

マイクロ波土壌消毒機を用いたホウレンソウ萎凋病の防除¹

仲川晃生・越智 直・竹原利明²・谷脇 憲・加藤 仁・山下正照^{*}
 (中央農業総合研究センター, *セルテックプロジェクトマネジメント株式会社)

Soil Disinfection Effect of Microwave Irradiation to Fusarium Wilt of Spinach Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae*

Akio NAKAGAWA³, Sunao OCHI, Toshiaki TAKEHARA, Ken TANIWAKI, Hitoshi KATO
 and Masateru YAMASHITA

摘 要

マイクロ波による土壌消毒技術開発のため、土壌中のホウレンソウ萎凋病菌に対するマイクロ波照射の影響を室内条件下で調べた。培養したホウレンソウ萎凋病菌M2-1 (*nit*変異株)を接種した中央農研内圃場土壌(クロボク土)をピーカー(200ml)に詰め、500Wの電子レンジにより加熱処理を行った。この結果、マイクロ波照射により土壌中の糸状菌数、細菌数は減少した。しかし、処理土壌量が多く、照射時間が短い場合のみならず処理土壌が少量(50ml)で長時間照射(10分)の場合にも生存菌が認められた。次いで、圃場条件下での土壌消毒効果を明らかにするため、ホウレンソウ萎凋病菌M2-1 (*nit*変異株)接種圃場において試作マイクロ波土壌消毒機(トラクター連結サブソイラ型または深耕ロータリー型)によるマイクロ波照射を行い、発病程度を調べた。この結果、サブソイラ型では、防除効果が不十分であったが、深耕ロータリー型では、ホウレンソウ萎凋病の発生を抑制できた。しかし、現実的な消毒のためには器機の更なる改良と土壌条件等の処理至適条件の明確化が必要である。

土壌燻蒸剤として多くの病害虫の防除に著効を示した臭化メチル剤は、一部の不可欠用途を除いて先進国では2005年までに全面的に使用禁止となった。このため本剤による土壌消毒法に替わる技術開発が積極的に取り組まれており、成分を異にする他の土壌燻蒸剤の利用や太陽熱消毒、熱水土壌消毒および蒸気消毒等の効果が検討されてきた。しかし、いずれも有効性、経済性、作業性にそれぞれ問題を有しており、代替方法が確立されたとは言い難い。

物理的な殺菌・殺虫の方法として、マイクロ波の照

射が食品(包装食品、魚肉ねり製品等)や医療器具の殺菌に利用されている。家庭用の電子レンジとしてなじみの深いマイクロ波は、周波数200MHz~100GHzの電波を指し、水分などの誘電体損失の大きい物質に当たると分子摩擦によって熱エネルギーが生じ発熱する性質を持っている。照射された対象物は内部加熱により発熱することからプラスチックフィルムや紙等で包装した食品でも中の食品だけを加熱することが可能となり、包装食品の加熱殺菌に有効である。マイクロ波による殺菌・消毒はすなわち、基本的には熱利用によ

1 本報の概要は、2006年度日本土壌微生物学会(2006年6月10-11日、宮城県仙台市)および平成19年度日本植物病理学会大会(2007年3月30日、栃木県宇都宮市)において発表した。

2 現在 近畿中国四国農業研究センター

3 Address: National Agricultural Research Organization, National Agricultural Research Center, Kannondai 3-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan

2007年5月10日受領

2007年7月6日登載決定

る消毒法である。しかし、本手法は農業用には利用されておらず、マイクロ波を用いた土壌病害防除については岡山ら（2003）の基礎的な試験例があるのみである。

本論では、マイクロ波による土壌消毒効果を明らかにするとともに、実際の現場での利用を目的として試作したマイクロ波土壌消毒機（谷脇，2006）によるハウレンソウ萎凋病防除効果について試験を行ったのでその結果を報告する。なお、本研究は2004年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「マイクロ波の土壌中誘導による効率的な土壌消毒システムの開発」の予算により行ったものであり、成果の一部は既に報告した（仲川ら，2006，2007）。

