

臺灣木瓜疫病之研究¹

黃東煌 陳大武 呂理藻²

(接受日期 民國 65 年 7 月 30 日)

摘要：自臺灣木瓜之果腐及根腐疫病所分離菌株，經比較其生長溫度範圍、孢囊形態及寄主範圍之結果，認為兩者應屬同一種疫菌，其學名應為 *Phytophthora palmivora* Butler，而非原記載 *P. parasitica* 引起果腐及 *P. sp* 引起根腐疫病。

木瓜疫病菌易於木瓜罹病果實表面上形成大量之孢囊，而於果實種子腔中形成厚壁之厚膜孢子，若任其落地腐爛，則可增加病原，並延長其在土中生存之時間。人工接種 13 種雜草之結果，本菌可寄生於節節花、亨利馬唐、短穎馬唐及白花霍香薊之根部，但不引起植株之死亡。

洋菜菌塊浸藥再以茄子果實誘釣結果得知，8 種有效殺菌劑，藥效強弱依序為大生 A-40 > 果實丹 > “倍果挪” > 大富丹 > “克波”，保利農 M = 大生 Z-78 > 愛樂生。含菌土壤浸藥則為果實丹 = 大生 A-40 = 愛樂生 > 大生 Z-78 = “倍果挪” > 大富丹 = 保利農 M > “克波”。該 8 種藥劑再以病組織浸藥結果下列 4 種藥效較大，依序為果實丹 > 大生 A = 40 > 愛樂生 > 保利農 M。無機銅劑之“倍果挪”及“克波”則無效。

田間以果實丹及大生 M-45 噴藥結果，2 者皆有顯著防病效果，而以果實丹較優。

1924 年 Gadd 氏⁽⁴⁵⁾ 在 Ceylon 曾報告 *Phytophthora faberi* 可引起木瓜疫病，但該菌於 1929 年由 Ashby 氏⁽¹⁰⁾ 認定應為 *P. palmivora*。1941 及 1942 年 Parris 氏研究夏威夷木瓜之疫病，把該病病菌定為 *P. parasitica* Dast^(31,32)，而後一直沿用此名。至 1969 年 Tokunaga 氏研究本菌之微細構造，把其學名更改為 *P. palmivora*⁽³³⁾。由於本菌能在土中生存長時間，故在耕地有限而缺乏“處女地”之夏威夷，造成木瓜生產之一大問題，因此有關之研究頗多^(6-9,15,15-29,31-33)。

臺灣木瓜疫病病菌，依農業要覽⁽⁴⁾ 及臺灣植物病害名彙⁽⁵⁾，將果腐病及根腐病病菌分別記錄為 *P. parasitica* 及 *P. sp.*。此係沿用早期夏威夷木瓜疫病菌之學名而來。本文乃研究本菌是否為 *P. palmivora* 及有關之一些特性，以供防治本病之參攷。

材料與方法

菌源：自市場購回發病之木瓜果實，取其腐爛組織接入茄子果實內，置入塑膠袋。1 日後茄果組織受侵害變褐色，挑取病斑邊緣之皮下組織，移植於 PDA (馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基) 上，先後共得 20 菌株，編號 P₁~P₂₀，其中 P₁₅ 菌株生長最速，產孢囊最多。另自佳里及後壁鄉木瓜根腐病病株各分得 3 菌株 Par₁~Par₃ 及 Par₄ 1 菌株。本文試驗多用 P₁₅ 及 Par₃ 兩菌株。

培養基：蔬菜瓊脂培養基乃把 V-8 汁 (Campbell Soup Co. 製品) 200ml 加碳酸鈣 2g，攪拌後以 1500rpm 離心 30 分鐘，取上澄液，加蒸溜水成 1 公升，若配固體培養基，則加入 20g 洋菜⁽⁶⁾。

1. 臺灣植物保護中心植物病理組研究報告第 7 號。本文為第一作者碩士論文之部份資料。

2. 中興大學植物病理學系前研究生及教授，臺灣植物保護中心植物病理組技正。

主要鹽液為硝酸鈣 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 0.5M 10ml; 硝酸鉀 (KNO_3), 0.5M 10ml; 硫酸鎂 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 0.2M 10ml, 加去離子水稀釋至1公升。2倍鈣液時取 0.5M 硝酸鈣液 20ml^(12, 13)。

生長溫度試驗: 以 0.8 公分直徑之打孔器挖取 P_{15} 及 Par_3 菌株菌落邊緣之菌塊, 接於直徑 9 公分含 V-8 汁瓊脂培養基之平板上, 黑暗下於 12, 16, 20, 24, 28, 30, 32 及 36°C 定溫箱中培養, 每 24 小時記錄菌落直徑, 比較 2 菌株之生長溫度範圍。

病徵及發病觀察: 除觀察接種試驗者外, 多次前往田間觀察病徵及發病情形。

接種試驗: P_{15} 及 Par_3 兩菌株菌塊接種一些植物之葉片及果實。葉片置於盛 2ml 2倍鈣主要鹽液之培養皿中, 菌塊分別接種於上、下表皮, 於室溫 (24~28°C) 下, 經 4 天後記錄發病與否。果實則以傷口, 即鐮子打洞及無傷口方式接種, 接種後裝入塑膠袋中保持濕度, 同上記錄病徵之出現與否。

另以 P_{15} 及/或 Par_3 之游走子懸浮液接種木瓜葉片、果實及幼苗根部。游走子濃度用 micro-syringe 法固定後⁽²⁷⁾, 加 20 ml 於種有發芽後 1 個月大木瓜幼苗之小型塑膠袋中, 1 週後觀察其死亡與否。此外, P_{15} 之不同濃度游走子懸浮液各 30ml, 加入種植於 4 吋鉢內裝消毒過土壤之 1 個月大木瓜苗 3 株, 1 週後記錄發病與否。又將木瓜苗洗淨後把根部浸上述游走子懸浮液行水耕以資比較。至於木瓜葉片及果實乃利用 P_{15} 者吸取 1 μl 滴於葉片上、下表皮及無傷或受傷果實上。

另以 P_{15} 胞囊 $3 \times 10^4/\text{ml}$ 懸浮液 30ml, 接入生長 1 個月之 13 種雜草。雜草乃由漂白粉水消毒後在培養皿中催芽, 移植於盛消毒土壤之 10 公分直徑栽盆中。接種 2 週後小心挖取根部, 洗去泥土後經下列方法處理。1) 以 0.5% 次亞氯酸鈉液行表面消毒, 2) 以蒸餾水小心漂洗, 3) 於蒸餾水中用強度 (300W) 超音波震盪漂洗 30 秒。又接種 1 個月後, 取雜草根鬚土壤。另把消毒雜草種子於培養皿中催芽後, 幼苗根部浸於上述胞囊懸浮液 1 天, 取出後用如 3) 之超音波漂洗。處理後之材料立即接入茄子果實內, 確定病菌之存在與否。

