

東北農業研究センター公開シンポジウム

露地夏秋キュウリに発生する ホモプシス根腐病の防除対策

日時 平成19年12月7日（金） 13:00-17:00

場所 コラッセふくしま 4階 多目的ホール

主催：（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

共催：（独）農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所

協賛：農林水産省東北農政局／福島県／岩手県／（社）農林水産技術情報協会

本誌から転載・複製する場合は、
当センターの許可を受けて下さい。

東北農業研究センター公開シンポジウム
露地夏秋キュウリに発生するホモプシス根腐病の防除対策

目 次

1. 防除対策の策定に向けた研究体制と研究内容	門田育生	1
2. 薬剤と根域制御技術等を用いた防除技術の開発		
1) 薬剤による土壌消毒効果の安定化技術の開発	堀越紀夫・岩館康哉	5
2) 土壌消毒と根域制御を組み合わせた防除技術の開発	岩館康哉・堀越紀夫	11
3) 病原菌の宿主内挙動の解明による防除対策の有効性の実証	永坂 厚	17
3. 防除に有効な根域制御のための栽培技術の開発		
1) 畦立てマルチ裾埋め込み栽培法による根域制御技術の開発	山口貴之	23
2) 隔離ベット栽培法による根域制御技術の開発	太田弘志	27
3) 自立型自動制御ポンプの開発とそれを用いた灌水・施肥システム	松崎辰夫	31
4. 病原菌の蔓延防止対策の策定		
1) 病原菌の伝染環の解明とそれに基づく蔓延防止対策	古屋廣光	35

本研究成果は、農林水産省が実施している「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」を活用して得られたものである。

研究課題名「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」のもとに、(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が中核機関となり、福島県農業総合センター、岩手県農業研究センター、秋田県立大学、有限会社品川通信計装サービスを共同研究機関として平成17年度から3年間実施した。

防除対策の策定に向けた研究体制と研究内容

門田育生

東北農業研究センター 寒冷地野菜花き研究チーム

1. 研究の背景

東北地方は広い耕地面積と夏季の冷涼な気候を活用した夏秋野菜生産が盛んである。中でも夏秋キュウリは東北地域全体で78,300 tを出荷しており、これは全国の出荷量の約34%を占めるものである（平成18年度農林水産省統計情報）。ところが、平成15年に福島県と岩手県においてホモプシス根腐病（図1）が多発生し、地上部が枯死して収穫量が著しく減少するなど大きな被害を与えた。本病は土壌伝染性病害であり、発生畑は翌年以降も発病する可能性が非常に高いことから、キュウリの安定生産を持続する上で大きな障害になることが予想され、早急に防除対策を確立する必要に迫られた。そこで、福島県農業総合センター、岩手県農業研究センターおよび東北農業研究センターを中心として防除対策検討会議や現地検討会を開催し、関係者間の情報交換と今後の研究推進方向などについて検討した。その議論の中で、ウリ類の土壌病害を対象とする接ぎ木栽培では本病の回避は望めないことや本病に対する登録農薬もないことなどから、防除対策の策定には根域を汚染土壌から隔離するなど、栽培法を含めた抜本的な技術開発が必要であることが明らかにされた。また、汚染地域の拡大を阻止することも重要であることから、病原菌の伝染環や発病機構など基礎的な研究も同時に実施する必要性もあると判断した。これらの検討内容を踏まえて早急に実施すべき研究課題を整理し、関係する研究機関で下記のような共同研究体制を組織した（図2）。なお、本研究は農林水産省が実施している競争的研究資金「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」を活用して平成17年度から3年間実施したものである。



図1. キュウリホモプシス根腐病の発生による被害状況

2. 研究体制と研究内容

本病を引き起こす病原菌は、ウリ科作物全般（キュウリ、メロン、カボチャ、スイカ等）に感染し、国内各地で甚大な被害を引き起こしている。防除法としては、本病の病原菌が熱に弱いという特性を利用して、関東以西では夏期の太陽熱利用による消毒によって被害の発生をかるうじて防いでいる状況である。しかし、夏秋期が収穫期間となる東北地域の露地栽培では、太陽熱を利用した

土壌消毒は実施が困難である。また、病原菌が土壌深部まで生息するため、通常の方法で土壌消毒を実施してもその防除効果は低く不安定である。そこで、東北地域の気候および栽培体系に対応した有効な防除体系を確立するとともに、汚染地域を拡大させない対策を早急に講じるため、下記の研究を実施することとした(図2, 3)。なお、本研究事業は東北農業研究センターを中核研究機関とし、共同研究機関として福島県農業総合センター、岩手県農業研究センター、秋田県立大学、(有)品川通信計装サービスで実施した。

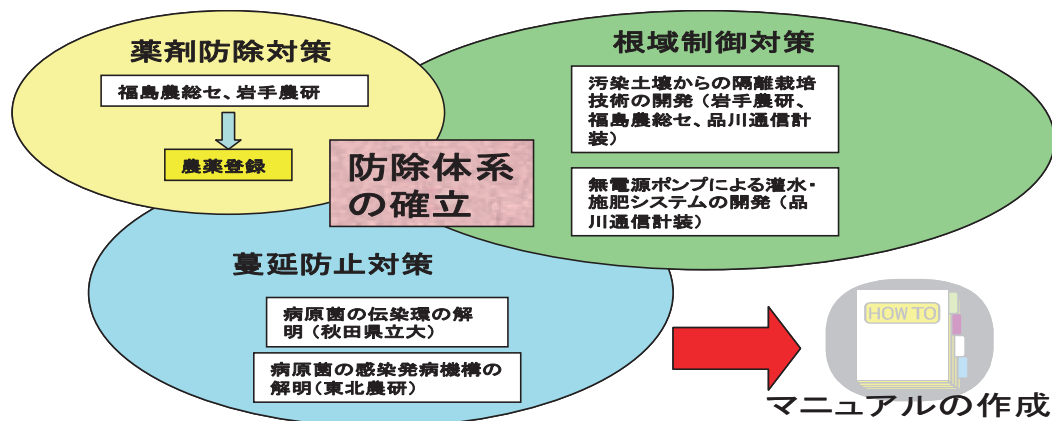


図2. 研究体制と研究内容

(1) ホモプシス根腐病に対する薬剤土壌消毒効果の安定化技術の開発

(担当機関：福島県農業総合センター、岩手県農業研究センター)

本病原菌は、従来の土壌消毒手法では効果が不安定となりやすい深さ 30~40cm の土壌層にも分布しており、在圃期間が5か月に及ぶ長期どりの露地夏秋キュウリにおいては、この消毒効果の不安定さに基づく早期発病は致命的である。そこで、防除効果の高い薬剤を検索するとともに、防除効果の持続性を向上させる手法を開発する。

(2) 根域制御による汚染土壌からの隔離栽培技術の開発

根域制御手法を開発して汚染土壌から隔離して栽培することにより、露地キュウリを安定的に生産する栽培技術を明らかにする。

① 根域制御手法の案出とそれに対応した栽培技術の開発

(担当機関：福島県農業総合センター、岩手県農業研究センター)

施設栽培キュウリで確立された根域制御による汚染土壌との隔離栽培防除法を、梅雨、盛夏、秋雨と気象変動の大きな時期に生育期間が重なる露地栽培に対応した技術に改良する。それにより東北地域の露地栽培体系において安定した収量および品質を確保できる根域制御ならびに施肥方法を開発する。

② 根域制御栽培における土壌消毒技術の開発

(担当機関：福島県農業総合センター、岩手県農業研究センター)

根域制御栽培における土壌環境の健全性を確保し、薬剤等により病原菌密度の増加を抑制して発病回避技術を開発する。

③ 露地根域制御栽培での無電源装置による水及び肥料供給・制御技術の開発

(担当機関：(有)品川通信計装サービス、福島県農業総合センター)

根域制御栽培では、安定した収穫量を確保するためには栽培土壌の水分や肥料を適切に管理する必要がある。それには、低コストで安定した灌水施肥装置の設置が必要であるが、電源供給できない露地圃場に対応した装置は開発されていない。そこで、無電源型の灌水施肥用ポンプを開発し、同ポンプを用いた自動灌水施肥システムを確立する。

(3) 病原菌の伝染環及び感染機構の解明による発病軽減技術の開発

病原菌の伝染環や感染発病機構を解明し、発病を軽減するための薬剤等の処理時期や処理方法の開発の基礎的知見にするとともに、伝染環遮断による汚染拡大防止技術を検討する。

①病原菌の生態的特性の解明による伝染源遮断技術の開発

(担当機関：秋田県立大学)

本病原菌は土壌伝染性とされるが、土壌における耐久生存様式の詳細は明らかでない。そこで選択培地あるいは分子生物学的手法により本菌を土壌から迅速に検出する技術を開発して伝染・伝搬機構の解明を行い、土壌診断に基づく伝染源遮断技術を検討する。

②感染・発病機構の解明による発病低減技術の開発

(担当機関：東北農業研究センター)

本病に感染しても、収穫期を迎えて株全体が萎凋するまでは発病が予想できない。そのため、的確な防除対策の確立ができず、本病の激甚な発生を招いている。そこで、同症状に至るまでの病原菌の感染および発病機構を解明し、それに基づいた栽培管理および防除技術を開発する。

(4) ホモプシス根腐病防除体系の確立および蔓延防止対策の策定

(担当機関：福島県農業総合センター、岩手県農業研究センター、秋田県立大学、東北農業研究センター)

本研究で開発した防除対策について現地実証試験を行い、個別農家の栽培形態に合わせた防除対策の導入を図るための栽培・防除マニュアルを作成する。また、病原菌の伝染環を遮断する技術を策定し、同マニュアルに反映する。

3. 残された問題点

本病は年々発生地域を拡大しており、研究期間内においても平成17年には宮城県、平成18年には山形県で発生が確認された。また、東北地域では今のところキュウリでしか発生が確認されていないが、関東以西ではカボチャ、メロン、スイカなどのウリ科作物に被害が発生していることから、今後発生地域の拡大とともに被害を受ける作物種の拡大にも十分注意しなければならない。

本研究で開発した防除方法は、基本的には発病を抑制して被害を最小限にするものであり、病原菌を完全に排除する技術ではない。また、土壌消毒は薬剤を用いるため、土壌静菌作用の低下も起こると考えられる。したがって、病原菌が消毒した土壌に再度侵入すれば、本病による被害の激化を招く可能性も考えられる。

このように、本研究で開発した防除技術は必ずしも万全ではない。当面の防除対策としては本研究成果を十分活用することで対応できると考えられるが、新たな問題点やそれに対応した技術の改良などについては、今後もさらに研究を継続していく必要がある。

ホモプシス根腐病

- ・ウリ科全般を犯す
- ・根に感染し、地上部に萎凋症状
- ・土壌消毒が難しい（地下30-40cmにも生存）

関東以南では夏場に太陽熱+土壌消毒剤等で防除可能



東北地方への拡大

しかしながら...

東北地方の露地夏秋キュウリでは

- ・夏場の消毒が不可能
- ・栽培期間が長い
- わずかな残存で被害大

H15年以降大発生



産地崩壊の危機

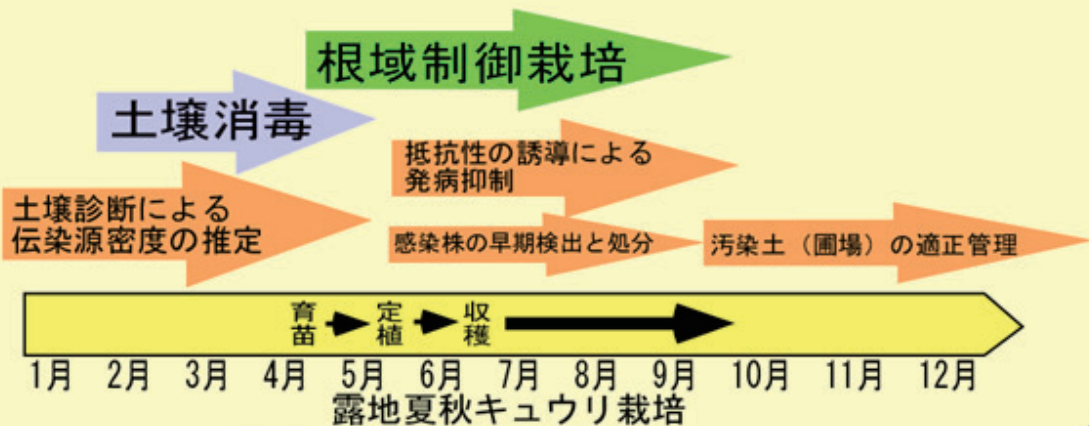
さらに・・・東北地方の他のウリ科作物への被害拡大が懸念



栽培体系と防除技術の確立

汚染土壌の消毒技術の開発 根域制御栽培技術の開発

病原菌の伝染環及び感染機構の解明による発病低減技術の開発



夏野菜の安定供給

図3. 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

薬剤による土壌消毒効果の安定化技術の開発

堀越紀夫・岩館康哉

福島県農業総合センター 作物保護グループ

岩手県農業研究センター 病理昆虫研究室

1. 研究目的

東北地方は、気候を生かした露地夏秋キュウリの主要産地である。しかし、ホモプシス根腐病の発生により、収穫皆無になるなど甚大な被害が発生し、露地におけるキュウリ栽培の深刻な問題となっている。

本病の発生は、東北地方では1997年に福島県の施設栽培キュウリで初めて確認し¹⁾、2001年には露地キュウリ栽培で、岩手県においては2002年に発生、その後、宮城県、山形県で相次いで発生が確認されている。本病は、ウリ科野菜全般に土壌を介して感染することから、東北地方のスイカやメロン栽培への被害拡大が懸念されている。

本病の防除対策として、施設栽培では、病原菌が熱に弱いことを利用し、作期が促成から抑制栽培に変わる夏期に太陽熱土壌消毒による防除を行ってきた。しかし、露地栽培では、4月下旬～5月下旬に定植し、夏から秋までの長期間収穫をねらう作型であるため、夏期に圃場を空けて太陽熱土壌消毒を実施することが非常に困難である。また、有望な抵抗性カボチャ台木のない現状においては²⁾、薬剤による土壌消毒が有効な対策と考えられた。

そこで、2003年に本病の多発生圃場において、クロルピクリンくん蒸剤（マルチ畦内処理）、クロルピクリン・D-Dくん蒸剤（全面処理）、カーバムナトリウム塩液剤（マルチ畦内処理）、カーバム剤（全面処理）で土壌消毒試験を実施した。ところが、いずれの薬剤でも70%以上の株が発病し、十分な防除効果が得られなかった。

原因は、本病原菌が従来の土壌消毒手法では効果が不安定となりやすい深さ30～40cmの土壌層まで広く分布していることに起因し³⁾、以下のためと考えられた。

- ① 汚染土壌が広範囲に及ぶこと、キュウリ栽培期間が長いことから、登録濃度では、十分な効果が発揮できなかった。
- ② 薬剤を土壌全面処理した後に実施するガス抜き、畦立て作業等による消毒土壌と未消毒土壌の攪拌により、発病した。
- ③ マルチ畦内処理により土壌の攪拌は防いだが、消毒した畦の面積が慣行の栽培法では狭いため、定植後すぐに根が、通路などの未消毒土壌へ伸長したため早期に発病した。

