

施設園芸における温湯土壌消毒法の開発 (第2報)

温室カーネーションにおける温湯土壌消毒法の実用化試験

林 勇・青野 信男

I. HAYASHI, and N. AONO

Soil disinfestation by means of buried hot water pipes against the soil borne pests and diseases in the protected cultivation. II.
Experiments on practical application of this new method for the greenhouse carnation growing.

I 緒 言

温室バラ栽培のために開発した温湯土壌消毒法(温湯を利用した栽培土壌の消毒法)(6)は、消毒効果のほかに栽培土壌中の塩類濃度の低下、栽培作物の生育促進等の効果もみられて、施設栽培土壌の新しい消毒法として期待される。

温室バラにおける温湯土壌消毒では通路も含めた全面消毒が望ましいことを明らかにしたが、本消毒法をカーネーション栽培で利用するためには二、三問題点がある。県下のカーネーション栽培では幅80~90cmのベッドに木製の枠板をとりつけた栽培方式が一般的であり、暖房用温水管も通路に配管している例が多い。このため、通路も含めた全面消毒がとり入れにくい。一方、カーネーションでは蒸気土壌消毒の際に、高温蒸気による過剰消毒の障害が発生することがある(2, 3, 4, 5)。温湯土壌消毒では60℃前後の地温上昇を目的とするが、この程度の地温でも持続時間が長いと過剰消毒の恐れがある。

以上のような背景から、温湯土壌消毒法をカーネーション栽培に適用するためには、従来の化学薬品あるいは蒸気による土壌消毒との比較検討、カーネーションに適

した消毒方式の開発、過剰消毒回避のための温湯循環方法の改善、ならびに温湯土壌消毒に伴う土壌微生物相の変化の把握等一連の試験が必要と考えられ、1978年から試験を行なった。その結果をとりまとめ報告する。なお、本報告のうち、土壌中の糸状菌の種類調査は当場環境料の村越重雄主任研究員が担当したものであり、記して謝意を表します。

II 材料および方法

1. カーネーション栽培における温湯土壌消毒と蒸気土壌消毒の比較

当場のカーネーション温室で前年度に萎ちょう細菌病の多発生したベッドで、つぎのような4区を設けた。なお、供試カーネーション温室土壌の物理性は第1表に示す通りである。

1区. 温湯土壌消毒区: 枠板つきの幅85cmのベッドに外径76.3mm, 厚み1.8mmの放熱用温水管(溶融亜鉛メッキ鋼管)を2本、管の中心から中心までの間隔40cm, 管中心までの深さ10cmに埋設した。温湯循環前に施肥と30mmかん水を行なった。温湯消毒区を2分して有機質肥料元肥区(油粕, 骨粉, 硫加利用, 330㎡当たりN41kg,

第1表 供試カーネーション温室土壌の物理性（舟子統壤土，カーネーション連作）
（4反復の平均値）

土 層	現 地 容積重	真比重	全 孔 隙 量	pF 1.0 時			pF 1.5 時	
				固 相	気 相	水 相	気 相	水 相
深さ15~20cm, 作土	80.6 ^g	2.56	68.7%	31.3%	11.3%	57.4%	24.1%	44.6%
深さ30~35cm, 心土	90.6	2.57	64.8	35.2	5.3	59.5	19.0	45.8

P_2O_5 109kg, K_2O 32kg) と化成肥料元肥区（磷硝安加里1号，過石利用，330 m^2 当たりN41kg, P_2O_5 113kg, K_2O 32kg) を設けた。追肥は磷硝安加里1号を用いて，10月と1月の2回，窒素成分で各4kg 330 m^{-2} を施用した。床土表面はビニル，ポリエチレンで二重被覆した。

1978年7月5日16時に温水ボイラー（築炉型ボイラー，発熱量 $30 \times 10^4 cal h^{-2}$ ）に点火し，湯温サーモスタットを90°Cにセットし，循環ポンプを手動に切りかえて連続して温湯を循環した。温湯循環時間は7月7日16時までの48時間とした。

2区．短期間マルチ処理区：施肥やかん水は1区と同様とし，床土表面をビニール，ポリエチレンで二重被覆して7月5日から8日までの3日間，太陽熱利用による地温上昇をはかった。

3区．蒸気土壌消毒区：スパイクパイプ方式による蒸気消毒区で，消毒時間は約50分，消毒後の地温（深さ20cmまで）は90~100°Cである。施肥，かん水は当場の慣行に基づいて行ない，1，2区のような大量元肥施用，30mmかん水等を行わなかった。

4区．無処理区：土壌消毒をせず，当場の慣行に基づく，施肥，かん水法で栽培をした。

なお，蒸気消毒区と無処理区にはそれぞれ4種の微生物肥料を用いた4処理区があったが，定植後の立枯れ株の発生率に有意差がなかったため，ここではそれぞれ4区の平均値で代表させた。

