農研機構

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 成果発表会

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

講　演　要　旨　集

日時　平成 24 年 12 月 19 日㈬　13：00 ～ 16：45
場所　盛岡市民文化ホール 小ホール（マリオス１Ｆ）

主催　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

転載・複製する場合は当研究センターの許可を得てください。

目　　次

1. ホモプシス根腐病の発生実態と本プロジェクトの概要・・・・・・・・・・・・・・・・1
永坂　　厚（農研機構　東北農業研究センター）

2. 遺伝子診断による未発生地域・圃場における病原菌検出の試み・・・・・・・・・・・5
古屋　廣光（秋田県立大学）

3. 生物検定による被害リスク推定技術の構築・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9
宍戸　邦明（福島県農業総合センター）

4. 整枝管理によるキュウリ初発圃場の被害緩和手法の開発・・・・・・・・・・・・・・13
山口　貴之（岩手県農業研究センター）

5. 転炉スラグを用いた土壌 pH 改良によるキュウリの被害軽減 ・・・・・・・・・・・・16
岩舘　康哉（岩手県農業研究センター）

6. キュウリ台木と土壌 pH 改良資材の組み合わせによる被害緩和技術の開発 ・・・・・20
原　　有（福島県農業総合センター）

7. 施設キュウリの年２作体系における土壌還元消毒の効率的な実施方法・・・・・・・24
近藤　　誠（宮城県農業・園芸総合研究所）

本資料は、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」の研究成果発表会の要旨である。

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 年間取り組んだ。

ホモプシス根腐病の発生実態と本プロジェクトの概要

永坂　厚
農研機構　東北農業研究センター

１．ホモプシス根腐病の特徴

夏季冷涼な東北地域は、果菜類を中心とした夏秋野菜の生産が盛んで、国内の重要な野菜供給基地となっている。中でも、キュウリ・メロン・スイカのウリ科野菜の生産は年間約 430 億円にも昇り、東北地域における野菜の産出額の約 20% を占める極めて重要な品目である。その一方で、現在、同地域においてホモプシス根腐病の発生が大きな問題となっている。

図１　ホモプシス根腐病によるキュウリの被害
（左）萎凋症状、（右）枯死株が多発した圃場

ホモプシス根腐病はウリ科野菜に発生する土壌伝染性病害である。本病は糸状菌の一種 *Phomopsis sclerotioides* が根に感染することで発生する。罹病株の茎葉部には萎凋症状（萎れ）が発生し、激しい場合には枯死にいたる（図 1）。時には圃場全体で萎凋・枯死が激発し、果実収穫の著しい減少をもたらす。

図２　カボチャ（キュウリ台木）根の病徴
図中央付近の根が発病している。

このような萎凋症状を呈した株の根を観察すると、図 2 に示すような根の表面がアメ色に変色するとともに、病原菌が作る黒色の構造（偽子座、疑似微小菌核）が観察される。一方、茎葉

部には萎凋症状以外に本病特有の症状はなく、根の病徴の確認が本病を診断する上で重要である。

２．本病の発生実態と潜在的な圃場汚染

本病は1970年代にヨーロッパ各国で発生が相次ぎ、我が国では1985年に埼玉県・群馬県で初発が報告されている。その後は関東地域を中心に発生が報告されたのち、2000年代からは東北地域での発生が多く報告されている（表1）。

東北地域では最初にキュウリ栽培で発生が拡大した。1994年に福島県の施設キュウリ栽培で発生が報告され、2002年までには福島・岩手の露地栽培に拡大し、その後宮城、山形、秋田でも発生が認められている。2009年以降にはキュウリの他にメロン産地にも拡大している（図3）。

表１　我が国での発生報告（赤字は東北地域）

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）

ところで、本病は萎凋症状が発生した後に、その原因として診断されるケースが多いと考えられる。一方、発生圃場の周辺で、まだ被害がみられていない圃場に根の発病が発生しているケースが複数確認された。このように潜在的な発病が生じる理由として、

① ウリ科作物は果実収穫が栽培の目的であり、地上部に症状がなければ根の発病に注意を払われることがない

② ウリ科作物は本病以外にも、ウイルス病や生理障害で萎れることがしばしばあり、発生が軽度の場合は本病が疑われない。

ということが考えられ、病原菌が侵入していることに気がつかないままウリ科栽培を継続している圃場が多数存在する可能性がある。

図３　メロンでの発生

一方、このような潜在汚染圃場の存在は、以下の理由で本病の被害が拡大する重要な要因となる。

① 汚染圃場で連作することで、菌密度が増加して被害を招くおそれが高い。

② 汚染に気づかないまま機械や人の出入りを介した汚染土の持ち出しにより、病原菌を拡散させるおそれがある。

したがって、このような潜在的汚染圃場への対策を講じることは、本病による被害の拡大を防止する上で重要と考えられる。

３．本プロジェクトでの取り組み内容

本病の潜在的な汚染の実態を把握するため、一部産地で実施した調査では、萎凋症状による被害が生じている圃場が全体の12%程度であったのに対し、その4倍を越える規模で潜在的な汚染圃場

（実被害が生じていないが根に発病がある）が確認され、対策の必要性が再確認された。一方、本病は抵抗性台木による防除は困難なことから、産地では土壌消毒による防除が行われている。特に、東北地域では関東以西で実施されているような太陽熱による土壌消毒が困難なことから、クロルピクリンによる土壌くん蒸が多用されている。しかし、実被害が発生していない段階からの適用はコストや作業負担等の面から実施は難しい。そこで、本研究では圃場の汚染を効率的に検出するとともに、既存の土壌くん蒸よりも安価で取り組みやすい防除技術により被害の発生を未然に防ぐ防除体系を開発することを目指した。これにより東北地域のウリ科野菜生産に及ぼすホモプシス根腐病の脅威が取り除かれることが期待された。研究内容とその実施体制は以下の通りである。

① 被害リスク診断技術の確立（秋田県立大学、福島県農業総合センター）

ごく微量の病原菌遺伝子を増幅して、高感度に土壌汚染の検出を可能とする遺伝子診断技術と被害リスクを簡便に推定するための生物検定手法を確立する。

② 被害リスクに応じた防除(被害回避)技術の開発（東北農業研究センター、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）

被害リスクに応じた対策として、耐病性台木の有効活用法や土壌改良資材、栽培管理の改良、安価な資材を用いた土壌還元消毒等による被害回避技術を開発する。

③ 技術の組み立てによる総合防除の体系化（秋田県立大学、東北農業研究センター、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）

上述の①で開発した診断技術と②で開発した防除技術を組み合わせて体系化し、その有効性を実証する。

これまでに個別技術の開発を進めるとともに、2 年目からは産地と協議しながら、実際に生産現場で圃場を診断した後、被害を回避するための対策を導入し、個別技術の有効性について検討を進めてきた。今後、これらの技術を体系化し、マニュアルを作成する予定である(図４)。

４．残された問題

本プロジェクトの目的は、被害が顕在化していない圃場の予防的対策にあり、被害が未発生の段階から病原菌を検出し、コスト・作業負担の小さい対策を導入することに一定の有効性を示した。これらの研究成果により、本病の発生に不安を抱える産地に対して、甚大な被害の発生を待たずして取り組める対策が提示しうると考えている。

ただし、汚染圃場での栽培を継続すれば菌密度の増加は避けられず、現状では連作による被害リスクの高まりそのものを排除することはできない。また、病原菌の伝搬経路の全容も不明であり、今後も新たな産地への拡大の懸念が残る。本研究を通じて、被害発生前の段階から普及・指導機関が本病による圃場汚染を把握し、対策を講じられる可能性が示された。本技術の成果もふまえ、今後より詳細なウリ科産地の汚染実態の把握とそれを通じた伝搬経路の解明、被害発生前の圃場における病原菌密度上昇への対策技術の開発等が、ウリ科産地の維持に向けて重要と考えられる。