藥劑試驗: 藥劑試驗分為室內及田間進行。室內試驗除大生 M-45 未使用外, 共用 16 種。其中文、英名及主要成份等如表一。

上述農藥用水配成 1/20000, 1/10000, 1/2000, 1/1000 及 1/500 五種濃度。洋菜菌塊則以 0.8 公分直徑之打孔器挖取 P_{15} 菌塊, 浸入藥液中 1 分鐘, 5 分鐘, 1 小時及 24 小時, 取出後以蒸溜水漂洗, 再接入茄子果實組織內, 以測農藥殺菌效果。

罹病果組織則由上述試驗選出 8 種農藥, 使用直徑 0.8 公分之罹病木瓜果組織, 浸藥 24 小時後取出, 同上測定農藥殺菌效果。

菌體在土中之耐藥試驗則以試管盛壤土 5 ml 容積量, 各管加入濃度 $3 \times 10^4/\text{ml}$ 之游走子或胞囊懸浮液, 3 天後加入農藥 1 ml, 再經 2 天, 取出土壤樣品接入茄子果實。

田間試驗選用果寶丹及大生 M-45。試驗區設在林內鄉公路旁果腐病發生嚴重木瓜園之一部份, 分為對照即不噴藥, 大生 M-45 (1000 倍), 果寶丹 (1000 及 2000 倍) 等 4 處理。每處理 3 小區, 每小區 1 行, 有 5~7 株木瓜樹, 除去未結果幼株外, 調查株數依處理次序為 17, 16, 15 及 18 株。64 年 6 月 30 日, 7 月 3 日, 7 日, 14 日及 19 日前往噴藥及調查。第 1 次噴藥前先調查發病果數, 並在果皮上做記號, 發病嚴重者採除, 輕微者則留樹上, 而於下次調查時採除再噴藥。第 1 次噴藥前原有落果則皆檢除。試驗區未與其它發病區隔離, 以 20 天內對照區所累積增加之病果數發病率為 100, 求得噴藥區之相對發病率。

表一、試驗用藥劑中英名稱、主要成份和出品及分裝公司

Table 1. Fungicides used in the experiments

中 名	英 名	主 要 成 份	出品及分裝公司
大生 A-40	Dithane A-40	disodium ethylene bisdithiocarbamate	Rhom & Haas Co. 出品 正豐公司分裝
大生 M-45	Dithane M-45	zinc ion and manganese ethylene bisdithiocarbamate 80%: Mn 16%, Zn 2%	Rhom & Haas Co. 出品
大生 Z-78	Dithane Z-78	zinc ethylene bisdithiocarbamate	同上
樂農家	Lonacol	Do. 72%	Bayer Co. 出品 興農公司分裝
保利農Z	Polyram Z	Do. 70%	BASF Co. 出品 正光公司分裝
保利農M	Polyram M	manganese ethylene bisdithiocarbamate 80%	同上
安收多	Antracol	zinc propylene bisdithiocarbamate 70%	Bayer Co. 出品 興農公司分裝
果寶丹	Kuo-Pao-Tan	n-trichloromethylmercapto-4-cyclohexene-1,2-dicarboximide 50%	民豐公司分裝
大富丹	Difolatan	cis-n-(1,1,2,2-tetrachloroethylthio)-4-cyclohexene-1,2-dicarboximide 80%	Chevron Chemical Co. 出品 臺灣日產化工公司分裝
好速殺	Orthocide	n-trichloromethylthio-4-cyclohexene-1,2-carboximide 50%	Chevron Chemical Co. 出品 大勝化工公司分裝
“倍累挪”	Perenox	cuprous oxide	Plant Protection LTD. 出品
“克波”	Cobox	copper oxychloride 60%	BASF Co. 出品
愛樂生	Arasan	tetramethylthiuramdisulfide 75%	Du Pont Co. 出品 裕台公司分裝
保利抗病	Polyram-combi	zinc polyethylene thiuramdisulfide complex 80%	BASF Co. 出品 正光公司分裝
地茂生	Demosan	1,4-dichloro-2,5-dimethoxybenzene 65%	Du Pont Co. 出品 正光公司分裝
萬力	Benlate	1-(butyl carbamoyl)-2-benzimidazole 50%	Du Pont Co. 出品
巴斯丁	Bavistin	2-(methoxy carbamoyl)-benzimidazole 50%	BASF Co. 出品

結 果

病徵及發病觀察：木瓜疫病病菌可為害木瓜之果實及根部，高溫多雨時發生猖獗。青綠但將熟的果實最易罹病。病菌侵入果實後，迅速向四周蔓延，病斑處泌出木瓜乳汁，3~4日內形成直徑4~5公分近圓形之病斑（圖1，5），並生出白色氣生菌絲，其上著生孢囊，但常有呈白色之腐生菌腐生。病果極易落果，果農稱為“水傷”。部份採收果實因病菌潛伏，每於貯藏期間發病腐爛，損失極大。根部被害時，嚴重者可使幼苗枯萎死亡（圖4），成長株倒伏（圖3）終致死亡。輕微時落葉而只剩少數心葉，除主根外有時只附零落支根（圖2），果農稱為“敗根”。此等木瓜苗若移入果園種植時，病菌被帶入果園，實為生長株倒伏及果實腐爛之禍源。64年7月間水上鄉之一木瓜種苗商所栽植於塑膠袋中之木瓜苗，呈現根腐病病徵者幾達8成。

管理不善木瓜園，常於第一年果實成熟時，有少數果實呈零星散佈發病。63年8月間後壁鄉佔地

1.2 公頃，地勢低窪之3年生木瓜園，因時值雨季，被害果纍纍，且落果滿地，將可採收之果實幾乎皆受害。64年1月間值冬季乾旱調查時，全園種植1,964株，因根腐而倒伏或死亡者共556株，達23.8%，且果實仍有零星發病者。同年9月前往時，該園已被清除，改種其它作物。