材料および方法

1. マイクロ波照射による土壌殺菌効果

マイクロ波の照射が土壌中の微生物に及ぼす影響を明らかにするために、家庭用電子レンジ（シャープ社製RE-F360，出力500W）を使い、ピーカー（200ml）に入れた土壌にマイクロ波を照射して菌密度の変動を調べた。土壌には中央農研内圃場より採取したクロボク土を使い、草の根や小石等を取り除いた後5mm目の篩を通した。このうち約半分を生土壌としてそのまま供試するとともに、残り半分をパットに薄く広げて数日間風乾させ、風乾土壌として用いた。これら是一部を採取し、土壌水分を測定した。土壌にはふすま土壌培地で25℃暗黒下24日間培養したハウレンソウ萎凋病菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *spinaciae* M2-1菌株（*nir*変異株）を土壌1.5Lに対し約30gの割合で混和した。照射試験に用いる土壌量は200mlピーカー当たり50，100，200ml容の3段階とし、マイクロ波は、0.5，1.0，2.0，4.0，10.0分間照射した。処理後、土壌はクリーベンチ内に保持して放冷し、総糸状菌数、総細菌数、ハウレンソウ萎凋病菌数をそれぞれストレプトマイシン加用ローズベンガル培地、アルブミン寒天培地およびGMBP培地（竹原ら，1995）を用いて計数した。

2. 試作マイクロ波消毒機による土壌消毒効果

中央農研（観音台）内の隔離圃場を使い、クロルピクリン剤で土壌燻蒸消毒した圃場に、ハウレンソウ萎凋病菌（M2-1菌株 *nir*変異株）のふすま培養物（25℃暗黒下1ヶ月培養）を300g/m²の割合で2005年4月28日に接種後、ハウレンソウ（品種おかめ）を一作栽培（播種：4月28日，鋤込み：7月15日）して汚染圃場とした。

マイクロ波土壌消毒機はトラクタ連結式サブソイラ型（第1図a）と深耕ロータリー型（第1図c）の2タイプについて試験した。試験に要する電力は、1995年試験ではトラクター直結式発電機を、また、2006年ではトラックに乗せた発電機を用いて、電力を供給した。サブソイラ型では、サブソイラのチゼル支柱にマイクロ波の導波管を組み込み、チゼル支柱の側面からマイクロ波を照射して土壌を加熱する。チゼル支柱（巾40cm×高さ40cm）は2枚を23cm間隔で配し、出力3kWのマイクロ波照射部位を片側4カ所ずつ設け、1枚のチゼル間に入った土壌（巾23cm×深さ20cm）に対し3×8kWのマイクロ波を照射できる（第1図b）。一方、深耕ロータリー型ではロータリー部（ベース：NIPLO社製PZ1200型，180×120×100cm，800kg・回転数PTO540時80rpm）付近に出力3kWの照射機を6基配し、土壌を攪拌しながらマイクロ波を照射するとともに、土壌均平板部にも6基の照射部位を配し、巾1.2m×深さ20cmの土壌に対して3×12kWのマイクロ波を照射できるものとした（第1図d）。

マイクロ波照射はサブソイラ型では2005年10月24日に定置処理と走行処理を行った。定置処理では巾23cm×長さ1.5m×深さ20cm規模で3ヶ所について消毒機を停留してマイクロ波を照射した。本処理では、照射部位の温度は照射後5分程度で90℃前後に到達するため、地温を測定しながら90℃に達した段階で照射を止めた。また、走行処理では、巾23cm×深さ20cmで約16mに亘りトラクターを速度約0.01m/秒で稼働させながらマイクロ波を連続照射させた。処理後土壌の温度変化は、10月24日の定置処理についておんどとり（株）ティアンドデイ社製TR-71U）を用いて計測した。

