

太陽熱とハウス密閉処理による土壌消毒法について IV

露地型被覆処理による土壌伝染性病害虫に対する適用拡大

福井俊男・小玉孝司・中西喜徳

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

IV. Solar heating sterilization by polyethylene mulching in the open-field

Toshio FUKUI, Takashi KODAMA and Yoshinori NAKANISHI

緒 言

^{11,12,13,14)} 前報では、施設栽培において夏期のハウス密閉と地表面のプラスチック膜資材による被覆および灌水処理などの複合処理が、各種の土壌伝染性病害虫（以下土壌病害）を有効に防除し、耐熱性微生物の残存による副次的な効果のあることを明らかにした。さらに、施設に比べ作付面積の多い露地作でも、夏期の太陽日射エネルギーを利用して土壌消毒ができないか。また、重装備のすすんだ施設では高温、多湿条件での器機類の破損が問題となり、外張ビニル膜を取除いた条件下での土壌消毒の可能性について検討する必要がある¹⁾。

Katanら(1976)^{7,8)}、Grinsteinら(1979)³⁾はイスラエルおよびカリフォルニアの亜熱帯性気候を利用して、ポリエチレン膜による地表面被覆によってトマト萎ちょう病などの土壌病害を有効に防除し、わが国においてもアブラナ科野菜根こぶ病などで実験が進められている。

本報では、地表面のプラスチック膜資材の被覆による地温上昇効果および地温をさらに上げるための被覆方法について検討し、次いで各種の土壌病害虫に対する防除効果について検討を加えたのでここに報告する。

1. プラスチック資材の地表面被覆による地温上昇

実験材料および方法

夏期の太陽日射エネルギーの最も多い時期、7月中旬から8月中旬(1976年7月16日～8月25日、1977年7月23日～8月18日、1978年7月19日～8月28日、1979年7月30日～8月13日)に幅1mの畦をたててビニル又はポリエチレン膜(0.05mm、幅1.2～1.4m)で被覆し、す

ぐに畦肩までいったん灌水し、自然落水しながら太陽光線下にさらし、地温上昇をはかった。

地温の測定は畦中央部の所定の深さに白金抵抗感温部を埋め込んで日記録計で測定した。測定期間は1977年7月23日～8月18日、1978年8月6日～8月28日、1979年7月30日～8月13日とした。

実験結果

ビニル又はポリエチレン膜による被覆で地温上昇効果がみられた。第1表は3年間の処理期間中の平均日最高地温、平均日最低地温である。被覆区は地下5cmで平均日最高地温46.5℃となり、無処理区より11.8℃も高くなっている。太陽日射量の多い1979年に最高地温を示した8月2日には、地下5cmで被覆区は無処理区にくらべて最高地温が15℃高く、50℃に達した。地下10cmでは被覆区の平均日最高地温は無処理区にくらべ9.5℃高く、41.9℃となり、地下20cmでは7.9℃高くなって38.9℃になっている。地下浅い層ほど被覆により最高地温の上昇は大きかった。地下5～20cmの平均日最低地温は無処理区より約5℃高くなり、31～34℃になった。最低地温は最高地温に比べ被覆処理による上昇効果は小さく、土壌深度との関係は少なかった。

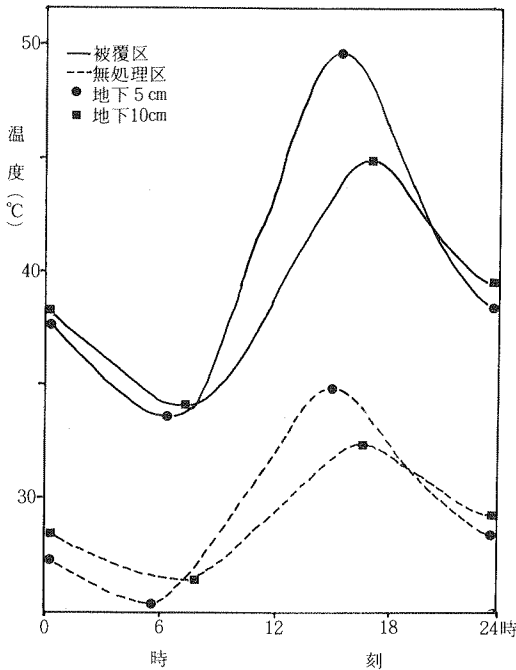
地温の日変化は地下5cmで、6時に最低地温になり、16時に最高地温になった。この日変化は被覆の有無には関係がなかった。地下10cm、20cmと深くなるにつれて、最高地温、最低地温の時刻が遅延し、温度較差も少なくなった(第1図)。

前報¹¹⁾で設定した消毒有効温度域をみると、1979年の地下5cmで45℃以上の積算時間が58.5時間で1日当たり3.9時間であった。40℃以上では147.4時間で1日当たり9時間となった。地下10cmでは40℃以上の積算時間が

第1表 露地型被覆処理による地温上昇効果

処理期間		地 温 (°C)			
		地下5cm	地下10cm	地下15cm	地下20cm
77年 7/23-8/18	平均最高地温	45.2 (+ 11.8)	40.0 (+ 7.9)	—	—
	平均最低地温	31.2 (+ 5.5)	31.4 (+ 4.1)	—	—
78年 8/12-21	平均最高地温	47.4 (+ 0.7)	—	42.6 (+ 9.5)	39.9 (+ 7.6)
	平均最低地温	31.0 (+ 3.0)	—	34.4 (+ 5.2)	35.0 (+ 5.2)
79年 7/30-8/13	平均最高地温	47.0 (+12.9)	42.9 (+ 11.1)	37.6 (+ 7.1)	37.9 (+ 8.1)
	平均最低地温	32.4 (+ 7.1)	33.0 (+ 6.7)	33.4 (+ 6.6)	32.6 (+ 5.7)
3年間平均	最高地温	46.5 (+ 11.8)	41.5 (+ 9.5)	40.1 (+ 8.3)	38.9 (+ 7.9)
	最低地温	31.5 (+ 5.2)	32.2 (+ 5.4)	33.9 (+ 5.9)	33.8 (+ 5.5)

