キュウリホモプシス根腐病に対するクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理と抵抗性台木クロダネカボチャの併用による防除効果

岩館 康哉^{1,2*}・勝部 和則¹・長谷 修³・生井 恒雄³

ABSTRACT

IWADATE, Y.^{1,2*}, KATSUBE, K.¹, HASE, S.³ and NAMAI, T.³ (2011). Integrated control of cucumber black root rot using chloropicrin fumigation in polyethylene-mulched beds of resistant rootstock of *Cucurbita ficifolia*. Jpn. J. Phytopathol. 77: 278–286.

Black root rot of cucumber (*Cucumis sativus*) caused by *Phomopsis sclerotoides* is a serious greenhouse disease in many countries. Since 2001, the disease has been observed on outdoor-cultivated cucumber grafted on pumpkin rootstock in the Tohoku region of Japan, causing severe economic losses. We sought to establish control measures against black root rot of cucumber grafted on pumpkin rootstock caused by *P. sclerotoides* in outdoor culture in the Tohoku region of Japan. Soil fumigants chloropicrin (298.5 L a.i./ha), dazomet (294 kg a.i./ha), metham sodium (180 L a.i./ha), and fluazinam (15 kg a.i./ha) were evaluated for efficacy in naturally infested fields. Because it reduced sudden wilting, chloropicrin was selected for subsequent experiments to develop effective control. Partial fumigation (injection into polyethylene-mulched beds) gave adequate control, better than overall fumigation in fields. Partial fumigation significantly reduced sudden wilt incidence by 77% and 100% compared to untreated plots, and overall fumigation yielded 54% and 100% reduction in two experiments. For chloropicrin injection into polyethylene-mulched beds, a 90-cm width of the beds was better than the common practice of 60-cm width. Since the 90-cm width disinfested a wide area, we concluded that control was high (90-cm width significantly reduced sudden wilt incidence by 95% and 100% compared to untreated plots, and 60-cm width yielded 70% and 82% reduction in two experiments). However, these treatments did not completely control sudden wilt. Combining these treatments with the use of resistant rootstock *C. ficifolia*, which by itself suppressed disease from 56% to 100% in three experiments, reliably decreased the incidence of sudden wilt by 100% reduction in three experiments compared to the untreated plots. The efficacy of each control measure alone varied, so integrated methods are preferable.

(Received April 28, 2011; Accepted August 18, 2011)

Key words: chloropicrin, *Cucumis sativus*, cucurbit, *Phomopsis sclerotoides*, soil fumigation, sudden wilt

緒 言

ウリ科野菜に急性萎凋症状を引き起こすホモプシス根腐病 (*Phomopsis* black root rot of cucurbit) は, *Phomopsis sclerotoides* Kesteren によって引き起こされる土壌伝染性の難防除病害である。本病は 1964 年にオランダの施設栽培キュウリで初確認された (van Kesteren, 1967) のち, アジア, ヨーロッパの多くの国々のキュウリ栽培地域において発生が認められ, 多大な被害を及ぼしている (Bruton, 1996)。本邦では, 1983 年に埼玉県でカボチャ台キュウリの萎凋症状の原因として

初確認された (橋本・吉野, 1985)。その後, 国内の発生地域は拡大し, これまでに関東, 東北の複数県のほか島根県などのキュウリ, スイカ, カボチャ, メロン産地で発生が報告されている (永坂・門田, 2008)。キュウリ栽培における本病の発生は, 当初は施設栽培に限られていたものの, 2001 年には福島県, 2002 年には岩手県の露地夏秋キュウリで発生が確認された (堀越ら, 2003; 岩館ら, 2006)。国内で分離された病原菌については, 永らく未同定であったが, 分生子形成の確認や分子生物学的解析から, *P. sclerotoides* であることが明らかとなった (Shishido *et al.*, 2006)。

¹ 岩手県農業研究センター (〒024-0003 岩手県北上市成田 20-1) Iwate Agricultural Research Center, 20-1 Narita, Kitakami, Iwate 024-0003, Japan

² 岩手大学大学院連合農学研究科 (〒020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8) The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan

³ 山形大学農学部 (〒997-8555 山形県鶴岡市若葉町 1-23) Faculty of Agriculture, Yamagata University, 1-23 Wakaba-machi, Tsuruoka, Yamagata 997-8555, Japan

* Corresponding author (E-mail: y-iwadate@pref.iwate.jp)

岩手県では、夏期の冷涼な気候を利用した露地夏秋作型のキュウリ栽培が盛んであり、栽培面積は321 ha (2009年) におよび、夏秋キュウリの都道府県別の収穫量割合は全国第4位 (2009年) となっている。本県での本病の発生地域は、2002年の初確認以来、年々拡大し2010年現在、県中部から県南部を中心として15市町で発生が確認され、今後さらなる発生地域の拡大やキュウリ以外のウリ科野菜での被害発生が懸念されている。

本病は、露地夏秋作型のキュウリの場合、収穫最盛期に向かう梅雨から梅雨明け頃に急性萎凋症状を示し、最終的には枯死に至る。本病に感染すると、収穫最盛期に萎凋・枯死することから経済的損失は極めて大きい。加えて、本病の発生によりキュウリ農家が受ける精神的影響も深刻で、栽培意欲の低下につながり、キュウリ栽培面積減少の一因ともなっている (岩館ら, 2010)。本病の被害は、低温期の定植で助長され (宍戸, 2006)、記録的な冷害年となった2003年には、福島県および岩手県の主要なキュウリ産地で多発し、両県での被害推定額は約10億円にまで達した (永坂・門田, 2010)。

