかし、現在のリーダーの使命は、若い人たちが試験研究を効率的に進められるような環境を整えることが最も重要であると考えている。現在の若い人たちは、意外と不器用な面があり、私が敷いた線路に乗せると上手く走ることができても、自分で線路を敷くことが苦手な人が多いように思う。

病害虫関係業務は、専門技術職のようなものである。若手研究者が自分で線路を敷いて走れるようになるまで育て、病害虫に関する伝承技術が代々引き継がれていくよう、今後ともご尽力いただきたいと切に願う。

（北陸病害虫研究会 会長）

特集

大豆の多収阻害要因，ダイズ黒根腐病対策技術の開発 農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発）」病害ユニットでダイズ黒根腐病対策技術開発に取り組んだ背景

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター
病害研究領域

お
越

ち
智

すな
直*

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター
北陸研究拠点 水田利用研究領域

あかまつ
赤松

はじめ
創**

たかはし
・高橋

まみ
真実

特集にあたって

ダイズの作付面積は水田転換畑での転作作物として作付けが奨励されて以降，時期により増減はあるものの，近年は13万～14万ha程度で推移している（図-1）。田畑別に見ると，イネの生産調整においてダイズが転作作

物に位置付けられたことや，土地改良事業による水田の汎用化が推進されたこと等から，作付面積全体の85%を水田が占めている。しかしダイズは湿害に弱く，水田転換畑で栽培する際には排水対策の徹底が必要となる。

2002年ころから，湿害を回避し，単収や品質の向上，生産安定化に向けた栽培技術である「大豆300A技術」

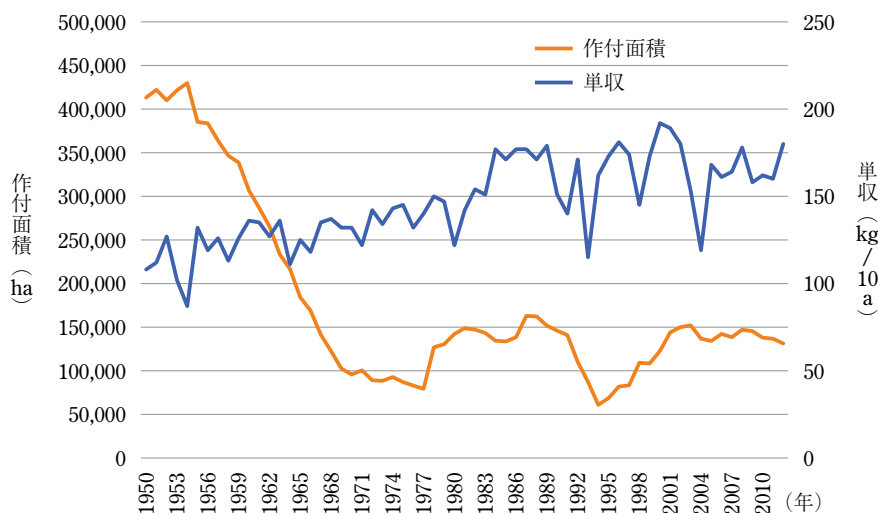


図-1 我が国におけるダイズの作付面積と単収の推移（農林水産省 作物統計調査より作成）

Background of Development of Control Method for Red Crown Rot of Soybean in the Disease Unit of Research Project Entitled “Development of Diagnostic Methods and Countermeasure Techniques for Overcoming High-Yield Inhibitory Factors” offered by Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. By Sunao OCHI, Hajime AKAMATSU and Mami TAKAHASHI

（キーワード：ダイズ黒根腐病，ダイズ低収化，対策マニュアル，水田輪作，耕種的防除）

*現所属：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業情報研究センター 農業AI研究推進室

**現所属：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター 地域戦略部 事業化推進室

表-1 多収阻害要因の診断法および対策技術の開発（ダイズのみ）における研究課題名と病害ユニットの研究実施機関

研究課題名	研究機関 ^{a)}
大豆の多収阻害要因の解明と改善指標の開発に基づく安定多収生産技術の確立	
①大豆の多収阻害要因の実態解明および改善指標とマニュアルの作成	
ア) 大豆の多収阻害要因の実態解明および改善指標と技術支援マニュアルの策定	農研機構中央農業総合研究センター等 17 機関
イ) 大豆の多収阻害要因の改善指標策定を支援する基盤的研究	農研機構東北農業研究センター等 9 機関
②大豆の安定多収化に向けた生産技術の開発	
ア) 大豆栽培における有機物投入を核とした土壌管理技術の開発	農研機構中央農業総合研究センター等 4 機関
イ) 大豆の多収阻害要因対策技術の開発 (1) 病害	
ダイズ黒根腐病対策マニュアルの作成	農研機構中央農業総合研究センター
秋田県におけるダイズ黒根腐病の発生実態と対策技術の開発	秋田県農業試験場
福島県における黒根腐病による被害実態解析と防除技術の開発	福島県農業総合センター
晩播，狭畦無培土栽培を用いた黒根腐病発病抑制技術の開発と実証	新潟県農業総合研究所
圃場管理技術によるダイズ黒根腐病の被害軽減技術の開発	富山県農林水産総合技術センター
中部冷涼地域におけるダイズ黒根腐病の被害実態解明と防除技術の開発	長野県農業試験場
晩播栽培が大豆の黒根腐病発生程度と収量に与える影響の解明	農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター
ウ) 大豆の多収阻害要因対策技術の開発 (2) 虫害	農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター等 6 機関
エ) 大豆の多収阻害要因対策技術の開発 (3) 雑草害	農研機構東北農業研究センター等 8 機関
オ) 大豆の多収阻害要因対策技術の開発 (4) 湿害	農研機構農村工学研究所等 6 機関
カ) 総合的対策技術の開発による大豆の安定多収化と実証	農研機構中央農業総合研究センター等 5 機関

^{a)} 研究機関名は 2015 年プロジェクト開始時。

の開発が行われた（農林水産省，2020 a）。「大豆 300A 技術」とは，収量 300 kg/10 a，A クラス（1，2 等）品質のダイズ生産を目指した新しい耕起・播種等の個別要素技術で，各地域の気象条件や土壌条件に応じてこれらを適宜導入することで，効率的に安定した収量を確保することを目的としている。これらの技術は各地域で積極的に導入されてきているが，この 30 年，ダイズの単収は向上せず停滞しており（図-1），その原因についてもよくわかっていない。

このような状況の中，2013 年度に農林水産省の「大豆・麦等生産体制緊急整備事業」において，「大豆・麦の低収要因解明に向けた調査」が行われた。調査は農研機構が主となり，ダイズ主産 10 県の栽培実態について，アンケート調査，土壌分析，病虫害調査を取りまとめ，ダイズの単収向上を阻害している要因の解析を行った。その結果，湿害，土壌の全窒素量，整粒比率にかかわる虫害，収穫ロス，ダイズ黒根腐病，あるいは雑草害が低収化に影響がある要因として抽出された（新良，2016）。2014 年度末は，食料・農業・農村基本計画が閣議決定され，国産ダイズについては，2013 年度の生産努力目標 20 万トン を 2025 年度には 32 万トンへ，作付面積は 2013 年度の 13 万 ha から 2025 年度には 15 万 ha に，単収は 171 kg/10 a から 215 kg/10 a へとそれぞれ増加させる目標値が設定された（農林水産省，2020 b）。これらを受けて，農林水産省では 2015 年度から 5 年間の委託

プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（課題名：多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発）」を実施し，農研機構を中核とする地方自治体，大学等多くの機関が参画するコンソーシアムが，ダイズの単収を維持向上するための研究課題を担当した。

このプロジェクト研究では，ダイズの低収要因解明調査で抽出された「地力低下」，「ダイズ黒根腐病（図-2～4）」，「虫害」，「雑草害」，「土壌水分環境」といった要因について，改善に向けた研究ユニットを設定し研究開発を行った（表-1）。このうちダイズ黒根腐病対策では「大豆の多収阻害要因対策技術の開発（1）病害」として農研機構，秋田県，福島県，新潟県，富山県，長野県が参



図-2 ダイズ黒根腐病発生圃場の様子



図-3 ダイズ黒根腐病による葉の病徴



図-4 ダイズ黒根腐病による根の病徴

側根が減少し、地際部には赤い子のう殻を形成することがある。



図-5 2020年3月に発行されたダイズ黒根腐病のリスク診断・対策マニュアルの表紙

画し、それぞれの県におけるダイズ黒根腐病の被害実態及び栽培環境調査を行い、ダイズ黒根腐病に影響を与える栽培環境要因を明らかにするとともに、現状では安定した対策技術のないダイズ黒根腐病に対する耕種的・化学的防除技術を開発し現地実証を行った。さらに、栽培履歴、発病履歴等からダイズ黒根腐病の発生リスクを推定し、リスクに見合う対策技術の選定が可能なダイズ黒根腐病対策マニュアル「ダイズ黒根腐病のリスク診断・対策マニュアル」を作成した（図-5）。これまでダイズ黒根腐病の発生実態については、各県ごとに個別に調査されてきたが、今回のプロジェクト研究は、複数の都道府県をカバーする広い範囲での発生実態調査からの発生要因分析や、抑制技術の開発・実証を行った初めての取り組みであり、特集においてその内容を紹介する。

引用文献

- 1) 新良力也 (2016): 雑草と作物の制御 12: 5~6.
- 2) 農林水産省 (2020 a): 大豆 300A 技術, <https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/>
- 3) ——— (2020 b): 食料・農業・農村基本計画, https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/

特集

大豆の多収阻害要因，ダイズ黒根腐病対策技術の開発 ダイズ栽培におけるダイズ黒根腐病の リスク要因

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター 北陸研究拠点 水田利用研究領域

秋田県農業試験場

福島県農業総合センター

新潟県農業総合研究所作物研究センター

富山県農林水産総合技術センター農業研究所

長野県農業試験場

長野県農政部

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター 病害研究領域

あかまつ はじめ やまもと りょう なかやま のりかず
赤松 創*1・山本 亮・中山 則和*2・
たかはし まみ
高橋 真実

ふじ い なお や さいと う たかあき さ やま あきら
藤井 直哉・齋藤 隆明・佐山 玲・
まつ だ ひで き かとう まさ や
松田 英樹・加藤 雅也*3

こ わ だ るい こもり ひでお えんどう おう じ
古和田 壘*4・小森 秀雄*5・遠藤 央士

くろ だ ともひさ ふじ た よいち はっとり まこと
黒田 智久*6・藤田 与一・服部 誠・
かわかみ おさむ ほり たけ し
川上 修・堀 武志

み むろ げん き もりかわ としゆき あお き ゆ み
三室 元気・守川 俊幸・青木 由美・
せきはら じゅん こ
関原 順子*7

まん た ひとし なかじま ひろかず うち だ えい じ
萬田 等*8・中島 宏和・内田 英史・
やました とおる とよしま ごろう やま だ かずよし
山下 亨*9・豊嶋 悟郎*10・山田 和義

みや はら かおる
宮 原 薫*11

お ち すなお
越 智 直*12

はじめに

ダイズ黒根腐病（以下，黒根腐病）は，*Calonectria ilicicola* Boedijn and Reitsma によって引き起こされる土壌伝染性の病害である。本病に罹病したダイズは，主根が褐色～黒色に変色し，側根は腐朽して脱落し易くなり，

重症化すると主根のみが残されたゴボウ根と呼ばれる症状を呈する（図-1，根の発病程度3）。地上部では，早期の黄化や落葉が生じる。生育が阻害され，収量構成要素である莢数および子実粒大が減少することにより，収量および品質の低下が引き起こされる（角田ら，1988；西ら，1999；荒井ら，2010；田澤，2013；松田ら，2018；

Risk Factors of Red Crown Rot Caused by *Calonectria ilicicola* in Soybean Cultivation. By Hajime AKAMATSU, Ryo YAMAMOTO, Norikazu NAKAYAMA, Mami TAKAHASHI, Naoya FUJII, Takaaki SAITO, Akira SAYAMA, Hideki MATSUDA, Masaya KATO, Rui KOWADA, Hideo KOMORI, O uji ENDO, Tomohisa KURODA, Yoichi FUJITA, Makoto HATTORI, Osamu KAWAKAMI, Takeshi HORI, Genki MIMURO, Toshiyuki MORIKAWA, Yumi AOKI, Junko SEKIHARA, Hitoshi MANTA, Hirokazu NAKAJIMA, Eiji UCHIDA, Toru YAMASHITA, Goro TOYOSHIMA, Kazuyoshi YAMADA, Kaoru MIYAHARA and Sunao OCHI

（キーワード：耕種の防除，水田輪作，対策マニュアル，ダイズ黒根腐病，ダイズ土壌伝染性病害，リスク要因）

*1 現所属：農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター 地域戦略部 事業化推進室（野菜花き研究部門安濃野菜研究拠点内）

*2 現所属：農業・食品産業技術総合研究機構 企画戦略本部 研究推進部

*3 現所属：秋田県東京事務所

*4 現所属：福島県南会津農林事務所

*5 現所属：福島県会津農林事務所

*6 現所属：新潟県農業総合研究所園芸研究センター

*7 現所属：富山県農林水産部農業技術課 広域普及指導センター

*8 現所属：長野県南信農業試験場

*9 現所属：長野県植物防疫協会

*10 現所属：長野県野菜花き試験場

*11 現所属：長野県農業試験場

*12 現所属：農業・食品産業技術総合研究機構 農業情報研究センター

AKAMATSU et al., 2020)。本病の発生が認められる圃場が多い東北地方および北陸地域は、農林水産省統計部の作物統計によると、作付面積・収穫量ともに全国の約3割（2018年産の作付面積：48,400ヘクタール、収穫量：65,330トン）を占める、日本のダイズ生産上重要な地域である。このため、特にこの地域において、黒根腐病は、我が国のダイズの安定生産および増産、ひいては自給率向上のために対策を講ずるべき重要病害と考えられる。

本病害は、日本における最初の発生報告以来、ダイズ作付面積および作付頻度の増加とともに、その発生地域が拡大し、現在では日本のダイズ栽培において最重要病害の一つに位置付けられている。黒根腐病菌 *C. ilicicola* は、子嚢孢子、分生孢子の両方を生産するが、本菌の生活環におけるこれら孢子の役割についてはよくわかっていない。一方で、本菌はダイズ罹病植物上に多数の微小菌核を形成し、長期間土壌中または罹病残渣上で生存するため、次期ダイズ作付時の感染源となる（西ら、1999；田澤、2013）。このことから、過去に黒根腐病が発生した圃場でのダイズ栽培は、黒根腐病の発病リスクを負うことになる。また本病は排水性の悪い圃場で発生しやすい傾向にあり、水田転換畑のダイズ作が増加してきたことも、本病拡大の一因と考えられる（西ら、1999）。これまでの調査および試験から、黒根腐病の発生程度は、年次間あるいは圃場間で差があり、さらに、同一耕作者であっても圃場ごとに異なることから、ダイズ栽培における黒根腐病の発病リスクは、これらの差に関与する複数の要因によって構成されていると推察される。

筆者らはこれまでに、秋田県、福島県、新潟県、富山県、長野県において黒根腐病の発生実態について調査するとともに、そのデータに基づきこれら5県のダイズ圃場における栽培履歴、圃場環境および栽培条件と黒根腐病の関連性について、そのリスク要因を明らかにしてきた（新潟県農業総合研究所、2013；富山県農林水産総合技術センター、2016；AKAMATSU et al., 2020）。これらの調査を通じて得られた知見を基に、ダイズ作付予定の圃場における黒根腐病の発病リスクを推定し、対策技術を適用するためのマニュアル「ダイズ黒根腐病のリスク診断・対策マニュアル」を作成した（赤松ら、2020）。本稿では、そのうちの（Ⅰ）黒根腐病による根の発病程度とダイズ収量との関係、（Ⅱ）上述の5県における黒根腐病の発生実態、（Ⅲ）ダイズ栽培における黒根腐病に関連する要因について紹介する。

なお、本稿で紹介する内容は主に、農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（課題名：多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発）」によ

って得られた成果である。当委託プロジェクト研究の成果として、「診断に基づく栽培改善技術導入支援マニュアル」および上述の「ダイズ黒根腐病のリスク診断・対策マニュアル」を含め、関連するマニュアルや資料が、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）ウェブページにて公開されているので、参照いただきたい（農研機構、2020）。

Ⅰ 黒根腐病による根の発病程度とダイズ収量との関係

2016年と2017年に、中央農業研究センター北陸研究拠点の圃場でダイズ品種「エンレイ」を栽培し、成熟期に根の発病程度（図-1）と収量構成要素を株ごとに調査した。ダイズ株当たりの子実粒数では、根の発病程度0～2間の差が顕著ではなかったが、発病程度3で大きく減少した（図-2A）。ダイズ株当たりの100粒重は、根の発病程度0と1の間で顕著な差が見られなかったものの、発病程度1～3では発病程度が上がるにつれ減少する傾向にあった（図-2B）。100粒重についてダイズ株当たりの平均値で比較すると、発病程度2以上の重症株で約10%以上（対健全株比）減少した。また発病程度3のダイズ株では、上記二つの収量構成要素の減少はさらに顕著で対健全株比約30%以上の減となった。この結果から、先に報告されている通り、黒根腐病が劇症化しゴボウ根となった株における子実粒数の減少だけでなく、100粒重の減少、つまりはダイズ子実の小粒化による子実粒重の減少によっても、収量が低下していることが再確認された。

Ⅱ 秋田県、福島県、新潟県、富山県、長野県における黒根腐病の発生実態

当委託プロジェクト研究の病害ユニット課題「大豆の多収阻害要因対策技術の開発（1）病害」において、秋田県（2015～16年）、福島県（2015～17年）、新潟県（2015～18年）、富山県（2015～16年）、長野県（2015～16年）の黒根腐病発生実態を調査した。合計370圃場（2010～12年に新潟県で調査した120圃場を含む）にて調査したところ、黒根腐病は上記5県すべてで確認され、その発生圃場率は、秋田県で100%、福島県で71.2%、新潟県で99.4%、富山県で70.9%、長野県で38.9%であった（松田ら、2018；AKAMATSU et al., 2020）。各県における圃場当たりの平均罹病株率は20.8%～78.1%（5県平均53.2%）、平均重症株率は10.6%～42.3%（5県平均31.2%）、平均発病度は15.1～35.5（5県平均26.1）であった（図-3）。



図-1 ダイズ黒根腐病による根の発病程度の評価基準 (AKAMATSU et al., 2020)

ダイズ個体の根の発病程度を0～3の4段階に判定し、罹病株率、重症株率、発病度を算出している。罹病株は、発病程度1～3を呈する株、重症株は、発病程度2および3を呈する株を指す。

0: 健全株。

1: 主根表皮の50%未満が褐・黒色に変化し、細根の減少が見られる。

2: 主根表皮の罹病が進み(50%以上が褐・黒色に変化)、細根・側根が著しく減少している。

3: 側根が崩壊し、主根の腐朽が著しく進行している(ゴボウ根状態)。

罹病株率、重症株率、発病度は、調査株の根の発病の評価を元に以下のように求める。

罹病株率 = ダイズ黒根腐病罹病株数(発病程度1, 2および3と評価された株数)/全調査株数 × 100.

重症株率 = ダイズ黒根腐病重症株数(発病程度2および3と評価された株数)/全調査株数 × 100.

発病度 = (発病程度1と評価された株数 × 1 + 発病程度2と評価された株数 × 2 + 発病程度3と評価された株数 × 3) / (全調査株数 × 3) × 100.

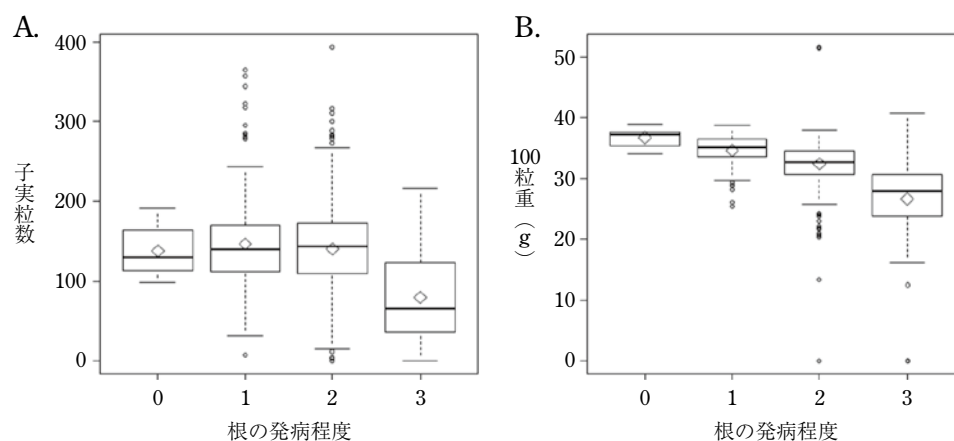


図-2 ダイズ黒根腐病による根の発病程度と収量との関係

根の発病程度別に、ダイズ株当たりの子実粒数(A)、100粒重(B)を比較し、箱ひげ図で示した。箱ひげ図の箱の上端は第3四分位、箱の中の横線は中央値、◇は平均値、箱の下端は第1四分位、点は外れ値、ひげ(縦の線)の上端・下端は外れ値を除いた最大値・最小値、をそれぞれ表す。

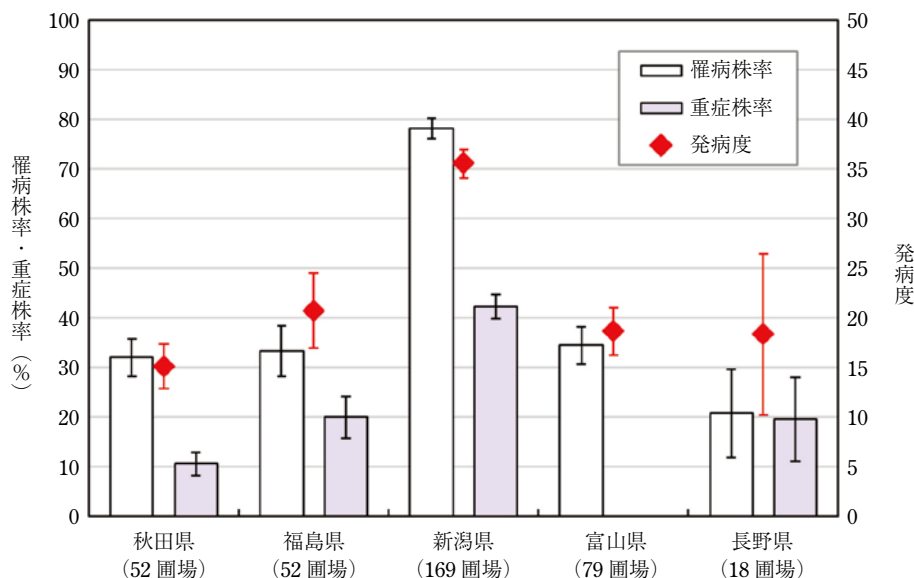


図-3 秋田県、福島県、新潟県、富山県、長野県のダイズ栽培圃場におけるダイズ黒根腐病の発病程度の比較

上記5県の圃場でダイズ株を抜き取り調査し、圃場ごとに罹病株率、重症株率、発病度を算出した。調査圃場数は括弧内に記す。富山県において、重症株率は調査されていない。グラフは圃場当たりの平均値を示し、バーは標準誤差を示す。以下、各県の栽培品種を示す。秋田県：‘リュウホウ’、福島県：‘タチナガハ’、‘あやこがね’、‘里のほほえみ’、新潟県：‘エンレイ’、‘里のほほえみ’、富山県：‘エンレイ’、‘シュウレイ’、長野県：‘ナカセンナリ’、‘すずほまれ’、‘すずろまん’。

III ダイズ栽培における黒根腐病に関連する要因

ダイズ栽培において黒根腐病に影響を及ぼす要因を明らかにするために、ダイズ圃場の栽培履歴や栽培条件等を説明変数、黒根腐病の罹病株率と重症株率を応答変数とする一般化線形混合モデルにより解析した (AKAMATSU et al., 2020)。秋田県、福島県、新潟県の242圃場について、説明変数7項目と罹病株率との関連性を解析したところ、「過去の発病履歴」、「ダイズ連作年数」、「播種日」、「中耕培土回数」と強い関係が認められ、順に「過去の発病履歴がある」、「ダイズ連作年数が長い」、「播種日が早い」、「中耕培土回数が多い」場合に正の効果、つまり発病が助長されていることが示唆された。次に重症株率を応答変数としたところ、上述の要因のうち「播種日」を除く三つの要因と強い関係が認められ、「過去の発病履歴がある」、「ダイズ連作年数が長い」、「中耕培土回数が多い」場合に、黒根腐病による重症化が助長されることが示唆された。また、両応答変数と一部の「栽培品種」間にも強い関連性が見られた。

次に、「過去の発病履歴」および「中耕培土回数」について、黒根腐病が発生するリスク（発病リスク）と重症化するリスク（重症化リスク）を解析した。また、黒根腐病の発病度が30を超えると収量に影響するとされ

ていることから (越智ら, 2016)、黒根腐病により収量に影響が生じるリスク（減収リスク）についても同様に解析した。発病リスクは、調査圃場群の中で発生圃場が出現する確率、重症化リスクは、重症株が生じた圃場の発生確率とし、それぞれ圃場における罹病株の有無、重症株の有無を元に算出した。減収リスクは、発病度30以上の圃場が発生する確率とし、発病度30を閾値として求めた。「過去の発病履歴」および「中耕培土回数」の両要因と黒根腐病（重症株率、発病度）との関係を見てみると、発病履歴がない圃場、中耕培土を実施しなかった、または1回実施した圃場に対し、発病履歴がある圃場、中耕培土を2回以上実施した圃場で重症株率、発病度がともに高く、これらの条件下では黒根腐病による被害が助長されると考えられた (図-4A, 図-4B)。発病履歴がない圃場に対する発病履歴がある圃場のリスク比、中耕培土を実施しなかった、または1回実施した圃場に対する中耕培土を2回以上実施した圃場のリスク比は、発病リスク、重症化リスク、減収リスクのすべてで1以上であった (図-4C)。つまり、発病履歴がある圃場でダイズ栽培する場合、発病履歴がない圃場に比べ発病リスク、重症化リスク、減収リスクが高く、中耕培土を2回以上実施する栽培体系では、中耕培土を実施しない、または1回実施する場合に比べ上述の三つのリスクすべ

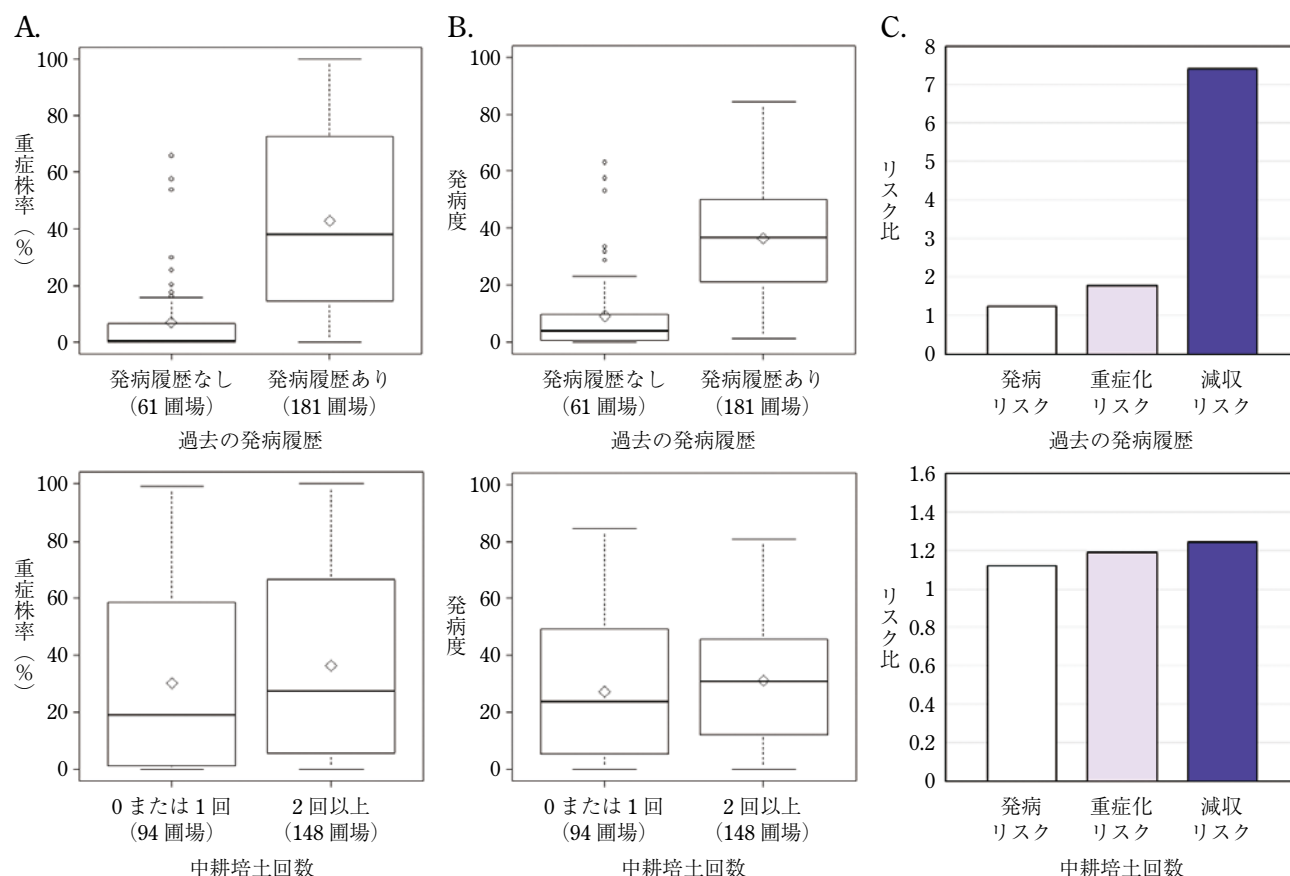


図-4 ダイズ黒根腐病に対する過去の発病履歴（上）および中耕培土回数（下）の影響度

A, B. 過去の発病履歴および中耕培土回数と黒根腐病との関係。秋田県、福島県、新潟県の調査データを元に、両要因と黒根腐病（A：重症株率，B：発病度）との関係を箱ひげ図で示した。過去の発病履歴については、発病履歴なし、発病履歴ありに、中耕培土回数については、中耕培土 0 または 1 回、中耕培土 2 回以上にそれぞれカテゴリー分けし比較した。箱ひげ図の箱の上端は第 3 四分位、箱の中の横線は中央値、◇は平均値、箱の下端は第 1 四分位、点は外れ値、ひげ（縦の線）の上端・下端は外れ値を除いた最大値・最小値、をそれぞれ表す。解析に用いた圃場数は、括弧内に記す。

C. 黒根腐病に関わる三つのリスク（発病リスク、重症化リスク、減収リスク）における各要因（過去の発病履歴および中耕培土回数）のカテゴリー間比較。上記二つの要因について、カテゴリーごとに、黒根腐病に罹病したダイズ個体がある圃場、黒根腐病に罹病し、重症化したダイズ個体がある圃場、発病度が 30 以上の圃場の数を求め、カテゴリーごとの総圃場数に対する割合を、発病リスク、重症化リスク、減収リスクとした。これら三つのリスクについて、発病履歴なしに対する発病履歴あり、中耕培土 0 または 1 回に対する 2 回以上の場合のリスク比を算出し、棒グラフで示した。

てが高くなることを示している。減収リスク比が、三つのリスク比の中で最も高く、発病履歴の有無で 7.41、中耕培土の実施回数の違いで 1.24 であった。

上記要因以外にも、「ダイズ作前水稻連作年数」，「種子処理剤〔チアメトキサム・フルジオクソニル・メタラキシル M (TFM) 水和剤〕」，「播種様式」，「中耕培土実施」，「1 回目の中耕培土時期」，「圃場排水性」，「額縁明渠」，「補助暗渠」も本病に影響を及ぼすことが示されてきた。新潟県と富山県では黒根腐病に影響を及ぼす栽培管理について解析されており、本稿で述べたリスク要因にも含まれる「ダイズ連作年数」，「ダイズ作前水稻連作年数」，「中耕培土回数」，「圃場排水性」，「額縁明渠」等の関与を明らかにしている（新潟県農業総合研究所，

2013；富山県農林水産総合技術センター，2016）。これまでの研究で明らかとなったダイズ栽培における黒根腐病の発病リスクとリスク要因との関係は、表-1 に示す通りである（赤松ら，2020）。したがって、「過去の発病履歴がない圃場を選定する」，「水稻と輪作する」，「水稻連作期間を延長する」，「播種日を遅らせる」，「TFM 水和剤で種子処理する」，「畝立て播種する」，「早期の中耕培土を省略する」，「中耕培土回数を削減する」，「圃場の排水性を改善する」，「額縁明渠，または補助暗渠を施工する」ことが、黒根腐病対策として有効であると考えられる。

表-1 ダイズ栽培におけるダイズ黒根腐病の発病リスクとリスク要因の関係および高リスク時の対策^{a)}

リスク要因	高	RISK	低	対策
〈栽培履歴〉				
過去の発病履歴	あり	<<===>>	なし	発病履歴のない圃場の選択
ダイズ連作年数	長い	<<===>>	短い	水稲作への転換
ダイズ作前水稲連作年数	短い	<<===>>	長い	水稲連作期間の延長
〈播種作業〉				
播種日	早い	<<===>>	遅い	早期播種の回避
種子処理剤 (TFM 水和剤 ^{b)})	なし	<<===>>	あり	TFM 水和剤の処理
播種様式	平播き	<<===>>	畝立て	畝立て播種
〈中耕培土作業〉				
中耕培土実施	あり	<<===>>	なし	無培土栽培 ^{c)}
1 回目の中耕培土時期	早い	<<===>>	遅い	早期の中耕培土回避
中耕培土回数	多い	<<===>>	少ない	中耕培土の回数削減
〈圃場環境〉				
圃場排水性 (達観評価)	不良	<<===>>	良好	排水性改善対策
額縁明渠	なし	<<===>>	あり	額縁明渠の施工
補助暗渠	なし	<<===>>	あり	補助暗渠の施工

^{a)} 赤松ら (2020) より改変.

