



農研機構

ウリ科野菜ホモプシス根腐病 被害回避マニュアル

2013年2月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
東北農業研究センター

はじめに

本マニュアルは、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の課題番号22082「被害リスクに応じたウリ科野菜ホモプシス根腐病の総合防除技術の確立」の研究成果です。

この試験研究は、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センターが中核機関となり、秋田県立大学、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の5機関が連携し、平成22年度から3年間取り組みました。

著者一覧（あいうえお順）

- 岩 舘 康 哉（岩手県農業研究センター）
大 竹 祐 一（福島県農業総合センター）
小野寺 康 子（宮城県農業・園芸総合研究所）
木 村 善 明（福島県農業総合センター）
近 藤 誠（宮城県農業・園芸総合研究所）
宍 戸 邦 明（福島県農業総合センター）
高 橋 順 一（福島県農業総合センター）
辻 英 明（宮城県農業・園芸総合研究所）
永 坂 厚（(独)農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター）
永 野 敏 光（宮城県農業・園芸総合研究所）
原 有（福島県農業総合センター）
古 屋 廣 光（秋田県立大学）
山 口 貴 之（岩手県農業研究センター）

*各項目の末尾に著者名を記載しています。

編 集

- 永 坂 厚（(独)農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター）

謝 辞

本研究の実施にあたっては秋田県病害虫防除所をはじめ、秋田県、岩手県、宮城県、福島県の各普及センターやJA等、関係機関の多大なご協力をいただきました。また、実証試験の実施にあたっては多数の生産者の方々のご理解とご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

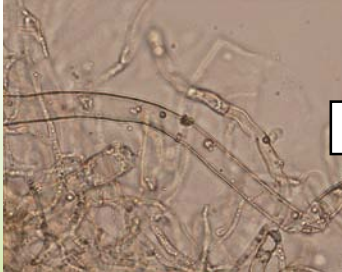
目 次

1	マニュアルのねらい	1
1-1	総合防除体系のフローチャート	3
1-2	総合防除体系の考え方	4
2	圃場診断の個別技術	
2-1	遺伝子検査	9
2-2	生物検定	13
2-3	栽培終了後の残さ（根部）診断	17
3	防除（被害低減）の個別技術	
3-1	指標植物の利用とそれに基づく整枝管理	20
3-2	転炉スラグを用いた土壌 pH 改良による露地キュウリの被害軽減	24
3-3	施設キュウリでの効果的な土壌還元消毒	28
4	総合防除の実践例	
	—— 本病が未確認の地域 ——	
4-1	秋田県における広域的な診断と啓発活動	32
4-2	岩手県での圃場診断および対策の導入事例	35
4-3	宮城県での圃場診断および対策の導入事例	38
	—— 本病が既に発生している地域 ——	
4-4	宮城県での施設栽培における総合防除の実践例	40
4-5	福島県での圃場診断および対策の導入事例	43
5	参考・補足	
5-1	宮城県の施設栽培（年2作体系）で実施した圃場診断の結果に関する留意事項	45
5-2	生物検定での初期の萎凋・枯死株発生の回避方法	46
5-3	土壌緩衝能曲線作成と転炉スラグ処理量の決定法	47
5-4	露地キュウリにおける防除法選択フロー	48
5-5	台木の耐病性や土壌 pH 改良が感染・発病に与える影響	50
5-6	「キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル」 pdf 版の入手方法	52

*本文中では [3-2] の様にマニュアル内の参照先を示しています。

1 マニュアルのねらい

ホモプシス根腐病はウリ科野菜に大きな被害をもたらす土壌病害です。



病原菌が感染すると……



圃場全体が枯死する場合があります。



- 萎れがない圃場でも病原菌が見つかります。
- ウイルスや生理障害による萎れに紛れている場合があります。



萎れがない圃場でも……



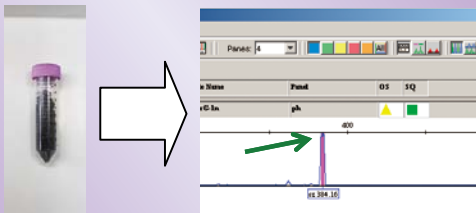
根の発病が見つかります。

何もしなければ

- 近いうちに大きな被害が起こる
- 気が付かないうちに回りに菌をまん延させる危険があります！

対策1 被害発生前に病原菌を見つけます（圃場診断）。

多数（200～300）の圃場を網羅的に診断する場合 → 遺伝子検査 [2-1]



少量の土壌から病原菌の遺伝子を検出します。

少数の圃場を簡易に診断する場合 → 生物検定 [2-2]



ポットで検定植物の発病を調査します。

対策2 カボチャ台キュウリではできるだけ取り組みやすい方法で被害を回避します。

露地栽培

萎れがない

指標植物と整枝管理 [3-1]



感受性の高いウリ科植物でカボチャ台キュウリの萎れを事前に察知します。



指標植物を基準に整枝管理を変更して萎れを抑制します。

萎れが軽度

転炉スラグによる土壌 pH 改良 [3-2]



転炉スラグで土壌 pH を 7.5 に改良して萎れの発生を抑制します。クロルピクリン剤による土壌消毒と比較して、作業負担や防除コストが低減できます。

萎れによる被害が大きい

クロルピクリン剤によるマルチ畦内消毒 [5-4]

年2作体系の施設栽培 [3-3, 4-4]

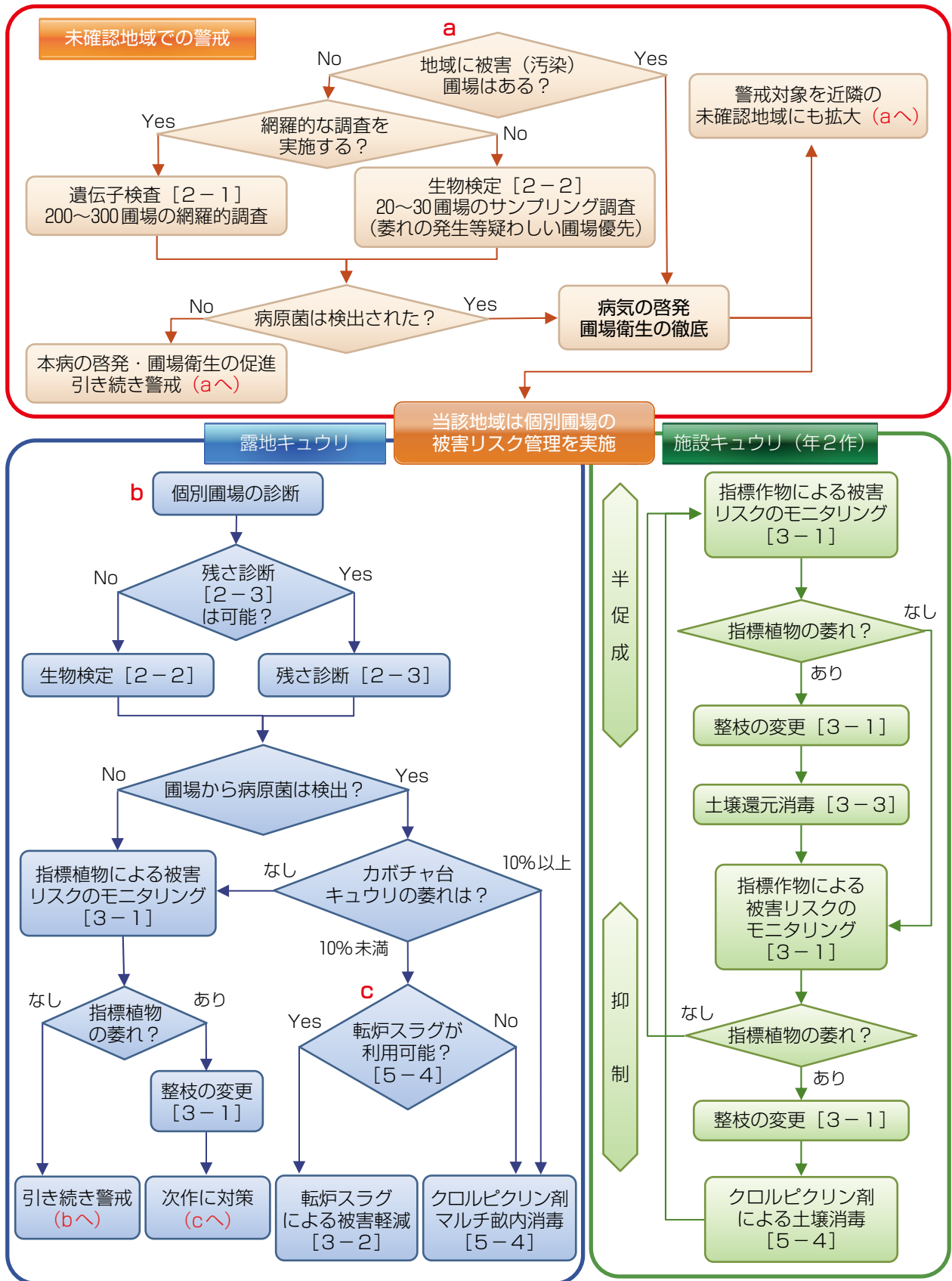


(半)促成栽培で指標植物を設置し、萎れた場合は土壌還元消毒の準備をします。



抑制栽培の前 (6月下旬~8月上旬) に土壌還元消毒を確実にを行います。

1-1 総合防除体系のフローチャート



(永坂 厚)

1-2 総合防除体系の考え方

1) ホモプシス根腐病とは

本病は糸状菌（カビ）の一種 *Phomopsis sclerotioides* (図1) によってウリ科作物に引き起こされる土壌伝染性病害です。病原菌が根に感染した作物は、地上部に激しい萎凋（萎れ）・枯死症状（図2左、中）を発症し、果実収穫の著しい減少をもたらします。このような被害は栽培期間の定植直後～果実肥大開始前に生じることは少なく、果実肥大・収穫開始後が主な発症時期となります。また、経験的には冷涼な気候で被害が激化するとされています。東北地域では2002年に夏季の気温が低く推移した際（冷夏）、本病による大きな被害がカボチャ台キュウリで発生しました。

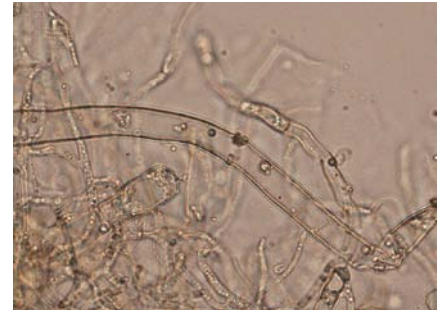


図1 病原菌の顕微鏡画像



図2 ホモプシス根腐病による症状（カボチャ台キュウリ）

左:萎凋症状、中:枯死株が多発した圃場、右:発病した根（写真中央の根に褐変・黒色構造の形成がみられる）。

このような被害が生じた作物の根には病原菌の感染による褐変および黒色構造（偽子座:シュードストロマータ、疑似微小菌核:シュードミクロスクレロチア）がみられ、これらの特徴的な病変が本病の診断の根拠となります（図2右）。なお、病原菌はウリ科作物全般に寄生性を示し、これまでに抵抗性台木による防除は確立されていません。

（本病の発生生態に関する詳細については参考資料「キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル」を参照してください [5-6]）。

2) 国内での発生経緯

本病は我が国で1983年に初めて発生が認められ、1990年代は主に関東地域で多く発生しました。その後、2000年代は主に東北地域での発生が報告されるようになり、これまでに福島・岩手・宮城・山形・秋田の5県で被害が確認されました。被害作物としては、発生当初はキュ

表1 我が国における本病の発生報告

県名	発生年	作物名
埼玉	1983	キュウリ（施設）
群馬	～1985	キュウリ（施設）
神奈川	1989	スイカ・メロン・カボチャ
福島	1994	キュウリ（施設）
茨城	1994	メロン
島根	1997	メロン
福島	2001	キュウリ（露地）
岩手	2002	キュウリ（露地）
神奈川	2002	キュウリ（施設）
千葉	～2005	スイカ
宮城	2005	キュウリ（施設）
山形	2006	キュウリ（施設）
秋田	2008	メロン
長野	2009	キュウリ（施設）
秋田	2009	キュウリ（露地）
愛知	2010	キュウリ（施設）

（赤字は東北地域）

ウリの施設栽培でしたが、その後露地栽培にも拡大しました。さらに、近年メロン栽培でも発生が確認されました(表1)。また、最近では長野・愛知で初発が確認されるなど、いまだに発生地が拡大が継続しています。このことから、現在本病が未発生のウリ科野菜産地にも本病がまん延する可能性があると考えられます。

3) 潜在的な汚染圃場の存在

本病が診断されるケースは、そのほとんどが茎葉部に激しい萎凋症状が発生したために、根を掘り上げて病変を確認したことで明らかになったものと推定されます。一方、本病は土壌中に病原菌が存在していても、萎凋症状の発症に至らない場合があります。たとえば、図3のように根に典型的な病徴(偽子座)が確認できるような圃場でも地上部は一見健全という場合が生じます。



図3 萎凋症状が発生していない圃場(左)で確認された根の偽子座(右:矢印)

本プロジェクトでは、土壌からの病原菌検出手法(遺伝子検査・生物検定)を開発し、圃場診断を試行しました。その結果、以下のことがわかりました。

- 秋田県では全県を対象として600筆を超える圃場を遺伝子検査した結果、栽培現場での被害が発生している圃場が10筆未満であるにもかかわらず、それを大幅に上回る数の圃場で病原菌が検出された[4-1]。
- 岩手県・宮城県では本病が未発生と考えられていた露地栽培のキュウリ産地で、病原菌が検出された圃場を複数確認した[4-2, 4-3]。
- 福島県では既発生の露地キュウリ産地において、被害未確認37圃場のうち、29圃場で生物検定により病原菌が検出された[4-5]。

これらの結果は、生産者が病原菌の侵入を認知していない潜在的な汚染圃場が多数存在することを示します。

4) リスク拡大要因としての潜在的汚染圃場

潜在的汚染圃場は本病による被害の発生や拡大を次の2つの点で助長すると考えられます(図4)。

リスク1「その圃場で被害が発生する」

病原菌は根に感染して増殖し、残さに耐久体(偽子座・疑似微小菌核)を形成して次作の伝染源となると考えられています。このことは、本病が他の土壌病害と同様に、作付を繰り返すごとに菌密度が高まり、被害のリスクが上昇しうることを意味します。これに加え、萎れを誘発する要因(生育ステージ:果実肥大の開始等、気象環境:低温等)が重なった場合に、萎凋症状が激化してはじめて大きな被害につながると推定されます。以上のことから、このような潜在汚染圃場で対策を行わなければ、将来、被害に見舞われる可能性が高いと考えられます。

リスク2「他圃場への伝染源となる」

本病の病原菌はごく少量の土壌であっても別の圃場に持ち込まれた場合にはそこに定着する可能性があります。たとえば、靴底の裏や農機具に付着した土壌は病原菌まん延の大きなリスク要因です。被害の発生が確認された圃場であれば生産者が土壌の持ち出しについて自主的に留意する可能性もありますが、未確認の圃場では未然に防ぐことがほとんど期待できません。

このような場合では、圃場衛生の取り組みは生産者個人単位では限界があり、地域単位での対応が有効と考えられます。ことに、被害発生圃場がないか、あるいはごく少数に限られる地域では病気に関する情報が浸透することは期待できず、難しいのは事実です。しかしこのような地域においてこそ、病原菌の侵入に備えた準備や対応が必要であり、そのためには、本プロジェクトで開発した圃場診断技術を利用することができます。

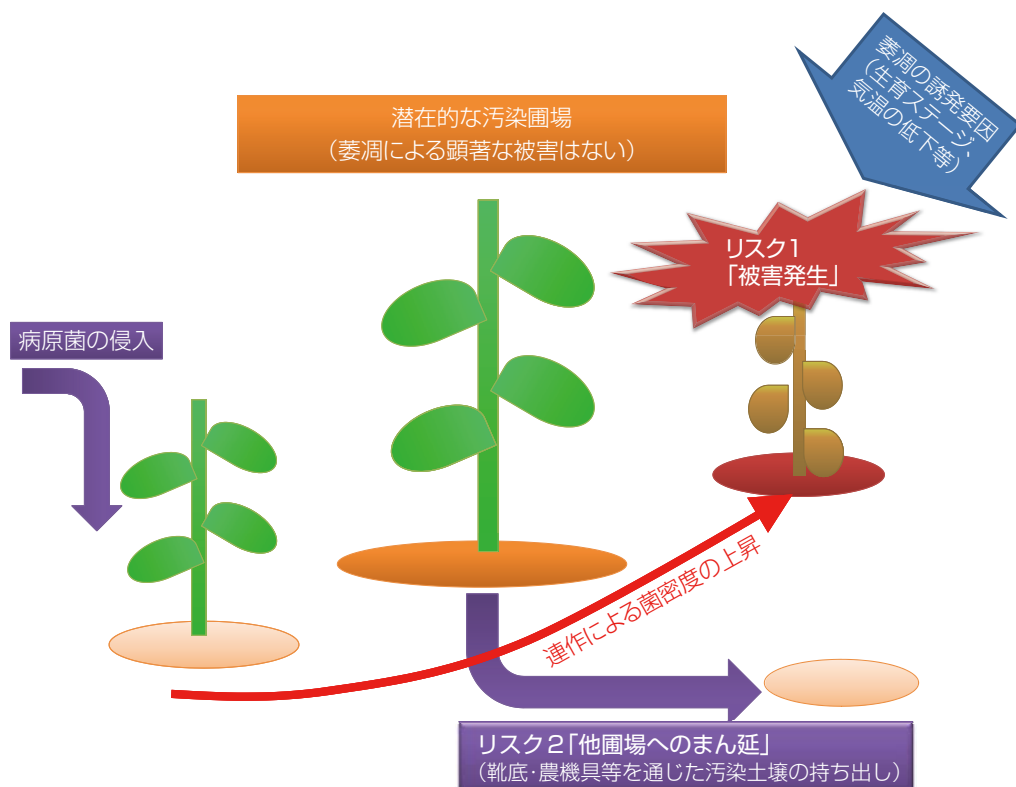


図4 被害拡大における潜在汚染圃場のリスク要因(モデル図)

