植物保護學會會刊 31：104—118, 1989

利用抑病土之特性作西瓜蔓割病綜合防治之研究

黃振文　孫守恭　謝廷芳

臺中市國立中興大學植物病理學系

（接受日期：民國 78 年 2 月 20 日）

摘　　要

黃振文、孫守恭、謝廷芳　1989　利用抑病土之特性作西瓜蔓割病綜合防治之研究　植保會刊 31：104—118.

自本省各地採得的八種土壤，分別種植西瓜，自西瓜幼根分離得五種眞菌與十種細菌。五種眞菌中以 *Fusarium oxysporum, F. solani* 和 *Trichoderma* sp. 等三種腐生菌具有抑制西瓜蔓割病發生的功效。十種細菌中，則以 B-2 和 B-7 對蔓割病菌具抗生作用。至於 B-9 生長快速，可圍困病原菌的菌絲。將 B-2、B-7 和 B-9 分別拌於病土中，B-7 和 B-9 可分別抑制 14% 和 27% 的蔓割病菌厚膜胞子發芽，而 B-2 和 B-9 尙可使厚膜胞子的發芽管大量瓦解。以砂耕法控制營養液之元素成分，探討礦物質對西瓜蔓割病發生情形，結果發現缺磷、缺鈣、缺鉀時較易促進蔓割病的發生；而缺鉀、缺鎂、缺鈣與缺磷時，病原菌之胞子量也較少，在缺鈣、磷與缺鉀者，蔓割病菌的小胞子量比大胞子的產量多。將七種有機質分別添加於病土中，僅水苔（*Ulothrix* sp.）、青萍（*Lema pauciostata* Heglm.）和龍眼種子粉使厚膜胞子的發芽管大量瓦解。在溫室中，添加 1%（w/w）水苔粉於病土中，可使西瓜蔓割病的發病率減少 36%（與對照相比），而田菁却促進病害的發生。鈣鹽和磷鹽中，以 $Ca(OH)_2$、$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$、$CaCO_3$、$CaSO_4$、K_2HPO_4 與 $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ 具有顯著抑制厚膜胞子發芽和促進發芽管瓦解的功效。土中含有 $Ca(OH)_2$、$CaCO_3$、K_2HPO_4 及 $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ 者，具有抑制蔓割病菌生長的作用。碱性不利於西瓜蔓割病的發生。在溫室中，選用 2% 含有 *F. oxysporum, F. solani* 和 *Trichoderma* sp. 的玉米砂，混合 1% 水苔粉、1.5% $CaCO_3$ 與 0.5% K_2HPO_4 添加於含有西瓜蔓割病菌的土中，證明具有 92% 的防病效力。

（關鍵字：西瓜蔓割病、水苔、鈣化物、磷鹽。）

緒　　言

西瓜蔓割病菌（*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*）可經由種子和土壤爲害西瓜的各生長期，是屬於極難防治的土壤傳播性病菌[4]。

本病菌多由西瓜的根尖侵入，因此防治工作應首重根的保健[13]。民國 73 年黃與孫氏在溪湖發現西瓜蔓割的抑病土[5]，具有防止病原菌侵入西瓜幼根的功能，因此乃繼續探討該抑病土的抑菌本質[18]，發現非專一性的生物因子與非生物因子的綜合作用是抑制蔓割病發生

的主因。其中抑病土與導病土間的主要理化與生物因子的差異是：抑病土具有(1)較高酸鹼值，(2) 含有豐富的鈣、磷、鎂及錳等，(3) 含高量的有機質，(4) 腐生性的鐮胞菌（*Fusarium oxysporum, F. solani*），細菌和放射菌相當多且複雜。本試驗乃擬㈠利用這種抑病土的主要抑病因子，發展培育西瓜健康苗的人造抑病土，以預防蔓割病的發生。㈡利用砂耕法，測定短缺鈣、磷、鎂、鐵之營養液對西瓜蔓割病發展的影響。㈢比較西瓜蔓割病菌在各不同短缺元素之營養液中的生長與產胞量。

材料與方法

供試菌株來源

取自中興大學植病系217實驗室保存之西瓜蔓割病菌（*Fusarium oxypporum* f. sp. *niveum*）（編號爲 FnC-0801），供作本研究之菌源。本菌株之致病力強，且極穩定。

菌株之培養及保存

病原菌株FnC-0801係培養及保存於PDA斜面培養基上，但爲避免變異及保持其野生型（wild type）特性，須每隔20-30天單胞更新移植一次，並給予適當的光照（安置 2 支 40 W的日光燈，距培養試管18吋，每天照光12小時）和溫度（20-24°C）。

砂耕法

取石英砂（粒子大小約 0.5-2 mm），經1N HCl 稀鹽酸浸泡 24 小時後，再以水充分浸泡，使其pH值約爲 7.0，隨後將 *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*（FnC-0801）接種於石英砂中，使病原菌濃度約爲10^3/克砂，並栽種西瓜種子。每天按時灌溉各種元素缺乏之營養液二次(每次約 50ml，容器內徑 9cm)，八天後每日觀察並記錄發病百分率一次。營養液係依佐藤氏[7] 砂耕液配方調製。其中 NPK 爲對照組，爲完全營養液，另外有缺氮、缺磷、缺鉀、缺鈣、缺鎂、缺鐵及缺硼、鋅、錳、銅等微量元素液。

病害調查與記錄

西瓜幼苗或成株之維算束褐化或葉片變黃、萎凋或死亡者，均列爲發病。

含菌土的製造

1. 芹菜莖法——將芹菜葉柄切成 1-2 公分長片段，裝於三角瓶中，加少許蒸餾水，高壓殺菌（121°C 30 min），然後接種病原性的FnC-0801，培養 30 天後，取出與砂質壤土（砂質土：壤土＝4：1）均勻混合，保持適當濕度約一個月，土中含有高濃度胞子的病土，裝於塑膠袋中備用[4,17]。試驗時使土中胞子濃度配成約 10^3/克土。

2. 玉米砂法——將 FnC-0801 菌株做成胞子懸浮液，取 5 ml 倒入已高壓殺菌的玉米砂(corn meal 3 克，dry sand 100克，distilled water 15 ml)[16] 中培養一個月，即可製成含有大量胞子之病菌土，病菌濃度約10^3/克砂。

土壤中厚膜胞子發芽的觀察

取 10 克病菌土，添加 1%（w/w）供試添加物，一週後加入 0.5% glucose + 0.5% asparagine 營養液 2.5 ml，蓋上皿蓋，在24 °C 下經 16 小時，逢機取出土樣約 0.5 克，加入棉藍染色，並加入數滴蒸餾水，輕輕震盪之，取上層液置於載片上，鏡檢厚膜胞子發芽率及發芽管瓦解率。

