

民國63年12月6日中央研究院生物研究中心  
臺灣植物保護中心及中華植物保護學會合辦  
「植物病原在土壤中之消長」研討會講稿

## 猝倒菌和疫病菌兩屬病原菌在土壤中之生態<sup>1</sup>

### Ecology of Pathogenic *Pythium* and *Phytophthora*

呂理榮<sup>2</sup>

L. S. Leu

- 一、前言
- 二、病害種類
- 三、環境與發病關係
- 四、生存
- 五、發芽
- 六、游走子之習性
- 七、分離
- 八、防治
- 九、參考文獻

**摘要:** 猝倒菌 (*Pythium*) 和疫病菌 (*Phytophthora*) 兩屬菌之形狀及生理性質極相似, 皆屬藻菌類 (Phycomycetes) 露菌目 (Peronosporales), 猝倒菌科 (Pythiaceae)。其菌絲無節 (coenocytic), 能產生游走子囊、游走子、厚膜孢子及有性世代之卵孢子。菌絲不具腐生競爭能力, 除特殊情况外, 不適生存。游走子囊及游走子之生存期間較短, 長期生存則多賴厚膜孢子及卵孢子, 尤以後者為最。

本菌在土壤多濕而不適其他土壤病菌繁衍時, 若溫度及其它環境適宜, 生育極快而能侵害幼根、老根尖端, 幼苗、地面及地上多汁之組織。被害部軟化或腐爛。寄主細胞壁增厚時則抗病力增加。游走子為一最有效之接種原, 移動性大, 致病力較菌絲為強, 多具趨化性及趨電性而使其接觸寄主侵入之機會大為增加。游走子囊產生游走子之次數不等, 可多達十餘次, 形成“包膜”(encyst)之游走子亦可再度產生游走子。厚膜孢子在適宜條件下, 亦能產生游走子。

本菌可用如蘋果、亞麻種籽、茄子等誘餌 (bait), 或選擇性培養基 (selective media) 自土中及病組織分離。由分離所得證實本菌之分佈頗廣, 雖在荒地亦有分佈。

由本菌所引起之病害, 雖可用 dexton 等農藥防治, 但一般常在田間多濕環境下猖獗為害, 稍一不慎就不易收到良好效果。土壤消毒不可靠, 本菌之寄主範圍廣, 輪作亦非上策。除注意保持環境使通風良好外, 抗病品種之栽培, 為防治本病之最佳辦法。惟對本菌類病害抗性品種之育成, 並非易事。

### 前 言

猝倒菌 (*Pythium*) 和疫病菌 (*Phytophthora*) 兩屬真菌為藻菌類 (Phycomycetes), 猝倒菌科 (Pythiaceae)。兩者之形態及性質極相似, 具無節菌絲 (coenocytic mycelium), 能產游走子

1. 臺灣植物保護中心植物病理組綜合論述第1號。

2. 臺灣植物保護中心技正

囊 (zoosporangium), 游走子 (zoospore), 厚膜孢子 (chlamyospore) 及有性世代之卵孢子 (oospore)。菌絲有雌雄同絲及異絲之別。兩者之區別為：游走子囊發芽時，*Pythium* 菌抽出管狀物於其頂端形成一“空胞” (vesicle)，原形質移到“空胞”後形成游走子而逸散。亦有另形成“空胞”而將已分化的原形質移到“空胞”後逸散游走子者。*Phytophthora* 則直接於游走子囊內形成游走子而逸散。其分類研究已有詳盡的報導<sup>(76,104,109-112)</sup>。為行文方便計，本文中所稱之“本菌”一詞，乃用以代表 *Pythium* 和 *Phytophthora*，兩屬菌之總稱。

本菌有不少種類為重要植物病害之病原。分佈除農耕地外，未耕地及森林地亦有分佈，為“土壤傳染病菌” (soil born pathogens)。為害地下部之根莖外，亦加害地際部之莖葉及地上之果實。被害部軟化及腐爛。多濕，適溫及適宜條件下，病勢進展頗速，常於極短日數內導致災害，被害對象除栽培作物外，涉及藻類，海生植物及其它真菌，因此有關本菌之研究頗多。Hendrix及Campbell兩氏於1973年曾就 *Pythium* 菌之研究作詳盡之整理報導<sup>(43)</sup>。

本文乃根據已有文獻加以整理摘要，以報導本菌之病害種類，環境與發病關係，生存、發芽，游走子之形成及習性，分離及防治法，以供參考。

### 病 害 種 類

本菌主害作物之幼嫩及多汁組織，引起幼苗，鬚根及老根頂端部，多汁果實及莖組織之腐爛。種籽及種根被害時，使種籽腐敗及發生萌芽前之猝倒病，在地際部加害新長出幼苗時，引起發芽後之猝倒病。於苗床，溫室木框內及行播作物病勢進展頗速，局部性之幼苗枯死，其未枯死者，待莖及全根之細胞壁加厚時，被害部限於鬚根，但可引起植株之黃化及矮化，常使作物無法恢復正常，而影響產量及品質。

特殊環境下，如溫室，苗床等作物，密植而施肥多，水分充足時，多汁葉片及莖亦常受害<sup>(2,14,20,28,69,80)</sup>。環境適宜時，如瓜類，辣椒，茄子，柑桔，木瓜等果實，在田間亦可被害。此等果物於貯藏及運輸時若不防範，被害更嚴重。收穫前後園藝作物之球莖，球根亦常被害<sup>(85,101,109)</sup>，草皮亦常被害<sup>(41)</sup>。林木之“退化病” (decline disease) 已證實係由 *Phytophthora cinnamomi* 為害所致。短葉及美國南部松之被害現象，為多年生植株之生長緩慢甚至完全停頓，重植者不易成活，葉片變小，檢查其根系，未被有根菌 (mycorrhiza) 之鬚根及根端均為本菌所侵而呈不健所致。

### 環境與發病關係

本菌對溫度有頗敏感者，如 *Pythium aphanidermatum*, *P. myriotylum* 等嗜高溫，反之 *Phytophthora infestans* 及 *Pythium ultimum* 好低溫，其為害及分佈則受氣溫之支配，但亦有例外<sup>(66,113)</sup>。分佈有不廣者，但 *P. ultimum*, *P. debaryanum*~*P. irregulare* 群等則頗廣，連作時常使某些菌種增加。