菌株之形態：P₁₅與Par₃兩菌株之菌落皆稍氣生，菌絲寬3~10 μ m，平均約5 μ m，一般較平滑，偶有膨大者。著生胞囊之胞囊柄(sporangiophore)不明顯，胞囊單一，頂生，為脫落性(deciduous)，易自胞囊與胞囊柄之間的蒂塞(plug)處脫落。胞囊卵形，頂端具有明顯之乳頭狀突起(papilla)(圖6)。胞囊大小在P₁₅為42~52 \times 30~36 μ m，Par₃則為36~50 \times 24~35 μ m，其長寬比(l/b)皆在1.4~1.5之間。缺自由水(free water)，高溫(28~32 $^{\circ}$ C)，且有養分時，胞囊可自其胞壁或乳頭狀突起處，抽出發芽管行直接發芽(圖7)，在適合產胞之環境下，又可於該發芽管頂端再生胞囊(圖8)。反之在水中，低溫(10~25 $^{\circ}$ C)及養分缺少時，胞囊內之原生質分化而釋出游走子(圖9)。游走子大小約8~12 μ m，具兩條鞭毛(圖10)，於有機養分之培養基或培養液，可迅速發芽生長為菌絲體。於缺有機養分之無機鹽液中，光照與通氣良好時，雖可發芽，但於發芽管頂端形成6.9~12.8 \times 3.5~6.4 μ m之小型胞囊(圖11)，或完全不發芽，直接在靜止子(cyst)之胞壁上分化形成小乳頭狀突起(圖12)，此時再經冷卻處理，可釋出1個游走子。此種由游走子轉變形成之小型胞囊稱為小胞囊(minute或micro sporangium)^(2,18)。

受害木瓜果實表面所生，本菌氣生菌絲上著生大量胞囊，侵入果肉菌絲可向內生長，至種子腔形成菌絲層，菌絲層內有多數球形具3層厚壁之厚膜孢子(圖13)。被害木瓜根、莖組織內亦可發現厚壁，形狀較小之厚膜孢子。

V-8汁培養液中，較低溫(20 $^{\circ}$ C)，黑暗，通風不良時，能誘導厚膜孢子之產生。受接種茄果，待其腐爛後，果肉內形成胞壁較薄之厚膜孢子。厚膜孢子間生於菌絲，偶有頂生者，其與菌絲間無蒂塞，不易脫落。有時發芽不久後，再形成1個厚膜孢子(圖14)，或胞囊(圖15)。P₁₅菌株形成之厚膜孢子直徑約為21~33 μ m，Par₃者為18~36 μ m。形成於茄果組織內者，如經3個月待茄肉分解剩下之纖維組織，以phenolic rose-bengal染色，用lactophenol脫色後，可見被染紅色之原生質脫離胞壁而位於中央，且有時部份不被rose-bengal所染，而呈黃褐色具光澤之物質(圖16)，有些則原生質幾將消失而變空，有些則全部轉變為圓球形具黃褐色光澤，與成熟卵孢子中之卵球相似。以此含有厚膜孢子之組織纖維接種茄果，仍能使其發病，並再分得原菌。

游走子內(圖18)或留存於胞囊而未釋出之游走子(圖17)，釋出游走子而變空之胞囊中(圖19)，或直接發芽再形成胞囊而變空之胞囊內，皆可見有厚壁，球形具黃褐色光澤之顆粒。菌絲尖端(圖20, 21)及內部亦有相類似構造。其是否為油滴或1種小型之厚膜孢子，則仍待進一步之探明。此2菌株單獨培養或與其他木瓜疫病菌菌株對峙培養時，皆見產生卵孢子。

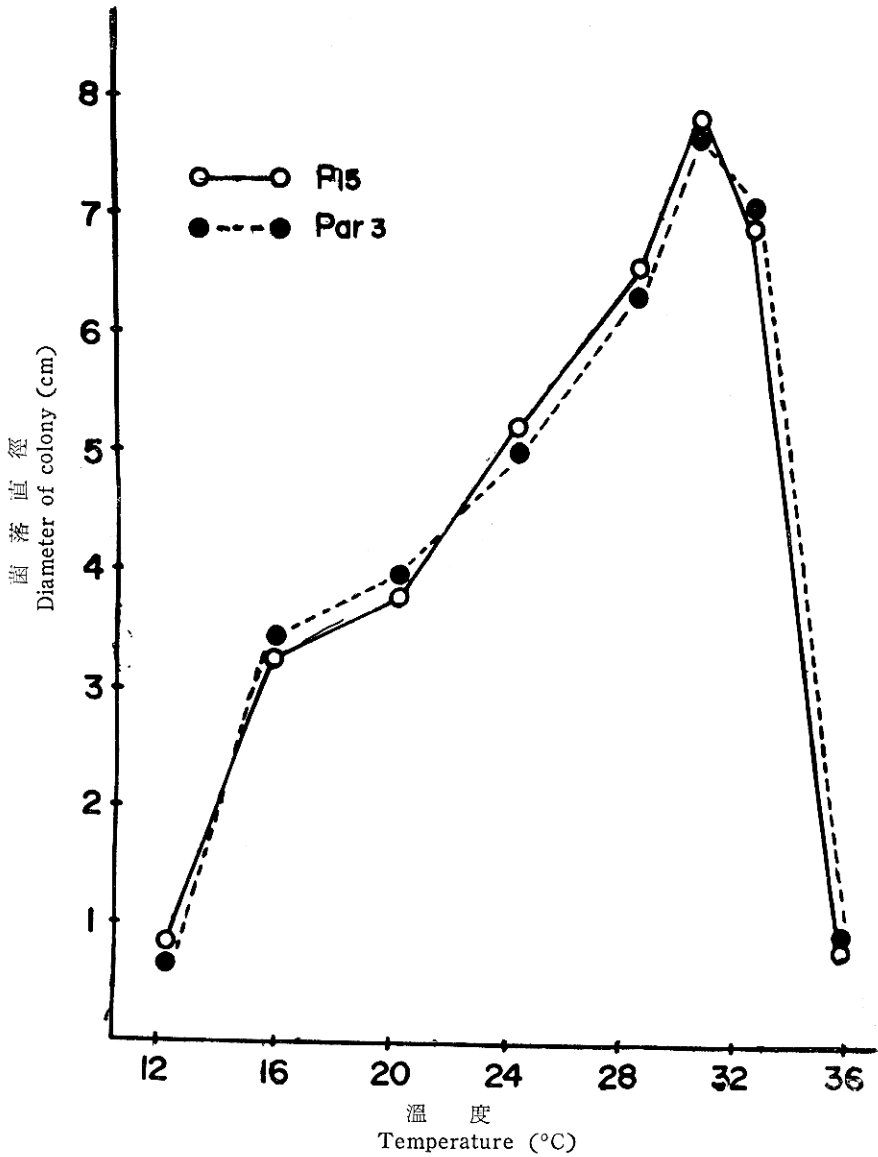
溫度對生長之影響：P₁₅與Par₃兩菌株對溫度之反應極為相似(圖22)，低於12 $^{\circ}$ C時不生長，28~30 $^{\circ}$ C為最適生長溫度，36 $^{\circ}$ C左右幾乎不生長。