生物因子之調查與利用

取溪湖、烏日、中興嶺、燕巢、中興大學校園、名間、臺中（A）及臺中（B）等地區的土壤，分裝於花盆（內徑18公分）內，隨即每盆播種以免賴得消毒過的西瓜種子六粒，於溫室培育15日，然後將根系上土粒小心除去，以 1% 漂白水漂洗三次（每次 3—6 分鐘），再將各根切成片段（長 2 cm 左右），分別放入 PDA 平板中，調查各種微生物出現率。將纏化於西瓜根系上之腐生眞菌與細菌，分別培養於 PDA 斜面上，試驗時分別以無菌水作胞子懸浮液，取 10 ml 倒入高壓殺菌的玉米砂中，在室溫下培育 30 天備用。以上溪湖土爲抑病土，餘爲導病土。

非生物因子有機質的利用

選用堆肥（一般農家用者）、大豆莖葉、田菁莖葉、水苔（又名婆髮藻（*Ulothrix* sp.）、青萍（*Lema pcueciostata* Heglm.）、龍眼種子等六種有機質，磨成粉狀，取 1%(w/w) 加入病土中混合均勻，分別放入小培養皿（內徑 6 cm）中，乾濕交替處理七日（加少許無

菌水，俟乾後再加水）後，滴入 2.5 ml 的營養液（0.5% glucose+0.5% asparagine），在24°C 培育 16 小時，隨機挑取少許置於載玻上，以棉藍染色，鏡檢各土樣中的厚膜胞子發芽率及發芽管瓦解百分率。

結　　果

生物因子的調查與利用

1. 纏化西瓜根系的微生物相——由八種土壤所栽種的西瓜根上分離微生物，結果如表一。眞菌方面以 *Fusarium oxysporum*, *F. solani* 及 *Trichoderma* sp. 三者出現頻率較高，細菌則以 B-9、B-8、B-6 三者出現頻率最高。在八種土中，溪湖土中之微生物相較爲複雜。

2. 利用腐生眞菌抑制西瓜蔓割病的觀察——取臺中(A)土（導病土）加入 1%(w/w) 西瓜蔓割病土並充分混合，再分別加入 1.5% 與 0.5%(w/w) 在玉米砂中培育 21 日的 *F. oxysporum*, *F. solani*, *Trichoderma* sp. 及 *Aspergillus* sp.（由堆肥中分離）等四種腐生菌，與病土均勻混合，裝入內徑八公分的花盆內，每盆種植西瓜種子六粒，於第十日起每隔二日記錄發病率，每處理各有三重覆。三週後結果如圖一。由圖一可知 *F. oxysporum*, *F. solani* 及 *Trichoderma* sp. 三種眞菌具有 30 %以上的防病效力。*Aspergillus* sp. 非但無防病能力，甚而有助長發病之勢。

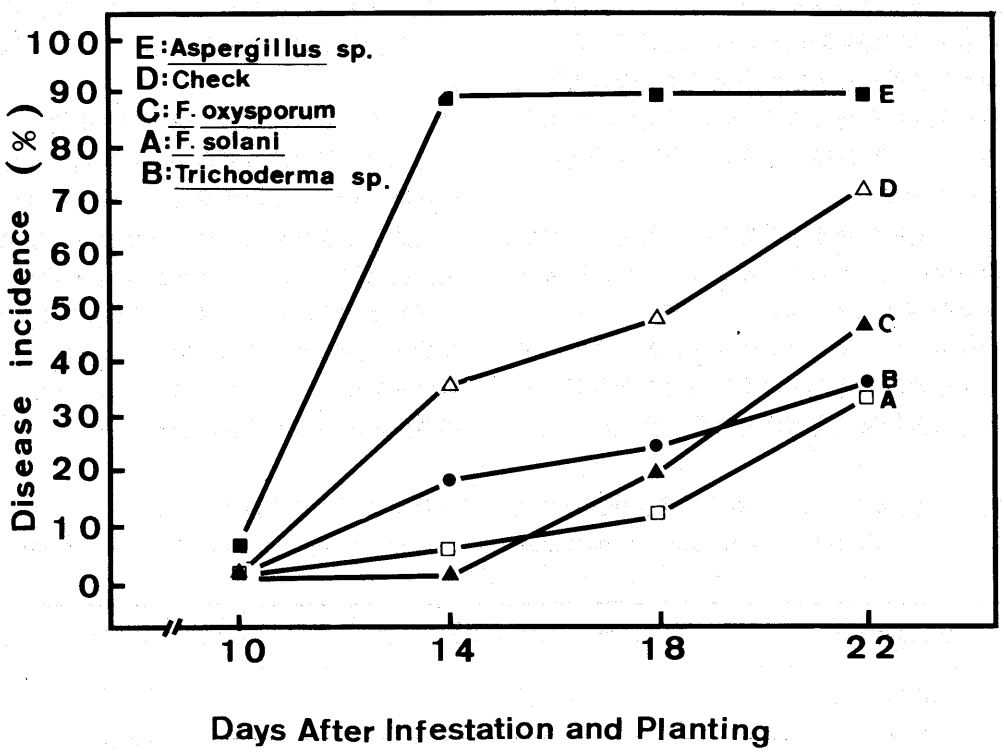
3. 根群細菌對西瓜蔓割病拮抗作用的比較——取 B-2、B-5、B-6、B-7、B-8、B-9、B-10 七種西瓜根群細菌，分別以無菌作成細菌懸浮液，以移植環沾懸浮液滴於 PDA 平

表一、不同土壤中微生物纏化西瓜幼根的出現頻率

Table 1. Colonization frequency of microorganisms on roots of watermelon seedlings in different soils

Microorganism	Frequency of Appearance[1)]							
	溪湖 Hsihu	烏日 Wujih	中興嶺 Chung hsingling	燕巢 Yenchao	中興大學 Chung Hsing univerity	名間 Ming-chien	臺中(A) Taichung (A)	臺中(B) Taichung (B)
F. oxysporum	+	−	++	−	+	−	−	−
F. oxysporum (Sclerotia type)	−	++	−	−	−	−	−	−
F. roseum	−	−	++	+	+	−	−	−
F. solani	+	++	−	+++	+++	−	+	−
Trichoderma sp.	+	−	−	−	+	+++	−	++
Bacterium (B_1)	−	−	−	+	++	+	−	−
Bacterium (B_2)	++	−	−	−	−	−	−	−
Bacterium (B_3)	−	−	−	−	−	−	+	−
Bacterium (B_4)	++	−	−	−	−	−	−	−
Bacterium (B_5)	++	−	−	+	−	−	−	+
Bacterium (B_6)	−	+	++	++	−	+++	−	++
Bacterium (B_7)	+	−	−	−	−	−	−	−
Bacterium (B_8)	+++	+	++	−	−	+	+	+
Bacterium (B_9)	−	++	++	−	−	+	−	+++
Bacterium (B_{10})	−	−	−	−	−	−	+++	+

1) −=none, +=less frequent, ++=moderate frequent, +++=most frequent



圖一、利用腐生眞菌防治西瓜蔓割病之效益

Fig. 1. Effect of soil amended with saprophytic fungi to control watermelon fusarial wilt in greenhouse.

