

樹木適應環境生長的反應木材

◎林業試驗所森林利用組·林振榮 (d88625002@yahoo.com.tw)、余欣怡、張婕瑜、龔其主

本文將描述樹木為了適應環境條件，如：樹木受傷損壞之後的傷口，產生反應木材的生長及特性，瞭解這些樹木反應，以作為檢查及評估樹木的選項，並理解其現象的原因。作為樹藝師在進行樹木的風險評估前，須先了解樹木結構、健康、腐朽和力學等基本樹木生物學知識，而藉由瞭解樹木生物學去審思樹木解剖和生理的影響為何會造成樹木破壞傾倒或掉落的可能性。樹木的結構和反應機制是樹木與其環境，包括：承受的載重和木材腐朽等效應之間，複雜相互作用的一部分。瞭解木材構造是先決條件，以作為理解腐朽和反應生長的機制，這些是樹木診斷醫學的一部份。

木材構造

樹木如何反應於外力、腐朽及其它應力等，對於木材發展的方式及位置，有直接的影響。樹木的基本水分傳導系統，在裸子植物(主要是針葉樹)主要為管胞(tracheids)，而被子植物是導管(vessels)。導管和管胞是樹木的水分輸導組織，並結合纖維和活的薄壁細胞，構成木質部。木材是次生木質部，是樹枝、樹幹和樹根的強度主要來源。在木質部細胞的關鍵承受載重的組成是纖維素和木質素。弦狀纖維素是偏白的顏色，在拉伸的時候會提供彈性和強度，弦狀纖維素間和其周圍是由細胞壁物質木質素組成的基質所環繞。木質素是暗棕色的物質，當受到壓縮時，提供剛性(抵抗變形)和承受載重的能力。因此，纖維素和木質素使木材有強度且有彈性。

特化的薄壁組織細胞會徑向地發展，

這些橫跨木質部和韌皮部的薄壁組織被稱作「木質線(ray)」。這些由髓心向外呈放射狀的木質線，就好像是車輪的輪輻一樣。木質線運輸營養物和其他物質材料橫跨根部、主幹和枝條的短軸來往韌皮部。木質線薄壁組織還儲存能量(如澱粉)，透過結合連續年輪，共同執行重要的機械性能，並有助於樹木應對於彎曲應力。木質線薄壁組織還構成防禦機制的一部分，抵抗內部腐朽的擴展。

在溫帶氣候，新的木材通常會增加成為一圈明顯的年輪，可明確定義樹木的生長季節及之後的休眠期。在熱帶和亞熱帶地區，樹木休眠期可能會不存在，即在一年中有一個以上的生長期。年輪是屬於典型溫帶地區樹木的特性，往往有兩種不同的木材形式。當樹木第一次結束休眠後，新木材通常由薄的細胞壁和較大的細胞間之空隙所形成，這就是所謂的早材(earlywood)。在接續的季節，細胞壁會變增厚，細胞間隙會變小，這就是晚材(latewood)。木材的強度主要是來自晚材的組成，而這些木材性質受到生長速率和生育地情況不同而影響。此外，木材的強度也和每個維管束內的管胞和纖維中的纖維素及木質素含量有關。

樹木的生長策略

樹木的生長階段，在初期種子萌芽後迅速生長，通過育苗階段進入了樹苗，然後幼樹階段。當樹木變老，進入成熟期，生長高度和擴展的速度減慢，且最終整體活力開始下降，此時，新木材仍然在增加，但以較慢的速度發

展，年輪變得比年輕時要窄。如果樹木不能再提供足夠的碳水化合物、水和養分，以維持生長時，老樹可能會進入「緊縮(retrenchment)」的階段，樹冠層開始枯死，降低樹高和擴展，但同時仍繼續增加圓周長。這種緊縮的過程增加了樹木穩定性，因為一個小樹冠使樹木承受的載重減少；而緊縮作用也可增加壽命。

樹木的壽命隨著樹種的不同而變化。有些櫟樹和松樹可以活幾百年，而其他物種，如先驅樹種，壽命則是較為短暫的，也許只有三、四十年。考慮到生物學及力學，樹木的生命週期是一個重要相關因子。長壽命的樹種通常具有良好的適應性生物策略，來克服因為昆蟲、傷口、疾病、和腐朽的影響；短命的樹種對於這些因素的反應較弱，影響程度主要依據再生能力的強弱而定。這兩種不同的生命策略，長壽樹木傾向於使用更多的資源，以作為防禦對抗；而生命短暫的樹木，往往會利用自己的資源，快速的生長，和害蟲一同競爭，而不是防禦害蟲。當樹藝師評估樹木結構和健康時，了解樹木的生命周期(壽命)和生命策略也很重要，因其可利用這些資訊，來評估樹木對腐朽或其他逆境的因素的反應。