本病原菌は、高温耐性が低いことから、関東以南の施設栽培キュウリや露地のトンネル栽培メロンでは、夏期の太陽熱消毒や太陽熱消毒と土壌消毒剤の併用による防除法が有効とされている (橋本・吉野, 1985; 小林ら, 1997)。しかし、夏秋期が栽培期間となる東北地方の露地夏秋作型のキュウリ産地では、定植前の低地温期に土壌消毒せざるを得ないため、太陽熱消毒期間を設けることは難しく、防除効果も期待できない。このように、東北地方の露地夏秋作型のキュウリ産地では、本病による萎凋症状の発生リスクが高い一方で、有効な防除対策が明らかにされていないことから、実用可能な土壌消毒技術の確立が望まれていた。土壌消毒以外の防除対策としては、抵抗性台木の利用があげられるが、完全な抵抗性を有する台木は確認されていない (宍戸, 2006)。一方で、クロダネカボチャ (*Cucurbita ficifolia* Bouché) やトウガン (*Benincasa hispida* Thunb.) は、完全な抵抗性を示すものではないがキュウリ用の一般的な台木品種と比較すると発病抑制効果が認められる (van Kesteren, 1967; Wiggell and Simpson, 1969; 山口・岩館, 2009)。このため、これらの抵抗性台木と土壌消毒を併用することで被害を軽減できる可能性が示唆されている (堀越ら, 2003; 岩館ら, 2006)。

そこで、本研究は、おもに露地夏秋作型のキュウリ産地を対象とした実用的なホモプシス根腐病防除技術の確立を目的に、本病防除に有効な土壌消毒剤を選抜するとともに、効果的な処理手法を検討した。あわせて土壌消毒と抵抗性台木の併用による防除効果について検討したので報告する。

材料および方法

キュウリホモプシス根腐病に対する有効薬剤の選抜 2005年に第1表に示す土壌消毒剤4剤を供試し、防除効果を比較した。試験はキュウリホモプシス根腐病が自然発病する岩手県北上市の露地夏秋作型のキュウリ連作圃場において実施した。ダズメット粉粒剤 (商品名: バスアミド微粒剤)、フルアジナム粉剤 (商品名: フロンサイド粉剤) は、試験区に均一に手散布し、ロータリーによって混和処理した。クロルピクリンくん蒸剤 (商品名: クロールピクリン)、カーバムナトリウム塩液剤 (商品名: キルパー) は、手動式灌注機 (共立, HF-4XA) を用いて規定量を注入処理した。いずれの薬剤も、処理後ただちにポリエチレンフィルムで被覆した。各薬剤ともに試験区全面に処理し、定植前には被覆を除去し、ガス抜きを兼ねた畦立て耕起を行った。なお、処理薬量は各薬剤の使用基準に従い常用処理量とした (第1表)。供試キュウリ品種は、'Vロード' (*Cucumis sativus* L., タキイ種苗) とし、台木は 'ひかりパワー' (*Cucurbita moschata* (Duch. ex Lam.) Duch. ex Poir.; ブルームレス台木, ときわ研究場) とした。試験区は、無処理では1区18株の2反復、各薬剤処理区は1区9株の3反復とした。各薬剤処理区における1区あたりの薬剤処理面積は11.7 m² (1.95 m × 6 m) とした。

クロルピクリンくん蒸剤のマルチ畦内処理と全面処理の防除効果 2005年および2006年にマルチ畦内処理と全面処理の防除効果を比較した。試験はキュウリホモプシス根腐病が自然発病する岩手県北上市の露地夏秋作型のキュウリ連作圃場において実施した。クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理 (以下、マルチ畦内処理) では、供試薬剤をマルチ畦内土壌消毒機 (佐野アタッチ研究所, P3F1B-MK) により、処理量が3 ml/穴となるように、条間30 cm × ピッチ30 cm, 注入深15 cm として千鳥状に1畦あたり3条灌注処理した。マルチ畦内処理では、土壌消毒時に畦立ておよびマルチ被覆を同時に実施した。マルチ畦内処理後は定植直前までマルチ被覆により密閉し、ガス抜き耕起は行わなかった。全面処理では、供試薬剤を手動式灌注機 (共立, HF-4XA) により、条間30 cm × ピッチ30 cm とし、注入深15 cm で格子状に灌注処理した。定植前には被覆を除去し、ガス抜きを兼ねた畦立て耕起を行った。処理薬量は、マルチ畦内処理、全面処理ともに3 ml/穴 (30 l/10 a) とした。試験畦幅は60 cm とした。供試キュウリ品種は、2005年は 'Vロード'、2006年は '夏ばやし' とし、台木は2か年ともに 'ひかりパワー' とした。2005年の試験では、全面処理は1区9株の3反復、その他は1区18株の2反復とした。全面処理における薬剤処理面積は、1区15 m² (2 m × 7.5 m)、マルチ畦内処理における薬

剤処理面積は、1区9m² (0.6m × 15m) とした。2006年の試験では、いずれも1区18株の2反復とした。全面処理における薬剤処理面積は、1区30m² (2m × 15m)、マルチ畦内処理における薬剤処理面積は、1区9m² (0.6m × 15m) とした。

クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理時の消毒畦幅と防除効果 マルチ畦内処理時の消毒畦幅と防除効果について、2005年および2007年の2か年検討した。2005年の試験は岩手県花巻市、2007年は岩手県北上市において実施した。いずれの試験圃場もキュウリホモプシス根腐病が自然発病する露地夏秋作型のキュウリ連作圃場とした。試験畦幅は、慣行畦幅である60cm (950mm幅マルチ相当) と、それよりやや広い90cm (1350mm幅マルチ相当) とした。また、2007年は、通常栽培では用いられない畦幅30cmについても検討した。作畦および薬剤処理はマルチ畦内土壤消毒機 (佐野アタッチ研究所, P3F1B-MK) を用いた。供試薬剤はクロルピクリンくん蒸剤とした。供試薬剤は、消毒畦幅90cmでは30cm間隔の3条処理、消毒畦幅60cmでは30cm間隔の2条処理、消毒畦幅30cmでは畦中央部の1条処理とした。処理薬量は、いずれの消毒畦幅においても3ml/穴 (30l/10a) とした。供試キュウリ品種は、2005年は‘Vロード’、2007年は‘夏ばやし’とし、台木は2か年ともに‘ひかりパワー’とした。2005年の試験では、消毒畦幅90cmおよび60cmは1区41～42株の3反復、無処理は50株の2反復とした。消毒畦幅90cmにおける薬剤処理面積は、1区30.6m² (0.9m × 34m)、消毒畦幅60cmにおける薬剤処理面積は、1区20.4m² (0.6m × 34m) とした。2007年の試験では、いずれも1区18株の2反復とした。消毒畦幅90cmにおける薬剤処理面積は、1区13.5m² (0.9m × 15m)、消毒畦幅60cmにおける薬剤処理面積は、1区9m² (0.6m × 15m) とした。

クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理および抵抗性台木の併用による防除効果 マルチ畦内処理と抵抗性台木の併用による防除効果について2005年から2007年の3か年検討した。試験はキュウリホモプシス根腐病が自然発病する岩手県北上市の露地夏秋作型のキュウリ連作圃場において実施した。抵抗性台木としてクロダネカボチャ台木‘黒ダネ南瓜’ (*C. ficifolia*, サカタのタネ) を、抵抗性が弱い慣行台木として‘ひかりパワー’を供試した。供試薬剤は、マルチ畦内土壤消毒機 (佐野アタッチ研究所, P3F1B-MK) により、処理薬量が3ml/穴 (30l/10a) となるように、条間30cm × ピッチ30cm、注入深15cmとして千鳥状に1畦あたり3条灌注処理した。試験畦幅は、2005年および2006年は60cm、2007年は90cmとした。供試キュウリ品種は、2005年は‘V

ロード’、2006年および2007年は‘夏ばやし’とした。2005年の試験では、‘マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’は1区9株の3反復、その他は1区18株の2反復とした。マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’における薬剤処理面積は1区4.5m² (0.6m × 7.5m) とし、‘マルチ畦内処理・ひかりパワー’における薬剤処理面積は1区9m² (0.6m × 15m) とした。2006年の試験では、1区18株の2反復とした。‘マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’、‘マルチ畦内処理・ひかりパワー’における薬剤処理面積は1区9m² (0.6m × 15m) とした。2007年の試験では、1区18株の2反復とした。マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’、‘マルチ畦内処理・ひかりパワー’における薬剤処理面積は1区13.5m² (0.9m × 15m) とした。

調査方法 夏秋キュウリの収穫盛期にあたる8月上旬～下旬に各試験区の萎凋株の発生状況を調査し、萎凋株率を求めた。全身に萎凋症状を呈する株、および萎凋症状の発生により枯死した株を萎凋株と判定した。また、9月上旬～下旬に各試験区から抜根し、洗浄後、根部発病状況について下記の指数別に調査し、平均発病指数を算出した。

- 指数 0: 根の褐変が認められない
 1: 根の10%未満が褐変
 2: 根の10%以上～50%未満が褐変
 3: 根の50%以上が褐変 4: 枯死

本病に対する防除効果を評価するため、調査で得られた萎凋株率、根部発病指数について次式により防除価を算出した。

萎凋株率の防除価 = (無処理区の萎凋株率 - 処理区の萎凋株率) / 無処理区の萎凋株率 × 100

根部発病指数の防除価 = (無処理区の平均発病指数 - 処理区の平均発病指数) / 無処理区の平均発病指数 × 100

統計処理 萎凋株率の多重比較検定については、Ryan法を用いた (田代, 2007)。根部発病指数の多重比較検定については、Kruskal-Wallis 検定の後にSteel-Dwass法を用いた。

マルチ畦内処理の有効性の評価では、使用台木‘ひかりパワー’を用いたマルチ畦内処理の消毒畦幅60cmおよび90cmとした試験成績の萎凋株率について、メタアナリシス (丹後, 2002) により、無処理に対する防除効果を評価した。すなわち、マルチ畦内処理の消毒畦幅60cmとした第2表、第3表に示す2005-1, 2006-1, 2005-2, 2007-1の4試験事例および、消毒畦幅90cmとした第3表、第4表に示す2005-2, 2007-1, 2007-2の3試験事例を解析に用いた。メタアナリシスは、DerSimonian-Laird methodにより、統計ソフトウェアStatsDirect Version 2.7.8 (StatsDirect Ltd) を用い、マルチ畦内処理と無処理の萎凋株率の割合 (リスク比) を求めて各消毒畦幅について防除効果を評価した。

結 果

キュウリホモプシス根腐病に対する有効薬剤の選抜

第1表に各種土壌消毒剤のキュウリホモプシス根腐病に対する防除効果を示した。無処理の萎凋株率が25.0%と多発生条件下での検討となった。供試した4薬剤の中でクロルピクリンくん蒸剤は、萎凋株の発生がみられず（防除価100）、根部発病指数も0.26（同84）と低かった。このことから、クロルピクリンくん蒸剤は本病防除薬剤として有望と判断し、以下の試験では本剤を用いた。