この3点を考慮し、ホモプシス根腐病に対する緊急的な対策として、土壌消毒効果の安定化技術の開発を目指した。

2. 研究内容

1) ホモプシス根腐病に対する有効な薬剤の検索

供試薬剤は、汚染土壌を用いた予備試験で防除効果の高かったクロルピクリン単一成分剤に絞って現地試験を実施し、農薬登録申請を行った。現在までにクロルピクリン液剤(クロルピクリン)、クロルピクリン錠剤、クロピクテープ、クロピクフローにおいてホモプシス根腐病に対する防除薬剤として農薬登録となった(図1)⁴⁾。



図1. マルチ畦内処理区と無防除区の根部発病程度

2) 薬剤処理方法の検討

消毒方法は、消毒土壌と未消毒土壌の混和を防ぐため、ガス抜きをしないマルチ畦内消毒とした。さらに、慣行で使用している95cm幅のマルチから135cm幅マルチで畦を作成することで、より広い消毒面積を確保することとした。また、キュウリの定植位置は、畝の中央とし、未消毒土壌への根の伸長を遅らせた。また、マルチの厚さも、使用してきた0.02mm厚のマルチから0.03mmと厚くし、ガス(クロルピクリン)の透過放出を抑制することによって防除効果の安定と安全性の確保を図った。

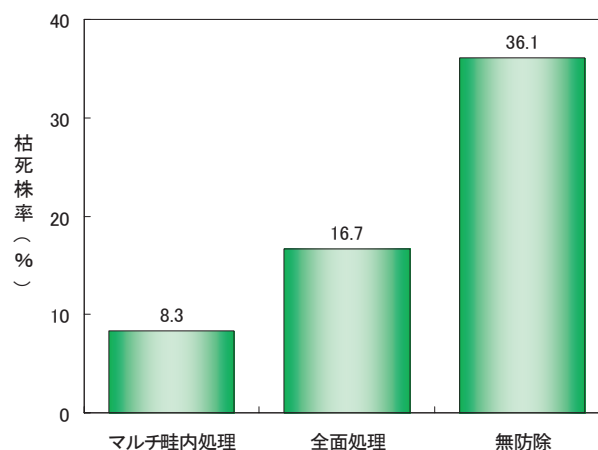


図2. 畦幅の違いによる防除効果
(2006: クロールピクリン)

その結果、クロルピクリンくん蒸剤の全面消毒とマルチ畦内処理を比較したところ、マルチ畦内消毒が全面消毒より防除効果が高かった(図2)。畦幅は、135cmマルチを使用し消毒畦幅を広げた方が慣行畦幅(約60cm)よりも防除効果が安定した(図3)。

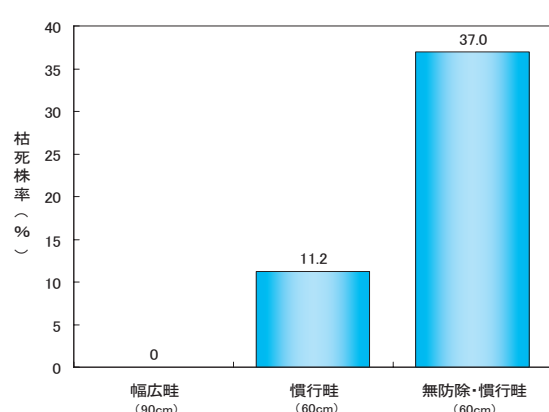


図3. 畦幅の違いによる防除効果
(2005: クロールピクリン)

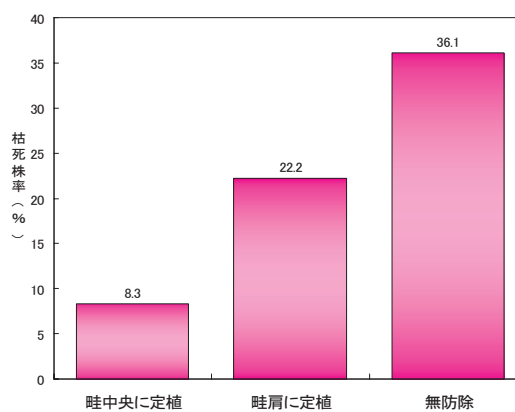


図4. 定植位置の違いによる防除効果
(2006: クロールピクリン)

※マルチ畦内処理法の手順

共通事項：定植時期の地温やマルチ畦内処理ではガス抜きしないことを考慮し、効果の確保と薬害回避の観点から、薬剤処理日は定植日の約30日前を目安に設定した。さらに、圃場の整地、耕耘、施肥は、薬剤処理日から逆算し、定植の約30日～40日前（薬剤処理日の10日前～当日）までに実施することとした。施肥量は、クロルピクリンによる土壌消毒圃場では、窒素の肥効が増大することが知られているため、生産者慣行の約20%減とした。また、剤型の選定にあたっては、生産者の栽培体系や圃場の立地条件を勘案し行った。

供試した薬剤は、4タイプの剤型ごとに、以下の手順で処理した。

①フロー剤：薬剤処理前にマルチ内に一本の灌水チューブを予め設置した畦を作成した。次にポンプと液肥混入器（スミチャー）を用い、約0.5L/分のスピードで薬剤を吸引して30L/10aになるように灌水チューブで畦内に薬液を流した。次に処理に要した時間と同程度の時間、液肥混入器や灌水チューブ内に残った薬液を完全に出し切るため水のみを流し処理した（図5）。

②テープ剤：90cm幅の畦のほぼ中央に約15cmの深さで溝を一本切り、溝の中へ（110m/100㎡）にテープ剤を配置し、直ちに覆土して灌水チューブを設置後、手作業でマルチを被覆した（図6）。

③錠剤：畦の表面に10個/㎡となるように錠剤を均等に散布し、直ちに自動マルチャーによって薬剤を土壌混和しながらマルチ被覆を行った（図7）。

④液剤：液剤の処理は、自動マルチ同時灌水機で行った（図8）。

薬剤処理後は、いずれの剤型においても一ヶ月間そのまま放置し、ガス抜きは行わず定植を行った。なお、定植時に植穴を開けた際、クロルピクリンの臭気が残っている場合には、臭気がなくなった段階で定植を行うこととした。



図5. クロピクフローの処理状況



図6. クロピクテープの処理状況



図7. クロルピクリン錠剤の処理状況



図8. 試験に使用したマルチ同時灌注機

3) 現地実証試験

2006年に行った現地試験では、上記の条件で実施したいずれの圃場でも良好な結果が得られ、土壌消毒を実施しなかった場合、約12~30%の萎凋株が発生したが、実施圃場では約0~3.5%の萎凋株率にとどまった(表1)。また、収穫期間も通常の9月中まで可能となり、十分な防除効果が認められた。しかし、根の発病度は錠剤で46.3、フロー剤で60.0と高く、根張りは良好であったが、発病程度は軽いものではなかった(図9)。原因は、未消毒である通路や土壌の深い位置まで根が伸長したことによる発病と推察された。また、収穫終了時には、根に伝染源となる微小菌糸塊の形成が認められ、土壌消毒は毎年行う必要があると考えられた。

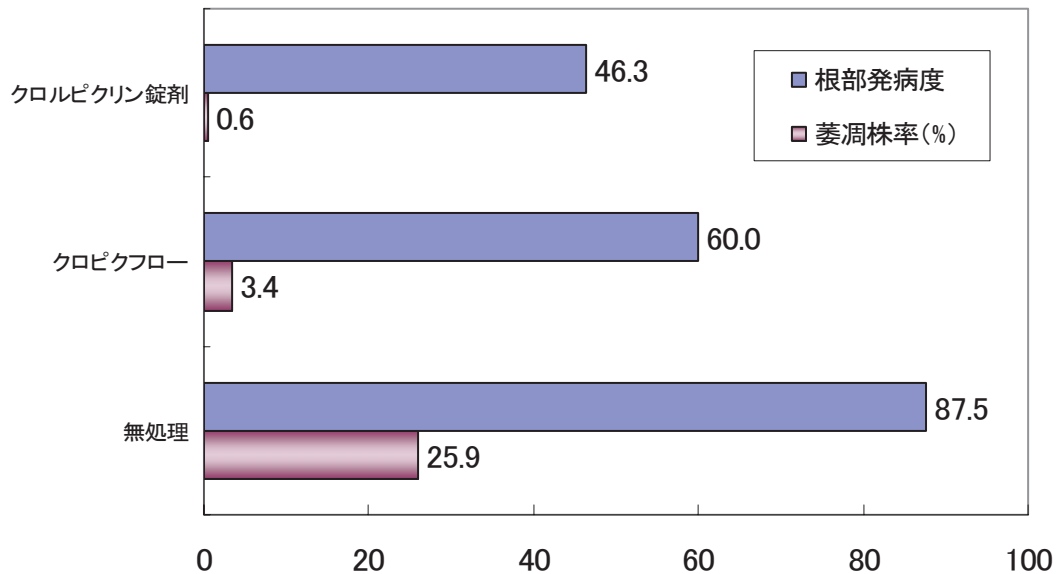
なお、2007年にも同様に現地試験を行ったが、一部圃場で疫病やつる枯病の発生したものの、萎凋株は少なく良好な結果であった。

表1. 福島県須賀川市および天栄村現地圃場のホモプシス根腐病による萎凋株率および発病度

試験地点	供試薬剤	萎凋株率(%)		同地域内 平均萎凋株率 (%) ¹⁾	発病度 (根部)
		7/21調査	8/17調査		
須賀川市 I	クロピクフロー	1.1	1.7	16.5	72.5
	クロルピクリン錠剤	0.5	0		73.1
須賀川市 II	クロルピクリン灌注	0	3.4	29.1	83.8
	クロピクフロー	0	3.5		84.4
	クロピク錠剤	0	0		82.5
	クロピクテープ	0	2.4		85.8
天栄村	クロピクテープ	5.5	2.2		66.7
須賀川市 III	クロルピクリン錠剤	14.1	0.9		63.3
須賀川市 IV	クロピクフロー				65.6
	クロルピクリン錠剤 ²⁾	2.3	0.7		52.5
須賀川市 V	クロピクテープ	0	0	12.0	64.2
須賀川市 VI	クロピクテープ	0	0		52.5

1) 須賀川市、天栄村の圃場では、無処理区を設置せず、実証圃を除く同地域内にある他発生圃場の平均萎凋株率と比較した。

2) 須賀川市IV圃場では、同一畦内にフロー区と錠剤処理区がある。



1) 発病度 = Σ (程度別発病株数 × 指数) × 100 / (調査株数 × 4)
 指数 0 : 無発病、1 : 根が褐変、2 : 根にわずか (1~3 個) に疑似菌糸塊を認める。
 3 : 根に多数疑似菌糸塊を認める、4 : 枯死

図9. 福島県二本松市圃場のホモプシス根腐病による萎凋株率および根部の発病度

3. 成果の活用と留意点

1) クロロピクリンの各剤は、現地実証試験の結果から実用性があると判断された。なお、効果の面以外にもクロロピクリンの剤型を選択する際には次の留意点がある。

- ① フロー剤は、水を大量に必要とするので用水の確保がポイントとなる。試験では500Lの農薬タンクを利用したが、流量が多い用水等がない場合は、水の貯留に時間を費やし、広い面積を処理するには時間を要した。逆に河川水を利用できた圃場では、消毒時間もかからず、簡便な方法であった。このため、灌水チューブや液肥混入器をすでに活用している生産者に導入しやすい処理方法である。
- ② テープ剤は、マルチを手作業で張る必要があり、労力がかかった。しかし、自動マルチャーなど機械を使用しなくとも薬剤の処理を行うことができ、また、他の剤型に比べ薬剤投下量が生産者にわかりやすい利点がある。
- ③ 錠剤は、自動マルチャーがあれば薬剤を表面散布した後は耕耘しながら、マルチを被覆していくため、労力もさほどかからず、安全性が高く、通常使用しているマルチャー以外専用の機械を必要としないことから、導入しやすい方法である。
- ④ 液剤は、今回はマルチ同時土壌消毒機で行ったため、作業は非常に簡便であった。しかし、薬剤コストが一番低いが、機械の導入コストが80万円程度かかることから、個人購入では負担が大きいためJA単位で購入するなど共同利用が適している。

- 2) 栽培の面では、本来、施肥設計は圃場ごとに必要であるが、試験では、エコファーナー基準に対応した緩効性のコーティング肥料を薬剤処理日の数日前から当日までに処理し、マルチ畦内土壌消毒を実施した。その結果、栽培上大きな問題はなく良好な感触を得ている。しかし、事例が少ないので適切な施肥法については、継続して検討と調査が必要である。
- 3) ホモプシス根腐病に対しては土壌消毒によって被害を軽減できたが、前述したように、現時点では毎年の消毒が必要である。さらに、土壌消毒では対応できなかったつる枯病、疫病については他の対策が必要である。

引用文献

1. 平子喜一・今泉光代 (1997) 北日本病虫研報 48:216
2. 堀越紀夫・藤田祐子・平子喜一 (2003) 北日本病虫研報 54 : 67-69
3. 草野一敬・植草秀敏・笹倉茂美 (2000) 神奈川県平成12年度試験研究成績書 (農業環境)
4. 堀越紀夫 (2007) 今月の農業 11月号 19-23
5. 岩館康哉・勝部和則・猫塚修一 (2006) 日植病報 72 : 56 (1)
6. 岩館康哉 (2007) 農耕と園芸 10月号 73-74

土壌消毒と根域制御を組み合わせた防除技術の開発

岩館康哉・堀越紀夫

岩手県農業研究センター 病害虫部 病理昆虫研究室
福島県農業総合センター 作物保護グループ

1. 背景とねらい

キュウリホモプシス根腐病の発生露地圃場において作付けするためには、クロルピクリンくん蒸剤による土壌消毒に頼らざるを得ない¹⁾。その処理方法は、マルチ畦内処理が安定していること²⁾、消毒畦幅は慣行の60cm(95cm幅のマルチ相当)よりも90cm(135cm幅マルチ)とすることで、消毒面積を広く確保することが重要であることを明らかにしてきた³⁾。ここでは、さらなる防除効果の安定化に向けて、根域制御栽培と土壌消毒を組み合わせた防除技術の開発を目指した。

我々は、根域制御栽培手法として隔離ベット栽培法、防根透水シート(東洋紡 BKS9812)埋め込みによる根域制御栽培法(図1)、マルチ裾埋め込み栽培法(図2)を案出した。この中で、隔離ベット栽培法は、病原菌の侵入が完全に遮断されるため土壌消毒は不要である。

防根透水シート埋め込みによる根域制御栽培法は、防根透水シートを圃場に埋め込むことで、キュウリの根域を畦内に制限し、汚染土壌から隔離する方法である。マルチ裾埋め込み栽培法は、畦幅を慣行のままとし、高畦やマルチ裾を深く埋め込むことでキュウリ根域を畦内に長期間とどめておくことを目的とした方法である。

