

平成 27 年度日本植物病理学会九州部会 第 39 回シンポジウム要旨集

1) 病害診断の現場から 「長崎県の事例」

—PCR-DGGE 法によるアスパラガス立枯病の圃場診断の試み— p1-6

長崎県病虫害防除所
北島 有美子

2) 病害診断の現場から 「熊本県の事例」

—普及組織と連携した病害診断の現状と課題— p7-16

熊本県農林水産部生産局
農業技術課農業技術支援室
戸田 世嗣
熊本県農業研究センター生産環境研究所
病虫害研究室予察指導係（病虫害防除所）
児玉 賢幸

3) 転炉スラグを用いた持続的土壌 pH 矯正による 土壌伝染性フザリウム病の被害軽減効果 p17-21

農研機構・東北農業研究センター
生産環境研究領域
門田 育生

資料の取り扱いについて

本資料掲載の知見等については、複製、転載および引用にあたって、必ず原著者の了承を得たうえで利用してください。

長崎県の事例

—PCR-DGGE 法によるアスパラガス立枯病の圃場診断の試み—

長崎県病虫害防除所

北島 有美子

m-yumiko@pref.nagasaki.lg.jp

The case of Nagasaki prefecture

Attempt of field diagnosis of asparagus *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi*

by PCR-DGGE method

Yumiko Kitajima

Nagasaki Prefecture Control Station for Pests,

3170 Obunakosi, Isahaya, Nagasaki, 854-0062, Japan

Abstract

Pest diagnosis requests in Nagasaki Prefecture have been increasing year by year, and in 2014 622 cases were requested. The diagnosis requests of vegetables accounted for about 70% of the total, of which the requests about strawberry, ginger, asparagus, tomato, grape tomato and onion are many, so we are struggling on their correspondences. In Nagasaki prefecture, *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* particularly has become a problem, so I tried a field diagnosis of the pest by PCR-DGGE method. The results suggested that this method could be an indicator for selecting the way of replanting asparagus.

はじめに

長崎県病虫害防除所では、病虫害診断が業務の大きなウエイトを占めている現状にある。演者は平成 25 年度から野菜類および花き類を担当しており、本稿では長崎県における病害診断の現状について、最近の事例を交えながら紹介する。

1. 病虫害診断の現状

長崎県病虫害防除所では、毎年 500 件を越える病虫害診断を行っており、直近 3 年の診断件数は、H24 年度 524 件、H25 年度 550 件および H26 年度 622 件と年々増加している。内訳は、野菜類の診断依頼が全体の約 7 割を占めており、特にイチゴ、ショウガ、アスパラガス、トマト・ミニトマト、タマネギの診断依頼が多い。次いで花き類が 2 割を占めており、そのなかでもキク、トルコギキョウの診断依頼が多い。花き類では、特にモザイク症状等のウイルス病の診断依頼が多くなっている。その他ではかんきつや水稻の診断依頼が主となっている。病原体別でみると、H26 年度では糸状菌が 197 件で最も多く、細菌が 41 件、ウイルスが 30 件であった。診断方法の流れとしては、一次診断で病徴、標徴を観察し、二次診断で病原菌の分離培養、生物検定、PCR 等を行っている。本県では、病虫害防除所で受付し診断を行っているが、必要に応じ農林技術開発センターや技術普及班等の協力を要請している。

2. 病害診断事例

1) イチゴ

本県では、イチゴの診断依頼が最も多く、特に定植前の6月から9月までの期間には炭疽病 (*Glomerella cingulata*) の診断依頼が多い。炭疽病は育苗中に発生すると、感染が疑われる周囲の苗も処分せざるを得なくなるため、苗の確保に係る重要な病気である。その症状であるランナーや葉柄の黒色で陥没した病斑は、特に輪斑病の初期病斑と類似するため現場での判別が難しく、そのような症状の診断依頼も多い。

診断では、まず病斑部位を顕微鏡で観察する。検鏡で炭疽病菌の分生子が検出される場合もあるが、検出されない場合は病斑部位を30分以上流水中で水洗後、25℃で数日置くと分生子が確認される。培地上で菌叢を観察する場合は、病斑部と健全部の境界部切片を2%素寒天培地に25℃で2日静置し、伸張した菌糸先端部をPDA培地に移植し25℃で2～3日培養すると、両病原菌の菌叢の形状の違いにより診断することができる。

最近、経験年数の短い普及指導員やJA指導員の割合が高くなっていることから、現場での診断能力向上のため、今年度から普及指導員およびJA指導員を対象に、イチゴの炭疽病と輪斑病の見分け方の研修を行い、圃場で即座に判断できる簡易な診断法について指導を行っている(図1)。



図1 イチゴの炭疽病と輪斑病の見分け方

2) ショウガ

ショウガでは根茎の腐敗，地上部の立枯を起こす症状の診断依頼が多い．そのような症状には根茎腐敗病，腐敗病，立枯病があるが，中でも8～10月に多いのが根茎腐敗病である（図2）．根茎腐敗病は種しょうがによって伝染するほか，土壌伝染するため，重要な病害であり，依頼件数も年々増加している．診断は，病徴のみで判断がつかない場合には，病斑部と健全部の境目を検鏡する．すぐに *Pythium* 属菌の卵胞子が観察される場合もあるが，植物体の組織等によって見えにくい場合は，15%KOH に1～2日浸漬すると観察が容易となる．また，新鮮な病斑部を2%素寒天培地に置床すると，数日で *Pythium* 属菌が検出される．



図2 ショウガ根茎腐敗病

3) トマト・ミニトマト

トマト・ミニトマトでは，萎凋病や根腐萎凋病，褐色根腐病の診断，葉かびとすすかびの診断依頼が多いが，特に青枯病の診断依頼が多い．ここ数年，重油の高騰等により抑制栽培が増えてきており，本県では特にミニトマトの抑制栽培が増加している．また，促成栽培でもコナジラミ類の防除対策が確立されたことにより，定植開始時期が9月頃から8月頃へと早まっている．このように定植が高温の時期に移行したことにより，青枯病の発生が増加したものと考えられる．本病の症状として，下葉の枯れや株のしおれがあり，その地際部を切断すると導管部は褐変しており（図3），切断面を水に浸すと乳白色の菌泥が漏出することから，容易に診断できる．切断面を水に浸すだけの診断で他の病害との判別が困難な場合は，原・小野培地等の選択培地を用いコロニーの形態で確認を行う（図4）．



図3 導管の褐変症状



図4 原・小野培地上でのコロニー形態

4) キク

花き類の中では、キクの診断依頼が最も多く、特に葉のモザイク症状やえそ症状を示すキク茎えそ病やえそ病の依頼が多い。罹病株から採穂して育苗すると、苗にウイルスが伝染することから、親株の保毒を懸念する生産者からの依頼が多くなっている。