クロルピクリンくん蒸剤のマルチ畦内処理と全面処理の防除効果

第2表にマルチ畦内処理と全面処理の防除効果を示した。

無処理の萎凋株率が2005年では25.0%、2006年では36.1%といずれの年次也多発生条件下での検討となった。マルチ畦内処理と全面処理を比較すると、2005年は、萎凋株の発生および根部の発病ともに有意差は認められなかった。2006年は、萎凋株の発生では統計的な有意差は認められなかったものの、根部の発病はマルチ畦内処理で有意に少なかった。萎凋株率の防除価でみると、2005年はマルチ畦内処理、全面処理いずれも防除価100であったが、2006年はマルチ畦内処理が優った。根部発病指数の防除価でみると、2か年いずれもマルチ畦内処理は、全面処理に優った。

クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理の消毒畦幅と防除効果

第3表にマルチ畦内処理における消毒畦幅と防除効果を示

第1表 キュウリホモプシス根腐病に対する各種土壌消毒剤の防除効果

供試薬剤 (有効成分：含有割合)	処理薬量	調査株数	萎凋株率 (%) (防除価) ^{b)}	根部発病指数 ^{a)} (防除価)
クロルピクリンくん蒸剤 (クロルピクリン：99.5%)	30 l/10 a	27	0 b ^{c)} (100)	0.26 b ^{d)} (84)
ダゾメット粉粒剤 (ダゾメット：98.0%)	30 kg/10 a	27	14.8 ab (41)	1.19 a (28)
カーバムナトリウム塩液剤 (カーバムナトリウム塩：30.0%)	60 l/10 a	27	11.1 ab (56)	0.89 ab (46)
フルアジナム粉剤 (フルアジナム：0.5%)	30 kg/10 a	27	29.6 a (0)	1.56 a (5)
無処理	—	36	25.0 a	1.64 a

a) 根部発病指数の算出法は「材料および方法」に示すとおり。

b) 防除価の算出法は「材料および方法」に示すとおり。

c) 同一英文字を付した数値間には Ryan の多重比較検定の結果、5%水準で有意差がないことを示す。

d) 同一英文字を付した数値間には Kruskal-Wallis 検定および Steel-Dwass の多重比較検定の結果、5%水準で有意差がないことを示す。

第2表 キュウリホモプシス根腐病に対するクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理と全面処理の防除効果

土壌消毒法	2005 年 (2005-1)			2006 年 (2006-1)		
	調査株数	萎凋株率 (%) (防除価) ^{b)}	根部発病指数 ^{a)} (防除価)	調査株数	萎凋株率 (%) (防除価)	根部発病指数 (防除価)
全面処理	27	0 b ^{c)} (100)	0.26 b ^{d)} (84)	36	16.7 ab (54)	1.78 b (33)
マルチ畦内処理	36	0 b (100)	0.14 b (92)	36	8.3 b (77)	0.81 c (70)
無処理	36	25.0 a	1.64 a	36	36.1 a	2.67 a

a) 根部発病指数の算出法は「材料および方法」に示すとおり。

b) 防除価の算出法は「材料および方法」に示すとおり。

c) 同一英文字を付した数値間には Ryan の多重比較検定の結果、5%水準で有意差がないことを示す。

d) 同一英文字を付した数値間には Kruskal-Wallis 検定および Steel-Dwass の多重比較検定の結果、5%水準で有意差がないことを示す。

した. 無処理の萎凋株率は 2005 年では 37.0%と多発生条件下, 2007 年では 61.1%と甚発生条件下での検討となった. 消毒畦幅 30 cm (2007 年) では, 萎凋株率が 47.2% (防除価 23) と実用的な防除効果は得られなかった. 消毒畦幅 90 cm と 60 cm を比較すると, 2007 年は萎凋株の発生および根部の発病に統計的な有意差は認められなかった. 2005 年は消毒畦

幅 90 cm の防除効果が高く, 消毒畦幅 60 cm に比べて萎凋株の発生および根部の発病が有意に少なかった. 萎凋株率および根部発病指数の防除価でみると, 2 か年いずれも消毒畦幅 90 cm は, 消毒畦幅 60 cm に優った.

クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理の有効性の評価

第 1 図に消毒畦幅 60 cm におけるマルチ畦内処理の萎凋株

第 3 表 キュウリホモプシス根腐病に対するクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理の消毒畦幅と防除効果

土壌消毒法	畦幅	2005 年 (2005-2)			2007 年 (2007-1)		
		調査株数	萎凋株率 (%) (防除価)	根部発病指数 ^{a)} (防除価)	調査株数	萎凋株率 (%) (防除価)	根部発病指数 (防除価)
マルチ畦内処理	90 cm	123	0 c ^{e)} (100)	1.09 c ^{d)} (59)	36	2.8 b (95)	0.97 b (68)
〃	60 cm	125	11.2 b (70)	2.26 b (14)	36	11.1 b (82)	1.36 b (56)
〃	30 cm	— ^{e)}	—	—	36	47.2 a (23)	2.81 a (9)
無処理	60 cm	100	37.0 a	2.63 a	36	61.1 a	3.08 a

a) 根部発病指数の算出法は '材料および方法' に示すとおり.

b) 防除価の算出法は '材料および方法' に示すとおり.

c) 同一英文字を付した数値間には Ryan の多重比較検定の結果, 5%水準で有意差がないことを示す.

d) 同一英文字を付した数値間には Kruskal-Wallis 検定および Steel-Dwass の多重比較検定の結果, 5%水準で有意差がないことを示す.

e) 試験せず.

