

# 花卉栽培における石油小型給湯器を用いた熱水土壤消毒

萩平淳也<sup>1</sup>・増田吉彦

和歌山県農林水産総合技術センター 農業試験場

Hot Water Soil Sterilization using Compact Oil Boiler on Flower Culture

Junya Hagihira<sup>1</sup> and Yoshihiko Masuda

*Agricultural Experiment Station*

*Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries*

## 緒 言

和歌山県の花弁は、冬季温暖な気象条件に恵まれた地域特性を活かして、産地振興が図られており、スターチス等の切り花は全国でも有数の産地となっている。近年では基盤整備も進み、重装備施設での栽培も行われているが、現在でも生産の中心は沿岸部の区画整備されていない小規模な施設圃場であり、このような圃場では長年の連作により土壤病害の発生も増加している。

土壤消毒は、臭化メチルやクロロピクリン等の薬剤くん蒸が行われてきたが、2005年の臭化メチル全廃や周辺環境への影響等から、新たな対応策が求められてきた。また、太陽熱土壤消毒も広く普及しているが、処理は夏期の高温期に限り、台風、長雨の影響で防除効果の劣る年も多く問題となっている。

その中で、熱水土壤消毒は全国的にも有効性が再認識され、各地で実用利用されるようになった。熱水土壤消毒装置についてもすでに10社を越える企業が実用的なシステムを販売している（北，2004）。

しかし、熱水土壤消毒装置は軽トラックに搭載可能なタイプも販売されているが、その多くはトラックの搬入路を必要とする。これに対し、石油小型給湯器は非常に小型で運搬も容易である。

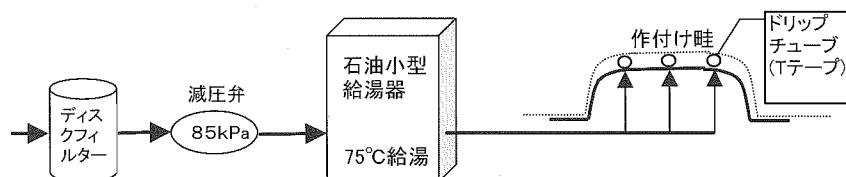
そこで、本県花卉産地の多くの小規模圃場に熱水消毒を適用するため、石油小型給湯器を用いた消毒法について検討した。

## 材料及び方法

### 1. 石油小型給湯器による熱水土壤消毒の処理法

石油小型給湯器の出湯量は少ないため、ベットまたは畦への処理とした。また圃場への処理はドリップチューブ（以下チューブ）を用いて12～24時間行った。処理は、耕耘、畦立て後にチューブ2～3本を並列に敷設

し、0.05mm厚のビニルフィルムで被覆した後、75℃の熱水を給湯した（第1図、第2図）。

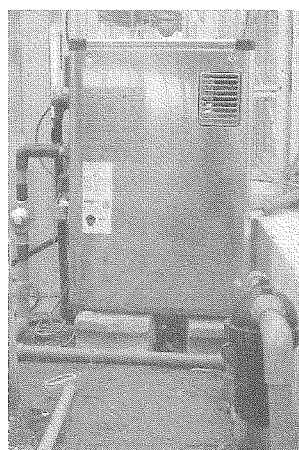


第1図 石油小型給湯器を用いた熱水土壤消毒の模式図

<sup>1</sup>現在：海草振興局農林水産振興部農業普及課



第2図 石油小型給湯器を用いた熱水土壤消毒の処理



第3図 石油小型給湯器

#### 石油小型給湯器（第3図）

（株）ノーリツ OEM OQB-405YS DIC 発熱量  
（定格出力）40,000kcal/h,

最高出湯温 75℃, 連続給湯可能, 灯油燃料消費量 5.4L/h,

外径寸法720mm×470mm×250mm, 質量31kg, 約25万円

#### ドリップチューブ（第4図）

T-テープ TSX508-20-500 内径 16mm, 吐水  
間隔 20cm, 吐水量 5 L/m/h, 約60円/m



第4図 ドリップチューブ

#### 試験1. ドリップチューブの敷設位置と熱水処理前の地表散水が地温上昇に及ぼす影響

2003年6月19, 20日, 農業試験場ガラスハウス内の木枠ベット（幅0.8m×10m）にチューブを地表面に40cm間隔で2本敷設した区（地表ドリップ）, 同様に地下10cmの位置に埋設した区（地下ドリップ）, 及び給湯前に地表面に水4.4L/m<sup>2</sup>を散水し（以下地表散水）, 地下10cmに埋設した区を設けた. 各区20時間をかけて250ℓ/m<sup>2</sup>を処理し, 地温の昇温効果について比較検討した.

