

今月の農業

農薬・資材・技術

5

2003

特別企画

臭化メチル代替技術

第2部 物理的消毒法を中心に



化学工業日報社

神奈川における 熱水土壌消毒システムの 開発経緯とその概要

神奈川県農業総合研究所 生物資源部

きた
北

のぶ
宜

ひろ
裕

1、はじめに

神奈川における熱水土壌消毒システムの開発は、一九八三年に神奈川県と県内のバラ栽培農家の石井氏との共同研究による「温湯を利用した栽培土壌消毒装置（実用新案第一五一〇一五四三号、昭和五十八年十月十七日）」にはじまる。

その後、システムの改良が進められ、**一九八五年には熱水散布装置をウインチで牽引する現在の熱水土壌消毒システムがほぼ完成した。**この牽引方式の熱水土壌消毒システムは通称「神奈川方式」と呼ばれ、すでに神奈川県内の温室バラや施設トマト生産者のもとより、雨よけハウレンソウ等の施設軟弱野菜類あるいはキクやユリ等の施設花き生産等で実用技術として広く利用されている。

ここでは、神奈川方式の熱水土壌消毒システムの開発の経緯、システム構成と処理効果および実用利用の現状等について概説する。

2、システム開発の経緯

本システムは、一九七〇年代後半

に旧神奈川県園芸試験場において、温室バラが栽培されている状態で施設内土壌を消毒するための技術開発が契機となつて生まれた。当時、温室バラでは根頭がんしゅ病が栽培上の大きな問題となっていたが、経営上は多様な品種生産に対応するための部分改植方式が主流となりつつあった。一斉改植なら単純にクロルピクリンで土壌消毒すればよいわけだが、部分改植だとクロルピクリンや臭化メチルは基本的に使用できないため、当初は蒸気消毒を採用する方向で対応を進めた。しかし、蒸気消毒では根頭がんしゅ病菌が生息する土壌深層部は消毒できず、十分な防除効果は得られなかった。このような状況の中で、あるとき「温湯暖房を利用して、熱により土壌消毒する方法はどうか。」ということになった。温室バラ栽培では温湯暖房が一般的で、しかも室温を最低でも一八度C以上に保たなければいけないため、温湯の温度は七〇〜八〇度Cと高い値に設定されている。その温湯の熱を直接土壌消毒に利用できないかと考えたわけである。そこでまず、蒸気消毒の延長線上の発想として、

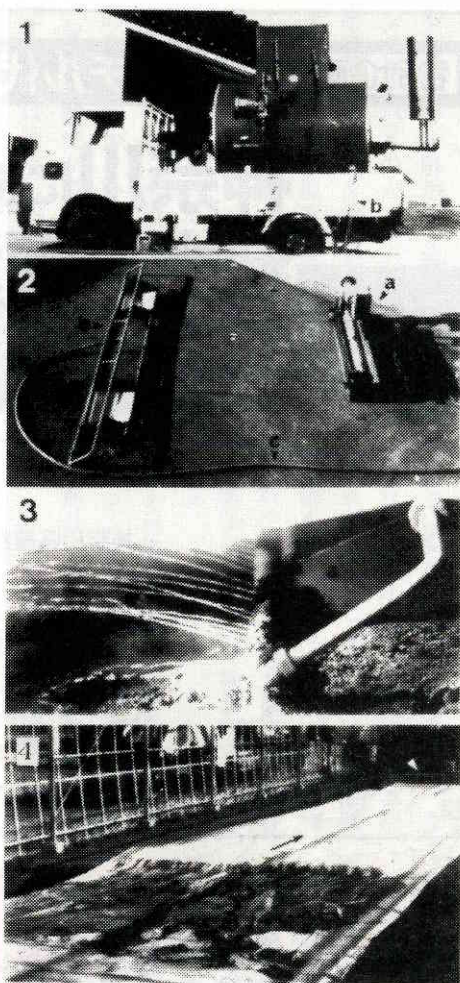
耐熱パイプを地中に埋設し、それに暖房用の温湯を通し、その熱により土壌消毒する間接的な方法を開発した。一九七六年のことである。これをスタートにして改良を加え、一九八三年に「温湯を利用した栽培土壌消毒装置」として実用新案として登録し、完成させるまでに至った。しかし、生産現場への普及過程ではパイプの埋設作業労力の大きさに阻まれた。

