

二重管式ヒートパイプを用いた培土消毒装置¹

植草秀敏・岡本昌広・草野一敬・小林正伸*
(神奈川県農業総合研究所・*神奈川県農業振興課)

A Nursery Soil Sterilizer Using the Heat-pipes of a Double Pipe System.

Hidetoshi UEKUSA², Masahiro OKAMOTO, Kazutaka KUSANO and Masanobu KOBAYASHI

摘 要

水平設置型の二重管式ヒートパイプを用いた育苗用・鉢物用培土の消毒装置を作製し、トマト萎凋病菌とキュウリ苗立枯病菌の汚染土を用いて、本装置の消毒効果を検討した。ボイラーのサーモスタットを60 に設定し、消毒装置中央部に設置して、7日間消毒を行い、フザリウム属菌の菌密度への影響を調べたところ、ほとんどの場所で菌密度は検出限界以下まで減少した。キュウリ苗立枯病については、キュウリ種子の発芽試験を行ったところ、実用上問題ない程度に消毒された。60 の設定で7日間消毒を行い消費した灯油は12.7 lであった。また、45 の設定で培土にショ糖を混和して土壤還元消毒を併用し、7日間の消毒を行ったところ、十分な消毒効果が認められた。45 の設定で消費した灯油は10.2 lであった。

神奈川県内では、育苗用・鉢物用培土の消毒に年間を通して、多くの臭化メチル剤が用いられている。2005年に全廃される臭化メチル剤の代替として、さらには化学合成農薬の使用を削減した土壤消毒技術の開発が緊急に求められている。一方、安全・低コストで熱伝導性にすぐれた燃費効率のよいヒートパイプが様々な分野で活用され、農業分野においても土壤の消毒や地温を上げるために用いられ始めている。中でも、二重管式で連結でき、水平設置が可能なタイプは拡張性や汎用性があり、土壤消毒にはもっとも適していると思われる。そこで、このタイプのヒートパイプを用いた培土消毒装置を作製し、土壤病原菌の汚染土を用いて消毒方法を検討した。

材料および方法

消毒装置は内側にトタンを貼り付けた木製容器(幅600mm×長さ1300mm×高さ600mm)を消毒槽とし、中に3本のヒートパイプ(三和銅器株式会社製パワーヒートパイプ長さ1100mm)をゴム管で連結し水平に設置した。培土(赤土:腐葉土:牛ふん堆肥=7:

2:1容量比,含水率30~40%)を40cmの高さに入れ、サーモスタット(センサー位置:消毒槽の中央・深さ20cm)、汚染土、地温測定用温度計を設置し、容器と同じ材質の蓋をして、ヒートパイプを温湯ボイラー(出力29.1kW,燃料消費量3.5 l/h)に接続して加温した(第1図)。

試験には、2種類の土壤病原菌の汚染土を用いた。トマト萎凋病菌(*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*)は、ブドウ糖加用ジャガイモ煎汁液体培地で培養した菌体(25, 4日間振盪培養, $1.8 \sim 3.9 \times 10^6$ cfu/ml)を洗浄し濾過後、赤土(含水率35%程度)に乾燥土1gあたり 1.0×10^6 cfu程度を混和した。室温で、20~40日間培養した後、腐葉土と牛ふん堆肥を混合して汚染土を作製した。供試前における汚染土の菌密度は 1.0×10^6 cfu/g乾土程度であった。キュウリ苗立枯病菌(*Rhizoctonia solani*)は、ブドウ糖加用ジャガイモ煎汁液体培地で静置培養した菌体を洗浄し濾過後、滅菌水を加えてワーニングブレンダーで磨砕して、赤土(最終含水率40%程度)に混和した。室温で20~40日間培

1 本報の要旨は第50回関東東山病害虫研究会(2003年1月23日千葉県千葉市)において発表した。

2 Address: Kanagawa institute of agricultural research, Kamikisawa 1617, Hiratsuka, Kanagawa 259-1204, Japan
2003年5月28日受領

養した後、腐葉土と牛ふん堆肥を混合して汚染土を製作した。

汚染土の消毒装置への設置および回収は内径10cm、長さ50cmの鉄管を用い以下のように行った。消毒槽に予め印を付けて鉄管を立て、鉄管に入らないように培土を高さ40cmまで消毒槽に入れる。鉄管内に汚染土を一定量入れて、鉄管を垂直に引き抜いて設置した。7日間加温後、先に印を付けた場所に鉄管を垂直に差し込み、周囲の培土を取り除き鉄管ごと汚染土を回収した(第2図)。

