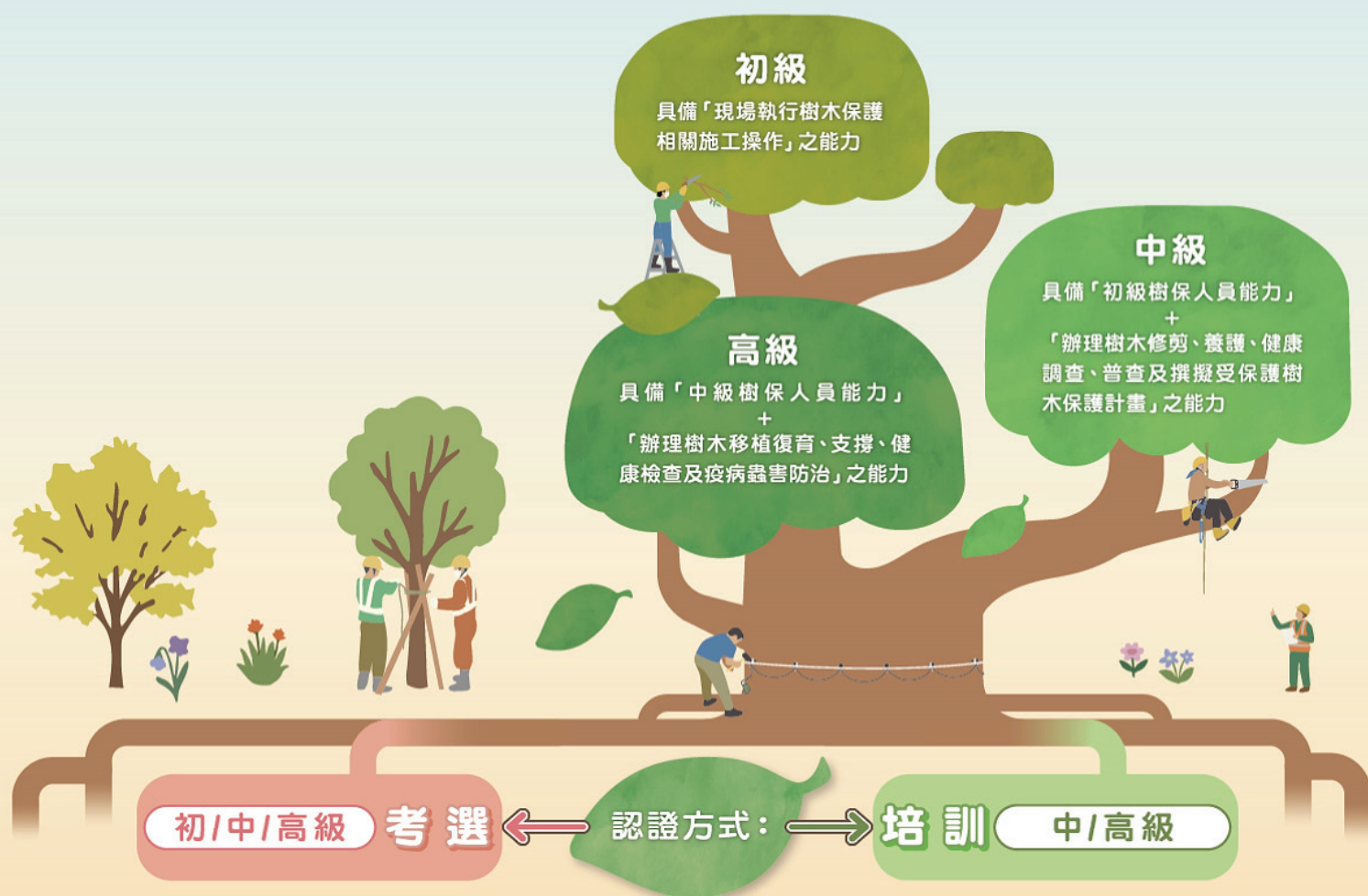


樹木保護專業人員 培訓考選教材

【中級】



更多資訊



主辦單位：林業及自然保育署

樹木保護專業人員培訓考選教材

中 級

第一章	樹木生理學概論-----	1
第二章	樹種辨識-----	25
第三章	生態學概論-----	55
第四章	土壤與水管理-----	87
第五章	生育地環境分析-----	127
第六章	樹木調查-----	181
第七章	樹木保護相關法規-----	201
第八章	樹木保護計畫撰寫實務-----	219
第九章	基盤改良與實務-----	257
第十章	樹木修剪與實務-----	291
第十一章	樹木健康管理概論-----	351
第十二章	樹木工作人員安全-----	415
第十三章	樹木保護措施與施工-----	445
第十四章	美學與環境倫理-----	465
	中級樹木保護專業人員培訓考選題庫-----	509

樹木保護專業人員教材

【中級】

第一章 樹木生理學概論

簡慶德 / 張莉莉



共同科目

第一章 樹木生理學概論

第一節、前言

樹木是地球上生長最高的生物，高度從 4-5 公尺至 100 公尺以上，如 *Sequoia sempervirens* (北美紅杉)可長到 115 公尺高，臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)也可長到 80 公尺以上。樹木是多年生的、長壽的木本植物(woody plants)，有一個粗長的樹幹(trunk)，支撐很多的枝條(branches)和葉子(leaves)，而樹幹底部土壤中有一群根系(roots)，能吸收水分和無機鹽類、礦物質等養分。樹木在地球上生活已超過 3 億 7 千萬年，古生代(Paleozoic) 石炭紀 (Carboniferous) 時期，樹木遍布全球，直到今天，仍然廣泛分布，從熱帶、亞熱帶、溫帶到寒帶，都可以發現它們的存在。全球氣候暖化，溫度和空氣中二氧化碳(CO₂) 濃度逐漸上升，然而樹木扮演一個重要的角色，吸收二氧化碳，不但讓樹木增長，並且長期儲藏大量的「碳」纖維素於組織中；例如樹木中的纖維素(cellulose + hemicellulose) 占整棵樹的 60~80%。樹木到了成熟期(adult phase)，將會開花結果，生產種子，種子發芽繁殖下一代。本章主要介紹針葉樹和闊葉樹種(雙子葉植物)，從種子構造和發芽、樹木生長、樹木解剖構造和生理、生化反應，至樹木耐陰性、環境影響樹木生長、植物荷爾蒙及訊息傳遞等科學，並有詳細說明和圖、表輔助。樹木生長過程中之葉、莖(樹幹)、根等生理學，包括光合作用、呼吸作用、蒸散作用和吸收、輸導、維管束系統等，也會一一介紹。最後，本章將簡單敘述單子葉植物棕櫚樹，其構造與雙子葉植物針、闊葉樹不同，它們在地球上主要分布在熱帶地區，種類繁多，是經濟價值極高的植物。

第二節、種子構造和發芽

種子發芽是指有活力的種子在正常的環境條件下(如溫度、光 / 暗、水等)，

胚根(radicle)首先突破種皮長出根，接著胚軸的頂部長出莖和葉，成為一棵樹苗。

裸子植物(Gymnosperms)和被子植物(Angiosperms)種子的構造是不同的。

裸子植物如松、杉、柏科種子，包含種皮(seedcoat)、大配子體(megagametophyte)和胚(embryo)，而胚包括胚根(radicle)、胚軸(axis)和子葉(cotyledons)，子葉數依樹種不同有 2~15 片(圖 1-1)。被子植物雙子葉樹種種子，包含果皮(pericarp)、種皮(seedcoat)和胚(embryo)，其中胚只有 2 片子葉和胚軸，而胚軸包括胚根、胚莖、胚芽等。雙子葉樹種種子多無胚乳(endosperm)，其養分主要儲存在肥厚的子葉中；少數樹種，如木蘭科(Magnoliaceae)、五味子科(Schisandraceae)、冬青科(Aquifoliaceae)、忍冬科(Caprifoliaceae)、五福花科(Adoxaceae)等，種子成熟時仍保有胚乳，作為種子發芽時養分來源。

種子發芽所需時間，若於一個期間內(約 30 天)可達到最高的發芽率，此種子是沒有休眠的，例如針葉樹臺灣二葉松和闊葉樹紅楠種子，在 4 週內能達到最高的發芽率。若種子發芽時間超過 30 天，稱種子是有休眠的(seed dormancy)。全世界植物種子據估計約有 50%以上是有休眠的，有休眠的種子可利用暖溫、低溫或暖低溫組合濕層積處理(moist warm, cold, or warm followed by cold stratification)，以加速種子發芽(簡慶德，2011、2018、2019)。



圖 1-1 松科種子 (左) 和臺灣紅榨槭種子 (右) 剖面圖

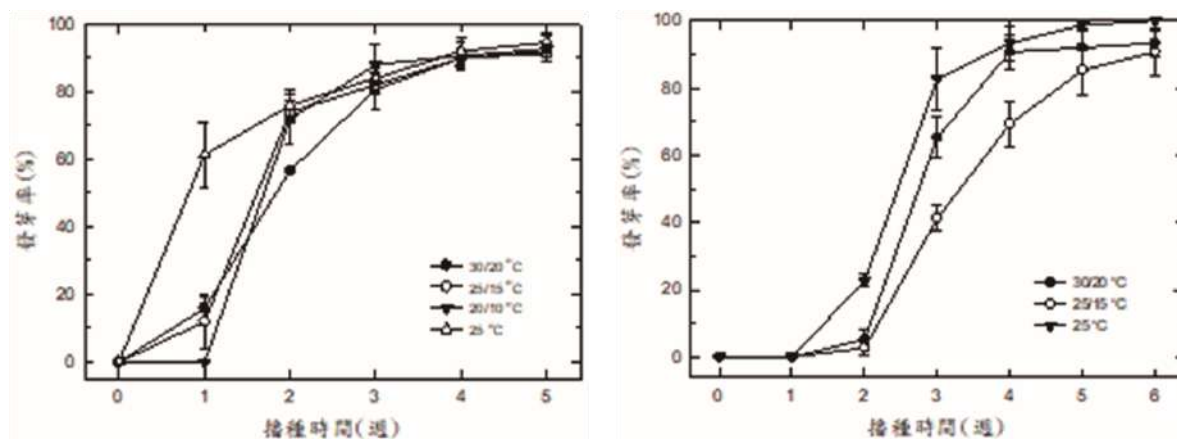


圖 1-2、臺灣二葉松(左)和紅楠(右)種子在不同溫度下之累積發芽百分率

第三節、樹木的基本結構

樹木包括葉(leaves)、樹幹(莖) (trunk or stem)、根(roots)、花(flowers)和果實(fruits)。樹木生長過程主要發生在分生組織(meristems)，分生組織分為二

(一)初級分生組織(primary meristems)

或稱頂端分生組織(apical meristems)，分別在樹幹(莖)最上部、枝條頂端處和根尖處，這群細胞持續分裂、分化(differentiation)，使樹幹和根部增長。

(二)次級分生組織(secondary meristems)

或稱側生分生組織(lateral meristems)，這群細胞在樹幹周圍持續分裂、分化，以增加樹幹的直徑寬度。最後樹木開花結果，形成一個完整的生命體。值得注意的是植物細胞具有細胞壁(cell wall)，由纖維素(cellulose)和半纖維素(semicellulose)為主組成；次級分生組織的細胞壁中還含有木質素(lignin)以增強硬度。

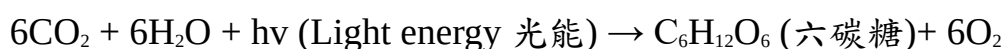
第四節、樹葉的構造和功能

本節分 3 部分說明，光合作用(photosynthesis)、呼吸作用(respiration)、蒸散作用(transpiration)和空氣污染物的截留及吸收作用(interception and absorption of air pollutants)。

(一)光合作用(photosynthesis)

樹木葉子是製造食物的工廠，一片綠葉內有很多的葉肉細胞(mesophyll cells)，葉肉細胞包括柵狀組織和海綿組織；每個葉肉細胞內也有很多的葉綠體(chloroplast)，一個葉綠體內含有許多的葉綠素(chlorophyll)綠色色素，和少量的類胡蘿蔔素(carotenoids)，負責吸收太陽光，執行光合作用，將光能轉變為化學能，製造碳水化合物，如葡萄糖等。簡單的說，當光線照到葉表面時，葉綠體內的水(H₂O)和二氧化碳(CO₂)經過一連串的生理生化反應，製成各種醣類。地球上如果沒有光合作用，就沒有活的生物存在。光合作用分為二部分：

- 1.光反應(light-dependent reaction)：首先水(H₂O)受到光的作用，立刻釋放出氧氣(O₂)和氫離子(H⁺)，及產生三磷酸腺苷(ATP)和菸鹼醯胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADPH)二個化學能。
- 2.暗反應(light-independent reaction)：稱為卡爾文循環(Calvin cycle)，或卡爾文-班森循環(Calvin-Benson cycle)，是美國加州大學一群科學家在 Melvin Calvin 領導下，成功地完成碳循環(early carbon pathway)，而於 1961 年獲得諾貝爾化學獎。卡爾文循環需要有 6 個二氧化碳分子進行葡萄糖合成作用，此時不需要光能，但需要來自光反應所產生的化學能，ATP 和 NADPH。整個光合作用生化平衡方程式如下：



植物利用這些碳水化合物和礦物質、化學元素等，合成其他物質，如纖維素、澱粉、胺基酸、蛋白質、脂肪等；或分解碳水化合物，進行呼吸作用。

(二)呼吸作用(respiration)

樹木呼吸作用過程是利用光合作用所產生的糖類，加上氧氣，以產生能量(ATP)，保持生命和生長。換言之，呼吸作用是光合作用之反向作用，以取得能量。呼吸作用發生於植物體葉、樹幹和根任何部位，但光合作用只發生在葉子部位。整個呼吸作用生化平衡方程式如下：



糖的分解氧化作用，首先發生在植物細胞內之細胞質(cytoplasm)中，此時糖被分解成丙酮酸(pyruvate)，接著丙酮酸進入粒線體(mitochondria)內進行三羧酸循環(TCA cycle)和電子傳遞磷酸化作用(electron transport phosphorylation)，最後產生 36-38 個 ATP 能量。三羧酸循環有時候稱為 Krebs cycle，是紀念諾貝爾獎得主 Hans Krebs 對呼吸作用的貢獻。光合作用和呼吸作用需要二氧化碳和氧，這二種氣體都必須經由植物葉表面的氣孔(stoma；複數 stomata)進出；大部分樹木葉子氣孔位於下表皮層(lower epidermis)，稱為異面葉(dorsiventral leaf)，而單子葉植物和草本類植物，其氣孔位於葉子上、下表皮層，稱為等面葉(Isobilateral leaf)。葉有葉脈(leaf vein)，又稱為維管束(vascular bundle)，內有木質部(xylem)和韌皮部(phloem)，木質部負責疏導水分和無機鹽類，韌皮部負責疏導糖類等光合作用產物。

(三)蒸散作用(transpiration)

蒸散作用是水分從葉表面經由氣孔以水蒸氣形式散發到空氣中的現象，同時產生一股「蒸散拉力 transpiration pull」，將水分從根、樹幹、葉等木質部向上輸導，而且讓葉子降溫。因此，蒸散作用有蒸散拉力和降溫的效果。

蒸散作用如何發生？白天一開始，土壤水分(含礦物質)經由滲透作用(osmosis)進入根內部到木質部，木質部毛細管水與水之間的凝聚力(cohesion)和水與管壁的附著力(adhesion)，以毛細管作用往上輸送，經由樹幹、枝條到葉子，再經由滲透作用進入葉肉細胞，最後水分在葉肉細胞壁以蒸發作用，水蒸氣經由氣孔散發到空氣中。由於葉子內部水蒸氣壓比較空氣中水蒸氣壓大很多，因此葉內水蒸氣一直保持往外輸送，而產生蒸散拉力，除非雨天空氣中相對濕度大，水氣才停止輸出。

(四)空氣污染物的截留及吸收作用(interception and absorption of air pollutants)

樹葉表面有許多的氣孔構造，能吸收空氣中的氣態污染物，如臭氧、一氧化

碳、二氧化硫及氮氧化物等，此外葉表面角質層中的脂質也會吸附有機污染物，如甲醛、多環芳香烴碳氫化合物(polycyclic aromatic hydrocarbons)等。當氣態污染物經由氣孔進入植物體內部後，會擴散至細胞間隙並被水膜(water film)吸收，或於細胞內的液胞(vacuole)進行反應；葉細胞在一定的耐受濃度下，可以將二氧化硫或二氧化氮等轉變為硫酸鹽及硝酸鹽，成為植物體的養分並參與如胺基酸合成等代謝活動。然而，若污染物濃度過高，也可能會對植物造成損傷，如高濃度的二氧化硫進入植體後會破壞葉綠素，造成鎂離子的流失，進而降低了葉部光合作用的能力。

空氣中粒狀污染物，植物可透過葉片及枝幹所含的大量表面積將其截留，降低大氣中 PM_{2.5} (粒徑小於 2.5 微米之粒狀污染物)的濃度。一般來說，針葉樹由於葉面積指數(leaf area index，指單位土地面積上所有的葉片面積總和)較大，且分泌物豐富，及冠層結構較為複雜，普遍比闊葉樹對污染物的吸附效果更佳。樹葉表面特性上，粗糙程度是影響 PM_{2.5} 截留能力的主要因素，當葉表面越粗糙時，其對於 PM_{2.5} 的截留能力也越強。此外，前人研究亦指出較高的毛狀體密度、較低的葉寬長比、較短的葉柄或較多的氣孔數量與密度等，對於 PM_{2.5} 的截留效能也越佳。舉例來說，樟樹的小葉柄較長而容易受風擺動，再加上葉表面相對光滑，較不利於 PM_{2.5} 的截留；而臺灣欒樹的葉表面相對粗糙，對 PM_{2.5} 的截留能力較佳；茄苳則被發現具有良好的硫酸鹽截留能力。此外，冠層結構的變化也會影響樹木對於懸浮微粒的截留效果，如稀疏的冠層可能會使懸浮微粒更容易延散，從而不利於葉片對其之截留。過去研究亦發現，苦楝在冬季時大幅落葉，除了整體對懸浮微粒的截留量下降外，宿存的葉片對於懸浮微粒的截留能力也降低，因此茂密的冠層有助於促進樹木對於懸浮微粒的截留功能。然而，臺灣的空氣污染多發生於秋冬時期，正好是落葉性植物的非生長季節，因此在都市樹木淨化空氣的樹種栽植選擇上，應以常綠性樹木為佳，並朝向物種原生性(native species)及生物多樣性(biodiversity)的二十大目標下，增加都市林的樹種數量及密度(蘇子豪，

2022)。

第五節、樹幹的構造和功能

樹幹(trunk)支撐分枝(branches)、小枝(twigs)，其上生長葉片、花朵及果實。樹幹解剖構造，從外部往內部區分為：(一)樹皮(bark)，(二)韌皮部(phloem)，(三)形成層(cambium)，(四)木質部(xylem)，(五)髓心(pith)。(圖 1-3)

(一)樹皮

是樹幹、枝條的外層覆蓋物，在某些情形下亦會覆蓋根部。樹皮包含角質層(cuticle)、表皮(epidermis)、木栓細胞(cork cell)、木栓形成層(cork cambium)、內皮層(綠皮層)(phelloderm)和皮質部(cortex)。樹皮具有保護作用，防止病菌、昆蟲等侵入樹體內；樹皮的細胞壁浸漬蠟和油，以減少水分散失。隨著樹幹逐漸增大，新生樹皮產生，老樹皮終將脫落。另外，樹皮中的小孔稱為皮孔(lenticels)，能與外界進行氣體交換，例如櫻屬(*Prunus*)樹木，在樹幹上會有皮孔，以協助氣體交換。總之，樹皮是由木栓化的組織與已無功能的韌皮部組成。不同的樹種演化出許多種不同的樹皮類型，例如山毛櫸(*Fagus*)有非常平滑的樹皮，缺乏木栓物質；反之，西班牙栓皮櫟(*Quercus suber*)樹皮有相當厚的木栓層，具多用途，如拿來製作酒瓶的軟木塞。

(二)韌皮部

是活細胞，負責輸送由葉片製造出的碳水化合物(糖類)至植株各處，包含根部，以利儲存、消耗和利用，製成其他物質，如纖維素、木質素(lignin)、蛋白質、脂肪等大分子。針葉樹和闊葉樹韌皮部構造稍微不同，針葉樹韌皮部活細胞稱為篩細胞(sieve cells)，而闊葉樹韌皮部活細胞組成篩管胞(sieve tube)與伴細胞(companion cells)；韌皮部輸送糖類是沿著活細胞的壓力梯度(pressure gradients)發生的，它的速度是緩慢的。

(三)形成層

是一層薄的分裂旺盛的活細胞，向外長出韌皮部，向內長出木質部。當樹幹直徑逐漸增大，老韌皮部細胞內容物會再被吸收回到樹木中，殘留物如細胞壁併入樹皮層，最後隨著老樹皮脫落。

(四)木質部

除了支撐樹木重量外，主要負責輸送水分及溶解於水中的礦物元素，其輸送管道是在邊材(sapwood)，而不是心材(heartwood)。木質部是一錯綜複雜的組織(complex tissue)，位於中央心材的死細胞，佔據樹幹大部分，其功能是支撐重量，同時貯藏糖類、油脂、二次代謝物、染料及其他填充物等，但不能輸送水分；只有靠近形成層的邊材，有幾層細胞負責水分的輸導，其餘邊材死細胞與心材累積成木材。

針葉樹和闊葉樹木質部輸水系統構造不同，針葉樹木質部是由管胞(tracheids)、纖維(fiber)和薄壁細胞(parenchyma cells)組成；管胞是一種細長、兩端尖、具厚細胞壁的死細胞群，負責運輸水分與提供物理支撐；薄壁細胞是一群穿插在其它木質部細胞中的活細胞，位於木質部外層，負責儲藏碳水化合物。闊葉樹木質部是由導管(vessels)、纖維和薄壁細胞組成的；導管的輸水細胞可視為一群由中空、堆疊狀死細胞形成的管線，其輸水效率比起管胞有效率多。

從樹幹橫切面可看到位於木質部的生長輪(growth rings)，或稱年輪(annual rings)。生長輪形成的原因是在春、夏季節，形成層細胞分裂速度快，顏色淺，輪狀寬度大；秋、冬季節形成層細胞分裂速度慢，顏色較深，輪狀寬度窄。換言之，一年當中，早期生長的早材(earlywood)，及晚期生長的晚材(latewood)，細胞大小有差異，使人能用肉眼觀察到早材寬淺色，晚材窄深色。闊葉樹木質部導管(vessels)，在肉眼下常看到導管的孔隙，故稱為有孔材(porous wood)；而針葉樹木質部管胞(tracheids)，在肉眼下看不到孔隙，稱為無孔材(nonporous wood)。闊葉樹依導管分布情形，分為環孔材(ring porous wood)、半環孔材(semi-ring porous wood)和散孔材(diffuse porous wood)。環孔材樹木，如櫟木(*Zelkova serrata*)、棟

樹(*Melia azedarach*)、臺灣檫樹(*Sassafras randaiense*)等；半環孔材樹木，如臺灣欒樹(*Koelreuteria henryi*)、千年桐(*Vernicia montana*)、柚木(*Tectona grandis*)、印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)等；散孔材樹木，如臺灣烏心石(*Michelia compressa* var. *formosana*)、樟樹(*Camphora officinarum*)、相思樹(*Acacia confusa*)、茄冬(*Bischofia javanica*)、木荷(*Schima superba*)、楠木類(*Machilus* spp.) 等。

木質部與韌皮部除了縱向(垂直)輸導系統外，樹木亦有負責橫向輸導的髓線(rays)。髓線由薄壁細胞構成，從樹木中心徑向穿過木質部，延伸進入韌皮部生長。髓線將碳水化合物與其它物質輸導至邊材，以澱粉形式儲藏，並且輔助抵抗木材的腐朽。

(五)髓心

位於樹幹中心，於樹苗生長階段，它是養分提供和貯存者，一旦樹木成長後，變成死細胞，失去原有的功能，併入心材。



圖 1-3、樹幹橫切面顯示各種的組織

第六節、樹根的構造和功能

樹木的根部有 4 個主要的功能：固定(anchorage)、儲藏(storage)、吸收(absorption)和輸導(conduction)。寬廣的樹根有主根、小根和吸收根(absorbing

roots)，其結構類似於樹幹及其側枝、小枝等。吸收根之表皮細胞會進一步轉變成根毛(root hairs)，幫助攝取土壤中的水分與礦物質。根尖(root tips) 如同樹幹頂端，具有頂端分生組織，是根細胞分裂生長區。大部分吸收根分布在土壤表層 30~40cm 區域，水平生長的側根(lateral roots)通常也是生長在土壤表層。總之，樹木根系會朝著有水分與氧氣的地方生長。研究觀察一株 12 年生造林樹種臺灣烏心石根部，發現主根深度最深可達 74cm，側根數 6 條，大多離表土 40cm 以內，最長根長 66cm(圖 1-4)(陳芬蕙等，2015)。針葉樹如肯氏南洋杉，長大後粗、細根多，顯示生長良好(圖 1-5)。另外，樹木幼苗培育階段，闊葉樹主根明顯(圖 1-6)；針葉樹如松、杉、柏科，主根不明顯，但細根多，造林成活率將會提高(圖 1-7)。

