

# 木本植物褐根病之診斷鑑定與防治

安寶貞 研究員兼組長

行政院農業委員會農業試驗所

電子郵件：pjann@wefeng.tari.gov.tw；傳真：04-23338162

## 摘 要

由 *Phellinus noxius* 引起之褐根病 (brown root rot) 為造成台灣木本植物立枯死亡的最主要原因 (約佔 50%)。該病的外觀病徵可分為慢性與急性立枯兩種，與其他病菌引起的立枯病徵相似；而根部病徵特異，易與其他病害區別，為診斷鑑定之主要依據。罹患褐根病之木材組織變褐色，數月後白腐腐朽，並長出褐色網狀線紋(brown pocket)；罹病根的表皮上覆有褐色菌絲塊，並沾黏土塊石粒，故稱為褐根病。褐根病菌喜酸性、高溫多濕環境，為多犯性，寄主記錄超過兩百餘種，遍佈全台灣，但以中南部海拔八百公尺以下之貧瘠土壤易發病，無論是果園、觀光區、校園、行道樹、或是住家庭院，均可經常見到該病害的蹤影。褐根病的傳播主要靠健康根與病根的接觸、種苗帶菌、病土或機械傳播，病菌可在殘根中生活 5-10 年以上。有關診斷鑑定流程，包括：(1).巡視田間，檢查樹冠基部與裸露之根系有無長出褐色菌體；(2).當樹木出現生長衰弱情形時，檢視罹病木材上有無褐色網紋；或將罹病根段密封於塑膠袋內，於室溫下保持高濕 2-3 天，可誘發褐色菌體產生，以利辨識；(3).分生診斷技術尚在開發中。至於褐根病之防治，罹病末期的植物已無法治癒，但初期染病者或是鄰近健康植株可以進行預防作業，防治要領包括：(1).新墾殖地或重植時，應清除所有根系，避免殘根成為病菌之食物基質，誘發病害。(2).發病區處理：掘除死亡株之根系後燒毀，周圍病情輕微者與健株，施用撲克拉 (或三泰芬、滅普寧) + 尿素 + 鈣化合物 (1000 倍稀釋液)，每三個月灌注根部一次。並可在病株與健株間挖掘深溝以阻隔病原；重植時，土壤須經燻蒸消毒處理，根穴內可施尿素後淹水。(3).田間管理作業要點：使用根部無菌健康種苗；勿將病區土壤或來源不明之河砂與土壤覆蓋果園地面；病區作業後，須將工具、鞋底消毒，再進入健康果園作業或無病區 (校園、公園等) 遊玩；田間除草時，勿傷及樹冠；珍貴老樹的四周應圍以柵欄。(4).黑板樹、檬果非常耐病，可為重植替代植物。(5).廢耕區可進行一個月以上的浸水處理，以快速消滅病菌。此外，行政院農業委員會動植物防疫檢疫局已成立『植物褐根病診斷諮詢中心』，並出版『植物褐根病診斷與防治』摺頁，協助農民或其他相關人員防治該病害。

**關鍵詞：**褐根病、褐根病菌 (*Phellinus noxius*)、診斷鑑定、病害防治。

## 緒 言

近年來，台灣許多木本植物，包括果樹、觀賞植物及林木經常發生生長衰退、落葉、萎凋而終至枯死之現象。而依據植物病害名彙記載，引起植物立枯死亡的病原菌不下十數種，主要包括褐根病菌(*Phellinus noxius*)、疫病菌(*Phytophthora* spp.)、白紋羽病菌(*Rosellinia necatrix*)、靈芝類(*Ganoderma* spp.)、炭化菌(*Xylaria* spp.)、多種擔子菌、鐮孢菌及細菌青枯病菌等。其中，又以褐根病(brown root rot)為造成台灣木本植物立枯死亡的最主要原因(約佔50%以上)，堪稱台灣木本植物的殺手，無論是果園、森林、機關、學校、庭園、公園、街道及觀光景點，經常見到該病害的蹤影，不但造成經濟損失，而且嚴重破壞景觀。依據近十年來調查，褐根病遍佈全台，其寄主範圍廣泛，有記載之記錄超過120餘種。尤其，樹木經常在外觀病徵出現後不久後，即立枯死亡，因此須有快速診斷鑑定技術，及早確定病因，才能有效防治病害。在此，將褐根病在台灣的發生分布情形、寄主範圍、病徵、診斷鑑定技術、防治方法作一簡單介紹。

### 褐根病之田間發病情形、地理分布及寄主範圍

褐根病主要分布於熱帶與亞熱帶地區，在日本、中國大陸海南島亦有發現。目前褐根病寄主的世界記錄至少有59科超過200種(species)作物，重要者包括咖啡、茶、油椰子、橡膠等。在台灣的寄主記錄則有102屬226種，包括21種果樹、93種觀賞植物與林木、5種特用作物，及7種草本植物(表一)。

褐根病在全省各地均可發現，但以中南部高溫地區發生較為普遍；一般自平地至海拔一千公尺(嘉義番路)之山區均可發現病害的蹤影，但以海拔500公尺以下之山坡地與平原發生較普遍。褐根病在高冷地區亦偶有發現，但較不普遍。褐根病對土質之要求不甚嚴格，但以酸性砂質較貧瘠之土壤發病較嚴重；降雨多的年份，病勢進展較快，發病易較頻繁。

褐根病發生時，病害最初於田園中或道路旁以單株(或零星)染病方式發生，而後逐年由內向外(略呈輻射狀)蔓延；山坡地則一般由上向下擴展，罹病植物每年增加一至數株。如果沒有進行防治處理，約十數年後整個園地內所有感病之樹種植物均會陸續罹病死亡，只剩下較抗病之植物(如檸檬)存活。

### 褐根病之病徵

**地上部病徵：**從樹齡1-2年生之幼苗至40-50年生之大樹均可見到罹患褐根病之情形。病徵可分為急性與慢性兩種。楊桃、蓮霧、及少部份木本植物罹病時，植株慢慢出現生長衰弱，葉片稀疏、黃萎、落葉情形，罹病株約數月至一、二年後死亡，稱為慢性立枯(slow decline)