本研究では、これらの根域制御栽培手法に土壌消毒を組み合わせた場合の防除効果を検討し、根域制御栽培手法を用いた新たな防除メニューの提示を目指した。

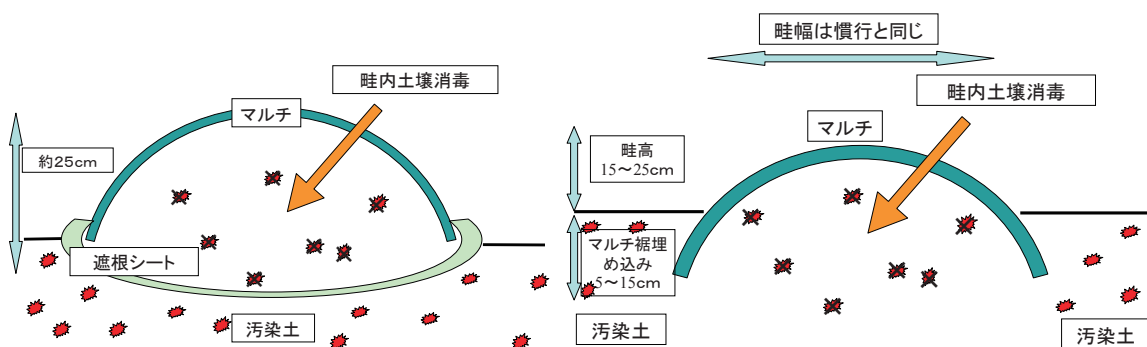


図1 防根透水シート埋め込みによる根域制御方式模式図

図2 マルチ裾埋め込み栽培方式模式図

2. 研究内容

(1) 防根透水シートによる根域制御栽培法と土壤消毒による体系防除

防根透水シートによる根域制御栽培では、資材（防根透水シート）の埋め込みが前提となるため、コスト高になる。そのため、この栽培法は単年度でなく、複数年利用してコストを下げる必要がある。その場合、根域制限土壌への病原菌の汚染が最も懸念される。そこで、根域制御栽培における土壌環境の健全性を確保し、病原菌密度の増加を抑制して発病を回避するために、クロロピクリンくん蒸剤による栽培土壌の消毒方法を検討した。

まず、汚染土壌と無病の園芸培土の間に防根透水シートを挟み込み、シート内に定植したキュウリに萎凋が発生するかどうかモデル試験（図3）を実施したところ、地上部の萎凋の発生を抑制できることが確認された（図4）。次に、圃場において、防根透水シートの埋め込み→土壌の防根透水シート内側への埋め戻し→畦立て→クロロピクリンくん蒸剤による土壌消毒を実施した。その結果、発病抑制効果は認められたが、根の発病が観察された。この原因は薬剤防除効果が不完全であったこと以外にも考えられたので、改めて上記モデル試験を行ったところ、防根透水シートで隔離した土壌側でも根の褐変が認められ、褐変した根には菌糸の侵入が観察された（データ省略）。このことから、根の一部、もしくは本菌が防根透水シートを通過する可能性が示唆された。また、水媒伝染の可能性を検討したが、発病は認められず、土壌水分の移動による本菌の防根透水シート通過の可能性は低いと考えられた（データ省略）。今回、防根透水シートで根域を制限しても本菌の感染が確認されたが、その発病程度は土壌消毒単独より低くなっていることから、本法は十分効果があるものと考えられた⁴⁾。

次に、防根透水シートを用いた根域制限栽培におけるシートの埋め込み深さ（土量の差）と土壌消毒を組み合わせた場合の防除効果を検討した。土壌消毒にはクロロピクリン錠剤を用いた。その結果、土壌消毒区は、いずれも無処理区に比較して発病度が低く、20cm 深まで防根透

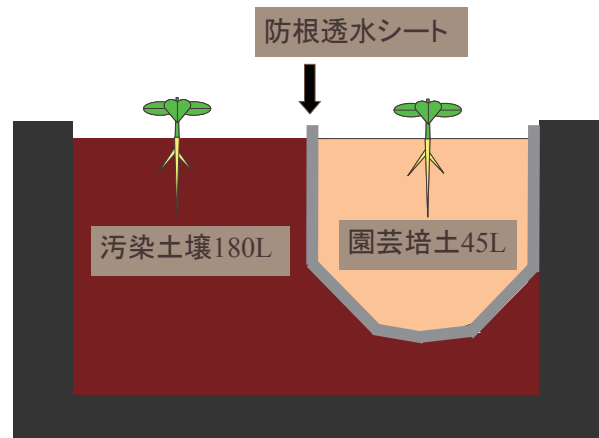


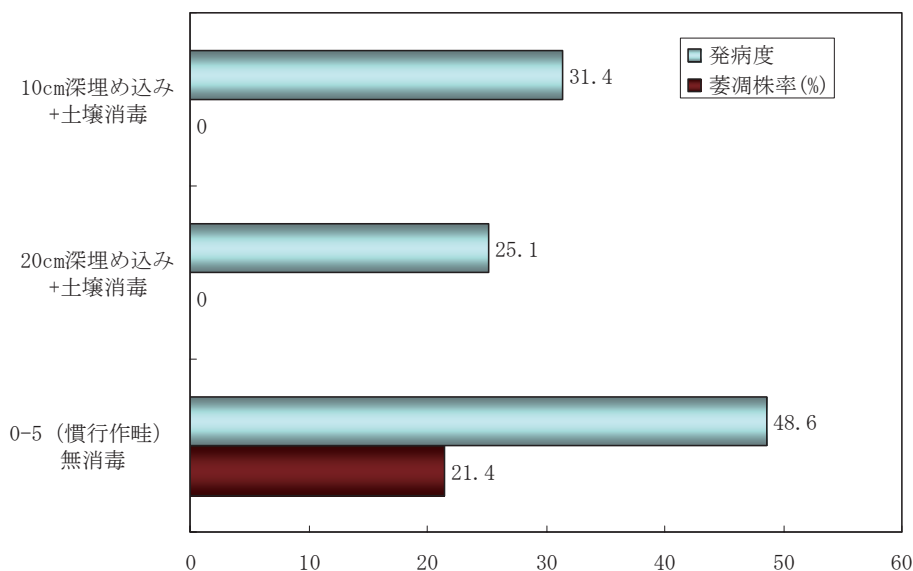
図3 防根透水シートによる汚染土壌との隔離試験模式図（断面図）



図4 防根透水シートによる汚染土壌との隔離による発病抑制効果（定植34日目）

水シートを埋め込んだ方がより防除効果が高かった (図5)。また、キュウリの生育も 20cm 深埋め込み区の方が優っていた。このことから、防根透水シートを 20cm 深程度まで埋め込み、キュウリの根域を広く確保したうえで、土壤消毒を行うことが効果的と考えられた。

なお、防根透水シートによる根域制御栽培法に組み合わせる薬剤は、作業性からクロルピクリン錠剤やクロピクフローの実用性が高いと考えられた。



発病度 = Σ (程度別発病株数 × 指数) × 100 / (調査株数 × 4)
 指数 0 : 無発病、1 : 根が褐変、2 : 根にわずか (1~3 個) に疑似菌糸塊を認める。
 3 : 根に多数疑似菌糸塊を認める、4 : 枯死

図5 防根透水シートの埋め込み深と発病程度(2006)
 (土壤消毒 : クロルピクリン錠剤)

(2) マルチ裾埋め込み栽培による根域制御と土壤消毒

マルチ裾埋め込み栽培法では、慣行畦幅での防除効果安定化を目標としたことから畦幅は 60cm に固定し、畦高を 0cm、15cm、25cm とする区と、マルチの裾を深さ 5cm、15cm に埋め込む区を組み合わせ、クロルピクリンくん蒸剤のマルチ畦内消毒を実施した。その後地上部の萎凋株の発生状況および根の発病状況を調査した結果、畦高 15cm + 深さ 15cm もしくは、畦高 25cm + 深さ 5cm とした場合に、萎凋株の発生が少なく栽培期間終了後の根の発病も少なかった (図6、図7)。また、根の発病は、無処理区や通常のクロピクフロー処理区 (畦高 0cm + 深さ 5cm = 慣行作畦) に比較し、顕著な防除効果が認められた (図8、図9)。なお、高畦にすることで防除効果が高まったが、マルチ畦内の水分不足により減収したため、畦内かん水を行うことが必要であった。この傾向は畦高 25cm で特に大きく、実用には畦高 15cm + 埋め込み深さ 15cm が適当と思われた⁵⁾。

マルチ裾埋め込みは、根の通路方向への横伸長を停滞させる (= 未消毒である通路部分へ根が進展する時期を遅らせる) ため、このことがクロルピクリンくん蒸剤のマルチ畦内処理の効果安定化につながると考えられた (データ省略)。なお、マルチ裾埋め込み栽培法に組み合わせる薬剤は、その作畦方法から、クロピクフローやクロルピクリン錠剤が実用的であった。



図6 マルチ裾埋込み栽培法と土壌消毒の組み合わせによる防除効果(2006)
(地上部の生育)

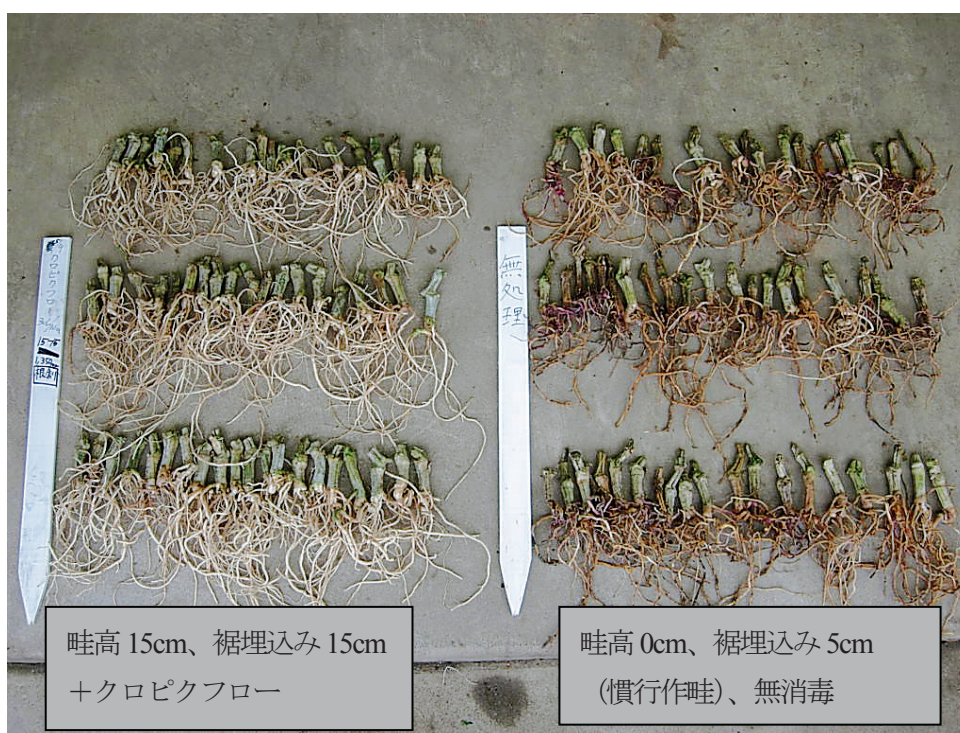


図7 マルチ裾埋込み栽培法と土壌消毒の組み合わせによる防除効果(2006)
(地下部の発病の違い：栽培期間終了時に枯死していなかった株の根部を比較)

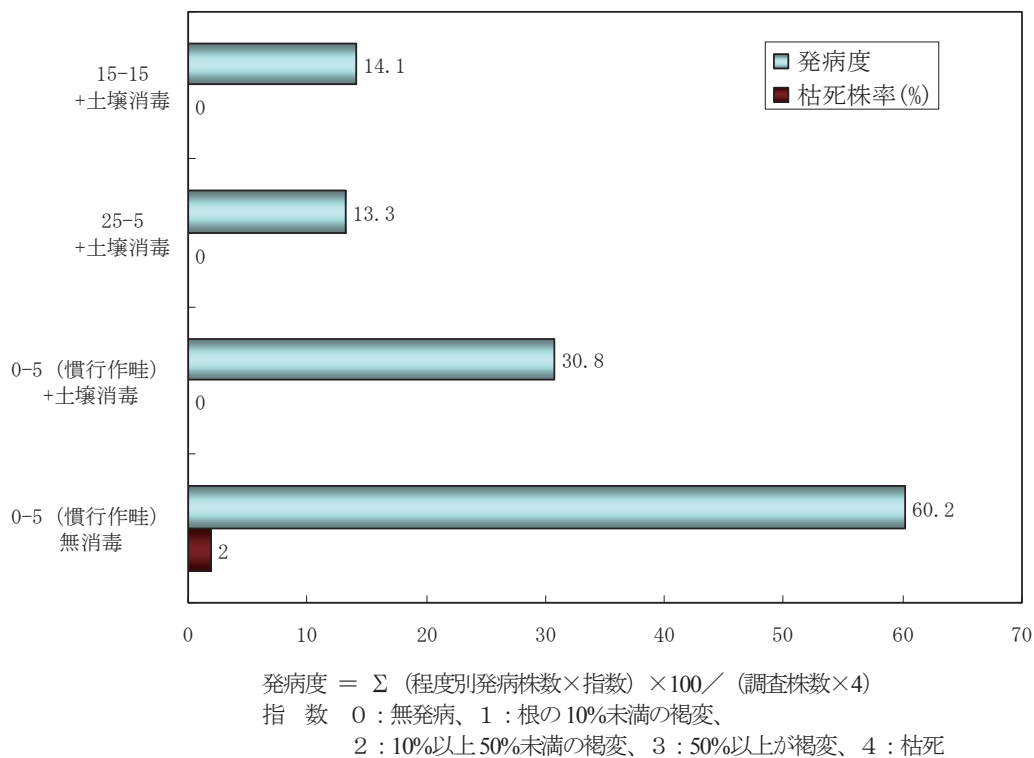


図8 マルチ裾埋め込み栽培法と土壌消毒の組み合わせによる防除効果(2005)

- * 1 15-15 : 畦高 15cm ・ マルチ裾埋め込み 15cm、25-5 : 畦高 25cm ・ マルチ裾埋め込み 5cm
- * 2 土壌消毒はクロルピクリン液剤 (クロールピクリン) を用いた

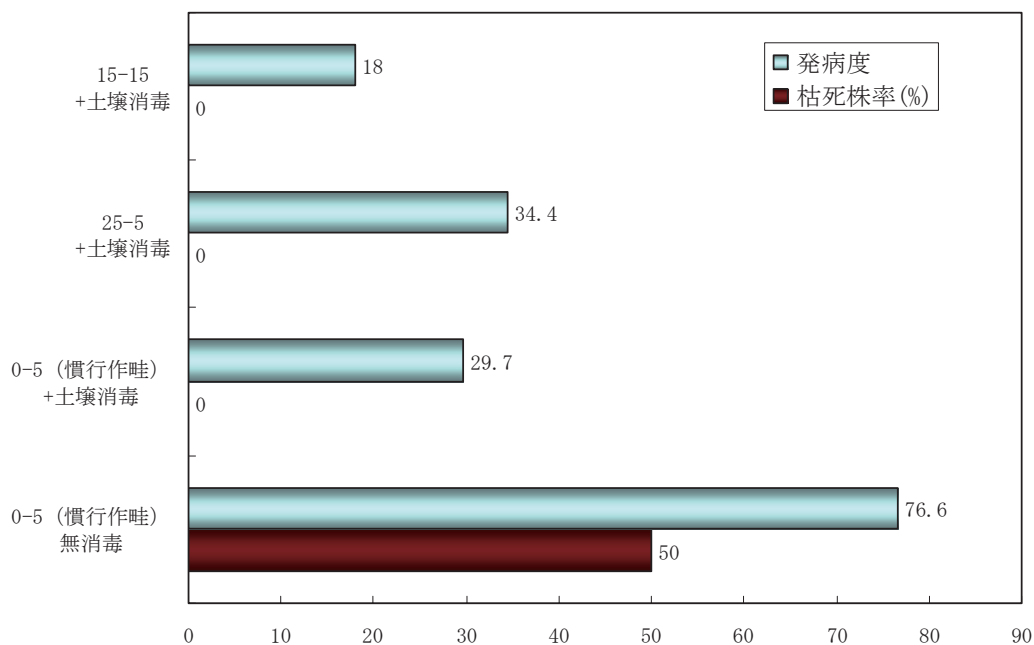


図9 マルチ裾埋め込み栽培法と土壌消毒の組み合わせによる防除効果(2006)