本県では、平成23年に施設栽培のキクにおいて茎のえそ症状が発生し、RT-PCR法による検定を行ったところキク茎えそウイルス（CSNV）が検出され、キク茎えそ病が初めて確認された（平成23年度病害虫発生予察 特殊報第1号）。キク茎えそ病を発症した植物体は、茎に明瞭なえそ症状を生じ、葉柄基部に同症状が生じると葉が垂れ下がることもある。葉には退緑・えそ症状を生じることもあるが、病徴は品種によって異なる（図5）。明瞭な茎えそ、葉の退緑・えそ斑、輪紋、奇形などの茎えそ病の症状は、トマト黄化えそウイルス（TSWV）によるキクえそ病（図6）と類似している（松浦ら 2007）が、茎えそ病の方が茎のえそ症状が激しく、葉の退緑・黄化は軽い傾向にある。ただし、病徴での診断は難しいため、遺伝子診断等により判別している。



図5 CSNVによる茎・葉のえそ症状と葉の垂れ下がり



図6 TSWVによる葉のえそ症状

3. フザリウム群集構造に基づくアスパ

ラガス連作危険度判定方法の長崎県圃場における適用性

本県ではアスパラガスの診断依頼も多く、なかでも立枯病の診断依頼が多い。その症状は若茎の曲がりや維管束の褐変等であるが、茎枯病や斑点性病害とは異なって圃場での判断が難しいため、立枯病の診断依頼が多くなっているものと考えられる。通常の診断では、2%素寒天培地を用いて菌を分離して行っている。しかし、立枯病と診断された場合でも、アスパラガスが永年作物であることから、栽培期間中は土壌消毒のような対策が難しく、発生の拡大を抑えることが困難な病害である。そのため、本病の発生圃場では改植時に土壌消毒等の防除を行うしかないが、本病の発生圃場における改植の要否や土壌消毒方法の判断基準がなく、生産現場では苦慮している。現実的な本病の対策としては、改植に伴う土壌消毒が考えられるが現状では生産者に改植を決断させる判断材料が乏しいために、徒に、発生拡大につながっているものと考えられる。

一方、浦嶋ら(2009, 2010, 2012, 2014)によって、圃場のフザリウム群集構造における立枯病菌 (*Fusarium oxysporum* f.sp *asparagi*) のバンド割合 (以下、FO 割合) に基づいた連作危険度判定法の作成が試みられているが、FO 割合と欠株率との関係が十分に明らかではなく、改植時の判定基準の確定には至っていない。

そこで、筆者らは県下7圃場から土壌を採取し、FO 割合と欠株率との関係についてPCR-DGGE法を用いて解析した (図7)。その結果、欠株率5%以上の圃場ではFO 割合が70%以上、欠株率1~5%未満の圃場では50~60%と、生育が悪い圃場で高い傾向が認められ、FO 割合が本病発生圃場における改植法選択のための指標の一つとなり得ることが確認された。しかし、本手法による立枯病診断には検討する点も多いので、長崎県農林技術開発センターでは、本手法の現場での活用に向けた取り組みをすすめている。

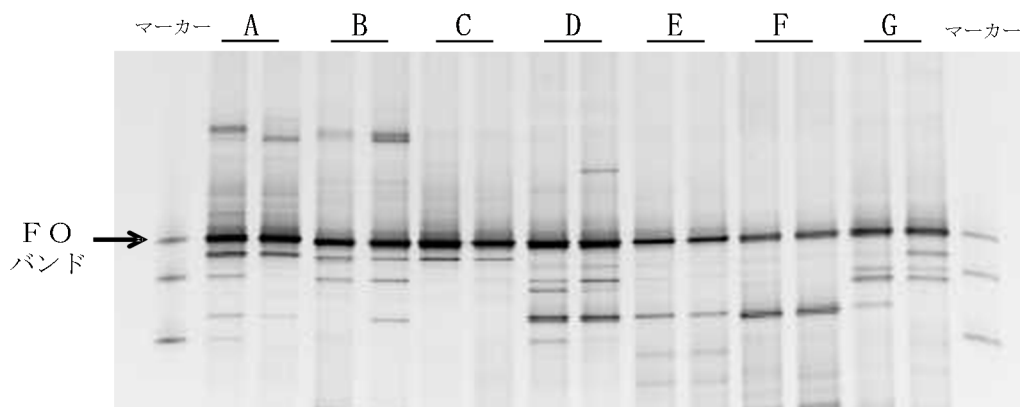


図7 長崎県のアスパラガス圃場土壌のPCR-DGGE バンドパターン

おわりに

筆者がこれまでに診断業務で苦戦したのは、依頼者からの聞き取りであった。正しく病害虫を同定するためには聞き取りで現場の状況を十分把握しなければならないが、聞き取りが不十分で状況把握ができなかったり、診断依頼者自身が十分に発生状況を把握できていない場合もある。植物体の一部だけを持ち込んで依頼されることもあるので、聞き取りの重要性を痛感している。また、病害虫名が判明し、防除方法等を指導後の経過について、日々の業務に追われて十分に確認できていないケースもあり、その診断事例を他の診断に活かしきれていない。

今後は、診断結果を依頼者に返答することが“終了”ではなく、その後も関係機関と綿密に情報交換を行いアフターフォローすることで現地の状況把握と防除対策に努めていきたい。そして、生産者にとって一番重要ことは何かを念頭に置き、日々の診断業務を行っていきたい。

引用文献

- 松浦昌平・久保田健嗣・奥田充（2007）*Chrysanthemum stem necrosis virus (CSNV)*によるキク茎えそ病（新称）。日本植物病理学会報 73(1)：68
- 浦嶋泰文・園田高広・浦上敦子（2009）アスパラガス生育不良要因解明のための土壌微生物群集構造解析。土と微生物 63(2)：113
- 浦嶋泰文・藤田祐子(2010)アスパラガス連作障害の圃場診断法の開発。日本土壌肥料学会講演要旨集 (56)：31
- 浦嶋泰文・田川 愛・仁井智己・芳賀紀之・浦上敦子・生部和宏・陣野信博・唐澤敏彦・長岡一成・橋本知義（2012）アスパラガス連作障害圃場の土壌微生物群集構造解析。土と微生物 66(2)：90
- 浦嶋泰文（2014）アスパラガスの連作障害回避のための改植マニュアル（第1版） 2．原因診断Ⅰ（DGGE法によるフザリウム属菌の判定）5－8

病害診断の現場から「熊本県の事例」

－ 普及組織と連携した病害診断の現状と課題 －

熊本県農林水産部生産局

農業技術課農業技術支援室

戸田 世嗣

熊本県農業研究センター生産環境研究所

病害虫研究室予察指導係（病害虫防除所）

児玉 賢幸

Current state of diagnosis for plant disease in Kumamoto prefecture.