(圖一, A)。但大部分果樹得病後出現急速萎凋現象, 尤其在降雨多之季節, 罹病株之葉片褪色乾枯, 果樹於 1-2 月內死亡, 死亡果樹之葉片與果實並不立即脫落, 可以留在枯樹上數月之久, 稱為急性立枯 (quick decline) (圖一, B), 農民稱為“站著死”。有時, 罹病之葡萄或番荔枝在強修剪後, 停止再長新芽, 或是萌新稍後, 新芽立即枯萎 (圖一, C)。

**根部病徵：**罹病根部組織褐變, 一般病組織與健康組織間之界限並不十分明顯 (但番荔枝根系病變時, 會產生藍綠色, 與健康組織間之界限十分明顯 (圖二, A)。而後被感染之木材逐漸白化腐朽 (white rot), 約半年後完全腐朽, 在木材切面上可見到網紋狀之暗褐菌絲束 (brown net lines) (圖二, B)。褐根病菌之菌絲在樹皮內部蔓延, 樹根之表皮甚易剝離。罹病樹根外觀十分粗糙, 長有褐色菌絲塊, 並沾黏土塊石粒, 菌體並滲入土中 (圖二, C)。因而病徵十分容易辨識, 以與其他病害區別。罹病根部不易被其他雜菌再腐生 (secondary infection)。

由解剖病組織發現, 病菌可由支根侵入, 向主根蔓延; 亦可由地際部侵入, 再上下向莖部及主根、支根擴展, 等病菌蔓延至環繞整個樹幹時, 植株才出現顯著之外觀病徵。一般病勢隨病菌蔓延之方向進展, 同時伴隨顯現地上部病徵, 如植株僅半側根系腐敗時, 同側之地上部會先出現枯萎現象, 而後擴展至全株, 尤其是行道樹較常出現此種病情。植株死亡後, 病菌則繼續向樹幹蔓延, 有時可生長數公尺以上。枯死樹幹之基部並經常被白蟻蛀食。

**有性世代特徵：**在台灣甚少見到該菌之有性世代, 偶而於連續降雨後, 罹病株地際部或根部之陰濕處會長出子實體。子實體為不規則之覆瓦狀, 反轉孔面朝上, 呈黑褐色或深灰褐色。子實體覆於樹幹基部, 有時高度可達數十公分。

## 褐根病菌之特徵

**褐根病菌無性世代之特徵：***P. noxius* 菌株在馬鈴薯葡萄糖瓊脂(PDA)上之可生長溫度均為 10-12 至 35-37 , 最適溫為 24-32 , 菌株間生長速率差異甚大, 有些菌株在最適生長溫度下之每日直線生長速率可達 3.5 cm 以上, 生長十分快速; 菌絲生長喜好酸性, 最適酸鹼值 PH4.5 5.5, pH 7.0 以上之培養基中不易生長。鑑定時之依據為: (i) 菌落初為白色, 後呈不規則之深、淺褐色, 並有深褐色線紋 (圖三, A)。; (ii) 菌絲無扣子體; (iii) 菌絲不產生分生孢子 (conidiospores), 但易形成節生孢子 (arthospores), 白色透明狀 (圖三, B)。; (iv) 有些菌絲褐化後粗大成鞘狀; (v) 有些老熟菌絲之頂端分歧成樹枝狀, 稱為毛狀菌絲 (trichocyst hyphae) (圖三, C)。其中節生孢子與毛狀菌絲為鑑定 *P. noxius* 的主要特徵之一。

**褐根病菌有性世代之特徵：**在田間甚少發現, 在春季連續降雨後, 罹病植株之裸露根部、地際部表面偶爾會長出子實體 (圖四, A, B)。調查時, 曾被發現長出子實體的寄主只有龍眼、荔枝、番荔枝、樟樹。子實體為不規則之覆瓦狀, 反轉孔面朝上, 菌絲層初為乳白色至黃褐色, 而後褐化成黑褐色或深灰褐色。子實體大小 10-30 cm, 厚度 2-3 cm, 3-4 層, 孔內菌絲 (hymenial hyphae) 褐色, 長度可達 500-600  $\mu\text{m}$ , 有些粗大成鞘狀 (seta hyphae), 寬度可達 12-14  $\mu\text{m}$ 。但當時並未發現擔孢子。子實體亦可在人工培養之木屑太空包 (commercial saw dust

medium)上形成，菌絲在長滿太空包後，置於砂土上，1-2 個月後即可長出子實體(圖四，C)，形成之擔孢子無色透明、單室、橢圓形，大小平均 3-5×4-6 μm (圖四，D)。Hymenial hyphae 之長度與 seta hyphae 之寬度為分種(species)鑑定時之依據。

## 褐根病之診斷鑑定技術

**褐根病與其他立枯型病害之區別：**雖然，褐根病為造成台灣樹木死亡的第一要因，然而引起樹木死亡的其他原因眾多，經常造成誤判的情形，影響病害的及時防治。例如褐根病菌、靈芝、白紋羽病菌、及 *K. clavus* 等木材腐朽菌，其引起植株之立枯病之外觀病徵很相似，不易區別，但造成之根部病徵則有明顯差異，褐根病菌危害會有褐色菌絲塊及褐色網紋狀之菌絲束，感染靈芝之植株在降雨季節於樹幹基部會長出靈芝之子實體，而其炭化菌引起之腐敗木材會出現黑色線紋，因此本文設計一簡單鑑別這些根部病菌之檢索表 (keys)，供使用者參考(表二)。尤其褐根病與白紋羽病菌為台灣最常見之兩種立枯型病害，茲將兩者之差別列於表三。

**褐根病之診斷技術：**近年研發出簡單的診斷鑑定方法如下：(1).樹木出現急性或慢性立枯症狀時，觀察樹冠基部與裸露之根系，如果長出褐色菌體，即可斷定罹患褐根病。如無，進行 2 之步驟。(2).挖開土壤，如果樹根上長有褐色菌體，剝去樹皮後，組織上有網紋狀菌絲束，即可斷定罹患褐根病。如無進行 3 之步驟。(3).將罹病根切(鋸)下一段，對半劈開，密封於塑膠袋內，於室溫下(25-30 )保持高溼 1-2 天，如為褐根病病根，組織表面會長出褐色菌體，即可斷定為褐根病(圖五)。(4).進行病組織分離工作。

