

太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法について

II. イチゴ萎黄病ほか土壤伝染性病害に対する 土壤消毒効果と効果判定基準の設定

小玉孝司・福井俊男・中西喜徳

Solar Heating Sterilization in the Closed Vinyl House Against Soil-Borne Diseases.

II. Effects of solar heating sterilization in commercial vinyl-house
and basic methods for estimating the effects obtain by the treatment.

Takashi KODAMA Toshio FUKUI and Yoshinori NAKANISHI

緒 言

西南暖地の施設栽培では夏季にハウスが休閑となる
ことが多く、この時期には土壤消毒や有機物資材の施
用などに当てられる。この期間に太陽熱とハウスの保
温性を利用した土壤消毒法の実用化試験を行なってきた。

前報⁹⁾において土壤伝染性病原菌の死滅条件を設定
し、40°C前後の土壤温度と灌水処理などによる菌の死
滅条件を明らかにし、ハウス密閉処理による土壤温度
は4か年の試験年次中の低日射年次(1976年)において
も耕土全層が殺菌可能な温度域に到達した。そこで、
実際の栽培ほ場において気象条件の年次差の影響を受
けない安定した土壤消毒法を確立し、ハウス密閉期間
を適正に短縮する必要があった。

本報告では栽培ハウスにおいて、自然病土における
土壤消毒効果をイチゴ萎黄病ほか、ナス半身萎ちよう
病、トマト青枯病、ハウレンソウ株腐病について、そ
の適用性を検討した。次いで土壤消毒の効果を未然に
察知し、適正にハウス密閉期間を短縮するための効果
判定基準(指標)の設定に関する試験を行なったので、
ここに報告する。

実験材料および方法

病土の作成 イチゴ萎黄病の病土は1976年には前作
イチゴで発病株率48.0%のは場を用い、病株をすべて
鋤き込み、1977年は前年秋に根部接種した子株(宝交
早生種)を植付け、全株発病を確認したのち6月に茎葉

を含め鋤き込み病土とした。

ナス半身萎ちよう病は1977年5月に Czapek-Dox
液に30日間培養した *V. albo-atrum* (当场保存 No.
EV-2) を粉砕し、根部接種した子苗(千両2号)を
植栽し、発病を確認したのち7月に茎葉ごと鋤き込み
病土とした。

ハウレンソウ株腐病は1977年5月にハウレンソウ(キ
ングオブデンマーク)を播種し、Czapek-Dox液に
14日間培養した *R. solani* (当场保存 No. R-3) の菌
そうを粉砕し、灌水時に接種した。発病を確認したの
ち6月に茎葉ごと鋤き込み病土とした。

トマト青枯病は1977年6月にブイオン液に2日間培
養した *P. solanacearum* (野菜試より分譲) を接種源
とし、トマト苗(ポンテローザ)に浸根接種し、発病
を確認したのち7月に茎葉ごと鋤き込んで病土とし
た。1978年の試験では5月に病土(前年発病土)を植
穴に混和し、トマト苗を定植し、発病茎葉を鋤き込ん
だ。

病原菌の検出と発病調査 イチゴ萎黄病菌の土壌か
らの検出は *Fusarium oxysporum* 選択分離培地(駒
田、1976)を用い稀釈平板法によった。土壤消毒後
の検定作物の栽培はイチゴ(宝交早生種) 9月13日
(1976)、9月2日(1977)、トマト(ポンテローザ)
の子苗(本葉5枚時)を9月5日(1977)、9月4日
(1978)、ナス(千両2号)の子苗(本葉6枚時)を9
月21日にそれぞれ定植した。ハウレンソウ(キング
オブデンマート)は9月2日に直播した。

イチゴ萎黄病の発病調査は程度別基準(0~4、0:

健全株)により発病株率、発病度を算出した。ナス半身萎ちよう病、トマト青枯病は発病株を定期的に調べ、最終調査時に主茎の切断により道管褐変率を求めた。ホウレンソウ株腐病は試験区内の任意の3か所に各50cm²の仕切り板をいれ、150粒ずつ播種し苗立枯率、健全株率を求めた。

ハウス密閉処理の方法と土壌温度の測定 鉄骨ビニールハウス(間口10m、奥行40m、2連棟)を用い、ハウス密閉期間は1976年7月21日～8月23日、1977年7月18日～8月7日、1978年7月15日～8月7日までとし、前報に準じて処理した。試験区は1区9.8m²、2連制とし、有機物資材、石灰窒素の施用量は標準処理区、多量施用区は10a当り稲わら2t、青刈トウモロコシ1t、石灰窒素100Kg(1977)、150Kg(1976)をハウス密閉前に耕土全層に混和した。多量施用区は上記のほかに5月20日にオガクズ堆肥17tを施用し、トウモロコシを播種した。無施用区および病土作成区は系外有機物資材、石灰窒素は無施用とした。標準無処理区は同一ハウス内に発泡スチロール板の仕切り板と地表面の被覆により周辺部の影響を軽減した。

土壌温度の測定はハウス内の中央部の標準処理区の畦の最上部から深さ別に感温部(白金抵抗測温体)を埋設し、隔測温度計(千野EH-100)で期間中調べた。なお、野外の土壌温度の測定は当場の気象観測露場において隔測温度計(白金抵抗測温体)を用い、その他

