

樹木褐根病診斷及防治

建議手冊



樹木褐根病診斷及防治

建議手冊





樹木褐根病診斷及防治建議手冊





目次

一、樹木褐根病簡介.....	2
二、樹木褐根病診斷鑑定.....	4
三、樹木褐根病管理原則.....	13
(一) 初期.....	13
(二) 中後期.....	13
(三) 鄰近病樹之高風險樹木.....	14
(四) 感病地處理.....	15
(五) 受保護樹木處理流程.....	15
四、樹木褐根病防治方法.....	17
(一) 感病初期樹木與鄰近樹木的防治措施.....	17
1. 水淹處理.....	17
2. 藥劑澆灌.....	18
3. 藥劑灌注.....	18
4. 藥劑混土覆蓋.....	19
(二) 中後期病樹移除後感病地處置.....	20
1. 自然復育法.....	20
2. 土壤燻蒸處理法.....	20
(三) 初期、中後期有必要時須阻隔病害擴散(掘溝阻斷法).....	21
(四) 清創工法.....	22
五、三種常見褐根病防治方式、施作流程及成本分析.....	23

一、樹木褐根病簡介

(一) 褐根病概述

樹木褐根病 (Brown root rot disease) 是熱帶、亞熱帶地區包含亞洲、非洲、美洲、加勒比海及大洋洲等地樹木的主要根部病害之一。該病害由病原性真菌——褐根病菌 (*Phellinus noxius*) 所引起，病原菌主要危害樹木的根部和莖基部，受病原菌感染之樹木，除了木質部會呈現白腐朽的病徵外，病原菌更可經由為害樹木的韌皮部、形成層和木質部等水分與養分輸送的輸導組織，造成感病組織褐變、壞死，使其喪失水分、養分吸收及運輸的功能，最後導致植物死亡。

(二) 褐根病菌的寄主範圍

褐根病菌的寄主範圍廣泛，包括多種果樹、觀賞花木、公園行道樹和海岸防風林、多年生雜草等，寄主紀錄超過 200 種。從幼苗至大樹，均可能遭受褐根病為害。

(三) 褐根病菌的傳播

在臺灣主要發生在海拔 1,000 公尺以下、排水良好、砂質土壤之區域。最適生長溫度為 24-32°C。偶爾形成子實體產生擔孢子，是本菌長距離傳播之初次感染源，病原菌存活在殘根上，主要透過病根、帶菌組織接觸、帶菌苗木及帶菌土壤接觸傳染。

(四) 樹木褐根病之影響

感病樹木之地上部，會呈現生長勢衰弱，葉片黃化、小葉化、枝葉稀疏等病徵，並隨著樹木根基部組織的腐朽日益嚴重，最終造成全樹枯死，樹木也會因失去根部支撐力而可能造成倒塌，特別是強風過境時，影響公共安全。

有鑒於褐根病威脅我國農、林產業及環境綠美化等，造成經濟上損失及對公共安全產生潛在威脅，其影響不容小覷。依行政院農業委員會「林木疫情監測及防治體系」之分工架構，由林務局執行「林木疫情管制、策劃與防治中心」、林業試驗所執行「林木疫情鑑定與資訊中心」，局所共同建立我國林木疫情通報、鑑定、防治及監測體系，統合行政資源，加速疫情傳遞及處理時效，以減低森林及其他林木資源遭受嚴重病蟲為害之可能。其中「林木疫情鑑定與資訊中心」除可查詢相關林木病蟲害防檢疫相關資訊外，亦提供通報林木疫情開放性窗口，擔任政府相關部門連繫、溝通、訊息傳遞之角色，據該中心通報案例顯示，樹木褐根病仍佔大多數感病案件數。後續將透過推廣教育樹木褐根病相關診斷鑑定與防治管理技術及觀念，供社會各界參考使用，共同進行發揮管理及防治工作，期待將褐根病危害降至最低。