地温は, 各処理区の給湯口から5m地点のチューブとチューブの中間点に熱電対温度センサを深度別に埋設し, データロガーを用いて計測を行った.

#### 試験2. 給湯口からの距離が出湯温におよぼす影響

2004年6月下旬～7月上旬の施設内において地表面に敷設した地表ドリップ区, 地中に埋設した地下ドリップ区の両区に給湯し, チューブに給湯口から5m間隔で挿入した温度センサで, 出湯位置による温度変化を測定した. また, 地表ドリップではトンネル被覆による二重被覆の保温効果を併せて検討した.

## 2. 防除効果

#### 試験3. キクのネグサレセンチュウに対する防除効果

試験1において, 予めキクのネグサレセンチュウの被害根を細かく切断して土壌全層に混和し, 防除効果を検討した. 処理区は地表ドリップ区, 地下10cmドリップ区, 地表散水後地下10cmドリップ区, 対照としてダゾメット粉粒剤30kg/10a処理区を設けた.

熱水処理3日後の6月23日, 各処理区にロゼ, プリンス, ハニーの3品種を直挿し, 栽培した. 8

月8日に各処理区からそれぞれの品種10～13株ずつを掘りあげて根の褐変程度を4段階で調査した。

#### 試験4. トルコギキョウ根腐病および立枯病に対する防除効果(現地試験)

前年、トルコギキョウにおいて立枯症状が発生していた農家施設圃場(畦幅1.2m×25m, 砂壤土)において、2004年8月4日、地表散水後、1450ℓ/㎡の熱水を処理した。チューブは地表面に敷設し、施設を閉め切って処理した。処理区はチューブを30cm間隔で3本敷設した区、および50cm間隔2本で敷設した区を設け、同一の熱水注入量での熱水の処理むらについて比較検討した。

熱水処理15日後の8月20日にトルコギキョウ苗(品種:ピッコロブルー)を定植した。調査は10月5日、11月10日に、各区任意の50本について草丈を測定し、1番花採花期の12月2日に各区任意の5株について根部褐変程度を5段階で評価し、褐変部より病原菌の分離を行った。また、2番花採花期の2005年5月10日に下位葉黄化株、萎凋株、欠株数を調査し、被害株より病原菌の分離を行った。

#### 試験5. スターチス萎凋細菌病に対する防除効果

##### 1) 汚染土壤の死滅温度試験

2mmメッシュを通した汚染土壌3gをプラスチックシリンジのシリンダーに入れ、それぞれ45, 50, 55℃の殺菌水5mlを注入し、シリンジ口より約1mlの水を流出させた後、上下のシリンジ口を閉じ、同様の温度条件のウオーターバスに浸漬した。1～48時間温度処理後に取り出し、シリンジ口より温水を排出した。得られた処理土壌は5mlの殺菌水に再懸濁後、上清を10倍および100倍に希釈して、50μlを青野らの選択培地に塗布し、28℃7日後に萎凋細菌病の特徴的なコロニーを計数した。

##### 2) 施設における太陽熱処理の併用効果

試験は場内ガラスハウス内の栽培ベットにおいて、スターチス萎凋細菌病の病原細菌を菌密度が $10^3$ および $10^5$  cfu/g土になるように接種した人工汚染土壌で行った。

2003年8月21日、地表散水後、地下10cmに埋設したチューブにより24時間かけて2900ℓ/㎡の熱水を処理した。さらに熱水処理終了後4日間ハウスを閉め切って太陽熱消毒を併用した区を隣接するハウスに設けた。また対照区として蒸気消毒2時間処理(供試蒸気消毒機SB-200PS, キャンバス法, 処理蒸気量48.2kg/㎡)とクロルピクリン30ℓ/10a処理を設けた。熱水および蒸気消毒の各区は4㎡, クロルピクリン区は2㎡とした。

熱水処理7日後の8月29日にポット苗(品種:アーリーブルー)を定植し、11月29日に発病程度別にすべての株について調査した。

##### 3) 露地におけるトンネル二重被覆条件での効果(現地試験)

前年のスターチス萎凋細菌病発生ハウスにおいて、ビニル被覆を除去した露地状態で、整形した畦(畦幅1.25×25m, 砂壤土)に対して、2004年8月17日、地表散水後にビニルトンネルを用い二重被覆した条件で熱水処理した。チューブは30cm間隔で3本を地表面に敷設した。熱水処理量は12時間で112ℓ/㎡の区、および18時間で176ℓ/㎡の区を設けた。