一方、同じ時期に、連作に伴う塩類集積の解決策についての検討が進められており、その中で土壌病害と塩類集積を一挙に解決できる技術として熱水の直接的な土壌処理散布手法が浮上した。直接的な熱水散布技術の開発をはじめた一九七七年には、まずドラム缶で湯を沸かし、一八〇℃の土壌を入れた大型木箱を用いて熱水散布実験を行った。その後、一九八二年にはノズル付きの耐熱性塩ビパイプを用いて、二層アルミ蒸着フィルムトンネル内で熱水を散布する試験を茅ヶ崎市のバラ栽培農家の温室で実施した。さらにこの試験での問題点を改良し、「一九八五年には、現在の「神奈川方式」のほぼ原型と

なる牽引散布型の熱水土壌消毒装置ができあがった。この装置は、処理方法の簡便さと絶大な処理効果のため、神奈川県内の温室バラ農家の間にまたたくまに普及した。一九八九年になって移動式ボイラーを組み合わせて温風ボイラーで加温する施設でも処理できるようになったこともあって、施設トマト栽培で積極的に利用されるようになり現在に至っている。

3、神奈川方式の熱水土壌消毒システムの概要

(一) システム構成
本システムは、ボイラー、熱水散布装置およびこれを牽引するウインチを組み合わせて、散布幅に合わせた大きさのポリフィルムで土壌を被覆した状態で熱水を散水する方式をとっている(第一図一、二参照)。熱水散布に先だって、熱水ができるだけ土壌の深い部分まで到達するよう十分深耕しておく。次に熱水散布装置とウインチを作業開始場所にセットし、熱水散布装置の上から処理するエリア全体をポリフィルムで被覆した後(第一図一三、四参照)、熱水散布装置をウインチで牽引して自動運転に入る。熱水の散布量は対象作物の根圏の深さに応じて決めるこ



- 【注】 1：ボイラーの定格出力は、218,000kCalで、給水ギアポンプ(a)により給水管(b)を経由して送湯される。ボイラーの保有水量は860lで、自量は約600kg。
- 2：ウインチ(a)および散水器(b)。ボイラーの熱水はcの給油管を通して散水器に送られる。
- 3：熱水が散水孔から土壌表面に散水されている様子。この写真では、右方向に牽引される。被覆ポリシートを一部はずして撮影した。aは散水器自体が土の中にもぐり込まないようにするための機能を果たしている。
- 4：ポリシートを散水器の上から散布場所全体に被覆し、散水器から熱水を散布しながらウインチ(矢印)で散水器を矢印の方向に牽引する。

【第1図】熱水消毒装置を構成するボイラー(1)と散水装置(2)および熱水の散布状況(3、4)

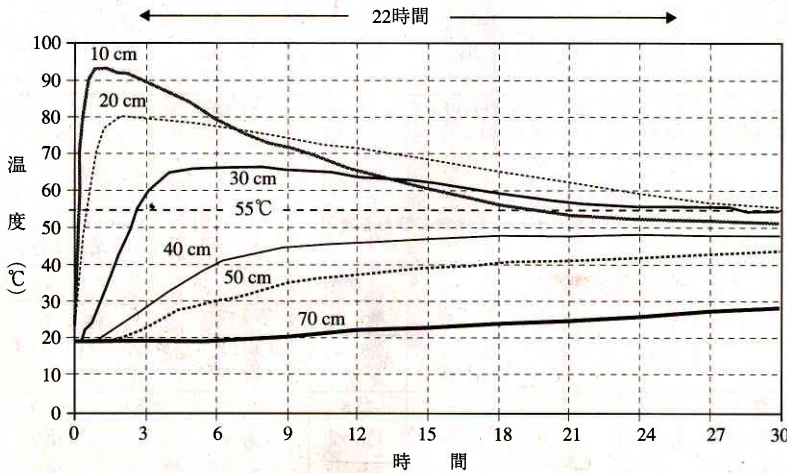
となるが、栽培期間が長く根圏が深い温室バラや施設トマト栽培では一平方メートルあたり三〇〇リットル程度に、ホウレンソウやコマツナ等の栽培期間が短く、根圏も比較的浅い軟弱野菜類では一五〇リットル程度に設定する。システム側の散湯量設定は、熱水散布幅、ボイラーの熱容量および供給可能水量とを考慮してウインチの牽引速度で調節する。一工程が終了したら、次の処理場所にウインチと熱水散布装置を移動し、再び熱水処理作業に入る。所用時間は施設・圃場の形状と散湯量によるが、施設では約四日で、露地では二日で一〇㏎を処理できる。