の気象観測は前報に準じて調べた。

土壌消毒の効果判定の指標 植物種子の熱処理と発芽能力について水稲(トヨサト)、トマト(米寿)、キュウリ(四葉)、ダイコン(大蔵)、トウモロコシの種子をビニール袋とガーゼ袋に50粒ずつ袋詰めし、磁器製ポット(直径12cm×高さ15cm)の湛水土壤中に埋没し、所定温度で保温したのち水洗し、シャーレ内の温室で発芽を調べた。また、布袋につめた水稲種子を密閉ハウス内土壌に深さ別に埋没し、イチゴ萎黄病の病株中の病原菌の生死と比較した。

融解点の異なるパラフィン5種を用い、その溶解により期間中(1977年8月5日～8月7日)の最高地温を推定した。供試パラフィンは各々溶解したのち、撚子口管びん(5ml容)に2ml分注し、固化したものを密栓して土壌の深さ別に管びんが水平になるように埋没した。

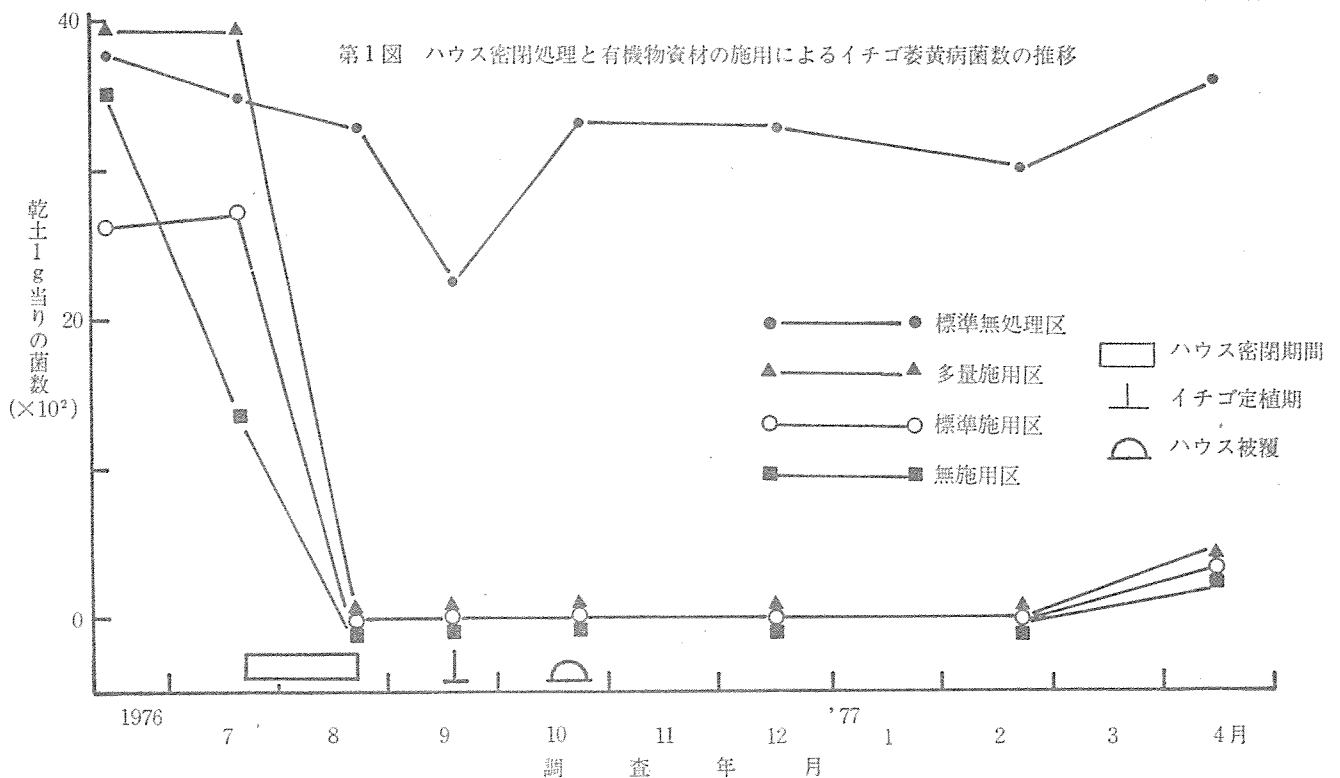
密閉ハウス内の土壌温度と野外の気象要因との関係を1976、1977年の測定値をもとに関係式を作成し、土壌消毒の指標としての適合性を調べた。

実験結果

1: イチゴ萎黄病に対する土壌消毒の効果

1-1 ハウス密閉処理によるイチゴ萎黄病菌の検出率の推移

イチゴ萎黄病の多発は場を用い、ハウス密閉処理の前後の病原菌数の推移と有機物資材、石灰窒素の施用



が土壤消毒に与える影響、イチゴ植栽後の病原菌数の復元の有無について調べた。

その結果は第1図に示すようにハウス密閉前はイチゴ萎黄病菌が高密度で検出されるのに対し、処理により激減し、稀釈平板法の検出限界以下となった。

発泡スチロール板で覆った標準無処理区はハウス密閉、一時湛水の影響は少なく、高い菌密度で推移することから、この処理法の有効性が実証された。

処理区はイチゴ定植時(9月16日)においても菌数の復元はみられず発病の危険性は極めて少なかった。10月15日のハウス被覆後から収穫期にかけても菌数の増加傾向はみられなかったが、栽培末期の4月には土壤温度の上昇も関与して、各処理区ともに検出菌数の増加傾向を認めることから、低密度ながら潜在的な病原菌の生存が考えられた。