一方、深耕ロータリー型では2006年9月21日に定置処理と走行処理を行った。定置処理では、巾1.2m×長さ1.5m×深さ25cmの土壌に対し40秒間または60秒間マイクロ波を照射した。処理後、試験区上をエアークラップ（巾1.2m，粒径10mm，粒高4mm，川上産業製ポリエチレンフィルム製包装緩衝剤）で被覆し、処理後の温度変化をおんどとり（TR-71U）で計測した。一方、走行処理では巾1.2m×長さ18m×深さ25cmの土壌に対し前述に準じて連続走行照射を行った。

土壌処理翌日、ハウレンソウ（品種おかめまたはトライ）を条間20cm株間7cmで1カ所2粒播種し、播種7日後に出芽率を調査するとともに収穫時に下記基準に基づいて発病程度別に調査し、発病株数を調査すると

ともに2006年12月6日の調査では、以下の基準に従って発病度を求めた。防除価は発病株率、発病度から求めた。

発病指数, 0: 無発病, 1: 下葉の黄化・僅かな萎凋, 2: 軽い萎凋, 3: 株全体に激しい萎凋, 4: 枯死。

発病度 = $100 \times (\text{発病指数} \times \text{程度別発病本数}) / 4 \times \text{調査本数}$

発病調査は、2005年10月24日試験では11月24日と12月28日に調査を行った。また、2006年9月21日試験では11月2日と12月6日に行った。

土壌中の菌量は、各試験欠処理後に地表面下約5cm深部の土壌を採集し、平板希釈法により総糸状菌数、総細菌数、ハウレンソウ萎凋病菌数をストレプトマイシン加用ローズベンガル培地、アルブミン寒天培地および GMBP培地 (竹原ら1995) をそれぞれ用いて調査した。

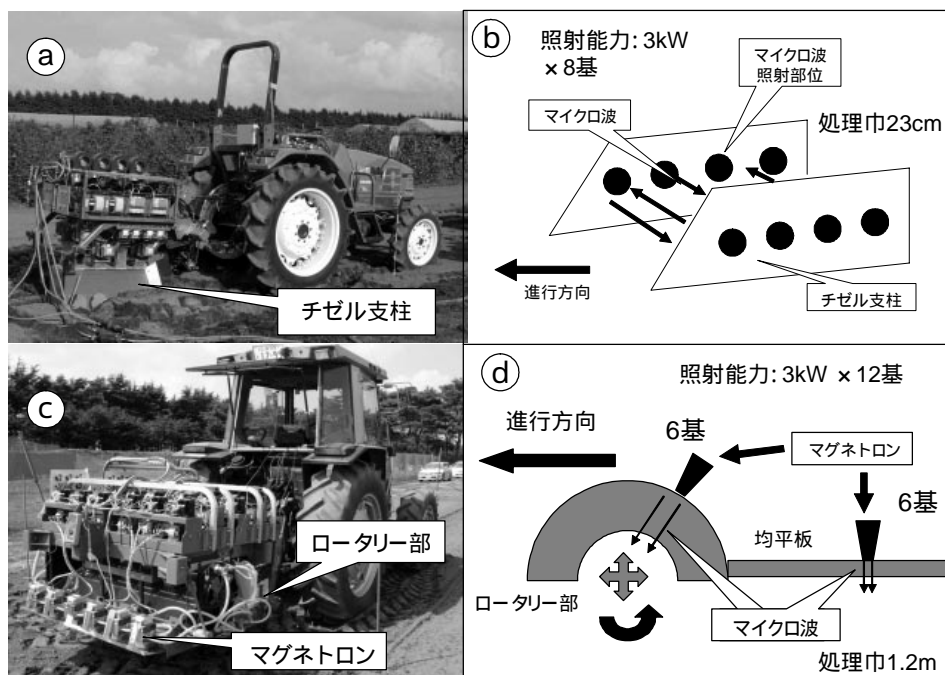
結 果

1. マイクロ波照射による土壌殺菌効果

土壌中の総糸状菌数はマイクロ波の照射により低下するが、200ml-0.5分間処理のように土壌量が多く処理時間が短い場合は、菌数低下効果は不十分となった。また、土壌量100および200mlの場合では、処理時間が長いほど糸状菌量は大きく低下し、検出限界以下となった。しかし、土壌量が50mlの場合には、10分間処理しても生存菌が認められた。このことは、ハウレンソウ萎凋病菌数においても同様に土壌量が多い場合 (100, 200ml) には、照射時間が短いと菌の生残が認められた (第1表)。

