

環境に優しい熱水土壤消毒技術

西 和 文

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所

Hot Water Treatment, Newly Developed and Expanding Soil Sterilization Method

Kazufumi NISHI

National Agriculture and Bio-oriented Research Organization
National Institute of Vegetable and Tea Science

キーワード：熱水土壤消毒，土壤病害，線虫防除，雑草防除

1 はじめに

野菜栽培，特に施設野菜の栽培では土壤病害対策が極めて重要な課題であり，土壤くん蒸剤を使用した土壤消毒が広く実施されてきた．土壤くん蒸剤のなかでも臭化メチルは，その適用範囲の広さと効果の安定性，作業性の良さなどの点から広く使用されてきた．しかし，1992年に臭化メチルはオゾン層破壊に関与する物質として指定され，2005年以降わが国では，「不可欠用途」として国際的に承認された目的以外での使用は事実上不可能となる．また「安全・安心」，あるいは「環境に優しい」という視点から，化学合成農薬使用の削減ないし全廃を求める動きも高まっており，化学合成農薬に依存しない土壤病害対策が強く求められるようになってきている．

こうした中で，熱水土壤消毒が注目されるようになってきた．本法は，高温の熱水（通常80-95℃）を圃場に注入して地温を上げ，熱によって有害微生物の駆除を図るものである¹⁾．1980年代初めに野菜試験場（当時）と神奈川県園芸試験場（当時）とでそれぞれ別個に開発が始まり，1990年代には技術的にほぼ確立されて土壤消毒機も市販されるようになり，農業現場への普及が始まった．多量の水を必要とすること，傾斜地や透水性の劣る圃場での効果がやや劣ることなどの弱点はあるものの，防除効果の安定性，有効範囲の広さ，実施可能時期の幅の広さなどといった点が特に注目され，今後の化学合成農薬に依存しない土壤病害対策の中心技術の一つとして，評価が高まっている．

2 熱水土壤消毒技術の内容と特徴

熱水土壤消毒では，高温の熱水を調製して，圃場に注入する．熱水は通常移動可能なボイラーで調製し，耐熱



図1 熱水土壤消毒の実施風景

[1：熱水調製用ボイラーの一例（鹿児島県有明町，2000年8月），2：灌水チューブを用いた熱水の注入状況（チューブ式，熊本県益城町，2000年8月），3：移動式の散湯装置を用いた熱水の注入状況（牽引式，注入状況が理解しやすいように被覆シートを一部除去して撮影，岐阜県加子母村，2004年4月）]

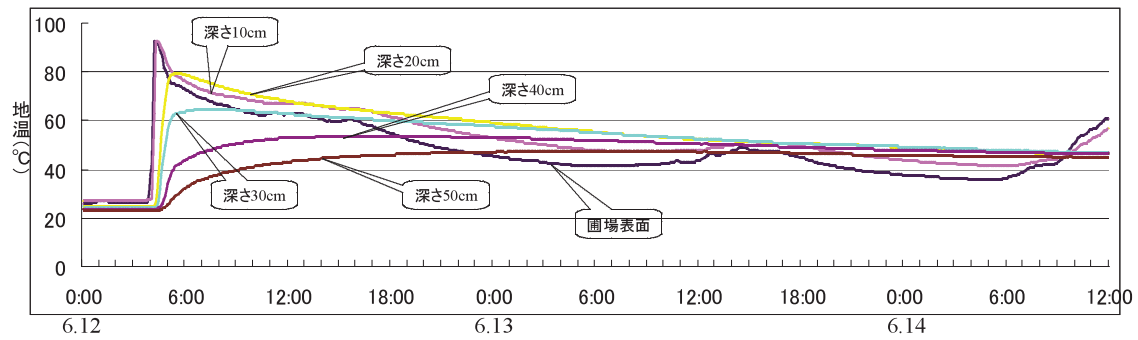


図2 熱水土壤消毒に伴う地温の変化 (2003年6月, 茨城県旭村)



図3 メロンつる割病に対する熱水土壤消毒の防除効果 (熊本県西合志町, 2000年)



図5 ホウレンソウ萎凋病に対する熱水土壤消毒の防除効果 (熊本県矢部町, 2002年)



図4 スイカ急性萎凋症に対する熱水土壤消毒の防除効果 (鳥取県大栄町, 2004年, 写真提供: 船原みどり氏)