() 内は無処理区との温度差を示す。



第1図 被覆処理が地温(地下5cm、10cm)の日変化におよぼす影響

注) 調査日の1979年8月2日は処理期間中の最高地温となった。

第2表 露地型被覆処理による深さ別地温(40°C, 45°C以上)の積算時間数

期 間	深さ		
	地下5cm 45°C以上	地下5cm 40°C以上	地下10cm 40°C以上
7月30日 ~8月3日	29.0	51.5	45.5
8月4日 ~8月8日	11.0	41.0	26.0
8月9日 ~8月13日	24.5	46.0	36.0
7月30日 ~8月13日	58.5	147.4	107.3

(1979年)

0.05mmのポリエチレン膜(幅1.4m)2枚を重ねて1m幅の畦を被覆し、フィルムの間に水まくらを入れた。水まくらは厚さ0.05mmのダクト用ポリエチレンチューブ(幅30cm)の両端を閉じ、中に水道水を入れて満たし、畦中央においた。1枚のポリエチレンを被覆する標準区と無処理区(無被覆区)を設けた。湛水および地温測定法は実験1に準じ、処理期間は1978年7月19日~8月28日まで、地温測定期間は8月12日~21日とした。

107.3時間で1日当り7.2時間であった。地下15cm, 20cmでは40°C以上になるのは希であった(第2表)。

実験結果

2. 蓄熱マルチ処理による地温上昇効果

実験材料および方法

水まくら二重被覆処理(以下蓄熱マルチ処理)は厚さ

蓄熱マルチ処理区では第3表に示すように標準区に比べて地下浅い層での最高地温が低くなり、最低地温がやや高くなった。地下5cmでは平均日最高地温は無処理区に比べて8.4°C高いが、標準区に比べると2.2°C低くなった。標準区に比べて地下10cmで2.5°C、地下15cmで2.2°C、地下20cmで1.4°Cと低く、最高地温が低くなる傾向は地下

20cmまで続いた。蓄熱マルチ区の平均日最低地温は地下5cmで無処理区より5℃標準区より2℃高くなったが、地下15cm, 20cmでは標準区とあまり変わりがなかった。40℃以上の積算時間では蓄熱マルチ区は標準区に比べ地下5, 10cmで長くなったが、地下15cmでは短くなった。地下5cmの45℃以上の積算時間は標準区に比べて蓄熱マルチ区で短くなった。

厚さによる影響は、0.05mmと0.1mmのビニル膜を用い、いずれも1m幅の畦に幅1.4mの膜で被覆した広幅ビニル膜(厚さ0.05mm)で2畦, 3畦を被覆し、広さによる被覆処理効果を見た。湛水, 地温測定などの方法は実験1に準じた。処理期間は1979年5月13日~24日の12日間とした。

実験結果

3. 膜の厚さ, 種類, 広さによる地温上昇効果

実験材料および方法

被覆材料としてポリエチレンおよびビニル膜の0.05mmの厚さの製品を用い、材質の違いによる差を調べた。

第4表に示すように膜の厚さによる地温上昇効果は厚い方が有効であった。0.1mmは0.05mmより地下5cmで日最高地温が2.2℃高くなり、40℃以上の積算時間は約6倍にもなった。最高地温の高かった5月22日には無被覆区に比べ11℃も高く、全処理区の内最高地温を示した。ポリエチレン膜とビニル膜では大きな差はなかった

第3表 露地型製覆処理および蓄熱マルチ処理による地温上昇効果の比較

処 理 区	地 温 (° C)			
	地下5cm	地下10cm	地下15cm	地下20cm
平均最高地温				
無処理区	36.7	34.3	33.1	32.3
標準区	47.3 (+10.6)	44.7 (+10.4)	42.6 (+9.5)	39.9 (+7.6)
蓄熱マルチ区	45.1 (+8.4)	42.2 (+7.9)	40.4 (+7.3)	38.5 (+6.5)
平均最低地温				
無処理区	28.0	28.6	29.2	29.8
標準区	31.0 (+3.0)	—	34.4 (+5.2)	35.0 (+5.2)
蓄熱マルチ区	33.0 (+5.0)	34.5 (+5.9)	35.1 (+5.9)	35.1 (+5.3)

() は無処理区との比較値

第4表 各種フィルム被覆による露地型被覆処理の地温上昇効果
(畦巾1m) (1979年5月13日~5月24日)

フィルムの厚さ(mm)	畦数	フィルムの種類	深さ	日最高地温の 平均値	日最低地温の 平均値	40℃以上の時間	5月22日の 最高地温
0.05	3	ビニル	5cm	35.2℃	19.9℃	18.8時間	43.5℃
			15cm	28.5	21.3		34.5
0.05	2	ビニル	5	34.0	17.8	8.2	45.0
			15	27.4	20.1		32.0
0.05	1	ビニル	5	31.6	18.0	3.6	35.7
			15	24.5	19.4		32.0
0.1	1	ビニル	5	33.8	18.2	20.8	45.5
			15	28.5	19.7		37.5
0.05	1	ポリエチレン	5	31.7	18.6	1.5	37.5
			15	27.0	19.2		31.5
0	1	無処理	5	26.8	12.8	0	34.5
			15	21.2	14.7		26.5