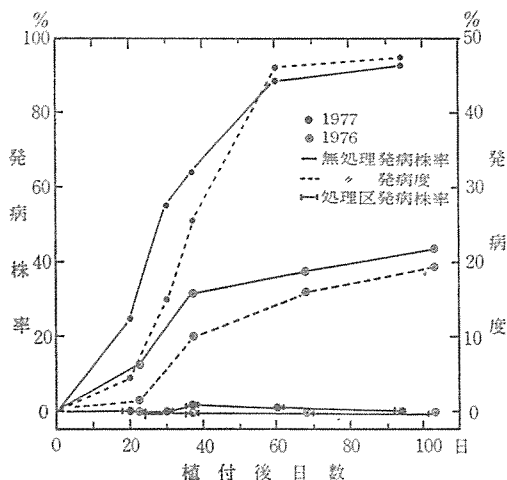
この試験の範囲内では有機物資材、石灰窒素施用と土壤消毒効果および病原菌の復元は無処理区と差を認めなかった。

1-2 イチゴ萎黄病に対する防除効果

実際の栽培ハウスにおいて促成作型にイチゴを定植し、土壤消毒の効果を2か年にわたって調べた。

その結果は第2図に示すように、1976年は標準無処理区の発病が初期にやや抑制されたが、最終調査時には発病株率43.8%を示した。処理区では期間中に全く発病を認めず、草丈、生育が極めて良好であった。

1977年は病株を多量に土壤混和したことから、高密汚染土となり、標準無処理区では初期から感染株が多くなり、30日後には枯死株が散見された。最終調査時には発病株率93.0%と高率の発病となり、正常果実の収穫は皆無であった。一方、処理区は一時期に生育不



第2図 ハウス密閉処理によるイチゴ萎黄病の防除効果

良株を認めたほかは全く発病を認めず、高い防除効果が得られた。

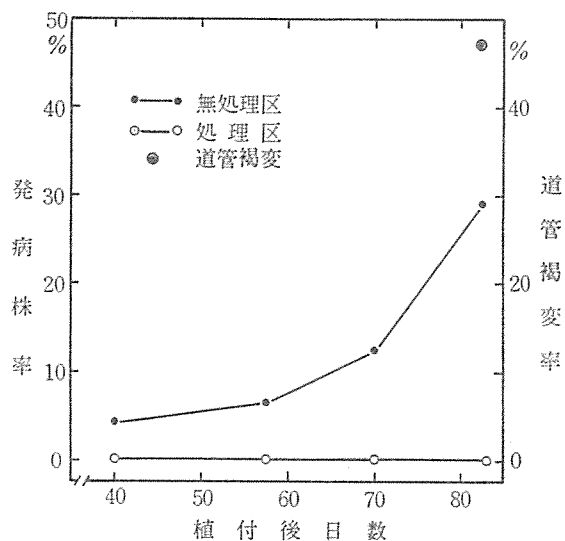
土壤消毒のほか副次的な効果として、処理区では雑草の繁茂が極めて少なく、イネ科雑草の種子はほぼ完全に殺草された。イチゴでは、通常、10月のポリエチレンフィルム被覆までに畦面に雑草が繁茂するが、この処理により防除の必要はなく、作業性の面からも好結果を得ることができた。

2. その他の土壤伝染性病害に対する適用拡大

同じ手法でイチゴ萎黄病のほかの作物、病害虫への適用拡大の可能性があり、つぎの病害についてはほ場試験を行った。

2-1 ナス半身萎ちよう病に対する防除効果

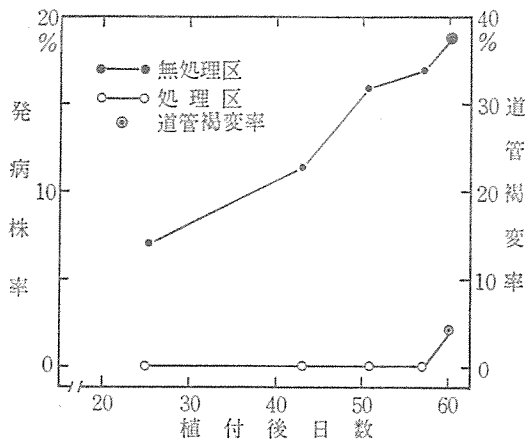
標準無処理区では植付後35日ごろから初期症状を認め、第3図に示すように発病株は漸増し、最終調査時には発病株率29.0%となり、道管褐変率は47.8%と高率であった。立枯株は少なかったが、全般に生育不良となり処理区とは発病株率以上の生育差を認めた。処理区では最終調査においても発病株、道管褐変株を認めないことから、本病への適用が期待できる結果が得られた。



第3図 ハウス密閉処理によるナス半身萎ちよう病の防除効果

2-2 トマト青枯病に対する防除効果

1977年の試験では第4図に示すように、標準無処理区の発病株率は17.1%と低率であり、後半には地温の低下もあり発病が抑制された。処理区では立枯株を認めず、生育も良好であったが、最終調査時に主茎の道管褐変率4.3%を示し、土壤消毒後の再汚染によるものか、潜在的な病原菌の生存を示すものか明らかでなかった。