二、樹木褐根病診斷鑑定

初步診斷鑑定以實地現勘樹木生長方式進行，包含肉眼觀察到的樹木生長情形及外觀特徵作為判斷之依據，感病樹木生長勢衰退、枝葉稀疏，樹冠葉片變小或呈現萎凋等病徵；另外亦可仔細觀察樹幹基部及根部是否長出菌絲面，必要時剝開一部分根基部樹皮尋找木材組織上褐色網紋等病兆。

若未觀察到典型病徵，可採集疑似感染的木材組織，包含樹幹基部及根部黃褐色的菌絲面及周邊組織、褐色網紋木材或疑似受害木樣本等，就近連繫各大專院校之植物醫院或其他農業試驗改良場所，也可通報林業試驗所林木疫情鑑定與資訊中心，協助判斷該樹木是否罹患褐根病及提供後續防治管理建議。

(一) 肉眼觀察樹木外觀及組織樣本

褐根病菌主要為害根部及樹幹基部，受害嚴重的林木在地上部會出現全株性衰弱症狀，此症狀為全株黃化、萎凋、小葉化，樹冠葉片變的稀疏，最後枯死(圖1)。一般而言，植株愈小，枯死的時間愈短，有些較小的林木，自地上部枯萎至死亡的時間僅數日至數星期，而呈現快速萎凋症狀，使得剛枯死植株的乾枯葉片與果實大部份仍掛在樹上。植株愈大，枯死的時間愈長，有些較大的植株自地上部出現枯萎至死亡甚至需數年時間，而





圖 1 受害嚴重的林木在地上部會出現全株衰弱，此症狀為黃化、萎凋、小葉化，樹冠葉片變稀疏，最後全株枯死。



圖 2 受害林木樹幹基部及根部表面常出現帶有白邊的黃、深褐至黑褐色菌絲面。



圖 3 受害林木在根部的菌絲面常與泥沙結合而不明顯。

呈現慢速萎凋的症狀，樹冠葉片逐漸黃化萎凋，最後導致全株植物葉片由茂盛逐漸變成稀疏，甚至葉子落光，植株死亡。

全株衰弱的症狀並非褐根病的特有病徵，是一般根部病害或根部功能異常共同的病徵。褐根病的特有病徵表現於樹幹基部與根部表面常出現帶有白邊的黃、深褐至黑褐色菌絲面 (mycelial mat)(圖 2)，但在根部的菌絲面常與泥沙結合而被以為是髒污不能明顯辨識出來(圖 3)。

菌絲面在樹皮表面凹陷處較易形成，一般鮮少生長高於立木離地 1 公尺以上的樹幹。但常因林木死亡時間太長、環境氣候乾燥或樹種特性使然，黃褐色菌絲面不易觀察。如未觀察到典型菌絲面，可將樹幹基部及根部的樹皮剝開，受感染的樹皮內面及白色腐朽木材組織上鑲嵌不規則褐色網紋（圖 4、圖 5），此褐色網紋為褐根病的特有病徵。



圖 4、5 受感染的樹皮內面及白色腐朽木材組織上鑲嵌不規則褐色網紋。

部份感病樹木的樹幹基部偶而可觀察到黃褐色到黑褐色且具有菌蓋的平伏子實體(圖6)，子實體比菌絲面堅硬，表面具有細小菌孔，可發散長距離傳播之初次感染源擔孢子。



圖6 感病樹木的樹幹基部有黃褐色到黑褐色的平伏子實體。

(二) 培養基分離培養

對於枯死已久的林木，僅利用前述肉眼觀察樹木外觀或木材組織樣本，有時不易判斷是否為褐根病，此時可用分離培養法來確認。採集根部或樹幹基部腐朽的木材，每棵樹至少取樣兩塊腐木(圖7)，其長度至少5公分，以確保獲得病原菌。利用褐根病菌選擇性培養基



圖 7 每棵樹至少取樣兩塊腐木，用分離培養法來判斷是否為褐根病。

進行分離培養感染腐朽的木材。選擇性培養基的配方及配製為：2% 麥芽抽出物 (malt-extract)，2% 洋菜。將感染腐朽木材的表面泥土刷乾淨，切成小塊，大小約 $0.5 \times 0.5 \times 0.5\text{cm}$ ，每一感染腐朽木材切取 10-20 小塊，以每個培養皿放入 4 小塊，將接好小木塊的培養皿放入 24°C 生長箱或室溫下 1-2 星期，如檢體有褐根病菌，小木塊周邊培養基會出現黃褐色。