Seishi Toda

Agricultural Technology Support Office

Agricultural Technology Division

Kumamoto Prefecture

1-18-6 Suizenji, Kumamoto-City, Kumamoto Pref., 852-8570 Japan

Takayuki Kodama

Kumamoto Prefectural Agricultural Research Center

3801 Sakae, Koshi- City, Kumamoto Pref., 861-1113 Japan

I. ICTを活用した病害虫診断

1 熊本県における病害虫診断のフロー

本県における病害虫診断は、図1の流れとなっている。生産者から「農業普及・振興課（以下、普及・振興課）」またはJAに持ち込まれる。また、JAで回答が難しい場合は、農業普及・振興課へと依頼される。さらに、普及・振興課でも、原因を明らかにできないものについて農業技術支援室（以下、支援室）に診断が依頼される。

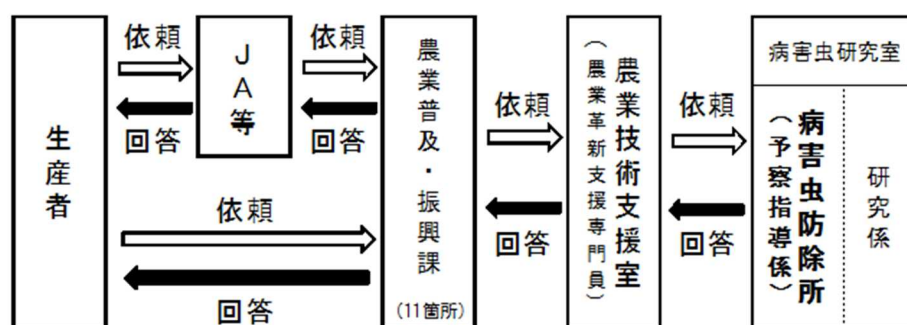


図1 熊本県における病害虫診断依頼のフロー

普及・振興課から支援室に診断を依頼する際は、診断依頼書の添付を義務づけている(図2)。病害虫の診断で重要となる、現地観察による症状や発生状況、前作での発生状況、防除履歴等の項目を記入してもらう。さらに実体顕微鏡や光学顕微鏡による観察結果などなど、普及・振興課における診断結果も書くようにしている。

支援室では、診断依頼書と持ち込まれたサンプルから、検鏡や経過観察をし診断を行っている。

病害虫診断依頼書

依頼内容

- 1)作物名: 品種名: (台木) 樹齢: 年生
- 2)栽培概要(播種: 定植日: 交配日: 開花期:)
- 3)栽培様式(露地・ハウス・その他=)
- 4)現地観察(現地を確認した・聞き取りのみ・していけない)該当するものを○で囲む
 - ①症状
＊写真も同時に(全体や症状のアップ)
＊初期症状から症状が進んだものまで
 - ②発生時期、発生程度
＊いつから発生していたのか、どれくらいの割合で発生しているか
 - ③圃場内の発生状況(圃場内の発生場所、点々と・坪状に等)
＊どの場所で発生が多いか(施設の開口部付近、暖房機の近くなど)
 - ④土壌pH,EC:
＊生理障害との関係が深い
- 5)聞き取り内容
 - ①前作(前年)の栽培作物・異常症等の有無:
＊その時とった対策も
 - ②現在までの栽培管理状況(施肥、除草剤、摘葉等):
＊葉面散布剤も含めて
 - ③現在までの防除対策(農薬名等):
＊濃度や混用も
＊直前の農薬散布は詳しく(散布時刻や)
- 6)依頼機関での診断結果(検鏡、班内での検討内容)
 - ①診断、検鏡の結果:
＊病害か虫害かの初期判断
 - ②班内等での相談結果:
＊まずは先輩に聞いてみる。
＊資料やネットで検索
 - ③診断結果
- 7)診断依頼の内容(症状、病害虫名等を具体的に)

図2 診断依頼書様式

支援室での診断が困難なウイルス病等の各検定や菌の分離・培養による検定による診断が必要な場合は、農業研究センター病害虫研究室予察指導係(病害虫防除所以下、防除所)または果樹研究所(病害と虫害の担当研究員)に診断を依頼する。

2 ICTを利用した病害虫診断

熊本県では、平成25年度から普及指導の現場へ、ICT(Information and Communication Technology)を導入し、普及指導活動の機能強化に取り組んでいる。

普及指導現場へのICT導入の背景としては、本県では県内を11の地域に区分し、4地域に広域本部を7地域に地域振興局を設置している。各広域本部と地域振興局には、普及・振興

課が設けられ、水稻などの土地利用型作物から園芸、畜産、経営などを担当する普及指導員を配置し、普及活動を展開している。

近年、全国の普及指導員数は減少傾向にある。本県では、平成 21 年度に各地域の普及担当部署と一般農政事務担当部署が統合され、現在、普及指導員が普及と行政事務の両方を担当する体制となっている。しかし、全国的にみても普及指導員数は減少傾向が続いており（図 3）、普及指導員の現地活動時間は年々減少しており、また、昭和 50 年代に採用されたベテラン普及指導員の大量退職で若手職員の割合が高く、現場における指導能力の向上や活動時間の確保が課題となっている（図 4）。

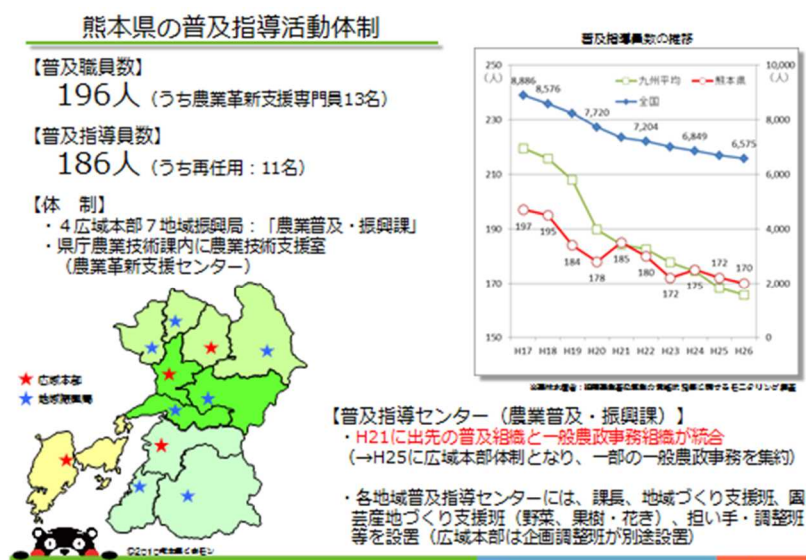


図 3 熊本県における普及指導活動体制



図 4 普及活動における課題

これらの課題を、①農業者への技術指導の迅速化、②情報共有化による効果的普及活動の展開、③活動記録等のデータベース化による現場指導力の強化によって解決することを目的にICT（iPad）を導入した。

上記、病害虫診断のフローの中で、普及・振興課から支援室の依頼と支援室から普及振興課への回答にICTを活用している。

いままでも、現場でデジカメで撮影した画像データを県庁の専用メールに添付し送ってもらい、診断することもあったが、出張等で職場に不在であれば、その処理はできなかった。しかし、ICTの使用によって、職場以外でも現場から送られてくる画像データや発生状況等の情報から、病害虫が原因となる障害であるかの判断やその対策の指示が可能となった。また、画像データだけでは診断が難しい場合でも、サンプルの採集や持ち込み期日の指示が的確に行えるようになった(図5、図6)。