が、ややビニル膜の方が40℃以上の積算時間が長くなる傾向を示した。被覆の幅による効果は1畦<2畦<3畦の順で高地温となり、日最高地温、日最低地温、40℃以上の積算時間ともに広幅の製品が有効であった。

4. 各種土壌病害に対する防除効果

実験材料および方法

病土の作成：イチゴ萎黄病土は前年秋に発生したほ場病土とともに発病株を試験ほ場に植え込み、6月まで栽培した後鋤き込んでつくった。カブ根こぶ病と大豆白絹病については、前年発生したほ場病土を試験ほ場に持ち込み、5月～6月に小カブ、大豆を栽培して発病を確認してから6月末に鋤き込んで病土をつくった。ナス半身萎ちょう病、ハウレンソウ株腐病はツアベック培地に1か月間培養した病原菌（当场保存菌 *Verticillium albo-atrum* Na. EV-2, *Rhizoctonia solani* Na. R-3）を5月初旬に接種し、5月～6月にナス、ハウレンソウを栽培し、発病後に鋤き込んで病土とした。ハウレンソウ株腐病は発病が少なかったため、前年発病の多かったほ場（発病株率17.3%）の病土を1区当り10ℓの割合で地表面に混和した。

試験区および試験期間：試験区は1m幅の畦に1区2.5mをとり、病土をつくった。同一被覆処理ごとに15mの畦をとり、1枚のフィルムで被覆し、実験1に準じて湛水処理を行った。イチゴ萎黄病は1976年～1979年の4回行った。大豆白絹病、カブ根こぶ病、ナス半身萎ちょう病、ハウレンソウ株腐病は1978年と1979年に行ったが、大豆白絹病は1978年に、他は1979年に防除効果を判定した。試験期間は実験1と同時にいった。

防除効果を高める目的で各種薬剤などとの併用を行った。石灰窒素は1976年～1979年に100kg/10aの割合で処理直前に土壌混和した。1979年にはホルマリン（36%を10ℓ/10a）を油剤土壌灌注機で畦全体に灌注し、ケミクロン錠剤（20kg/10a）は1979年に埋没した。

調査方法：被覆処理終了後、被覆資材を取り除き、約7～10日保置した後に各種の作物を定植した。イチゴは9月初めに無病苗（宝交早生）を定植し、肉眼で発病程度別に調査した。ハウレンソウは1979年9月26日に催芽した種子（キングオブデンマーク）を播種し、10月4日に苗立枯率で発病を調査した。ナスは1979年9月14日に無病のナス苗（千両2号）を定植し、11月6日に発病程

度別に調査した。大豆は1978年8月30日に無病の苗を定植し、10月2日発病株を調査した。小カブは1979年8月30日に金町小カブを播種し、11月7日に苗を抜き取った後に根を水洗して根こぶ病の発生を調査した。イチゴ萎黄病菌（*Fusarium oxysporum*）の菌量はフザリウム選択分離培地を用いた希釈平板法によって乾土1g中の菌量を測った。採土は処理直後に深さ0～5cmと10～15cmから行った。

実験結果

イチゴ萎黄病に対する防除効果は第5表のように年次変動はあるが、発病軽減効果がみられた。発病の多い1977年の発生経過は第2図で示したが、被覆区は無処理区にくらべて発生が遅延し、栽培初期の防除効果がみられた。しかし、栽培後期には発病株が急増した。1979年は少発生で、被覆区は発生が遅延し、栽培後期の発病株の急増もみられなかった（第3図）。1977年、1979年の菌量を調べた結果を第4図に示した。被覆区は両年ともに地下0～5cmで菌量が激減した。地下10～15cmでは生存しており、1977年にはその生存菌量が多く、1979年は少なかった。

石灰窒素の添加によるイチゴ萎黄病の防除効果は第5表のように安定したものではなかった。石灰窒素添加区の発病が少ない1977、1979年の添加区は添加しない被覆区に比べ菌量はやや少なくなった。

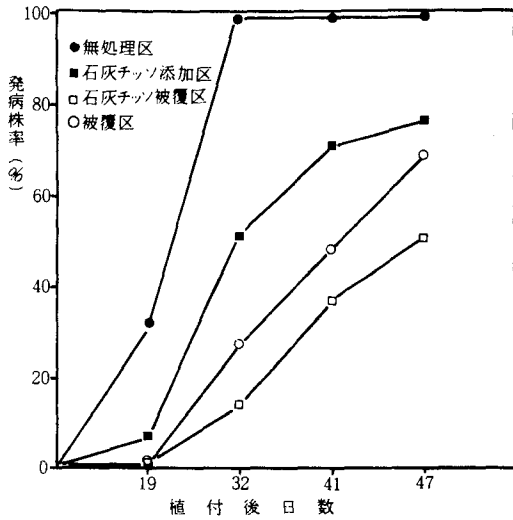
ハウレンソウの株腐病は無処理区の苗立枯率が26.6%に対して、無処理区>石灰窒素+被覆区>ホルマリン+被覆区>ケミクロン+被覆区の順で苗立枯率が大きく、被覆処理および薬剤添加の効果がともに高かった。