5) 予防的な潜在汚染圃場の管理方法（被害リスクマネジメント）

本病に対する効果的な防除技術としてこれまでにクロルピクリン剤を用いる土壌消毒法が開発され、広く利用されています。しかし通常、これは大きな被害が発生した場合に使われる防除技術であり、被害が少ない段階ではコストや手間などを考えると使いにくい技術であることも事実です。一方、前述のように本プロジェクトによる調査結果から、ホモプシス根腐病では病気が顕在化していない潜在的汚染圃場が多数存在することがわかってきました。これらは、クロルピクリン剤による土壌消毒が躊躇される圃場です。しかし、本病にはこれまで、被害が顕在化していない段階での対策技術がありませんでした。このような事態を解消するため本プロジェクトでは、潜在的な汚染圃場を広域的に検出する圃場診断技術の開発と、比較的被害が軽微な圃場で利用できる防除（被害軽減）技術とを組み合わせた総合防除体系の構築を試みました。この2つの技術は組み合わせることでより効果的になります（図5）。

(1) 圃場診断技術

広域的なモニタリングから個別圃場の病原菌検出まで調査可能な技術体系を構築します。これにより潜在的な汚染圃場の効率的な検出を可能とするとともに、地域単位の啓発や圃場衛生の取り組みが早期に開始されることを促します。

また、(2)の被害緩和技術を、菌密度が比較的低い状況から適用できる可能性を高めることで、その有効性が向上します。

(2) 被害緩和手法

被害が未発生あるいは軽度発生圃場において、従来の土壌消毒よりもコスト・作業負担の小さい方法でリスクを低減させます。これにより、当該圃場での被害発生を回避させます。

また、取り組みやすい防除方法の存在は、生産現場で(1)の診断に取り組むための動機づけとなります。

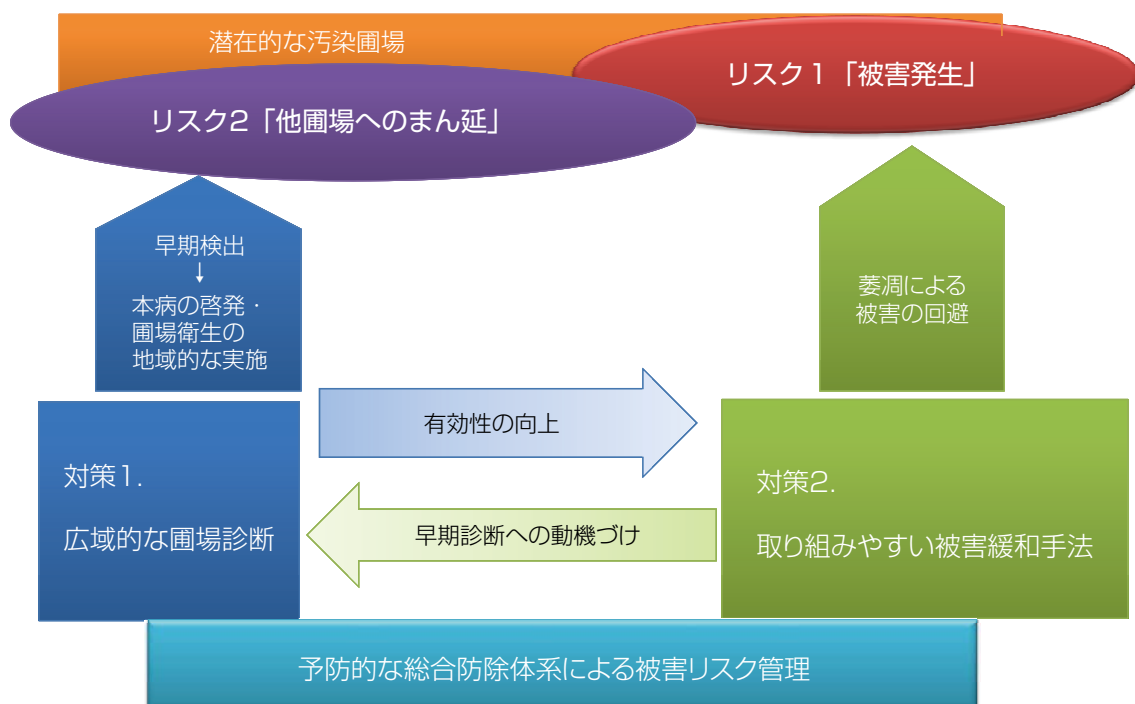


図5 総合防除体系による潜在的汚染圃場の被害リスクマネジメント

本研究プロジェクトを通じて改めて認識させられたのは、発病がみられない段階で本病対策を開始することの重要性です。その第一歩は言うまでもなく地域や圃場への病原菌の侵入を阻止することです。本病原菌のように、もともと圃場に存在しない病原菌ではこれが最初の、そしてもっとも効果的な対応策です。そしてこれを実現するためには地域単位での啓発活動や圃場衛生の取り組みがとて重要で重要で重要です。このことは他の土壤病害でもこれまで繰り返し指摘されてきましたが、発生していない病害について注意を喚起するのはとても難しいことです。実際、本プロジェクトによる調査で初めて病原菌が検出された圃場の生産者に本病への知識を伺うと、近隣に被害圃場がある既発地域の方でも詳細を知らない方がおり、未確認地域では全くとてご存じない方が大半でした（図6）。

そこで本研究では、広域的な病原菌モニタリングを想定した圃場診断技術の活用によりウリ科産地への注意喚起を促すことを提案しています。被害が顕在化していない段階での注意喚起を促す具体的なデータとして、圃場診断の結果が活用しうるのであります。本プロジェクトでは秋田県で全県的な調査が実施され、このような取り組みが実践されました〔4-1〕。

それでも微生物である病原菌の侵入を阻止することはとても困難です。いつか地域や圃場に侵入してしまうかも知れません。その場合、病原菌の侵入をできるだけ早く検知することが重要です。侵入直後

にはまだ病原菌密度はそれほど高くないので、効果に限りはあるが取り組みが比較的容易な防除技術が有効なためです。本マニュアルでは、個別圃場での早期検出の技術として遺伝子検査、生物検定、残さ診断に加え、指標植物による栽培期間中の被害リスクモニタリングも提案しています。特に、指標植物法については栽培中に被害発生リスクが検知された場合の対策についても示しています。このような技術の活用は岩手県〔4-2〕や宮城県〔4-3, 4-4〕、福島県〔4-5〕で実践されました。

ウリ類を連作するとやがて菌密度は上昇し、病気のリスクが次第に高くなっていくことになります。しかし土壤消毒をするほど大きな被害が発生していない圃場が数多くあるのも事実です。そこで本マニュアルではこのような圃場での対策についても提示しています。

本マニュアルでは、圃場（土壌）の診断をしながら病原菌の侵入に警戒して生産者の病気に対する知識と意識を高め、侵入した病原菌をいち早く検知して可能な限り被害を低減すること、そして病原菌が圃場や地域に定着してしまったときには複数の被害低減技術を駆使して実害を減らすことを提案しています。大きな被害のリスクがある圃場では土壤消毒の実施が必要ですが、本マニュアルではそこまでリスクが高くないように圃場を管理することがもっとも重要であるとの考え方を基本としています。すなわち、本マニュアルでは、土壌の病原菌（有害微生物）情報をもとに圃場を管理し、被害を回避するという新しい考え方を提案しています。

（永坂 厚）

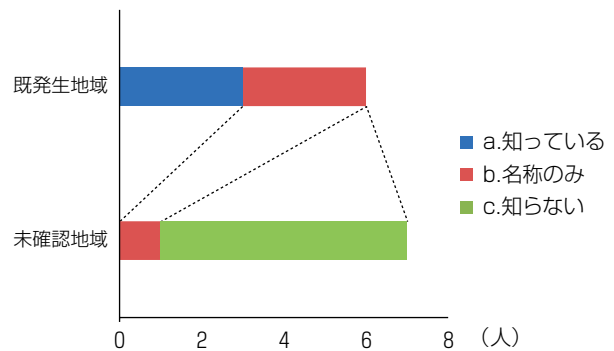


図6 圃場診断で陽性となった生産者の本病に対する知識（聞き取り調査）

診断結果に基づき現地調査を行い、根の発病を確認した圃場を対象とした。いずれの生産者も圃場診断まで病気の発生を認知していない。

2 圃場診断の個別技術

ここでは圃場診断を行うための個別技術の内容と手順について説明します。

2-1 遺伝子検査

1) 技術の特性と適用場面

圃場から採取した土壌よりメタ DNA (土の中に生息する微生物等多様な生物の DNA) を抽出し、感度の高い方法 (NTRF-PCR 法) により病原菌に特異的な配列を増幅することで圃場の汚染を検査します。ごく少量のサンプル土壌から短期間で検査が可能です。ただし分析に使う土壌は0.5gとごくわずかですので、圃場診断には限界があります。そのため、多数の圃場を調査するような、広域的な診断やモニタリングに向く診断手法です。主にキュウリとメロン圃場の診断に利用しましたが、ウリ類圃場全般に利用可能です。

2) 土壌のサンプリング

- 萎れの発生が確認されていない場合、圃場内の中心および対角線上の角から1/4の4地点の計5点で土壌を採取します (土壌診断等で一般的に用いられている対角線法)。1点からおよそ100gを採取し、5地点で採取した土壌をよく混和し、検出用のサンプル土壌として使用します。過去に萎れが発生しそれが本病による可能性が考えられるときには、その地点から重点的に採取します。その場合、採取地点数は5でなくてもかまいません。
- 土壌採取は、病原菌の不慮の混入を避けるため使い捨てができる器具類を使います。本技術では器具を消毒したとしても死菌の DNA を検出する恐れがありますので特に注意が必要です。たとえば、ポリエチレン袋に手を入れて土壌を採取し、土が袋の中に入るように袋を裏返します。このように採取すれば、採取用具を使いまわすことはありません。ポリエチレン袋は破れやすいので二重にします。土が固くてこの方法で採取できないときには、塩ビパイプ (VU50規格) を切断した器具 (図7) などを使います。



図7 使い捨ての土壌採取器具の例 (塩ビパイプを切断)

- サンプリング時期は、収穫終了から数週間間に菌量が増えるのでこの時期が好ましいと考えられます。ただし、一旦増加した菌量はその後急激に減少することは考えにくいので、あまりこの時期にこだわる必要はないでしょう。

3) 土壌サンプルの調整と DNA 抽出

- 5 地点で採取したサンプル土壌は良く攪拌したのち約20 g をとり、60℃で通風乾燥します。その後、鉄棒で粉碎して2 mm目の篩を通します。篩も使いまわすことはできないのでプラスチック製のネット（市販の水切りネットなど）を利用し、使い捨てにします。篩を通した土壌はビーズショッカーという器械にかけてさらに細かく粉碎し、粉末状にします。
- 粉末状の土壌0.5 g から DNA を抽出します。抽出は市販のキット Fast DNA SPIN Kit for soil (MP Bio-medicals 社, USA) を使って行います。このときスキムミルク（40mg）を添加します。それ以外はキットに添付されているプロトコールに従って作業を行います。

4) 病原菌の遺伝子検出法

得られた土壌 DNA の中からホモプシス根腐病菌に特異的な塩基配列が含まれているか、PCR 法で検査します（NTRF-PCR 法）。これには通常の PCR 装置とジェネティックアナライザーというキャピラリー電気泳動装置が必要です。具体的な検査と解析の詳細は参考文献 1 をご覧ください。

解析の結果は、蛍光色素が検出される位置（ピークサイズ）と蛍光の強さで示されます（図 8）。ピークサイズは PCR 増幅産物の塩基の数に関係し、微生物の種類によってほぼ決まっており、ホモプシス根腐病菌の場合、約383付近です。しかし念のため、検査の度に純粋培養した病原菌から得た DNA を使ってこの値を求め、それをもとに判断します。また蛍光強度は増幅産物の量に対応します。ピークサイズが病原菌と一致し、十分な蛍光強度があれば陽性（図 9 の青の範囲）と判断します。一致するピークサイズが無ければ、またピークサイズが一致していても蛍光強度が著しく低ければ陰性（図 9 の灰色の範囲）です。その境界付近のうち、陽性に近い部分を擬陽性（図 9 の黄色の範囲）、それより遠い部分を判断困難（図 9 の橙色の範囲）としました。これらの判断基準には明解な根拠はなく、当面の作業仮説として決めたものです。

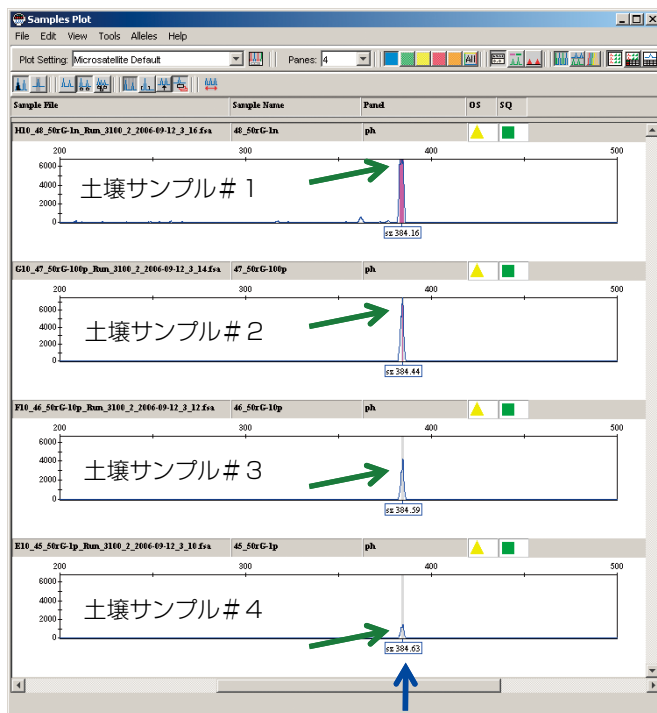


図 8 ジェネティックアナライザー解析で出力されるデータの例
蛍光のピークサイズ（横軸）と強度（縦軸）が与えられる。

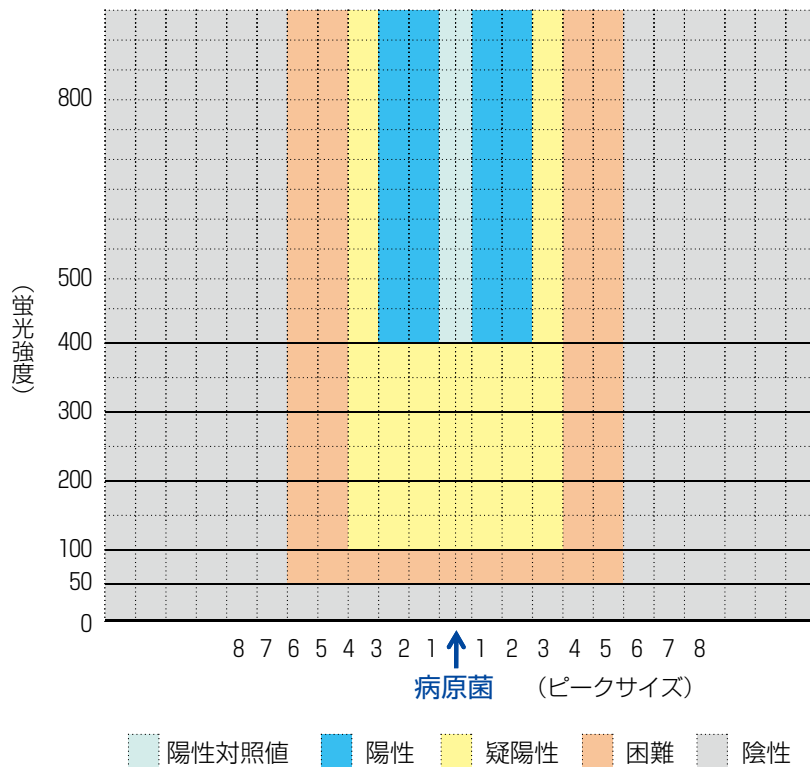


図9 ジェネティックアナライザー解析で得られたデータの解釈

- 陽 性：ピークサイズが病原菌の±2.5以内で蛍光強度400以上。
- 擬 陽 性：ピークサイズの絶対値が病原菌の2.5より大きく3.5以下で蛍光強度100以上400未満。
- 判定困難：ピークサイズの絶対値が病原菌の3.5より大きく5.5以下で蛍光強度50以上100未満。
- 陰 性：ピークサイズの絶対値が病原菌の5.5より大きく、蛍光強度50未満。

5) 診断結果の解釈

本研究で利用した土壌の遺伝子検査による圃場診断にはサンプリングに由来する限界と検出感度の限界があります。

サンプリングの限界：1枚の圃場を0.5gの土壌の検査で診断することに由来する限界です。仮に、10aの圃場に1000個の病原菌が均一に分布しているとして、そこで採取した土壌0.5gに病原菌が存在する確率は、おおざっぱに言えば、20万分の1程度です。遺伝子検査の技術的な限界はない（0.5gの土壌中にある1個*の病原菌を検出可能）と仮定しても、このサンプリング法による調査結果の判断は以下の通りになります（ $p < 0.05$ ）。

菌が検出される（陽性）：圃場の2 - 100%に病原菌が分布する。

菌が検出されない（陰性）：圃場の45%未満に病原菌が分布する。

ここで、陰性は病原菌が存在しないことを意味しないことに注意してください。45%未満ですから0%すなわち存在しない可能性はもちろんありますが、45%分布している可能性もあるということです。

検出感度の限界：この技術はサンプル土壌0.5gに1個の病原菌を検出する感度はないことに由来します。病原菌が10個以上のときには検出できますが1個では困難です。また土壌の種類や状態（有機物含量など）によっても感度は影響を受けます。

以上のことをふまえて、土壤検査結果を次のように理解することが適当と考えられます。

陽性：陽性と診断された圃場では本病が未発生地域であっても、後に病原菌がいることが確認された例が多数あります〔4-1, 4-2, 4-3〕ので、病原菌が存在する可能性が高いとして対策を講じます。

擬陽性：擬陽性はかなり陽性に近いと考えています。実際、擬陽性と診断された圃場で後に病原菌が検出された例があります。病原菌が存在する可能性が高いと考えて、経過観察や対策を講じることが必要でしょう。

陰性：前述のように「陰性」は圃場に病原菌が存在しないことを単純に意味しません。実際に、土壤検査で陰性だった圃場で、その後発病が見られたキュウリ圃場が存在します〔2-3, 4-1, 4-3, 5-1〕。いずれも検出感度の限界とサンプリングの限界によるものです。そのため、陰性であっても、必要に応じて、注意深く経過を観察するか、生物検定や遺伝子検査などでさらに警戒を継続することが望ましいでしょう。ことに、同一地域で病原菌が検出されているときには、周辺の圃場が陰性であっても警戒を強めることが必要と思われます。

判断困難：ピークサイズが病原菌とかなりズレていますので、陰性の可能性が高いと考えています。念のため、経過観察が好ましいということでこのカテゴリーを設けていますが、事実上、陰性と考えてもよいでしょう。

なお、遺伝子検査による本病原菌の土壤検査は、秋田県立大学で実施することが可能ですので、東北5県(秋田、岩手、宮城、山形、福島)のご希望の方はお近くの普及機関にお問い合わせください。それ以外の方は直接秋田県立大学生物資源科学部のバイオテクノロジーセンターか生物生産科学科植物保護研究室にご相談ください。

*本節において「病原菌の個数」と記してあるときには疑似微小菌核を想定しています。また考察にあたっては、人為的に調整した疑似微小菌核様の構造(参考文献2)を用いて行った実験結果を参考にしています。

6) 参考文献

- (1) Ito, T., Fuji, H., Sato, E., Iwadate, Y., Toda, T. and Furuya, H. (2012) Detection of *Phomopsis sclerotoides* in commercial cucurbit field soil by Nested Time-Release PCR. *Plant Disease* 96 : 515-521.
- (2) 村上洋之(2007)キュウリホモプシス根腐病菌の伝染環並びに土壤中の動態に関する研究、秋田県立大学生物資源科学部2006年度修士論文、50pp.