^{b)} チアメトキシサム・フルジオキシソニル・メタラキシル M 水和剤.

^{c)} 無培土栽培の場合, 中耕培土作業による発病リスクは低くなるが, 倒伏等, 中耕培土作業以外の要因によって発病が助長されることもある.

お わ り に

これまでに, 田畑輪換, 石灰窒素の施用, 冬期湛水, 高畦栽培, 播種・培土時期の変更, 農薬の使用, 拮抗細菌の利用, 熱水土壤消毒等, 種々の耕種・化学・生物・物理的手法が試され, 黒根腐病による発病を軽減する技術が見いだされてきた (中島, 1988; 角田ら, 1988; 藤田ら, 1989; 西ら, 1999; 越智ら, 2013; 秋田県農業試験場, 2018; 鶴見ら, 2020)。また, 排水対策等圃場条件の整備, 耐病性品種の作付けも, 本病防除に有効であると考えられているが, 現在までに, 黒根腐病を完全に抑えることが可能な手法・防除体系の確立には至っていない。今回の研究によって, ダイズ栽培における相当数の要因が黒根腐病の発生・被害程度に影響を及ぼしていることが明らかとなり, これら複数の要因を網羅的に解決し本病による問題を解消するためには, 単一の対策の導入だけでは難しいことが示唆された。越智ら (2013) は, 晩播と冬期湛水を組合せることで, 晩播あるいは冬期湛水のみの処理と比べ, 黒根腐病に対し高い防除効果が得られることを見いだしている。このことは, 単一の手法だけではなく, 防除効果が期待できる複数の手法を組合せて実施することによって, より高い効果を有する防除体系が確立されることを示唆している。複数の対策を組合せることにより, 黒根腐病の発生・被害の緩和が期待できるものの, 黒根腐病以外の低収化要因に対する

対策 (雑草・肥培管理等) との調整が必要であり, 今後, 黒根腐病被害軽減のための候補技術を複数導入した場合の効果を検証し, より強固な防除体系を構築する必要がある。

現在のところ, 黒根腐病に対する登録農薬は少なく, 完全な抵抗性を有する品種が見いだされていない等, 本病防除に利用可能な技術が乏しい状況にある。また本病は一度発生すると, 根絶することが困難な病害であるため, 「診断に基づく栽培改善技術導入支援マニュアル」 (農研機構, 2020) および「ダイズ黒根腐病のリスク診断・対策マニュアル」 (赤松ら, 2020) で紹介している圃場の環境改善や耕種的手法等を適宜導入し, 本病に罹病したダイズ個体を重症化させないように栽培管理することが, 現時点では最善の被害軽減対策であり, ひいてはダイズを安定かつ多収生産するために重要と考えられる。

引 用 文 献

- 1) AKAMATSU, H. et al. (2020): Journal of General Plant Pathology **86**: 363~375.
- 2) 赤松 創ら (2020): 農研機構ウェブページ, https://www.naro.affrc.go.jp/project/research_activities/soybeankurune_Full20200311_1.pdf
- 3) 秋田県農業試験場 (2018): 平成 29 年度秋田県農林水産部実用化できる試験研究成果 (参考事項 H29-21)。
- 4) 荒井義光ら (2010): 日本作物学会東北支部報 **53**: 47~48.
- 5) 藤田靖久ら (1989): 山形県立農業試験場研究報告 **24**: 13~36.
- 6) 松田英樹ら (2018): 北日本病害虫研究会報 **69**: 25~28.
- 7) 中島 隆 (1988): 今月の農業 **32**(10): 16~19.

- 8) 新潟県農業総合研究所 (2013): 平成 24 年度新潟県農林水産業研究成果集 (Ⅱ 活用技術 22).
- 9) 西 和文ら (1999): 農業研究センター研究報告 30: 11~109.
- 10) 農研機構 (2020): 農研機構ウェブページ, https://www.naro.affrc.go.jp/project/research_activities/laboratory/carc/134256.html
- 11) 越智 直ら (2013): 北日本病害虫研究会報 64: 46~51.
- 12) ———ら (2016): 日本植物病理学会報 82: 239.
- 13) 角田佳則ら (1988): 山口県農業試験場研究報告 40: 80~88.
- 14) 田澤純子 (2013): 植物防疫 67: 46~49.
- 15) 富山県農林水産総合技術センター (2016): 平成 27 年度富山県農林水産総合技術センター農業研究所研究成果 (普及上参考となる技術 4).
- 16) 鶴見拓哉ら (2020): 土と微生物 74: 13~19.

特集

大豆の多収阻害要因，ダイズ黒根腐病対策技術の開発 秋田県におけるダイズ黒根腐病の発生実態と 薬剤防除技術の確立

秋田県農業試験場 まつだ ひでき ふじい なおや さいとう たかあき さやま あきら
松田 英樹・藤井 直哉・齋藤 隆明・佐山 玲

はじめに

土地利用型作物であるダイズは，秋田県では主に転作作物として栽培されている。2019年度の栽培面積は8,560 ha（農林水産省大臣官房統計部，2020）であり，その多くが水田転換畑のため，排水の悪い圃場が多く，湿害や土壌病害が発生しやすい。特に，*Calonectria ilicicola* によるダイズ黒根腐病（以下，黒根腐病）の発生実態については，田澤（2013）により秋田県での発生が報告されているが，県内全域における発生実態について調査された事例はなく，不明である。そのため，本県の生産現場では黒根腐病を主とした防除を行っていない場合が多く，圃場の排水対策や田畑輪換等の耕種的防除や種子塗沫剤の処理に限られている（秋田県，2020）。また，散布剤の効果について，生産現場等で詳細に試験はされていない。

一方，黒根腐病の発生はダイズの収量低下要因の一つとされているものの（持田ら，1998；西ら，1999），影響がどの程度あるのか明らかになっていない。さらに，外観の品質低下の大きな要因となっているしわ粒については，子実肥大盛期前後の作物体の老化や成熟期後の乾燥過程が関係しているとされているほか（農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター，2011），黒根腐病の発病に伴う根の脱落などがしわ粒の発生要因の一つと考えられているものの，それらの関係を調査した事例は少ない。

そこで，秋田県内のダイズ栽培圃場における黒根腐病の発生実態を把握し，発病と収量・品質との関係を明らかにするとともに，黒根腐病に対する効果的な防除技術の確立に向けて，薬剤防除体系を検討したので報告する。

なお，本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「収

益力向上のための研究開発（多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発）」により実施したものであり，本稿の内容の一部はすでに公表している（松田ら，2018 a；2018 b）。

I 秋田県における黒根腐病の発生実態

1 発病調査

秋田県内のダイズ栽培圃場における黒根腐病の発生実態を明らかにするため，ダイズ根部の発病調査を2015年と2016年の黄葉期（9月下旬～10月上旬）と成熟期（10月中旬～下旬）に行った。2015年の黄葉期調査は秋田県内10市町66圃場で行い，成熟期調査はそのうちの35圃場で行った（表-1）。2016年の黄葉期調査は2015年に未調査の1市20圃場で行い，成熟期調査はそのうちの17圃場で行った（表-1）。

調査の結果，黄葉期では86圃場のうち74圃場で，成熟期では52圃場のすべてで発病が確認された（図-1）。一方，発病度については黄葉期と成熟期ともに0～10の圃場が最も多く，それぞれ半数以上を占めていた（図-

表-1 黒根腐病発病調査地点

（単位：筆）

調査市町 ^{a)}	調査地点 ^{b)}	
	黄葉期	成熟期
鹿角市	2	2
北秋田市	12	6
能代市	5	4
潟上市	2	2
秋田市	9	5
由利本荘市	10	4
大仙市	8	4
美郷町	8	3
横手市	20	17
湯沢市	10	5
合計	86	52

^{a)} 横手市のみ2016年に調査し，その他の市町は2015年に調査した。

^{b)} 主な土壌群は灰色低地土とグライ土，栽培品種はすべて‘リュウホウ’である。

Field Survey and Control of Red Crown Rot of Soybean Caused by *Calonectria ilicicola* in Soybean Fields in Akita Prefecture, Japan.
By Hideki MATSUDA, Naoya FUJII, Takaaki SAITO and Akira SAYAMA

（キーワード：ダイズ黒根腐病，ダイズ，薬剤防除，粗子実重，しわ粒）

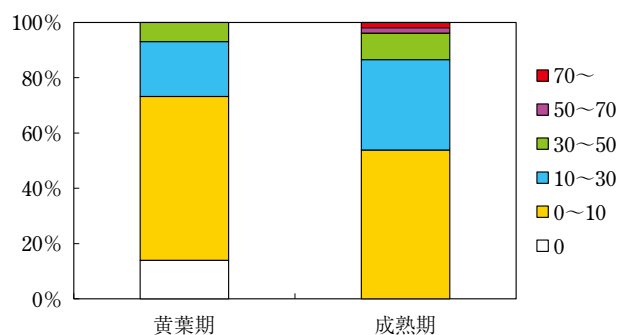


図-1 ダイズ黒根腐病の発病度別の圃場割合 (2015~16 年)

調査方法

黄葉期、成熟期ともに各圃場内 5 地点から無作為に合計 30 茎 (1 地点当たり 6 茎) を抜き取り、根部の発病を程度別に分けて、発病茎率および次式により発病度を求めた。発病度 = Σ (程度別発病指数 $\times$ 茎数) $\times$ 100 / (調査茎数 $\times$ 3)。発病指数 0: 健全, 1: 主根の 1/2 未満が黒変色している。細根の減少が見られる。2: 主根の黒変色が著しい (表皮の 1/2 以上)。細根および側根がかなり減少している。3: 側根が崩壊し、主根の腐朽が著しい。

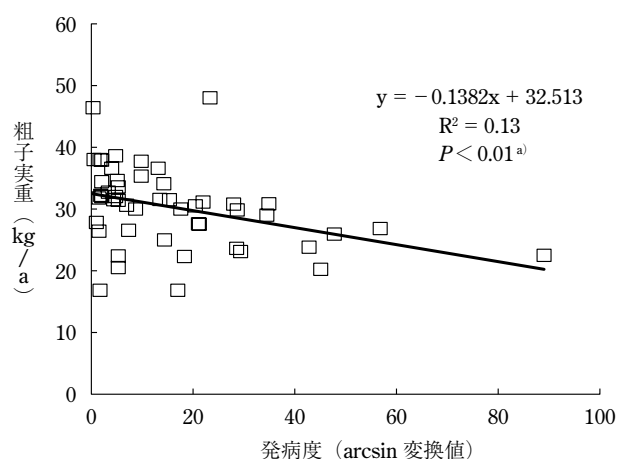


図-2 成熟期の発病度と粗子実重との関係

a) 母相関係数の無相関の検定。

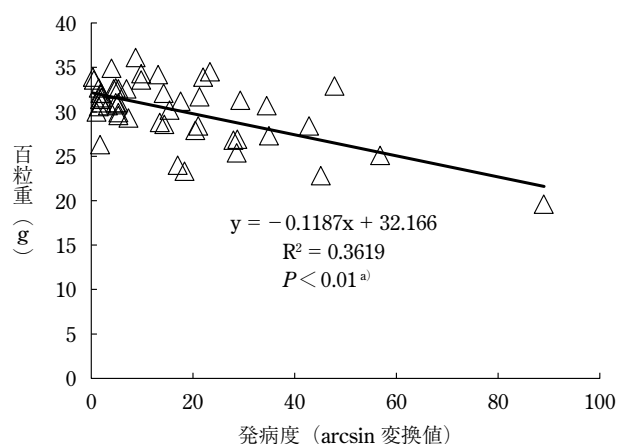


図-3 成熟期の発病度と百粒重との関係

a) 母相関係数の無相関の検定。

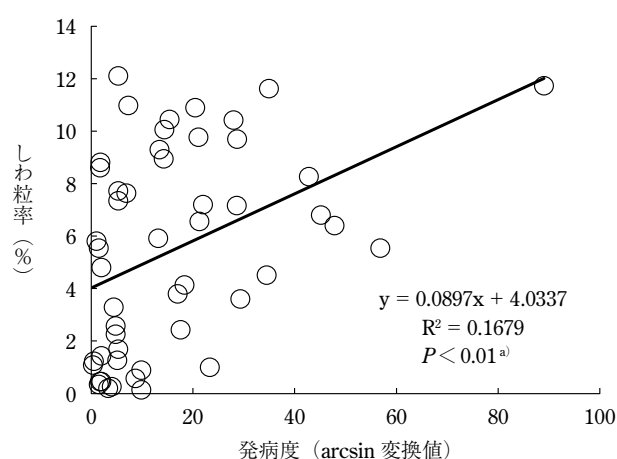


図-4 成熟期の発病度としわ粒との関係

a) 母相関係数の無相関の検定。

1)。また、黄葉期よりも成熟期で発病度の高い圃場が多く、黄葉期から成熟期に病勢が進むことを確認した (図-1)。

以上のことから、秋田県内のダイズ栽培圃場において、黒根腐病が広く発生していることが確認されたものの、発病度は低い圃場が多いことが明らかとなった。

2 黒根腐病の発病とダイズの収量・品質との関係

2015~16 年の黒根腐病の発生実態調査で成熟期に採取した茎を用いて、黒根腐病の発病度と粗子実重と百粒重、しわ粒の発生率との関係を調査した。調査地点数は成熟期に調査した地点のうち、2 地点を除く 50 地点とした。

収穫物の調査の結果、成熟期の発病度と粗子実重およ

び百粒重の関係について、発病度が高ければ粗子実重および百粒重は低下する傾向にあった (図-2, 3)。持田ら (1998) と西ら (1999) は発病の程度が高くなるに伴い、収量や百粒重の減少に影響を与えると指摘しており、本調査においても同様の傾向が確認された。成熟期の発病度としわ粒の発生率の関係について、発病度が高ければしわ粒の発生率が高く (図-4)、黒根腐病による根の腐朽、脱落がダイズ子実への水分ストレスを高めたことが要因の一つと考えられた。

以上のことから、黒根腐病の発生が収量や外観の品質低下を助長する要因の一つと考えられた。

II 薬剤防除対策

1 薬剤の組合せによる防除効果

2015年に秋田県農業試験場内のコンクリート柵圃場(4 m × 2 m)で黒根腐病に対する薬剤の防除効果を検討した。供試薬剤は既登録であるチアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシル M 水和剤(商品名: クルーザー MAXX, 以下, 種子塗沫剤)とテブコナゾール水和剤(商品名: シルバキュアフロアブル)を用いて, それらの薬剤の組合せが異なる試験区を設置した(表-2)。テブコナゾール水和剤の希釈倍数については, 既登録の200倍に加え, 防除コストを考慮した400倍での処理も行った。病原菌の接種は, ダイズ黒根腐病菌(中央農業研究センターより分譲された菌株)を培養したふすま培地(仲川・越智, 2006)を6月3日(播種14日前)に0.15 kg/m²を試験圃場に散布し, 土壌に鍬で混和させることで行った。

10月14日に調査した結果, 無処理における発病度は

19.8であった(表-3)。種子塗沫剤とテブコナゾール水和剤の処理を組合せた試験区②~⑤では防除価が86.0~90.9となり, 無処理と比較していずれの試験区でも高い防除効果が認められた(表-3)。試験区③において, 希釈倍数が200倍または散布回数を2回とした試験区と同等の防除効果が確認されたことから, 種子塗沫剤とテブコナゾール水和剤400倍液100 l/10 aを1回散布する体系が有効であると考えられた。

2 薬剤による防除効果とダイズの生育・収量への影響

(1) 方法

2017年に秋田県湯上市天王(以下, 試験Ⅰ)と同市飯田川(以下, 試験Ⅱ)の農家圃場で黒根腐病に対する薬剤防除体系とダイズの生育・収量に及ぼす影響について検討した(表-4)。試験区は種子塗沫剤とテブコナゾール水和剤を組合せた薬剤防除体系区と種子塗沫剤のみを処理した対照区を設置した(表-5)。

表-2 薬剤の組合せと処理の概要

試験区 ^{a)}	種子塗沫剤 ^{b)}	テブコナゾール水和剤 ^{c)}			
		希釈倍数	散布液量(l/10 a)	処理月日 ^{c)}	
①	○ ^{d)}	×	—	—	—
②	○	○	200倍	100	7月15日
③	○	○	400倍	100	7月15日
④	○	○	200倍	100	7月15日 7月29日
⑤	○	○	400倍	100	7月15日 7月29日
⑥(無処理)	×	×	—	—	—

^{a)} 品種は‘リュウホウ’を用いて, 6月17日に播種した。試験区は4 m²/区(4 m × 1 m)で反復は設けなかった。調査は10月14日(成熟期)に33~37本/区を抜き取り, Ⅰの1発病調査と同様に行い, 発病茎率, 発病度および防除価を求めた。

^{b)} 6月10日(播種7日前)に原液8 ml/乾燥種子 kgを処理した。

^{c)} 背負式電動噴霧器でダイズの株元に散布した。なお, 農業登録は希釈倍数200倍, 散布液量100 l/10 a, 使用回数3回以内, 使用時期出芽4週間後以降ただし, 収穫7日前までである。

^{d)} 7月15日は出芽揃い30日後, 7月29日は同45日後である。

^{e)} 表中の○は薬剤処理を実施, ×は処理していないことを示す。

表-3 薬剤の組合せによる黒根腐病に対する防除効果

試験区	調査本数	発病茎率(%)	発病指数別茎数				発病度	防除価 ^{a)}
			0	1	2	3		
①	37	24.3	28	9	0	0	8.1	59.1
②	37	5.4	35	2	0	0	1.8	90.9
③	36	8.3	33	3	0	0	2.8	86.0
④	33	6.1	31	2	0	0	2.0	89.8
⑤	37	8.1	34	3	0	0	2.7	86.4
⑥(無処理)	37	54.1	17	18	2	0	19.8	

^{a)} 防除価 = 100 - (処理区の発病度/無処理区の発病度)。

表-4 農家圃場試験の概要

現地試験	試験場所 ^{a)}	前年栽培作物	栽培品種	播種量	播種	中耕	培土
試験Ⅰ	潟上市 天王	水稻	リュウホウ	4.5 kg/10 a (2粒播き)	6月19日	7月10日	7月27日
試験Ⅱ	潟上市 飯田川	ダイズ (連作2年目)	リュウホウ	5.0 kg/10 a (2粒播き)	6月20日	7月8日	8月2日

^{a)} いずれの試験場所とも土壌群は中粗粒強グライ土（琴浜統）である。

表-5 農家圃場試験における薬剤処理方法

現地試験	試験区 ^{a)}	種子塗沫剤	テブコナゾール水和剤			
			希釈倍数 散布液量	処理日	処理方法	
試験Ⅰ	薬剤防除体系区	○ ^{b)}	○	400 倍 100 l/10 a	7月26日 (出芽揃い 29 日後)	乗用管理機（共立製 RVH60Y）の油圧ブーム部に設置した除草剤用飛散防止ノズル（共立製ヤマホ除草剤ノズル赤）を地表高 50～60 cm に調整。株の直上に位置するノズルは閉めた。
	対照区	○	×	—	—	—
試験Ⅱ	薬剤防除体系区	○	○	400 倍 100 l/10 a	8月3日 (出芽揃い 35 日後)	乗用管理機（井関農機製 JK14）に万能散布バー（北海道糖業製）を取り付け、吊り下げノズル（ヤマホキリナシ噴口 W13.8）を地表高の最低位の 20 cm に調整した。
	対照区	○	×	—	—	—

^{a)} 試験Ⅰは 1,393 m²/区（17.2 × 81 m）、試験Ⅱは 2,260 m²/区（11.3 × 200 m）とし、いずれも試験区の反復はなしとした。

^{b)} 表中の○は薬剤処理を実施、×は処理していないことを示す。

表-6 農家圃場試験における黒根腐病の防除効果

現地試験	試験区	調査月日	調査本数	発病株率 (%)	発病指数別株数				発病度	防除価 ^{a)}
					0	1	2	3		
試験Ⅰ	薬剤防除体系区	10月17日	237	30.0	166	43	26	2	14.2	55.3
	対照区		200	63.4	73	74	37	16	31.8	
試験Ⅱ	薬剤防除体系区	10月18日	147	39.7	102	20	17	8	17.9	37.8
	対照区		182	45.0	100	24	40	18	28.7	

^{a)} 防除価 = 100 - (薬剤防除体系区の発病度/対照区の発病度) × 100。

ダイズ根部の発病調査はいずれの試験においても成熟期に各区の任意の 5 箇所から 1.5 m × 3 条の茎を抜き取り、Ⅰの 1 発病調査と同様に発病程度別に調査し、発病率、発病度および防除価を求めた。

(2) 黒根腐病に対する防除効果

対照区の発病度は試験Ⅰで 31.8、試験Ⅱで 28.7 となった（表-6）。試験ⅠとⅡの薬剤防除体系区では発病度がそれぞれ 14.2、17.9、防除価がそれぞれ 55.3、37.8 となった（表-6）。いずれの試験においても種子塗沫剤のみよりもテブコナゾール水和剤を併用したほうが防除効果が認められた。

(3) ダイズの生育・収量

試験Ⅰの結果、薬剤防除体系区では対照区よりも分枝数は 0.2 本多く、百粒重は 1.4 g 重かったものの、主茎

長は 3.2 cm 短く、主茎節数は 0.3 節少なかった（表-7）。着粒数は両区ではほぼ同等であったものの、薬剤防除体系区で百粒重が重かったことから、粗子実重は対照区と比較して 5% 多かった（表-7）。試験Ⅱの結果、薬剤防除体系区では対照区よりも分枝数は 0.4 本多かったものの、主茎長は 8.9 cm 短く、主茎節数は 1.3 節少なかった（表-7）。薬剤防除体系区で百粒重が 2.9 g 重かったものの着粒数は少なく、粗子実重は 5% 少なかった（表-7）。なお、しわ粒の発生についてはいずれの試験においても判然としなかった（データ省略）。

表-7 農家圃場試験におけるダイズ形態と収量

現地試験	試験区	形態 ^{a)}				粗子 実重 ^{b)} (g/m ²)	収量 指数 ^{c)}	百粒重 (g)
		主茎長 (cm)	分枝数 (本/本)	主茎 節数	着粒数 (粒/m ²)			
試験Ⅰ	薬剤防除体系区	45.9	1.9	12.2	711	255	105	36.1
	対照区	49.1	1.7	12.5	707	243	—	34.7
試験Ⅱ	薬剤防除体系区	38.8	2.6	13.0	586	184	95	32.6
	対照区	47.7	2.2	14.3	666	194	—	29.7

a) 試験Ⅰでは10月20日、試験Ⅱでは10月2日に各区生育中庸な5株を抜き取った。

b) 根部の発病調査に用いた茎について調査した。

c) 収量指数 = 薬剤防除体系区の粗子実重/対照区の粗子実重 × 100。

テブコナゾール水和剤の散布によるダイズの生育抑制はこれまでも報告されており、仲川・越智(2006)は、テブコナゾール水和剤はダイズの生育抑制を生じさせ、その生育抑制は収穫時まで続く指摘している。また、鈴木ら(2016)はテブコナゾール水和剤の散布によって宮城県ダイズの奨励7品種において、品種間差は認められるものの生育に影響があると報告している。このことから、本研究においてもテブコナゾール水和剤の散布により、ダイズの生育を抑制した可能性が考えられた。

(4) 薬剤防除体系の課題

農家圃場で、チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシル M 水和剤の種子塗沫とテブコナゾール水和剤 400 倍液をダイズの株元に 1 回 100 l/10 a を散布することで黒根腐病に対する防除効果を確認した。ただし、多発条件での防除効果は確認できなかったことから、今後検討が必要である。

また、テブコナゾール水和剤の散布により、ダイズの生育が抑制され、増収に結びつかないケースがあることが明らかとなった。今後は、黒根腐病の発病を抑制しつつ収量の増加に結びつく技術の確立に向けて、より一層の検討が必要である。

おわりに

秋田県のダイズ栽培圃場では発病度の低い圃場が多いものの、黒根腐病の発生が広く確認された。また、本稿で報告した種子塗沫剤と散布剤の組合せは黒根腐病の防除に有効であった。一方、圃場の排水対策や田畑輪換の実施はダイズの土壌病害の発生を抑制する観点から重要であることから、生産現場に対しては、耕種的防除を徹底したうえで、種子塗沫剤による処理を行い、必要に応じて散布剤による防除技術を行うよう指導して参りたい。

引用文献

- 1) 秋田県(2020): 秋田県農作物病害虫・雑草防除基準 令和2年度版: 51.
- 2) 松田英樹ら(2018 a): 北日本病害虫研報 69: 25~28.
- 3) ———ら(2018 b): 同上 69: 201.
- 4) 持田秀之ら(1998): 東北農業研究 41: 113~114.
- 5) 仲川晃生・越智 直(2006): 関東東山病虫研報 53: 13~21.
- 6) 西 和文ら(1999): 農業研究センター研究報告 30: 11~109.
- 7) 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター(2011): ファーミングシステム研究 10: 157.
- 8) 農林水産省大臣官房統計部(2020): 農林水産統計: 8.
- 9) 鈴木智貴ら(2016): 北日本病虫研報 67: 214.
- 10) 田澤純子(2013): 植物防疫 67: 46~49.

