



專輯  
樹木保護



圖 / 大山影像

## 樹木健康管理與風險評估

文、圖 | 吳孟玲 | 林業試驗所研究員兼副所長  
| 劉則言 | 林業試驗所森林保護組助理研究員  
| 李其龍 | 林務試驗所森林保護組研究助理  
| 莊柏遵 | 林務試驗所森林保護組研究助理

《森林法》推動樹木保護專章，中央林業單位不只保護森林，也關心都市樹木的健康問題，都市樹木是否健康，與其是否發揮功能密切相關，都市林之生態服務功能是目前國際間重要研究課題，研究者認為藉由健康都市綠色基礎建設，可解決全世界面對暖化與空污之困境。

《森林法》設立樹木專章，將受保護樹木列為文化資產，並希望透過法源依據，繼而推動樹木保護人員認證及訂定相關規範，除了可保護都市重要樹木文化資產，同時更希望能強化國內樹木健康管理制度面、知識面及技術面，達落實樹木健康永續管理目標，使都市林生態服務功能發揮最大效益。



## 健康樹木須有活力與生命力

樹木健康與否，其組成要件包含活力與生命力。活力和樹木本身基因有關；而生命力則與有無好的及正確的維護管理有關。往往在種植樹木過程中，大家會去選擇基因好的樹種來種植，卻疏忽好種也要有好的維護管理，才能使樹木健康長壽。樹本身的活力（基因本質）是好的，再透過好的維護管理，強化生命力，即有機會成為健康受保護樹木。反之，光是靠活力（基因種）良好，卻沒有好的維護管理，將無法有好的生命力（好種不長壽）。

要維持活力與生命力，固然需要有樹木專家在知識面與技術面提供支持，但在管理面也需

要改革。在日本都市林健康管理中，新植樹木工程合約已拉長至3年，種植業者不是只有種植完當下的保活任務，也包括種植後續的維護管理。新植樹木的初期健康管理非常重要，如修剪、確定枝下高及中央主幹等，以避免未來發生等勢幹及不安全樹木結構發生。都市樹木雖提供許多直接與間接效益，然而，樹木的種植、養護和都市樹木生長過程中，也相對帶來一些挑戰和管理成本，這些因素都必須納入都市樹木效益的考量之中。儘管樹木對於居住於都市的國民是無價的資產，但若缺乏合適的管理規範與策略，樹木反而可能是一項負擔與危險，因此，國際樹藝師更強調樹木專家（樹藝師、樹木保護人員等）應在樹木配置規劃初期即加入工作團隊，以進行樹木後續健康生長。



莫蘭蒂颱風前於金門調查列管珍貴榕樹，經目視健康檢查，可見枝葉稀疏，未有活力生長狀。



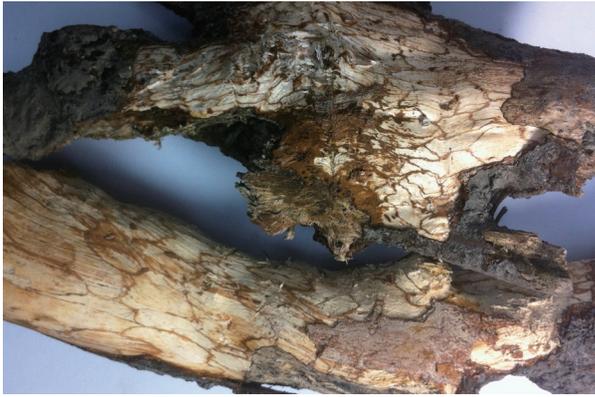
檢查樹木根基部，發現樹木根基部已受褐根菌絲面感染達樹皮圍周1/3以上。



莫蘭蒂颱風災後調查中，該樹已傾倒。



根系受褐根菌感染，傾倒樹木根系嚴重腐朽，而失去支撐力。



許多樹木根系出現典型褐根病危害網狀格紋病徵時，多已感染兩年以上。



除了生物因子如褐根病會影響樹木健康，其他人為因素如種植於花台內、覆土過高、回填排水不良之介質等，皆會造成樹木生長不良，增加倒伏風險。並且是造成褐根病易發生之因子。