(古屋 廣光)

2-2 生物検定

1) 技術の特性と適用場面

本病による地上部被害が未発生の圃場から採取した土壤に検定植物（本病に感受性の高いウリ科作物の幼苗）を植え付け、一定期間管理した後、根の発病を調査して病原菌を検出する方法です。ホモプシス根腐病は、萎凋による被害が顕在化していない圃場でも、すでに圃場に菌が侵入している可能性があります。そのため、現地圃場から採取した土壤を用いて検定を行うことで、その発病から圃場の被害リスクを推定します。

遺伝子検査よりも特別な設備を必要とせず、一般的な試験研究機関等にある人工気象室で検定することが可能です。ただし、遺伝子検査よりも多くの土壤を用いること（約4ℓ）、また検定植物の育苗から調査まで最低5週間を要するなど、作業性は遺伝子検査に劣ります。しかし、遺伝子検査が陰性の圃場でも病原菌が検出できることから、少数の圃場を対象に検定する場合は有効な手段です。

2) 土壤の採取と充填

- 1圃場につき、圃場の中心と周辺4角の5地点から採取します（土壤肥料の診断等で一般的に用いられている対角線法）。表土は避けて、深さ10cm程度の層から1地点約0.8ℓずつ採取し、よく混和した後、約4ℓをサンプルとして使用します。
- 土壤は10mmのふるいを通して石などを除去した後、7.5cmの黒色ポリポット20ポットに約150mlずつ充填します。複数圃場から土壤採取する場合は、手袋、移植ベラ等は各圃場ごとに使い分け、他圃場の土壤が混入しないよう注意します。

3) 検定植物の移植と管理

• 検定植物

本病に感受性が高いアールスナイト夏系2号（メロン）を用います。

• 播種、育苗

病原菌の混入がない市販の園芸粒状培土を充てんした72穴セルトレイに播種し、約1週間後の子葉が完全展開した苗を用います（図10）。

• 移 植

苗はピンセット等を用いて根を傷つけないように抜き取り、ポットに1株ずつ移植します（粒状の培養土を用いることで抜き取りが容易になります）。異なる土壤ではピンセット等を使いまわさないよう注意が必要です。可能であれば割りばし等、使い捨てできるものを使用します。

• かん水

本病原菌は乾燥に弱いと考えられるため、検定の際は水分条件を一定にする必要があります。そのため、かん水は図11のようなトレイを用い、水深10mmの水を入れ、底面かん水により管理します（水深10mmとなるようトレイの1ヵ所に穴を開けると管理が容易になります）。



図10 移植時の苗



図11 トレイと移植後の管理状況

- 温度管理等

移植後は、本病の発病に適した25℃の恒温条件、かつ検定植物の生育に支障のない光条件が得られる環境下で管理します。これまでにアールスナイト夏系2号のホモプシス根腐病菌への感受性は、25℃でもっとも高くなることがわかっています（図12）。

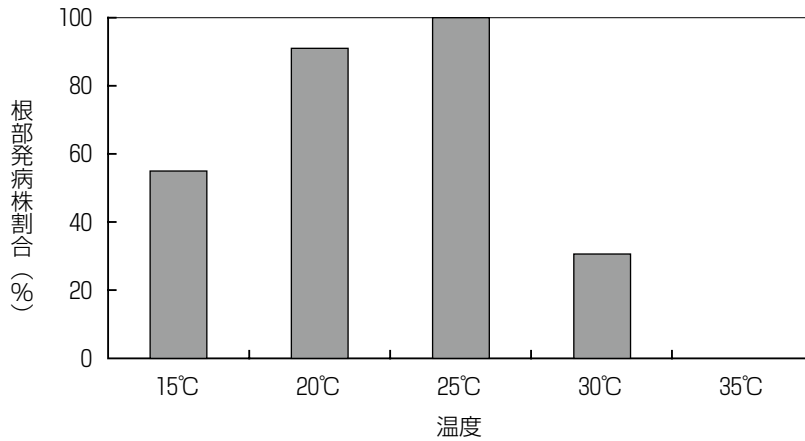


図12 気温がアールスナイト夏系2号の根部発病に及ぼす影響

4) 調査方法と診断結果の解釈

- 調査は移植30日後に行います。健全株の場合は、本葉3～4葉期となります（図13）。本病による萎凋症状は移植約2週間後から発生し、移植30日後には病徴が進展した株では枯死にいたります（図14）。



図13 健全土壌での生育状況



図14 汚染土壌（接種）での生育状況

- 根の調査は、ポットから根を丁寧に掘り上げ、水道水で洗浄後、地際部や主根に発生した偽子座とよばれる不整形な黒色化組織（図15）の有無を調査します。萎凋・枯死症状は、他の病害等の要因でも発生することがあるため、本検定では本病の特徴的な症状である偽子座を調査対象とします。



図15 黒色化組織（偽子座）

※細根には偽子座以外の黒変症状が確認される場合があるため、根の調査部位は、地際部や主根に発生する偽子座のみを対象とします。

- 本検定法により20ポットで検定を実施した場合、1ポット以上の偽子座株発生により本圃での被害発生リスクが高いと推定されます。本病発病好適条件下の試験では、本検定法で偽子座がみられ始める 10^0 cfu/g乾土以上の菌密度で、カボチャ台キュウリの萎凋、枯死株の発生がみられました（図16）。また、現地土壌を用い、発病好適条件下で試験を実施した結果、本検定で陽性となった土壌では、カボチャ台キュウリに高い割合で萎凋症状が確認されました（表2、図17）。

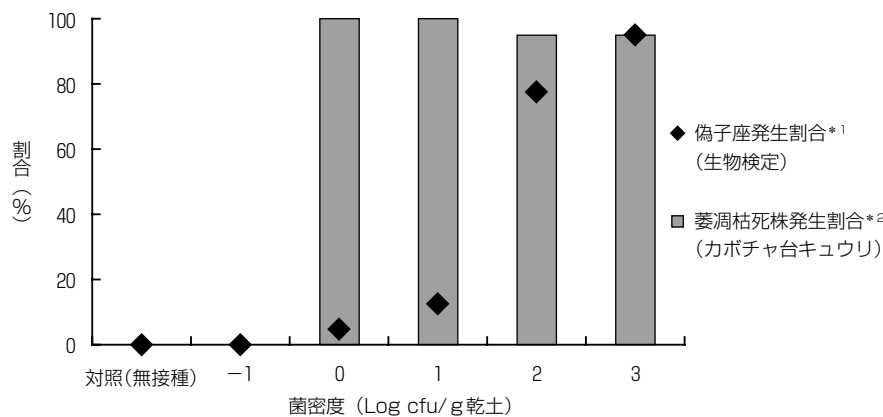


図16 菌密度が生物検定の偽子座発生およびカボチャ台キュウリの萎凋症状発生に及ぼす影響（発病好適条件下での試験）

* 1 移植約30日後に調査。

* 2 定植約2ヶ月後に調査。

表2 各土壌の生物検定結果

	検定結果
対照（無接種）	-
圃場A* - 1	-
圃場A* - 2	+
圃場B	+
圃場C	+

* 同一アルファベットは、同一生産者であることを示す。

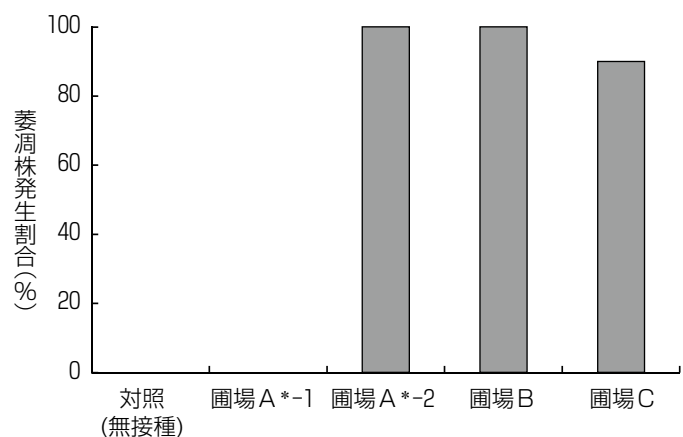


図17 各土壌でのカボチャ台キュウリの萎凋症状発生定植約2ヶ月後に調査。

- 本検定により陽性となった圃場においては、被害が未発生であっても、本圃での被害リスクが高いと推定されるため、本プロジェクトで確立された転炉スラグによる被害軽減技術 [3-2] のような対策を講じ、被害を未然に防ぐことが推奨されます。

5) 留意事項

- 本検定方法を用いた被害リスクの推定は、ホモプシス根腐病の発病好適条件下でのカボチャ台キュウリの萎凋症状発症リスクとなります。生物検定で偽子座が確認されても本圃で被害が発生しない場合もありますが、潜在的に土壌が本病原菌に汚染されていますので対策が必要です。
- 本検定方法で陰性となった場合でも、現地圃場での収穫終了株の根部には発病がみられる場合もあります(表3)。陰性であっても菌が存在する可能性があるため、残さ診断 [2-3] 等による警戒が必要です。
- 本検定方法はカボチャ台キュウリの露地夏秋作を対象とします。施設キュウリ圃場を対象とした検定では、リスク評価できない事例がみられます [5-1]。
- 本検定方法で、移植直後に検定植物が萎凋・枯死してしまう場合があります。その場合、水分管理を変更することで改善される場合があります。[5-2] を参照してください。

表3 露地キュウリ圃場での生物検定と現地調査結果

	生物検定 判定	現地圃場 収穫終了株根部調査 発病株割合
圃場 A* - 1	-	30.0
圃場 A* - 2	+	95.0
圃場 B	+	90.0
圃場 C	+	95.0
圃場 D	+	95.0
圃場 E	+	85.0
圃場 F	+	90.0

*同一アルファベットは、同一生産者であることを示す。

(宍戸 邦明)

2-3 栽培終了後の残さ（根部）診断

1) 技術の特性と適用場面

本圃で栽培したウリ科作物の根の発病を確認して病原菌を検出する方法です。本病の汚染圃場では、地上部に顕著な症状がない場合でも根に本病の典型的な病徴が認められることがわかっています。そのため、本病の侵入が警戒される地域では、これまでに萎凋症状による被害が生じていない圃場でも、栽培終了後の作物根の発病を確認することが病原菌の検出に有効です。

2) 診断方法

- 本病の診断にあたっては、根の病徴を予め熟知しておく必要があります。それが難しいときには経験者とともに観察してください。本病の診断には、褐変した根の表面に形成される不整形の黒色組織（偽子座）の確認が基本です（図18）。ただし、この偽子座はその形状が必ずしも一定ではないことから、初めて観察する場合は判断に迷うことがあります。加えて、本病の病原菌ではない微生物によっても黒変が生じる場合があります。そのため、根の表面の状態を観察しながら経験者の判断を照らし合わせ、特徴を把握することが確実な判断につながります。



図18 偽子座が形成された根の外観（カボチャ台キュウリ）

- 調査は栽培管理が終了してから1～3週間までの期間で、株元近くの主茎表面の緑色が残っている間に実施します（図19）。この間、偽子座は時間の経過とともに多くなり、確認が容易となります。しかし

主茎表面が退色して茶色を呈したもののや、枯れあがったものでは、根の腐敗が進んで判断が難しくなります。なお、現地圃場では栽培管理を終えた後に、地上部を乾燥させる目的で株元近くから主茎を切断する場合がありますが、この場合は根組織の腐敗・変質がより急速に進むので注意が必要です。



図19 調査に適した根の状態

- 調査地点は1圃場について圃場内の中心と周辺4角の5地点から採取します（遺伝子検査・生物検定で土壌を採取する対角線法の位置に相当）。なお、萎れが発生している地点が明らかであれば、その周辺を調査対象に加えます。1地点での調査株数は5株程度とします。
- 土壌から根を掘り出す際はできるだけ主根・支根を長く掘り出します。偽子座は株元近くで観察されなくても根の先端部に形成されている場合があります、そのような偽子座の見落としを防ぐためです。採取の際は、株元周辺の土壌をできるだけ広範囲にスコップ等を用いてほぐすなどして、根が途中で切れるのを防ぎます。
- 掘り出した根は、その場で水により丁寧に洗浄します。表面に土壌等が付着した状態では確認が困難です。調査は偽子座の有無を肉眼で確認します。また、可能であればサンプルを持ち帰り、実体顕微鏡で観察するとより確実な検出が可能です。このような方法により、生物検定・遺伝子診断で陰性となった圃場でも病原菌が検出される場合があります（表4）。

表4 残さ診断の結果と遺伝子検査・生物検定との対応（露地キュウリ圃場）

	生物検定	遺伝子検査	残さ診断
圃場A	-	-	+
圃場B	+	-	+
圃場C	+	-	+
圃場D	+	-	+
圃場E	+	+	+
圃場F	+	+	+
圃場G	+	+	+

3) 留意事項

- 本病による病徴として疑似微小菌核（図20）がありますが、肉眼では腐生菌等による黒変と区別しにくい場合があります、診断者が不慣れな場合に他の病害と混同するおそれがあります。そのため、より特徴的な病徴である偽子座を診断基準とすることを推奨します。



図20 疑似微小菌核が形成された根の表面

- 病原菌が感染した初期の根では褐変のみがみられ、偽子座や疑似微小菌核の形成が見られない場合があります（特に、栽培中に萎凋した株を調査するような場合）（図21）。この場合は外観からの判断は困難です。なお、根の組織が新鮮であれば通常の病原菌分離を行ったり、根を湿潤状態（たとえばビニル袋で包む）において偽子座の形成を促進させることにより、病原菌を検出できる場合があります（参考文献1）。また、根からDNAを抽出して特異プライマーを用いたPCRにより、病原菌の遺伝子を検出するのも有効です。
- 根の組織の腐敗・変質が進むと腐生菌の感染等による黒変がみられ、診断が困難です。このような場合は根組織からの病原菌遺伝子の増幅や、土壌からの検出による方法を用いてください。
- 本病における根の発病程度と、実際の被害につながる萎凋症状の発生程度との関係は十分に解明されていません。従って、本方法は圃場における病原菌の存在を把握するためにのみ使用し、病原菌の存在が明らかになった時点で、被害回避のための手段を講じるようにしてください。

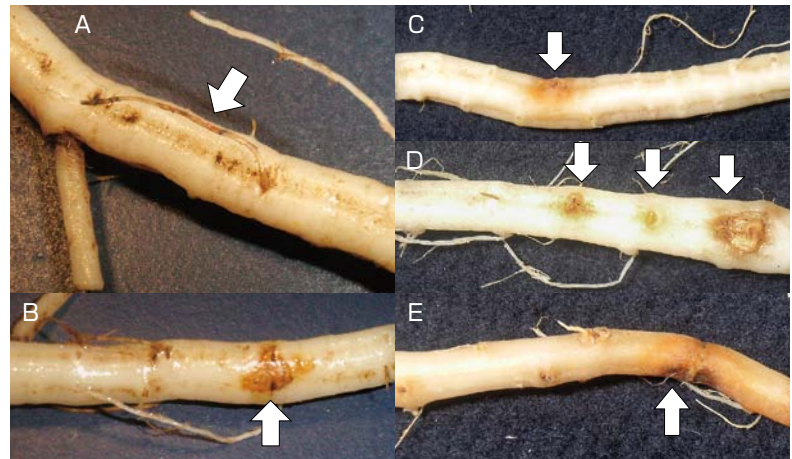


図21 発病の初期段階の根

A：細根の褐変、B、C、D：支根における細根の発生基部の褐変（細根は脱落）、E：支根表面の褐変。

4) 参考文献

- (1) 岩館康哉・堀越紀夫（2008）キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル、東北農業研究センター、福島、pp.7.