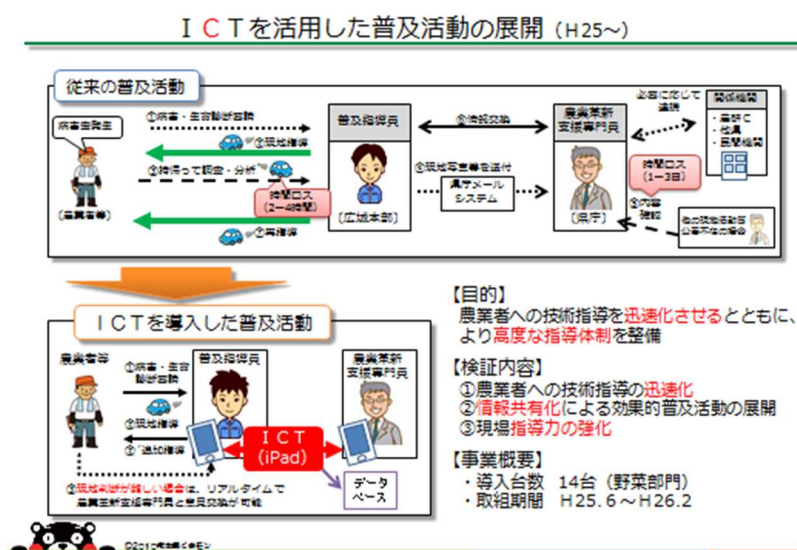


図5 ICTを活用した普及活動のイメージ



図6 ICTを活用した病害虫診断の実例

ただ、現状のシステム上、送付できる画像データは3枚と限られている。そのため、病害虫の特徴的形態や症状を的確に捉え撮影し送付することが求められるが、診断を行う際に必要と思われる画像データが欠落している場合もある。病害診断においては、病原菌の菌糸や胞子の画像データもあれば、診断も容易となるため、検鏡結果の画像データも送付するよう求めて行きたい。

情報の共有化に関しては、生理障害か病害虫による障害かわかりにくい場合であっても、各作物担当支援専門員と病害虫担当支援専門員の両方にデータを送ることができるため、両支援専門員の意見や回答をお互いに共有しながら意見交換や回答が可能となった。

また、診断結果のデータベースを見ることで、過去の結果も共有することができている。

現場指導力の強化においては、診断結果のデータベースや他県、関係機関のデータベースの利用等により、迅速な病害虫の診断とその対策指導が可能となった。

3 今後の課題

今後の課題としては、データベースだけに頼ることなく、自ら形態観察や検鏡し、図鑑や各資料との照合による病害虫診断を行うことや、現場での病害虫の発生状況や対策指導の経験を積み重ねていくことは、普及指導員の資質向上にとって不可欠であり、ICTを利用した病害虫診断の要請や資料の検索だけに頼ることのないように、若手の普及指導員を指導して行きたい。

Ⅱ. 病虫害防除所における診断の実際

1. はじめに

熊本県病虫害防除所(以下、防除所)では、病虫害発生予察事業における生産現場に対する防除指導の一環として、病虫害診断業務を行っている。ここでは、防除所における病害診断の現状等について紹介する。なお、野菜類および花き類の診断依頼がほとんどのため、この2部門を中心に取り上げる。

2. 病害診断の実際

当所に対する診断依頼は、原則として農業技術支援室(以下、支援室)を通じて行われ、その際は、サンプルに農業普及・振興課(以下、普及・振興課)から提出された診断依頼書が添付される。サンプルは原則として植物体全体を対象としている。これは、採取者が引き抜いた際の根張り状況等を確認するためである。依頼前に支援室において、生理障害を含めた一次診断が行われるため、当所への依頼は菌の分離・培養やウイルスの各種検定(血清診断、遺伝子診断)等の専門設備・機器を要する診断が大部分を占めている。

持ち込まれたサンプルは、まず、肉眼や顕微鏡で再度観察を行い、生理障害の可能性が無いか検討する。前述のとおり支援室において栽培技術担当者も含めた一次診断が行われているため、分かりやすい標徴がみられることはまず無い。しかし、普及・振興課職員も含め、分野の異なる複数の目でチェックすることは、生理障害等病害以外の可能性を排除する上で有効であると考えている。

病害と考えられる場合、同時に病原体を想定し、次の段階へ進む。糸状菌・細菌については、想定される菌種に応じて分離法を選択する。例えば、疫病が疑われる場合は、薬剤による表面殺菌を行わない等である。ウイルスが原因と考えられる場合は、症状からウイルス種を想定し、生物検定やELISAによる同定を行う。生物検定により種を特定できなかった場合やELISAによる診断結果で疑陽性がでた場合、または想定したウイルスに対する抗体が市販されていない場合は、RNAやDNAの抽出を行う。抽出後、PCRにより感染の有無を確認する。

近年は、CMV(*Cucumber mosaic virus*)やトマトかいよう病(青枯病と誤診しやすい)等を対象に市販キットによるイムノクロマト法による同定も行い、診断業務の効率化を図っている。

3. 診断依頼状況

直近の5年では、診断依頼の件数は年間76~36件で推移しており、年々減少傾向にある(図1)。また、部門別にみると、野菜類と花き類の割合が高く、毎年依頼があり、件数では前者が多い。一方、普通作(水稻、麦類、大豆)については、平成22年~平成24年には依頼があったものの直近2年間では実績がない(図1)。

4. 診断状況

1) 全体

過去5カ年の診断結果をみると、ウイルス、糸状菌、細菌の順で多かった(図2)。なお、種の同定までできなかった不明の件数も多いが、これらについては、いくつかの病害の可能性を考えながら対策を指導している。

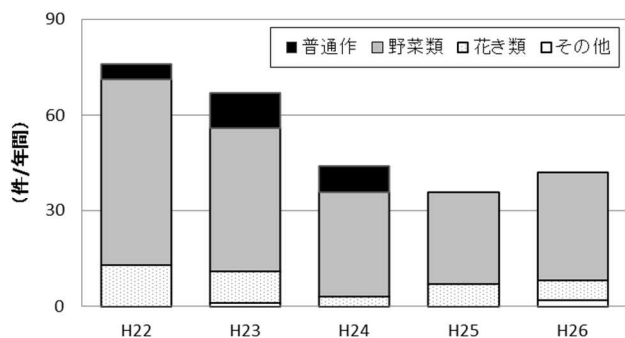


図1 病害診断依頼件数の推移

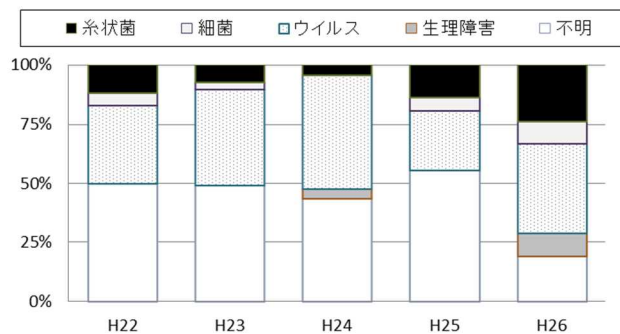


図2 病害診断結果の割合(全体)