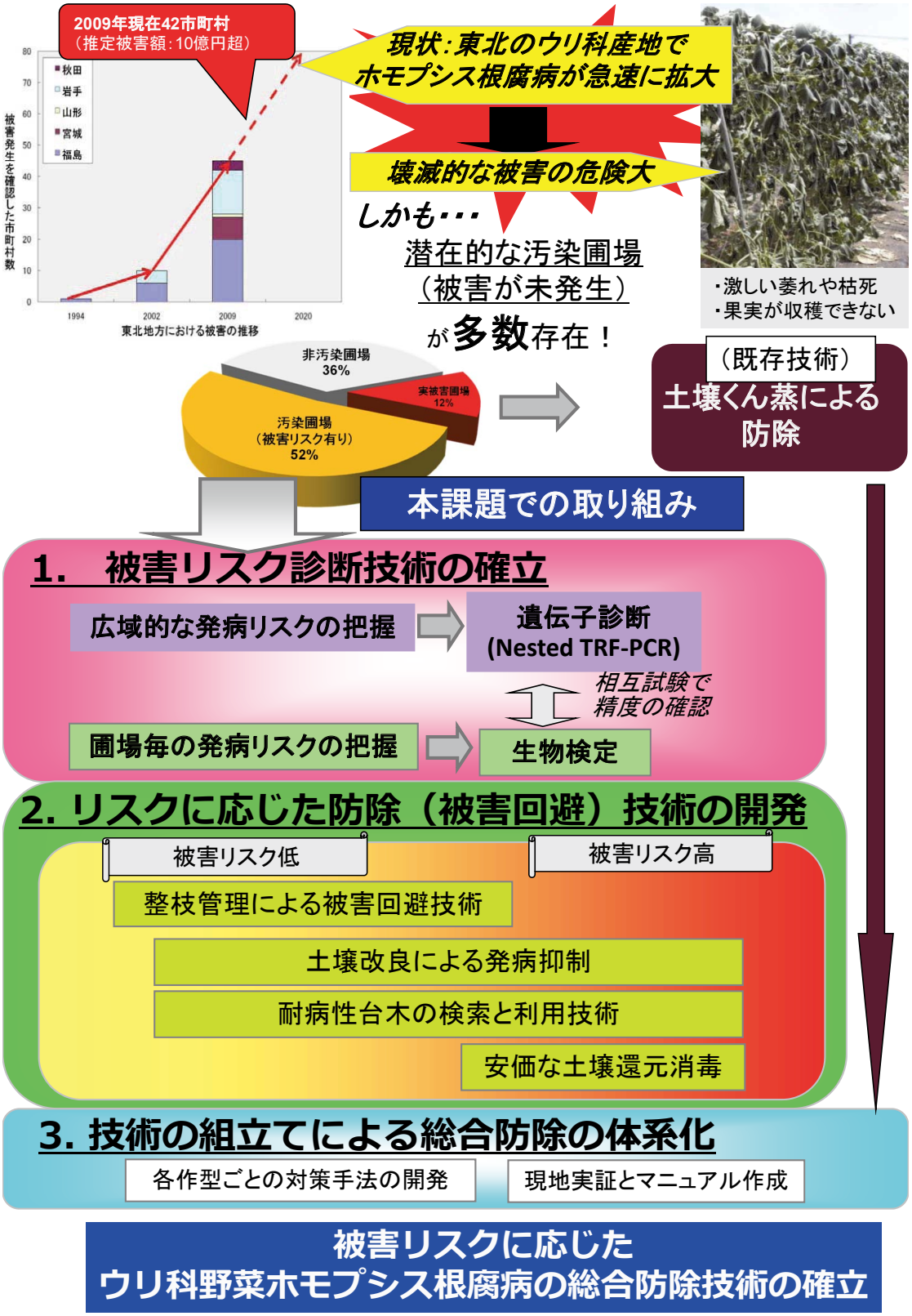
2009年現在42市町村
（推定被害額：10億円超）
被害発生を確認した市町村数
秋田
岩手
山形
宮城
福島
1994
2002
2009
2020
東北地方における被害の推移
現状：東北のウリ科産地で
ホモプシス根腐病が急速に拡大
壊滅的な被害の危険大
しかも・・・
潜在的な汚染圃場
（被害が未発生）
が多数存在！
・激しい萎れや枯死
・果実が収穫できない
非汚染圃場
36%
実被害圃場
12%
汚染圃場
（被害リスク有り）
52%
（既存技術）
土壌くん蒸による
防除
本課題での取り組み
1.　被害リスク診断技術の確立
広域的な発病リスクの把握
遺伝子診断
(Nested TRF-PCR)
相互試験で
精度の確認
圃場毎の発病リスクの把握
生物検定
2. リスクに応じた防除（被害回避）技術の開発
被害リスク低
被害リスク高
整枝管理による被害回避技術
土壌改良による発病抑制
耐病性台木の検索と利用技術
安価な土壌還元消毒
3. 技術の組立てによる総合防除の体系化
各作型ごとの対策手法の開発
現地実証とマニュアル作成
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

図４ 本研究の概要

遺伝子診断による
未発生地域・圃場における病原菌検出の試み

古屋　廣光
秋田県立大学

1. はじめに

我が国でウリ類ホモプシス根腐病の発生が最初に報告されたのは 1980 年代であった。症状がはっきりしている病気でありながらそれまでまったく知られていなかったことから、もともと病原菌は日本にいなかったことも考えられる。外国から侵入した可能性である。これを伺わせる研究報告がある。この病気は 1960 年、オランダで最初に報告されてからヨーロッパ各地で発生していたが、アメリカ大陸ではみられなかった。ところが 1980 年代になって突然、カナダ、バンクーバーのある温室で発生しているのがみつかった。この農家はオランダの種苗会社と交流があり、ヨーロッパの移民を雇用していたことから、病原菌がヨーロッパから伝搬してきたのではないかと疑われた。そこでさらなる拡大を阻止しようと、病気が発生した温室で栽培を停止するとともに、ヨーロッパからの苗の輸入や移民の受け入れを停止した。その結果（もうひとつの必要条件であったと思われるが)、その後この地域で本病はまったく発生していない。この地域だけでなく、北米全体でその後この病気は発生していない（報告がない)。この経験から我々は、この病原菌が実際に遠距離伝搬すること､そして本病が発生しても病原菌を封じ込めることは可能であることを伺い知ることになった。

ウリ類ホモプシス根腐病の発生が秋田県で初めて知られたのは 2008 年であった。県中央部において露地と施設栽培の両方のメロンで発生した。翌年には県南部においてキュウリで初めて発生が確認された。そこで本研究では、病原菌の分布拡大を阻止する方策の構築を目標として、分布やその拡大の実態を明らかにすることを目的とした。病原菌の土壌からの検出には、最近開発された遺伝子検査技術を用いた（ Ito et al. 2012 ）。

２．圃場診断の方法

１）　土壌の採取と病原菌の検出

圃場における土壌の採取は基本的に対角線法[注1)]によって 5 地点から行った。それぞれ１00g ずつ採取して十分混和したのち、その約 20g を病原菌検出に使用した。いくつかの前処理を経て、最終的には土壌 0.5g から DNA を抽出した。この DNA には土壌にいるさまざまな生物すなわち植物の根、小動物、それに微生物などの DNA が含まれている。この DNA のなかで主として菌類一般（ホモプシス根腐病菌は菌類である）がもっている塩基配列部分をターゲットとして、これを含む DNA のみを増幅する。次いで菌類一般の DNA のなかから、ホモプシス根腐病菌だけがもっている塩基配列部分をターゲットとして DNA を増幅する。最後に、病原菌の DNA が増幅されたか否かを解析する。ここでターゲットとした DNA が増幅されていると陽性とされる。

２）　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２つの限界がある。技術的な限界とサン

プリングの限界である。技術的な限界は検出感度が完璧ではないことに由来する。土 1g に含まれている10億個もの微生物のなかから1個の病原菌を検出することは遺伝子検査であっても極めて難しい。サンプリングの限界は、1 枚の圃場を 0.5g の土壌検査で判断することに由来する限界である。本当は圃場に病原菌がいるのに検出されないこと、あるいはいるかいないか結論を出せないという限界である。10a の圃場に 10 個しかいない微生物を 0.5g の土壌サンプルを調べて検出することはほぼ不可能である。これらは今後技術開発が進んでもいつまでもつきまとうもので、避けることができない。これらを踏まえて、土壌の検査結果は次のように表現される。陽性：圃場の 2-100%に病原菌が分布する。陰性：圃場の 45%未満に病原菌が分布するか存在しない。このとき、土壌 1g に 1/5 個の病原菌があれば検出できると仮定している。

３）作業仮説

本研究を行う上では次のことを前提とする必要があった。① ホモプシス根腐病菌は日本（少なくとも秋田県のウリ類栽培圃場）にはもともといなかった。 ② 病原菌はウリ科の宿主植物の根に寄生したときのみ増殖する（このような病原菌を根系生息性という）。これらは事実である可能性が高いが、証明することは難しいか不可能である。そのため作業仮説として本研究を行った。

３． 結果と考察

【メロン栽培地域の圃場診断】

秋田県では 2008 年に初めてメロンホモプシス根腐病が露地と施設栽培の両方で発生した。この年にメロン栽培地域全体から土壌を採取して調査したところ、調査した 40 圃場のうち 24 圃場の土壌が陽性であった。すでに地域全体に広く病原菌が分布することが明らかになった。

【全県的な圃場診断】

キュウリで本病の発生が知られた 2009 年度に、発生地域のキュウリ圃場（40）を対象として緊急の遺伝子診断が行われた。その結果、新たに 7 圃場が陽性とされた。被害が発生していない圃場でも陽性圃場があったことから病原菌の広がりが懸念される事態となり、翌年（2010 年）から 2012 年にかけて全県的な調査を行うことになった。土壌の採取は県の病害虫防除所が企画立案し、各地域の農業振興課及び農業共同組合が行った。2010 年度にはキュウリの 152 圃場（鹿角、北秋田、山本、秋田、仙北、平鹿、雄勝の 7 地域）から土壌が採取された。そのうち 26（鹿角 22、北秋田 3、平鹿 1）圃場で陽性または疑陽性であった。鹿角地域と北秋田地域はそれまで病気の発生が知られていなかった。その他、メロン 40 圃場とスイカ 50 圃場の調査が行われ、メロン 18 圃場が陽性であった。2011 年度には 8 地域（上記の 7 地域と由利地域）の 382 圃場の診断が行われた。その結果、18 圃場の土壌が陽性あるいは疑陽性と診断された（表 1）。この年には新たに雄勝地域で陽性圃場が認められた。2009 年度から 2011 年度までの診断結果をまとめると延べ 664 圃場を調査し、70 圃場が陽性であった。キュウリでは 51 圃場が陽性であったのに対し、スイカでは陽性圃場はみられなかった（表２、図１）。

【病原菌分布の検証】

遺伝子検査で陽性となった土壌に病原菌が間違いなく存在するとはまだ言い難い。ホモプシス根腐病菌を検出するための塩基配列を他の微生物が持っていないという証明は不可能である。そこで

「陽性」とされた圃場に病原菌が存在するか別途、調査した。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 31 圃場、その後 2011 年 9 月までにあらたに陽性とされた 10 圃場について萎凋症状の発生を調査したところ、6 圃場で萎凋症状がみられ、このうちの 4 圃場で病原菌の存在が確認された（残り 2 圃場は不明１、ネコブセンチュウ病１であった）（以上は秋田県病害虫防除所の調査による）。このほか、採取した土壌の検定などによってこれまでに 15 圃場で病原菌の存在が確認された。このなかには萎ちょう症状がみられていない圃場も含まれている。これらは遺伝子診断が正しかったことを証明するものである。陽性とされた圃場では、まだ発病がみられなくても病原菌がいる可能性が高いと考えて対処することが好ましいと思われる。

４． 普及指導対応

圃場診断が開始された直後から病害虫防除所などの県の機関によって技術者、生産者団体、生産者を対象とした本病に関する講習会や説明会が行われてきた。病気の発生はまだ全県で数圃場に留まる段階であったが、圃場診断結果をもとに説明がなされたことから切実感もありいろいろな面で積極的な取組みが可能であったように思われる。本病の発見から 2 年半後には、本病に関するリーフレットが防除所等によって作製されウリ類栽培農家に配布された。これには現地実証された対策技術も含まれていた。（この他にも病害虫防除所や農業試験場によって防除試験が行われ、種々の普及指導活動に活用されているが詳細は割愛させていただく。）

