

# 台灣香蕉黃葉病之抑病土

## 莊再揚

台北市國立台灣大學植物病蟲害學系

### 摘要

莊再揚 1991 台灣香蕉黃葉病之抑病土 植保會刊 33:133~141

以土壤平板法測定厚膜孢子發芽率與小焦苗接種試驗之發病率呈顯著相關。本省中南部蕉區抑病土的比例很低，但半抑病土普遍存在。抑病土能抑制厚膜孢子發芽與新厚膜孢子的形成，並且加速病原菌菌絲的溶解，從而減少病原菌的存活。土壤抑菌性與土壤 pH 值及鈣含量呈顯著相關，但與土壤質地、有機質含量或鉀、鎂、磷等含量無關。分析微生物族群密度，祇有放射菌與厚膜孢子發芽呈負相關，而細菌和真菌與厚膜孢子發芽無多大關係。抑病土經蒸氣消毒或添加抗生物質，會失去或降低抑菌性；添加營養液，初期降低抑菌性，但經 7 天後，抑菌性反而增強。在導病土中添加鈣化物，可增強抑菌性；但調整其 pH 由 5.0 至 7.5，對厚膜孢子發芽無多大影響。導病土加入  $\text{CaCO}_3$  或  $\text{CaCO}_3$  與 glucose-asparagine 混合液後，再加入微生物或 1% 抑病土，能誘發其致病性，而且在導病土經蒸氣消毒後再加以處理，效果較佳。溫室內接種試驗顯示，以拮抗菌處理蕉苗並在病土添加碳酸鈣能降低發病，田間試驗亦有相同的結果。

(關鍵字：香蕉黃葉病、黃葉病菌、抑病土)

### 緒言

感染本省華蕉 (Cavendish) 的黃葉病菌 (*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *cubense* (E. F. Smith)) 於 1967 年首度在屏東縣林邊鄉發現後，經接種證明為一新生理小種，定名為 Race 4<sup>(7,15)</sup>，此生理小種在高屏蕉區逐漸擴散蔓延，並於 1981 年出現於中部地區彰化縣二水鄉的蕉園<sup>(1)</sup>。目前香蕉黃葉病已成為威脅台灣香蕉產葉最嚴重的病害<sup>(14)</sup>，它能感染目前所有商品化的香蕉品種<sup>(6)</sup>。

本病為重要的土壤傳播性病害，除了抗病品種外，並無其他有效的防治方法<sup>(13)</sup>。Hwang & Ko 曾利用香蕉組織培養篩選出抗病品系，但這些品系的農藝性狀不盡理想<sup>(9)</sup>，雖然其農

藝性狀可加以改進而不喪失抗病性<sup>(10)</sup>，然而這些品系目前仍在觀察中，尚未完全商品化，因此尋找其他替代的防治方法亦應加以重視。

近年來，土壤傳播性病害抑病土之研究普遍受到重視<sup>(8,12)</sup>，中南美洲曾有香蕉黃葉病抑病土存在的報告<sup>(13)</sup>，他們依蕉園發生黃葉病至廢耕時間之長短，將蕉園土壤區分為抗病土壤 (resistant soil)、半抗病土壤 (semi-resistant soil) 和非抗病土壤 (non-resistant soil)。筆者多年來在高屏蕉區從事實際工作，發現香蕉黃葉病的發生，亦有類似中南美洲蕉園的現象；大部份蕉園發病後，擴散很快，幾年內就廢耕，但有部份蕉園雖然感染黃葉病，病勢進展卻很慢，更甚者，有些地區的蕉園發病很普遍，而其中部份蕉園根本不發病，顯示本省蕉

園亦可能有黃葉病的抑病土存在，故從事此方面的研究，本文乃是將這幾年的結果作綜合報導。

### 抑病土之篩選

自南投、彰化、雲林、嘉義、台南、高雄和屏東等地的發病與未發病蕉園採集 69 個土壤樣品，利用土壤平板法<sup>(11)</sup>測定厚膜孢子發芽。其中 3 個土壤樣品的厚膜孢子發芽率在 10% 以下，1 個在 10% ~ 20% 之間，這些土壤均來自旗山地區尚未發生黃葉病的蕉園。另外厚膜孢子發芽率在 30% ~ 60% 的土壤樣品共有 8 個，這些地區黃葉病發生有三種不同情形，即 (i) 尚未發病蕉園，例如旗山、里港和楠西的蕉

