

# 太陽能防治土壤傳播性病害之機制<sup>1</sup>

林俊義<sup>2</sup> 黃秀華<sup>3</sup>

## 摘 要

三月到九月之間在台中、屏東、埔里、彰化等地，利用0.025 mm厚的透明塑膠布覆蓋於土壤上經3~4週後，可以增加土壤溫度，並能降低土壤中病原菌*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*，*F. oxysporum* f. sp. *raphani*，*F. oxysporum* f. sp. *apii*及*F. oxysporum*的密度約75~100%。以透明塑膠布覆蓋土壤，在中午至午後三時許土壤溫度在0~15 cm深者可達47到50.5°C，15~30 cm深土溫可達到44°C，比不覆蓋的土溫高出9~10°C左右。上述三種病原菌經39~59°C之溫度處理，達到LD<sub>90</sub>的致死溫度和處理時間因病原菌不同而異。在45°C其致死時間分別為120、120及150 min；在49°C則為40、20及40 min。依本試驗結果顯示利用塑膠布覆蓋防治土壤傳播性病害時，需考慮病原菌對溫度之感受性，來決定覆蓋時間長短。

關鍵字：機制、日光消毒。

## 前 言

土壤傳播性病害是當前植物病害中最困擾的問題之一，不但其病原菌之生態複雜，且病害也不易防治，由鐮刀病原菌(*Fusarium oxysporum* f. sp.)所引起之香蕉、蘿蔔、芹菜等之黃葉病及由*Phytophthora* spp.引起之蔬菜疫病等即是典型例子。自古以來，世界各地普遍利用日光消毒器物，農業上則在寒冷季節利用日光及玻璃或塑膠布築造溫室及溫床栽種作物幼苗。至於水稻田於收穫後翻犁曝曬土壤以利生產，亦早被普遍利用<sup>(13)</sup>。Groosheroy (1939)<sup>(10)</sup>將煙草的種子及苗床的土壤直接在太陽下曝曬，能殺死煙草苗期黑色根腐病病原菌(*Thielaviopsis basicola*)的厚膜孢子，而達到防治效果，乃是最早有關利用太陽輻射能防治病害的報告。Katan等人<sup>(15)</sup>利用透明塑膠布覆蓋土壤，經強烈陽光照射，提高土壤的溫度，而將土壤中的*Verticillium dahliae*，*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*病原菌殺死，降低了由這些病原菌所引起的病害，並將此方法稱為日光消毒(Solarization)。筆者亦曾利用此方法防治西瓜蔓割病、翠菊萎凋病及蘿蔔黃葉病等皆有很好的效果<sup>(1)</sup>。本文之目的乃在探討日光消毒防治土壤傳播性病害之機制，以作為日後改進日光消毒有效性之參考，並能提供農民使用，以減少農藥之施用，達到永續農業之目的。

<sup>1</sup> 台中區農業改良場研究報告第 0309 號。

<sup>2</sup> 台灣省農業試驗所所長。

<sup>3</sup> 台中區農業改良場助理研究員。

## 材料與方法

### 試驗地點與病害種類

利用太陽能防治土壤傳播性病害視病害種類分別在各地進行，各試驗地及處理前病原菌之種類及密度詳如表一。

### 日光消毒處理方法

選擇自然發病田或人工接種田，先整地作高約為20~30 cm之畦，畦劃試驗小區，小區大小1 M x 10 M或1 M x 5 M或1.5 M x 5 M。覆蓋前先灌水，將水淹至畦高處一天，再將畦與畦間之水放盡，然後覆以0.025mm透明塑膠布。經過3~4週之覆蓋後，掀開翻土，使其散熱3~4 hr，再種植作物，本試驗中所使用作物除西瓜先育苗移植外，餘均直播。覆蓋操作時，儘量使塑膠布與土壤表面密接，減少空氣存在，以免影響熱能的傳導<sup>(15)</sup>。

### 日光消毒後種植作物發病率調查

經3~4週覆蓋以後，將塑膠布掀開，然後翻土，使其散熱3~4 hr，再播種蘿蔔、胡瓜種子或移植西瓜苗。俟種子發芽後，調查缺株情形，並於作物生長時期每隔7~10天，調查作物發病情形。

### 土壤中病原菌密度調查

同前法處理後，將塑膠布掀開，立即以土壤採樣器(Soil auger)採取土樣，垂直深度以每隔5 cm採一土樣，至15 cm，20 cm或60 cm為止，用塑膠袋裝回實驗室，陰乾，以500倍的稀釋倍數，在PCNB培養基(Nash and Snyder)<sup>(19)</sup> [KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 g, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 0.5 g, peptone 15 g, agar 20 g, streptomycin 500 mg, neomycin 100 mg, PCNB 1 g, H<sub>2</sub>O 1 l]分離土壤中的病原菌 *Fusarium* spp.菌量。

### 覆蓋期間土壤溫度變化調查

在覆蓋期間，每隔二天於AM 9:00及PM 14:00分別測量土壤溫度，以溫度計插入土壤中，等5 min以後，記錄其溫度。測量的深度以每隔5 cm深或15 cm深，為一測試點，至45 cm或60 cm深為止。無論陰天或晴天均測量之。

### 覆蓋期間土壤pH值變化調查

將對照組及覆蓋區土壤取回實驗室，陰乾，秤取土樣30 g放在100 ml的燒杯中，加入60 ml的0.01 M CaCl<sub>2</sub>溶液，用玻璃棒攪拌，靜置2 hr後，用pH meter (Copenhagen PHM 62)，測量各處理區土壤的pH值。