培養基表面會長出初期為乳白色，之後漸變成黃褐色的菌落（圖 8），將菌落的菌絲在顯微鏡下觀察可看到很多桿狀的節生孢子 (arthrospores)，較成熟的菌落可形成毛狀菌絲 (trichocysts)。本方法僅適合具有微生物專業背景的機關團體。如為個人或一般機關團體，不建議自行培養，可將病害樣本就近送各大專院校之植物醫院，或林業試驗所檢驗。

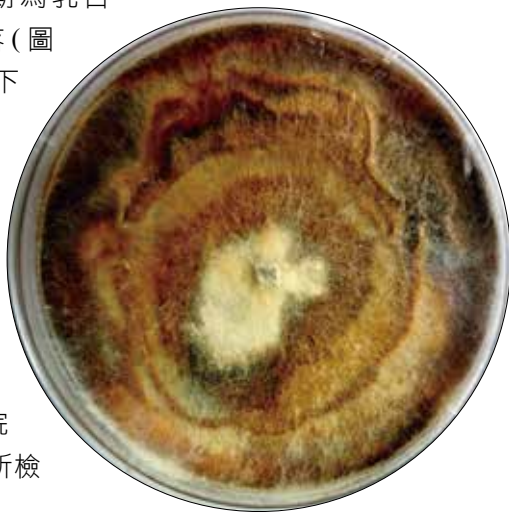


圖 8 菌落的菌絲在顯微鏡下觀察可看到很多桿狀的節生孢子。

(三) 分子快速檢測

褐根病分子快速檢測方式為一個更快速、靈敏度更高的檢測方法，可應用於樹木褐根病的診斷和疫情監控。目前褐根病分子快速檢測方式主要有兩種：分別為 PCR(Polymerase Chain Reaction, 聚合酶鏈鎖反應) 和 LAMP(Loop-mediated Isothermal Amplification, 恆溫環狀擴增法)。兩種檢測方法的標準作業流程，均包含樣本採集、核酸萃取、分子檢測、結果判讀四大步驟。樣本採集建議一棵樹至少採取 3-4 個方位不同根部的組織樣本，以更全面評估該樹木受褐根病菌的危害情形。採取的樹木根部樣本組織，可直接進行核酸萃取；或經由培養基分離培養後，再刮取菌絲萃取核酸，以後者可更準確判斷褐根病菌於感病組織上的活性。萃取之核酸，可以上述的 PCR 或 LAMP 方式進

行檢測，PCR 建議以褐根病菌專一性引子對 G1F 和 G1R 進行增幅反應，後續搭配膠體電泳分析，所需時間約 3 至 4 小時 (圖 9)，目前各大專院校植物醫院與林業試驗所均可進行相關檢測；若以 LAMP 進行快速檢測，則經由簡易的恆溫加熱，並以肉眼或濁度計判讀檢測結果是否產生白色沉澱物，即可判斷樣本中有無褐根病菌，檢測時間僅需 40 至 60 分鐘 (圖 10)，該方法由林業試驗所研發，惟檢測所需的試劑成本較高。