第4図 ハウス密閉処理によるトマト青枯病の防除効果

1978年は前試験に比べ激発条件となり、第1表に示すように定植後14日頃から発病を認め標準無処理区では57.6%の高率な病株率を示した。処理区では全く発病株を認めず、最終調査時(10月14日)における生育は順調で、標準無処理区の株に比べ草丈で平均15.4cmの生育差を認めた。

第1表 ハウス密閉処理によるトマト青枯病の防除効果

	個体数	発病株率 (%)			
		18/1X	25	1/X	24
処理区	60	0.0	0.0	0.0	0.0
標準無処理区	33	9.0	21.2	27.3	57.6

2か年の試験結果から青枯病に対する防除効果は安定しており、病原菌の再汚染とくに子苗からの持ち込みを注意すれば適用可能と考えられた。

2-3 ホウレンソウ株腐病に対する防除効果

ホウレンソウ株腐病は病土作成時の発病に比べ軽微な発病となったが、第2表に示すように標準無処理区の苗立枯率17.3%、健全株率35.4%に比べ、処理区は発芽後の苗立枯は認めなかった。なお、栽培時期がやや低温となったため、株腐れ症状は抑制されたが、処理区は発芽揃いもよく、生育も良好なことから本病に対し適用可能と判断された。

第2表 ハウス密閉処理によるホウレンソウ株腐病の防除効果

	立枯株率 (%)			健全株率 (%)		
	12/1X	16/1X	21/1X	12/1X	16/1X	21/1X
処理区	0.0	0.0	0.0	57.3	65.5	74.6
標準無処理区	7.2	10.6	17.3	42.7	38.6	35.4

3. 土壌消毒の効果判定基準の設定

土壌消毒の効果判定の指標としては、処理後の雑草種子の発芽状況による事後の確認法にたよっており、より適確な方法により処理期間を適正に短縮するためつぎの試験を行った。

3-1 各種植物種子による方法

熱処理による種子の発芽能力の消失について調べた結果、ビニル袋づめした5種の作物種子は45℃、14日間処理においても発芽率の低下はみられず、イチゴ萎黄病菌などの死滅条件と一致しなかった。

つぎに布袋づめした種子を湛水土壤中に埋没したところ、水稲種子以外のトマト、キュウリ、ダイコン、トウモロコシの種子は45℃の短期間に発芽能力を消失した。そこで、菌の死滅条件に近似すると考えられた水稲種子の発芽率推移を調べた結果を第3表に示した。湛水土壤中の種子は35℃の保温によって徐々に発芽率の低下がみられ、10日後には不発芽となった。40℃の保温では急激に発芽率が低下し、6日後には不発芽となり、これらの結果は湛水条件下でのイチゴ萎黄病のり病株および病土中の病原菌の死滅条件と類似していた。

第3表 水稲種子の熱処理の方法と発芽能力との関係

日数	温度(℃)	種子の発芽率 (%)					
		布袋処理			ビニル袋処理		
		35	40	45	35	40	45
2		100	31.0	0	100	100	100
4		79.6	29.3	0	100	100	100
6		73.7	0	0	100	100	100
8		6.3	0	0	100	100	100
10		0	0	0	100	100	67.5
16		0	0	0	100	93.7	14.1

これらの結果に基づき密閉ハウス内の土壤中に深さ別に埋没したイチゴ萎黄病のり病株と水稲種子を対比して調べた結果、1977年の処理ではり病株からの病原菌の検出率は3日間の埋没で地表下5cm層まで死滅し、地表下10、15cmでは生存を認めるのに対し、水稲種子の発芽率は地表下5cmまで不発芽となり、地表下10、15cmではそれぞれ発芽率が20、30%と低下した。6日間の埋没では菌の検出、種子の発芽ともに認めなかった。

1978年の処理においても4日間処理で地表下30cm層まで菌の検出、種子の発芽ともに認めなかった。これらの結果は水稲種子の発芽能力の消失とイチゴ萎黄病

のり病株内の病原菌の死滅条件がよく類似し、消毒効果の指標となりうると考えられた。

3-2 融解点の異なるパラフィンによる方法

融解点の異なる5種類のパラフィンを用い、ハウス密閉期間中の土壤温度の最高値をその融解により判定した。その結果は第4表に示すように、埋没深度別の最高地温とパラフィンの融解度がよく一致し、期間中の土壤温度を推定することができた。

実際の使用場面では融解点別に着色するか、栓を

第4表 融解点の異なるパラフィンの埋没による土壤温度の推定

融 解 点	埋 設 深 度 (地表下—cm)					
	0	5	10	15	20	25
42—44℃	a)○	○	○	○	○	○
46—48	○	○	○	○	○	○
52—54	○	○	○	●	●	●
60—62	○	●	●	●	●	●
64—66	○	●	●	●	●	●
期間中の最高地温	71.5	60.5	55.0	51.3	49.1	47.1

a) ○：溶解、●：不溶

別けすると便利であった。この方法による土壤温度の推定は蓄熱的な温度の持続期間を判定することはできないが、深層部では土壤温度の日較差が小さくなることから、地表下20cm層では融解点42~44℃、46~48℃の製品を用いることにより土壤温度の推定が可能であった。