土壌中の総細菌数も糸状菌数の変化と同様な傾向を示し、マイクロ波照射により低下するものの、処理土壌が多く、処理時間が短い場合は多くが生残した。

また、土壌の含水率と消毒効果との関係では、処理



第1図 試作マイクロ波土壌消毒機とマイクロ波照射のイメージ図

a, b: サブソイラ型では、幅23cm×深さ20cm間のチゼル支柱に挟まれた土壌に対し、器械上部のマグネトロンにより発生させたマイクロ波を導波管を通じて、左右のチゼル支柱に各4基ずつ設けられた照射部位から照射 (合計3kW×8基) する。

c, d: 深耕ロータリー型では、幅1.2m×深さ25cm間の土壌に対し、ロータリー攪拌時に6基のマグネトロンからマイクロ波照射を行うとともに、攪拌後の土壌に対して均平板に設けた6基のマグネトロンからも照射 (合計3kW×12基) する。

後土壌の菌数減少率を見ると、細菌数は含水率が低い場合（19.4%）は高い場合（33.3%）に比べて減少し難い傾向が認められたが、糸状菌数については一定の傾向は認められなかった（第1表）。

2. 試作マイクロ波消毒機による土壌消毒効果

1) サブソイラ型土壌消毒機を使い、2005年10月24日にマイクロ波照射を行った場合の処理土壌の地温変動を第2図に示した。地温はマイクロ波照射により照射の中心部で80 近くにまで急激に達し、その後2時

間の間に40 近くに低下した。照射中心部近傍10cm地点の地温は、中心部からの熱伝導によりゆっくりと高まるものの、処理1時間程度で40 近くまで到達した後は徐々に低下した。

ハウレンソウ萎凋病の発病株率はマイクロ波の定置処理および連続走行処理とも低下する傾向が認められた（第2表）。処理土壌中の総糸状菌数および総細菌数は、係数レベルの低下は認められるが、オーダーレベルでの低下は認められず、このことは、ハウレンソウ