第 1 図 キュウリホモプシス根腐病に対するクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理 (消毒畦幅 60 cm) の萎凋株発生抑制効果^{a)}

a) 第 2 表, 第 3 表に示す試験成績のうち, 供試台木: 'ひかりパワー', 試験畦幅: 60 cm とした 4 試験を解析に用いた.

b) ■はマルチ畦内処理と無処理の萎凋株率の割合 (リスク比) を, ■の大きさは重み付けの値を, 各マーカーの両側の線は 95%信頼区間を示す. リスク比の値が 1.0 未満であればその値の分の比率だけ無処理に比べて萎凋株の発生率が低いことを示す. 一番下の◇は 4 試験の統合リスク比を示す.

第2図 キュウリホモブシ根腐病に対するクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理（消毒畦幅 90 cm）の萎凋株発生抑制効果^{a)}
 a) 第3表, 第4表に示す試験成績のうち, 供試台木: ‘ひかりパワー’, 試験畦幅: 90 cm とした3試験を解析に用いた.
 b) リスク比の見方は第1図を参照のこと.

第4表 キュウリホモブシ根腐病に対するクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理と抵抗性台木の併用による防除効果

土壌消毒法	台木	2005 年			2006 年			2007 年 (2007-2)		
		調査株数	萎凋株率 (%) (防除価) ^{b)}	根部発病指数 ^{a)} (防除価)	調査株数	萎凋株率 (%) (防除価)	根部発病指数 (防除価)	調査株数	萎凋株率 (%) (防除価)	根部発病指数 (防除価)
マルチ畦内処理 ^{c)}	黒ダネ南瓜	27	0 b ^{d)} (100)	0 c ^{e)} (100)	36	0 b (100)	0.75 c (72)	36	0 c (100)	0.42 d (87)
〃	ひかりパワー	36	0 b (100)	0.14 c (92)	36	8.3 b (77)	0.81 c (70)	36	11.1 bc (83)	1.53 c (54)
無処理	黒ダネ南瓜	36	11.1 ab (56)	0.83 b (49)	36	0 b (100)	1.56 b (42)	36	27.8 b (57)	2.61 b (21)
〃	ひかりパワー	36	25.0 a	1.64 a	36	36.1 a	2.67 a	36	63.9 a	3.31 a

a) 根部発病指数の算出法は ‘材料および方法’ に示すとおり.

b) ‘無処理・ひかりパワー’ に対する防除価を ‘材料および方法’ に示すとおり算出した.

c) 2005 年および 2006 年のマルチ畦内処理における処理畦幅は 60 cm, 2007 年は 90 cm とした.

d) 同一英文字を付した数値間には Ryan の多重比較検定の結果, 5% 水準で有意差がないことを示す.

e) 同一英文字を付した数値間には Kruskal-Wallis 検定および Steel-Dwass の多重比較検定の結果, 5% 水準で有意差がないことを示す.

発生抑制効果を示した. 無処理の萎凋株率が 25.0 ~ 61.1% という多〜甚発生条件下での検討となった. 消毒畦幅 60 cm におけるマルチ畦内処理からみた無処理に対する統合リスク比は 0.25 (95%信頼区間: 0.16 ~ 0.39) で誤差の範囲を含めて 1.0 未満であった. このことから, 消毒畦幅 60 cm におけるマルチ畦内処理の萎凋株の発生は, 無処理に比べて有意に少なく, 無処理の萎凋株発生率の約 25% に抑制されることが

示された. 第2図に消毒畦幅 90 cm におけるマルチ畦内処理の萎凋株発生抑制効果を示した. 無処理の萎凋株率が 37.0 ~ 63.9% という多〜甚発生条件下での検討となった. 消毒畦幅 90 cm におけるマルチ畦内処理からみた無処理に対する統合リスク比は 0.06 (95%信頼区間: 0.01 ~ 0.36) で誤差の範囲を含めて 1.0 未満であった. このことから, 消毒畦幅 90 cm におけるマルチ畦内処理の萎凋株の発生は, 無処理に比べて

有意に少なく、無処理の萎凋株発生率の約 6%に抑制されることが示された。

クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理と抵抗性台木の併用による防除効果

第 4 表にマルチ畦内処理と抵抗性台木クロダネカボチャの併用による防除効果を示した。‘無処理・ひかりパワー’の萎凋株率は 2005 年と 2006 年はそれぞれ 25.0%と 36.1%と多発生条件下、2007 年では 63.9%と甚発生条件下での検討となった。まず、マルチ畦内処理の消毒畦幅 60 cm とした 2005 年および 2006 年の試験についてみると‘マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’と‘マルチ畦内処理・ひかりパワー’において、萎凋株の発生および根部の発病に統計的な有意差は認められなかった。一方で、‘マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’では、2 か年ともに萎凋株の発生はみられず（防除価 100）、根部発病指数の防除価も‘マルチ畦内処理・ひかりパワー’に優った。次に、マルチ畦内処理の消毒畦幅 90 cm とした 2007 年の試験についてみると‘マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’と‘マルチ畦内処理・ひかりパワー’において、萎凋株の発生に統計的な有意差は認められなかったものの、根部の発病は‘マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’で有意に少なかった。萎凋株率および根部発病指数の防除価でみると、‘マルチ畦内処理・黒ダネ南瓜’は、‘マルチ畦内処理・ひかりパワー’に優った（第 4 表、第 3 図）。なお、‘無処理・黒ダネ南瓜’は、3 か年いずれも萎凋株の発生抑制効果がみられたものの、その防除価は 56（2005 年）、100（2006 年）、57（2007 年）と試験年次によって効果に差がみられた。