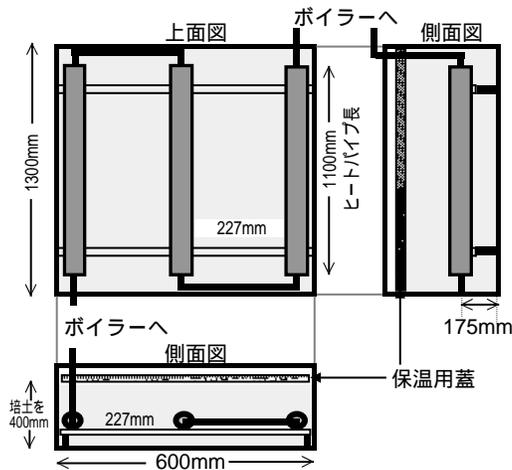
土壤中のフザリウム属菌密度の測定は、土壤に滅菌蒸留水を加え、10で1時間振盪し、コロニー測定に適する濃度に4の滅菌蒸留水で段階希釈し、フザリウム選択培地(駒田, 1976)を用いて希釈平板法を行った。1シャーレあたりの検出限界は80cfu/g乾土で、2~3枚の平均で算出した。数字上の最低検出値は

27cfu/g乾土である。

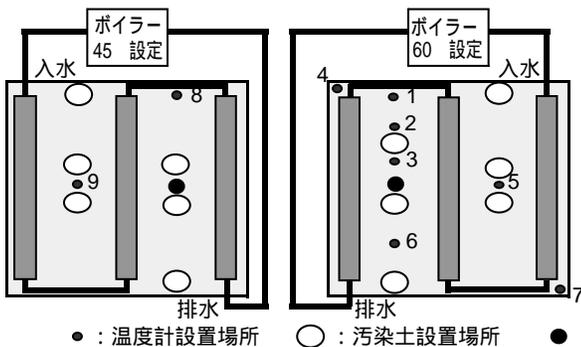
キュウリ苗立枯病の生物検定は、回収した加温後の汚染土を同量の培土と混合して1区5鉢(9cmポット)に詰め、鉢あたりキュウリの種子を5粒播種し、発芽率を調査した。

結 果

サーモスタットを60に設定して、7日間の加温を行い、その間の各温度以上に達した累積時間を第1-1表に示した。このときの灯油使用量は12.7/であった。消毒槽中の培土はほとんどの部分で、50以上の温度が100時間程度維持されていたが、表面付近と底の部分はいずれの場所においても50に達しなかった。また、消毒槽の角の部分は培土の中層においても50に達しなかった。この条件による加温がフザリウム属菌密度に及ぼす影響を調査したところ、設置した汚染土中のフザリウム属菌密度はほとんどの部分で検



第1図 二重管式ヒートパイプを用いた培土消毒装置の概略図



第2図 汚染土・温度計の設置状況及び消毒装置の配置

出限界以下まで菌密度が減少した。しかし、汚染土を消毒槽の端に設置した区の一部で菌密度の高い部分があった(第2表)。

サーモスタットを45 に設定して、7日間の加温を行い、その間の各温度以上に達した累積時間を第1-2表に示した。このときの灯油使用量は10.2 lであった。消毒槽中の培土はほとんどの部分で、40 以上の

温度が100時間程度維持されていた。この条件による加温がフザリウム属菌密度に及ぼす影響を調査したところ、シヨ糖を添加した場合はほとんどの部分で検出限界以下まで菌密度が減少したのに対して、シヨ糖を添加しない場合にはどの部分も菌密度は高いままであった(第2表)。