第1表 マイクロ波照射が土壌の微生物相に及ぼす影響（クロボク土）

土壌の含水率 (%)	処理条件		総糸状菌数 (×10 ⁴ cfu/g乾土)	ハウレンソウ萎凋病菌数 (×10 ⁴ cfu/g乾土)	総細菌数 (×10 ⁴ cfu/g乾土)	
	体積(ml)	時間(分)				
33.3	50	0.5	35.5 (0.04) ^{a)}	ND ^{b)} (0.00)	76.5 (7.45)	
	50	1	2.0 (0.00)	ND (0.00)	12.3 (1.20)	
	50	2	2.1 (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
	50	4	0.7 (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
	50	10	21.4 (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
	100	0.5	927.5 (1.02)	43.5 (0.63)	1489.9 (45.14)	
	100	1	45.7 (0.05)	ND (0.00)	69.1 (6.73)	
	100	2	ND (0.00)	ND (0.00)	29.0 (2.83)	
	100	4	ND (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
	100	10	ND (0.00)	ND (0.00)	2.1 (0.20)	
	200	0.5	102409.6 (112.54)	5743.3 (83.80)	1091.5 (106.30)	
	200	1	2293.3 (2.52)	633.3 (9.24)	1962.7 (191.20)	
	200	2	ND (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
	200	4	ND (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
	200	10	ND (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
		無	処	91000.0 (100.00)	6853.3 (100.00)	1026.5 (100.00)
	19.4	50	0.5	42.2 (0.86)	ND (0.00)	176.6 (22.73)
		50	1	13.0 (0.27)	ND (0.00)	66.8 (8.60)
		50	2	4.9 (0.10)	ND (0.00)	42.7 (5.49)
		50	4	ND (0.00)	ND (0.00)	28.4 (3.65)
50		10	1.1 (0.02)	ND (0.00)	10.0 (1.29)	
100		0.5	335.2 (6.85)	ND (0.00)	623.5 (80.23)	
100		1	0.6 (0.01)	ND (0.00)	5.2 (0.67)	
100		2	ND (0.00)	ND (0.00)	52.7 (6.78)	
100		4	ND (0.00)	ND (0.00)	19.4 (2.50)	
100		10	ND (0.00)	ND (0.00)	4.7 (0.60)	
200		0.5	4710.0 (96.30)	158.9 (81.28)	1545.0 (198.82)	
200		1	2.3 (0.05)	ND (0.00)	17.7 (2.28)	
200		2	0.5 (0.01)	ND (0.00)	10.9 (1.40)	
200		4	0.6 (0.01)	ND (0.00)	10.4 (1.34)	
200		10	ND (0.00)	ND (0.00)	ND (0.00)	
		無	処	4890.0 (100.00)	195.5 (100.00)	777.1 (100.00)

a) 括弧内の数値は無処理区の各菌数を100とした時の相対値

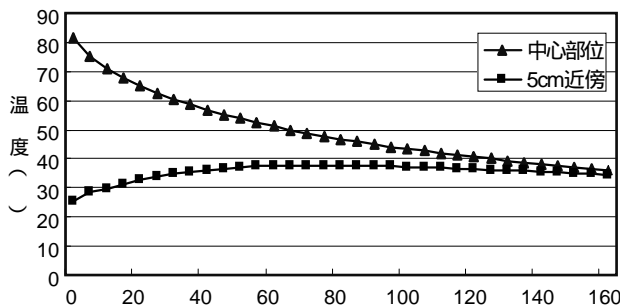
b) 検出されず

ウ萎凋病菌の密度についても同様であることから、消毒効果はないと判断された(第3表)。

2) 深耕ロータリー型土壤消毒機を使い、2006年9月21日にマイクロ波を定置処理した後の土壤の温度変化を第3図に示した。マイクロ波照射により表層の地温は80 近くまで急激に達し、その後約2時間(40秒間照射区: 1時間45分, 60秒間照射区: 2時間0分)

で50 近くまで低下した。深度5cmの地温は、40秒間照射区では測定期間中は50 を越えることはなかったが、60秒間照射区では処理後1時間5分に亘り50 以上となった。

マイクロ波の60秒間定置処理はハウレンソウ萎凋病に対し高い防除効果を示し、発病株率からの防除価は67.2, 発病度からの防除価は70.4を示した。しかし、



処理後経過時間 (分)

第2図 サブソイラ型マイクロ波土壤消毒機により定置処理を行ったときの処理土壤の地温の変化
マイクロ波による加熱は土壤中約10cm深部で行われ、ここでの地温を中心部温度として測定した。また5cm近傍は測定部位から約5cm離れた同一深度の地温

第2表 マイクロ波土壤消毒がハウレンソウ萎凋病の発生に及ぼす影響^{a)}

(サブソイラ型)