## 樹木健康管理從規劃開始

樹木專家必須在工程初期即和都市林決策者、規劃者、工程師與景觀師一起參與規劃合作，將樹木併入都市計畫中。樹木從新植到長大，具有長期的服務功能，樹木專家參與樹木規劃時，應以永續性為最終目標，包括樹木長期維持生態、社會與經濟效益的能力，樹木的生命力與規劃成功與否息息相關。

一座健康的都市林必須具有不同齡級的樹木並兼顧生物多樣性，同時須使樹木健康與穩定達到最大值。由於樹木自新植到能發揮生態服務功能耗時許久，因此在都市林中保留和維持成熟樹體，將有助於樹木效益發揮達最大化。亦可藉由群植樹木和大範圍的都市景觀綠化達成永續性，以營造更接近自然環境之狀態。在日本樹木醫制度發展過程中即可看出，從樹木醫（樹木生病尋求樹醫生醫治），到街路樹診斷士（樹木健康檢查概念，早期診斷早期治療），以及日本近年推動的綠化再生士（傳達都市林永續經營概念，以原始、接近自然之都市林管理法，達到農藥減量、重視生物多樣性之動植物永續經營模式），皆在尋求都市林環境之自然狀態。

## 樹木健康管理

國際樹藝協會及日本樹木醫訓練課程，皆一致認為認識樹木是最基礎也是最重要的，從病害防治管理而言，正確診斷是防治管理最重要步驟，而正確診斷第一步即是認識植物。美國植物病理學之父 Agrios 曾說：「何謂生病？偏離正常狀況，稱之為生病。」須認識植物正常狀況，才知何謂偏離正常狀況。因此在樹木健康管理知識面上，須理解樹木生物學、土壤學、水分管理、營養學、種植與成長、修剪、樹木支撐及避雷系統、診斷與樹病、植物健康照護、風險評估與管理、樹木與營建工程、都市森林學、樹木工作人員安全及樹木攀爬與工作等。在日本樹木醫培訓過程中，除了知識面與技術面學習外，更重視對樹木的情感，透過面試了解樹木醫候選人之道德品格，最後決定錄取與否。

## 樹木健康照護

樹木健康照護是一項整體、全面及詳細的策略管理計畫，管理植物健康、結構及外觀。往往在景觀設計中，把美學功能列為栽植主要價值，而忽略健全結構對都市樹木的重要性，此不僅僅是影響樹木存活、健康問題，也關係到安全問題。



圖 / 大山影像

樹木是大地生態系的一部分，在生態系中生物及非生物因子，皆會影響樹木健康。土壤、灌木、草本植物、草皮及人造景觀等地景元素，皆和樹木有互動關係，而不單單只有病、蟲害會影響樹木健康。因此，樹木健康照護，須考慮樹木存在整個生態系，因此樹木防治管理，亦須以整個生態系考量為出發點，研擬防治管理行動。

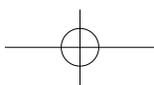
以臺灣常見樹木病害褐根病為例，許多樹木感染褐根病之原因，往往由許多非生物因子首先影響樹木健康，最後導致樹木枯死，若只單看到感染褐根病菌絲面之枯木，多半會認為樹木死亡為單一生物因子（例如：褐根病）造成。然而在國內造成樹木感染褐根病之因子探討，跟寄主、環境皆有密切關係，如排水不良地區、壓實土壤、生長於水泥花台之樹木、根系生長

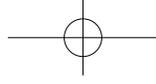
空間不佳等生育地不良因子，皆易增加樹木感染褐根病之風險。因此，藉由生育地改良技術，如土壤改良、添加微生物製劑、長帶型植穴及健康苗木種植等，皆可降低樹木褐根病感染風險，亦是未來都市林對褐根病健康管理策略。

### 監測是健康照護之重要工作

樹木在健康照護過程中，不論是水分管理、營養管理以及健康照護中最主要之整合病蟲害管理（IPM），皆需要進行監測。在監測過程中，了解照護手段是否有效，同時也可適時調整防治策略，強化健康管理成效。監測包括立地環境訊息、植物訊息及異常訊息三方面。

立地環境訊息，包括最近的氣候趨勢、景觀管理操作、排水及土地的改變、鄰近植物的新植或移除，以及硬體景觀的建造或恢復等，皆





可能影響植物的生命力。在諸多案例中，植物在不利的生育地環境下，相對容易受到病害蟲的干擾，因為木本植物的反應時間經常較環境或栽培手法改變的時間為晚，故生育地的歷史訊息是極為重要的。