熱水処理19日後の9月5日に、ポット苗(品種:サンデーラベンダー)を定植(株間35cm×条間45cm, 2条植)し、10月12日にハウスをビニル被覆した。発病調査は10月5日および11月10日に、発病程度別にすべての株について行った。

## 結 果

### 1. 石油小型給湯器による熱水土壤消毒の処理法

#### 試験1. ドリップチューブの敷設位置と熱水処理前の地表散水

6月の2500ℓ/㎡の熱水処理では、地表ドリップ区において地下20cmの地温がネグサレセンチュウ類に有効とされる45℃を瞬時値として得たが、継続しなかった。しかし、チューブを地下10cmに埋設した地下ドリップ区では、地下20cmで最高地温が約7℃上昇し、45℃以上の地温は21時間継続した。

また、給湯前に地表面に均一に約4mmの散水处理をすると、さらに約6℃最高地温が上昇し、45℃以上の継続時間は27時間得られた(第1表)。

試験2. 給湯口からの距離が出湯温におよぼす影響

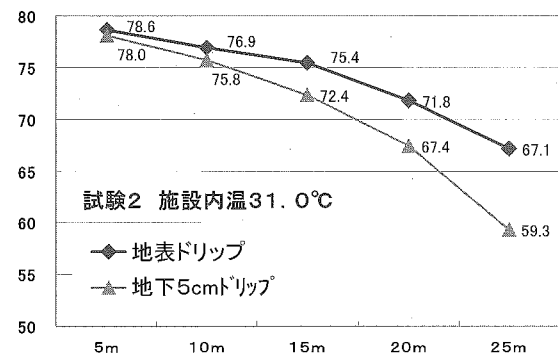
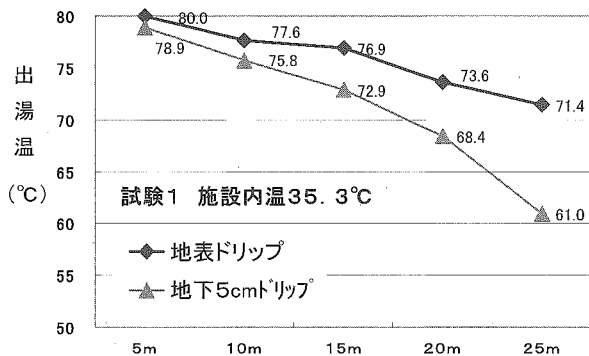
地表ドリップ区でのチューブからの出湯温は、給湯口からの距離に従い徐々に低下した。チューブの終端25m地点での出湯温は、施設内温度が35℃の時、71℃が確保できたが、施設内温度が31℃の場合は出湯温は67℃に低下した(第5図)。しかし、施設内温度が31℃の場合でも、処理畦にビニルトンネルで被覆すると終端の出湯温度が70℃に上昇した(第6図)。なお、夏期に施設内温度が50℃程度に上昇すると、チューブ長の影響は少なくなかった(データ省略)。

地下ドリップ区での各測定地点での出湯温は、施設内温度に対する影響は少なかったが、25m地点の出湯温は約60℃まで低下した(第5図)。

第1表 石油小型給湯器用いたドリップチューブによる熱水処理法と地温上昇効果(6月処理, 処理量250L/m<sup>2</sup>)