接種試驗：P₁₅及Par₃兩菌株對15種植物葉片及6種果實與馬鈴薯塊莖之病原性皆相同(表二)。

兩菌株游走子之3 \times 10⁴/ml懸浮液分別各接種20株木瓜苗，1週內皆呈根腐並枯萎死亡。

P₁₅菌株用30ml量接種於4吋鉢內消毒土壤中，苗齡1個月之3株木瓜苗時，最低致死濃度在胞囊為3 \times 10³/ml，游走子則為6 \times 10³/ml。濃度再低時，木瓜苗不致死亡，但生長較差，並有落葉及根腐現象。洗淨之健全木瓜苗根浸於菌液時，發病致死最低濃度為60/ml胞囊或300/ml游走子懸浮液。

木瓜葉片上、下表皮傷口處，1~2個游走子或胞囊可使其發病。無傷口時，下表皮需1~2個胞



圖廿二、不同溫度下 P₁₅ 和 Par₃ 兩菌株在 V-8 菜汁培養基上 4 天後之菌落大小。

Fig. 22. Growth of 2 isolates, P₁₅ and Par₃, of *Phytophthora palmivora* on V-8 juice agar for 4 days.

囊或 10~15 個游走子，但上表皮則需 10~15 個胞囊或 20~30 個游走子才能發病。木瓜果實無傷口時，1~2 個胞囊或游走子即可使其發病，但有傷口而分泌乳汁時，增多接種源亦不致發病。

利用 P₁₅ 菌株接種 13 種田間雜草，皆未能使其死亡，但該菌與節節花、亨利馬唐、短穎馬唐、白花霍香薊等似有密切之關係（表三）。

表二、 P₁₅ 和 Par₃ 兩菌株對一些植物葉片及果實之病原性Table 2. Pathogenicity of P₁₅ and Par₃ isolates on leaf and fruit of some plants

種類 Species	對葉片或果實(塊莖)之病原性 Pathogenicity on	
	leaf	Fruit or Tuber
木瓜 (<i>Carica papaya</i>)	S	S(-)
椪柑 (<i>Citrus poonensis</i>)	S	*
洛神葵 (<i>Hibiscus sabdariffa</i>)	S	*
荔枝 (<i>Litchi chinensis</i>)	S	*
馬鈴薯 (<i>Solanum tuberosum</i>)	S	-(S)
蕃茄 (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	S	-(S)
鳳梨 (<i>Ananas comosus</i>)	S	*
茄子 (<i>Solanum melongena</i>)	-	S(S)
菩提 (<i>Ficus religiosa</i>)	\bar{S}	*
白菜 (<i>Brassica chinensis</i>)	\bar{S}	*
芒果 (<i>Mangifera indica</i>)	H	*
甜椒 (<i>Capsicum frutescens</i>)	-	-(S)
番石榴 (<i>Psidium guajava</i>)	-	*
菸草 (<i>Nicotiana tabacum</i>)	-	*
芋 (<i>Colocasia esculenta</i>)	-	*
柳橙 (<i>Citrus sinensis</i>)	*	-(S)
胡瓜 (<i>Cucumis sativus</i>)	*	-(S)

S=感染, 註明上表皮接種時不發病 Susceptible - notes no infection on upper surface

-=未發病 No lesions developed.

H=過敏反應 Hypersensitive reaction

()=括弧示傷口接種結果 Parenthesis showing the result of wound inoculation

*=未接種 Not tested.

藥劑試驗: 室內試驗結果, 生長於 V-8 汁培養基菌塊浸藥時, 樂家農、保利農 Z、安收多、好速殺、保利-抗病、地茂生、萬力及巴斯丁, 在所有處理皆無效。有效 8 種殺菌劑依藥效之強弱為大生 A-40、果寶丹、“倍果挪”、大富丹、“克波”、保利農 M、大生 Z-78 及愛樂生 (表四)。

木瓜果實病組織浸上述有效 8 種殺菌劑時, 只有 4 種有效, 依藥效強弱為果寶丹、大生 A-40、愛樂生及保利農 M (表五)。

就藥劑對土中菌體之殺菌效果而言, 對洋菜菌塊有藥效之 8 種藥劑, 皆能殺死土中之木瓜疫病菌靜止子, 其中除“克波”外皆能殺死土中之胞囊。由於 5ml 容積量的土壤加入 3ml 的孢子懸浮液, 而後加入所列濃度 1ml 之殺菌劑, 因此藥劑濃度實際上已被稀釋為表所列原來之 1/6 (表六)。

表三、P₁₅ 疫病菌對一些雜草之病原性
 Table 3. Pathogenicity of P₁₅ (*Phytophthora palmivora*) on some weeds as determined by eggplant fruit baiting

雜草種類 Weed species	接種植物根部處理						接種1個月後植株 Rhizosphere soil one month after inoculation
	表面消毒 Surface sterilized	蒸餾水漂洗 Washed with distilled water	蒸餾水中超音波 震盪漂洗 Sonicated in distilled water	幼苗根部浸 後如左處理 Rroots immersed in sporangial suspension before sonicated	接種1個月後植株 Rhizosphere soil one month after inoculation		
牛筋草 (<i>Eleusine indica</i>)	-	-	-	-	-	+	
兩耳草 (<i>Paspalum conjugatum</i>)	-	-	-	-	-	+	
芒稷 (<i>Echinochloa colona</i>)	-	+	-	*	-	+	
稗草 (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	-	-	+	+	+	+	
刺殼草 (<i>Cenchrus calyculatus</i>)	-	-	+	*	-	+	
亨利馬唐 (<i>Digitaria henryi</i>)	-	+	+	*	-	+	
短穎馬唐 (<i>Digitaria setigera</i>)	-	+	+	*	-	+	
白花霍香薷 (<i>Ageratum conyzoides</i>)	-	+	+	*	-	+	
紫花霍香薷 (<i>Ageratum houstonianum</i>)	-	+	-	-	-	+	
加拿大蓬 (<i>Erigeron canadensis</i>)	-	-	-	-	-	+	
含羞草 (<i>Mimosa pudica</i>)	-	-	+	+	-	+	
酢醬草 (<i>Oxalis corniculata</i>)	-	+	-	*	-	+	
節節花 (<i>Alternanthera nodiflora</i>)	-	+	+	+	-	+	