2) 野菜類

前述のとおり、野菜類は、毎年診断依頼があり、その件数が最も多い部門である。その内訳は、トマトが最も多く、次いでメロン、キュウリと続く(図3)。トマトは毎年、最も多く依頼があり、ピーマンおよびウリ科野菜(メロン、キュウリ)は近年減少傾向にある。これは、後述するウイルスの発生状況が影響しているものと考えられる。

過去5カ年の診断結果の割合は、ウイルスおよび不明が高かった(図4)。

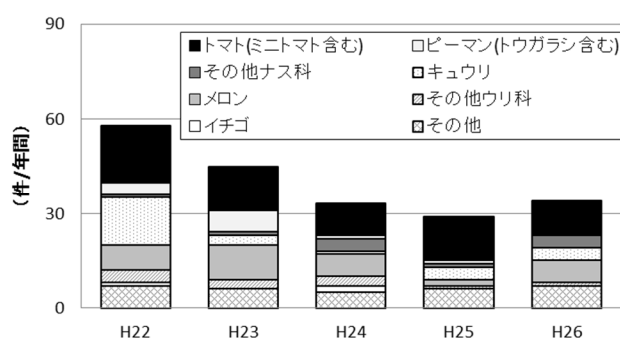


図3 野菜類の病害診断依頼件数の推移

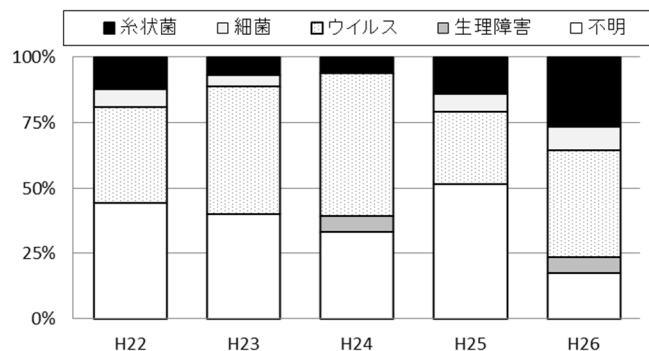


図4 野菜類の病害診断結果割合

以下に、過去5カ年での野菜類における診断事例の一部を挙げる。

トマトは、トマト黄化葉巻ウイルス(TYLCV)による黄化葉巻病(大貫ら, 1997)、トマト黄化ウイルス(ToCV)による黄化病(福田ら, 2011)を疑った診断依頼が多い。国内のTYLCVには、イスラエル系統(イスラエル株に近縁な株)とマイルド系統(マイルド株に近縁な株)の2系統が存在する(上田, 2008)。九州で発生しているTYLCVはイスラエル系統のみであった(本多, 2006)が、平成23年に県内でマイルド系統の発生を認めている(樋口, 2014)。ToCVは、平成20年に国内で初めて発生が確認されたクリニウイルス属のウイルスであり、本県では平成23年に初確認し、その後ほぼ毎年発生を確認している。また、平成26年には、キク茎えそウイルス(CSNV)による茎えそ病(仮称)(桑原ら, 2008)が発生し、特殊報を発表している(図5)。また、近年、細菌性病害である青枯病も多くなっている。



図7 CSNVによるトマト茎えそ病(仮称)

ピーマンは、平成 24 年まで、トマト黄化えそウイルス(TSWV)による黄化えそ病がほぼ毎年のように確認されている。また、平成 26 年には *Colletotrichum scovillei* Damm, P.F. Cannon & Crous (旧 *Colletotrichum simmondsii*) による炭疽病の発生を確認し、特殊報を発表している。

キュウリでは、メロン黄化えそウイルス(MYSV)による黄化えそ病(竹内, 2002) (図 6), ブッキーニ黄斑モザイクウイルス(ZYMV)によるモザイク病の発生が確認されている。

メロンは、メロン黄化えそウイルス(MYSV)による黄化えそ病、メロンえそ斑点ウイルス(MNSV)によるえそ斑点病(久保ら, 2005)が発生している。ウリ類退緑黄化ウイルス(CCYV)による退緑黄化病(行徳, 2008)については、発生確認当初は診断依頼が多かったが、近年は少ない。

スイカは、CCYVによる退緑えそ病が診断依頼において平成 21 年に初めて確認されている(平成 21 年度特殊報第 2 号) (図 7)。



図6 MYSVによるキュウリ黄化えそ病



図7 CCYVによるスイカ退緑えそ病

3) 花き類

前述のとおり、花き類も毎年診断依頼がある。その内訳は、キクが最も多く、次いでトルコギキョウである(図 8)。

過去 5 カ年の診断結果の割合は、ほとんどの年度で不明が最も高く、次いでウイルスであった(図 9)。

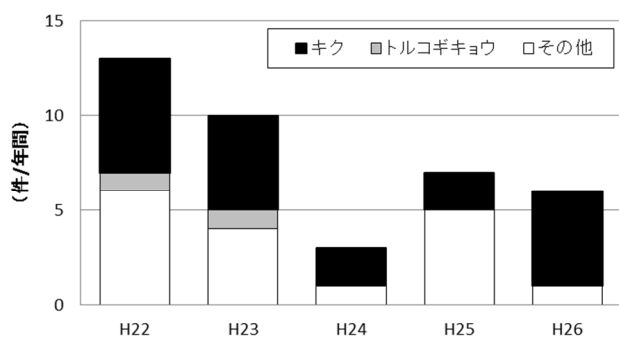


図8 花き類の病害診断依頼件数の推移

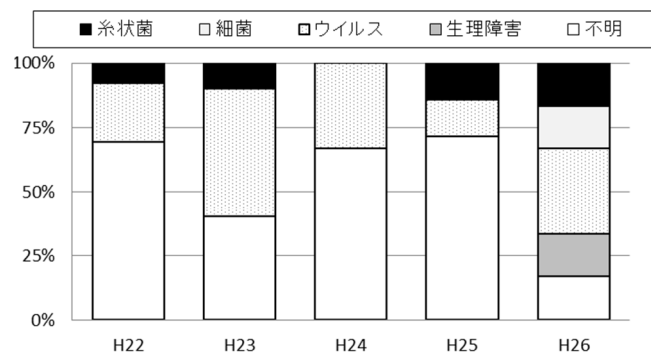


図9 花き類の病害診断結果割合

以下に、過去5ヵ年での花き類における診断事例の一部を挙げる。

キクは、CMVによるウイルス病、TSWVによるえそ病(加藤ら, 2000)、CSNVによる茎えそ病(松浦, 2010)の発生がみられる。CMVとTSWVについては、重複感染も確認されている。

ホオズキやエビネでは、汁液接種によりウイルスの感染が確認されている。

5. ICT導入による変化

本県では、平成25年度から普及指導の現場へ、ICTを導入し、普及指導活動の機能強化に取り組んでいる。ICTを活用した診断依頼が本格化したのは平成26年度からであるが、診断件数や依頼内容に大きな変化はみられない。これは、前述のとおり、当所に求められるのが、菌の分離・培養やウイルスの各種検定等の専門設備・機器を要する診断であるためと考えられる。