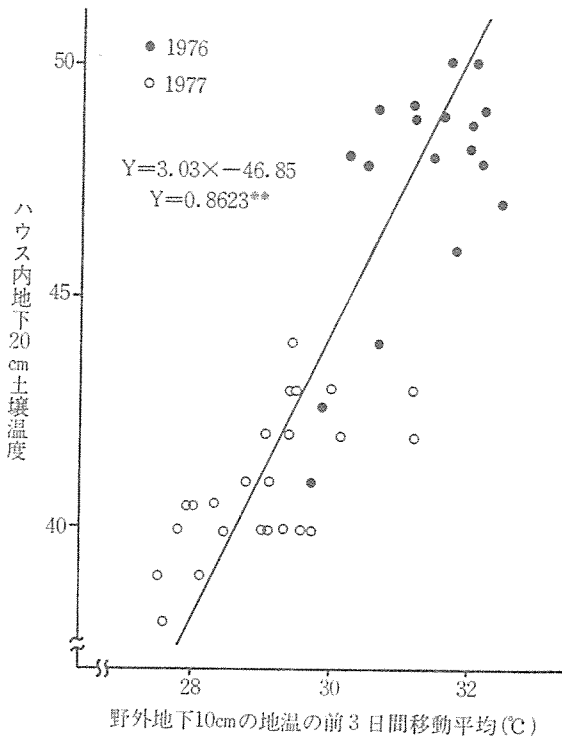
3-3 野外の気象条件からのハウス内土壤温度の推定

ハウス内の土壤温度の上昇程度を野外の最高地温、水平日射量、気温について、1976、1977年の各観測値をもとに検討したところ、第5表に示すような結果が得られた。すなわち、ハウス内土壤の地表下20cmの最高地温と最も相関の高いのは野外の地温であった。水平日射量、気温は3日移動平均値をとると相関が有意(P=0.05)となり、野外の地温は1976年の単年よりも1976、1977年の2か年の観測値で高い相関が得られた。

第5図に示すように、野外の地表下10cmの最高地温の当日と前2日の3日移動平均値とハウス内土壤の地表下20cmの最高地温の相関が最も高く、灌水処理の併用によるイチゴ萎黄病の死滅温度40℃以上を得るため

第5表 野外の気象条件とハウス内土壤温度との関係

Y	X	r	F検定	式
ハウス内地表下20cmの最高地温 ('76)	野外の地表下20cm最高地温 ('76)	0.7083	※※	$Y=0.885 X+15.138$
〃 ('76)	水平日射量 ('76)	0.380	n. s.	
〃 ('76)	日最高気温 ('76)	0.230	n. s.	
〃 ('76)	野外の地表下20cm最高地温の3日移動平均 ('76)	0.679	※※	$Y=1.039 X+10.789$
〃 ('76)	水平日射量の3日移動平均 ('76)	0.718	※※	$Y=0.011 X+36.258$
〃 ('76)	日最高気温の3日移動平均 ('76)	0.403	※※	$Y=0.599 X+22.018$
〃 ('76,'77)	野外の地表下10cm最高地温 ('76,'77)	0.8342	※※	$Y=2.126 X-19.958$
〃 ('76,'77)	野外の地表下10cm最高地温の3日移動平均 ('76,'77)	0.8623	※※	$Y=3.03 X-46.85$



第5図 野外の地温とハウス内土壌温度の関係

には、野外の10cm最高地温の3日移動平均値28.3℃以上を要すると結論された。

考 察

夏期にハウス密閉、地表面のビニルまたはポリエチレンフィルム被覆と湛水(落水)による土壌温度の上昇とその副次的な効果をねらった土壌消毒はイチゴ萎黄病、ナス半身萎ちよう病、ホウレンソウ株腐病、トマト青枯病を有効に防除し、作物の生育も良好であった。また、消毒効果を適確に察知する指標として3手法を明らかにし、処理期間を適正に短縮することが可能となった。

これらの太陽熱を有効に利用した土壌消毒は日射エネルギー量により適用地域、時期が限定されるが、わが国の盛夏は熱帯性の気候となり、西南暖地の施設栽培では休閒となることが多い。この時期を利用して土壌消毒や地力培養が慣行技術となりつつあり、従来の土壌消毒では適用範囲が制限されることが多かった。これらの手法は省資源、省エネルギー的な立場からも適用拡大が考えられる。

これまでに太陽熱を利用した土壌消毒には宮沢¹¹⁾は、クロルピクリン消毒後の残存菌をポリエチレンフィルムの被覆により補完できるとし、Katanら⁴⁾は

イスラエルの熱帯性の気候を利用して畦面をポリエチレンフィルムで被覆し、土壌温度の上昇により *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Verticillium dahliae* の発病を抑制し、ハウス条件下ではこの方法はより容易に行ない得るとしている。

ハウスの保温性と太陽熱を利用した宮川ら¹²⁾は、ペレットハウスを用いメロンつる割病を有効に防除し、ハウスの保温性を高め断熱板を埋設することにより適用拡大の可能性を示唆している。小林⁵⁾は夏期のハウス密閉、湛水によりネコブセンチュウを30℃前後の致死温度以下の防除が可能であることを示した。一方、吉野ら¹⁵⁾は太陽熱と温風暖房機の併用によるキュウリつる割病の防除を報じているが、広範な実用技術にはいたっていない。