+ 病菌出現 Pathogen detected
 - 未有病菌出現 Pathogen not detected
 * 未供試 Not tested

表四、用誘鈎法測定殺菌劑對 P₁₅ 菌塊之藥效
 Table 4. Effects of fungicides against P₁₅ (*Phytophthora palmivora*) grown on agar disc by baiting method

殺菌劑	濃度和處理時間 Concentrations and time treated																																									
	1 min						5 min						1 hour						24 hour																							
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		
Fungicides	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20000	10000	2000	1000	500	20000	10000	2000	1000	500	20000	10000	2000	1000	500	20000	10000	2000	1000	500	20000	10000	2000	1000	500	20000	10000	2000	1000	500	20000	10000	2000	1000	500								
大生 A-40	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dithan A-40 93%																																										
保利農 M	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Polyram M 80%																																										
大生 Z-78	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Dithane Z-78 75%																																										
果實丹	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Kuo-Pao-Tan 50%																																										
大富丹	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Difolatan 80%																																										
“倍果娜”	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Perenox																																										
“克波”	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cobox 60%																																										
愛樂生	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Arasan 75%																																										

+ 病菌出現 Pathogen detected

- 未有病菌出現 Pathogen not detected

表五、殺菌劑對木瓜病果內 P₁₅ 菌之殺菌效果Table 5. Effects of fungicides against P₁₅ (*Phytophthora palmivora*) in papaya tissue by baiting method

殺菌劑 Fungicide	濃度 Concentration					Control
	1 20000	1 10000	1 2000	1 1000	1 500	
果寶丹 Kuo-Pao-Tan 50%	—	—	—	—	—	+
大生 A-40 Dithane A-40 93%	+	+	—	—	—	+
愛樂生 Arasan 75%	+	+	+	—	—	+
保利農 Polyram M 80%	+	+	+	+	—	+

+ 病菌出現 Pathogen detected

— 病菌未出現 Pathogen not detected

表六、誘鈎法測定殺菌劑對土中 P₁₅ 疫病菌之靜止子或孢囊之殺菌效果Table 6. Effects of fungicides against cysts or sporangia of P₁₅ (*Phytophthora palmivora*) by baiting method

殺菌劑 Fungicide	濃度 Concentration											
	1 20000		1 10000		1 2000		1 1000		1 500		Control	
	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S
果寶丹 Kuo-Pao-Tan 50%	+	+	—	+	—	+	—	—	—	—	+	+
大生 A-40 Dithane A-40 93%	+	+	—	+	—	+	—	—	—	—	+	+
愛樂生 Arasan 75%	+	+	—	+	—	+	—	—	—	—	+	+
大生 Z-78 Dithane Z-78 75%	+	+	+	+	—	+	—	—	—	—	+	+
大富丹 Difolatan 80%	+	+	+	+	—	+	—	+	—	—	+	+
保利農 M Polyram M 80%	+	+	+	+	—	+	—	+	—	—	+	+
“倍累挪” Perenox	+	+	+	+	—	—	—	+	—	—	+	+
“克波” Cobox 60%	+	+	+	+	—	+	—	+	—	+	+	+

+ 病菌出現 Pathogen detected

— 病菌未出現 Pathogen not detected

C 靜止子 Cysts

S 孢囊 Sporangia

田間以果寶丹及大生 M-45 噴藥結果，以不噴藥處理之 23 個被害果為 100% 發病，則噴藥 20 日內，發病率降為 8.7~26%，其中以果寶丹之效果較佳（表七）。

表七、木瓜果實疫病防治試驗結果

Table 7. Control of *Phytophthora* fruit rot of papaya

處理 Treatment	噴藥前病果數 No. of fruits infected before treatment	累積病果數 No. of total fruits infected after treatment	增加病果數 No. of fruits infected during treatment	相對發病率 Relative per cent of fruits infected
對照 Control	16	39	23	100
大生 M-45 Dithane M-45 (1000×)	9	15	6	26
果寶丹 Kuo-pao-Tan (1000×)	11	16	5	21.7
果寶丹 Kuo-Pao-Tan (2000×)	14	16	2	8.7

討 論

由木瓜之果實及根部分離所得疫病菌，除前者胞囊較後者稍大外，其長寬比之值，不同溫度下之生長情況，接種多種植物葉片，果實及對木瓜之根、莖、葉及果實之病原性皆相同，故應視為同一種 *Phytophthora*。*P. palmivora* 及 *P. parasitica* 一般不易區分，寄主範圍皆極廣泛，前者可為害 138 種植物⁽¹¹⁾，後者為害 42 科 72 屬之顯花植物⁽¹⁵⁾。依 Tucker 氏之分類⁽³⁵⁾，經人工接種一些植物之果實、莖及葉片加以比較，仍難區分。因 2 種菌對馬鈴薯塊莖，蕃茄、茄子、蘋果之果實，木瓜、茄子、蕃茄之莖傷口接種結果，有致病力極強至無之各種類型。胞囊大小亦無法加以區別，前者為 50×35 (最大 72×42) μm ，後者 50×40 (最大 59.68×38.4) μm 。氏認為最明顯之區別為 *P. palmivora* 在 35°C 幾不生長，生長最適溫為 $27.5 \sim 30^\circ\text{C}$ ，而 *P. parasitica* 在 35°C 仍能生長，極限溫度可達 38°C ，最適溫為 30°C 左右。

又依 Waterhouse 女氏⁽³⁶⁾之檢索表，除以 35°C 能否生長加以區分 2 種外，並注重胞囊長寬比之值。*P. palmivora* 脫囊較長，長寬比值大於 1.4，有時可達 1.8。*P. parasitica* 胞囊較圓，長寬比值小於 1.4，通常為 1.2。臺灣之木瓜果腐及根腐疫病菌，生長溫度極限皆為 35°C ，最適溫 $28 \sim 30^\circ\text{C}$ ，胞囊大小平均在果腐菌株為 $42 \sim 54 \times 30 \sim 36 \mu\text{m}$ ，根腐者為 $36 \sim 50 \times 24 \sim 35 \mu\text{m}$ ，長寬比值皆在 1.4~1.5 之間，而無小於 1.4 者，亦無大於 1.5 之極長形者。又人工接種木瓜、柑桔、蕃茄之葉片及果實，馬鈴薯塊莖，洛神葵、鳳梨、荔枝及菩提樹葉片，甜椒、胡瓜之果實，皆具致病性。對芒果葉片僅呈過敏反應，對番石榴及菸葉片則不具病原性，大致合乎 Chee⁽¹¹⁾ 所列 *P. palmivora* 之寄主範圍，故本菌之學名應為 *P. palmivora*。又接種木瓜將成熟果實時，*P. palmivora* 不需傷口就可使其發病，有傷口時，因木瓜乳汁之存在，反不能使其發病⁽¹²⁾。多數 *P. parasitica* 則不為害木瓜果實。