特

集

大豆の多収阻害要因，ダイズ黒根腐病対策技術の開発 晩播と耕うん同時畝立て狭畦栽培の ダイズ黒根腐病発病軽減効果

新潟県農業総合研究所作物研究センター 黒田 智久*・藤田 与一・堀 武志・川上 修

はじめに

米の生産調整を目的として水田の多目的利用が行われてきたが，なかでも水田転換畑におけるダイズ栽培はおよそ 50 年もの歴史がある。もともと畑作物であるダイズを水田に作付けするため，水田転換畑への作付け開始当初は圃場の排水性が大きな制限要因となって単収が抑えられた。しかし，汎用化水田への圃場整備や営農的排水対策技術の進展により 1980 年ころから徐々に単収が伸び始め，2000 年代初頭にかけて緩やかに増加した。ところが，圃場の排水性がある程度改善されると，替わって病害虫の発生や地力低下が単収の制限要因としてクローズアップされた。新潟県では，ダイズにおける病害虫の発生や畑地雑草のまん延防止の観点から，ブロックローテーションによる集団転作が推奨されている。新潟県内では 2 年水稻 1 年ダイズの 3 年 1 サイクルを繰り返す田畑輪換が主体であるが，県内圃場の大部分を占める粘質土壌では，営農的排水対策を実施しても十分な排水性の確保が難しい。このような転換畑では高土壌水分条件での作付けを強いられることとなり，ダイズ黒根腐病やダイズ茎疫病等の土壌伝染性病害に悩まされている。これらの土壌伝染性病害，とりわけダイズ黒根腐病は播種直後から生育期全般にわたって発生するが，これを対象とした登録薬剤は 4 剤（うち茎葉散布剤は 1 剤）のみで効果も十分でないことから，薬剤防除は現実的ではない。そこで，ダイズ黒根腐病の耕種的な発病軽減技術の開発に取り組んだのでここに紹介したい。

本稿で紹介する研究の一部は，農林水産省委託プロジェクト研究「多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発」における課題「晩播，狭畦無培土栽培によるダイズ黒根腐病発病抑制技術の開発と実証」として実施した。

Control Effect of Late Sowing and Ridge-making Narrow-row Cultivation on Red Crown Rot of Soybean. By Tomohisa KURODA, Yoichi FUJITA, Takeshi HORI and Osamu KAWAKAMI

（キーワード：ダイズ，*Calonectria ilicicola*，播種時期，無培土）

*現所属：新潟県農業総合研究所園芸研究センター

I ダイズ黒根腐病の発病度変動要因

病害の発生は，病原体の存在（主因），病原体の宿主の存在（素因），感染発病が起こる好適な環境条件（誘因）がそろってはじめて成立する。ダイズ黒根腐病の発生には，土壌中に伝染源（黒根腐病菌）が存在すること，黒根腐病菌の宿主となるダイズが作付けされること，そして何らかの好適な環境が必要となる。その「好適な環境」をうまく制御してやれば，この病害の発生を軽減できる可能性がある。そこで，ダイズ黒根腐病の発病度変動要因を探索するため，新潟県内延べ 138 筆の圃場条件（圃場面積，播種時グライ層位置，暗渠・明渠・弾丸暗渠施工の有無，土壌 pH）や耕種方法（連作年数，播種日，播種方法，苗立ち数，培土回数）と黒根腐病の発生状況を調査した（図-1）。解析は，圃場の黒根腐病発病程度を目的変数，圃場条件や耕種方法を説明変数とした重回帰分析によって行い，発病の変動に影響する要因をスクリーニングした。その結果，ダイズの連作と最も強い関

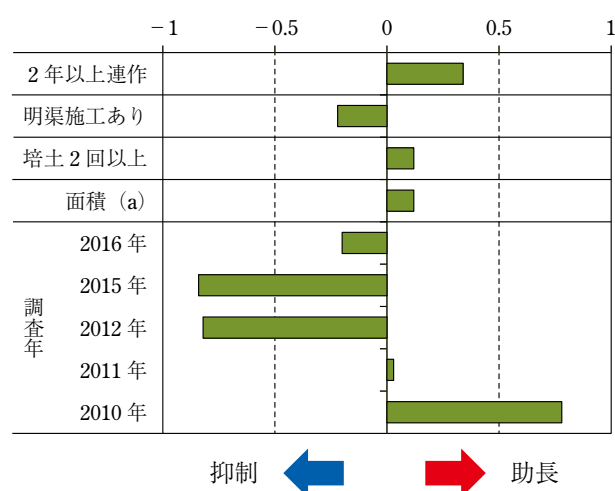


図-1 耕種法や圃場環境の黒根腐病発病への影響度

ここに示す要因は，モデル分析においていずれも 10% 水準で有意である。水準のバーが右方向へ伸びている場合は発病度に対して相対的に助長，左方向へ伸びている場合は相対的に抑制であることを示す。バーの長さは，モデルにおける標準偏回帰係数で示した。

連性が認められ、発病に対して助長的な効果があると考えられた。これは、連作することで土壤中伝染源量が増加するためと考えられる。次いでに連作性が強い要因として明渠の施工が選ばれ、抑制的な効果が認められた。黒根腐病菌は糸状菌であることから、高土壌水分状態は感染に好適な環境と考えられる。明渠を施工することで圃場内雨水が速やかに排出され、土壌が乾燥状態に保たれることから抑制的な効果が期待できると考えられた。連作や明渠の施工に比べて連作性がやや劣るが、培土回数が1回より2回以上の圃場で発病が重い傾向が見られた。播種日については、遅い播種ほど軽症となることが報告されているが(西ら, 1988; 越智ら, 2013), 本調査では発病との関連性は統計的に有意でなかった。これは、調査した圃場の多くが5月第6半旬と6月第1半旬の短期間に集中していること、生産者からの聞き取りで圃場ごとの播種日がいまいな場合、播種期間の代表日を播種日としているからではないかと考えている。その他の要因についても、統計的に有意ではなく、発病との関連性は判然としなかった。AKAMATSU et al. (2020) は、新潟県の調査結果のほか、秋田県、福島県のデータを加えた解析から、過去の発生歴、連作年数、培土回数、播種日を発病と関連性のある要因として報告している。

II 播種時期と発病との関係

西ら(1988)は、黒根腐病汚染圃場へのダイズの移植時期を変えた試験から、品種によって程度の違いはあるものの、移植時期が遅くなるほど発病が軽くなることを報告している。また、越智ら(2013)の福島県における現地圃場試験では、標準播種(6月4日ごろ)と比較して晩播(6月20日ごろ)の黒根腐病発病が少なく、極晩播(7月以降)ではさらに発病が少なかった。そこで、播種時期と発病の関係の詳細な解析を、品種‘里のほほえみ’を用いて行った(図-2)。試験は2015~17年に長岡市内の現地農家圃場(水田転換畑、前作水稻)および2016年と17年に所内圃場で合計5試験実施した。播種は、現地圃場では5月第5半旬~7月第1半旬にかけて4回または5回、所内圃場では5月第5半旬~6月第4または第5半旬にかけて3回行い、成熟期に根部を掘り上げて発病度を調査した。図-2は新潟県の平均播種期である6月第1半旬の発病度を1としたときの各播種時期の発病度比の散布図である。試験ごとの発生程度は、2015年が多発生、2016年の現地が多発生、所内が多発生、2017年の現地が多発生、所内が多発生であった。2016年の現地試験では少発生のため、各播種時期の発病に大きな差がなかった。一方、それ以外の試験では、播種時

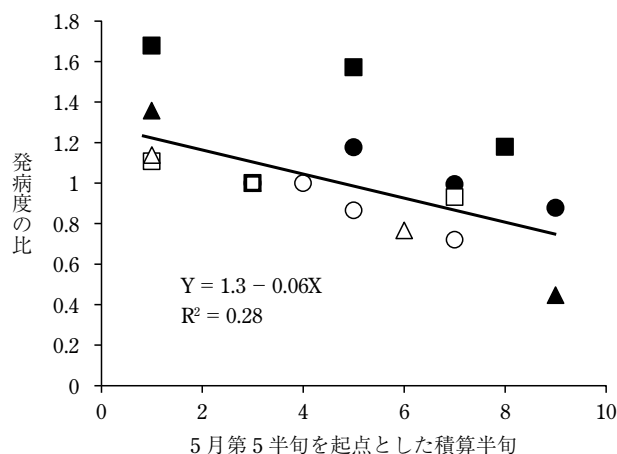


図-2 播種時期と黒根腐病発病程度の関係

同一のマークは同一年の試験データであることを示す。6月第1半旬(2016年所内試験は第2半旬)の発病度を1としたときの各播種日の発病度の比を算出しプロットした。回帰直線の式は、 $Y = 1.3 - 0.06X$ (X は5月第5半旬を起点としたときの積算半旬数、 Y は6月第1半旬の発病度に対する比を示す)で、決定係数は0.28である。

期が遅くなるにつれておおむね発病が軽くなる傾向が認められた。発病度比を目的変数、5月第5半旬を起点とした積算半旬数(1~9)と試験(2015, 2016 a, 2016 b, 2017 a, 2017 b)を説明変数としてモデルを作成したところ、説明変数“試験”は有意でなかった。そのため、モデルを発病度比と積算半旬数の単回帰とした。回帰式は、 $Y = 1.3 - 0.06X$ (X は積算半旬数、 Y は発病度比)となり、寄与率は0.28とやや低いものの、播種の早晩と発病は負の相関があると考えられた。ダイズ農家は水稻の移植が終わるとダイズ播種作業の準備に取り掛かる。ダイズ播種が終わると水稻の中干し作業が始まるため、ダイズ農家としては天候に左右される播種を水稻の移植後できる限り速やかに始めたいところである。また、現在新潟県内で普及しているダイズ品種は晩生の‘里のほほえみ’であるため、播種の遅れは収穫の遅れにつながり、晩秋の雨による品質低下や減収の原因となる。そのような様々な事情から、ダイズ播種は6月第1半旬前後となっている。

III 狭畦無培土栽培の発病抑制効果

新潟県内では、ダイズの第2複葉が展開する6月下旬~開花期の7月下旬までの間に1~2回、中耕・培土が行われている。これは、条間や株元の除草と土寄せによる倒伏防止のために行う作業である。しかし、培土の回数と発病に正の相関があり、培土回数が多いほど発病が重い傾向が認められている。さらに、培土を行う時期も発病に影響している可能性が示唆された(黒田ら, 2014;)

AKAMATSU et al., 2020)。すなわち、慣行の培土を前提とした栽培法では、黒根腐病は発病しやすいのである。そこで、安定出芽と害害対策、省力栽培を目的とした耕うん同時畝立て狭畦栽培に着目した(細川, 2012; 藤田ら, 2014)。本法では、畝幅 150 cm, 高さ 10 cm の平高畝上に条間を慣行の半分程度に狭めた条間約 37 cm, 株間約 14 cm で 4 条播種する(栽植密度 17.5 株/m²; 図-3)。中耕培土は省略して無培土とするが、狭条間でダイズの茎葉が繁茂して早期に地表面を覆うため、雑草の生育を抑制することができる。この無培土条件は、黒根腐病による被害の軽減も期待できると考えた。まず、耕うん同時畝立て狭畦栽培と慣行 1 回培土栽培をともに行っている阿賀野市 M 地区の現地圃場において、黒根腐病の発生を調査した。調査圃場を管理する生産法人は、M 地区において一年おきに水田転換してダイズを作付けしており、その一部を耕うん同時畝立て狭畦栽培で行ってい



図-3 耕うん同時畝立て狭畦栽培の播種の様子

図中の a, b, c は、それぞれ 150 cm, 37 cm, 14 cm で、畝の高さは 10 cm である。

る。調査は品種‘タチナガハ’の圃場において成熟期に根を掘り上げ、発病程度を観察した。図-4 は 2012~14 年の 3 年間で合計 57 圃場を調査した結果であるが、いずれの調査年においても耕うん同時畝立て狭畦栽培の発病度が低く抑えられていることが明らかである。このことから、1 回でも培土を行うと黒根腐病の発病が助長されると考えられた。そこで、黒根腐病の軽症化が期待できる晩播と耕うん同時畝立て狭畦栽培を組合せた晩播狭畦区と 2 回培土を行う慣行区において黒根腐病の発病を調査した。播種は、慣行区が 6 月第 2 半旬または第 3 半旬、晩播狭畦区が第 5 半旬または第 6 半旬に行い、慣行区については 1~2 回の培土を実施した。成熟期の根部発病

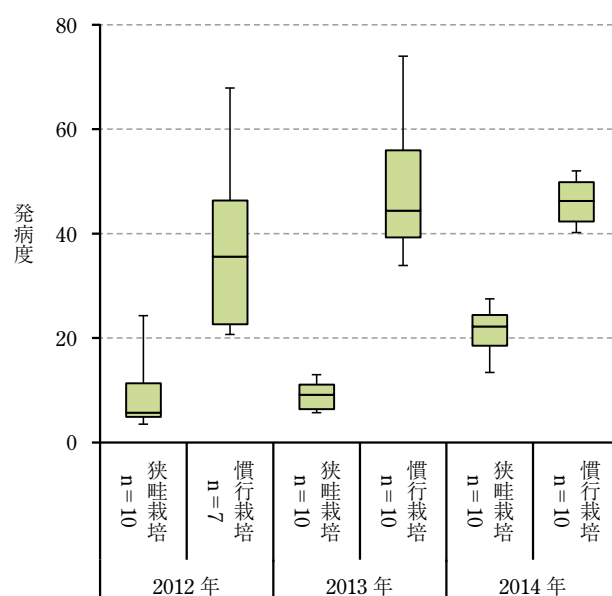


図-4 阿賀野市 M 地区におけるダイズ黒根腐病の発生状況

図中の n は調査圃場数、狭畦栽培は耕うん同時畝立て狭畦栽培、慣行栽培は慣行 1 回培土栽培、箱ひげ図の中線は中央値を示す。なお、いずれの調査年においても、両栽培法の発病度の代表値には 5% 水準で有意差が認められた。

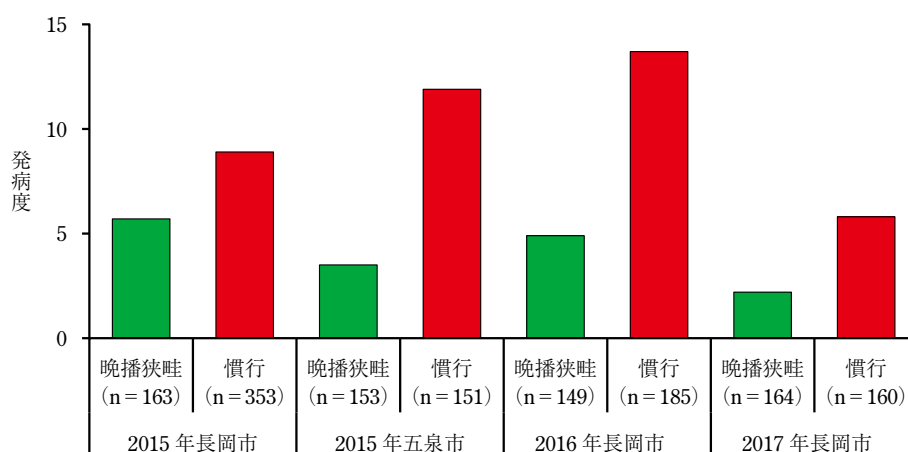


図-5 晩播耕うん同時畝立て狭畦栽培におけるダイズ黒根腐病の発生状況

図中の n は調査株数を示す。

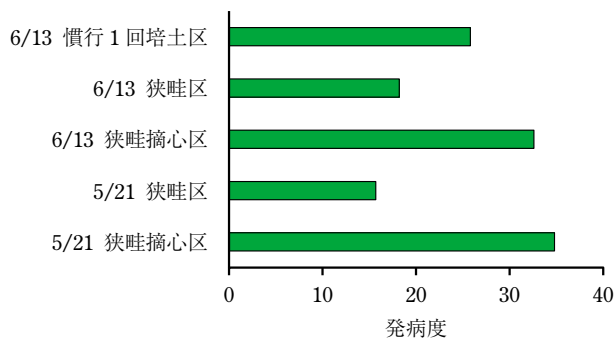


図-6 摘心によるダイズ黒根腐病の助長 (2013年, 阿賀野市)
品種は‘タチナガハ’を用い, 5月21日または6月13日に播種した。慣行栽培では, 1回培土を行った。摘心は, 7月11日に行った。

を調査し各区の発病度を比較したところ (図-5), いずれの試験も少発生であったが, 慣行区と比較して晩播狭畦区の発病が軽い傾向が認められた。

IV 培土が黒根腐病の発病を助長する理由

では, なぜ培土を行うと黒根腐病の発病が助長されるのか, この現象を説明するヒントとなりうる興味深い試験結果を紹介したい。ダイズ栽培における倒伏は, 機械収穫時の収穫ロスや生産物の汚損を生じさせることから, 倒伏しないように作ることが重要である。しかし, 生育期の前半から生育旺盛となり, 倒伏の危険性が高まることから, 品種によっては慣行の栽培技術として主茎の摘心技術が普及している。そこで, ‘タチナガハ’の耕うん同時畝立て狭畦栽培における倒伏防止を目的として摘心試験を行った (図-6)。播種は5月21日と6月13日の2回行い, それぞれ狭畦摘心区 (摘心は7月11日実施) と狭畦区, 慣行1回培土区 (6月13日播種のみ) を設定して, 成熟期の黒根腐病発病度を比較した。その結果, 播種日と関係なく狭畦摘心区は狭畦区よりも発病度が高くなった。狭畦区は, 慣行1回培土区と比較して発病が大きく軽減されていることから, 摘心処理そのものが発病を助長していることは明らかである。つまり, 黒根腐病菌の感染発病部位とは異なる地上部への傷害

が, 地下部での発病に影響を与えている可能性がある。これはあくまで仮説であるが, 地上部に傷害を与えることによって植物側の防御応答が低下し, 黒根腐病の発病が増進したのではないかと考えている。培土は条間の土壌を耕うんしながら株元に寄せるため, ダイズは根を切断され, 機械との接触ストレスもあるだろう。つまり, 摘心と同じように, 培土はダイズの防御応答に影響している可能性がある。一方, 耕うん同時畝立て狭畦栽培では, 培土にともなうダイズの根の切断がなく, 防御応答への影響がないので, 黒根腐病の発病が軽症となったのではないだろうか。

おわりに

平成27年度から5年間にわたって実施された農林水産省委託プロジェクト研究「多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発」では, 病害ユニットは黒根腐病対策技術の開発に取り組んだ。まず, 参画機関が多数の現地圃場データを収集し, その調査結果を持ち寄って解析した。このような病害と圃場環境, 栽培管理との因果関係を明らかにするためには多数の調査データを必要とすることから, 正に多くの県が参画したプロジェクト研究向きの課題であった。そして, そこから得られた対策のヒントをもとに, 新潟県では晩播と狭畦栽培による対策技術に取り組んだ。このような大規模調査結果の解析に基づいた帰納的な研究推進法では, 早期に目的を達成しやすい反面, 作用機作や仕組み等の基礎的な知見の集積が伴わないので, 応用的な展開はすぐにはできない。前章でも取り上げたが, 培土がなぜ黒根腐病を助長するのか興味深い現象であるが, その仕組みは不明である。今後のダイズのストレス応答研究の進展を待ちたい。

引用文献

- 1) AKAMATSU, H. et al. (2020): J. Gen. Plant Pathol. 86 (in press).
- 2) 藤田与一ら (2014): 日作紀 83: 216~222.
- 3) 細川 寿 (2012): 農作業研究 47: 31~32.
- 4) 黒田智久ら (2014): 北陸病虫研報 63: 37.
- 5) 西 和文ら (1988): 関東東山病虫研報 35: 40~41.
- 6) 越智 直ら (2013): 北日本病虫研報 64: 46~51.

特

集

大豆の多収阻害要因、ダイズ黒根腐病対策技術の開発 富山県におけるダイズ黒根腐病の発生実態

富山県農林水産総合技術センター農業研究所

 みむろ げんき あおき ゆみ もりかわ としゆき
 三室 元気・青木 由美・守川 俊幸

 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
 中央農業研究センター
お
越ち
智すな
直*

はじめに

富山県においてダイズは主要な転作作物であり、2017年時点で栽培面積は4,780 haとなっている。問題となる主な病害は、以前は *Cercospora kikuchii* による紫斑病であったが、効果的な薬剤が上市され、発生は減少してきている。また、*Phytophthora sojae* による茎疫病も種子処理剤および耕種的な防除対策（三室ら、2011；守川ら、2013 a）が普及し、大きな被害は少なくなってきた。一方、*Calonectria ilicicola* による黒根腐病は実用的な防除対策に乏しく、次第に顕在化し、現在では最も被害の大きい病害であると考えられている（三室ら、2016 a）。本病は土壤伝染性病害であり、その発生地域は、北海道から九州までの広範囲に及び、海外でも報告されている。罹病部は黒褐変し、最終的には根部全体が腐敗する。激しく発病した場合は、細根は早期に脱落し、主根のみが残り、いわゆる「ゴボウ根」とよばれる症状となる。地上部の症状は不明瞭な退緑斑点が特徴的であるが、根や地際部の感染に伴う二次的の症状と考えられている（西、2007）。近県における本病の発生については、新潟県などにおいて報告されているが（黒田ら、2010；越智ら、2016）、富山県でも本病の発生が収量、品質の低下に結びついていることが明らかとなっており大きな問題となっている（守川ら、2013 b）。一方で県内における本病の発生実態は明らかになっていない。そこで今回、県下のダイズ圃場における本病の発生および耕種条件を調査し、発病あるいは被害の差異が生じる要因について検討した。

I 県内の発生実態（2015年）

調査圃場として富山県内 93 箇所のダイズ品種「エンレイ」作付圃場を無作為に抽出し、子実肥大期からの地上部の病徴発現を想定し 9 月 7 日～18 日に調査を行った。圃場における地上部の発病は本病に特有の葉の黄化や退緑え疽斑を生じた株を達観によって圃場の発生面積率（5%刻み）として調査した。同時に根の発病調査も行った。すなわち、圃場内の無作為に抽出した 5 地点から 1 地点当たり 3～4 株おきに 10 株抜き取り、合計 50 株について根部の発病を表-1 の基準で程度別に類別して発病株率および発病度を求めた。

2015 年の調査の結果、県内 93 地点の 7 割以上の圃場で本病の発生が確認された。そのうち、根部の発病調査における発病株率が 50% 以上の甚発生、30% 以上 50% 未満の多発生、10% 以上 30% 未満の中発生、そして 10% 未満の少発生圃場はそれぞれ全体の 28%、19%、21%、7% となり、広く県内で被害を及ぼしていると考えられた（図-1）。

一方、これらの発生圃場で地上部の明らかな症状（黄化・落葉症状の達観調査による発生面積率 10% 以上）が確認できたのは、根の発病株率がおおよそ 50% を超えてからであり、全体の 19% の圃場にとどまった（図-2）。このことから、本県では本病による潜在的な被害を受けている圃場が広域的に存在すると考えられた。

2015 年は 8 月中旬ころ～9 月中旬ころにかけての降水

表-1 根の発病調査基準

発病程度	基準
0	健全
1	根の 1/3 程度が腐敗
2	根の 2/3 程度が腐敗
3	根の大部分が腐敗し、側根が脱落

発病度 = Σ (発病程度 × 該当株数) × 100 / 調査株 / 3.

Occurrence of Red Crown Rot of Soybean in Toyama Prefecture.
By Genki MIMURO, Yumi AOKI, Toshiyuki MORIKAWA and Sunao OCHI
(キーワード: 発生要因, 圃場の排水性, 培土の回数)

*現所属: 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業情報研究センター

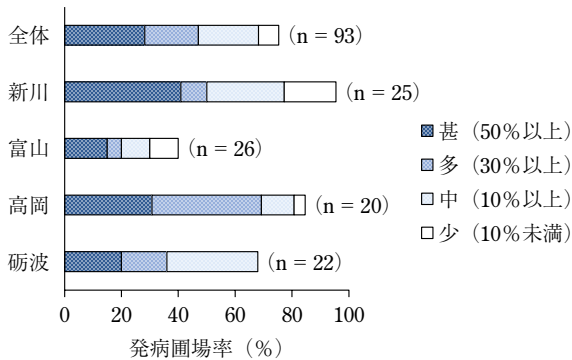


図-1 富山県内、各地域別のダイズ黒根腐病の9月中旬の発生圃場率（三室，2019）

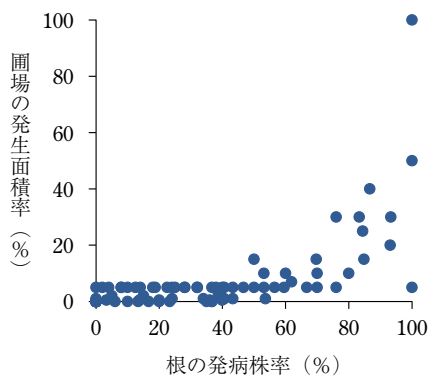


図-2 根の発病株率と圃場の発生面積率の関係（三室，2019）

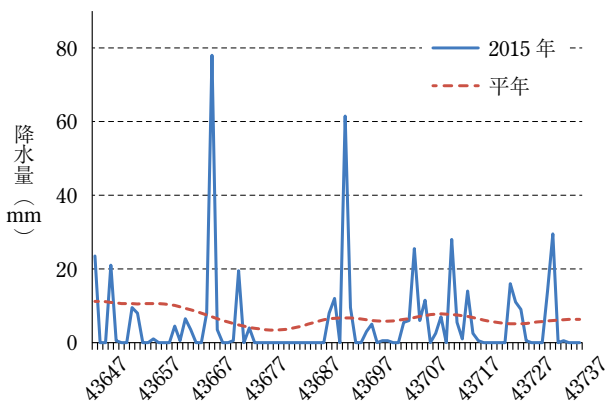


図-3 2015年および平年の7～9月までの降水量（気象庁のデータより作図）

量が平年に比べ多く（対平年比 125%，図-3），このことが，生育後半まで圃場の土壌水分を保持することにつながり，根部が発病することによる早期黄化や枯れ上り等の地上部の症状が緩和されたと考えられたが，生育後半における土壌水分の本病に対する影響について検討は進んでいないため今後の研究課題としたい。

II 発生要因の解析

排水性，過去の水稲作付回数，播種様式，播種日，肥

培管理，培土の回数および畦間灌水の回数・時期等の耕種概要について，圃場ごとにアンケートもしくは聞き取り調査を行い，すべての項目について回答が得られた68圃場について，数量化Ⅰ類による発生要因の解析を実施し，栽培管理などが発病に及ぼす影響を検討した。すなわち目的変数である各圃場の根の発病度に対して，八つの要因（達観観察による圃場の排水性，過去3年間の水稲作付回数，播種様式，播種時期，窒素施肥量，加里施肥量，培土の回数，畦間灌水の回数）を説明変数として偏相関係数（目的変数に対する影響度の目安）を求め，さらに，これら説明変数をカテゴリーごとに分類し，各カテゴリーの発病度に対する影響度をカテゴリースコアとして求めた（カテゴリースコアが正の値のときはその要因が発病に助長的であり，負の値のときは抑制的であるとみなす）（表-2）。

八つの説明変数を元にした数量化Ⅰ類による解析の結果，重相関係数は0.56となり，黒根腐病の発生要因の約32%を説明できる結果となった（表-2）。解析した要因のうち，圃場の排水性，過去3年間の水稲作付回数および培土の回数の偏相関係数が比較的高く，黒根腐病の発生に影響を及ぼす項目として抽出された。

圃場の排水性について，黒田ら（2012）は，本病の発生に強く関与することを指摘しており，さらに明渠施工が発病を抑制することを明らかにしている。播種様式についても，畦立播種は圃場の表面排水対策として有効であることから，本病との関連も強いと予想されたが，偏相関係数は低く，判然としなかった。このほか「水」に関連する項目として畦間灌水の影響についても評価したが，畦間灌水の回数と発病の間で明らかな傾向は認められなかった。一方で，関原ら（2018）は，7月下旬～9月上旬までの間に過度の畦間灌水を実施することにより発病が助長することを明らかにしている。畦間灌水は収量性を維持するために必要な技術であることから，今後は，本病の制御と両立できる土壌湿度管理法を開発する必要があると考える。

過去3年間の水稲作付回数について，本結果からは回数が多くなるに従い発病が抑制される傾向にあった。西ら（1994）は本病に対して最も実用的な防除法は田畑輪換であるとして，ダイズ栽培の間に2～3年水稲を栽培すると本病の発生は大幅に低下することを報告しており，今回の結果が示す傾向とおおむね一致している。一方で，本県は2年水稲作，1年ダイズ作の輪作体系を基本としており，一応，西ら（1994）によって提示された発病が減少する水稲期間をクリアしているが，生産現場では年々，発生が顕在化している。輪作体系のあり方が

本病の発生に大きく関与することは明らかであることから、既存の概念に囚われずに、本病の被害軽減、ダイズの生産力の持続的な維持・向上につながる新たな輪作体系の構築が必要であると考えている。

培土の回数については、発病に対する影響度は高いものの、今回の調査では培土を行った時期までは追跡できなかったこともあり、回数と本病の発生との明確な関係性までは見いだせなかった。一方で、黒田ら（2014）は、培土の回数の増加が発病を助長し、無培土栽培で最も発病が少ないことを報告しており、青木ら（2018）は、3葉期ころの1回培土が慣行の2回培土（3葉期+5葉期）や5葉期ころの1回培土に比べて発病度が高くなる傾向があることや発病に対する培土の影響は品種によって異なることを示唆している。このように、栽培管理法による本病の耕種的な対策の糸口が徐々に明らかになりつつある。