本菌之侵害寄主，受其感染性影響外，亦受接種能，土壤、溫度、溼度、酸鹼度、陽離子成分，光線及其他微生物之影響。其中以土壤溼度及溫度最為明顯。一般言之，土壤高溼度對病勢之進展不可缺。至於何種因素較重要則視情形而異。*Pythium vexans* 以游走子發芽，對溼度之反應較溫度敏感。*P. irregulare* 以發芽管發芽，則對溫度較敏感。此等事實可由桃樹上引起之病害狀況判定<sup>(13)</sup>。

硝酸態氮及鉀肥可減輕一些本菌引起之病害程度，但氨態氮及磷肥則否<sup>(115)</sup>。土壤較乾時，可能因土中微生物之活動而未能表現。胡瓜缺氮時發病較正常量者嚴重<sup>(37)</sup>，蕃茄及胡瓜猝倒病程度因 Knop 氏營養液濃度增高者減低。糠穗草 (bent grass) 之綿枯病 (cottony blight) 於鈣量過多及不足時，發病皆趨嚴重<sup>(91)</sup>。

本菌與其他病原共同為害時，較單獨侵害者有較輕微或較嚴重者。如 *Pythium graminicola* 與甘蔗炭紋病共存時，因品種而有病勢更猖獗<sup>(60)</sup>。*P. ultimum* 和瓜類炭紋病病原共侵害時，植株萎凋，但較菌本身之病勢輕微。線蟲與 *Pythium* 共害之研究頗多。如 *Tylenchus agricola* 或 *T. claytoni* 和 *P. ultimum* 同時接種結果，較由菌單獨加害者輕微，且線蟲密度減低<sup>(55)</sup>，至於 *Crictonemoides quadricornus* 和 *P. irregulare* 在 27°C 皆不引起胡桃根部病害，但共存時根重減輕一半<sup>(51)</sup>。*P. aphanidermatum* 引起菊花根腐，若與 *Belonolaimus longicaudatus* 或 *Meloidogyne incognita* 共存時，加害增大，菌雖抑制 *M. incognita* 之產卵，但對 *B. longicaudatus* 之繁殖則無抑制作用<sup>(52)</sup>。*P. myriotylum* 與其他土壤菌，尤以與 *Fusarium* spp. 共存時，引起花生莢腐病，但若單獨存在時未能或只能引起輕微之病害<sup>(24)</sup>。

### 生 存

本菌行腐生及形成具抗性之休眠構造生存，但腐生能力微弱，只能在其他微生物活動不盛時行之，又只能在已建立的地盤上行之，而無法於已有微生物繁衍處行之。土壤濕度對其腐生能力影響最顯。如 *Pythium ultimum* 於土壤保濕能力 (MHC, moisture holding capacity) 為 30-90% 時，於切斷無生機的桃樹根腐生時，只侵佔 8~12%。*P. irregulare* 在土壤 MHC 為 30% 時，侵佔 5% 之根片面積。若其 MHC 為 90% 時，則侵佔 45%<sup>(78)</sup>。*P. ultimum* 於土壤空隙有水及空氣時生長良好，即土壤於高溼及氣體交換不良時，生存競爭上極佔優勢<sup>(38)</sup>。又二氧化碳含量高且氧氣量不減少時，對 *P. irregulare* 及 *P. vexans* 之腐生能力大有助益。倘氧氣含量減低時，腐生能力亦減半<sup>(26)</sup>。高溫下嗜高溫者增多，好低溫者減少，反之，結果亦相反。本菌以發芽快速而佔領新鮮物質，且能在他菌不宜生長下迅速繁衍，實為輔本菌缺少腐生競爭能力之一特點。又本菌在作物繁殖體內，能以菌絲狀態生存相當長的時間。

以休眠構造生存者生態上較重要。本菌菌絲猶如其他菌者，缺少養分時易被分解 (lysis) 或被侵害<sup>(11,95)</sup> 短程及中程期間之生存，有賴游走子及游走子囊，如馬鈴薯晚疫病菌 (*P. infestans*)，游走子囊能在 15°C，25% MHC 下經 77 天仍具致病力<sup>(117)</sup>。長程者則藉厚膜孢子及卵孢子。在 *Phytophthora palmivora* (*P. parasitica*)，最近發現菌絲中細胞質可聚合而形成小形之“厚膜孢子”，可能生存相當長之時間，環境適宜時，能逸散一個游走子<sup>(1)</sup>。

*P. ultimum* 在 -18°C 下能生存 2 年，風乾土壤內達 12 年<sup>(49,82)</sup>，其游走子囊則能生存達 11 個月<sup>(55)</sup>。油質及鈣能促進卵孢子之形成，並提高其生存能力<sup>(76,87,116)</sup>。*P. myriotylum* 在非原產地可由菌絲狀態生存 1 個月之久，較原產地為久，可能與後者有抗生素所致<sup>(27)</sup>。

### 發 芽

本菌之發芽方式有二，一為抽出發芽管，一為放出游走子，亦有兩方式兼具者<sup>(21)</sup>，如 *Phytophthora infestans* 之游走子囊於 12-15°C 時放出游走子，24-28°C 時抽出發芽管。休眠孢子則需有刺激才能發芽。卵孢子在風乾 6 年後，使土壤保溼 15 天方能顯現與未風乾者相同之致病性，12 年後者則需保溼 90 天<sup>(49)</sup>。種籽及根之某種分泌物，能使休眠孢子發芽<sup>(5,6,9,13,17,90)</sup>。如根分泌物刺激 *Pythium mamillatum* 卵孢子之發芽<sup>(9)</sup>，其有效距離為土壤溼度 28 % 時，距離種籽表面一公分，溼度減低時，有效距離縮短<sup>(10)</sup>。又蝸牛之消化液能使卵孢子發芽之報告頗多，如 *Phytophthora megasperma* 等經蝸牛 (*Helix aspersa*) 吞食排泄後，發芽率可高達 93%。由蝸牛純化所得酵素 (beta-glucuronidase) 處理，可得 52.3% 之發芽率<sup>(91)</sup>。*Pythium aphanidermatum* 之卵孢子無休眠期，由已病組織之腐爛而釋放，若遇外界有營養，則抽出發芽管發芽，直接侵入寄主或頂端形成游走子囊，若無營養時，則在土面以產生游走子方式發芽<sup>(15,97)</sup>。此等發芽在土壤濕潤時，因能被利