### 病原菌致死溫度探討

為了解各種鐮刀菌病原菌在土壤中對溫度的感受性，乃進行下列試驗

#### 一、土壤中病原菌致死溫度的探討

分別秤取含 *F. oxysporum* f. sp. *niveum* (F.o.n.)，*F. oxysporum* f. sp. *raphani* (F.o.r.)，*F. oxysporum* f. sp. *apii* (F.o.a.)的病土10 g，放置於試管中，並加水使含水量達30%，再將試管放在水槽中(water bath)作溫度試驗。測試溫度分別為39、40、43、45、

47、49、52、55及59°C 各30 min。處理後再以PCNB培養基分離病原菌，以測定病原菌在土中各溫度下存活情形。每處理5平板，3重覆。

## 二、溫度處理時間對病原菌的影響

分別秤取含F.o.n., F.o.r.及F.o.a的病土10 g，放置於試管中，並加水使含水量達30%，再將試管放在水槽中作溫度試驗。試驗溫度及處理時間詳如表二。處理後再以PCNB培養基分離病原菌，以測定病原菌在各處理下存活情形。每處理5平板，3重覆。

## 三、病原菌在不同含水量之土中對溫度之感受性

分別秤取含F.o.n., F.o.r.及F.o.a的病土10 g放置於試管中，加水使其土壤中的水分含量為0，10，20，30%，再將其放在水槽中作溫度試驗，試驗溫度為49°C，40 min。處理後再以PCNB培養基分析病原菌在各處理中變化情形。每處理5平板，3重覆。

# 結 果

## 覆蓋期間土壤溫度的變化

經由屏東、臺中、鹿港、新社等試驗地點的試驗結果顯示，土壤經由透明塑膠布覆蓋者，在覆蓋期間，土壤溫度可達到50.5°C，較未覆蓋區之土溫高約10°C左右(表一、表二)，在0~15 cm深之土層，在覆蓋期間溫度一直可維持在40~50°C，但如遇雨溫度驟降至32~33°C(圖一)。

表一、試驗地點及病害種類

Table 1. Solarization treated place and their diseases

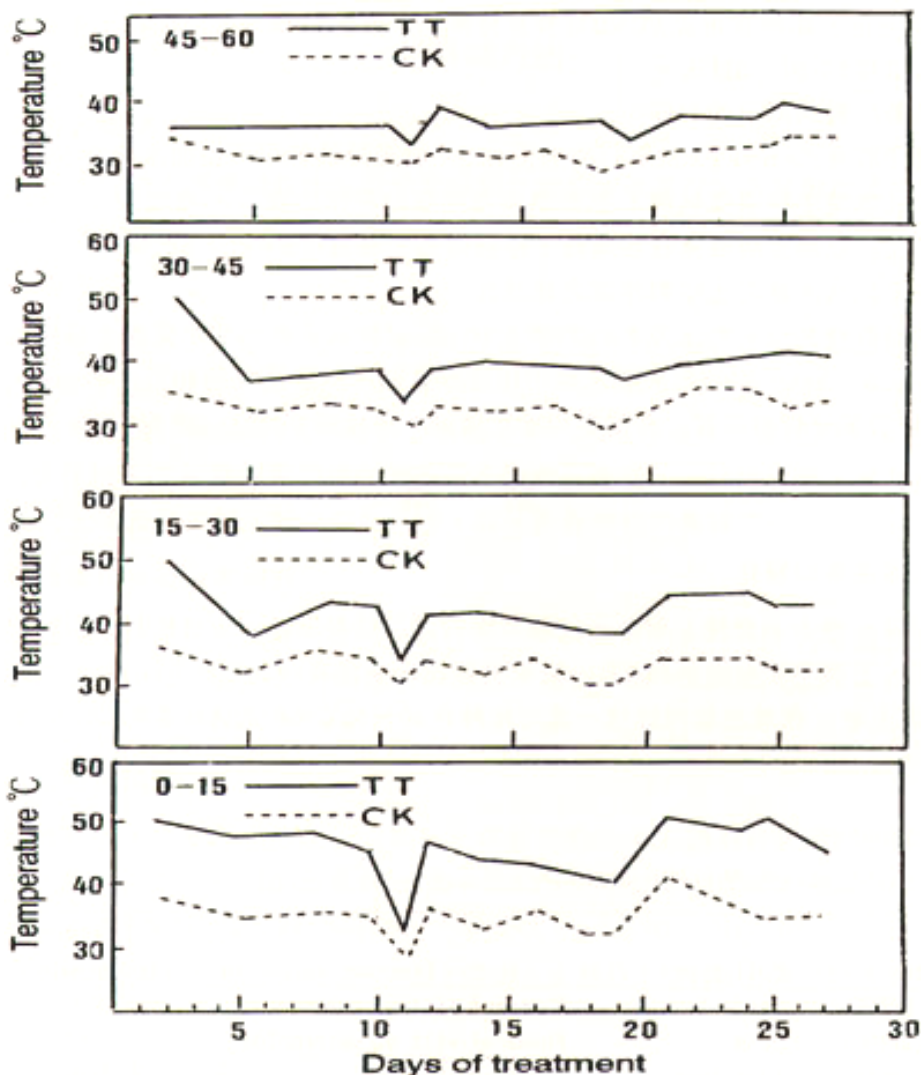
Locality	Soil type	Disease	Inoculum Density (propagules/g. soil)
Pingtung (屏東)	Sandy loam	Fusarial wilt of watermelon	300
Taichung (台中)	Loam	Fusarial wilt of watermelon	1000
Shuiching (新社)	Clay loam	Radish of yellows	5867
Lukang (鹿港)	Clay	Apii of yellows	4500
Puli (埔里)	Clay loam	Radish of yellows	7541

表二、日光消毒對不同深度土壤溫度之影響

Table 2. Effect of soil solarization on soil temperature at various soil depths

Temperature	Maximum soil temperature (°C)			
	0-15 cm <sup>1</sup>	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm
Pingtung(屏東)	(June 24-July 22)			
Tarped	50.5	44	41	39.0
Nontarped	40.0	35	35	33.5
Taichung(台中)	(Sep. 14- Oct. 16)			
Tarped(Clay)	48.5	43	-	-
Nontarped(Clay)	40.0	38	-	-
Tarped(Sand)	45.0	41	-	-
Nontarped(Sand)	41.0	38	-	-

<sup>1</sup> soil depth.