表-2 黒根腐病の発病度に対する各種要因の影響度

要因 ^{a)}	カテゴリーの内容	カテゴリースコア ^{b)}	偏相関係数
圃場の排水性*	1: 良い	-3.67	0.3
	2: 普通	0.5	
	3: 悪い	13.97	
過去3年間の 水稻の 作付回数	1: 1回	13.8	0.31
	2: 2回	0.31	
	3: 3回	-11.01	
播種様式	1: 畦立	1.22	0.14
	2: 平畝	-3.37	
	3: 狭畦	-6.15	
播種時期	1: 5月	4.25	0.23
	2: 6月	-3.78	
施肥量 (窒素)	1: 5 kg/10 a 未満	-2.48	0.2
	2: 5 kg/10 a 以上	5.18	
施肥量 (加里)	1: 3 kg/10 a 未満	8.8	0.22
	2: 3 kg/10 a 以上 ~6 kg/10 a 未満	-2.38	
	3: 6 kg/10 a 以上 ~10 kg/10 a 未満	0.85	
培土の回数*	1: 1回	2.13	0.27
	2: 2回	8.92	
	3: 3回	-2.63	
畦間灌水の 回数	1: 1回	3.04	0.22
	2: 2回	-5.57	
	3: 3回	0.18	

重相関係数: 0.56.

a) 要因に付した*印は、その偏相関係数（要因の影響度）が5%水準で有意であることを表す。

b) カテゴリースコアは各要因の偏回帰係数から算出した。カテゴリースコアの値は正の方向へは助長、負の方向へは抑制を表す。

このほか、発病に対する影響度は低いものの窒素や加里等の土壤栄養項目について、窒素施肥量が5 kg/10 a 以上になる場合や、加里施肥量が3 kg/10 a 未満となる場合に発病が助長される傾向にあった。本県のダイズ圃場における加里について見てみると、栽培時の施肥量が3~4 kg/10 aにとどまり、土壌からの供給量も低下していることが示されている（中田，2015）。そこで本調査結果を元に、県内の96ダイズ圃場から採取した土壌の理化学性と本病の関係性を調査した。特に黒根腐病の発生が多い圃場では、pHが低く、腐植や交換性加里等が少ない傾向にあり、ダイズの望ましい生育環境としての土壤栄養バランスが崩れていることが本病の顕在化に影響していると推察された（三室ら，2017）。本病の被害軽減のため、土壌の酸性矯正や積極的な土づくりに取り組む必要があると考えられた。また、播種日について5月中の播種では発病に助長的となり6月以降の播種では抑制的となった。晩播による発病軽減効果については越智ら（2013）が明らかにしており、発生リスクが高い圃場については6月以降に播種時期を繰り下げる等の対策を講じるが必要と考えられた。

III 黒根腐病に類似した病害の発生

本病の発生実態を調査する過程で、その標徴から黒根腐病であると思われた標本の中に、*C. ilicicola*とは明らかに異なる子囊菌が見いだされた。2015年8月、富山県富山市の栽培圃場（品種：‘エンレイ’）から、黒根腐病と同様に葉に退緑え疽斑を生じる株を採集した（図-4）。罹病株の地際部および根は黒褐色に腐敗し、患部の表面に赤褐色の子のう殻が多数形成されており、肉眼での観察では黒根腐病との識別は困難であった。現在まで



図-4 黒根腐病と類似した病害の発生（三室，2019）

写真は、黒根腐病に類似した葉の病徴（退緑え疽斑症状）を呈するダイズ株を示す。

のところ、これを「黒根腐病類似症」と報告しており（三室ら，2016 b），今後，ダイズの収量・品質に与える影響について調査したいと考えている。

おわりに

以上，富山県下のダイズ圃場における黒根腐病の発生あるいは被害の差異が生じる要因について解析したが，2015 年は地上部での発生が少ない一方で，根部での発病が多く認められ，県内の広範囲にわたって潜在的な被害を受けている実態が明らかとなった。ただし，このような現象は，気象条件等の影響を受けることも予想され，発生様相の年次変動についても詳細な調査が必要と考える。また，圃場の排水性，過去の作付履歴，培土等の耕種項目や管理方法が，どのような場合に発病を助長する，もしくは抑制するかということについて，その糸口が明らかとなってきており，今回の解析から導かれた発病に抑制的に影響する項目については，今後の防除技術の開発にも応用できるものと考えている。

なお，本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発「多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発」」により実施したものである。

謝辞 県内における黒根腐病の発生実態調査は，藤田健司氏，寺崎亮氏，蛭谷朋佳氏，青木浩和氏，上野香織氏，田村美佳氏，沼田史子氏，稲塚仁氏をはじめとする普及組織を中心とした富山県病害虫研究会員の皆様の多大な協力によるものであり，深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 青木由美ら (2018): 日植病報 **84**: 212.
- 2) 黒田智久ら (2014): 北陸病虫研報 **63**: 37.
- 3) ———ら (2012): 同上 **61**: 33.
- 4) ———ら (2010): 日植病報 **76**(3): 207.
- 5) 三室元気 (2019): 土づくりとエコ農業 **51**(6): 26~29.
- 6) ———ら (2017): 日植病報 **83**: 203~204.
- 7) ———ら (2016 a): 北陸病虫研報 **65**: 30.
- 8) ———ら (2011): 同上 **60**: 1~6.
- 9) ———ら (2016 b): 日植病報 **82**: 233.
- 10) 守川俊幸ら (2013 a): 北陸病虫研報 **62**: 19~22.
- 11) ———ら (2013 b): 平成 25 年度農業分野試験研究の成果と普及: 41~42.
- 12) 中田 均 (2015): 平成 26 年度農業分野試験研究の成果と普及: 3~4.
- 13) 西 和文 (2007): 微生物遺伝資源利用マニュアル 21, 13 pp.
- 14) ———ら (1994): 関東東山病虫研報 **41**: 51~54.
- 15) 越智 直ら (2016): 日植病報 **82**: 239.
- 16) ———ら (2013): 北日本病虫研報 **64**: 46~51.
- 17) 関原順子ら (2018): 北陸病虫研報 **67**: 34.

新しく登録された農薬 (2020.8.1~8.31)

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

「殺菌剤」

●フルアジナム水和剤

24414：フロンサイド SKY（石原バイオ）20/8/12

フルアジナム：39.5%

小麦：雪腐小粒菌核病，紅色雪腐病，雪腐大粒菌核病：根雪前

●銅水和剤

24416：キュプロフィックス 40（ユーピーエル）

24417：日曹ムッシュボルドー DF（日本曹達）

20/8/12

塩基性硫酸銅：71.2%

ぶどう：べと病，さび病

かんきつ：幹腐病（ゆず），かいう病，そうか病，黒点病

かんきつ：カタツムリ類，ナメクジ類：発生前～発生初期

小粒核果類（すももを除く）：かいう病：葉芽発芽前まで

すもも：黒斑病，かいう病，ふくろみ病：葉芽発芽前まで

もも：せん孔細菌病，縮葉病：開花前まで

ネクタリン：せん孔細菌病：開花前まで

おうとう：褐色せん孔病：収穫後

マンゴー：軸腐病

キウイフルーツ：かいう病

ばれいしょ：疫病，軟腐病

トマト：疫病

ミニトマト：疫病

きゅうり：斑点細菌病

はくさい：軟腐病

しょうが：白星病

アスパラガス：茎枯病

こんにゃく：腐敗病

茶：赤焼病，炭疽病，もち病：摘採 7 日前まで

(29 ページに続く)

特

集

大豆の多収阻害要因，ダイズ黒根腐病対策技術の開発

長野県におけるダイズ黒根腐病の被害実態調査と防除技術の開発

長野県農業試験場 うち だ えい じ
長野県南信農業試験場 まん た 英 史
 萬 田 等
 ひとし

はじめに

ダイズ黒根腐病（以下，黒根腐病という）は，*Calonectria ilicicola* が引き起こすダイズの土壤伝染性病害である。1968年に千葉県で発生したのが世界で最初の報告である（御園生・深津，1969）。長野県では，1969年に県内で発生した立枯れのダイズ株から *Cylindrocladium* sp.（黒根腐病菌と推測される）が分離されたとの記録があり（長野農試桔梗ヶ原分場成績書，1969），1980年代に入るとダイズ立枯性病害の調査や抵抗性育種に向けた研究が進められた（重盛，1982；1986）。

このように県内では1980年代以降，連作障害の一つとして本病が認識され，主に抵抗性育種による対策が検討されてきた。だが，本県における発生地域や被害実態にはいまだ不明な点が多く，今後のダイズ安定多収生産を目指すうえで被害実態の解明と対策が必要と考えられた。そこで，2015～19年に農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（課題名：多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発）」に参画し，長野県における黒根腐病の被害実態解明と防除技術の開発を目指した。ここでは，当プロジェクトにおいて得られた結果の概要を紹介する。

I 長野県内主要ダイズ産地の黒根腐病発生実態調査（2015～16年）

1 発生実態

2015～16年にかけて，9月中旬～11月上旬（およそ黄葉期～成熟期）に長野県内の主要なダイズ産地14市町村80圃場で黒根腐病の発生有無を調査した。調査は圃場ごとに葉の斑紋や黄化の有無，根の発病の有無で行った。調査の結果，信濃町，木島平村，長野市，白馬村

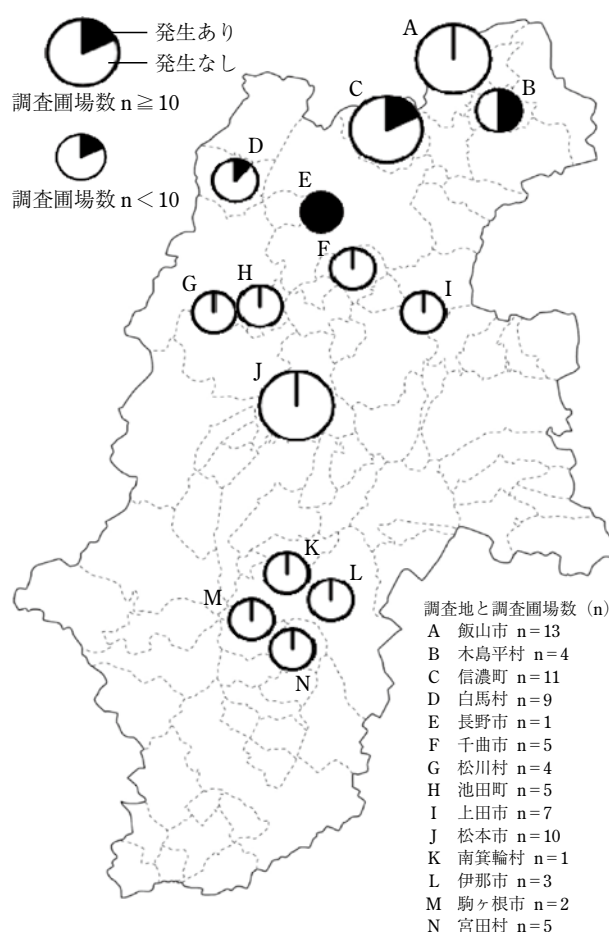


図-1 県内主要ダイズ産地における黒根腐病の発生圃場率（調査年：2015～16年）

で黒根腐病の発生を確認し，県内の発生の多くは北部に集中していた（図-1）。また，発生が確認されたこれらの地域では，長野市（重粘土質土壌，畑ダイズ連作圃場が多い）を除き，発生圃場は少なく，明瞭な病徴は圃場内の一部，例えば排水不良で土壌が過湿状態となった箇所にも集中している傾向が見られた。

2 地下部被害度と収量・品質の関係

県内の本病による被害実態が不明であったため，以下の2通りの調査により被害の程度を比較した。

Survey of Damage Due to Soybean Red Crown Rot Caused by *Calonectria ilicicola* in Nagano Prefecture and Development of Control Technology. By Eiji UCHIDA and Hitoshi MANTA
(キーワード：ダイズ黒根腐病，土壤伝染性病害)

(1) 同一圃場内の調査地点ごとの比較

2015年10月上旬(黄葉期)に信濃町2圃場と木島平村2圃場で圃場内3~5地点から計30~50株を抜き取り、地下部の発病を程度別に分けて、次式より発病度を求めた。さらに、10月下旬(成熟期)に各圃場内5地点で1.5m×3条の株を抜き取り、地下部発病程度別の株数を調べるとともに、乾燥調製後に子実の収量・品質を調査した。

発病度 = $\Sigma(\text{程度別発病指数} \times \text{株数}) \times 100 / (\text{全調査株数} \times 3)$

発病指数 0: 健全, 1: 主根の表皮の1/2未満が黒変化している。細根の減少が見られる。2: 主根の黒変化が著しい(表皮の1/2以上)。細根および側根がかなり減少している。3: 側根が崩壊し主根の腐朽が著しい。

その結果、信濃町1圃場と木島平村2圃場で本病の発生があり、これら3圃場では地下部発病度が高い地点ほど収量が減少する傾向が見られた(図-2)。

2016年、信濃町、木島平村、長野市、白馬村の本病

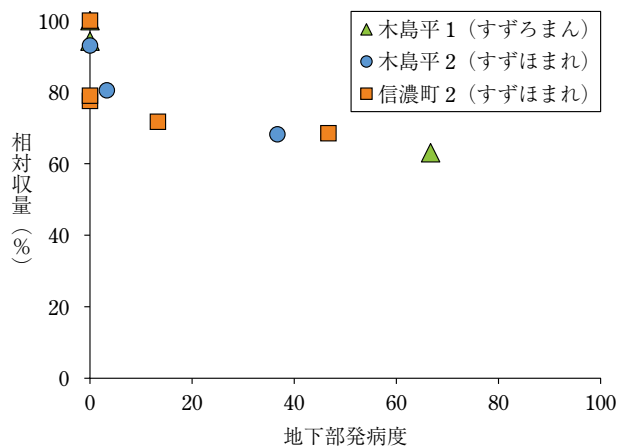


図-2 地下部発病度と相対収量 (2015年)

相対収量: 同一圃場内で最も収量の高い調査地点を100とした場合の相対値。

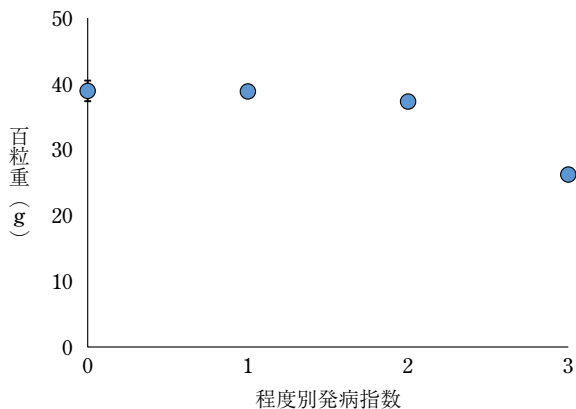


図-4 地下部発病度と百粒重 (2015年, 須坂市)

発病程度別株数 0: 9株, 1: 32株, 2: 76株, 3: 91株。
発病指数は文中と同じ, エラーバーは標準誤差を示す。

の発生を確認した4圃場で2015年と同様の調査地点ごとの調査を実施したところ、本病がダイズ子実の収量・品質に与える影響は判然としなかった(データ省略)。

(2) 同一圃場内の株ごとの比較

2015年、農業試験場内(須坂市)で本病の多発圃場が確認されたことから、11月10日(成熟期)に地下部の発病程度が異なる208株を抜き取り、株ごとに地下部発病程度と子実の収量・品質を調査した。その結果、発病指数が高い株ほど株当たり子実重および百粒重が減少し、しわ粒が増加した(図-3~5)。

II 各種資材の黒根腐病発生抑制効果の検討 (2016~18年)

1 既登録農薬(種子処理剤および散布剤)の防除効果の検討 (2016~18年)

2016~18年、信濃町、木島平村、長野市の黒根腐病発生圃場で本病に対するチアメトキサム・フルジオキシ

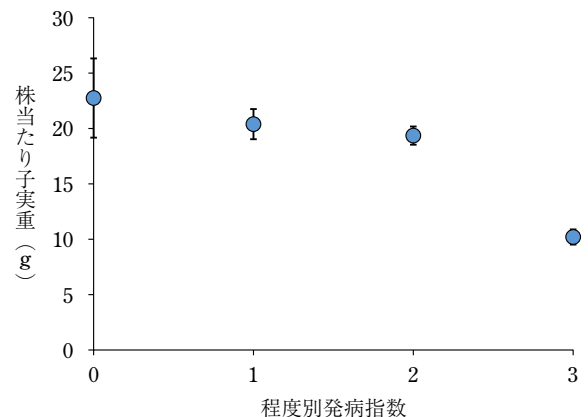


図-3 地下部発病度と株当たり子実重 (2015年, 須坂市)

発病程度別株数 0: 9株, 1: 32株, 2: 76株, 3: 91株。
発病指数は文中と同じ, エラーバーは標準誤差を示す。

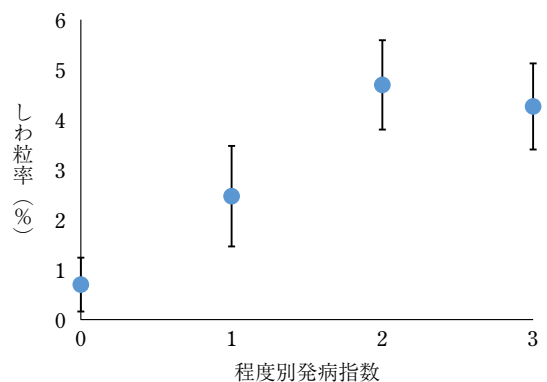


図-5 地下部発病度としわ粒率 (2015年, 須坂市)

発病程度別株数 0: 9株, 1: 32株, 2: 76株, 3: 91株。
発病指数は文中と同じ, エラーバーは標準誤差を示す。

ニル・メタラキシル M 水和剤（種子処理剤）およびテブコナゾール水和剤（散布剤）の防除効果を検討した。その結果、両剤とも単独の処理では黄葉期まで効果が持続せず（表-1）、両剤を併用した場合でも黄葉期調査時の防除価は 30～50 程度と効果は高くなかった（表-2）。なお、テブコナゾール水和剤処理区で倒伏（薬害）が生じた。防除効果が上がらなかった要因は、試験圃場の多くが排水不良で、排水対策が十分ではなかったことによると推察される。

2 石灰窒素および稲わら分解促進資材による被害軽減効果の検討（2016～17 年）

本病原菌の土壤中での生存の主体である微小菌核は、根の皮層部に多量に形成される（西，2007）。そこで、罹病したダイズ残渣の腐熟を促進させることで微小菌核量を早期に低減できないか検討した。なお、石灰窒素は腐熟促進効果と殺菌効果（斉藤ら，1983）を狙った試験設計にした。

石灰窒素（粒状）を、2015 年 12 月上旬（前作ダイズ収穫後）に 20 kg/10 a、同 40 kg/10 a、2016 年 5 月上旬

（播種 5 週間前）に 20 kg/10 a 処理し、10 月上旬に発病を調査したところ、いずれの処理も黒根腐病の軽減効果は認められなかった（データ省略）。そこで、2017 年は、石灰窒素（80 kg/10 a、播種 12 日前処理）に加えて稲わら分解促進資材として販売されている土壌改良資材 5 種類（それぞれ 80 kg/10 a を播種直前に処理）を検討したが、いずれも本病軽減効果は認められなかった（データ省略）。効果が認められなかった要因は明らかではないが、長野県内では、ダイズ収穫後～翌春までの期間は地温が低く、これらの施用による残渣の腐熟が進まなかったと考えられた。また、木質化したダイズ地下部に対し、土壌改良資材による腐熟促進効果が低かった可能性が考えられた。

III 圃場の黒根腐病発病リスク判定方法の検討（2015～19 年）

1 本病発生圃場の土壌からの菌分離

2015 年、土壌中の黒根腐病菌を検出するための選択培地である YLS 培地（越智ら，2014）の有効性を検討

表-1 黒根腐病に対する各種薬剤の防除効果（2016 年，長野市）

供試薬剤	処理方法	調査株数 (本)	程度別発病株 (本)				発病株率 (%)	発病度	防除価
			3	2	1	0			
テブコナゾール水和剤	200 倍液 100 l/10 a 出芽 4 週間後 株元散布	115	16	24	10	65	43.5	30.7	48.4
チアメトキサム・フルジオキシニル・ メタラキシル M 水和剤	8 ml/乾燥種子 1 kg 播種前 塗沫処理	115	39	12	9	55	52.2	43.5	26.9
無処理		117	48	21	23	25	78.6	59.5	

耕種概要：品種‘ナカセンナリ’，播種 6 月 8 日，培土 7 月 20 日。
試験区：1 区 24 m²（畝間 0.8 × 5 条 × 6 m，株間 20 cm，2 粒播き）4 連制。
処理方法：表中のとおり。テブコナゾール水和剤を 7 月 22 日に処理した。
黄葉期調査：10 月 5 日に各区 27～32 本を発病程度別に調査した。

表-2 黒根腐病に対する各種薬剤の防除効果（2017 年，木島平村）

薬剤処理		発病調査（10 月 3 日）			
種子粉衣	散布剤	調査株数	発病株率 (%)	発病度	防除価
あり	2 回	50	59.0	33.7	46.0
あり	1 回	50	64.0	40.3	35.4
あり	なし	50	87.0	61.0	2.2
なし	2 回	50	69.3	45.5	27.1
なし	1 回	50	81.3	48.5	22.3
なし	なし	50	84.7	62.4	

耕種概要：品種‘すずはまれ’，播種 6 月 5 日，培土 7 月 9 日。
試験区：1 区 35.5 m²（条間 0.71 × 2 条 × 25 m）3 連制。
処理方法：表-1 と同じ。テブコナゾール水和剤を 7 月 12 日および 8 月 12 日に処理した。
発病調査：10 月 3 日に各区 50 株を発病程度別に調査した。防除価の算出方法は表-1 と同じ。

した。YLS 培地を用いた黒根腐病菌の検出では、土壌 1 g 中の菌量を調査した。黄葉期～成熟期に本病の発生が認められた長野市、信濃町、木島平村、須坂市の圃場の土壌を採集し YLS 培地を用いて菌分離を試みたところ、黒根腐病発生地点の土壌から分離されたコロニー数は多かった（図-6、表-3）。

2 土壌中の菌量と発病との関連性

2019 年、あらかじめ黒根腐病の発生が確認されている圃場で、YLS 培地を用いた菌検出およびリアルタイム

PCR を用いた菌検出（越智，2014）と圃場の発病程度の間に関連性があるかを検討した。

（1）試験方法

長野市、信濃町、木島平村、新潟県上越市および富山県富山市の黒根腐病発生程度の異なる圃場から土壌を採集した。リアルタイム PCR による検出では、DNA を抽出し、黒根腐病菌特異的プライマーを用いて黒根腐病菌を定量した。なお、DNA 抽出効率の補正には糸状菌共通プライマーを用い、 $\Delta\Delta Ct$ 法により菌量を計算した。

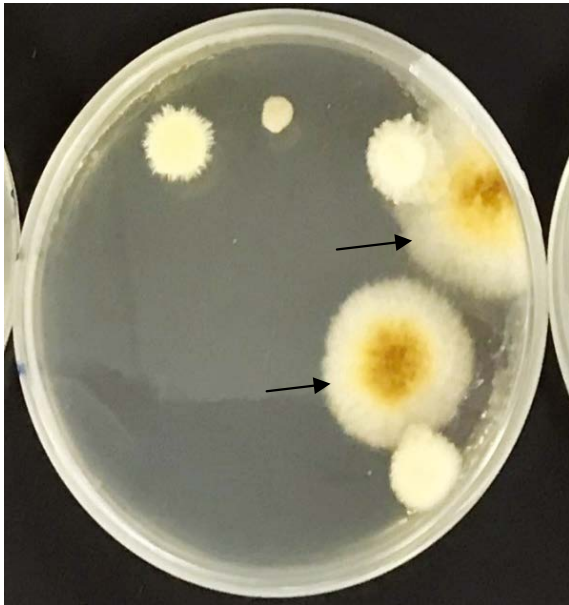


図-6 YLS 培地上の黒根腐病菌のコロニー
矢印は分離されたコロニーを示す。

表-3 土壌からの黒根腐病菌分離結果（2015 年）

圃場	採取地点 ¹⁾	検出 コロニー数 ²⁾	発病度 ³⁾ (黄葉期調査)
長野市	圃場全体	33.3	14.9
信濃町 1	発生地点	45.0	46.7
	未発生地点	0.0	0.0
信濃町 3	圃場全体	0.0	0.0
木島平村 1	発生地点	40.0	66.7
	圃場全体	3.3	22.2
木島平村 2	発生地点	95.0	36.7
	圃場全体	10.0	13.3
須坂市	圃場全体	33.3	33.4

¹⁾ 圃場全体は圃場内 5 地点からそれぞれ 100 g 程度を採取し混和、発生地点は黄葉期に発病が見られた地点の土壌を採取した。

²⁾ 土壌 1 g（生重量）から分離したコロニー数、分離方法は越智（2014）の方法に従った。

³⁾ 圃場全体の発病度は 5 地点の調査の平均値を表す。

表-4 各地でサンプリングされた土壌から検出された黒根腐菌のコロニー数とリアルタイム PCR の結果

サンプリング地点	サンプリング 時期	発生程度（＊1）	YLS 培地上の コロニー数	RQ（＊2）
1 長野県長野市	2019 年 8 月	少発生	0	1.00
2 長野県信濃町	2019 年 9 月	少発生	5	1.50
3 長野県木島平村	2019 年 9 月	少発生	0	0.00
4 新潟県上越市 B 圃場（播種後）	2019 年 10 月	多発生（株元）	56	95.01
5 新潟県上越市 A 圃場（播種前）	2019 年 5 月	多発生（昨年）	3	0.93
6 新潟県上越市 A 圃場 a 地点（播種後）	2019 年 10 月	多発生	9	11.57
7 新潟県上越市 A 圃場 b 地点（播種後）	2019 年 10 月	中発生	4	5.18
8 新潟県上越市 A 圃場 c 地点（播種後）	2019 年 10 月	少発生	10	6.56
9 新潟県上越市 C 圃場（播種後）	2019 年 10 月	中発生	0	0.03
10 富山県富山市 農研圃場 A 地点（播種前）	2019 年 6 月	少発生	0	0.01
11 富山県富山市 農研圃場 B 地点（播種後）	2019 年 6 月	多発生	5	15.89

＊1：極少，少発生；発病株率 10% 以下 中発生；発病株率 10～50% 多発生；発病株率 50% 以上。

＊2：Relative Quantification 相対定量値。

＊3：サンプル 5～8 は同一圃場内でサンプリング。

発病程度は、長野県内のサンプルについては11月の収穫時に調査を行い、新潟県、富山県から提供されたサンプルについては聞き取り調査により情報を収集した。

(2) 結果

YLS培地でのコロニーの検出数およびリアルタイムPCRでの数値と発病程度の間に相関が見られた(表-4)。長野市(発病度極少)の黒根腐病のリアルタイムPCRでのRQ値の菌量を1とした場合5以上の菌量では黒根腐病の発生が高くなる傾向が見られた。

(3) 残された課題

2019年の結果から、前年度の発病程度や菌量のデータをより多く集める必要があると考えられる。越智(2014)の研究でも栽培初期の菌量の計測のみでその圃場の黒根腐病の発生リスクを推測することは困難であると述べている。よって、今回の試験結果では発生リスク予測システム開発の端緒に過ぎず前述の通り前年度のデータに加え、圃場数や作付け前後のデータをより多く分析していく必要があると考えられる。

おわりに

現在、長野県内では黒根腐病を対象とした防除はほと

んど行われていないが、長期的な気候変動などにより防除対象となる可能性はあるため発生状況については継続して注視していく必要がある。また、生産者には湿害による被害と混同され本病が正しく認識されていない場合も多い。圃場ごとの発生有無を把握し、発生が多い圃場では排水対策や連作回避等の対策を進めていく必要がある。

謝辞 なお、本研究にあたりサンプルをご提供いただきました富山県農林水産総合技術センター、農研機構 中央農業研究センター(北陸研究拠点)のご担当者様には厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 御園生 尹・深津量栄(1969):日植病報 **35**:107.
- 2) 長野農試桔梗ヶ原分場(1969):長野農試桔梗ヶ原分場成績書:131~137.
- 3) 西 和文(2007):微生物遺伝資源利用マニュアル(21):1~13.
- 4) 越智 直ら(2014):植物防疫 **68**:84~87.
- 5) ———(2014):北海道大学博士論文:1~95.
- 6) 齊藤雅典(1983):東北農研研究報告 **33**:105~106.
- 7) 重盛 勲(1982):日植病報 **48**:353~354.
- 8) ———(1986):長野中信農試報告 **4**:24~30.