(二) 処理効果

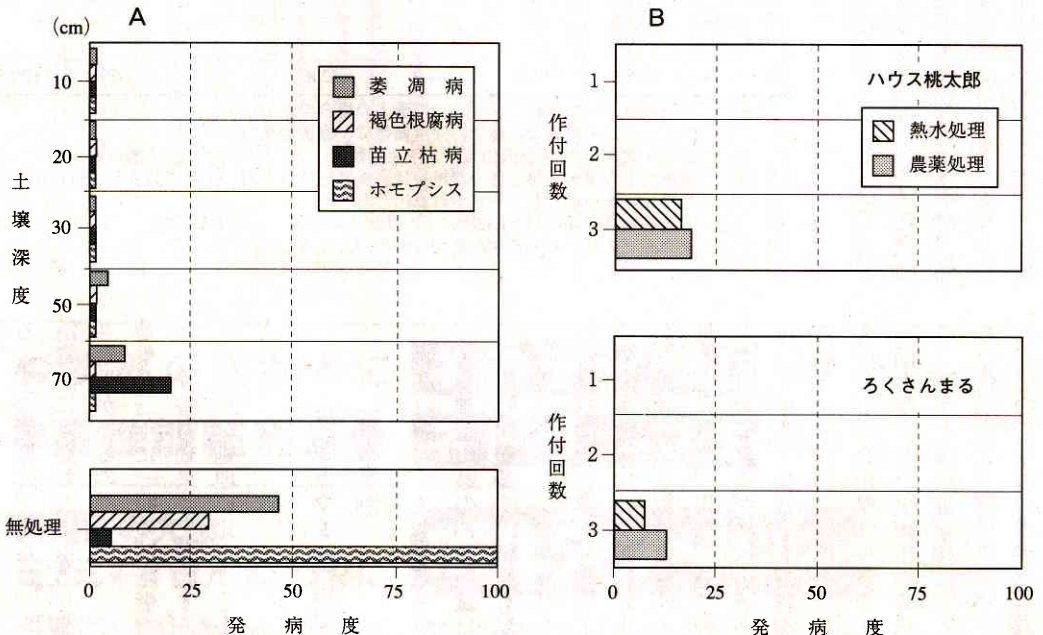
熱水処理後の地温変化を第二図に示したが、三〇センチまでの作土層ではフザリウムの死滅温度である五五度C以上の温度が実に二二時間にもわたって保たれることがわかる（第二図参照）。

主要な土壌病原菌の埋設試験ではいずれも高い防除効果が認められ（第三図A参照）、土壌物理化学性は四〇センチまでの作土層のECは〇・一mS/センチ以下に、カリは処理前

の二分の一以下の値まで低下するとともに、pHは適正値まで上昇するなど顕著な土壌のリフレッシュ効果が得られることも大きな利点である（第一表参照）。神奈川県農業総合研究所で実施した促成トマト栽培での実証試験事例では、熱水処理効果は



【第2図】熱水処理後の土壌深度別の温度変化（北1990）



【第3図】熱水土壌消毒の深度別、病害別発病抑制効果（A）
およびトマト褐色根腐病発病抑制持続効果（B）（岡本2002）

【第1表】熱湯処理が土壌の化学性に及ぼす影響。

(北1990)