現在、秋田県では 50 を超えるキュウリ圃場に病原菌が分布するとみられるが、被害があるのは 10 圃場に満たない。他県におけるこれまでの経験では、最初に発生が見られてから 10 年ほどの間に被害が激しくなった。秋田県では本病が発生してから 4 年経過したが、今後の病気の発生圃場や被害の増加がこれより遅延されることがあれば、本研究プロジェクトの取り組みにも一定の効果があったことが想定される。病害発生の今後の推移を見守る必要がある。

５．おわりに

遺伝子検査によって土壌伝染性病原菌を土壌から短時間で検出できるようになって十数年が経過した。しかしその利用法についてはまだほとんど手探り状態である。本研究では、国内で分布拡大途上にある病気を対象として土壌診断の利用法を模索した。その結果、メロン栽培地域においては病気の発生が初めて知られた年にはすでに地域全体に病原菌が広がっていたため、地域への侵入を阻止することはもはや不可能であった。圃場ごとの伝搬や侵入阻止についてもあまり期待できない状態であった。現在、この地域ではどの圃場にも病原菌がいる可能性があるものとして被害軽減を図る方策がとられている。（ただし、それでもなおすべての圃場に存在するということではない。特に、初めてウリ類を栽培するような圃場には本病原菌はいない可能性が高い。病原菌が検出されていない圃場ではそのような侵入阻止にむけた対策が効果的である可能性がある。）

一方キュウリについては、最初に発病が知られた年の翌年にはすでに全県的に病原菌が検出された。しかし分布の様相は地域によって異なり、まったく検出されない地域から 10%を超える圃場が陽性となった地域まであった。検出されなかった地域では外部からの侵入を阻止する取り組みが今後とも望まれよう。キュウリ圃場はメロン圃場よりも互いにかなり離れて散在し、農作業機の共用

も少ないことなどから、すでに病原菌が確認された地域でも圃場ごとに病原菌の侵入を阻止する対策が可能と思われる。同時に、いつ病原菌が侵入しても対処できるような準備も必要であろう。

幸いスイカについては病気や病原菌が検出された圃場はまだひとつもない。侵入が阻止されるような特別な理由があるかは不明であるが、しばらくは今後とも経過を見守ることが必要ではないだろうか。

前述のように遺伝子検査による圃場診断には限界がある。実際には今回明らかになった以上に病原菌が分布している可能性が高い。しかし、侵入や発病が実証されるまではまだいないとして侵入阻止の努力をつづけることは無駄ではない。根系生息性病原菌（前出）にとっては病原菌の侵入を阻止することが最初のそして最良の対策である。

注1)　方形の圃場において圃場の中心と４隅を結ぶ線上の中心点付近（４地点）および圃場中心点の計５地点から土壌を採取するサンプリング法。
注2)　図１及び表１、２の作成は秋田県病害虫防除所による。

引用文献

Ito, T., Fuji, H., Sato, E., Iwadate, Y., Toda, T. and Furuya, H. (2011) Detection of *Phomopsis sclerotioides* in commercial cucurbit field soil by Nested Time-Release PCR. Plant Disease 96:515-521.

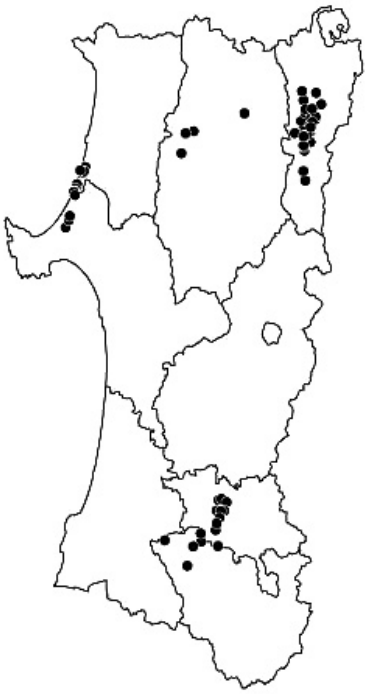

図１. 2009-2011 年度におけるウリ類ホモプシス根腐病菌圃場診断結果

表1. 秋田県におけるホモプシス根腐病菌の圃場診断結果（2011年度）

	キュウリ圃場		メロン圃場		スイカ圃場		合計	
	調査数	陽性数	調査数	陽性数	調査数	陽性数	調査圃場数	陽性圃場数
鹿角	216	10	－	－	－	－	216	10
北秋田	52	1	－	－	5	0	57	1
山本	－	－	20	1	－	－	20	1
秋田	－	－	20	0	－	－	20	0
由利	－	－	6	0	23	0	29	0
仙北	8	0	1	0	－	－	9	0
平鹿	－	－	－	－	4	0	4	0
雄勝	27	6	－	－	－	－	27	6
合計	303	17	47	1	32	0	382	18

表2. 秋田県におけるホモプシス根腐病菌の圃場診断結果（2009～2011年度）

	キュウリ圃場		メロン圃場		スイカ圃場		合計	
	調査数	陽性数	調査数	陽性数	調査数	陽性数	調査圃場数	陽性圃場数
鹿角	266	32	－	－	－	－	266	32
北秋田	86	4	－	－	5	0	91	4
山本	4	0	48	12	－	－	52	12
秋田	－	－	32	7	－	－	32	7
由利	－	－	6	0	23	0	29	0
仙北	20	0	1	0	－	－	21	0
平鹿	55	9	－	－	34	0	89	9
雄勝	64	6	－	－	20	0	84	6
合計	495	51	87	19	82	0	664	70

生物検定による被害リスク推定技術の構築

宍戸　邦明
福島県農業総合センター

１．はじめに

ホモプシス根腐病は東北地域で急速に発生が拡大しており、東北で初めて本病の発生が確認された福島県では県内全域で被害がみられている。本病による被害が発生したキュウリ圃場では、作付け前の土壌消毒による防除が実施されているが、萎凋症状の発生が確認されていない圃場でも、根の発病が確認される事例もみられる。萎凋症状による被害が未発生の圃場での土壌消毒の実施は、経費や労力の面から困難な現状にあるが、ひとたび被害が発生した場合には圃場全面が早期に萎凋・枯死する場合もあることから、被害発生前に土壌の汚染を把握し、防除対策の要否を判断する手法が求められている。

そこで本研究では生物検定法により被害が顕在化していない圃場の被害リスクを推定し、防除対策の要否判断に有用な技術について検討した。

２．開発した技術の特性

１）生物検定に適した品種および温度条件

ウリ科植物（キュウリ、メロン、マクワウリ、シロウリ、スイカ、カボチャ）28 品種について、本病に対する感受性を比較したところ、台木カボチャ品種では萎凋症状の発生がみられなかった。一方、キュウリ、メロン、マクワウリ、シロウリ、スイカにおいては、いずれの品種においても萎凋株割合は60%以上となった（図1)。次に根部の発病についてみると、台木カボチャ品種は根部発病株割合が10%以下と低いが、キュウリ、メロン、マクワウリ、シロウリ、スイカにおいては、いずれの品種においても根部発病株割合は 90%以上となった（図２)。キュウリ、メロン、マクワウリ、シロウリ、スイカの品種では、発病初期には萎凋とその回復とを繰り返したが、約４週間後には萎凋症状は回復しなくなった。このため、調査時期は移植４週間後が適当と考えられた。なお、「アールスナイト夏系２号」は、萎凋症状の発生が供試品種の中で最も早く、移植約10 日後から確認され、約４週間後の枯死株の発生も多かったことから、検定品種として有望と考えられた。

次に検定に適する温度条件を検討した。現地土壌を本生物検定に用いた場合、他の土壌病原菌、特につる割病による萎凋枯死、根部褐変の発生が懸念される。そのため、検定品種にはつる割病抵抗性を有する品種を選定することが重要である。そこで、前述の試験で有望と考えられたつる割病抵抗性を有するメロン「アールスナイト夏系２号」を供試し、異なる温度条件下において、萎凋症状、根部発病に及ぼす影響を比較した。各温度の萎凋株割合を比較すると、25℃区が最も高く、次いで20℃、15℃となった。 30℃、35℃区では萎凋株の発生が見られなかった（図３)。同様に根部発病株割合を比較すると25℃区では、15℃、20℃区と有意な差は認められなかったものの、発病株割合が100%であった（図4)。また、30℃区では地上部への影響が見られなかったが、根部では少

ないながらも発病株が見られた。これらのことから、検定精度を高める条件として、20℃から25℃条件下で検定を実施することが必要であり、30℃以上では検定に不適と考えられた。

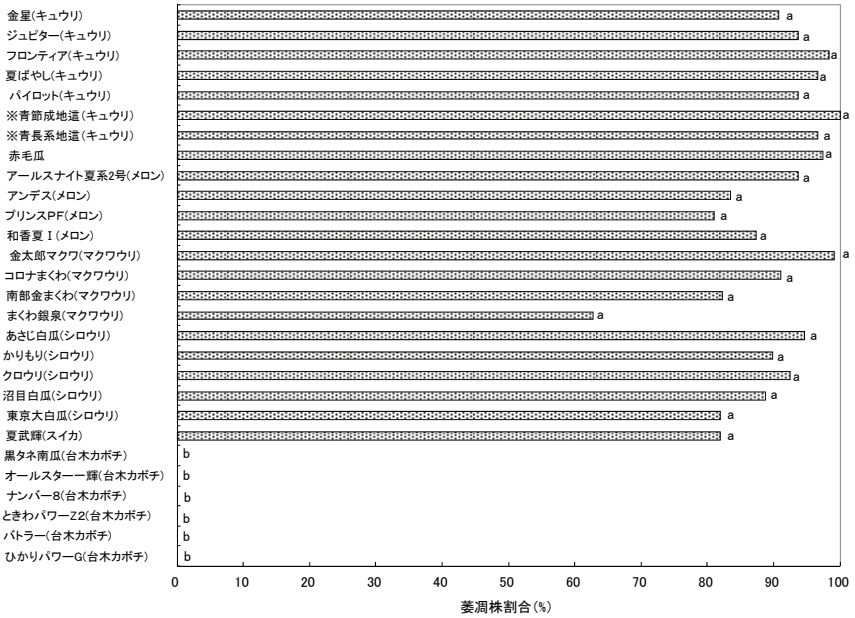

図１　品種の違いがキュウリホモプシス根腐病の萎凋株割合に与える影響

・各品種30株、２反復の平均値（※の品種は、反復なし）.
・水深10mmの底面灌水，20℃12時間，25℃12時間の温度条件で管理.
・苗移植約４週間後に調査.
・本葉１枚以上に萎凋症状が見られた株を発病株とした.
・同一アルファベット間に有意差なし（p＞0.05）Tukey多重比較検定．arcsin変換した値による検定結果.