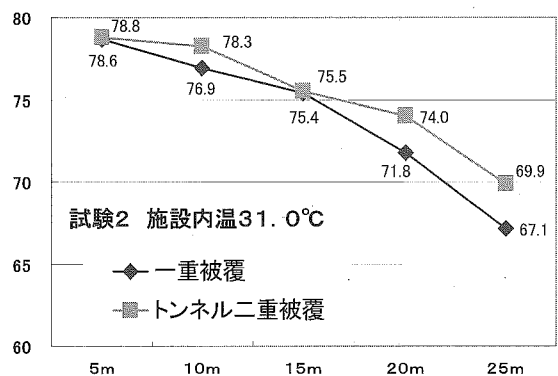
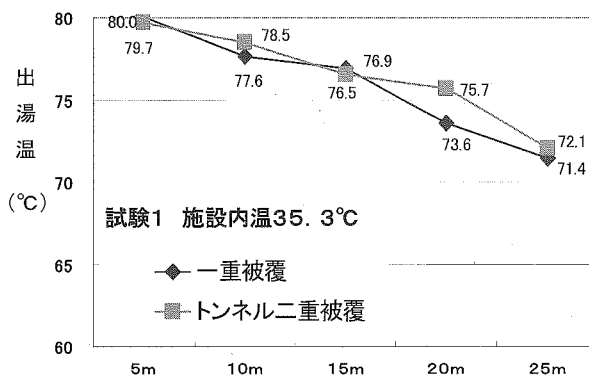
熱水処理方法	地温測定深度	各地温の継続時間(hr)		最高地温(℃)
		45℃≤	50℃≤	
地表ドリップ	5cm	10	0	49.4
	15cm	10	0	47.1
	20cm	0	0	45.0
地下10cmドリップ	5cm	13	5	51.9
	15cm	22	9	52.9
	20cm	21	7	51.9
地表面散水後 地下10cmドリップ	5cm	26	16	61.6
	15cm	28	20	59.4
	20cm	27	18	57.7

場所：場内ガラス温室(ベツ幅80cm 長さ10m)  
 処理：2003年6月19, 20日, 熱水処理はドリップチューブ2本を40cm間隔で並列に敷設し, 250L/m<sup>2</sup>(20.5時間)処理した。源水温22℃出湯75℃。地温は給湯口から5mのチューブとチューブの間で測定した。



第5図 給湯口からの距離が出湯温におよぼす影響

※場所：場内ガラスハウス(砂質土壤) 給湯温度75℃設定  
 試験1：2004年6月28日 11:50~14:40 平均施設内温35.3℃ 源水温25℃  
 試験2：2004年7月5日 10:00~13:00 平均施設内温31.0℃ 源水温25℃  
 測定値は試験1, 2とも出湯温が均衡状態になった処理開始3時間後の値



第6図 トンネルによる二重被覆が出湯温におよぼす影響

※場所：場内ガラスハウス(砂質土壤) 給湯温度75℃設定  
 試験1：2004年6月28日 11:50~14:40 平均施設内温35.3℃ 源水温25℃  
 試験2：2004年7月5日 10:00~13:00 平均施設内温31.0℃ 源水温25℃  
 測定値は試験1, 2とも出湯温が均衡状態になった処理開始3時間後の値

2. 防除効果

試験3. キクのネグサレセンチュウに対する防除効果

無処理区での品種間によるキクネグサレセンチュウの被害程度に差はみられなかったが、地表ドリップ区ではベット内位置における処理むらが大きかった(データ省略).

防除効果は地表面散水後の地下10cmドリップ熱水処理において最も優れ、ダゾメット粉粒剤と同等の高い防除効果が得られた(第2表).

試験4. トルコギキョウ根腐病に対する防除効果(現地試験)

8月の施設閉め切り条件下の処理では、給湯口から18m地点の地下25cmの地温は、3本処理および2本処理で、それぞれ最高62℃、52℃に達し、チューブを地表面に敷設し、145ℓ/㎡の処理量で十分な昇温効果が得られた(第3表). 本処理条件ではチューブ3本処理、2本処理ともに1番花採花期における調査ではトルコギキョウ根腐病に対してダゾメット粉粒剤と同等の高い防除効果が得られ、2本処理においても処理むらの影響は認められなかった(第4表).

さらに熱水処理区は2番花採花期のトルコギキョウ立枯病に対して高い防除効果が持続した(第5表).

第2表 キクのネグサレセンチュウ類に対する熱水処理の防除効果(6月処理, 処理量250L/㎡)

処理区	被害		防除価
	被害株率(%)	被害度	
地表ドリップ	51.2	31.2	63.6
地下10cmドリップ	5.1	5.1	94.0
地表面散水後 地下10cmドリップ	0	0	100
ダゾメット粉粒剤	0	0	100
無処理	100	85.6	—

直挿: 2003年6月23日, 調査8月8日  
被害度指数 =  $\Sigma(\text{被害程度} \times \text{被害株数}) \div (\text{調査株数} \times 3) \times 100$   
被害程度 0: 褐変無, 1: 褐変少(1%未満)  
2: 褐変中(1%~5%未満), 3: 褐変多(5%以上)  
値は3品種の平均値