圖一、日光消毒對土壤溫度之影響。

Fig. 1. Effect of soil solarization on soil temperature at various soil depths.

(TT: Trapped treatment, Ck: No tarped)

在臺中試驗地點：覆蓋期間為9~10月，空氣溫度已略低於6~7月時氣溫，地面溫度雖有時達40°C，有覆蓋者則一直維持在40~48.5°C之間，此外砂土覆蓋者溫度的上升並不及壤土者高(表二)。

綜合田間試驗結果顯示：土壤經透明塑膠布覆蓋期間，能提高土壤溫度約10°C左右，且縱使較深的土層(60 cm)，依然可以提高5°C。一天溫度變化則以表層之變化較為激烈，而較深土層(60 cm以下)之溫度則平穩。覆蓋後土壤中病原菌之變化從試驗結果(表三)中可發現，在屏東試驗地點中經過4週的透明塑膠布覆蓋足夠將0~30 cm深之土壤中F.o.n病原菌減少53~100%，30~40 cm則可以減少34%。在鹿港試驗地點中經過4週的覆蓋試驗，能將0~10 cm深之土壤中之F.o.a殺死達74%之多，10~15 cm則殺死33%。在新社試驗地點中經過4週的覆蓋試驗，能減少0~15 cm深之土壤中病原菌F.o.r.的密度達73~100%之多；3週的覆蓋試驗中

則0~15 cm土壤中病原菌密度減少53~69%。在埔里試驗地點中經27天的覆蓋，使在0~15 cm深土層之病原菌降低了70~78%。

表三、日光消毒對土壤溫度之影響

Table 3. Effect of soil solarization on soil temperature at various soil depths

Temperature	Maximum soil temperature (°C)			
	0-5 cm <sup>1</sup>	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm
Lukang (鹿港)	(June 20-July 18)			
Tarped	48.0	44.0	41	38
Nontarped	32.0	31.5	30	29
Taichung(台中)	(Mar. 9- Apr. 6)			
Tarped	49.0	47.0	42	38
Nontarped	41.0	38.0	34	31
Shuiching(新社)	(July 4-Aug. 3)			
Tarped	47.0	47.0	38	33
Nontarped	34.5	32.0	29	29

<sup>1</sup> soil depth.

表四、日光消毒對土壤病原菌之影響

Table 4. Effect of solarization on the viability of plant pathogen in naturally infested soil

Location and treatment	Viable propagules per garm of soil at the indicated depths											
	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>				<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. raphani</i>				<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. apii</i>			
	0-15 <sup>1</sup>	15-30	30-45	45-60	0-5	5-10	10-15	0-5	5-10	10-15	15-20	
Pingtung												
Tarped	0	100	50	50								
Nontarped	300	176	76	50								
Lukang												
Tarped									360	960	1200	360
Nontarped									1320	3700	1800	360
Shuiching												
Tarped					0	1560	1200					
Nontarped					4200	3240	4560					
Puli												
Tarped					1200	1320	1560					
Nontarped					5520	4920	5160					

<sup>1</sup> soil depth (cm).

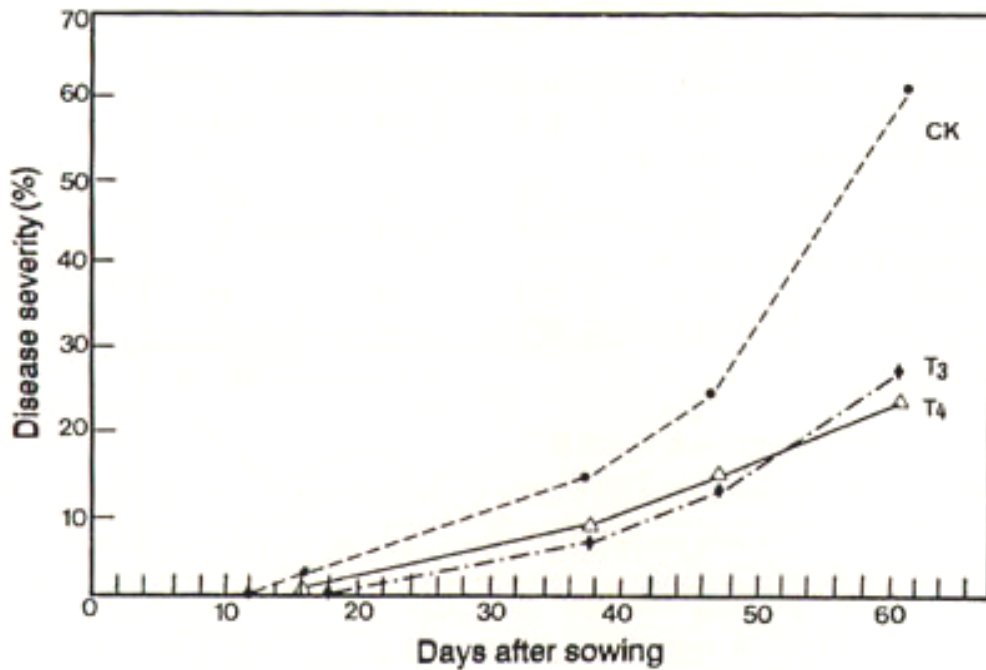
綜合四個地區的試驗結果顯示：利用透明塑膠布覆蓋土壤，經3~4週日光照射以處理後，可以使土壤中的鐮刀菌病原菌量降低；覆蓋時間愈久則效果愈顯著。