此外，目前農試所正在研發利用核酸探針來偵測果樹多種根部病害(包括褐根病)的技術，成功後，將可直接測定。

## 病害防治

**化學藥劑防治：**國外曾報導三得芬(tridemorph)、平克座(penconazole)及三泰隆(triadimenol)，可有效抑制 *P. noxius* 菌絲生長。筆者實驗室篩選 46 種藥劑，發現以 25% 普克利乳劑對褐根病菌之抑制效果最佳，當有效濃度在 10 ppm 時即可完全抑制供試菌株之菌絲生長；而 7 種藥劑之藥效次之，約有 90% 以上之抑制效果，包括 5% 三泰芬可濕性粉劑、25% 撲克拉乳劑、30% 佈生乳劑、84.2% 三得芬乳劑、23.7% 依普同水懸粉、5% Pyriferox +40% Quinolate 及 75% 滅普寧可濕性粉劑等；同時，4-4 式波爾多液亦可完全抑制該菌之生長。盆栽實驗，結果顯示稀釋 1000 倍之普克利、三泰芬、撲克拉、滅普寧及亞磷酸，及 4-4 式波爾多液對人工接種褐根病菌之番荔枝苗與枇杷苗有較佳之防治褐根病的效果。更進一步於南投水里地區一發病的葡萄園進行田間試驗，處理方法為，每株 3 年生的葡萄灌注三泰芬 + 尿素 + 碳酸鈣、

撲克拉 + 尿素 + 碳酸鈣溶液，每種藥劑的用量均為每株 10 g，將藥劑溶水中，沿根圈樹冠灌注，每三個月灌注一次，防治效果顯著。而張氏亦報告利用尿素 3000 ppm 能有效防治褐根病。而試驗中，發現具廣效殺菌功能之 Benzimidazole 系列藥劑，包括免賴得、腐絕、貝芬替、及甲基多保淨等，對褐根病菌之抑制能力很差，不宜用於田間防治褐根病等。

**生物防治：**國外曾指出土壤根圈中的放線菌(Actinomycetes)和 *Trichoderma* spp. 可以抑制 *P. noxius* 菌絲的生長，但沒有進一步的試驗應用。

**淹水處理：**張氏報告利用淹水處理能有效防治褐根病，並指出利用浸水一個月可殺死土壤中存活於木材之 *P. noxius*，但由於褐根病多發生於海拔 1000 公尺以下之山坡地與丘陵，很多發病地區無法實施浸水作業，因此，病害還是以藥劑防治為主。

**褐根病之綜合防治要領：**由於 *P. noxius* 在台灣不易產生子實體，可免除擔孢子藉由風傳播之危險性。在台灣，病害主要靠根系接觸、病苗、或病土傳播，因此必須注意種苗帶菌與土壤帶菌問題。病菌侵入植物根系，須很強之營養基質，因此罹病殘株殘體必須清除，否則重植區、新墾殖區又會重複發病。褐根病之防治，預防重於治療，一旦植株出現病徵，根部已有 60-70 % 以上受害，不容易根治病害，因此及早發現及早治療之理念非常重要。雖然罹患褐根病末期的植物無法救治，但病情輕微者上有要可救，而病區內健康植株也可以進行預防工作，尤其是珍貴的百年老樹須經常檢查與進行事先防範作業，防治方法如下：

1. 新墾殖地或重植時，須以挖土機清除所有根系（包括健康者），避免殘根成為病菌之食物基質，誘發病害。
2. 發病區處理：(1) 病情嚴重者須掘除，以挖土機將病根完全挖除後燒毀，同時在病株與健株間挖掘深溝以阻隔病原；重植時，土壤須經燻蒸消毒處理，或以其他無病地區的土壤置換。挖除後之根穴可加入尿素後淹水，促使病菌快速死亡。(2) 周圍之健株與病情輕微者，施用尿素 + 鈣化合物以產生氨氣殺死接觸的病菌，並可增加植株抵抗力。將撲克拉、三泰芬、或滅普寧稀釋 1000 倍後，每三個月灌注根部一次。
3. 田間管理作業要點：(1) 使用健康種苗，購買時注意種苗根部與土壤是否帶菌。(2) 勿將病區土壤或來源不明之河砂與土壤覆蓋果園地面，否則可能誘發嚴重之褐根病。(3) 在病區作業後，須將工具、鞋底清洗消毒後，再進入健康果園作業或無病區（校園、公園等）遊玩。(4) 田間除草時，小心作業，切記勿傷及樹冠與樹根，以避免機械將病菌帶入傷口，造成感染；更不可用割草機割除病株，使工具成為感染源。(5) 珍貴老樹的四周應圍以柵欄，避免人畜入侵，傳播病害。
4. 品種檢定顯示枇杷、梅樹、梨樹、番荔枝、柿樹、葡萄十分感病。而檬果、柑橘（但勿以廣東檸檬為砧木）十分抗病；觀賞植物中黑板樹等亦非常耐病，可考慮為重植時之替代植物。
5. 如果可以淹水時，廢耕區可進行一個月以上的浸水作業，可以快速消滅病菌。

## 結 論

褐根病為造成我國果樹與樹木立枯死亡之最重要病原菌，其寄主範圍與分布十分廣泛，寄主作物超過 200 種以上，遍佈熱帶與亞熱帶地區。在台灣，褐根病遍佈全台，但以中南部海拔八百公尺以下之山坡地、酸性、貧瘠土壤易發病。年度降雨較多時，發病亦較頻繁。褐根病菌的初次感染源主要來自種苗帶菌、殘根中之病菌、或帶菌土壤。而病菌侵入植物根系後，可以靠根系接觸向四周蔓延侵染其他健康植物，造成大面積發病區塊。植株死亡或罹病組織腐朽後，病菌可在病組織中存活 5-10 年以上。植株一旦出現褐根病之病徵，根部已有 60-70 % 以上受害，不容易治癒，因此發展偵測技術相當重要，若能在病徵尚未出現之前提早偵測出病原，必能達到早期防治的效果；有關該病害之傳統診斷方法業已開發，但期望早日開發分生檢測技術，可相互配合使用。而在病害防治方面，雖然以化學藥劑配合栽培管理，可以暫時遏止病害之蔓延，但須不斷的施藥與花費人力，故冀望能開發更有效之病害防治策略與方法。