園，(ii) 發病嚴重地區，大部份蕉園已廢耕而僅存的少數蕉園，例如新園和林邊的蕉園，和 (iii) 每年均有發病，但病勢進緩慢的蕉園，例如大寮地區蕉園，其他 57 個土壤樣品的厚膜孢子發芽率均達 80% 以上<sup>(3)</sup>。這些資料顯示即使在發病嚴重的蕉區，土壤並不均勻，可能還有少數土壤能抑制病菌的感染，或是減少蕉園發病率。

利用組織培養小蕉苗作接種試驗，蕉苗的發病率與厚膜孢子在土壤平板上的發芽率呈顯著相關<sup>(3)</sup>，然其迴歸方程式所估計發病率的準確性仍有相當的變異，亦即部份半抑菌土並非抑病土，不過若是強抑菌土，即使土壤中病原菌密度改變，它們還是表現出抑病性（表一）。

表一、土壤含不同量厚膜孢子對組織培養蕉苗黃葉病發生之影響

Table 1. Fusarium wilt of banana plantlets planted in different soils infected with chlamydospores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*

Inoculum density (Chlamydospore/g soil)	Disease incidence (%)		
	Sui-1	Chuan-2	TBRI
$5 \times 10^4$	20.0 a <sup>1)</sup>	25.0 a	57.1 b
$5 \times 10^3$	25.0 a	12.5 a	76.9 b
$5 \times 10^2$	21.4 ab	17.7 a	28.6 b

1) Data followed by the same letter at each inoculum density are not significantly different ( $p = 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

### 抑病土對病原菌存活和厚膜孢子形成之影響

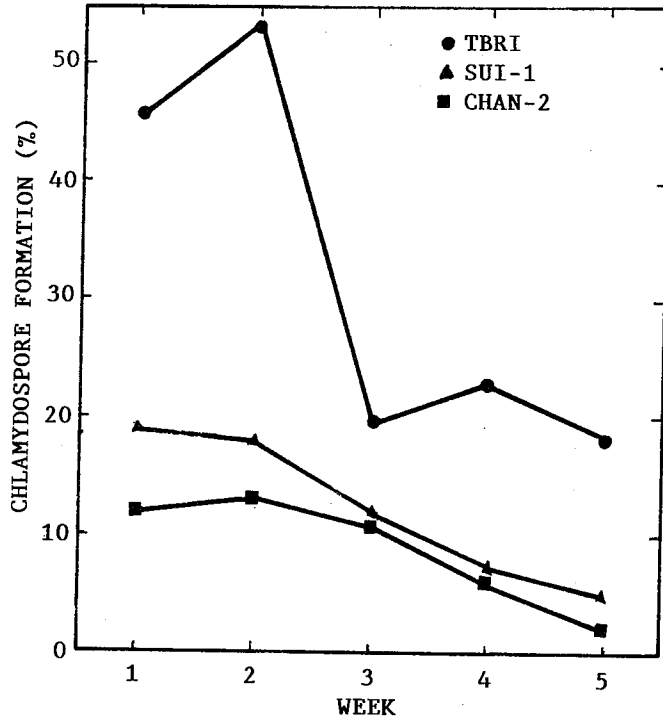
在抑病土中加入病原菌的厚膜孢子，初期病原菌的族群密度有增加的現象，而其增加量比導病土為少，但隨著時間增加，抑病土中的病原菌密度下降很快，經過四個月後，病原菌祇剩 1% ~ 6% 存活，而導病土中仍有 10% ~ 30% 存活，到了第五個月，就無法在抑病土中偵測到病原菌，但導病土中還剩下 10% 病原菌存活<sup>(4)</sup>。將大孢子滴上土壤平板上，經過一週後，可見新的厚膜孢子形成，但在抑病土上的厚膜孢子形成量遠比導病土為少（圖一）<sup>(4)</sup>。觀察土壤平板上菌絲溶解情形，抑病土亦較易促進菌絲溶解。

### 抑病土之土壤理化性質

分析 15 個土壤樣品的鈣、鎂、鉀、磷與有機質含量，發現祇有鈣含量與厚膜孢子發芽呈負相關（圖二），至於鎂、鉀、磷和有機質含量與土壤抑菌性無關。又分析 20 個土壤樣品中的砂粒、粉粒與粘粒含量，亦與土壤抑菌性無關，但是土壤 pH 值卻與抑菌性呈顯著的正相關（圖三）<sup>(4)</sup>。