第 3 図 キュウリホモブシス根腐病に対するクロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理と抵抗性台木クロダネカボチャの併用による防除効果（2007）

アーチ左側の畦：クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理・使用台木‘黒ダネ南瓜’，アーチ右側の畦：無処理・使用台木‘ひかりパワー’

考 察

ウリ科野菜のホモブシス根腐病の防除に関する知見は、施設栽培のキュウリ（橋本・吉野，1985；三木ら，2008）やメロン（小林ら，1997；三上，2003）、スイカ（実戸・竹内，2005）に限られ、その多くは太陽熱を利用した対策が主体となっている。しかし、東北地方の露地夏秋作型のキュウリ産地では、太陽熱の活用を前提とした夏期の土壌消毒実施が不可能である。本病は汚染土壌にキュウリ苗を定植すると、2～3 週間で萎凋症状を呈する（古屋ら，2006）ことから、防除法としては土壌消毒が不可欠と考えられた。そこで土壌伝染性の糸状菌病害に有効と思われたクロルピクリンくん蒸剤、ダゾメット粉粒剤、フルアジナム粉剤、カーバマナトリウム塩液剤の土壌消毒剤 4 剤を供試し、本病に対する防除効果を検討した。その結果、クロルピクリンくん蒸剤は萎凋株の発生抑制効果および根部の発病抑制効果がともに高く、本病防除薬剤として有望と判断した（第 1 表）。

次にクロルピクリンくん蒸剤の処理手法について、全面処理とマルチ畦内処理を比較した。その結果、マルチ畦内処理は全面処理よりも防除効果の安定性が高く、高い萎凋株発生抑制効果が得られた（第 2 表）。本剤はマルチ畦内処理が有効であると考えられる。マルチ畦内処理で防除効果が高かった要因は、作業特性上、ガス抜き耕起を実施しなくても済むことから、消毒不十分な深層土壌と表層土壌との混和による再汚染が生じないためと推察された。本法は、栽培時に利用されるマルチを土壌消毒時の被覆資材として活用できる（福西，1977）うえ、畦内部のみの部分消毒となるため、単位面積当たりの必要薬剤量の低減や土壌消毒作業の労力削減も可能である。また、サツマイモ立枯病（金磯・村井，2007）、カボチャ立枯病（渡辺・大砂，1998）、ウド萎ちょう病（白石ら，1994）、イチゴ萎黄病（牧野ら，1986）、バレイショそうか病（中村ら，1985）など栽培時にマルチ被覆を必要とする作物の土壌病害対策として本法の有効性が多く報告されている。よって、本法は本病に対して実用的な効果が期待できる、普及性が高い防除手段と考えられた。

一方で、マルチ畦内処理は畦の内部のみを消毒する手法であることから、畦の外側にあたる通路部分は未消毒となる。キュウリの根系は、栽培期間中に通路部分まで進展するため、畦幅が狭く消毒面積が小さい場合には十分な防除効果が発揮されないと推察された。そこで、マルチ畦内処理の消毒畦幅と防除効果について検討した。その結果、消毒畦幅は慣行の 60 cm よりもやや広い 90 cm とした場合において防除効果が高かった（第 3 表）。さらに、マルチ畦内処理の消毒畦幅 60 cm とした 4 試験事例、および消毒畦幅 90 cm とした 3

試験事例についてメタアナリシスにより萎凋株の発生抑制効果を評価した。その結果、マルチ畦内処理の消毒畦幅 60 cm では萎凋株の発生を無処理の約 25% に、消毒畦幅 90 cm では約 6% に抑制可能と判断された (第 1 図, 第 2 図)。このことから、マルチ畦内処理の消毒畦幅 90 cm では、消毒畦幅 60 cm に比べて防除効果の安定性が高まると考えられた。本病原菌の感染が株元から離れた部位に起こった場合は、根の未感染部位の機能は維持され、萎凋症状の発現は抑制される (永坂ら, 2007)。消毒畦幅を広くとった場合に防除効果が高かった要因は、キュウリの株元から未消毒の通路部分までの距離が確保されたことによる感染時期の遅延により、萎凋症状の発現が抑制されたためと推察された。マルチ畦内処理の防除効果を向上させる手法は、遮根シート埋め込みによるキュウリ根の汚染土壌からの隔離 (堀越, 2008) や、高畦やマルチ裾埋め込みによる簡易的な根域制御 (山田・岩館, 2006) の有効性も報告されている。しかしながら、これらの手法は作畦手法や栽培体系に大幅な変更を要することから、広域的な早期普及は困難と考えられた。一方で、本研究で検討したマルチ畦内処理の消毒畦幅を広くとる手法は、現地での対応が容易であることから普及性は高い手法と思われる。マルチ畦内処理の処理量は、圃場での作畦間隔によるものの畦幅 60 cm (950 mm 幅マルチ相当) の場合では全面処理の 30–50%、畦幅 90 cm (1350 mm 幅マルチ相当) の場合では全面処理の 50–70% 程度となり、全面処理に比べると土壌消毒費用の削減も可能となる。作畦幅の変更による圃場作業性や土壌消毒費用も考慮する必要はあるが、防除効果の安定性からみると、本病を対象としたマルチ畦内処理においては、消毒畦幅を慣行よりもやや広い 90 cm 程度に設定することが実用的と考えられる。しかしながら、本法の防除効果は完全ではなく、汚染程度が高い圃場などではある程度の萎凋株が発生する恐れが残る。このため、汚染程度が高い圃場では、マルチ畦内処理のみに頼るのではなく抵抗性台木の併用など、他の防除技術を組み合わせた総合的防除対策が被害軽減を図るうえで重要と考えられた。