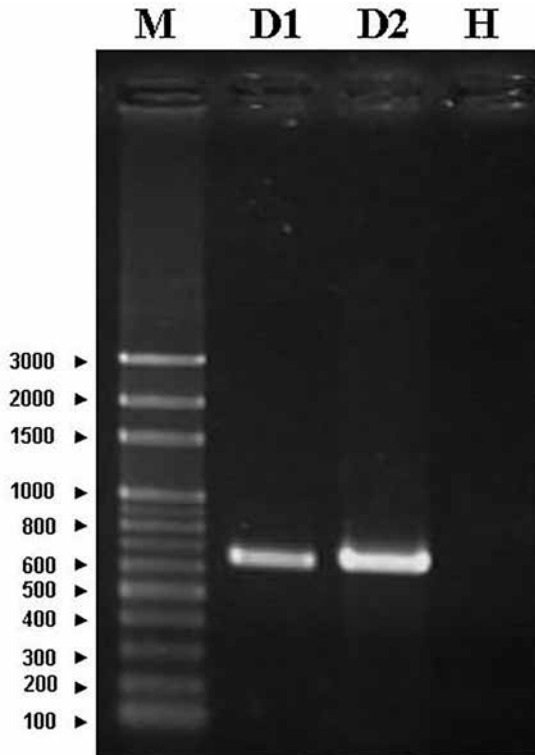


圖 9 電泳照相系統分析觀察聚合酵素連鎖反應產物的電泳結果。

LAMP protocol 褐根病 檢測技術

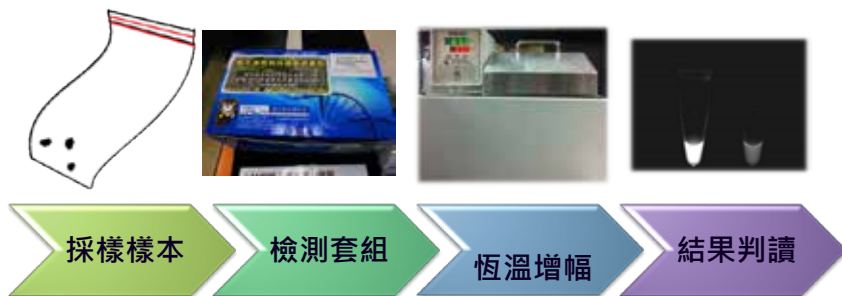


圖 10 LAMP protocol 褐根病診斷技術。

三、樹木褐根病管理原則

依據樹木感染褐根病嚴重程度及風險，將之分為初期、中後期、鄰近之高風險樹木、病樹移除後之感病地處理等四大類，並以此提供相對應的診斷及分級管理建議。另亦將受保護樹木之處理注意事項列入供參。

(一) 初期

感病初期之樹木，常無法觀察到病徵，或病徵不明顯，此階段樹木生長情形大致良好與健康樹木難以區分，需要經由將植物組織樣本攜回實驗室進行分離培養或分子診斷鑑定，才能確認該樹木是否遭受褐根病感染。感病初期之樹木建議以改善棲地環境條件，及採取系統性藥劑澆灌等抑制病菌方法，並為預防感染擴大，建議應加強針對鄰近樹木之處理。

(二) 中後期

樹木之樹冠可觀察到葉片出現黃化、小葉化或萎凋等缺水狀病徵，並可於樹幹基部觀察到褐根病菌之菌絲面，或於樹木根基部的木材組織觀察到褐色網紋，表示該樹木正處於遭受褐根病為害嚴重的中後期，可能已有超過 50% 的根系受到病原菌感染，感病樹難以回復原生長勢，建議針對感病樹木評估進行移除及感病地的處理作業（圖 11）。惟若發現菌絲，樹木生長勢尚無明顯變化，亦可在立地環境安全無虞及經費許可之下考量積極的防治作為。

(三) 鄰近病樹之高風險樹木

多數研究指出，褐根病菌主要的感染方式為樹木根系的接觸傳染，所以當發現感病之樹木時，該樹木根系可能延伸之範圍所涵蓋之樹木，都有機會成為褐根病菌的感染對象，此時針對這些鄰近於感病樹木的樹，可透過藥劑處理的方式，降低鄰近樹木被病原菌感染之機率，同時防堵褐根病菌之擴散；此外，環境許可的情況下，建議在病樹與健康樹木之間，設置阻絕溝，以避免病原菌經由根系的接觸向外擴散（圖 12）。