### 參考文獻

1. Abe, Y., Kobayashi, T., Onuki, M., Hattori, T., and Tsurumachi, M. 1995. Brown root rot of trees caused by *Phellinus noxius* in windbreaks on Ishigaki Island, Japan – Incidence of disease, pathogen and artificial inoculation. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 61:425-433.
2. Ann, P. J., and Ko, W. H. 1991. Association of *Phellinus noxius* with decline of longan trees. *Phytopathology* 31:1232. (Abstract in Chinese)
3. Ann, P. J., Chang, T. C., Tsai, J. N., and Wang, I. T. 2000. Decline of fruit trees associated with root rot caused by *Ganoderma* species in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 9:178. (English abstract)
4. Ann, P. J., Chang, T. T., and Ko, W. H. 2002. *Phellinus noxius* brown root rot of fruit and ornamental trees in Taiwan. *Plant Dis.* 86: 820-826.
5. Ann, P. J., and Ko, W. H. 1991. Association of *Phellinus noxius* with root rot of fruit trees in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 33:432-433. (Abstract in Chinese)
6. Ann, P. J., and Ko, W. H. 1992. Decline of longan trees: association with brown root rot caused by *Phellinus noxius*. *Plant Pathol. Bull.* 1:19-25.
7. Ann, P. J., and Ko, W. H. 1994. Studies on ecology of brown root rot of fruit trees caused by *Phellinus noxius* and disease control. *Plant Pathol. Bull.* 3:259. (Abstract in Chinese)
8. Ann, P. J., and Ko, W. H. 1988. Root rot of macadamia caused by *Ganoderma lucidum* and *Kretzchmaria clavus* in Taiwan. *J. Agric. Res. China.* 37:424-429.
9. Ann, P. J., Lee, H. L., and Huang, T. C. 1996. New host records of *Phellinus noxius* causing

- brown root rot of fruit and ornamental trees in Taiwan and response of horticultural plants to the pathogen via artificial inoculation. *Plant Pathol. Bull.* 5:201.(Abstract in Chinese)
10. Ann P. J., Lee, H. L., and Huang, T. C. 1999. Brown root rot of ten fruit trees caused by *Phellinus noxius* in Taiwan. *Plant Dis.*83:746-750.
  11. Ann, P. J., Lee, H. L., and Tsai, J. N. 1999. Survey of brown root disease of fruit and ornamental trees caused by *Phellinus noxius* in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 8:51-60. (in Chinese with English abstract)
  12. Ann, P. J., Tsai, J. N., Chang, T.T., and Wang, I. T. 2005. Survey of decline of fruit trees and ornamental woody plants and their distribution in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.*14: (accepted) (in Chinese with English abstract)
  13. Ann, P. J., Tsai, J. N., Wang, I. T., and Hsien M. L. 1999. Responses of fruit trees and ornamental plants to brown root rot disease by artificial inoculation with *Phellinus noxius*. *Plant Pathol. Bull.* 8:61-66. (in Chinese with English abstract)
  14. Ann, P. J., Tsai, J. N., Wang, I. T., and Huang, S. H. 2003. Integrated control of brown root rot caused by *Phellinus noxius* in Taiwan. p 128 in the 8<sup>th</sup> International Congress of Plant Pathology. VII. Christchurch, New Zealand, Feb. 2-7,2003. (abstract)
  15. Anonymous. 1995. Tea brown root disease and longan brown root disease. *Agric. Rev. (Taiwan)* 4:141, 255.
  16. Chang, T. T. 1991. *Phellinus noxius* causing root rot and collar rot of several tree species in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 33:432. (Abstract in Chinese)
  17. Chang, T. T. 1992. Decline of some forest trees associated with brown root rot caused by *Phellinus noxius*. *Plant Pathol. Bull.* 1:90-95.
  18. Chang, T. T. 1995. Decline of nine tree species associated with brown root rot caused by *Phellinus noxius* in Taiwan. *Plant Dis.* 79:962-965.
  19. Chang, T. T. 1995. A selective medium for *Phellinus noxius*. *Eur. J. For. Pathol.* 25:185-190.
  20. Chang, T. T. 1996. Survival of *Phellinus noxius* in soil and in the roots of dead host plants. *Phytopathology* 86:272-276.
  21. Chang, T. T., and Chang, R. J. 1998. Generation of volatile ammonia from urea fungicidal to *Phellinus noxius* in infested wood in soil under controlled conditions. *Plant Pathol.* 48:337-344.
  22. Chang, T. T., and Yang, W. W. 1998. *Phellinus noxius* in Taiwan: distribution, host plants and the pH and texture of the rhizosphere soils of infected hosts. *Mycol. Res.* 102:1085-1088.
  23. Chang, T. T., Hsieh, H. J., Chang, R. J., and Fu, C. S. 1999. Common tree diseases in Taiwan. Taiwan Forestry Research Institute. Taipei. 202 pp.

24. Corner, E. J. H. 1932. The identification of the brown root fungus. Gard. Bull. Straits Settl. 5:317-350.
25. Cunningham, G. H. 1965. Polyporaceae of New Zealand. N. Z. Dept. Sci. Indust. Res. Bull. 164:221-222.
26. Duan, C. H., Tsai, W. H., and Tu, C. C. 1990. Dissemination of white root rot disease of loquat and its control. Jour. Agric. Res. China 39:47-54. (in Chinese, with English abstract)
27. Florance, E. R., and Shaw, C.G. 1988. Surface morphology of basidiospores from decay fungi that are common in Pacific Northwest forest U.S.A.. Northwest S.C.I.5:547-550.
28. Hsu, S. T. *et al* editor. 2002. List of plant diseases in Taiwan. Taiwan Phytopathological Society. Taichung. 386 pp. (in Chinese)
29. Jacob, C. K., Annajutty, J., and Jayarathnam, K. 1991. Effect of fungal antagonists on *Phellinus noxius* causing brown root disease of *Hevea*. Indian J. Nat. Rubber Res. 4: 142-145.
30. Ko, W. H., and Kunimoto, R. K. 1996. Quick decline of macadamia trees: association with *Phellinus noxius*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62:37-39.
31. Kothandaraman, R., Kochuthresiamma, J., Mathew, J., and Rajalakshmi, V. K. 1991. Actinomycete population in the rhizosphere of *Hevea* and its inhibitory effect on *Phellinus noxius*. Indian J. Nat. Rubber Res. 4: 150-152.
32. Lee, H. L., and Huang, T. C. 1991. Preliminary studies on wilt disease of custard apple. Plant Prot. Bull. 33:433. (Abstract in Chinese)
33. Lim, T. K., Hamm, R. T., and Mohamad, R. B. 1990. Persistency and volatile behaviour of selected chemicals in treated soil against three basidiomycetous root disease pathogens. Trop. Pest Manage. 36:23-26.
34. Pegler, D. N., and Waterston, J. M. 1968. *Phellinus noxius*. No. 195 in: Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. Common W. Mycol. Inst., Kew, England.
35. Sawada, K. 1928. Camphor tree decline. Descript. Catal. Formosan Fungi 4:86-91.
36. Sawada, K. 1942. *Bauhinia* decline. Descript. Catal. Formosan Fungi 7:97-98.
37. Sawada, K. 1943. Coffee decline. Descript. Catal. Formosan fungi 8:149-150.
38. Sinclair, W. A., Lyon, H. H., and Johson, W. T. 1987. Diseases of trees and shrubs. Cor. Uniu. Press. Ithaca, N. Y.
39. Sivanesan, A., and Holliday, P. 1972. *Rosellinia necatrix*. No. 352 in: Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. Commonw. Mycol. Inst., Kew, England.
40. Tsai, J. N., Ann, P. J., and Hsieh, W. H. 2005. Evaluation of fungicides for suppression of three