新しく登録された農薬24ページからの続き)

●シモキサニル・マンゼブ水和剤

24419:カビナイス PZ 水和剤(ホクサン) 20/8/26

シモキサニル:12.0%

マンゼブ:65.0%

ばれいしょ:疫病:収穫7日前まで

トマト:疫病:収穫前日まで

きゅうり:べと病:収穫前日まで

すいか:褐色腐敗病, つる枯病:収穫7日前まで

メロン:べと病:収穫7日前まで

はくさい:べと病:収穫30日前まで

たまねぎ:べと病:収穫3日前まで

たまねぎ:白色疫病:収穫3日前まで

らっきょう:白色疫病:収穫30日前まで

だいず:べと病:収穫45日前まで

ぶどう:べと病:収穫45日前まで

「除草剤」

●ジフルフェニカン・ピロキサスルホン水和剤

24415:キタシーブフロアブル(クミアイ化学) 20/8/12

ジフルフェニカンル:7.4%

ピロキサスルホン:7.4%

小麦:一年生雑草

●プロマシル・DCMU・MCP 粒剤

24418:ネコソギ LIFELEX 粒剤(ユニカスパートナース)

20/8/26

プロマシル:2.5%

DCMU:1.0%

MCP:1.0%

樹木等:一年生雑草, 多年生雑草

研究 報告

野菜・花き類を加害するヤガ科害虫 4 種の 性フェロモントラップによる誘殺消長

—奈良県の発生予察定点圃場データの解析—

奈良県病害虫防除所 いむら たけお やまぐち たかひろ
井村 岳男・山口 貴大

はじめに

農林水産省の農作物病害虫発生予察事業は 1941 年に始まった。発生予察調査のために全国の都道府県に設置されている病害虫防除所では、農作物の病害虫に関する月別あるいは旬別の発生量を調査した膨大なデータを収集しており、特に定点に設置された誘引トラップによる害虫の発生消長データは、個体群生態学的な観点から貴重な長期データであると指摘されている (YAMANAKA et al., 2012)。しかし、発生予察事業は単年度でその都度完結する行政事業であるため、多くの場合は、病害虫防除所事業年報などに単年度データを記載した後は、解析の機会もなく書庫内に埋もれている、あるいは保存年限を超過して処分、散逸してしまっているのが現状であろう。

奈良県病害虫防除所では、所内の発生予察定点圃場において、1990 年代中ごろより性フェロモントラップによる各種害虫の誘殺消長調査を継続している。しかし、2016 年 9 月に病害虫防除所は移転し、これに伴って発生予察定点圃場も移転した。そこで、旧定点圃場での調査終了を受けて、これまでの性フェロモントラップデータの記録を整理し、且つ今後の発生予察調査担当者に引き継ぐ際の参考とするため、誘殺量の安定していた 4 種ヤガ科害虫について簡単な解析を行い、その傾向を報告した (井村ら, 2020 a ; 2020 b ; 山口ら, 2020 a ; 2020 b)。本稿では、今後の発生予察調査に資することを目的として、前記の報告内容について解説する。

I 調査内容

今回の解析対象としたデータはハスモンヨトウ (1995～2015 年)、ヨトウガ (1998～2015 年)、オオタバコガ (1999～2015 年) およびシロイチモジヨトウ (1996～

2015 年) の 4 種である。調査期間は年によって異なるが、5～10 月または 11 月にトラップを設置し、ハスモンヨトウはファネルトラップ、その他は SE トラップを使用した。

1 誘殺消長

4 種害虫それぞれについて、半旬ごとに積算した誘殺数から誘殺消長を見た。すべてのデータを示すと膨大になるので、今回はいくつかの典型的なパターンを示した年のグラフのみ抜粋した。すべての年の調査データについては、先述の報告 (井村ら, 2020 a ; 2020 b ; 山口ら, 2020 a ; 2020 b) を参照されたい。

ヨトウガは国内で生活環を完結できる種であり、冬期と夏期に蛹で休眠する (但し、北海道では夏眠しない)。成虫の誘殺消長は、春と秋の 2 回発生を基本として、時折夏にも小さいピークがあることが知られている (柿崎, 2010)。今回の誘殺データもこれと同様であった (図-1)。ただし、調査開始が 5 月であり、年によっては春のピークがもう少し早かった可能性がある。また、年を追ってピーク時の誘殺数が増加していく傾向が見られた。

オオタバコガは、1994 年に西日本各地で突発的に多発して以降、野菜類、花き類の重要害虫となっている。長距離移動することが知られているが、国内における移動の実態は未知である。蛹での露地越冬も可能であり、国内で生活環を完結できる (栗原, 2010)。誘殺消長を見ると、年によってピークが明瞭な場合と不明瞭な場合があり、発生量が少ない 2008 年と 2010 年には世代経過に対応していると思われる 1 か月間隔のピークが明瞭であるが、発生量が多い 2004 年、2007 年、および 2013 年には増減が小刻みでピークが不明瞭になる傾向があった (図-2)。特に本種の秋以降のピークが不明瞭になる原因として、砂池ら (2012) は、本種が長距離移動することから、他地域からの飛来侵入の可能性を指摘している。このようなことから、オオタバコガは、少発年には地域内での越冬個体に由来する個体群の世代経過を反映した誘殺消長を示すが、多発年には他地域からの断続的な飛来によって発生量が増加するとともに、ピークが不明瞭

Seasonal Occurrences of Four Noctuid Species Damaging Vegetables and Flowers from Sex-Pheromone Trap Data at a Fixed Point of the Pest Forecast Investigation. By Takeo IMURA and Takahiro YAMAGUCHI

(キーワード: ハスモンヨトウ, オオタバコガ, シロイチモジヨトウ, ヨトウガ, 発生消長, 年次間変動)

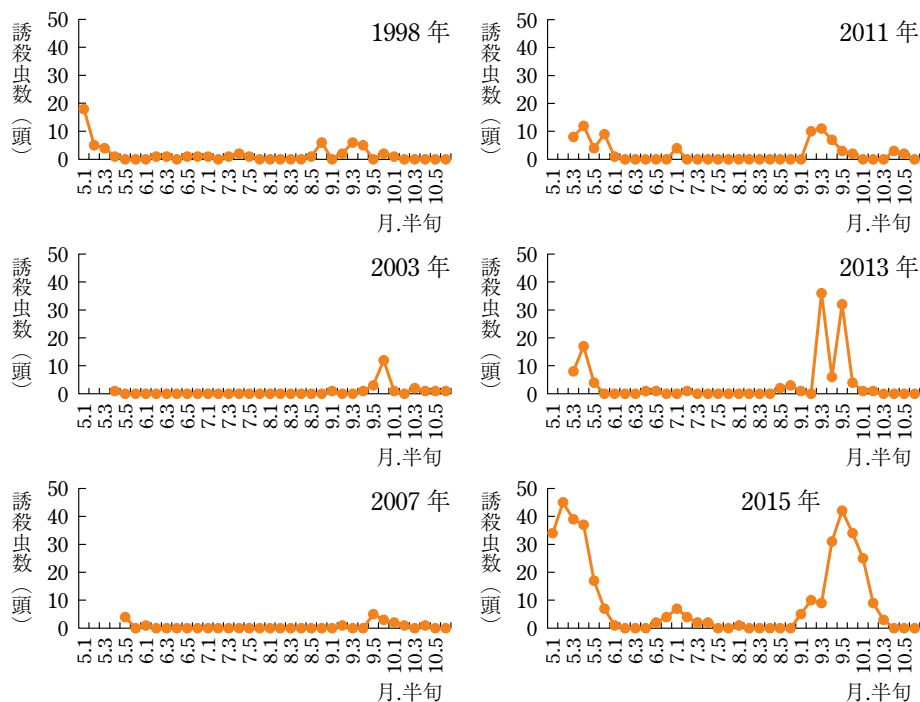


図-1 性フェロモントラップによるヨトウガの誘殺消長（奈良県橿原市）

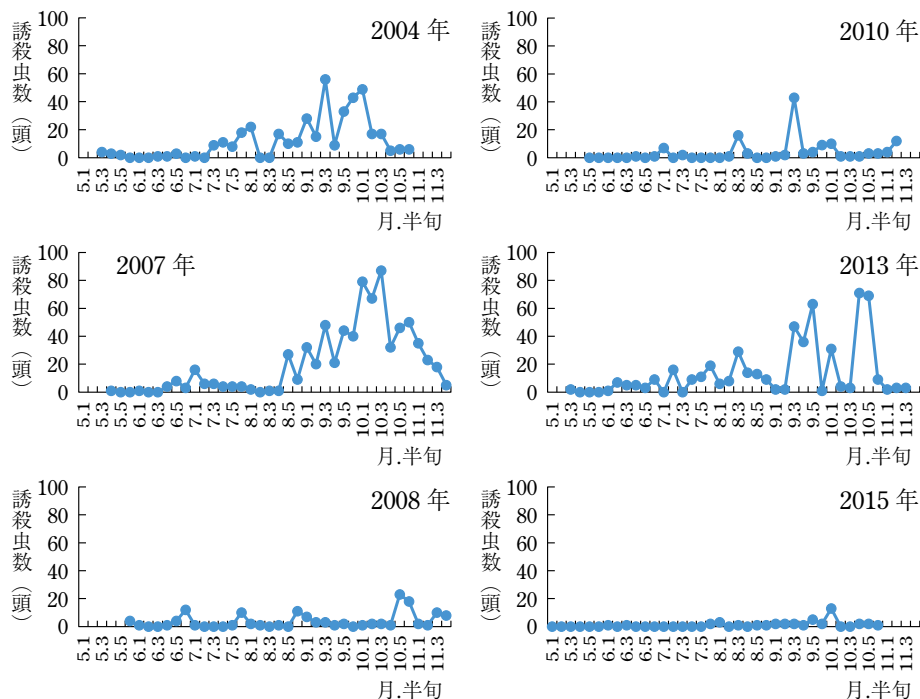


図-2 性フェロモントラップによるオオタバコガの誘殺消長（奈良県橿原市）

になるのかもしれない。いずれにせよ、オオタバコガは多発年ほど防除適期の予測が難しいことが示唆される。

休眠性を持たないハスモンヨトウは露地での越冬が困難なことから（松浦・内藤，1991），一般には，梅雨前線や台風によって海外から飛来侵入していると考えられている（MURATA et al., 1998；井藤ら，2007）。誘殺消長

は年によって異なるが，いずれも調査期間の後半から誘殺量が急増するパターンを示し，誘殺ピークも明瞭でないことから，梅雨期から台風シーズンの断続的な飛来侵入を支持するデータであったと言える（図-3）。

シロイチモジヨトウは休眠性を持たないが，オオタバコガと同様に国内での露地越冬も可能であり（柴尾，

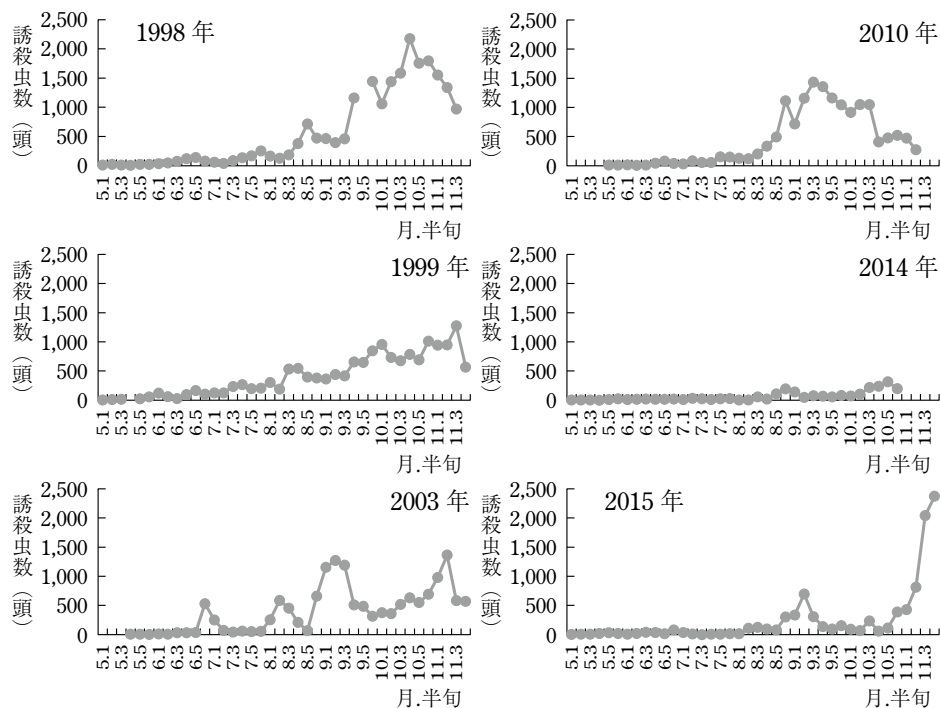


図-3 性フェロモントラップによるハスモンヨトウの誘殺消長（奈良県橿原市）

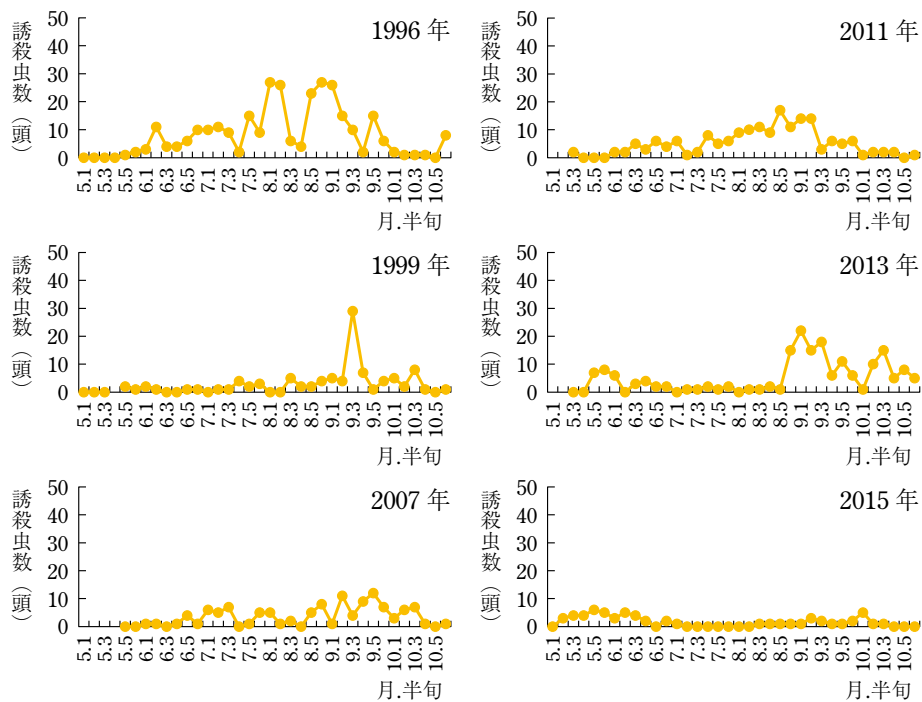


図-4 性フェロモントラップによるシロイチモジヨトウの誘殺消長（奈良県橿原市）

2010), 長距離移動することも知られている (Fu et al., 2017)。年によって誘殺の量, ピークの時期, 間隔は様々であり, 先述の3種と比べると最も誘殺パターンが不明瞭であった (図-4)。ただし, 最も大きい誘殺ピークは8~9月に認められることから, この時期が本種の発生を警戒すべき時期と考えられる。本種の不規則な発生パ

ーンの原因が, 長距離移動に起因するのかどうかは不明であるが, 2017年以降に西日本の広域でジアミド抵抗性個体群が問題化している (岡本, 2018) ことから, 海外からの飛来侵入が起こっている可能性は否定できない。

以上の4種の誘殺消長を比較すると, 種によってそのパターンは異なるが, 長距離移動が確認されている3種

はいずれもピークが不明瞭で発生予測が困難になりがちであった。これら 3 種については、今後、ウンカ類のように想定飛来源からの気流を解析することで、予察精度を高められる可能性がある。

2 年次間変動

ついで、発生量の年次間変動を見るために、4 種それぞれについて、各調査年の 5～10 月の誘殺数から半旬当たりの平均値を年次間で比較したところ、その増減パターンは種によって異なった（図-5～8）。近年、地球温暖化にともなう越冬量の増加や発育促進による世代数の増加を反映した害虫発生量の増加が懸念されているが、今回のデータを見る限り、そのような気候変動の影響とおぼしき種の壁を越えた傾向は見いだせなかった。ただしこの点については、もっと長いスパンでの解析が必要であろう。

ヨトウガについては、2006 年以降に誘殺数が急増する傾向が見られた（図-5）。年平均気温と誘殺量の間には有意な相関は認められなかった。また、本種は殺虫剤感受性が高く、生産現場の農作物での発生量が年を追って急増しているということもないので、この誘殺量急増の原因は不明である。このような現象の原因を解明するためには、本県だけではなく、周辺の他府県も含めた広域での誘殺データを解析する必要があると痛感する。

オオタバコガについては、多発年と少発年が比較的明瞭に区分され、少発年の誘殺数は比較的安定しているが、多発年であった 2002 年、2004 年、2007 年、2013

年に突発的に増加している（図-6）。これについても、年平均気温との有意な相関は見られなかった。本種の長距離移動性を考慮すると、台風の通過のような偶発的な要因が関与している可能性があるが、本種は想定飛来源が判明していないため、これ以上の解析はできなかった。

ハスモンヨトウは、全国的に多発した 1998 年以降、6 年周期での増減を繰り返した。また、年平均気温との相関を検討したところ、有意な正の相関が認められた（ $r = 0.70$, $p < 0.005$ ）。山口ら（2001）は、鹿児島県において 1985～98 年の誘殺量と年平均気温の相関を解析し、今回と同程度の相関があることを見だし、暖冬による越冬量増加と高温による世代数増加の影響であると考察している。しかし、本種は奈良県内では露地越冬できず、施設内での冬期発生もほとんど見られないこと、梅雨前線や台風等の偶発的要因による飛来の影響が大きいと考えられることから、気温と誘殺量の直接的な因果関係は考えにくい。これがたまたま偶然観察された偽の相関であるのか、何らかの間接的な因果関係があるのかは、さらに解析が必要であり、他府県を含めた広域的な解析が必要と考えられる。なお、奈良地方気象台に問い合わせたところ、我が国の年平均気温において、6 年周期という短期的な変動は知られておらず、今回の調査期間に観察された周期性は偶発的なものであろうとのコメントであった。

シロイチモジヨトウについては、1996 年と 2002 年に多発し、この両年の多発は大阪府のデータ（柴尾 2010）

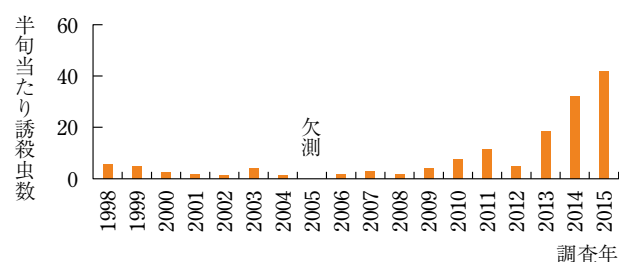


図-5 性フェロモントラップによるヨトウガ誘殺量の年次変動（奈良県橿原市）

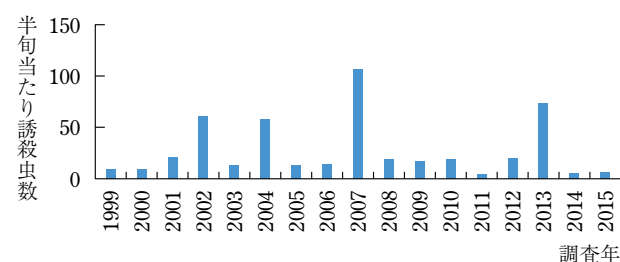


図-6 性フェロモントラップによるオオタバコガ誘殺量の年次変動（奈良県橿原市）

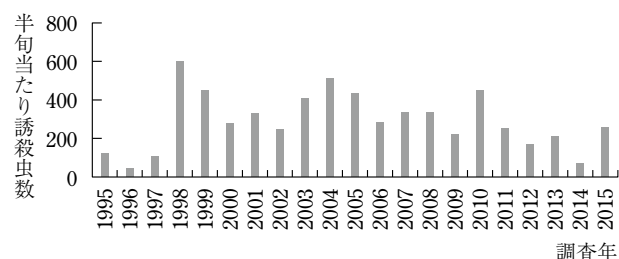


図-7 性フェロモントラップによるハスモンヨトウ誘殺量の年次変動（奈良県橿原市）

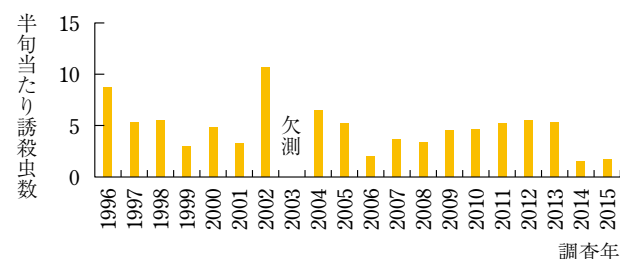


図-8 性フェロモントラップによるシロイチモジヨトウ誘殺量の年次変動（奈良県橿原市）

とも一致していた。2007年以降は年を追って緩やかに増加する傾向が見られたが、オオタバコガのような突発的な多発は見られず、この間に本種の被害が全国的に沈静化したことを支持する結果であった。また、2014年以降に急減したのは、チョウ目害虫に卓効のあるジアミド系殺虫剤が上市されたことと関係があるのかもしれない。なお、2017年以降のジアミド抵抗性個体群発生以降は、本県を含む西日本各地で誘殺量と被害が急増しているのは周知の通りである。

おわりに

以上の結果をまとめると、国内で生活環を完結していると考えられるヨトウガについては、誘殺消長は世代経過のみで説明でき、発生時期の予測は比較的容易であろうと考えられた。これに対し、長距離移動性が知られている3種については、種ごとの増加時期におおまかな季節性はあるものの、世代経過に基づく防除適期の予測は極めて困難であり、性フェロモントラップを用いたきめ細かいモニタリングと情報提供が必要である。また、年次間変動に関しては、ヨトウガやハスモンヨトウには一定のパターンが見られたが、オオタバコガとシロイチモジヨトウは偶発的な要因による突発的な多発があると考えられた。そして、4種のいずれも年次間変動を規定する要因は明らかではない。特にヨトウガについては、中国北部で40~60 kmもの移動を行っているとの報告もあり (Wu et al., 2015)、今回観察された年次間変動のパ

ターンと何らかの関連があるのかもしれない。今後これらの要因を解析して、的確な発生予測を行うためには、複数の都道府県が連携した広域的な解析を行うとともに、長距離移動が疑われる3種については、周辺国も含めた飛来源の推定と移動実態の解明が不可欠であると考えられる。現在、これらに加えてツマジロクサヨトウが日本の長距離移動性害虫に名を連ねることとなり、国が主導となって広域的な取組も行われている。既に国内で多くの被害を出している今回解析した3種も加えて、長距離移動性ヤガ科害虫を「迎撃」するための広域的なモニタリング体制の整備と、これを支えるための移動実態解明等の基礎研究が必要であると考えられる。

引用文献

- 1) Fu, X. et al. (2017): PLoS ONE (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183582>).
- 2) 井村岳男ら (2020 a): 奈良農研セ研報 51: 57~60.
- 3) ———ら (2020 b): 同上 51: 68~71.
- 4) 井藤麻未ら (2007): South Pacific Studies 27(2): 73~82.
- 5) 柿崎昌志 (2010): 植物防疫特別増刊号 13: 50~52.
- 6) 栗原 潤 (2010): 同上 13: 53~57.
- 7) 松浦博一・内藤 篤 (1991): 応動昆 35: 45~48.
- 8) MURATA, M. et al. (1998): Appl. Entomol. Zool. 33: 419~427.
- 9) 岡本 崇 (2018): 関西病虫研報 60: 149~151.
- 10) 柴尾 学 (2010): 植物防疫特別増刊号 13: 45~49.
- 11) 砂池利浩ら (2012): 関西病虫研報 54: 89~92.
- 12) Wu, X. et al. (2015): PLoS ONE (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132904>).
- 13) 山口貴大ら (2020 a): 奈良農研セ研報 51: 61~63.
- 14) ———ら (2020 b): 同上 51: 64~67.
- 15) 山口卓宏ら (2001): 応動昆 45: 1~7.
- 16) YAMANAKA, T. et al. (2012): Am. Nat. 179: 95~109.



我が国の植物防疫における血清学的診断法の需要に関する調査

沖縄県病害虫防除技術センター 眞 境 名 元 次*

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター とみ 富 たか 高 やす 保 ひろ 弘

はじめに

植物の病害の診断同定は病原体の種を明らかにすることによって、その伝染環や病原性に基づいた防除対策が実施できるために重要である。これまでに開発されてきた病害の診断手法は、生物学的診断法、血清学的診断法および分子生物学的診断法に大別され、利用場面に応じて使い分けられている（久能ら，1998；難波，2008）。生物学的診断法は病害と疑われた植物を同種の健全植物や判別宿主と呼ばれる植物種に接種し、それら植物の症状を観察して種を推定する方法である。血清学的診断は病原体の表面などのタンパク質等を抗原として家兎やマウス等に免疫して得られた抗血清あるいは抗体を用いて、抗原抗体反応で病原体を検出する手法である。分子生物学的診断法は病原体由来の RNA や DNA を逆転写—ポリメラーゼ連鎖反応（RT-PCR）やポリメラーゼ連鎖反応（PCR）で検出する手法である。

それらの診断法のうち血清学的診断法は 1970 年代に確立され、今日に至るまで広く利用されている。その理由としては、本法は簡便かつ迅速な診断が可能であるためであり、都道府県の公設試験場などにおいて、生産現場で発生した病原体の診断に今でも広く利用されている。抗原・抗体反応を利用した診断法のうち、一般的に利用されている方法としては enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) 法、Rapid immunofilter paper assay (RIPA) 法および Dot immuno-binding assay (DIBA) 法がある。Double antibody sandwich ELISA (DAS-ELISA) 法は、ウイルス抗原に対して特異的な抗体をプレートに吸着させ、ウイルス抗原（感染葉の摩砕汁液）、酵素標識抗体を順に反応させ、最後に発色させる方法である（CLARK and ADAMS, 1977）。一方、RIPA 法はサンプルをバッファ

ーで摩砕し、その液に検査紙の先端を浸漬して液を展開させて特定の位置にバンドが確認できれば陽性反応として判断され、診断に要する時間はおよそ 15 分以内である（TSUDA et al., 1992；大崎，2012）。このように本法は、簡便かつ迅速に診断できることから生産現場において最も適している診断手法の一つとなっている。DIBA 法はウイルス抗原（感染植物の摩砕汁液）をニトロセルロース膜やろ紙に吸着させ、ウイルス抗原に対して特異的な抗体、酵素標識抗体を順に反応させたのち、基質を加えて発色の有無で検定する方法である（櫛間義幸，2017；KUBOTA and TOMITAKA, 2019）。

近年、RT-PCR 法や PCR 法等の遺伝子診断技術の開発も飛躍的に進み、一度の操作で複数の病原体を検出する手法が開発されているが（UGA and TSUDA, 2005；KUWABARA et al., 2010）、上述のような血清診断法は農業生産現場で実施できることから、現在でも需要が大きい。一方、それら血清学的診断法に使用するための試薬やキットは、国内外の企業などから上市されているが、検定できる病原体の種類が限られている。また、現在国内において流行している病害に対する血清学的診断法がない場合も認められる。実際に、筆者らは RIPA 法などの血清学的診断法をよく利用しているが、必要な抗体（抗血清）の入手に苦労している。例えば 1982 年に沖縄県のスイカで初めて報告され、最近では本州地域でも発生が報告されてきているスイカ灰白色斑紋ウイルス（watermelon silver mottle orthotospovirus, WSMoV）については、血清学的診断法の確立の要望が大きいもののいまだ開発に至っていない。このような場合、沖縄県病害虫防除所などが独自に WSMoV に対する抗体（抗血清）の作製することも想定されるが、コストなどの観点から県単独では困難である。このような背景のもと、我が国における血清学的診断法の確立が求められている病原体や手法に関する情報を得ることを目的として、都道府県の公設試験場における血清学的診断法のニーズに関するアンケート調査を実施したので、その結果を報告する。

Survey on the Usage of Serological Diagnoses for Plant Protection in Japan. By Motoji MAJIKINA and Yasuhiro TOMITAKA

（キーワード：ウイルス，血清学的診断）

*現所属：沖縄県糖業農産課

本文に先立ち、ご多忙の折、本アンケート調査にご協力いただいた都道府県の植物防疫関係者に厚く御礼申し上げます。

I 血清学的診断法を利用している作物種および品目

本アンケート調査は、作物、病原体、想定される検定数の項目について実施し、最終的に44都道府県の病害虫防除所の職員にご回答いただいた。初めに、血清学的診断法を必要とする対象作物ならびに対象品目の割合を集計した。その結果、血清学的診断法の活用が見込まれる作物は、野菜類が約69%、花き類が約12%、果樹類が9%、普通作物類が9%、特用作物類が約1%であった(図-1)。さらに、品目別にみると、トマト(30%)、キュウリ(24.5%)、キク(8.9%)、ムギ(5.4%)、メロン(4.1%)、イネ(2.7%)、パパイヤ(2.7%)、ネギ(2.1%)、

ショウガ(2.1%)、パッションフルーツ(2.1%)、マンゴー(2.1%)、ミカン(2.1%)、カブ(1.4%)、タバコ(1.4%)、ズッキーニ(0.7%)、インパチェンス(0.7%)、スイカ(0.7%)、ニガウリ(0.7%)、ソラマメ(0.7%)、ダイズ(0.7%)、イチゴ(0.7%)、ホオズキ(0.7%)、シクラメン(0.7%)、その他(2.1%)であった(データ非掲載)。これらの結果から、野菜類のうち特に産出額の大きいトマト、キュウリ等の品目で血清学的診断法の需要が大きいことが示された。一方、花き類、果樹類および普通作物類においても一定程度の血清学的診断の需要があることが明らかとなった。野菜類においてトマトやキュウリが上位に挙げられたが、これは単に生産量が上位であるからという理由だけでなく、近年被害が大きいコナジラミ類で媒介されるトマト黄化えそウイルスによるトマトの黄化葉巻病やアザミウマ類で媒介されるメロン黄化えそウイルスによるキュウリ等の黄化えそ病の診断が多いことを示唆していると考えられた。

II 診断対象の病原体およびその分類群

診断対象となる病原体別に集計したところ、ウイルスが89.7%、細菌が9.6%、糸状菌が0.7%であった(図-2A)。この結果は、ウイルスを光学顕微鏡で観察して診断することができないために、血清学的診断法が必須であることを反映していると考えられた。一方、細菌病および糸状菌に関しても一定の需要があることが明らかとなった。特に、細菌病のうち、青枯病菌に対する血清学的診断法として、米国のAgdia社などからイムノストリップが販売されており、その需要を反映していると推察された。

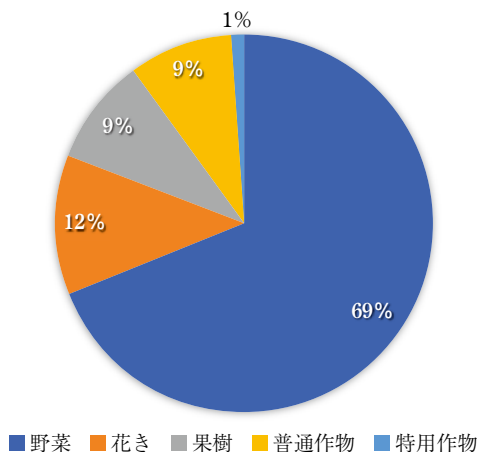


図-1 血清学的診断法の需要が見込まれる作物の割合 (n = 146)