板周緣四角，另以西瓜蔓割病菌菌塊接於平板中央，每處理四重覆於 24°C 定溫箱內培養一星期後，觀察有無拮抗作用的抑制圈產生，並測量抑制圈之大小。

由試驗得知 B-2、B-7 兩菌株具有拮抗作用，B-2 之抑制圈平均爲 5.9 mm，而 B-5 及B-8 的生長反被西瓜蔓割病菌菌絲所限制。B-6 及 B-10 微有拮抗作用，且可造成病菌菌落周緣的菌絲分解。B-9 細菌生長快速，可圍困病菌之菌絲。

4. 拮抗細菌對西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽之影響——取 B-2、B-7 及 B-9 三種拮抗細菌以 0.5% glucose+0.5% asparagine 營養液調製成細菌懸浮液 (1×10^9 cfu/ml)，各取 2.5 ml 滴入含10克的病土中，另以不加拮抗細菌的營養液加入病土中作爲對照組，在24 °C 培育 16 小時後，各取 0.5 克的處理土與未處理土，以棉藍染色，在顯微鏡下檢查厚膜胞子的發芽率及發芽管瓦解率。

由表二 得知 B-2 處理組的厚膜胞子發芽率與對照組間無明顯差異，而 B-7 及 B-9 處理者，厚膜胞子發芽率分別減少14%與27%。而 B-2 與 B-7 尙可使厚膜胞子的發芽管大量瓦解。顯然 B-7 細菌除可抑制厚膜胞子發芽外，尙具有瓦解發芽管之功能，故 B-7 是爲優良的拮抗細菌。

非生物因子的利用

1. 有機質對西瓜蔓割病發生之影響

(1)有機質對西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽的影響——將粉狀的堆肥、大豆莖葉、田菁莖葉、水苔、青萍、龍眼種子，按 1% (w/w) 比例分別與病土混合，加適當無菌水調濕，放入小培養皿（內徑 6 cm）中，七天後鏡檢各土中厚膜胞子發芽率和發芽管瓦解率，結果如表

三。水苔、堆肥、龍眼種子及田菁處理者之厚膜胞子發芽率與對照組無顯著差異、青萍及大豆處理者可顯著降低厚膜胞子的發芽，水苔、龍眼及青萍處理者之厚膜胞子發芽管有大量瓦解現象，由此可知水苔、青萍及龍眼添加物對西瓜蔓割病菌厚膜胞子之發芽與發芽管瓦解各有優良效果。

⑵有機質防治西瓜蔓割病之效果——取臺中（A）土（導病土）加 1%（w/w）病菌土，完全混合，分別加入 0.5%和 1%（w/w）大豆渣、青萍粉、水苔粉、田菁粉、堆肥或龍眼種子粉等有機質，以不加有機質者爲對照，將各處理維持適當濕度七日後，播種西瓜種子，10天後每日記錄發病情形，每處理三重覆。結果（如表四）得知只有水苔（婆髮藻）添加物可降低西瓜蔓割病的發病率，且達 5 %顯著水準。

2. 礦物元素對西瓜蔓割病發生之影響

利用砂耕法培育西瓜，每日早晚二次澆灌營養液 50 ml，爲避免鹽害，一天營養液與一天去離子水交替灌溉，結果（如表五）發現一週後西瓜開始發病，二週後缺磷者有45%，缺鈣者有 50%發病，對照組（NPK）只有 25%發病。由此可知當西瓜苗缺 Ca 及P時，有提早發病的傾向，而缺氮者可延緩發病，但三週後各處理間發病率差異不明顯。

表二、拮抗細菌對於土中西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽及發芽管瓦解的影響

Table 2. Effect of antagonistc bacteria on chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in the soil

Antagonist	Germination (%)	Germ tube lysis (%)
Check	55 A[1)]	12 B
B-2	52 A	24 A
B-7	41 B	28 A
B-9	28 C	7 C

1) Data followed by the same letter in each column are not significantly different at P=0.05 according to Duncan's multiple range test.

表三、有機質對於西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽之影響

Table 3. Effect of organic amendments on germination and germ tube lysis of chlamydospores of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*

Soil amendment	Germination (%)	Germ tube lysis (%)
Organic manure 堆肥	60 A[1)]	9 C[1)]
Longan seed meal 龍眼種子粉	56 A	21 AB
Sesbania 田菁	56 A	13 C
Duckweed 水苔	55 A	29 A
Check 對照不處理	53 A	9 C
Green duckweed 青萍	40 B	18 B
Soybean meal 大豆	29 C	9 C

1) Data followed by the same letter in each column are not significantly different at P=0.05 according to Duncan's multiple range test.

表四、添加各種有機質防治西瓜蔓割病的效果

Table 4. Effect of organic amendments on controlling watermelon Fusarial wilt in the greenhouse

Soil amendment	Disease incidence (%)					
	0.5% amended			1.0% amended		
	14[1]	17	20	14[1]	17	20
Sesbania 田菁	64.3	78.6	85.7	80.0	100.0	100.0 A[2]
Longan seed meal 龍眼種子粉	63.6	72.7	90.9	36.4	81.8	81.8 B
Soybean meal 大豆	54.5	63.6	72.7	50.0	64.3	78.6 B
Organic manure 堆肥	57.1	78.8	92.8	16.7	38.9	77.8 B
Green duckweed 青萍粉	35.7	50.0	71.4	0	13.3	66.7 B
Check 對照不處理	21.4	35.7	57.1	21.4	35.7	57.1 B
Duckweed 水苔粉	33.3	40.0	60.0	0	7.1	21.4 C

1) Days after planting.
2) Data followed by the same letter in each column are not significantly different at P=0.05 according to Duncan's multiple range test.