第3表 石油小型給湯器を用いたドリップチューブによる熱水処理法と地温上昇効果(8月処理, 処理量145L/㎡)

熱水処理方法	地温測定 深度	各地温の経続時間(hr)		最高地温 (℃)
		45℃ ≤	50℃ ≤	
		チューブ30cm間隔 3本処理	5cm	
	15cm	39	20	66.3
	25cm	37	20	61.5
チューブ50cm間隔 2本処理	5cm	31	15	60.7
	15cm	38	16	52.9
	25cm	36	13	52.2

場所: 有田市施設圃場(畦幅120cm 長さ20m),  
処理: 2004年8月4日熱水処理は給湯前に地表面に散水し、地表面に並列に敷設したドリップチューブにより散湯した。  
3本処理区は12.5時間, 2本処理区は16.5時間かけて145L/㎡処理した。  
源水温17℃ 給湯温75℃. 地温は給湯口から18m地点のチューブとチューブの間地点で測定した。

第4表 トルコギキョウ根腐病に対する防除効果(8月処理, 1番花採花期調査)

土壤消毒法	処理方法	処理量および処理時間	根部の褐変程度指数		
			(12/2)	(10/5)	(11/10)
熱水消毒	チューブ30cm間隔 3本処理	145L/㎡ (12.5時間)	0	17.2	44.3
	チューブ50cm間隔 2本処理	145L/㎡ (16.5時間)	0	17.3	40.1
ダゾメット	30kg/10a		5	21.0	42.0
無処理			35	12.2	24.3

2004年8月20日定植  
被害度指数 =  $\Sigma(\text{被害程度} \times \text{被害株数}) \div (\text{調査株数} \times 4) \times 100$   
褐変程度 0: 褐変無, 1: 褐変少(褐変根数1~3本), 2: 褐変中(4~10本)  
3: 褐変多(11本以上), 4: 褐変甚(全体)  
褐変調査数: 5本, 草丈の調査本数: 50本  
注: 根の褐変部から *Pythium spinosum* が高率に分離され、根腐病の症状と考えられた。

第5表 石油小型給湯器を用いた熱水土壤消毒のトルコギキョウ立枯病に対する防除効果  
(8月処理, 2番花採花期調査)

土壤消毒法	処理方法	処理量および処理時間	下位葉黄 化株率 1)	萎凋株率 2)	欠株率 3)	被害株率 (%)
熱水消毒	チューブ30cm間 隔	145L/m <sup>2</sup> (12.5時間)	0.5	0.0	1.5	2.0
	チューブ50cm間 隔	145L/m <sup>2</sup> (16.5時間)	5.0	0.5	2.5	8.0
ダゾメット	30kg/10a		17.0	16.5	10.5	44.0

2004年8月20日定植, 2005年5月10日調査, 調査株数: 各区100株×2か所

注: 1), 2) では発病株の根および導管部から *Fusarium oxysporum* が分離され, 立枯病の症状と考えられた。

3) は被害株が除去され欠株となっているもの。

### 試験5. スターチス萎凋細菌病に対する防除効果

#### 1) 汚染土壤の死滅温度試験

汚染土壤に対する湿熱処理では, 45℃ 6時間以内の処理では殺菌効果は低かった。しかし, 12時間以上の処理ではコロニーが検出されず, 菌密度の低減効果は高いと考えられた。50℃ 1時間処理では, わずかにコロニーが検出されたが, 菌密度の低減効果は高かった。また, 2時間以上の処理では全く検出されなかった。なお, 55℃では1時間処理においても検出されなかった。(第6表)。

#### 2) 施設における太陽熱処理の併用効果

8月のハウス閉め切り条件での地下ドリップによる処理により, 地下25cmの地温は50℃以上で28時間得られた。さらに太陽熱消毒の併用で高温状態が持続し, 50℃以上の経過時間は33時間となった。蒸気消毒と比較すると地下25cmの到達最高地温は変わらないが, 高温での持続時間は長くなった(第7表)。

第6表 スターチス萎凋細菌病汚染土壤に対する湿熱処理の影響

処理時間 (hr)	ウォーターバスの設定温度					
	45℃		50℃		55℃	
	10倍 <sup>1)</sup>	100倍	10倍	100倍	10倍	100倍
1	uc <sup>2)</sup>	170	3	—	—	—
2	uc	196	—	—	—	—
3	uc	84	—	—	—	—
6	uc	42	—	—	—	—
12	— <sup>3)</sup>	—	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—
48	—	—	—	—	—	—
無処理	uc	209	—	—	—	—