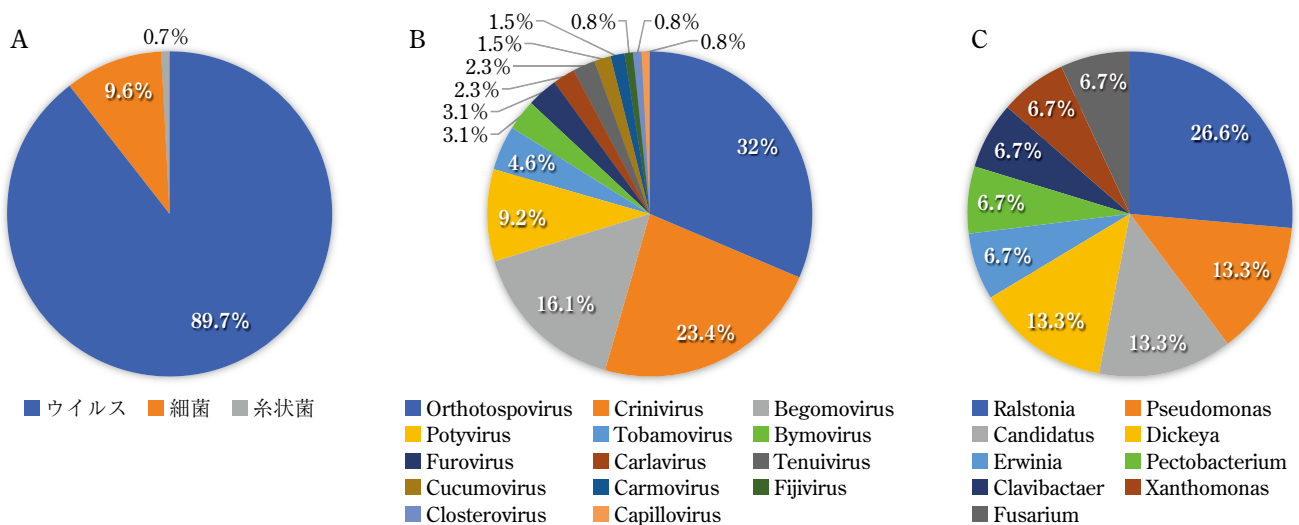


図-2 血清学的診断法の需要が見込まれる病原体別 (A) (n = 146)、ウイルスの分類属別 (B) (n = 131) および細菌の分類属別 (C) (n = 15) の割合

次に、各病原体の分類群別の割合を明らかにするため、ウイルスと細菌のそれぞれについて、分類群別に集計した。その結果、ウイルスではアザミウマ類によって媒介される *Orthospovirus* 属 (32%)、コナジラミ類によって媒介される *Crinivirus* 属 (23.4%)、*Begomovirus* 属 (16.1%)、アブラムシ類によって媒介される *Potyvirus* 属 (9.2%) が多く、全体の約 80% を占めた (図-2B)。これらの結果は、我が国において特に虫媒介性ウイルスによる病害の診断場面が多いことを示している。また、それらに続いて *Tobamovirus* 属 (4.6%)、*Bymovirus* 属 (3.1%)、*Furovirus* 属 (3.1%)、*Caltravirus* 属 (2.3%)、*Tenuivirus* 属 (2.3%)、*Cucumovirus* 属 (1.5%)、*Carmovirus* 属 (1.5%)、*Fijivirus* 属 (0.8%)、*Closterovirus* 属 (0.8%)、*Capillovirus* 属 (0.8%) が要望として挙げられた。一方、細菌の分類群は、*Ralstonia* 属 (26.6%) が最も多く、次いで *Pseudomonas* 属 (13.3%)、*Candidatus* 属 (13.3%)、*Dickeya* 属 (13.3%) であった。さらに、*Erwinia* 属 (6.7%)、*Pectobacterium* 属 (6.7%)、*Clavibacter* 属 (6.7%)、*Xanthomonas* 属 (6.7%) が同等の割合であった。これらの結果は、細菌病のうち生産現場において特に被害が大きく、重要視されている青枯れ病の診断に対する需要が多いことを示している。

III 血清学的診断法の種類と検定数量

上述したように、植物防疫における血清学的診断法は、ELISA 法、DIBA 法および RIPA 法等が主体であるが、これまでに、それらの手法の需要は不明であった。そこで、それらの手法の需要を調査した。その結果、ウイルスでは RIPA 法が 73.3% で大半を占め、次いで ELISA 法 (21.9%)、DIBA 法 (4.8%) であった (図-3)。これらの結果は診断が最も容易で、短時間で検定できる RIPA

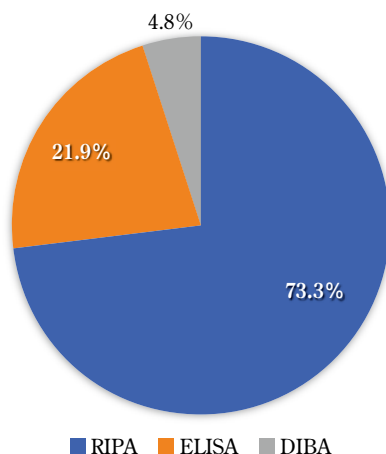


図-3 血清学的診断法のうち、需要が見込まれる手法の割合 (n = 131)

法の需要が大きいということを示している。一方、ELISA 法や DIBA 法を用いた診断も一定程度の需要があることが示された。

次に、病原体別に想定される血清学的診断法の検定数をまとめた (表-1)。その結果、本アンケートを実施した 2019 年における血清学的診断法 (RIPA 法、ELISA 法および DIBA 法を含む) の検定数のうち、最も多かった病原体は、トマト黄化葉巻ウイルス (tomato yellow leaf curl virus ; TYLCV) であり、検定数は 1,500 検体であった。2 番目に検定数が多い病原体は、メロン黄化えそウイルス (melon yellow spot orthospovirus ; MYSV) の 900 検体で、3 番目がキク茎えそウイルス (chrysanthemum stem necrosis orthospovirus ; CSNV) の 795 検体であった。それ以降の病原体の検定数については、表-1 を参照されたい。すべての病原体における想定される検定数の合計は、8,820 検体であり、血清学的診断法は現在でも植物の病害診断にとって需要が大きい手法であると考えられた。近年、RT-PCR や PCR 法、LAMP 法等の分子生物学的手法の利用が多くなってきているなかで、今なお血清学的診断法の需要が大きいことは、それら分子生物学的方法と比較して、血清学的手法が特殊な装置を必要としないことや、生産現場で簡易に診断できるためと考えられた。

おわりに

本稿では、都道府県の公設試験場を対象として、植物の病害診断における血清学的診断法の需要に関するアンケート調査の結果を述べた。本アンケートの結果、血清学的診断法はすべての病原体で少なくとも年間約 9,000 検体の需要が見込まれ、特に血清学的診断法はコナジラミ類やアザミウマ類、アブラムシ類等の微小害虫によって媒介されるウイルス病の診断に対する需要が大きいことが明らかとなった。これらの結果は肉眼で診断同定が困難なウイルス病の診断には依然として血清学的診断法が重要であることを示している。一方、近年では RT-PCR 法や PCR 法、LAMP 法等の分子生物学的な手法による診断同定も数多く実施されている。実際に、本アンケート調査のなかでも分子生物学的診断法のみで診断同定を実施しているために、血清学的診断法の需要がないとの回答も認められた。しかしながら、これまでに開発されていない病害に対する方法や複数の病害を同時に診断できるような簡易的な方法が開発されることによって、さらに多くの検体数の需要が見込まれる。

本アンケートの結果では、血清学的診断法のうち、RIPA 法に対する需要が最も多かった、CSNV や MYSV、

表-1 血清学的診断の需要が見込まれる対象病原体および年間検定数

病原体	科	属	英名（略称）	想定される検定数*	
Virus	<i>Betaflexiviridae</i>	<i>Capillovirus</i>	Apple stem grooving virus（ASGV）	30（0, 30, 0）	
		<i>Carlavirus</i>	Passiflora latent virus（PLV）	530（430, 100, 0）	
		<i>Bromoviridae</i>	<i>Cucumovirus</i>	Cucumber mosaic virus（CMV）	100（100, 0, 0）
	<i>Closteroviridae</i>	<i>Closterovirus</i>	Clover yellows virus（CYV）	100（0, 100, 0）	
		<i>Crinivirus</i>	Beet pseudo yellows virus（BPYV）	45（45, 0, 0）	
				Cucurbit chlorotic yellows virus（CCYV）	495（385, 10, 100）
			Cucurbit yellows clostero virus（CuYV）	40（30, 10, 0）	
			Tomato chlorosis virus（ToCV）	590（460, 30, 100）	
	<i>Geminiviridae</i>	<i>Begomovirus</i>	Tobacco leaf curl Japan virus（TbLCJV）	100（100, 0, 0）	
			Tomato yellow leaf curl virus（TYLCV）	1,300（1,140, 60, 100）	
	<i>Phenuiviridae</i>	<i>Tenuivirus</i>	Rice strip virus（RSV）	350（0, 350, 0）	
	<i>Potyviridae</i>	<i>Bymovirus</i>	Wheat yellow mosaic virus（WYMV）	170（50, 120, 0）	
		<i>Furovirus</i>	Soil-borne wheat mosaic virus（SbWMV）	170（50, 120, 0）	
		<i>Potyvirus</i>	Leek yellow stripe virus（LYSV）	100（0, 0, 100）	
			Papaya leaf distortion mosaic virus（PLDMV）	100（0, 100, 0）	
			Papaya ring spot virus（PRSV）	370（50, 120, 200）	
			Soybean mosaic virus（SMV）	100（0, 100, 0）	
			Turnip mosaic virus（TuMV）	70（70, 0, 0）	
			Watermelon mosaic virus（WMV）	200（0, 0, 200）	
			Zucchini yellow mosaic virus（ZYMV）	250（250, 0, 0）	
	<i>Reoviridae</i>	<i>Fijivirus</i>	Southern rice black-streaked dwarf virus（SRBSDV）	10（0, 10, 0）	
	<i>Tombusviridae</i>	<i>Carmovirus</i>	Melon necrotic spot virus（MNSV）	210（10, 200, 0）	
	<i>Tospoviridae</i>	<i>Orthotospovirus</i>	Chrysanthemum stem necrosis orthotospovirus（CSNV）	795（465, 330, 0）	
			Impatiens necrotic spot orthotospovirus（INSV）	30（30, 0, 0）	
			Iris yellow spot orthotospovirus（IYSV）	60（60, 0, 0）	
			Melon yellow spot orthotospovirus（MYSV）	900（650, 50, 200）	
			Tomato spotted wilt orthotospovirus（TSWV）	110（110, 0, 0）	
			Watermelon silver mottle orthotospovirus（WSMoV）	300（250, 50, 0）	
			<i>Virugaviridae</i>	<i>Tobamovirus</i>	Kyuri green mottle mosaic virus（KGMMV）
			Tobacco mild green mosaic virus（TMGMV）	50（50, 0, 0）	
			Tobacco mosaic virus（TMV）	10（10, 0, 0）	
			Tomato mosaic virus（ToMV）	130（130, 0, 0）	
	Bacteria	<i>Erwiniaceae</i>	<i>Pantoea</i>	<i>Erwinia herbicola</i>	20（20, 0, 0）
<i>Microbacteriaceae</i>		<i>Clavibacter</i>	<i>Clavibactaer michiganensis</i>	100（100, 0, 0）	
<i>Pectobacteriaceae</i>		<i>Dickeya</i>	<i>Dickeya dadantii</i>	150（100, 50, 0）	
		<i>Pectobacterium</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i>	30（30, 0, 0）	
<i>Pseudomonadaceae</i>		<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas cannabina</i> <i>pv.</i> <i>alisalensis</i>	20（20, 0, 0）	
			<i>Pseudomonas syringae</i> <i>pv.</i> <i>maculicola</i>	20（20, 0, 0）	
<i>Ralstoniaceae</i>		<i>Ralstonia</i>	<i>Ralstonia solanacearum</i>	185（160, 25, 0）	
<i>Rhizobiaceae</i>		<i>Candidatus Liberibacter</i>	<i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i>	300（200, 100, 0）	
<i>Xanthomonadaceae</i>		<i>Xanthomonas</i>	<i>Xanthomonas campestris</i> <i>pv.</i> <i>Mangiferaeindicae</i> <i>Mangiferaeindicae</i>	50（50, 0, 0）	
Fungi	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	100（100, 0, 0）	

*括弧内の数値は、それぞれ RIPA 法、ELISA 法および DIBA 法による検定数を示す。

ウリ類退緑黄化ウイルス (cucurbit chlorotic yellows virus; CCYV) 等生産現場において流行しているウイルスについては、抗血清あるいは抗体は開発されているが、イムノクロマトのような資材は開発されていない。このような背景のもと、現在では各機関が TSUDA et al. (1992) や大崎 (2012) らの方法に従って、独自に RIPA 法や DIBA 法を開発して診断の対応をしているケースも少なくない。一方、我が国において重要な病原体である TYLCV によるトマトの黄化葉巻病もこれまでに血清学的診断法がなかったが、最近 TYLCV に対するイムノクロマト (株式会社ファスマック) が上市され、生産現場における診断の効率化が進むと考えられる。本アンケートでは都道府県の公設試験場を対象としたため、民間企業や生産法人、その他研究機関などの需要は含まれていないので、本アンケートの結果よりもさらに多くの需要があると推測される。最後に、本アンケート調査の結果

によって、我が国で幅広く必要とされる抗体 (抗血清) ならびにそれを活用した血清学的診断法の開発が加速され、生産現場における診断業務の効率化につながることを期待する。

引用文献

- 1) CLARK, M. F. and A. N. ADAMS (1977): J. Gen. Virol. **34**: 475~483.
- 2) 久能 均ら (1998): 新編植物病理学概論, 養賢堂, 東京, p.225~238.
- 3) 櫛間義幸 (2017): 九病虫研会報 **63**: 1~7.
- 4) KUBOTA, K. and Y. TOMITAKA (2019): In: KOBAYASHI K. and NISHIGUCHI M. (eds) Antiviral Resistance in Plants, Methods in Molecular Biology, vol 2028. Humana, New York, p.261~272.
- 5) KUWABARA, K. et al. (2010): J. Gen. Plant Pathol. **76**: 273~277.
- 6) 難波成任 (2008): 植物医科学, 養賢堂, 東京, 336 pp.
- 7) 大崎秀樹 (2012): 植物防疫 **66**: 28~31.
- 8) TSUDA, S. et al. (1992): Plant Dis. **76**: 466~469.
- 9) UGA, H. and S. TSUDA (2005): Phytopathology **95**: 166~171.

発生予察情報・特殊報 (2020.8.1~8.31)

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

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

- 食用ほおずき：タバコノミハムシ (長野県：初) 8/3
- ホウレンソウ：ホウレンソウベと病レース 13 (岐阜県：初) 8/11
- スイートコーン：ツマジロクサヨトウ (香川県) 8/12
- フェロモントラップでの確認：ツマジロクサヨトウ (宮城県：初) 8/12
- ネギ：ネギハモグリバエ (別系統) (岩手県) 8/18
- フェロモントラップでの確認：ツマジロクサヨトウ (北海道：初) 8/18
- フェロモントラップでの確認：ツマジロクサヨトウ

- (奈良県：初) 8/21
- フェロモントラップでの確認：ツマジロクサヨトウ (岩手県：初) 8/21
- フェロモントラップでの確認：ツマジロクサヨトウ (埼玉県：初) 8/24
- パパイヤ：パパイヤ黒腐病 (沖縄県) 8/27
- 飼料用トウモロコシ：ツマジロクサヨトウ (青森県：初) 8/27
- とうもろこし (生食用)：ツマジロクサヨトウ (北海道) 8/28



ダゾメット粉粒剤と灌水処理を組合せた トマト青枯病に対する防除技術の効果

岐阜県農業技術センター **村 元 靖 典**

アグロカネショウ株式会社 **坂口 一智・鳥海 航・美野 光哉**

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業研究センター 病害研究領域

吉 田 重 信

はじめに

トマト青枯病は病原細菌である青枯病菌が土壌深層まで生息するため、防除の難しい土壌病害の一つとされている。本病は高温性の土壌病害であるが、近年の温暖化傾向により中山間・高冷地の夏秋トマト産地でも被害が拡大している。本病の防除には、深層まで消毒効果を示す廃糖蜜やエタノール等を用いた土壌還元消毒を、高い地温が確保できる夏季に実施することが有効であり、実際に現地導入されている地域もある。しかし、夏秋トマト産地では夏季は栽培中であるため、土壌還元消毒を行う時期は定植前の春季しかなく、土壌還元力に必須な高い地温を確保しにくいことから、消毒効果が不安定となっている。一方、土壌燻蒸剤は高い地温は不要で、薬剤が土壌混和された後にガス化して拡散するため、作土層には消毒効果があるが、深層に生息する青枯病菌に対しては効果が弱い。そのため、夏秋産地での青枯病多発生圃場では、いずれの土壌消毒方法も効果が不十分となり、防除対策に苦慮している。

ダゾメット粉粒剤は、土壌中の水分によって活性成分であるメチルイソチオシアネート（以下、MITC）が生成する土壌燻蒸剤である。ダゾメットが水と反応して加水分解を起こし、揮発性のMITCガスが生成するが、pH7.0緩衝液中でのダゾメットの半減期が、25℃で約6時間以内であると報告されており、水に曝されても即時に反応・分解するわけではない。そのため、刺激臭が少なく作業性がよいことから、栽培現場などで広く普及している。このダゾメット粉粒剤による土壌消毒に太陽熱

消毒を組合せることで、トマト青枯病や線虫類に対する防除効果が向上することが報告されており（山田ら、1997；小林ら、1998）、一部の地域で導入されている。太陽熱消毒は、圃場をビニール被覆して一時的に湛水状態にし、水を介して夏季の高い太陽熱を土壌へ伝導して土壌を消毒する方法である。この処理方法を応用し、土壌の最大容水量まで灌水して湛水状態にすることにより、灌水の流れによってダゾメットが作土層以下の土壌深層まで移行することが期待できると考えた。そこで、ダゾメット粉粒剤の土壌深層への消毒効果向上を目的として、灌水処理と組合せた処理方法を検討した（村元ら、2020）。本稿では、その消毒技術の概要について紹介する。

なお、本研究は、農林水産省農林水産研究推進事業「人工知能未来農業創造プロジェクト」のうち「AIを活用した土壌病害診断技術の開発」により実施したものである。

I 灌水処理によるダゾメット粉粒剤の土壌深層への移行およびMITCガス化

ダゾメット粉粒剤として、トマト青枯病に対して30～60 kg/10 aの使用量で登録のあるバスアミド微粒剤を用い、図-1に示す作業手順で試験を行った。バスアミド微粒剤を10 a当たり30 kgまたは60 kgの処理量で土壌表層に均一に散布した後、トラクターで耕起して作土層（約25 cmまで）に混和した。ハウス内に灌水チューブを約1 m間隔で設置して、土壌表面をビニールで被覆後、ハウス横から水が滲出し始めるまで灌水して一時的に湛水状態にし、ハウスを密閉した。灌水量は125 l/m²で、ビニール被覆期間は2019年9月11日～10月23日までとした。また、灌水処理を行わない対照区として、別ハウスにダゾメット慣行処理区を設定した。ダゾメット慣行処理区では、土壌を握って崩れない程度の水分量になるように圃場内に灌水し、バスアミド微粒剤を10 a当たり30 kgまたは60 kgの処理量で土壌表層

Evaluating the Efficacy of a Soil Disinfection Treatment to Deep Soil Depth Using Dazomet Combined with Flooding Against Tomato Bacterial Wilt. By Yasunori MURAMOTO, Kazutomo SAKAGUCHI, Wataru TORIUMI, Mitsuya MINO and Shigenobu YOSHIDA
(キーワード: ダゾメット粉粒剤, 灌水処理, トマト青枯病)

1. ダズメット粉粒剤を 60 kg/10 a の処理量で散布
(バスサンパーなどの薬剤散布機を使用して、圃場全面にムラなく散布する.)
2. ロータリーで耕耘
3. 灌水チューブを約 1 m 間隔で設置
4. ビニールで被覆
5. 灌水状態になるまで、ゆっくりと灌水
(1 m² 当たり 100~150 l の水量, またはハウス横から水が滲出するまで灌水する.)
6. ハウスを密閉

地温	被覆の最低日数
25℃ 以上	7~10 日
20℃	10~14 日
15℃	14~20 日
10~15℃	20~30 日以上



図-1 ダズメット粉粒剤と灌水処理を組合せた防除技術の作業手順

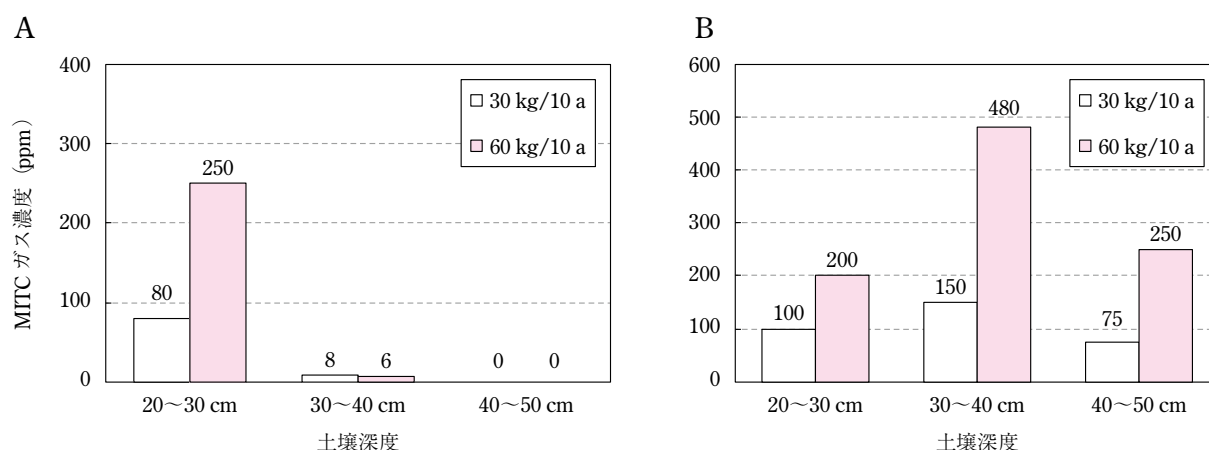


図-2 ダズメット粉粒剤慣行処理後 (A) およびダズメット粉粒剤 + 灌水処理後 (B) の各深度別土壌中の MITC ガス濃度

回収した土壌を 5 層フィルム構造のアルミ袋に入れて密閉し、50℃で 1 時間静置後、袋内の気相 100 ml 中の MITC ガスを、ガス検知管を用いて検出した。

に均一に散布した後、トラクターで耕起して作土層に混和し、ビニールで被覆してハウスを密閉した。両区とも、ビニール被覆処理 2 日後に土壌採取器を用いて深度 50 cm までの土壌を任意の 3 箇所から回収し、深度 20~50 cm の土壌 10 cm ごと (径約 6 cm, 高さ約 17 cm) に含まれる MITC ガスを、ガス検知管を用いて検出した。

その結果、ダズメット慣行処理では、30 kg および 60 kg 処理区のいずれも、作土層の MITC ガス濃度が高く、深度 30~40 cm では 6~8 ppm が検出されたが、40~50 cm では検出限界値以下となった (図-2)。これは、MITC ガスの土壌下方への拡散は、薬剤が混和された層から最大でも 5~10 cm 程度であると言われていることと合致する。一方、灌水処理と組合せることで、ダズメット粉粒剤 30 kg および 60 kg 処理区のいずれも、作土

層以下の深度 30~40 cm および 40~50 cm の土壌から、75~480 ppm の MITC ガスが検出された (図-2)。これらのことから、灌水による水の流れによって、ダズメットおよび一部分解して生成した MITC が、土壌混和された層から下層まで移行していることが示された。なお、消毒終了直後 (10 月 23 日) の土壌中の MITC ガス濃度は、下層で最大 1 ppm が検出されたのみであり (データ略)、土壌中に MITC ガスが高濃度で滞留することはなかった。

II 土壌深層への消毒効果

土壌深層の青枯病菌に対する消毒効果を調査するため、青枯病菌の培養液を土壌に灌注処理した高汚染圃場を作成し、前述と同様にバスアミド微粒剤を 10 a 当たり

30 kg または 60 kg の処理量で、灌水処理と組合せて土壤消毒を行った。ビニール被覆期間が 2019 年 4 月 25 日～5 月 24 日までを試験 1、2019 年 9 月 11 日～10 月 23 日までを試験 2 とした。なお、灌水量は試験 1 が 122 l/m²、試験 2 が 125 l/m² であった。

消毒後の土壤中の青枯病菌密度は、試験 1 および試験 2 とともに、60 kg 処理区では各深度ともに MPN-PCR 法 (INOUE and NAKAHO, 2014) の検出限界値未満 (<3 cfu/g 乾土) まで低下させることができた (表-1)。消毒期間中の平均地温は、試験 1 では深度 20 cm で 25.6℃、深度 40 cm で 24.4℃、試験 2 では、深度 20 cm で 31.9℃、深度 40 cm で 31.5℃であったことから、消毒効果は太陽熱による高い地温には依存していないことが示された。一方、30 kg 処理区では表層から下層までの一部で菌が残存しており、消毒効果が劣った箇所があった (表-1)。10 a 当たり 30 kg 処理は、トマト青枯病に対する農薬登録上の最低使用量であり、灌水処理により深度 50 cm までダゾメットが拡散していたとすると、土壤の単位体積当たりの薬剤量は、慣行の作土層 (約 25 cm) で想定される量の半分となる。さらに、散布する薬剤量が少ないほど散布ムラが生じやすい。これらのことが、30 kg 処理区では消毒効果が劣った原因と考えられた。

以上のことから、ダゾメット粉粒剤と灌水処理を組合せて、土壤深層まで高い消毒効果を発揮するには、10 a

当たり 60 kg の処理量が必要であることが示された。

III 現地圃場における実証試験

岐阜県飛騨市古川町において、前作のトマト自根栽培 (品種「麗容」) でトマト青枯病が多発生した雨よけハウス 3 棟 (1 棟: 5.6 m × 38 m) を用いて、実証試験を行った。消毒前の土壤中の青枯病菌密度は、高い箇所でも MPN-PCR 法による定量可能な上限値を超える値 (≥2,400 cfu/g 乾土) であり (表-2)、これは接ぎ木栽培でも発病する汚染レベルであった (データ略)。罹病残渣をハウス外へ持ち出してロータリー耕起した後、バスアミド微粒剤を 10 a 当たり 60 kg の処理量で、灌水処理と組合せて土壤消毒を行った。本圃場は深度 30 cm より下層が重粘土層となっており透水性が悪く、各ハウスともに灌水量が 70 l/m² の時点でハウス横から水の滲出が見られたため、灌水作業を終了した。ビニール被覆期間は 2019 年 4 月 15 日～5 月 8 日までとした。5 月 11 日と 5 月 12 日にロータリー耕起によってガス抜きを行った後、5 月 23～24 日にトマト接ぎ木苗 (穂木: 「桃太郎 8」、台木: 「TTM-127」(タキイ種苗(株))) を定植した。なお、ガス抜き耕起を 2 回行った直後に、ハウス 3 棟のうち 2 棟の深度 20～40 cm の土壤から MITC ガス 0.3～0.6 ppm が検出されたが (データ略)、栽培期間を通じて薬害が発生することはなかった。

表-1 土壤消毒前後の各深度別土壤中の青枯病菌密度

試験区	ダゾメット 処理量 (10 a 当たり)	土壤深度	消毒前		消毒後	
			菌密度 (cfu/g 乾土)	菌検出 箇所数	菌密度 (cfu/g 乾土)	菌検出 箇所数
試験 1	灌水処理	0～17 cm	53～≥2,400	3/3	9.2～43	3/3
		17～33 cm	38～460	3/3	7.4～75	3/3
		33～50 cm	23～1,100	3/3	23～93	3/3
	ダゾメット + 灌水処理	0～17 cm	≥2,400	3/3	N.D.～93	2/3
		17～33 cm	≥2,400	3/3	N.D.～460	1/3
		33～50 cm	23～240	3/3	N.D.～43	1/3
	ダゾメット + 灌水処理	0～17 cm	≥2,400	3/3	N.D.	0/3
		17～33 cm	460～≥2,400	3/3	N.D.	0/3
		33～50 cm	23～150	3/3	N.D.	0/3
試験 2	灌水処理	0～17 cm	290～≥2,400	3/3	23～≥2,400	5/5
		17～33 cm	≥2,400	3/3	43～≥2,400	5/5
		33～50 cm	23～240	3/3	N.D.～9.2	2/5
	ダゾメット + 灌水処理	0～17 cm	≥2,400	3/3	N.D.	0/3
		17～33 cm	53～≥2,400	3/3	N.D.～3.6	1/3
		33～50 cm	N.D.～240	2/3	N.D.	0/3
	ダゾメット + 灌水処理	0～17 cm	1,100～≥2,400	3/3	N.D.	0/3
		17～33 cm	9.2～≥2,400	3/3	N.D.	0/3
		33～50 cm	N.D.～3.6	1/3	N.D.	0/3