許多樹木的根部與土壤真菌(fungi)產生共生(symbiosis)，彼此互利生存。菌根菌(mycorrhiza fungi)與根部共生的結果，不但菌根菌自己可以生存，而且可以加速根部對水分與礦物質的吸收。在苗圃育苗階段，若苗圃土壤肥力佳，可不額外接種菌根菌；但為提高苗木於瘠劣地生長力，出圃前接種適宜的菌根菌則相當的重要，可增加苗木植栽後之存活與成長。

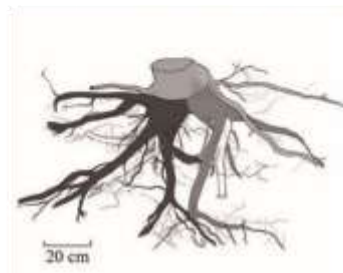


圖 1-4、12 年生臺灣烏心石根系 (陳芬蕙等，2015。作者同意)。



圖 1-5、60 年生肯氏南洋杉風倒木根部粗、細根多。



圖 1-6、闊葉樹苗—臺灣烏心石(左)，楓香(右)。



圖 1-7、針葉樹苗—臺灣杉(左)，臺灣肖楠(右)。

第七節、木本植物的耐陰性

瞭解木本植物耐陰性對培育苗木或栽植時樹種的選擇是很重要的，有些樹

木偏好生長於開闊的生育地，喜陽光且生長快速，但有些樹木偏好生長於鬱閉環境，只要有微弱的光線，就能生長。因此，陽性樹不能栽種在弱光區，否則生長不良，甚至落葉死亡。國立屏東科技大學郭耀綸教授利用攜帶式光合作用系統儀器(LI-6400XT, LI-COR)，測定木本植物葉片的淨光合作用率，即光飽和光合作用率(lightsaturated photosynthetic rate)，將光飽和光合作用率的平均最高值當做該物種的光合潛力(photosynthetic capacity)，藉此光合潛力來判斷臺灣原生木本植物的耐陰性。研究結果將臺灣 434 種闊葉樹之耐陰性分為 5 個等級，即先驅陽性樹種(樹木不耐陰)、陽性樹種、中等耐陰樹種、耐陰樹種、極耐陰樹種。先驅陽性樹種能接受 100%陽光；陽性樹種能接受 60~100%陽光；中等耐陰樹種能接受 40~60%陽光；耐陰樹種能接受 20~40%陽光；極耐陰樹種能接受 20%以下陽光(郭耀綸等，2021)。因此，瞭解樹種的耐陰性，在栽種前先考慮「適地適木」，將大大地增加樹木成活率和生長。表 1-1 顯示，臺灣闊葉樹植物 434 種之耐陰性，以中等耐陰樹種最多，其次是耐陰樹種，其三是陽性樹種和極耐陰樹種，先驅陽性樹種較少。

表 1.1 臺灣闊葉樹植物 434 種之耐陰性 (引用自郭耀綸等，2021)

先驅陽性樹種	黃連木、山鹽青；山黃麻；厚殼樹；屏東鐵莧、蘭嶼鐵莧、臺灣山麻桿、血桐、野桐、白匏子、蟲屎、白柏、烏柏；相思樹；白水木；臭娘子、黃荊；梧桐、印度山芙蓉、牧野氏山芙蓉、山芙蓉、黃槿；苦楝；構樹；食茱萸；水柳；苦藍盤；臭椿。28 種
陽性樹種	樟樹、山胡椒；榲欖、榲欖樹、青剛櫟、栓皮櫟；冇骨消；木蠟樹；裏白櫟木、通脫木；臺灣赤楊；山菜豆；糙葉樹；朴樹、銳葉山黃麻；欖仁；華八角楓；山柿、俄氏柿；恆春厚殼樹；土沉香、紅肉橙蘭、臺灣白匏子、椴葉野桐、千年桐；黃豆樹、白木蘇花、刺桐、恆春皂莢；草海桐；大葉溲疏；野核桃；杜虹花、朝鮮紫珠、細葉紫珠、大青、苦林盤、山埔姜、海埔姜；九芎；六翅木、克蘭樹、繖楊；野牡丹；白榕、牛奶榕、黃毛榕、厚葉榕、榕樹、蘭嶼落葉榕、稜果榕、雀榕、山豬枷、幹花榕、白肉榕、小葉桑；流蘇樹、白雞油、臺灣栲；茄苳、土密樹、裏白饅頭果、菲律賓饅頭果、細葉饅頭果、披針葉饅頭果、多花油柑；亞洲濱棗；風箱樹、葛塔德

	木、檫樹；賊仔樹；山桐子、水社柳；車桑子；苦樹；烏皮九芎；欖；水麻、咬人狗、錐頭麻、水雞油。81 種
中等耐陰樹種	網脈瓊楠、牛樟、臺灣肉桂、蘭嶼肉桂、冇樟、土樟、菲律賓厚殼桂、三蕊楠、內茛子、潺槁樹、小梗木薑子、恆春楨楠、霧社楨楠、香楠、石厝新木薑子、金新木薑子、臺灣雅楠；火燒柯、柳葉石櫟、三斗石櫟、菱果石櫟、嶺南青剛櫟、赤皮、思茅槲櫟、圓果青剛櫟、捲斗櫟、槌子櫟；紅子英迷、珊瑚樹、臺東英迷；鐘萼木；楓香；山樣子、鈍葉大果漆；海欖果、南洋馬蹄花、蘭嶼馬蹄花；鐵冬青；江某；瓊崖海棠；沙楠子樹、石朴、小葉朴、菲律賓朴樹；魚木；破布烏；臺灣胡頹子、楦梧、菲律賓胡頹子；球果杜英、杜英；圓葉血桐；領垂豆、水黃皮、小葉魚藤、毛苦參；灰莉；蓮葉桐；青脆枝；六龜粗糠樹、鬼紫珠、疏齒紫珠；棋盤腳、穗花棋盤腳；烏心石、蘭嶼烏心石；銀葉樹、翅子樹、蘭嶼蘋婆；鏤葉野牡丹；紅柴、穗花樹蘭；菲律賓榕、大葉雀榕、水同木、天仙果、澀葉榕、九丁榕；青楊梅；十子木、桃金娘、蘭嶼赤楠；紅頭李欖；日本女貞；刺杜密、紫黃；臺灣海桐；雨傘仔；樹杞、蘭嶼山桂花、臺灣山桂花；鈍齒鼠李、中原氏鼠李；山枇杷、恆春山枇杷、臺灣蘋果、臺灣石楠、臺東石楠、山櫻花、墨點櫻桃、阿里山櫻花、臺灣野梨、恆春石斑木、田代氏石斑、厚葉石斑木；山黃梔、欖仁舅、水錦樹；來母、臺灣香欖、南庄橙、過山香；山刈葉、假三腳鰲、月橘；天料木、魯花樹；臺灣三角楓、青楓、止宮樹、臺灣欒樹、無患子；大葉山欖、樹青；野鴨椿；假赤楊；大頭茶、木荷、港口木荷；披針葉蕘花、倒卵葉蕘花；阿里山榆；密花芋麻、長葉芋麻、四脈麻、長梗紫麻；火筒樹、菲律賓火筒樹。138 種
耐陰樹種	瓊楠、小葉樟、胡氏肉桂、土肉桂、香桂、土楠、天台烏藥、香葉樹、竹頭角木薑子、蘭嶼木薑子、李氏木薑子、大葉楠、菲律賓楠、紅楠、銳葉新木薑子、五掌楠、小芽新木薑子、蘭嶼新木薑子；長尾尖葉槲、星刺栲、臺灣苦槲、印度苦槲、大葉苦槲、烏來柯、杏葉石櫟、大武石櫟、臺灣石櫟、子彈石櫟、短尾葉石櫟、大葉石櫟、小西氏石櫟、鬼石櫟、浸水營石櫟、灰背櫟、錐果櫟、森氏櫟、波葉櫟、高山櫟、狹葉櫟、太魯閣櫟、銳葉高山櫟；水冬瓜；呂宋英迷；恆春哥納香；燈稱花、倒卵葉冬青；三菱果樹參、蘭嶼八角金盤；多花山柑、蘭嶼山柑；日本衛矛；蘭嶼福木；四照花；奧氏虎皮楠；軟毛柿、山红柿；鄧氏胡頹子；薯豆、繁花薯豆、猴歡喜；裏白巴豆、白樹仔、粗糠柴；細葉蚊母樹、秀柱花；小花鼠刺；黃杞；臺灣梭羅樹；大葉樹蘭、小葉檉木；蘭嶼麵包樹；楊梅；紅頭肉豆蔻；橢圓葉赤楠、高士佛赤楠、疏脈赤楠、臺灣棒花蒲桃、大花赤楠；皮孫木；小葉木犀；厚皮香；枯里珍；蘭嶼紫金牛、鯽魚

	膽、大明橘；紅葉樹；石楠、大葉櫻；蘭嶼九節木、琉球九節木、九節木、對面花、狗骨仔；山桔、山黃皮、長果月橘、烏柑仔；薄葉嘉賜木；樟葉槭；通條樹；三葉山香圓；紅皮；山豬肝；短柱山茶、臺灣山茶、垢果山茶；臺灣蕘花。107 種
極耐陰樹種	臺灣八角；厚殼桂、腰果楠、長葉木薑子、銳脈木薑子、屏東木薑子、假長葉楠、武威山新木薑子、變葉新木薑子、白新木薑子；桂林栲、后大埔石櫟、南投石櫟；琉球暗羅；革葉冬青、臺灣糊櫟、糊櫟、圓葉冬青、烏來冬青；蘭嶼胡桐；山柑；柿葉茶茱萸；交趾衛矛、大丁黃、淡綠葉衛矛、刺果衛矛、菱葉衛矛、日本賽衛矛；恆春福木、菲島福木；毛柿、象牙樹、蘭嶼柿、黃心柿；臺灣紅豆樹、恆春紅豆樹；尖葉水絲梨、蚊母樹；華八仙；鼠刺；灰背葉紫珠；柏拉木、臺灣野牡丹藤；蘭嶼樹蘭、紅果柃木；蘭嶼肉豆蔻；賽赤楠、密脈赤楠、細脈赤楠、臺灣赤楠；大葉木犀；山柚；早田氏柃木、細枝柃木、臺灣格柃；南仁五月茶；玉山紫金牛、阿里山紫金牛、高士佛紫金牛、小葉樹杞、雪下紅、山桂花；山龍眼、蓮華池山龍眼；交力坪鐵色、鐵色、臺灣假黃楊；茜草樹、薄葉玉心花、水金京；石苓舅、三腳鼈；綠樟；山香圓；呂宋毛蕊木；大里力灰木；尾葉山茶、恆春山茶、武威山烏皮茶、烏皮茶。80 種

第八節、樹木吸收、輸導及維管束系統

樹木維管束系統(vascular system)是指在其根、樹幹、葉間，負責輸送水分和礦物質的木質部(xylem)及輸送碳水化合物的韌皮部(phloem)共同組成的。

水是生物活細胞所必需的。樹木生理生化反應都需要水，如光合作用。樹木利用部分的水進行生長與新陳代謝，但絕大部分的水則在蒸散作用中散失；這樣的水分散失產生「蒸散拉力」，能幫助水分在木質部中向上運送。闊葉樹木質部導管可被視為一根連續的水管，在葉片中水分子的蒸發將樹中的水往上拉；其他如附著力、內聚力與壓力梯度，亦提供力量，使大量的水分向上輸導，雖然目前對其機制仍不完全明瞭。

水分在土壤中經由滲透作用(osmosis)進入新根或菌根中。滲透作用是水分從

水勢(water potential)高(水濃度高)的區域，透過膜進入水勢低的區域的現象。例如純水有最高的水勢，一旦加入礦物質或糖等物質時會降低水勢。水分通常經從水勢較高的土壤中進入水勢較低的根系中，根毛等細胞不需要浪費能量，就自動地讓水進入細胞內。當土壤水勢低於根細胞的水勢時，如土壤鹽分過高時(路面防結冰所撒的鹽，或高濃度的肥料)，水分會從根滲出至土壤。韌皮部負責運輸光合產物與其它物質。

裸子植物(gymnosperms)的韌皮部是由篩細胞構成，被子植物(angiosperms)的韌皮部是由篩管胞與伴細胞構成。韌皮部主動輸導碳水化合物是一種需要能量的過程。

在討論韌皮部輸導時，營養源(source)與貯存處(sink)兩個術語常被使用。葉片是光合產物的營養源，光合產物通過韌皮部從營養源運送至貯存處，也就是說，碳水化合物從高濃度的地方運輸至樹木其它較需要的部位。貯存處是樹木利用能量多於製造的部位；植物大部分地方都是貯存處，包括嫩葉某些時候也是貯存處。碳水化合物被認為是在葉片中製造，然後透過韌皮部輸送至根部儲存。實際上，雖然光合產物可在韌皮部中輸導，但大部分光合產物不是被利用掉，就是被儲藏在接近製造區(葉部)的地方。這裡提到大部分光合產物被利用掉是指光合產物糖類被用於合成其他的大分子，如纖維素、木質素、蛋白質、脂肪等。

水分在木質部與光合作用產物在韌皮部中的輸導是縱向輸導(longitudinal transport)，而樹木也有橫向輸導(radial transport)，主要經由髓線(rays)運送。髓線是有生命的細胞通道，由薄壁細胞組成，水分、礦物元素與碳水化合物經由髓線從樹木中心徑向穿過木質部，延伸進入韌皮部，在不同年齡細胞之間的橫向運送。(圖 1-8)



圖 1-8、樹木水分與養分運輸示意圖。

第九節、樹木生長與發育的控制

樹木生長與發育的控制是受樹木本身遺傳潛能(genetic potential)與周遭環境(environmental surroundings)間相互作用的結果。臺灣許多的樹木在天然生育地生長高大，但種植在市區公園綠地，則很少看到有高大的樹木，這是因為受到生長環境限制的結果。例如，樟樹(*Camphora officinarum*)會長到 40 公尺高，但在市區罕有樟樹長得這麼高，這是因為樟樹具有生長至 40 公尺多的遺傳潛能，但市區的環境限制了這樣的表現，環境因子包括生長空間大小、光照溫度強弱、土壤水分養分多寡、土壤微生物種類含量等。

樹木是生命有機體，對外界刺激會做出反應。樹木生長與休眠受到光和溫度的影響最大，當春天來臨時，白天光照時間增加，溫度上升，樹木開始生長，直到夏末秋天季節，光照時間縮短誘導樹木生長減緩，再加上溫度下降，導致樹木生長停止休眠。多數溫帶落葉樹種之休眠芽(dormant buds)需經 10°C 以下低溫，累積一定時數後才會解除休眠，開花生長。

樹木需要低溫來誘導芽體萌發生長，這些關聯性的發展過程是由植物荷爾

蒙(plant hormones)所調控。植物荷爾蒙是一些在植物體內合成的有機化合物，微量濃度(10^{-4} ~ 10^{-8} mol/L)，即可對植物體產生特定的生理作用，且可從合成部位輸送至作用部位，此輸送會伴隨調控器官的反應，如調節特定細胞的分裂及代謝，影響組織生長的方向、果實的發育和成熟及壽命等。人類合成大量具有相同作用的化合物，用於調節栽培植物的生長、殺死雜草，也用在植物器官如根、莖的發育，這些合成的化合物稱為植物生長調節劑(plant growth regulators)。

第十節、植物賀爾蒙的分類

植物荷爾蒙指天然荷爾蒙，而「植物生長調節劑」指天然和人工合成之調節物質。植物利用這些化學物質當作長距離的訊息傳遞(signal transduction)。在植物荷爾蒙的傳遞裡，植物偶而經由微管束輸送這些化學物質到達目標區，但大部分植物荷爾蒙是藉由細胞與細胞的傳遞輸送，或以氣體釋放到空氣中。例如，植物荷爾蒙乙烯(C_2H_4)，是一種氣體，能促進果實成熟及幫助植物調解生長，但因分子量小，很容易通過植物細胞壁。植物荷爾蒙主要分為 10 類：(一)生長素(auxin)，(二)細胞分裂素(cytokinins)，(三)激勃素(gibberellins)，(四)離層酸(abscisic acid)，(五)乙烯(ethylene)，(六)油菜素類固醇(brassinosteroids)，(七)茉莉酸類(jasmonates)，(八)水楊酸(salicylic acid)，(九)獨腳金內酯(Strigolactones)，(十)多胺類(polyamines)。

(一)生長素(auxin)

在大部分植物體內主要的生長素是吲哚乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)。吲哚乙酸與植物的頂芽優勢(apical dominance)、向性(tropisms)、莖伸長(shoot elongation)、發根(root initiation)和形成層細胞分裂的誘導(induction of cambial cell division)有關。另外，植物體內亦發現含量少的生長素，吲哚丁酸(indole-3butyric acid)，於無性扦插繁殖時經常被用來誘導根系形成。合成的生長素，如 2,4 二氯苯氧乙酸[2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)]和萘乙酸(naphthalene-1acetic

acid)，廣泛地被用在園藝方面，誘導發根，防止落果，和促進果實發育。高濃度合成的生長素是有效的殺草劑。

頂芽優勢簡單講就是植物莖的頂端生長抑制下面側芽的生長，如果莖頂被去除，則下面一個側芽會變成頂芽，這是因為植物荷爾蒙生長素 IAA 在莖頂的濃度最高的緣故；如果莖頂被摘除，一個側芽頂端 IAA 濃度增加，將成為頂芽，繼續往上生長。科學家也發現將 IAA 溶液處理側芽頂端，不但不會抑制生長，有時候反而會促進側芽生長。

(二)細胞分裂素 (cytokinins)

在 1964 年 zeatin 是第一個在植物體內被鑑定證實的細胞分裂素，它能誘導植物細胞分裂。Zeatin 源自腺嘌呤的一個衍生物(adenine derivatives)，而腺嘌呤是去氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)中的一種物質。天然的細胞分裂素有很多種，而人工合成的 kinetin、benzyladenine(BA)常被用在組織培養，促進莖的產生。細胞分裂素與生長素混合使用能促進細胞分裂及根、莖的生長，如混合高濃度細胞分裂素與低濃度生長素，能產生嫩芽，而單獨低濃度的生長素只能產生根。細胞分裂素也會誘導葉氣孔打開，抑制生長素誘導的頂芽優勢，抑制植物老化，尤其是在葉部。

(三)激勃素 (gibberellins)

激勃素被人類發現是因為日本和臺灣的水稻遭受到真菌病原體 *Gibberella fujikuroi* 感染，導致水稻徒長減產。在 1926 年，日本科學家 Eiichi Kurosawa 第一位從 *G. fujikuroi* 分離出激勃素，但未命名；直到 1930 年代，二位日本科學家 Teijiro Yabuta 和 Takeshi Hayashi 成功地分離有活性的化合物，命名為 gibberellin(激勃素)。1955 年，Nobutaka Takahashi 等人分離鑑定 3 個激勃素，命名為 GA₁、GA₂ 和 GA₃，並於 1957 年發現 GA₄，從此激勃素以阿拉伯數字先後順序命名，即 GA₁、GA₃、GA₄，至最近被發現的激勃素 GA₁₃₆。激勃素在真菌、細菌和植物體都有發現，且激勃素不但會使稻米徒長，也會促進玉米、芝麻、小

米、燕麥等生長。

激勃素能多方面影響植物的發育與生長，例如莖伸長，誘導針葉樹毬果的形成，引起一些通常需要低溫處理(cold treatment)或光週期訊息(photoperiodic signal)的植物開花。換言之，利用激勃素 GA 處理能取代環境的訊息(environmental signal)。激勃素能延遲樹葉老化和果實過熟，及促進種子發芽(seed germination)。在大麥(barley)種子發芽初期，激勃素誘導澱粉酶(α -amylase)產生，能將澱粉分解成糖類，此作用廣泛被利用在製造麥芽糖(malt)工業。

激勃素能促進樹木種子發芽，例如臺灣紅豆杉(*Taxus mairei*)種子發芽需要 6 個月暖溫(>15°C)和 3 個月低溫(5°C)的組合濕層積處理，而後者 3 個月低溫濕層積處理可用激勃素 GA₄ 或 GA₄₊₇ 取代之。換言之，激勃素處理能取代低溫處理。楊梅科(Myricaceae)楊梅(*Myrica rubra*)種子有休眠性，不容易發芽，研究發現激勃素 GA 能促進楊梅種子發芽，其中激勃素 GA₁ 和 GA₄ 對種子發芽的效果較佳。另外，利用激勃素 GA₃ 處理柏科(Cupressaceae)臺灣肖楠(*Calocedrus macrolepis* var. *formosana*)樹木，能增加開花數量及毬果產量(鍾振德、郭幸榮，2002)。

(四)離層酸 (abscisic acid)

離層酸是抑制植物生長的化合物，有時候稱為逆境荷爾蒙(stress hormone)。1950 年代早期，Thomas Bennett-Clark 和 Ned Kefford 發現一種化合物能抑制燕麥芽鞘伸長。1960 年代早期，美國和英國 2 群研究團隊分別分離出一種化合物，能加速未成熟的棉花果實掉落，稱為“abscisin II”。1965 年，Frederick Addicot 的研究團隊在美國發表 abscisin II 的化學結構，之後命名為離層酸。離層酸原先被認為是誘導葉子、果實產生離層(abscission)，然後掉落。然而，我們現在已經知道離層的產生是由乙烯(ethylene)主導的，而不是離層酸。當種子發育時期，種子內離層酸含量逐漸增加，至接近成熟時含量達到最高，藉以忍受乾旱(desiccation tolerance)，誘導種子休眠(seed dormancy)，避免種子提早發芽死亡(suppression of vivipary)。植物能忍受乾旱是因為離層酸能引起葉面氣孔(stomata)

關閉的緣故。有關離層酸與樹木種子休眠關係研究，已有多篇報告，此處不再贅述。

(五) 乙烯 (ethylene)

1886 年，俄羅斯聖彼得堡市一位 17 歲研究生 Dimitry Nikolayevich Neljubow 發現，白化的豆苗在實驗室內水平生長，而室外豆苗則垂直正常的生長；經多次各種不同的試驗，包括排除光線、溫度等主要因子，結果發現乙烯，一種氣體化合物，植物在此氣體及光線下，誘導不正常的生長。目前我們已知，乙烯能引起白化豆苗莖的捲曲；乙烯能刺激纖維酵素(cellulase)活性，使老化的葉子、成熟的果實、花朵產生離層，然後掉落；乙烯能增加某些酵素活性，使果實成熟，並且產生香味；乙烯會抑制腋芽生長，及莖、根的伸長。

(註：乙烯循環和生化合成是從甲硫氨酸(methionine)開始，經由多種酵素作用，最後產生乙烯，因此稱為 Methionine cycle，又稱為 Yang cycle，紀念楊祥發教授，美國 UC-Davis 教授及中央研究院副院長。)

(六) 油菜素類固醇 (brassinosteroids)

早期從油菜(*Brassica napus*)花粉粒迅速發芽和生長，瞭解可能與一種生長調節化合物—油菜素內脂(brassinolide)有關。

1979 年化學結構確定，稱為油菜素類固醇。油菜素類固醇被發現約有 60 種，包括能加速植物莖伸長、花粉管生長、草葉彎曲、減緩葉子離層掉落、促進木質部分化等。

(七) 茉莉酸類 (jasmonates)

1971 年茉莉酸化合物從真菌(*Botryodiplodia theobromae*)被分離出來，當作植物生長抑制劑。茉莉酸類會抑制稻子、小麥、萵苣等小苗生長，抑制種子和花粉粒發芽，阻礙根生長，促進蔓藤類植物捲曲等。茉莉酸在植物抗蟲、抗病上扮演一個重要的角色；植物受到傷害時會累積茉莉酸含量。

(八)水楊酸 (salicylic acid)

水楊酸能阻止花瓣老化，誘導開花，與植物抗病有關，且能調解伏都百合 (voodoo lily) 生熱作用 (thermogenesis)，釋放出揮發性有機物質，以吸引授粉昆蟲。水楊酸被人類當作一種止痛劑使用，已有 2000 年以上的歷史。西元前第 4 世紀，人類從柳樹 (willow)、桃金娘 (myrtle)、白楊樹 (poplar)、繡線菊 (meadow-sweet) 萃取物來舒緩各種疼痛，如眼疾、風濕病、生產、發燒等。直到第 19 世紀，水楊酸及其他類似化合物才被分離出來，確定結構。其中從一種冬青植物 (*Gaultheria procumbens*) 萃取的冬青油，富含 methyl salicylate，曾在 19 世紀被廣泛使用在止痛治療。然而，水楊酸的苦味及刺激胃不舒服等問題，終於在 1898 年德國拜耳製藥公司根據水楊酸結構，製成 acetyl salicylic acid，一種水楊酸鹽，商業名稱「阿斯匹靈」(aspirin)。100 多年來，阿斯匹靈仍然是被人類廣泛使用的治療藥，包括感冒、頭痛、發燒、類風濕性關節炎，以及常被使用在心臟病預防和發作、腦血栓 (cerebral thrombosis) 等。