- * 1 15-15 : 畦高 15cm ・ マルチ裾埋め込み 15cm、25-5 : 畦高 25cm ・ マルチ裾埋め込み 5cm
- * 2 土壌消毒はクロピクフローを用いた
- * 3 発病度の算出方法は図8 と同様

3. 成果の活用と留意点

根域制御と土壤消毒を組み合わせた防除は、防除効果に問題はないと考えられるが、作業性等について、現状では以下の留意点・問題点がある。

1) 防根透水シートによる根域制御栽培法における土壤消毒技術

○防根透水シートの埋め込み深が浅い（土量が少なくなる）と十分な根域が確保されないことにより、生育が劣る。

○防根透水シートを埋め込むことにより、全面耕起ができなくなる等の問題があるため、圃場作業の見直しが必要になる。

○防根透水シートによる根域制御栽培では、水分不足が起りやすいので、かん水チューブ等を利用した適切な水管理が必要である。

○防根透水シートの耐久性について検討が必要である。

2) マルチ裾埋め込み栽培法における土壤消毒技術

○高畦にすることで防除効果が高まるが、マルチ畦内の水分不足により減収するため、畦内かん水を行うことが必要である。

○マルチ裾の埋め込み手法については労力がかかることから、作業性のさらなる改良が必要である。

最後に、試験の実施にあたり、生産者、関係農業改良普及センター、供試薬剤の各農薬メーカー等の多くの方々からご助言、ご協力を頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

1. 堀越紀夫 (2007)、クロルピクリン剤によるキュウリホモプシス根腐病の防除、今月の農業 11月号:19-23
2. 岩館康哉、勝部和則、猫塚修一 (2006)、キュウリホモプシス根腐病に有効な土壤消毒手法 日植病報 72:56 (1)
3. 岩館康哉 (2007)、クロルピクリンくん蒸剤のマルチ畦内処理によるキュウリホモプシス根腐病の防除、農耕と園芸 10月号:73-74
4. 堀越紀夫、岩館康哉、山田修、太田弘志、芳賀紀之、永坂厚(2006)、キュウリホモプシス根腐病の防根透水シート根域制限栽培による発病抑制効果、日植病報 72:264 (4)
5. 岩館康哉、山田修、猫塚修一 (2007)、クロルピクリンくん蒸剤の高畦マルチ畦内処理によるキュウリホモプシス根腐病の防除効果、日本植物病理学会東北部会

病原菌の宿主内挙動の解明による防除対策の有効性の実証

永坂 厚

東北農業研究センター 寒冷地野菜花き研究チーム

1. はじめに

キュウリホモプシス根腐病に対する土壤消毒の方法として、全面消毒法と比較してマルチ畦内土壤消毒法の有効性が高いことがこれまでに示されている¹⁾。本方法では、畦外の土壤には消毒効果が及ばないため、植物体の成長に伴って根が畦外に伸長すると感染を受けて発病する。このため、根の発病程度に基づく調査では土壤消毒効果が明瞭に現れない。ところが、地上部に引き起こされる萎凋症状は顕著に抑制されることが報告されている²⁾。

マルチ畦内土壤消毒を行った場合、どのようなメカニズムによってホモプシス根腐病によるキュウリの萎凋症状が抑制されるのであろうか。このことを明らかにすれば、その防除効果を安定させるために必要な知見が得られると考えられた。そこで、まずキュウリ苗の株元からホモプシス根腐病菌汚染土壤までの距離が発病に与える影響を、積層土壤カラムを用いたモデル試験によって調べた。さらに、根の発病程度と植物体内の水分移動との関係や、根の組織内における病原菌の侵入様態を明らかにした。本稿では、その研究内容を紹介する。

2. ホモプシス根腐病菌に汚染された土壤までの距離がキュウリの萎凋症状の発症に及ぼす影響

積層土壤カラムを用いたキュウリの栽培について検討するとともに、根の成長について調査した。高さ5cm、直径11.5cmの塩ビパイプに未汚染土を詰めた土壤カラムを6個積層(各層をカラム上部からL1~L6とする)し、全高30cmの積層土壤カラムとした。この積層土壤カラムに播種15日後のキュウリ苗を移植した。地上部は本葉8葉で摘心し、1次側枝は一節で摘心、2次側枝以降は除去した。移植約25日後には、根は積層土壤カラムの最下端まで伸長した(図1)。また、移植後104日間、キュウリの生育に異常は見られなかった。

次に、積層土壤カラム上面から汚染部位までの距離が萎凋症状の発症に与える影響を調査した。前述の塩ビパイプに汚染土(ホモプシス根腐病菌の菌体懸濁液を混和した土)を詰めた汚染土壤カラム、あるいは未汚染土を詰めた未汚染土壤カラムを6個積層し、カラム上面から汚染部位までの距離(DIS)が異なる全高30cmの積層土壤カラム6種類を作成し、それぞれを試験区とした。対照として、未汚染土壤カラムを6個積層したもの(健全区)を作成した。試験区および健全区の積層土壤カラムの上面にキュウリ苗を移植した後、104日間にわたり、萎凋症状の発症程度の推移を観察した。その結果、DIS 0cm(L1~L6が汚染土)では、



図1. 積層土壤カラムによるキュウリの栽培。移植25日後の様子。

A: 地上部。
B: 底面まで伸長した根(矢印)。

移植 21 日後から一部の葉が萎れた個体が現れ、40 日後にはすべての個体の全身が萎凋した。また、DIS 5cm(L2~L6 が汚染土)では、DIS 0cm と比較して発症が 12~26 日程度、DIS10cm(L3~L6 が汚染土)では 21~38 日程度遅延して、すべての個体の全身が萎凋した。DIS 15cm(L4~L6 が汚染土)では移植 78~86 日後、DIS20cm(L5~L6 が汚染土)では 82~93 日後、DIS25cm(L6 が汚染土)では 97 日後

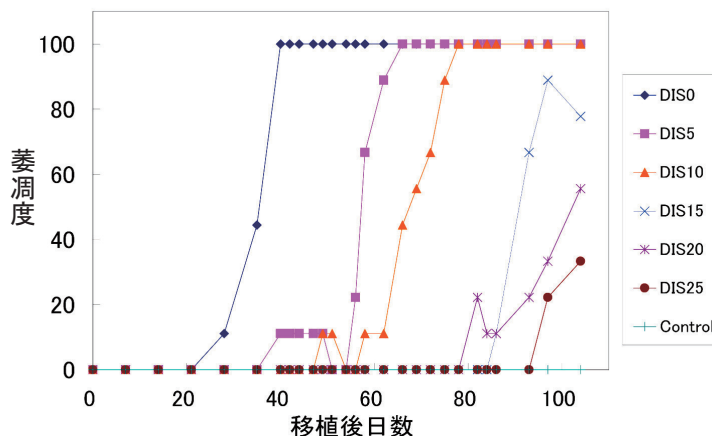


図 2. 積層土壌カラムを用いた接種試験における萎凋症状の発症程度の経時的推移.

からそれぞれ発症し、いずれも個体のすべてが全身萎凋するまでには至らなかった (図 2)。

次に、各区における根の発病や生育について調査した。移植 106 日後の積層土壌カラムを層別に分割し、内部の土壌から根を取りだして洗浄した。洗浄した根の褐変程度から発病度を算出するとともにその乾燥重量を測定した。その結果、いずれの試験区でも汚染土壌カラム層 (汚染層) の根は激しく発病していた。また、未汚染土壌カラム層 (未汚染層) の根にも発病が見られ、その程度は汚染層から離れた層で低くなる傾向が見られた (図 3)。また、各区の各層内に含まれる根の量を健全区と比較すると、汚染層では減少している場合が多かった。一方、未汚染層内では健全区と同程度あるいは増加している場合がほとんどであった。未汚染の L1 層では、根量の増加が顕著であった (図 4)。

DIS25cm の積層土壌カラムをキュウリ苗を定植せず 106 日間静置後分割し、内部の土壌の汚染程度を生物検定によって調査した。その結果、未汚染層への汚染拡大は確認されなかった。

本試験では、いずれの試験区でも移植約 97 日後までには萎凋症状が発症した。また、根の発病が汚染層内の部位だけではなく未汚染層内の部位にも見られた。これは、根が汚染層まで伸長して感染を受けると、病原体が組織内で増殖して発病部位が拡大するためと考えられる。しかしながら、上面から汚染層までの距離が離れている区ほど、萎凋症状の発症時期がより遅延した。これは、根の発病部位が徐々に拡大し、株元側の根の機能がそれに伴って徐々に失われたため、未汚染層内の根の量が少ない試験区から順に萎凋症状を発症したのと考えられる。また、株元から汚染土壌までの距離が離れている場合には、株元側の未汚染層内の根量が増加した。この現象が引

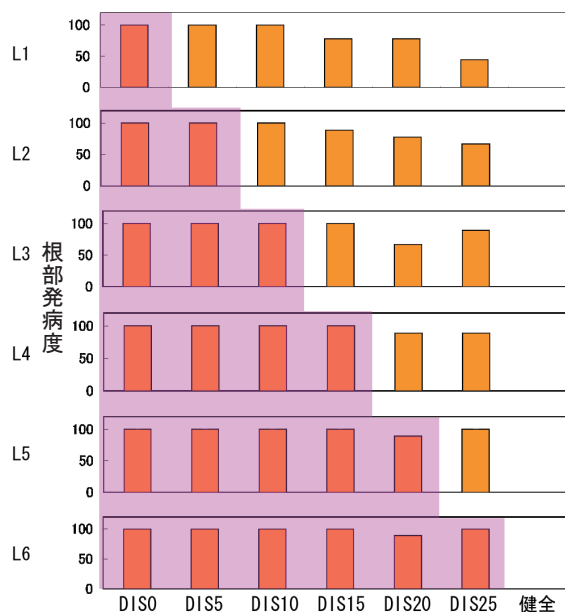


図 3. 積層土壌カラムを用いた接種試験における各層の根の発病程度 ■は汚染層を示す。

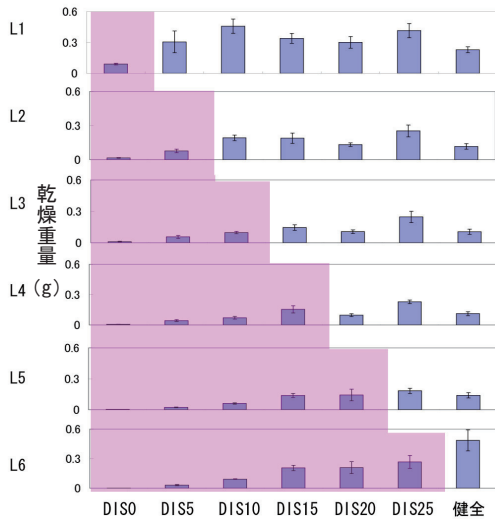


図 4. 積層土壌カラムを用いた接種試験における各層の根の量 ■は汚染層を示す。

3. 根部の発病程度がキュウリの萎凋症状の発現に与える影響

萎凋性の病害に罹病した植物体では、根から地上部への水分移動の抑制が見られる。たとえば、つる割病が発生したスイカでは、日中の茎内の水分移動速度が健全個体と比較して 10~50%程度まで低下することが示されている³⁾。一方、ホモプシス根腐病の萎凋症状の発症程度についても、根の発病程度によって決定されるとの報告がある⁴⁾。そこで、根腐症状の程度と地上部への水分移動との関係を検討するために、病原菌を接種したキュウリ苗について茎を切断した際に溢泌する導管液の量を調査し、根腐症状との関係を調べた。

プラスチックポットで栽培した播種 14 日後のキュウリ苗の株元土壌に、病原菌(*P. sclerotioides* タイプ由来株)の菌体懸濁液を灌注して接種した。接種 24 日後に、根部および地上部の発病調査を行うとともに、子葉直下の主茎を切断して、切断後 1 時間に溢泌する導管液の量を測定した。その結果、主根が激しい褐変症状を示して萎凋症状を発症したキュウリ苗では、導管液の量が健全個体の約 1/10 まで低下していた (図 5)。一方、萎凋症状を発症していない接種植物体におい

き起こされるメカニズムは現在のところ不明であるが、未汚染層内の根量が増加することは、萎凋症状の発症抑制に促進的に働いたものと考えられる。

上面から汚染層までの距離が 25cm の区(DIS25)では、全層が汚染層のもの(DIS0)と比較して、萎凋症状の発症が 69~76 日遅延した。これは、根が全高 30cm の積層土壌カラムの最下端まで伸長する日数 (25 日) を 2.8~3.0 倍程度上回っていた。このことから、株元から汚染土壌までの距離が離れている場合には、根が汚染土壌まで伸長して感染を受けるのに要する時間よりも長期間にわたり、萎凋症状の発症が抑制されることが示された。すなわち、株元から汚染土壌までの距離が離れた場合には感染時期の遅延だけではなく、感染部位の違いがもたらす影響によっても萎凋症状の発症遅延が起こることを示唆している。

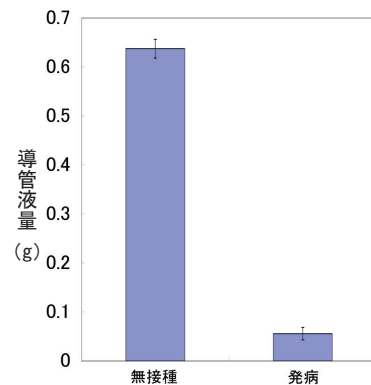


図 5. 萎凋症状を示した接種キュウリ苗での導管液量の減少

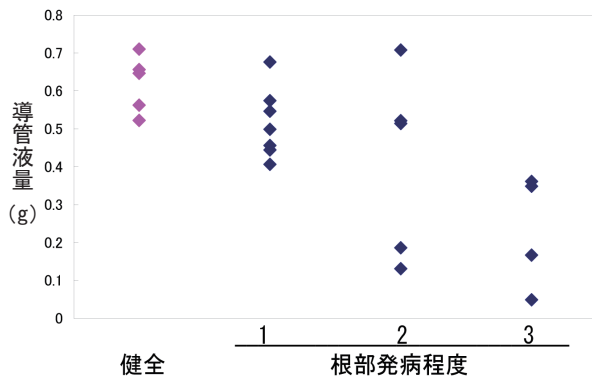


図 6. 接種 24 日後に萎凋していない接種キュウリ苗の導管液量

ても導管液の量の低下が認められた。また、主根の褐変程度がより激しい植物体ほど、導管液の量がより減少する傾向が認められた(図 6)。以上のことから、根が発病したキュウリ苗では、たとえ萎凋症状を発症していなくても水分移動が抑制されていること、根の発病程度が高くなるとより低下する傾向があることが示された。

水分移動と萎凋症状との関係を確認するために、キュウリ苗 2 個体を逆 Y 字型に接ぎ木し、2 つの根を持つキュウリ苗を作製した。この一方の根だけに菌体懸濁液を灌注接種して、発病を経時的に調査した。接種 31 日後には接種根に褐変病徴が観察されたが、萎凋症状は発症しなかった。接種 36 日後には接ぎ木部まで褐変病徴が拡大し、萎凋症状を示す植物体が観察された(図 7)。このことから、根部が病原体の感染を受けて根腐症状を発症しても、地上部に十分な量の水分が供給されている場合は、萎凋症状が発症しないことが示された。