注) N.D. は MPN-PCR 法による検出限界値未満 (<3 cfu/g 乾土) を示す。

表-2 現地圃場における土壤消毒前後の土壤中の青枯病菌密度と発病株率

試験ハウス	土壤深度	消毒前		消毒前の前作 発病株率 (%)	消毒後		消毒後の当該作 発病株率 (%)
		菌密度 (cfu/g 乾土)	菌検出 箇所数		菌密度 (cfu/g 乾土)	菌検出 箇所数	
No.1	0~17 cm	N.D.~3	1/3	> 90	N.D.~3.6	1/3	2.8
	17~33 cm	7.4~93	3/3		N.D.~23	1/3	
	33~50 cm	3.6~9.2	3/3		N.D.~9.2	2/3	
No.2	0~17 cm	240~≧2,400	3/3	> 90	N.D.~1,100	1/3	0.2
	17~33 cm	N.D.~≧2,400	2/3		3.6~23	3/3	
	33~50 cm	N.D.~93	2/3		N.D.~1,100	2/3	
No.3	0~17 cm	N.D.~240	2/3	> 90	N.D.	0/3	0
	17~33 cm	N.D.~3.6	1/3		N.D.	0/3	
	33~50 cm	N.D.~3.6	1/3		N.D.	0/3	

注) N.D. は MPN-PCR 法による検出限界値未満 (<3 cfu/g 乾土) を示す。

注) 前作は自根栽培 (麗容)、当該作は接ぎ木栽培 (穂木; 桃太郎 8, 台木; TTM-127)。

消毒後の土壤中の青枯病菌密度は、1 棟のハウスでは各深度ともに検出限界値未満となったが、2 棟のハウスでは表層から下層まで菌が残存していた箇所があった (表-2)。消毒効果が劣った要因としては、ビニール被覆期間がやや短かったこと、灌水量が 70 l/m² と想定より少なかったこと等が考えられた。消毒後の接ぎ木栽培の当該作では、菌が検出された箇所周辺で 1~10 株の青枯病発病株が見られたものの、作付け終了時点での青枯病発病株率は、消毒前の前作では自根栽培でいずれのハウスも 90% 以上と高い値であったが、当該作では 0~2.8% と低く抑えることができた (表-2)。これらのことから、ダゾメット粉粒剤の灌水処理と接ぎ木栽培の体系化防除によって、より高い防除効果が得られたことが示された。

おわりに

ダゾメット粉粒剤と太陽熱消毒の併用処理は、夏季に作付けを行わない作目で実施されており、灌水処理と組合せることは、土壤燻蒸剤の使用法として問題はない。本稿では、太陽熱の効果が期待できない春季または秋季においても、ダゾメット粉粒剤を散布後、灌水を圃場の最大容水量まで行うことで、高い地温に依存せずに土壤深層までの消毒効果が発揮できることを示した。土壤の含水率が 15% の平均的な圃場で、深度 50 cm までを最大容水量 (含水率 40%) になるまで灌水すると仮定した場合、1 m² 当たり 125 l の水量が必要と試算される。これは土壤還元消毒に必要とされる一般的な水量 (100~150 l/m²) と合致する。それぞれの圃場の土質や透水性により、必要な水量は変化するが、ハウス外への薬剤の流出を避けるためにも、ハウス横からの滲出が認められるまで、あるいは 1 m² 当たり 150 l までとしたほうがよいであろう。砂質土壌のように透水性が高く、土

壌の水分保持力が低い圃場では、薬剤の流亡が起こりやすくなるため消毒効果が劣り、また粘土質土壌のように透水性が低い圃場では、水が浸透しにくいいため、土壤深層の消毒効果が劣ると考えられる。圃場内をムラなく消毒するためには、薬剤をムラなく散布することはもちろんのこと、灌水が圃場内に均一に行き渡るようにすることも重要である。そのためには土塊が細かいほうがよい。ために、事前に耕起を入念に行い、なるべく細くなるように碎土したほうがよい。また、一時的に湛水状態となるため、消毒終了時には慣行処理と比較して土壤が締まった状態となり、土壤中に MITC ガスが残存しやすくなると考えられる。そのため、ガス抜きのための耕起は 2 回以上入念に行い、植え付けまでの期間を十分に取る必要がある。

本稿で紹介した土壤消毒技術によれば、深耕ローターなどを使用せずに、ダゾメット粉粒剤を土壤深層まで届かせることができるため、深層に生息する青枯病菌や線虫類に対しても高い消毒効果を発揮することが期待できる。しかし、多発生圃場において、より高い防除対策を講じるためには、本技術だけでは不十分となる可能性がある。そのためには、青枯病に対しては抵抗性の強い台木を用いた接ぎ木栽培、あるいは高接ぎ木技術 (中保ら, 2012) と組合せること、また線虫類に対しては殺線虫剤の施用と組合せた防除体系が必要となるであろう。

引用文献

- 1) INOUE, Y. and K. NAKAHO (2014): Appl. Microbiol. Biotechnol. **98**: 4169~4177.
- 2) 小林義明ら (1998): 関東東山病虫研報 **45**: 243~244.
- 3) 村元靖典ら (2020): 関西病虫害研究会報 **62**: 79~84.
- 4) 中保一浩ら (2012): 農業技術大系土壤施肥編 第 5-1 巻: 畑 106 の 12~30.
- 5) 山田正和ら (1997): 関東東山病虫研報 **44**: 75~78.

植 物 防 疫 講 座

病害編-34

チャ病害の発生生態と防除

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門
金谷茶業研究拠点 茶業研究領域

やま だ けん ご
山 田 憲 吾

はじめに

チャ (*Camellia sinensis*) はツバキ科ツバキ属の常緑樹で、おもに葉の煎汁を飲料として利用する。中国南部原産で、日本には遅くとも平安時代までに伝わり、全国各地で栽培されるようになった。

我が国でチャに発生する病害として、日本植物病名目録 (日本植物病理学会, 2020) には 35 の病名が記載されている (線虫病, 生理障害および発生や菌の病原性について検討を要するとされているものを除く)。病原は糸状菌が 28 と大半を占め、他に細菌が 5, 藻類が 1, 病原未確認が 1 で、ウイルス・ウイロイドによることが確認されている病害はない。発生部位は茎葉部が多く、特に主要病害の多くは開葉期の若い葉にのみ感染する。根部での病害発生は挿し木や新植時に限られ、枝幹部では栽培上問題となる病害はない (園田, 2008)。

チャの病害防除は殺菌剤散布によって行われる。農薬以外の防除法はほとんどないが、新芽の収穫や樹形の維持および樹勢の回復を目的とした整剪枝が、結果的に感染部位の除去による耕種的防除となって病害の発生を抑制している。病害抑制を主目的として整剪枝が行われることもある。逆に傷口感染する病害では摘採や整剪枝が発生を助長している面もある。

チャは新芽が年に数回、斉一に生育するように栽培管理されているため、多くの主要な病原菌が感染できる新芽生育期は短い期間に限られており、病害の発生状況はその期間の気象条件によって大きく左右される。それぞれの病害の発生生態にもとづき、茶樹の栽培管理や生育状況と気象条件に合わせて適切に防除を行う必要がある。

I 主要病害の発生生態と防除

1 炭疽病 (病原菌: *Discula theae-sinensis*)

我が国におけるチャの最重要病害で、全国的に広く発

生が見られる。多くの地域で二番茶期にあたる梅雨期以降に多く発生し、新葉に大型え死病斑を形成する。気候によっては一番茶やその遅れ芽でもまとまった発生が見られることがある。

一般に「炭疽病」は *Colletotrichum* 属菌による病害の病名であるが、チャ炭疽病菌は近年の研究により *Colletotrichum* 属から *Discula* 属に移された (MORIWAKI and SATO, 2009)。一方、チャには炭疽病とは別に *Colletotrichum gloeosporioides* (= *Glomerella cingulata*) による病害があり、「赤葉枯病」の病名が与えられている。海外の文献では *Colletotrichum* 属菌による病害を「anthracnose」としていることがある。また、病徴から見て明らかに *D. theae-sinensis* による炭疽病であると考えられる病害の病原菌を *Colletotrichum* 属菌としている例もあり、注意が必要である。

炭疽病菌は雨滴伝染性で分生子が雨水の飛沫とともに飛散して伝染する。チャの新葉裏面の毛茸とよばれる毛から感染し、10~14 日間の潜伏期間を経て毛茸を中心とした直径 0.5 mm 程度の赤褐色の小斑点を形成する。しだいに周辺の葉脈が褐変し、葉肉部が色あせて淡緑色となり、やがてえ死して淡褐色~赤褐色の不定形の大型病斑となる (図-1)。病斑は中央脈と葉縁に囲まれた三角形または四角形となることが多い。病斑上に小黑点状



図-1 炭疽病

の分生子層が多数散在し、温室に静置すると乳白色～黄白色の分生子塊を形成する。感染から大型え死病斑の形成まで3～4週間かかるため、通常は新芽の摘採後に発生盛期を迎えるが、摘採が遅いと摘採前に発生して罹病葉の落葉による収量低下や収穫物への混入による製茶品質の低下を招く。摘採しない芽や摘採残葉に多発すると樹勢の低下と次茶期以降の収量・品質の低下の原因となる。樹上に残った罹病葉上の病斑は分生子形成能力を長期間維持し、次茶期の伝染源となる。

防除は各茶期の新芽生育期に行う。摘採する芽では上位葉は感染しても発病前に摘採されるため、下位葉を対象として0.5～1葉期に防除薬剤を散布する。摘採しない芽では上位葉も保護するために0.5～1葉期とその1週間後の2～3葉期の2回防除を行う。越冬葉に多発すると翌年の一番茶に影響するため、越冬葉となる芽に対する防除が最も重要である。防除薬剤の中でDMI剤は治療効果が高く、感染から10日以上経過後の散布でも防除効果がある。このような薬剤の特性から、開葉期の防除には保護剤、2～3葉期にはDMI剤を使用するとよい。また、炭疽病菌の感染には10時間以上の濡れ時間が必要であることから、新芽生育期間中の降雨の状況から感染の有無を推定し、感染があった場合にはDMI剤を散布することで、最小限の薬剤散布で高い防除効果が得られる。ただし、DMI剤は保護効果が低いため、薬剤散布後にも感染が予想される場合は保護剤を混用する(西島, 2006; 下津ら, 2019)。

2 輪斑病

(病原菌: *Pestalotiopsis longiseta*, *P. theae*)

葉や茎の傷口から発病してえ死病斑を形成する。おもに摘採や整枝による傷口から発病し、葉では茶褐色、円形～V字型で同心円状の輪紋のある大型え死病斑を形成する(図-2)。茎では黒褐色のえ死が傷口から下方に進

展し、葉の着生部に到達すると腋芽が枯死する。また、新梢基部の包葉や不完全葉の離脱部で発病すると、上部への水分供給が絶たれて新芽全体が枯死する新梢枯死症を引き起こす(図-3)。二番茶期以降の高温期に発生が多い。病原菌は*Pestalotiopsis*属の2種で、主要産地で問題となっているのは*P. longiseta*である。

病原菌は分生子によって雨滴伝染する。チャの茎葉が傷付くと周辺に付着していた分生子が2～3時間で発芽して侵入を開始する。5～7日で小さな初期病斑を形成し、感染から20日間程度で大型の病斑となる。病斑上に小黒点状の分生子層が散在または同心円状に並び、温室に静置すると黒色で球状～巻きひげ状の分生子塊を形成する。新梢枯死症は感染から発症まで1か月以上を要する。多発すると落葉による樹勢の低下や腋芽・枝梢の枯死による芽数の減少により次茶期以降の収量・品質が低下する。

防除は摘採・整枝の当日～翌日に行う。カスガマイシン・銅剤、QoI剤(一部を除く)、テブフロキンは治療効果があり、摘採3日後までに散布すれば一定の防除効果が得られる。いずれの場合でも防除効果は時間の経過とともに低下するので、できるだけ早期に防除を行うようにする。適期に防除できないときは、発病前に浅く整枝を行って病原菌の侵入部位を除去してから防除薬剤を散布する。QoI剤は耐性菌が発生しやすいため使用は年1回以内とし、すでに耐性菌が発生している地域では別の系統の薬剤を選択する。新梢枯死症は農薬登録上、輪斑病と区別して個別の病害として扱われる。防除は包葉や不完全葉が脱落する新芽生育初期に行う。防除薬剤の種類および特性は輪斑病とはほぼ同様である。炭疽病と同時に防除できるが、炭疽病に頻用されるDMI剤は一部を除いて新梢枯死症に対する適用がないため、重視する病害に応じて適切な薬剤を選択する。



図-2 輪斑病



図-3 輪斑病(新梢枯死症)

3 赤焼病

(病原菌：*Pseudomonas syringae* pv. *theae*)

主要病害では唯一の細菌による病害で、主に晩秋期～初春期に発生する。一番茶の収量に大きく影響することから、発生すると経済的被害の大きい病害である。

主に越冬葉に発生し、淡褐色～暗紫褐色で周囲が水浸状のえ死病斑を形成する(図-4)。葉の基部から発病することが多く、中央脈に沿って広がって特徴的な流動形病斑となる。葉身部では円形～不定形の斑点状病斑を形成する。枝梢では頂芽や発病葉の着生部から黒褐色のえ死病斑が拡大し、激しく発病すると枝全体が枯死する。初春期に発生が多く、気温の上昇とともに増加して、4月に最も発生が多くなる。発病葉は激しく落葉し、5月には樹上からほとんどなくなる。晩秋期から発生すると翌春の発生が非常に多くなる。幼木で発生しやすく、落葉や枝条の枯死によって成園化が遅れるほか、周囲の圃場への伝染源となるため、幼木園では防除が不可欠である。成木ではまず坪状に発生して、そこから周囲に拡大することが多い。多発すると一番茶芽の枯死や生育不良による減収を招く。寒霜害、強風雨、多肥により発生が助長される。マシン油の散布は特に著しく発生を増加させる。多雨条件下や本病に弱い品種では一番茶芽にも発生し、茎葉を黒色に腐敗させる。また、一番茶摘採残葉の切断面に1～3 mm程度の角形斑点を形成することがある。二番茶期以降に発生することは少ないが、まれに台風などの強い風雨がいったあとに葉に1～3 mm程度の角形斑点を多数形成する。

防除時期は通常、晩秋期と早春期の発生盛期前の10月および2～3月であるが、発消長が年や圃場によって大きく異なるため、初発を認めたらすぐに治療効果のあるカスガマイシン・銅剤を散布し、その後は約1か月ごとに銅剤を散布する。薬液が葉裏面に十分に付着する



図-4 赤焼病

ように散布液量は400 l/10 aとする。害虫防除のために冬期にマシン油を散布する場合は、その前に赤焼病の防除を行っておく。

4 もち病 (病原菌：*Exobasidium vexans*)

新葉に白色で水疱状にふくらんだ病斑を形成する。冷涼、多湿な梅雨期および秋雨期に生育する二番茶芽および秋芽に多く発生する。多発して問題となるのは山間地に限られるが、常発地では非常に被害が大きい病害である。

病原菌が開葉直後の新葉に感染し、およそ10日間の潜伏期間を経て、やや光沢のある黄緑色～淡赤褐色の小斑点を形成する(図-5)。病斑の拡大とともに葉組織が肥大して陥没し、葉裏面に白色粉状の病原菌の子実層が露出する。感染から2週間ほどで直径数mm～10 mm以上の白色水疱状病斑となる。多いときには1葉に数十個の病斑が形成される。茎でも葉と同様に発病部が肥大して白色の子実層を形成し、茎が大きく屈曲することもある。高湿度条件下で子実層上に担子胞子を多数形成し、これが風によって飛散することで風媒伝染する。潜伏期間が比較的短いため、新芽生育初期に感染すると摘採前に発病し、罹病葉が収穫物に混入して外観や品質を低下させる。病斑はやがてえ死、萎縮して扁平、黒褐色となる。多発すると新芽全体が枯死する。え死病斑中の病原菌は死滅するため、古い病斑が伝染源となることはない。病原菌は越冬芽に付着した担子胞子によって越冬し、翌春に芽が開葉すると感染する。

防除は各茶期の開葉～生育期に行う。防除薬剤は炭疽病と共通で、通常は炭疽病と同時防除される。もち病菌は風媒伝染性で潜伏期間も短いことから伝染力が強く、新芽生育初期から発生すると防除が困難になるため、初期防除が重要である。前茶期に多発した圃場では、芽に付着した担子胞子の発芽・感染を防ぐため、萌芽前の薬剤散布が有効である。多発が予想されるときは新芽生育



図-5 もち病



図-6 網もち病



図-7 褐色円星病（緑斑症状）

期間中に複数回の薬剤散布が必要である。

5 網もち病（病原菌：*Exobasidium reticulatum*）

成葉裏面に白色で網目状の病斑を形成する。1950～60年代に全国的に大発生してチャの最重要病害の一つとされていたが、現在では発生は局所的で問題となっているのは一部の地域に限られる。

病原菌が新葉に感染し、約20日で淡緑色、直径0.2～1 mm程度の小斑点を形成する。病原菌は葉脈中を伸長し、やがて葉裏面に葉脈に沿って白色の子実層を形成して網目状病斑となる（図-6）。感染から子実層を形成し始めるまで1か月以上、典型的な大型の網目状病斑を形成するまで2か月以上を要する。罹病組織は次第にえ死して赤褐色～暗褐色となり、子実層の痕跡が黒褐色の網目状に残る。え死病斑の周囲は紫褐色の網目となる。病斑のえ死部や落葉で衰弱した枝に二次寄生した赤葉枯病菌や腐生菌によって枝条が枯死し、次茶期の収量・品質が低下する。越冬葉に多発すると、その影響は翌年の二番茶にまで及ぶ。病原菌は樹上に残った罹病葉のえ死病斑の周辺部や初期病斑中で越冬し、翌年に新しく子実層を形成して伝染源となり、担子胞子によって風媒伝染する。

防除は各茶期の開葉～生育期に行う。防除薬剤は炭疽病と共通で、通常は炭疽病と同時防除される。

6 褐色円星病

（病原菌：*Pseudocercospora ocellata*）

成葉裏面に濃緑色、不整形でやや隆起した緑斑症状とよばれる小斑点を形成する（図-7）。その一部が秋から翌春にかけて、褐色円星症状とよばれる褐色で円形～やや不定形の病斑に移行する（図-8）。緑斑症状の発生が多く、褐色円星症状は少ないことから、緑斑症の通称でよばれることも多い。

病原菌が新葉に感染して葉裏面に濃緑色の微細な斑点を形成し、徐々に拡大して感染から約20～30日で緑斑症状の病斑を形成する。通常は2～3 mm以下だが、隣



図-8 褐色円星病

接する病斑と融合して5～10 mmとなることもある。古い病斑はやや褐色になったり、葉の表面にも褐変などの症状が現れることがある。多いときには1枚の葉に数百個の病斑が形成される。緑斑症状から移行した褐色円星症状の病斑上や樹冠内落葉上に灰色～灰緑色のカビ状の分生子塊を形成して雨滴伝染する。

防除は各茶期の新芽生育期に行う。越冬葉に多発すると3月から一番茶生育期に激しく落葉して一番茶収量が減少するため、越冬葉となる芽の生育期に重点的に防除を行う。防除薬剤は炭疽病と共通で、通常は炭疽病と同時防除されるが、炭疽病やもち病に比べて硬化が進んだ葉にも感染できるため、褐色円星病の防除を重視するときは炭疽病の防除に加えて出開き期以降にもう一回防除を行う。

おわりに

チャの主要病害の発生生態と防除について紹介したが、防除を行う際は薬剤のラベルに記載された使用方法などを順守するとともに、周辺への飛散や作業者の安全にも配慮して、農薬の適正使用を心がけたい。農薬の登録内容は随時見直されているため、使用したことのある

薬剤でも毎回確認する必要がある。最新の情報は JPP-NET（一般社団法人日本植物防疫協会）、農薬登録情報提供システム（独立行政法人農林水産消費安全技術センター）、農薬メーカーのウェブサイトなどで入手できる。診断や防除に迷ったときは自治体や JA の普及指導センターなどに相談し、適切な防除を行っていただきたい。

引用文献

- 1) MORIWAKI, J. and T. SATO (2009): Journal of General Plant Pathology **75**: 359~361.
- 2) 日本植物病理学会 (2020): 日本植物病名目録 (2020 年 1 月版), 日本植物病理学会, 東京, 2182 pp.
- 3) 西島卓也 (2006): 植物防疫 **60**: 591~596.
- 4) 下津文宏ら (2019): 茶業研究報告 **128**(別): 34.
- 5) 園田亮一 (2008): 茶大百科 II, 農山漁村文化協会, 東京, p.511.

二番茶・三番茶・更新園・秋期の病害防除に必要なのは 高い効果!長い残効!芽のバラつきに強いこと!



ダコニール 1000

ダコニールは(株)エス・ディー・エス バイオテックの登録商標です。

主要病害の炭疽病、
褐色円星病、新梢枯死症
などをしっかり予防!

提案! 炭疽病防除の新技術

従来の防除方法

萌芽期～1葉期: 予防剤 **体系** → 3～4葉期: 治療剤(DMI剤)

体系防除の問題点 ■降雨等により適期散布が出来ない
■芽の生育がばらつき、散布のタイミングが分かりにくい
■2回目散布後に雨が多いと炭疽病が多発 など

新しい防除技術

3葉期頃: **混用**
ダコニール1000+DMI剤

ダコニール1000とDMI剤だからこそその新技術 ★1～★4 が新技術の必須条件です!



高い治療効果を有する
DMI剤

★1

高い治療効果: 感染後10日～12日

+

炭疽病に対する**3つの強み**を
有するダコニール1000

★2

高い予防効果

★3

長い残効

★4

芽のバラつきに強い

■ダコニール1000(700倍)+DMI剤A混用散布試験結果(2016～2019年)

実施年度	試験機関	試験時期	伝染源 病葉数	散布前 降雨	散布後 降雨	炭疽病防除率(%) (2～3葉期散布)		新梢枯死症防除率(%) (2～3葉期散布)	
						混用散布区	慣行区	混用散布区	慣行区
2016	鹿児島茶大隅	秋芽生育期	少	少	中	98.2	95.8	65.7	50.7
2016	鹿児島茶	秋芽生育期	中	少	中	99.8	98.4	60.1	50.6
2018	鹿児島茶	三番茶期	多	多	中	98.6	89.5	62.4	22.7
2018	鹿児島茶	秋芽生育期	多	少	多	99.0	96.5	51.4	45.8
2019	鹿児島茶大隅	秋芽生育期	多	多	中	99.0	98.6	47.0	13.2

ダコニール普及会

クミアイ化学工業株式会社 住友化学株式会社
事務局: (株)エス・ディー・エス バイオテック
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5
TEL.03-5825-5522



詳しくは事務局まで
お問い合わせください!

●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。●空容器は園場などに放置せず、3回以上水洗いし、適切に処理してください。洗浄水はタンクに入れてください。

植

物

防

疫

講

座

農薬編-32

細胞骨格とモータータンパク質に作用する殺菌剤

日本曹達株式会社 田 辺 憲 太 郎

はじめに

細胞は、微小管、ミクロフィラメント、中間系フィラメントからなる細胞骨格によって支えられている。微小管、ミクロフィラメント上にはモータータンパク質が滑走していて、小器官、物質の輸送、有糸分裂等にもかかわっている。国際的に殺菌剤耐性管理活動を展開している Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) は、細胞骨格とモータータンパク質に作用する殺菌剤を作用機構グループ B に分類している (表-1)。本稿においては、グループ B に属する日本国登録のある殺菌剤の概要を解説する。

殺菌剤の作用機構、グループ名、略称、耐性リスク等

については、FRAC コード表日本版 (Japan FRAC, 2020 a) に従っている。耐性菌の発生事例については、FRAC のホームページ (<https://www.frac.info/knowledge-database/downloads>) に掲載されているリスト (FRAC, 2020) を参照した。

I β -チューブリン重合阻害剤

1 メチルベンゾイミダゾールカーバメート (MBC 殺菌剤, 作用点コード: B1, FRAC コード: 1)

(1) 開発の経緯

殺菌剤による病害の本格的な防除は無機化合物の利用により、19 世紀に欧州において硫黄による果樹うどんこ病、硫酸銅と生石灰の混合により調整するボルドー液

表-1 国内登録がある細胞骨格とモータータンパク質に作用する殺菌剤

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	殺菌剤の耐性リスク・備考	FRAC コード
B: 細胞骨格と モータータンパク質	B1 有糸分裂における β -チューブリン重合	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	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		
	B2 有糸分裂における β -チューブリン重合	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	高/耐性菌発生. MBC 殺菌剤と負相関交差耐性がある.	10
	B3 有糸分裂における β -チューブリン重合	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	低~中	22
	B4 細胞分裂 (作用点不明)	フェニルウレア	フェニルウレア	ペンシクロン	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	中/欧州においてブドウべと病の耐性菌が発生.	43
	B6 アクチン/ミオシン/ フィブリリン機能	アシルフェニル ケトン	ベンズイルピリジン	ピリオフェノン	中/耐性うどんこ病菌発生.	50

FRAC コード表日本版 (2020 年 3 月) より抜粋.

Fungicides Acting on Cytoskeleton and Motor Protein. By
Kentaro TANABE

(キーワード: 細胞骨格, 微小管, アクチン, スペクトリン様タンパク質)

によるブドウべと病の防除から始まった。驚くべきことに、100年以上の長期間に渡って継続して使用されているこの2剤は、今でも多くの作物・病害に対して安定した防除効果を示している。20世紀半ばより有機殺菌剤としてジチオカーバメート（マンゼブ、マンネブ、チウラム等）、フタルイミド（キャプタン）、クロロニトリル（TPN）等の使用が始まった。1960年ころまでは無機化合物を含めて、これらの多作用点接触活性化合物の利用が主であった。

MBC 殺菌剤は、1960年代後半から実使用が始まった初めての単作用点阻害の有機合成殺菌剤である。現在国内登録があるのは、デュポン社（現コルテバ社）が開発したベノミルおよび日本曹達株式会社が開発したチオフファネートメチルであり、いずれも1971年に農薬登録された。なお、国内におけるベノミルの事業は、2002年に住友化学株式会社に譲渡されている。

多作用点接触活性化合物が植物の表面で保護効果を示すのに対して、MBC 殺菌剤は浸透移行性があり優れた予防・治療効果がある。

（2）作用機構

ベノミルおよびチオフファネートメチルは、植物体上や組織中で MBC に化学変換する（図-1）。MBC は、微小管を構成する α および β -チューブリン二量体のうち β -チューブリンに結合して、微小管の形成を阻害する。その結果、微小管を主成分とする紡錘体による染色体移動ができなくなり、有糸分裂を阻害する。当初 DNA 合成阻害が観察されたが、有糸分裂阻害の結果による二次的な現象であることがわかった。

ベノミルとチオフファネートメチルの間には交差耐性があり、抗菌スペクトルも類似していることから、共通代謝物である MBC が主要な抗菌成分と見られる。ベノミルが MBC に変換する過程で生じるイソチアン酸ブチルやチオフファネートメチルには呼吸阻害活性があり、副次的に抗菌活性に寄与している可能性がある。

（3）作用特性

抗菌スペクトルは広範囲で、子のう菌、不完全菌、一部の担子菌に有効である。特に菌糸伸長を強く阻害、発芽管先端の湾曲等の異常発芽が生じる（図-2）。孢子発芽に対する活性は低い。浸透移行性が強いいため、予防効

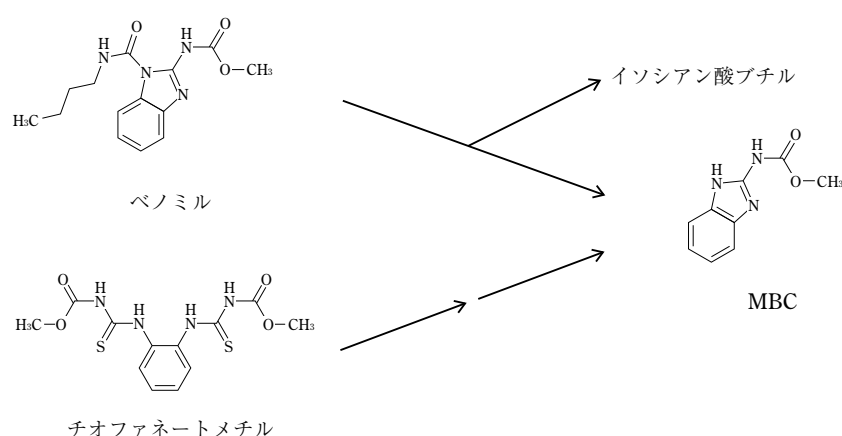


図-1 ベノミルおよびチオフファネートメチルの MBC への変換

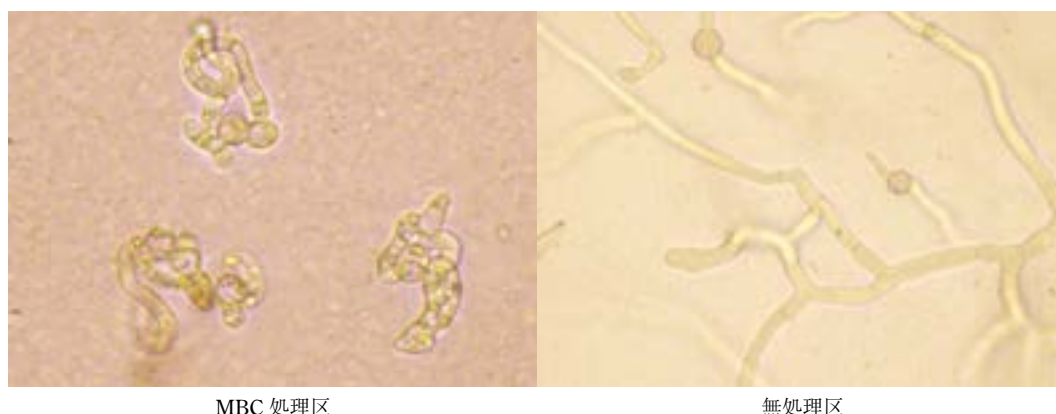


図-2 MBC 殺菌剤による灰色かび病菌の形態異常 [日本曹達(株)]