高日射年次、地域では露地のポリエチレン被覆のみで、土壌消毒が可能であるが、フザリウム病など病原菌の分布が深層部までおよぶものでは土壌温度の不足が想定され、対象とする病原菌などの種類別の適用を明らかにする必要があると思われる。この試験のハウス条件下では前報⁹⁾で設定した菌の致死温度以下の40℃で湛水、有機物添加を組み合わせることにより適用範囲が拡大され、過去4か年の試験では耕土全層が40℃以上で昼夜持続し、土壌伝染性病原菌の死滅条件を満たすことができた。

イチゴ萎黄病菌数はハウス密閉処理により激減し、稀釈平板法の検出限界以下で経過し、イチゴ定植後も急激な復元はみられず、発病株は認められなかった。しかしながら、処理9か月後には、*F. oxysporum* 菌の増加傾向を認め、この処理の効果持続期間については今後の解明を要すると考えられた(第1、2図)。

一般には場における土壌消毒では耕土全層から病原菌を零にするのは至難であり、発病レベル以下の菌数に低下させられると同時に、他の拮抗微生物をより多く残存させるのが好ましい。Bakerら^{1,2,3)}の aerated steam treatment は病原菌を選択的に殺滅し、*Rhizoctonia solani* に拮抗する *Bacillus subtilis* など耐熱性菌類の残存が消毒効果を安定したものにしておき、植物寄生性病原菌は他の腐生性菌類に比べ致死温度の低いものが多いといわれている¹³⁾。この報告では示さなかったが、ハウス密閉処理による土壌微生物への影響は糸状菌、色素耐性細菌、アンモニア酸化細菌などの減少が著しく、総細菌数には大きな変化がなく、耐熱性菌類の残存を認めている⁷⁾。ハウス開放後の定常状態への回復も20~30日後にはみ

られ、aerated steam treatment に類似した副次的な効果が期待でき、病原菌の復元の遅延、土壤の静菌作用の変化などさらに検討を要する問題と考えられた。

イチゴ萎黄病などフザリウム菌病は土中で容易に耐久体（厚膜孢子）を形成するといわれ¹⁰⁾、前報⁹⁾の菌の死滅条件の実験からフザリウム菌の死滅条件が満たされれば、他の土壤伝染性病害への適用が可能と推察された。この試験で供試したナス半身萎ちよう病、ホウレンソウ株腐病は発病を認めず適用可能と判断され、トマト青枯病は発病抑制効果を認めるが、病原菌の再汚染について激発条件下での再検討が残されている。なお、土壤消毒の効果と同時に雑草繁茂が極めて少なく、イネ科雑草種子はほぼ完璧に殺草され、作業能率の面からも注目された。

この試験では前作の植物残渣をすべて鋤き込み有機物資材として土壤に還元したが、イチゴ、トマト、ホウレンソウ、ナスでは2~4か年の連用では障害性を認めていないことから、ハウス密閉処理を前提とするならば積極的に利用できると考えられた。病土作成区では病植物残渣のみを施用し、他の系外有機物資材、石灰窒素などの施用は一切行わず、ハウス密閉、地表面のポリエチレンフィルム被覆および湛水（落水）によって、土壤消毒の目的が達せられた。有機物資材、石灰窒素の施用は消毒効果を補完し、作物の生育を安定させる地力培養の面で生かされるものと考えられた。

つぎに、土壤消毒の効果判定をより早期に行ない、気象の年次変動に対処した適正な処理期間を決める必要があった。ハウス密閉期間については、単に14~20日間とし低日射年次にはやや長期間とするなど適確な判定基準がなく、消毒後の雑草の繁茂状況による事後の確認法にたよっている。この土壤消毒法が比較的低温による殺菌であるが、長期間持続すれば当然のことながら土壤微生物を非選択的に殺滅することになり、この処理法の特徴が消去される。

そこで、つぎの3指標について、前報の菌の死滅条件の結果と対比しながら調べた。植物種子の発芽による方法は、湿熱では水稻種子を除き短期間に発芽能力を消失し、乾燥種子では40~50℃の比較的低温度域では病原菌の死滅条件より生存が長く消毒効果の指標となり得なかった。水稻種子の湛水土壌およびハウス内土壤への埋没結果からイチゴ萎黄病菌のり病株中での死滅条件と適合し、消毒効果の指標となりうると考え

られた。

融解点の異なるパラフィンによる方法は、パラフィンの融解により最高地温を推定するもので、種子発芽が累積的な温度の影響をみるのに対し、土壤温度の持続期間を察知することはできない。しかし、ハウス内土壤では深層部にいくにしたがい、土壤温度の日較差が小さくなっており、地表下20cmでは融解点42~44℃、46~48℃の製品を利用することにより土壤温度の推定が可能であり、土壤消毒の効果判定に利用できそうであった。