鉢育苗したコーラルとワード各27株を無処理区と蒸気消毒区は7月3日に，温湯土壌消毒区と短期間マルチ処理区は7月10日に定植し，以後の生育，立枯れ株の発生率，雑草防除効果ならびに1979年3月までの収量調査を行なった。

2. カーネーションにおける好適消毒方法の検索

慣行の枠板つきベッド栽培，通路への暖房用温水配管では通路も含めた全面温湯土壌消毒法は導入しにくい。このため枠板つきのベッド内だけを効率的に消毒するため専用ヘッダーの試作，検討を行なった。ヘッダー

は慣行の80~90cm幅ベッドに放熱用温水管を30cm間隔に3本埋設出来るようにしたものであり，本試験は85cm幅ベッドで1979年に実施した。温水管の埋設は管中心までの深さ10cmとした。

(1) 専用ヘッダー利用，外径60.5mm管，1ベッド3本埋設（4月11日~14日）

(2) 専用ヘッダー利用，外径76.3mm管，1ベッド3本埋設（4月15日~18日）

上記の(1)，(2) 試験実施の際には同一のボイラーで330 m^2 のバラ温室の暖房も行なった。なお，この二つの試験では地温上昇効果だけを調査し，カーネーションは栽培しなかった。

(3) 通路も含めた全面消毒試験

前報(6)のバラと同様な消毒方法をカーネーションでも検討するため1979年に試験を行なった。栽培ベッドの枠板をとりはずして通路も含めて76.3mm管を30cm間隔，深さ10cmに埋設する方法で6月20日~22日及び6月25日~27日の2回，それぞれ70 m^2 を消毒した。6月29日にスケニアの砂上げ苗を1区60株ずつ，無消毒区，温湯消毒区ともに2反復で定植した。定植後は立枯れ株発生状況を調査するとともに10月から収穫を開始し，翌年3月まで収量ならびに発病状態を調査した。

3. 間欠温湯循環方式と地温上昇効果について

夏季の温湯土壌消毒においては温湯循環開始後20時間前後経過すると，温水管を埋設してある深さ付近までの表層部の地温は十分消毒可能な地温に達する(6)。この場合，昼間の高温期に温湯循環を停止して，表層土の過剰な消毒を避け，併せて温湯循環時間の短縮による燃料費節減をはかることが可能かどうかを明らかにするため1980年7月に2回にわたって試験を行なった。

(1) 全面消毒方式での間欠温湯循環と地温の経過

外径76.3mm管を30cm間隔，深さ6~7cm（管中心まで）に埋設し，7月14日朝から16日まで消毒を行なったが，25時間温湯循環後の7月15日の10時から16時までの6時間は循環ポンプを停止して，合計温湯循環時間を42時間とした。地温を経時的に測定して効果を判定した。

栽培検定は行なわなかった。

(2) 専用ヘッダー利用、枠板つきベッド消毒における間欠温湯循環と地温の経過

幅80cmのベッドに76.3mm管を3本、深さ8~10cmに埋設。7月22日朝9時から24日まで消毒を行なったが、24時間温湯循環後の23日朝9時から16時までの間、12時から13時までの1時間を除いて循環ポンプを停止した。なお、本試験は後述する化学薬品による土壤消毒と対比して行なったものであり、土壤微生物相、カーネーションの生育、開花等については別項で述べる。

4. 温湯土壤消毒ならびに数種化学薬品消毒のカーネーション萎ちょう細菌病菌に対する効果、糸状菌などの土壤生物相への影響及びカーネーションの生育、収量との関係

第2表のように化学薬品処理3区、温湯土壤処理(間欠温湯循環で42時間)1区を設け、これらの処理のカーネーション萎ちょう細菌病菌に対する効果、土壤微生物相に及ぼす影響を検討し、温湯土壤消毒の適切な温度、処理時間などに対する知見を得ようとした。

試験は当场カーネーション温室で前年に萎ちょう細菌病の多発したベッドで1980年に行なった。面積は1区1.9㎡、反復は温湯土壤消毒区だけ2反復でその他は3反復とした。処理は7月8日から30日に行ない(第1表)、8月5日に1区当たりスケニア26株、イエロー・スマイリング24株計50株を定植した。

処理前後の各種調査はつぎのように行なった。

(1) 萎ちょう細菌病菌に対する効果

処理前と処理直後の2回、萎ちょう細菌病菌選択培地(1)を用い処理ベッドの土壤について定量するとともに、厚木市内の生産者は場から採取した病土を前記処理ベッドに寒冷しゃに包んで、化学薬品区は深さ20cm、温湯土壤消毒区は深さ30cmに埋込み、処理前後の菌量を調査した。

(2) 細菌、放線菌、糸状菌量の調査

第2表 温湯土壤消毒ならびに化学薬品による土壤消毒の試験区
(1980.7.8~7.30に処理)