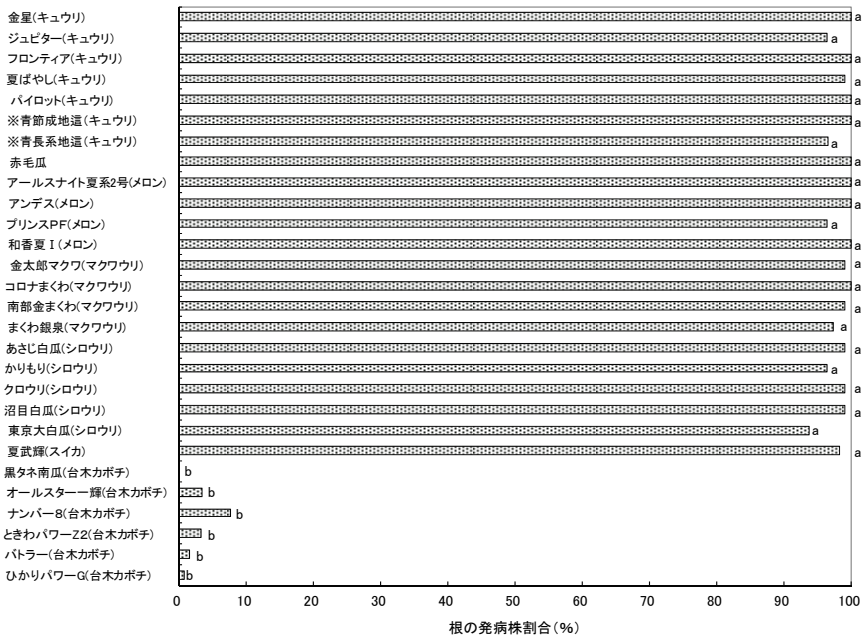

図２　品種の違いがキュウリホモプシス根腐病の根の発病程度に与える影響

・各品種30株、２反復の平均値を示す（※の品種は、反復なし）.
・水深10mmの底面灌水，20℃12時間，25℃12時間の温度条件で管理.
・苗移植約４週間後に調査.
・主根，地際部の褐変を発病株とした.
・同一アルファベット間に有意差なし（p＞0.05）Tukey多重比較検定．arcsin変換した値による検定結果.

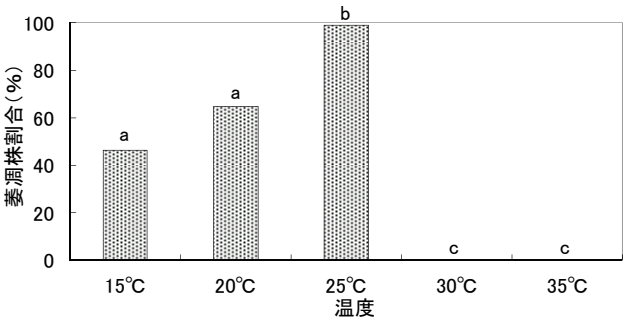

図３ 気温が「アールスナイト夏系２号」の萎凋症状に及ぼす影響
・各区30株，２反復の平均値.
・水深10mmの底面灌水で管理.
・苗移植約４週間後に調査.
・本葉１枚以上に萎凋症状が見られた株を発病株とした.
・Tukey多重比較検定により同一アルファベット間に５％水準で有意差なし．萎凋株割合をarcsin変換した値による検定結果.

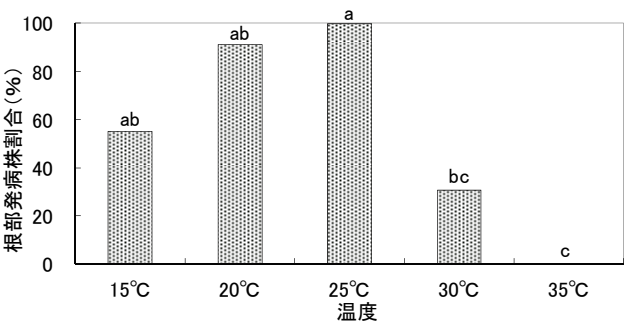

図４ 気温が「アールスナイト夏系２号」の根部発病に及ぼす影響
・各区30株，２反復の平均値.
・水深10mmの底面灌水で管理.
・苗移植約４週間後に調査.
・主根，地際部の褐変を発病株とした.
・Tukey多重比較検定により同一アルファベット間に５％水準で有意差なし．根部発病株割合をarcsin変換した値による検定結果.

２）菌密度が生物検定、カボチャ台キュウリの被害に及ぼす影響

本生物検定を防除対策の要否の判断に用いるため、土壌内の菌密度の違いが検定結果に与える影響、菌密度がカボチャ台キュウリの被害に及ぼす影響を調査した。

汚染土壌は、菌体懸濁液と園芸培土を混合し、菌密度を 10^{-1}、10^{0}、10^{1}、10^{2}、10^{3}cfu/g 乾土としたものを用いた。生物検定には、メロン「アールスナイト夏系２号」を用い、汚染土壌を入れた 7.5cm ポリポットに子葉完全展開苗を各ポット１株ずつ移植し、各区に 20 ポットを供試した。移植後は、水深 10mm の底面灌水で、人工気象室（気温 25℃、湿度 60%、明暗条件 14Ｌ10Ｄ）内で管理した。移植約 30 日後に、根の黒変症状（偽子座）の発生の有無を調査し、試験区間で発生割合を比較した。本検定法で現地土壌を用いる際は、他病害等の要因で萎凋・枯死株が発生し、検定を阻害することが懸念されるが、偽子座を調査対象とすることで、他要因による萎凋・枯死症状と区別することとした。その結果、10^{-1} cfu/ｇ区では偽子座は見られず、10^{0} cfu/ｇ区から確認された。菌密度が高い区ほど偽子座の発生割合が高くなった（図５）。

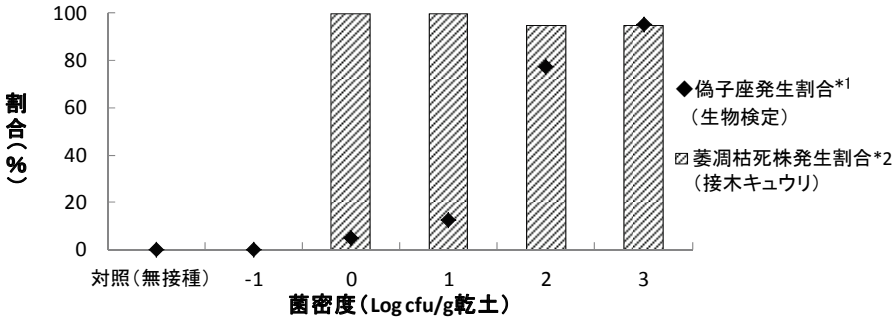

図５ 菌密度が生物検定の偽子座発生及び接木キュウリの萎凋症状発生に及ぼす影響
*1各区20株、3反復の平均値，移植約30日後に調査.
*2各区10株、2反復の平均値，定植約2か月後に調査.

次に上記試験と同様の菌密度でカボチャ台キュウリを用いた試験を行った。汚染土壌は、プランターに入れ、各プランターに２株ずつ移植した。穂木に「フロンティア」、台木に「ゆうゆう一輝（黒）」を接木した苗を、各区 10 株供試した。試験は、ガラス温室内で行い、移植から調査終了までの気温を 25℃目標とし管理した。発病調査は、移植約２か月後に本葉１枚以上に萎凋症状が見られた株を萎凋株と判定し、株ごとに萎凋症状の有無を調査した。なお、枯死株も萎凋株に含めた。各区の萎凋症状について比較したところ、無接種区、10^{-1} cfu/ｇ区では萎凋症状の発生がみられなかった。

一方、10^0 cfu/ｇ区、10^1 cfu/ｇ区、10^2 cfu/ｇ区、10^3 cfu/ｇ区においては、いずれの区においても萎凋株割合は95%以上となった（図５）。

以上の結果より、10^0 cfu/ｇ乾土以上の菌密度で、本病に発病好適条件下の場合、カボチャ台キュウリの萎凋、枯死株の発生がみられたことから、本生物検定法により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可能と考えられた。

３）現地圃場の調査

福島県須賀川市内において本病被害が確認されていないキュウリ栽培圃場37圃場を対象に、生物検定と遺伝子診断による調査を実施した。土壌は、前作栽培終了後に対角線法により採取した５地点分を混合し供試した。その結果、被害未確認圃場37圃場のうち生物検定では29圃場（78%）で陽性となり、遺伝子診断では９圃場(24%)が陽性であった(表１)。

表１　現地ほ場の生物検定、遺伝子診断結果
（被害未確認圃場　37圃場）

		遺伝子診断			計
		陽性	陰性	擬陽性	
生物検定	陽性	7	17	5	29
	陰性	0	2	0	2
	擬陽性	2	4	0	6
	計	9	23	5	

注）生物検定の擬陽性は偽子座以外の黒変

次に生物検定及び遺伝子診断の結果から選定した須賀川市内のキュウリ栽培圃場７圃場を対象に、現地圃場のカボチャ台キュウリについて調査した。生物検定が陰性であった圃場では、収穫終了株の根にわずかな病徴がみられたものの、萎凋、枯死株の発生はみられなかった。生物検定が陽性となった圃場では、圃場による差はあるものの全ての圃場で萎凋、枯死株が確認され、検定結果と一致していた。また、現地収穫終了株根部調査では、生物検定が陽性の全ての圃場で85%以上の高い発病株割合となった（表２）。

表２　生物検定と現地調査結果

	生物検定（根部発病割合）	遺伝子診断*	現地圃場		
			萎凋、枯死株割合	収穫終了株根部調査	
			8/25	発病株割合	発病度
圃場A-1	−	−	0.0	30.0	10.0
圃場B	+	−	1.6	90.0	30.0
圃場C	+	−	5.1	85.0	28.3
圃場A-2	+	−	3.2	95.0	36.7
圃場D	+	+	0.7	95.0**	93.3**
圃場E	+	+	24.2	95.0	41.7
圃場F	+	+	4.9	90.0	36.7