用養分之增加而增多<sup>(93)</sup>。厚膜孢子亦能由發芽管或產生游走子方式發芽<sup>(79)</sup>。

*P. ultimum* 游走子囊貯存於濕土及乾土經 11 個月後，加入營養分於土壤中經一小時半即可開始發芽，3 小時後發芽達高峯<sup>(96)</sup>。土壤中“真菌抑制作用”(mycostasis)可阻止其發芽，但若經蒸餾水水洗，經消毒或加入營養分時，即可發芽<sup>(4)</sup>。因競爭食物能力差，且休眠孢子之發芽及生長極迅速，因此本菌常呈菌絲狀態，菌絲之歸宿有下列三端：①分解，②侵害感染植物或，③形成新的休眠構造。若缺乏寄主或其他食物時，形成休眠構造後之菌絲即行分解。該菌在感染作物根圈之生長較非感染性者旺盛<sup>(7)</sup>。根分泌物中之醣類及氨基酸，常為本菌發芽體(germlings)之良好營養<sup>(5,6,9,17,62,68,90)</sup>。

*Pythium aphanidermatum* 之游走子於 24°C 時，30 分鐘內即成“包膜”(encyst)，並已抽出發芽管與菜豆地上部接觸而侵入。經培養 24 小時之菌絲，則需 10 小時才能形成附著器而侵入，侵入後兩者之侵害速度無差別<sup>(54)</sup>。利用木瓜幼苗接種“活動”游走子及“不活動”游走子結果，發病率在前者為後者之四倍餘<sup>(56)</sup>。*P. ultimum* 之游走子抽出發芽管於 2 小時內侵入棉株組織內，菌絲則需 12 小時<sup>(54)</sup>，同菌侵入桃樹根部需 5~8 小時，由附著器抽出侵入菌絲(infection peg)，貫穿表皮細胞相接觸處侵入，24 小時後侵入皮層，36 小時後達中心柱。寄主組織被害後，細胞互相解離，被害部則局限於未發生第二次增厚之細胞壁<sup>(77)</sup>。細胞之木質化可阻止 *Pythium splendens* 在瓜苗內之進展<sup>(73)</sup>。

### 游走子之習性

游走子囊及游走子在自然界及人工培養基上都能形成，有時則需用離子水或用礦物鹽水洗菌落才能大量形成<sup>(18)</sup>。游走子可在水中漂流或被風雨帶到田間，成為本病原較遠距離傳播之一重要途徑。游走子因趨化性而游動之速度在 *P. aphanidermatum* 約為每秒 40 $\mu$ ，即每小時 144mm<sup>(89)</sup>。但 *Phytophthora cinnamomi* 者無法游到相距 3 吋遠之寄主根部<sup>(65)</sup>。游走子為一頗有效之接種原，如 *Phytophthora fragariae*<sup>(44)</sup> 生長於瓊脂上之菌絲裝埋入溼土時，無法繼續生長，但易形成游走子囊及逸散游走子，排水良好地區若常灌水則侵害增大，但積水狀況地區反難侵害。游走子因能游動而常集中到寄主被害處表面而增加接種能，倘未能遇及寄主則頗易失去其侵害能力。

游走子呈腎狀，側面具二鞭毛，一為 whiplash，一為 tinsel type，滑動有力，停止後“包膜”(encystment)及發芽。游動時間數分鐘至數天，低溫時較緩慢，但游動時間延長，高溫則剛相反。如 *Phytophthora infestans* 在 10°C 以下時游走子之游動時間為 20~24 小時<sup>(16,75)</sup>。在 10~15°C 時 *P. parasitica* var. *nicotianae*<sup>(32)</sup>，*P. fragariae*<sup>(30)</sup> 及 *P. megasperma* var. *sojiae*<sup>(31)</sup> 依序為 8，15 及 48 小時。在不適溫度游走子生命極短，如 *P. citrophthora* 在 12.5°C 時為 24 小時，24°C 則只 1 小時而 7°C 時只數秒<sup>(67)</sup>。酸鹼度不適時，游走子立即不活動，且未“包膜”就死亡，或“包膜”後爆裂(burst)。爆裂在極純蒸餾水內及高滲透壓液下亦發生。若加以機械干擾，可使懸浮液內游走子立即“包膜”後正常發芽，游走子失去活動力後變成圓形，並分泌物質形成薄膜細胞壁。

“包膜”前游走子活動緩慢，且步調不一，鞭毛縮短而脫落。營養充足時“包膜”後抽出發芽管，不足時則直接再形成游走子或抽發芽管，但立即在頂端形成一游走子囊，內生一正常之游走子。再度形成游走子對本菌之生存及尋找寄主有極大之助益。

游走子之游動雖無定向，但似受寄主葉、莖及根分泌物之誘導。葉片氣孔常引誘 *Phytophthora syringae*<sup>(64)</sup> 之游走子，但 *P. infestans* 者則在葉全面“包膜”而不受氣孔之誘導<sup>(50)</sup>。*Pythium aphanidermatum* 在豌豆上<sup>(90)</sup>集積於幼苗之嫩芽及幼葉。游走子集積根部現象早已引起學者之注

意。*Phytophthora fragariae* 之游走子在寄主及非寄主近根頂端及根毛帶“包膜”，其他部位較少<sup>(30)</sup>。酪梨根部插入 *P. cinnamomi* 游走子懸浮液數分鐘後，游走子多趨化根伸長帶，經 30~60 分“包膜”並抽出發芽管而發芽。“包膜”之游走子數與根部相距長短成反比，但離根 3mm 處之發芽管皆向根部<sup>(118)</sup>，此等現象被認為典型者。*Pythium aphanidermatum* 在豌豆及其他寄主根部亦有此等現象<sup>(90)</sup>。根部受傷處亦能引誘游走子，利用老根切端試驗證實誘導物可能出自中心柱。除外已知者另有列三方式，即 (a) 游走子沿根成束帶狀，而靠根頂端處最多<sup>(12,47)</sup>，如 *Phytophthora megasperma* var. *sojae*，(b) 游走子僅“包膜”於根受傷處，如侵害菊花及糠穗草之 *Pythium aphanidermatum*<sup>(61)</sup> 及侵害菊花之 *P. polytylum*<sup>(60)</sup>。*Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* 則有報告僅聚集於未受傷處<sup>(22)</sup> 及呈近典型之聚集於未受傷根部之頂端及伸長帶<sup>(102)</sup>，此等差異，可能因寄主生育於不同條件所致<sup>(87)</sup>；(c) 未能引誘游走子及聚集<sup>(22,74,77,118)</sup>。*P. cinnamomi* 之游走子被引誘到寄主之酪梨根，但不為非寄主如蕃茄，菸草及柑桔根所引誘<sup>(118)</sup>。反之，*P. citrophthora* 亦為其寄主柑桔根所引誘，但不為非寄主酪梨所引誘。更進者酪梨之中等抗病性品種，其引誘力較感病者為弱。侵害之 *P. palmivora* 在不同抗感性之寄主上，亦呈現同一現象<sup>(105)</sup>。