（永坂 厚・宍戸 邦明）

3 防除（被害低減）の個別技術

ここでは本病による被害の要因となる萎凋症状を低減させるための個別技術を説明します。なお、対象はいずれもカボチャ台キュウリです。

3-1 指標植物の利用とそれに基づく整枝管理

1) 技術の特性と適用場面

本病による被害の初発を予測することは困難であり、また、栽培中に萎れが発生した場合に被害を低減できる対策はありませんでした。本手法は、栽培中に初発を予測するとともに、万一被害が生じてその程度を軽減するために実施します。そのために、本病に弱いウリ科植物により、カボチャ台キュウリの萎れ発生を事前に検知する手法と、整枝管理の変更によってカボチャ台キュウリの萎れを低減する手法を組み合わせます（図22）。

本手法は、まだ病原菌が検出されていないか、もしくは、検出されていたとしてもまだ被害が生じていない圃場が対象となります。また、本手法は、実施にあたって指標植物の苗代以上の追加コストを必要とせず、容易に取り組むことができることも大きな特徴です。

ただし、根への病原菌の感染は回避されず、菌密度の上昇を招くことから、次作では必ず土壤消毒やpH矯正等、栽培前に被害リスクを低下させる手法を利用する必要があります。適用作物はカボチャ台キュウリです。

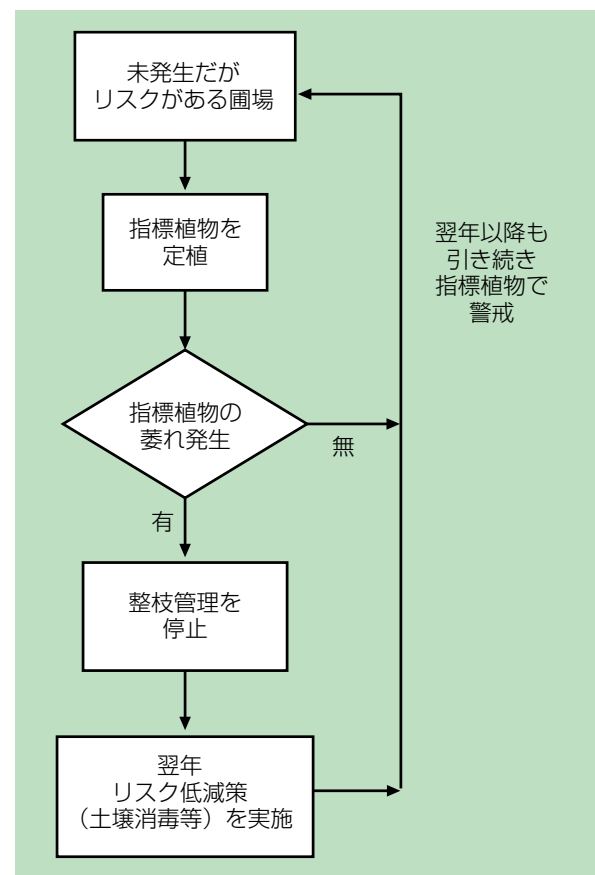


図22 被害回避のフロー

2) 指標植物の移植と管理

- 指標植物法は、台木用のカボチャ品種よりも本病に弱いウリ科植物（*Cucumis* 属）を利用し、萎凋症状による被害発生を事前に予測するためにカボチャ台キュウリ圃場で栽培する方法です（図23）。
- 指標植物としては、萎れの発生がもっとも早い自根のキュウリやメロンを用います。なお、品種の違いは萎れの検知能力に影響しません。キュウリつる割れ病の影響を小さくするためには、キュウリの「青節成」や「落合節成」など耐病性品種の利用が適しています。また、生物検定 [2-2] で用いるメロン「アールスナイト夏系2号」も利用できます [4-3, 4-4]。
- 指標植物はカボチャ台キュウリと同時に設置（移植）します。設置時期が遅れると萎れの検知が不正確になります。
- 指標植物を移植する方法としては、育苗コストの低いセル苗の利用が適しています。なお、ポット苗等を

用いても検知能力の差はありませんが、直播は発芽不良が生じるため不向きです（図24）。

- 指標植物を設置（移植）する位置は圃場の5カ所（中央と4角）とします。移植後の管理は基本的に不要です。ただし、乾燥した圃場では適宜かん水を行うようにし、活着を促してください。また、栽培の邪魔にならないよう適宜ネットや支柱等に誘引してください。なお、成育中に着果した果実を摘果・収穫をする必要はありません。
- 生育の後期（収穫のピークが過ぎた頃）は着果負担により指標植物の生育が悪くなります。その場合は萎凋していない株も適宜、圃場から抜き取ってください。抜き取った根を残さ診断法〔2-3〕で調査することは、病原菌が未確認の圃場における早期検出に有効です。



図23 ウリ科植物における耐病性の違い

いずれも左が未接種キュウリ、右が病原菌を接種したウリ科植物。キュウリ、マクワウリは *Cucumis* 属であり、雑種カボチャ、ニホンカボチャよりも発病が激しく、根量が少ない。

3) 指標植物が萎れた際の整枝管理

- 指標植物はカボチャ台キュウリの萎れが発生する、概ね1週間～10日前までには萎凋症状を発症します（図25、26）。



図24 指標植物の設置例



図25 指標植物に発生した萎凋

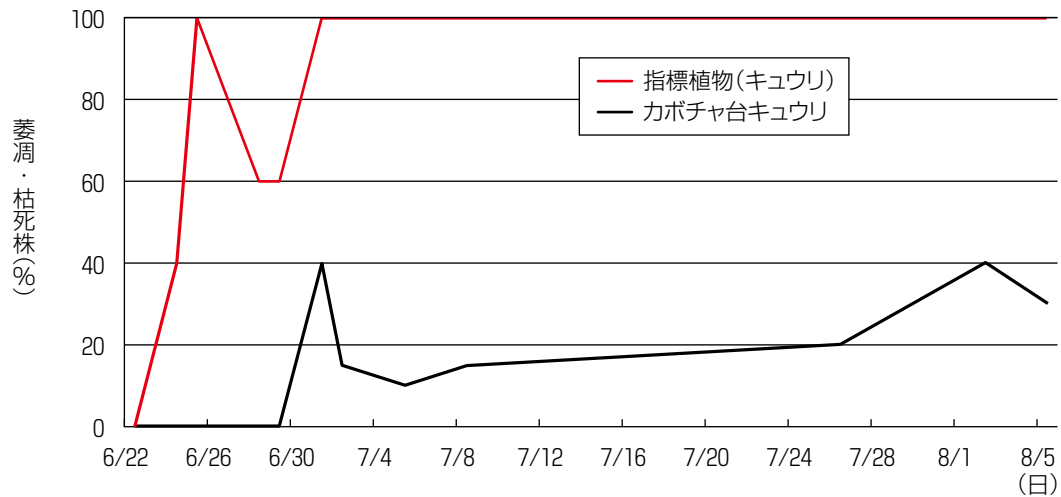


図26 指標植物とカボチャ台キュウリの萎凋発症時期・程度の違い

- 指標植物に萎凋症状が萎れた場合、その時点から整枝管理を停止します。これにより、慣行の整枝管理よりも成長点を多くとることができ、萎凋症状の発生を栽培後期まで抑えることができます（図27）。また、整枝管理を停止しなかった場合よりも収量が多くなります（表5）。
- 整枝管理の変更により萎凋症状が回避されるメカニズムは明らかになっていませんが、整枝を停止して成長点の数を維持することにより、根の伸長が促進され、養水分の吸収能力が維持できるものと考えています。



図27 整枝管理の変更による萎凋症状の抑制効果

表5 早期の整枝管理による減収の回避

	商品果収量 (kg / 株)
土 壤 消 毒	14.04
早期に整枝を停止	15.48
慣行の整枝管理	8.38

4) 留意事項

- 本手法は病原菌の感染を防ぐものではありません。整枝管理の変更で被害を回避した場合でも根には明確に病変が認められ(図28)、間違いなく菌密度は上昇していると考えられます。したがって、次年度以降は土壌 pH 矯正や土壌消毒等の手段を、栽培前に必ずとる必要があります。
- 上記の理由により、既に本病による被害が発生している圃場では、本手法を導入することは避けてください。
- 指標植物がホモブシス根腐病以外の要因(他の土壌病害等)で萎れた場合、その圃場では本方法を利用できません。
- 整枝管理を中止した以降は、通常の整枝管理より、大幅に茎葉が繁茂します。従って、他の病害虫への十分な注意が必要です(図29)。特に、ハダニやアブラムシなどの微小害虫の発生には、十分に注意してください。
- 栽培後期には、アーチ内部へ光が入りにくくなることから、果実品質が低下することに留意してください(図30)。



図28 防除手段の違いによる根の発病程度の違い



図29 整枝管理の変更による茎葉部の過繁茂



図30 果実の着色不良(過繁茂による光量不足が原因)

(山口 貴之)

3-2 転炉スラグを用いた土壌 pH 改良による露地キュウリの被害軽減

1) 技術の特性と適用場面

キュウリホモプシス根腐病発生圃場に転炉スラグ（図31）を処理し、土壌 pH を改良することで本病の被害を軽減できます（図32、表6、図34）。ただし、土壌 pH が8を越えると生理障害が発生しやすくなるので、目標土壌 pH は7.5、土壌改良深は10cm程度とします（図32、表6）。本技術による生育・収量や果実品質に対する悪影響はありません（図33）。

本技術は、クロロピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理（以下、クロピク処理とする）と比較すると被害軽減効果は劣る一方で、コスト面および作業環境面でのメリットが大きいことが特徴です。そのため、クロピク処理をするべきか判断に迷うような、本病少発生圃場における被害軽減技術としての活用が期待されます。



図31 転炉スラグ
(商品名：てんろ石灰)

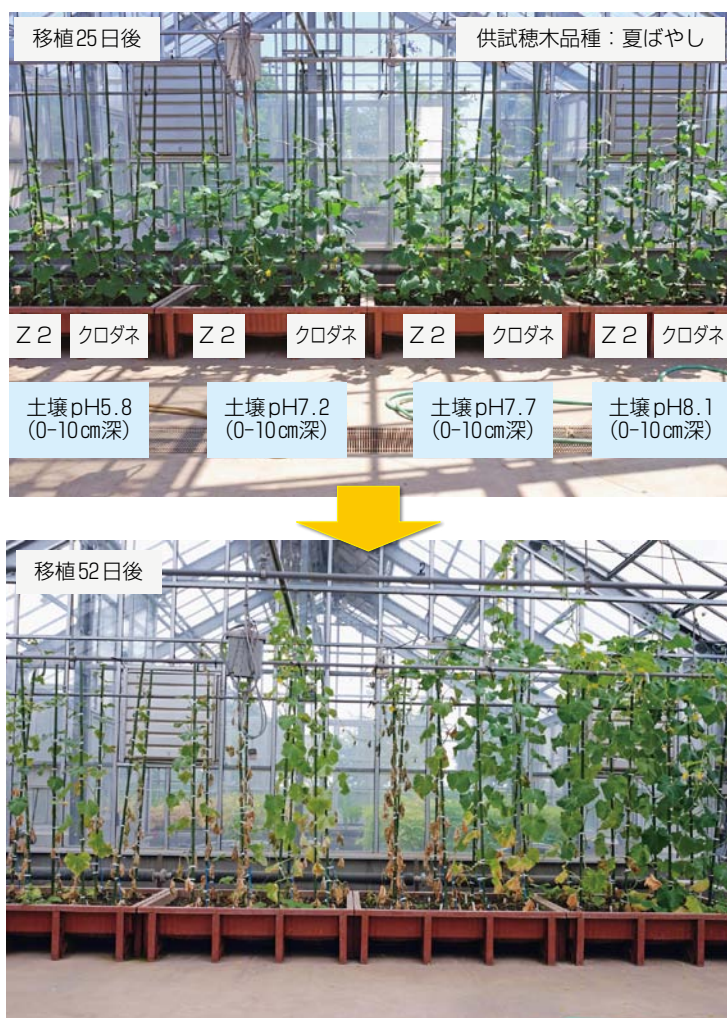


図32 転炉スラグを用いた土壌 pH 改良と被害軽減効果 (2010年、隔離床試験)

メモ) 土壌 pH が高いほど（転炉スラグ処理量が多いほど）本病の被害軽減効果は高い。ただし、土壌 pH8.1（深度0-10cm）では葉脈間の退緑や葉の小型化が観察された（マグネシウム欠乏と推定）。生理障害の発生が懸念されるので、土壌 pH の上げすぎには注意が必要。

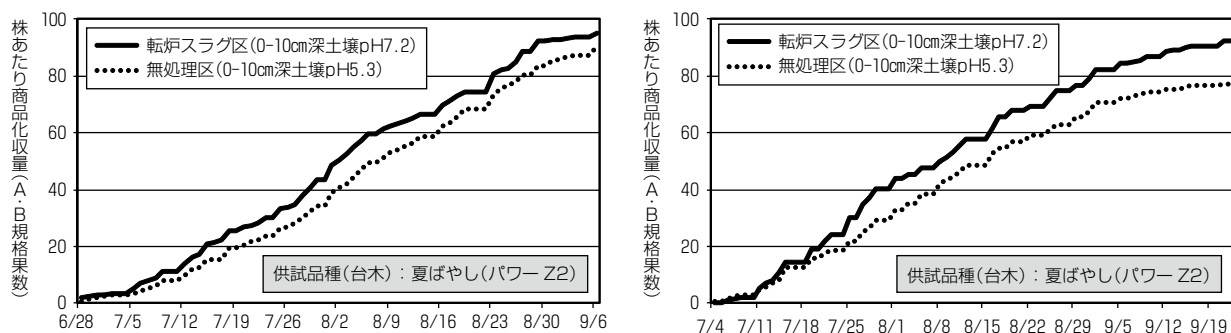


図33 転炉スラグ処理における商品化収量の推移（左：2010年、右：2011年）

メモ）ホモブシス根腐病による萎凋症状が発生しなかった株について、転炉スラグ処理と無処理の商品化収量（A・B規格）を比較した。その結果、2か年の試験（北上市、露地）のいずれにおいても転炉スラグ処理による商品化収量への悪影響は認められなかった。生理障害の発生も認められなかった。

表6 現地試験における転炉スラグ処理による土壌 pH 改良と被害軽減効果（2011年）

試験圃場	試験区	転炉スラグ処理量 (kg/10 a)	土壌 pH (深度0-10cm)	土壌 pH (深度0-20cm)	調査 株数	萎凋 株数	萎凋株率 (%)	防除価
遠野 No.1	転炉スラグ区(2011年春処理)	2,210	7.4	6.7	406	11	2.7	90
	無処理区	-	6.4	5.9	373	105	28.2	
遠野 No.2	転炉スラグ区(2011年春処理)	2,000	7.4	6.6	406	7	1.7	95
	無処理区	-	6.5	6.0	285	105	36.8	
遠野 No.3	転炉スラグ区(2011年春処理)	1,960	7.5	6.7	620	25	4.0	81
	無処理区	-	6.5	5.9	267	58	21.7	
花巻 ¹⁾	転炉スラグ区(2009年春処理)	2,500	7.2	6.6	303	11	3.6	96
	転炉スラグ区(2010年春処理)	3,800	7.6	7.0	153	62	40.5	
	無処理区	-	6.2	5.9	150	125	83.3	

1) 花巻の試験圃場では、2009年もしくは2010年に転炉スラグを処理し、その後はいずれの試験区も転炉スラグを追加処理していない。

また、2009年春処理当年の土壌 pH（深度0-10cm）は7.5、2010年春処理当年の土壌 pH（深度0-10cm）は7.6であった。

メモ）目標土壌 pH7.5、土壌改良深10cmとして転炉スラグを処理したいずれの圃場においても被害軽減効果が認められた。しかし、本技術の効果は完全ではないので、多発圃場ではクロピク処理を選択する。いずれの圃場も生理障害の発生は認められなかった。



図34 転炉スラグ処理による被害軽減事例（2011、遠野 No. 3圃場）

2) 目標土壌 pH の決定と混和方法

- 転炉スラグは pH をあげても微量元素欠乏がでにくい土壌 pH 改良資材です。被害軽減効果を発揮するためには目標土壌 pH として7.5が推奨されます。土壌改良深は10cmで効果が得られます。土壌改良深を15cmや20cmとしても問題はありますが、15cm改良では処理量が1.5倍、20cm改良では2倍になるので費用および散布労力の負担も大きくなります。なお、投入量決定には圃場ごとに土壌緩衝能曲線を作成して計算する必要があります（参考文献1）[5-3]。
- 転炉スラグは、手散布（図35）、ブロードキャスター（図36）、フロントローダ（図37）、ライムソワー（図38）等により処理します。小規模圃場や転炉スラグ処理量が少量の場合は、手散布が効率的です。大規模圃場ではライムソワー散布がもっとも効率的に散布できます（概ね5 t /10 a を1時間以内）。ブロードキャスターやフロントローダでの散布は、粉末資材が風により飛散しやすいので、風の影響の少ない早朝に作業速度を落として処理するなどの工夫が必要です。
- 散布後は一般的なロータリにより耕起しますが、転炉スラグの投入量と処理深を10cmで設定しているため、できるだけ浅耕とします（図39）。
- 処理2～3週間後に土壌 pH を測定して、深度0～10cmの表層土壌が目標土壌 pH となっていることを確認します。目標土壌 pH に到達していない場合は、転炉スラグを追加処理します。
- 本技術により転炉スラグのみを施用した圃場では、石灰分との拮抗作用により、マグネシウム欠乏症が発生しやすいことが明らかとなっています。そこで、転炉スラグ処理と同時に苦土肥料も施用し、マグネシウム欠乏症の発生を抑制する必要があります。苦土肥料の処理量の目安は、水酸化マグネシウム（水マグ）で概ね100 kg /10 a です（参考文献2）。



図35 手散布による転炉スラグ処理



図36 ブロードキャスターによる転炉スラグ処理



図37 フロントローダーによる転炉スラグ処理

3) 留意事項

- 本技術は、カボチャ台木栽培の露地夏秋作型キュウリでのみ有効性を確認しています。自根栽培のメロンやキュウリでは実用的な被害軽減効果は得られないことがわかっていますので、注意してください。
- 本技術は、病原菌を直接死滅させるものではないため、クロピク処理に比較すると被害軽減効果が劣ります。そのため、本病による前年の萎凋株率が10%未満の少発生圃場で適用してください。多発生圃場(前年の萎凋株率10%以上)では、クロピク処理を選択してください〔5-4〕。
- 本技術の処理費用は、転炉スラグ処理量が2 t /10 a の場合で概ね5万円です(クロルピクリン錠剤マルチ畦内処理7,000錠/10 a の場合概ね7万円)。本技術を適用する場合、土壌 pH が維持されれば次年度以降の転炉スラグ投入量は不要または少量ですむことから、2年や3年間のトータルで考えた場合、クロピク処理に比較すると経済的負担も軽減できます。
- 土壌 pH が著しく低い場合や、土壌の緩衝能が大きく1回の転炉スラグ処理で土壌 pH の改良が困難な場合(目安として土壌 pH7.5とするための転炉スラグ投入量が8 t 以上必要な場合など)には、より安価な土壌 pH 改良資材(消石灰、炭酸カルシウム等)の処理との組み合わせによって2年程度かけて目標土壌 pH まで改良する方法も検討してください。その際は、まずは土壌 pH6.5程度を改良目標とし、クロピク処理を組み合わせることで本病の被害を回避してください。
- 転炉スラグ以外の石灰資材のみで土壌 pH を改良した場合に、同様の被害軽減効果が得られるかは不明です。
- 本技術を導入した圃場では、毎年本病の発生状況を確認し、地上部の萎凋株率が10%以上となった場合、または収穫終了後の残さ(根部)検診において根の褐変程度が高かった場合(概ね根の表面積の3割以上が褐変)には、翌年度の対策として、クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理〔5-4〕や圃場転換を検討してください。



図38 ライムソアーによる転炉スラグ処理



図39 転炉スラグ処理後の耕起(処理深10cmの場合は浅耕)

4) 参考資料・文献

- (1) 村上圭一・後藤逸男(2008) アブラナ科野菜根こぶ病防除のための転炉スラグ施用量簡易決定法、関西病虫研報 50:97-98.
- (2) 後藤逸男・村上圭一(2006) 根こぶ病おもしろ生態とかしこい防ぎ方、農文協、pp.89-96.