性の灌水チューブまたは移動式の散湯装置を通じて圃場に注入される(図1)。消毒装置は、2004年6月現在、11社から市販されており、一般農家でも自由に購入することができる。注入された熱水は、自然に地中に浸透して

ゆき、地温を上げてゆく(図2)。土壤浅部では短時間のうちに高温に達するが、熱水の注入終了後は比較的早く低下する。反対に土壤深部にゆくほど最高到達温度は低くなるが、到達した温度は長時間維持される。熱水土壤消毒は、土壤のもつこのような保温性を最大限利用し、比較的低温での緩効的殺菌を主とするシステムである。

熱水土壤消毒では、比較的広範囲の土壤病原菌、線虫、土壤害虫、雑草に対し有効である。糸状菌病に対しての効果は特に顕著で、メロン、トマト、ピーマン、スイカ、ホウレンソウなどの主要病害で、高い防除効果が得られている(図3-5)。効果の持続期間も比較的長い傾向にありトマトの褐色根腐病に対し3年間効果が持続した事例やホウレンソウ萎凋病に対し消毒後14作栽培可能であった事例がある²⁶⁾。線虫に対する効果も高いが(図6-7)、効果の持続期間が短い傾向にある。細菌病に対しても有効であるが(図8)、高い効果が得られた事例²⁷⁾



図6 メロン根こぶ線虫病に対する熱水土壤消毒の防除効果（鹿児島県有明町，2001年）



図7 イチゴの根腐線虫病に対する熱水土壤消毒の防除効果（熊本県合志町，2000年）



図8 トマト青枯病に対する熱水土壤消毒の防除効果（千葉県一宮町，2003年，写真提供：窪田耕一氏）



図9 熱水土壤消毒の雑草抑制効果（熊本県西合志町，2001年）

とあまり有効でなかった事例⁹⁾が混在し、圃場条件や処理方法によって効果にふれが生じている。土壤中に生息している害虫に対する防除効果も高いが、消毒後の侵入とその後の増殖に対する抑制効果はない²⁸⁾。雑草の抑制効果は、顕著である（図9）。表1に、これまでわが国で実施された防除試験において有効と判断された事例を取りまとめた。

熱水土壤毒は土壤病害の防除に有効であるだけでなく、作物の生育にも好影響をもたらす。熊本県益城町のピーマン農家において、圃場にガラス製の水槽を埋め込み、根の伸長の様子を経時的に観察したところ、クロルピクリン処理区や無処理区と比較すると熱水処理区の細根の伸長は旺盛であった¹⁾。また、通路部分を掘り下げてみたところ、慣行のクロルピクリン処理区よりも多くの

細根が伸長してきていることが観察された（図10）。生育も良くそろい、追肥の効果も早期に現れた。増収効果も認められ、累積収量は慣行栽培区（クロルピクリン処理）より1 kg/株程度多くなった（図11）。同様の現象は熱水土壤消毒を導入した農家の多くに共通していて、鹿児島県有明町のメロン農家では果実が大型化して、1個平均約250 gの増量となった（図12）。葉や花が大型化することも指摘されている（図13）。熱水土壤消毒を実施した場合にみられる生育に対する好影響の原因は、豊富な土壤水分、塩類集積の緩和、可給態窒素の増加などといったことが指摘されているが、科学的解明はまだ十分に進んでいない。