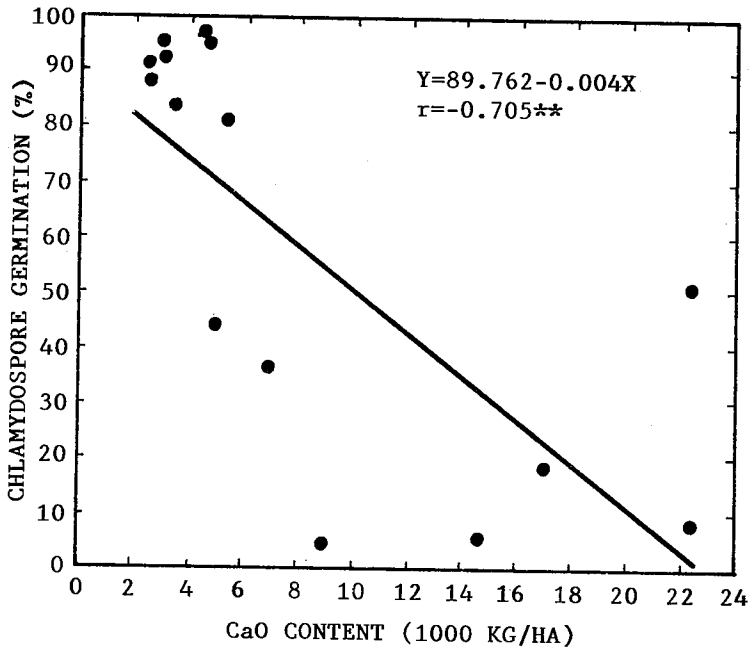
### 抑病土之微生物特性

分析 12 個蕉園土壤樣品，微生物族群變化很大，經統計分析後，祇有放射菌的族群密度與厚膜孢子發芽有顯著相關，至於細菌和真菌的族群密度則與厚膜孢子發芽無顯著相關<sup>(4)</sup>。



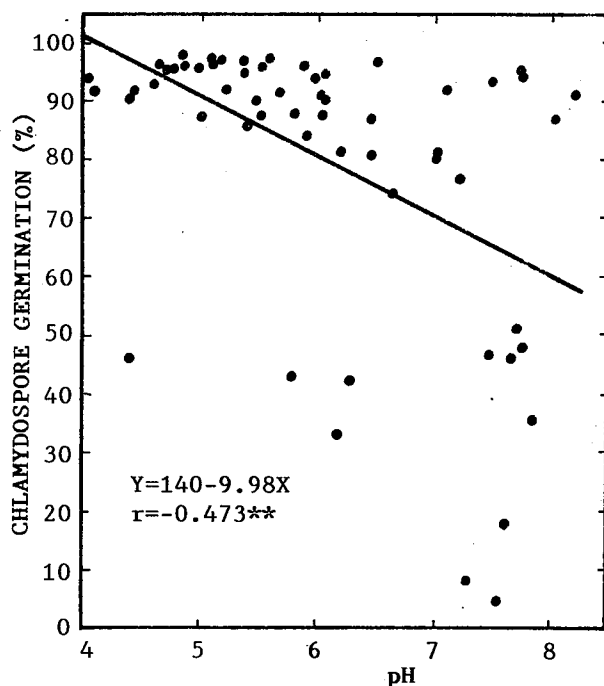
圖一、香蕉黃葉病菌在不同土壤中形成厚膜孢子之比較

Fig 1. Chlamydospore formation from macroconidium of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* in soils. TBRI is conducive soil, SUI-1 and CHAN-2 are suppressive soils.



圖二、香蕉黃葉病菌厚膜孢子發芽與土壤鈣含量之關係

Fig 2. The relationship between chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* and calcium content in soils.



圖三、香蕉黃葉病菌厚膜孢子發芽與土壤 pH 值之關係

Fig 3. The relationship between chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* and soil pH.