表中の値は萎凋細菌病菌の出現コロニー数

1) 希釈倍数, 2) 計数不能, 3) 検出されず

第7表 石油小型給湯器を用いたドリップチューブによる熱水処理と太陽熱消毒の併用による地温上昇効果 (8月処理, 処理量290L/m<sup>2</sup>)

土壤消毒法	処理時間 (処理量)	太陽熱	土壤深度	各温度の経過時間(hr)		最高地温 (°C)
				45℃≤	50℃≤	
熱水消毒 (地下10cmドリッ プ、地表面散水)	24時間処理 (290L/m <sup>2</sup> )	—	5cm	32	28	61.5
			15cm	35	30	64.3
			25cm	35	28	63.1
	24時間処理 (290L/m <sup>2</sup> )	有	5cm	84	65	76.9
			15cm	81	52	70.4
			25cm	60	33	63.7
蒸気消毒 (キャンパス法)	2時間	—	5cm	12	10	100
			15cm	16	12	99.8
			25cm	14	10	65.6

場所: 場内ガラス温室 (ベット幅80cm長さ10m), 処理: 2003年8月21日

熱水消毒は給湯前に地表面に散水し, 地下10cmの位置に40cm間隔で並列に埋設したドリップチューブにより散湯した。源水温28℃, 出湯温75℃

地温は給湯口から5mのチューブとチューブの中間点で測定した。

蒸気消毒の地温はキャンパスホース入口から5m地点のホース直下で測定した。

スターチス萎凋細菌病に対する熱水消毒と太陽熱消毒を併用した処理は、低密度接種試験では対照区の蒸気消毒と比較して優れ、クロルピクリンと同等の高い防除効果が得られた。高密度接種試験ではクロルピクリンと比較して効果はやや劣ったが、高い防除効果が得られた (第8表)。

3) 露地におけるトンネル二重被覆条件での効果 (現地試験)

8月の曇天日の露地におけるトンネル二重被覆条件下の処理では、地下25cmの50℃以上の地温は112ℓ/m<sup>2</sup>処理で7時間、

176ℓ/m<sup>2</sup>処理で3.8時間しか得られなかった (第9表)。定植30日後の発病状況はクロルピクリン区で全く認められなかったのに対し、熱水処理区ではわずかに発病した。そして、定植65日後にはクロルピクリン区においても中程度の発生となり、熱水処理区は多発状態となった (第10表)。

第8表 スターチス萎凋細菌病に対する防除効果 (8月処理、処理量290L/m<sup>2</sup>)

土壤消毒法	処理時間 (処理量)	太陽熱 処理	調査 株数	発病株率 (%)	発病度	防除価
<b>低密度(10<sup>3</sup>cfu/g土) 試験</b>						
熱水消毒 (地下10cmトリップ、 地表面散水)	24時間(290L/m <sup>2</sup> )	—	26	8	6	86
熱水消毒 (地下10cmトリップ、 地表面散水)	24時間(290L/m <sup>2</sup> )	有	30	0	0	100
蒸気消毒 (キャンパス法)	2時間	—	26	12	7	83
クロルピクリン	30L/10a	—	13	0	0	100
無処理	—	—	13	54	40	
<b>高密度(10<sup>5</sup>cfu/g土) 試験</b>						
熱水消毒 (地下10cmトリップ、 地表面散水)	24時間(290L/m <sup>2</sup> )	—	24	42	23	66
熱水消毒 (地下10cmトリップ、 地表面散水)	24時間(290L/m <sup>2</sup> )	有	20	15	8	89
蒸気消毒 (キャンパス法)	2時間	—	24	54	46	31
クロルピクリン	30L/10a	—	9	0	0	100
無処理	—	—	15	87	67	

熱水処理：2003年8月21日，蒸気処理：8月25日，クロルピクリン処理：8月22日  
調査：11月29日，定植：8月29日 (品種：アリアブル)，調査：11月29日  
発病度 = Σ(被害程度 × 被害株数) ÷ (調査株数 × 4) × 100  
発病程度 0：無，1：葉脈赤変少，2：葉脈赤変中，3：葉脈赤変大，4：枯死