処理内容	成分・成分量	処理量	処理期間	ガス抜期	抜間
SSF-782油剤	メチルイソシアネート 20%	40l/10a ⁻¹	7/8~16	7/16~30	
NCS	N-メチルジチオカルバミン酸アンモニウム 50%	30l/10a ⁻¹	7/8~15	7/15~26	
ガスタード粒剤	ダゾメット 95%	30kg/10a ⁻¹	7/8~18	7/18~30	
無処理	—	—	—	—	—
温湯土壤消毒	76.3mm管1ベッド3本埋設	—	7/22~24*	—	—

* 間欠温湯循環方式で合計42時間温湯循環

処理前(7月8日)、処理直後(7月25日)、処理6か月後(1月23日)にアルブミン寒天、ローズベンガル寒天培地を用いて定量した。

(3) 硝化細菌量の調査

処理後の7月25日に亜硝酸及び硝酸化成分菌計数培地を用い最確値法によって定量した。

(4) 糸状菌の種類調査

温湯、化学薬品による土壤殺菌処理の糸状菌相に与える影響を知るため、処理6か月後の1981年1月25日に各処理区の株間土壤をとり、ローズベンガル寒天培地を用いた平板稀釈法の10³、10⁴稀釈からコロニーを釣り、P SA培地に移植し、分生子の型などから分類を行なった。

(5) 枯死株発生率調査

萎ちょう細菌病を主体とした枯死株の発生推移を定植後から'81年5月1日まで調査した。

(6) 生育、収量調査

草丈調査を10月に行ない、収量については11月から翌年5月まで調査した。

III 成績

1. カーネーション栽培における温湯土壤消毒と蒸気土壤消毒の比較

(1) 地温の推移: 第3表のように放熱用の温水管と温水管の中間部(ベッド中央)の地温上昇は速やかで、温湯循環24時間後には深さ5~10cmで61~62°C、深さ20cmで53°C、30cmで46°Cであった。48時間後には深さ30cmも52°Cに達していた。ベッド枠板ぎわの地温上昇は中央部よりもやや不良であった。

短期間マルチ処理区は太陽熱の影響で深さ5cmの地温は日中最高46°Cに達したが、深さ30cmでは33°Cが最高であった(第3表)。

蒸気土壤消毒区は深さ20cm付近まで90~100°Cに達した。

(2) 立枯性病害の発生状況. 温湯土壤消毒は立枯性病害(主として萎ちょう細菌病)を減少させ、1月15日までの欠株率は3.7~5.5%に抑えられた。これに対し蒸気消毒区は28.7%、無処理区は75.3%であった。立枯れ株の大部分は9月以前の高温期に発生し、低温期には少なかった。3月以降の気温上昇とともに

立枯れ、枝枯れが再発生したが、温湯消毒区の発生は少なかった（第1図）。

(3) 生育ならびに切花収量、温湯消毒区はカーネーションの初期生育が良好で、切花収量も最も多かった。蒸気消毒区を100とすると116~137であった。無処理区の3月末までの累計立枯株率は83.5%であり、収穫はほとんど出来なかった。

温湯消毒、短期間マルチの両区ともに化成肥料元肥区のほうが有機質肥料元肥区よりも収量が多かった（第2図）。

(4) 雑草抑制効果及び消毒後の塩類濃度、温湯土壌消毒、蒸気土壌消毒ともに雑草抑制効果は顕著であった（データ省略）。温湯消毒直後のECは化成肥料元肥区のほうが有機質肥料元肥区より高かった。6週間後も同様の傾向を示したが、4か月後には差がなかった（第4表）。

2. カーネーションにおける好適消毒方式の検索

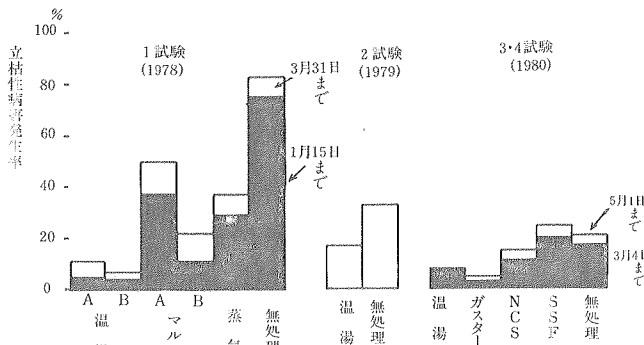
(1) 専用ヘッダー利用、外径60.5mm管、1ベッド3本埋設方式

温水管と温水管の中間部では24時間後に深さ30cmで43~45°C、48時間後には51~59°Cであった。しかし、ベッド枡板ぎわの地温は73時間温湯循環後で、深さ20cmで45~50°C、30cmで35~37°Cであった。