### 種植後病害調查

在新社試驗地點土壤經4週覆蓋後，種植蘿蔔經過60天後，在覆蓋區之蘿蔔黃葉病之發病率只達到24.12%，而對照組之發病率則高達61.22%；3週覆蓋區蘿蔔黃葉病之發病率為28.30% (圖二)。

屏東試驗地點經3~4週覆蓋處理後，種植西瓜，在西瓜生育期間定時調查西瓜蔓割病之發病率，在種植後第55天對照組之發病率為72%，但覆蓋區則只有44%，發病的趨勢覆蓋區較對照組平緩(圖三)。

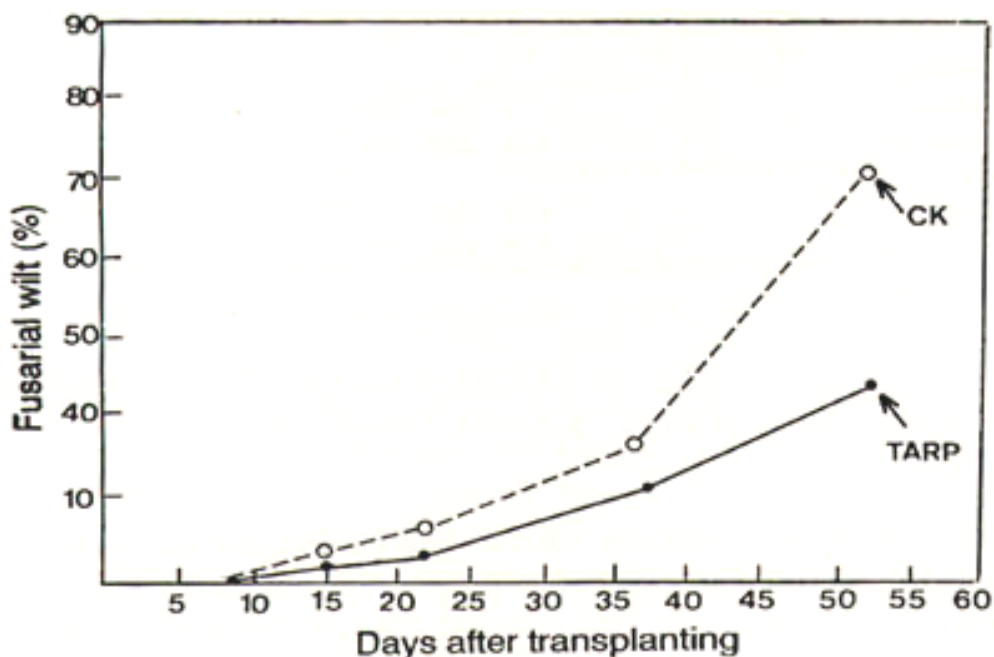
綜合上述試驗地點之試驗結果顯示：於發病田利用透明的塑膠布經3~7週的覆蓋以後，再種植作物，可以提高植株的成活率及降低病害的發病率。



圖二、日光消毒對蘿蔔黃葉病之影響。

Fig. 2. Effect of soil solarization on incidence of radish yellows.

(T3: Tarped three weeks, T4: Tarped four weeks)



圖三、日光消毒對西瓜蔓割病之影響。

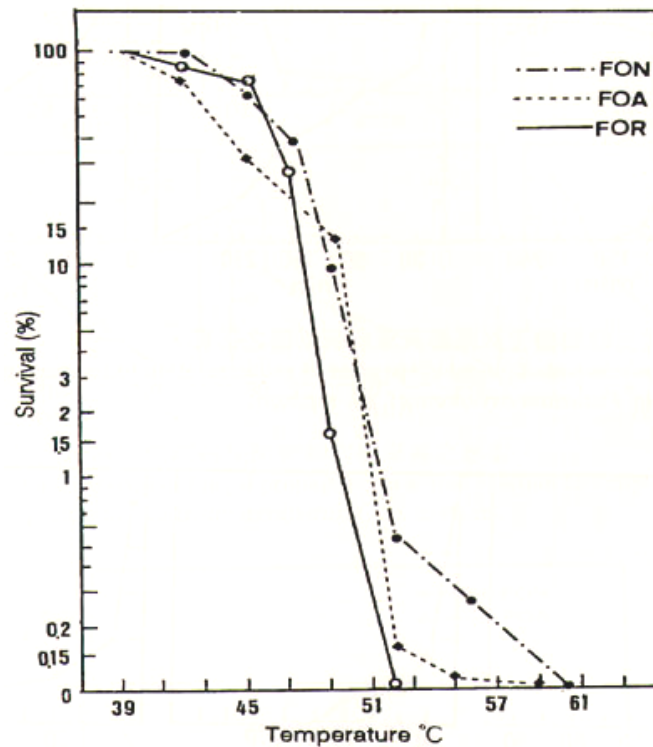
Fig. 3. Effect of soil solarization on incidence of Fusarial wilt of watermelon.