蒐集植物狀態資訊亦是樹木檢查重要的另一環。葉片數量、大小、顏色、枝條之生長、症狀反應以及任何的異常病兆等，皆是樹木健康的評估指標。樹木本身的條件，亦會影響其自身對有害生物之敏感性及傷害的忍受性；因此，依照樹木本身不同條件，針對潛在的有害生物作適當之防治臨界值（action threshold）調整有其必要性。例如，有害生物防治臨界值，對於狀況不佳的樹木來說是相對較低的，因為即使是非常輕微的逆境，也會使樹木進到不可逆的衰弱狀態，如曾經遭受工程傷害、強修剪之老樹對病蟲害忍受性較低。此外，物候階段也會影響樹木對傷害的容忍性，並影響有害生物防治的決策；透過物候學（phenology）探討週期性生物活動及氣候變遷之關係，可應用樹木健康照護。舉例來說，在年末時，落葉樹上的葉部有害生物可能因為快速落葉而不需加以防治。植物病原生物（真菌、細菌等）可能已感染植物組織，但在病徵發生之前都不會被

發現，因此鑑別對特定病害高感病的植物種類（如褐根病多發生在榕樹），及監測已知病害的病徵及病兆（真菌的子實體或細菌的菌泥），或防範已有紀錄的病害都是重要的。

異常訊息更是必須透過監測才能了解，並應該列入未來樹木普查工作中並執行改善，包括有害生物或其它異常的調查，及鑑別相關因子（族群量水平或嚴重性、目前的生活史階段、病徵及病兆、有無有害生物以及自然控制的可能性等）。調查害蟲的族群數量水平或失調的嚴重程度，對於防治臨界值的評估是必要的；很多蟲害跟病害只有在其脆弱的生活史階段才能有效地進行管理。當考慮進行有害生物管理時，確實鑑定生活史階段是必要的，才能選擇適當的管理策略。假使自然控制有害生物是高度可行的，則可能未必需要施行防治。反之，應持續地監測有害生物，以評估自然控制的效力，然後在必要時實施防治策略。

有害生物可能只在特定期間會活動（例如：樟白介殼蟲好發於每年4月至8月），因此肉眼所觀察到的損害水平可能無法提供足夠的訊息，以進行管理決策。另外，某些害蟲只在難以偵測的特定生活史階段易於被防治（如鱗翅



樟白輪盾介殼蟲一般好發於4-8月期間，於梅雨季及颱風季後，族群數量會明顯降低。整合蟲害管理概念中，可於2月底害蟲密度較低時，即採取防治措施。



檢測樹木健康狀況，除了目視診斷，也可以結合科技儀器。例如使用樹液流動儀，可了解維管束樹液流動狀態，應用於評估了解樹木健康情形。



目的透翅蛾)。在這些情況下，便可用陷阱裝置監視有害生物的數量及生活史階段，進而評估防治臨界值，並安排合適的管理策略。

## 科技儀器應用研究 樹液流動儀

近年來，樹木保護意識抬頭，林木健康日益受到國人重視。檢查樹木健康有多種方式，包含目視檢查及非破壞性檢測。目視檢查，即以肉眼判斷樹木外觀，以系統性方式檢視樹木根部、幹部及樹冠部之缺陷；非破壞性檢測法，則可利用樹木阻抗儀及應力波檢測儀（ARBOTOM）。樹木阻抗儀以細微探針鑽入樹體，可得知木材質地密實程度；應力波檢測儀則透過震動波檢測樹體內部，類似人體電腦斷層掃描，可得知樹木橫截面木材腐朽程度。

然而，上述兩種方式，皆須待樹木已有空洞腐朽發生時，方能得知樹體結構已產生缺陷，此時再進行補救措施往往為時已晚。為改善此情形，可透過樹液流動儀（sap flow meter），檢測樹體木質部水分流動情形，於外觀未發現缺陷時，及早由樹體生理層面發現問題。植物輸導組織好比人類的血液循環系統，將水