(2) 専用ヘッダー利用、外径76.3mm管、1ベッド3本埋設方式

温湯循環48時間後に温水管中間部、深さ30cmの地温は52°C、ベッド枡板ぎわで46°Cであった。

上記(1)及び(2)試験の専用ヘッダー利用による1ベッド3本埋設方式は労力を多く必要とし、また、温湯循環中にヘッダー部分に強い水圧がかかって、接続部のゴムソケットがはずれやすく、実用上問題であった。



第1図 カーネーションの立枯性病害発生率に及ぼす各種土壌消毒法の効果 (A：有機質肥料元肥区，B：化成肥料元肥区)

第3表 76.3mm管1ベッドに2本埋設による温湯土壌消毒と地温の経過 (85cm幅ベッドに40cm間隔、深さ9cmに埋設) (1978.7.5 16:00~7.7 16:00 48時間温湯循環)

消毒法	位置	深さ	経過時間					
			20hrs.後	24	30	40	48	
温湯	ベッド中央	5cm	59°C	62°C	53°C	60°C	63°C	
		10	57	61	56	62	64	
		20	50	53	52	57	58	
	(パイプ間)	30	43	46	49	51	52	
		枡板際	5	57	58	51	53	56
			10	55	56	54	54	56
20	46		48	51	51	52		
消毒	30	42	44	45	47	47		
	短期マルチ区*	5	39	44	35	37	45	
30		30	30	31	32	32		

* ビニルとポリエチレンフィルムでベッドを2重被覆 (7月5日~8日)

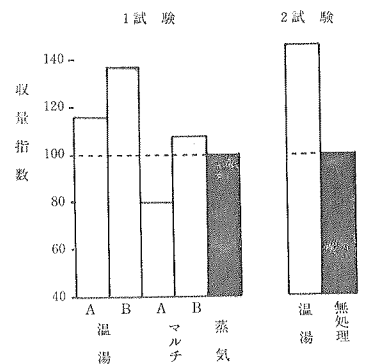
(3) 通路も含めた全面消毒方式

前報(6)のバラと同一の方式であり、第5表のように地温上昇は速やかであった。温湯循環は55時間としたが、深さ30cmの地温は停止時に55°Cであった。この地温は温湯循環停止8時間後で2°C低下して、53°Cであった（第5表）。

カーネーションの立枯株発生率は無処理区は33.3%、温湯土壌消毒区は16.6%であった（第1図）。温湯消毒区は定植後の初期生育が良好で、草丈、初期収量ともに無処理区より良かった。3月末までの合計収量は温湯消毒区は無処理区より45%多かった（第2図）。

3. 間欠温湯循環方式と地温上昇効果について

(1) 全面消毒方式での間欠温湯循環と地温の経過



第2図 カーネーションの収量に対する温湯土壌消毒の効果 (1 試験は蒸気消毒区を100とした) (2 試験は無処理区を100とした)

第4表 土壌消毒の方法及び肥料の種類と床土の電気伝導度の推移(深さ0~25cm, 生土容積抽出法による分析mmho)

処 理	施肥 内容	温湯 循環		定植 直前	定 植 後			
		直前	2日 後		1週 間	2週 間	6週 間	4か 月**
温湯 消毒区	A*	1.90	1.61	1.30	0.75	0.82	0.83	0.47
	B	4.85	3.95	4.89	2.82	2.36	1.36	0.42
短期 マルチ区	A	1.74	0.83	1.34	1.11	0.83	0.19	0.26
	B	5.78	5.35	5.43	2.64	1.92	0.71	0.69

*A有機質肥料元肥, B化成肥料元肥, いずれもN成分は41kg330m⁻²

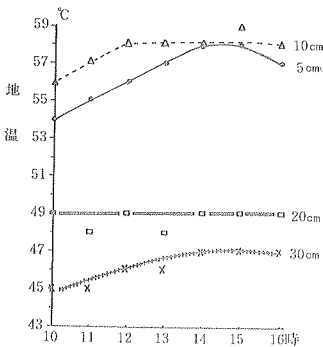
**定植後3か月目に各区, 同一量の磷硝安加里1号を追肥(N4kg330m⁻²)

7月14日朝から25時間温湯循環したあとの7月15日午前10時に循環ポンプを停止し, 午後4時まで6時間温湯循環を中断したが, この間の地温の経過は第3図のよう
で, 深さ5cmの地温はポンプ停止後も上昇を続け13時ごろ
最高値を示した。深さ10cmは12時まで2℃上昇し, 以
後その温度が続いた。深さ20cmの地温はこの間ほとんど
変化しなかったが, 30cmでは2℃上昇した(第3図)。
温湯循環再開後の地温上昇は順調であった。