(岩館 康哉)

3-3 施設キュウリでの効果的な土壌還元消毒

1) 技術の特性と適用場面

施設における本病の防除対策としてクロロピクリンくん蒸剤による土壌くん蒸、太陽熱消毒、土壌還元消毒が実施されています。土壌還元消毒は土壌くん蒸より作業者への負担が少なく、圃場全体を安価に消毒できます（図40）。土壌還元消毒には有機物の投入が必要であり、主に米ぬかが用いられてきましたが、発生の拡大に伴い、土壌還元消毒を実施する農家が増加し、米ぬかの確保が困難となった事例があります。米ぬかの代替資材として、米ぬかから油を絞った脱脂米ぬかや、食品加工会社から排出されるコーヒー残さが利用できます。これらの資材は、米ぬかを用いた土壌還元消毒と同様の防除効果が得られます。

また土壌還元消毒は、抑制栽培と（半）促成栽培の年2作体系の場合、いずれの資材でも抑制栽培前の6月～7月にかけて実施すると、2作にわたる防除効果が認められ効率的です。

2) 土壌還元消毒の処理手順

土壌還元消毒は以下の手順で実施します。

- ① 作物残さを片づけ耕起する。罹病した根物は抜き取ると防除効果が向上する。
- ② 10a当たり約1tの資材を散布したのち、トラクターで土壌（耕深20cm程度）と資材をよく混和し、水が拡散しやすいよう地表面を均平にする（図41、42、43）。
- ③ 圃場全体に水が行き渡るように灌水チューブを設置し、地表面をビニルで覆い、150ℓ/m²程度灌水する（水の量が重要で、ぬかるむ程度まで入れることがポイント）（図44、45、46）。
※水が圃場全体に行き渡らない場合は、ビニル被覆前に灌水を行い、その後被覆する（図47）。灌水後にビニルを被覆する場合は、圃場内が歩きにくくなるので注意する。
- ④ ハウスを密閉し、20日間以上維持する（消毒開始から7日後にはドブ臭がしてくると処理成功の目安となる）。
- ⑤ 処理終了後ハウスを開放し、耕起する。

～ 土壌還元消毒に用いる資材 ～

- 米ぬか
- 脱脂米ぬか……米ぬかから油を絞ったもの。油がないため散布しやすく、保存中に紙袋に油が滲まない。
- コーヒー残さ……缶コーヒー等製造用としてコーヒーを抽出した豆の粉末残さであり、本試験では乾燥させたものを用いた。

図40 同一圃場内における土壌還元消毒の防除効果
消毒箇所（左）、
未実施箇所（右）。





図41 残さを整理後耕起し資材を散布する



図42 資材をよく混和し地表面を均一にする



図43 耕深15~20cm程度まで耕起する



図44 灌水チューブを設置する



図45 ビニルで被覆する



図46 灌水チューブで十分灌水する



図47 ビニル被覆後で十分に灌水できない場合は、灌水後に被覆する

3) 施設キュウリ年2作体系における効果的な土壌還元消毒の実施方法

土壌くん蒸の防除効果（マルチ畦内処理）は1作のみですが、抑制栽培と（半）促成栽培の年2作体系の場合、土壌還元消毒を抑制栽培前に実施することで、2作目においても萎凋株の発生を抑制することができます。資材は米ぬか、脱脂米ぬか、コーヒー残さいずれでも防除効果が認められます（表7、図48）。ただし、2作目のキュウリの根は本病に侵されていることが多いので、次年の抑制栽培前に土壌還元消毒を検討することが必要です。

つまり、年1回抑制栽培前に土壌還元消毒を実施することで、効果的に本病の発病を抑制することができます。

4) 試験データ

現地圃場で実施した土壌還元消毒の実証事例は以下の通りです。

表7 土壌還元消毒の防除効果および効果の持続性

【脱脂米ぬか】

No.	消毒実施年	消毒期間	調査項目	消毒前	消毒後 (1作目)	消毒後 (2作目)
①	2010年	24日間 (6/27~7/20)	地上部萎凋度	0	0	-
			根の発病度	5.0	0	-
②	2010年	18日間 (7/5~22)	地上部萎凋度	75.0	0	5.0
			根の発病度	95.0	2.5	58.8

【コーヒー残さ】

No.	消毒実施年	消毒期間	調査項目	消毒前	消毒後 (1作目)	消毒後 (2作目)
①	2011年	22日間 (6/21~7/12)	地上部萎凋度	86.7	0	0
			根の発病度	96.2	2.5	12.5
②	2012年	21日間 (6/26~7/16)	地上部萎凋度	0	0	-
			根の発病度	12.5	0	-
③	2012年	8日間 (7/23~30)	地上部萎凋度	12.5	0	-
			根の発病度	22.5	17.5	-
④	2012年	23日間 (7/18~8/9)	地上部萎凋度	0	0	-
			根の発病度	50.0	5.0	-

【米ぬか】

No.	消毒実施年	消毒期間	調査項目	消毒前	消毒後 (1作目)	消毒後 (2作目)
①	2010年	24日間 (6/27~7/20)	地上部萎凋度	20.0	0	-
			根の発病度	7.5	0	-
②	2010年	18日間 (7/5~22)	地上部萎凋度	62.5	0	0
			根の発病度	95.0	7.5	52.5
③	2011年	22日間 (6/21~7/12)	地上部萎凋度	0	0	0
			根の発病度	52.5	0	12.5
④	2012年	21日間 (6/26~7/16)	地上部萎凋度	0	0	-
			根の発病度	12.5	0	-
⑤	2012年	8日間 (7/23~30)	地上部萎凋度	2.5	0	-
			根の発病度	37.5	60.0	-
⑥	2012年	23日間 (7/18~8/9)	地上部萎凋度	36.2	0	-
			根の発病度	50.0	2.5	-

- : 調査未実施



図48 土壌還元消毒後2作後の根の発病状況

左：地上部の状態、右：栽培終了時の根部の状態。

5) 留意事項

- 土壌還元消毒は地温が30℃以上確保できる時期に実施し、被覆期間は20日間以上とします。なお、期間が短いと十分な消毒効果が得られないことがあります（表7：コーヒー残さ③、米ぬか⑤）。
- 処理開始後すぐに圃場表面が乾燥する場合は灌水が不足しているので、追加で灌水します。ただし、追加すると地温が低下することがあるので、被覆期間の延長等で対応します。
- 施設を密閉して室温を上げるため、プラスチック等熱に弱い施設内の資材が曲がることがあるので、処理前に搬出しておきます。天窗の開閉の設定は50℃弱に調整します。
- 圃場の保水性が不均一であると、消毒効果が得られない場合があります。
- 圃場の端はビニルの被覆の密閉度が不十分になることがありますので、資材等でビニルを押さえると消毒効果のムラの発生を少なくすることができます。
- 排水不良圃場では、土壌還元消毒の実施の可否や消毒後から圃場が乾くまでの期間を確保するように注意します。
- 土壌還元消毒の資材費は表8のとおりです。

表8 土壌還元消毒と土壌くん蒸との資材費の比較

資材名	10aあたりの必要量	資材費
米ぬか	約1t	20,000～40,000円
脱脂米ぬか		米ぬかと同等またはやや高い
コーヒー残さ		業者と相談による
クロルピクリン液剤 (クロルピクリン)	2缶(10ℓ入り)	約35,000円
クロルピクリン錠剤	17～20袋(400錠入り)	70,000～110,000円
クロピクテープ	16～20袋(28m入り)	70,000～110,000円
クロピクフロー	2缶(15ℓ入り)	約65,000円

※クロルピクリン剤による土壌消毒は10a圃場で畝(1.35m×45m)10本の畝内処理の場合、土壌還元消毒は圃場全体(通路含む)処理の場合。

- 土壌還元消毒後は、土壌の化学性を調査し施肥設計をしてください。
- 抑制栽培前の土壌還元消毒後、1作終了時に必ず発生状況を確認し、萎凋株の発生や根部に偽子座の形成が確認された場合は、(半)促成栽培前の対策を検討してください。

(近藤 誠・永野 敏光・小野寺 康子・辻 英明)

4 総合防除の実践例

ここでは圃場診断の結果に基づき啓発あるいは防除（被害緩和）手法を導入した事例を示します。

- 本病が未確認の地域
 - [4-1] 秋田県（キュウリ・メロン・スイカ）……全県を対象としたウリ科野菜産地の遺伝子検査と本病の啓発
 - [4-2] 岩手県（露地キュウリ）……圃場診断の結果に基づく土壌 pH 矯正の導入
 - [4-3] 宮城県（露地キュウリ）……圃場診断の結果に基づく指標植物の導入と整枝管理の変更
- 本病が既に発生している地域
 - [4-4] 宮城県（施設キュウリ）……施設栽培における指標植物導入とそれに基づく土壌還元消毒の実施
 - [4-5] 福島県（露地キュウリ）……未確認圃場の診断とそれに基づく土壌 pH 矯正の導入

4-1 秋田県における広域的な診断と啓発活動

1) 目的と対象地域

秋田県でホモプシス根腐病による被害が最初に知られたのは2008年でした。若美町と八竜町の複数の圃場で発生し、大きな被害を受け、9月8日にメロンホモプシス根腐病特殊報が発表されました。翌2009年、横手市でキュウリにおいて発生が認められ、キュウリホモプシス根腐病特殊報が発表されました。キュウリ産地は全県に広がっていることから、本病原菌の分布に関心が持たれるようになりました。

そこでこの遺伝子診断技術を用いて、病気の発生が見られない圃場の土壌から病原菌の検出が可能か、可能とすれば秋田県において病原菌はどれくらい広がっているか調査し、分布について得られた知見を、病原菌侵入阻止や予防的な対策の構築に関する啓発活動に有効に活用することを試みました。

2) 圃場診断結果および講じた対策等

(1) メロン栽培地域の圃場診断

本病の初発生年における病原菌の分布を知ることが目的として、メロン栽培地域における遺伝子検査による圃場診断を2008年から2009年にかけて行いました。その結果、調査した40圃場のうち18圃場の土壌が陽性となりました（表9）。陽性圃場は1市1町のメロン栽培地域の全域に及んでいました。病気の発生が最初に知られた年に既に病原菌がかなり広く分布していたことが明らかになりました。

(2) キュウリ・スイカ圃場の全県的な診断

キュウリで本病の発生が知られた2009年の秋、発生地域のキュウリ圃場を対象として緊急の圃場診断を行いました。その結果、新たに7圃場が陽性であることがわかりました（表10）。同地域で当時被害が確認された圃場は2圃場のみであったにもかかわらずこのように多数の圃場が陽性となったことから、他の産地も含めて病原菌の分布が懸念される事態となりました。そのため、翌年から2012年にかけて、全県的な分布調査を行うことになりました。土壌の採取は県の病害虫防除所が企画立案し、各地域振興局や農業協同組合の協力を得て実施されました。

キュウリ圃場を対象として、2010年に秋田県の鹿角、北秋田、山本、仙北、平鹿、雄勝の6地域152圃

場から土壌サンプルが採取されました。遺伝子検査の結果、そのうち27圃場で陽性または擬陽性でした。2011年度には8地域303圃場の診断が行われ、17圃場の土壌が陽性あるいは擬陽性と診断されました（表10）。2009年から2011年度にかけて行われた調査をまとめると、全県で495圃場を調査し、51圃場が陽性となりました（表10、図49）。この調査によって、鹿角地域、北秋田地域および雄勝地域において、陽性圃場が検出されました（図49）。これらの地域ではまだ本病の発生は知られていませんでした。なお、土壌検査で陰性であったが、その後病気が発生（萎凋症状が発生）した事例が北秋田地域の1圃場で確認されました。

これらと平行してまだ発病が見られていないスイカについても北秋田、由利、平鹿、雄勝の82圃場について診断を行いました。これまでのところ陽性圃場は見つかっていません（表11）。

表9 秋田県のメロン圃場のホモプシス根腐病菌検出¹⁾ 結果

地域	2008-2009年		2010年		2011年		2008-2011年	
	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数
鹿角	-	-	-	-	-	-	-	-
北秋田	-	-	-	-	-	-	-	-
山本	28	11 ²⁾	-	-	20	1	48	12
秋田	12	7	-	-	20	0	32	7
由利	-	-	-	-	6	0	6	0
仙北	-	-	-	-	1	0	1	0
平鹿	-	-	-	-	-	-	-	-
雄勝	-	-	-	-	-	-	-	-
合計	40	18	-	-	47	1	87	19

1) 圃場で採取した土壌のDNA検査により調査した。

2) その後の再検査により新たに6圃場が陽性あるいは擬陽性となった。

表10 秋田県のキュウリ圃場のホモプシス根腐病菌検出¹⁾ 結果

地域	2009年		2010年		2011年		2009-2011年		
	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数	萎凋症状発生農家数 ²⁾	調査圃場数	陽性・擬陽性数
鹿角	-	-	50	22	216	10	4	266	32
北秋田	-	-	34	3	52	1	1	86	4
山本	-	-	4	0	-	-	0	4	0
秋田	-	-	-	-	-	-	0	-	-
由利	-	-	-	-	-	-	0	-	-
仙北	-	-	12	0	8	0	0	20	0
平鹿	40	7	15	2	-	-	2	55	9
雄勝	-	-	37	0	27	6	0	64	6
合計	40	7	152	27	303	17	7	495	51

1) 圃場で採取した土壌のDNA検査により調査した。

2) 地上部症状と収量への影響がみられた農家数。

表11 秋田県のスイカ圃場のホモプシス根腐病菌検出¹⁾ 結果

地域	2009年		2010年		2011年		2009-2011年	
	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数	調査圃場数	陽性・擬陽性数
鹿角	-	-	-	-	-	-	-	-
北秋田	-	-	-	-	5	0	5	0
山本	-	-	-	-	-	-	-	-
秋田	-	-	-	-	-	-	-	-
由利	-	-	-	-	23	0	23	0
仙北	-	-	-	-	-	-	-	-
平鹿	-	-	30	0	4	0	34	0
雄勝	-	-	20	0	-	-	20	0
合計	-	-	50	0	32	0	82	0

1) 圃場で採取した土壌のDNA検査により調査した。

(3) 陽性圃場における病原菌存否の検証

陽性とされた圃場に本当に病原菌が存在するか検証を行いました。2010年度までに陽性とされ2011年度にキュウリが栽培されていたキュウリの31圃場（鹿角22、平鹿9）および2011年9月までに陽性とされた10圃場（いずれも鹿角）について萎凋症状の発生を調査したところ、6圃場（鹿角4、平鹿2）で萎凋症状がみられ、このうちの4圃場で本病が確認されました。残り2圃場は原因不明とネコブセンチュウ病によるものでした。また、キュウリ収穫後に採取した根の遺伝子検査によって23の陽性圃場（いずれも鹿角地域）のうち12圃場で病原菌が検出されました。これらを含め、陽性とされたキュウリ圃場のうち27圃場で病原菌の存在が確認されました。以上の結果は、遺伝子検査による圃場診断が正しかったことを示すものです。またこうした圃場のほとんどは萎凋症状など肉眼で確認できる地上部症状は発生していないことから、遺伝子検査によって被害が発生する前に病原菌を検出できることが実証されました。陽性と診断された圃場では病原菌が侵入している可能性が高いことを意味しています。まだ存在が確認されていない圃場においても存在する可能性が高いと考えて対処することが必要と思われる。

(4) 全県的な圃場診断結果のまとめ

2008年から2011年にかけて実施された調査によって、全県でウリ類（キュウリ、スイカ、メロン）664圃場のうち76圃場、うちキュウリ圃場では51圃場が陽性あるいは擬陽性でした。そして、後者のうち27圃場において、その後病原菌の存在が確認されました。しかし病気の発生（萎凋症状）が認められた圃場は少なく、2011年において全県で7圃場のみでした（表10）。このうち4圃場は被害が発生する前に遺伝子検査による圃場診断によって病原菌が検出されていました。残りの2圃場は最初に病気の発生が見られた圃場であり、遺伝子検査で陰性とされた後発病が見られた圃場は1圃場（北秋田地域）のみでした（表10）。

(5) 実施された指導、普及活動

2008-2011年の間、本病の発生が確認された地域および遺伝子診断等によって病原菌の存在が確認された地域において農家を対象とした説明会が実施されました。これに先立って公的および民間団体の指導的立場の職員に対して種々の情報が提供されました。これらは病気による被害が極めて少ない地域によってはまだ発生していない段階で行われており、時宜を得た対応でした。加えて本病の発見から2年半後の2011年度末には、防除対策を含めて本病を紹介するリーフレットが作成され全県の関係農家に配布されました（秋田県病害虫防除所、秋田県立大学編集、秋田県農林水産部園芸振興課発行）。以上の取り組みを通して生産者に本病に対する注意を喚起し、被害が発生あるいは大きくなる前に状況に応じた対策を講じることを促す努力が払われました。