ナスの半身萎ちょう病は無処理区が40%の発病株率であったが、すべての被覆区で発病がみられず、被覆処理による防除効果は高かった。

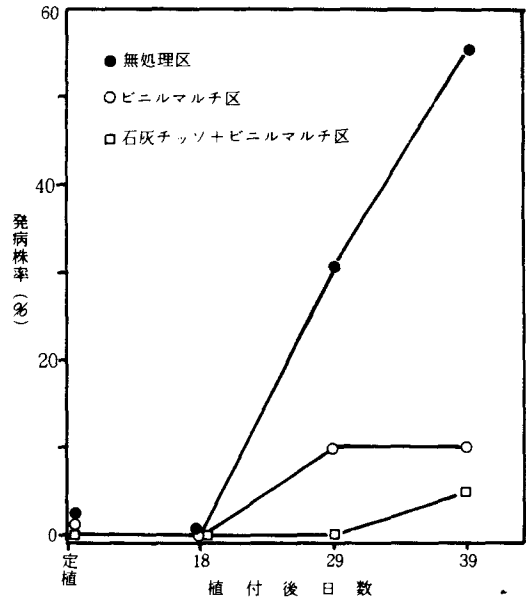
大豆白絹病は無処理区の発病株率37.5%に対して、被覆区は12.5%と低く、防除効果がみられた。石灰窒素の添加効果はみられなかったが、蓄熱マルチ処理区の発病株率は4.2%と低く高い防除効果が得られた。

カブ根こぶ病はすべての被覆区で発病はみられなかったが、無処理区の発病株率が2.9%と低く、防除効果は明らかでなかった。

イチゴ、ハウレンソウ、ナス、小カブではケミクロン錠剤の埋没地点では葉が黄化し、生育が悪くなり、枯死する株もみられた。ケミクロン錠剤が残っており、葉害が生じたと考えられる。



第2図 被覆処理と石灰チッソ添加処理による
 イチゴ萎黄病発生におよぼす影響
 注) イチゴ定植9月2日、品種宝交早生。



第3図 被覆処理および石灰チッソ添加による
 イチゴ萎黄病に対する防除効果(1979)
 注) イチゴ定植9月14日、品種宝交早生。

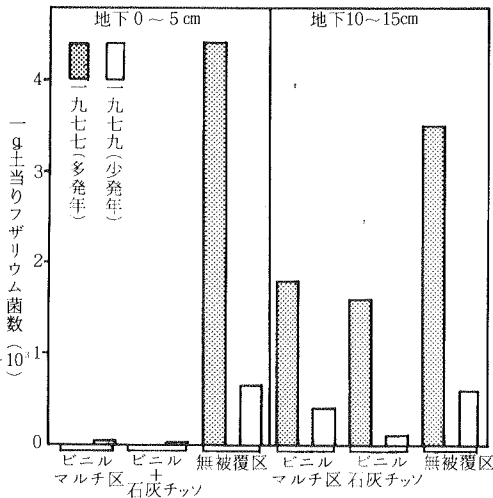
第5表 イチゴ萎黄病に対する露地型土壌
 消毒法の防除効果の年次変動

	石灰チッソ添加		無処理区
	マルチ区	マルチ区	
'76 19/X	7.1	12.6	41
'77 19/X	69.5	50.8	100
'78 19/X	0	9.4	100
'79 25/X	10.4	5.0	55.3

数値は最終調査時の発病株率を示す。

第6表 露地型被覆処理による土壌病害に対する効果

処理区	ホウレンソウ株腐病		ナス半身萎凋病		カブ根こぶ病	大豆白絹病
	苗立枯率(%)	発病株率(%)	発病度	発病株率(%)		
ポリマルチ区 { A	13.7	0	0	0	0	16.7
{ B	17.3	0	0	0	0	8.3
ポリマルチ区 { A	8.0	0	0	0	0	8.3
石灰窒素 { B	8.0	0	0	0	0	25.0
ポリマルチ区 + ホルマリン	4.0	0	0	0	0	—
ポリマルチ区 + ケミクロン	2.3	0	0	—	—	—
無処理区 { A	16.3	26.7	16.7	2.9	—	50.0
{ B	37.0	53.3	26.7	—	—	25.0
播種・定植日	1979・9・26	1979・9・14	1979・9・18	1978・8・30		
調査日	" 10・4	" 11・6	" 11・7	" 10・2		



第4図 被覆処理および石灰チツ添加が土層中(深さ0~5cmと10~15cm)の *F. oxysporum* の菌数におよぼす影響

5. 土壌線虫に対する防除効果

実験材料および方法

サツマイモネコブセンチュウ (*Meloidogyne incognia*) キクネグサレセンチュウ (*Pratylenchus fallax*) を供試し、1977~1979年の3か年にわたって実験1のは場に汚染土を埋没した。

1977年には汚染土をゴース布袋に入れ、処理前日(7月

第7表 露地型被覆処理によるキクネグサレセンチュウの生存虫量(1978)

処理区\深さ	処理日数	2日	7日	14日	21日	28日
ポリマルチ + 注水区	10 cm	22	0	0	0	0
	15	20	0	0	0	0
	20	24	0	0	0	0
	25	23	0	0	0	0
	30	117	3	0	0	0
ポリマルチ区	10	16	0	0	0	0
	15	111	0	0	0	0
	20	96	0	11	0	0
	25	33	11	20	1	0
	30	75	37	28	8	4
裸地注水区	10		41			54
	20			48		27
	30			23		45
裸地区	10			62		63
	20			70		128
	30			134		40

22日)に畦中央に地下5. 10. 15cmに1区3袋づつ埋没し、処理開始から8. 15. 22. 29日後に掘り上げて以下の調査に供した。

1978年には前年に準じて地下10. 15. 20. 25. 30cmに処理直前に埋没し、処理開始後2. 7. 14. 21. 28日後に回収した。露地型被覆処理では処理開始時に注水して畦肩まで湛水することを標準処理としたが、1978年には湛水しない区を設けた。しかし、湛水しない区も隣接した湛水区から少量の水が入り、やや湿った状態になったが、湛水状態にはならなかった。