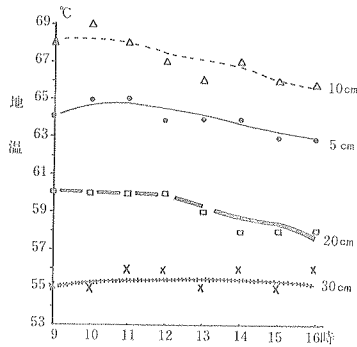
(2) ヘッダー利用, 枠板つきベッド消毒での間欠温湯
循環と地温の経過

第4図のように, この日は曇天であり, 循環ポンプ停
止中に深さ5~20cmの地温は1~2℃低下した。しかし,
深さ30cmの地温はほとんど変化せず, 朝9時のとき
の55℃がそのまま持続した。12時から13時まで1時間温
湯循環した影響は明らかでなかった(第4図)。

4. 温湯土壌消毒ならびに数種化学薬品消毒のカーネー
ション萎ちょう細菌病菌に対する効果, 糸状菌などの



第3図 温湯循環休止中の地温の
推移
1980. 7月15日晴, 10~16時循環ポ
ンプ停止
76.3mm管, 30cm間隔, 深さ
10cmに埋設



第4図 温湯循環休止と地温の推移
1980. 7月23日 9~12時及び13~16時
温湯循環ポンプ停止, 12~13時は温湯
循環
76.3mm管, 1ベッド(80cm)に3本埋
設, 深さ10cm

第5表 全面消毒における地温の推移
(2-③試験)
(1979. 6. 25~27, 55hrs温湯循環)

深さ	当初 地温	24hrs	46hrs	55hrs	停止後* 8 hrs
5cm	—	59°C	59°C	59°C	51°C
10	34°C	59	60	60	53
20	32	55	62	66	61
30	—	48	53	55	53

* 温湯循環停止8時間後に測温

土壌微生物相への影響及びカーネーションの生育, 収
量との関係

(1) 萎ちょう細菌病菌に対する効果

埋込み保菌土に対する殺菌効果は温湯消毒, ガスター
ド粒剤処理区が顕著で, 処理後には萎ちょう細菌病菌は
まったく検出されなかった(第6表)。

(2) 細菌, 放線菌, 糸状菌量

温湯消毒区では処理直後の菌量減少率が他の化学薬品
処理に対して大きかった。しかし, 6か月後には化学薬
品消毒区と大差ない菌量に回復していた(第7表)。

(3) 硝化細菌量の調査

処理直後の亜硝酸化成菌, 硝酸化成菌量は温湯消毒区
で大幅に少なく, これについてガスタード粒剤処理区が
少なかった(第8表)。

(4) 糸状菌の種類調査

第9表のように温湯消毒区ではガスタード粒剤処理区
にくらべて検出される糸状菌の種類が異なり, *Acre-*
monium spp. などが多量に検出された(第9表)。

(5) 枯死株発生率

第6表 埋込み病土中の萎ちょう
細菌病菌量の変化
(乾土1g当り×10⁴)

区	処理前	処理後
1. S S F-782油剤	74.4**	37.4
2. N C S		47.6
3. ガスタード粒剤		0
4. 無 処 理		58.8
5. 温湯消毒*		0

*温湯消毒区のみ深さ30cm

**よく混合した病土1点のみを調査

第7表 処理別土壤微生物相の変化（乾土1g当り菌量）

区	細菌 ($\times 10^5$)			放線菌 ($\times 10^5$)			糸状菌 ($\times 10^3$)		
	処理前	処理直後	処理6か月後	処理前	処理直後	処理6か月後	処理前	処理直後	処理6か月後
1. S S F-782油剤	143.4	55.4	172.4	62.8	68.6	91.0	123.9	5.7	27.8
2. N C S	129.3	50.3	185.9	55.9	57.9	88.4	118.4	10.7	65.5
3. ガスタード粒剤	89.8	63.7	157.2	67.5	57.1	86.5	119.3	4.4	31.1
4. 無処理	113.1	14.5	164.0	69.0	48.6	83.9	127.0	108.5	97.4
温湯土壤消毒	83.8	0.6	186.3	67.3	0.08	104.9	100.7	0.04	39.2

第8表 処理直後の亜硝酸、硝酸化成菌量（乾土1g当り $\times 10^3$ ）

区	亜硝酸化成菌	硝酸化成菌
1. S S F-782油剤	24<	5.4
2. N C S	16<	5.4
3. ガスタード粒剤	1.3	0.49
4. 無処理	24<	16
温湯土壤消毒	0.002	0.046

ガスタード粒剤処理区と温湯消毒区において枯死株の発生が少なかった（第1図、第10表）。

(6) 生育ならびに切花収量

定植3か月後の草丈は温湯消毒区が最高で57cmであり、ついでガスタード粒剤区50cm、以下S S F-782油剤区、N C S区、無処理区の順であった。

切花収量は温湯消毒区が最も多く、無処理区より83%多かった。また、残存株数から算出した1株当たり切花本数も温湯消毒区は8.4本で最高であった。11月から1月までの初期収量は温湯消毒区は無処理の4倍、ガスタード粒剤区の2倍であった（第10表）。