表五、元素缺乏對西瓜蔓割病之影響（温室栽培）

Table 5. Effect of element deficiency on watermelon wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in greenhouse

Treatment	Watemelon Fusarium wilt (%)		
	8 days	14 days	20 days
NPK	0 B[1]	25 B[1]	87 A[1]
−N	0 B	0 C	75 B
−P	11 A	45 A	75 B
−K	0 B	13 BC	80 AB
−Ca	12 A	50 A	80 AB
−Mg	0 B	12 BC	62 C
−Fe	0 B	25 B	75 B

1) Data follwed by the same letter in each column are not significantly different at P=0.05 according to Duncan's multiple range test.

3. 不同鈣鹽及磷鹽與土壤酸碱度對西瓜蔓割病菌的影響

(1)鈣鹽對西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽之影響——將含 500 ppm 鈣離子的鈣化物 $CaCl_2$、CaO、$Ca(OH)_2$、$Ca(NO_3)_2$、$4H_2O$、$CaCO_3$ 及 $CaSO_4$ 分別添加於病土中，混合均勻，另以等量去離水處理病土作爲對照。各取 10 克土壤，加入 2.5ml 營養液 (0.5% glucose+0.5% asparagine)，在 24°C 培育 16 小時，取 0.5 克土壤以棉藍染色，鏡檢土中厚膜胞子發芽率及發芽管瓦解率。結果(表六)得知各鈣化物處理之土壤中厚膜胞子發芽管瓦解率均較對照組爲高，而 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$、$Ca(OH)_2$、$CaCO_3$、$CaSO_4$ 抑制厚膜胞子發芽率較強。

(2)磷化物對西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽之影響——取含磷離子 500 ppm 之 $NH_4H_2PO_4$

、K_2HPO_4、KH_2PO_4、Na_2HPO_4與NaH_2PO_4等磷鹽加入病土中均勻混合後，接㈢—⑴之方法，鏡檢各土中厚膜胞子發芽率及發芽瓦解率。結果（表七）得知除 $NH_4H_2PO_4$ 外，其他磷鹽均有抑制胞子發芽效果，尤以 $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ 之抑制效力爲強。各種磷鹽也促進胞子發芽管之瓦解。

⑶土壤酸鹼度對西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽之影響——以 1N HCl 及 IN NaOH 調節病土，使其 pH 值爲 4.5、5.5、6.5、7.5、8.5 五等級，待其穩定後，各取 10 克放入小培養皿（內徑 6 cm）內，加入 2.5 ml 營養液（0.5% glucose+0.5% asparagine），在 24°C 培育 16 小時後取 0.5 克土樣以棉藍染色，鏡檢厚膜胞子發芽率及發率管瓦解率。結果（表八）顯示碱性土壤能抑制胞子之發芽率。

⑷土壤酸碱度對西瓜蔓割病發生的影響——以 1N HCl 和 1N NaOH 溶液處理臺中（A）土壤（導病土），使土壤酸碱值介於 5～6 和 7～8 間，待其穩定後，分別加入 1 %病菌土充分混合，各處理三重覆，於花盆內栽種西瓜種子，10天後每 5 天記錄發病情形一次。結果（圖二）得知西瓜蔓割病在碱性土的發病率較酸性土低20%左右，顯示碱性土不適於西

表六、鈣化合物對於土中西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽的影響

Table 6. Effect of calcium compounds on chlamydospore germination and germ tube lysis of *F. oxysporum* f. sp. *niveum* in the soil

Calcium compound	Germination (%)	Germ tube lysis (%)
Check	95 A[1)]	4 C[1)]
$CaCl_2$	80 A	24 A
CaO	70 A	22 A
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	49 BC	13 B
$Ca(OH)_2$	44 BC	23 A
$CaCO_3$	32 C	13 B
$CaSO_4$	31 C	14 AB

1) Data followed by the same letter in each column are not significantly different at P=0.05 according to Duncan's multiple range test.

表七、磷化合物對於土中西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽的影響

Table 7. Effect of phosphate compounds on chlamydospore germination and germ tube lysis of *F. oxysporum* f. sp. *niveum* in the soil

Phosphate compound	Germination (%)	Germ tube lysis (%)
Check	95 A[1)]	4 C[1)]
$NH_4H_2PO_4$	75 A	10 B
K_2HPO_4	72 B	39 A
KH_2PO_4	66 B	18 B
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	58 B	12 B
$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	27 C	21 B

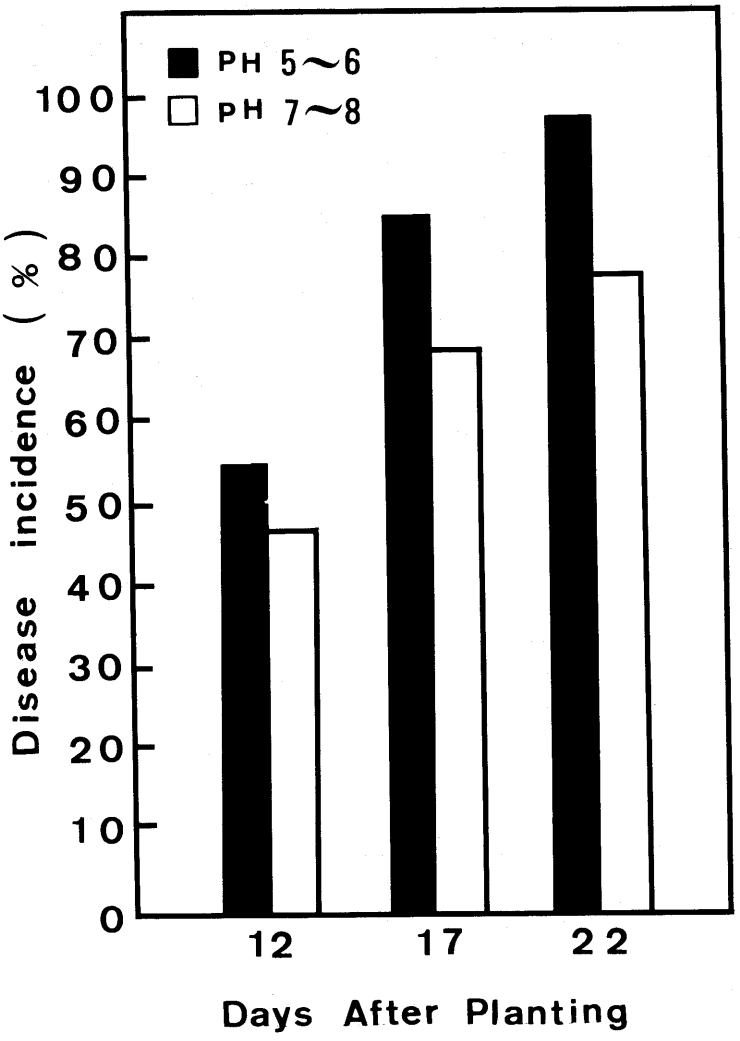
1) Data followed by the same letter in each column are not significantly different at P=0.05 according to Duncan's multiple range tent.