熱水土壤消毒を実施した場合、当然のことながら土壤の物理性や化学性、生物性は変化する。土壤の比較的浅

表1 熱水土壤消毒により良好な防除効果が得られた試験例

対象作物	対象病害虫 (病原菌・線虫名)	文献
1. 熱水土壤消毒により良好な防除効果が得られた試験例		
ハウレンソウ	萎凋病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>spinaciae</i>)	2)
ダイコン	萎黄病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>raphani</i>)	3)
	根腐線虫病 (<i>Pratylenchus penetrans</i>)	4, 5)
ハクサイ	根こぶ病 (<i>Plasmodiophora brassicae</i>)	6)
チンゲンサイ	根こぶ病 (<i>Plasmodiophora brassicae</i>)	7)
イチゴ	根腐線虫病 (<i>Pratylenchus vulvius</i>)	8)
トマト	青枯病 (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	9)
	萎凋病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>)	10)
	褐色根腐病 (<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>)	9)
	根腐萎凋病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-lycopersici</i>)	10)
	根こぶ線虫病 (<i>Meloidogyne incognita</i>)	9)
スイカ	黒点根腐病 (<i>Monosporascus cannonballus</i>)	11)
メロン	黒点根腐病 (<i>Monosporascus cannonballus</i>)	12)
	つる割病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i>)	13)
	根こぶ線虫病 (<i>Meloidogyne incognita</i>)	1)
パセリー	根こぶ線虫病 (<i>Meloidogyne incognita</i>)	1)
ダイズ	黒根腐病 (<i>Calonectria ilicicola</i>)	14, 15)
	シスト線虫病 (<i>Heterodera glycines</i>)	16)
コムギ	立枯病 (<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>)	17)
	から黒穂病 (<i>Urocystis agropyri</i>)	18)
サツマイモ	立枯病 (<i>Streptomyces ipomoeae</i>)	1)
ガーベラ	根腐病 (<i>Phytophthora cryptogea</i>)	19)
2. 熱水土壤消毒により土壌中の病害虫密度が顕著に減少した試験例 ^{a)}		
ダイズ	白絹病 (<i>Sclerotium rolfsii</i>)	20)
ゴボウ	白絹病 (<i>Sclerotium rolfsii</i>)	1)
メロン	菌核病 (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)	1)
キュウリ	緑斑モザイク病 (<i>Kyuri green mottle mosaic virus</i>) ^{b)}	12)
	苗立枯病 ^{c)}	21)
	ホモプシス根腐病 (<i>Phomopsis</i> sp.)	22)
トマト	モザイク病 (<i>Tomato mosaic virus</i>) ^{b)}	21)
	半身萎凋病 (<i>Verticillium dahliae</i>)	21)
3. 前作より発病が大きく軽減あるいは慣行土壌消毒法と同程度の防除効果と認められた例 ^{a)}		
ハウレンソウ	株腐病 (<i>Rhizoctonia solani</i>)	1)
	立枯病 ^{c)}	1)
ナス	青枯病 (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	22)
トマト	半身萎凋病 (<i>Verticillium dahliae</i>)	1)
セルリー	萎黄病 (<i>Fusarium oxysporum</i>)	1)
ピーマン	疫病 (<i>Phytophthora capsici</i>)	23)
	黒点根腐病 (<i>Colletotrichum coccodes</i>)	24)
スイカ	つる割病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>)	1)
	根こぶ線虫病 (<i>Meloidogyne incognita</i>)	1)
	急性萎凋症	船原ら (未発表)
メロン	毛根病 (<i>Agrobacterium rhizogenes</i>)	1)
キュウリ	つる割病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cucumerinum</i>)	著者ら (未発表)
シソ	根こぶ線虫病 ^{c)}	1)
ネギ	萎凋病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepa</i>)	1)
	黒穂病 (<i>Urocystis cepulae</i>)	1)
キク	立枯病 (<i>Rhizoctonia solani</i>)	1)
トルコギキョウ	青枯病 (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	1)
カーネーション	萎凋細菌病 (<i>Burkholderia andropogonis</i>)	25)
	萎凋病 (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>)	25)
スイートピー	腰折病 (<i>Rhizoctonia solani</i>)	1)

文献：初出文献を中心に紹介した

a) : 1にあげたものは除く

b) : 不活化は土壌浅部でのみ認められた

c) : 病原菌は複数種あり、どの種が対象となっていたかは不明

い部分では、pHが酸性から中性に近づき、ECが減少する²⁹⁾。加里や苦土などの塩基類も、熱水土壤消毒により表層部分の土壌で少なくなる²⁹⁾。無機態窒素は、ECと同様、表層部で減少し下層へと移行する²⁹⁾。しかし、その後の地力窒素の無機化は、逆に促進される³⁰⁾。土壌中の可溶性マンガンは、消毒直後には一時的に増加するものの、その後急速に減少する²³⁾。蒸気消毒では、マンガン過剰症による生育障害がしばしば発生しているが、熱水土壤消毒での発生事例はごく少数である。

土壌のこうした変化を前提として作物の施肥設計を立てる必要があるが、この方面での検討はまだ不十分である。熱水土壤消毒を実施している益城町のピーマン農家では、堆肥の施用量は変えず、基肥の化学肥料を30-50%減らし、生育状況を見ながら追肥で対応するという施肥管理を行っている。ひとつの方向性を示すものであろう。