樹木安全性及健康性

樹木健康性與結構安定性間的關係，雖是相互獨立的，但又是密切相關的。樹木檢查員不應將樹木的健康性和結構安定性混淆在一起。具高風險結構安定性的樹木有可能是健康的，且具有茂密的樹冠，例如：當樹木因具有足夠的邊材或不定根以維持樹木的健康，但因強度結構的支持性不足，致使此健康的樹木亦可能發生倒塌的危險性。另一方

面，健康狀況不佳的樹木，不一定有結構安定性的問題。例如：由於根部疾病引起的樹木衰退，可能導致樹木在結構上的不穩定，而由於乾旱或蟲害引起的樹木衰退，可能不會造成結構的安定性問題。然而，若指稱樹木健康和結構安定性具有密切相關性，是指健康的樹木更能夠補償結構安定性的缺點，因為健康的樹木可以發展適應性生長，以降低腐朽、破裂和受傷所引起的傷害。因此，在評估一棵樹木的結構安定性時，不可全憑樹木外觀的健康性來判斷，仍應仔細檢查及評估。

樹木的反應生長

樹木的生長是自我適應性的，受到載重、環境和基本資源的有效性影響。反應生長，是適應性的一種形式，新的木材產生反應於損傷或附加載重之處，以補償較高的應變(變形)在最外層的纖維，包括：反應木材、彎曲木材及傷口木材。

1. 反應木材(Reaction wood)

反應木材的兩個記錄之形式是「被壓木材(compression wood)」和「引張木材(tension wood)」，兩者形成以抵制重力及其它靜態載重所產生。被壓木材常見於針葉樹(裸子植物)，主要反應由重力所增加的靜載重，又稱「支撐材」。它形成在樹幹的向下傾斜側面，使樹木直立，或在枝條連接處，以支撐枝條的下側。當細胞成熟時，是由縱向擴展細胞構成的。被壓木材通常具有較小、較薄的纖維素細胞管，有較多晚材和較高木質素含量。引張材形成於被子植物(闊葉樹)，其細胞形成在枝條接近連接處的上側，或在樹幹的



左圖：被壓材(龍柏)；右圖：引張材(桃花心木)。(林振榮 攝)

迎風面或上坡側。引張材是由於細胞在拉拔木材所形成，因此又稱「拉拔材」。這種收縮的作用就像一根繩子拉回朝著垂直樹幹，或握住枝條向上來對抗地心引力。引張木材具較厚的纖維素細胞管，但木質素含量較少。

一般而言，被子植物主要產生引張木材，但卻有一些也會反應於靜態載重，透過產生壓縮面積來補償生長反應，而產生被壓材；但是，針葉樹不形成引張木材。當一個枝條被切斷時，在橫截面中可經常觀察到加厚生長輪，在靠近枝條連接處，下側為被壓木材，上側為引張木材。類似的模式可以在較低樹幹中發現，藉由形成反應木材，以保持樹幹的垂直。

2. 彎曲木材(Flexure wood)

有些反應木材的發生主因是由於改變載重而造成搖動所引起的反應，此類型稱之為「彎曲木材」，其形成在幹枝因反應於風的載重產生。彎曲木材在某些方面與引張木材的解剖學是相似的。樹幹尖削度(trunk taper)

和板狀根(butress roots)的發展是載重反應生長成彎曲木材的一個例子。

3. 傷口木材(Wound wood)

傷口木材是一種生長的特殊類型，所產生反應是因為形成層損傷的生長，它由木質化構成，區分化的組織從細胞團發展，稱為「癒傷(合)組織」，主要為創傷後形成的組織。傷口木材的化學性質不同於正常木材，其木材的密度和抵抗腐朽性較正常木材好。



樹木(樟樹)樹基有不正常的膨大情形，此增加生長的木材部位是一種彎曲木材，為樹木反應於結構的弱點、腐朽、重覆性的搖動或其它刺激作用的一個指標。(林振榮 攝)



外殼環狀的癒合組織，內部形成一個V型痕跡的包覆癒合(菲律賓紫檀)。(林振榮 攝)



左圖：內卷式破裂(臺灣檉)；右圖：肋骨式破裂(苦楝)。此類型主要是因破裂縫或機械應力所形成的反應木材，而其形狀似肋骨。(林振榮 攝)

它的發展也加強了受傷區域的強度。如果傷口或空洞不容易閉合時，如：開放口過大或其他因素影響，傷口木材可能增大或捲繞向內，在空洞的邊緣形成似「公羊角(ram's horn)」的特徵。傷口木材發展的速度是依據樹木健康和樹種特性，對於機械應力反應的不同。

反應生長是樹木對於組織損傷或載重所產生的反應，包括：反應木材、彎曲木材

及傷口木材。新木材分布在很大程度上是透過機械應力來確定，但也受到樹木健康的影響。一棵樹木的能力，以抵禦腐朽的擴大蔓延，並產生足夠的木材生長，保持穩定很大程度上取決於整體樹木健康和活力。因此，維護樹木的健康及活力，將有助於提升樹木對外力或微生物所造成的傷害反應。☸