表八、土壤酸鹼度對於西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽的影響

Table 8. Effect of soil pHs on chlamydospore germination and germ tube lysis of *F. oxysporum* f. sp. *niveum* in infested soil

pH value	Germination (%)	Germ tube lysis (%)
4.5	47 A[1)]	9 A[1)]
5.5	48 A	2 B
6.5	46 A	8 A
7.5	26 B	8 A
8.5	10 C	2 B

1) Data followed by the same letter in each column are not significantly different at P=0.05 according to Duncan's multiple range test.

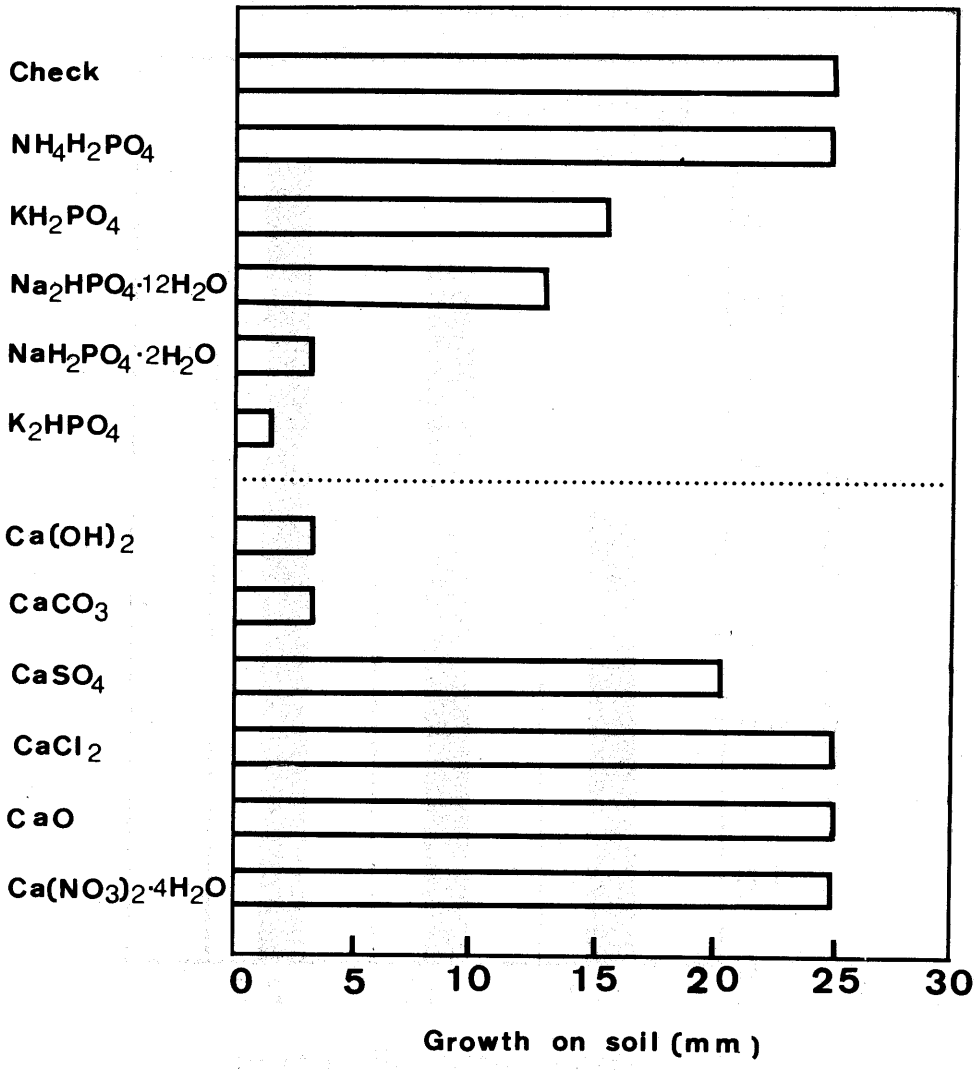


圖二、土壤酸鹼度對於西瓜蔓割病發生的影響

Fig. 2. Effect of soil pH on incidence of Fusarium wilt of watermelon.

瓜蔓割病的發生。

⑸鈣化物和磷鹽對西瓜蔓割病菌在土壤表面生長的影響——將臺中導病土晾乾後，以 40 mesh 網篩篩過，分別添加 5000 ppm 鈣化物和 500 ppm 磷鹽，另以不處理者爲對照，每種處理取土樣 30 克置於培養皿（內徑 8.5 cm）內，並加 10 ml 蒸餾水均勻攪拌，並抹成平板，隨後蓋上皿蓋維持 7 天，然後打開皿蓋使土壤表面晾乾，以便菌絲生長。將在 PDA 平板上生長 5 天的 FnC-0801 以口徑 0.5 cm 的打孔器切取菌落周緣菌塊，移植於土壤平板中央，並注入 10 ml 的營養液（0.5% glucose + 0.5% asparegine）於土壤平板表面，再蓋上皿蓋，於 24°C 培育 10 天，再以打孔器由原菌絲塊周緣順序往外圍逢機切取土塊，排置於選擇性 PCNB 培養基平板上[4]，以偵測 FnC-0801 的菌絲生長情形。結果（圖三）得知磷鹽 K_2HPO_4 及 $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ 與鈣化物 $Ca(OH)_2$ 及 $CaCO_3$ 等處理之土壤，能抑制西瓜蔓割病菌之生長。



圖三、導病土中添加磷和鈣化合物對於西瓜蔓割病菌生長的影響

Fig. 3. Mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *niveum* on conducive soil amended with phosphate and calcium compounds.