圖 11 針對感病樹木評估進行移除及感病地的處理作業。



圖 12 在病樹與健康樹木之間，設置阻絕溝，以避免病原菌經由根系的接觸向外擴散。

(四) 感病地處理

感病地係指感病樹木生長之立地環境，處理上首重移除病株，並禁止任意移動病株及組織。在感病樹木移除時，除將地上部殘留樹頭完全清除，須特別注意土壤中的殘根，亦均要清除乾淨，並將感病樹木集中銷毀，避免感病組織在環境中殘留成為潛在感染源（圖 13、圖 14），必要時還需土壤消毒。



圖 13 必要時需以重機具開挖土壤，將感病主要根系移除。



圖 14 將感病樹木殘根儘量檢除並集中銷毀，避免感病組織在環境中殘留成為潛在感染源。

(五) 受保護樹木處理流程

依據森林法第五章之一樹木保護相關規定辦理。如有經地方主管機關公告之受保護樹木，非經地方主管機關許可，不得任意砍伐、移植、修剪或以其他方式破壞；經評估需進行上述行為，應取得地方主管機關審查許可後，始得施工。

四、樹木褐根病防治方法

(一) 感病初期樹木與鄰近樹木的防治措施：雙管齊下！

1. 水淹處理

發病地區的土壤環境如允許進行淹水處理，建議先撿除土壤中的病殘根，處理效果將更好；如無法深入開挖土壤並撿除所有病殘根，則至少需撿除直徑 3 公分以上的病根，尤其在土壤上表層 20 公分內的病根。接下來感病區的土壤需完全達淹水狀態 1 個月以上，以殺死土壤中的存留病原菌。(圖 15)



圖 15 病區的土壤完全達淹水狀態 1 個月以上，以殺死土壤中的存留病原菌。

2. 藥劑澆灌

可選擇以下藥劑加水稀釋：
(1)500 倍的三得芬、三泰芬、護矽得或撲克拉；(2)500 倍的銅快得寧或快得寧；(3)100 倍的尿素和 500 倍的石灰（如為中、鹼性土壤不用加），將上述稀釋藥劑淋灌於表土，施用藥量以每平方公尺用 10-15 公升的稀釋混合藥劑，施用範圍則依樹冠大小而定，盡可能涵蓋樹冠以下之土壤，處理後最好覆蓋塑膠布 1 個月，間隔 3 個月再處理，共處理 3 次。如處理之林木生長於貧瘠地可適量添加有機肥，以增加樹木抵抗力。（圖 16）

3. 藥劑灌注

使用土壤灌注器，將上述應用於澆灌之藥劑，以灌注器施用於樹木生長的土壤中，有助於藥劑與樹木根系更完整的接觸，提高防治的成效，但仍需注意都市環境土壤常有硬化的情形，需搭配鬆土等土壤改良作業進行，方可使土壤灌注達到較佳成效。（圖 17）



圖 16 可選擇適當藥劑澆灌於樹冠以下土壤。



圖 17 以灌注器施用於樹木生長的土壤中。

4. 藥劑混土覆蓋

以下列三種方式：(1)0.4 公斤（升）的三得芬、三泰芬、護矽得或撲克拉；(2)0.4 公斤（升）的銅快得寧或快得寧；(3)2 公斤的尿素和 0.2 公斤石灰（如為中、鹼性土壤不用加）與 1 立方公尺（公噸）土壤混合，將混合藥劑的土壤覆蓋在樹幹基及周圍之土表，厚度約 3-5 公分，範圍則依樹冠大小而定，盡可能涵蓋樹冠，覆土完畢後將土表淋濕，處理後最好再覆蓋塑膠布 1 個月，或可先將表土刮出 3-5 公分，但不要刮傷樹根，並混合上述濃度之藥劑後，再將土壤覆蓋原來的土表，半年後再處理一次。（圖 18）



圖 18 藥劑混土覆蓋。

(二) 中後期病樹移除後感病地處置：善後處置！

1. 自然復育法

將原立地環境周遭土壤進行翻土，標示範圍禁止人員進入，將土壤自然曝曬半年後，建議改種花草類植物，2年後再考慮補植與原址不同種類喬木，降低復發機率。

2. 土壤燻蒸處理法

將深度 50 至 100 公分土壤挖開後，徹底檢除病殘根，裝袋燒燬避免病原散佈。之後，土壤拌入藥劑進行燻蒸，分別有邁隆或尿素石灰兩種（圖 19）：(1) 邁隆用量為每立方米土方拌入 60g；(2) 尿素石灰混合劑則為每立方米土方拌入 2-3kg 尿素及 0.2-0.3kg 石灰。加藥拌土時，土壤含水量應達 50-60%，其燻蒸效果較佳。