根分泌物對游走子引誘之研究，於利用 *Pythium aphanidermatum*<sup>(90)</sup> 結果，得知下列三種現象：(a) 以 0.01% casein hydrolysate 可引誘游走子暫聚集於細細管口，但不能“包膜”；(b) 1% casein hydrolysate 加入 1% 磷酸二氫鉀及 1% 磷酸二氫鈉時，游走子可被引誘而聚集，並呈“包膜”；(c) 1% casein hydrolysate 加入果糖，葡萄糖及蔗糖各 1% 時，有趨化，引誘及呈“包膜”作用。單一物質能產生 (c) 之作用者，只有 glutamic acid，且需溶在弱鹽基（氨，甲基氨）而 pH 為 5.4 及 7。若溶於強鹽基（鉀、鈉、氯）則未呈此等現象。*P. cinnamomi* 之游走子對 0.2~25mM 濃度之酒精具趨化性<sup>(8)</sup>，根圈在浸水條件下酒精含量可高達 5mM(230ppm)，而平常則僅為 0.2mM(10ppm)。

弱電流可使本菌游走子趨向負極，利用七種 *Phytophthora* 菌於脫鹽中研究結果，可歸下列三種反應<sup>(53)</sup>：A 型（引誘型），電流小於 0.5 $\mu$ A 時，游走子自動游向負極，“包膜”後發芽，但發芽管並不全向電極；B 型（反撥型）電流稍強於 0.5 $\mu$ A 時，游走子被誘至負極所產生之“阻擋層”後，“包膜”並發芽；C 型（不動化），即電流強於 0.5 $\mu$ A 時，游走子在正極所影響範圍內被吸著而不能游動，停止後“爆裂”，其未“爆裂”者，不發芽或極少數發芽。對電流反應之最高峯，於通電 20~40 秒後發生。至於改用有機酸類、醣類、代謝抑制劑及表面活性劑類取代脫鹽水時，其反應仍視電流之強弱而定。10~14 $\mu$ A 電流可使 *P. parasitica* var. *nicotianae*<sup>(102)</sup> 之游走子游向負極，但 *Pythium aphanidermatum*<sup>(87)</sup> 和 *Phytophthora megasperma* var. *sojae*<sup>(47)</sup> 則未能加以證實，後者對於 0.1~0.8 $\mu$ A 電流則有反應，很快就呈“包膜”。若電流不足 0.1 $\mu$ A 則無反應。電流反應僅對較成熟游走子有效，但趨化性則不拘游走子之老幼皆有效。負電是否真正能引誘游走子，仍待更多事實證明<sup>(46)</sup>。但根伸長帶及根部受傷處之負荷電，對游走子之附着性有極大助益。

## 分 離

本菌在土壤中分佈雖廣，但需用特殊方法才能分離得到。本菌多繁衍於鬚根最發達處。如 *Pythium graminicola* 在土層 7.5~67.5cm 深處較多，過淺及更深處極少<sup>(58)</sup>。利用根部分離及幼苗發病指示結果亦同。利用定量方法得知本菌密度由根帶向下密度愈低，但 90cm 深處仍可分離到。密度之高低與發病之關係因分離法環境不同而異，需有長期經驗才能求得相關。

本菌可由誘餌法從土中直接分離，即把活組織置入土中或把土樣塞入組織中時，植物對腐生菌具有抵抗力但感染本菌而能加以隔離。被害部置瓊脂上即可分離到本菌，是分離本菌最簡單之方法，但

沒有一種誘餌適合所有本菌。如 Campbell 氏用蘋果<sup>(16)</sup> 果實分離 *Pythium ultimum*, *P. vexans*, *P. splendens* 和 *P. helicoides*-*P. oedochilum* 群, 但不適合 *P. irregulare*-*P. debaryanum* 群, 雌雄異絲之 *Pythium* spp. 及 *P. spinosum* 等。柑桔葉片法<sup>(34)</sup> 及亞麻種籽對引誘易形成游走子之 *Pythium* 頗適宜。其他如胡瓜、柑桔、檸檬、茄子等果實, 酪梨根及羽扁豆幼苗等, 對某些種類之分離頗適宜, 用材當視研究對象而選擇優者。

1950 年代開始應用抗生素配成選擇性培養基 (selective media), 從病組織及土壤分離本菌, 抗生素多使用 polyene, 再加入其他化學藥品如 PCNB (pentachloronitrobenzene)、streptomycin 及 rose bengal。至於其他要注意者有瓊脂濃度、酸鹼度、培養溫度及時間, 分離前培養基濕度等等<sup>(23,89)</sup>。沒食子酸 (gallic acid) 頗適合抑制猝倒菌科以外菌類之生長<sup>(23)</sup>。最常用的培養基應為每克土壤分離 250 菌落, 較新方法可達 500 個或更多者<sup>(103)</sup>。選擇性培養基亦與植物誘餌法相似, 單一培養基未能適合所有猝倒菌。如沒食子酸培養基可分離 *P. acanthium*~*P. aligandrum* 群, *P. ultimum* 和 *P. vexans*, 而 Kerr 氏培養基適合於 *P. afertile*、*P. aphanidermatum* 和 *P. dissotocum*~*P. perniciosum* 群<sup>(40)</sup>。

若要知道土壤中猝倒菌科之種類, 最好辦法乃併用修改 Kerr 氏培養基、沒食子酸培養基, Campbell 氏蘋果捉菌法、亞麻種籽誘餌及柑桔葉片捉菌法。欲以定量法探知其與發病程度之關係頗為困難, 但可做為最少菌量致病之參考。