分、營養物及各類化學物質輸送至植株各處，若輸導組織功能受阻，將會嚴重影響植物生理狀況，由此可見其對植物之重要性，也與樹木健康息息相關。樹液流動之動力來源為葉片之蒸散作用，由下而上將水分自根部拉往樹冠方向，樹液流動儀透過將3支探針以垂直地面方向插入樹體，由最下方探針偵測原始樹液流溫度，經中央探針加熱後，再由最上方探針偵測溫度，藉由判斷溫度上升快慢程度，可由電腦軟體換算樹液流動速度。

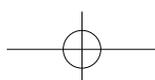
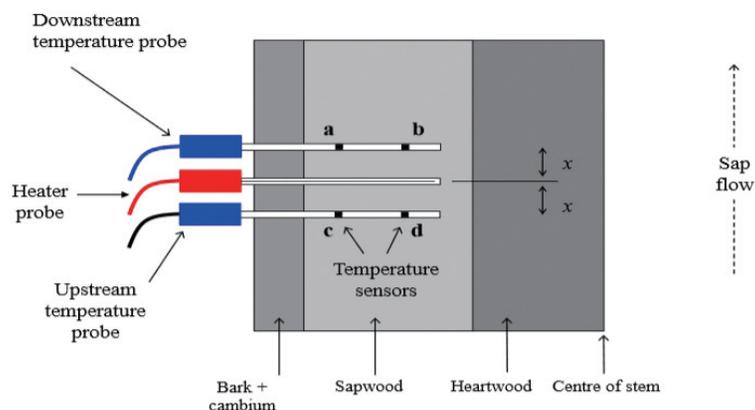
透過此儀器可得知目標樹木在不同時節、天氣、環境條件下樹液流動之情形，也可經由長期監測，獲得健康樹木之樹液流動基礎資訊。然而影響樹液流快慢因子眾多，同棵樟樹在不同氣候下的樹液流24小時變化，其高峯值兩者間也會有所不同，可見其變化易受外界因子影響，但若透過縮減及固定變因的使用條件，在進行都市林健康評估上，配合目視檢測可更進一步確立植物狀況，對於往後的維護管理能有更為準確的策略判斷。

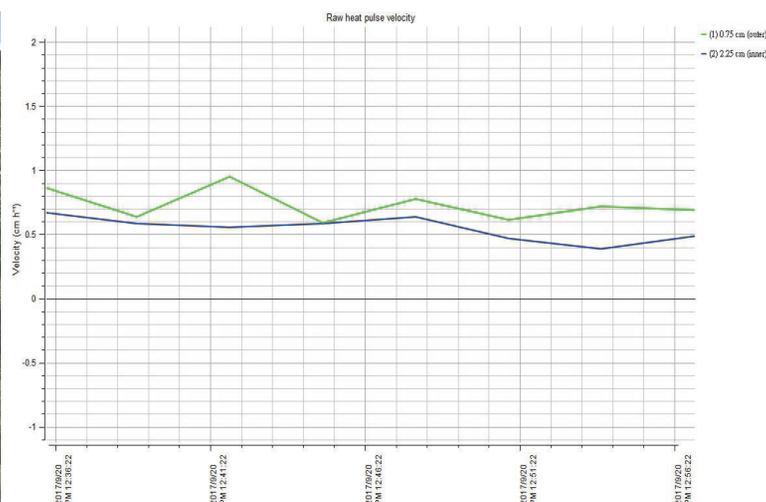
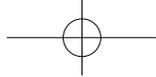
舉例而言，2017年9月，針對數棵因為道路工程完工後3個月（工程傷害），其外觀生



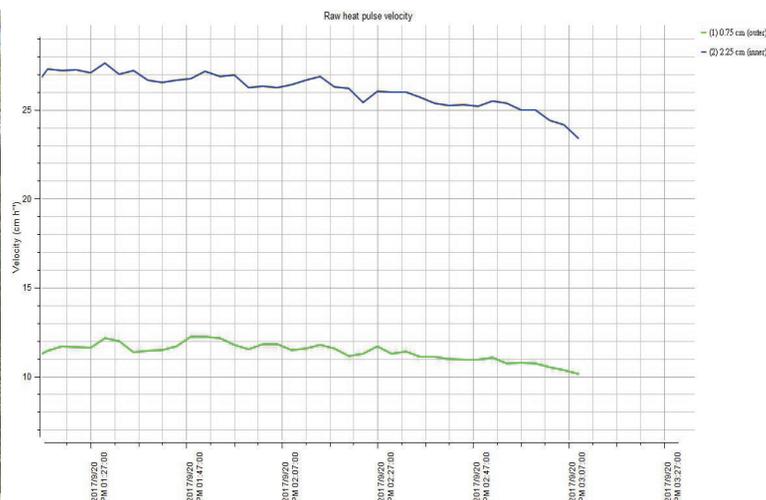
樹液流動儀藉由中央紅色探針進行加熱，上下方探針感測溫度變化速度，溫度升降快慢受樹液流速影響，經試驗在早上10點至下午2點是最佳檢測時機。