*秋田県立大学のNested TRF-PCR法による土壌診断
**調査時には、地上部刈取り済み

３．おわりに

今回は、福島県内の主要キュウリ産地での生物検定と現地圃場の追跡調査を実施し、検定結果が陽性となった圃場で、カボチャ台キュウリの被害発生が確認された。本検定により陽性となった圃場においては、本圃での被害リスクが高いと推定される。現在、被害が未発生であっても、被害リスクが確認された圃場においては、本事業で確立された転炉スラグによる被害軽減技術のような対策を講じることで、被害を未然に防ぐことが可能である。また、本病は、根に特徴的な病徴がみられることから、生物検定だけでなく、残渣診断を合わせて行うことで、早期に発見することが重要である。

整枝管理によるキュウリ初発圃場の被害緩和手法の開発

山口　貴之
岩手県農業研究センター

１．はじめに

ホモプシス根腐病対策としては、クロルピクリン等による土壌消毒があるが、基本的に発病年以降の処理となることから、初発年の被害回避対策はない。そのため、生育中に萎れ症状が見られ、本病による被害であることが明らかになったとしても対策はなく、その作は、萎れ・枯死となり、大幅に収量が減少する。山口（2009）は、岩手県の露地夏秋どりキュウリにおいて、慣行よりも 2 週間早く整枝管理を停止することによって､本病による萎れ被害を回避できることを明らかにした。本手法は、萎れ被害を回避できるものの、慣行よりも過繁茂となることから他の病害の発生リスクが高くなる。また、果実品質の低下が懸念される。さらに、少なからず菌密度を上昇させると考えられる。従って、本手法は、全ての圃場で利用すべき技術ではなく、初発年の圃場のみで利用することが適当であると考えられる。しかし、初発年の萎れ症状の発生が見られてから整枝管理を変更したとしても手遅れであるため、萎れの発生を事前に察知できる技術が求められていた。そこで、指標植物（カナリア植物）を利用した発生予察技術と、整枝管理の変更を組み合わせた初発圃場の被害回避手法を開発した。

２．開発した技術の特性

１）指標植物（カナリア植物）を利用した発生予察技術（カナリア法）

ウリ科多犯性の本病は､種によって耐病性が異なることが知られており､*Cucumis* 属のキュウリ、メロン、マクワウリ等は、カボチャ台キュウリよりも本病に対して弱いことが明らかにされている（山口・岩舘，2009）（岩舘ら，2010）（図 1）。

そこで、キュウリやマクワウリ等の *Cucumis* 属植物の自根苗を圃場内に設置したところ、カボチャ台キュウリの萎れ発生を、１週間から１０日前に検知できることが明らかとなった（図 2）。

カナリア植物としては、*Cucumis* 属植物のうち、萎れの発生が最も早いキュウリが適しており（図 2）、キュウリであれば、どの品種を利用しても、検知能力に品種間差はあまりない。

図１　*Cucumis* 属植物は弱い

（各写真とも　左：未接種キュウリ、右：接種ウリ科植物）

しかし、カナリア植物は自根の状態

でキュウリ圃場に設置することから、他の土壌病害（つる割れ病）による萎れの影響を排除するためにも、つる割れ病への耐病性が高い、「青節成」や「落合節成」の利用が適している。

カナリア植物は、本病の発病が見られない圃場に設置することから、できるだけコストや手間がかからないものが理想的である。そこで、苗の形状によって萎れの発生程度に差があるか検討した。

その結果、直播、セル苗、ポット苗のいずれも同じ時期に萎れが発生し、カナリア植物は、苗の形状を問わずに萎れ症状の発生を検知できることが明らかとなった（図3）。しかし、直播は発芽が不安定になることも考えられることから、育苗コストが低いセル苗の利用が適していると考える。

本手法は、菌密度が低い状態でも検知可能であることから、圃場全体にカナリア植物を設置する必要はなく、圃場の５カ所（中央と４角）に設置すればよい。

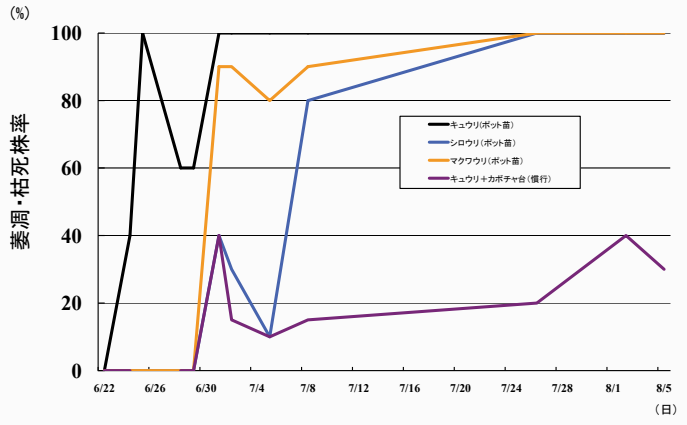

図２　萎凋・枯死発生程度の *Cucumis* 属における種間差

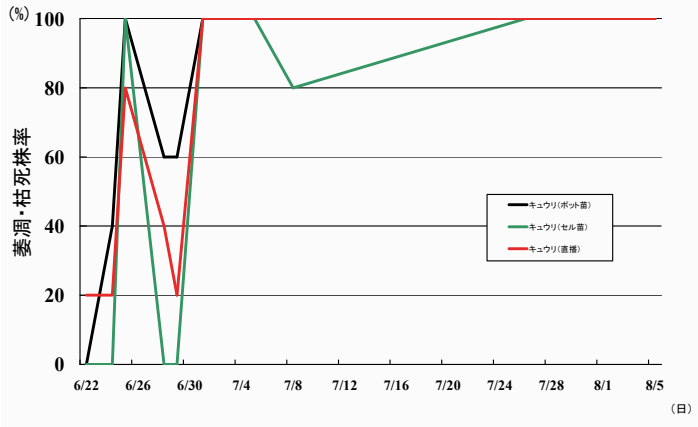

図３　指標植物の形状の違いが萎凋・枯死に及ぼす影響

カナリア植物は、定植後の管理は不要だが、カボチャ台キュウリと同様、乾燥した圃場では適宜かん水を行うようにし、活着を促す必要がある。生育が進むにつれて、果実の着果も見られるが、摘果・収穫をする必要はない。

本病のリスクが低下する時期以降（岩手県の露地栽培の場合、８月上旬以降）は、着果負担により、カナリア植物の生育が悪くなる。また、他の病害虫の発生源となることも懸念されることから、萎れが見られない場合でも、適宜、圃場から抜根するとともに、根に本病に特徴的な褐変が認められないか観察することも大切である。

図４　指標植物の萎れ

２）カナリア法に基づく整枝管理の変更

天候条件によって発生時期は異なるが、カボチャ台キュウリの萎れが発生する、概ね１週間～１０日前に、カナリア植物の萎れが見られる(図4)。

この場合、カナリア植物の萎れを確認した時点から、カボチャ台キュウリの整枝管理を停止する。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、慣行よりも、収量を高めることができる（表1）。

表１　早期の整枝管理の変更で収量アップ

区　　名	商品果収量（kg/株）
土壌消毒	14.04
指標植物により整枝を変更	15.48
慣行整枝	8.38

３．おわりに

本手法は、栽培後期まで萎れ被害を抑え、一定の収量を確保することができるが、本病による根への感染を防ぐ技術ではない。そのため、萎れ被害を回避したとしても、少なからず菌密度は上昇していると考えられることから、次年度以降は、菌密度を低下させる手法を、栽培前に必ずとる必要がある。

同様の理由により、既に本病による被害が発生している圃場では、本技術を導入することはできない。いたずらに菌密度を上昇させないためにも、初発年（被害がまだ発生していない圃場）でのみ利用すべき手法である点を、充分に留意する必要がある。

また、整枝管理を中止した以降は、通常の整枝管理より、大幅に茎葉が繁茂する（図5）。

従って、他の病害虫への充分な注意。特に、ハダニやアブラムシなどの微小害虫の発生に、充分注意する必要がある。さらに、栽培後期は、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点も留意する必要がある（図6）。

図５　過繁茂になることから他の病害虫への注意が必要

図６　果実品質は低下する

４．引用文献

1) 岩舘康哉ら(2010)：植物防疫、64：468-473

2) 山口貴之(2009)：園芸学研究８別１：163

3) 山口貴之・岩舘康哉(2009)：北日本病害虫研究会報 60：96-101

転炉スラグを用いた土壌 pH 改良による
キュウリの被害軽減

岩舘　康哉
岩手県農業研究センター

１．はじめに

露地夏秋作型キュウリにおけるホモプシス根腐病対策として、クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理が有効である。しかしながら、東北地方では土壌消毒の経験が無い農家が多いこと、土壌消毒の作業適期が限られていることなどから、すべての被害圃場で土壌消毒を実施することは困難である。そこで、本病少発生圃場向けに代替防除法を検討した結果、転炉スラグ（図１）を用いた土壌 pH 改良によって本病を抑制できることを明らかにしたのでその内容を紹介する。

図１　転炉スラグ
（商品名：てんろ石灰）

２．開発した技術の特性

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る（図２、表１、図４）。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 とする（図２、表１）。本技術による生育・収量や果実品質に対する悪影響は認められない（図３）。

転炉スラグの処理量は、必ず参考文献（村上・後藤，2008）に従い土壌緩衝能曲線を作成した上で決定する。また、処理 2～3 週間後に土壌 pH を測定し、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する。