## 土壤病原菌之致死溫度探討

### 一、在土壤中病原菌致死溫度探討

F.o.r.之致死溫度為在52°C處理30 min。49°C處理30 min者亦使其在土壤中僅有1.61%的存活率。F.o.a.比較能耐高溫，經49°C處理30 min後病原菌在土中尚有12.97%之存活率，52°C，30 min處理時除為0.16%，59°C，30 min處理下只有0.04%，在60°C以上則全被殺死。

F.o.n.經過49°C、30 min溫度處理後，有10.53%之病原菌存活，52°C，30 min者則只有0.53%存活。由以上結果顯示：F.o.r.的臨界致死溫度在49°C，F.o.n.和F.o.a.的臨界致死溫度為52°C(圖四)。



圖四、溫度處理對土壤病原菌密度之影響。

Fig. 4. Percentage survival of fungal propagules in soil in relation to temperature. (F.o.n: *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*, F.o.a: *F. oxysporum* f. sp. *apii*, F.o.r: *F. oxysporum* f. sp. *raphani*)

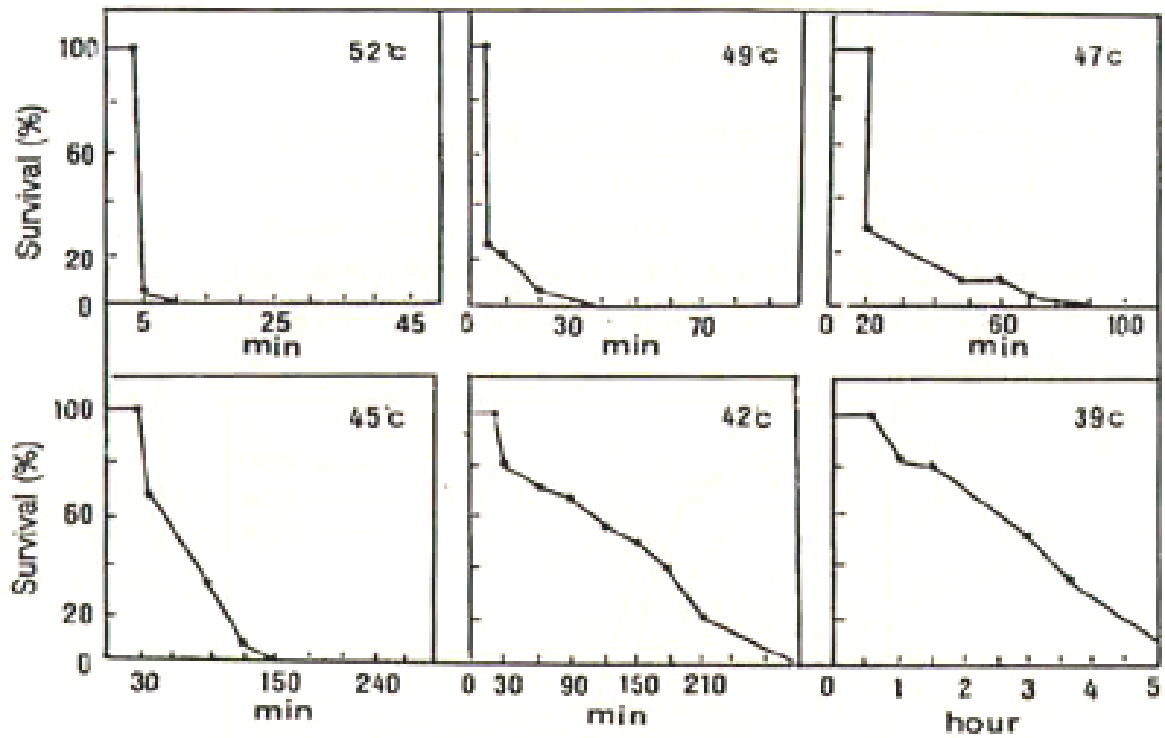
### 二、溫度處理時間對病原菌的影響

在各種不同溫度處理下，不同病原菌達到LD<sub>90</sub>的時間也不同。F.o.r.在45°C時則需要120 min，47°C則為65 min，49°C需要20 min，52°C則僅需5 min(圖五)。

F.o.a.在43°C時需要165 min才能達到LD<sub>90</sub>；45°C需要150 min，47°C時需70 min，49°C需40 min，52°C需7 min(圖六)。

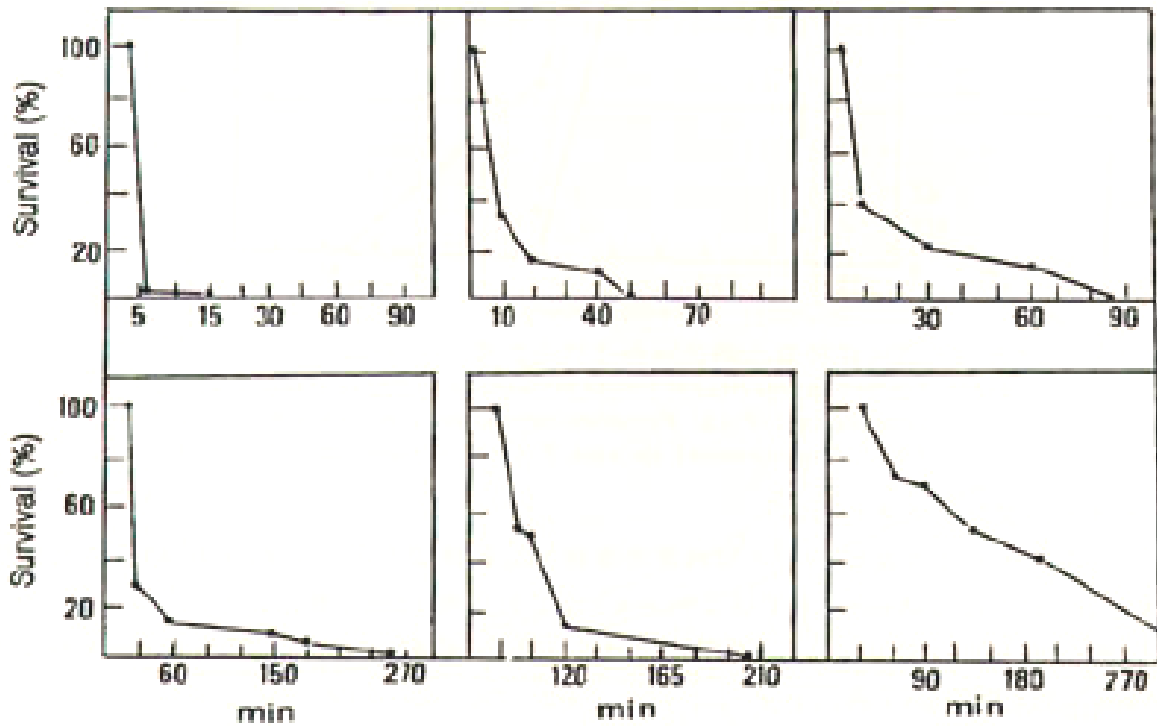
F.o.n.在40°C時需要6.5 hr才能達到LD<sub>90</sub>，43°C需要210 min，45°C時需要120 min，47°C需90 min，49°C需40 min，52°C需20 min(圖七)。