一方、ICT導入以前はサンプルの採取部位が不適切であったり新鮮でないことが度々あったが、導入後は現場と支援室間の連絡・指示がより密になったためか、以前よりも新鮮であることが多くなったと演者は感じている。これは、菌分離等を行う病害診断において非常に重要である。

今後は、病徴等の写真や活動記録等が蓄積・共有化されることで、現場の指導力がさらに向上することに期待したい。

6. 今後の課題

生産現場の病害虫診断は、生産者等に対し診断結果・防除対策を迅速に返すことが期待される。しかし、それを実現するためには、普及指導員個々に高い能力が求められる。本県で導入されたICTは、主に診断依頼を円滑に行うためのツールである。したがって、普及指導員の診断能力向上は、依然として重要な課題である。また、近年、新規採用職員等の若手職員の配属先は、普及・振興課である場合が多く、その重要性は以前より高まっている。

防除所では、支援室が行う普及指導員研修において、病害虫診断の講義や実習を担当し、普及指導員の診断能力向上を支援している。また、本県で普及していないイムノクロマト法等の診断技術については、指導現場で使えるかどうかといった観点で実用性の確認等を行い、導入を支援している。当所では、これからもこれら活動を通じて、本県の病害虫診断の底上げに貢献したいと考えている。

引用文献

大貫正俊・小川哲治・加藤公彦・花田薫(1997). 長崎県のトマトに発生したジェミニウイルスの塩基配列. 日植病報 63(6):482

上田重文(2008). トマト黄化葉巻病の流行と予防ー国内初発生から 10 年の経緯を踏まえてー. 植物防疫 62: 414-417

本多健一郎(2006). トマト黄化葉巻病と媒介コナジラミ, 防除法を巡る研究情勢と問題点. 野菜茶業研究集報 3: 115-122

樋口聡志(2014). 九州地域におけるタバココナジラミの発生と防除. 応動昆 58: 333-341

福田充・廣田知記・夏秋知英(2011). 栃木県に発生した *Tomato chlorosis virus* によるトマト黄化病. 植物防疫 65: 542-545

桑原克也・酒井宏(2008). *Chrysanthemum stem necrosis virus* (CSNV) によるトマト茎えそ病(新称). 日植病報 74(3):225

竹内繁治(2002). メロン黄化えそウイルス(MYSV)によるキュウリ黄化えそ病の被害と防除対策. 植物防疫 56: 505-508

久保周子・竹内繁治・長岡(中蘭)栄子・一木(植原)珠樹・竹内妙子・大村敏博(2005). メロンえそ斑点ウイルスのメロンへの感染と 果肉劣化との関連解析. 関東東山病害虫研究会報 52: 47-50

行徳裕(2008). メロンおよびキュウリ退緑黄化病(仮称)の発生と防除対策. 植物防疫 62: 424-426

加藤公彦・花田薫(2000). 日本に発生したトマト黄化えそウイルス(TSWV)によるキク(*Chrysanthemum morifolium* Ramat)えそ病. 九病虫研究会報 46: 61-65

松浦昌平(2007). キクに発生するトスポウイルス. 植物防疫 62: 235-238

転炉スラグを用いた持続的土壌 pH 矯正による 土壌伝染性フザリウム病の被害軽減効果

農研機構東北農業研究センター 生産環境研究領域

門田 育生

kadota@affrc.go.jp

Suppression of Soil-Borne Fusarium Disease by Soil pH Correction with Fertilizer Made of Converter Furnace Slag

Ikuo Kadota

NARO Tohoku Agricultural Research Center,
4 Akahira, Shimokuriyagawa, Morioka city, Iwate 020-0198, Japan

Abstract

Soil-borne diseases caused by *Fusarium oxysporum*, spinach Fusarium wilt, lettuce root rot, strawberry Fusarium wilt, and celery Fusarium yellows were suppressed by soil pH correction with fertilizer made of converter furnace slag. The optimum soil pH is about 7.5 for effective suppression of the diseases and for normal growth of the crops. The growth of the pathogen of *Fusarium oxysporum* was not suppressed in soil at pH7.5.

はじめに

土壌病害の発生は野菜や畑作物を栽培する上で極めて深刻な問題であり、産地形成された地域がこれによって壊滅的な状況に追いやられた事例は多い。中でも、フザリウム属菌による土壌病害はその広範な宿主範囲から大きな被害をもたらしている病害の一つである。その主な対策としては抵抗性品種の利用と土壌消毒が挙げられるが、抵抗性品種は全ての作物で十分に育成されている状況になく、またこれを侵す新たな病原菌系統の出現で抵抗性は崩壊する。一方、土壌消毒は必ずしも十分な防除効果を上げるとは限らず、その持続期間は限定的である。このため、いったん土壌病害が発生すると、その病原菌系統に対応する抵抗性品種の導入や、土壌消毒の繰り返しに追われる状況となることから、新たな技術の開発が求められているところである。

従来から我が国では、消石灰や炭酸カルシウムなどを主成分とする石灰質肥料で土壌の酸性改良が実施されてきたが、フザリウム属菌による病害について、土壌 pH が高くなるにつれて発生が少なくなる傾向があることが 1950 年代から報告されるようになった（木谷清美ら, 1957）。この現象は、土壌の酸性改良という極めて基礎的な対策が本病には有効であることを示しており、耕種的防除法としても位置付けられている。ただし、土壌 pH を上げ過ぎると作物に微量要素欠乏症を引き起こすため、作物の健全な生育を維持しながら被害を軽減させることは難しかった。ところが、微量要素を豊富に含む転炉スラグを原料とした石灰質肥料で酸性改良すると、pH7.5 程度でも微量要素欠乏による生理障害を生じず、しかもその矯正効果が数年にわたって維持されることが明らかにされてきた。実際、こうした転炉スラグの特性を利用して適切な土壌 pH 値に矯正することで、作物に生理障害を引き起こすことなく、アブラナ科野菜根こぶ病（後藤・村上, 2006, 岩間ら, 2011）やキュウリホモプシス根腐病（岩舘, 2014）の被害が軽減されることが報告されている。そこで、フザリウム属菌による土壌病害についても、土壌の酸性改良を実施する条件を詳細に検討すれば、被害の軽減につながる可能

性が高いと考えられる。

我々はこれらの知見に基づき、土壌 pH 矯正を核としたフザリウム性土壌病害の被害軽減技術を開発するための各種試験を行ったのでその概要を報告する。なお、本研究は 2012～2014 年に実施された農林水産省の「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業）： 転炉スラグによる土壌 pH 矯正を核としたフザリウム性土壌病害の耕種的防除技術の開発」によって得られた成果であり、東京農業大学、青森県産業技術センター農林総合研究所、岩手県農業研究センター、宮城県農業・園芸総合研究所、福島県農業総合センターとの協同研究として実施した。