Mehrlich⁽³³⁾ 報告鳳梨心腐病病菌於無鳳梨處，能寄生於雜草及綠肥根部。陳氏亦曾發現該病菌不僅為害多種蔬菜及果樹，且能使綠肥植物如豬屎豆、田菁、羽扁豆、山扁豆及羊角等發病⁽³⁾。Cother 及 Griffin 兩氏⁽¹²⁾ 也報告 *P. drechsleri* 可寄生於 6 種雜草，引起其中 3 種死亡，另 3 種不表現病徵，而只根部腐爛。*P.15* 菌株與節節花、白花霍香薊、亨利馬唐、短頭馬唐等雜草有密切之關係，根部可能被寄生，但植株不致死亡，而可提供本菌生存場所及養分。故欲有效防治本病除應用消毒或無本菌土壤育苗，以防病菌被帶入果園，採除病果並加以銷毀，防止其上所生胞囊之傳播，並阻礙組織內或種子腔形成厚膜孢子而長期生存土中外，更應去除雜草，以保持果園之衛生。

王和簡兩氏⁽¹⁾，曾以 7 種藥劑進行田間木瓜果實疫病防治試驗，結果以 39% 大富丹 4F，800 倍、80% 大生 M-45，400 倍、及 83% 強力銅粉劑即 Kocide 400 倍 3 種藥劑效果較佳。本文中經洋菜菌塊浸藥試驗證實有效 8 種藥劑中，3 種屬於乃浦類 (carbamate) 之有機硫黃殺菌劑，其中以大生 A-40 93% 效果最佳，保利農 M 83% 次之，大生 Z-78 75% 又次之。至於樂農家 72%，保利農 Z 70%，安收多 70% 雖皆為鋅乃浦，可能有效成份較低，而皆無效。王和簡兩氏試驗中，安收多及好速殺亦不佳。本試驗有效藥劑中，大富丹，果寶丹及好速殺 3 種皆為蓋布丹 (Captan) 類之有機氮劑，但其差異為大富丹具 tetrachloroethylthio-，主成份具 80%，好速殺具 trichloromethylthio-，主成份具 50%，即有效與否與其有效成份量有關。至於果寶丹因具 trichloromethylmercapto-，主成份雖只有 50%，藥效最佳，可能由於其特異之構造，使其藥效提高。

屬於無機銅劑之“倍累挪”及“克波”對洋菜菌塊或土中之本菌皆有殺菌效果，但對果肉組織內之本菌則無效，可能與其滲透植物細胞壁之能力較差所致，故不適用於防治果腐疫病。乃浦類藥劑亦有相同趨勢，故大生 A-40 對木瓜果組織內疫病菌之殺菌效果低於果寶丹，但對於洋菜菌塊之疫病菌則藥效高於果寶丹，而對土中疫病菌則兩者藥效相同。

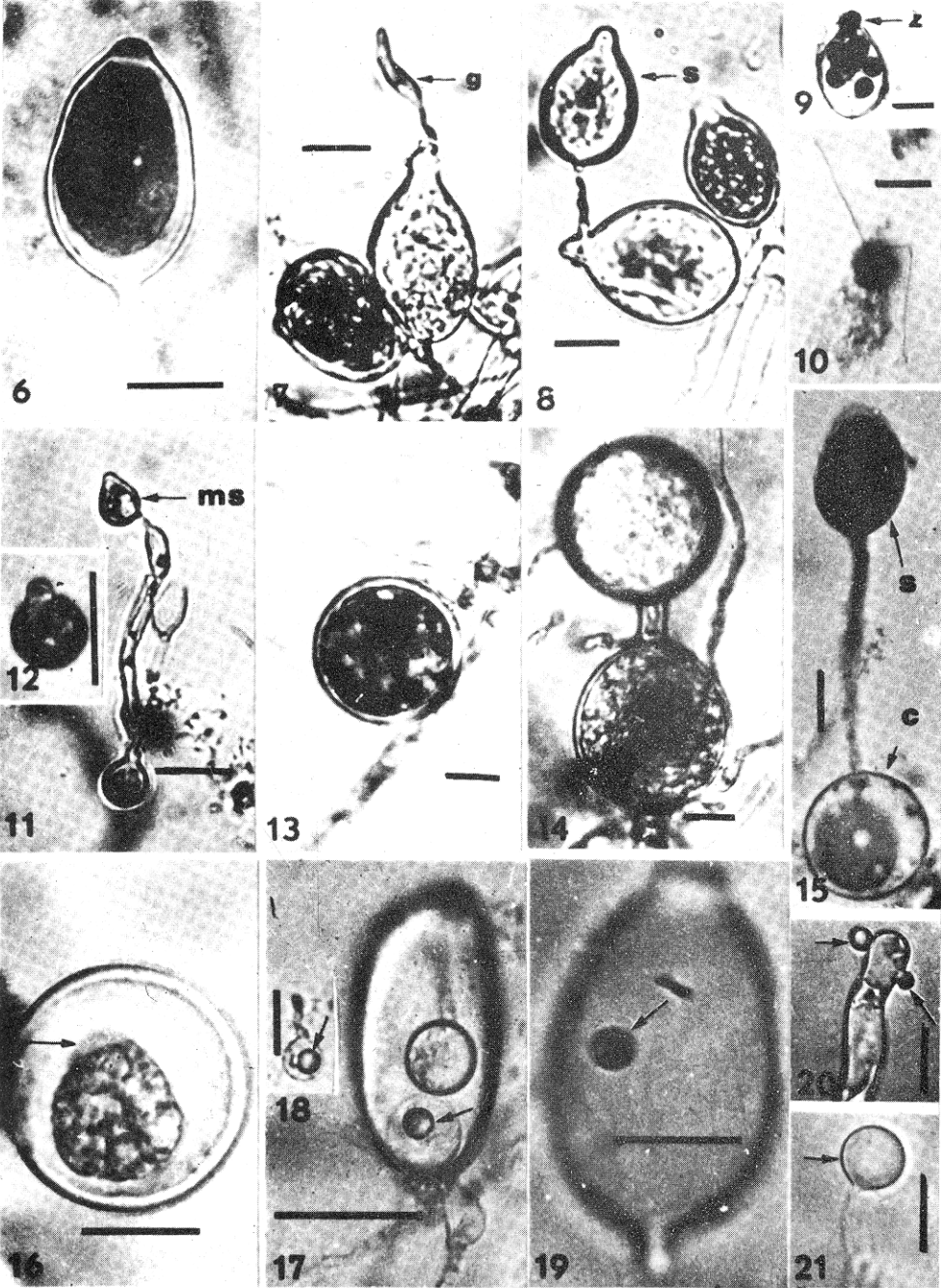
田間噴藥試驗結果顯示果寶丹之藥效優於大生 M-45，果寶丹 2000 倍效果反優於 1000 倍，但相差不大。