由以上的結果顯示：這三種菌對溫度的效應各有不同，F.o.r.對溫度較F.o.a.及F.o.n.敏感，且溫度及處理時間有相關性，溫度愈高則處理時間愈短可達到LD<sub>90</sub>。



圖五、不同溫度及時間處理對蘿蔔黃葉病病原菌之影響。

Fig. 5. Percentage survival of fungal propagules in soil in relation to temperature and time exposure to *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*.



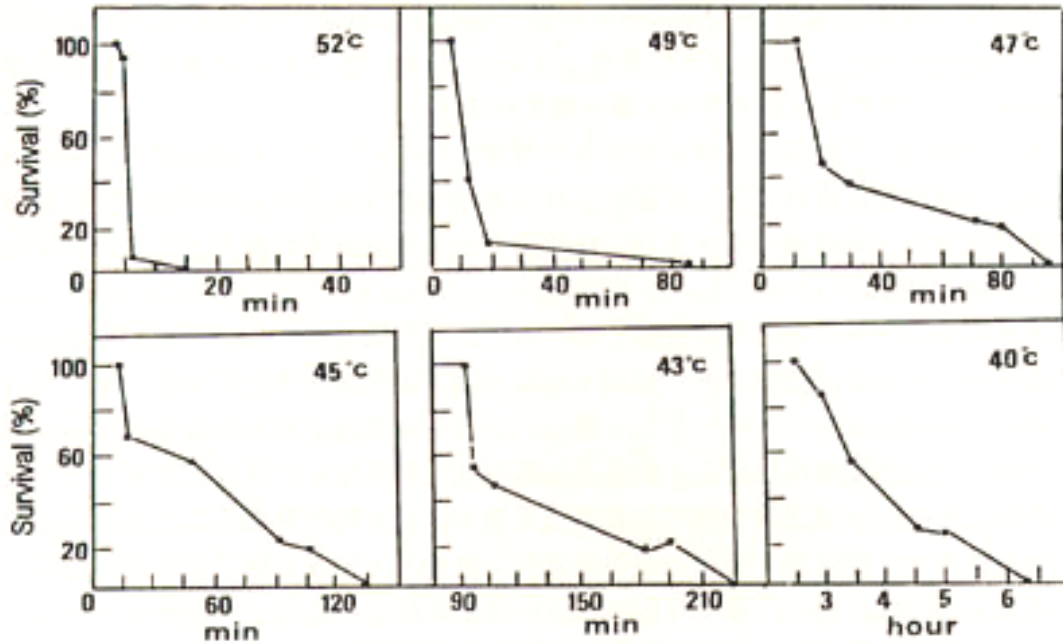
圖六、不同溫度及時間處理對芹菜黃葉病病原菌之影響。

Fig. 6. Percentage survival of fungal propagules in soil in relation to temperature and time exposure to *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii*.

三、病原菌在不同土壤含水量中對溫度之感受性

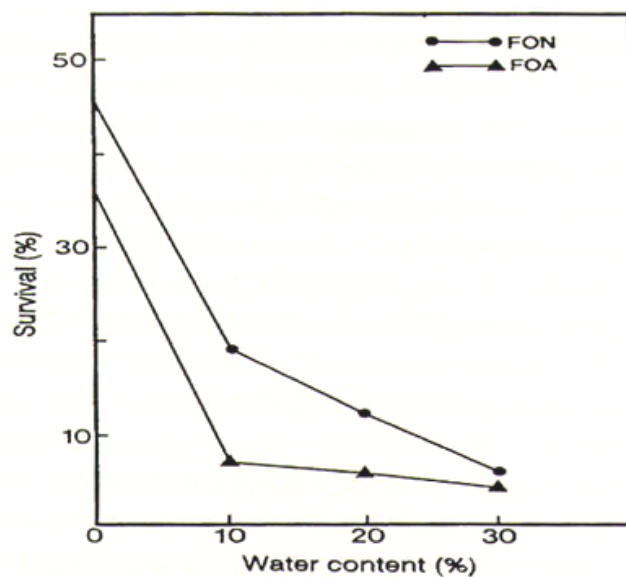
F.o.a.在土壤含水量10%時，在49°C經30 min處理後就能使其存活率降至7.03%，但在乾土中，同樣的處理下其存活率則可達36.66%。

F.o.n.在病土中含水量愈多，其對溫度愈敏感。經49°C，30 min處理下，病土含水量為30%時，存活率為6.5%，但乾土中則為45%(圖八)。



圖七、不同溫度及時間處理對蘿蔔黃葉病病原菌之影響。

Fig. 7. Percentage survival of fungal propagules in soil in relation to temperature and time exposure to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*.