major wood-decay fungi *Phellinus noxius*, *Rosellinia necatrix* and *Ganoderma australe* in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 14 (printed)(in Chinese with English abstract)

表一、褐根病在台灣之寄主記錄

Table. List of host records of *Phellinus noxius* in Taiwan

Scientific name (common name) and Year reported	Scientific name (common name) and Year reported
<b>Fruit trees</b>	32. <i>Bombax ceiba</i> (silk cotton) 木棉, 1998
1. <i>Annona montana</i> (mountain sour sop) 山刺番荔枝, 1996	33. <i>Broussonetia kazinoki</i> (small paper mulberry) 小構樹, 2002
2. <i>Annona squamosa</i> (custard apple) 番荔枝, 1991	34. <i>Broussonetia papyrifera</i> (paper mulberry) 構樹, 2002
3. <i>Annona squamosa</i> X <i>A. cherimola</i> (atimoya) 鳳梨釋迦, 2002	35. <i>Calocedrus formosana</i> (Taiwan incense cedar) 台灣肖楠, 2002
4. <i>Artocarpus heterophyllus</i> (jack fruit) 波羅蜜, 1998	36. <i>Calophyllum inophyllum</i> (Indian poon beauty leaf) 瓊崖海棠, 1995
5. <i>Averrhoa carambola</i> (carambola) 楊桃, 1991	37. <i>Camellia japonica</i> (camellia) 山茶, 1998
6. <i>Citrus limon</i> (rangpur lemon) 柳橙 / 廣東檸檬, 2005	38. <i>Cassia fistula</i> (yellow golden shower tree) 阿勃勒, 1998
7. <i>Dimocarpus longan</i> (longan) 龍眼, 1928	39. <i>Casuarina equisetifolia</i> (ironwood tree) 木麻黃, 1995
8. <i>Diospyros kaki</i> (persimmon) 柿樹, 1994	40. <i>Ceiba pentandra</i> 吉貝, 2002
9. <i>Elaeocarpus serratus</i> (Ceylon olive) 錫蘭橄欖, 1998	41. <i>Cerbera manghas</i> (odollam cerberus tree) 海欖果, 2002
10. <i>Eriobotrya japonica</i> (loquat) 枇杷, 1991	42. <i>Chamaecyparis formosensis</i> (Taiwan red cypress) 紅檜, 2002
11. <i>Ficus pumila</i> var. <i>awkeotsang</i> (jellyfig) 愛玉子, 1991	43. <i>Chorisia speciosa</i> (floss silk tree) 美人樹, 1999
12. <i>Litchi chinensis</i> (litchi) 荔枝, 1991	44. <i>Chrysalidocarpus lutescens</i> (yellow areca palm) 黃椰子, 2002
13. <i>Muntingia calabura</i> (Indian cherry) 西印度櫻桃, 2002	45. <i>Cinnamomun kanehirai</i> (stout camphor) 牛樟, 1998
14. <i>Pachira macrocarpa</i> (malabar chestnut) 馬拉巴栗, 1991	46. <i>Codiaeum variegatum</i> (croton) 變葉木, 1928
15. <i>Persea americana</i> (avocado) 酪梨, 2002	47. <i>Cryptocarya concinnai</i> (Konishi cryptocarya) 海南厚殼桂, 2002
16. <i>Prunus mume</i> (Japanese apricot, plum) 梅, 1991	48. <i>Cycas taiwaniana</i> (Taiwan cycas) 台灣蘇鐵, 1991
17. <i>Prunus persica</i> (peach) 桃, 1999	49. <i>Dalbergia sissoo</i> (sissoo tree) 印度黃檀, 1928
18. <i>Pyrus pyrifolia</i> (pear) 梨, 1991	50. <i>Delonix regia</i> (flame tree) 鳳凰木, 1991
19. <i>Syzygium samarangense</i> (wax apple) 蓮霧, 1992	51. <i>Diospyros ferrea</i> var. <i>buxifolia</i> (Philippine ebony persimmon) 象牙樹, 2002
20. <i>Sterculia nobilis</i> (ping-pong) 蘋婆, 1991	52. <i>Diospyros oldhamii</i> (oldham persimmon) 豆柿, 2002
21. <i>Vitis vinifera</i> (grape) 葡萄, 1996	53. <i>Duranta repens</i> (creeping sky flower) 金露花, 1928
<b>Ornamental trees</b>	54. <i>Erythrina variegata</i> 荊桐, 2005
22. <i>Acacia confusa</i> (Taiwan acacia) 相思樹, 1995	55. <i>Eucalyptus camaldulensis</i> (murray red gum eucalyptus) 赤桉, 1991
23. <i>Actinodaphne pedicellata</i> (litsea) 小梗木薑子, 1928	56. <i>Eucalyptus citriodora</i> (lemon gum eucalyptus) 檸檬桉, 1991
24. <i>Aleurites fordii</i> (tungoil tree) 油桐, 1998	57. <i>Eucalyptus grandis</i> (maiden eucalyptus) 玫瑰桉, 1991
25. <i>Alstonia scholaris</i> (blackboard tree) 黑板樹, 1998	58. <i>Ficus elastica</i> (rubber plant) 印度橡膠樹, 1998
26. <i>Araucaria cunninghamii</i> (hook pine) 肯氏南洋杉, 1998	
27. <i>Araucaria heterophylla</i> (norfolk island pine) 細葉南洋杉, 1998	
28. <i>Bauhinia</i> X hybrid (butterfly-tree) 艷紫荊, 1996	
29. <i>Bauhinia purpurea</i> (purple bauhinia) 洋紫荊, 1996	
30. <i>Bauhinia variegata</i> (orchid-tree) 羊蹄甲, 1942	
31. <i>Bischofia javanica</i> (autumn maple tree) 茄冬, 1928	