土壌 深度	pH		EC ^b		CaO ^c		MgO ^c		K ₂ O ^c		P ₂ O ₅ ^d	
	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後	処理前	処理後
10 cm	6.06	6.60	0.491	0.100	550	541	158	152	105	57	84	70
20 cm	5.83	6.17	0.253	0.068	505	501	137	137	100	43	60	48
30 cm	5.94	6.21	0.068	0.061	519	495	134	129	25	16	32	23
40 cm	5.94	6.19	0.048	0.128	505	512	131	135	16	126	25	41

〔注〕 a : 熱湯処理10日後に採取した土壌の測定値、 b : mS/cm、 c : いずれも乾土100 g 当たりの mg を示す。
d : トルオグ法による分析値。

【第2表】促成トマト栽培における生育状況、収量および不良果の規格別割合¹⁾

苗	処理区	草丈 ²⁾ (cm)	収穫した 花房数	総収量 (kg / 株)	可販果率 (%)	不良果規格別割合 (%)			
						空洞	奇形	小果 ³⁾	尻腐他
自 根	実証 (熱水) 区	177	13.5	6.83	76	16	34	36	14
	対 照 区	145	12.6	6.20	53	46	13	24	17
接 木	実証 (熱水) 区	172	12.6	6.26	74	15	32	38	15
	対 照 区	126	11.4	5.68	56	40	23	22	15

〔注〕 1) 3 作の平均値を示す。 2) これのみ第1作目の測定値 (1999年2月15日調査)。
3) 100 g 未満の果実。品種は「ハウス桃太郎」。

【第3表】土壌消毒に関わる費用

(単位: 1,000円/10 a)
(北昌2002)

項 目	熱水土壌消毒区		薬剤防除 (対照) 区 ¹⁾				
	1 処理 3 作当り	1 作平均	第1作	第2作	第3作	3 作計	1 作平均
			バスアミド 微粒剤	キルバー	クロルピク リンテープ ³⁾		
薬 剤 費	—	—	28.1	22.8	225.0	275.9	92.0
資 材 費	16.7	5.6	16.7	16.7	16.7	50.2	16.7
機 械 費 ¹⁾	60.5 (64.8)	20.2 (21.6)	—	2.9	—	2.9	2.9
光熱水費 ²⁾	152.3	50.8	—	0.4	—	0.4	0.4
内水道料	51.5	17.2	—	—	—	—	—
内重油代	100.8	33.6	—	—	—	—	—
合 計	229.5	76.5	44.9	42.8	241.7	329.4	109.8

〔注〕 1) 機械設置・リース料で、() は購入の場合の値を示す。
熱水土壌消毒機購入の場合の使用価格は、機械価格3,600千円、
耐用年数10年 残存価格10%、3戸共同利用、1戸当たり施設面積50 aとして、
薬剤利用の場合、第2作の機械費は、機械価格81千円、耐用年数5年、残存10%、
年間10時間利用としてそれぞれ算出した。
2) 水道料203円/m³、重油32円/l、ガソリン90円/lで計算した。
3) クロルピクリンくん蒸剤の場合、52千円となる。

資材は、一〇〇㍉当たりA重油が約二
作時かそれ以上の収量が得られてい
る(第二表参照)。熱水消毒にかかる

少なくてとも三年間あ
(第三回B参照)、
〇〇㍉電源である。コストはA重油
の値段と使用する水量によるが、熱
水土壌消毒ではその効果が少なくと
も三年間は持続することから、一年
当たりではクロルピクリンを使用し

た場合とはほぼ同等の経費で実施でき
る(第三表参照)。さらに、熱水土壌
消毒法には顕著な土壌のリフレッシ
ュ効果があるので、それに伴う増収
効果と三年に一回の消毒労力でよい
という省力効果等を考慮するとクロ
ルピクリン処理に比べはるかに有利
となる。