## 防 治

本菌一旦發生後, 因產生卵孢子及厚膜孢子能在土中生存多年, 而此等休眠構造只能用土壤燻蒸方法消滅, 因此大面積防治本菌殊非易事<sup>(42)</sup>, 經濟價值較高之作物方能採用<sup>(114)</sup>。小面積則可由土壤低溫蒸氣消毒, 區高溫可殺死抗生菌, 不適用。

燻蒸多用 chloropicrin 或溴化甲烷, 或兩者混用, 本法已成為苗床及園藝上之標準處理法<sup>(42, 83)</sup>。種植草皮前全面處理, 或如桃樹等果園可用“點穴”處理之。燻蒸劑之另一作用為可殺死使本菌繁衍之雜草。此等藥劑燻蒸不致殺死所有土壤菌類, 燻蒸後數週內細菌增加, 隨之其他土壤菌亦增多<sup>(48)</sup>, 最理想之環境乃使腐生菌繁衍而抑止本菌之為害。燻蒸後由於土壤生物相之變化, 可暫時除去本菌及其他病菌, 但本菌若有機會侵入燻蒸後之土中則繁衍頗速, 而造成較燻蒸前更烈之為害, 尤其“點穴”燻蒸時, 危險性更大<sup>(22, 42, 64, 106)</sup>。Dexon 和其他土壤殺菌劑低量使用時, 可有效抑止本菌之再度侵害<sup>(42, 119)</sup>, 其有效程度受土壤構造、濕度, 及其他因素而定<sup>(83)</sup>。

土中添加鋸屑, 樹皮及其他作物殘渣或綠肥, 有時能防治本菌之為害<sup>(107)</sup>, 此乃增加抗本菌及其他土壤病菌微生物繁衍所致。苗床添加上述有機物因而導致之營養問題有時較病害更難處置。病土中挖小洞填充無本菌之“處女土”(virgin soil) 以育木瓜苗可防治 *Phytophthora palmivora* 引起之木瓜幼苗根腐病, 此乃填充土之抗拮性及苗長大後對病菌具抗性所致<sup>(59)</sup>。林木根部菌根 (mycorrhiza) 寄生處, 可抑制本菌之侵入<sup>(70)</sup>。防治由本菌引起之病害, 一般注重調節環境, 如地點之選擇, 控制濕度, 施肥適宜及適當溫度, 更配合以土壤燻蒸及使用土壤殺菌劑<sup>(35, 64, 67, 100)</sup>。環境調節在溫室或可達某種程度, 但不適在田間大規模採用。

輪作雖可減少土中病菌密度, 但以本菌之寄主範圍廣, 因此未能收到預期效果。又不同作物對濕度要求不一, 且供不同程度遮陰而影響土壤環境, 遂使本菌相之變異甚大。

近年來系統性殺菌劑如 chloroneb (1,4-dichloro-2,5-dimethoxybenzene) 於溫室內噴洒葉片時, 能防治 *P. aphanidermatum* 引起之蕃茄、青椒、菜豆及 rye grass 之病害, 灌入土中亦可收效。是否能適用於田間, 仍待證實<sup>(67)</sup>。Captan、ferbam、thiram 和 zineb 等藥劑, 亦在溫

室試驗證明能控制本菌引起之根部病害，Thiram-captan 混合液灌土時，在佛州之溫室收到防治 *P. aphanidermatum* 所致之菊萎凋病。馬鈴薯晚疫病及其它地上部病害亦能以噴洒藥劑而防治之。

作物品種間對本菌之抗感性有極大之差異，利用抗病品種為防治之最佳方法。如馬鈴薯、甘蔗<sup>(83)</sup>、菜豆<sup>(8)</sup>、紅花<sup>(99)</sup>及其他各種作物<sup>(72)</sup>。但棉株則尚未證實其有抗病品種之存在<sup>(71)</sup>。惟以本菌多數為多犯性，育種工作實難獲得成功，尚有待於今後更多之努力。

### 參 考 文 獻

1. 溫總祥 1973. *Phytophthora parasitica* Dast. 大小孢囊形成因子及形態發生過程的研究。中興大學碩士論文 106p.
2. Adegbola, M. O. K., and D. J. Hagedorn. 1969. Symptomatology and epidemiology of *Pythium* bean blight. *Phytopathology* 59:1113-1118.
3. Adegbola, M. O. K., and D. J. Hagedorn. 1970. Host resistance and pathogen virulence in *Pythium* blight of bean. *Phytopathology* 60: 1477-1479.
4. Agnihotri, V. P., and O. Vaartaja. 1967. Effects of amendmets, soil moisture contents, and temperatures on germination of *Pythium* sporangia under influence of soil mycostasis. *Phytopathology* 57:1116-1120.
5. Agnihotri, V. P., and O. Vaartaja. 1968. Seed exudates from *Pinus resinosa* and their effects on growth and zoospore germination of *Pythium afertile*. *Can. J. Bot.* 46:1135-1141.
6. Agnihotri, V. P., and O. Vaartaja. 1970. Effect of seed exudates of *Pinus resinosa* on the germination of sporangia and on the population of *Pythium irregulare* in the soil. *Plant Soil* 32: 246-249.
7. Alicbusan, R. V., T. Ichitani, and M. Takahashi. 1965. Ecologic and taxonomic studies on *Pythium* as pathogenic soil fungi. III Population of *Pythium ultimum* and other microorganisms in rhizosphere. *Bull. Univ. Osaka Pref. (Series B)* 15: 59-64.
8. Allen, R. N., and F. J. Newhook. 1973. Chemotaxis of zoospore of *Phytophthora cinnamomi* to ethanol in capillaries of soil pore dimensions. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 61: 287-302.
9. Barton, R. 1957. Germination of oospores of *Pythium mamillatum* in response to exudates from living seedlings. *Nature* 180: 613-614.
10. Barton, R. 1958. Occurrence and establishment of *Pythium* in soils. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 41:207-222.
11. Barton, R. 1961. Saprophytic activity of *Pythium mamillatum* in soils. II. Factors restricting *P. mamillatum* to pioneer colonization of substrates. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 44: 105-118.
12. Berlin, J. D., and C.C. Bowen. 1964. Centrioles in the fungus *Albugo candida*. *Amer. J. Bot.* 51:650-652.
13. Biesbrock, J. A., and F. F. Hendrix. 1970. Influence of soil water and temperature on root necrosis of peach caused by *Pythium* spp. *Phytopathology* 60: 880-882.
14. Braun, H. 1924. Geranium stem rot caused by *Pythium complectens*, n. sp. *J. Agr. Res.* 29: 399-419.
15. Eurr, T. J., and M.E. Stanghellini. 1973. Propagule nature and density of *Pythium aphanidermatum* in field soil. *Phytopathology* 63: 1499-1501.
16. Campbell, W. A. 1949. A method of isolating *Phytophthora cinnamomi* from soils. *Plant Dis. Repr.* 33:134-135.