(九)獨腳金內酯 (strigolactones)

獨腳金內酯化合物能促進種子發芽，抑制不定根的形成，幫助刺激植物根系與菌根菌的關係，及協助控制頂芽優勢 (apical dominance)，避免分枝產生。獨腳金內酯名稱來自獨腳金屬 (*Striga*)，無根的寄生植物，能伸入寄主植物的根部，吸取養分，阻礙生長。例如，在非洲有許多的作物，因大量的獨腳金植物入侵，產量大減。獨腳金植物每年會生產大量的種子，而從寄主植物根部釋放出的獨腳金內酯化合物，能刺激獨腳金種子發芽，尤其是土壤缺乏磷肥的時候，更是如此。

(十)多胺類 (polyamines)

多胺類化合物並非傳統的五大植物荷爾蒙，在植物體內含量較多 (mM)，涉及細胞分裂、生長、穩定細胞膜、塊莖形成、根發育、胚發育、花發育和果實發育等多種反應。

第十一節、棕櫚樹

棕櫚為多年生的單子葉植物，有樹木形、灌木形和無主幹形狀，能開花結果實，其中類似樹木形狀的棕櫚被稱為棕櫚樹(palm trees)。棕櫚樹頂端有常綠的大葉子，稱為 fronds，及沒有側枝的樹幹；樹幹周圍因為沒有形成層，無法產生木質部，以增加樹幹寬度(樹幹直徑幾乎是固定的)。然而，棕櫚樹幹內有許多分散強韌的維管束，包括木質部和韌皮部，分別能提供水分和養分，以及支撐作用。由於棕櫚樹沒有次級分生組織(secondary meristems)，樹幹不會增粗，因此樹幹一旦受傷有洞口，此傷口是永遠沒有辦法恢復的。此外，棕櫚樹沒有分枝，只有一個頂芽，若頂芽沒有了，這棵棕櫚樹就會死亡。

棕櫚樹沒有主根，只有不定根(adventitious roots)，典型的不定根從莖底部長出，然後向外發展，叫做發根區(root initiation zone)。棕櫚大部份的根分布於30~45cm 的土壤層中，而且大部份根系接近莖部，形成密密麻麻的網狀結構，叫做根叢墊(root mat)，此根叢墊一部分會裸露在地表面。

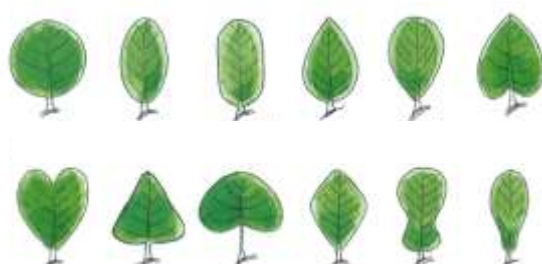
總體來說，棕櫚的根被砍斷後具有良好的再生能力，從不定根的本質與發根區的優勢，使得它們在移植時尤其簡單容易。棕櫚樹如同其他的木本植物，也會在根部與菌根菌形成共生的關係。

樹木保護專業人員教材

【中級】

第二章 樹種辨識

陳建帆



共同科目

第二章 樹種辨識

第一節、前言

辨識樹種是診斷樹木的第一個步驟。各種樹種的疾病、有害生物以及栽培需求可能不同，因此，樹木保護人員診斷或提出處理建議前必須要能夠辨識樹種。精確的辨識能力需要結合充足的知識與經驗。一旦養成辨識能力之後，則需要在每年的不同時間多練習與反覆接觸木本景觀植物才能更為精通。

第二節、植物分類

植物分類(plant classification)或植物分類學(plant taxonomy)是根據植物的特徵來分類。分類之最高等級為「界」(kingdom)，而樹木是屬於植物界。分類的第二等級為「門」(division 或 phylum)，這個等級中更可區分為含有木質部與韌皮部的維管束植物(vascular plants)，與缺乏維管束之植物。

維管束植物可區分為種子植物(Spermatophyte)與蕨類植物(Pteridophyta)；其中，種子植物又稱為顯花植物(phanerogams)可再區分成種子(胚珠)被子房包覆之被子植物(angiosperms)及種子常裸露沒有被任何東西包覆之裸子植物(gymnosperms)。銀杏(*Ginkgo biloba*)、蘇鐵(*Cycas* sp.)及針葉樹(長有毬果者)均是裸子植物；被子植物又稱開花植物(flowering plants)，通常具有鮮豔的花部構造，是種子植物種類多樣性最高的一群。

傳統的被子植物可以子葉數量，區分為兩片子葉之雙子葉植物(dicotyledons)，與只有一片子葉之單子葉植物(monocotyledons)，如禾本科(Poaceae)、百合、蘭花及棕櫚樹等。最新的植物分子親源關係研究結果指出，現有所有的單子葉植物物種仍源自同一個共同的祖先，即單系群(monophyletic group)，稱之為單子葉植物(Monocots)。但雙子葉植物概可劃分為無油樟類植物(ANA grade 或稱被子植物基群)與木蘭類植物(Magnoliids)，及真雙子葉植物(Eudicots)。這些類群下由不同的

目(orders)與下一等級的科(families)組成。

同科的植物具有相似的花與果實特徵。例如鳳凰木(*Delonix regia*)及洋紫荊(*Bauhinia purpurea*)均為豆科(Fabaceae)植物，它們具有相似的花朵形態，且種子生長於豆莢中，成熟時沿兩側開裂。植物的親緣如果非常相近，會呈現相似的特徵，尤其是繁殖構造，因此可被歸在同一屬(genus)。

一般對植物分類的瞭解可以幫助樹木保護人員學習辨識植物。親緣近的植物所呈現的特徵也較相似。這個資訊可以幫助診斷樹木，因為同一個科或屬內的樹木通常會對相同的病原、害蟲或其他異常具敏感性。



圖 2-1、利用樹木的外觀形態關鍵特徵來辨認樹種，例如看到樹皮會片狀如紙般剝落，加上樹葉與花部特徵，即很輕易的判斷是白千層。

第三節、植物命名法

植物命名法(nomenclature)是對植物命名之方法。植物學家對一個從未被發現的新植物，必須依照「藻類、真菌與植物命名法規」((International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants)的規定來為植物命名。新物種的名字經

過有效出版(effective publication)、正當發表(valid publication)及符合命名法規(legitimate name)的發表程序，才能產生單一個植物的「學名」(scientific name)。此嚴謹的過程，目的不外乎是為了幫每種植物指定一個「獨一無二」的名字，避免日後造成混淆與誤用。

相較於植物的學名，因地區、語言或方言的不同，同一種植物可能會有二個以上的名稱，這些名稱統稱為該植物的「俗名」(vernacular name)。因此，一種樹木可能有好幾種俗名，例如：臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)有臺灣杉、亞杉、*Taiwania*、*Taiwania-sugi*、タイワンスギ等稱呼。許多種樹木也可能具有相同的俗名，甚至可能會造成誤導或混用，例如有濃郁香味的植物常會有「七里香」的名稱，芸香科(Rutaceae)月橘屬的月橘(*Murraya exotica*)，坊間園藝界常以「七里香」稱之。然而，在其他分類文獻資料中，「七里香」則為海桐科(*Pittosporaceae*)海桐屬的臺灣海桐(*Pittosporum pentandrum*)。為避免溝通上的混淆，可加上該植物的學名，或加註所屬的科別。

(一)學名之命名規則

每一種植物都有一個獨特且全世界通用的學名，且每個獨特的學名至少有兩部分，也就是「二名制」(binomial)的學名命名規則，它必須以一個屬名加上一個種小名組合而成，而且屬名和種小名所使用的單字必須使用拉丁文(Latin)或拉丁化，具有統一且固定不變的特性。

學名的第一部分為屬名，其第一個字母為大寫。同屬的植物具有相近親緣及相似的性狀，特別是在花與果實的部分。學名的第二部分則為小寫的種小名。種的學名是由屬名及種小名組成(表 1)。屬名與種小名須斜體書寫，或是於下方畫底線。在使用學名時，有時會在種小名之後加上命名者，但為使書寫報告文字的精練與閱讀的可讀性，除了植物分類學研究外，學名的命名者通常予以省略。

(二)亞種

每一種植物都有一個獨特且全世界通用亞種(subspecies)是種內在相同的地

理區中自然發生的相近類群，但卻具有一些明顯的相異特徵。例如金午時花(*Sida rhombifolia*) 與恆春金午時花(*Sida rhombifolia* subsp. *insularis*)；毛馬齒莧(*Portulaca pilosa*)與大花馬齒莧(*Portulaca pilosa* subsp. *grandiflora*)；兩傘仔(*Ardisia cornudentata*)與玉山紫金牛(*Ardisia cornudentata* subsp. *morrisonensis*) 就是其中的例子。「subsp.或ssp.」為亞種的縮寫，不需要斜體。

表 1、臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hayata)的分類階層。

臺灣杉(<i>Taiwania cryptomerioides</i> Hayata)的分類階層	
界(Kingdom)	植物界(Plantae)
門(Phylum/Division)	維管束植物門(Tracheophyta)
綱(Class)	松綱(Pinopsida)
目(Order)	柏目(Cupressales)
科(Family)	柏科(Cupressaceae)
屬(Genus)	臺灣杉屬(<i>Taiwania</i>)
種小名(Specific epithet)	臺灣杉(<i>cryptomerioides</i>)

(三)變種

變種(variety)為種下的細分，縮寫為「var.」，且不需要斜體，具有顯著有別於其他同種植物的性狀，且能自然繁衍該性狀。變種名不須大寫。學名常必須加上底線或是以斜體書寫，正確的學名寫法如下數例：

- 1.臺灣油杉 (*Keteleeria davidiana* var. *formosana*)
- 2.臺灣三角楓 (*Acer buergerianum* var. *formosanum*)
- 3.小葉羅漢松 (*Podocarpus acrophyllus* var. *maki*)
- 4.臺灣扁柏 (*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)

(四)雜交種

雜交種(hybrids)常由兩個不同種的植物雜交而成，大多是來自同屬的植物。雜交種的名稱寫法會在屬名與種小名間加上「×」。而「×」不須用斜體或加上底線，例如臺灣泡桐(*Paulownia* × *taiwaniana*)為白桐(*Paulownia kawakamii*)與泡桐(*Paulownia fortunei*)之雜交。

(五)型

「型」(forma，單數為 form)和亞種相似，但差異較不明顯且較為偶發。這種植物可能在葉形或葉緣鋸齒形態上有些微的不同。例如，葉細長形的天仙果(*Ficus formosana*)，被命名為細葉天仙果(*Ficus formosana* f. *shimadae*)；圓果青剛櫟(*Quercus globosa*)中比較像青剛櫟(*Quercus glauca*)的葉緣鋸齒形態，曾被發表為「佳保臺圓果青剛櫟」(*Cyclobalanopsis globosa* f. *chiapautaiensis*)，上述學名中的「f.」為型(forma)的縮寫，並不須用斜體字。

(六)品種

品種(cultivar)就是栽培變種(cultivated variety)的縮寫字「culti.」和「var.」組合而成的單字，所以品種就是人類栽培作物後而成立的變種族群，又稱「栽培種」，可縮寫為「cv.」，例如，愛文芒果之學名為 *Mangifera indica* cv. Irwin。

第四節、基本辨識原則

木本植物的辨識是根據形態學(morphology)，即植物各部位的大小、形狀及外觀。因此，木本植物解剖學的基礎知識是必要的。當辨識樹木及灌木的時候，樹木保護人員通常專注於葉片或整體的樹形，而植物學的分類則較重視果實與花等生殖器官的特徵。優良的樹木保護人員會學習運用許多特徵來辨識樹木，如樹形、樹皮、葉片、花、果實，甚至是香味，藉此在任何季節皆可辨識樹木。限於章節篇幅，此僅提供基礎特徵與術語，對特徵描述想更進一步研習的樹木保護人員，可參閱植物分類書籍。

(一)樹形

樹形(tree forms, tree shape)為成樹狀態下的外觀形狀，通常在開闊環境條件下較能呈現其特有的樹冠形態，在一定距離內可以根據形狀與分枝特性(生長習性)來辨識。具有獨特樹形的植物，如外形圓形(round)的側柏(*Thuja orientalis*)、樹冠開展型(spreading)的榕樹(*Ficus microcarpa*)或樟樹(*Camphora officinarum*)、金字塔形(pyramidal)的小葉南洋杉(*Araucaria columnaris*)，以及具有攬仁形分枝(terminalia branches)的攬仁樹(*Terminalia catappa*)與小葉攬仁(*Terminalia mantaly*)等，均能在幾十公尺外都能輕易識別物種。然而，樹形常因生長條件與修剪等因素而改變，在物種鑑別上，建議除參考樹形外，應再檢視其他特徵。

(二)樹皮

木本植物莖的橫切面構造中，在形成層(cambium)外的所有組織均被稱為樹皮(bark)，由內而外包括韌皮部(phloem)、皮層(cortex)、綠皮層(phelloderm)、木栓形成層(cork cambium)及由無功能的細胞組成的木栓(cork)。由於木栓形成層並非單純呈圓柱狀增生排列，不規則排列組成與增生速度差異，造成不同的排列與剝落形式，加上不同樹皮顏色與質地，讓樹皮的外觀更多樣且更具物種識別價值(圖 2-2)。例如，有厚實木栓的栓皮櫟(*Quercus variabilis*)，其樹皮呈縱向深溝裂；樹皮呈不規則脫落的榔榆(*Ulmus parvifolia*)、白雞油(*Fraxinus griffithii*)、鹿皮斑木薑子(*Litsea coreana*)、赤皮(*Quercus gilva*)；樹皮光滑或有細胞間隙或氣體交換用的皮孔，如檸檬桉(*Corymbia citriodora*)或九芎(*Lagerstroemia subcostata*)等。

此外，有些樹種莖部會有葉退化而成的刺(spine)，例如仙人掌；或枝條退化的刺，例如恆春皂莢(*Gleditsia rolfei*)；或表皮特化的皮刺(prickles)，常呈三角狀或錐狀突起，例如芸香科花椒屬的食茱萸(*Zanthoxylum ailanthoides*)或錦葵科(Malvaceae)的木棉(*Bombax ceiba*)。另外，枝條脫落或落葉痕跡也是樹種鑑定上的重要參考，如樹杞(*Ardisia sieboldii*)枝條脫落後有橢圓形痕跡，這些獨特的特

徵都有助於物種的鑑別。



圖 2-2、不同樹種常有不同的樹皮剝落形式、顏色與質地特徵，例如栓皮櫟(左上)有厚實的木栓；赤皮(中上)與榔榆(右上)樹皮呈不規則塊狀剝脫；檸檬桉(左下)樹皮光滑，食茱萸(中下)莖上散生皮刺，樹杞(右下)樹幹上常具橢圓形枝條脫落痕。

(三)葉

使用所有可取得的資訊來辨識樹木是一件很重要的事，葉子特徵是辨識樹木的重要特徵之一，特別是同屬不同物種間的辨識。例如，描述葉片排列型式的葉序(leaf arrangement, phyllotaxy)、葉形狀的葉形(leaf form)、葉緣(leaf margin)、葉基部(leaf base)或葉先端(leaf apex)形狀等特徵。

1. 葉序

葉子在枝條節上排列方式與節上葉片數來判斷葉序，如每一莖節上僅一片葉子為互生(alternate)、二片葉子且相對而生為對生(opposite)、節上長出三片或更多葉子為輪生(whorled)，或因每一節的節間很短，葉片聚集一起為叢生(fasciculate)(圖 2-3)。



左圖為互生：山黃麻(*Trema orientalis*)，右圖為對生：小葉雞屎樹(*Lasianthus microphyllus*)



輪生-黑板樹(*Alstonia scholaris*)

叢生-森氏杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)

圖 2-3、葉子在枝條節上排列方式。

2. 單葉與複葉

認識單葉(simple leaf)與複葉(compound leaf)之差異，為辨識許多樹木的首要步驟。單葉為一無法細分成小葉片的單一葉片；複葉是指含有兩片以上的小葉

(leaflet)，各小葉片具葉柄(petiolule)。單葉及或複葉可利用葉柄基部與枝條連接處的芽點(腋芽)來判斷，若葉柄基部具有芽點，則該葉片為單葉；反之，則為複葉的一片小葉(圖 2-4)。

複葉可依小葉數目，區分僅有一枚小葉的單身複葉，如柑橘類；若有二枚小葉的二出複葉或三枚小葉的三出複葉，如茄苳(*Bischofia javanica*)；若多枚小葉生於總葉柄頂端呈掌狀者，則為掌狀複葉，如鵝掌藤(*Heptapleurum arboricola*)；若小葉排列在總葉軸兩側呈羽毛狀的複葉，則有偶數羽狀複葉或奇數羽狀複葉，如水黃皮(*Pongamia pinnata*) 或鐵刀木(*Senna siamea*)；當總葉軸兩側再有羽狀分裂的羽軸，且著生小葉片，形成二回羽狀複葉，如臺灣欒樹(*Koelreuteria henryi*)(圖 2-5)。

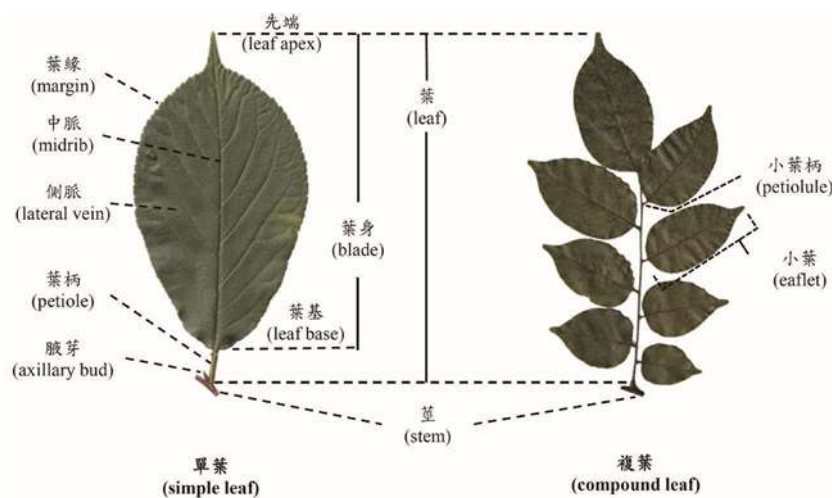


圖 2-4、單葉(櫻花)與複葉(印度紫檀)的形態特徵。



圖 2-5、複葉形態與小葉的排列。

3. 葉形

形狀是要來描述物品外觀的重要根據之一，形狀類別除用於描述葉片的形狀外，也通用萼片、花瓣等其他扁平器官上。常見的葉片形狀有圓形(orbicular)、橢圓形(elliptic)、長橢圓形(oblong)、卵形(ovate)與倒卵形(obovate)、心型(cordate)與倒心型(obcordate)、三角形(triangular)、腎形(reniform)、菱形(rhombate)、提琴形(pandurate)、匙形(spathulate)等，都是生活上常見且易於想像的形狀。另外，披針形(lanceolate)葉片的長度為寬度4~5倍，且最寬處位於葉片近葉柄之1/3處；倒披針形(ob lanceolate)則為披針形之倒置；箭形(sagittate)與戟形(hastate)的葉身形狀有如弓箭箭頭及戰戟形狀，二者可由基部小裂片向下彎(前者)或略向上彎(後者)區別。另外，常用於描述針葉樹葉形的鑿形(subulate)，葉形狀短小，基部寬而先端尖；針形(acicular)為細長而頂尖如針，橫切面三角或菱形。線形(linear)

長而狹窄，長約為寬的五倍以上，先端與基部寬度相近，葉兩側邊緣近平行(圖 2-6)。

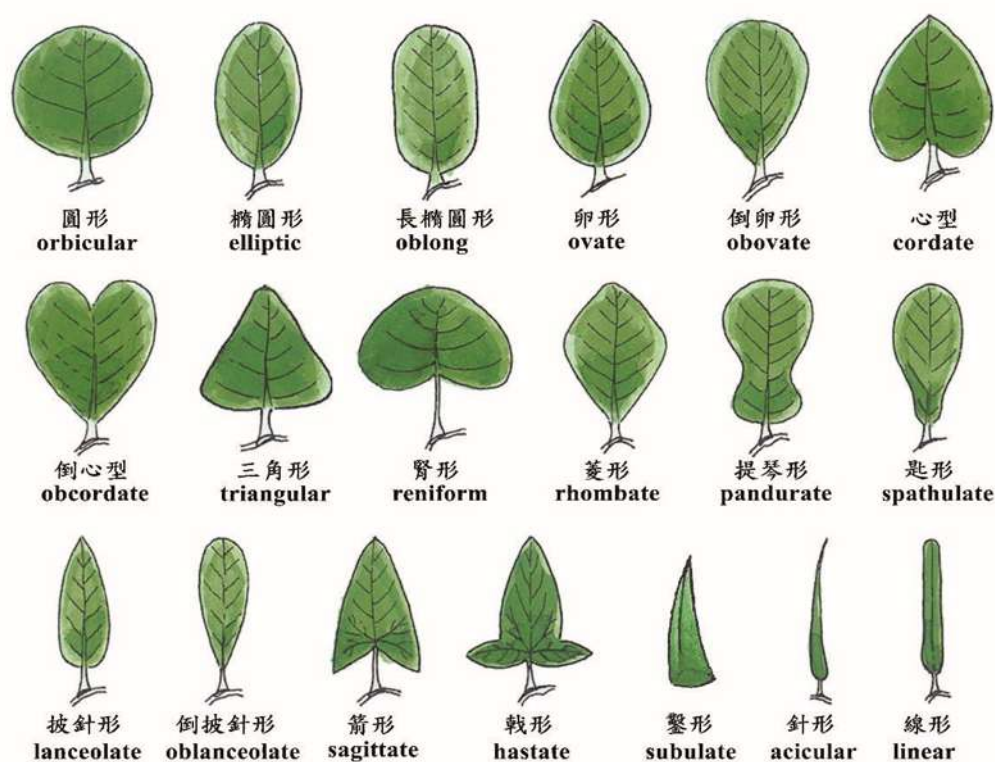


圖 2-6、葉形。

4. 葉先端

葉先端(leaf apex)為葉先端形態。當葉先端夾角大於 90 度者為鈍形(obtuse)；夾角小於 90 度為銳形(acute)；若葉先端夾角呈逐漸變狹至一個點，稱之為漸尖形(acuminate)；若依凹入深幅度不同區分，有微凹形(emarginate)，與明顯心型凹陷的倒心型(obcordate)；或依中脈尖突程度不同區分，若先端呈平行者為截形(truncate)，或呈略突出的微突形(mucronate)，延伸成芒狀的芒形(arisrate)，延長如尾的尾形(caudate)，及尾狀且彎曲的捲尾形(cirrhose)。



鈍形
obtuse



銳形
acute



漸尖形
acuminate



微凹形
emarginate



倒心型
obcordate



截形
truncate



微突形
mucronate



芒形
aristate



尾形
caudate



捲尾形
cirrhose

圖 2-7、葉先端的形態。

5. 葉基

葉基部(leaf base)形態同樣具有圓形(rounded)或鈍形、銳形、截形、漸尖形(attenuate)，以及葉身中部以下向基部兩邊漸變狹窄，外形如楔子的楔形(cuneate)；基部中脈二側不對稱的歪形(oblique)，或基部二側小裂片呈圓形的心形(cordate)，呈耳垂形的耳形(auriculate)，又如基部小裂片向後且略內向彎的箭形(sagittate)，及向外側彎的戟形(hastate)。