西瓜蔓割病的綜合防治

由上述各項試驗中，選取對抑制西瓜蔓割病最理想之生物性及非生物性各項因子，設計下列綜合性的防治試驗：

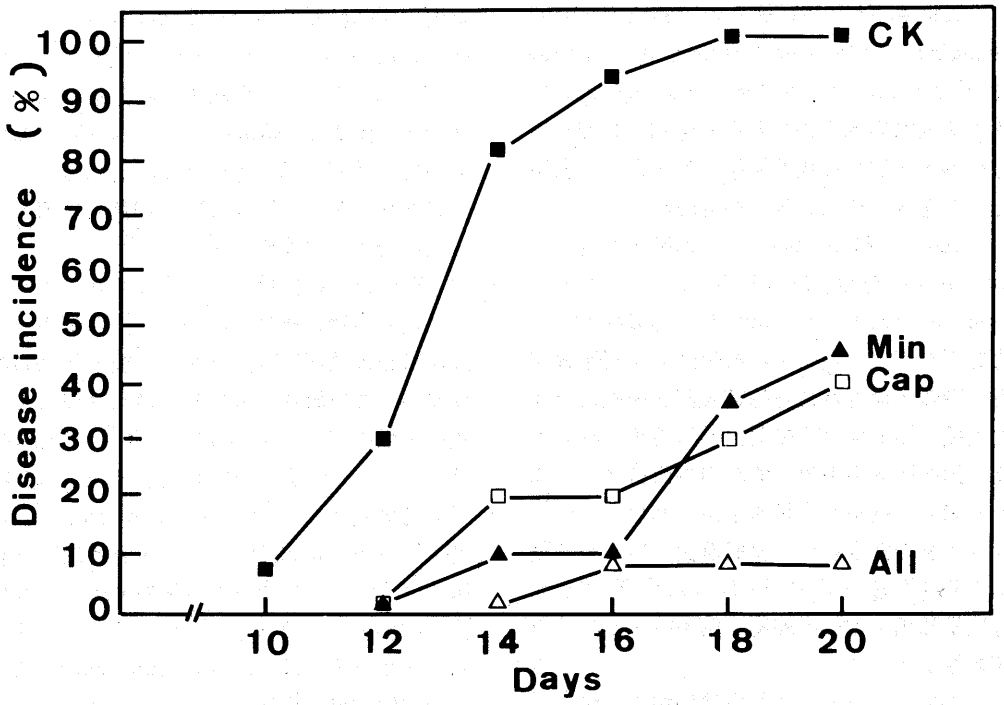
1. 以 2%（w/w）培養在玉米砂中的腐生菌 *Trichoderma* sp., *Fusarium oxysporum*, *F. solani*+1% 水苔粉+1.5% $CaCO_3$+0.5% K_2HPO_4 均勻混合，添加於含 1%病菌的臺中（A）（導病土）土壤中。

2. 以 2%(w/w) 培養在玉米砂中的 *Trichoderma* sp., *F. solani* 及 *F. oxysporum*+1%水苔粉均勻混合，添加於含 1%病菌的臺中（A）土中（導病土）。

3. 以 1% 水苔粉+1.5% $CaCO_3$+0.5% K_2HPO_4 均勻混合，添加於含 1%病菌的臺中（A）土中（導病土）。

4. 以 1%病菌土均勻混合入臺中（A）土中，作爲對照。各處理三重覆，七日後分別播種西瓜種子，觀察西瓜蔓割病的發生率。

結果如圖四，得知水苔粉加 $CaCO_3$ 與 K_2HPO_4 再配合三種微生物的防治效果最好，具有92%的防治病害效力。缺少三種微生物者僅有64%的防病效力。缺少 $CaCO_3$ 及 K_2HPO_4 者，可獲得70%的防病效果。



圖四、溫室中西瓜蔓割病的綜合防治

Fig. 4. Integrated control of watermelon Fusarium wilt in greenhouse.
All: Corn meal sand contains saprophytic fungi + $CaCO_3$ + K_2HPO_4
Min: Duckweed + $CaCO_3$ + K_2HPO_4
Cap: Corn meal sand contains saprophytic fungi + duckweed

討　　論

以砂耕法培育西瓜，得知鈣、磷、鉀三種元素在西瓜蔓割病的病勢發展上扮演著重要角色。早期利用鈣來防治病害的研究報告頗多[12,13,20,21,40]。缺鈣時植物不易形成不溶性的果膠鹽，因此容易遭病原菌的攻擊[13]。若於水耕栽培中停止鈣的供應，植物的根尖極易停止生長甚至死亡[30]，顯然缺鈣可使西瓜加速蔓割病的發生。

磷係植物細胞膜的成分之一，若植株缺磷時，其生長點鄰近細胞分裂大減，且影響細胞膜的透析性與核酸及蛋白質的合成[30]。謝氏[6]發現磷可減少西瓜蔓割病菌厚膜胞子的發芽，且促使發芽管瓦解。Pearson[33]認爲磷與鈣的利用有相關性。這些事實似可說明缺磷可促使西瓜蔓割病的發生率增加。

鉀具有調節水分，控制氣孔開閉與轉移醣分等三項功能。植物缺鉀時，常使低分子的醣或胺基酸累積[30]。Walker 與 Hooker[37,38]及 Walker 與 Foster[36] 認爲缺鉀可促進病害的嚴重度，顯然，砂耕液缺鉀時，似有促進西瓜蔓割病發生的趨勢。

Kao 和 Ko[23,24]研究夏威夷牧地 *Pythium splendens* 的抑病土壤及 Huang 和 Sun[18]研究 *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* 抑病土壤的抑病本質在於非專一性的生物因子與非生物因子綜合表現的結果。是故作者亦利用此綜合性因子於西瓜蔓割病的防治。

Ogawa 和 Komada [32] 以腐生性的 *F. oxysporum* 防治甘藷蔓割病 (*F. oxysporum* f. sp. *batatas*)，此腐生性 *F. oxysporum* 乃由健康甘藷莖內獲得，具有較強的交互保護作用。顯然，欲得纏化強的腐生菌必須取自植物的根圈。Lindsey[28]證明根系如爲非病原菌盤據，則病原菌爲害根系的能力與機會將大爲降低。如果土壤中有大量腐生菌，其生長繁殖將耗去土壤中鉅量養分，使病原菌之胞子不能發芽或發芽管易於瓦解[15]。Kirmani 等[25]研究甘藍根圈相，證明根圈腐生菌多時，寄生菌也相對減少。

Alabouvette 等[8] 發現抑病土中腐生的 *F. oxysporum* 及 *F. solani* 數量高於導病土。黃與孫氏[5]分析抑病土與導病土中的微生物相，得知抑病土中的 *Fusarium* spp. 爲導病土中的 6-12.5 倍，其他眞菌如 *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. 及細菌、放射菌在抑病土中均比導病土中複雜且多。

Alabouvette 等[9] 利用無病原性的 *F. oxysporum* 及 *F. solani* 可有效地防治番茄萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*), Morois 等[31] 利用抗生性的 *Trichoderma harzianum* 處理植穴，能有效地防治番茄冠腐病 (*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*)，Kraft 與 Papavizas[27] 以 metalaxyl (Ridomil) 加拮抗菌 *T. harzianum*, *T. viride* 之胞子懸浮液拌種豌豆種子，可成功地防治豌豆根腐病 (*F. solani* f. sp. *pisi* 及 *Pythium ultimum*。筆者利用腐生菌 *F. oxysporum*, *F. solani* 及拮抗菌 *Trichoderma* sp. 也可防治西瓜蔓割病。