土壤拌藥加水後，需覆蓋黑色不透光之厚塑膠布 2 至 3 星期（圖 19），使燻蒸氣體完全密閉其中，阻止氣體逸散，才能充分發揮燻蒸效果。



圖 19 土壤拌藥加水後，需覆蓋黑色不透光之厚塑膠布 2 至 3 星期。

（三）初期、中後期有必要時須阻隔病害擴散 （掘溝阻斷法）：預防重於治療！

將感染病菌樹木的樹幹基部及主根完全挖除並燒燬，在健康樹與病樹間掘深溝約 1 公尺（如根系更深時需挖更深），並確定健康樹的根部未感染病原菌，在挖溝時需檢視根部是否感染，以強力塑膠布放於深溝間以阻隔根部接觸，並回填土壤，以阻止病根與健康根接觸傳染。（圖 20）



圖 20 以強力塑膠布放於深溝間以阻隔根部接觸，並回填土壤，以阻止病根與健康根接觸傳染。

(四) 清創工法：審慎評估成本效益！

以清創工法治療樹木褐根病，建議考量該受褐根病感染之樹木是否極具保存之價值及必要性，且經評估利用清創工法移除感病部位後仍能恢復樹木之良好生長狀態。過程通常會將樹木感病根系分期依序處理，並將樹木根基部感病組織以機具加以清除，配合病原菌殘留檢測，確保施作之根系無褐根病菌殘留。之後會將土壤混拌或澆灌殺菌劑，以殺死殘留之病原菌。通常經清創工法的樹木可能影響日後樹勢發展，其根系會因失去支撐力須長期架設支架提供樹木支撐，並且需要使用重機械，施工複雜並工期較長、人力成本高，後續維護仍需特別加強注意。

五、三種常見褐根病防治方式、施作流程及成本分析

針對樹木褐根病目前常見的方法，依照其所需費用及防治成效，整理相關案例作為參考如後表。通常藥劑澆灌處理，適用於感病初期及感病地周圍樹木的施用，主要目的是阻止病原菌的擴散、減緩病害的發生與蔓延，藥劑的施用在合理的規範內，對環境的影響性較低，但於施藥期間仍須注意用藥區域的管理（圖 21）。另因褐根病菌主要存活於樹木根部和木質化部位，藥劑能否均勻完善的與病原菌接觸，成為是否達到防治效果的關鍵。



圖 21 為達安全目的，褐根病防治時，需以明顯警示條圍繞施作範圍，以避免讓其他非工作人員進入。

土壤燻蒸處理過程中，所產生的揮發性氣體，對環境中的生物具有較高的毒性，特別是對水生生物的毒性高，須謹慎評估施作的環境及施作過程的管理，一般來說燻蒸處理為病樹移除後的感病地處理措施，成功與否將影響後續補植樹木再發病的機率，故處理的過程需配合感病樹木地上部移除、樹頭挖除、感病樹木根系的清理，再將藥劑與植穴中的土壤混合均勻，故所需費用較高，且因施作過程會產生毒性物質，建議委請專業施作業者操作。

清創的過程，須將感染褐根病樹木的病部切除後，再搭配藥劑處理殺死殘留之病原菌，且因病原菌主要感染樹木的根系與樹木的根基部，故處理的過程需要機具進行土壤開挖，才能完善清除感病根系；處理後的樹木，因切除的木材部位樹木無法於短時間內生長恢復，故樹木失去原有根系所提供的支撐能力，為了維持樹木生長、避免其對公共安全造成影響，清創後的樹木，常需設置永久性的支架，處理所需的時間與費用經常為三個方法中之最高者。