第9表 石油小型給湯器を用いた8月のトンネル二重被覆での熱水消毒における処理量と土壤の各温度での継続時間

熱水処理量 (処理時間)	地温測 定深度	各温度の継続時間(hr)		最高地温 (°C)
		45℃ ≤	50℃ ≤	
112L/m <sup>2</sup> (12時間)	5cm	29.0	21.3	64.3
	15cm	27.7	13.3	59.5
	25cm	15.5	7.0	52.7
176L/m <sup>2</sup> (18時間)	5cm	37.5	26.8	60.0
	15cm	35.5	18.2	55.5
	25cm	27.3	3.8	50.4

場所：御坊市現地圃場 (畦幅125cm)，処理：2004年8月17日  
熱水消毒は、給湯前に地表面に散水し、地表面に30cm間隔で3本、並列に敷設したドリップチューブにより散湯した。  
源水温30.6℃ 給湯温75℃。地温は各区。給湯口からの距離10m地点、並列に敷設したチューブとチューブの間地点で測定した。

第10表 石油小型給湯器を用いた8月のトンネル二重被覆での熱水消毒のスターチス萎凋細菌病に対する防除効果

調査日	土壤消毒法	処理量(処理時間)	調査株数	発病株率 (%)	発病度
10月5日 (定植30日後)	熱水土壤消毒(西側)	112L/m <sup>2</sup> (12時間)	120	0.8	0.6
		(東側) 176L/m <sup>2</sup> (18時間)	110	0.9	0.2
	クロルピクリン(西側)	30L/10a	130	0.0	0.0
		(東側)	130	0.0	0.0
11月10日 (定植65日後)	熱水土壤消毒(西側)	112L/m <sup>2</sup> (12時間)	120	36.4	23.4
		(東側) 176L/m <sup>2</sup> (18時間)	110	34.2	18.3
	クロルピクリン(西側)	30L/10a	126	17.5	6.1
		(東側)	120	15.0	5.0

熱水処理：2004年8月17日，クロルピクリン処理：8月18日  
定植：9月5日 (品種：サンデーラベンダー)  
発病度 = Σ(被害程度 × 被害株数) ÷ (調査株数 × 4) × 100  
発病程度 0：無，1：葉脈赤変少，2：葉脈赤変中，3：葉脈赤変大，4：枯死

## 考 察

熱水土壤消毒は、これまでに日本各地で様々な研究グループ、メーカーによって実施され、対象作物や対象病害虫が違っても安定した防除効果が示され、全体として臭化メチルやクロロピクリン、D-D剤などと遜色ない成績をおさめている（西，2002）。

しかし、これらの報告の多くは大型の熱水土壤消毒装置によるものであり、本県花卉産地の小規模圃場には適用しにくい。石油小型給湯器を用いた熱水土壤消毒は、熱水消毒の研究が始まった当初、国安ら（1991）が試験用として家庭用のポイラー（45,000kcal/h）を用いたが、その後の実用レベルでの使用は富田ら（2004）の報告以外にほとんど見当たらない。

本研究ではキク、トルコギキョウ、スターチスの試験において、栽培できる状態に整地した栽培ベッドあるいは畦に熱水消毒を施し、処理後、不耕起で栽培する手法を検討した。いずれの試験においてもドリップチューブにより12～24時間かけて熱水を処理する方法で、土壤病原菌が数時間遭遇すると死滅するとされる40～50℃の温度（1981, Katan）が確保できた。

チューブの敷設位置について検討したところ、低温期の6月においては、地下ドリップ処理では植物寄生線虫が死滅する45℃以上（1991, 国安ら）の地温が得られたものの、地表ドリップでは地下20cmの地温が十分得られなかった。このことは、チューブ周囲の気温の影響を受けたものと考えられた。

そこで、異なる周囲の気温条件下で給湯口からの距離別に出湯温を測定した結果、ドリップチューブによる出湯温は給湯口からの距離に影響を受け、地表ドリップでは周囲の気温が低いほど距離による温度低下が顕著になることが明らかになった。また、地下ドリップでは周囲の気温の影響は少ないものの地表ドリップ区と比較してチューブ長による温度の低下が著しかった。

すなわち65℃以上の出湯温を保持するためには地表ドリップでは給湯口からの距離25m、地下ドリップでは20mを限度に配管する必要があると考えられた。また、地表ドリップにおいて周囲の気温が31℃以下の場合にはトンネル二重被覆等による周囲の気温の確保が、出湯温維持に有効であることが示唆された。

また、本処理法における給湯前の土壤表面への約4mmの散水処理、及び夏期における施設太陽熱消毒の併用処理は地温を高める効果が高かった。散水処理の作用機作として水封による保温効果と水平方向への熱水の浸透性の高まり等が考えられた。