IV 考 察

1. カーネーションにおける温湯土壤消毒の方式

カーネーションの慣行栽培での枠板つきベッド栽培に

第9表 消毒6か月後の処理別糸状菌の種類と量
[生土1g当り $\times 10^3$ 個, ()内は占有率]

糸状菌の属	無処理区		ガスタード粒剤区		温湯消毒区	
	個	(%)	個	(%)	個	(%)
<i>Trichoderma spp</i>	10.2	(8.5)	0.3	(1.9)		
<i>Fusarium spp</i>	13.6	(11.3)	0.7	(4.4)	0.5	(1.5)
<i>Aspergillus spp</i>	11.9	(9.9)	1.7	(10.6)		
<i>Neosartorya spp</i>	1.7	(1.4)	2.7	(16.9)	2.0	(5.9)
<i>Penicillium spp</i>	13.6	(11.3)	0.7	(4.4)		
<i>Eupenicillium spp</i>	5.0	(4.2)	1.3	(8.1)		
<i>Paecilomyces spp</i>	54.1	(45.1)	5.0	(31.3)		
<i>Acremonium spp (Cephalosporium)</i>			0.3	(1.9)	20.5	(60.3)
<i>Verticillium spp</i>					6.5	(19.1)
<i>Gliocladium spp</i>			0.3	(1.9)	1.0	(2.9)
<i>Cladosporium spp</i>	3.4	(2.8)			1.5	(4.4)
その他 (<i>Colletorichum, Phoma</i> など)	3.4	(2.8)	2.3	(14.4)	1.0	(2.9)
未 同 定	3.4	(2.8)	0.7	(4.4)	1.0	(2.9)
合 計	120		16		34	

対応するため、専用ヘッダーを試作して1ベッドに3本の放熱用温水管を埋設してベッド部分だけを消毒する方式を検討した。76.3mm管を3本埋設すれば消毒可能な地温が得られた。しかしながら、ヘッダー利用方式では次のような問題が明らかになった。

①ヘッダー部分への温水管接続ならびにベッドとベッド間の温水管接続に労力を多く必要とする（前報(6)のエア-抜きつきの接続U字管利用対比）。

②ヘッダー方式では2本の温水管で温湯を送り、1本が戻り管となるが、このためヘッダー部分に水圧がかかって、接続部分がはずれやすい。

以上のような点から、ヘッダー方式による温湯土壤消毒は実用的でなく、カーネーションもバラと同じように通路も含めた全面消毒方式が望ましいと判断した。従って枠板つきベッド栽培で通路に暖房用配管がある場合には、温湯土壤消毒は導入しにくい。しかしながら近年は改植時の大型機械利用のために枠板をつけずに栽植し、暖房用配管もサイド集中方式とする栽培もみられるようになっており、この場合にはバラと全く同様な全面温湯土壤消毒法が適合する。

2. 燃費節減と過剰消毒回避のための間欠温湯循環方式について

バラにおける温湯土壤消毒法開発の過程では、消毒の不完全による病害虫の復元を恐れて、徹底した消毒を目標にし、温湯循環時間を48時間～72時間（2～3日間）必要であるとした(6)。しかし、燃料費節減のためには温湯循環時間を出来るだけ短縮したい。また、バラの試験で土壤中のセンチウや糸状菌の死滅状況からみると、高温の蒸気土壌消毒

第10表 温湯土壌消毒及び化学薬品消毒がカーネーションの生育・収量に及ぼす影響
(1980. 8. 5 定植, 1980. 11月~1981. 5月収穫, スケニア, Y. スマイリング計50株)

土壌消毒の方法	立 枯 株 率		切 花		収 量	
	3月4日	5月1日	11~1月	2~5月	合 計 (百分比)	残 存 株 1株当たり
	%	%	本	本	本 %	本
無 処 理 区	16.6	20.7	35	177	212(100)	5.4
S S F-782油剤	20.0	25.3	58	186	244(115)	6.6
N C S	10.6	14.7	55	215	270(127)	6.3
ガスタード粒剤	2.6	5.3	71	227	298(140)	6.3
温湯土壌消毒	8.0	8.0	148	240	388(183)	8.4

で指摘されているような過剰消毒の危険性(3, 5)も考えられた。沖森ら(8)は温水水中循環加温の際に交互循環法が有効なことを報告しているため、本消毒法においても間欠的に循環する方式について検討したところ、実用性があることが確認された。

具体的には第1日目は朝から温湯循環を開始し、24~25時間経過した第2日目の朝循環ポンプを停止し、夕方、気温の低下とともに再開して翌日の朝まで運転する。温水ボイラーは湯温サーモスタット制御で48時間作動させるが、温湯循環時間は42時間程度となる。温湯土壌消毒の地温の経過をみると、20~24時間の温湯循環で床土表層から深さ20cm付近までは消毒がほぼ終了すると考えられる。日中温湯循環を停止することは、これら消毒済の土層に過剰な熱を加えることが避けられ、併せて燃費節減にもつながる。