## HRM Theory





因工程傷害受害之樟樹樹液流檢測結果及外觀概況。樹液流速極低（介於0.6-2 cm/h），沒有活力。



目視外觀生長良好樟樹之樹液流概況。樹液流速則多介於18-22 cm/h。

長情況不佳之樟樹進行樹液流檢測，雖檢測時間不長，但對照相同時段其他健康樟樹之檢測結果，仍可比較出明顯差異：外觀樹葉稀疏、無新芽之樟樹樹液流約 0.6-2 cm/h；外觀樹葉繁茂之樟樹則約為 18-22 cm/h。

除了不同樹木個體，也可使用於同一植株中不同枝幹。另一案例於 2017 年 8 月時，老楠樹（該樹有數處腐朽空洞，並曾經施以樹木外科手術處理），目視枝幹仍可發現樹葉稀少及

回枯現象。針對曾外科手術處理後與健康枝幹之不同枝幹進行樹液流檢測，結果明顯顯示經外科手術處理後之枝幹，樹液流動情況皆不如健康者活躍。

未來利用科技研發，儀器配合樹藝師專業知識亦是一種趨勢。樹液流動儀在都市林健康評估中可配合其他檢測法同步進行，以求更加掌握樹木現況，及早發現樹木問題，擬定適合策略以改善樹木健康。



## 樹木風險評估

城市樹木是都市之肺，受保護樹木不僅是文化資產，更有其具備生態服務功能及效益（環境效益、美學效益、經濟效益及心理與社會效益）。然而都市中健康樹木定義，不單單只是具有生物功能，亦須有社會功能，所謂社會功能是能發揮生態服務功能效益，並且非都市炸彈（可能造成公共危險）。因此在日本之行道樹及公園等都市樹木管理，皆強調樹木是維持美麗都市景觀的基礎，具有提供綠蔭等重要的機能性（生物功能），但仍須透過各種都市樹木的管理方式及管理技術研究，方能打造出「健康且安心的綠意」，使綠意完全發揮其機能。因此樹木健康診斷必須列入安全目的，在追求安全、安心道路空間的同時，也要避免受保護樹木因颱風或強風倒下，或枝條斷落而造成人身及物品危害；在美國樹藝學健康管理中，也強調樹木風險評估的重要性及專業性。在國內因為樹保專章之下，全國皆在進行樹木普查清冊同時，亦應將健康檢查及風險評估列為重要工作，同時擁有老樹文化資產，也有健康老

樹，使健康樹木不是僅具有生物功能，也具有生態服務及安全社會功能。

樹木風險評估（risk assessment）是針對部分或樹體發生掉落或傾倒，並造成損害或傷害之可能性的評估過程，必須要有可能標的物存在（主要為人、車及重要建物），才進行風險評估。在執行樹木風險評估時，可藉由預測並防止破壞樹木之結構性，以促進公共安全、保護在工作場地的工作者，並促進樹木健康長壽。樹木風險評估要考慮到3個因素：樹木本身發生破壞傾倒的潛勢、促使樹木破壞傾倒的各種環境因素、會造成損害或受傷的標的（target）。傾倒趨勢是指樹木或一部分的樹體，在一定的時間期限內，發生斷落或傾倒的可能性，因此任何風險評估結果皆具有時效性。在評估樹木傾倒勢的過程中，樹藝師必須考慮許多因素，包括樹種、生長習性、缺陷、枝條連結的品質、根系狀況、傾斜、樹木及生育地的歷史等。⚠



樹木風險評估過程中，除了估算樹木本身塌壞之可能性，亦需考慮標的物存在與否及位置。如本圖中老樹下方有兒童遊憩區，將增加樹木風險等級。