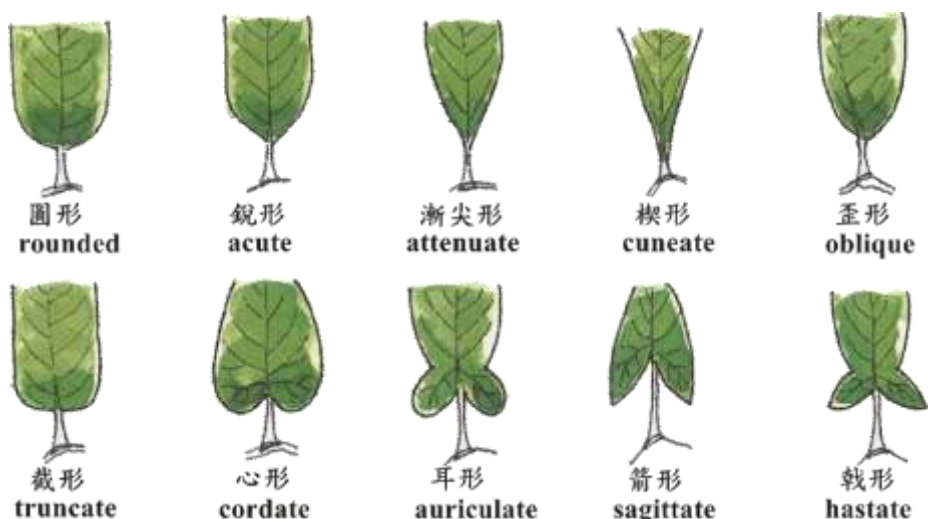


圖 2-8、葉基的形態。

6. 葉緣

葉緣(leaf margin)形態呈完整不缺刻且平伏者為全緣(entire)，若邊緣長出細毛者為緣毛狀(ciliate)。依邊緣缺刻型式不同劃分，鋸齒呈圓鈍者為圓鋸齒狀(crenate)、呈尖銳齒且齒端外向者為齒牙狀(dentate)或齒端向上者為鋸齒狀(serrate)，若鋸齒邊緣又具鋸齒(大鋸齒內有小鋸齒)者為重鋸齒(double serrate)。若依葉緣具波狀起伏程度劃分，如微波狀(undulate)或深波狀(sinulate)。若邊緣呈分裂或具裂片者，當分裂深度未達三分之一者為羽狀淺裂(pinnatilobate)，深達離中脈或基部不遠處為羽狀深裂(pinnatiparted)，若裂片彼此完全分開者為羽狀全裂(pinnatisect)。

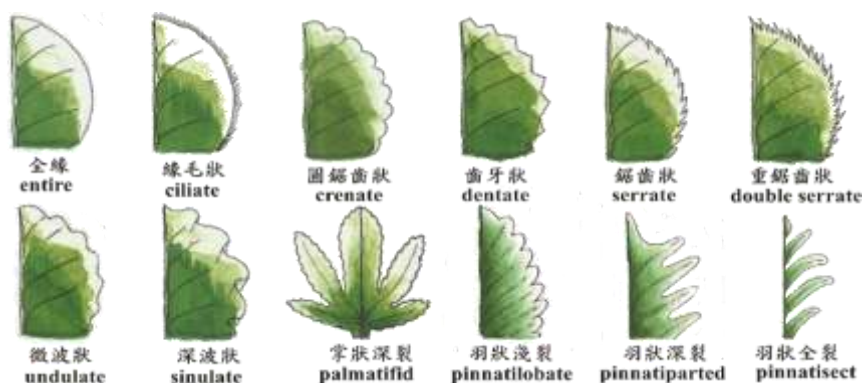


圖 2-9、葉緣的形態。

(四)花與毬花

花與果實為植物的生殖器官，不同類型的花或毬花構造及果實或毬果形態是鑑別不同科別或屬別植物的重要特徵，樹保人員可學習運用許多特徵來辨識樹木，如花序、花冠、雄蕊與雌蕊型式、果實種類來辨識樹木。

裸子植物與被子植物的生殖花構造在組成形態與結構上有很大差異，最主要的區別為裸子植物之胚珠裸露，通常著生於大孢子葉向軸面，授粉時大孢子葉半開接收花粉，授粉後大孢子葉閉合且發育，形成毬果。被子植物的花構造複雜許多，由外而內分別為花萼與花瓣，雄花與雌蕊，胚珠包裹於雌蕊的子房內。

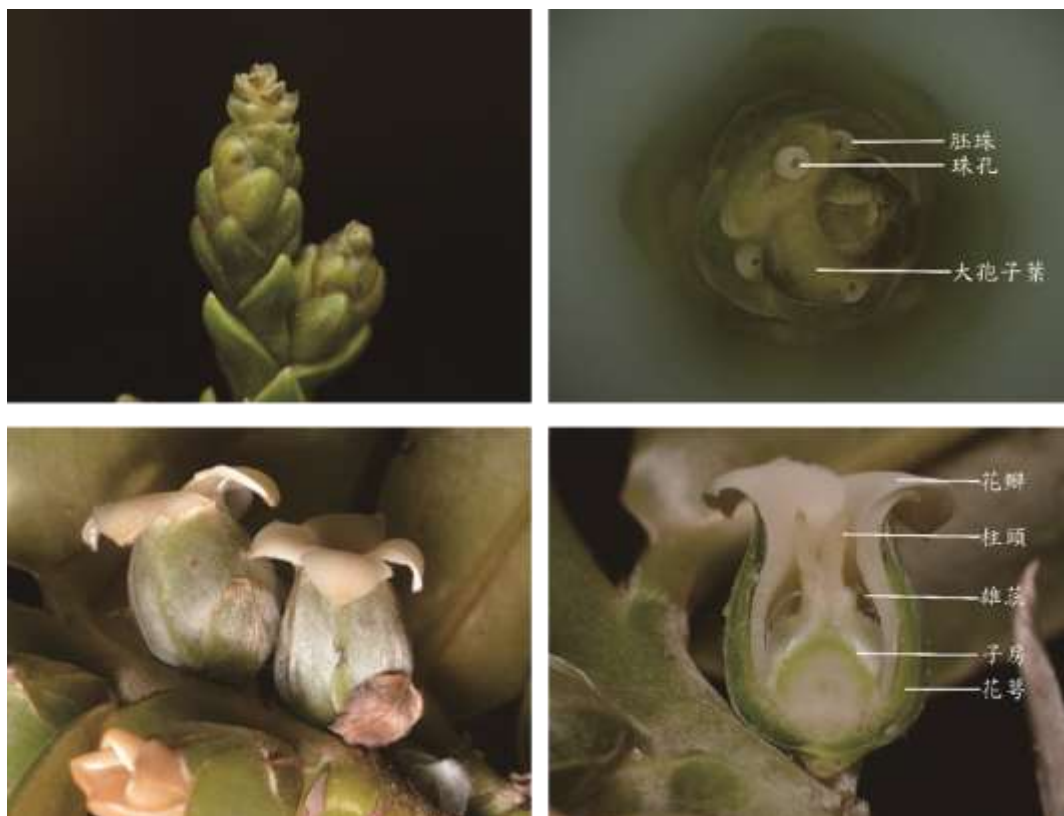


圖 2-10、裸子植物雌毬花由數枚大孢子葉螺旋著生中軸上(左上、臺灣杉側視圖)，俯視圖(右上)可見胚珠直立且珠孔直接裸露；下圖為毛柿花縱切面，顯示胚珠由子房包被，由內而外分別有雌蕊、退化雄蕊、花瓣(花冠)、花萼構造。

1.裸子植物

裸子植物沒有子房，胚珠直接裸露在外，並發育成種子，故稱為裸子植物。裸子植物的花稱為毬或毬花，雌毬花通常由種鱗、苞鱗及胚珠組成大孢子葉

(megasporophyll)，由多個大孢子葉集合而成毬花。雄毬花由數枚小孢子葉密集排列於中軸，小孢子葉(microsporophyll)具 1~多個小孢子囊，囊內有小孢子(即花粉)。

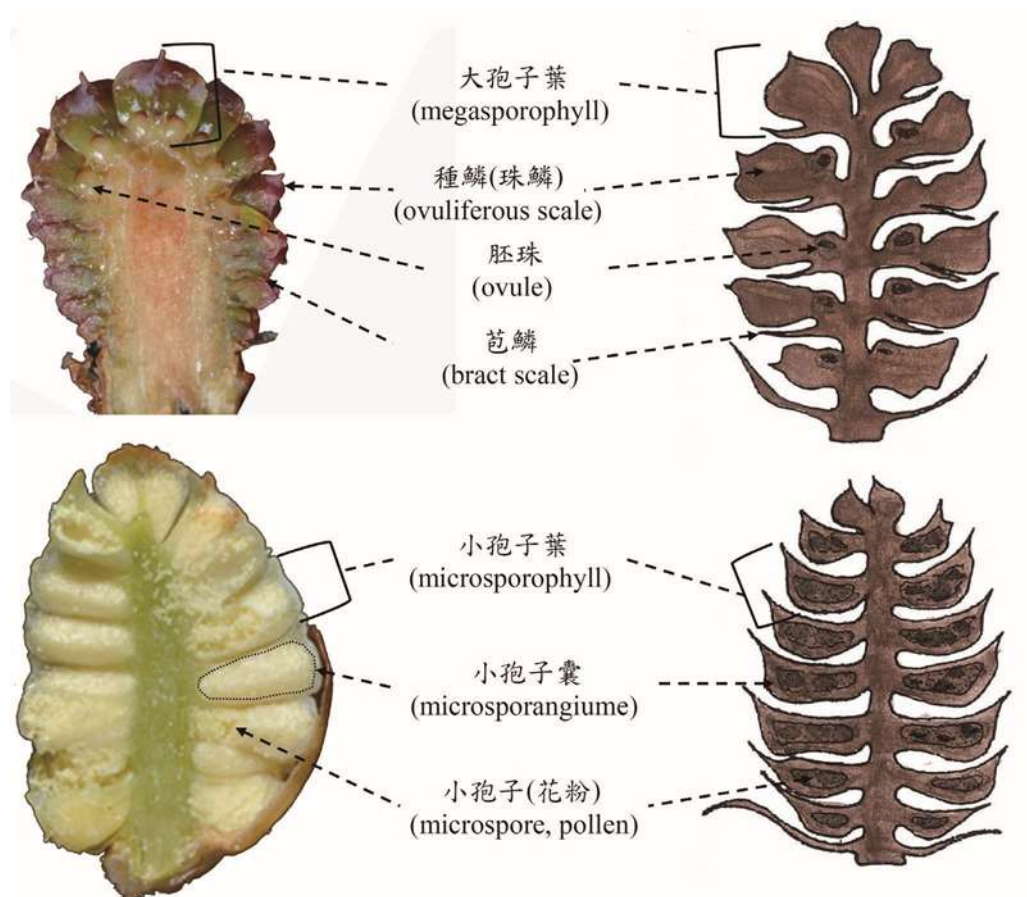


圖 2-11、裸子植物典型的毬花形態與各部形態術語。左圖為臺灣二葉松的雌毬花(上)與雄毬花(下)縱剖面，右圖為縱剖面構造示意圖。

2.被子植物

(1)花序

單獨一朵花生長於葉腋或枝頂為單生花(solitary)，若由多數小花有次序地排列於總梗上，集合成為花序(inflorescence)。依總花梗(peduncle)分枝情形、花梗(pedicel)之有無、花朵排列次序不同，各有特定的花序類型名稱。

多數無柄花排列於一不分枝的總花梗上者，稱為穗狀花序(spike)，若其為有花柄之花，則應稱為總狀花序(raceme)。此外，若無柄花僅由單性花組成，呈下垂狀者，稱為葇荑花序(ament, catkin)，例如殼斗科(Fagaceae)的雄花序。另一種特化的穗狀花序為肉穗花序(spadix)，多數花著生在肉質肥厚的總花梗上，且有佛焰苞包圍，例如天南星科(Araceae)植物。相對的，若總花梗呈現多次分枝的穗狀花序或總狀花序，即有多個總狀或穗狀花序集生，外型呈圓錐狀者，為圓錐花序(panicle)。

此外，一般人較熟悉的向日葵為頭狀花序(head)，由許多小花生長在平或膨大肉質的總花托上構成；隱頭花序(hypanthodium)的花則被包圍在肉質中空的總花托內，無花果(Ficus carica)即屬之。

外形狀似撐開的雨傘為繖形花序(umbel)，其由許多有柄且花梗近等長的花，從總花梗頂端同一個點長出，外形呈傘狀。若繖形花序的每一花梗頂端再生出一個繖形花序，則為複繖形花序(compound umbel)。若小花花梗不等長，且自總花梗上依序長出，在花序頂呈一平齊狀者，稱為繖房花序(corymb)。

由總花梗中央一朵頂生花，側向花序梗頂生出二分枝且各有一朵花，形成三朵花組成的構造為聚繖花序(cyme)。聚繖花序複出者，於總梗上二二相對呈輪生狀者為輪繖花序(verticillaster)。

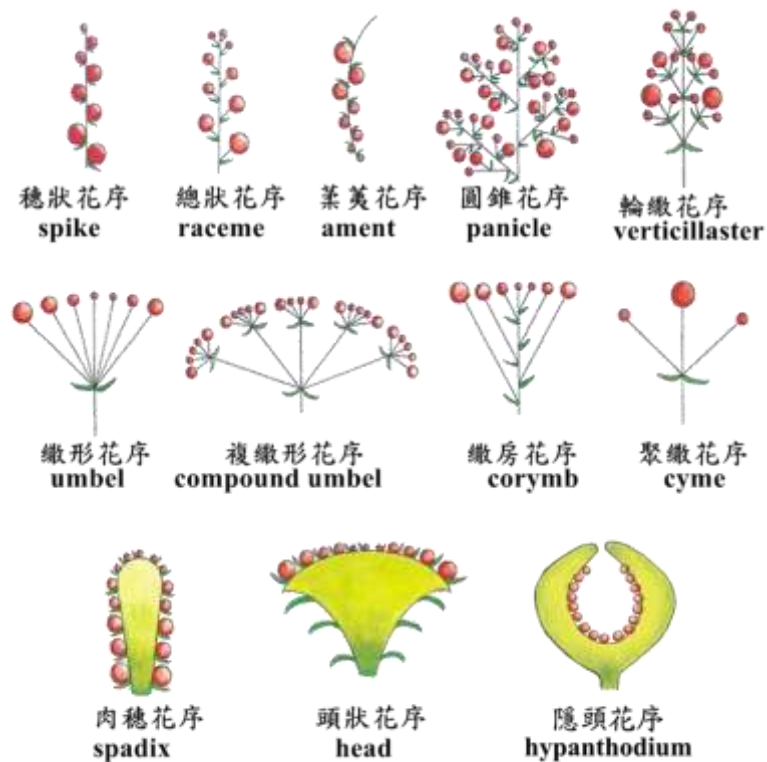


圖 2-12、花序類型與形態。

(2)花部構造

典型的花部構造由外而內分別為花萼、花瓣、雄蕊、雌蕊，四個部分俱全者，稱為完全花(perfect flower)；若缺少部分構件，則被稱不完全花(imperfect flower)。

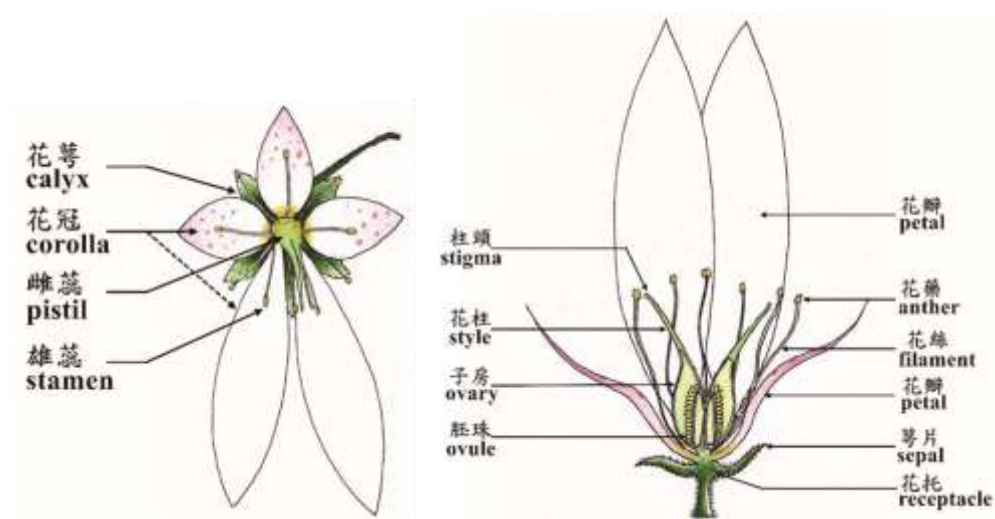


圖 2-13、花的構造與各部位術語，圖為虎耳草(*Saxifraga stolonifera*)花的正視圖(front view)與縱切面(longitudinal section)。

(3)花萼

花最外一輪或最下一輪構造為花萼(calyx)，多呈為綠色，構成花萼的小單元稱為萼片(sepal)，有萼片完全分離的離生萼，或部分合生的合生萼，由花萼筒(calyx tube)及花萼裂片(calyx-lobe)構成。有些錦葵科(Malvaceae)植物，花萼外層具一輪苞片，狀似花萼，稱副萼(epicalyx)。

(4)花冠

花冠(corolla)由花瓣(petal)集合體構成花的第二層構造，花瓣合生者為合瓣花冠(sympetalous corolla)，合生部分稱為花冠筒(corolla tube)，先端分離部分為花冠裂片

(corolla lobe)；花瓣分離者為離瓣花冠(choripetalous corolla)。花冠依外觀形態可劃分為：

- A.盆形(salver form)：花冠筒細長管狀，花瓣突然以直角向外彎曲，頂端呈扁平開展。
- B.輪形(rotate)：花冠筒短，裂片輻射狀向四面擴展，外形如車輪狀。
- C.漏斗狀(funnelform)：花冠下部筒狀，向上逐漸擴大成漏斗狀，形似喇叭口。
- D.鐘形(campanulate)：花冠筒寬而短，上半部擴大呈鈴鐺狀。
- E.壺形(urceolate)：花冠筒中央膨大成球形，上部收縮成一短頸，且有一個狹窄開口。
- F.筒形(tubular)：花冠呈現管狀或圓筒狀。
- G.唇形(bilabiate)：花冠筒呈喉狀，裂片呈二唇化，上唇與下唇瓣狀似嘴唇。
- H.蝶形(papilionaceous)：花由一枚位於花冠最上方的旗瓣(standard)，側面兩片對稱的翼瓣(wing)，及最下兩片併合成彎曲的龍骨狀，稱為龍骨瓣(keel)構成。
- I.舌形(ligulate)：合瓣花冠基部呈短筒狀，上半部單邊張開成舌狀。向日葵頭狀花序外圈黃色花瓣即為舌狀花，中心部分為筒形的筒狀花。
- J.十字形(cruciform)：花具四枚花瓣或四枚花冠裂片，呈十字形對稱。

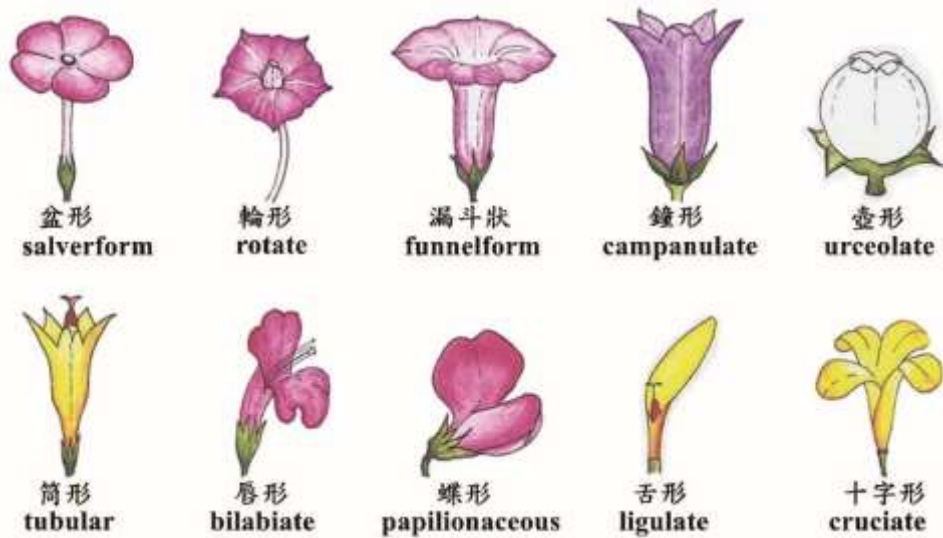


圖 2-14、花冠類型與形態。

(5)雄蕊

雄蕊(stamen)是花的第三輪構造，由花絲(filament)和花藥(anther)構成。花內的雄蕊常多數，彼此分離者為離生雄蕊；雄蕊花絲合生呈單束時，稱為單體雄蕊(monadelphous)，呈二束為兩體雄蕊(diadelphous)。若僅花藥合生者，為聚藥雄蕊(syngenesious)。雄蕊花絲長度亦有區別，當雄蕊四枚，一對明顯長於另一對時稱二強雄蕊(didynamous)；若雄蕊六枚，其中四枚長於其他二枚時，稱四強雄蕊(tetradynamous)。

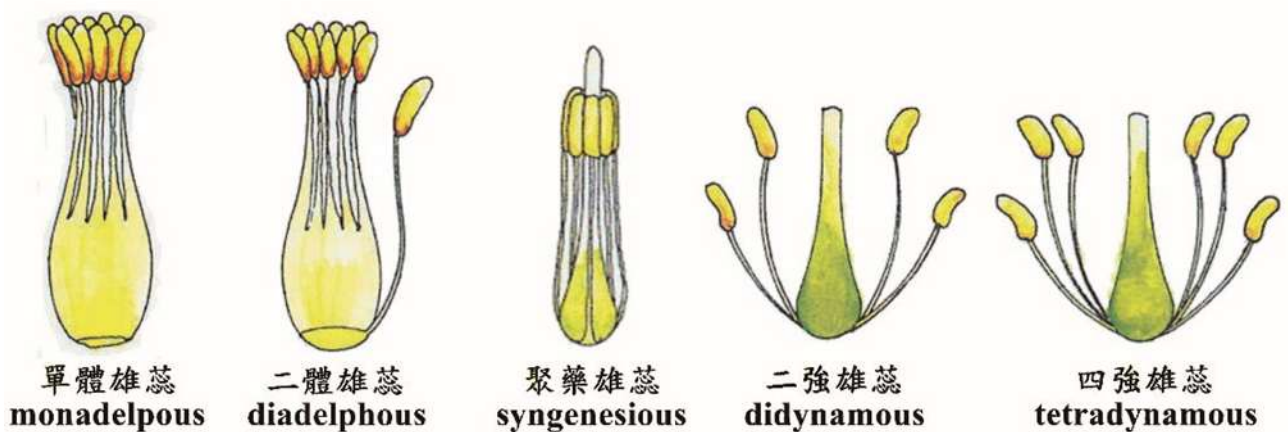


圖 2-15、雄蕊排列型態。

(6)雌蕊

雌蕊(pistil)位於花的最中央部位，由最基部膨大的子房(ovary)、向上漸狹窄的花柱(style)，和最頂部常呈膨大或分裂的柱頭(stigma)等三部分構成。子房由心皮構成，可由單一心皮及一室構成，或由二個或二個以上心皮構成合生心皮子房，亦可由多個相互分離的心皮構成離生心皮子房，如木蘭科(Magnoliaceae)或五味子科(Schisandraceae)的植物。

子房與其他各輪(花萼、花瓣與雄蕊)的相對位置關係，可區分為子房在其他各輪的上方的子房上位花(hypogynous flower)，或子房在其他各輪的下方的子房下位花(epigynous flower)，以及花萼、花冠和雄蕊圍繞子房周邊的子房周位花(perigynous flower)。



圖 2-16、花各部分著生在花托上的位置關係圖。

(五)種實與果實

1.裸子植物

裸子植物的種實由大孢子葉發育，形成漿果狀(berry-like)、核果狀果實(drupe-like)或乾質的毬果(cone)等不同類型的種實。苞鱗與果鱗分離或融合程度差異，產生不同型態的毬果，可做為不同科別之判定依據。例如松科(Pinaceae)植物毬果的珠鱗、苞鱗分離非常明顯，如臺灣黃杉具有明顯且外突的苞鱗；柏科

(Cupressaceae) 毬果的珠鱗與苞鱗常合生或僅退化為苞鱗；羅漢松科 (Podocarpaceae) 珠鱗單一且著生 1 胚珠，珠鱗成肉質狀套皮癒合並覆蓋種子，多數苞鱗癒合成肉質狀種托；紅豆杉科 (Taxaceae) 則無珠鱗，且由珠被發育的假種皮包被；蘇鐵科 (Cycadaceae) 的種實著生於大孢子葉上。有關臺灣產松柏目種毬形態特徵，可參考陳建帆等(2017)。



圖 2-17、臺灣裸子植物各科植物之種實形態。

2. 被子植物

被子植物的果實通常是植物開花授粉後，由子房發育而成。果實可依據發育構成的花與子房數目，可區分為單果 (simple fruit)、聚合果 (aggregate fruit) 及多花果 (multiple fruit)。單果由單一朵花、單一子房或心皮形成；聚合果則為單一朵花、多個離生心皮組成，如草莓及懸鉤子 (*Rubus* sp.) 的聚合漿果、烏心石的聚合蓇葖果等；多花果則為多朵花 (花序) 聚集形成的果實，如鳳梨。

前述的單果可再劃分為肉質、多汁的肉果類及乾燥的乾果類。肉果類包括核

果(drupe)、仁果(pome)、漿果(berry)等較常見。以生活中的水果來介紹，水蜜桃是典型的核果，可剝除或削除的薄皮即為外果皮，中果皮為肉質多汁的果肉，中央的硬核即為內果皮。蘋果為仁果或稱梨果，其同樣有外果皮發育而成的薄果皮，果肉由花托與子房壁合生且膨大發育而成，內果皮為軟骨質，其在橫切面下，可見數枚心皮合生成星狀；漿果的水果就相當常見，如蕃茄或芭樂，外果皮薄，中果皮與內果皮均為肉質，單一心皮或合生心皮內含有 1 至多數種子。