キュウリ苗立枯病菌の汚染土を設置して、サーモス

第1-1表 ヒートパイプ培土消毒装置の60 設定による土の温度累積時間

温度計設置場所	深さ	平均	最高	>55	>50	>45	>40
1	0cm	36.1	41.4	0	0	0	54
	10cm	40.3	45.2	0	0	12	130
	20cm	47.4	51.5	0	107	138	148
	30cm	46.8	50.7	0	44	138	148
	40cm	39.6	43.8	0	0	0	132
2	0cm	40.1	46.9	0	0	72	124
	10cm	45.0	51.6	0	87	124	134
	20cm	49.3	54.7	0	122	136	145
	30cm	47.3	52.5	0	115	133	142
	40cm	42.7	48.0	0	0	117	134
3	0cm	41.3	48.3	0	0	111	126
	10cm	45.9	52.2	0	108	125	135
	20cm	49.8	55.1	0	123	136	145
	30cm	48.1	53.6	0	117	133	142
	40cm	43.1	48.8	0	0	118	133
4	0cm	30.9	36.2	0	0	0	0
	10cm	36.5	40.9	0	0	0	23
	20cm	45.3	48.3	0	0	139	151
	30cm	43.5	46.7	0	0	73	148
	40cm	36.4	40.0	0	0	0	0
5	0cm	41.1	47.7	0	0	108	126
	10cm	49.6	54.9	0	123	136	145
	20cm	45.7	51.7	0	108	126	136
	30cm	46.6	52.2	0	111	129	139
	40cm	41.9	47.5	0	0	113	130
6	20cm	46.5	52.5	0	114	130	138
7	20cm	33.9	38.2	0	0	0	0

注) 加温は7日間行い、その間の外気の平均温度: 6.3、最低温度: -2.5、最高温度: 19.0、ボイラー排水口の平均温度: 72.2、最高温度: 76.2、0cm = 表面、40cm = 消毒槽底、設置場所の数字は第2図に示す

第1-2表 ヒートパイプ培土消毒装置の45 設定による土の温度累積時間

温度計設置場所	深さ	平均	最高	>50	>45	>40	>38	>38
8	20cm	40.4	47.1	0	12	121	150	152
	30cm	39.8	46.7	0	11	106	149	152
	10cm	38.0	42.8	0	0	122	134	138
9	20cm	41.5	46.4	0	11	142	146	149
	30cm	39.2	44.6	0	0	129	142	146

注) 加温は7日間行い、その間の外気等は第1表と同じ、設置場所の数字は第2図に示す

タット60 設定, 7日間の条件で加温し, 加温後の汚染土でキュウリ種子の発芽試験を行ったところ, 無加温の汚染土ではすべて発芽しなかったのに対し, 加温した場合にはいずれの部分も, キュウリ種子の発芽率は高かった(第3表)。

サーモスタット60 設定で加温を行い, 経時的に汚染土を回収して, フザリウム属菌密度を測定した。また, その間の温度変化(温度計設置場所: 3, 第2図)を測定した。加温開始後, 117時間頃には菌密度は1/10程度まで減少し, 144時間頃には検出限界以下に減少した(第4表)。培土はどの部分の温度も加温開始から72時間頃まで上昇し, その後は一定の温度を維

持した(第3図)。

考 察

本消毒装置でサーモスタット60 設定, 7日間の加温による消毒を行ったところ, ほとんどの部分でフザリウム属菌密度は検出限界以下まで減少するが, 温度の上昇が不十分な部分にはかなりの菌が生き残った。温度の上昇が不十分だった部分は, すべて消毒槽の壁, 底あるいは保温用の蓋に接している周辺の培土であった。試験を行った時期が冬期であり, 気温が低い状態(平均気温6.3, 最低気温-2.5)ではあったが, 冬期における使用も考慮し, 実用上は消毒槽と蓋の部分の保温性を高める必要がある。また, 農業現場では床

第2表 ヒートパイプ培土消毒装置による土中フザリウム属菌密度に及ぼす影響

設定温度	シヨ糖添加	設置場所	土	深さ	菌密度 (cfu/d · s · g)
60	-	端A	培土	上層	3.6×10^4
				中層	1.3×10^3
				下層	6.9×10^1
		端B	培土	上層	4.4×10^1
				中層	0.0
				下層	0.0
	中A	培土	上層	0.0	
			中層	0.0	
			下層	0.0	
		赤土	赤土	上層	1.4×10^1
				中層	0.0
				下層	0.0
中B	培土	上層	0.0		
		中層	0.0		
		下層	0.0		
	+	中B	培土	上層	0.0
			中層	0.0	
			下層	0.0	
45	-	端	培土	上層	1.2×10^4
				中層	2.8×10^3
				下層	2.4×10^3
		中	培土	上層	2.9×10^4
				中層	2.1×10^3
				下層	1.1×10^3
	+	端	培土	上層	0.0
				中層	0.0
				下層	5.0×10^1
		中	培土	上層	0.0
				中層	0.0
				下層	0.0
無加温	-	-	培土	-	2.1×10^5