熱水土壤消毒の実施可能時期は、季節的な制限をほとんど受けず、暖地では一年中、寒地や高標高地でも極端

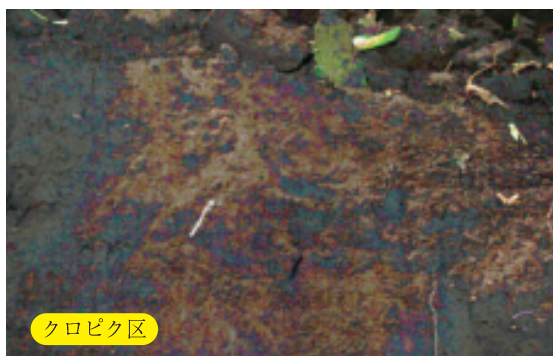


図10 熱水土壤消毒と通路への根の伸長
(熊本県益城町, 2002年)



図13 熱水土壤消毒とスイカの花
(熊本県益城町, 2002年)

な寒冷期を除くと、いつでも実施可能と考えられる。熊本県益城町、鹿児島県有明町および静岡県大井川町での試験では、実施時期が1-2月であっても、防除効果は良好であった。ただこの場合、夏期に実施する場合よりも熱水注入量を30-50%増量する必要があった。

熱水土壤消毒により安定した防除効果を得るためには、日常の土壤管理を通じて、透水性に恵まれた平坦な圃場としておくことが肝要と考えられる。透水性の悪い重粘土地帯での成功事例もある³¹⁾が、透水性の悪い圃場で実施した場合に失敗事例が多い。傾斜地では、熱水の浸透が不均一になりやすく、防除効果が劣る場合がある。一般的に斜度が6-7%程度までの圃場では実用的な防除効果が得られるが³²⁾、傾斜の大きな圃場では熱水の注入方法に特別な工夫が必要である。熱水土壤消毒実施後の土壤管理も、効果の安定性という面から重要である。良質の堆肥や有機質肥料を投与して微生物相の豊潤化を図るのが良策である。また、種苗や育苗に用いる土壤・

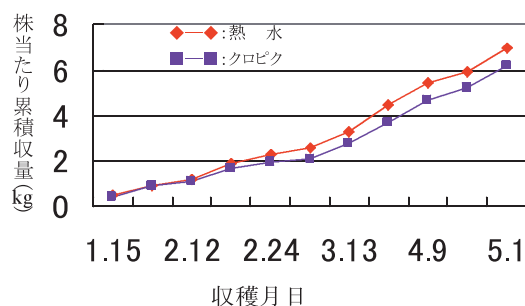


図11 熱水土壤消毒とピーマンの収量
(熊本県益城町, 2002年)

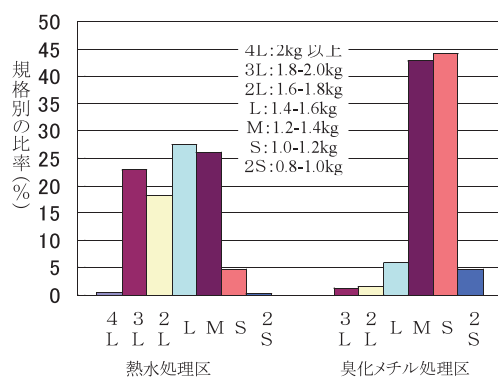


図12 熱水土壤消毒とメロン果実の大きさ別分布
(鹿児島県有明町, 2002年)

堆肥を通じて病原菌を消毒後の圃場に持ち込むことは、絶対に避けなければならない。

3 熱水土壤消毒の農家への導入事例

熱水土壤消毒は、今全国各地の農家に受け入れられつつある。作目としては、メロン、キュウリ、スイカ、トマト、ピーマンなどの果菜類、ホウレンソウなどの軟弱野菜類、バラやトルコギキョウなどの花き類で広がつつある。主に施設が中心となっているが、露地野菜で導入しようという動きもある。以下に、地域のリーダー的役割を担っている熱水土壤消毒を導入している農家を紹介しよう。

3.1 鹿児島県有明町のメロン農家の事例

鹿児島県有明町で1.1haのハウスを利用して年に2-3回メロンを栽培する牧悦次氏は、栽培暦30年のベテランである。牧氏のメロン栽培は、土づくりを重視しており、馬糞を主体としたオリジナル堆肥と有機質肥料を使用し、収穫したメロンは「秘蔵っ娘」という商標をつけて売られている。さてその牧氏が長年苦しんできたのが土壤病害である。主体はサツマイモネコブセンチュウであるが、黒点根腐病の発生をみることもある。1991年まではD-D剤、その後はクロルピクリンとD-D剤の併用、1993年秋作以降は臭化メチルを使用して、毎作多少の被