參 考 文 獻

1. 王金池、簡和順。1975. 木瓜果實疫病品種罹病情形調查及其防治試驗，臺灣農業季刊 11(1):109-116.
2. 桂琦一。1961. *Phytophthora capsici* Leonian 菌に關する病理研究特に游走子囊の發芽の二型について。京都府立大學部植物病理研究室特別報告第一號。
3. 陳大武。1955. 鳳梨腐病之研究。農林學報 4:114-136.
4. 臺灣省政府農林廳。1958. 農業要覽。第四輯作物病蟲害。第一卷。病害。
5. 經濟部商品檢驗局。1970. 臺灣植物病害名彙。植物檢疫資料第六號。
6. Aragaki, M. & R. B. Hine. 1963. Effect of radiation on sporangial production of *Phytophthora parasitica* on artificial media and detached papaya fruit. *Phytopathology* 53:854-856.
7. Aragaki, M. & R. B. Hine. 1964. Requirement for sporangial germination of *Phytophthora parasitica* from papaya. *Phytopathology* 54:1431.
8. Aragaki, M. 1964. Sporangial germination process of *Phytophthora parasitica* from papaya. *Phytopathology* 54:1431.
9. Aragaki, M., R. D. Mabley & R. B. Hine. 1967. Sporangial germination of *Phytophthora* from papaya. *Mycologia* 59:93-102.
10. Ashby, S. F. 1929. Strains and taxonomy of *Phytophthora palmivora* Butler (*P. faberi* Maubl.). *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 14:18-38.
11. Chee, K. H. 1969. Hosts of *Phytophthora palmivora*. *Rev. Appl. Mycol.* 48:337-344.
12. Chen, D. W. & G. A. Zentmyer. 1969. Axenic production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 59:1021 (Abstr.)
13. Chen, D. W. & G. A. Zentmyer. 1970. Production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi* in axenic culture. *Mycologia* 58:397-402.
14. Cother, E. J. & D. M. Griffin. 1973. The role of alternative hosts in survival of *Phytophthora drechsleri*. *Aust. J. Biol. Sci.* 26:1109-1113.
15. Gadd, C. H. 1924. *Phytophthora faberi* Maubl. *Ann. Roy. Bot. Gard. Peradeniya.* 9:47-89.
16. Hemmes Don E. & H. R. Hohl 1969. Ultrastructural changes in directly germinating sporangia

- of *Phytophthora parasitica* Amer. J. Bot. 56:300-313.
17. Hickman, C. J. 1958. Phytophthora-plant destroyer. Trans. Brit. Mycol. Soc. 41:1-13.
 18. Hickman, C. J., and H. H. Ho. 1966. Behavior of zoospores in plant pathogenic Phycmycetes. Ann. Rev. Phytopathol. 4:159-220.
 19. Hine, R. B. & J. Tokunaga. 1965. Enzymic inactivation of the papaya blight fungus and *Phytophthora parasitica* by papain and other proteolytic enzymes. Phytopathology 55:1223-1226.
 20. Hine, R. B. & E. E. Trujillo. 1966. Manometric studies on residue colonization in soil by *Pythium aphanidermatum* and *Phytophthora parasitica*. Phytopathology 56:334-336.
 21. Hohl, H. R. & S. T. Hamamoto. 1967. Ultrastructural changes during zoospore formation in *Phytophthora parasitica* Amer. J. Bot. 54:1131-1139.
 22. Hunter, J. E. & R. K. Kunimoto. 1974. Dispersal of *Phytophthora palmivora* sporangia by wind-blown rain. Phytopathology 64:202-206.
 23. Hunter, J. E. & I. W. Buddenhagen. 1969. Field biology and control of *Phytophthora parasitica* on papaya (*Carica papaya*) in Hawaii. Ann. Appl. Biol. 63:53-60.
 24. Kadooka, J. Y. & W. H. Ko. 1973. Production of chlamydospores by *Phytophthora palmivora* in culture media. Phytopathology 63:559-562.
 25. Ko, W. H. 1971. Direct observation of fungal activities on soil. Phytopathology 61:437-438.
 26. Ko, W. H. 1971. Biological control of seedling root rot of papaya caused by *Phytophthora palmivora*. Phytopathology 61:780-782.
 27. Ko, W. H., L. L. Chase, & R. K. Kunimoto. 1973. A microsyringe method for determining concentration of fungal propagules. Phytopathology 63:1206-1207.
 28. Ko, W. H. & L. L. Chase. 1974. Group formation of *Phytophthora palmivora* zoospores. Phytophthora Newsletter No. 2. 15-16.
 29. Ko, W. H. & Mary J. Chen 1974. Infection and colonization potential of sporangia, zoospores and chlamydospores of *Phytophthora palmivora* in soil. Phytopathology 64:1037-1039.
 30. Mehrlich, F. P. 1936. Pathogenicity and variation in *Phytophthora* species causing heart rot of pineapple plant. Phytopathology 26:23-43.
 31. Parris, G. K. 1941. Disease of the papaya. Bull. Hawaii Agric. Exp. Stn. No. 87. 32-44.
 32. Parris, G. K. 1942. *Phytophthora parasitica* on papaya (*Carica papaya*) in Hawaii. Phytopathology 32:314-320.
 33. Tokunaga, J. 1969. Fine structure and chemical composition of the cyst and hyphal walls of *phytophthora palmivora*. Ph. D. Thesis. Univ. Calif. Riverside.
 34. Trujillo, E. E. 1965. The role of Pythiaceous fungi in the papaya replant problem in Hawaii. Phytopathology 55:126.
 35. Trujillo, E. E. & R. B. Hine 1965. The role of papaya residues in papaya root rot caused by *Pythium aphanidermatum* and *Phytophthora parasitica*. Phytopathology 55:1293-1298.
 36. Trujillo, E. E. & M. Marcley 1967. Effect of soil temperature and moisture on survival of *Phytophthora parasitica* and *Pythium aphanidermatum*. Phytopathology 57:9.
 37. Tucker, C. M. 1931. Taxonomy of the genus *Phytophthora* de Bary. Res. Bul. Mo. Agric. Exp. Stn. 153. 208 pp.
 38. Waterhouse, G. M. 1963. Key to the species of *Phytophthora* De Bary. Mycol. paper No. 92. 22 p. Commonwealth Mycol. Inst.