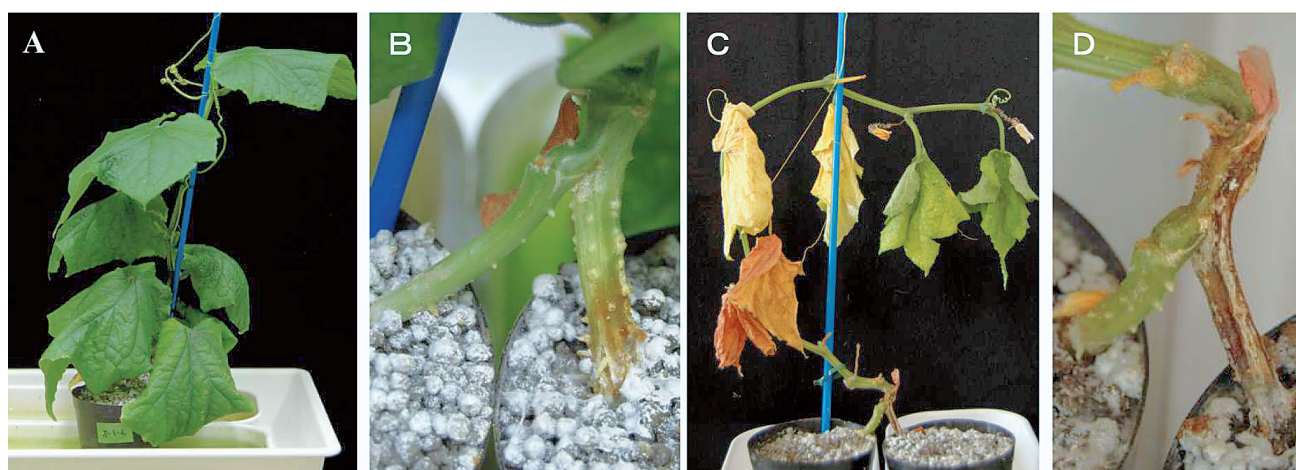


図 7. Y 字型接ぎ木法を用いたキュウリ苗での根部の発病と萎凋症状との関係

A, B: 接種した穂木側の根に褐変が発生したキュウリ苗. 褐変が茎まで進行している. (A: 外観, B: 株元の拡大)
C, D: 接ぎ木部まで褐変が進行し、萎凋症状を発症した個体. (C: 外観, D: 株元の拡大)

4. キュウリ苗におけるホモプシス根腐病菌の侵入様態の組織学的解析

これまで、感染を受けた根部組織における菌糸の侵入様態や、宿主組織の変化は明らかではなかった。そのため、キュウリ苗に病原体を接種し、顕微鏡による組織学的観察を行った。

プラスチックポットで栽培した播種後 14 日目の苗の株元土壤に、病原菌(*P. sclerotoides* タイプ由来株)の菌体懸濁液を灌注接種した。接種 3 週間後に萎凋症状を示した植物体の根を採取し、その褐変部位から切片を作成し、内部の菌糸を

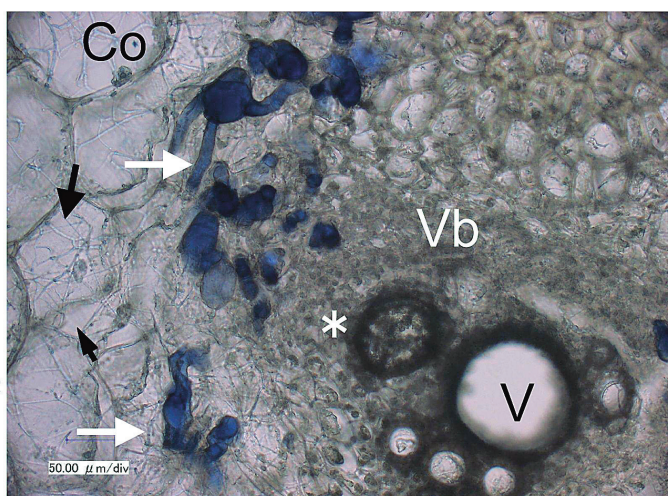


図 8. 接種キュウリ苗の根部組織の横断切片

白い矢印が太い菌糸を、黒い矢印が細い菌糸を示す。V は導管、Vb は維管束、Co は皮層細胞、* はガム状物質で閉塞した導管を表す。

色素(ラクトフェノール・コットンブルー)で染色して顕微鏡で観察した。

根の組織内には、太い菌糸(菌株毎の平均菌糸幅 11.5~16.5 μm)の伸長が維管束に沿って認められ、皮層では細い菌糸(菌株毎の平均菌糸幅 2.1~8.0 μm)の蔓延が認められた(図 8)。また、導管内に侵入している菌糸(幅 0.8~4.7 μm)も見られた(図 9)。さらに、ガム状物質やチロースなどの構造によって閉塞された導管も観察された(図 8、図 10)。



図 9. 接種キュウリ苗の導管内に観察された菌糸(矢印)

以上のことから、本病の病原菌は菌糸幅や局在性が異なる2種類の菌糸をキュウリ苗の根部組織内に蔓延させることが明らかとなった。

本菌と分類学的に同じ *Phomopsis* 属に属する植物病原菌のうち、ヒマワリに感染する *P. helianthi* は、宿主の葉に感染した後に葉脈に沿って伸長し、茎まで組織内部を伸展するが、葉の中では菌糸が維管束のみに侵入している⁵⁾。ヒマワリ葉内での *P. helianthi* の菌糸の局在性は、キュウリ苗根内部における本菌の太い菌糸の局在性と類似点がある。このことから、本菌の太い菌糸は、宿主根組織内での維管束に沿った伸長と、それに伴う発病部位の拡大に関与している可能性がある。また、導管内へ侵入した菌糸や、ガム状物質、チロースは、導管病を含む様々な植物病害の罹病組織で観察されており、導管内の水分移動を阻害すると考えられている⁶⁾。このことは、本病の萎凋症状の発症に関与している可能性がある。

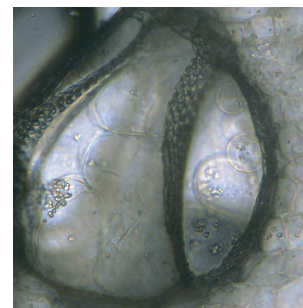


図 10. 接種キュウリ苗の導管内に形成されたチロース

5. おわりに

これまでの結果から、キュウリ苗の株元からホモプシス根腐病菌汚染土壌までの距離が離れることは、本病の萎凋症状の発症を遅延させる効果があることが示された。また、その遅延は根が汚染部位まで伸長するのに要する期間よりも長期にわたる可能性が示された。このような発症遅延が起こるメカニズムの詳細については、現在のところ十分に解明されたとはいえない。しかしながら、感染を受けた植物体でも根から地上部への水分移動が十分に行われていれば萎凋しないことから、感染初期において感染を免れる株元側の根の水分供給能が重要であろうと考えられる。また、菌糸の侵入様態からは、維管束に沿った太い菌糸の伸長に伴う発病部位の拡大がおこる可能性が示された。このことは、感染初期に感染を免れた株元側の根も、病原菌の組織内進展によって後に発病する可能性が高いことを示唆している。

これらのことから、キュウリ栽培におけるマルチ畦内土壌消毒のホモプシス根腐病に対する防除効果は、感染時期の遅延と、感染初期において根の株元付近の部位が感染を免れることによってもたらされるものと考えられる。これらの要素を考慮した場合、本消毒法の効果を安定させるためには、感染時期をできるだけ遅延させることや、株元から汚染土壌までの距離をより離す手法が有効と考えられる。その栽培現場における具体例として、畦幅を広くすることや、定植位置を畦の端ではなく中心にすることが防除効果の安定化につながるとの報告がされている⁷⁾。また、遮根シート埋設により消毒した畦内土壌に根域を制限する根域制御栽培の有効性も報告されている⁸⁾。さらに、

マルチ裾埋め込みによって畦外への根の伸長を遅延させる手法によっても防除効果が向上できることも報告されている⁹⁾。

本病の特徴として、根の発病程度が低い個体であっても、蒸散が多く、湿度が低い条件下では萎凋症状を発症するとの報告がなされている⁴⁾。マルチ畦内土壌消毒後のキュウリ栽培では、根が畦外に伸長して感染を受けることを回避するのは困難である。そのため、植物体の水分ストレスが高くならないように管理することも、萎凋症状の発症を回避するうえで重要と思われる。

引用文献

1. 岩舘康哉、勝部和則、猫塚修一(2006)、キュウリホモプシス根腐病に有効な土壌消毒法、日植病報 72: 56(講要)
2. 堀越紀夫、岩舘康哉、平子喜一(2007)、キュウリホモプシス根腐病に対するクロルピクリン錠剤の防除効果、北日本病虫研報 (印刷中)(講要)
3. 西村正暘(1961)、西瓜蔓割病の病理科学的研究 (第 13 報) 罹病西瓜の萎凋生理 (その4)、鳥農学報XIII:16-20
4. Kestern H.A.(1967) "BLACK ROOT ROT" In Cucurbitaceae Caused by *Phomopsis sclerotioides* Netherlands Journal of Plant Pathology 73:112-116
5. Heller, A., Gierth, K. (2001) Cytological observations of the infection process by *Phomopsis helianthi* (Munt.-Cvet) in leaves of sunflower. Journal of Phytopathology. 149(6): 347-357
6. Beckman C. H. (1964), Host Responses to Vascular Infection. Annual Review of Phytopathology 2: 231-252
7. 岩舘康哉、山田修、猫塚修一(2007)、キュウリホモプシス根腐病の防除効果を安定させる作畦方法と定植位置、北日本病虫研報(印刷中)(講要)
8. 堀越紀夫、岩舘康哉、山田修、太田弘志、芳賀紀之、永坂厚(2006)、キュウリホモプシス根腐病の防根透水シート根域制限栽培による発病抑制効果、日植病報 72:264 (4)
9. 山田修、岩舘康哉(2006)、露地キュウリにおける畦の形状および土壌消毒が生育と萎ちよう症状に及ぼす影響、東北農業研究 59: 187-188

畦立てマルチ裾埋め込み栽培法による 根域制御技術の開発

山口貴之

岩手県農業研究センター 園芸畑作部

1. はじめに

本事業において、ホモプシス根腐病の発生が見られる圃場では、クロルピクリンによるマルチ畦内処理が、コストや防除効果において、最も妥当であるということが分かりました。しかし、マルチ畦内処理では、通路部分は処理されません。キュウリの根は、栽培期間中に、通路部分へ伸長します。すると、通路部分に伸長した根が、ホモプシス根腐病に感染してしまいます。そこで、できるだけ通路部分への根の伸長を遅らせるため、マルチ裾埋め込み技術や高畦栽培を開発しました。これにより、ホモプシス根腐病の感染を遅らせ、慣行のマルチ栽培に比べて防除効果が高まることがわかりました。

本年はさらに、マルチ裾を深く埋め込んだり、高畦を作るための効率的な作畦方法について検討しました。その際、慣行と比べて土壌が乾きやすいことなど、栽培条件が大きく変わるため、土壌水分管理と肥培管理についても併せて検討したのでご報告します。

2. 畦形の違い

マルチ裾埋め込み区（畦高 15cm+マルチ裾埋め込み 15cm）と高畦区（畦高 25cm+マルチ裾埋め込み 5cm）は、図1のような形状をしています。このような形状は、マルチを 30cm 分高く取ることにより、通路への根の伸長を慣行よりも遅らせることを目的としています。

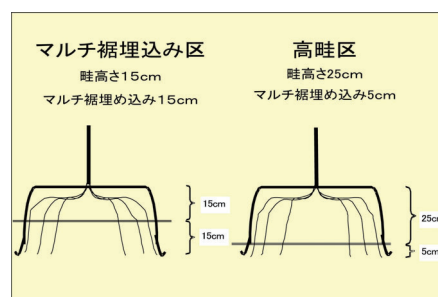


図1. 畦形状のイメージ

3. 畦形による通路への根の伸長時期の違い

マルチ裾埋め込み区 (15cm+15cm) や高畦区 (25cm+5cm) では、通路への根の伸長が慣行 (0cm+5cm) よりも遅くなることがわかりました (図2)。

これにより、根がホモプシス根腐病に感染する時期を遅らせることができると考えられます。最終的には全ての区の根は通路に伸長しましたが、通路への根の伸長が遅くなったことにより、防除効果が慣行よりも高まります。

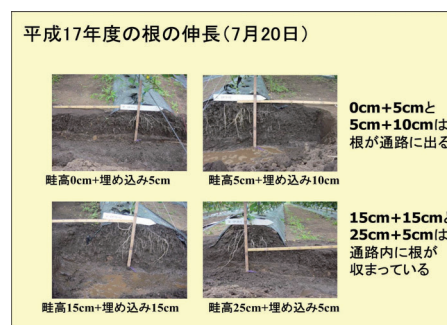


図2. 畦形による根の伸長度合い

4. 効率的な作畦方法の検討

作畦については、慣行の平畦栽培も含め6つの方法を検討したところ、タバコ畦立マルチャーを利用した高畦が最も効率的でした。

作畦は、生産者が比較的に使いやすい機械を中心に選定し、それらについて作業効率を検討しました。方法の違いによる畦の高さやマルチの埋め込みの深さは表1の通りです。

(1) 裾埋め込み区(畦高 15cm+マルチ埋め込み 15cm)

本手法は、マルチャーで畦を作り、マルチングとマルチの裾埋め込みは人力で行うものです。15mの畦では、作畦に1人で3分。マルチングとマルチの裾埋め込みには4人で7分かかりました(図3)

(2) 管理機・マルチャー区

(畦高 15cm+マルチ埋め込み 5cm)

本手法は、マルチャーをつけた管理機で畦立からマルチ張りまで行うものです。15mの畦では、1人で3分かかりました(図4)。

(3) ネギ培土区(畦高 15cm+マルチ埋め込み 5cm)

本手法は、ネギ培土機を利用し、15cmの畦立てを行うものです。マルチングとマルチ裾埋め込みは人力で行います。15mの畦では、作畦に5分かかりましたが、土壌の飛散を防ぐためのサポートが必要になります。また、マルチングとマルチの裾埋め込みは、(1)と同じです(図5)。

(4) 高畦区(畦高 25cm+マルチ埋め込み 5cm)

本手法は、タバコ栽培で利用される(岩手県はタバコ栽培が盛んです)畦立て機を利用するものです。トラクタに装着して利用しますが、15mの畦で2分で作畦ができます。また、マルチングも同時に行うことができます(図6)。

表 1. 作畦方法の違い

試験区No.	使用機械	マルチング方法	マルチ埋め込み方法	畦の高さ (cm)	マルチ深 (cm)	15m畦1本当たり作業時間(人分)
1 裾埋め込み	管理機(6ps)	人力	人力	15	15	1人×3分+4人×7分
2 管理機・マルチャー	管理機(9ps)	機械	マルチャー	15	5	1人×3分
3 ネギ培土	ネギ培土機	人力	人力	15	15	2人×5分+4人×7分
4 高畦	トラクタ	機械	タバコ畦立マルチャー	25	5	1人×2分
5 幅広	なし	人力	人力	0	5	4人×15分
6 平畦	なし	人力	人力	0	5	4人×15分



図3. 裾埋め込み区



図4. 管理機・マルチャー区



図5. ネギ培土機区

(5) 幅広区 (畦高 0cm+マルチ埋め込み 5cm)