三種常見防治方式的簡易比較如下 (實際花費視案例情形常有變動) :

	藥劑澆灌或灌注	土壤燻蒸處理	清創工法
施作費用 (個案差異大, 實際費用仍需雙方議價)	低 8000~12000 元 / 次	中 每平方公尺約 1500~2000 元	高 詳細需視樹木感病狀況而定, 如樹木多大、樹木是否需吊起、是否需鋼架支撐, 感病需切除範圍多大等。整體作業療程約在 100~400 萬間
藥劑種類	以撲克拉為例	以邁隆為例	-
人力成本	低	中	高
施作設備	土壤灌注器、水源	挖土機、帆布等	吊車、挖土機、大小鏈鋸手鋸、水車等
流程	需施作三次, 間隔為 1~2 禮拜 用量為每平方公尺 30 公升之稀釋後藥劑	以每平方公尺 200 公克藥劑劑量, 分層均勻撒施於回填土壤, 再以挖土機徹底翻耘攪拌 (深度 1-3 公尺)。加藥拌土時需注意土壤含水量, 土壤含水量達 50-60% 時, 燻蒸效果較佳。	視情況以鋼架支撐樹木或是將樹木放倒後, 將根部土壤清除使感病部位露出, 以器具將感病部位切除同時於切除之健康部位採樣 (需進行分離培養確認無病原菌)。針對切除部位進行保濕發根作業。 視情況移植至他處或是將原地土壤消毒後原地種植。
防治成效	中	高	需視樹木感病狀況而定
對環境影響	中	高	中
施作難度	低	高	最高
適用範圍	感染初期樹木及鄰近樹木預防性施藥 (建議一併考量處理)	1. 感病樹木移除後之感病地處理 2. 中後期感病樹木之感病地處理	經目標樹木之經濟文化價值、樹種、生育環境、生長情況、未來恢復情形等多方面評估後, 與管理單位研商是否進行