但若祇比較旗山地區的強抑病土與香蕉研究所的導病土，則放射菌族群密度的差異並不很明顯。

定期採集根圈土壤測定細菌、真菌和放射菌的族群密度，經連續 10 個月的調查，發現抑病土與導病土的微生物族群並無顯著差異，各土壤中微生物族群變化很大<sup>(5)</sup>，主要可能決定於各蕉園管理方法與蕉株生長狀況而不同。抑病土與導病土的香蕉根圈都有拮抗菌存在，由抑病土和導病土所分離的微生物與病原菌作對

峙培養，兩類土壤所獲得的拮抗真菌與放射菌均無明顯差異，而抑病土所獲得的拮抗細菌比例卻反較導病土為低（表二）。這些在培養基上具有拮抗作用的微生物作接種試驗，由抑病土獲得的 37 株拮抗菌中，有 9 株具防病效果，佔 24.3%；而由導病土所獲得的 75 株中，有 19 株具防病效果，佔 25.3%（表三），彼此間並無顯著差異<sup>(5)</sup>。此三類拮抗菌中，具防病效果的拮抗真菌比例最高。

表二、抑病土與導病土香蕉根圈微生物對香蕉黃葉病菌生理小種 -4 在馬鈴薯瓊脂培養基上拮抗作用之比較

Table 2. Antagonism test of banana rhizosphere microorganisms from suppressive- and conducive- soil against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* race 4

Microorganism	Suppressive soil		Conducive soil	
	# test	# antagonist	# test	# antagonist
Bacterium	426	5 (1.2%)	429	27 (6.3%)
Fungus	282	22 (7.8%)	297	25 (8.4%)
Actinomycetes	220	8 (3.6%)	142	5 (3.5%)

表三、抑病土與導病土香蕉根圈分離的拮抗的對香蕉黃葉病防治效果之比較

Table 3. Comparison of antagonists from banana rhizosphere of suppressive- and conducive-soil for controlling fusarial wilt of banana plantlets in pot test

Microorganism	Suppressive soil		Conducive soil	
	# test	# effective	# test	# effective
Bacterium	5	0 (0%)	25	27 (24%)
Fungus	27	8 (29.6%)	33	25 (33.3%)
Actinomycetes	5	1 (20%)	17	5 (11.8%)
Total	37	9 (24.3%)	75	19 (25.3%)

### 土壤處理對抑病土之影響

無論抑病土或半抑病土經蒸氣消毒後，抑制厚膜孢子發芽的能力消失，但放置7天後，又稍為恢復抑菌性<sup>(4)</sup>，例如未消毒抑病土(寺-2)，厚膜孢子發芽率為3.5%，但經蒸氣消毒後，發芽率增加為89.1%，而放置7天後，又稍為降至77.1%。若在抑病土中添加抗生物質，亦會影響其抑菌性<sup>(4)</sup>。每克土壤添加 rose bengal 330  $\mu\text{g}$  或 streptomycin 6667  $\mu\text{g}$ ，均會顯著提高厚膜孢子的發芽率，降低其抑菌性。在土壤添加 glucose-asparagine 營養液後，立即測定厚膜孢子發芽，發現隨著營養濃度增加而抑菌性降低，但經7天後，其抑菌性卻隨著營養液濃度增加而顯著增加(表四)。測定加入營養液土壤的微生物變化情形，依抑病土來源不同而有差異，每克土壤加入30  $\mu\text{g}$  營養液時，細菌族群大量增加，放射菌稍為減少，而真菌起初增加，但7天後又減少；加入300與3000  $\mu\text{g}$  營養液時，細菌與放射菌顯著增加，但真菌族群變化不大<sup>(4)</sup>。一般而言，抑病土相當穩定，經風乾在室溫儲存一年後，雖然抑菌性大為降低，但經預溼處理3天抑菌性又逐漸恢復。這些結果顯示微生物因子在抑病土的機制中扮演著重要角色。

由於統計分析結果顯示土壤鈣含量和pH值均與抑菌性有顯著相關，若在導病土中加入鈣化物或改變其pH值，是否會影響其抑病性？試驗結果顯示，導病土加入 $\text{CaCl}_2$ ，厚膜孢子發芽率會隨著鈣濃度增加而減少<sup>(2)</sup>，例如未添加 $\text{CaCl}_2$ 之導病土，厚膜孢子發芽率為87%，

但添加8000 ppm 鈣時，發芽率降為60%。另外不同鈣化物對厚膜孢子發芽的抑制效果差異很大(表五)，以 $\text{CaCO}_3$ 的效果最好， $\text{CaSO}_4$ 與 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 次之， $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 的效果較差。在這些鈣化物中， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 $\text{CaCO}_3$ 會顯著提高土壤pH值，而 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 對土壤pH值影響很小。又將抑病土的pH由7.5調低為5.0時，會促進厚膜孢子發芽，稍為降低其抑菌性，但相反的，將導病土的pH由5.0調整為7.5，對厚膜孢子發芽影響很小。這些結果顯示鈣離子亦在抑病土的機制上扮演著重要的角色，但土壤pH值本身似乎不重要，不過它可能影響土壤微生物的活性或鈣離子的可利用性，從而影響土壤的抑病性。