圖八、土壤不同水份及溫度對病原菌之影響。

Fig. 8. Pathogen in different soil water content were affected by temperature. (FOA: *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii*, FON: *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)

## 討 論

近年來Katan<sup>(7,8,9,12,13,14,15,16)</sup>, Pullman<sup>(22,23,24)</sup>, Adams<sup>(2)</sup>, White<sup>(28)</sup>, Ashworth<sup>(3)</sup>及Kodama<sup>(26)</sup>等人在以色列、美國、英國及日本等地，利用透明塑膠布在炎熱的季節覆蓋土壤時，對防治土壤傳播性病害，效果良好。有鑑於本省屬於亞熱帶地區，炎熱潮濕高溫時間很長，筆者曾亦利用此方法於台中、屏東、鳳山、名間、埔里和彰化等地防治*Fusarium* sp.所引起的萎凋病及胡瓜疫病(*Phytophthora* sp.)亦有相當滿意效果(圖二、三)<sup>(1)</sup>，証實在本省亦可以利用Solarization(日光消毒)方法來防治土壤傳播性病害。

利用覆蓋處理，可以降低土壤中病原菌的密度。Katan<sup>(7,8,9,15,16)</sup>, Pullman<sup>(22,23)</sup>及Kodama<sup>(26)</sup>曾報告經過2~4週的覆蓋處理以後，可以降低病原菌密度達54~100%。本研究亦獲得相同結果(表三)。在防治土壤傳播性病害方面，能否降低土壤中病原菌的密度，常常是決定此防治方法能否成功的重要因子<sup>(11)</sup>。

利用透明塑膠布在炎熱的季節覆蓋土壤，可以提高土壤溫度，Katan<sup>(6,7,9,15,16)</sup>和Pullman<sup>(22,23)</sup>的覆蓋處理中，可以提高土壤溫度達到52~60°C，較不覆蓋的土壤約高10°C，筆者在台灣研究亦與Katan和Pullman略同(表一、二，圖一)。此外筆者想了解本省由九月份起，能否利用日光消毒來防治土壤傳播性病害，於中部地區由三月起開始實行覆蓋，直到十月為止，在此期間作覆蓋處理，測量溫度發現可以提高溫度達48.5°C，較未覆蓋區之土壤約高出10°C，可見本省可利用之時間很長，幾可長達半年之久(表一)。但覆蓋期間如遇下雨則溫度急劇下降，是為本省覆蓋處理上的最大障礙，如何克服此障礙尚待更進一步的研究。

Mahrer<sup>(17)</sup>提出預測土壤在覆蓋期間溫度上升的公式，提出塑膠布種類、土溫、土壤傳熱能力和陽光的強度等因子都會影響到覆蓋期間溫度的上升；筆者於屏東利用透明塑膠布和黑色塑膠布覆蓋土壤，發現黑色塑膠布覆蓋土壤溫度的上升就不及透明塑膠布的上升(表一，圖一)，証實Mahrer的看法。

微生物對溫度的感受性因微生物的種類不同而有所不同，並由於不同種類微生物對高溫時間長短也有不同的反應，可以由此提供覆蓋時間長短的依據。一般植物病原菌的致死溫度在50~60°C之間<sup>(4)</sup>。Pullman等人<sup>(23)</sup>報告*Verticillium dahliae*, *Pythium ultimum*, *Thielaviopsis basicola*欲達到LD<sub>90</sub>之致死溫度37°C時各需28.8, 17.9及35.5天；50°C時各需23, 33及68 min；Benson<sup>(5)</sup>報告*Phytophthora cinnamomi*經過39°C, 90 min或44°C, 45 min則處理後死亡；Munnecke<sup>(18)</sup>報告*Armillaria mellea*經過41°C, 4~7 hr時則喪失活性。Olsen和Baker<sup>(21)</sup>報告*Rhizoctonia solani*在54.4°C, 30 min下無法存活。Nelson和Wilhelm<sup>(20)</sup>報告*Verticillium alboatrum*的小菌核在47°C, 50 min下無法存活，但小菌核存於植物殘體中經50°C, 10 min才會失去活性。本試驗發現*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*, *F. oxysporum* f. sp. *apii*及*F. oxysporum* f. sp. *niveum*三種菌之溫度處理；且LD<sub>90</sub>的溫度在49~50°C間，且對同一溫度但不同處理時間的存活率也不相同，在45°C時各120, 150, 120 min；在49°C時則各為40, 40, 20 min(圖四、五、六、七)，由以上的試驗結果顯示覆蓋期間病原菌密度降低的原因乃是被長時間高溫所殺死，及利用日光消毒原理與間歇消毒同之原理，而將土壤中之病

原菌減少。所以想利用日光消毒法來防治土壤傳播性病害，對了解病原菌對溫度的忍受性如何非常重要，是決定能否成功的因素。

調節土壤pH值可以控制病害發生<sup>(11)</sup>。Walker<sup>(27)</sup>報告*Streptomyces scabis*不能生存於pH 5.2以下的環境，使土壤變酸可以防治此病害的發生。而*Fusarium* spp.所引起的病害，雖偏於酸性土壤，但在中性土中也會發生。Katan<sup>(13)</sup>報告覆蓋能降低土壤中病原菌密度，可能是由於pH的改變；但本試驗發現覆蓋後土壤pH值變化很小，所以筆者認為覆蓋不能對土壤pH值有多大的改變，不贊成病原菌的降低與pH值有關，但Smiley<sup>(25)</sup>曾報告在標準的pH值範圍中，十分之九的pH單位變動往往對真菌的生長影響很大，故覆蓋後對土壤pH值的影響與病原菌密度關係尚未十分明瞭，尚待更進一步的研究。