圖一、木瓜果實疫病

Fig. 1. *Phytophthora* fruit rot of papaya.

圖二、木瓜根腐病徵示罹病幼苗 (D) 根部幾近全部腐爛脫落，健株者 (H) 根系旺盛。

Fig. 2. Nearly complete decay of root systems in the heavily damaged papaya seedling (D) caused by *P. palmivora* in compare with healthy root systems in healthy plant (H).

圖三、田間木瓜根腐病嚴重時引起植株倒伏現象。

Fig. 3. Falling down of matured plants severely damaged by *P. palmivora* in the field.

圖四、幼苗被害倒伏現象 (↑)

Fig. 4. Falling down of seedlings (↑)

圖五、田間木瓜植株上果實疫病發生情況 (↑)

Fig. 5. Papaya fruit rot occurs in the standing plant in the field (↑).

圖六、典型之 *Phytophthora palmivora* 胞囊。線長代表 20 μm。

Fig. 6. Typical sporangium of *P. palmivora*. Bar equals 20 μm.

圖七、胞囊直接長出發芽管 (g) 發芽。

Fig. 7. Direct germination of sporangium by germ tube (g).

圖八、胞囊發芽，發芽管頂生胞囊 (S)。

Fig. 8. Sporangium (S) produced on the top of the germ tube of the germinated sporangium.

圖九、胞囊間接發芽釋出游走子 (Z)。

Fig. 9. Sporangium releasing zoospores (Z) by means of indirect germination.

圖十、游走子之 2 條鞭毛。

Fig. 10. Two flagella of zoospore.

圖十一、游走子發芽頂生小胞囊 (ms)。

Fig. 11. Microsporangium (ms) formed on the tip of the germinated zoospore.

圖十二、游走子靜止後生出乳頭狀突起轉變為小胞囊。

Fig. 12. Microporangium formed by papillation of the encysted zoospore.

圖十三、形成於木瓜果實種子腔內之厚壁厚膜孢子。

Fig. 13. Thick wall chlamydospore formed in seed chamber of the papaya fruit infected by *P. palmivora*.

圖十四、厚膜孢子頂生厚膜孢子。

Fig. 14. Chlamydospore formed on the tip of the germinated chlamydospore.

圖十五、厚膜孢子 (C) 頂生胞囊 (S)。

Fig. 15. Sporangium (S) formed on the tip of the germinated chlamydospore (C).

圖十六、受接種 3 個月後茄子果肉內厚膜孢子之原生質濃縮，由一角落開始轉變為黃褐色有光澤之物質 (↑)，其它部分已被 rose bengal 染色，lacto phenol 褪色後呈紅色。

Fig. 16. Material of bright yellow-orange (↑) coagulated from protoplasm of the chlamydospore in the decayed eggplant fruit 3 months after inoculated with *P. palmivora*. The protoplasm was stained red by rose bengal after counterstained by lacto phenol.

圖十七~廿一、類以上圖但體積較小黃褐色有光澤物質存於圖十七，空胞囊內之游走子中之一個 (↑)；圖十八、游走子內 (↑)；圖十九、釋出游走子後之空胞囊內 (↑)；圖二十、廿一、菌絲頂端處 (↑)。

Fig. 17-21. Same yellow orange material as in Fig. 16 but smaller in volume presenting in Fig. 17, one of 2 unreleased zoospores in the sporangium (↑); Fig. 18, in the zoospore (↑); Fig. 19, in the empty sporangium after released zoospores (↑); Figs. 20-21, near and on the tip of the hypha (↑).

Phytophthora Fruit and Root Rot of Papaya in Taiwan¹

Huang, T. H., D. W. Cheng and L. S. Leu²

The causal fungus of papaya fruit and root rot originally recorded as *Phytophthora parasitica* and *P. sp.*, respectively, in Taiwan was identified as *Phytophthora palmivora* Butler. The identification was based upon the morphology of sporangia, the growth range of temperature and the host range of the fungus isolated from both fruit and root rot tissues.

P. palmivora produced a lot of sporangia on the surface of the infected papaya fruit and chlamydospores in the seed chamber of the fruit. When the infected fruit dropped, the level of inoculum was increased and the survival period of the fungus was prolonged.

Among the roots of 13 weed species inoculated, the fungus was able to subsist on the roots of *Alternanthera nodiflora*, *Digitaria henryi*, *D. setigera*, and *Ageratum conyzoides*. However, the weeds were able to survive from its infection.

The effectiveness of several fungicides was tested by first dipping agar blocks containing the fungus into the fungicide solutions and then inoculating them into eggplant fruit tissues. The effectiveness in the descending order was Dithane A-40 > Kuo-Pao-Tan > Perenox > Difolatan > Cobox > Polyram M = Dithane Z-78 > Arasan.

Treating the soil samples containing cysts and sporangia of the fungus revealed that the effectiveness of the fungicides in the descending order was Kuo-Pao-Tan = Dithane A-40 > Arasan > Dithane Z-78 = Perenox > Difolatan = Polyram M > Cobox. When the infected papaya fruits were tested, the descending order was Kuo-Pao-Tan > Dithane A-40 > Arasan > Polyram M. Fungicides of inorganic copper, Perenox and Cobox were not effective in fruit treatment.

Field test showed that both Kuo-Pao-Tan and Dithane M-45 were quite effective in the control of the papaya fruit rot.

-
1. Research Paper No. 7, Plant Pathology Division, Plant Protection Center, Taiwan. Part of the MS thesis of the senior author.
 2. Former graduate student and professor, Department of Plant Pathology, National ChungHsing University and Senior Specialist, Plant Pathology Division, Plant Protection Center, Taiwan.