Scientific name (common name) and Year reported	Scientific name (common name) and Year reported
59. <i>Ficus microcarpa</i> (small-leafed banyan) 榕樹, 1995	91. <i>Neolitsea parvigemma</i> (small bud neolitsea) 小芽新木薑子, 2002
60. <i>Ficus stenopylla</i> 竹葉榕, 2005	92. <i>Nerium oleander</i> (oleander) 洋夾竹桃, 1998
61. <i>Ficus religiosa</i> (botree fig) 菩提樹, 1996	93. <i>Osmanthus fragrans</i> (sweet Osmanthus), 2002
62. <i>Firmiana simplex</i> (Chinese parasol) 梧桐, 1998	94. <i>Palaquium formosanum</i> (Formosan nato tree) 大葉山欖, 1998
63. <i>Fraxinus formosana</i> (island ask) 白雞油, 1998	95. <i>Pinus thunbergii</i> (black pine) 黑松, 1998
64. <i>Gardenia jasminoides</i> (cape jasmine) 黃梔花, 1928	96. <i>Pistacia chinensis</i> (Chinese pistache) 黃連木, 1998
65. <i>Grevillea robusta</i> (silver oak) 銀樺, 1996	97. <i>Peltophorum inerme</i> 盾柱木, 2005
66. <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (hibiscus) 朱槿, 1996	98. <i>Podocarpus macrophyllus</i> 羅漢松, 1995
67. <i>Hibiscus schizopetalus</i> (fringed hibiscus) 裂瓣朱槿, 1928	99. <i>Pongamia pinnata</i> (pongamia) 水黃皮, 1998
68. <i>Hibiscus tiliaceus</i> (linden hibiscus) 黃槿, 1998	100. <i>Pterocarpus indicus</i> (rose wood) 印度紫檀, 1998
69. <i>Hydrangea chinensis</i> (Chinese hydrangea) 繡球花, 1928	101. <i>Prunus campanulata</i> (Taiwan cherry) 山櫻花, 1999
70. <i>Keteleeria davidiana</i> var. <i>formosuna</i> (Taiwan keteleeria) 台灣油杉, 1998	102. <i>Rhododendron obtusum</i> (rhododendron) 杜鵑, 2002
71. <i>Kigelia pinnata</i> (sausage tree) 臘腸樹, 1999	103. <i>Roystonea regia</i> (royal palm) 大王椰子, 1996
72. <i>Koelreuteria henryi</i> (flame gold rain tree) 台灣灑樹, 1995	104. <i>Salix babylonica</i> (willow) 垂柳, 1995
73. <i>Lagerstroemia turbinata</i> (crape myrtle) 稜萼紫薇, 1998	105. <i>Scheffera octophylla</i> (scheffera) 江某, 2002
74. <i>Lagerstroemia speciosa</i> (queen's crape myrtle) 大花紫薇, 1996	106. <i>Schinus terebinthifolius</i> 巴西胡椒木, 2005
75. <i>Lantana camara</i> (lantana) 馬櫻丹, 1998	107. <i>Sterculia foetida</i> (hazel sterculia) 掌葉蘋婆, 1999
76. <i>Leucaena leucocephala</i> (white popinac) 銀合歡, 1998	108. <i>Swietenia mahagoni</i> (mahogany) 桃花心木, 1995
77. <i>Liquidambar formosana</i> (maple) 楓香, 1991	109. <i>Tabebuia chrysantha</i> (yellow golden bell tree) 黃金風鈴木, 2002
78. <i>Litsea glutinosa</i> 潺高樹, 1998	110. <i>Taiwania cryptomerioides</i> (Taiwania) 台灣杉, 1998
79. <i>Litsea hypophaea</i> 小梗木薑子, 1928	111. <i>Terminalia catappa</i> (Indian almond) 欖仁, 1996
80. <i>Macaranga tanarius</i> (macaranga) 血桐, 1998	112. <i>Terminalia boivinii</i> 小葉欖仁, 2002
81. <i>Machilus zuihoensis</i> (incense machilus) 香楠, 1928	113. <i>Ulmus parvifolia</i> (Chinese elm) 榔榆, 1998
82. <i>Maesa tenera</i> (Taiwan maesa) 台灣山桂花, 1928	114. <i>Zelkova serrata</i> var. <i>serrat</i> (zelkova) 欖, 1996
83. <i>Mallotus paniculatus</i> (turn in the wind) 白朮仔, 2002	<b>Special crops</b>
84. <i>Melaleuca leucadendron</i> (cajuput tree) 白千層, 1996	115. <i>Camellia sinensis</i> (tea) 茶, 1965
85. <i>Melia azedarach</i> (China berry) 楝, 1928	116. <i>Cinnamomun camphora</i> (camphor) 樟樹, 1928
86. <i>Melodinus angustifolius</i> (narrow leafed melodinus) 細葉山橙, 2002	117. <i>Cinnamomun zeylanicum</i> (celyon cinnamon) 錫蘭肉桂, 1998
87. <i>Michelia compressa</i> (Formosan michelia) 烏心石, 1998	118. <i>Coffea arabica</i> (coffee) 咖啡樹, 1943
88. <i>Michelia figo</i> (banana magnolia) 含笑花, 1996	119. <i>Cordia dichotoma</i> (cordia) 破布子, 1998
89. <i>Muntingia calabura</i> , 2002	<b>Herbaceous plants</b>
90. <i>Murraya paniculata</i> (orange jasmine) 月橘, 1928	120. <i>Artemisia capillaris</i> (wormwood) 茵陳蒿, 1998
	121. <i>Artemisia princeps</i> (mugwort) 艾草, 2002