通常土壤細菌對病原菌之抑制在於競爭或產生抗生素以表現其拮抗作用，Kommedahl 和 Chang[26]由田土中分離的 *Bacillus subtilis* 及 *Chaetomium globosum* 作玉米種子粉衣，可增加成活株數並減少莖腐病 (*F. roseum* f. sp. *cerealis* 'Graminearum') 的發生。杜氏等[35]民國 64 年自彰化濁水土中分離得 *Clostridium* sp. 及 *Bacillus* sp.，盆栽試驗可以防治亞麻立枯病 (*F. oxysporum* f. sp. *lini*)。作者在本研究中也發現 B-7 細菌可顯著抑制西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽。

苗張氏[1]指出欲建立外來或原存於土壤中之拮抗微生物之族群，必須改變土壤環境，以誘使新介入的或原存的拮抗微生物易於重新建立族群，加有機質或改變管理將可改變微生自然平衡現象[3,10,11]。Sanford [34], Weinhold 及 Bowman[39] 發現添加綠肥於田土中可減輕馬鈴薯瘡痂病 (*Streptomyces scabies*) 的爲害，Kannaiyun 和 Prasad[22]研究香瓜蔓割病菌的腐生行爲，發現添加有機質於土中，其纖維有利於某些土壤微生物的增殖，而削弱病原菌的腐生能力。Huber 和 Anderson[19] 認爲添加有機質可強化病原菌的腐生生長優於其寄生行爲。莊氏[2]發現添加甘藍下位葉的殘渣於土中，具有減低蘿蔔黃葉病 (*F. oxysporum* f. sp. *raphani*) 的發生及降低病原菌存活的功效。作者在本研究中發現水苔粉有良好的防病效果，並使西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽管大量瓦解。分離水苔處理過的土壤，可得大量放射菌，顯然，水苔粉使 *Fusurium* 菌絲解離，可能與水苔誘出之微生物有關。

黃氏等[18] 分析抑病土與導病土的理化特性，發現抑病土中的Ca^{2+}、P^{5+}、m_g^{2+}、m_n^{2+}

及 Na^+ 之含量均比導病土高，在本研究中，於導病土中添加 5000 ppm $Ca^{2+}(CaCl_2)$，可增加導病土之抑菌作用（表六），加 500 ppm 之 K_2HPO_4 也有若干效果（表七）。Kao 和 Ko[23,24] 證明 Ca^{++} 與微生物是抑制 *Pythium splendens* 的主要因子。Pearson[33] 等認爲 Ca^{2+} 和 P^{5+} 的利用有相關性。本研究中也證明$Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, K_2HPO_4 及 $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ 在土中具有抑制西瓜蔓割病菌生長的作用（圖四）。

Huang 等[18]研究指出土壤酸碱度與抑病土之抑菌效應有關，如將抑病土維持在 pH 6.9-8.3 間，呈現明顯之抑菌效果，如將其土壤 pH 調爲 6.6 以下，可減弱抑菌效果 20～25%。本試驗亦證明土壤酸碱度在 7—8.5 時對西瓜蔓割病菌厚膜胞子發芽有抑制作用（表八），且於温室內可減低西瓜蔓割病發生約20%左右（圖二）。

綜合本研究結果，得知水苔粉及鈣化物可抑制西瓜蔓割病菌之厚膜胞子發芽及發芽管瓦解並減少病害之發生，但若將添加物及拮抗微生物配合使用，其防治病害效力更可加強（圖四）。

謝　　辭

本研究爲農業委員會重點計畫——土壤系統性作物病害與根部病害之研究（75農建-7.1-糧-89(1) 之一，謹此致謝。

引 用 文 獻

1. 苗張一屏。1975。土壤微生物的拮抗作用。植保會刊 17:173-186。
2. 莊慶芳。1984。蘿蔔黃葉病綜合防治之研究。國立中興大學植物病理學系學士論文。30pp.
3. 張和喜。1974。植物病害的生物防治。科學發展月刊 2:18-22。
4. 黃振文。1978。西瓜蔓割病菌的生物學及其防治試驗。國立中興大學植物病理研究所碩士論文。111pp.
5. 黃振文、孫守恭。1984。西瓜蔓割病的抑病土與導病土。植保會刊 26:305-313。
6. 謝廷芳。1986。利用拮抗微生物及土壤添加物防治西瓜蔓割病之研究。中興大學植物病理系學士論文。41pp.
7. 戶苅　義次等。1962。續作物實驗法、農業技術協會。東京。540pp.
8. Alabouvette, C., Rouxel, F., and Louvet, I. 1979. Characteristics of *Fusarium* wilt-suppressive soil and prospects for their utilization in biological control. Pages 165-182, *in*: Soil-Borne Plant Diseases. B. Schippers, and W. Gams, eds. Academic Press, London, 686pp.
9. Alabouvette, C., Couteaudier, Y., and Louvet, J. 1983. Soils suppressive to Fusarium wilt: Mechanisms and management of suppressiveness. pages 101-106, *in*: C. A. Parker, *et al.* eds. Ecology and Management of Soil-Borne Plant Pathogens. American Phytopathological Society, St. paul, Minnesota. 358pp.
10. Baker, K. F., and Cook, R. J. 1974. Biological Control of Plant Pathogens. W. H. Freeman, and Co., San Francisco. 433pp.
11. Baker, R. 1968. Mechanism of biological control of soil-borne pathogens. Annu. Rev. of Phytopathology 6:263-294.
12. Cook, R. J., and Baker, K. F. 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. Am. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minnesota, 539pp.
13. Corden, M. E. 1965. Influence of calcium nutrition on Fusarium wilt of tomato and polygalacturonase activity. Phytopathology 55:224-226.
14. Edgington, L. V., and Walker, J. C. 1958. Influence of calcium and boron nutrition on development of Fusarium

wilt of tomato. Phytopathology 48: 324-326.