本手法は、畦の幅を広く取ることで、土壌消毒の効果を高めるものです。マルチングは人力で行い、4人がかりで15分かかりました(図は省略)。

(6) 平畦区 (畦高 0cm+マルチ埋め込み 5cm)

本手法は、岩手県でのきゅうり栽培で慣行的に行われる手法です。マルチングは人力で行い、4人がかりで15分かかりました(図は省略)。

これらの手法を総合的に判断したところ、(4)高畦区が最も効率的であることが分かりました。

5. 作畦方法の違いによる収量の差

2の作畦方法の検討で、(4)高畦区が効率的であることがわかりましたが、収量はどうでしょう。

収量を比較したところ、(4)高畦区や(1)裾埋め込み区は、慣行の(6)平畦区等、マルチ深が浅い区と比べ、収量が高いことが分かりました(図7)。

しかし、これは栽培期間中にかん水を行った結果であり、かん水を行わない場合は慣行よりも収量が低いという結果が得られています。これについては次項で説明します。

6. 土壌水分管理

マルチ裾埋め込み区も高畦区も、慣行栽培に比べ、畦が高くなるため、土壌が乾燥しやすいのではないかと懸念されます。そこで、土壌水分を調査したところ、夏の暑い盛りではやはり乾燥状態となりました(図8)。そのような乾燥状態になった場合、収量も低下しました(図9)。しかし、定期的にマルチ内にかん水を行った場合は、逆に高畦系の区の方が収量が高いことが分かりました(図10)。

以上のことから、タバコ畦立て機等を利用して簡単に作畦を行い、栽培期間中に定期的なマルチ内にかん水を行うことにより、ホモプシス根腐病を回避でき、慣行よりも高い収量が得られることがわかりました。



図6. 高畦区

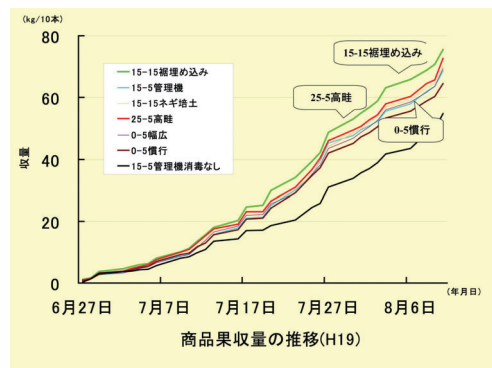


図7. 作畦の違いによる収量差

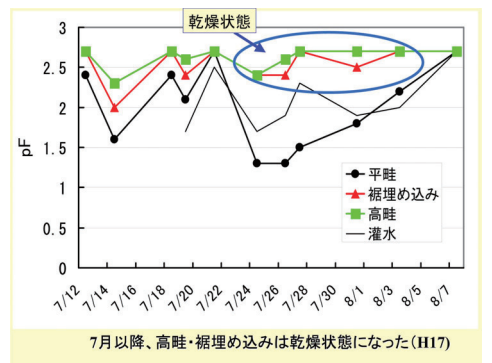


図8. 土壌水分の違い

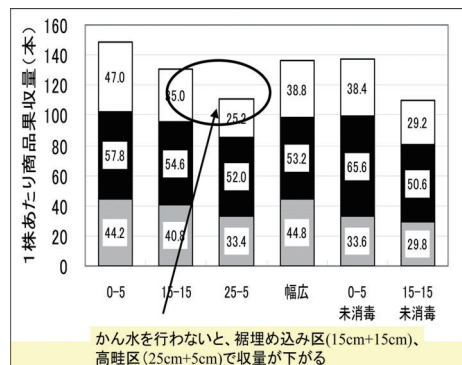


図9. 無かん水では収量が低下

7. 肥培管理

平成 19 年度の試験では、肥効調節肥料（140 日タイプ）を従来の 7 割程度とした場合でも、慣行と遜色ない収量が得られました。

本手法は、できるだけ根をマルチ内に抑える栽培手法ですので、慣行栽培よりも肥料を吸収できる根の分布が限られています。そのため、マルチ内に重点的に施肥を行い、圃場全体としては肥料の量を減らせるのではないかと考えました。

また同時に、土壌消毒による地力窒素の発現も考慮に入れ、これによる減肥も併せて検討しました。施肥方法の違いは表 2 のとおりです。

本試験は平成 19 年度に実施したものであり、まだ 1 年間の結果ではありますが、肥効調節型肥料（140 日タイプ）を慣行の 7 割の量とした区（施肥はマルチ内。追肥なし）でも、慣行と遜色ない収量が得られています（図 1 1）。

今後は、本手法により適した肥培管理をより調査し、減肥による資材費の低減や環境負荷の低減にも寄与できるものと考えています。

8. まとめ

本研究により、以下が明らかになりました。

(1) 防除効果

マルチ裾埋め込みや高畦とクロルピクリン畦内処理を併用し、実用的な防除効果が得られた。

(2) 効率的な作畦

タバコ畦立て機を利用すると、畦を効率的に作れ、水分管理を正しく行えば収量が高い。

(3) 水分管理

高畦区は乾燥しやすい傾向にあり、かん水の重要性が確認されるとともに、かん水による増収効果もみられた。

(4) 肥培管理

肥効調節型肥料を慣行よりも少ない条件（3 割減）にして栽培した場合でも、慣行（化成肥料全面散布）との収量に違いがなかった。

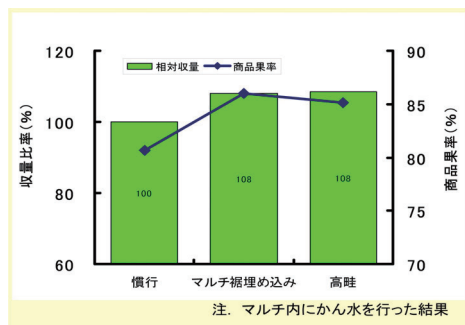


図 1 0. かん水により収量が増加

表 2. 施肥条件の違い

試験区No.	基肥施用位置	基肥肥料形態	追肥施用方法	土壌消毒
1 (対照区)	全面	化成	粒状通路散布	○
2	マルチ内	化成	粒状通路散布	○
3	〃	化成	かん水施肥	○
4	〃	化成30%減	かん水施肥	○
5	〃	ロング30%減	なし	○
6	〃	ロング30%減	なし	×

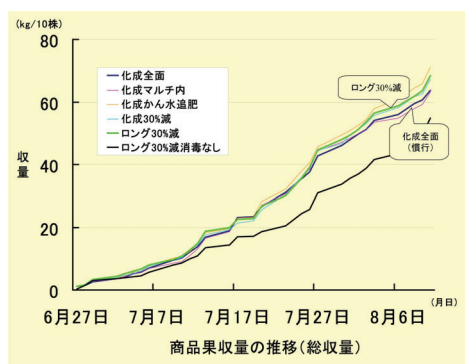


図 1 1. 施肥の違いと収量の差

隔離ベッド栽培法による根域制御技術の開発

太田弘志

福島県農業総合センター 作物園芸部

1. 研究目的

隔離ベッド（または隔離床）栽培は、根を地床から隔離する栽培法であり、作物の株当たりの土量を制限して 土壌消毒や品質向上のためのかん水及び施肥管理をより効果的に実施することを目的に取り組まれている¹⁾。

様々なタイプの栽培ベッドが考案されており、大きく分けると①完全隔離の隔離ベッド、②少量培地耕用ベッド、③根域だけ隔離する根域制限ベッドに分けられる²⁾。これらの方式の中で①及び③について、トマト青枯病に対して太陽熱消毒との併用で効果が上がったことが報告されている²⁾。

キュウリホモプシス根腐病に対する各種クロルピクリン剤による畦内土壌消毒について土壌消毒効果が及ぶ範囲は限界があることから、隔離ベッド栽培法との併用は防除効果の安定に寄与することが考えられる。反面、隔離ベッド栽培は、キュウリの株当たりの土量が制限されることから、かん水及び施肥管理に綿密さが要求されるが、従来考案された隔離ベッド栽培のシステムは施設栽培を前提としたものであり、露地栽培向けのシステムは考案されていなかった。

そこで、本研究では、露地夏秋キュウリのホモプシス根腐病対策として東北地域の露地栽培体系に対応した隔離ベッド栽培について、安定した収量および品質を確保できるかん水ならびに施肥方法を組み合わせたシステムを開発（または試作）し、併せて土壌消毒との併用による効果について検討したので報告する。

2. 研究内容

1) 夏秋露地キュウリに設置可能な隔離ベッドの方式について

露地夏秋キュウリは、通常アーチ状の支柱にネットを張り誘引するので、その影響が少ない位置に①防根透水シート（ポリエステル製）を畦下に埋め込み土を入れる方法②畦の上に波板を箱状に組み上げ防根透水シートを敷き、その中に土を入れる方法により隔離ベッドをそれぞれ設置した(図1)。

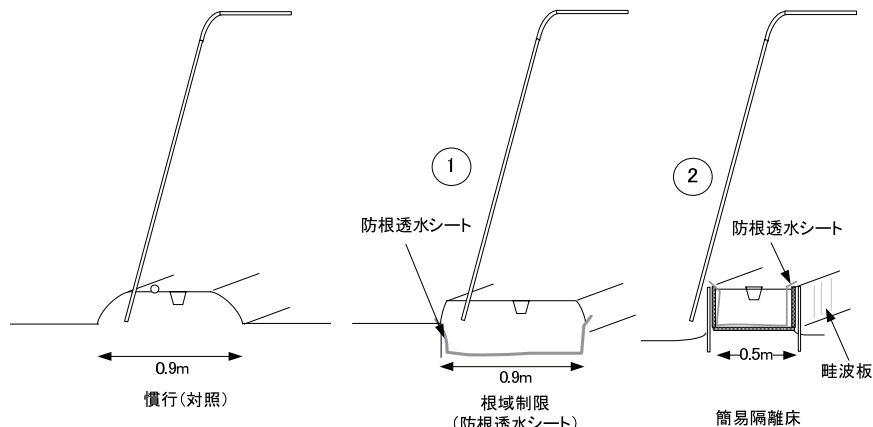


図1. 各方式の断面図

①の方式は、耕耘施肥作業後、作業機により約 0.9m 幅の溝を掘り、溝の底に防根透水シートを張り、土壌を埋め戻すことによりベッドを作成する。②の方式は、耕耘施肥作業後、作業機により約 0.9m 幅の溝を掘り、畦波板を片側に箱状に組み上げて、これを支柱で固定した後に防根透水シートを内部に敷き、周辺の作土層の土壌を箱の中に投入することによりベッドを作成する。いずれも隔離ベッドのなかでは簡易な部類に入るが、手作業の工程が入り、設置に労力を要するのが課題点としてあげられる。

2) かん水施肥システムの適用と収量について

制限された土量で安定した収量を上げるためにかん水と液肥供給を別個にコントロール出来るシステムを試作した(図2)。液肥を朝1回施用し、その後のかん水は水分センサーの設定値により行う。

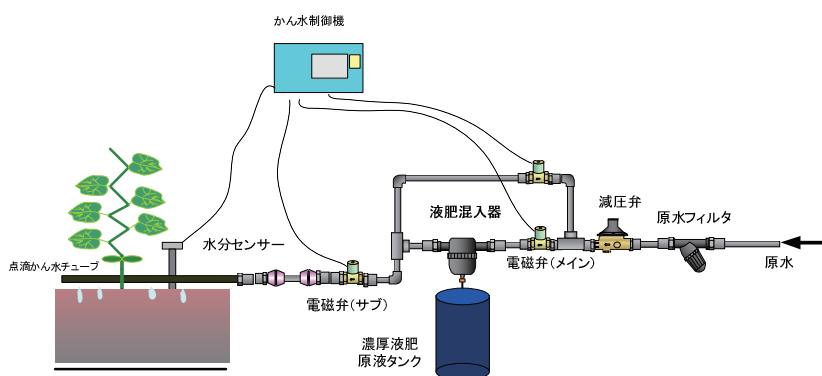


図2. かん水・施肥システムの概略図

①、②の各隔離ベッドにこのシステムを組合せて栽培を行ったところ、キュウリの収穫量は、慣行栽培に比べて側枝の発生がやや少なく、中盤の収穫量はやや少なめに推移したが、安定した養水分の供給が行われること及び慣行栽培並の収穫期間が確保されたことから最終的に慣行栽培と同程度の収量を得ることができた(図3)。

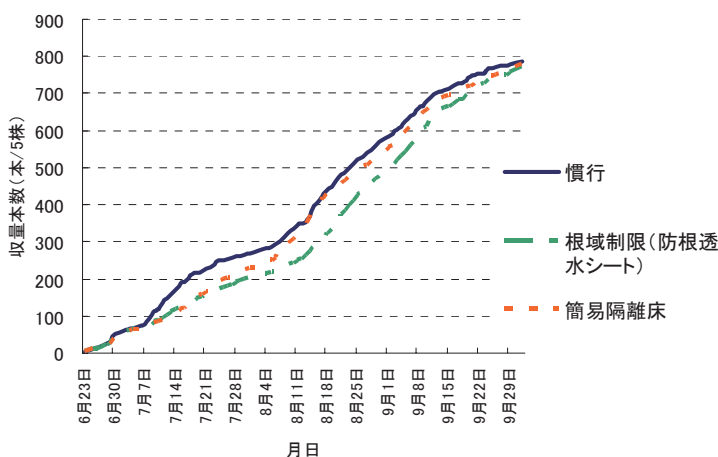


図3. 隔離ベッド栽培によるキュウリ果実収穫量の推移

3) 畦内土壤消毒との併用効果について（精密圃場試験より）

畦内土壤消毒と隔離ベッド栽培（防根透水シートを埋め込みむむ方式①）との併用により、根の発病度がより低く抑えられた（図4）。キュウリの収穫量は、クロルピクリン錠剤畦内処理のみと同等になった（図5）。畦内土壤消毒した場合は、いずれも地上部の萎れはみられず、今回の試験における根の発病度の差が地上部の生育や収穫量で差が出るまでは影響していないことが考えられた。

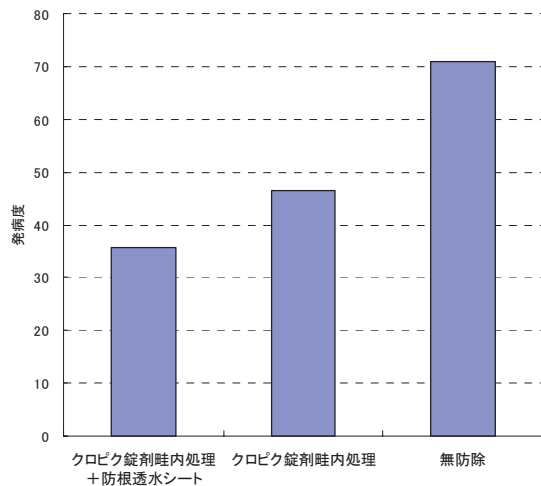


図4. 隔離ベッド併用による防除効果

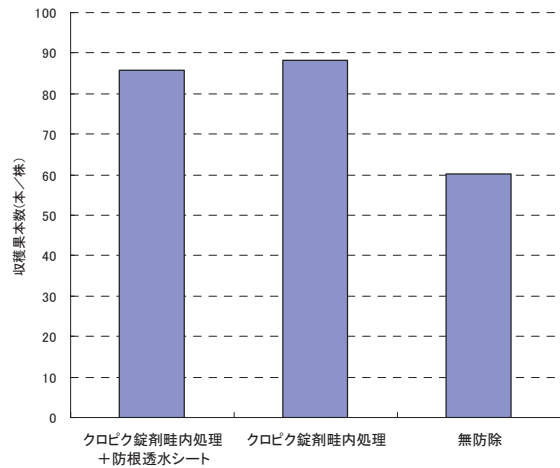


図5. 隔離ベッド併用時の収穫量

注)かん水及び施肥は各区同一となるように管理した

4) 現地における簡易かん水施肥システムによる実証

クロピクフローの畦内処理に利用した簡易液肥混入機を利用し、かん水及び液肥施用を自動化し、これに防根透水シートによる隔離ベッドを併用して栽培した（写真1、2）。簡易液肥混入機は、混入精度はやや劣ると考えられるが、露地キュウリに対して実用上の問題は少なく、省力化と低コスト化を両立することが可能であると考えられた。