Scientific name (common name) and Year reported	Scientific name (common name) and Year reported
122. <i>Ipomoea pescaprae</i> (馬鞍藤), 1998	125. <i>Sauranja oldhami</i> 水冬瓜, 1928
123. <i>Lactuca indica</i> (wild lettuce) 山萵苣, 鵝仔草, 1998	126. <i>Urena lobata</i> (cadillo) 虱母子草, 1928
124. <i>Melicope merrilli</i> (melicope) 山刈菜, 1998	

表二、褐根病菌與白紋羽病菌特性與引起病害之比較

Table 2. Comparison of the pathogen characteristics and diseases caused by *Phellinus noxius* and *Rosellinia necatrix*

Item	<i>Phellinus noxius</i>	<i>Rosellinia necatrix</i>
Classification	Basidiomycetes	Ascomycetes
Pathogen type	Brown root rot fungus	Black root rot fungus
Colony	White initially, turn brown or dark brown after mature	White initially, turn gray and black after mature
Growth temperature	Ranges: 8-36 , optimum 24-33	Ranges :8-30 , optimum 20-28
Mycelium	Clamp connection absent, with arthrospores and trichocyst hyphae	Swollen at the hyphal base
Symptoms on diseased tissues	1.brown mycelial mats sticking on diseased root with soil particles 2.brown mycelial match and pocket	1.white thick mycelia turning gray slightly 2.iregullar black lines caused by interaction of host and pathogen
Type of wood rot caused	White rot	White rot
Distribution	Island wide, mainly at central and southern Taiwan under sea level 1000 cm.	Cool places ( Central and northern Taiwan )

表三、台灣果樹與木本觀賞植物真菌性立枯型病害之簡單分類檢索

Table 3. A simple key for identification of fungi associated with decline of woody fruit and ornamental trees in Taiwan

1	Infected tissues decomposed and decay (2)
	Infected tissues not decomposed (6)
2.	Gray to black lines on diseased tissues, with thick white to gray mycelial mats ( <i>Xylariaceae</i> ) (3)
2.	Irregular or pocketed brown lines on diseased tissues, with brown mycelial mats ( <i>Phellinus</i> spp.) (4)
2.	Mycelial mats with other than described above (other Basidiomycetes) (5)
3.	Mycelia growing very slow, linear grow less than 2 mm per day..... <i>Kretzchmaria clavus</i>
3.	Mycelia growing much faster, swollen on hyphal base..... <i>Rosellinia necatrix</i>
3.	Mycelia growing much faster, without swollen on hyphal base.....Other <i>Xylariaceae</i>
4.	Linear mycelia growth > 5 mm per day, diseased wood with brown pocket. > 1cm in diam .... <i>Phellinus noxius</i>
4.	Linear mycelia growth < 5 mm per day, with small brown pocket < 1cm in diam..... <i>Phellinus punctatus</i>
5.	Fruiting bodies of <i>Ganoderma</i> formed in natural or on saw dust media..... <i>Ganoderma</i> spp.
5.	Fruiting bodies of other types with caps, mycelia with clamp connection or not.....other Basidiomycetes
5.	No fruiting bodies, mycelia with clamp connection..... other Basidiomycetes
6.	Silky white mycelial mats and round sclerotia formed around diseased tissues..... <i>Sclerotium rolfsii</i>
6.	White mycelial mats and sporangia of <i>Phytophthora</i> formed under moist condition..... <i>Phytophthora</i> spp.
6.	White mycelial mats formed but without <i>Phytophthora</i> sporangia or sclerotia.....other fungi

圖版說明：



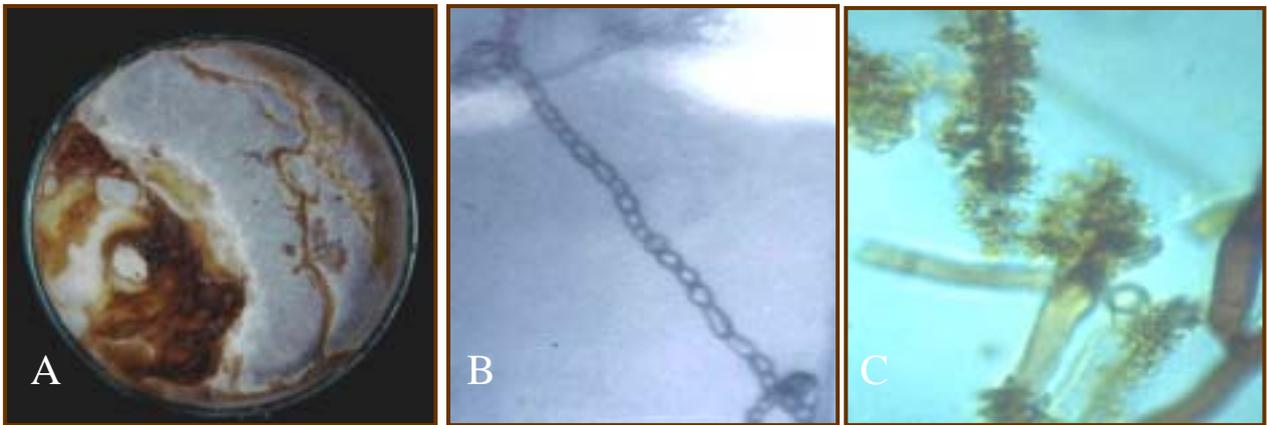
圖一、褐根病病徵：A.慢性立枯；B.急性立枯；及 C.罹病之葡萄或番荔枝在強修剪後，停止再長新芽，或是萌新稍後，新芽立即枯萎。

Fig. 1. Disease symptoms of brown root rot: A. Slow decline; B, Logan quick decline; and C, Wilt of young shoot of a sugar apple tree.