処理区名	出芽率 (%)	発病株率 (%)		防 除 価 ^{b)}		
		11月24日	12月28日	11月24日	12月28日	
定置処理	消毒区	90.4 ± 5.2	3.2 ± 1.2	6.3 ± 4.4	42.9	26.7
	無消毒区	88.1 ± 9.3	5.7 ± 4.9	8.6 ± 7.8	0	0
走行処理	消毒区	95.1 ± 0.7	2.3 ± 1.7	6.7 ± 2.8	60.3	36.2
	無消毒区	93.4 ± 3.7	5.8 ± 3.5	10.5 ± 5.1	0	0
無接種区	70.6 ± 8.6	- ^{c)}	-	-	-	

a) 数値は3反復の平均値 ± 標準偏差, 供試品種: トライ

b) 防除価は各処理区の無消毒区の値に対する相対値

c) 該当無し

第3表 マイクロ波土壤消毒が総糸状菌数, 総細菌数およびハウレンソウ萎凋病菌数に及ぼす影響^{a)}

(サブソイラ型)

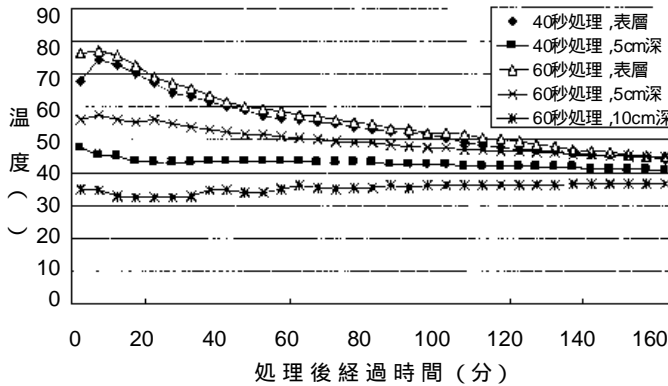
処理区名	総糸状菌数 (× 10 ⁴ cfu/g乾土)	総細菌数 (× 10 ⁶ cfu/g乾土)	ハウレンソウ萎凋病菌数	
			(× 10 ³ cfu/g乾土)	
定置処理	消毒区	7.8 ± 2.1	50.3 ± 7.8	1.2 ± 0.1
	無消毒区	8.2 ± 0.7	67.5 ± 6.4	3.0 ± 1.5
走行処理	消毒区	5.0 ± 2.3	30.0 ± 11.6	0.8 ± 0.9
	無消毒区	12.1 ± 3.6	37.8 ± 19.8	1.7 ± 1.2

a) 数値は3反復の平均値 ± 標準偏差

処理時間が40秒間の場合は効果は低かった（第4表）。一方、マイクロ波を連続走行処理した場合もハウレンソウ萎凋に対し高い防除効果を示し、発病株率による防除価は65.9、発病度からの防除価は62.0となった（第4表）。

マイクロ波照射後の土壌中の総糸状菌数は、定置処

理区では60秒処理区で、また連続処理区で連続処理が無処理区に比べて係数レベルの低下は認められるが、オーダーレベルでの低下は認められなかった。しかし、ハウレンソウ萎凋病菌数についてみると、連続処理での菌数低下は係数段階ではあったが、定置処理では60秒間照射処理区でオーダーレベルでの低下が認めら



第3図 深耕ロータリー型マイクロ波土壌消毒機により定置処理を行ったときの処理土壌の地温の変化

第4表 マイクロ波土壌消毒がハウレンソウ萎凋病の発生に及ぼす影響^{a)} (深耕ロータリー型)

処理区名	出芽率 (%)	発病株率 (%)		同左防除価 ^{b)}		発病度	同左防除価 ^{b)}
		11月2日	12月6日	11月2日	12月6日		
60秒間	79.7 ± 0.1	4.5 ± 1.4	11.7 ± 6.1	62.5	67.2	4.7 ± 2.6	70.4
定置処理							
40秒間	81.3 ± 4.1	6.6 ± 1.8	24.3 ± 4.4	32.3	31.9	12.1 ± 4.9	23.9
無消毒区	79.0 ± 4.2	9.6 ± 1.0	35.7 ± 3.1	0	0	15.9 ± 2.7	0
走行処理							
消毒区	71.8 ± 8.7	8.4 ± 1.3	14.8 ± 4.5	64.6	65.9	7.8 ± 2.5	62.0
無消毒区	65.5 ± 2.3	23.7 ± 11.6	43.4 ± 6.6	0	0	20.5 ± 2.6	0
無接種区	78.0 ± 4.0	- ^{c)}	-	-	-	-	-