現在、秋田県では数十を超える圃場に病原菌が存在すると見られますが、被害があるのは10圃場に満たない状況です。他県における経験では、最初に本病の発生が見られてから10年ほどの間に被害が大きくなりました。秋田県ではキュウリで本病が発生してから4年経過しましたが、今後の本病による被害の増加がこれまでの他県の例より遅延されることがあれば、本研究プロジェクト等の取り組みに大きな効果があったことが想定されます。今後の推移を見守る必要があります。

(古屋 廣光)

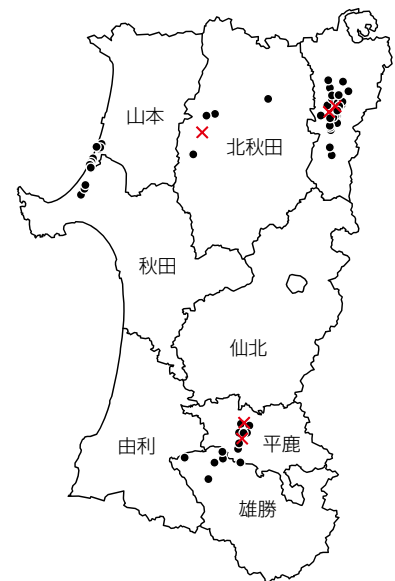


図49 ウリ類ホモプシス根腐病菌の分布（2008～2011年の調査）

- 陽性圃場。
- × 萎凋症状発生圃場。

4-2 岩手県での圃場診断および対策の導入事例

1) 目的と対象地域

岩手県では2002年の本病発生確認以来、発生地域は急激に増加し、2007年には県中南部の露地夏秋作型キュウリのほとんどの産地で本病が確認される状況でした（図50）。一方で、県北部など本病未確認地域も存在していたため、本病の被害発生前に土壌の汚染状況を把握することは、本病被害を未然に防ぐためにも重要と考えられました。そこで、2011年にこれらの未発生地域を中心に圃場診断（遺伝子検査〔2-1〕と生物検定〔2-2〕）を実施することによって、被害発生前に本病の潜在的汚染地域を把握するとともに、被害軽減対策を講じることが可能か検討しました。

2) 診断結果に応じた対策の導入

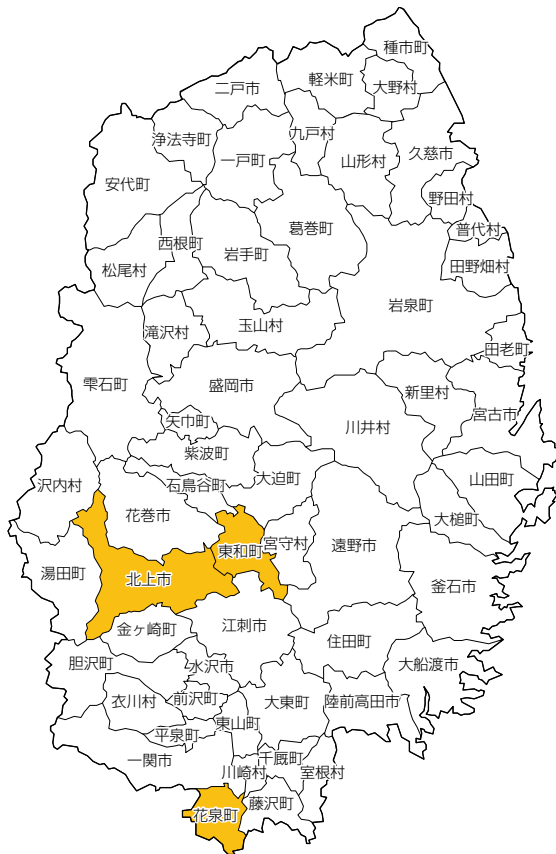
2011年に実施した圃場診断（遺伝子検査+生物検定）の結果、これまで本病未確認であった二戸市の1圃場と八幡平市の4圃場で本病菌が検出されました（表12）。岩手県では中央農業改良普及センターが中心となったホモプシス根腐病の診断体制が整っていたことから、当該圃場では収穫終了後の残さ（根部）検診が実施されました。その結果、八幡平市圃場より採集した根から本病原菌が分離され、本病の発生が改めて確認されました（図50）。

本病の発生が確認された八幡平市圃場では2012年に転炉スラグを用いた土壌 pH 改良による被害軽減技術〔3-2〕の実証が普及センターを中心に実施されました。

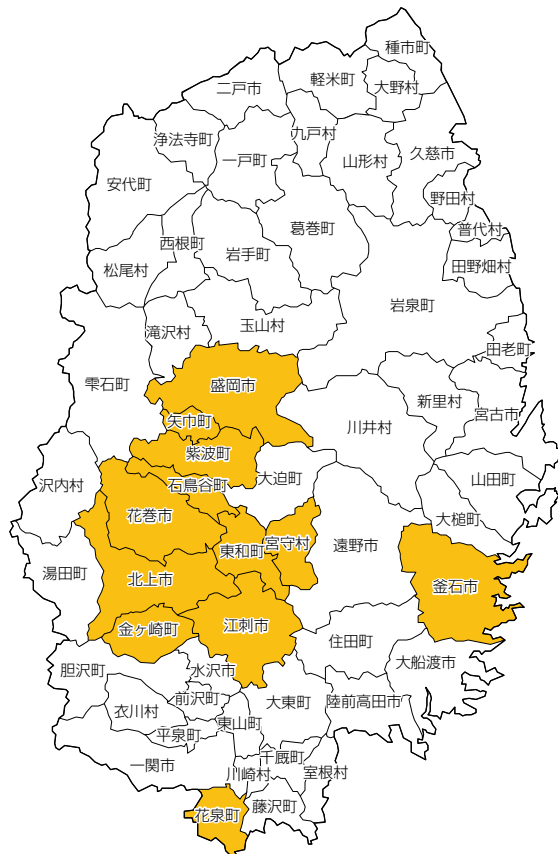
表12 ホモプシス根腐病未発生地域（岩手県北部）における圃場診断結果（2011年）

地域	市町村	(2002年当時の市町村区分)	地区	遺伝子検査	生物検定	2010年 ホモプシス確認有無	
ホモプシス根腐病未発生地域	二戸市	(二戸市)	A	-	-	×	
	〃	〃	B	-	-	×	
	〃	〃	C	-	-	×	
	〃	〃	D	-	-	×	
	〃	〃	E	-	-	×	
	〃	〃	F	-	-	×	
	〃	〃	G	-	-	×	
	〃	〃	H	-	-	×	
	〃	〃	I	-	-	×	
	〃	〃	J	-	+	×	
	〃	〃	K	-	-	×	
	〃	〃	L	-	-	×	
	〃	〃	M	-	-	×	
	〃	〃	N	-	-	×	
	〃	〃	O	-	-	×	
	〃	八幡平市	(西根町)	A	+	+	×
	〃	〃	〃	B	-	+	×
	〃	〃	〃	C	+	-	×
	〃	〃	(安代町)	D	+	+	×
〃	久慈市	(久慈市)	A	-	-	×	

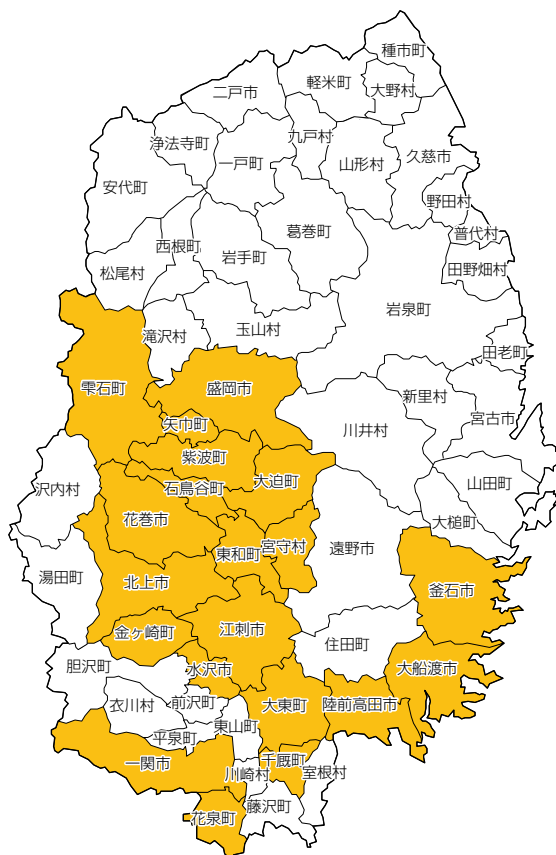
+：陽性 -：陰性



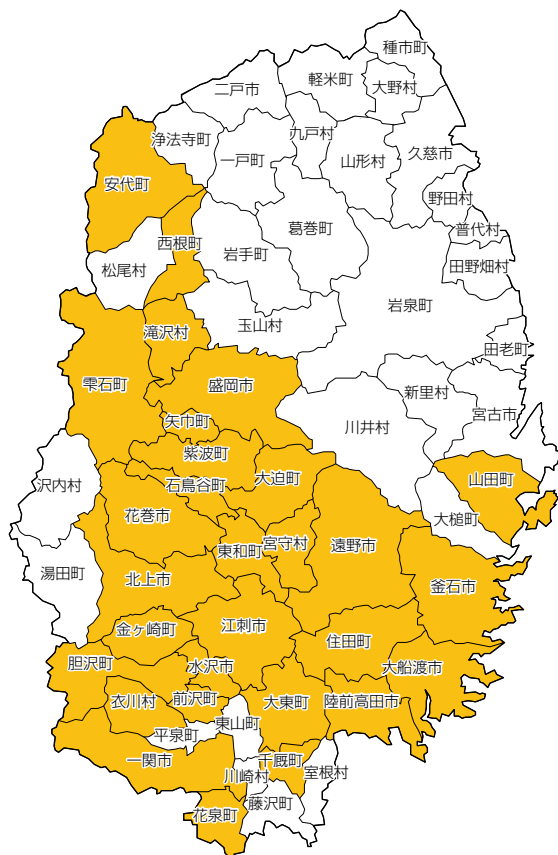
2002年(初確認)



2003年まで累計
(2002年当時の市町村区分で表示)



2007年まで累計
(2002年当時の市町村区分で表示)



2012年まで累計
(2002年当時の市町村区分で表示)

図50 ホモブリス根腐病発生確認地域の推移

3) 八幡平市 C 地区における転炉スラグ処理導入結果

圃場診断・残さ検診において本病の発生を確認した八幡平市 C 地区圃場において2012年に転炉スラグを用いた土壌 pH 改良による被害軽減技術を実証しました。この圃場では、2011年の萎凋株割合は1.2%でした。また、土壌緩衝能曲線を作成した結果、土壌 pH7.5とするために必要な転炉スラグは4 t /10 aでした。

○試験区の構成

転炉スラグ区 5 a 供試品種：大望 I / パワー Z 2 : 285株、金星 / パワー Z 2 : 45株
 無処理区 15 a 供試品種：大望 I / パワー Z 2 : 331株、金星 / パワー Z 2 : 326株

○結 果

転炉スラグ区では、萎凋株の発生は認められませんでした。無処理区では3品種いずれも萎凋症状が確認され、萎凋株率は、大望 I で6.6%、金星で13.2%でした（図51、図52）。根の発病（2012. 9 .14調査）は、転炉スラグ区、無処理区ともに確認されました。転炉スラグ区の根部の発病程度は、無処理区に比較すると低い傾向でした。

以上のように、圃場診断によって本病の発生が確認された圃場（前年の萎凋株割合10% 未満）において、その次年度対策としての転炉スラグ処理は有効でした。

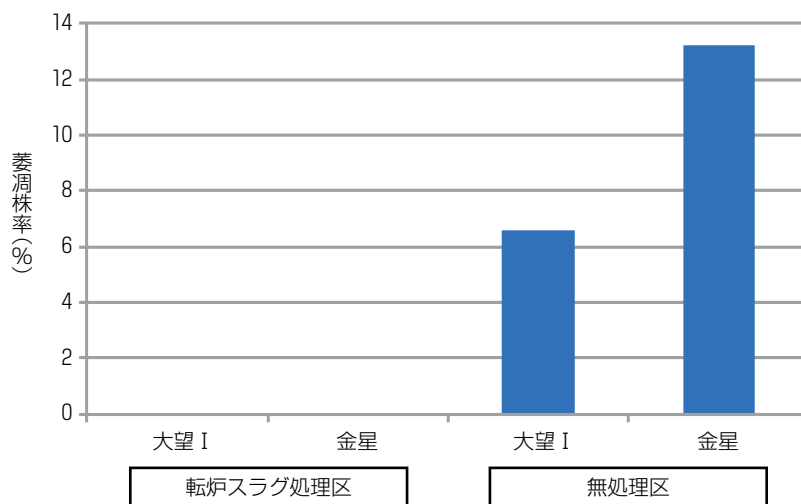


図51 実証圃場における萎凋症状の発生状況(2012. 8. 31、八幡平市 C 地区)



図52 転炉スラグによる被害軽減実証圃場 (2012、八幡平市 C 地区)

(左：無処理区、右：転炉スラグ処理区)

(岩館 康哉)

4-3 宮城県での圃場診断および対策の導入事例

1) 目的と対象地域

宮城県内の露地キュウリ栽培では、本病の発生は確認されていませんでした。しかし、露地キュウリ栽培が盛んな県南部の地域において2010年に施設栽培での発生が認められたことから、露地圃場への侵入も懸念されました。そこで、同地域を主な対象に遺伝子検査・生物検定により診断し、圃場の状況に応じた対策の導入を試みました。

2) 診断結果に応じた対策の導入

(1) 遺伝子検査および生物検定による圃場診断

露地栽培への侵入が懸念された地域を中心に23圃場を選定し、土壌をサンプリングして遺伝子検査および生物検定を行ったところ、遺伝子検査で1圃場、生物検定で3圃場が陽性となりました(表13)。診断結果が陽性となった圃場を中心に追跡調査を行ったところ、病原菌による根の発病が確認されました。

表13 露地栽培における圃場診断結果と実栽培での発生

市町村	遺伝子検査	生物検定	診断後の ホモブシス根腐病の発生
K市	-	-	
K市	-	-	
S市	-	-	
S市	-	-	×
O町	-	-	
O町	-	-	
Mu町	-	-	
Mu町	-	-	
Mu町	-	-	
Mu町	-	-	
Mu町	-	-	
S町	-	-	
S町	-	+	○
S町	-	+	○
S町	-	-	
S町	-	-	
Z町	-	-	
Z町	+	-	
Z町	-	-	
Z町	-	-	
Z町	-	-	
Z町	-	-	
Z町	-	+	○
Ma町	△	-	

陽性：+ 陰性：- 擬陽性：△ 発生確認：○ 発生なし：×
空欄：調査未実施

(2) 診断結果に応じた対策の導入

生物検定で陽性と診断された圃場について、下記の個別技術を組み合わせて導入した事例を紹介します。

今回活用した個別技術

- I 指標植物 [3-1] : 圃場の汚染状況を事前に察知するために導入
- II 整枝管理の変更 [3-1] : 応急的な被害軽減技術を活用

【実践例1】

キュウリ定植5月25日 → 指標植物定植6月12日 → 整枝管理技術を導入 → 指標植物萎凋9月5日 → キュウリ萎凋なし（根の発病度は高い）

～実践例のポイント～

- ① 生物検定による圃場診断により、汚染圃場の可能性が高かったため、栽培期間中は整枝管理技術を導入した。
- ② 指標植物の萎凋により、汚染状況が確認され、整枝管理技術を継続実施した。
- ③ 調査したキュウリの根はすべてに偽子座が形成されており発病度は非常に高かったことから、整枝管理技術により萎凋を軽減できたと考えられた。

【実践例2】

キュウリ定植6月4日 → 指標植物定植6月12日 → 整枝管理技術を導入 → 指標植物萎凋10月3日 → キュウリ萎凋なし（根の発病度は高い）

～実践例のポイント～

- ① 生物検定による圃場診断により、汚染圃場の可能性が高かったため、栽培期間中は整枝管理技術を導入した。
- ② 指標植物の萎凋により、汚染状況が確認され、整枝管理技術を継続実施した。
- ③ 調査したキュウリの根はすべてに偽子座が形成されており発病度は非常に高かったことから、整枝管理技術により萎凋を軽減できたと考えられた。

3) まとめ

生物検定による圃場診断の結果が陽性とされた露地キュウリ圃場において、実際に本病の発生が確認されました。このことから、圃場診断がこれまで本病発生が未確認であった地域での病原菌検出に有効であることが示されました。また、診断結果に基づいて指標植物を導入することができ、被害が未発生の段階からの被害軽減の取り組みが可能であることが示されました。

(近藤 誠・永野 敏光・小野寺 康子・辻 英明)

4-4 宮城県での施設栽培における総合防除の実践例

1) 目的と対象地域

宮城県の施設キュウリ栽培では2005年から本病による被害が相次いでいます。本病に対する土壌還元消毒の有効性はこれまでに明らかとなっていますが、施設栽培の多くは抑制栽培と(半)促成栽培の年2作体系であるため、作付け終了から次作までの間が短く、消毒が可能な期間は1か月程度となっています。作付けが終了する前に汚染状況が把握できれば資材の準備や消毒期間の確保が容易となり、効率的な防除につながります。そこで、指標植物を導入し、リスク診断とそれに基づいた被害緩和手法の導入を試みました。