4、施設トマト栽培での 適用事例

明るい海のイメージで全国的にも
有名な神奈川県湘南地域は、冬季
の日照時間が多く、気候も温暖なこ
とから、トマト・キュウリを中心と
した施設園芸が盛んな地域でもある。
この湘南地域では、昭和六十三年頃
から施設トマト栽培でも熱水土壌消
毒が導入され、現在、五〇軒以上の
トマト栽培農家が熱水土壌消毒を実
施している。なかでも、神奈川県
施設トマトの立毛共進会で農林水産
大臣賞と神奈川県知事賞をそれぞれ
三回も受賞した平塚市の斉藤晴夫氏
は、熱水土壌消毒を核にした洗練さ
れた促成トマト栽培を実践している。
五、〇〇〇平方㍉のガラス温室を使
った促成トマトと抑制キュウリ栽培

のほか、水田と露地野菜栽培を加えた多角的な経営に取り組んでいるが、その中心となるのが促成トマト栽培である。

齊藤氏が熱水土壤消毒を初めて実施したのは平成元年八月のことであるが、当時はまだトマトの置きもよく、熱水土壤消毒の効果はそれほど強く感じなかったという。しかし、その後連作を続けるうちに褐色根腐病の発生が目立ちはじめ、その被害のために立毛共進会での受賞も遠のくようになってしまった。その間、

接ぎ木栽培はもとより、嫌気性菌の利用等さまざまな対応策をとってきたが、いずれも効果は不十分で、なか画期的な手法はないかと悩んでいる最中に思い出したのが熱水土壤消毒であった。そこで平成六年の夏、トマトの収穫を一カ月早く切り上げ、熱水土壤消毒を入念に実施してみたところ、その年の促成栽培では褐色根腐病はまったく発生せず、トマトの収量は初作と同等あるいはそれ以上によみがえった。「熱水土壤消毒のおかげで、前年に比べ売り上げが二〇〇万円もアップした。これがわかっていたら、一年早く熱水

土壤消毒機を購入しておくべきだった。」と齊藤氏は心から反省したという。その後、齊藤氏は熱水土壤消毒機を個人で購入し、三棟あるガラス温室を二、三年おきに順番に熱水処理することによって、安定したトマト栽培を続けている。また、仲間のトマト栽培農家にも機械を貸し出して、熱水土壤消毒の普及にも一役買っている。

5、おわりに

神奈川生まれの牽引方式の熱水土壤消毒システムの特徴は、何といっても生産者とともに開発した実用性にある。理論的には十分な量の熱水を散布して作土を加熱し、これにより病原微生物を死滅させることができる。これはいいわけであり、その意味ではさまざまな熱水処理手法がありうる。しかし、できるだけ低コスト、省労力で熱水処理できる装置でなければ実用的な利用は期待できない。その点、神奈川方式は、生産現場における試行錯誤の繰り返しを通して作り上げられた実践的なシステムであり、すでに実用レベルに達している。それでも開発当初は、土地生産性が

高く、経営も安定していた温室バラ生産では普及したが、温室バラに比べ土地生産性が低く、施設面積が大きく、また土壤消毒の時期が農家間で重なる施設トマト栽培ではなかなか普及が進まなかった。しかし、一九九七年の臭化メチル剤の全面使用禁止という思いがけない国際情勢の変化を機にその実用性が認められ、施設トマト栽培でもここ数年で急速に普及が進んでいる。

神奈川方式のシステムを開発した当初、「畑にお湯なんかまいてどうするんだ。」と生産者や関係指導機関の方々によく言われたことを思い出す。今回、初めて熱水土壤消毒という方法を知った方々はおそらく同じ感覚をお持ちになったことと思うし、実際に土壤の透水性を確保することなど解決すべき課題も多い。

しかし、熱水土壤消毒には土壤病害対策に加えて驚くような土壌のリフレッシュ効果があるので、その点を含めて熱水処理効果を十分ご理解していただければ、積極的に利用していただけるものと期待するところである。

ねずみの捕かくに

ネトラップL

80枚入 ダンボール函入

●高性能粘着剤●

ネトラップS

100枚入

果菜類の大敵

ミナミキイロアザミウマに

ボルスタール®乳剤



Bayer CropScience

【適用作物】 きゅうり・なす・ピーマン・さやいんげん・かぼちゃ・とうがん・にがうり

発売元 小西安農業資材株式会社 東京都中央区日本橋本町2-6-3 Tel. (03) 3666-7730