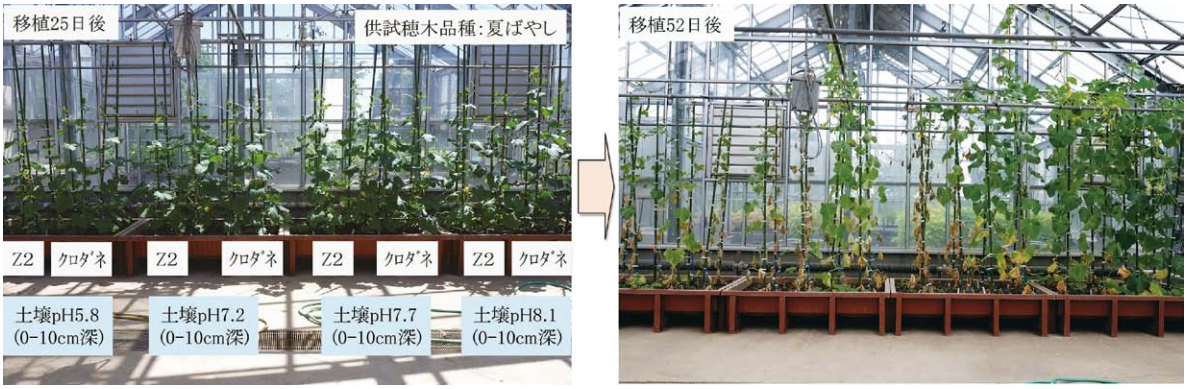

図２　転炉スラグを用いた土壌 pH 改良と被害軽減効果（隔離床試験）

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。

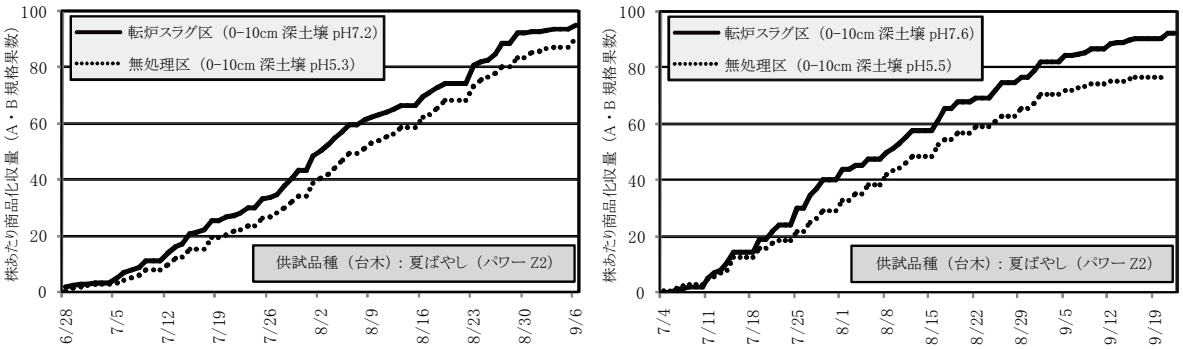

図３　転炉スラグ処理における商品化収量の推移（左：2010、右：2011）

メモ) ホモプ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１　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）

試験圃場	試験区	転炉スラグ処理量 (kg/10a)	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	51
	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。

２）目標土壌 pH の決定と混和方法

転炉スラグは pH をあげても微量要素欠乏が出にくい土壌 pH 改良資材である。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が推奨される。土壌改良深は 10cm で効果が得られる。土壌改良深を 15cm や 20cm としても問題ないが、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る。なお、投入量を決定する際は、圃場ごとに土壌緩衝能曲線（村上・後藤、2008）を作成する。

図４　転炉スラグ処理による被害軽減事例（2011、遠野 No.3 圃場）

転炉スラグは、手散布（図５）、ブロードキャスター(図６)、フロントローダ(図７)、ライムソワー（図８）等により処理する。小規模圃場や転炉スラグ処理量が少量の場合は、手散布が効率的である。大規模圃場ではライムソワーが最も効率的に散布できる（概ね 5,000kg/10a 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、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ある。散布後は一般的なロータリにより耕起するが、処理深 10cm とした場合は、できるだけ浅耕とする（図９)。処理 2～3 週間後に土壌 pH を測定し、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する。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する。

図５　手散布による転炉スラグ処理

図６　ブロードキャスターによる転炉スラグ処理

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。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。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 100kg/10a である（後藤・村上，2006)。

図７　フロントローダによる転炉スラグ処理

３）留意事項

(1)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る。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。

(2)本技術は、病原菌を直接死滅させるものではなく、クロピク処理に比較すると被害軽減効果は劣る。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の適用とする。なお、本病多発生圃場（前年の萎凋株率 10%以上）では、クロピク処理を選択する。

(3)本技術の処理費用は、転炉スラグ処理量が2,000kg/10aの場合で概ね5万円である（クロルピクリン錠剤マルチ畦内処理7000錠/10aの場合概ね7万円）。本技術を適用する場合、土壌pHの維持が可能であ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ため、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る。

(4)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（土壌pH7.5とするための転炉スラグ投入量が8t以上必要な場合など）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。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て本病の被害を回避する。

(5)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ある。

図８　ライムソワーによる転炉スラグ処理

図９　転炉スラグ処理後の耕起（処理深10cmの場合は浅耕）

３．おわりに

露地夏秋作型のキュウリ産地では、キュウリホモプシス根腐病の防除対策としてクロルピクリンくん蒸剤のマルチ畦内処理が行われている。一方、本病原菌汚染圃場であっても急性萎凋症が未発生の圃場や本病少発生圃場において、クロルピクリン剤を用いた予防的防除手段を取り入れることは、コストや作業面から困難である。そこで、本病少発生圃場向けに、より簡便で農家が取り組みやすい被害回避技術を検討した結果、転炉スラグを用いた土壌pH改良によって本病の被害軽減が可能であることを見出した。本技術は、目標土壌pHや土壌改良深、効果の持続年数など今後の検討を要する未完成技術であるものの、本稿が本病防除対策を考える上での一助となれば幸いである。

４．引用文献

1)後藤・村上(2006) 根こぶ病おもしろ生態とかしこい防ぎ方.　農文協, 東京, pp. 89-96.

2)村上・後藤(2008) 関西病虫研報 50 97-98

キュウリ台木と土壌ｐＨ改良資材の組み合わせによる被害緩和技術の開発

原　　有
福島県農業総合センター

１．はじめに

ホモプシス根腐病は、ウリ科植物に発生する土壌伝染性病害であり、福島県では、特にカボチャ台キュウリにおいて大きな被害をもたらしている。現在、被害発生ほ場においては、クロルピクリン剤のマルチ畦内消毒による対策が行われている。しかし、被害が顕在化していないほ場では土壌くん蒸による防除はコスト・作業負担が大きく受け入れられず、とりうる対策がないのが現状である。一方、未発生と言われているほ場においても汚染が広範囲に広がっていると考えられ、被害発生リスクに応じた取り組みやすい各種防除技術を開発することが必要である。

これまでにキュウリ台木の品種間で耐病性に差があるとされ、現在慣行のブルームレス台木と比較してクロダネカボチャ等が比較的高い耐病性を示すことが知られている。一方、ブルームレス台木の品種間でも耐病性に差がみられるが、総じて激発圃場での防除効果が期待できるものではなかった。しかし、本研究では被害が顕在化していない圃場での予防的な対策の確立を目的としていることから、ブルームレス台木の耐病性の活用について検討した。併せて、本病による萎凋症状は作物の根系発達等の生理的な要因によっても影響がでると推測されることから、発根促進剤等により、より耐病性を補強できるのではないかと考え、その組み合わせについて検討した。ここでは、それらの結果について紹介する。

２．開発した技術の特性

１）耐病性台木の選定

キュウリ用台木等 26 品種（図１）についてホモプシス根腐病に対する感受性を調査した。その結果、ブルームレス台木の中では、シェルパ、エイブル及び輝太郎の発病指数が低かった（図２）。さらに、各品種の根重と発病指数の関係を検証したが、一定の傾向は認められず（図２）、耐病性は、根重とは異なる要因に関連していると考えられた。

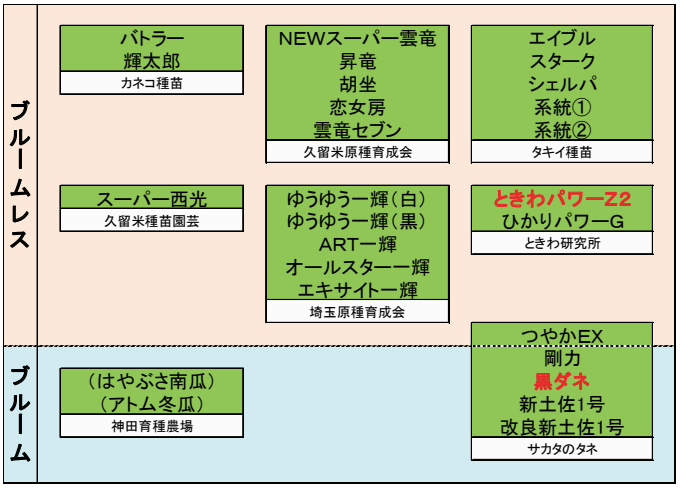

図１　供試品種

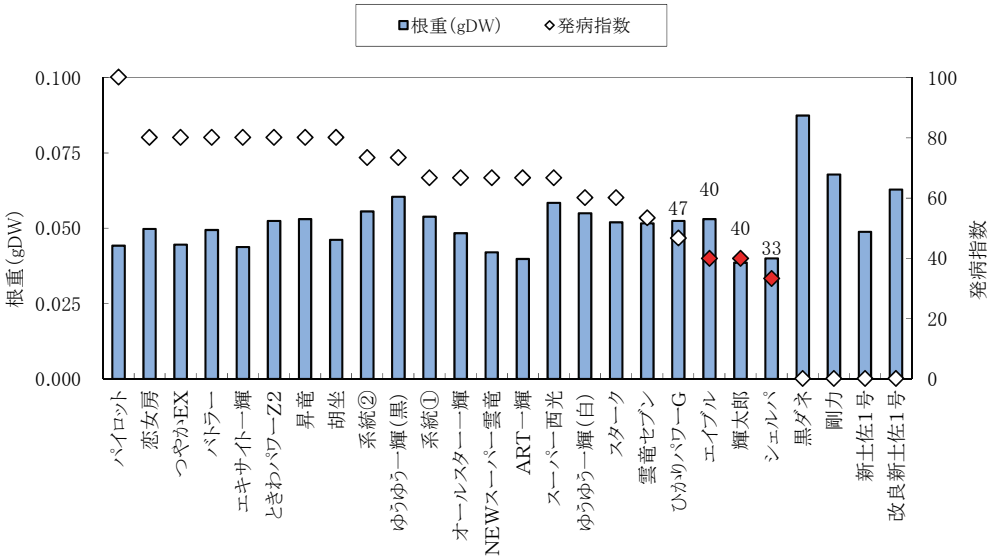

図２　キュウリ用台木品種の根重及びホモプシス根腐病に対する感受性

注１）調査株数は、各品種５株。

注２）パイロットは自根である。黒ダネ、剛力、新士佐１号、改良新士佐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、1：一部の葉が萎ちょう、2：全ての葉が萎ちょう、3：枯死の４段階に分類し、Σ(発病度×株数)/(4×供試株数)　×100 により求めた。