表2 年間を通じた熱水土壤消毒の実証試験結果

熱水処理日	処理面積	熱水注入量	定植日	被害株率	慣行区被害率
2000年8月26-27日	313m ²	150 ℓ/m ²	10月22日	0%	4%
12月19-26日	1050	150	3月10日	0	0
2001年2月16-20日	1221	150	5月10日	0	0
4月23-26日	1008	200	5月17日	0	0
5月8-11日	1042	250	5月24日	0	2
5月16-18日	684	250	5月24日	0	2
7月24-26日	1008	185	9月11日	0	—
8月4-24日	1008	150	9月26日	0	—

供試品種：アールスメイト

慣行区：臭化メチル20kg/10a

害を出しながらも生産を維持してきた。そんな中に飛び込んできたのが臭化メチル全廃のニュースである。それからは圃場の一部を利用して臭化メチルに変わる新しい防除技術の模索を続けた。

新しい技術候補として試みたのは、臭化メチルに代わる化学合成農薬（クロルピクリンの錠剤とテープ剤、クロルピクリン・D-Dくん蒸剤、ダゾメット粉粒剤、D-D剤）と、3種類の微生物資材、それに蒸気消毒である。化学合成農薬はおおむね良好な防除効果を示したが、減農薬を求める声に応えられず、また「いつかは有機栽培を」という牧氏自身の希望にもそぐわない。3種類の微生物資材を使用した場合は、出荷率が17-89%で、安定生産ができない。蒸気消毒も、出荷率は30-55%で、やはり安定生産ができない。前途が見出せないでいた時に出会ったのが熱水土壤消毒であった。

最初に熱水土壤消毒を試みたのは2000年8月であるが、8回のべ5.6haを使った試験では、出荷率は常に99%以上が確保できた（表2）。熱水土壤消毒の効果は冬期でも安定しており、また、消毒から定植まで4ヵ月おいた場合でも効果が持続していた。一方で定植を急ぐ場合には、6日以内に定植を終えることが技術的に可能であった。また、前作で線虫被害が激発し収穫に至らなかったような圃場でも、十分な効果があった。こうしたことから、牧氏は2002年以降熱水土壤消毒の全面採用に踏み切っている³³⁾。

3.2 熊本県益城町のピーマン農家の事例

熊本県益城町の河端隆行氏は、約1haのハウスで、ピーマンを栽培している。2000年秋に定植したピーマンに疫病が発生し、最終的な残存株率が30%と、壊滅的な被害を受けた。このままではピーマンの生産が持続できないと、2001年夏に全面的な土壤消毒に踏み切った。この時にクロルピクリンによる土壤消毒と熱水土壤消毒を行い、双方の作業性や防除効果を比較した。熱水土壤消毒の効果は非常に高く、生育初期には疫病の発生が認められず、生育期後半に入って天井ビニールからしずくが滴り落ちる部分に若干の罹病株の発生を見た程度であった。クロルピクリンによる土壤消毒の効果も高く、熱水土壤消毒

との間での防除効果の違いは見られなかった。しかし作業性が段違いで、猛暑のハウス内で防毒マスクなど重装備での作業から開放される意義は大きいと、熱水土壤消毒に高い評価が与えられた。熱水の注入作業は1棟（8m×95m）に2日程度を必要とする（昼夜連続運転を行うと24時間程度）が、その作業の大部分は自動運転であり、他のハウスでの収穫や管理作業の合間に異常のチェックをするだけでよいので、それほど負担にならないとの評価であった。

防除効果とは別に熱水土壤消毒に高い評価が与えられたのは、活着率の良さと旺盛な生育を示す点であった。通常は生育不良で植え替える株が出るが、熱水土壤消毒を実施した圃場では、すべての株の生育がよくそろう、植え替える必要がなかった。クロルピクリン消毒の場合は、生育不良株が散見されるばかりでなく、生育が不ぞろいとなりがちであった。圃場にガラス水槽を埋設して根の生育を観察できるようにしたところ、熱水土壤消毒を行った場合の根の生育は、クロルピクリン消毒の場合よりも旺盛で、根毛も豊富に形成された（図10）。栽培終了後の掘り取り調査でも、細根量、通路部分まで伸張した根量ともに熱水土壤消毒の場合がクロルピクリン消毒の場合を凌駕していた。熱水土壤消毒の場合には、基肥の化成肥料を3割減として栽培したにもかかわらず、生育、収量ともにクロルピクリン消毒の場合よりも良好であった。