1979年は汚染土をネットパイプ(幅10cm, 長さ30cm)に充填し、処理3日前の7月27日に畦中央に30cmの穴を掘り、直立にネットパイプを埋没した。処理終了後(15日後)の8月31日にネットパイプとともに供試土壌をとり出し、カッターで各5cmに切断して調査した。

線虫の検出: キクネグサレセンチュウはゴース布袋から取り出した供試土壌をシービング後48時間ベルマン法で遊出センチュウ数を計った。ネットパイプの土は30gをとり、48時間ベルマン法でセンチュウ数を計った。

サツマイモネコブセンチュウはプラスチックカップ(400ml)に供試土壌を入れ、ホウセンカを播種して約1.5か月後にネコブ数又は寄生程度別基準により調査した。

実験結果

キクネグサレセンチュウに対する被覆処理効果は第7, 9表に示すようになった。1979年は表には示さなかったが、被覆処理区の地下10cmで処理7日後で生存虫を認められなかったが、地下15cmでは処理21日後(終了時)でも生存虫を認めた。1978年には湛水区では処理7日後で地下25cmまで死滅し、14日後で地下30cmまで死滅した。湛水しない区では14日後で地下15cmまで死滅するが、処理28日後(終了時)にも地下30cmでは生存虫を認めた(第7表)、1979年は処理15日後には被覆区では地下30cmまで生存虫を認めなかった(第9表)。

サツマイモネコブセンチュウに対する効果は1977年には処理7日後に地下10cmまで、27日後には地下5, 10, 15cmで生存虫を認めなかった。1978年については第8表に示すとおり、湛水区で2日後に地下20cmまで、処理14日後には地下30cmまで全層から生存虫を認めなかった。湛水しない区では処理21日後に生存虫が認められなくなった。1979年については第9表に示したが、処理15日後で地下25cmまで生存虫を認めなかったが、地下30cmで生存虫を認めた。

第8表 露地型被覆処理による
サツマイモネコブセンチュウの生存虫量 (1978)

処理区\ 深さ	処理後日数	2日	7日	14日	21日	28日
ポリマルチ区 + 注水	10 cm	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	—
	25	+	+	—	—	—
	30	+	—	—	—	—
ポリマルチ区	10	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	—
	25	—	—	+	—	—
	30	—	—	+	—	—
裸地注水区	10	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	—
	30	—	—	—	—	—
裸地区	10	—	—	—	—	—
	20	—	—	—	—	—
	30	—	—	—	—	—

— ネコブ指数 I, —+— ネコブ指数 II, —++— ネコブ指数 III
 —+++— " IV, — " 0
 冷蔵庫貯蔵ネコブ指数 III (194, 302)

第9表 露地型被覆処理15日後の線虫の生存 (1979年)

処理区	深さ	サツマイモネコブセンチュウ					キクネグサレセンチュウ							
		5cm	10	15	20	25	30	5cm	10	15	20	25	30	
ポリマルチ注水区	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
ポリマルチ+石灰窒素注水区	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
無処理区	A	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

6. イチゴ萎黄病とキクネグサレセンチュウの死滅に要する処理温度と時間

実験材料および方法

イチゴ萎黄病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *fragariae*) 当該
 当該保存菌, No. S-11) をツアベック液体培地で1か月
 培養したものを自然病土に接種し, 1週間保置した後に
 4mmの篩にかけ病土とした。病土は腰高シャーレー (φ
 8.5×12cm) に深さ10cmまで充填し, 水深1cmになるく
 らい水道水を入れ, 恒温水槽に浸した。恒温水槽はあら

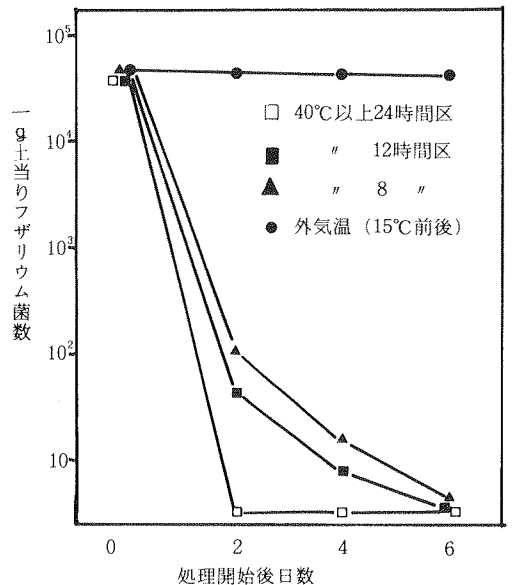
かじめ43°Cと33°Cにそれぞれセットした2本のサーモ
 スタットを準備し, 1日40°C以上の時間が24, 12, 8時間
 になるようにスイッチを切りかえた。菌量の測定は処理
 直前, 2, 4, 6日後にフザリウム選択分離培地による
 希釈平板法で行った。

キクネグサレセンチュウは, 試験管 (φ18×180mm)
 に汚染土壌を充填し, 畑地状態と湛水状態の2区を設け,
 50, 45, 40, 35, 30°C設定した恒温水槽に浸し, 処理時
 間経過後に取り出し, シービング後48時間ベルマン法で
 遊出センチュウ数を調査した。