野外の気象条件からハウス内の土壤温度の上昇程度を推定する方法として、1976、1977年の測定値をもとにハウス内で比較的溫度の安定している地表下20cm地温との相関を求めたところ、最も相関の高かったのが、野外の地表下10cm最高地温の3日移動平均値(x)との間に $y = 30.3x - 46.85$ 、 $r = 0.8623^{**}$ の関係を認めた。すなわち、前報で設定した土壤伝染性病原菌の死滅に要する土壤温度40℃を得るためには、野外の地表下10cm最高地温の3日移動平均値28.3℃以上を必要とする。これらの数値はハウス規模、保温性の差による若干の補正が必要と考えられるが、ハウス内の土壤温度を簡易に推定でき消毒効果の指標となり得ると考えられた。

これらの3指標の他に温度変化により発色する試験紙も市販されており、これらの適用も可能であり現場で使いやすいものの検討が残されているが、適確な消毒効果の指標の採択により処理期間を適正に短縮する必要がある。とくに、実際場面においては前後作の作付計画にも影響するもので重要と考えられた。

実施にあたっての注意点としては

- 1) ハウスの保温性を高め夜間の放熱を最少限にする。
- 2) 水は一時湛水とし、深水、掛け流しは土壤温度の上昇を阻害するので、ほ場の減水深に応じた水管理を行なう必要がある。
- 3) 被覆ビニル、ビニル押えバンドなどは高温により可塑性が減じるので継続使用に耐えないことがある。
- 4) 精密計器類は高温湿熱により破損しやすいので、ハウス外に持ち出すなどの配慮を要した。

以上の結果からイチゴ萎黄病ほか土壤伝染性病害に適用拡大が可能であり、処理期間を適正に短縮することにより有害微生物を選択的に殺滅し、消毒後の再汚染の危険性の少ない土壤消毒法とすることが可能と考えられた。今後、適用地域、対象病害虫の種類により

変法が想定でき、ハウス条件下のみならず露地条件下の適用も検討されるべきであろう。

摘 要

夏期のハウス密閉、地表面ビニールまたはポリエチレンフィルムの被覆および湛水処理による土壌消毒の適用拡大と消毒効果の判定基準について検討し次の結果を得た。

1. この処理によりイチゴ萎黄病菌数は激減し、処理直後には全く検出されなかった。イチゴ定植、ビニール被覆後も菌数の復元は認めなかった。しかし、栽培末期の処理9か月後には低密度ながら *Fusarium oxysporum* 菌数の増加傾向を認めた。

2. イチゴ萎黄病の発病は標準無処理区では兩年次ともに発病株率43.8%、93.0%と高率にみられ、生育も極めて悪く、とくに、1977年は正常果実の収穫は皆無であった。一方、処理区は発病を認めないか、低率の生育不良株にとどまり高い防除効果を示し実用可能と考えられた。

3. ナス半身萎ちよう病は処理区において全く発病を認めず、標準無処理区では発病株率29.0%、道管褐変率47.8%を示し、発病株以外にも生育不良株が多くなった。

ホウレンソウ株腐病は少発生条件ではあったが、処理区の苗立枯れ株はみられず、発芽揃いが良好なのに対し、標準無処理区は苗立枯率17.3%、健全株率35.4%とかなり劣った。トマト青枯病は1977年の試験では標準無処理区の発病株率が17.1%、道管褐変率37.5%であるのに対し、処理区は発病を認めなかった。しかし、道管褐変率4.3%を認めたことは潜在的な病原菌の生存によるものか、再汚染かは明らかでなかった。1978年の試験では標準無処理区の発病株率57.6%に対し、処理区は全く発病を認めなかった。これらの結果から上記の土壌伝染性病害に対し適用拡大が可能と考えられた。

4. 処理土壌では殺草効果が顕著にみられ、とくに、イネ科雑草の種子はほぼ完全に死滅し、作業上の有利点となった。

5. 土壌消毒効果の判定基準として植物種子の発芽率と菌の死滅条件を比較したところ、水稻種子の発芽能力の推移とイチゴ萎黄病のり病株中の菌の死滅条件が類似し、ハウス内土壌の埋没実験からも消毒効果の判定指標として使えそうであった。

6. 融解点の異なるパラフィンの融解と期間中の最

高地温が一致し、土壌温度を推定することができた。地表面20cm層の埋設用には融解点42~44℃、46~48℃の製品を捻子口管びんに分注して用いるのが好適であった。

7. ハウス内の地表面20cm地温と野外の気象条件との関係を求めたところ、野外の地表面10cm地温との相関が高く、最も相関の高かったのが野外の地表面10cm最高地温の3日移動平均であり、 $y = 3.03x - 46.85$ 、 $r = 0.8623^{**}$ の関係式が得られた。この数値はハウス規模など保温性の差により若干の補正を要すると考えられた。

本研究の実施に当たり、その端緒を与えられ、終始現場への普及にご尽力された天理農業改良普及所宮本重信技師ほか所員各位に、また本研究の共同研究に当たられた技術課々員各位に併せ深謝の意を表す。農林水産省野菜試験場萩原広技官には青枯病菌の分譲を受けた記して謝意を表す。

引 用 文 献

1. BAKER, K. F., N. T. FLENTJE, C. M. OLSEN, and H. M. STRETTON 1967. Effect of antagonists on growth and survival of *Rhizoctonia solani* in soil. *Phytopathology* 57: 591-597.
2. ——— 1970. Selective killing of soil microorganisms by aerated steam. pages 234-239 in T. A. TOUSSOUM, R. V. BEGA, and P. E. NELSON, eds. *Root diseases and soil borne pathogens*. Univ. California press, 252p.
3. ———, and R. J. COOK 1974. *Biological control of plant pathogens*. W. H. Freeman, San Francisco 433p.
4. KATAN, J., A. GREENBERGER, H. ALON, and A. GRINSTEIN 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66: 683-688.
5. 小林義明 1974. 高温、たん水処理によるネコブセンチュウの防除. 静岡農試研報 19: 44-50.
6. 小玉孝司・宮本重信・宮川逸平・志賀陽一 1976. 夏期の温室密閉による土壌消毒法. 農および園 51: 889-894.