なお、第4図の事例では24時間後に深さ30cmがすでに55°Cに到達していたが、この場合にはこの時点で温湯消毒を終了してよかったと考えられる。温湯消毒ではボイラー、ポンプを停止しても床土表面の被覆資材や温水管をそのままにしておくと、深さ20~30cmの地温低下はきわめてゆるやかで、とくに30cmでは数時間以上その地温が持続する。最近、筆者(7)は1977年以降の温湯消毒試験の地温のデータを再検討し、深さ20cmの地温が55°C、30cmが50°Cに到達したら、そこでボイラー、ポンプを停止して消毒終了としてよいという結論を出した。

以上のようなことから、実際の温湯消毒においては地温測定を正確に行ない、1) 24時間前後で上記地温に到達していたら消毒終了とする、2) 目標地温近くまで到達していたら、さらに数時間運転を継続したのちに消毒終了とする、3) 目標地温に及ばない場合は前述した間欠温湯循環方式による42時間前後の温湯循環とするの三つの方法を、状況に応じて採用するのがよい。

3. 土壌消毒効果とカーネーションの生育、収量に対す

る影響

温湯土壌消毒後にカーネーションを作付して、立枯性病害(主として萎ちょう細菌病, *Pseudomonas caryophylli*)の発生を調査したところ、温湯消毒の効果は顕著であった。今回の一連の試験において温湯消毒区での発病率ゼロという値はみられず、ある程度発病があった。しかし、4の試験において、温湯消毒区の深さ30cmに埋込んでおいた萎ちょう細菌病菌保菌土からは消毒後に萎ちょう細菌病菌はまったく検出されなかったため、温湯消毒区での立枯性病害発生の原因は、地温上昇不十分による消毒の不完全ではなく、他の要因によるものと考えられる。

温湯消毒には病虫害防除効果だけでなく、カーネーションの生育促進効果があった。温湯消毒法と化学薬品消毒との比較試験で立枯株の発生率はガスタード粒剤区よりも温湯消毒区のほうがやや多かったにもかかわらず、初期収量、全期間を通しての収量ともにガスタード粒剤区よりもはるかに多かった。残存株1株当りの収量からも、温湯消毒区は株全体の生育が良好で、早期収穫も可能であったことが明らかである。温湯消毒に伴うこのような生育促進効果はバラでも見られるが(6)、4の試験で深さ30cmに埋設したいちょう細菌病菌保菌土中の菌が死滅していたように、化学薬品消毒よりもより深い土層まで消毒が出来たことが、生育促進の一因と考えられる。又、前報で報告したように、大量かん水と土壌の長時間加温によって床土中の水溶性塩類濃度が低下することも原因の一つであろう。

一方、温湯消毒においても、蒸気消毒におけるような硝化菌の激減や糸状菌等の微生物相の大幅な変化が起る場合があることが今回の試験で明らかになった。1試験において有機質肥料元肥区が化成肥料元肥区より収量が劣ったが、これは消毒後の床土の電気伝導度値(EC)の推移からみて、硝化菌等の減少のために有機質肥料の

硝酸化成がおくれて、カーネーションの初期生育段階でやや肥料不足となったためと考えられる。バラやカーネーションの施設栽培では連作に伴う床土の塩類集積が問題であるので、温湯消毒に伴う水溶性塩類の低下(6)は一般的には望ましいことであるが、上記のような硝化菌の影響を考えると、消毒前後の土壌検定は必ず実施し、その結果に基づいて硝酸系窒素肥料を早目に追肥することも必要である。

温湯消毒6か月後の糸状菌相は無処理区やガスタード粒剤区と異なった状況を示したが、これらが作物根や病原菌に対し、どのような作用性を有するかは不明である。

今回の一連の試験の結果、温湯土壌消毒法は消毒効果及び生育促進、収量増加の点から、カーネーション栽培における優れた土壌消毒法であることが明らかになった。しかしながら、実用面からみると、毎年改植、毎年消毒のために装置コスト(330㎡分で消毒用温水管と接続部品で100~120万円)がかさみ、又、消毒期間が5~6月にはほぼ限定されるので労力的にも集中することなどが問題点として残っている。

装置コストについては消毒用温水管を数戸の農家や地域の生産グループで共同保有することで低減する方向であろう。一方、労力的な問題については資材やパイプ設置方法等による改善策について検討を続けている。なお、これらの改善策とあわせて、土壌中の温度変化と与えた熱量との関係等についてもさらに追究する必要がある。

V 摘 要

温室バラ栽培において開発した温湯土壌消毒法(温湯を利用した栽培土壌の消毒法)をカーネーション栽培において実用化するため1978年より試験を行なった。

1. 温湯土壌消毒は病害虫や雑草防除効果が高く、カーネーションの生育促進効果もあり、切花の初期収量ならびに全収量は無処理区、短期間マルチ処理区ならびに蒸気消毒区より多かった。