### 抑病土之誘發

抑病土和導病土依不同比例混合後，均會降低厚膜孢子的發芽率，其抑菌效果會隨著抑病土量增加而增加。而且無論抑病土或導病土經蒸氣消毒後，再加入抑病土，均能誘發出部份抑菌性。加入導病土於蒸氣消毒的導病土無此作用，而加入於消毒的抑病土，則會稍降低厚膜孢子發芽<sup>(2)</sup>。

拮抗細菌加入蒸氣消毒或未消毒的導病土，可以顯著降低厚膜孢子發芽，而加入無拮抗作用的細菌亦會降低厚膜孢子發芽，但效果較差。加入拮抗放射菌亦可誘發導病土的抑菌性，但在經蒸氣消毒的土壤效果較好。無論是否具有拮抗作用，真菌加入導病土都不能顯著抑制厚膜孢子發芽<sup>(2)</sup>。

表四、添加營養對抑病土抑制香蕉黃葉病菌厚膜孢子發芽之影響

Table 4. Effect of addition of nutrient on chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. *sp. cubense* on suppressive soils

Glucose-asparagine ( $\mu\text{g/g}$ soil)	Germination (%)			
	Sui-1 soil		Chan-2 soil	
	0 day	7 day	0 day	7 day
0	16.8 a <sup>1)</sup>	28.6 c	7.8 a	30.6 c
30	7.1 a	19.7 b	5.8 a	16.4 b
300	21.3 a	5.9 a	32.5 b	10.4 ab
3000	69.6 b	4.0 a	53.0 c	3.7 a

1) Numbers in each column followed by the same letter are not significantly different at  $p = 0.01$  according to Duncan's multiple range test.

表五、不同鈣化物對香蕉黃葉病菌原膜孢子發芽之影響

Table 5. Effect of calcium from various sources on chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. *sp. cubense*

Treatment	pH	Germination (%)	
		2 day	7 day
CaCl <sub>2</sub>	5.4	78.4 cd <sup>a)</sup>	88.6 bc
Ca(OH) <sub>2</sub>	10.4	90.4 d	84.4 bc
CaCO <sub>3</sub>	7.5	42.1 a	43.9 a
CaCO <sub>4</sub>	5.8	67.8 bc	79.6 b
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	5.9	60.0 b	77.1 b
Ca <sub>3</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5.4	86.3 d	82.8 bc
CK	5.7	90.5 d	90.6 c

a) Numbers in each column followed by the same letter are not significantly different at  $p = 0.01$  according to Duncan's multiple range test.