施設キュウリにおける指標植物を導入したリスク診断から対策までの流れは図53のとおりです。

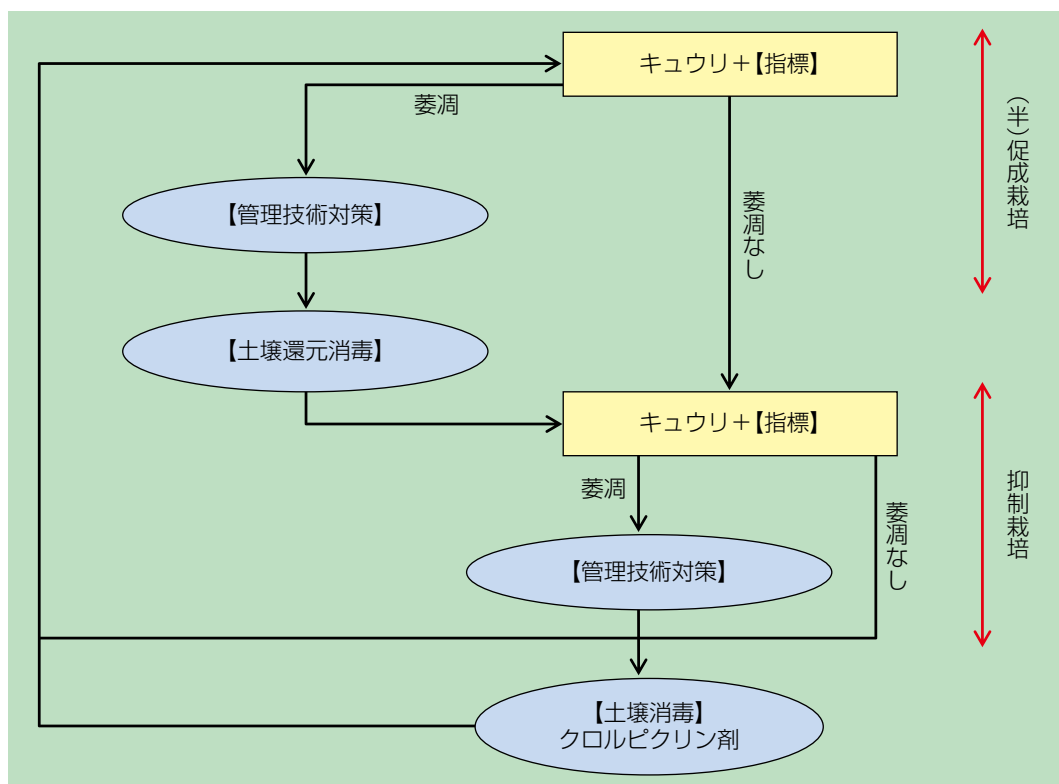


図53 施設キュウリにおける診断～防除のフロー

指標植物の導入方法は以下のとおりです（〔3-1〕参照）。

【指標植物】 1葉期まで育苗したメロン苗（品種：アールスナイト夏系2号）

【定植】 キュウリ定植後早い段階に、畝の肩に10株3か所（対角線上）または5株5か所（4角と中央）に定植します。定植時に害虫対策として粒剤施用をします。

【管理】 メロンが大きくなった場合は、適宜整枝を行います。病虫害管理はキュウリと同時防除で行います。

※汚染圃場であった場合、指標植物定植後早ければ約20日後に指標植物に症状が認められます。

2) 診断結果に応じた対策の導入

診断結果に応じた対策として以下の個別技術を組み合わせて導入した事例を紹介します。

今回活用した個別技術

- I 指標植物 [3-1] : 圃場の汚染状況を事前に察知するために導入 (図54)
- II 整枝管理技術 [3-1] : 応急的な被害軽減技術を活用
- III 土壌還元消毒 [3-3] : 安価で効果的な防除方法・2作の防除効果の持続性

【実践例1】

キュウリ定植1月21日 → 指標植物定植2月9日 → 指標植物萎凋4月10日 → 整枝管理技術を導入 → キュウリ萎凋5月16日 → 栽培終了後に土壌還元消毒

～実践例のポイント～

- ① 指標植物の萎凋により約1カ月早く汚染状況が確認でき、整枝管理技術を導入し被害を軽減できた。
- ② キュウリはほとんど萎凋しなかったが、指標植物により汚染圃場であることを確認したので、土壌還元消毒の準備や消毒期間を確保し、栽培終了後直ちに消毒ができた。

【実践例2】

キュウリ定植1月30日 → 指標植物定植2月9日 → 指標植物萎凋3月15日 → 整枝管理技術を導入 → キュウリ萎凋4月10日 → 栽培終了後にクロピクフローによる土壌消毒

～実践例のポイント～

- ① 指標植物の萎凋により約1カ月早く汚染状況が確認でき、整枝管理技術を導入し被害を軽減できた。
- ② 汚染状況であることが確認され、栽培を早めに切り上げ土壌消毒ができた。

【実践例3】

キュウリ定植3月29日 → 指標植物定植4月6日 → 指標植物萎凋4月26日 → 整枝管理技術を導入 → キュウリ萎凋5月22日 → 栽培終了後に土壌還元消毒

～実践例のポイント～

- ① 指標植物の萎凋により約1カ月早く汚染状況が確認でき、整枝管理技術を導入し被害を軽減できた。
- ② 指標植物により事前に汚染圃場であることが確認でき、土壌還元消毒の準備や消毒期間を確保し、栽培終了後直ちに消毒ができた。

【実践例4】

キュウリ定植2月20日 → 指標植物定植2月27日 → 指標植物萎凋5月16日 → 整枝管理技術を導入 → キュウリ萎凋なし → 栽培終了後消毒なし

～実践例のポイント～

- ① キュウリは萎凋しなかったが、指標植物の萎凋により汚染圃場であることが確認でき、整枝管理技術を導入し被害を軽減できた。
- ② 指標植物における本病の発生が少なかったため、消毒は実施しなかった。



図54 施設栽培での指標植物

3) まとめ

施設栽培における指標植物の活用は「圃場の被害リスクの的確な評価（潜在汚染圃場を含む）」「整枝管理変更による被害軽減対策導入の指標」「土壌消毒の要否判断と早めの栽培切り上げと消毒準備」に有効な手段であり、効率的な防除対策につながります。なお、指標植物に萎凋・枯死が認められた場合は、必ず土壌消毒等の対策をとる必要があります。

(近藤 誠・小野寺 康子・辻 英明)

4-5 福島県での圃場診断および対策の導入事例

1) 目的と対象地域

福島県では、1996年に施設キュウリ栽培でホモブシス根腐病の発生が確認され、2001年には露地キュウリ栽培でも発生が確認されています。現在は、県内のほとんどのキュウリ栽培地域で発生が見られており、本病の被害が未確認の圃場でも本病原菌が存在している可能性があり、被害の拡大が懸念されています。そのため、露地夏秋キュウリ栽培が盛んな本県の県中地域の1地区を対象に、本病による被害が未確認の圃場について生物検定による診断を行い、潜在的な汚染状況を把握するとともに、陽性と診断された圃場において対策を実施し、本病による被害を未然に防ぐ取り組みについて検証を行いました。

2) 診断結果に応じた対策の導入

露地夏秋キュウリ栽培の盛んな本県の県中地域の1地区において、本病による被害が未確認の露地夏秋キュウリ栽培圃場37圃場について、土壌を採取（5地点混合方式）〔2-2参照〕しました。採取した土壌をもとに生物検定を実施した結果、被害未確認圃場37圃場のうち29圃場（78%）で陽性となりました（図55）。その後、生物検定で陽性となった6圃場について現地調査（残さ診断）を実施したところ、その全ての圃場で本病による根の発病が確認されました。また、現地調査時に本病に対するアンケート調査を併せて実施しました（表14）。

現地試験を実施するにあたって、生物検定で陽性となった圃場から、3圃場（A、B、C）を選定しました。また、選定した3圃場について、現在までに得られた本病に対する対策の試験結果から、転炉スラグを用いた土壌pH改良と台木の対策を導入しました。

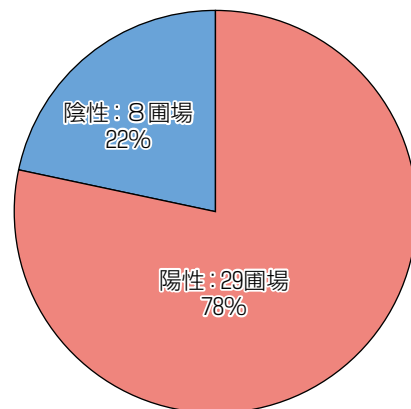


図55 被害未確認圃場における生物検定結果 (2011年)

表14 生産者へのアンケート調査結果 (2011年)

	設 問		
	作付年数	過去に萎凋症状が発生したか	ホモブシス根腐病を知っているか
圃場1	4	ない	知っている
圃場2	9	ない	名称のみ
圃場3	10	ある	知っている
圃場4	10	ある	名称のみ
圃場5	4	ある	知っている
圃場6	10	ある	名称のみ

(圃場診断)

- 生物検定 [2-2]: 圃場の5地点から土壌を採取混合して生物検定を実施。
- 残さ診断 [2-3]: 収穫終了後に、5地点から1地点5株ずつ根を掘り上げ、根の発病を調査。

(対策技術、耕種概要等)

- 転炉スラグ [3-2]: 投入量は、目標土壌 pH7.5、土壌改良深10cmとし土壌緩衝能曲線を作成し決定。
- 台木: エイブル、シェルパを利用 [5-5]。

A圃場 転炉スラグ投入量 370kg/a (平成24年4月13日散布)
慣行品種 穂木: オーラ2号 台木: 昇竜 定植: 平成24年5月27日

B圃場 転炉スラグ投入量 100kg/a (平成24年4月13日散布)
慣行品種 穂木: 豊美2号 台木: ときわパワーZ2
定植: 平成24年5月29日

C圃場 転炉スラグ投入量 300kg/a (平成24年4月13日散布)
慣行品種 穂木: 豊美1号 台木: ゆうゆう一輝(黒)
定植: 平成24年6月1日

注) 各圃場の転炉スラグ投入量は、圃場の土壌 pH を目標土壌 pH7.5 (土壌改良深10cm) まで上げるために投入した転炉スラグの施用量。

現地試験の区の構成は、各圃場とも転炉スラグ処理区と無処理区を設け、そのそれぞれに台木(エイブル、シェルパ、慣行は生産者使用台木)の区を設けました。なお、各圃場の転炉スラグの投入量(目標土壌 pH7.5、土壌改良深10cm)は、土壌緩衝能曲線を作成し決定しました。

各圃場とも5月下旬~6月初めに定植が行われ、収穫期間中の生育調査では、各圃場の各区とも萎凋の発生は見られず、生育にも大きな差は見られませんでした。

収穫終了時の調査では、各圃場とも本病による被害の発生が少なく、各圃場ともに各区の生育に差は見られませんでした。また、全ての圃場で根に本病の発病が確認されましたが、各圃場の転炉スラグ処理区と無処理区では、発病程度に大きな差や一定の傾向は見られず、台木や台木と転炉スラグを組み合わせた各区の発病程度にも大きな差や一定の傾向は見られませんでした。

今回の現地圃場における検証の結果、本病の被害が未確認の圃場においても本病原菌が確認されるなど、潜在的な圃場が多くあることがわかりました。一方で、過去に萎凋症状が発生したことのある生産者であっても、本病について、その特徴や対策等を知らない生産者もいることから、本病に対する理解を深める取り組みを引き続き行っていく必要があると考えられます。

また、本病における対策として実施した転炉スラグを用いた土壌 pH 改良や台木の効果については、各圃場での被害の発生が少なかったため、今回の検証ではその効果について確認することはできませんでした。しかし、本病による被害が未発生の圃場で、生物検定により陽性と診断された圃場においては、岩手県の事例から、転炉スラグを用いた土壌 pH 改良を事前に行っておくことは、被害を未然に防ぐための有効な対策と考えられます。

(高橋 順一)

5 参考・補足

ここでは総合防除の実施に際し、補足・参考となる情報を示します。

5-1 宮城県の施設栽培(年2作体系)で実施した圃場診断の結果に関する留意事項

宮城県では遺伝子検査および生物検定を施設栽培において実施しましたが、これらの方法で陰性と診断された圃場でも本病が多発する圃場が複数確認されました(表15)。この原因については不明ですが、宮城県の施設栽培では検定結果が陰性の場合でも被害リスクが高い場合があることに留意が必要です。なお、施設圃場では生物検定の際、検定植物に本病以外の要因による初期の萎れが発生し判定が困難になった例があります。その場合は生物検定の際の水管理による改善法[5-2]を検討します。

表15 施設栽培における圃場診断結果と実栽培での発生

市町村	遺伝子検査	生物検定	診断後の ホモブシス根腐病の発生
K市	△	-	×
S市	-	+	○
S市	-	-	○
I市	-	-	×
I市	-	-	×
I市	-	-	×
H市	-	-	○
H市	○	◆	○
H市	-	-	○

+ : 陽性 - : 陰性 △ : 擬陽性 ◆ : 判定困難 ○ : 発生確認
× : 発生なし

(近藤 誠・永野 敏光・小野寺 康子・辻 英明)

5-2 生物検定での初期の萎凋・枯死株発生回避方法

1) はじめに

生物検定を実施した際に、検定植物を移植してから1～2週間の間に急激に萎凋・枯死が発生することがあります。これらはホモプシス根腐病以外の影響、すなわち土壌中の肥料成分や、あるいは他の土壌病害の影響によるものと考えられ、多発する場合は、病原菌検出の可能性が低下します。

このような問題は、検定中の水分管理を調整することで改善される場合があります。

2) 検定中の水分管理の変更

ポットを1cm深の水に直接浸漬せず、厚さ約1cmのロックウールマットを敷いてその上に置きます。これにより、検定中の土壌の水分含量を低下させます(図56)。

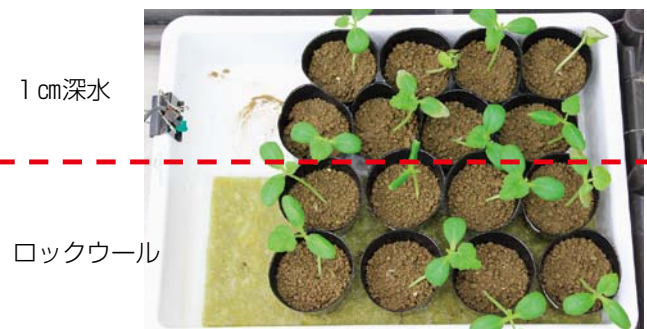


図56 水分管理の調整方法

写真下部のようにロックウール上にポットを配置

3) 検定結果への影響

検定初期(移植1～2週間の間)に萎凋症状が多発する土壌を検定する場合、1cm深の水に浸ける方法と比較して、初期の萎凋・枯死株の発生が低下します(図57)。

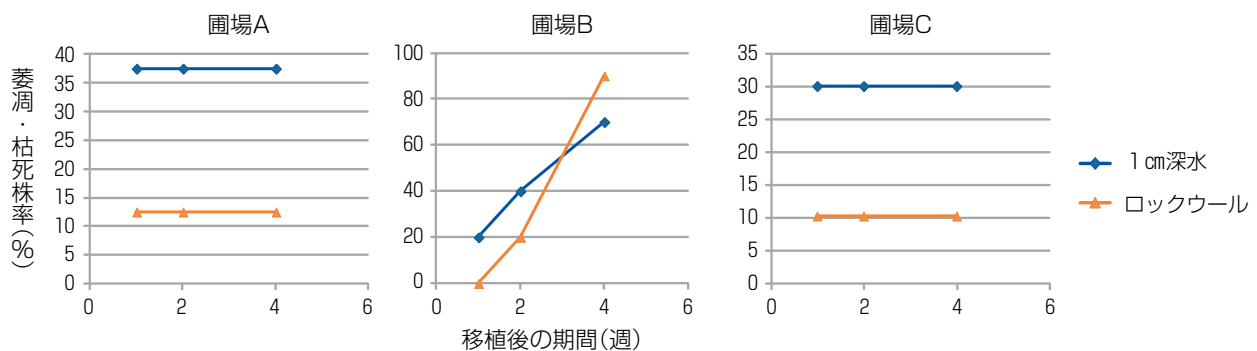


図57 水分管理が検定植物の萎凋・枯死発生に与える影響

また、初期の萎凋・枯死発生を低減させることで、偽子座の発生割合が高くなり、病原菌検出の可能性が向上します(図58)。

4) 留意事項

- 水分管理を変更した場合、[2-2]で示した被害リスクの推定については保障されません。初期の萎凋多発により検定が困難な場合の代替手段として活用してください。
- 1cm深の水にポットを浸ける方法と比較して、土壌が乾燥しやすいことに注意が必要です。必要に応じ上面からかん水しますが、土はねが他検体のポットに移動しないよう留意します。検定実施環境として恒温・恒湿条件が確保できるグロースチャンバー等が理想的です。(永坂 厚)

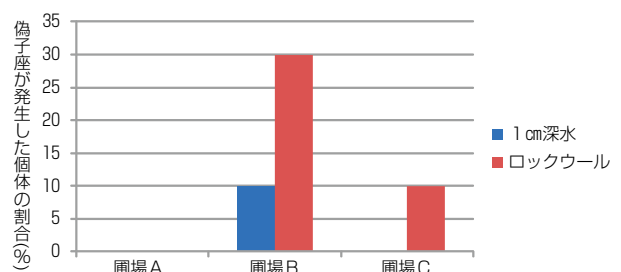


図58 水分管理が偽子座発生に与える影響(4週間後)

5-3 土壌緩衝能曲線作成と転炉スラグ処理量の決定法

転炉スラグを用いた土壌 pH 改良を実施する場合には、土壌緩衝能曲線作成による転炉スラグ処理量の決定が必須になります。そこで、図59に土壌のサンプリングから転炉スラグ処理量の決定までの作業工程を紹介いたします。なお、詳しくは、参考資料（村上・後藤（2008）アブラナ科野菜根こぶ病防除のための転炉スラグ施用量簡易決定法. 関西病虫研報 50：97-98.）を参照してください。