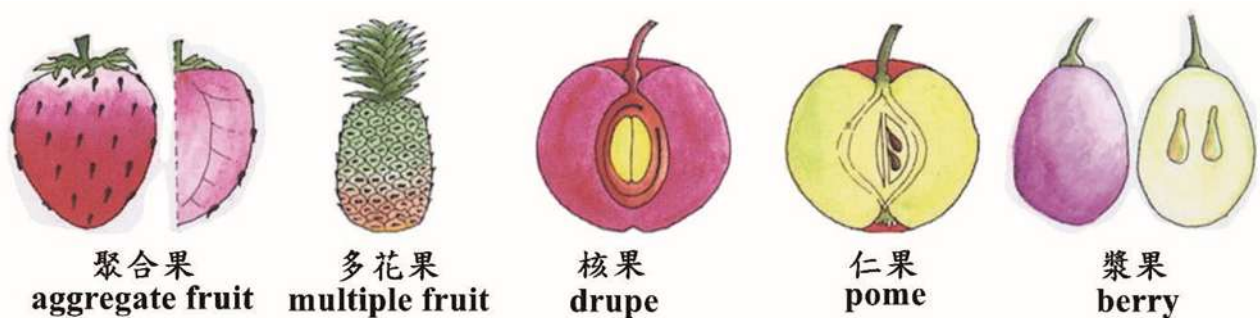


圖 2-18、聚合果與多花果，及肉質單果類果實形態。

單果的另一大類為乾果類，依果實開裂與否，區分為會開裂乾果類與不開裂的乾果類。開裂乾果類如蓇葖果(follicle)、莢果(legume)與節莢果(lomentum)、蒴果(capsule)、角果(silique, silicle)等較常見。蓇葖果由單心皮構成，成熟時沿背縫線或沿腹縫線一側開裂(可將單一葉片想像為一心皮，葉邊緣為胚珠著生位置，將葉折合或心皮癒合後成一袋狀，折合開口處為腹縫線，對側的中肋主脈處為背縫線)，香料植物八角茴香及行道樹掌葉蘋婆是生活中常見的例子。莢果同樣由單一心皮形成，成熟時沿背腹縫線開裂，豆科植物即為莢果；節莢果與莢果相似，但種子之間的收縮分成單種子隔間。蒴果則為二個以上心皮組成多室子房，開裂方式有沿心皮背縫線開裂的胞背裂蒴果，如臺灣欒樹；子房室與子房室間薄隔膜(腹縫線)開裂的胞間裂蒴果；橫向開裂的蓋果(或蓋裂蒴果)等。角果則由二個合生心皮的子房構成，中間具隔膜，成熟時二片果片由下而上開裂，種子長在隔膜

邊緣，為十字花科(Brassicaceae)植物的重要特徵。



圖 2-19、開裂乾果類之果實形態。

不開裂的乾果類包括瘦果(achene)、穎果(Caryopsis)、翅果(samara)、堅果(nut)、分離果(schizocarp)等。瘦果為具一粒種子的乾果，果皮緊包住種子，不易分離，例如菊科(Asteraceae)的葵花子，外力能勉強迫使果皮與種子分離；穎果則同樣具單一種子，但果皮與種皮癒合，無法分離，禾本科的稻穀即是。翅果則為果皮具發育為翅狀構造，如楓屬(*Acer*)的果實。堅果則為殼斗科(Fagaceae)植物的重要特徵，木質的果皮堅硬，能保護內部的核仁，其與核果的硬核(由子房壁或內果皮發育而成)不同。分離果為多個心皮子房發育而成，成熟時各心皮各自分離為含一個種子的小果，常見於繖形科(Apiaceae)植物果實。



圖 2-20、不開裂乾果類之果實形態。

第五節、檢索表

許多樹木及灌木的參考書都含有鑑定檢索表(identification keys)。檢索表是利用逐步式的方法來完成植物的辨識。鑑定檢索表中使用了描述葉形狀、葉排列、小枝形狀、花及果實形態的術語，可有系統地鑑定出植物。多數的檢索表係由許多「是或否」、「長度」或「數量」的問題所組成之一個流程表。使用者會藉由觀察植物不同的視覺特徵，來縮小可能的植物範圍。例如葉片特徵方面，便可辨認葉片或芽的排列為對生或互生？為單葉或複葉？葉緣為鋸齒狀或全緣等。依賴檢索表來辨識樹種有幾件事必須注意：

- 1.必須具備專業的知識及對表內專有名詞的了解。
- 2.植物的顏色與形態會依季節而變化，所以植物在被辨認時不一定和書上描述的特徵一致。
- 3.並不是所有的檢索表對於某一區的樹木所提供之資訊一定是完整的。
- 4.遺傳上的變異、植物的狀況、所在地點以及環境，均可能影響植物各部位的大小，或造成一些不規則性。
- 5.檢索表得到的鑑定結果，可再比對圖鑑彩色、植物誌手繪圖、網路資料庫或詢問專家確認。

以下我們提供一個以檢索表鑑定的範例，該植物特徵為：「葉對生且無托葉、掌狀淺裂或中裂，且裂片五個，葉鋸齒緣」。由葉對生且無托葉，可初判為無患子科(Sapindaceae)楓屬(*Acer*)植物，再依臺灣植物誌提供的檢索表，我們可初步判定為「青楓(*Acer serrulatum*)」。此時，您就可以透過圖鑑照片或植物誌手繪圖中的「青楓」判斷此鑑定結果是否正確。



圖 2-21、將植物特徵與檢索表對照，可逐步判定所屬的類群。圖為青楓。

1. 葉全緣

2. 葉不分裂，或稀不明顯 3 淺裂

--樟葉槭(*A. albopurpurascens*)

2. 葉 3 淺裂

--臺灣三角楓(*A. albopurpurascens* var. *formosanum*)

1. 葉鋸齒緣

3. 葉不分裂至略 3 淺裂

--尖葉槭(*A. kawakamii*)

3. 葉明顯為 5 或 7 裂

4. 葉 7 裂

--臺灣掌葉槭(*A. palmatum* var. *pubescens*)

4. 葉全為 5 裂

5. 葉淺 5 裂，葉柄紅色

--臺灣紅榨槭(*A. morrisonense*)

5. 葉深 5 裂，葉柄綠色

--青楓(*A. serrulatum*)

第六節、如何詢問植物

當您在查對圖鑑或以檢索表查對植物時，可能會因為植物材料完整性不足，例如於非結果期間採集的植物材料，可能會因為缺乏一個關鍵性的特徵，無法完成檢索或不敢下定論。早期可透過拜訪植物標本館，翻閱比對近似種的植物標本確認。拜數位科技發展之賜，植物諮詢的網路平台更加多樣與蓬勃發展，例如「自然攝影中心」、iNaturalist 等平台，民眾可透過拍照數位照片上傳，由集合大眾力量共同討論與解答。然而，照片的完整性與清晰度，影響鑑定的品質與結果。因此，我們提供照片拍攝的注意事項，來確保能在充份揭露物種特徵資訊下，做出正確鑑定。

- 1.拍攝生育地及整棵植物照片，以確認生長習性與植株大小。
- 2.拍攝一段 20~40cm 枝條（若帶有花序及果序更好）。
- 3.取單純背景如白紙（布）或黑布，平放在平面上，易對焦距拍攝清晰照片。
- 4.放置比例尺(如尺或筆)，以確認葉序及葉片大小。
- 5.葉正、反面，取得葉部特徵。
- 6.花正面特寫各一張(若有開花結果)
- 7.果實特寫(若有果實)。
- 8.特殊構造如腺體、花冠構造，或其他覺得特別構造。

第七節、自我檢視

- 1.描述如何根據分類系統將所有植物予以分類並命名。
- 2.解釋學名為何？為何要使用學名？如何書寫學名？
- 3.如何應用葉子排列方式及葉子形態來幫助辨識樹木。
- 4.比較各種葉形以及葉緣、葉基部與葉先端之類型。
- 5.檢視各種花序、花與果實類型，比較各種型態異同。
- 6.當遇到不認識的植物時，如何透過檢索表查對學名？
- 7.想請教專家鑑定植物，拍攝植物鑑定照片時要注意哪些事項？

第八節、重要詞彙

植物分類(plant classification)

界(kingdom)

單系群(monophyletic group)

科(families)

裸子植物(gymnosperms)

植物命名法(nomenclature)

二名制(binomial)

亞種(subspecies)

樹形(tree forms, tree shape)

葉序(leaf arrangement)

對生(opposite)

單葉(simple leaf)

形狀(leaf form)

葉基(leaf base)

大孢子葉(megasporophyll)

花序(inflorescence)

花萼(calyx)

雄蕊(stamen)

單果(simple fruit)

蒴果(capsule)

檢索表(identification keys)

分類學(taxonomy)

門(division 或 phylum)

目(orders)

屬(genus)
被子植物(angiosperms)
學名(scientific name)
拉丁文 (Latin)
變種(variety)
樹皮(bark)
互生(alternate)
輪生(whorled)
複葉(compound leaf)
葉先端(leaf apex)
葉緣(leaf margin)
小孢子葉(microsporophyll)
單生花(solitary)
花冠(corolla)
雌蕊(pistil)
聚合果(aggregate fruit)
翅果(samara)
愛自然(iNaturalist)

樹保中級題庫

第二章、樹種辨識

編者註：以下簡答題為作者提供教師與學員授課參考

簡答題：

1.	單葉(simple leaf)與複葉(compound leaf)為辨識許多樹木葉部特徵的首要步驟。請簡述如何判斷單葉與複葉？
答	單葉及或複葉可利用葉柄基部與枝條連接處的芽點(腋芽)來判斷，若葉柄基部具有芽點，則該葉片為單葉；反之，則為複葉的一片小葉。
2.	複葉類可以小葉數量與排列方式，區分為單身複葉、三出複葉、掌狀複葉及羽狀複葉等，請簡述如何以小葉數目與小葉在葉軸上的排列方式區分這些複葉類型？
答	僅有一枚小葉者為單身複葉；若有三枚小葉者為三出複葉；若多枚小葉生於總葉柄頂端呈掌狀者，則為掌狀複葉；若小葉排列在總葉軸兩側呈羽毛狀的複葉，則為羽狀複葉。
3.	花冠(corolla)由花瓣(petal)集合體構成花的第二層構造，花瓣分離者為離瓣花冠，蝶形(papilionaceous)為一種離瓣花冠，請問蝶形花冠由哪三種類型的花瓣組成？
答	蝶形花冠由一片位於花冠最上方的旗瓣(standard)，側面兩片對稱的翼瓣(wing)，及最下兩片併合成彎曲的龍骨狀，稱為龍骨瓣(keel)構成。
4.	請簡述繖形花序(umbel)與繖房花序(corymb)的區別特徵。
答	繖形花序外形狀似撐開的雨傘，由許多有柄且花梗近等長的花，從總花梗頂端同一個點長出，外形呈傘狀。若小花花梗不等長，且自總花梗上依序長出，在花序頂呈一平齊狀者，稱為繖房花序。
5.	裸子植物的花稱為毬或毬花，松科臺灣二葉松的雌毬花由多個大孢子葉(megasporophyll)集合而成，最終發育為毬果。請問前述的單一個大孢子葉由哪三個構造組成？
答	臺灣二葉松雌毬花的大孢子葉由種鱗、苞鱗及胚珠組成。
6.	雄蕊及雌蕊分別構成花的第三輪及第四輪構造，請分別簡述雄蕊及雌蕊由哪些構造構成？
答	雄蕊由花絲(filament)和花藥(anther)構成；雌蕊(pistil)由最基部膨大的子房(ovary)、向上漸狹窄的花柱(style)，和最頂部常呈膨大或分裂的柱頭(stigma)等三部分構成。

樹木保護專業人員教材

【中級】

第三章 生態學概論

林世宗

共同科目

第三章 生態學概論

第一節、生態學緒論

(一)何謂生態學 (Ecology)

生態學是生物學的一個分支，是研究與探討生物與其生育環境之間的相互關係的科學，探究生物的形態、生理和行為的適應性，從而了解生態系(ecosystem)的結構與功能。傳統(基礎)生態學在生物體(organism)、族群(population)、社會(community)和生態系統(ecosystem)等生物組織層譜(biological spectrum)中探索生命系統的奧秘；因此，生態學是以生物體、族群、社會和生態系統，甚至是生物圈(biosphere)為研究範疇。

生態學由生物組織層譜區分可分為個體生態學(autoecology)是研究生物個體或生物多個個體與環境之間的關係；族群生態學(population ecology)是研究一種或親緣關係較近的幾種生物族群與環境之間的關係；群落生態學(community ecology)為研究生活在同一環境中的所有生物與環境之間的關係，強調其組成、構造、分布與環境的關係；系統生態學(system ecology)與群落生態學研究的生物組織層次對象皆為群落，但系統生態學為研究生態系統的功能，調強生物之數量，能量流動與物質循環等現象，即生物群落與環境之相互作用。

受科學進步之賜，生態學的研究在生物組成層譜可以小至分子(molecular)，大至地景，甚至生物圈。分子生態學(Molecular ecology)是用 DNA 和蛋白質的分子特徵來研究物種分化、演化，以及族群生物學等生態學問題。地景(landscape)是由數個生態系組成的異質區，其構成要素(landscape elements)包括區塊(patch)、通道(corridor)與基底(matrix)。區塊是組成地景的基本單元，是一個與其週遭相異的均質單元即生態系統，通道是不同區塊間的帶狀空間，而基底是地景中分布最廣、連續性最大的背景結構，即地景中最大的生態系統。地景內的各個生態系統是由許多不同的鑲嵌狀區塊組成為地景結構(landscape structure)，包括地景內

不同生態系統的面積、形狀、組成、數量及地理位置；地景結構影響地景內生態系統間的諸多過程，如能量流動、物質的循環和物種的移動，而地景生態學(landscape ecology)為研究生態系統間物質、能量及生物體交換之過程。全球生態學(global ecology)為研究研究生命系統和行星系統相互關係的科學，研究的對象是生物圈(biosphere)，其包括地球上全部生物和一切適合於生物棲息的場所，含蓋岩圈(lithosphere)的上層、全部水圈(hydrosphere)和大氣圈(atmosphere)的下層，為生態學研究最大空間規模與最高的生命組織層次。

生育環境也稱生育地因子，包括生物因子和非生物因子，生物因子組成有植物動物及微生物，非生物因子即各物理環境因子(environmental factors)，包括氣候(太陽輻射(solar radiation)、降水、溫度、濕度、空氣及風)、地形及土壤及地形等因子，各物理環境因子間亦具相互關係與影響而形成各種環境特性。生物體自發生以後，即需依賴周遭環境因子提供物質熱量以維持生長發育，環境因子的供應，就生物而言亦即環境資源，此相互關係則包括生物個體、族群或社會與環境因子間之相互作用的功能。

依研究的生物類群劃分，生態學可以區分成動物生態學、植物生態學、魚類生態學、鳥類生態學、昆蟲生態學、微生物生態學等；依研究的生物棲息環境劃分，森林生態學、淡水生態學、河口生態學、海洋生態學、陸地生態學、濕地生態學等；生態學依整合學科劃分，可以區分成數量生態學、演化生態學、生理生態學、行為生態學等；生態學依應用領域劃分，農業生態學、都市生態學、環境生態學、保護生態學、復育生態學、污染生態學等。其中，森林生態學(forest ecology)是以森林為研究對象，探討林木與周遭的生物因子，包括生育其間的動植物、微生物及物理環境因子間的相互關係的科學。

都市生態學(urban ecology)是研究都市環境中生物體之間及其生物體與周圍環境的關係的科學研究。都市環境是指以高密度住宅和商業建築、鋪裝路面以及其他與都市有關的因素為主的環境，這些因素形成了一種獨特的景觀，不同於以

往生態學領域研究的大多數環境。都市生態學的目標是實現人類文化與自然環境之間的平衡。都市生態學的研究方法和研究內容與生態學相似，是生態學的一個分支。由於人類生活方式多集中在都市地區，對生活環境衝擊大產生許多社會問題，因此都市生態學的研究也具有越來越重要的意義。

生物多樣性是一個區域中基因、物種和生態系的總和。生態系內組成的成分越多樣，能量和物質流動的途徑越複雜，食物鏈網的組成越錯綜，生態系自動調節恢復穩定狀態的能力越強；組成越單調、結構越簡單，因應環境變化的能力越低。因此生物多樣性也是衡量一個區域環境狀況的指標。

近年來由於與人類生存發展的緊密相關而產生了多個生態學的研究熱點，如生物多樣性的研究、全球氣候變遷的研究、受損生態系的恢復與重建研究、永續發展研究等。

(二)生態系統 (Ecosystem)

生態系統是指在特定環境內，相互作用的所有生物和此環境的組合，此特定環境裡的非生物因子(例如陽光、空氣、水及土壤等)與其間的生物(包括動物、植物、微生物等)之間具交互作用，以物質的交換和能量的傳遞及連接形成一個體系，即稱此為生態系統或生態系。生態系統物質交換和能量傳遞的大小會影響群聚組成的種類與數量，此外，空間的地理位置與過去的演化歷史亦會對群聚組成造成影響。

每種生態系具有其組成與結構與生育地環境，包括有不同營養級的生物體，含蓋生產者、消費者與分解者；生產者從陽光中攝取能量的綠色植物，為自營生物；消費者取食植物和其他動物的生物以維生，為異營生物；消費者可以依照所食用的對象來區分為以生產者為食的「初級消費者」，以草食性動物為食的「次級消費者」，以此類推依循食物鏈的順序來推斷；分解者為分解動植物屍體的微生物，還原為礦物質和水，回歸無機界環境，維持生態系能量流動和物質循環；地球上無數個生態系的能量流動和物質循環，匯合成整個生態圈的總能量流動

和物質循環。

生態系內各個物種的數量比例、能量和物質的輸入與輸出，都處於相對穩定的狀態；當環境因素變化，生態系有自我調節恢復穩定狀態的功能。如果環境因素緩慢的變化，原有的生物種類會逐漸由更適應新的環境條件的物種所更迭，這叫做生態消長或生態演替(ecological succession)；但如果環境變化太快，生物來不及演化以適應新的環境，則造成生態平衡的破壞。

森林生態系統(forest ecosystem)是指群落林木的地方，如天然林、人工林、都市林、森林公園、校園樹木、行道樹及庭園樹等，林木與其周遭的生物組成，植物動物及微生物，及非生物組成，如氣候(陽光、水分、溫度、空氣)、土壤與地形等彼此具有相互關係，形成能量與物質循環的體系。

(三)生態因子概述

生育地的環境因子非常多，其中對生物的生長、發育、繁殖、行為和分布有直接或間接影響的環境因子我們稱之為生態因子(ecological factors)。生態因子在空間分布不是一成不變的，而是具有一定的空間分布特性，包括緯度、經度與垂直高度的分布。例如從赤道到兩極，整個地球表面具有過渡狀的分帶性規律，此部分主要受到太陽輻射量差異影熱帶分布、水分差異，反映在赤道、熱帶、亞熱帶、暖溫帶、溫帶、寒溫帶、亞寒帶、寒帶的自然氣候地理分帶植被地帶性分布，進而影響植被分布等。

對於樹木生長等影響較大的生態因子包括太陽輻射、溫度、降水、風等。以下簡要說明這些生態因子對林木造成的影響。

太陽輻射是太陽核融合所產生的能量，經由電磁波傳遞到各地的輻射能。太陽輻射傳遞至地球有其變化規律，地球自轉白天和黑夜的交替循環形成日夜周期；地球公轉北半球夏天照射的時間長，北半球冬天時，南半球照射的時間長，形成季節周期。受太陽直射的影響，低緯度地區有較為恒定的熱量，高緯度比低緯度地區接受的能量較少。同樣在北半球，南向山坡吸收的太陽輻射較北向坡多；

在相同緯度情況下，高海拔因空氣稀薄，太陽輻射較低海拔多。因地表環境差異影響太陽輻射量，進而影響林木分布。

太陽輻射的光波長介於 150—4,000 nm，由紫外光、可見光和紅外光等 3 類組成，其中波長在 380—760 nm 之間的光為可見光，而綠色植物的光合作用有效範圍是 380—700 nm 之間。太陽輻射的參與植物的形態形成、誘導向光性與色素形成等，例如青藍紫光是支配細胞分化最重要的光線，引起植物向光性的敏感，抑制植物體內某些生長激素的形成，從而抑制植物的伸長生長，造成植物矮化。

植物對光照強度是長期演化的適應性表現，植物對於光度需求可以大致區分成陰性植物、耐陰性植物與先趨(陽性)植物。陰性植物適應弱光且耐陰力強，對弱光的利用力強；耐陰性植物介於陽性植物與陰性植物之間；先趨(陽性)植物適應強光環境，耐陰力弱，反映其對強光的利用力強。然而，此種劃分方式是相對的，而且會隨著林木成長發生變化，例如耐陰性樹種在幼年期時具有相當的耐陰性，但成年樹生長的光度需求則變大。

太陽輻射光的日夜相對長度形成規律週期性變化的現象，吾人稱之為光周期現象(photoperiodism)。植物長期生活在一定光照長短變化的環境中，因自然選擇與進化過程中，各類植物對其特有的日照長短變化形成生長、開花、落葉、休眠等方面的反應。例如光週期對植物開花的影響大致可以區分成長日照植物的日照時間長於其臨界日照才開花者例如鳶尾；短日照植物的日照時間短於其臨界日照才開花者，例如菊花；中性日照植物只要生長發育達到成熟階段就會開花，日照長短對其開花無顯著影響，例如玉米。

溫度是影響植物生長發育的重要因子之一，每種植物都有其特定的最低、最高與最適溫度範圍；當溫度低於最低或超過最高溫時，可能導致植物嚴重的生理損害甚至死亡。一般情況下，溫度會限制生物的分布，使其分布界限受限於致死溫度，此外資源競爭強弱、食物，及其他生態因子亦會影響生物的空間分布。

溫度除了會對植物分布影響外，對植物的生長發育亦造成影響，例如一些植物的最適生長通常發育在日夜有一定之溫差情況，此種日夜溫差之組合稱之為感溫週期(thermoperiod)，而植物生長箱的變溫設定即是仿照植物的感溫週期；此外，一些植物需要一定低溫階段刺激才能發育、開花的現象，我們稱之為春化作用(vernalization)。植物對其生長棲地各有其適應的溫度，其開始正常生理發育所需的最低有效溫度，稱之為「發育起始溫度」，例如冷溫帶植物的發育起始溫度約 5℃，而熱帶植物則大於 18℃。在生長發育過程中，植物必須從環境吸收一定的熱量才能完成某一階段的發育，我們稱之為積溫(accumulated temperature)，例如臺灣亞高山的冷杉林帶溫量指數約為 12℃至 36℃，代表該區域屬於冷溫帶。植物各個發育階段所需要的總熱量是一個常數，即植物一個地區在特定時間內可以有效生長所需溫度的累積值，稱之為溫量指數(warmth index)，將植物發育期間的溫度減去該植物發育起始溫度的和，單位是℃，或℃·d，或℃·h。

$$K=N(T-T_0)$$

K：有效積溫(effective accumulated temperature, 常數)

N：發育期間即生長發育所需時間

T：發育期間的平均溫度

T₀：生物發育起始溫度

水分對植物生長發育等至關重要，不僅是植物原生質的主要成分，也是重要溶劑幫助吸收與運輸養分；透過氣孔開放的蒸散作用產生「蒸騰拉力」引導導管內的水分子向上移動，如同吸管吸水一般，這是將水分從根部向上運輸到高處葉片的主要動力；水分運輸的同時可以作為物質運輸的載體，將土壤中溶於水的養分吸收進植物體內；水分使植物保持挺立的形態，支撐枝葉，便於接收陽光和進行氣體交換；水分是光合作用必要的原料，在葉片氣孔蒸散作用釋放水分的同時，打開的氣孔也讓植物以吸收二氧化碳，促進光合作用；水分由液體變氣體由氣孔蒸散的同時帶走大量的熱量，在高溫環境下具有調節體溫的作用。每種植物都有

其水分需求的量，土壤水分不足會導致植物缺水萎凋，土壤水分過多會阻礙根部呼吸作用，長期缺水或淹水會影響生理活動進而導致植物死亡；因此，水分的有效性是影響植物種類和分布的重要因素。

風的形成是因為地球表面因太陽輻射能及其被大氣層和地表吸收的比例有很大差異，導致大氣和近地表溫度的不同引起氣壓分布不均，從而產生大氣運動。風會影響林木生長及分布，例如促進蒸散作用進而使葉面冷卻；空氣流動促進光合作用，但也帶來鹽霧、污染傷害；增加林下光度，促進林下植物光合作用；盛行風向的迎風面葉片多凋落，僅留背風面葉片，使林木形成旗形樹冠；風會使林木矮小、分叉、節間變多，進而影響木材之形質；風速超過 10 m/s 以上時，對於林木造成風折與風倒之傷害；林木受強風根拔或幹折的干擾，會促進林下植物的演替與樹種更新；風可以散播花粉與種子，進而影響植物繁育與分布。