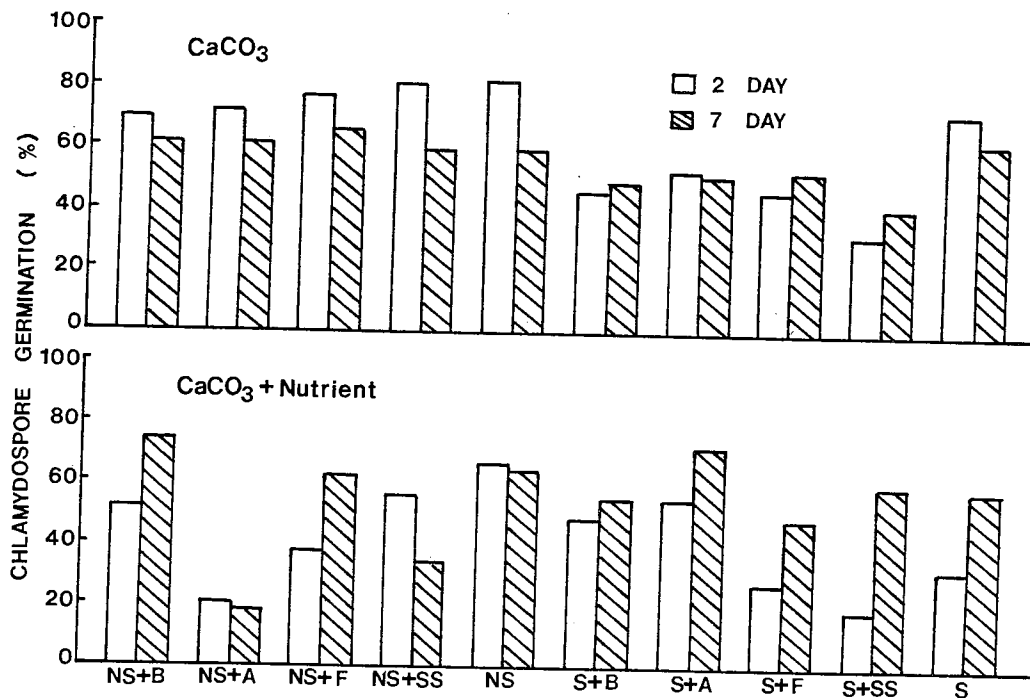
一般而言，誘發抑病土的效果，在蒸氣消毒的土壤比不消毒土壤為佳（圖四）。加入 CaCO<sub>3</sub> 土壤經蒸氣消毒後，再加入各種微生物或 1% 抑病土，其抑病效果比單獨加入 CaCO<sub>3</sub> 為佳，但在加入 CaCO<sub>3</sub> 和 glucose-asparagine 混合營養液的導病土上經蒸氣消毒後，再加入微生物或 1% 抑病土，則與單獨加入 CaCO<sub>3</sub> 和營養液的效果類似。相反的，在不經蒸氣消毒的導病土，添加 CaCO<sub>3</sub> 後，再加入微生物或 1% 抑病土，其抑菌效果並不比單獨加入 CaCO<sub>3</sub> 為佳，但在土壤同時添加 CaCO<sub>3</sub> 和營養液後、再加入放射菌或 1% 抑病土，則顯著增加抑菌

效果，但加入真菌或細菌卻與單獨加入 CaCO<sub>3</sub> 和營養液者無明顯差異。又由於土壤來源不同，相同處理之誘發抑菌效果亦不一致，而以導病土中同時加入 CaCO<sub>3</sub>，營養液和放射菌的效果最好。

溫室試驗中，小蕉苗以拮抗菌作浸根處理後，先假植一個月，再移植於混合碳酸鈣與（或）苜蓿的病土，均會降低發病，而以拮抗菌與碳酸鈣綜合處理的效果較好，另外僅添加碳酸鈣者亦會降低發病。若在病土中同時添加拮抗菌、碳酸鈣和 S-H 混合物，而小蕉苗不加以處理，則其防病效果不穩定，其變異頗大。

在田間試驗，若祇以拮抗菌處理小蕉苗，再種於病田，雖然會延緩發病，但經8個月後，似乎沒有防病效果；若土壤中添加石灰或雞糞，

小蕉苗種植4個月後，會降低發病（表六），但在沒有拮抗菌處理下，石灰亦能有效降低發病。



圖四、導病土之抑菌性誘發

Fig 4. Induction of suppressiveness for conducive soil. NS = None steamed soil, S = Steamed soil, SS = 1% suppressive soil, B = Bacteria, A = Actinomyces, F = Fungi.

表六、以拮抗菌和土壤添加物綜合防治香蕉黃葉病田間試驗

Table 6. Integrated control of banana fusarial wilt with antagonists and soil amendment in field test 4 months after planting<sup>1)</sup>

Antagoist <sup>2)</sup>	Liming		Chicken manure		Control	
	Plant no.	Disease (%)	Plant no.	Disease (%)	Plant no.	Disease (%)
A	12	0.0	13	30.8	12	33.3
B	12	0.0	13	15.4	13	30.8
D	13	23.1	12	16.8	14	42.9
G-9	12	16.7	12	8.3	14	50.0
CF303	12	0.0	13	23.1	14	14.3
CK	11	9.1	11	18.2	14	21.4

1) Banana plantlets were planted in diseased field on July 6, 1989.

2) A = CB101 + SF200 + CF303; B = CB705 + SF501 + SF600; D = CB101 + CB602 + CB705; G-9 = *Gliocladium virens*; CF303 = *Trichoderma viride*.