２）発根促進資材等の活用

キュウリホモプシス根腐病に対する発根促進資材等の効果を確認した結果、供試した資材のうち発酵鶏ふん、ケイサンエース、ツインガードで無処理より発病が抑えられ、その中でも発酵鶏ふんを施用することによって、最も発病を抑えることが認められた（図３）。

さらに、発酵鶏ふんの施用量と pH の関係を検討した結果、発酵鶏ふんの施用が少量区よりも多量区で、また、pH が高い区で発病が抑えられている傾向が見られた（表１）。ただし、pH が高いだけでは発病軽減効果が低く、発酵鶏ふんの何らかの効果が影響していると推察された。

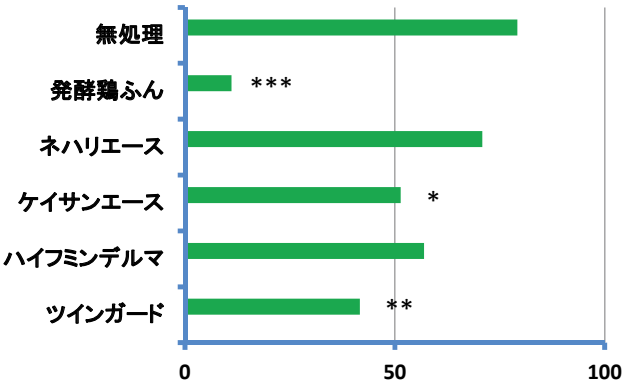

図３　発根促進資材等による発病度の差異

注1）グラフ上の***、**、*　は、ダネットの多重比較検定により、無処理との間に 0.1%、1%、5%水準でそれぞれ有意差がある（n=2）。

注 2）定植（接種）47 日後に、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、1：一部の葉が萎ちょう、2：全ての葉が萎ちょう、3：枯死　とし、発病度＝Σ（発病指数×株数）/（3×調査株数）×100 により求めた。

しかし、最も効果がある発酵鶏ふん多量かつ pH7.5 での栽培では、8150kg/10a の発酵鶏ふんを施用することとなり、過剰施肥による生育への影響が懸念されることから、岩手県の土壌 pH 改良資材（転炉スラグ）の成果を活用して、土壌 pH 改良資材と耐病性台木の組み合わせの試験を行うこととした。

３）耐病性台木と土壌 pH 改良資材の組み合わせ

これまでの試験の結果、比較的耐病性が高いと見込まれたブルームレス台木の「エイブル」と「シェルパ」を用い、福島県農業総合センター内の本病に汚染された土壌における耐病性を評価すると

ともに、生育等の実用性を調査し、併せて発根促進資材による発病軽減効果も検討した。

この結果、汚染土壌での栽培にもかかわらず、全ての区で地上部での萎れは確認されなかったが、根部での発病が確認され、転炉スラグを施用した区は無処理区と比較して発病が抑えられた（図４）。さらに、耐病性を有する台木を使用することで、発病度が低く抑えられた（図４）。

表１　発酵鶏ふん施用量及び pH の違いがキュウリ用台木品種のホモプシス根腐病に対する感受性に与える影響

区名	発病株率	発病度
少-pH6.5	100.0 a	62.5 a
少-pH7.0	100.0 ab	46.7 ab
少-pH7.5	90.0 ab	40.0 abc
中-pH6.5	90.0 b	40.0 abc
中-pH7.0	90.0 b	43.3 abc
中-pH7.5	80.0 b	40.0 abc
多-pH6.5	90.0 b	34.2 bc
多-pH7.0	70.0 b	23.3 bc
多-pH7.5	40.0 b	13.3 c

注１）アルファベット異符号間には、チューキーのギャップ検定により、5%水準で有意差がある。
注２）発酵鶏ふん施用量の少は 300kg/10a、中は 4000kg/10a、多は 8150kg/10a である。

また、生育に対する影響や生理障害などの発生は認められず、収穫果数の調査においても、台木や資材の組み合わせによる差は認められなかった（図５）。

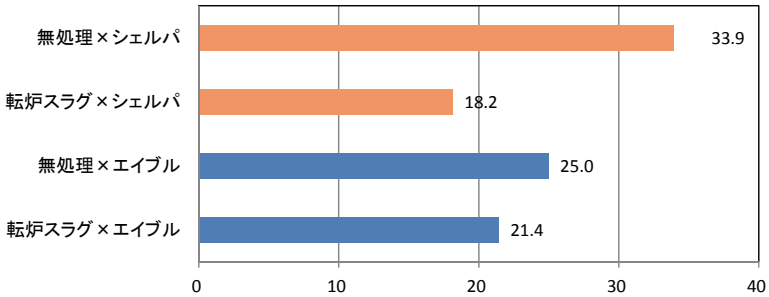

図４　台木と土壌 pH 改良資材との組み合わせによる発病の差異
注）栽培終了後に掘り上げて根部の発病を以下により調査した。
0：病徴なし、1：1/4 未満の根が黒変、2：1/4～1/2 未満の根が黒変、3：1/2 以上の根が黒変、4：1/2 以上の根が黒変し腐敗脱落
その結果より　発病度＝Σ（発病指数×株数）／（4×調査株数）×100　　を求めた。

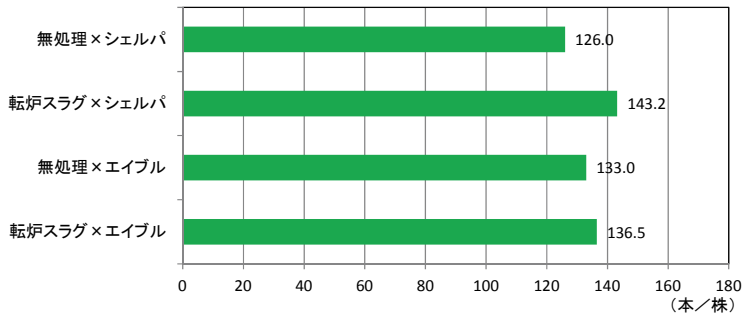

図５　台木と土壌 pH 改良資材との組み合わせによる収穫量の差異
注）区間の収穫果数は、チューキーのギャップ検定によって有意な差はない。

４）現地実証

耐病性を有する台木エイブルと土壌 pH 改良資材の組み合わせの試験を、福島県須賀川市内３か所のホモプシス根腐病発生圃場で実証した。

この結果、全ての圃場において地上部の萎凋症状は少発生だったため、根部による発病度を比較

したところ、調査株の全ての根部で発病が見られたものの、無処理区より転炉スラグ施用区での発病度は同等か低く、慣行台木よりエイブルでの発病度は同等か低かった（図６）。

併せて、圃場ごとのいずれの区間でも生育に対する影響や生理障害などの発生は認められず、収穫果数にも差がない（図７）ことから、台木と土壌ｐＨ改良資材の組み合わせにおいて、生育への弊害は見られなかった。

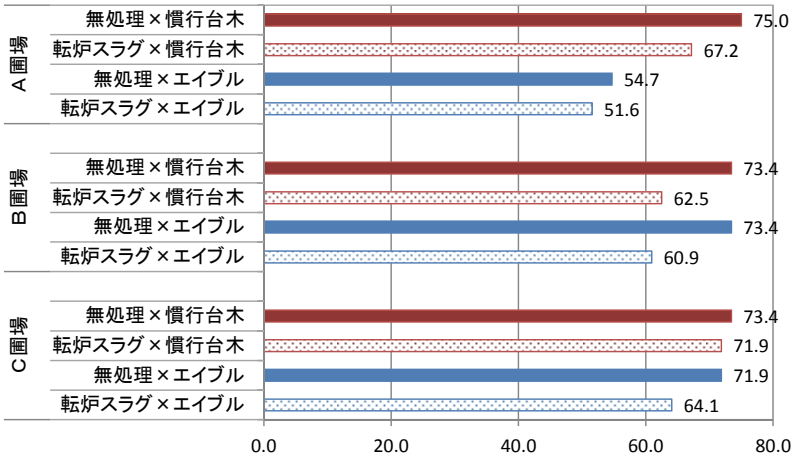

図６　現地圃場における耐病性台木と転炉スラグの組み合わせによる発病度の差異

注）栽培終了後に掘り上げて根部の発病を以下により調査した。
0：病徴なし、1：細根に病斑あり、2：側根に病斑あり、3：主根に病斑あり、4：枯死
その結果から　発病度＝Σ（発病指数×株数）／（4×調査株数）×100 を求めた

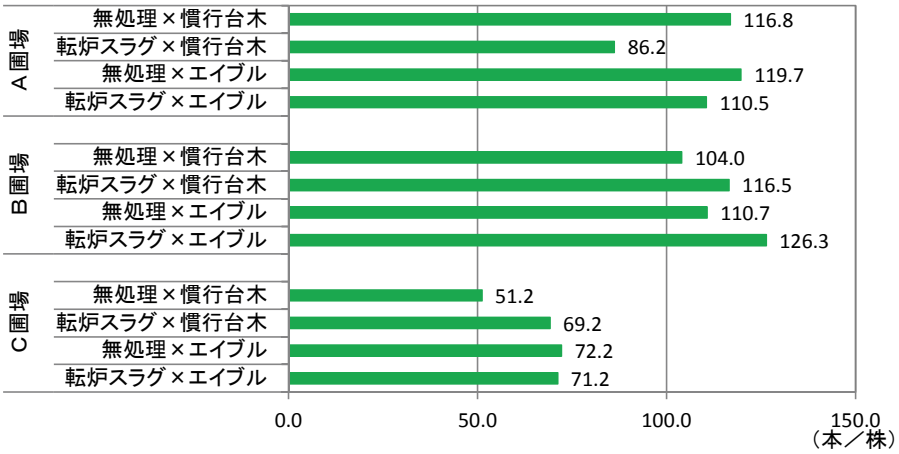

図７　現地圃場における耐病性台木と転炉スラグの組み合わせによる収穫果数の差異

注）圃場ごとの区別の収穫果数は、チューキーのギャップ検定によって有意な差はない。

３．おわりに

これまでの試験結果より、ポット試験で見出された、ブルームレス台木間で比較的高い耐病性を示す品種は、それ単体では現地での慣行台木と比較して顕著な発病軽減効果を示すようなものではなかった。一方、本病の被害軽減に有効とされた土壌 pH の矯正については、このような台木と組み合わせた場合でも栽培上の特段の問題は生じず、上乗せ効果が期待できる結果となった。台木の変更による対策は生産者としても取り組みやすいと考えられることから、穂木との親和性など検討すべき点はあるものの、今後は土壌 pH 矯正による被害緩和効果の安定化・上乗せ効果をねらう等、有効に活用されることを望みたい。