生態因子對植物的影響是複雜的，並非是單一的作用，生態因子有以下特性：綜合性，例如太陽輻射的作用，不僅是光度、亦影響溫度、濕度、風等；非等價性(主導因子作用)，例如乾旱地區的水分是植物生長的作用；直接性和間接性，例如海拔影響植物分布，其實是因為海拔變化影響溫度，溫度影響植物分布，溫度是直接因子，海拔是間接因子；限定性(因子作用的階段性)，例如耐陰性樹種的小苗與稚樹期階段對光度需求不高，但在形成成樹後，對光的需求增加；生態因子的不可替代性和互補性，例如土壤的磷對植物生長發育的不可替代性，水體內的鈣與鎂的互補性。

(四)樹木與環境

樹木由自體內組織構成維生系統吸收利用環境資源來成長及繁衍，樹林是以群落林木與其環境內生物及非生物間(即組成與結構)形成的化學能量循環體系維持其生態功能的運作。不同的環境會影響森林與林木的分布、組成及生長，相對的，森林與林木發育成長，因生態系統生物化學循環的運作也會影響環境，即為樹木的環境效應公益效益。如水分循環，森林覆蓋減低豪雨降水對地表土壤

的衝擊，樹冠截留降水及增加土壤的吸附保水能力，減少地表逕流，因此森林具有涵養水源、水土保持的功能，尤其臺灣為地形多陡峻的島嶼，森林的覆蓋更相對重要，故有說森林是水的故鄉；如碳的循環，林木葉子的光合作用是吸收利用陽光能量及空氣中二氧化碳形成光合產物釋放氧氣與水氣，並轉換為各種有機物物質存放於林木各組織以維生及發育。樹木為長壽命且為大型植物，吸存的有機物物質存放於樹幹枝條及根系，林木的成長即為生物量的累積，也就是將吸收的二氧化碳長期固存在林木體上，此不僅供為周遭動植物的食物來源及維生棲地，亦經由林木枝葉或枯死分解後釋放二氧化碳回歸環境。樹林亦具溫度的調和能力與空氣的淨化能力等環境功效，因此隨樹木與森林的發育成長，物質與能量的流動亦呈動態的變化，亦造成生態環境的變動。妥適的經營管理，維護健康的林木及健康的森林來發揮森林生態的功能是樹木保護的重點。

臺灣森林的覆蓋範圍佔全島面積達 60%以上，對環境保護、水土保持發揮相當大的功能。樹木可以透過光合作用，吸收空氣中的二氧化碳並排放出氧氣，儲藏大量的碳，減緩地球的暖化；樹冠層可以層層截流雨水，減緩豪雨衝擊，地被植物及枯落物層增加土壤吸水及滲流過濾作用，提供優質的水源；樹葉可以吸附空氣中的懸浮微粒，淨化空氣的作用，改善居家環境；樹根可以穩固土壤，不易流失，達到水土保持作用，防止或減少土石流發生；提供林木資源、旅遊休憩與生態保護功能，改善人類生活品質。

都市林一般指城市地區公園綠地、植物園、行道樹、近郊森林等，都市林的效益，包含防止土壤流失、提供野生動物棲息地、空氣品質改善、減少城市熱島效應、透過遮陽和隔熱節約能源、降低碳排放和減少雨水逕流等，提供樹木景觀的品質，改善城市生活品質。都市林的環境特徵要為日照不足、通風不良、水文循環不完全、土壤貧瘠硬化及空間有限極端環境，都市綠地與植栽配置，需妥適規劃管理都市林維護都市林功效，建置合乎自然生態體系機能及提供社區健康活動之場所。然樹木會自然遭受損傷或發生破壞傾倒而衍生社會公共安全問題，

因此樹木的管理者有照護樹木的法律責任，更需重視及採取適當的樹木安全管理作法。

(五)樹木生長與適應

林木藉由樹葉光合作用吸收太陽輻射熱能轉換為光合產物的生物能量，同時由樹根的吸收土壤水分與養分運送至樹體各組織器官生長發育及開花結實以繁延生命所需。然各環境特性的資源供應是動態的並非無限的，樹木對環境資源的利用亦是有限的。例如地球表面全日照的光量約 $2,000 \mu \text{molphotons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，大部分的樹種在正常的大氣二氧化碳含量下，陽光強度到達 $500\text{-}1,000 \mu \text{molphotons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 時，光合作用能力會趨於飽和，約是全日照的 $1/4$ 到 $1/2$ ，而光補償點落於 $10\text{-}40 \mu \text{molphotons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之間，大致與照光良好的辦公室或教室的光照相近。各樹種對環境資源的利用維護生長發育是有其需求範圍，有最高需求量與最低需求量，在其需求範圍內，隨著資源供應量的增加(如陽光)，生長呈 s 形生物反應曲線的增加(圖 3-1)，達最適需求量後即為最高需求量，當超過最高需求量或低於最低需求量時即不利於生長。樹木的生長受各種環境因子所影響，此為環境因子對生物生長的控制，一為最低限制定律(law of minimum)，指生長受各種環境資源中供應量最少者所限制，二為補償定律(law of compensating factors)，生育地因短缺一或數因子致林木或森林生長受限，而其他因子可補償其不足，來維持

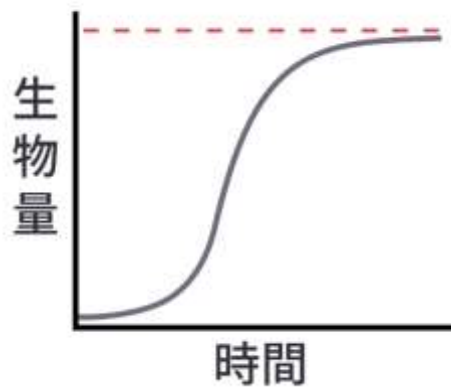


圖 3-1、生物量成長 S 形曲線示意圖。

生物演化主要機制為生物的遺傳變異及環境壓力，生物的繁殖特性，引發的基因重組等遺傳變異，提供了生物對環境的選擇機會與能力，經物競天擇，優者生存，劣者淘汰，此構成各物種拓殖適應環境的策略與能力。臺灣位於歐亞大陸邊緣的大陸島，地處亞熱帶而有近 4,000 公尺高起伏的山巒，全島高山巒互海拔變化急劇、溪谷縱橫以及受季風影響，形成極其複雜的地理環境以及植物區系，造就臺灣多樣性高之植物與植群。樹木的生長表現除受樹種遺傳特性的調控外，亦受環境以及樹種與環境的交感現象所影響，即性狀表現型(phenotype)=基因型(genotype)+環境+基因型×環境。各樹種生長均有其適宜的環境，是其樹種間的遺傳差異致其適應能力不同，而有寒帶、溫帶及熱帶樹種，或是陽性樹種及耐陰性樹種之分。如果高緯度、高海拔之樹種栽植於低緯度、低海拔地區，陽性樹種種植於山陰地區或於林下栽植，多會導致栽植林木生長不良或甚死亡。因此綠化植栽樹種的選用，首需考慮樹種的適宜性，即適地適種，以原生樹種為主，馴化樹種為輔。

樹種與環境的交感現象，則表現樹種的生育習性及對環境馴化的能力。各樹種有其自然分布範圍，對環境條件如陽光、水分、溫度及養分等，都有其最適宜及可接受之範圍，適宜的環境即為適宜的環境需求範圍，當林木生長於非適宜的

環境(逆境)或由原生育地移植於其他環境時，林木為求存活與生長，均具自我調整能力，包括生理上與形態上的調適來因應，亦稱塑性反應(phenotypic plasticity)。當環境條件超過或低於最適需求時，例如高光或低光時會造成林木光合能力的變化。林木由生理上或由葉形態、樹冠枝條結構上來調整以維持最佳的狀態。各樹種的馴化能力不同，有些樹種的需求範圍較大，如海拔分布範圍較大的樹種對環境變化的調適能力較高，分布範圍較狹窄的樹種，對環境變動較敏感，調適能力較差。

因此樹木栽植與維護管理，亦須考量樹種的馴化能力，對環境需求較敏感的樹種因應環境變動的調適能力相對較差，林木生長調適較差，維護管理相對困難，因此栽植需選擇適當樹種外，亦須選用健康的苗木。尤其面臨全球氣候極端異常，在森林碳匯淨零排放的國際倡議下，配合國家淨零排放路徑規劃加強造林、都市綠化等，減緩氣候暖化所造成的環境及人民生命財產受損。選用韌性樹種，營造韌性森林、都市林也是重要的綠化管理的重要議題。

第二節、臺灣的地理位置與環境特性

(一)地理位置與地形地質

臺灣位於歐亞大陸邊緣的大陸島，地質年齡頗輕的臺灣島面積僅 3 萬 6 平方公里，南北向 394 公里長，東西寬度最大約 144 公里，山脈為南北走向，有中央山脈、玉山山脈、雪山山脈、阿里山山脈及海岸山脈。地形以山地及丘陵所占面積最大，山勢高聳，海拔高度自海平面至玉山頂的 3,952 公尺，海拔高超過 3,000 公尺的山超過二百座。臺灣豐富而多變的地形景觀，因為臺灣地處於歐亞板塊和菲律賓板塊之間，兩個板塊不斷的擠壓使得臺灣島向上抬升而形成海岸山脈。中央山脈南北縱貫，就像是一道分水嶺，向東西兩側逐漸降低高度，成為坡度較為平緩的丘陵與台地，最後出河流沖積成為平原，而盆地就散落在丘陵和台地之間。臺灣之地形，大致上可分為中央高山區、丘陵地區、台階地區與平原

谷地區。

中央高山區為臺灣最高峻的山地，幾乎貫穿全島，約佔全島面積之一半，由蘇澳起向南延伸至大武山腳，南北長約 270 公里，東西寬約 80 公里，坡度都很陡峻，達 40% 以上者極為普遍。大致上，頂部及東側以片岩為主，為本島最老的地層，西側以板岩為主，局部為石英岩及頁岩所構成，北段岩質較老而硬，南段則較新而鬆軟。

丘陵地區除東部海岸山脈及大屯火山區外，皆與中央山脈相連，圍繞其北、西及南三面，其外側為台地或平原谷地等低緩地形區，其構成岩層主要為砂岩及頁岩，年代大致越往南越新，岩質漸新而軟，山勢亦較低緩。

東部海岸山脈位於花東縱谷與東海岸間，就地勢而言，大致南高北低，組成之岩層皆屬岩質堅硬的安山岩質集塊岩構成，貫穿山脈南北，分布最廣。以黑色頁岩為主而夾有礫岩之地層則分布於西側，幾乎遍及全區。南端之尾部為黑色泥岩構成，質軟而易風化，沖刷極列多呈險惡地形。

大屯火山區居於本島之北端，山勢較緩，無明顯之山脊，構成之岩層為安山岩質熔岩流與火山碎屑岩。

平原谷地區：平原谷地包括了盆地(臺北、臺中、埔里)，河谷低地與平原(宜蘭、新竹沿海、嘉南、屏東)。一般而言，地勢低而平緩，由沖積層構成。

由於沖積物質來源之不同，約可分為三類：1.黏板岩風化沖積物。2.片岩風化沖積物。3.砂岩頁岩風化沖積物。此外由風力造成之風積砂丘，零星分布於沿海地帶，尤其是各河流之出口處，常為孤立饅頭狀或連成低小山崗狀。

(二)主要森林土壤分布

土壤是由岩石(火成岩、水成岩及變質岩)在五大成土因子(母質、氣候、生物、地形、時間)經長期風化(一般幾千到幾萬年或幾十萬年)而在岩石表面形成土體，土體中之組成為動態的平衡，隨著五大成土因子而隨時在變動。土壤之土體可根據顏色、質地、細根之分布，自土表向下分成 A、B 及 C 層的土體結構與土壤性

質。臺灣土壤因成土時間較短，其土壤性質受母質之影響相當大。至於各類土壤分布則明顯的受地形左右，其中坡度因素對於丘陵與高山地帶之土壤發育具有密切關係。坡度大，淋溶效果差，土壤發育緩慢，土層淺薄，同時沖蝕極其強烈，往往生成石積土。高地下水位則影響沿海地區之鹽分聚積而生成鹽土。詳細說明請參閱「土壤與水管理」章節內容。

(三)氣候類型

臺灣位於全世界最大陸地(歐亞大陸)和最大海洋(太平洋)之間，北回歸線(23.5° 歸線)經過臺灣中部，故南部屬熱帶季風、北部屬副熱帶季風氣候，全年平均氣溫在 20°C 以上。氣候特徵則是高溫、多雨和夏季的颱風。主要影響氣候的因素為緯度、季風、地形和洋流。各地略有不同，依柯本氏分類可分成四種類型：南部的熱帶季風氣候、北部的濕潤溫暖氣候、西部的濕潤夏熱氣候、山地的濕潤夏涼氣候。臺灣因中央山脈的阻隔，各區域雨量有不同的季節特徵。根據臺灣雨量的氣候特徵，可將全年分為冬季(12 月至隔年 1 月)、春雨(2 至 4 月)、梅雨(5 至 6 月)、夏季(7 月 9 月)及秋季(10 至 11 月)5 個時期。以臺北、臺中、高雄、花蓮代表臺灣的北、中、南、東 4 大分區，說明臺灣分區季節雨量的氣候特徵。

1.臺灣分區季節雨量的氣候特徵

(1)冬季

一般來說，每年 12 月至隔年 1 月的冬季是一年中全臺雨量最少的季節。位於東北季風迎風面的北部 V 及東部在冬季每日平均雨量大約為 3 毫米。相對來說，地處背風面的中南部日平均雨量不足 1 毫米。事實上，中南部在冬季常常有數個星期甚至 1、2 月都不下雨現象。冬季雨量在北部及東部約占年累積雨量的 7 至 8%，在中部及南部僅有 2 至 4%。

(2)春雨

接續冬季之後，北部逐漸進入 2 至 4 月的春雨季，雨量提升至每日 6 毫米左右，約是冬季的兩倍。中部及東部在春雨季的雨量亦比冬季增加，但雨勢不若

北部明顯，大約是每日 3 至 4 毫米。南部在春雨時節的雨量並不明顯，仍延續秋冬季以來的少雨特色，要到 3 月中至 4 月底之間雨量才緩緩增加至每日 2 至 3 毫米。春雨在北部約占年累積雨量的 19%，具有不可忽略的地位；中部、東部春雨約是年累積雨量的 15%、11%。南部的春雨則僅約是年累積雨量的 6%。

(3)梅雨

每年 5 至 6 月的梅雨，在臺灣西半部是僅次於夏季的重要雨量來源。西半部的雨量約在 5 月中旬快速上昇，並約於 6 月上旬達到高峰；6 月下旬雨量有明顯的下降趨勢，宣告梅雨季的結束。梅雨季的雨量在西半部有愈往南雨量愈多的特徵；相對來說，東部梅雨季的雨量比西半部偏低。梅雨季雨量在中、南部約占年累積雨量的 3 成多，北部約為 25%，均是重要的雨量來源。東半部梅雨季雨量約為年累積雨量的 17%，低於夏季及秋季。

(4)夏季

7-9 月的夏季雨量是臺灣最重要水資源，其主要來源為颱風。相似於梅雨季，夏季雨量亦具有愈往南愈多、西半部高於東半部的現象。夏季雨量在南部所占的比率高達 57%，中部亦有 45%，東部及北部則略少於 4 成，均為一年之中比率最高的雨量。

(5)秋季

秋、冬季至隔一年初春是中、南部的枯水期，在 10 月之後快速地下降。相對來說，迎風面的北部、東部秋季仍有不小的雨量秋季雨量在東部有高達 26% 的比率，僅次於夏季雨量的貢獻。北部秋季雨量約占年累積雨量的 10%，亦是重要的雨量來源。中、南部秋季雨量僅為年累積雨量的 3、4%，加上冬季也僅為 6 至 7%，說明秋冬季在中、南部是雨量偏少的枯水期。

2.由氣溫、雨量、風及日照來討論臺灣氣候變化

(1)氣溫

臺灣年均溫南部約為攝氏 24 度，北部約為 22 度，最熱月(七月)均溫約在 27

度左右，南北之差很小，甚至有北部稍高於南部的現象。最冷月均溫，北部(二月)約為 15 度，南部(一月)約為 19 度，南北之差較大。年溫差，北部大於南部，日溫差則相反。山地的氣溫隨著高度而遞減，年溫差較平地小，日溫差則較大。

(2)雨量

臺灣東岸外海有黑潮主流北上，攜來熱濕氣流，配合不同的季節風，如冬季的東北風、夏季的西南風，在迎風坡及內陸山區致雨，使得臺灣雨量豐沛、全年平均雨量可達 2,500 公釐，最多雨地點位在臺北縣平溪鄉的火燒寮一帶，其平均年雨量高達 6,700 公釐，而最少雨地則是在嘉南平原北半部沿海一帶和澎湖群島，年雨量不足 1,000 公釐。降雨特色如下：

A.雨量空間分布：

因受地形影響，山地多於平地，東岸多於西岸，迎風坡多於背風坡。

B.雨量季節分布：

北部四季有雨，南部夏雨冬乾，冬季東北季風盛行期間，臺灣北部為雨季，大多為連續性陰雨，降雨強度小，此時南部為乾季；夏季西南季風盛行期間，易生對流性雷雨，或者颱風帶來之豪雨，常為中南部地區帶來大量雨水，降雨強度較大，且雨量集中，此時降雨約佔全年雨量的 80%，極易造成土壤沖蝕及山洪爆發。

C.雨量變率

自北向南遞增，而北部地區因雨日多，故日照時數少，雨日變化則自北向南遞減。

(3)風

全年大多吹著季風，夏、秋兩季偶有颱風。冬半年(十月至次年四月)盛行東北季風，因氣壓梯度較大，且風向和東北信風合一，故風力強勁，北部海上和沿海地區冬季風力甚強，常造成風害和砂害，故沿海地區常植防風林掩護。而臺灣海峽風力更強，如澎湖群島的冬季，約有 100 多天風速超過每秒 10 公尺，主要

受大陸高氣壓消長所致。夏半年(五月至有九月)盛行西南季風，因氣壓梯度較小，且風向和東北信風相反，故風速較小。每年六月至十月是颱風季節，尤以八、九月最頻繁，平均每年達 3.5 次，常帶來狂風暴雨，造成災害，為臺灣主要天然災害之一，但輕度颱風常帶來甘霖，有益農林業。颱風侵臺路線以東南-西北向最頻繁，路線分成七類，通過臺灣北部、北部海上(第一類)或臺灣南部(第三類)，向西或西北進行者，常造成較大災害。

(4)日照

臺灣日照時數的多寡與雲量之比例呈反比，雲量較多之處日照少。日照時數之分布與雲量及降水之分布形式相配合，主要受地形影響：高山少於平地；東岸少於西岸，基隆與臺北因雨日多，日照時數少，西南部為日照時數較多之地區，如臺南為 2,649 小時，其日平均日照時數約 7 小時。玉山位於雲層之上，日照時數較多；夏秋間南投縣鹿林山日照時數特少，顯示山區夏、秋季之對流雲層發展旺盛，常受雲層之籠罩。

(以上臺灣氣候資料引用自臺灣地理網站 <http://twgeog.geo.ntnu.edu.tw>)

(四)臺灣各區域適宜植樹季節

植樹應選擇易於成活及適於生長之時期，尤以裸根苗的栽植應特別注意，以秋末至春初苗木新芽尚未綻放時最佳。適宜植樹季節則依據臺灣的氣候，降雨季節在各地區間有所不同，栽植的適當時期必須視雨季而因地制宜進行栽植。

北部及東北部：1~3 月之冬、春雨期；中部：1~5 月之冬雨至梅雨期；南部：5~7 月之梅雨及夏雨期；東部：11~翌年 3 月之冬雨及春雨期；澎湖：與南部相同，5~7 月之梅雨及夏雨期。



圖 3-2、臺灣海拔 1000 公尺以下氣候環境概況。

第三節 台灣植物的多樣性

臺灣是位於歐亞大陸邊緣的大陸島，由於距陸地很近。且形成島嶼之後的數百萬年間，臺灣仍和大陸有數次陸連，因此陸上的動植物種類受歐亞大陸影響甚鉅。其次由於北方南來的親潮和南方北流之黑潮，會有許許多多的生物順流至此，而留置島上。北方的大陸氣團、南方海洋氣團也同樣地挾帶著各式各樣的動植物來島上落腳，這些自然力量使得臺灣生物的種原非常龐雜，加上地處亞熱帶而有近 4,000 公尺高起伏的山巒，使得這些南下北上的，以及在間冰期避難至此的生物，能在島上安然生存，並繁衍後代。臺灣位在北緯 22°~25° 之間，是屬於熱帶氣候區的北緣和溫帶氣候區的南緣，即亞熱帶地區，北回歸線橫貫其間。在這個緯度附近的區域多為沙漠，只有在臺灣和中國雲南南方是屬於森林生態系。境內高溫多雨、全島高山巒互森林海拔變化急劇、溪谷縱橫以及部分區域受季風影響，遂形成極其複雜的地理環境以及植物區系，並造就臺灣植物與植群多樣性高與豐富的現象。依據第二版臺灣植物誌，臺灣全島原生維管束植物計 3,982 種、1,314 屬、231 科，連同歸化種植物計 4,216 分類群 (taxa)。原生植物中蕨類植物有 595、裸子植物 28、雙子葉植物 249、單子葉植物 1,003 分類群(taxa)。以生活型來區分，喬木有 588、灌木 426、木質藤本 249、草質藤本 177、草本 2,776 種。臺灣的植群多樣性依據中華民國臺灣植物志(1993)，於 1968 年將臺灣區分為北

部地區、東北部地區、中部地區、中南部地區、南部地區、東部地區等六區，並依據植群的垂直與水平分布結構來探討臺灣地區之植群多樣性。

(一)北部地區之森林

臺灣北部之範圍包括桃園、新竹、苗栗及新北市之部分地區。本區域森林，依據垂直即水平分布結構可分為 1.紅樹林，2.海岸林，3.低山丘陵地森林，4.高山地區之森林；高山地區之森林又可依據垂直氣候帶區分為寒帶林、溫帶林以及暖帶林。

(二)東北部地區之森林

位於臺灣東北角地區，本區域的森林植物依海拔高度之分布可區分為 1.海岸林，2.硫磺泉森林，3.天然闊葉樹次生森林或散生林，4.常綠闊葉林，5.針闊葉混淆林，6.針葉樹林，7.寒原。

(三)中部地區之森林

本區乃指中部中央山脈西斜面至海岸間之地區，包括苗栗縣部份山地、臺中、南投、彰化及雲林縣一小部分。本區域依據水平分布結構可區分為 1.海岸林，2.紅樹林，3.低山丘陵地森林，4.高山地區之森林；高山地區在依據垂直氣候帶區分為 1.寒帶林，2.溫帶林，3.暖帶林。

(四)中南部地區之森林

位於臺灣中南部地區，本區域森林之分布依據溫度垂直分布作區分，分成 1. 700m 以下之熱帶闊葉樹林，2. 熱帶混淆林，3. 700~1,800m 間之亞熱帶闊葉樹與針葉樹林，4. 1,800~3,000m 間之溫帶闊葉樹及針葉樹林，5. 3,000m 以上之寒帶針葉林。

(五)南部地區之森林

位於臺灣最南端，本區域因受地形限制，中央山脈向南延伸漸成尾閭部分，海拔高漸次下降成為中高海拔山地，且無高山峻嶺，最高海拔 1,600 m。森林植物帶依據氣候帶可區分為 1.熱帶海岸林，2.熱帶季風林，3.暖帶雨林。

(六)東部地區之森林

位於臺灣東部，本區域森林植物的分布可分為1.沙生植物帶，2.人工防風林，3.海岸天然林，4.熱帶闊葉林，5.亞熱帶針闊葉林，6.溫帶針闊葉林，7.寒帶針葉林，8.寒原。本區域之森林植物在北面與東北部森林植物相似，近南面則與南部森林植物略似，此外僅有少數是本區特有的。

蘇鴻傑(1984)曾以垂直分布結構觀點提出臺灣山地主要植群的區分系統。又提出臺灣山地垂直氣候-植群帶之劃分 - 以中部山地為例，將植群帶分為高山植群帶(Alpine vegetation)、冷杉林帶 (*Abies* zone)、鐵杉雲杉林帶 (*Tsuga-Picea* zone)、櫟林帶(上、下層)(*Quercus* zone)、楠櫟林帶(*Machilus-castanopsis* zone)，由地理分區與海拔分帶可看出，臺灣雖然土地面積極小，但在森林生態系中有明顯的區域間多樣性(gamma diversity)和社會間多樣性(beta diversity)，因此得以蘊藏著高物種多樣性(Su,1984;蘇鴻傑，1992; Su,1994)。(以上取自農業部農業知識庫臺灣的植物資源多樣性)。