写真1. クロピクフロー処理



写真2. 圃場における設置状況



写真3. かん水・施肥システムの設置状況

また、電源がない圃場でかん水の管理をするために有限会社品川通信計装サービスにより開発された自立型自動制御エンジンポンプを組み合わせたシステムを適用した（写真3，図6）。

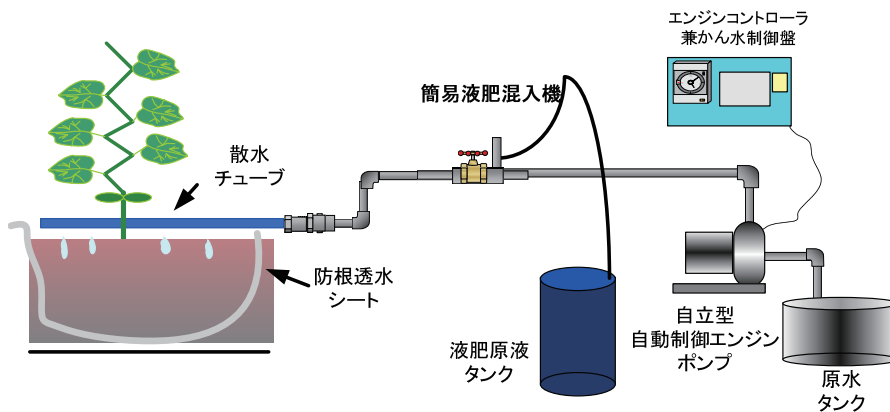


図6. システムの概略図

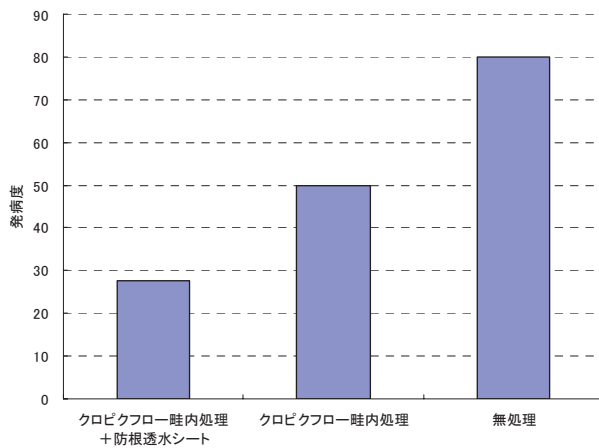


図7. 畦内処理及び隔離ベッド栽培併用による防除効果

畦内土壌消毒と隔離ベッド栽培（防根透水シートを埋め込みむ方式①）との併用により、この試験においても根の発病度がより低く抑えられた（図7）。

引用文献

1. 鈴木義彦（1987）、隔離床、新訂施設園芸ハンドブック（日本施設園芸協会）：522-524
2. 上原洋一（2001）、隔離床栽培の各種方式の特徴と使い方、農耕と園芸2月号：68-71

自立型自動制御ポンプの開発とそれを用いた 灌水・施肥システム

松崎辰夫

有限会社品川通信計装サービス

根域制御栽培では、畦内が乾燥し、栽培に支障をきたすおそれがあることから、安定した収穫量を確保するためには、栽培土壌の水分や肥料を適切に管理する必要がある。それには、低コストで安定した灌水施肥装置の設置が必要であり、特に露地圃場においては電源供給がほとんど期待できないため、バッテリーで駆動・制御できる灌水施肥用ポンプおよび灌水施肥装置が望まれる。

本研究では、小型エンジンポンプをベースとした自立型の自動制御エンジンポンプを開発し、更にこのエンジンポンプを制御可能な灌水施肥制御装置も開発した。これにより根域制御栽培に利用可能な自動灌水施肥システムを構成でき、電源供給がない圃場でも、低コストで安定した灌水施肥を計画的に行うことができる。

また、圃場の規模に応じた灌水・施肥が行えるよう、中型の自立型自動制御エンジンポンプも用意し、より安定した管理栽培が可能である。

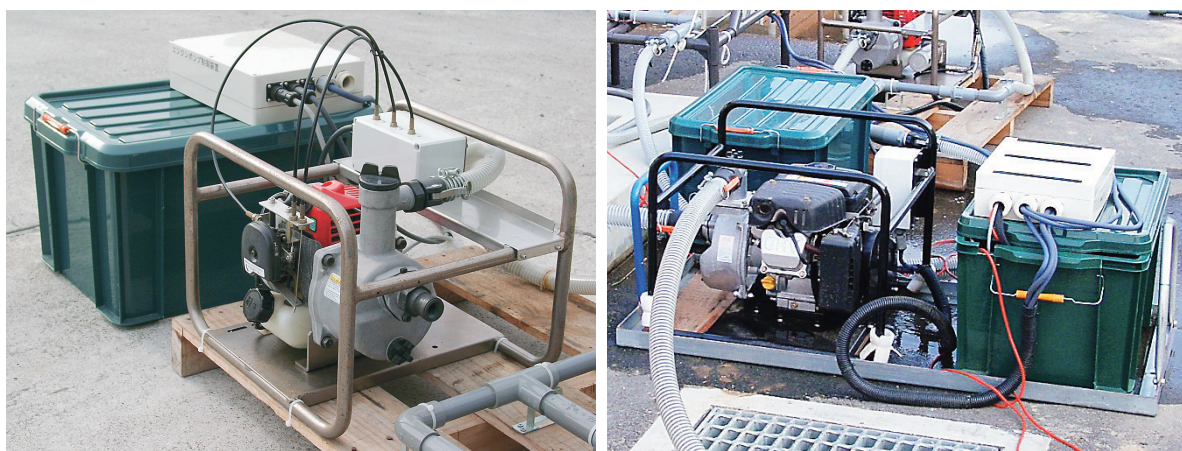


写真1. 自立型の自動制御エンジンポンプ（左側が小型、右側が中型）

1. 自立型自動制御エンジンポンプ

自立型自動制御エンジンポンプは、アクセル設定を低・中・高の三段階とすることで、面倒なアクセル調整を不要にし、常に安定した水圧での灌水・施肥が可能である。更に、エンジン稼働中は、始動用モーターからの電力をバッテリーの充電にあて、停止中に消費した電力を補うため、長期間の運用が可能となった。

また、本エンジンポンプは、管理用パソコンとの無線通信機能、管理用パソコンから設定可能なタイマー機能を持っており、自動制御エンジンポンプ内のタイマーを設定することで、灌水施肥制御装置や外部タイマー等がなくても、単独で定時運転を行うことができる。このほかに、管理用パ

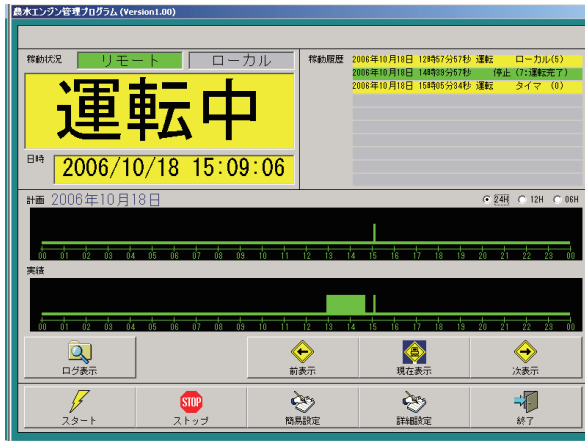


図1. 管理用パソコン画面

2. 灌水施肥制御装置

灌水施肥制御装置は、操作パネルをグラフィカル表示とし、実施したい灌水・施肥の状態が直視的に一目で分かるようにした。これにより、灌水施肥開始時刻、運転時間、運転間隔の設定と、実施したい項目を選択することで、簡単にタイマーによる灌水・施肥の設定が可能である。

タイマー予約は最大8件まで登録でき、栽培形態に合わせた小まめな灌水・施肥を行うことができ、更に水分センサーとの組み合わせにより、簡易的な土壤水分制御も可能である。また、最大4区画の灌水・施肥が設定でき、圃場の規模に合わせた灌水・施肥設備を構築することができる。

灌水施肥制御装置の特徴

- ・タイマー予約件数：最大8件
(運転間隔や区画別等の内容を問わず)
- ・設定可能運転時間：1～99分
(運転時間は一区画あたり)
- ・制御可能区画数：最大4区画
(区画毎に灌水／施肥、水圧を個別に設定可能。)
(灌水・施肥動作は一区画毎に実施 (逐次切り替え方式))
- ・ポンプ制御機能：運転／停止制御、水圧制御 (低、中、高)、状態表示 (運転中／異常)

3. 自動制御エンジンポンプを用いた灌水・施肥システム例

自動制御エンジンポンプを用いた灌水・施肥システムにおいては、安定した灌水・施肥を行うために、使用するチューブや距離により適正な水圧を与える必要がある。しかし、エンジン始動時およ

ソコンからエンジンポンプのリモート運転制御、状態監視、運転履歴の確認も行え、自宅に居ながら圃場のエンジンポンプの操作・監視が可能である。(図1)

この自立型自動制御エンジンポンプと、灌水施肥制御装置とを組み合わせることで、計画的に灌水・施肥が行え、根域制御栽培における水分や肥料の適切な管理が可能であり、安定した収穫量の確保が見込まれる。

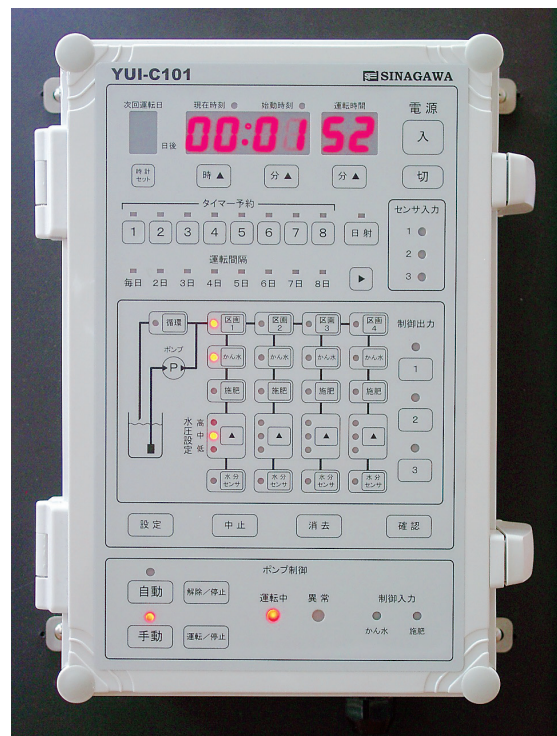
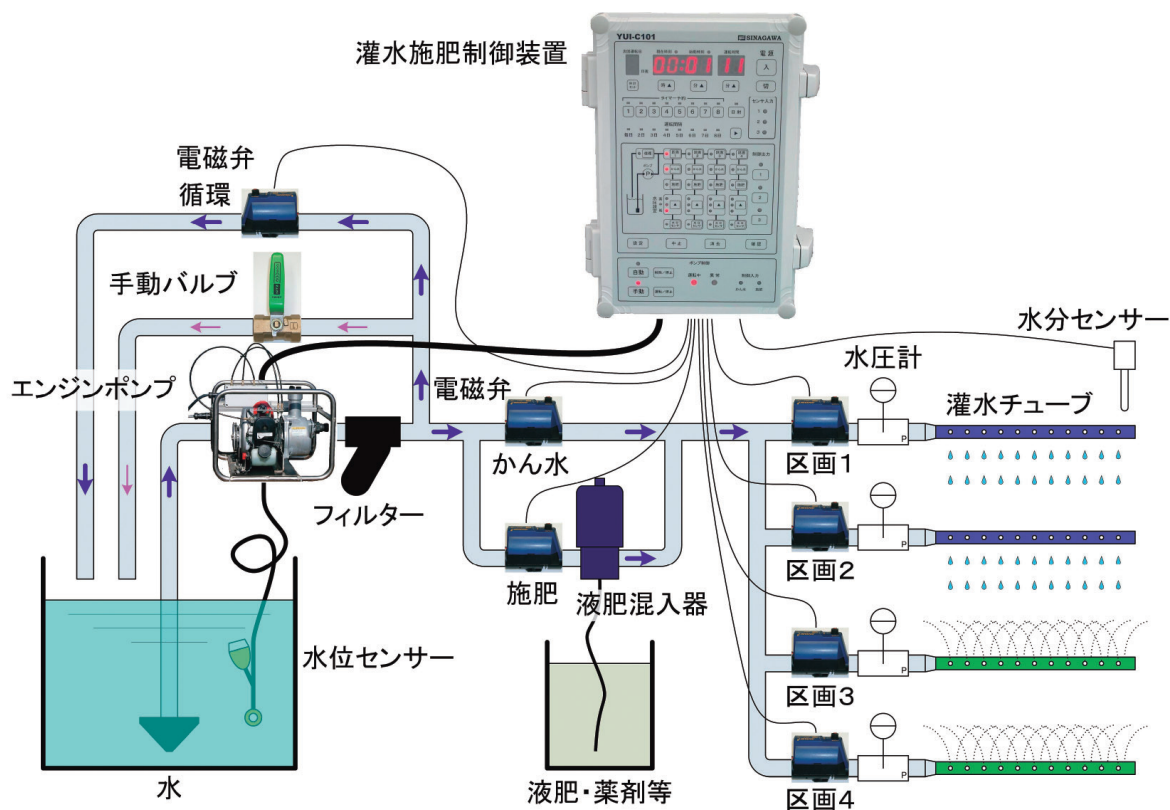


写真2. 灌水施肥装置

暖機運転時は、エンジン回転数が一時的に変化し、チューブの適正水圧を超える場合がある。自動制御エンジンポンプと灌水施肥制御装置は、暖機運転中の水圧変化に対応するため、あらかじめ「循環」ルートを選択しており、エンジン回転が安定してから灌水・施肥を行う。このため、配管には、揚水を給水側に戻す「循環」ルートを用意するとともに、灌水・施肥時の水圧を調整するための手動バルブを設けることで、安定した灌水・施肥を行うことができる。

図2に、自動制御エンジンポンプ、灌水施肥制御装置および電磁弁等を組み合わせた、灌水施肥システムのモデルを示す。



※1. 図中のエンジンポンプ上側の手動バルブが水圧調整用のバルブである。

※2. 灌水チューブの接続は一例を示す。

図2. 灌水施肥システムモデル接続

4. 参考データ

自動制御エンジンポンプを用いて根域制御栽培を行う場合の目安として、各エンジンポンプ毎のチューブ別流量を表1に示す。

表 1. エンジンポンプ毎のチューブ別流量

1. 小型エンジンポンプ

使用チューブ	φ 15mm点滴チューブ (穴間隔: 20cm)			50mm幅散水チューブ		
チューブ長	8.2m×2=約16.4m			24m×2=約48m		
適正水圧	0.1MPa			0.04MPa		
水圧設定	低	中	高	低	中	高
水圧		0.105MPa		0.035MPa	0.055MPa	
流量(5分間)		約23L		約77L	約99L	