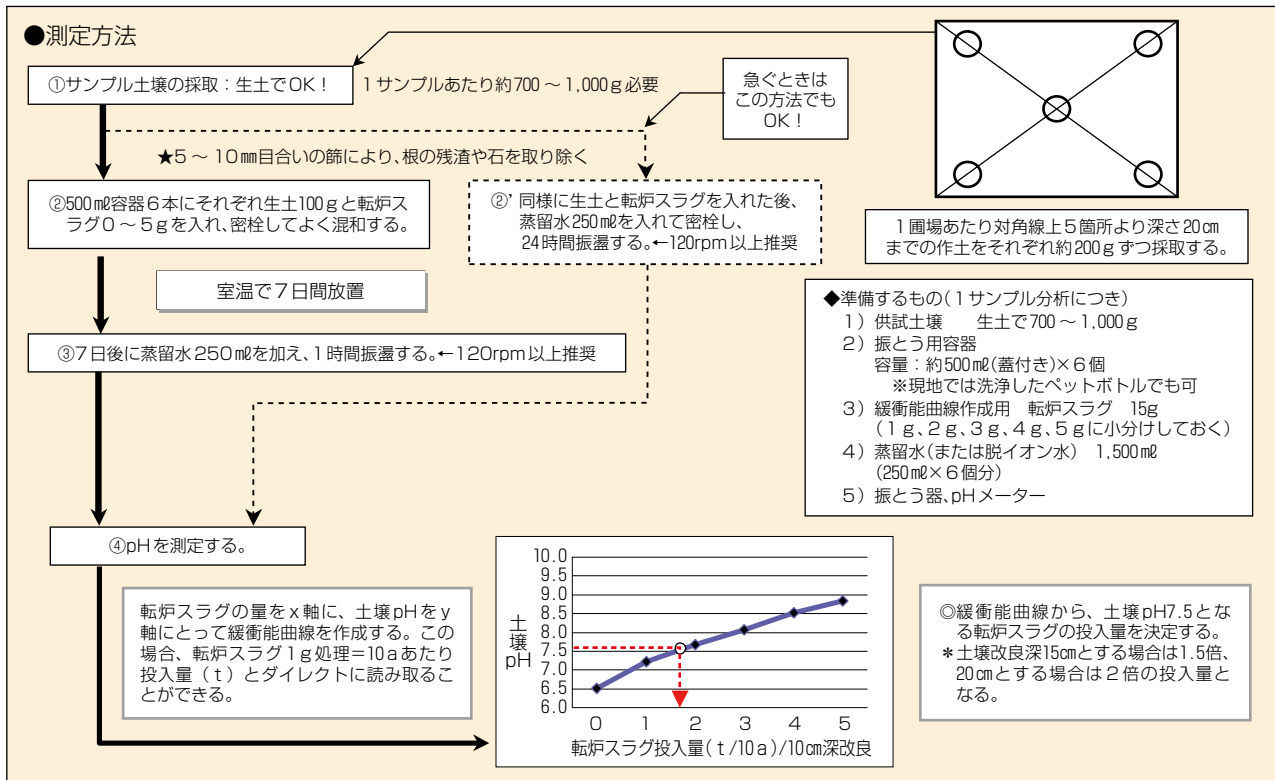


図59 土壌緩衝能曲線作成による転炉スラグ処理量の決定手順

(岩館 康哉)

5-4 露地キュウリにおける防除法選択フロー

露地キュウリでは、本病少発生の場合転炉スラグを用いた土壌 pH 改良技術、多発生の場合にはクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理を実施します。それぞれの防除法は下記のフロー（図60、61）を参考に選択してください。クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理（図61、図62）の詳細については、東北農業研究センターのホームページ上で公開されている「キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル」をご覧ください〔5-6〕。

また、転炉スラグを用いた土壌 pH 改良技術は、病原菌に対して直接的な殺菌効果を示すものではないため、クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理に比較すると根部の発病抑制効果は低いことが明らかになっていきます（図63）。このことから、多発圃場ではクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理を選択してください。

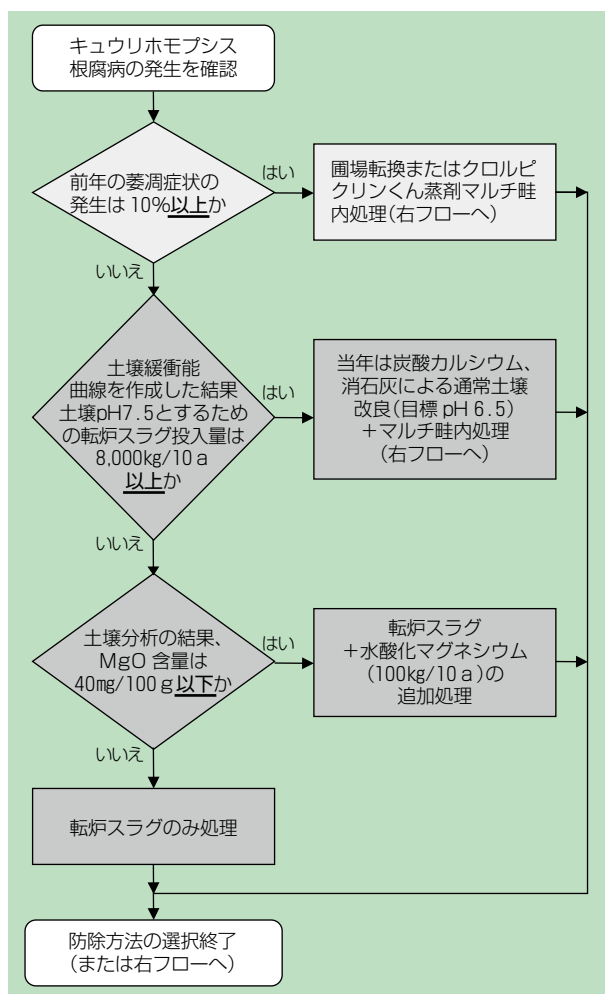


図60 転炉スラグ処理法選択のフロー図

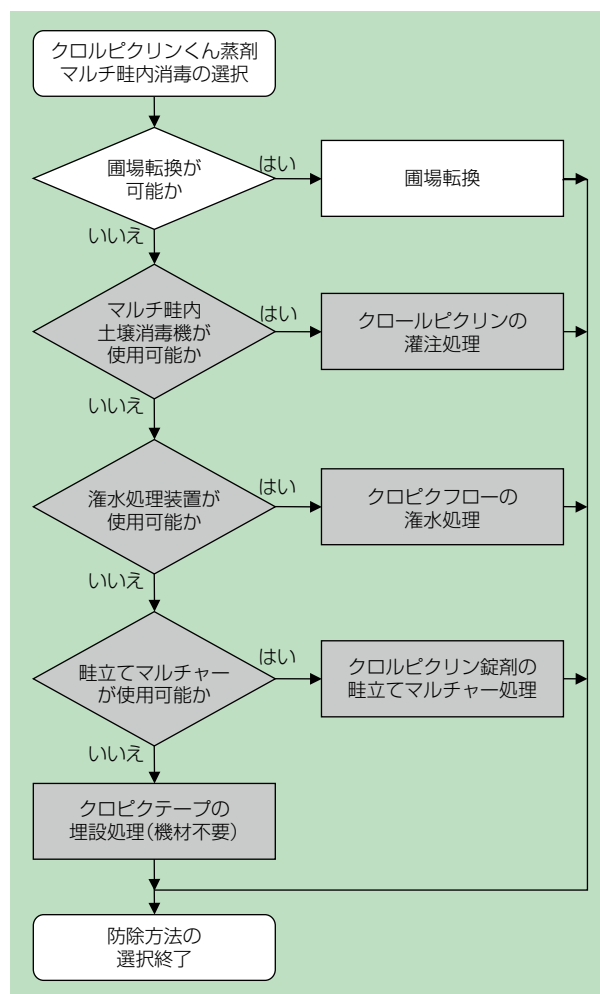


図61 クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理選択のフロー図



クロールピクリン マルチ畦内処理



クロピクフロー マルチ畦内処理



クロールピクリン錠剤 マルチ畦内処理



クロピクテープ マルチ畦内処理

図62 クロールピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理法



クロールピクリンくん蒸剤
マルチ畦内処理

無処理

クロールピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理は効果が高く無処理に比べて根の発病が少ない
=根が白い



無処理 (pH6.3)

転炉スラグ処理 (pH7.3)

転炉スラグ処理は、根の発病抑制効果はクロールピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理よりも低い。左写真では、根の褐変程度は無処理とほぼ同等。

図63 クロールピクリン処理と転炉スラグ処理の根の発病抑制効果の違い

(岩館 康哉)

5-5 台木の耐病性や土壌 pH 改良が感染・発病に与える影響

1) はじめに

これまでにキュウリ用カボチャ台木で、ホモブシス根腐病の耐病性に差があることが知られています。ただし、もっとも耐病性が高い黒ダネカボチャは、ブルーム台木であるため栽培の主流にはなりません。また、ブルームレス台木の品種間における耐病性の差は実用的な防除に結び付かないと考えられてきました。本プロジェクトでは比較的被害程度の小さい圃場を対象としていることから、ここではブルームレス台木の耐病性の差に着目し、これに転炉スラグによる土壌 pH 改良を併用した場合の防除効果について検討した結果を示します。

2) ブルームレス台木における耐病性の違い

キュウリ用台木カボチャ等23品種についてポット試験により耐病性の差を調査した結果、ブルームレス台木品種の中ではシェルパ、エイブル、輝太郎の発病度が低い値となりました(図64)。

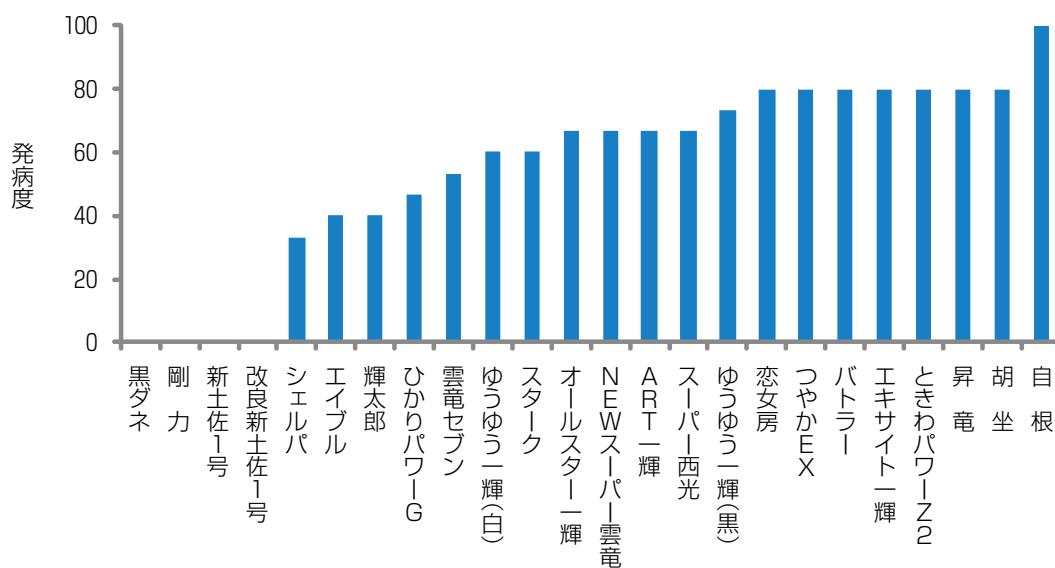


図64 キュウリ用台木品種のホモブシス根腐病に対する感受性

注1) 調査株数は、各品種5株。

注2) 自根はキュウリである。黒ダネ、剛力、新土佐1号、改良新土佐1号はブルーム台木である。

注3) 菌接種66日後、地上部の発病を以下により調査した。発病指数は0：病徴なし、1：一部の葉が萎凋、2：全ての葉が萎凋、3：枯死の4段階に分類し、発病後 = $\Sigma(\text{発病度} \times \text{株数}) / (4 \times \text{供試株数}) \times 100$ により求めた。

3) 転炉スラグと台木の組み合わせが根の発病部位の拡大に与える影響

根の耐病性の差や土壌 pH 改良が病原菌による発病にどのような影響を示すかを解明するため、土壌カラムを用いたモデル試験を行いました。市販の園芸培土を充てんした土壌カラム（直径11 cm、高さ30cm、5 cmごとに分割可）の下部（15cm深以下）に病原菌を接種して汚染土壌とし、その上面にカボチャ台キュウリ苗を移植しました（図65）。なお、台木品種は耐病性が強いとされたエイブルあるいは弱いとされた恋女房を用いました。移植7週後にカラム上部（0～15cm深）の非汚染土壌中から根を採取して、発病の進展程度を調査しました。その結果、カラム上部への発病部位の拡大が見られましたが、耐病性が弱い品種ではより浅い位置にまで発病が拡大していました（表16）。

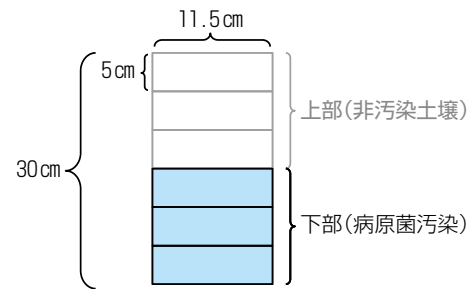


図65 ホモプシス根腐病接種に用いた土壌カラムの構造

また、土壌カラムの上部あるいは下部を転炉スラグにより pH 改良（目標約7.5、改良前は約6.8）したもので同様に根の発病進展を調査しました。その結果、pH 改良によって発病の拡大が抑制される傾向がみられ、それは病原菌が分布するカラムの下部を改良した場合により顕著となりました。また、耐病性が強い品種ではより発病の進展が抑制される傾向が見られました（表16）。ただし、いずれの場合でも発病の進展は完全に抑制されませんでした。

表16 台木耐病性および pH 改良部位がホモプシス根腐病の進展に与える影響（移植7週目）

根の採取部位	強 ¹⁾			弱		
	なし	上部 ²⁾	下部	なし	上部	下部
0～5 cm ³⁾	0	0	0	16.7	16.7	0
5～10cm	33.3	16.7	0	83.3	66.7	12.5
10～15cm	100	66.7	25.0	100	100	62.5

移植7週目に偽子座等の形成を調査して発病度を算出した。調査株数は3～4。

1) 台木の耐病性。「強」はエイブルを、「弱」は恋女房を用いた。

2) pH 改良部位。

3) 土壌カラム上面からの深さ。

なお、耐病性のある台木と pH 改良資材の併用の効果を福島県須賀川市の現地圃場で実証した結果、本病の抑制効果は確認できなかったものの、生育や収穫果数の差は見られず、台木の違いや資材の有無による生育への影響がないことがわかりました。

4) おわりに

ブルームレス台木のうち比較的耐病性の高い台木は、土壌 pH 改良との併用で根の発病を低減しうる可能性があります。現状では圃場レベルでの被害軽減効果は未確認であり、今後の検討課題です。なお、土壌カラム試験において転炉スラグによる土壌 pH 改良が根の発病進展を抑制する効果が見られましたが、その効果は完全なものではないことから、必ずしも殺菌的な効果を示すものではないと推察されます。

(原 有・木村 善明・大竹 祐一・永坂 厚)

5-6 「キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル」 pdf 版の入手方法

1) はじめに

本マニュアルでは、「キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル」を各所で参考文献としています。これは、2005年～2007年に実施された農林水産省のプロジェクト研究「ホモプシス根腐病解決による露地夏秋キュウリ安定生産技術の確立」の成果物として出版されたものです。

本マニュアルの pdf は東北農業研究センターのホームページ（東北農研 Web）から入手できます。なお、下記の方法は2013年 1月時点のものです。

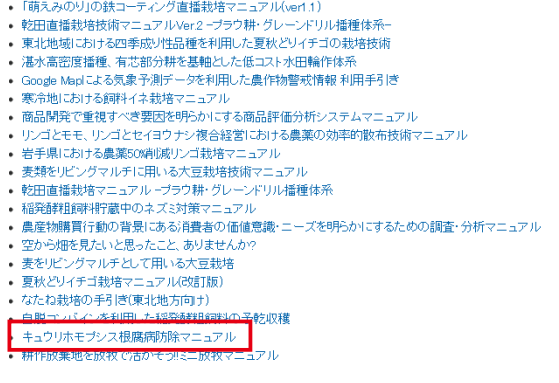
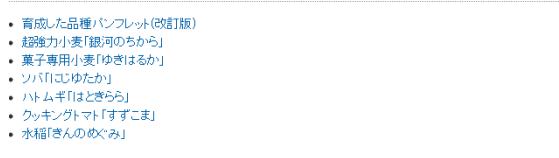
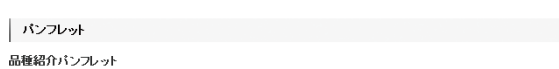
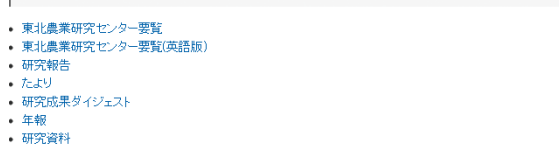
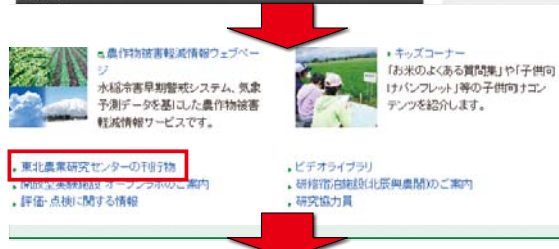
2) 東北農業研究センターのホームページからの入手

・ホームページアドレス

“http:// www.naro.affrc.go.jp/tarc/index.html”

を開くか、あるいは「東北農業研究センター」をキーワードとして、東北農研 Web のトップページを開きます。開いた画面を下にスクロールすると「東北農業研究センターの刊行物」というリンクがありますので、クリックします。リンク先のページで「技術紹介パンフレット」カテゴリ内に「キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル」へのリンクがありますのでそれをクリックするとマニュアルの紹介ページとなり、pdf のリンクが現れます。

・上記の方法でたどり着けない場合、ホームページの構成等が変化している可能性があります。その場合は東北農研 web のトップページ上にある検索機能や、民間の検索サービス等により「キュウリホモプシス根腐病防除マニュアル」をキーワードとして検索してください。



ウリ科野菜ホモプシス根腐病被害回避マニュアル

発行年月 2013年2月

編集・発行 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
東北農業研究センター 福島研究拠点
〒960-2156 福島県福島市荒井字原宿南50

印刷所 株式会社プロセス印刷
〒960-8003 福島市森合字屋敷下6-1