隨著海拔變化分布著不同的生態帶，北半球的生態系濃縮、垂直分布在臺灣山地。由於曾是第四紀冰河期的生物避難所，因此有許多古老的生物。地形多變，造就許多微環境，提供許多生物棲息的空間。由於臺灣島嶼的地理位置、地形及山脈走向及時間效應，生態的多樣化形成物種的多樣化與基因多樣化，演化形成生物多樣化的美麗寶島。

第四節、臺灣植物垂直分化之生態特色

(一)高山寒原

臺灣雖然緯度不高，卻因地勢的關係，在高山的山頂地區產生極似北極圈附近的寒原景觀。一般在高山寒原地區常形成碎石坡環境，對生物而言，可說是極為嚴酷的環境。生長於此的維管束植物根部常深入岩縫之中，地上部分也常緊貼地面生長，或避居於岩隙，以免強風削剪，且葉面常變小或呈針狀，以減少水分

的散失。有的植物到了秋冬季節，地上部分即行枯死，僅保留地下部分過冬，有些植物則是過冬則全株枯死，而以種子的形態過冬。此外苔蘚、地衣類和高山灌叢亦為本區生態環境的主角。

(二)針葉林

在高山寒原之下的是針葉森林生態系，此林帶常見的樹種為較高海拔的冷杉和較低海拔的鐵杉，由於整個森林常僅由單一種樹木組成，故又稱為「冷杉純林」或「鐵杉純林」。鐵杉的樹型酷似闊葉樹，不像冷杉以及其他針葉樹般具有筆直的樹幹。在玉山國家公園的塔塔加鞍部至排雲山莊步道，海拔約 3,000 公尺處有一片森林大火後殘留下來的白木林，恰位於冷杉純林與鐵杉純林交界處，明顯可見白木林中樹幹較筆直的冷杉，以及樹幹分枝較多的鐵杉。針葉林只有一層喬木層，林下地被層常由玉山箭竹所盤據。在中國西南如四川及其鄰近地區，也有外形、結構、演化上均與臺灣冷溫區鐵杉林類似的森林，貓熊即棲息其間。

(三)針闊葉混淆林

臺灣海拔 1,800 至 2,500 公尺是濕度最高的地區，常常霧氣瀰漫，即稱雲霧林帶，孕育檜木等針葉樹種森林，而紅檜、臺灣扁柏都是臺灣的特有種植物。但是在針葉樹木林下方的植物多為闊葉樹種樹木，尤其是樟櫨樹種所組成的針闊葉混淆林。檜木林帶由於降水量豐富，在兩山鞍部窪地排水不良的地方易形成山地池沼，是由於降水及附近森林所涵養的水源滲入而形成的，由於位處陸域森林之中形成相當獨特的水生生態系，就像林海中的孤島，池沼彼此之間由於相距甚遠，物種基因無法自然交流，極易形成獨立演化的情形。

所以臺灣除了高山地區具有島嶼特性之外，山地池沼的生物種類也頗具地方性色彩，例如位於新竹、宜蘭二縣交界處的鴛鴦湖，即為屬於檜木林帶的山地池沼，池四周為檜木林所環繞，環境冷涼潮濕，樹幹與樹枝滿佈苔蘚植物，形成所謂的苔林，山地池沼與苔林都是檜木林帶的特色(圖 3-3)。



圖 3-3、臺灣天然檜木林。

(四)闊葉林

海拔 1,800 公尺以下針闊葉混淆林逐漸消失，位居樹冠層的喬木逐漸都變成闊葉樹種。森林結構常見分成四層，即喬木第一、二層、灌木層與草本層，各層的主要組成植物可說都是闊葉類植物，而在針葉林地被層甚為優勢的玉山箭竹，進入本帶之後則消失不見。取而代之的是臺灣矢竹或包籜矢竹，例如在陽明山國家公園的大屯山、七星山山頂稜線一帶所見全為矢竹類植物。臺灣的闊葉林，除了層次結構的分化之外，尚見著生植物與木質籐本植物分布各個層次或穿插其間，造成多變化的棲息環境，加上地質、地形、氣候等因素，以及所佔海拔範圍廣大，臺灣大約有 3/4 的生物種類生活在其間。臺灣的闊葉林可能是邁入第四紀以後所發展出來的可說是在因緣際會之下植物種類適應現今大氣候條件所做的組合。

(五)暖溫帶闊葉林

在檜木林以下是暖溫帶闊葉林。本林帶的主角是樟科和殼斗科的植物，故又簡稱為樟櫟林帶，這類植物的葉子長度約為一、二十公分，橢圓形或披針形，兩

端削尖，葉表常具角質層，質地較硬。

臺灣的暖溫氣候區闊葉林帶大約是界定在海拔 1,800 公尺以下，至北部 500 公尺、南部 700 公尺的範圍，這是由於臺灣南北緯度上的差異與東北季風所造成的結果。然而目前臺灣的暖溫區闊葉林帶，如為森林則多人工造林地，尤其以人工針葉林為最，如各地常見的柳杉林即是。

原來暖溫區闊葉林最主要的樹種以殼斗科植物數量及種類最多，殼斗科植物在大自然中所能提供的食物，是無數野生嚙齒類動物的主要食糧，天然闊葉林經林相變更建造人工林，如柳杉人工林的單一樹種純林，林木生長整齊一致的林相，樹種組成及林分構造簡單，生態調適能力較低，易遭受危害。加上如蛇類、鷹類等小型哺乳動物天敵直接或間接地為人類捕殺，小型嚙齒類動物大量繁殖又缺乏天然林提供所需的食物，故轉而危害人工林，常見柳杉林枯死的現象，即是遭飛鼠啃食樹皮而將植株環狀剝皮所致，所以中海拔地區人工林鼠害頻繁。其癥結或許就是生態不平衡的緣故。

(六)亞熱帶闊葉林

臺灣北部五百公尺以下是楠木類植物大葉楠、香楠的天下，形成所謂的低海拔亞熱帶闊葉林。它們的葉子比起樟殼林的葉子稍大，葉也較薄，這是植物適應溫度、濕度等環境因子演化而產生的結果。一般而言，植物生長在越高的海拔，葉子面積越小，而生長在低海拔的植物，則葉子越大。由於闊葉林帶也是人類活動頻繁的地區，所以大部分自然成熟環境都已被破壞殆盡，只能看到一些次生環境，例如筆筒樹和五節芒。

臺灣亞熱帶森林的消失可說與漢人入主臺灣息息相關，除了樟樹因經濟價值高，而被砍伐殆盡之外，從古董傢俱多為楠木類製品可見一般。屬於樟科的楠木類植物，已經取代樟樹，成為臺灣低海拔亞熱帶地區的優勢樹種。之後廣泛使用的以五節芒花軸製做的掃把，更記載了楠木材也遭到破壞的命運。由於五節芒草原是初墾地的表徵，能夠有如此龐大數量的原料。意味著有大面積的低海拔山

林頻遭焚毀開墾。

低海拔天然材的消失，一方面由於開墾的壓力，另一方面則是當時對燃料的需求，以現在瓦斯及電力供應充足的時代，恐怕很難想像燒炭燃煤的日子，日據時代即是為了山林保安以及生產炭材的原故，在全臺灣低海拔地區大量造林，光復後仍延續其政策迄今，如今的相思林，其實也可以說就是當初的亞熱帶天然林所在地，不過今天利用相思樹燒炭的行業可說幾乎全消失了。所以全臺灣由北至南到處可見相思樹林，在相思樹的庇護之下，原來埋藏在土壤中屬於天然林林木的種子逐漸萌發，在某些地區甚至凌駕其上並逐漸取代相思樹的地位。這主要是由於相思樹的種子必須在開闊地才能萌發，而許多成熟天然材的小苗能夠在遮陰的情況下生存，所以在相思林下無法覓得相思樹小苗，相思樹老死之後則由其他樹種取代，目前相思樹及其他樹種的人工林，因樹種適應性差或因經營管理不當而荒廢，漸由當地原生樹種進入，逐漸次生林化。

(七)熱帶季雨林

臺灣北部地區各月份平均降雨量均高於其蒸發散量，而以冬季最為顯著，但南部地區則呈現明顯的乾濕季，植物生長的春季常欠缺水分，夏季則有颱風帶來暴漲的降雨量，因此臺灣南部低海拔地區雖然雨量、溫度都達到雨林生態系的標準，但是因為年雨量並不平均，有季節性的乾旱，因此無法形成標準的雨林，即樹冠層較低矮，沒有突出樹冠層，會有落葉季節，這樣的森林稱為「季風林」或「季雨林」。全世界除了臺灣南部以外，中南半島亦有熱帶季風林的分布，中南半島的熱帶季風林是柚木的分布中心，柚木是熱帶季風林的代表樹種。

(八)熱帶植物群落

由高海拔的高山寒原帶至低海拔的亞熱帶闊葉帶，從北至南都佔據的某一寬廣的海拔高度範圍，而熱帶氣候的植物群落則不形成寬廣的帶，由此多少可看出以赤道為其分布中心的熱帶植物群落，臺灣只在其分布的邊緣。臺灣的熱帶植物群落，大多是零星散佈，有的甚至不以植物群落的面貌出現，而只呈現熱帶的

植物個體，或僅是熱帶的生命現象，例如纏勒現象。

臺灣的熱帶植物群落包含了海岸林、紅樹林、熱帶季雨林等，除此之外，尚可發現頗多種類的熱帶植物，例如在蘭嶼及墾丁一帶所見以赤道為分布中心的植物，像欖仁、白榕即是。此外代表著熱帶的某些生命現象，在臺灣低海拔也到處可見，例如在亞熱闊葉林帶的山谷地帶、平地，甚至在都市中。所看到的幹生花、纏繞現象與板根等皆屬之。

(九)海岸植物群落

海岸植物群落包括臨海珊瑚礁植物群落、砂灘草本植物群落、海岸灌叢以及海岸林，目前完整的海濱植物群落僅見於墾丁國家公園的香蕉灣一帶，這主要受限於地質、地形以及人類開墾的壓力。臺灣東海岸主要為陡峭的岩岸，並無廣大腹地可供海濱植物群落發展，而西海岸瀕臨海洋的即是沙灘，缺乏可供珊瑚礁植物生長的珊瑚礁石，只有臺灣南部地區可提供完整的海濱植物群落所需之生態條件。至於海岸林的發展主要受限於地形條件，通常發育在距海不遠、避風良好且腹地廣大的地方，然而這些地方也經常是人類喜愛開墾的場所，今天墾丁一帶的濱海公路，海邊聚落、木麻黃林等地，當初可能都是海岸林的居所。

(十)紅樹林

紅樹林是出現在流速緩慢的大河口，流速緩慢造成淤沙最大，且海水容易進入，鹽濃度相對較高，是熱帶地區河口濕地特有的生態系。臺灣地區的種類包括紅樹科的水筆仔、紅樹、細蕊紅樹、五梨跤，使君子科的欖李，馬鞭草科的海茄苳，其中紅樹及細蕊紅樹在臺灣已經消失。紅樹林是屬於熱帶的生態系，所以在臺灣的分布是往北種類逐漸減少。由於紅樹林生長在臨水第一線，所以有防坡護岸的功能，且在該處，沒有任何植物或人工建築能穩定地存在，因此紅樹林本身就是極優良的防潮堤(圖 3-3)。



圖 3-4、臺南四草綠色隧道紅樹林。

(十一)溪口林

在一些坡陡流急的小溪，其出海口不會有紅樹林的分布，所見的是以穗花棋盤腳為優勢樹種的溪口林。穗花棋盤腳在舊世界熱帶分布普遍，臺灣則在島嶼兩端即臺北、宜蘭和恆春半島都有出現。但是因為人為開發的壓力，現在可以看到成林的地區主要集中在東北角一帶。

北臺灣除了淡水河水系之外，其他河流都水短流急，恰似一般河川之中上游部份。但因山區雨量豐富，集水區範圍雖然不大，卻是水流湍急，下切能力旺盛，因此到了入海口還是像幼年期河川一般，流速頗快，故其溪口環境和大河河口有明顯的不同，除了沒有大量細沙堆積之外，水流中的海水比例，即含鹽量較低，反而比較像淡水型的濕地。因此其森林種類不是胎生的紅樹林，而是一些陸域的溪畔植物，以及部份海岸林的種類。唯一較特殊的，可作為溪口林指標種類的，是海漂性植物穗花棋盤腳。穗花棋盤腳的淡水需求，加上海漂的傳播本性，溪口地區是它最佳的選擇。

第五節、臺灣植物的區域生態特色

中央山脈之阻隔，分東西兩部向南遞變。臺灣是北方針葉林分布的最南端，

熱帶生態系之北緣，其生態系不僅隨著海拔高度呈垂直分布，在低海拔地區並隨著緯度的變化，植物種類和數量都有梯度性差異，並隨著中央山脈的阻隔，分東西兩部份向南遞變。

西部低海拔由北而南，從臺北溫暖多雨的森林，逐漸轉變成嘉南地區乾旱的疏林環境，再往南雨水又略為升高，進入恆春半島的熱帶季雨林。東部地區則是由北宜地區的熱帶森林，混入中海拔北降的植物，逐漸被壓縮成混合型的植被，往南因山勢陡峭，亞熱帶的生態帶被擠壓而消失。由植物種類及數量，可以將臺灣的生態環境大致分成高山寒原、冷杉林帶、鐵杉林帶、檜木林帶、暖溫帶闊葉林帶、亞熱帶闊葉林、稀樹草原、熱帶季雨林、東北季風林，以及零散的海岸生態環境。

臺灣因有東北季風所帶來的雨水，才能在這圈幾乎都是沙漠的緯度帶。形成蓊鬱的森林。東北季風影響的範圍在北部地區主要是東北角和臺北、宜蘭一帶，這些地區的冬雨量幾乎等於甚至大於夏雨量，終年潮濕，極適合生物生長。東北季風在南部影響的地區則是在恆春半島的大武至南仁山一帶。

(一)南北分化

臺灣北方溫帶環境的南緣，溫帶地區的植物種類愈往南部愈見減少；同時臺灣又是熱帶的北界，因此境內熱帶植物隨著緯度的增加而遞減。這樣雙向的遞變，使臺灣南北兩端植群產生極大的差異。

此外，北部地區因東北季風帶來的豪雨和低溫，常出現有許多中海拔地區的植物；而南部地區則因冬雨量偏少，出現季節性乾旱，因此在嘉南一帶形成熱帶疏林，更往南因雨量略增，在恆春半島形成熱帶季風林。

北臺灣是屬於亞熱帶生態系，全世界可以看到亞熱帶森林的地方很少，亞熱帶森林的代表樹種是樟樹。臺灣過去的低海拔地區有很多樟樹，但是為了製造樟腦而大量開採，雖然讓當時的臺灣成為樟腦重要輸出地區，但也造成今天幾乎不見天然原生的樟樹，所見的多是人工種植的和這些植株的後代。

由此可見，就算是數量很多的優勢種類，也會遭到瀕危、滅絕的命運。由北往南雨量漸少，冬季開始出現乾旱的情形。嘉南平原因年雨量較低，無法形成樹冠連續的森林，而是熱帶疏林的環境，在過去曾是梅花鹿活動舞臺。但是為了獲取鹿皮而大量的捕殺，加上土地多開墾為農地，生活在疏林的梅花鹿也和亞熱帶森林的樟樹一樣，在自然界中消失。嘉南平原還有一重要的特色 -- 鹽田，嘉南沿海是臺灣重要的鹽田，由於該地是沖積平原，其地平面和海平面差不多是同高，海水至漲潮時，很容易引入平原地區，最遠可達離岸 20 公里處，因此鹽田面積廣大。除了良好的地理條件之外，臺灣西南部地冬季長達半年的乾旱季，亦是奠定臺灣曬鹽事業的重要因素。夏季雖然日光充足，但是雨水多，且有颱風，並不適合上曬鹽，因此只有半年的時間可以曬鹽。臺灣南端則為季雨林的生態系，這是一種屬於具有季節性乾旱的熱帶雨林。由於恆春半島會有來自海上的季風所帶來的雨量，因此不若嘉南平原乾旱，其年雨量仍可達到森林的標準，但是冬雨量偏少，會有落葉樹種的存在。臺灣南北的分化，還可由植物種類在種數及量上的變化看出，例如紅樹林是熱帶地區的植物群落，其數量和種類隨著緯度向北增加而遞減，在嘉南、高雄目前可見四種，新竹僅見二種，到臺北只剩一種，即水筆仔。反之，北方冷涼氣候的物種，其數量和種類則是向南遞減。位於北回歸線上的臺灣，正好是由南而北的熱帶植物和由北而南的溫帶植物之過渡交會帶，因此海岸地區植物的種和量呈現南北向的梯度差異。由於南北遞變的梯度差異，臺灣西部低海拔地區分化出幾個不同的植被單位，由約 179 科，近 1,800 種在西部低海拔地區分布的他物種類分析，約可分為北部型、中部型、彰雲嘉型、南部型等四個基本型，及其彼此之混合型。造成南北差異更強化、明顯原因則是屯墾，臺灣西部低海拔地區，因墾植頻繁，目前已有部份地區有沙漠化的傾向。由於嘉南平原是沖積平原，屬於疏林的環境，這樣大面積疏林的形成，正好提供了疏林型動物--梅花鹿一個絕佳的生存空間，因此數量頗多，如今卻因為人類開發，疏林環境的消失而失去生活空間。臺灣梅花鹿就在濫捕和無家可歸的雙重壓力下

從自然界中消失。

早期嘉南平原水分不足，必需依靠水圳等灌溉建設，才成為臺灣的米倉。然而多年來不斷地耕作，土壤中的種子多已消失，有的可能是自然死亡，有的則是在萌芽之後因開墾的因素而被除去，在這些墾植頻繁的地區，加上雨水偏少植物生長緩慢，天然林植物很難長到成熟階段，因此無法開花結實，亦無法補充土壤中種子的消耗，久而久之，土壤種子庫就幾無庫存，還是來不及成為森林就沙漠化。

臺南地區和臺北地區最大的差別即是因為臺南開發較早，農耕頻繁，土壤種子庫耗盡，而臺北不但是因為雨水多，植物生長快速，臺北農墾較少，且因直接都市化，土壤中的種子是直接封存在水泥、柏油之下，雖然仍有些耗損，但目前部份地區的種子庫還算充裕，因此臺北山地都還能形成森林。

(二)東西差異

臺灣受中央山脈阻隔，東部山勢陡峭，西部平坦，因此東西部差別頗大。由於東部的山脈直逼海岸，此在蘇澳清水斷崖山壁直降海岸的壯觀景象，引得 16 世紀時葡萄牙人讚嘆幾聲"Ilha Formosa!"。

因為海岸幾無腹地，東北季風促使較高海拔的暖溫帶生態系下降，加上海岸環境因子的影響，東部海岸亞熱帶森林植物生存之空間受到嚴重壓縮，尤其是宜蘭縣境蘇花海岸一帶，因該地受東北季風影響最大，在坡短流急的東海岸地區，因為河口淡水成份較多，且多為岩岸環境，並不適合紅樹林的生長。且因為山坡陡峭，生態帶受到明顯的壓縮部份地區的中海拔森林直降海岸。

西部地區則多形成沖積平原，河川由起源至出海口距離較長，河流流經平坦地形至將近出海口一帶，其種種條件有利於紅樹林生長，因此西部大河出海口多泥沿灘地及紅樹林，此類環境則不見於臺灣東岸。西岸的沉積是持續在進行的，因為臺灣地區受菲律賓海洋板塊擠壓，不斷地隆升，河川侵蝕能力強，因此下游地區經常有泥沙淤積，形成海埔新生地，這從臺南市的位置可以看出一點梗概：

明鄭時期赤嵌樓在海邊，不然鄭成功是無法從鹿耳門登陸，隨著時間流逝，府城離海口遠。但是近年來因攔沙壩的建立，許多沙石無法到達下游地區，而使得下游泥沙堆積量減少，但是海流仍然不斷淘洗，使得西海岸逐漸被掏空，造成海岸退縮。

第六節、結語

生物的變異及環境選擇是生物演化的機制，臺灣因位於歐亞大陸棚的大陸島，島嶼面積小，地理位置是北方溫帶環境的南緣和南方熱帶環境的北限，因地質年齡輕，土壤成土時間較短，其土壤性質受母質影響相當大亦成區域差異大。而南北走向山脈與高山巒互溪谷縱橫地形變化急劇，以及受氣候季風影響，形成極其複雜的地理環境造就臺灣植物與植群特性及多樣性。

樹木的生長表現除受樹種遺傳特性的調控外，也受環境以及樹種與環境的相互影響，因此綠化植栽樹種的選用，首需考慮樹種的適宜性，即適地適種，以原生樹種為主。各樹種的馴化能力不同，有些樹種的需求範圍較大，如海拔分布範圍較大的樹種對環境變化的調適能力較高，分布範圍較狹窄的樹種，對環境變動較敏感，調適能力較差。因此樹木栽植亦須考量樹種的馴化能力，栽植需選擇適當樹種外，亦須選用健康的苗木以利於維護管理。

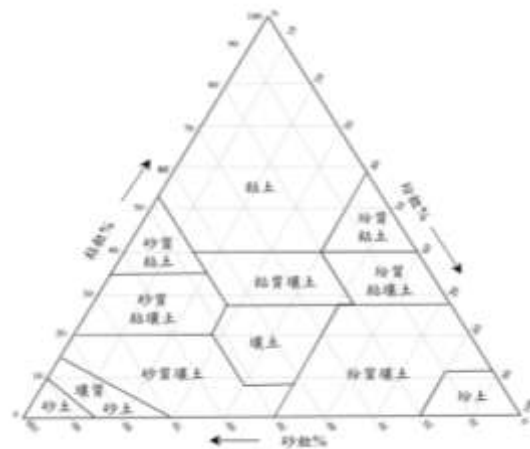
第七節、生態學重要詞彙釋義

- 1.族群 (population)：生物同種間的差異。
- 2.群落 (community)：生物不同種間的關係。
- 3.生態系 (ecosystem)：生物與環境的關係。
- 4.演化生態 (evolutionary ecology)：族群在時間尺度上的變遷。
- 5.地景生態 (landscape ecology)：族群在空間上的變化。
- 6.保育生態 (conservation ecology)：族群多樣性的保存。

- 7.復育生態 (restoration ecology)：族群多樣性的環境改善。
- 8.全球生態 (global ecology)：氣候變遷對族群之影響。
- 9.系統生態 (system ecology)：能量在生物 - 無生物之間的變化。
- 10.生理生態 (physiological ecology)：生物生理對環境之反應。
- 11.行為生態 (behavioral ecology)：生物行為對環境之反應。
- 12.生物性生態：植物生態、動物生態、微生物生態。
- 13.自然性生態：土壤生態、溪流生態、森林生態、海岸生態、濕地生態。

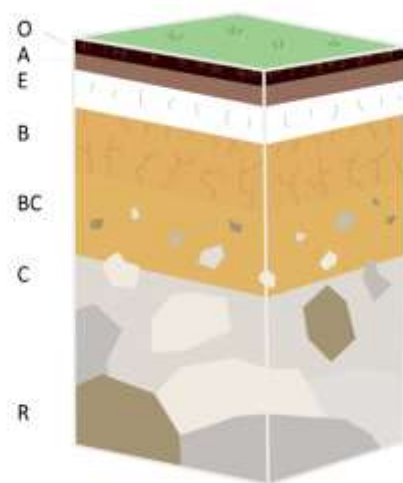
樹木保護專業人員教材

【中級】



第四章 土壤與水分管理

許正一



共同科目

第四章 土壤與水分管理

第一節、前言

樹木的生長有賴健康的土壤，除了做為機械性的支撐作用，土壤也供給樹木養分與水分，而滿足樹木的生長除了土壤中足夠量的養分與水分之外，更需掌握養分與水分的平衡。土壤是個有生命的自然體，我們需要認識的是土壤體(Soil body)，也就是整體的土壤，而不是一把泥土，或是僅由顆粒大小不一的礦物顆粒所組成的介質而已。

組成土壤的成分需要有均衡的氣相、液相以及固相，適時調節著植物的根生長所需要的物理、化學及生物條件。這些成分從岩石風化而來，在不同成土因子作用下，產生各種分布在不同深度的土壤化育層，影響了根系的發育及其對養分與水分的吸收。這些重要的物理性質包括土壤顏色、質地、構造、密度、孔隙率與通氣性，化學性質主要為 pH 值、電導度、營養元素組成與有效性、有機質與陽離子交換容量，生物性質則是微生物種類、活性與根圈效應。

土壤的分門別類，是掌握上述管理養分與水分的基礎知識，也是選擇樹木生育地環境的重要決定因素，因此本章將過去農業相關書籍所描述各類土壤特性，與美國土壤分類系統做一對比，並說明臺灣主要地形的土壤類別、特徵與分布，提供樹保人員參考。