河端氏から聞き取った熱水土壤消毒と慣行栽培（クロルピクリン処理）を比較した技術的評価は、表3に示す通りである。

3.3 兵庫県大屋町おおや高原有機野菜部会の事例

兵庫県大屋町と関宮町との境に「おおや高原」が広がっている。おおや高原有機野菜部会は、この高原地帯で、ハウレンソウを中心に、コカブ、ミニトマトなどの有機栽培に取り組んでいる。生産は「コープこうべ」と提携し、無農薬にこだわった有機栽培野菜による高付加価値化で、顔の見える「安心・安全な野菜づくり」がモットーである。2000年には農林水産祭園芸部門で天皇杯、その前年の1999年には全国施設園芸共進会集団の部で農林水

表3 農家からの聞き取り調査による熱水土壤消毒とクロロピクリン消毒の技術的比較

質問内容	熱水土壤消毒	クロロピクリン消毒
定植後の活着	非常に良い	良い
追肥の肥効	非常に良い	良い
果実の生育	非常に良い	良い
果実の色つや	非常に良い	普通
株の初期生育	生育が良くそろう	生育が不揃い
8ヵ月後の草勢	非常に旺盛	旺盛
通路土壤断面に現れる細根量	非常に多い	多い
8ヵ月後の細根の色調	白色味が強い	やや褐色味を帯びる

産大臣賞を受賞するなど、その技術力の高さは、よく知られているところである。

ところがその無農薬有機栽培に、1997年頃からかげりが見られるようになった。それは主力農産物であるハウレンソウに萎凋病が発生し、無視できない被害が生ずるようになったためである。ハウレンソウは産地の「顔」ともいえる主力産品でありおいそれと他作物に転換することはできない。また「有機栽培」である以上、土壌くん蒸剤を用いた土壤消毒は実施できない。おおや高原は標高が高いため、地温の確保ができず太陽熱消毒の効果は低い。畑地でやや傾斜があるため、湛水も不可能である。対策に行き詰まった時、「まだ実績はあまりないが効果はありそう」ということで提起されてきたのが、熱水土壤消毒である。

1998年にテスト導入を行ったところ、収量は前年の約5倍、株重は4.4倍となり、マンガン過剰症などの生育障害は認められなかった。このことは、萎凋病対策に光明を与え、生産者に熱水土壤消毒機導入を決断させることとなった。ここで防除効果とともに高く評価されたのは、消毒に伴うロスタイムが短いことで、圃場が乾けばすぐにでも作付け可能となるという熱水土壤消毒の特徴は、年間の作付け回数が経営の大きな要素となる軟弱野菜類の栽培を主とするおおや高原では、消毒効果とは別の意味で大きな魅力となった。

その後おおや高原では、傾斜地での消毒方法にも工夫を凝らし、斜度が6-7%程度までの圃場では実用的な防除効果が得られること、斜度がさらに大きくなった場合には熱水の注入方法に工夫を凝らすことである程度の対応が可能であること、防除効果の持続性は高く、14作後でも萎凋病の発生を低く抑えていることなどの点を明らかにし³⁴⁾、萎凋病の発生で広がった不安を払拭して、「安心・安全な野菜づくり」を継続している。

3.4 千葉県長生村のトマト農家の事例

千葉県の長生地域は、施設トマトの栽培が盛んな地域である。この地域では青枯病と褐色根腐病の発生が多く、対策に苦慮している。約40aの施設でトマトを栽培している木島一茂氏の圃場もその例外ではなく、2002年の半

促成栽培では褐色根腐病が、抑制栽培では青枯病が多発し、大きな被害を受けた。特に抑制栽培では平年比61%の出荷量しか確保できず、被害は甚大であった。何らかの対策が必要と痛切に感じていたところ、たまたま隣接する一宮町においてメロンの土壤病害を対象とした熱水土壤消毒試験が行われることを知り、見学に出向いた。一宮町の試験では、3月下旬というまだ地温もそれほど上がっていない時期にも関わらず、深さ45cm地点の地温は60℃を越える状態となり、青枯病に適用しても充分に防除効果が期待できるのではないかと考えられた。

そこで長生農業改良普及センターとも相談し、テスト導入してみることにした。トマトでは、褐色根腐病に対して熱水土壤消毒の効果が高いことはすでに広く知られている。青枯病に対する効果は、圃場によりばらつきがあるため、青枯病に対する実用的な防除効果が得られれば、充分導入に値する技術と考えられた。