### 參考文獻

1. 黃秀華 孫守恭 1991 利用太陽能防治Fusarial wilt之研究 台中場研究彙報 30:71~78。
2. Adams, P. B. 1971. Effect of soil temperature and soil amendments on *Thielaviopsis* root rot of sesame. *Phytopathology* 61:93-97.
3. Ashworth, L. J., Jr. 1979. Polyethylene tarping of a soil in a pistachio nut grove for control of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 69:913 (Abstr.)
4. Baker, K. F. 1970. Selected killing of soil microorganisms by aerated steam. In *Root Diseases and Soilborne pathogens*, ed., T. A. Tousson, R. V. Bega, and R. E. Nelson, pp.234-239. Berkeley: Univ. Calif. Press.
5. Benson, D. M. 1978. Thermal inactivation of *Phytophthora cinnamomi* for control of Fraser fir root rot. *Phytopathology* 68:1373-76.
6. Chen, Y., and J. Katan. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Sci.* 130:271-277.
7. Elad, Y., J. Katan and I. Chet. 1980. Physical, biological and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* 70:418-422.
8. Grinstein, A., J. Katan, A. Abdul-Razik, O. Zeydan and Y. Elad. 1979. Control of *Sclerotium rolfsii* and weeds in peanuts by solar heating of soil. *Plant Dis. Repr.* 63:1056-1059.
9. Grinstein, A., D. Orion, A. Greenberger and J. katan. 1979. Solar heating of soil for the control of *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus thomei* in potatoes. In *Soilborne Plant Pathogens*, pp.431-438, ed., B. Schippers, and W. Gams, London, new York, San Francisco, Academic, 686 pp.
10. Grooshevoy, S. E. 1939. Disinfection of seed-bed soil in cold frames by solar energy. The A. I. Mikoyan Pan-Soviet Sci. Res. Inst. Tob. and Indian Tob. Ind. (VITIM), Krasnodar, Publ. 137, pp.51-56, *Rev. Appl. Mycol.* 18:635-636.
11. Horsfall, J. G. and E. B. Cowling. 1977. *Plant Disease and Advanced Treatise*. p. 465, Academic Press. New York San Francisco, London.

12. Jacobsohn, R., A. Greenberger, J. Katan, M. Levi, and H. Alon. 1980. Control of *Egyptian* Broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) and other weeds by means of solar heating of the soil; by polyethylene mulching. *Weed Sci.* 28:312-316.
13. Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: Status and prospects. *Plant Dis.* 64:450-454.
14. Katan, J. 1981. Solar heating (Solarization) of soil for control of soilborne pests. *Ann. Rev. Phytopath.* 19:211-236.
15. Katan, J., A. Greenberger, H. Alon and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens. *Phytopathology* 66:683-688.
16. Katan, J., I. Rotem, Y. Finkel and J. Daniel. 1980. Solar heating of the soil for the control of pink root and other soilborne diseases in onions. *Phytopathology* 70:39-50.
17. Mahrer, Y. 1979. Prediction of soil temperature of a soil mulch with transparent polyethylene. *J. Appl. Meteorol.* 18:1263-1267.
18. Mulder, D. 1979. *Soil disinfection*. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford, New York.
19. Nash, S. M. and W. C. Snyder. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. *Phytopathology* 52:567-572.
20. Nelson, P. E. and S. Wilhelm. 1958. Thermal death range of *Verticillium albo-atrum*. *Phytopathology* 48:613-616.
21. Olsen, C. M. 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.
22. Pullman, G. S., J. E. Devay, R. H. Garber and A. R. Weinhold. 1979. Control of soilborne pathogens by plastic tarping of soil. In *Soilborne Plant Pathogens*, pp.439-446. ed., B. Schippers, W. Gams, 686 pp.
23. Pullman, G. S., J. E. Devay, R. H. Garber and A. R. Weinhold. 1981. Soil solarization: Effects on *Verticillium* wilt of cotton and soilborne populations of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, and *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology* 71:954-959.
24. Pullman, G. S., J. E. Devay and R. H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. *Phytopathology* 71:959-964.
25. Smily, R. W. 1975. Forms of nitrogen and the pH in the root zone and their importance to root infections. In: G. W. Bruehl. (ed.), *Biology and Control of soilborne plant pathogen*. p.55-62.
26. Takao Araki. 1979. The present situation of soilborne disease and their control in Japan. *Japan Pesticide Information* 36:5-13.
27. Walker, J. C. 1969. *Plant pathology*. 3rd ed. McGraw-Hill, New York.
28. White, J. G. and S. T. Buczacki. 1979. Observations on suppression of clubroot by artificial or natural heating of soil. *Trans. Br. mycol. Soc.* 73:271-275.

# Mechanism of Solarization for Controlling Soilborne Disease<sup>1</sup>

Chien-Yih Lin<sup>2</sup> and Shiou-Hwa Huang<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Studies of solarization for controlling soilborne disease were carried out in Taichung, Pingtung, Puli, and Changhua regions, soils were mulched with transparent 0.0025 mm polyethylene sheets during the months of March to September for 3 to 4 weeks, and soil temperatures were there by increased. After tarping, the population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii*, *F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* were reduced by 75 - 100%. Maximal temperatures in the mulched soils were 47 to 50.5°C and 44°C - 30 cm, respectively. Field experiments with watermelon, radish, and China aster showed that mulching with polyethylene sheets prior to planting reduced Fusarial wilt by 38.8 to 73.84%. Temperatures of 39 - 59°C lethal to *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, *F. oxysporum* f. sp. *apii* and *F. oxysporum* f. sp. *raphani*. At 45°C, exposure times for LD<sub>90</sub> were 120, 150, and 120 min, respectively, for *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, *F. oxysporum* f. sp. *apii* and *F. oxysporum* f. sp. *raphani*. At 49°C LD<sub>90</sub> values were 40, 40, and 20 min, respectively, for the same fungi. The exposure times and temperatures necessary to kill these fungi are useful for evaluating the progress of soil solarization under field conditions.

**Key word:** mechanism, solarization.

---

<sup>1</sup> Contribution No. 0309 from Taichung DAIS.

<sup>2</sup> Director of Taiwan Agricultural Research Institute.

<sup>3</sup> Assistant Plant Pathologist of Taichung DAIS.