2. 数種の化学薬品による土壌消毒と温湯土壌消毒を比較した。深さ30cmに埋込んでおいた萎ちょう細菌病菌保菌土から温湯消毒後に病原菌は検出されなかった。立枯株発生率はガスタード粒剤区と温湯消毒区が少なかった。カーネーションの生育、初期収量ならびに全切花収

量は温湯消毒区が最も良かった。

糸状菌、放線菌、細菌等は温湯消毒直後には激減したが、6か月後には化学薬品処理区と大差ない菌量であった。

3. 慣行法の枠板つき栽培ベッドを消毒するための専用ヘッダーを試作して、幅80~90cmのベッドに放熱用温水管を3本埋設して消毒する試験を行なったが、管の埋設、接続に多くの労力を要し、実用的でなかった。カーネーションもバラと同様な通路も含めた全面消毒方式とするのが望ましい。

4. 過剰な消毒を避け、併せて燃料費を節減するために、高温の目中に数時間温湯循環を停止する“間欠温湯循環方式”は有効であった。

5. カーネーションは毎年改植で、定植時期も1か月間位に集中するため、労力的な面で温湯土壌消毒導入上困難がある。省力化のための改善策について、さらに検討を要する。

引用ならびに参考文献

1. 青野信男・加藤邦彦(1979). カーネーション萎ちょう細菌病菌選択培地の検討, 神奈川園試研報, 26: 84~90.
2. 藤村 良・浜田国彦(1967). 土壌蒸気消毒の生育障害に関する研究(第1報), 肥料および消毒温度の影響, 兵庫農試研報, 15: 101~106.
3. ———(1969). 蒸気消毒, 施設園芸: 118~145, 養賢堂.
4. 林 勇・森 君彦・神山克巳(1973). 温室カーネーション, バラの土壌蒸気消毒栽培における施肥法改善試験, 神奈川園試研報, 21: 103~111.
5. ———(1974). 温室カーネーションに対する土壌消毒法ならびに施肥量の影響, 昭48神奈川園試花き成績: 11~12.
6. ———(1979). 施設園芸における温湯土壌消毒法の開発(第1報), 温室バラを中心にした温湯土壌消毒法の開発と実用化試験, 神奈川園試研報, 26: 60~72.
7. ———(1982). 温湯土壌消毒における温湯循環時間の検討, 昭56神奈川園試花き試験成績, 43~44.
8. 沖森 当・道下数一(1980). 温水中循環加温法の改善, 研究ジャーナル, 3(8): 46~50.

Summary

A series of experiments has been undertaken since 1978 to justify the new soil disinfestation method by means of buried hot water pipes under the surface soil in the practical situation of greenhouse carnation growing in Japan.

1. Non-treated control (no disinfestation of soils), steam soil sterilization, short term solar soil heating by transparent polyethylene mulching for three days and this new method were examined in 1978.

Excellent control of soil borne pests and diseases and weed was observed in the soil heating by buried hot water pipes method and resulted in the enhanced growth and the highest yield of replanted carnation.

2. Soil treatment by several chemical fumigant such as Dazomet (Tetrahydro-3, 5-dimethyl-2H-1, 3, 5-thiadiazine 95%), NCS (Ammonium N-methyl-dithiocarbamate 50%), SSF-772 (methylisothianate 20%) and this new method were compared in 1980.

The *Pseudomonas caryophylli* infested soils were buried before soil treatment, 20 cm under the soil surface in chemical fumigation and non-treated control plots and 30 cm in the buried hot water pipes method plot. The *Pseudomonas caryophylli* in the soil were eliminated perfectly by the Dazomet fumigation and buried hot water pipes method.

The percentage of plant death by soil borne pathogens was the lowest in Dazomet fumigation followed by buried hot water pipes method. On the contrary, the highest yield of carnation was obtained in the

buried pipe method.

3. Soil samples collected before and after soil treatments were examined using standard plate count procedures. The population of soil fungi, actinomycetes, bacteria, and nitrosobacter decreased sharply after soil heating by the new method, but they recovered as of the same level as in chemical fumigation plots within 6 months. Some differences were identified in kind and population of fungi in soils sampled 6 months after soil disinfestation by soil heating which compared with Dazomet fumigation or the non-treated control.

4. A special header, the divider of hot water pipes in the carnation bed, was developed and tested in order to improve the heat distribution in the bed. Sufficient heat distribution was obtained by using the header but some demerits were observed. It takes much labor for burying the pipes and also much water pressure was observed at the connecting point which sometimes resulted in the water leaking.

5. Intermittent hot water circulation for the soil heating could be applied efficiently in the hot day time. Usually soil temperature reached nearly 50°C to 55°C within 20 to 24 hours hot water circulation. In such cases, hot water circulation should be stopped for several hours in the day time in order to avoid the too much soil disinfestation and to save oil.