樹木褐根病

診斷及防治管理 建議流程

目視檢查：

樹基部是否有
褐根病菌絲^{1②}或
子實體³



無

目視檢查：

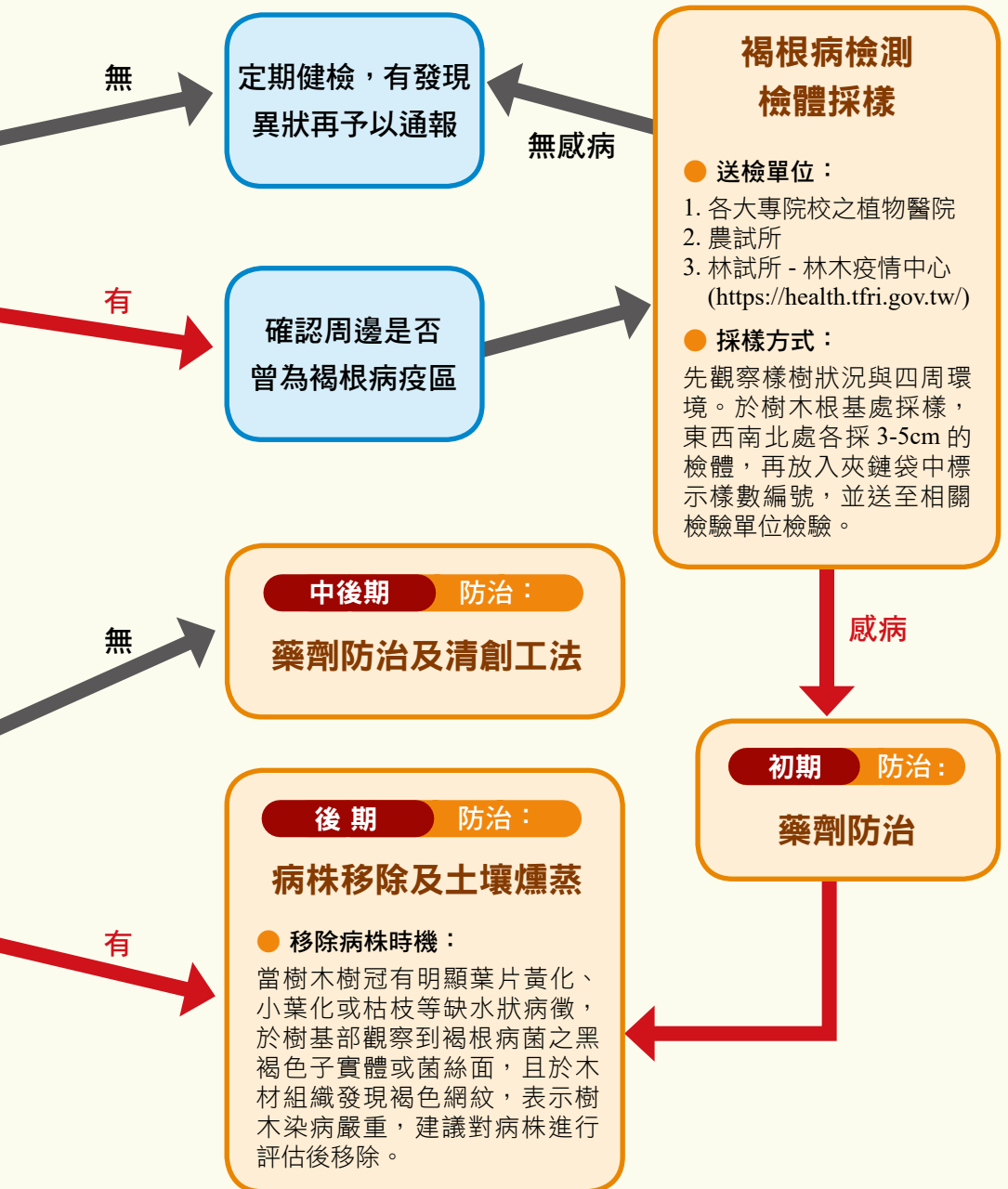
枝葉是否稀疏⁴、
葉片變小黃化、枝枯⁵



有

目視檢查：

枝葉是否稀疏⁴、
葉片變小黃化、枝枯⁵



褐根病檢測檢體送檢單位一覽表

服務站名稱	地址	電話
國立臺灣大學 植物教學醫院	106 臺北市大安區基隆路 四段 42 巷 5 號	02-33669309
國立臺灣大學 植物教學醫院 (雲林分院)	632 雲林縣虎尾鎮學府西 路 8 號 (鋤禾館 108 室)	05-6327642 #224
國立中興大學 植物教學醫院	402 臺中市南區興大路 145 號中興大學 農業環境 科學大樓 1 樓	04-22840722 #9
國立嘉義大學 植物教學醫院	600 嘉義市學府路 300 號	05-2717450
國立屏東科技大學 植物教學醫院	912 屏東縣內埔鄉學府路 1 號	08-7703202 #6165
行政院農業委員會 農業試驗所嘉義分 所植物保護系	600 嘉義市民權路 2 號	05-2771341
行政院農業委員會 農業試驗所鳳山熱 帶園藝試驗分所	830 高雄市鳳山區文龍東 路 530 號	07-7310191 #3
行政院農業委員會 林業試驗所林木疫 情監測及防治網	100 臺北市中正區南海路 53 號 https://health.tfri.gov.tw/	02-23039978 #2668



樹木褐根病診斷及防治建議手冊

發行人／林華慶、張彬

編撰／吳孟玲、徐孟豪、劉則言（林業試驗所）

圖片提供／吳孟玲、林業試驗所

發行單位／林務局、林業試驗所

地址／10050 臺北市中正區杭州南路一段 2 號（林務局）
10066 臺北市中正區南海路 53 號（林業試驗所）

電話／02-23515441（林務局）
02-23039978（林業試驗所）

出版年月／2020 年 4 月



行政院農業委員會林木疫情監測及防治體系
網址：<https://health.tfri.gov.tw/>



樹木褐根病診斷及防治建議手冊



Manual on Diagnosis and Management of Brown Root Rot Disease