2002年6月に実施したテストでは、2,000㎡の圃場の処理に8日間を要したが、そのほとんどは夜間も含めた無人の連続作業で対応でき、作業的には無理なく実施できた。消毒後は「Bバリア」を台木とした接木苗を定植したが、青枯病の発生株率は0.8%で、前年とは見違えるような生育状況を示し(図8)、出荷量は前年対比185%となった。同氏の所有する別ハウスはクロロピク



前年同期の圃場の様子

熱水処理後

図14 熱水土壤消毒により生育は旺盛になり安定生産が確保された(写真提供: 窪田耕一氏)

リン・臭化メチルくん蒸剤で処理したが、そこよりも根量が多くなり、根の1本1本も太く白い傾向にあった。

引き続き定植した半促成栽培でも褐色根腐病による被害は認められず、抑制栽培と同様、前年とは見違えるような生育状況を示した(図14)。こうしたことから木島氏はほか3名の農家は「長生村熱水組合」を結成して共同で熱水土壤消毒機の導入に踏み切り、安定生産維持への自信を深めている。

4 熱水土壤消毒の課題と今後の方向

熱水土壤消毒が農家に導入され始めた初期段階では、農家から熱水土壤消毒システムそのものに対し多くの要望がよせられた³⁵⁾。当時のシステムはまだ発展途上にあり、自動化・省力化という点では多くの課題が残されていた。その後、熱水土壤消毒が農林水産省の補助事業「熱水等利用土壤管理園芸栽培実用化技術開発事業(2000年4月～2003年3月)」に取り上げられると、システムの改良という面で大きな前進がみられた。特に、軽トラックに積載可能な小型の熱水調製用ボイラー、高温水の散布に使用可能なチューブ、散湯装置の走行安定性の確保など、重要部分についての新たな技術開発が行われた。熱水土壤消毒システムを製造・販売するメーカーも、2004年6月末現在で、11社を数えるようになっている。現時点における普及面でのネックは、システムの低価格化ということになるものと思われる。

システム改善の進展に比べ、現場にあわせた利用法に関する技術的蓄積と、それにもとづく圃場改良はまだ始まったばかりである。それぞれの圃場にあわせた最適条件の検討、熱水土壤消毒の実施を前提とした土づくりや圃場整備、施肥条件の検討などが、今後の重要問題となると考えられる。特に施肥問題の検討は重要で、熱水土壤消毒では硝酸態窒素や加里の下層への移行、地力窒素の無機化促進、根の活性の増大などといった現象が見られることから、適正施肥量の策定を初めとした施肥問題改善への取り組みが急がれる。熱水土壤消毒を実践している農家の一部では、基肥として施用する化学肥料を30-50%減らし、生育にあわせて追肥で対応しようという取り組みが始まっているが、今後の動向を示す貴重な示唆と考えられる。

摘要

化学合成農薬に依存せず安定した防除効果を示す土壤消毒技術として熱水土壤消毒が注目されている。本法は80-95℃の熱水を圃場に注入して地温を上げ、熱によって有害微生物の駆除を図るものである。糸状菌病や細菌病、線虫、土壤害虫、雑草など広い範囲に適用でき、安定した防除効果を発揮する。加えて、実施可能時期の幅が広く、暖地では年間を通いいつでも実施可能で、寒冷地でも極端な厳寒期を除けば実施可能である。熱水土壤

消毒を実施すると作物の生育が促進され、細根がよく伸長して、根毛の形成量も多くなる。果実も大型化する傾向にあり、収量増も期待できる。環境に優しい土壤消毒技術として、導入農家数も急速に増加しつつある。