果に加えて初期感染成立後にも優れた治療効果がある。

(4) 耐性菌の現状

FRAC は MBC 殺菌剤のリスクを「高」としている。

MBC 殺菌剤の使用が始まる以前の多作用点接触活性化化合物を主に使用していた時期には大きな耐性菌問題はなかった。MBC 殺菌剤は、当時としては画期的な優れた防除効果があり、防除対象病害が多く、また作物に対する薬害リスクが低いため広範囲に使用された。耐性菌対策の概念がなかったために、連続散布されることもあった。その結果として、実使用開始後速やかに耐性菌が発生、防除効果に重大な影響を与えた。国内では 1973～75 年にかけて、カンキツ青かび病・緑かび病、テンサイ褐斑病、リンゴ黒星病、野菜類灰色かび病等に耐性菌が発生、ベノミルとチオファネートメチル間に交差耐性があることがわかった。国際的には 84 の病原菌に実使用によって発生した圃場耐性菌の事例がある。

耐性機構は作用点の変異であり、 β -チューブリン遺伝子の塩基置換によるアミノ酸変異により MBC の結合力が低下することによる。主に 198 番目、200 番目のアミノ酸変異の事例があり、198 番目のアミノ酸がグルタミン酸からアラニンに変異した E198A が最も多く 20 病原菌についての報告がある (HAWKINS and FRAAIJE, 2016)。その他、E198G/K, F200Y の事例が多い。水野 (1998) の総説によると、E198A については、灰色かび病菌、リンゴ黒星病菌、ナシ黒星病菌において高度耐性菌となる。

MBC 殺菌剤耐性菌は、フィットネスコスト (耐性化の代償として得る病原菌の生存・繁殖能力の低下) が低く、使用を中止しても耐性菌密度の低下が遅い傾向がある。

2 N-フェニルカーバメート

(作用点コード：B2, FRAC コード：10)

(1) 開発の経緯

MBC 殺菌剤の耐性事例が増加する中、バーバン、クロロプロファミン等の N-フェニルカーバメート系除草剤が、MBC 殺菌剤感受性菌に対して効果が低いにもかかわらず、耐性菌に対して有効である負相関交差耐性という現象が明らかになった (LEROUX and GREDT, 1979)。住友化学株式会社は除草活性がない MBC 殺菌剤との負相関交差剤ジエトフェンカルブを開発 (藤村ら, 1994)、1990 年に国内登録を取得した (図-3)。耐性菌対策の解

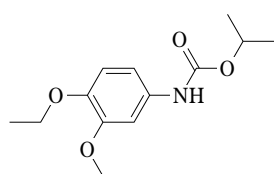


図-3 ジエトフェンカルブの化学構造式

決に有用なツールであるが、現時点で負相関交差剤として唯一実用化されている殺菌剤は本剤のみであり、上述の MBC 殺菌剤 2 剤、シグナル伝達に作用するジカルボキシイミド (FRAC コード：2) に属するプロシミドンとの混合剤が上市されている。

(2) 作用機構

MBC 殺菌剤と感受性菌の組合せと同様に、MBC 耐性菌の有糸核分裂を阻害する。

(3) 作用特性

MBC 殺菌剤耐性菌に対して、MBC 殺菌剤と同等の高い予防・治療効果を有する。葉面および根部からの吸収による移行性がある。また、MBC 殺菌剤と同様に発芽管の膨潤、湾曲等の形態異常を引き起こす。

(4) 耐性菌の現状

FRAC は本剤の殺菌剤リスクを「高」としている。耐性の灰色かび病菌が発生している。

ジエトフェンカルブは β -チューブリン遺伝子の塩基置換によるアミノ酸変異 E198G, E198A の MBC 殺菌剤耐性菌に対して有効である。MBC 殺菌剤との混合剤が市場導入されて使用が拡大するに従って、ジエトフェンカルブと MBC 殺菌剤の両方に感受性が低下した突然変異菌 F200Y, E198K が出現した。MBC 殺菌剤に対して、F200Y 変異菌は中程度耐性であるのに対して、E198K 変異菌は高度耐性である (YARDEN and KATAN, 1993)。

3 チアゾールカルボキサミド

(作用点コード：B3, FRAC コード：22)

(1) 開発の経緯

国内登録があるのは、韓国のエルジーライフサイエンス社が開発、住友化学株式会社に譲渡されたエタボキサムのみであり、2013 年に農薬登録された (図-4)。

(2) 作用機構

疫病菌の微小管破壊、菌糸中の核形成阻害が認められる (井上, 2015)。抗菌作用は微小管形成阻害による。

(3) 作用特性

エタボキサムは、上述した MBC 殺菌剤や N-フェニルカーバメートと同じく β -チューブリン重合阻害剤であるが、抗菌スペクトルが大きく異なり、べと病、疫病、

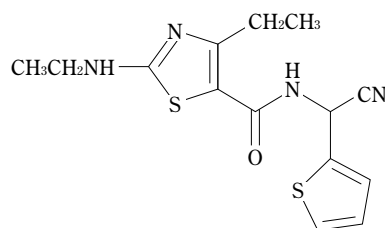


図-4 エタボキサムの化学構造式

根こぶ病等の病害に有効である。菌糸生育や遊走子のう形成を強く阻害，病斑進展阻止効果もある。植物体への葉表裏の浸達性，株元灌注による根からの移行性がある。

(4) 耐性菌の現状

FRACは本剤の殺菌剤リスクを「低～中」としている。これまでに圃場耐性菌の事例はない。

II 細胞分裂阻害剤

(作用点コード：B4，FRACコード：20)

(1) 開発の経緯

ペンシクロンは日本特殊農薬製造株式会社（現バイエルクロップサイエンス社）が開発したフェニルウレアを基本骨格とする殺菌剤であり，1985年に農薬登録された（図-5）。

(2) 作用機構

リゾクトニア属菌の特定の菌糸融合群に特異的に効果を示し，細胞分裂がその作用の対象になっていると推定される。リゾクトニア属菌の細胞膜や脂質流動性に作用し，細胞分裂を阻害していると推定されているが，作用点は不明である。

(3) 作用特性

リゾクトニア菌の菌糸生育，菌核発芽を強く抑制する接触剤であり予防効果が高い。イネ紋枯病に対しては，イネに付着した薬剤が長期間活性を維持，菌核の発芽を阻害し菌の侵入を抑制するとともに，菌糸の生育を阻害することにより病斑の上位進展を阻止する。

(4) 耐性菌の現状

これまでに圃場耐性菌の事例はない。

III スペクトリン様タンパク質の非局在化

(作用点コード：B5，FRACコード：43)

(1) 開発の経緯

フルオピコリドはバイエルクロップサイエンス社が開発したアシルピコリドを基本骨格とする殺菌剤であり，2008年に農薬登録された（図-6）。CAA殺菌剤ベンチア

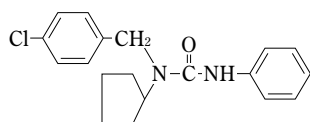


図-5 ペンシクロンの化学構造式

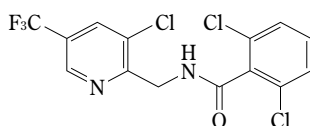


図-6 フルオピコリドの化学構造式

バリカルブイソプロピル，カーバメート系殺菌剤プロパモカルブ塩酸塩との混合剤が上市されている。

(2) 作用機構

卵菌類の菌糸中や遊走子の細胞膜の構造安定に寄与しているスペクトリン様タンパク質が対象となっている（ToQUIN et al., 2019）。卵菌類の菌糸や遊走子の中ではスペクトリン様タンパク質が細胞膜の内側で網目状構造をなし，細胞質内の細胞骨格と結合し，細胞膜を補強している。フルオピコリド処理によりこの網目状構造が破壊され，破壊されたタンパク質は細胞質内に分散，細胞膜の強度が低下して，細胞が破壊される（図-7）。

(3) 作用特性

ジャガイモ疫病，ブドウべと病等の卵菌類病害に対して高い抗菌活性を示す。生活環において，菌糸の伸長阻害，遊走子のう形成，遊走子のう発芽，遊走子放出，遊走子運動，被のう胞子発芽を強く阻害する。葉表裏の浸達性，上位葉への移行性がある。

(4) 耐性菌の現状

FRACは本剤の殺菌剤リスクを「中」としている。欧州においてブドウべと病の耐性菌が発生している。

IV アクチン/ミオシン/フィブリン機能

(作用点コード：B6，FRACコード：50)

(1) 開発の経緯

ピリオフェノンは石原産業株式会社が開発したベンゾイルピリジンを基本骨格とする殺菌剤であり，2013年に農薬登録された（図-8）。単剤および多作用点接触活性化合物であるイミノクタジンアルベシル酸塩との混合剤が上市されている。

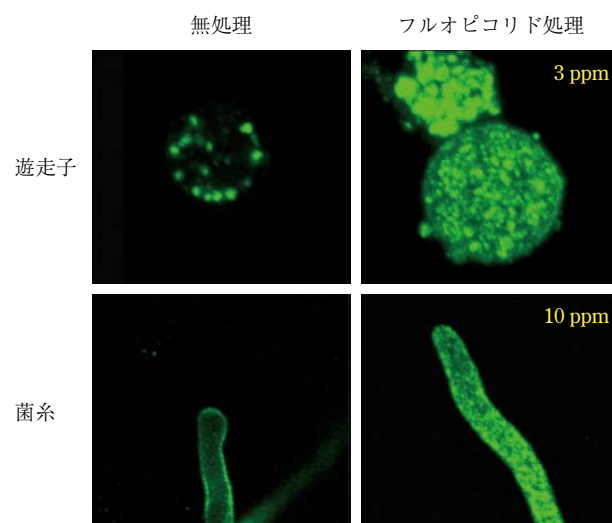


図-7 フルオピコリドによるジャガイモ疫病菌のスペクトリン様タンパク質の非局在化 [バイエルクロップサイエンス(株)]

(2) 作用機構

ピリオフェノンはマイクロフィラメントを構成するアクチンの機能をかく乱する。糸状菌の菌糸は先端が伸長する極性のある成長を示し、その極性成長には細胞骨格が重要な機能を担っている。コムギうどんこ病菌の免疫染色では微小管は菌糸に平行に配向し、アクチンは先端領域でパッチ状に局在して観察される。ピリオフェノン処理により細胞極性の異常が原因と考えられる菌糸先端の膨張崩壊、菌糸の異常分枝などの表現型を示し、アクチンパッチは菌糸先端の周辺領域で局在部位が変化する。微小管配向には直接の影響は認められない。また、アクチン重合を阻害しない。以上よりアクチン局在部位は極性決定に重要な機能を示し、作用機構はアクチン細胞骨格を調節する経路の障害による局在のかく乱と考えられている。標的タンパク質は明らかになっていない。

(3) 作用特性

ピリオフェノンの主な適用範囲はうどんこ病菌で、各種作物のうどんこ病に対して高い防除効果を有する（荒木・小川，2015）。形態異常が観察され、無処理では鎖状の分生子が形成されるのに対して、ピリオフェノン処理により棍棒状となり分生子の発達が未熟となる（図-9）。これにより圃場内での病原菌密度の低減が期待できる。うどんこ病菌の分生子発芽には影響しないが、その後の一次付着器、二次付着器、分生子形成に対して特に強く作用する。葉内浸透性および拡散性を有する。

キュウリ灰色かび病、コムギ葉枯病、眼紋病等に対して副次的な防除効果がある。

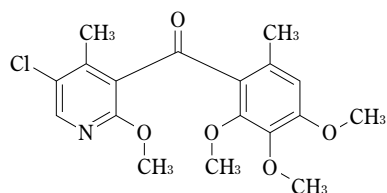
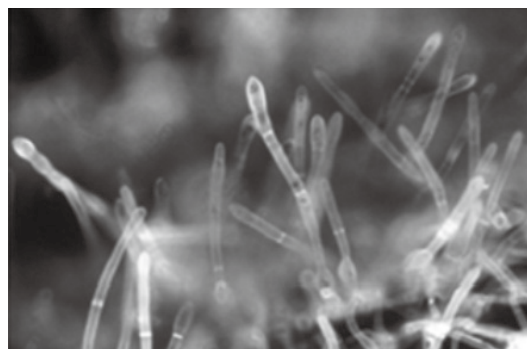
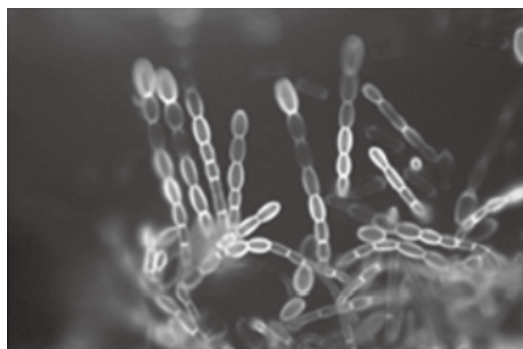


図-8 ピリオフェノンの化学構造式



ピリオフェノン処理区



無処理区

図-9 ピリオフェノンによる分生子の形態異常 [石原産業(株)]

(4) 耐性菌の現状

FRACは本剤の殺菌剤リスクを「中」に分類しており、耐性菌事例として海外のムギ類うどんこ病、国内のキュウリうどんこ病が報告されている。ピリオフェノン耐性のキュウリうどんこ病菌は孢子形成能、感受性菌との競合力が劣ることから、耐性菌のフィットネスコストが高いと推察されている。また、イミノクタジンアルベシル酸塩との混合剤処理により、ピリオフェノン耐性菌に対する防除効果が回復することが報告されている（福森ら，2018）。

おわりに

FRACは過去の事例に基づいて、耐性菌のリスク評価を殺菌剤リスク、病原菌リスクおよび栽培リスクの3要素から構成する複合リスクによる耐性菌対策の必要性検討を推奨している（Japan FRAC, 2020 b）。各剤の「耐性菌の現状」に殺菌剤リスクを記載しているが、それ以外にも防除対象となる病原菌のリスク、それぞれの地域の発病度を勘案した複合的な耐性菌対策の検討が必要である（Japan FRAC, 2020 b）。

MBC殺菌剤は登録取得後50年経過している。使用が始まってからすぐに殺菌剤耐性菌が発生したにもかかわらず、長期間に渡って使用が継続している。その理由は代替が可能な単作用点殺菌剤がなかっただけではないと考えている。病原菌にはリンゴ黒星病、野菜類灰色かび病、うどんこ病のように耐性菌が発生しやすい高リスク病原菌ばかりではなく、耐性菌が発生しても大問題にはならない場面が多い中リスク病原菌や耐性菌の発生事例がほとんど、または、全くない低リスク病原菌もある。MBC殺菌剤は防除範囲が広く、耐性菌が発生している作物においても防除が必要な耐性菌リスクの低い病害が発生しており、また、薬害リスクも低く、幅広い作物に適用があることによると考える。他のグループの殺菌剤についても、特に適用範囲の広い剤については、耐性菌

の発生を見て単に使用を中止するのではなく、耐性菌発生リスクを下げる使用法の徹底、新規用途と使用場面を探索する努力により延命する必要がある。

耐性菌対策のためにはなるべく多くのグループの殺菌剤が必要であるが、新規作用機構の殺菌剤の開発には長い年月を要する。適切な耐性菌対策をとりながら、既存の殺菌剤耐性菌発生を遅延化することが重要である。

執筆にあたり、バイエルクロップサイエンス株式会社の波多野広幸氏、石原産業株式会社の荒木智史氏、住友化学株式会社の木村教男氏、日本曹達株式会社の栗原頼人氏に貴重なご助言、資料提供をいただいた。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 荒木智史・小川宗和 (2015): 植物防疫 **69**: 274~275.
- 2) FRAC (2020): List of first confirmed cases of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents.
- 3) 藤村 真ら (1994): 日本農薬学会誌 **19**: S219~S228.
- 4) 福森庸平ら (2018): 日本植物病理学会報 **84**: 218.
- 5) HAWKINS, N. J. and B. A. FRAAIJE (2016): Frontiers in Microbiology **7**: 1~7.
- 6) 井上拓也 (2015): 農薬時代 **196**: 1~4.
- 7) Japan FRAC (2020 a): FRAC コード表日本版 (2020 年 3 月).
- 8) ————— (2020 b): 農業用殺菌剤の耐性リスク評価.
- 9) LEROUX, P. and M. GREDT (1979): C. R. Acad. Sci. Paris Ser. D **389**: 691~693.
- 10) 水野昌巳 (1998): 農薬時代 **177**: 987~991.
- 11) TOQUIN, V. et al. (2019): Modern Crop Protection Compounds, Third Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH, 871~878.
- 12) YARDEN, O. and T. KATAN (1993): Phytopathology **83**: 1478~1483.

農林水産省プレスリリース (2020.8.8~2020.9.2)

農林水産省プレスリリースから、病虫害関連の情報を紹介します。

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

- ◆ 「令和 2 年度国際植物防疫条約に関する国内連絡会」の開催及び一般傍聴について (20/8/24) [/syouan/keneki/200824.html](https://syouan/keneki/200824.html)
- ◆ 令和 2 年度イノベーション創出強化研究推進事業のうち緊急対応課題 (第 1 回) の採択課題決定について (20/8/25) [maff.go.jp/ の後に docs/press/200825.html](https://maff.go.jp/docs/press/200825.html)
- ◆ 日本から EU 加盟国向けにクロマツ盆栽の輸出が可能となります (20/8/28) [/syouan/syokubo/200828.html](https://syouan/syokubo/200828.html)
- ◆ 「アグリビジネス創出フェア 2020」開催方法の変更について~会場開催からオンライン開催へ~ (20/9/1) [maff.go.jp/ の後に docs/press/200901.html](https://maff.go.jp/docs/press/200901.html)
- ◆ 豪州向け日本産いちご生果実の輸出解禁について (20/9/1) [maff.go.jp/ の後に syouan/syokubo/200901.html](https://maff.go.jp/syouan/syokubo/200901.html)

登録が失効した農薬 (2020.8.1~8.31)

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

「植物成長調整剤」

- デシルアルコール・ブトラリン乳剤
23019：ニューファムイエローリボン S（ニューファム）
20/8/19

研究室紹介

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 病害グループ

九州本島は西南暖地型気候区、南西諸島は亜熱帯型気候区に属し、概して気温が高く、日照および降雨に恵まれているため、農業生産に適しています。一方で、台風や洪水等の気象災害も多い地域です。また、最近でも北部九州ではタマネギべと病、南部九州ではサツマイモ基腐病が発生して、大きな被害が出ているように、高温多雨多湿であるため病害の発生が問題になりやすい地域でもあります。

九州沖縄農業研究センター（九沖農研）は昭和25年に設置された九州農業試験場を前身としています。研究体制としては、九州沖縄地域の7箇所（筑後、久留米、口之津、合志、都城、種子島、糸満）に拠点があり、本拠地は熊本県北部の合志市（元西合志町）にあります。病害グループも同所にあります。病害グループでは、現在、研究職員および契約職員合わせて6人体制で農作物の病害を対象として試験研究を行っています。また、当センターの虫害グループ、線虫グループ、野菜病害虫管理グループとともに、九州農政局と九州沖縄地域の8県の連携強化のため、九州沖縄農業試験研究推進会議病害虫推進部会の事務局としても活動しています。

ここでは、病害グループが取り組んでいる研究内容の一部をご紹介します。

大麦・小麦の赤かび病

麦は九州地域では福岡と佐賀で主に栽培されており、両県で九州の作付面積の7割を超えます。我が国では麦の生育後期は降雨が多い時期に当たるため、赤かび病が発生しやすい条件にあります。赤かび病は減収および品質低下だけでなく、病原菌によってデオキシニバレノール（DON）、ニバレノール等のかび毒が生産されることが



問題となります。かび毒による健康被害を防止する観点から、小麦においてはDONの暫定基準値（1.1 mg/kg）が設定されています。当グループでは「麦類のかび毒汚染低減のための生産工程管理マニュアル改訂版」を2016年に作成・公開しています。麦類の栽培・防除のポイントとなる作付前から播種、防除、収穫調整の各工程におけるかび毒汚染の防止と低減対策について取りまとめています。

イネ紋枯病

イネ紋枯病はいもち病と並ぶ稲の重要病害で、日本全国で発生が認められますが、病原菌が高温を好むため、温暖で多雨な九州地域では発生・被害が大きく、防除面積も広い病害です。また、近年の地球温暖化の進行に伴う気温の上昇によって、将来的に紋枯病の発生・被害の拡大・増加が危惧されています。当グループでは、他の公共試験研究機関と共同で気候変動にかかわる農水委託プロジェクトに取り組み、平均気温の上昇程度に対する、イネ紋枯病の発生増加割合から、紋枯病による収量の被害量を予測し、防除対策について検討を行っています。

カンキツグリーンング病

カンキツグリーンング病は世界の果樹生産に大きな被害を与えており、我が国においても沖縄県のほぼ全域と鹿児島県の一部の島嶼部において発生が確認されています。本病の病原細菌は難培養性であることから、これまで研究および技術開発が困難でした。当グループでは、新規に開発した培地により、人工条件下で再現性が高く、効率的に培養できる方法を確立しました。本方法の活用により、感染樹の早期発見かつ高精度診断技術の確立や病原細菌のカンキツ樹への接種法の開発を進めています。得られた研究成果を元に、グリーンング病の総合対策の構築に取り組んでいきます。

（グループ長 井上博喜）



〒861-1192 熊本県合志市須屋 2421
TEL 096-242-1150（代表）

研究室紹介

香川県農業試験場 生産環境部門 病害虫担当

香川県農業試験場本場は、2011年に県のほぼ中央に位置する綾川町に移転整備されました。組織は企画・営農部門、作物・特作部門、野菜・花き部門、生産環境部門で編成されています。生産環境部門は、病害虫4名、土壌肥料2名、残留分析2名、生物工学2名の4担当で構成され、これを活かした横断的な取り組みを行っています。また、普及・研究・行政連絡会議（通称：トライアングル）において、研究課題の選定・評価を行っています。近年の主要成果は、イチゴ栽培においてハダニ天敵の定着促進を目的とした「バンカーシート」、抵抗性に左右されないハダニ防除技術「苗の高濃度二酸化炭素処理」、「電解次亜塩素酸水」を用いた育苗管理による炭疽病防除、「UV-B照射」によるうどんこ病防除等があります。ここでは、現在取り組んでいる課題の概要を紹介します。

1 病害虫×土壌肥料

ブロッコリー根こぶ病、レタスビッグベイン病、タマネギベと病といった土壌伝染性病害が問題となっています。そこで、一筆圃場ごとに土壌理化学性および生物性診断結果をカルテ化するとともに、現在公開されている土壌や気象等に関するデータベースも活用して、効率的かつ経済的な防除技術の開発を目指しています。

2 病害虫×残留分析

県内で広く普及している施設栽培アスパラガスにおいて、酷暑での薬剤散布はかなりの重労働となっており、



レタスベと病レース検定状況



生物検定で確認された根こぶ病



集合写真



ミカンキイロアザミウマ

ナミハダニ

また、散布ムラが原因と思われる防除効果の低下も顕在化しています。そこで、歩行型スピードスプレーヤなどの散布機を用いた省力的な薬剤散布を検討しています。散布ムラの低減を図りながら、安定した防除効果が得られる省力防除技術の開発を進めています。

3 病害虫

1) 虫害：天敵を用いた防除成功の可否は、天敵の放飼タイミングや放飼量、放飼時の害虫発生密度等が肝要であり、それに合わせた薬剤防除も必要です。そこで、イチゴやトマト等の施設栽培において、天敵（バンカーシート）を利用した体系防除の確立やバンカープランツを用いた天敵の誘引と温存の検討等を行っています。

2) 病害：本県ではブロッコリーの作付面積が右肩上がり推移していますが、黒すす病や花蕾腐敗病といった花蕾に生じる病害が問題となっています。また、全国生産量第2位のニンニクでは鱗片部に生じる白絹病が大きな減収要因となっています。そこで、各病害の生態に基づいた防除時期、抵抗性に左右されない生物防除資材について検討を行っています。また、野菜・花き部門と共同でイチゴうどんこ病やアスパラガス茎枯病に抵抗性を有した品種育成も行っています。

（主任研究員 西村文宏）

■訂 正

第 74 巻 8 号, 「脱皮阻害剤 ハエ目昆虫」—シロマジン—に誤りがありました。

490 頁, 2 海外の抵抗性事例の項目, 11 行目

訂正: 「, ププロフェジン (IRAC コード 15)」を削除
訂正してお詫び致します。

学 会 だ よ り

○令和 2 年度日本植物病理学会北海道部会, 開催のお知らせ

令和 2 年度 (2020 年度) 総会・研究発表会を次のとおり開催いたします。

開催日時 研究発表会: 2020 年 10 月 16 日 (金)
9:30~15:30 (終了時間は演題数で変動します)
総会: 13:00~13:30 (総会資料は 12:00~13:00 に映写します)

開催方法 webex meeting (北大が使用しているオンライン会議ツール) にてオンラインで実施

参加手続き 参加および講演ご希望の方は, 参加申込書/講演申し込みを 9 月 16 日 (水) までに, 電子メールにて事務局までお送りください。当日の受付はいたしません。

事務局 〒069-1395 北海道夕張郡長沼町東 6 線北 15 号
(地独)北海道立総合研究機構中央農業試験場
病虫部 小松 勉

広告掲載会社一覧 (掲載順)

BASF ジャパン (株) ……主要品目
三井化学アグロ (株) ……主要品目
バイエルクロップサイエンス (株) ……カウントダウン
(株) ファスマック ……アグリパレット
住友化学 (株) ……主要品目
エス・ディー・エスバイオテック (株) ……ダコニール
日本農薬 (株) ……パレード
日本曹達 (株) ……ピシロック
サンケイ化学 (株) ……主要品目
日産化学 (株) ……グレーシア
アグロカネショウ (株) ……主要品目

TEL: 0123-89-2290 FAX: 0123-89-2060

E-mail: komatsu-tsutomu@hro.or.jp

Homepage: <http://lab.agr.hokudai.ac.jp/byoribukai/bbukai/index.html>

詳細は学会ホームページでご確認ください。

○九州病害虫研究会研究発表会 2020 年秋季大会 (福岡) 中止のお知らせ

本年 11 月に福岡県で開催予定の秋季大会につきまして, 新型コロナウイルス感染状況およびその防止策等の要因で開催を中止することとなりました。

次号予告

次号 2020 年 11 月号の主な予定記事は次のとおりです。

サトイモ疫病の発生生態と防除対策	黒木修一	ジクロベンチアゾクスの特長と使い方	明星亘俊
我が国の農林業害虫クロバネキノコバエ類の分類と生態	末吉昌宏ら	植物防疫講座 病害編: 近年, 我が国で発生した <i>Rhizoctonia</i> 属菌による病害	三澤知央
AI 病害虫雑草診断アプリケーションの開発 (水稻版) について	米倉浩晋ら	虫害編: テンサイに発生する害虫の生態と防除	岩崎暁生
還元消毒処理土壌中におけるトマト萎凋病菌の密度と土壌の化学性の経時変化	門馬法明	研究室紹介: 農研機構 九州沖縄農業研究センター 生産環境研究領域 虫害グループ	真田幸代
沖縄県におけるオクラ立枯性病害の病原菌とその発生実態	大城 篤ら	岡山県農林水産総合センター 農業研究所 病虫研究室	長森茂之
JPP-NET が提供する有効積算温度計算シミュレーションを用いた大阪府におけるオオタバコガの成虫発生時期予測: 気温上昇の影響評価の試み	金子修治		

植物防疫

2020 年
10 月号

(毎月 1 回 1 日発行)

第 74 巻 2020 年 9 月 25 日印刷
第 10 号 2020 年 10 月 1 日発行
(通算 886 号)

編集発行人 早川 泰弘
印刷所 三美印刷 (株)
東京都荒川区西日暮里 5-16-7

定価 965 円
本体 877 円

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

——発行所——

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

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。

新登場

豊かな収穫へ行進!!

野菜用殺菌剤

パレード[®]20
フロアブル



〈写真はイメージです〉



菌核病、灰色かび病、
うどんこ病など

葉菜・果菜の幅広い病害に高い効果を発揮!!
適用作物への薬害リスクが極めて低い!

●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ところには置かないでください。

果樹用に
パレード[®]15
もあります!



日本農薬株式会社

べと病、疫病、白さび病を
ピシッとロック!

農林水産省登録 第23952号

殺菌剤

ピカルブトラゾクス水和剤

ピシロック[®]
フロアブル



【登録作物】

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



HPはこちらから

🔒 新規有効成分ピカルブトラゾクス配合!(FRACコード U 17)

🔒 収穫前日まで使える!(はくさいは収穫3日前まで)



日本曹達株式会社

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



®は日本曹達(株)の登録商標

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



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 鹿児島県鹿児島市南栄二丁目9番地
東 京 本 社 〒110-0005 東京都台東区上野7-6-11

☎(099) 268-7588
☎(03) 3845-7951

速く効く。
あの害虫にも効く。
だから、
収量に差がつく。^{*2}

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

対象害虫の 幅広さ

チョウ目害虫や
アザミウマなど
幅広い害虫^{*1}に効く。

効きの速さ

有効成分が直接
害虫に作用するから、
作物が食べられる前に
駆除できる。

野菜・
茶用
殺虫剤

グレーシア[®] 乳剤



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

^{*1} 作物によって適用害虫は異なります。詳しくはWebをご覧ください。 ^{*2} 効果は害虫の発生密度や天候、栽培環境等によって異なる場合があります。



お客様窓口

TEL.03-4463-8271
(9:00~17:30 土日祝日除く)

東京都中央区日本橋二丁目5番1号
<https://www.nissan-agro.net/>



 日産化学株式会社

いい土から、いい作物。

アグロカネショウの土壌消毒剤



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
<https://www.agrokanesho.co.jp>

■製品のお問い合わせ

アグロ カネショウ(株)お客様相談係

04-2944-1117