クロダネカボチャ (*C. ficifolia*) は、本病の抵抗性台木として有望であるものの、本台木のみでの防除効果は不安定である (橋本・吉野, 1985; 堀越ら, 2003)。そこで、マルチ畦内処理と抵抗性台木クロダネカボチャの併用による防除効果について検討した。その結果、マルチ畦内処理とクロダネカボチャ台木の併用では、消毒畦幅 60 cm および 90 cm のいずれの試験においても萎凋株の発生がみられず、根部の発病も極めて少ないなど顕著な防除効果が得られた (第 4 表, 第 3 図)。以上から、キュウリホモブシス根腐病の防除対策としてのマルチ畦内処理は、単独で用いるよりも、クロダネカボ

チャ台木と併用することでより安定性の高い防除技術となることが明らかとなった。しかし、現在のキュウリ栽培は、流通・販売面での制約によりブルームレス果実の生産が前提となっている。このため、ブルームを生じるクロダネカボチャ台木の利用を根幹とする防除技術は、流通・販売面での課題が残されている。

本研究では、クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理がキュウリホモブシス根腐病の防除法として有効であること、マルチ畦内処理とクロダネカボチャ台木の併用は、これらの対策を単独で用いるよりも顕著な防除効果が得られることを明らかにした。しかし、クロダネカボチャ台木の広域的な利用には流通・販売面での課題が残るため、マルチ畦内処理の防除効果を向上可能な、他の防除対策との組み合わせについても検討が必要であろう。*Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn (Kita *et al.*, 2005) や、*Clonostachys rosea* (Link:Fr.) Schroers *et al.* (シノニム *Gladiolus roseum* Bainier) (Moody and Gindrat, 1977) などいくつかの拮抗微生物は、本病に対する発病抑制効果が認められている。マルチ畦内処理と *Trichoderma harzianum* Rifai の土壌処理の併用によって根の発病抑制が認められた事例もあり (堀越, 私信)、マルチ畦内処理と組み合わせた拮抗微生物の効果的な活用方法についても、今後の研究が期待される。近年、PCR 法を活用した圃場汚染程度や病原菌密度の推定手法の有効性が報告されている (Shishido *et al.*, 2010; 古屋ら, 2007)。これらの手法を活用できればマルチ畦内処理の実施要否を圃場汚染程度に応じて判断することも可能になると思われる。そのためには、圃場汚染程度と本病発生の関係について、特に土壌中での本病原菌の動態、宿主への感染やその後の萎凋症状にいたる過程など、本病原菌に関する生態学的な基礎的知見についても明らかにしていく必要がある。

摘 要

露地夏秋作型のキュウリを対象とした、実用的なホモブシス根腐病の防除技術の確立を目的に、有効な土壌消毒薬剤を選抜するとともに、効果的な処理条件や土壌消毒と抵抗性台木の併用による防除効果について検討した。クロルピクリンくん蒸剤、ダゾメット粉粒剤、フルアジナム粉剤、カーバムナトリウム塩液剤の 4 薬剤を供試し、本病に対する防除効果を検討した結果、クロルピクリンくん蒸剤の防除効果が高く本病防除薬剤として有望と判断した。次に、本剤の処理手法について全面処理とマルチ畦内処理を比較した結果、本剤はマルチ畦内処理が有効であることを明らかにした。さらに、本剤のマルチ畦内処理における消毒畦幅について検討した結果、消毒畦幅は慣行の畦幅 60 cm よりもやや広い 90 cm と

した場合に防除効果が高かった。最後に、本剤のマルチ畦内処理と、本病に一定の抵抗性を示すクロダネカボチャ台木の併用による防除効果について検討した結果、これらの処理の併用は、それぞれを単独で用いた場合よりも優れた顕著な防除効果を示した。このことから、クロルピクリンくん蒸剤マルチ畦内処理は、抵抗性台木クロダネカボチャを併用することにより安定性の高い防除効果が得られると考えられた。

謝 辞

本研究は、農林水産省の委託事業である「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業（課題番号1754）」により得られた成果である。本研究の実施にあたって、共同研究機関各位には多くのご助言をいただいた。特に、東北農業研究センター福島研究拠点の門田育生博士、福島県農業総合センター（現福島県庁）の堀越紀夫氏には、試験設計について有益なご助言をいただいた。ここに記して御礼申し上げる。