a) 数値は定置処理は3反復の平均値 ± 標準偏差, 走行処理および無接種区は4反復の平均値, 供試品種: トライ

b) 防除価は各処理区が無消毒区の値に対する相対値

c) 該当無し

第5表 マイクロ波土壌消毒が総糸状菌数, 総細菌数およびハウレンソウ萎凋病菌数に及ぼす影響^{a)}

(深耕ロータリー型)

処理区名	総糸状菌数 (×10 ⁴ cfu/g乾土)	総細菌数 (×10 ⁶ cfu/g乾土)	ハウレンソウ萎凋病菌数 (×10 ³ cfu/g乾土)
60秒間	15.2 ± 6.2	20.3 ± 6.2	0.1 ± 0.1
定置処理			
40秒間	39.8 ± 29.9	31.3 ± 12.4	1.2 ± 1.2
無消毒区	45.0 ± 13.7	25.3 ± 5.6	4.6 ± 4.0
走行処理			
消毒区	61.1 ± 23.1	29.8 ± 11.5	3.3 ± 1.5
無消毒区	83.2 ± 14.0	27.0 ± 4.0	9.4 ± 7.0

a) 数値は3反復の平均値 ± 標準偏差

れ、菌はほとんど検出できなかった(第5表)。

考 察

一般にマイクロ波による殺菌効果を期待する場合、処理する土壌の量は少なく、かつ、照射時間は長い方が有効であると考えられる。このことは第1表において、土壌処理量が100および200mlの場合には、処理時間が一定であれば処理土壌が少ない方で生残して分離される菌数が少なく、また、処理時間が長くなるに従い分離菌数が低下することからも支持される。しかし、処理土壌量が50mlと少量の場合には、10分間に亘って処理を加えても菌の生残が認められた。土壌を電子レンジで加熱処理することでピーカー壁面には多数の水滴が付着した。水滴は土壌が100および200mlの場合には、処理時間が長いほど多量に付着した。しかし、土壌量が50mlの場合には1分間の処理でピーカー中心部土壌に乾燥部分が生じ、4分間処理でピーカー内土壌全体が変色、10分間では土壌全体が白化・乾燥した。ピーカー壁面への水滴の付着は1~4分間処理では僅かに生じたが、10分間処理では認められなかった。このため、マイクロ波処理では水分子の分子摩擦によって熱エネルギーが生じて発熱することから、土壌量が僅少な場合は、発熱に関わる水分が少ないことで十分な消毒効果が得られなかった可能性がある。特に、ピーカーを用いた試験では、上方には蓋がないため、処理時間が長いと水分は直ちに蒸発してしまい有効な消毒効果を発揮させることができなかったものと考えられる。このことは、土壌水分の異なる土壌(土壌水分33.3%および19.4%)において、土壌水分が多い場合には処理時間の長さに応じて細菌数は低下し、2分間以上に及ぶと検出されなくなったが、土壌水分が低い場合では、10分間処理をしても菌が生残することとも一致する(第1表)。すなわち、マイクロ波土壌消毒では土壌水分量が少ない場合は効果が安定しない可能性があることを示唆しており、処理する上での有効土壌水分の範囲を明らかにする必要がある。特に、マイクロ波による土壌温度の上昇傾向は土性により異なる(谷脇, 2006)ことから、消毒効果に及ぼす土壌水分の影響を土質等を絡めて明確にすることが必要である。

サブソイラ型土壌消毒機では、2枚のチゼル支柱の間に挟んだ土壌に対し、両脇からマイクロ波を照射するものである。照射は土壌中に約20cmの深さに挿入されたチゼル支柱の約半分位に位置する導波管口より