1. 土壌 pH 矯正が土壌病害の発病に及ぼす影響

土壌 pH をどの程度矯正すれば効果的な被害軽減効果が得られるのか、また矯正後の土壌において栽培する作物種を変更する場合に問題がないかどうかが本技術を開発する上で重要と考えた。そこで、まずはフザリウム病の被害が実際に発生しているハウレンソウ、レタス、イチゴおよびセルリーの 4 作物を選定して各種の試験を行った。また、土壌 pH の測定方法や指定した土壌 pH に矯正するための転炉スラグ施用量の決め方、接種における菌密度の測定方法や接種方法をできるだけ統一して、各研究機関で作目ごとに分担して試験を実施した。

その結果、ポット試験では土壌 pH が高くなるにつれて発病が徐々に抑制され、pH7.5-8.0 程度まで矯正しても供試した 4 作物については生育に与える影響はほとんど認められなかった。なお、ハウレンソウを用いた試験で土壌 pH8.2 に矯正した場合、葉色が淡くなり、根の生育も抑制される生理障害が発生した。そこで、圃場を使った被害軽減の実証試験では pH7.5 前後を矯正目標値とすることとした。

1) ハウレンソウ萎凋病

本病が発生している農家圃場（パイプハウス）に転炉スラグを施用して土壌深 10cm を pH7.5 に矯正した区（転炉スラグを 2t/10a 施用）と、未矯正区（pH5.6～5.9）についてハウレンソウを栽培した。また、本圃場では同一年に 3 作栽培しいずれも本病の発生があったので、これらについて発病調査した。その結果、3 作とも土壌 pH 矯正区が未矯正区と比較して発病度が低かった（図 1）。その際、外観健全株について草丈および株当たり調整重を測定したところ、土壌 pH 矯正区と未矯正区との間に違いはなく、土壌 pH 矯正がハウレンソウの生育に与える悪影響はないと考えられた（岩館, 2012, 岩館, 2014）。

なお、土壌の EC が高くなるとハウレンソウの生育が抑制されるが、EC が高い状態で転炉スラグを施用すると生育がさらに抑制された。したがって、本技術を導入する際には土壌分析結果に基づいて土作りを正しく行うことが重要と考えられた。

2) レタス根腐病

本病が発生している農家圃場（露地）に転炉スラグを施用して土壌深 30cm を pH7.5 に矯正した区（転炉スラグを 3.7t/10a 施用）と、未矯正区（pH6.2）についてレタス（品種「サウザー」）を栽培し、地上部と地下部に分けて発病度を求めた。その結果、地下部については矯正区が未矯正区と比較してやや発病度が低かった。地上部でも同様の傾向であったが、矯正区において明らかに発病度が低かった。

上記の試験を実施した農家圃場ではレタス根腐病菌レース 1 が感染していた。そこで、本菌のレース 1 に対する品種の耐病性を検定し、6 品種を耐病性ありと判定した。耐病性と判定した品種「ラブ

トル」および耐病性なしと判定した「サウザー」を供試して圃場試験を実施したところ、耐病性品種「ラプトル」において土壌 pH 矯正と併用した場合に高い被害軽減効果が認められた（図1）（岩間ら，2014）。

3) イチゴ萎黄病

本病に対しては、まず転炉スラグの種類の違いが被害軽減効果に与える影響を調査した。転炉スラグは複数の製品が流通し、粉状のもの（粉状品）と造粒によって粒径を大きく加工したもの（粒状品）がある。この違いは土壌 pH 矯正効果に影響し、粉状品のほうが粒状品と比較して pH 矯正効果が高く、少ない量で土壌 pH の矯正が可能であった。また、発病抑制効果も粉状品のほうが粒状品と比較して高かった。

つぎに、粉状品および粒状品で土壌 pH7.5 および 8.0 に矯正し、未矯正の場合と比較してイチゴの生育に与える影響を調査した。その結果、展開葉数、草丈、葉柄長、小葉長、収獲果数、収量に影響はなかった。また、果実品質では、土壌 pH 矯正区で果皮硬度が高くなる傾向があったが、糖度、酸度、果肉硬度に影響はなかった。

次に、本病が発生している農家圃場（パイプハウス）に転炉スラグを施用して土壌深 10cm を pH7.5 に矯正した区と、未矯正区（pH5.9）についてイチゴ（品種「とちおとめ」および「もういっこ」）を栽培し、地上部と根冠部に分けて発病度を求めた。その結果、地上部と根冠部のいずれも pH 矯正区が未矯正区と比較して発病度が低かった。また、萎黄病に対して耐病性品種である「もういっこ」は pH 矯正区において高い被害軽減効果が認められた（図1）（大場ら，2015）。

4) セルリー萎黄病

本病については、太陽熱土壌消毒と組み合わせて試験を行った。本病が発生している農家圃場（施設）に転炉スラグを施用して土壌深 10cm を pH6.5 に矯正した区（転炉スラグを 1.0t/10a 施用）および pH7.5 に矯正した区（転炉スラグを 3.0t/10a 施用）と、未矯正区（pH5.5）についてセルリー（品種「コーネル 619 号」）を栽培した。なお、転炉スラグ施用後の 7 月下旬から 8 月下旬にかけて 29 日間太陽熱土壌消毒を行い（未矯正区も含む）、積算地温は 1250℃となった。発病調査の結果、土壌 pH 矯正区（pH6.5）でも発病度は未矯正区と比較して低下し、pH 矯正区（pH7.5）はさらに低下した（図1）（大島ら，2013）。

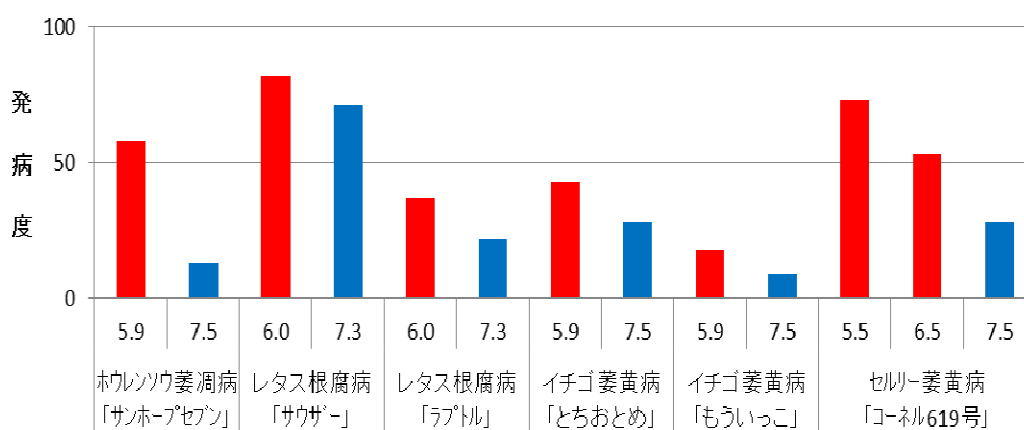


図1 転炉スラグによる土壌 pH 矯正が各種土壌病害の発病に及ぼす影響

グラフの赤棒は土壌 pH が酸性、青色はアルカリ性を示し、その下の数字は土壌 pH 値を示す。作物病名に続く括弧内は品種名。なお、セルリー萎黄病の試験では各区とも太陽熱土壌消毒を実施した。