17. Chang-Ho, Y. 1970. The effect of pea root exudate on the germination of *Pythium aphanidermatum* zoospore cysts. *Can. J. Bot.* 48: 1501-1514.
18. Chen, D.W., and G.A. Zentmyer. 1970. Production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi* in axenic culture. *Mycologia* 62: 397-402.
19. Crosier, W. 1933. Culture of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 23: 713-720.
20. Cox, R. S. 1969. Control of Pythium wilt of *Chrysanthemum* in South Florida. *Plant Dis. Reprtr.* 53:912-913.
21. Drechsler, C. 1946. Zoospore development from oospores of *Pythium ultimum* and *Pythium debaryanum* and its relation to rootlet-tip discoloration. *Plant Dis. Reprtr.* 30: 226-227.
22. Dukes, P. D., and J. L. Apple. 1961. Chemotaxis of zoospores of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* by plant roots and certain chemical solutions. *Phytopathology* 51: 195-197.
23. Flowers, R. A., and J.W. Hendrix. 1969. Gallic acid in a procedure for isolation of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* and *Pythium* spp. from soil. *Phytopathology* 59: 725-731.
24. Frank, Z.R. 1968. Pythium root rot of peanut. *Phytopathology* 58: 542-543.
25. Frank, Z. R. 1974. Effect of constant moisture levels on Pythium rot of peanut pods. *Phytopathology* 64: 317-319.
26. Gardner, D. E., and F. F. Hendrix, Jr. 1973. Carbon dioxide and oxygen concentrations in relation to survival and saprophytic growth of *Pythium irregulare* and *Pythium vexans* in soil. *Can. J. Bot.* 51:1593-1598.
27. Garren, K.H. 1971. Persistence of *Pythium myriotylum* in soils. *Phytopathology* 61:596-597.
28. Gay, J. D., and S. M. McCarter. 1968. Stem rot of snap bean in southern Georgia caused by *Pythium myriotylum*. *Plant Dis. Reprtr.* 52:416.
29. Gill, D. L. 1970. Pathogenic Pythium from irrigation ponds. *Plant Dis. Reprtr.* 54:1077-1079.
30. Goode, P. M. 1956. Infection of strawberry roots by zoospores of *Phytophthora fragariae*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 39: 367-377.
31. Gooding, G. V., and G. E. Lucas. 1959. Effect of inoculum on the severity of tobacco black shank. *Phytopathology* 49: 274-276.
32. Gooding, G.V., and G.E. Lucas. 1959. Factors influencing sporangial formation and zoospore activity in *Phytophthora parasitica* var *nicotianae*. *Phytopathology* 49:277-281.
33. Griffin, D.M. 1963. Soil physical factors and the ecology of fungi. II. Behaviour of *Pythium ultimum* at small soil water suctions. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46:368-372.
34. Grimm, G.R., and A.F. Alexander. 1970. Citrus leaf pieces as trap for soil-borne *Phytophthora* spp. *Phytopathology* 60:1294.
35. Hanan, J.J., R.W. Langhans, and A. W. Dimock. 1963. Pythium and soil aeration. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 82: 574-582.
36. Haskins, R.H. 1965. Sterols and temperature tolerance in the fungus *Pythium*. *Science* 150: 1615-1616.
37. Hendrix, J.W. 1964. Sterol induction of reproduction and stimulation of growth of *Pythium* and *Phytophthora*. *Science* 144:1028-1029.
38. Hendrix, F. F., Jr., W. M. Powell, and J.H. Owen. 1966. Relation of root necrosis caused by *Pythium* species to peach tree decline. *Phytopathology* 56:1229-1232.
39. Hendrix, F. F., Jr., and E. G. Kuhlman. 1965. Factors affecting direct recovery of *Phytophthora cinnamomi* from soil. *Phytopathology* 55:1183-1187.