施設キュウリの年２作体系における
土壌還元消毒の効率的な実施方法

近藤　誠
宮城県農業・園芸総合研究所

１．はじめに

ホモプシス根腐病は東北地方のウリ科野菜で被害を拡大している土壌病害で、宮城県では施設キュウリで大きな被害が発生している。本病の防除対策は、クロルピクリンくん蒸剤による土壌くん蒸、太陽熱消毒、土壌還元消毒等がある。宮城県ではこれまで施設栽培で発生がみられており、手法が容易であること、また土壌くん蒸剤より圃場全体を安価に消毒できることから、現地圃場では土壌還元消毒が普及しつつある。宮城県では施設キュウリは年２作体系（抑制栽培＋（半）促成栽培）がほとんどであり、作付け前に年２回土壌消毒を実施することは、労力およびコストの負担が大きくなっている。また、作付け終了から次作までの間が短いため、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る。そこで、施設キュウリの年２作体系における土壌還元消毒の効率的な実施方法を検討した。

また、土壌還元消毒には有機物の投入が必要であるが、本県ではこれまで主に米ぬかが用いられてきた。しかし、2005 年に発生が確認されてから、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る。そこで、米ぬかの代替資材として、脱脂米ぬかや産業廃棄物となっているコーヒー残渣が、土壌還元消毒に活用可能であるかを検討した。

２．開発した技術の特性

１）土壌還元消毒の実施手順

①作物残渣を片づけ、耕起する。罹病した根部は抜き取って圃場外に撤去すると防除効果が向上する。

②10a 当たり約１t の資材を散布したのち（図１）、トラクターで資材をよく混和し（耕深 20cm 程度）、散水が均一になるよう地表面を均平にする（図２、３）。

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（図４）、地表面をビニールで覆い（図５）、150ℓ/㎡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６）。

※水が圃場全体に行き渡らない場合は、ビニール被覆前に灌水を行い、その後被覆する。ただし、灌水後にビニールを被覆する場合は、圃場内が歩きにくく作業性が悪くなるので注意する。

④ハウスを密閉し、20 日間以上放置する（処理成功の目安：消毒開始から７日後程度にドブ臭がしてくる）。

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は、米ぬか、脱脂米ぬか、コーヒー残渣が有効である（表１、２）。

図１　残渣を整理後耕起し、資材を散布する

図２　資材をよく混和し、地表面を均平にする

図３　耕深15～20㎝程度まで耕起する

図４　灌水チューブを設置する

図５　ビニールで被覆する

図６　灌水チューブで十分灌水する

２）留意点

・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日間以上とする。

・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、追加で灌水する。ただし、追加すると地温が低下することがあるので、被覆期間を長くする等で対応する。

・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、あらかじめ搬出しておく。天窓開閉の設定は、50℃弱としておくとよい。

・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る。

・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に留意する。

・土壌還元消毒の参考資材費は以下のとおりである。

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		―
コーヒー残渣		業者と相談による
クロルピクリン液剤（クロールピクリン）	2缶（10㍑入り）	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（15㍑入り）	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する。

３）土壌還元消毒の防除効果の継続性

2010年に本病激発圃場において、抑制栽培前に土壌還元消毒を実施し防除効果および防除効果の持続性を検証した。資材は米ぬかおよび脱脂米ぬかを用いた。

実証を行った圃場の促成栽培（土壌還元消毒実施直前の作）における発生状況は、萎凋度および根の発病度が高く、甚大な被害が認められていた。促成栽培終了後、キュウリ残渣を片づけ耕起し、７月５日に米ぬかおよび脱脂米ぬかを 1.2ｔ／10ａ散布後、トラクターでよく混和した。圃場全体に水が行き渡るように潅水チューブを設置し、地表面をビニールで覆い、７月４～５日にかけて灌水し18日間（７月22日まで）施設を密閉した後、ビニールを除去し土壌還元消毒を終了した。

表１　抑制栽培前における土壌還元消毒の防除効果の持続性（上：地上部　下：根部）

処理区	調査地点	地上部の萎凋度 2010年 消毒前 6月30日	2010年 抑制終了（1作目） 11月5日	2011年 半促成終了（2作目） 6月17日
米ぬか区	A	62.5	0	0
	B	50	0	0
脱脂米ぬか区	C	75	0	5.0

処理区	調査地点	根の発病度 2010年 消毒前 6月30日	2010年 抑制終了（1作目） 11月5日	2011年 半促成終了（2作目） 6月17日
米ぬか区	A	95.0	7.5	52.5
	B	82.5	5.0	42.5
脱脂米ぬか区	C	95.0	2.5	58.8

萎凋度および発病度　＝　Σ（程度別発病株数×指数）×100／（調査株数×4）

【地上部】０：葉の萎れを認めない１：葉の一部が萎れている

２：葉の半分程度まで萎れている３：葉のほとんどが萎れている

４：枯死している

【根　部】０：褐変を認めない１：根の褐変が5%未満

２：　〃　5%以上25%未満３：　〃　25%以上50%未満

４：根の褐変が50%以上

１作目（抑制栽培：７月３０日定植）では、栽培終了まで萎凋や枯死株は確認されず、根の発病度は米ぬか処理区で6.25（２地点の平均）、脱脂米ぬか処理区で2.5（１地点の平均）と低く、高い防除効果が認められた。土壌消毒を実施せずに２作目（促成栽培：１月２１日定植）を作付したところ、１作目と同様に栽培終了時まで萎凋は認められず、生育や収量等への被害はなかったと考えられた。ただし、根を確認したところ、根の発病度は米ぬか処理区で47.5（２地点の平均値）、脱脂米ぬか処理区で58.8（１地点）であり、根には偽子座の形成が認められた。土壌消毒せずに３作目の被害回避は難しいと判断し、土壌還元消毒を実施した。以上のことから、抑制栽培前に土壌還元消毒を実施することで、抑制栽培および促成栽培の２作でキュウリでの萎凋症状はほとんど発生が確認されず、防除効果が少なくとも２作にわたり継続することを確認できた。

４）土壌還元消毒を効率的に実施する方法

宮城県では施設キュウリは年２作体系がほとんどであり圃場準備期間が短いため、土壌消毒を実施できる期間が限られている。そこで、指標植物の技術（岩手県）を活用し栽培期間中に圃場

の汚染状況をモニタリングし、土壌消毒の要否を判断し、消毒の実施準備を行った事例を紹介する。実施した圃場は現地の促成栽培圃場である。

指標植物には本病に弱いことが確認されているメロン苗（福島県）（品種：アールスナイト夏系２号　約１葉期）を用いた。圃場内の５か所に各 10 株を畝の肩に定植し、経時的に指標植物の様子を観察した（図７）。定植 37 日後に指標植物に萎凋株が確認されたため（図８）、生育中の応急的な対策として整枝管理技術（岩手県）を導入し、キュウリにおける被害を軽減させることができた。指標植物の萎凋発生はキュウリの萎凋発生の１ヶ月前であり、事前にリスクを知ることができた。また、指標植物の症状から本病の汚染圃場であることが確認できたことから、栽培終了を待たずに土壌還元消毒を実施するための資材の手配を進め、終了後速やかに土壌還元消毒を実施することができた。

図７　指標植物定植の様子

図８　指標植物萎凋の様子

５）土壌還元消毒に有効な資材の検索

土壌還元消毒にはこれまで米ぬかを用いていたが、代替資材として脱脂米ぬか、コーヒー残渣が有効であるか検証した。脱脂米ぬかは米ぬかから油分を除去したものであり、散布しやすい特性がある。コーヒー残渣は、缶コーヒー等に利用するコーヒーを抽出した豆の粉末残渣であり、試験にはこれを乾燥させたものを用いた。現地圃場において、脱脂米ぬかおよびコーヒー残渣を１ｔ／10ａを散布し、米ぬかと同様に土壌還元消毒を実施したところ、米ぬかと同等の防除効果が認められた（表１、２）。米ぬかおよび脱脂米ぬかについては、２作の防除効果が認められた（コーヒー残渣については調査中）（表１）。脱脂米ぬかおよびコーヒー残渣は米ぬかと同様に土壌還元消毒に活用できることが確認された。

表２　コーヒー残渣による土壌還元消毒の防除効果（上:地上部　下:根部）

処理区	調査地点	地上部の萎凋度	
		消毒前※1	抑制終了※2
		6月17日	11月18日
米ぬか区	A	0	0
	B	5.0	0
	C	0	0
	D	―	0
コーヒー残渣区	E	86.7※3	0
	F	61.7※3	0

処理区	調査地点	根部の発病度	
		消毒前※1	抑制終了※2
		6月17日	11月18日
米ぬか区	A	52.5	0
	B	58.8	3.1
	C	42.5	0
	D	―	7.5
コーヒー残渣区	E	96.2※3	2.5
	F	93.7※3	0

萎凋度および発病度は表１と同じ

※1　10 株調査

※2　20 株調査

※3　発病が著しく，栽培終了のため６月１日の調査データ

３．おわりに

施設キュウリの年２作体系においては、抑制栽培前の土壌くん蒸剤施用より低コストで圃場全体を確実に消毒でき、かつ２作の防除効果が継続する土壌還元消毒（資材は米ぬか、脱脂米ぬか）を実施することにより、ホモプシス根腐病のより効率的な防除が可能になると考えられた。指標植物の活用による「圃場リスクの的確な評価」、「整枝管理技術による被害軽減」、「土壌消毒の要否判断等」も非常に有効な手段であると考えられた。

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業　成果発表会

「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」

講演要旨集

発 行 年 月　２０１２年１２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