実験結果

イチゴ萎黄病菌は第5図に示すように, 湛水条件で40
 °C以上 (43°C) が24時間区では2日後に菌量は検出限界
 以下になった。12時間区では2日後に70/gと激減し,
 6日後には検出限界以下になった。8時間区では4日後
 に27/g土と菌量の減少が著しく, 室温 (5~15°C) で
 湛水処理した対照区では菌量はほとんど減少せず, 6日
 後で36.5×10³/g土であった。

キクネグサレセンチュウは第6図に示すように, 畑条
 件では45°C1時間, 40°C12時間で死滅した。35°C以下で
 は15日後でも生存虫がみられた。湛水条件では45°C1時
 間, 40°Cで2時間, 30°C15日で死滅した。



第5図 1日当り40°C以上の被熱時間の違いによる *F. oxysporum* の消長に対する影響

考 察

施設栽培の各種の土壤伝染性病害虫に対する土壤消毒法として、夏期のハウス密閉処理方法が有効であることは前報において明らかにした。露地作型での夏期の被覆処理方法については、Katan ら(1976)^{7,8)}がイスラエルで太陽熱利用による被覆処理が各種の土壤病害を防除できることを報じ、イスラエルの熱帯性気候では、被覆処理の可能な期間が7月から9月までと長く、そのうち4~5週間の処理で防除効果を認めている。わが国では被覆処理の可能な期間は夏期の気象条件から7月中旬~8月中までの約1か月間であり¹¹⁾、限定された期間内で被覆処理効果を検討する必要がある。

ハウス密閉処理では地下20cmにおいても50°Cを越えるが、露地型被覆処理では最高地温は、地下15cmで45°C、地下20cmで40°Cしか上がらない。この点ではイスラエル^{7,8)}も、西日本各地^{2,5,21)}も同じ結果となっている。土壤病原菌の中でも耐熱性の高いとされる *Fnsarium oxysporum* の死滅に要する温度として40°C前後が必要であり¹¹⁾、深層部での残存が考えられた。

地表面のビニル膜などの被覆による効率的な地温上昇の方法を検討する必要があり、施設園芸で試みられている蓄熱マルチを採用した結果、地下5、10cmの保温性を高めたが、地下15、20cmの深い所では地温上昇効果がみられないことから、蓄熱マルチによる地温上昇効果は不十分であった。

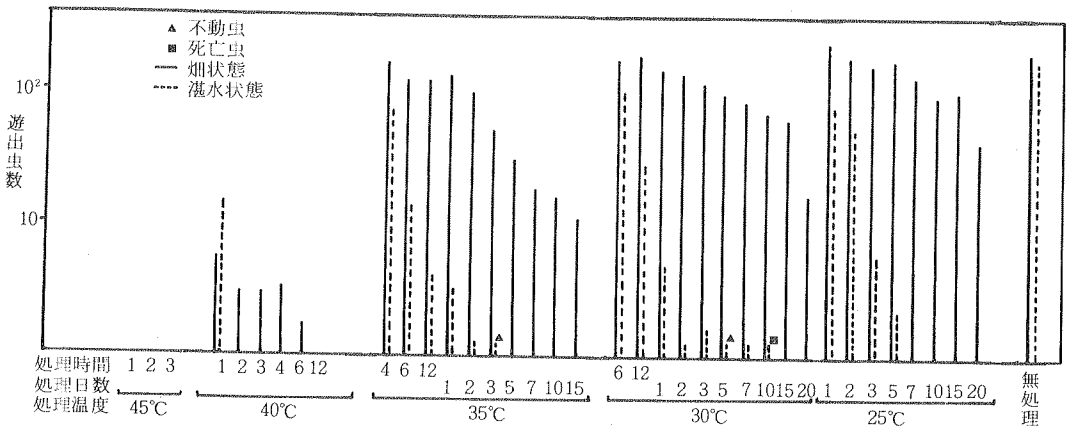
ハウスやトンネルの被覆資材ではポリエチレン膜よりビニル膜の方が保温性が高く、膜の厚さはあまり影響がないといわれている⁶⁾。しかし、本実験では地表面に直

接膜が接しているという条件の違いからか、膜の厚さが地温上昇ならびに保温効果に大きく影響した。被覆面積も、1畦<2畦<3畦と幅広くなるほど地温上昇効果が高くなった。以上のことから、厚い、幅広いフィルムで広い面積を被覆するのが露地型被覆処理の効果を高くすると考えられる。家村ら⁵⁾は地表面被覆に加えて小トンネルを設けることで、地下5cmで62°C以上、地下20cmで44~46°Cの最高地温を測定しており、さらに地温上昇できる可能性を示唆している。

イチゴ萎黄病に対する露地型被覆処理は発病軽減効果を示したが、ハウス密閉処理ほど安定した防除効果でなく、年次による効果の変動が大きいものであった。 *F. oxysporum* 菌の菌量は0~地下5cmでは被覆処理によって著しい低下がみられたが、10~15cmでは多数残存し、都崎ら²²⁾も同様の結果であり、深層部に生存する病原菌に対しての殺菌作用に限界があると思われる。防除効果の低かった1977年には、栽培後半に発病株が急増しており、深層部に生存した病原菌によるものと考えられる。一般栽培は場では汚染は場といっても発病株率数%であり、菌量は実験は場比べて低く、定植後まもなく発病温度を下まわる半促成栽培では本ば及び仮植床での露地型被覆処理は有効であると考えられる。

露地型被覆処理に有機物や石灰窒素の添加による相乗的防除効果を他の土壤病害で認めている^{4,17,19)}が、イチゴ萎黄病の防除には石灰窒素添加による安定した効果は認められなかった。ホルマリンやケミクロンの添加は発病を軽減し、地温の上昇ににくい深層部の土壤消毒を補う方法として有効と考えられるが、一部に薬害も生じたので、処理量、方法について検討する必要がある。