## 結 論

本省中南部蕉區抑病土存在的比例很低，但半抑病土則普遍存在。抑病土能抑制病原菌厚膜孢子發芽和新厚膜孢子形成，並且能加速菌絲溶解，因此能抑制黃葉病的發生。此抑病土的抑病機制可能為土壤鈣離子與非專一性微生物交感作用的綜合結果。一般而言，添加碳酸鈣、營養液和微生物於消毒的導病土比未消毒的導病土容易誘發抑菌性。在田間試驗顯示，祇以拮抗菌處理小蕉苗並無防病效果，必須配合土壤添加石灰或有機質，方能顯出防病效果，而祇有土壤添加石灰亦有降低發病的效果。

## 引用文獻

1. 莊再揚 1983 台灣中部香蕉黃葉病生理小種之鑑定。植保會刊 25:57-58。
2. 莊再揚 1985 香蕉黃葉病抑病土機制與誘發之探討。國科會計畫研究報告。
3. 莊再揚 1986 香蕉黃葉病抑病土之研究(一) 抑病土之篩選。植保會刊 28:345-352。
4. 莊再揚 1988 香蕉黃葉病抑病土之研究(二) 抑病土之特性。植保會刊 30:125-134。
5. 莊再揚 1989 香蕉黃葉病抑病土與導病土根圈微生物之研究(第二年)。國科會計畫研究報告。
6. 黃新川、陳其麗、巫富良 1984 台灣現有香蕉品種對黃葉病、黑星病及緣枯病之罹病性調查。植保會刊 26:155-161。
7. 蘇鴻基、莊再揚、龔葦生 1977 台灣香蕉黃葉病菌之生理小種。台灣香蕉研究所研究特刊第2號，21p。
8. Hornby, D. 1983. Suppressive soil. Ann. Rev. Phytopathol. 21:65-85.
9. Hwang, S. C., and Ko, W. H. 1988. Mutants of cavendish banana resistant to race 4 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Plant Prot. Bull. 30:386-392.
10. Hwang, S. C., and Ko, W. H. 1989. Improvement of fruit quality of cavendish banana mutants resistant to race 4 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Plant Prot. Bull. 31:131-138.
11. Ko, W. H., and Ho, W. C. 1983. Screening soils for suppressiveness to *Rhizoctonia solani* and *Pythium splendens*. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 49:1-9.
12. schnider, R. W. 1982. Suppressive soils and plant disease. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, 88p.
13. Stover, R. H. 1962. Fusarial Wilt (Panama Disease) of Bananas and Other Musa Species. Commonwealth Mycological Institute. Kew. Surrey. England, 117p.
14. Su, H. J., Hwang, S. C., and Ko, W. H. 1986. Fusarial wilt of cavendish banana in Taiwan. Plant Disease 70:814-818.
15. Sun, E. J., Su, H. J., and Ko, W. H. 1978. Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4 from soil or host tissue by cultural characters. Phytopathology 68: 1672-1673.

## ABSTRACT

**Chuang, T. Y. 1991. Suppressive soil of banana fusarium wilt in Taiwan.** Plant Prot. Bull. 33:133-141. (Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, Taiwan, R.O.C.)

There was a positive correlation between chlamydospore germination on soil surface and infection rate of banana plantlets among 10 soils tested. Among 69 soil sam-



ples collected from central and southern Taiwan tested, only few soils were pathogen-suppressive. The chlamydospore germination and new chlamydospore formation were inhibited significantly in suppressive soil. Mycelial lysis was also enhanced in suppressive soil. The pathogen survived longer in conducive soil than in suppressive soil. Analysis of soil samples revealed that chlamydospore germination on soil was inversely correlated with pH and Ca content, but it was not correlated with Mg, K, P, organic matter content of soil texture. A negative correlation between chlamydospore germination and population of actinomycetes but not bacteria and fungi, in soil, was found. Steaming completely nullified the inhibitory effect of suppressive soils, but the suppressiveness was somewhat restored when the soils were exposed to the air for 7 days. Addition of rose bengal or streptomycin to suppressive soils greatly decreased their inhibitory effects. Addition of glucose-asparagine solution at the concentration of 300 and 3000 ppm to the suppressive soils also decreased the suppressiveness at the beginning, but the suppressiveness was greatly enhanced 7 days after nutrient amendment. The suppressiveness of conducive soil was increased after adding antagonistic bacteria and actinomycetes, but not fungi, into soil. The addition of  $\text{CaCO}_3$  or  $\text{CaCO}_3$  mixed with glucose-asparagine solution followed by microorganisms or 1% suppressive soil into conducive soil resulted in increasing suppressiveness. The efficacy of induction of suppressiveness in steamed soil was better than in none steamed soil.

(Key words: Fusarium wilt of banana, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, suppressive soil)