行われるが、本方式では十分な効果が示せなかった。このことはマイクロ波の照射が土壌中の約10cm深部で行われ、土壌の表層付近での加熱効果が無いことと、照射部分以外は照射部位からの熱伝導により温度が伝わり、加熱むらが生じるために病原菌が生残するためと考えられる。一般に土壌病原菌は40~50の熱が数時間持続すると死滅する(Katan, 1981)とされる。ハウレンソウ萎凋病菌についてみれば、湿潤な土壌(含水率27%)では、50~55以上の温度にあうと短時間に死滅する(竹内, 2002)とされ、このことは、岡山ら(2003)がハウレンソウ萎凋病菌汚染土をビニル等で包んで家庭用電子レンジ(500W)で加熱して60以上の温度で30分間保持することで萎凋病の発生は抑えられることを明らかにしていることと一致する。また、ハウレンソウ萎凋病の発生には土壌の地下部よりは表面の浅い部分に存在する病原菌が大きく関与する(竹内, 2002)。本試験では地表面の温度変化を測定していないが、同時に測定した5cm近傍への温度の伝導が悪いことを考えると、サブソイラ型の処理では病原菌が主に棲息すると考えられる地表面への加熱効果が低いことが消毒効果の現れない原因と考えられる。

深耕ロータリー型では攪拌した土壌にマイクロ波照射するとともに攪拌後の土壌を均平板により平らにさせながらマイクロ波を再度照射させるものであり、地表面への加熱を重視したものである。本試験では、これにより地表面から5cm深部への土壌加熱効果が高まり(第3図)、60秒間照射区では処理後1時間5分に亘り50以上を維持できるなど高い効果が認められた。走行処理区では温度測定していないため明確ではないが、ハウレンソウ萎凋病防除効果は走行処理区でも認められた。このことは竹内(2002)が報じたように、本病菌は表層付近に棲息して比較的低い温度の短時間処理で死滅することが有効に作用したものと考えられる。このため、今後は走行処理後の温度変化を克明に調べるとともに、供試病原菌を変えて、各種土壌病害に対する走行処理の有効性を明らかにする必要があるだろう。

サブソイラ型の土壌消毒では、マイクロ波により高まった地温は、処理後急激に低下した(第2図)ことから、深耕ロータリー型では処理後の地温を維持させるため、エアークャップによる被覆を行った。今回の試験では、同一条件においてエアークャップの有無を

明らかにするための試験区を設けていないため、その有効性については判定できないが、実用化を進めて行く中で、今後は気温の低い時期における処理も想定する必要があり、処理土壌の有効温度を如何に保つかは重要な課題となる。このため、ポリフィルム等を用いた被覆の有効性について明らかにする必要があるだろう。

今回試作した深耕ロータリー型の消毒機は土壌線虫防除に対しても有効性を示している(水久保ら, 2007)。このため、現有器機に高出力化や軽量化等の改良を加えとともに、本法が利用可能な土壌条件(土質、土壌水分等)や病害虫の範囲を明確させることで、マイクロ波を用いた消毒法を有効な土壌消毒法の一つとして確立する事が大切である。

引用文献

- Katan, J. (1981) Ann. Rev. Phytopath. 19 : 211 - 236.
- 水久保隆之ら (2007) 第51回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨71pp .
- 仲川晃生ら (2006) 土と微生物 60 : 134 (講要).
- 仲川晃生ら (2007) 平成19年度日本植物病理学会大会プログラム・講演要旨予稿集62pp .
- 岡山建夫ら (2003) 日植病報 69 : 284 (講要).
- 竹原利明ら (1995) 日植病報 61 : 606 (講要).
- 竹内将史 (2002) 熱水土壤消毒その原理と実践の記録 . 西和文ほか編 . (社)日本施設園芸協会 . 東京 . pp.32 - 38 .
- 谷脇 憲(2006) 農業技術体系 土壌施肥編5- . 農村文化協会, 東京 . 追録第17号畑216の7 pp.16 - 18 .