以上のように、石油小型給湯器を用いたドリップチューブによる熱水土壤消毒は、出湯温、出湯量が限られるが、処理時にチューブ周囲の気温確保、条件によってはチューブの埋設等の工夫をすることにより土壤病害虫の防除に十分な地温を確保できることが明らかになった。

防除効果については、キクのネグサレセンチュウ、トルコギキョウ根腐病（*Pythium spinosum*）に対して高い防除効果を示した。トルコギキョウでは2番花採花時まで防除効果が持続し、トルコギキョウ立枯病（*Fusarium oxysporum*）に対しても高い防除効果を示し、実用性は高いと考えられた。

また難防除の細菌性土壤病害であるスターチス萎凋細菌病（*Burkholderia caryophylli*）に対しては、場内温室内での試験では防除効果が認められたものの、現地のビニル被覆除去ハウスでの試験では十分な効果が得られなかった。要因として、台風襲来前で施設の被覆を除去していたことによる処理前の地温の低下と、処理時も曇雨天であり十分な地温上昇が得られなかったことが考えられた。また、栽培期間中、畦間の土でマルチを押さえる等、処理後の再汚染につながる栽培管理があったことも問題と考えられた。これらのことから特に難防除の萎凋細菌病などには、熱水の処理温度上昇のため、ハウスの被覆状態で処理することが必須であり、再汚染対策を徹底する必要があることが示唆された。

石油小型給湯器は大型の熱水土壤消毒機の1/10以下のコストで導入が可能であるが、給湯能力は大型機の1/10であり、1回の処理面積は畦幅1.2m×畦長50mに対し、12～20時間を必要とする。しかし、小規模圃場、あるいは畦やベッドへの処理では十分対応でき、規模にあわせ複数台で使用することも可



能である。また、ドリップチューブによる処理は熱水をゆっくり注入するため、大型熱水土壤消毒機の処理でオーバーフローして問題となる比較的透水性の悪い土壤でも適応が可能であり、処理後、灌水用として利用できる等の利点もある。

本法による土壤の昇温効果および防除効果が確認できたことから、今後、消毒後の再汚染対策を含めた体系的なマニュアルづくりを進めたいと考えている。

## 摘 要

和歌山県花卉産地の多くの小規模圃場に適用しやすい、石油小型給湯器を用いた栽培畦に対するドリップチューブによる熱水土壤消毒法について検討した。

1. 本法による熱水土壤消毒は出湯量が限られるため、出湯温は給湯口からの距離、周囲の温度に影響を受ける。しかし、給湯前の散水処理、トンネル二重被覆、施設太陽熱の併用、ドリップチューブの埋設等の工夫をすることにより、土壤病害虫の防除に有効な地温を確保できた。
2. 本処理法はキクのネグサレセンチュウ、トルコギキョウ根腐病に高い防除効果を示した。また、トルコギキョウでは2番花採花期においてもトルコギキョウ立枯病に対する効果が持続した。
3. 難防除の細菌性土壤病害であるスターチス萎凋細菌病に対して、熱水の処理温度上昇のため必ず被覆状態で処理し、また再汚染対策を防止する等の対策が必要と考えられた。

## 謝 辞

本研究の実施にあたり、貴重なご助言をいただいた茨城県農業総合センター園芸試験場の富田恭範氏、小河原孝司氏に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 萩平淳也・増田吉彦. 2005. 石油小型給湯器を用いた熱水土壤消毒による花き類の病害虫防除. 今月の農業 49(5):17-21
- 萩平淳也・増田吉彦. 2005. 花卉栽培における石油小型給湯器を用いた熱水土壤消毒. 関西病虫研報. 47: 171 (講要)
- Katan, J. 1981. Ann.Rev.Phytopath. 19: 211-236
- 北宜裕. 2004. 生産現場における熱水土壤消毒の実用利用. 土壤伝染病談話会レポート. 22:38-48
- 国安克人・西和文・百田洋二・竹下定男. 1991. 熱水注入による土壤消毒. 植物防疫. 45:247-251
- 熱水土壤消毒—その理論と実践の記録—. 西和文編. 2002. 日本施設園芸協会.
- 富田恭範・小河原孝司・市村勉・長塚久. 2004. 小型ボイラーを用いた熱水によるトルコギキョウ土壤病害虫の防除. 関東東海北陸農業研究成果情報. 176-177