15. Finstein, M. S., and Alexander, M. 1962. Competition for carbon and nitrogen between *Fusarium* and bacteria. Soil Sci 94:334-339.
16. Hine, R. B. 1962. Saprophytic growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in soil. Phytopathology 52:840-844.
17. Huang, J. W., Sun, S. K., and Ko, W. H. 1983. A medium for chlamydospore formation in *Fusarium*. Ann. Phytopath. Soc. Japan 49:704-708.
18. Huang, J. W., Sun, S. K., and Ko, W. H. 1988. Characteristics of inhibition of a Taiwanese soil suppressive to *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*. J. Phytopathology 123:165-173.
19. Huber, D. M., and Anderson, G. R. 1976. Effect of organic residues on snowmold of winter wheat. Phytopathology 66:1028-1032.
20. Jones, J. P., and Woltz, S. S. 1969. Fusarium wilt (Race 2) of tomato: calcium, pH, and micronutrient effects on disease development. Plant Dis. Reptr. 53:276-279.
21. Jones, J. P., and Woltz, S. S. 1970. Fusarium wilt of tomato: Interaction of soil liming and micronutrient amendments on disease development. Phytopathology 60:812-813.
22. Kannaiyan, S., and Prasad, N. N. 1975. Effect of certain amendments on the saprophytic activity of muskmelon wilt pathogen in soil. Indian Phytopathol. 28:385-386.
23. Kao, C. W., and Ko, W. H. 1983. Nature of suppression of *Pythium splendens* in pasture soil in South Kohala, Hawaii. Phytopathology 73: 1284-1289.
24. Kao, C. W., and Ko, W. H. 1986. Suppression of *Pythium splendens* in a Hawaiian soil by calcium and microorganisms. Phytopathology 76: 215-220.
25. Kirmani, M. R., and Alam, M. M. 1975. Influence of different C/N ratios on the population of fungi in the rhizosphere of cabbage. Indian Phytopathol. 28:372-375.
26. Kommedahl, T., and Mew Chang, I. P. 1975. Biocontrol of corn root infection in the field by seed treatment with antagonists. Phytopathology 65:296-300.
27. Kraft, J. M., and Papavizas, G. C. 1983. Use of host resistance, *Trichoderma*, and fungicides to control soilborne diseases and increase seed yield of peas. Plant Disease 67:1234-1237.
28. Lindsey, D. L. 1965. Ecology of plant pathogens in soil. III. Competition between soil fungi. Phytopathology 55:104-110.
29. Marshall, K. C., and Alexander, M. 1960. Competition between soil bacteria and *Fusarium*. Plant and Soil. 12:143-153.
30. Mengel, K., and Kirkby, E. A. 1982. Principle of Plant Nutrient. 3nd. Ed. International Potash Institute Publisher. 655pp.
31. Morois, J. J., Mitchell, D. J., and Sonoda, R. M. 1981. Biological control of *Fusarium* crown rot of tomato under field conditions. Phytopathology 71:1257-1260.
32. Ogawa, K., and Komada, H. 1984. Biological control of Fusarium wilt of sweet potato by nonpathogenic *Fusarium oxysporum*. Ann. Phytopathol.

Soc. Japan 50:1-97.
33. Pearson, R. W., and Adams, F. 1967. Soil acidity and Liming. American Society of Agronomy, Publisher, Madison, Wisconsin.
34. Sanford, G. B. 1926. Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. Phytopathology 26: 525-547.
35. Tu, C. C., Cheng, Y. H., and Chen, M. 1975. Flax Fusarium wilt-suppressive soil in Taiwan. Plant Prot. Bull. (Taiwan) 17:390-399.
36. Walker, J. C., and Foster, R. F. 1946. Plant nutrition in relation to disease development. III. Fusarium wilt of tomato. Amer. J. Bot. 33:259-264.
37. Walker, J. C., and Hooker, W. J. 1945. Plant nutrition in relation to disease development. I. Cabbage yellows. Amer. J. Bot. 32:314-320.
38. Walker, J. C., and Hooker, W. J. 1945. Plant nutrition in relation to disease development. II. Cabbage clubroot. Amer. J. Bot. 32:487-490.
39. Weinhold, A. R., and Bownan, T. 1968. Selective inhibition of the potato scab pathogen by antagonistic bacteria and substrate influence on antibiotic production. Plant Soil 28: 12-24.
40. Woltz, S. S., and Engelhard, A. W. 1973. Fusarium wilt of chrysanthemum: Effect of nitrogen source and lime on disease development. Phytopathology 63:155-157.

Characteristics of Suppressive Soil and Its Application to Watermelon Fusarium Wilt Disease Management

Jenn-Wen Huang, Shou-Kung Sun and Tyng-Fang Hsieh

Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.

(Accepted for publication:February 20, 1989)

ABSTRACT

Huang, J. W., Sun, S. K., and Hsieh, T. F. 1989. **Characteristics of suppressive soil and its application to watermelon Fusarium wilt disease management.** Plant Prot. Bull. 31 : 104—118.

Five saprophytic isolates of fungi and ten isolates of bacteria were obtained from the root of watermelon that were planted in eight kinds of soil collected from different localities in Taiwan. Among five isolates of fungi, *Fusarium*

oxysporum, *Fusarium solani* and *Trichoderma* sp. were effective to suppress watermelon wilt caused by *F. oxysporum* f. sp. *niveum*. In ten isolates of bacteria, B-2 and B-7 could inhibit the growth of watermelon wilt pathogen, and B-9 could rapidly colonize the hyphae of the pathogen. When the bacterial antagonists were mixed with pathogen-infested soil, both B-7 and B-9 could inhibit 14% and 27% of chlamydospore germination, respectively, and isolates of B-2 and B-7 could cause germ tube lysis of the watermelon wilt pathogen. Studies on the effect of mineral elements on watermelon fusarium wilt indicated that calcium, phosphate and potassium-deficiencies could induce more incidence of watermelon fusarium wilt disease. Among soil amendments with 1% (w/w) organic manure, longan seed powder, sesbania, duckweed, green duckweed, and soybean meal, only duckweed, green duckweed and longan seed powder could promote germ tube lysis. Moreover, duckweed could reduce about 36% watermelon fusarium wilt in greenhouse. Sesbania had the tendency to promote disease incidence. Calcium compounds and phosphate salts such as $Ca(OH)_2$, $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, $CaCO_3$, $CaSO_4$, K_2HPO_4, and $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ were strongly inhibitory to chlamydospore germination and promoted lysis of germ tubes. Mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *niveum* in conducive soil was inhibited by $Ca(OH)_2$, K_2HPO_4 and $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$. Greenhouse experiment showed that alkali soil was inhibitory to watermelon wilt. Mixture of 2% (w/w) corn meal sand culture of *F. oxysporum*, *F. solani* and *Trichoderma* sp., 1% (w/w) duckweed powder, 1.5% (w/w) $CaCO_3$ and 0.5% (w/w) K_2HPO_4 showed excellent effectvieness for integrated control of watermelon Fusarium wilt.

(Key words: Watermelon Fusarium wilt, duckweed (*Ulothrix* sp.), antagonistic fungi, antagonistic bacteria, calcium compounds, phosphate salt)