引用文献

- 1) 西 和文. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会: 7-16
- 2) 國安克人. 1993. 熱水消毒によるハウレンソウ萎ちょう病防除. 今月の農業. 37(10):44-50
- 3) 國安克人・竹原利明. 1993. 熱水土壤消毒によるダイコン萎黄病防除試験—熱水温度と防除効果(講要). 日植病報. 59:322
- 4) 百田洋二・國安克人. 1992. 熱水土壤消毒法によるダイコンのキタネグサレセンチュウ被害抑制(講要). 日植病報. 58:107
- 5) 森谷 茂・渡邊和洋・西 和文・清水 啓. 1994. 熱水土壤消毒によるダイコンのキタネグサレセンチュウの防除. 東北農業研究. 47:309-310
- 6) 森谷 茂・渡邊和洋・西 和文. 1994. 熱水土壤消毒によるハクサイ根こぶ病の防除. 北日本病虫研報. 45:76-79
- 7) 岩本 豊・高木 廣. 2001. 軟弱野菜に発生する土壤病害に対する熱水土壤消毒の利用. 今月の農業. 45(4):58-62
- 8) 江口武志・森山美穂・横山 威. 2002. イチゴほ場における熱水土壤消毒のクルミネグサレセンチュウに対する被害回避効果と土壤微生物への影響. 九州農業研究. 64:91
- 9) 竹内妙子・福田 寛. 1993. 熱水土壤消毒によるトマト青枯病, 褐色根腐病, およびサツマイモネコブセンチュウの防除. 千葉農試研報. 34:85-90
- 10) 國安克人・竹内昭士郎. 1986. 熱水注入による土壤消毒のトマト萎ちょう病に対する防除効果. 野菜試験場報告. A14:141-148
- 11) 酒井 宏・白石俊昌・萩原 廣・竹原利明・中山尊登・齊藤初雄・漆原寿彦・蓼沼 優. 1998. スイカ黒点根腐病の熱水処理および薬剤による防除. 関東病虫研報. 45:77-79
- 12) 中山尊登. 1999. 熱水土壤消毒法の現状と今後の展望. 植物防疫. 53:475-478
- 13) 西 和文. 2000. 熱水を利用した最新の消毒技術. 土壤伝染病談話会レポート. 20:190-199
- 14) 西 和文・國安克人・高橋廣治. 1990. 熱水土壤消毒によるダイズ黒根腐病の防除. 菌蕈研究所研究報告. 28:293-305
- 15) 西 和文・佐藤文子・唐澤哲二・佐藤 剛・福田徳治・高橋廣治. 1999. ダイズ黒根腐病の発生生態と防除. 農研センター研報. 30:11-109
- 16) 百田洋二・西 和文・萩原 廣・國安克人. 1991. 熱水土壤消毒の主要線虫に対する効果(講要). 日植病報. 57:127
- 17) 西 和文・佐藤 剛・福田徳治. 1992. 熱水土壤消毒によるコムギ立枯病の防除. 関東病虫研報. 39:39-42
- 18) 萩原 廣・佐藤 剛・齋藤初雄. 1996. 熱水土壤消毒によ

- るコムギから黒穂病の防除. 関東病虫研報. 43:57-58
- 19) 植松清次. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:68-73
- 20) 西 和文・林 浩之・佐藤 剛・福田徳治. 1991. ダイズ白絹病菌菌核の生死に及ぼす熱水土壤消毒の影響. 関東病虫研報. 38:55-58
- 21) 北 宜裕・植草秀敏. 1999. 熱湯散布による土壤消毒. 農耕と園芸. 54(11):105-109
- 22) 野島秀伸・仁田尾百恵・最勝寺 幸・清本なぎさ・西 和文. 2002. 施設野菜の土壤病害および線虫の物理的防除. 九州農業研究. 64:82
- 23) 西 和文・池田剛志・猪野敏雄・西牟田康博・儀藤善行. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:53-57
- 24) Uematsu, S., K. Nishi and N. Kita. 2003. Hot Water Soil Sterilization Begins in Japan. Farming Japan. 37(2):35-41
- 25) 福岡幸博. 2001. 花きにおける熱水土壤消毒・蒸気消毒. 農業愛知. 2001. 5:66-67
- 26) 植草秀敏・高木 廣. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:104-107
- 27) 大嵩洋子. 2004. 熱水土壤消毒によるトマト青枯病の防除事例. 今月の農業. 48(6):15-20
- 28) 廣瀬敏晴・石川順也. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:66-68
- 29) 岡本昌弘. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:96-101
- 30) 橋本知義. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:101-104
- 31) 山口純一郎. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:124-127
- 32) 岩本 豊・高木 廣・長田靖之・西村いつき. 2000. 傾斜地ほ場における熱水土壤消毒によるハウレンソウ萎ちょう病防除. 関西病虫研報. 42:53-54
- 33) 牧 信一郎. 2003. 熱水土壤消毒と私のメロン栽培. 今月の農業. 47(3):68-71
- 34) 長田靖之. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:28-32
- 35) 山崎宏志・牧 信一郎・西 和文. 2002. 熱水土壤消毒—その原理と実践の記録—. 日本施設園芸協会:49-53