F. oxysporum の死滅条件は他の多くの土壤病菌に



第6図 キクネグサレセンチュウの死滅に及ぼす土壌水分ならびに温度条件との関係

とって十分に死滅する条件であり、大豆白絹病、ナス半身萎ちょう病、ハウレンソウ株腐病に対し安定した防除効果がみられた。本実験ではナス半身萎ちょう病の調査を定植後2か月で終了しているが、6か月以上の栽培期間をもつナス栽培の末期まで防除効果が持続するのかが問題である。Katan らは処理後5か月間もナスを栽培して、その防除効果を認めている^{7,8)}。石灰窒素又は有機物を添加した露地型被覆処理が、フキ白絹病⁹⁾、アブラナ科根こぶ病^{2,4,21)}、トマト萎ちょう病¹⁹⁾、レタス菌核病¹⁷⁾、サツマイモ紫紋羽病²⁰⁾、ジャガイモそうか病¹⁵⁾、レタスビクベイン病⁵⁾に有効であることが報告されており、Katan らは他に *Sclerotium rolfsii*, *Pyrenochaeta lycopersici* などの病原菌に有効であると述べている⁷⁾。

クネグサレセンチュウの死滅は灌水条件で40°C 2時間、35°C 5日間であり、*F. oxysporum* にくらべると極めて死滅しやすい。小林¹⁰⁾は灌水条件でネコブセンチュウの致死温度は30°C前後であるとしており、さらに容易に死滅すると考えられる。灌水しなくても被覆処理だけで線虫は死滅することから、水の少ない畑作地帯でも長い処理期間をおけば、露地型被覆処理が線虫類の防除に有効であると思われる。土壤病害と同時に防除するという目的からは、灌水は必要であり、そうした条件下ではクネグサレセンチュウは14日後で地下30cmまで、ネコブセンチュウでは2日後で防除が可能である。

Fusarium oxysporum の死滅に要する温度と時間は灌水条件下で45°C—2日、40°C—8日である¹¹⁾。しかし、露地型被覆処理では地下5cmで1日当り9時間、地下10cmで1日当り7時間しか40°C以上の地温にならないので40°C以上の時間は断続的に経過する。したがって病原菌の死滅に要する時間が単純に積算してよいのかどうか問題となる。本実験の結果 *Fusarium oxysporum* が減少して発病しない程度の菌量になるまでに40°C以上の時間が1日当り8時間の場合で6日後、1日当り12時間の場合で4日後、1日当り24時間の場合で2日後であった。このことから単純に積算して延べ48時間あれば防除できると考えられる。ただし、本試験はサーモスタットスイッチを43°Cとしたため、かなり長時間43°Cを経過したため前報より早く死滅したと考えられる。前報の結果から *Fusarium oxysporum* がほとんど死滅する時間を40°C—4日と考えると、延べ40°C—96時間が必要である。地下10cmで40°C以上が1日当り7時間であるから、 $96 \div 7 = 13.7$ 日を要することになる。露地型被覆処理を行なった1979年は15日間処理を行ない、地下0～5cmの菌数は $4.0 \times 10^4 / 1g$ 土、であった。35°C、30°Cのさらに低温度でも、有機物を添加して灌水条件であれば菌数が減

少するのは前報^{11,12)}で報告した。こうした低温域で病原菌が減少することについて、Katan ら⁷⁾は土壤微生物による作用に注目しており、孫工ら^{18,19)}は土壤還元による作用について述べている。今後こうした点での作用機構の解明が必要であろう。

以上の結果から、太陽熱利用による土壤消毒法は施設栽培のみならず、露地作型にも適用の拡大が可能と考えられるが、地温の上昇程度からみて適用年次、地域、病害虫の種類などの制限要因が大きいと思われる。したがって、より安定した防除効果を得るためには殺菌、殺虫機構の解明と地温上昇の理論値の算出により、適用地域、病害虫の種類を明らかにし、本処理のみによる防除にたよることなく、複合処理の一手法として採用することがとくに露地型被覆処理では必要となる。

摘 要

夏期の露地作型で地表面をビニル又はポリエチレン膜で被覆および灌水処理による土壤消毒法について検討し次の結果を得た。

1. この処理で平均日最高地温が地下10cm 41.5°C、地下20cmで38.9°Cとなり、地温上昇効果があった。40°C以上の1日当り時間が、地下5cmで9時間、地下10cmで7時間あり、地下10cmまでの浅い土層の土壤消毒は可能であった。
2. 蓄熱マルチ方式で水まくらを利用したが、地下10cmまでの保温効果はあったが地下15、20cmまでその効果が及ばなかった。被覆方法としては、厚い、幅広フィルムで広い面積を被覆する方が地温上昇効果は高かった。
3. この処理でイチゴ萎黄病に対する高い防除効果がみられたが、地下深い層で病原菌が残存するため、年次により栽培後半に発生が増大することがあった。
4. この処理に、石灰窒素を添加することで相乗的防除効果のみられる場合もあったが、イチゴ萎黄病では安定した効果といえなかった。ホルマリンやケミクロンの添加で発病を軽減した。
5. この処理による防除効果は、大豆白絹病、ナス半身萎ちょう病、ハウレンソウ株腐病においてみられた。
6. クネグサレセンチュウ、サツマイモネコブセンチュウについてもこの処理で十分防除できることが推察された。クネグサレセンチュウは14日で、サツマイモネコブセンチュウは2日で、埋没した汚染土に生存虫は認められなかった。
7. 灌水しない区でも、クネグサレセンチュウで地下25cmで28日めには生存虫は認められず、サツマイモネコ