2. 転炉スラグ施用後の土壌 pH が作物の生育および微量要素吸収に与える影響

1. で実施したポット試験および圃場試験において、作物の生育に与える影響の有無を集計した（表 1）。その結果、前述した通り、土壌 pH8.2 でハウレンソウを栽培した場合に葉の色が淡くなり、根の生育も悪くなる事例があったが、8.0 以下で実施した試験では微量要素欠乏症と思われる生育障害は認められなかった。また、転炉スラグで土壌 pH7.5 に矯正した場合、植物の微量要素であるホウ素やマンガンの植物体における含有量は必要量の下限値を下回ることにはなかった。また、肥料取締法で有害成分と定められているニッケル、クロム、チタンの含有量は増加しなかった。

これらのことから、土壌 pH7.5 程度の矯正であれば、作物の生育に必要な微量要素の吸収を阻害せず、かつ有害成分の吸収を促進する効果もなかった。したがって、一定の被害軽減効果が発揮される pH7.5 を矯正目標値とすることが本技術を実施する上で最適な条件であると考えられた。

表 1. 試験土壌 pH と作物の生育との関係

作物の生育への影響の有無	試験区土壌の pH 値			
	5.5～7.0	7.1～7.5	7.6～8.0	8.1～8.2
有	0 *	0	0	1
無	35	39	6	0

* 成果集に記載された試験事例を集計した。

3. 転炉スラグ施用がフザリウム属菌や土壌微生物相の生存に及ぼす影響

微生物には生育に適した pH 値があり、微生物の種類によってその値は異なる。ここでは、植物病原糸状菌の *Fusarium oxysporum* を供試して転炉スラグで pH を変化させた土壌に接種し、増殖や生存程度を調査した。その結果、供試した菌株は 62 日の試験期間内において土壌 pH の違いによる増殖および生存に顕著な変化は認められなかった。また、その際の土壌 pH は 6.4～7.8 の間で試験開始時の pH が維持されていた（図 2）。したがって、転炉スラグを使用して土壌 pH を 7.5 前後に矯正する程度では、フザリウム属菌の土壌中の密度は大きく変化しないと考えられる。

次に、1. のイチゴ農家で実施された転炉スラグ施用畑において、土壌中の微生物群集を PCR-DGGE を用いて調べた結果、転炉スラグの施用の有無に関わらず細菌相あるいは糸状菌相に違いはほとんどなかった。したがって、土壌消毒剤のような微生物相の攪乱作用はないと考えられる。

3. おわりに

ここで開発した技術の骨格は、あくまでも石灰による土壌 pH 矯正という耕種的防除法の延長線上にあるものである。そのため、本技術だけを導入するのでは十分な被害軽減効果が得られない場合もある。そこで、抵抗性品種の利用や太陽熱土壌消毒との併用などが効果的である。

また、転炉スラグはフザリウム属菌に対して殺菌作用はないことから、被害が軽減された場合でも病原菌密度が減少しているわけではない。したがって、農業機械や資材を圃場外に持ち出す時や別の圃場に入る時には付着した土壌を水で洗い流すこと、発病した個体は早めに取り除いて圃場外で処分し菌密度の上昇を抑えるなど、これまで実施してきた防除対策の継続は必要である。

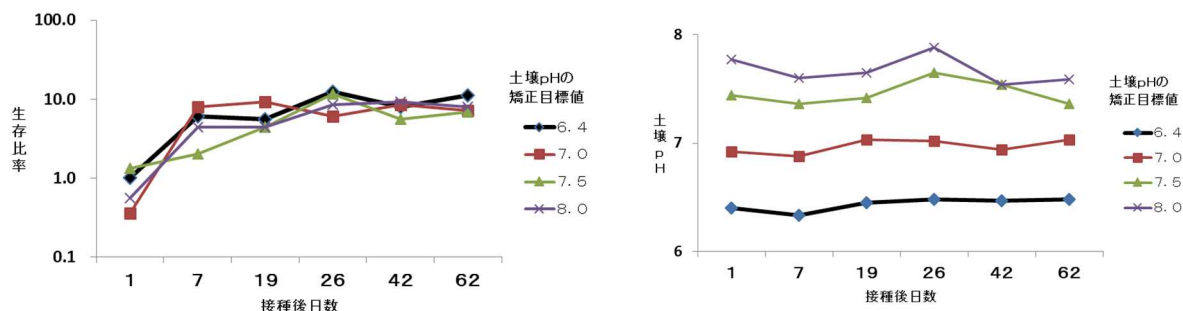


図2 転炉スラグで土壌 pH を矯正した場合の *Fusarium oxysporum* の生存比率 (左) と土壌 pH の推移 (右)

生存比率は、フザリウム菌を土壌に接種した翌日の土壌 pH6.4 区の菌数を 1 としたときの、各試験区での生存数の比率で示した。

本研究成果については、2015 年 2 月に「転炉スラグによる土壌 pH 矯正を核としたフザリウム性土壌病害の耕種的防除技術の開発」研究成果集、2015 年 8 月にその詳細版をとりまとめた。その内容は農研機構東北農業研究センターホームページ

(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/tarc/material/056110.html)

に掲載しているので、詳細はそちらをご覧ください。

引用文献

荒木隆男 (1984), 生態的防除, 新版土壌病害の手引, 日本植物防疫協会, pp.189-199

後藤逸男・村上圭一 (2006), おもしろ生態とかしい防ぎ方 根こぶ病, 農山漁村文化協会, 東京, pp.77-106

岩館康哉 (2012), 転炉スラグを用いた土壌 pH 改良によるハウレンソウ萎凋病の発病抑制, 土と微生物 66:80 (講要)

岩館康哉 (2014), 転炉スラグを用いた土壌 pH 改良によるハウレンソウ萎凋病の被害軽減制効果, 日植病報 80:68 (講要)

岩館康哉 (2014), 岩手県におけるキュウリホモプシス根腐病の発生生態と防除に関する研究, 岩手農研セ研報 13:69-160

岩間俊太・今井照規・鈴木千秋 (2011), 育苗土と圃場の土壌酸性改良によるブロッコリー・ハクサイ根こぶ病の被害軽減, 北日本病虫研報 62:207 (講要)

岩間俊太・倉内賢一・門田育生 (2014), 転炉スラグを用いた土壌 pH 矯正と品種耐病性の併用によるレタス根腐病の被害軽減効果, 北日本病虫研報 65:85-92

木谷清美・井上好之利・夏目孝男・池上雍春 (1957), トマト萎凋病に関する研究 第2報 発病に及ぼす石灰の影響, 四国農業試験場報告 3:163-171

大場淳司・関根崇行・辻 英明・村主栄一・近藤 誠・玉手英行 (2015), 転炉スラグと耐病性品種の併用によるイチゴ萎黄病の発病抑制効果, 北日本病虫研報 66: (講要, 印刷中)

大島宏行・高倉克弥・後藤逸男 (2013), セルリー萎黄病の総合防除対策(その4)ー転炉スラグを用いた土壌酸性改良によるセルリー萎黄病の防除ー, 日本土肥学会講演要旨集 59:49 (講要)