40. Hendrix, F. F., Jr., and W. A. Campbell. 1970. Distribution of *Phytophthora* and *Pythium* species in soils in the continental United States. *Can. J. Bot.* 48:377-384.
41. Hendrix, F.F., Jr., W.A. Campbell, and J.B. Moncrief, 1970. *Pythium* species associated with golf turf grasses in the south and southeast. *Plant Dis. Repr.* 54:419-421.
42. Hendrix, F.F., Jr., and W.M. Powell. 1970. Control of root pathogens in peach decline sites. *Phytopathology* 60: 16-19.
43. Hendrix, F. F., Jr., and W. A. Campbell. 1973. *Pythiums* as plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 11: 77-98.
44. Hickman, C.J., and M.P. English. 1951. Factors influencing the development of red core in strawberries. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 34:223-236.
45. Hickman, C. J. 1962. Physiologic races of *Phytophthora fragariae*. *Ann. Appl. Biol.*, 50: 95-103.
46. Hickman, C. J., and H. H. Ho. 1966. Behaviour of zoospore in plant pathogenic *Phycomycetes*. *Annu. Rev. Phytopath.* 4:195-220.
47. Ho, H.H. (Unpublished data).
48. Hodges, C. S. 1959. Studies on black root rot of pine seedlings. Ph. D. Thesis, University of Georgia, Athens, Ga. 120 pp.
49. Hoppe, P. E. 1966. *Pythium* species still viable after 12 years in air dried muck soil. *Phytopathology* 56:1411.
50. Hori, M. 1935. On the relation between cell contents and the infection in *Phytophthora infestans*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 5:10-22.
51. Hsu, Dien-sie, and F. F. Hendrix., Jr. 1973: Influence of *Criconeimoides quadricornis* on pecan feeder root necrosis caused by *Pythium irregulare* and *Fusarium solani* at different temperatures. *Can. J. Bot.* 51 : 1421-1424.
52. Johnson, A. W., and R. H. Littrell. 1970. Pathogenicity of *Pythium aphanidermatum* to chrysanthemum in combined inoculations with *Belonolaimus longicaudatus* or *Meloidogyne incognita*. *J. Nematol.* 2: 255-259.
53. Khew, K.L., and G.A. Zentmyer. 1974. Electrotactic response of zoospores of seven species of *Phytophthora*. *Phytopathology* 74: 500-507.
54. Kim, S. H., J. G. Kantzes, and L. O. Weaver. 1974. Infection of aboveground parts of bean by *Pythium aphanidermatum*. *Phytopathology* 64:373-380.
55. Kisiel, M, K. Deubert, and B. M. Zuckerman. 1969. The effect of *Tylenchus agricola* and *Tylenchorhynchus claytoni* on root rot of corn caused by *Fusarium roseum* and *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 59: 1387-1390
56. Kliejunas, J.T., and W.H. Ko. 1974. Effect of motility of *Phytophthora palmivora* zoospores on disease severity in papaya seedlings and substrate colonization in soil. *Phytopathology* 64: 426-428.
57. Klotz, L. J. 1940. Studies on *Phytophthora citrophi*. *Phytopathology* 30:14. (Abstr.)
58. Knaphus, G., and W. F. Euchholtz. 1958. Vertical distribution of *Pythium graminicolum* in soil. *Iowa State College J. Sci.* 33: 201-207.
59. Ko, W.H. 1971. Biological control of seedling root rot of papaya caused by *Phytophthora palmivora*. *Phytopathology* 61:782.
60. Koike, H., and S. Yang. 1971. Influence of sugarcane mosaic virus strain H and *Pythium*

- graminicola* on growth of sugarcane. *Phytopathology* 61:1090-1092.
61. Kraft, J. M., and R. M. Endo. 1966. Zoospore infection of bentgrass roots by *Pythium aphanidermatum*. *Phytopathology* 56:149. (Abstr.)
  62. Kraft, J. M., and D. C. Erwin. 1967. Stimulation of *Pythium aphanidermatum* by exudates from mung bean seeds. *Phytopathology* 57: 866-868.
  63. Kraft, J. M., and D. C. Erwin. 1968. Effects of inoculum substrate and density on the virulence of *Pythium aphanidermatum* to mung bean seedlings. *Phytopathology* 58: 1427-1428.
  64. Kraft, J. M., W. A. Haglund, and T. P. Reiling. 1969. Effect of soil fumigants on control of pea root rot pathogens. *Plant Dis. Repr.* 53: 776-780.
  65. Kuhlman, E. G. 1964. Survival and pathogenicity of *Phytophthora cinnamomi* in several western Oregon soils. *Forest Sci.* 10: 151-158.
  66. Leach, L. D. 1947. Growth rates of host and pathogen as factors determining the severity of preemergence damping-off. *J. Agr. Res.* 75:161-179.
  67. Littrell, R. H., J. D. Gay, and H. D. Wells. 1969. Chloroneb fungicide for control of *Pythium aphanidermatum* on several crop plants. *Plant Dis Repr.* 53:913-915.
  68. Lorio, P. L. 1966. *Phytophthora cinnamomi* and *Pythium* species associated with loblolly pine decline in Louisiana. *Plant Dis. Repr.* 50: 596-597.
  69. Lumsden, R. D., and F. A. Haasis. 1964. *Pythium* root and stem diseases of chrysanthemum. *North Carolina Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 158.
  70. Marx, D. M. 1973. Growth of ectomycorrhizal and nonmycorrhizal shortleaf pine seedlings in soil with *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 63: 18-23.
  71. Mathre, D. E., and J. D. Otta. 1967. Sources of resistance in the genus *Gossypium* to several soil-borne pathogens. *Plant Dis. Repr.* 51:864-866.
  72. McCarter, S. M., and R. H. Littrell. 1970. Comparative pathogenicity of *Pythium aphanidermatum* and *Pythium myriotylum* to twelve plant species and intraspecific variation in virulence. *Phytopathology* 60: 264-268.
  73. McClure, T. T., and W. R. Robbins. 1942. Resistance of cucumber seedlings to damping-off as related to age, season of year, and level of nitrogen nutrition. *Bot. Gaz.* 103:684-697.
  74. McIntosh, D.L. 1964. *Phytophthora* spp. in soils of the Okanagan and Similkameen Valleys of British Columbia. *Can. J. Bot.* 42:1411-1415.
  75. Melhus, I. E. 1915. Germination and infection with the fungus of the late blight of potato (*Phytophthora infestans*). *Wisconsin Agr. Expt. Sta. Res. Bull.* 37:64 pp.
  76. Middleton, J. T. 1943. The taxonomy, host range and geographic distribution of the genus *Pythium*. *Mem. Torrey Bot. Club.* 20: 1-171.
  77. Miller, C. R., W. M. Dowler, D. H. Peterson, and R. P. Ashworth. 1966. Observations on the mode of infection of *Pythium ultimum* and *Phytophthora cactorum* on young roots of peach. *Phytopathology* 56:46-49.
  78. Mircetich, S. M. 1971 The role of *Pythium* in feeder roots of diseased and symptomless peach trees and in orchard soils in peach tree decline. *Phytopathology* 61:357-360.
  79. Mircetich, S. M., G. A. Zentmyer, and J. E. Kendrick, Jr. 1968. Physiology of germination of chlamydospores of *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 58: 666-671.
  80. Moore, L. D., and H. B. Couch. 1961. *Pythium ultimum* and *Helminthosporium vagans* as