ブセンチュウでは地下30cmで28日めに生存虫は認められなかった。

8. *F. oxysporum* は湛水条件で40°C以上の積算時間が96時間あれば発病しなくなる菌量まで減少した。これは、露地型被覆処理で13.6日後に地下10cmで得られる条件であり、地下10cmまでの浅層部の土壤消毒は可能である。

引用文献

1. 安堂和夫・清水清成・芳岡昭夫 1978. 簡易太陽熱利用による土壤消毒について. 関病虫研報 20: 93.
2. 合田 薫, 神納 浄 1978. ハクサイ根こぶ病の発生生態と防除に関する試験, 近畿中国地域試験研究打合せ資料: 137.
3. GRINSTEIN A., J. KATAN, A. Abdul RAZIK, O. ZEYDAN, and Y. ELAD 1978. Control of *Sclerotium rolfsii* and weeds in peanuts by solar heatings of the soil. *Plant Dis. Repr.* 63: 1056 - 1059.
4. 堀内誠三・堀 真雄 1979. アブラナ科野菜根こぶ病汚染土壤の熱処理による発病防止効果(講要). 日植病報 45: 525.
5. 家村浩海・中野昭信 1978. レタスピッグベインに関する研究. 昭和53年近畿中国地域試験研究打合せ資料: 135.
6. 伊藤純吉編 1969. 施設園芸. 養覽堂 33-53.
7. ————, 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Dis.* 64: 450 - 454.
8. 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.
9. 川上四郎 1978. フキに対する土壤消毒効果(露地の状態). 太陽熱・石灰窒素利用による土壤消毒と土づくり. 141 - 142.
10. 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.
11. 小玉孝司・福井俊男 1979. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法について I. 土壤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壤温度の変化. 奈良農試研報 10: 71-82.
12. ————・——— 1980. 太陽熱利用による露地型土壤消毒法(講要). 日植病報 46: 93.
13. ————・———・松本恭昌 1980. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法について III. ハウス密閉処理が土壤微生物数およびイチゴ萎黄病菌の行動に及ぼす影響. 奈良農試研報 11: 41-52.
14. ————・———・中西喜徳 1979. 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. 奈良農試研報 10: 83-92.
15. 中原哲雄 1978. バレイショに対する土壤消毒効果. 太陽熱・石灰窒素利用による土壤消毒と土づくり: 139.
16. 孫工弥寿雄・喜多孝一 1976. 水利用による土壤病害防除に関する研究 3. 畑湛水による菌核病防除効果の主要因について(講要). 日植病報 42: 341-342.
17. ————・——— 1977. 水利用による土壤病害防除に関する研究 4. 畑湛水と有機物施用. 輪作によるレタス菌核病等の防除効果(講要)日植病報 43: 345.
18. ————・——— 1977. 水利用による土壤病害防除に関する研究 6. 湛水処理による土壤中のトマト萎凋病菌密度と形態の変動(講要)日植病報 44: 367.
19. ————・——— 1978. 水利用による土壤病害防除に関する研究 7. 有機物とマルチ処理がEhやトマト萎ちよう病防除に及ぼす影響(講要)日植病報 45: 524 - 525.
20. ————・——— 1979. サツマイモ紫紋羽病に対して抑止力をもつ有機質資材の導入と湛水マルチ処理の防除効果. 病害虫関係総括検討会議資料(農業研編): 277.
21. 鈴木久弥・高橋克征・片岡光信 1978. 露地太陽熱利用による根こぶ病防除に関する試験. 近畿中国地域試験研究打合せ資料: 132.
22. 都崎芳久・十河和博・小早川弘文 1978. 露地における太陽熱と石灰窒素を利用した土壤消毒の効果. 四国地域試験研究打合せ資料: 香川13.

Summary

Submerged soil in the open field was mulched with transparent polyethylene or vinyl films during the midsummer and the soil temperature rose up increased remarkably. Maximal temperature in the mulched soil was 41.5°C at 10Cm in depth and 38.9°C at 20Cm in depth respectively. The difference of temperatures between the mulched soil and the nonmulched was 9.5°C at 10Cm in depth. The temperature of soil mulched with thick and wide film was the highest

After solar heating, there was rapid reduction of *F. oxysporum* in population at 0–5Cm in depth but a little fungistasis survived at 10–15Cm in depth. So, when the strawberries were planted after the treatment, the wilt in the mulched plot was less apparent than in the non-mulched plot, and it occurred at the late planting stage. when the mulched soil was injected with Formalin or had Calcium-hypochloride put into, the wilt could be more controlled than when the soil was only mulched, free of any chemicals. Meanwhile, when the mulched soil was mixed up with Calcium-cyanamide, it could be less controlled than when the soil was only mulched.

They were other soil-borne diseases controlled by the treatment. They were *Verticillium* wilt of eggplant, Stem rot of soybean (*Corticium rolfsii*), and foot rot of spinach (*Rhizoctonia solani*). The effect of solar heating on the southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) was clear. In the mulched soil the southern root-knot nematoda was killed in two days in the wet, while it was killed in 28 days in the dry. In the mulched soil the root-resion nematoda (*Pratylenchus fallax* Seinhorst) was killed in 14 days in the wet, while it was in 28 days in the dry.

F. oxysporum was rapidly reduced when the total hours over 40°C were 96, and such condition was given at 10Cm in depth when the soil was mulched for 13.6 days.