7. ———・福井俊男 1977. イチゴ萎黄病に関する研究 第9報 ハウス密閉処理による土壌消毒の効果と土壌微生物の消長(講要). 関西病虫研報 19 : 111.
8. ———・——— 1978. 太陽熱利用による土壌消毒の適用拡大について(講要). 日植病報 44:371.
9. ———・——— 1978. 太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について I. 土壌伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壌温度の変化. 奈良農試研報 10 : 71—82.
10. 駒田 且 1976. 野菜のフザリウム病菌, *Fusarium oxysporum* の土壌中における活性評価技術に関する研究. 東近農研報 29 : 132—269.
11. 宮沢洋一 1970. ヤクヨウニンジンの根腐病を基因する *Cylindrocapon panacis* の死滅温度と本病防除への適応. 農および園 45 : 1279—1280.
12. 宮川逸平・志賀陽一 1974. 温室の保温性による温室内の土壌消毒法. 農業電化 27(8) : 16—20.
13. OLSEN, C. H., and K. F. BAKER 1968. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. phytopathology 58: 79—87.
14. 志賀陽一・宮川逸平 1970. 温室の夏期の保温性にもとづく土壌消毒法について(講要). 日植病報 36 : 194.
15. 吉野正義・橋本光司・嶋崎 豊 1974. フザリウム菌病の防除 1) 薬剤ならびに熱利用による防除. 日植病土壌伝染病談話会資料 57—61.

Summary

Following the previous report, the field experiments carried out in the commercial vinyl houses demonstrated that solar heat sterilization should be commonly applicable to the soil-borne diseases of some crops. And, three basic methods were achieved for estimating the effects after treatment. The results obtained are as follows;

1. A couple of commercial vinyl-house, in which the infestation rate of strawberry yellows was about 40-90%, was treated with solar heating except non-treated plot. In non-treated plot there were only poor growth of strawberry and few normal fruits in forced strawberry affected by the disease. On the other hand, treated plot suffered from no disease, though showing poor growth in part. This fact clearly demonstrated the practical effect of solar heating sterilization.

2. There was rapid reduction of *F. oxysporum* f.sp. *fragariae* in population immediately after the start of treatment. And no fungus of this kind had been detected soon after the end of treatment, and no recovery of it was found until the next cropping time of forced strawberry which had been planted 3 weeks after the end of treatment. But, finally at the 9th month after treatment a slight trace of it was observed again.

3. Concerning the other soil-borne diseases controlled by the treatment, following effects were finally obtained. 1) Verticillium wilt of eggplant: No attack could be seen in treated plot. Infestation rate of 29% and 48% in browning vascular part were observed in non-treated plot. 2) Rhizoctonia damping-off and foot-rot of spinach: There was no trace of the disease and vigorous germination in treated one. The rate of damping-off plant and healthy one were 17% and 35%, respectively, in non-treated one. 3) Tomato bacterial wilt (*P. solaniciarum* E.F. Smith): There was no occurrence of the disease in 1977, but the infestation rate of 4.3% in browning vascular were observed in the treated one. The reason for the infection, done not clarified yet, may be partly due to survived bacteria or to re-contamination after treatment.

On the other hand, the infestation rate was 17% in non-treated one. In 1978 the symptom was not recognized in the treated one, while the infestation rate was 57% in non-treated one. From the above mentioned observation, solar heat method may be applicable not only to strawberry yellows but to three pathogens.

4. As an additional effect, there is remarkable inhibition of weed growth. Particularly, the seed of *Gramineae* was completely destroyed.

5. To obtain the standard effect by the treatment, germination of some crops were tested in terms of lethal conditions of the pathogens. It seems that there is a clear relationship between germination of rice seed and lethal conditions of *F. oxysporum* f.sp. *fragariae* in the strawberry crown, which have been buried in the soil treated. Therefore, germinating test of rice seed can be usable to judge the effect of heat sterilization.

6. Buried paraffins, which have various melting points, were affected by maximal soil temperature. The paraffins of 44–42°C or 46–45°C in m.p., which were poured into screw vials and buried in the soil treated, are suitable that the maximal temperatures at the 20cm-depth might be guessed.

7. It is found that soil temperature at 20cm-depth in treated house moves coincidentally with that at 10cm in the open field, especially with maximal temperature averaged for 3 days. In this relationship, the following equation was obtained:

$$Y = 3.03X - 46.85, r = 0.8623^{**}$$

where Y = soil temperature (°C) at the depth of 20cm in treated house; X = average maximal soil temperature of 3 days at the 10cm-depth in the open field.

But, it may be necessary to adjust this equation according to heat input and output in vinyl-house treated as they may be affected by size of vinyl house.