注) 加温は7日間行った。 0.0: 検出限界以下 (<8.0E+01cfu/g · dry soil)

土などを一定の高さに堆積した状態でのヒートパイプの設置が想定されるが、床土表面の保温性を保つことが最も重要と思われる。

第3表 キュウリ苗立枯病菌に対する培土消毒装置の効果

区	深さ	キュウリ種子発芽率
消毒装置端部分	上層	90.0%
	中層	95.0%
	下層	85.0%
消毒装置中央部分	上層	95.0%
	中層	100.0%
	下層	95.0%
汚染土	-	0.0%
無接種土	-	90.0%

注) 消毒は、7日間行った。9cmポットにキュウリ種子を5粒播種して、4週間後に発芽を調査した。

第4表 ヒートパイプ培土消毒装置のフザリウム菌密度経時変化

加温時間	菌密度 (cfu/d・s・g)	水分含量 (%)
0	2.1×10^5	39.2
117	2.9×10^4	43.1
124	6.3×10^2	43.7
144	0.0	41.9
166	0.0	40.3

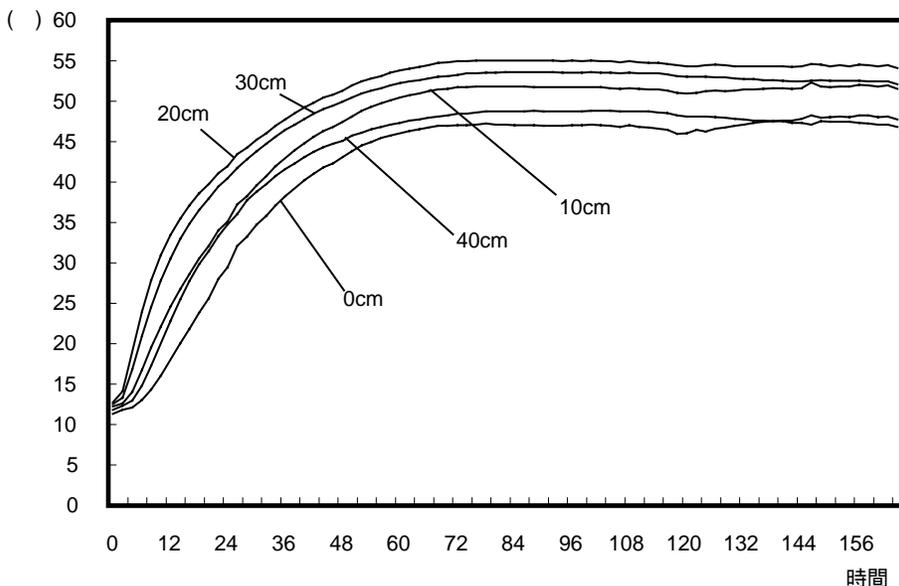
注) 0.0: 検出限界以下 (<8.0E+01cfu/g・dry soil)

土壌還元消毒法(新村, 2000)は、土壌に有機物を加用し十分に灌水して太陽熱で加温することで消毒できるが、有機物にショ糖を用いて、土壌含水率が30~40%程度の場合、40程度の温度を100時間維持することで十分に消毒できる(植草ら, 2002)。そこで、本消毒装置と土壌還元消毒を併用したところ、40程度の温度を100時間程度維持した部分は十分に消毒することができた。したがって、ヒートパイプを用いて土壌消毒を行う場合に様々な要因で、消毒の効果が不十分になることが想定される場合には、土壌還元消毒の併用は、消毒効果を高めるために有効と考えられた。

本試験に用いた二重管式ヒートパイプは各種長さのものを連結して様々な形の土壌消毒に対応可能であり、また、本試験と同規模のボイラーを用いて20~30mまで連結が可能である。適度に連結して用いることで燃費はさらに向上する。このヒートパイプは、農業分野において今後様々な応用が期待される。

引用文献

- 駒田 旦 (1976) 東海近畿農試研報 29: 132 - 267
- 新村昭憲 (2000) 農業技術体系 第5 - 1巻 (追録第11号): 畑212の6 ~ 9
- 植草秀敏ら (2002) 関東病害虫研報 49: 23 - 29



第3図 ヒートパイプ培土消毒装置地温経時変化 (設置場所: 3)