引用文献

- Bruton, B. D. (1996). Compendium of cucurbit diseases (Zitter, T. A. *et al.*, eds.). p. 19, APS PRESS, Saint Paul MN, USA.
- 福西 務 (1977). 土壌くん蒸剤のマルチ畦内消毒による土壌病害防除 I クロルピクリンくん蒸による土壌消毒の効果と薬害に関する基礎的調査. 徳島農試研報 15: 33-42.
- 古屋廣光・藤 晋一・佐藤恵美子・村上洋之・鈴木倫子・鈴木英治・内藤秀樹 (2007). Time Release Fluorescent PCR によるキュウリホモプシス根腐病菌の土壌からの検出. 日植病報 73: 211-212. (講要)
- 古屋廣光・村上洋之・藤 晋一・内藤秀樹 (2006). キュウリホモプシス根腐病における土壌伝染源密度と発病株率の関係 (予報). 北日本病虫研報 57: 219. (講要)
- 橋本光司・吉野正義 (1985). カボチャ台キュウリの新病害, ホモプシス根腐病. 植物防疫 39: 570-574.
- 堀越紀夫 (2008). 土壌消毒と遮根シートを併用したキュウリホモプシス根腐病の防除. 今月の農業 52(11): 32-37.
- 堀越紀夫・藤田祐子・平子喜一 (2003). 露地夏秋キュウリにおけるホモプシス根腐病の発生. 北日本病虫研報 54: 67-69.
- 岩館康哉・勝部和則・猫塚修一 (2006). マルチ畦内土壌消毒と耐病性台木の組み合わせによるキュウリホモプシス根腐病の防除効果. 北日本病虫研報 57: 220. (講要)
- 岩館康哉・山口貴之・藤沢哲也 (2010). キュウリホモプシス根腐病抵抗性台木の検索と台木適性. 植物防疫 64: 468-473.
- 金磯泰雄・村井恒治 (2007). 砂質土壌の異なる土壌水分下でマルチ畦内処理したクロルピクリン剤のサツマイモ立枯病防除効果と畦内における拡散. 徳島農研報 4: 23-30.
- Kita, N., Ohya, T., Uekusa, H., Nomura, K., Manago, M. and Shoda, M. (2005). Biological control of damping-off of tomato seedlings and cucumber *Phomopsis* root rot by *Bacillus subtilis* RB14-C. JARQ 39: 109-114.
- 小林正伸・植草秀敏・折原紀子・宇田川晃 (1997). メロンホモプシス根腐病の太陽熱消毒と薬剤の併用による防除. 関東病虫研報 44: 79-81.
- 牧野孝宏・手塚信夫・鈴井孝仁・中村秀雄 (1986). クロルピクリンの土壌中における拡散とうね内処理によるイチゴ萎黄病の防除. 静岡農試研報 31: 23-30.
- 三上哲壮 (2003). 簡易太陽熱処理および太陽熱処理とダゾメット粉粒剤の併用処理によるメロンホモプシス根腐病防除の1事例. 近畿中国四国農研 2: 17-20.
- 三木静恵・漆原寿彦・酒井 宏 (2008). キュウリホモプシス根腐病に対する土壌還元消毒法の防除効果. 関東病虫研報 55: 19-20.
- Moody, A. R. and Gindrat, D. (1977). Biological Control of Cucumber Black Root Rot by *Gliocladium roseum*. Phytopathology 67: 1159-1162.
- 永坂 厚・門田育生 (2008). 東北地域におけるキュウリホモプシス根腐病の発生と防除. 植物防疫 62: 355-358.
- 永坂 厚・門田育生 (2010). マルチ畝内消毒法を用いたキュウリホモプシス根腐病の萎凋症状の回避対策. 農耕と園芸 65(5): 52-56.
- 永坂 厚・中嶋美幸・門田育生 (2007). 株元からホモプシス根腐病菌汚染土壌までの距離がキュウリの萎凋症状と根系の発達に与える影響の解析. 根の研究 16: 190. (講要)
- 中村秀雄・加藤公彦・竹内常雄 (1985). クロルピクリンのマルチ畦内消毒によるバレイショそうか病の防除. 関東病虫研報 32: 68-69.
- 穴戸雅宏 (2006). ウリ科野菜のホモプシス根腐病. 植物防疫 60: 583-586.
- 穴戸雅宏・竹内妙子 (2005). スイカ急性萎凋症に対するアンケート分析と防除対策. 植物防疫 59: 65-68.
- Shishido, M., Sato, K., Yoshida, N., Tsukui, R. and Usami, T. (2010). PCR-based assays to detect and quantify *Phomopsis sclerotoides* in plants and soil. J. Gen. Plant Pathol. 76: 21-30.
- Shishido, M., Yoshida, N., Usami, T., Shinozaki, T., Kobayashi, M. and Takeuchi, T. (2006). Black root rot of cucurbits caused by *Phomopsis sclerotoides* in Japan and phylogenetic grouping of the pathogen. J. Gen. Plant Pathol. 72: 220-227.
- 白石俊昌・須永文雄・賛田裕行 (1994). クロルピクリン剤のマルチ畦内消毒によるウド萎ちょう病の防除. 群馬農業研究 D 園芸 8: 35-44.
- 丹後俊郎 (2002). メタ・アナリス入門. pp. 61-91, 朝倉書店, 東京.
- 田代暢哉 (2007). 新しい病害虫管理の概念 :EBC (Evidence-based Control) による防除体系の構築と防除の実践 (44). 今月の農業 51(5): 70-74.
- van Kesteren, H. A. (1967). "Black root rot" in cucurbitaceae caused by *Phomopsis sclerotoides* nov. spec. Neth. J. Plant Pathol. 73: 112-116.
- 渡辺 健・大砂輝雄 (1998). マルチ畦内土壌消毒によるカボチャ立枯病の防除. 関東病虫研報 45: 73-75.
- Wiggell, P. and Simpson, C. J. (1969). Observations on the control of *Phomopsis* root rot of cucumber. Plant Pathol. 18: 71-77.
- 山田 修・岩館康哉 (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ょう症状に及ぼす影響. 東北農業研究 59: 187-188.
- 山口貴之・岩館康哉 (2009). ウリ科植物のキュウリホモプシス根腐病に対する台木適性. 北日本病虫研報 60: 96-101.