- foliar pathogens of Gramineae. Plant Dis. Repr. 45: 616-619.
81. Moore, L. D., H. B. Couch, and J. R. Bloom. 1963. Influence of environment on diseases of turfgrasses. III Effects of nutrition, pH, soil temperature, air temperature and soil moisture on *Pythium* blight of highland bentgrass. Phytopathology 53: 53-57.
  82. Munnecke, D. E., and B. J. Moore. 1969. Effect of storage at -18°C of soil infested with *Pythium* or *Fusarium* on damping-off of seedlings. Phytopathology 59:1517-1520.
  83. Munnecke, D. E., B. J. Moore, and F. Abu-El-Haj. 1971. Soil moisture effects on control of *Pythium ultimum* or *Rhizoctonia solani* with methyl bromide. Phytopathology 61:194-197.
  84. Noviello, C., and W. C. Snyder. 1962. A *Phytophthora* disease of fennel. Phytopathol. Z. 46: 139-163.
  85. Poole, R. F. 1934. Sweet-potato ring rot caused by *Pythium ultimum*. Phytopathology 24: 807-814.
  86. Rands, R. D., and E. Dopp. 1938. *Pythium* root rot of sugarcane. USDA Tech. Bull. 666.
  87. Rovira, A. D. 1965. Plant root exudates and their influence upon soil microorganisms. In Ecology of Soil-Borne Plant Pathogens 170-184. (Baker, K. F., and Snyder, W. C., Eds., Univ. California Press, Berkeley, Calif. 571 pp.)
  88. Royle, D. J. (Unpublished data)
  89. Royle, D. J. 1963. The behaviour of zoospores of *Pythium aphanidermatum* in response to roots, root substances and chemical compounds. (Doctoral thesis, Univ., Western Ontario, London, Canada 194pp)
  90. Royle, D. J., and C. J., and C. J. Hickman. 1964. Analysis of factors governing in vitro accumulation of zoospores of *Pythium aphanidermatum* on roots. II. Substances causing response. Can. J. Microbiol. 10:201-219.
  91. Salvatore, M. A., F. A. Gray, and R. E. Hine. 1973. Enzymatically induced germination of oospores of *Phytophthora megasperma*. Phytopathology 63:1083-1084.
  92. Savory, P. M. Specific replant diseases. Commonwealth Agr. Bur. Res. Rev. No. 1.
  93. Singh, R. S., and J. E. Mitchell. 1961. A selective method for isolation and measuring the population of *Pythium* in soil. Phytopathology 51: 440-444.
  94. Sleeth, E. 1953. Winter Haven decline of citrus. Plant Dis. Repr. 37: 425-426.
  95. Stanghellini, M. E., and J. G. Hancock. 1971. The sporangium of *Pythium ultimum* as a survival structure in soil. Phytopathology 61:157-164.
  96. Stanghellini, M. E., and J. G. Hancock. 1971. Radial extent of the bean spermosphere and its relation to the behavior of *Pythium ultimum*. Phytopathology 61:165-168.
  97. Stanghellini, M. E., and T. J. Burr. 1973. Germination in vivo of *Pythium aphanidermatum* oospores and sporangia. Phytopathology 63: 1493-1496.
  98. Stanghellini, M. E., and T. J. Burr. 1973. Effect of soil water potential on disease incidence and oospore germination of *Pythium aphanidermatum*. Phytopathology 63: 1496-1498.
  99. Thomas, C. A. 1960. Effect of seedling age on *Pythium* root rot of safflower. Plant Dis. Repr. 54: 1010-1011.
  100. Tompkins, C. M., and J. T. Middleton. 1950. Etiology and control of poinsettia root and stem rot caused by *Pythium* spp. and *Rhizoctonia solani*. Hilgardia 20: 171-182.
  101. Tompkins, C. M. 1950. *Pythium* rot of pink and yellow calla corms and its control. Hilgardia 20:183-190.

102. Troutman, J. L., and W. H. Wills. 1964. Electrotaxis of *Phytophthora parasitica* zoospores and its possible role in infection of tobacco by the fungus. *Phytopathology* 54: 225-228.
103. Tsao, P. H. 1970. Selective media for isolation of pathogenic fungi. *Ann. Rev. Phytopathol.* 8: 157-186.
104. Tucker, C. M. 1931. Taxonomy of the genus *Phytophthora* de Bary. *Res. Bull. Mo. Agr. Exp. Sta.* 153.
105. Turner, P. D. 1963. Influence of root exudates of cacao and other plants on spore development of *Phytophthora palmivora*. *Phytopathology* 53: 1337-1339.
106. Vaartaja, O. 1967. Reinfestation of sterilized nursery seedbeds by fungi. *Can. J. Microbiol.* 13:771-776.
107. Vaartaja, O., and M. Bumbieris. 1964. Abundance of *Pythium* species in nursery soils in South Australia. *Aust. J. Biol. Sci.* 17:436-445.
108. Wager, V. A. 1931. Diseases of plants in South Africa due to members of the Pythiaceae. *Union S. Africa, Dept. Agr. Bull.* 105.
109. Waterhouse, G. M. 1956. The genus *Phytophthora*. Diagnoses (or descriptions) and figures from the original papers. *Kew. Misc. Publ. C. M. I.* 12.
110. Waterhouse, G. M. 1963. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. *Mycological Papers* No. 92. *C. M. I.* 22 p.
111. Waterhouse, G. M. 1967. Key to *Pythium* Pringsheim. *Commonwealth Mycol. Inst. Mycol. Papers* 109.
112. Waterhouse, G. M. 1968. The genus *Pythium* Pringsheim. *Commonwealth Mycol. Inst. Mycol. Papers* 110.
113. Webster, R. K., D. H. Hall, J. Heeres, C. M. Wick, and D. M. Erandon. 1970. *Achlya klebsiana* and *Pythium* species as primary causes of seed rot and seedling disease of rice in California. *Phytopathology* 60: 964-968.
114. Wilhelm, S. 1965. *Pythium ultimum* and the soil fumigation growth response. *Phytopathology* 55: 1016-1020.
115. Yale, J. W., and E. K. Vaughan. 1962. Effects of mineral fertilizers on damping-off of table beets. *Phytopathology* 52: 1285-1287.
116. Yang, C. Y., and J. E. Mitchell. 1965. Cation effect on reproduction of *Pythium* spp. *Phytopathology* 55:1127-1131.
117. Zan, K. 1962. Activity of *Phytophthora infestans* in soil in relation to tuber infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45: 205-221.
118. Zentmyer, G. A. 1961. Chemotaxis of zoospores for root exudates. *Science* 133: 1595-1596.
119. Zentmyer, G. A. 1973. Control of *Phytophthora* root rot of avocado with p-dimethylaminobenzenediazo sodium sulfonate (Dexon). *Phytopathology* 63: 267-272.