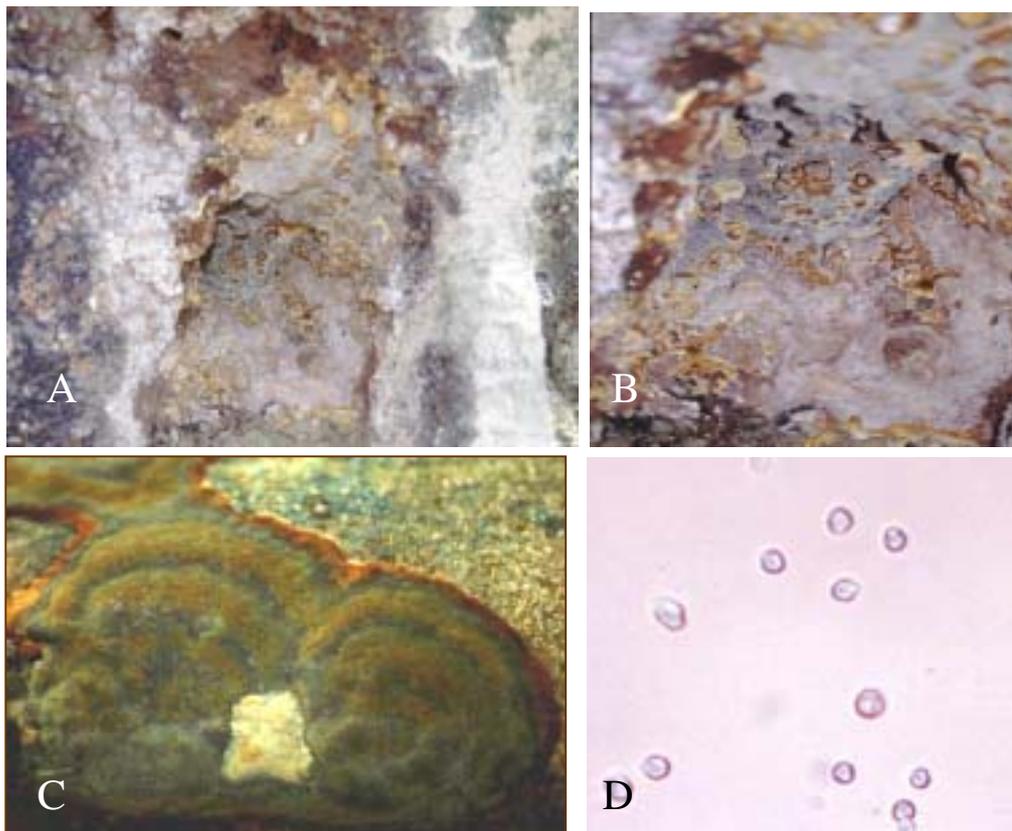
圖二、褐根病之根部病徵：A.罹病根部組織褐變；B.木材上之網紋狀之暗褐菌絲束；C.樹根外表被褐色菌絲塊附著，並沾黏土塊石粒。

Fig.2. Disease symptoms of brown root rot. A. Section of a diseased root tissue at advanced stage; B. brown lines on infected root tissue; and C. Outer surface of diseased root with brown mycelial mats.



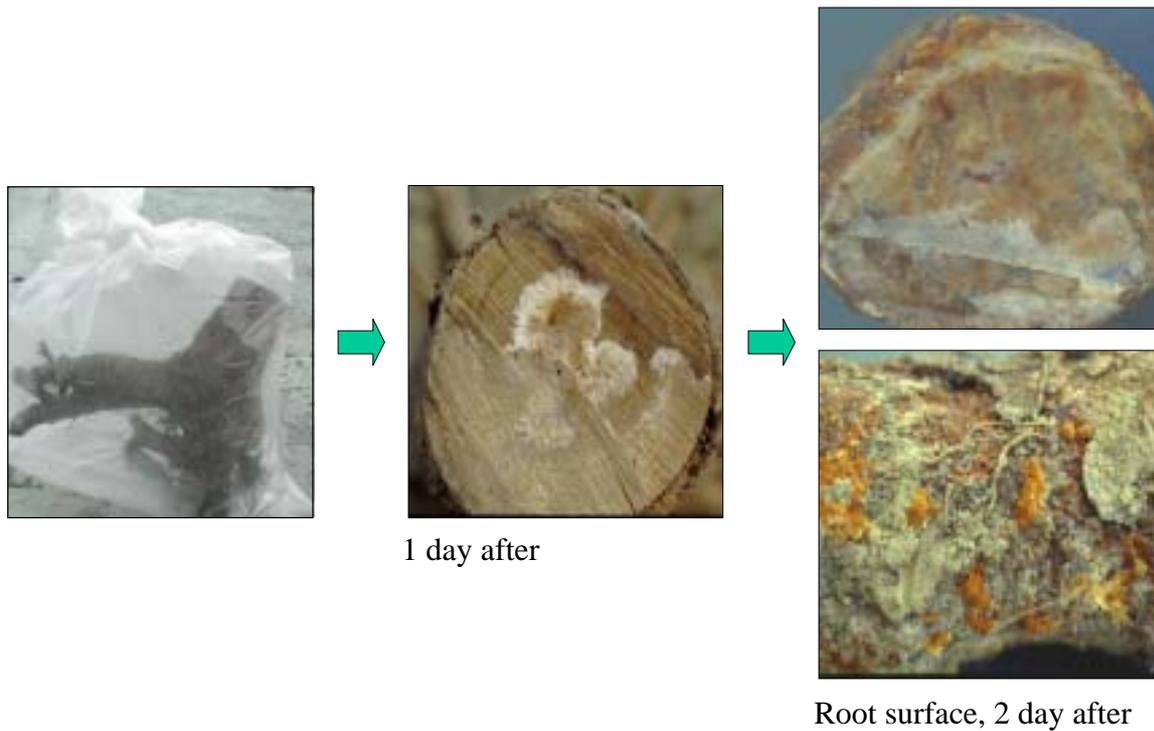
圖三、褐根病菌之無性世代特徵：A.PDA 上之菌落；B.節生孢子；及 C.毛狀菌絲。

Fig. 3. Characteristics of *Phellinus noxius* in asexual stage: A.Colony on potato dextrose agar; B. Arthrospores; and C.Trichocyst hyphae.



圖四、褐根病菌之有性世代特徵：A,B.子實體; C.木屑太空包子實體；及 D.擔孢子。

Fig4. Characteristics of *Phellinus noxius* in sexual stage: A. A fruiting body from nature infection; B. Fruiting bodies formed on saw dust; and C. Basidiospores.



圖五、褐根病之診斷鑑定流程。將罹病根段放入塑膠袋中保濕，置於室溫下 2-3 天，檢視切面。

Fig. 5. The procedures for diagnosis of brown root rot disease. Diseased root tissue was cut into sections, enclosed into a plastic bag and kept in high moist conditions for 2-3 days at room temperature.