2. 中型エンジンポンプ

使用チューブ	φ 15mm点滴チューブ (穴間隔: 20cm)			50mm幅散水チューブ		
チューブ長	8.2m×4=約32.8m			24m×2=約48m		
適正水圧	0.1MPa			0.04MPa		
水圧設定	低	中	高	低	中	高
水圧	0.095MPa			0.045MPa		
流量(5分間)	約22L			約90~95L		

病原菌の伝染環の解明とそれに基づく蔓延防止対策

古屋廣光

秋田県立大学 生物資源科学部

1. 研究目的

キュウリホモプシス根腐病が世界で始めて発生が報告¹⁾されてから40年以上が経過した。しかし本病については土壌伝染することを除くと伝搬経路や伝染法に関する科学的な知見は極めて乏しい。そのことは、1996年発行の米国植物病理学会の手引き書²⁾からも窺い知ることができる。同書には、「本病は微小菌核を形成するが、長期生存器官あるいは伝染源としての役割について詳細は不明である」との記されている。本病は欧州において被害が大きい、当地における解説書³⁾でも同様で、これ以上の知見は乏しい。これらのことから本研究では、土壌中の耐久生存器官の解明、伝染経路解明の基礎となる感染・発病と土壌菌密度の関係解明、及び病原菌の土壌からの高感度検出技術の開発を行った。

2. 研究内容

1) 土壌の病原菌密度と感染・発病程度の関係 (古屋ら 2006、村上ら 2006、2007)

土壌伝染性病害は一般に伝染源ポテンシャルと発病が密接な関係にある。本病では、土壌中の耐久生存器官が明らかでないことから同ポテンシャルを正確に知ることはできない。そこでコロニー形成菌体数 (cfu/g, colony forming units per a gram of dry soil) をその近似的な数的表現として用い、両者の関係を明らかにすることとした。ジャガイモ煎汁液体培地で培養した菌体をワーリングブレンダーで磨砕して得られた菌体懸濁液のコロニー形成数 (cfu) を数え、これをもとに所定の菌密度の土壌を作製した。実験はキュウリ自根とカボチャ接木栽培の両方で行った (品種: 地這キュウリ、台木カボチャ: ヒカリパワー、供試土壌: サカスーパーミックス、プラスチック製プランター (18.5×58.5×18.5 cm) 使用)。自根栽培で3度と接木栽培で2度、くり返して実験をこなした。

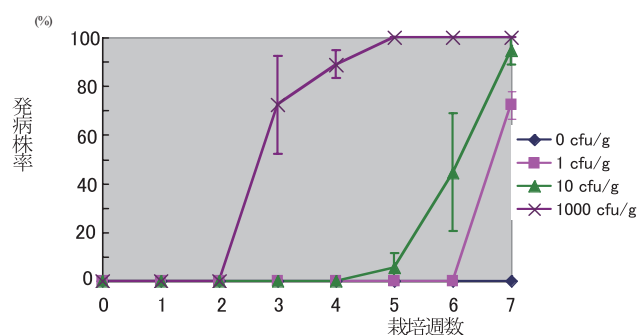


図1. 自根栽培におけるキュウリホモプシス根腐病と発病株率の関係

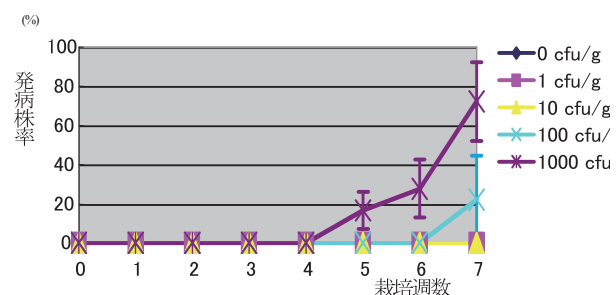


図2. 接木栽培におけるキュウリホモプシス根腐病と発病株率の関係 (台木はカボチャ)

その結果、自根栽培においては 1000 cfu/g の土壌で早ければ 3 週間後に地上部の萎凋症状が見られるようになり、1 cfu/g の土壌においても 6 週間後以降発病が見られた (図 1)。ただし、同一菌密度でも実験によって発病時期には多少差があり、1000 cfu/g 区で最も遅いときには定植から 5 週間後に始めて発病が見られた。一方接木栽培においては 1 cfu/g 区で少なくとも 7 週間後まで発病がみられず、100 および 1000 cfu/g 以上の区で発病がみられたものの、自根栽培より発病時期が遅い傾向がみられた (図 2)。自根栽培と同様、同一菌密度でも実験によって発病時期にかなりの差が見られた。いずれの栽培法でも、またいずれのくり返し実験でも 0-1000 cfu/g の間で発病株率は菌密度依存的に増加し、両者に密接な関係があることが明らかとなった (図 1, 2)。

2) 土壌中の耐久生存方法：擬微小菌核の生存能力 (村上ら 2007)

一般に土壌伝染性病原菌の土壌中での生存は菌核や厚壁孢子などの耐久器官によることが多い。後述のように本菌は根系生息性菌類と推定されるが、同菌類の多くは耐久器官によって生存する。本菌の場合、土壌中での耐久生存器官として有力なのは擬微小菌核と擬ストロマータと考えられる。そこでまず前者について耐久生存能力を調査した。擬微小菌核は現在、罹病根でのみ形成が知られていることから、最初に罹病根から効率よく回収

する方法を開発した。次いで、これを種々の条件下で長期間保った後、発芽能力を検定した。その結果、擬微小菌核は殺菌土壌に 1 年間埋没・保存しても発芽能力を有していた (表 1)。乾燥条件下では 5 ヶ月後には発芽能力を失っていた。なおこれとは別に実施している無殺菌土壌での調査において、これまでのところ少なくとも 13 ヶ月間は生存していた (村上、未発表)。

3) 土壌からの高感度検出技術の開発 (藤ら 2006、古屋ら 2007)

土壌から本菌を特異的に検出するため、PCR 法を基礎とする技術 (Nested Time Release Fluorescent PCR) を開発した。すなわち、風乾して 2 mm メッシュの篩を通した土壌サンプル 10g をビーズショッカーで粉碎し、その 0.5g から FastDNASPIN for Soil Kit (MP Biomedical 社、米国) を用いて土壌 DNA を抽出する。次いで、これを鋳型としてプライマーセット ITS1 と ITS4 を用いて rDNA の ITS 領域を PCR によって増幅する。さらに、この増幅産物を鋳型としてプライマーセッ

ト FAM-CPs-1 および CPs-2 (宍戸ら 2006) により Time Release PCR によって本菌特異的配列部位を増幅する。FAM-CPs1 は予め蛍光色素でラベルしてあるので、genetic analyzer によって増幅産物をシ

表 1. ホモプシス根腐病菌擬微小菌核の長期生存能力

保存法	供試培地 ¹⁾	生存率(%) ²⁾	
		22週間後	56週間後
① (水懸濁, 4°C)	TBA	92.9	80.0
	sPDA	76.7	90.0
② (罹病根風乾, 26°C)	TBA	0	—
	sPDA	0	—
③ (殺菌土壌埋没, 26°C)	TBA	93.3	93.3
	sPDA	93.3	100.0

1) TBA: トルクロホスメチル・ボスガリド合成培地, sPDA: 硫酸ストレプトマイシン加用PDA
2) 30個の擬微小菌核を供試した。

表 2. 接種土壌からのホモプシス根腐病菌の蛍光検出

土 壌	各菌密度(cfu/g)の土壌における蛍光強度					
	0	1	10	100	1000	3000
砂質土壌	50>	50>	6390	4562	4589	4920
黒ボク土壌 A(淡色)	50>	50>	50>	5318	4677	5141
市販育苗培土 (げんき君特号)	50>	50>	2296	6289	4811	----
底質重粘土壌	50>	50>	4128	5398	5050	4887
黒ボク土壌B(腐植質)	50>	50>	50>	346	5835	5100

1) シーケンサー解析における蛍光強度を示す数値

一センサー解析することが可能で、より高い感度と精度で検出することができるだけでなく、検出を自動化できる(図3)。

人為的に汚染したモデル土壌について本法による検出を試みたところ、10あるいは100 cfu/gの各種土壌から本菌の検出が可能であった(表2)。また本技術では耕地土壌からも本菌を検出できることを認めた。現在、耕地土壌における本法の有効性と利用法についてさらに検討中である。

3. 考察

1) 本菌は我が国に土着か?

土壌伝染性病原糸状菌は土壌生息性と根系生息性に大別される。土壌生息性菌類は競争的腐性能力が高い。このような菌類は一般に、発芽や菌糸生育が早い、難分解性の植物組織を分解できる、抗微生物性物質を生産する、他の微生物が生産する抗菌性物質への耐性が強いなどの性質のいずれかを有するとされる⁴⁾が、*P. sclerotioides*にはこれらの性質が顕著ではない。このようなことから本菌は根系生息性と考えられる。一般に土壌生息性の菌類は極めて広範な土壌に分布し得るが、根系生息性菌類は宿主植物の根系に強く依存するため、宿主植物が分布しないところには存在し難い。すなわち本菌が我が国の自然植生下に分布するとすればウリ科植物の根系に依存して生息していることになる。本菌の野生ウリ科植物への寄生に関する研究は国内外を問わず見あたらないので明快な議論はできないが、本病の発生が施設栽培で最初にみられたことや長期にわたって施設栽培に限定されていたことなどを考えると、野生ウリ科植物の根系で生息していた菌が伝染源となった可能性は低いのではないだろうか。

以上のことを考え合わせると本菌は我が国の自然植生下に分布する菌(native)ではない可能性が高い。少なくとも自然植生下に広範に分布する土壌生息性の菌ではないように思われる。このことが正しいとすれば、本菌の分布の拡大には人の活動が重要な要因となっていることになる。

なお、本菌が土壌生息性あるいは我が国に土着である可能性がないということではない。しかしこのことについて科学的な結論を導き出すには多くの時間と労力を要する。本菌の分布が拡大し、被害が広がりつつある今日、このことの解明を待つことなく、本菌は根系生息性であり、我が国に土着ではないとの作業仮説のもとに対処していくことも重要な選択肢であると考えられる。

2) 病原菌の伝搬と圃場への定着

本菌は分生子殻(柄子殻)を形成する。しかし野外(人工培養以外)における形成がみられないことから、分生子(柄孢子)による空気伝染はしないかほとんどないと考えられている^{1,2,3)}。一連の本高度化研究においてもこれと矛盾するような知見は得られていない。また種子伝染については国内外で報告は見あたらない。ただしこれらのいずれにおいても、汚染土壌の飛散や混入による伝搬は否定されるものではない。ことに前者は近距離伝搬において十分考慮する必要があるように思われる。一方、ホモプシス根腐病菌が土壌伝染すること、それゆえ汚染土壌あるいは罹病植物の移

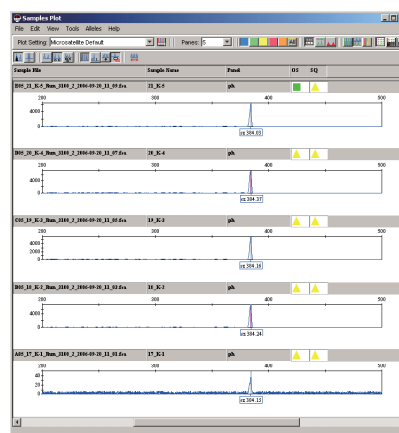


図3. ホモプシス根腐病菌の genetic analyzer による蛍光検出チャートの例

動によって伝搬し得ることはもはや明らかである。本研究によって擬微小菌核が土壤中の耐久生存器官である可能性が強く示唆された。これとシュードストロマータのいずれかあるいは両方、もしくは罹病植物（根系）残査が未発生地域に持ち込まれるのが、病原菌が未発生地に伝搬する第一歩と考えられる。持ち込まれた病原菌のなかでウリ類の根系と遭遇し、感染したものは新たな耐久器官を形成する。これによって本菌は菌量が増加し、同時に生存期間が延長され、次にウリ科植物と遭遇する機会が増える。これを仮に、「侵入した病原菌が圃場に定着した」と表現することとする。病原菌が侵入し、定着するためには侵入した圃場でウリ科植物（宿主）の根に遭遇し、感染することが必要条件と考えられる。前述のように、ごく低い土壤菌密度でも感染（と発病）が可能であることから、微量の汚染土壤が持ち込まれてもウリ科植物が栽培されると病原菌は定着する可能性がある。堀越ら（2006）と岩館（2006）は汚染土壤を非汚染土壤で 10^{-4} に希釈してキュウリを栽培（苗）しても本病が発生したことを認めた。ごく低い密度であっても本菌はウリ科植物に寄生し、増殖できる。

病原菌がその圃場に定着し、根に感染してもすぐに病気が発生するとは限らない。土壤の菌密度が低いか分布が粗で根の発病が少ない場合には地上部に症状が現れないこともある（図 1、2）。しかし、根に感染した菌は増殖するであろうから、いずれは激しく発病する危険性が高くなることが予想される。

3) 伝搬の阻止

前節までの考察から、当面の作業仮説として「ホモプシス根腐病菌は我が国の自然植生下に土着ではないので、未耕地土壤や自然植生からの伝搬を考慮する必要はない」と考えると、伝搬阻止にあたっては発生地からの伝搬を防ぐことが重要となる。さらに、種子伝染を考えないとすれば、汚染土壤と罹病植物やその残査の移動を防ぐことが重要であろう。これらの移動は風や水によるほか、人為的なものが重要と考えられる。土壤病害で一般に指摘されるように、履き物や農作業機等に付着した土壤等による伝搬に留意することが必要と考えられる。

未発生地域において不幸にも病原菌が侵入したときにはできるだけ早く見つけ、地域内のその後の伝搬を阻止あるいは遅延させることが好ましい。本菌が圃場に侵入してから発病が見られるようになるまで数年を要する可能性があるが、前節で紹介した高感度検出技術によれば、発病が見られるようになる前の低い菌密度でも理論的には検出可能であり、現在実用化に向けて検討している。

引用文献

1. van Kesteren, H. A. (1966) "Black root rot" in cucurbitaceae caused by *Phomopsis sclerotioides* nov. spec. Neth. J. Plant Pathol. 73: 112-116
2. Bruton, B. D. (1996) *Phomopsis* black root rot of cucumber. In Compendium of cucurbit diseases p.19 APS Press
3. Blancard, D., Lecoq, H. & Pitrat, M. (1994) A Colour Atlas of Cucurbit Diseases. Manson Publishing, London, 299 pp.
4. Garrett, S. D. (1970) Pathogenic root-infecting fungi. Cambridge University Press, London, 294 pp.

本高度化事業の成果として行った学会発表等の要旨は紙面の都合で本リストには掲載しませんでした。

東北農業研究センター公開シンポジウム

露地夏秋キュウリに発生するホモプシス根腐病の防除対策

.....

発行日 平成19年12月7日
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
寒冷地野菜花き研究チーム
〒960-2156 福島県福島市荒井字原宿南50

印刷所 株式会社 阿部紙工
〒960-2195 福島県福島市庄野字柿場1-1-1

.....