至於土壤水分管理之要領，則需先了解土壤水的種類、水勢能的觀念，掌握水分在土壤中的流動，並將之應用於土壤水分的控制，包括土壤水文循環的認知與管理措施。

本章有關土壤的相關延伸應用，可參見第五章之生育地環境分析。

第二節、土壤的定義

(一)構成土壤的氣相、液相及固相

若以相(Phase)做為區分，可將土壤分為氣相、液相及固相。土壤氣相是指土壤空氣，來源除了大氣之外，土壤微生物與植物的根部也是影響土壤空氣組成的主要因素，一般土壤二氧化碳的濃度大約 0.5%，遠高於大氣的 0.04%，這是由於植物的根與微生物活動時吸收氧氣而將二氧化碳釋放到土壤之故。

土壤液相也就是土壤溶液，或稱土壤水，此溶液中所含的溶解性物質，包括養分，是樹木的根最能夠接觸利用的部分，包含溶解的氣體、有機酸、可溶鹽類與微量元素等。至於這些物質的溶解度，主要決定於土粒大小與表面電性、通氣性、pH 值、氧化還原狀態等各種土壤性質，其中最主要的是 pH 值。一般適合植物生長之土壤 pH 值介於 5-8 左右，因為這個範圍的 pH 值是溶解性養分最能滿足植物生長所需。

土壤固相間所形成的孔隙，是土壤空氣與水存在的地方，因此土壤孔隙的比率，也就是土壤孔隙率(Soil porosity)，對於一些土壤性質有重要的影響，理想的土壤孔隙率約為 40-60%。至於土壤固相，包含了礦物質與有機質，以礦物質為主所組成的土壤稱為礦質土(Mineral soils)，這些礦物顆粒是由岩石風化而來，依不同粒徑，分為砂粒(Sand)、粉粒(Silt)與粘粒(Clay)。砂粒粒徑為 2.0-0.05mm 之間，彼此無附著力，因此以單顆存在，肉眼可以辨視；粉粒粒徑為 0.05-0.002mm 之間，肉眼已無法辨視；粘粒粒徑為小於 0.002mm 者，附著力很大，彼此互相吸引，是土壤膠體(Colloid)的組成之一，也是土壤具有保肥力的主要原因。

至於土壤固相中的有機質，廣義的說，包括活的、死的、新鮮的或腐爛的、簡單的或複雜的來自生物的物质。因此，土壤有機質包括植物的死根、動植物殘體各階段之分解物質、腐植質、微生物及其他天然有機化合物。土壤有機質可提供植物生長所需之養分，在分解過程中可釋放許多營養元素，較難分解的部分會經腐植化作用變暗棕色的腐植質(Humus)。腐植質是一種有機膠體，它跟粘粒一樣，表面都帶有電性，顆粒之間會互相吸引，因此腐植質與粘粒是形成土壤構造的主要原因，有是一個重要的土壤肥力指標。在土壤分類學上，礦物質土壤與有

機質土壤有一嚴格的區分，通常土層厚度超過 40cm，有機質含量在 20%以上，才稱之為有機質土壤(Histosol)，其餘則通稱為礦物質土壤。

(二)土壤剖面

所謂土壤，係指地球表面由岩石所風化的碎屑物質，與有機質混合，所形成的疏鬆天然介質，是個有生命的自然體(Natural body)。由於土壤在地面下是延著 X、Y、Z 軸的連續性延伸。因此，這個自然體是呈三向度的空間分布，稱為土壤體(Soil Pedon)，不過為了方便觀察，挖開一個土坑後，就一個斷面進行土壤體的了解，這個斷面，便是一般人所熟知的土壤剖面(Soil profile)。

土壤受到母質、地形、氣候、生物、時間的成土因子所影響下，物質在土壤剖面中會有添加、移動、轉化、流失的現象，所以產生了因為成土作用而使某些物質累積或移動的層次，稱為土壤化育層(Soil horizon)。常見的可移動物質包括，有機質、粘粒、鐵鋁氧化物、碳酸鹽類與可溶鹽類等，因此可依淋洗作用、蒸發作用、氧化還原作用等而造成這些物質在化育層累積的差異，產生的土壤化育層分類如下：

1.O 層：

由枯枝落葉等大量有機質累積的表土層，是森林常見的表層土壤，顏色黝黑。農田土壤通常不會有 O 層，因為長期的表土翻耕，已失去有機質構成主要表層物質的特徵。

2.A 層：

在 O 層下方，由腐植化有機質與礦物質所混合累積而成的層次，顏色較 O 層為淡，也有可能是森林常見的表層土壤，例如坡度較大、土壤化育時間較短或植被較不完整的環境，地表難以累積大量有機質而有 O 層存在。

3.E 層：

在 O 或 A 層下方，矽酸鹽粘土礦物或鐵、鋁因溶解而淋洗流失之礦物質化育層，殘留下石英或其他抗風化能力較強的砂粒或粉粒，顏色通常是灰白色，常

見於臺灣較為冷涼潮濕的高山森林中。

4.B 層：

在 O、A 或 E 層下方之裡土層，在臺灣主要是機質、粘粒、鐵鋁氧化物等可移動物質的累積層次，而這些物質恰是影響土壤肥力的主因，因此是管理樹木生長與根系發育的重要特性。

5.C 層：

在上述層次下方，僅有微弱岩屑風化成土壤之跡象，也沒有連續性的岩盤，是一個母岩初風化轉變為土壤的層次，通常根系少、生物活動低，較為接近原岩的特性。

6.R 層：

指堅硬的岩石層，通常是連續性的岩磐，不算是風化後的土壤體，但它的辨識仍有助於土壤特性的了解。

一個完整的土壤剖面，雖然會包含 O-A-E-B-C-R 由上而下的層序(圖 4-1)，也有可能是個兩種化育層特徵兼具的層次，例如圖 4-1 中的 BC 層，就是個像 B 又像 C 的過渡層，這表示各地方的成土條件不一致。意即，有些年幼土壤的層序，可能僅為 A-C-R，而較成熟的土壤可能是 O-A-B-C-R，所有的化育層不可能出現在任何的土壤，但由上而下的順序，是不會改變的。這個土壤化育所形成的層序，對於判斷樹木生長的土壤來源，是很有幫助的，理由是未經擾動過的土壤，表土層勢必較為黑暗，化育層會依序出現。不過，經過擾動，包括人為破壞，或沖積、崩積過的土壤層序，並不依循上述的自然化育層序，因而在土壤三相之間的分布便不是根系生長的最適條件，例如含石量太高、排水不良等問題。

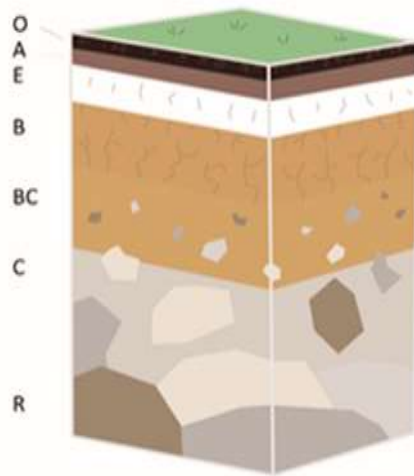


圖 4-1、土壤剖面化育層(繪圖：楊家語)。

(三)土壤深度

在了解土壤剖面的意義後，對於土壤深度才能有較正確的認知。土壤深度分為絕對或物理深度(Absolute or physical depth)，以及生理深度(Physiological depth)。絕對深度是指覆蓋於堅硬岩石上的土壤總深度，也就是 C 層以上的化育層厚度，不論其中是否有能夠阻礙植物根分佈之層次存在。至於生理深度，僅指可讓植物的根伸展與分佈的有效深度，因此就樹

木的土壤管理而言，所謂的土壤深度，應指生理深度，而且常特別指出是 A 與 B 層的總深度，但是對於樹木或其它深根性的植物來說，有時仍可將部份的 C 層一併加入，因此樹保人員需要掌握的是，這些深度的土壤能否滿足根的生長需求(圖 4-2)。援此，本章依序介紹重要的土壤物理、化學與生物性質，強調三者的關聯性，同時提出土壤水管理要領。



圖 4-2、土壤厚度過於淺薄，不利於樹木生長。

第三節、土壤物理性質

(一)土壤顏色

顏色可反應土壤許多物理化學性質，例如暗色土壤較易吸熱，而淺色土壤吸熱較少。土壤化育過程所衍生的染色劑主要為有機質、鐵錳氧化物、碳酸鈣、與鹽類。當土壤處於初步風化階段或較欠缺上述染色劑時，所呈現的顏色，通常是較接近原來母岩的顏色。

有機質將土色染得黑、暗，是因為腐植質的關係，所以愈接近表層的森林土壤，土色就愈黑暗，但腐植化程度愈高，土色就愈黑。

氧化鐵會將土壤染黃、染紅，這端視氧化鐵的水合程度而定，如果是水合程度高的氫氧化鐵，例如針鐵礦(Goethite)、纖鐵礦(Lepidocrocite)，則土色分別是黃色、橘色；如果是已脫水的赤鐵礦，則土色是近磚紅色的。因此，廣義的紅土，即為這些比例多寡不同的氧化鐵所染色而成。至於黑色的氧化錳，在一般土壤的含量太少，難以全面性的將整個土層染黑，僅在強烈的淋洗作用下，在裡土層將土壤構造表面局部染黑的錳膜(Manganese coatings)，或頻繁的乾濕交替作用後沉澱膠結產生黑色的錳結核(Manganese nodules)。當土壤排水不良而長期浸水後，

還原反應會使氧化鐵與氧化錳溶解而褪色，使土色變灰，而還原後的二價鐵如遇硫離子，即沉澱產生灰藍色的硫化鐵。因此，鐵、錳因氧化還原作用所引起土色的改變，是反應土壤排水、通氣等水文狀態的良好指標。

碳酸鈣、硫酸鈣與可溶鹽類在蒸發量較大的乾燥地區，會將土壤染成白色或灰白色，意謂著高 pH 值、鹽度高的土壤特性，這些物質雖然會現在臺灣局部蒸發散量高於降雨量的地區，例如嘉南沿海地區或澎湖，但很容易被有機質、氧化鐵與土壤礦物的顏色所干擾。

至於顏色接近原母岩的初始化育階段土壤，就臺灣地區來說，黑色母岩為澎湖與海岸山脈的玄武岩，是較偏鹼性的土壤；暗灰色通常是頁岩、泥岩、粘板岩與片岩母質的顏色，亦為鹼性為主的土壤。至於西部麓山帶的砂岩初風化土壤傾向為黃褐色，多是酸性土壤。

(二)土壤質地

所謂質地又稱為粒徑分布(Particle size distribution)，是指土壤中砂粒、粉粒與粘粒含量的相對百分比。土壤質地是極為重要的土壤物理性質，是影響森林生產力與樹木生長的重要土壤因子，可據以評估其土壤的孔隙率、大小孔隙之比例、翻耕與作物根系發展之難易度、通氣性、陽離子交換容量、保水力、保肥力、微生物活性等。不過如需進一步評估，除了土壤質地外，仍需輔以其他性質，例如土壤對養分吸持能力的高低，由質地雖可以得知黏粒含量百分比而做初步了解，但透過礦物類別的辨識才能有較精準的判斷，因為在粘土礦物中蒙特石與蛭石的保水力與保肥力很高，反之高嶺石與石英卻是很低的。

土壤粒徑分析(Particle size analysis)又稱為機械分析(Mechanical analysis)，是利用 stokes law 之沉降原理以吸管法(pipette method)或比重計法(hydrometer method)，根據土粒在水中沉降速度的差異性而設計的。根據粒徑分析結果，將砂粒、粉粒與粘粒含量的比例，以美國農業部之質地三角圖決定土壤質地，該質地三角圖將土壤質地分成 12 個等級(圖 4-3)。

依圖 4-3 土壤質地等級可概略分為粗質地(Coarse texture)、中質地(Medium texture)與細質地(Fine texture)三種，粗質地土壤是砂土(sand)、壤質砂土(Loamy sand)；中質地之壤質土有砂質壤土(Sandy loam)、壤土(Loam)、粉質壤土(Silty loam)、粉土(Silt)、粘質壤土(Clay loam)、砂質粘壤土(Sandy clay loam)、粉質粘壤土(Silty clay loam)；細質地之粘質土則有砂質粘土(Sandy clay)、粉質粘土(Silty clay)、粘土(Clay)。

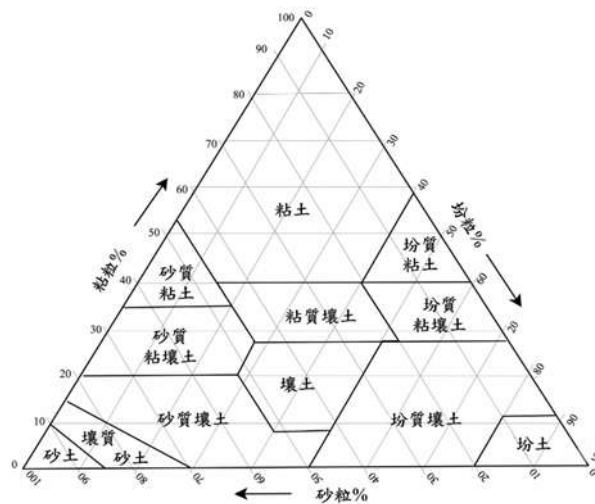


圖 4-3、土壤質地三角圖。

(三)土壤構造

上述土壤質地是說明土壤礦物顆粒大小的比例，而土壤構造(Soil structure)則是說明大小不一的顆粒子，在膠結物質的作用下所形成的自然團塊。土壤構造也是很重要的物理性質，良好的土壤構造使根的通氣較佳，也不易導致土壤沖蝕。土壤構造是指土粒間相互結合或排列以組成團粒(Aggregates)的情形。構造與質地都可初步顯示土壤的性質，如通氣狀況、保水能力、根的伸展、微生物活動、養分狀態等。影響構造形成的因素有氣候、植根、微生物、土壤膠體等，但其影響機制莫不與膠體有關。在有機膠體方面，氣候、植根、微生物因子皆因與有機

物的產生有關而能促進團粒，使土壤構造發育良好。無機膠體主要有粘粒、鐵鋁氧化物與鈣、鎂等二價的可溶鹽類，因為鈣、鎂會促進團粒而使土壤構造良好，但鈉卻會使土粒分散而破壞土壤構造。常見的土壤構造種類、定義與出現之土層分述如下：

1. 整塊狀(Massive)：

個別土粒甚易分開，無構造可言，指的是泡水的土壤，例如水稻田的耕犁層表土、濕地土壤等。

2. 屑粒狀(Crumb)：

近球形、小、內部孔隙多，可個別分離，表示為有機物及濕度較低之森林土壤表層、花圃中的表土等。

3. 團粒狀(Granular)：

近球形、體積較屑粒狀稍大、內部孔隙較少，有機質膠結較多，相較於屑粒狀，是有機質及濕度較高的土壤。

4. 碟狀(Platy)：

像餐盤般的薄層重疊，滲透力差且根系難以伸展，是土壤受壓實後的常見現象，如耕地土壤之犁底層。

5. 稜塊狀(Angular blocky)：

土塊表面有鋒利的銳角，各軸長短不一，如紅壤或其他排水良好之粘重土壤。

6. 亞稜塊狀(Subangular blocky)：

土塊表面為鈍角，表面較平滑，常構成土塊之集合體，如紅壤、其他排水良好或中等之壤質地土壤。

7. 稜柱狀(Prismatic)：

柱形，但頂部不呈圓形，常與其它稜柱形成土塊集合體，例如粘粒聚積的裡土壤，水分與有機質偏低。

8. 柱狀(Columnar)：

靠近地表的頂部呈圓形之柱狀，因鈉含量高而使土粒分散，導致土壤構造側面與鄰接之柱狀粒團形成土塊集合體，表面密閉似一層膜，這是土壤鹽化的明顯指標。

良好的土壤構造是讓土壤保有約 40-50%的孔隙率，而改良土壤構造的目的在於提高團粒抵抗外力破壞的能力，促使土壤能儲存空氣及水分，並讓根系能充分伸展。一般改良土壤構造的方法有：

- 1.耕犁：改良土壤受壓實的情形。
- 2.施用有機質肥料：使用品質良好的有機資材與土壤充分混合。
- 3.加強敷蓋與植被：減少水分與有機質的流失，以避免沖蝕作用。
- 4.添加含鈣資材：促進土壤膠結程度。
- 5.客土：添加膠結度較佳的土壤，例如粘土、紅土。
- 6.施用土壤改良劑：聚合物（高吸水性聚合物，又稱保水劑）、珍珠石或泥碳等。

(四)密度與孔隙率

土壤密度又稱土壤比重，因土壤為多孔性介質，故土壤比重又分為「顆粒密度(Particle density, Pd)」與「總體密度/容重 (Bulk density, Bd)」。顆粒密度是指土壤單位體積(不包括孔隙)的固態重量，又稱為「真比重」，公式為 $Pd=M/V_s$ ， M =烘乾土重， V_s =土壤固相體積；總體密度則是指包括孔隙之土壤單位體積(不包括孔隙)的固態重量，又稱為假比重、容重，公式為 $Bd=M/(V_s+L+A)$ ， $L+A$ =液相與氣相。因此，土壤的孔隙率可以下式計算： $[1-(Bd/Pd)]\%$ ，過低或過高的孔隙率對土壤管理而言都是不利的。一般礦物質土壤的顆粒密度約 2.65Mg/m^3 左右，而總體密度範圍較廣，表土大約 $1.1\text{-}1.4\text{Mg/m}^3$ 之間，裡土約 $1.3\text{-}1.7\text{Mg/m}^3$ 之間。

測定土壤顆粒密度通常使用比重瓶(Pycrometer)法，而總體密度之測定有石蠟塊法(parafilm method)及土環法(clod method)，土環法由於是現地採取土塊進

行測定，因此誤差較小，尤其適合於不易形成團粒構造的土壤；石蠟法因土塊表面包裹一層石蠟，且是利用浮力原理而測得，因此誤差較大。

假設一般農地的表土為 15cm，而總體密度為 1.5Mg/m^3 ，則每一公頃之土壤總重為： 1.5×10000 (每公頃平方公尺數) $\times 0.15$ (公尺，深度) $= 2250\text{Mg}$ (公噸)，依此即可做為各種土壤管理的依據，例如施肥量估算、灌溉水補充等。

土壤孔隙率大小受有機質含量、質地、深度、構造及耕種等諸多因素影響，例如在高有機質含量的森林表土中，其孔隙率可達 60%以上，反之在低有機質與粗質地之深層受壓土壤中(例如都市公園)，則孔隙率可低至 20%以下。土壤孔隙率可供評估該土壤通氣性 (Soil aeration) 與導水度(Water conductivity)，藉以瞭解土壤的保水特性。若土壤能維持適當之大($>50\mu\text{m}$)、小($<50\mu\text{m}$)孔隙比例與孔隙率，將有助於植物根系之延伸、空氣之交換、水分之傳導與儲存；當然，亦與氣態或液態物質在土壤中之傳輸有密切關係。不過，孔隙率小的壓實土壤，雖可能因通氣性差且阻礙根系發展，在樹木生長上較受限制，但在大地工程上卻可能是良好的承載體。

(五)土壤通氣性

簡單的說，土壤供氧的能力，即是其通氣性(Soil aeration)。進一步就氣體種類而言，所謂土壤通氣性指的是土壤孔隙中氧氣和其他氣體之含量，依好氧性微生物活動的需求，好氣性狀態(aerobic)的土壤氣體中，氧含量會高於 5%；反之，厭氣狀態(Anaerobic)的土壤氣體中，氧含量會低於 5%，微生物以厭氧性的為主。但就整體氣體體積來說，植物生長及微生物在土壤中的活性最佳時，是孔隙中的水與空氣各佔一半，而孔隙中氣體僅佔少於 20%時，植物生長及微生物活性變降低。

通氣性雖歸類於因為孔隙多寡而影響的物理性質，但通氣性會使土壤化學性質變，也影響了微生物的種類與活性。至於影響土壤通氣性的主要因素如下：

- 1.土壤水分含量：含水量高者，通氣性差，特別是粘粒與有機質較多的土壤。

- 2.土壤深度：裡土層因為有機質含量較少，根系分布與生物活動較低，因此通氣性也較差。
- 3.土壤構造種：浸水條件下的整塊狀構造，還有長期壓實造成的碟狀構造，通氣性較差，而團粒狀與塊狀構造的通氣性較佳。
- 4.季節性的影響：濕度高、降雨而造成的排水困難，土壤通氣性較差。

第四節、土壤化學性質

(一)pH 值（酸鹼值）

土壤溶液的酸度或鹼度以氫離子濃度的負對數值($-\log[H^+]$)表示，即 pH 值（酸鹼值），土壤 pH 值可用以判定某些土壤的特性及植物的營養狀態。測定土壤 pH 值的方法有比色法、滴定法及 pH 計法。比色法為田間簡易的速測法，滴定法較常使用在分析化學上。而 pH 計法則較常在一般實驗室中所採用。土壤中的氫離子含量主要來自土壤溶液、吸附在粘粒表面的氫離子、有機酸、碳酸、鋁等。當 pH 值漸漸高時，鈣、鎂等鹽基離子會取代氫離子。

土壤中存在之此兩類氫離子，前者稱之為活性酸（Active acidity），後者則為潛性酸（Potential acidity），兩者之和即為總酸度（Total acidity），此兩者間常呈動態平衡，亦即被土壤粒子吸附之 H^+ 有可能因交換作用而進入土壤溶液中成為活性酸，反之亦然，故潛性酸又可稱之為交換性酸（Exchangeable acidity）。活性酸（Active acidity）是指土壤中可被水溶解的酸性物質，包括土壤溶液中的氫離子、碳酸、硫酸等無機酸、有機酸及少量吸附性的氫離子，因此以蒸餾水測定土壤 pH 值是測定其活性酸。潛性酸（Potential acidity）是指不溶於水，但可經中性鹽類交換取代出來後，才能顯示的酸度。潛性酸的測定通常以 1N KCl 或 0.01M CaCl 測定。土壤中之交換性酸通常包括交換性 H^+ ，交換性 Al^{3+} 或 $Al(OH)$ 化合物如 $Al(OH)^{2+}$ 、 $Al(OH)^{2+}$ 等，以及弱有機酸等三類，也就是說，含有鋁及有機質較多的土壤，短期內遇水雖不會改變其土壤 pH 值，但有可能因為環境逐漸改變時，

使鋁水解、有機質產生有機酸，因此長期後使 pH 值下降。

影響土壤 pH 值的因子有雨量、母質、地形排水、植被種類、土壤化育程度、土壤膠體種類、交換性陽離子種類、土壤水含量等。土壤對酸鹼性具有緩衝作用 (Buffer capacity)，即土壤會抵抗加入少量的酸或鹼所產生的 pH 值變化。土壤緩衝能力的強弱，決定於緩衝物質的多寡，這些物質包括土壤膠體、有機酸和鋁離子等，但最重要者還是土壤膠體。

酸性土壤產生的問題如下：

1. 土壤 pH 值小於 5.5 時，溶解性的鐵、鋁及錳含量與其他重金屬會增加，但是在植物的生理需求上，並不需要太多的鐵、鋁及錳，因此會對植物造成毒害。
2. 在強酸性土壤的環境下，磷會與鐵及鋁結合成為不溶性的磷酸鐵及磷酸鋁沉澱化合物，導致植物對磷的吸收困難。
3. 在強酸性土壤的環境下，土壤有機物很難釋放出植物所需要的氮、硫及磷等元素。
4. pH 值太低時，表示土壤中鹽基性的陽離子如鉀、鈣及鎂等很容易流失。
5. 土壤中的有益微生物如細菌、放線菌、固氮菌與硝化細菌等，在 pH 值過低時活性會降低，因而影響許多土壤生化反應的速率。
6. 生長於土壤中的真菌，在酸性環境下活性會增加，而這些真菌往往是農作物病害的主要來源之一。
7. 酸性土壤所溶出的鋁，隨著水流進入地表水(如河川、湖泊與水庫等)或地下水，會對水生動物與植物造成毒害作用。

酸性土壤改良與石灰需要量：

當土壤 pH 值低到不適合樹木生長，通常低於 pH5.0 以下，從植物營養或植物生理的觀點，都需施用石灰來提高 pH 值，而施用石灰的功效在於，提高土壤 pH 值使營養元素間達到平衡狀態、石灰中所含的鈣可提供酸性土壤之植物生長

所需、可增加磷的有效性、加速有機物分解而促進氮吸收、增加土壤中有益細菌之活性、減少鋁、鐵、錳的毒害、降低總體密度提高孔隙率、因鈣的提高團粒作用而降低土壤沖蝕。

至於鹼性土壤，是指碳酸鹽類含量較高而使 pH 值大於 7.0 的土壤，因為土壤中的碳酸鹽遇水會持續釋放出氫氧根離子，導致土壤 pH 值上升。鹼性土的特徵與問題主要為：

1. 磷在鹼性時與鈣形成磷酸鈣沉澱，磷肥效果較差。
2. 銅、鋅等微量元素在鹼性時因水解作用強烈，亦形成氫氧化物沉澱，不利植物吸收。
3. 硼在鹼性時易與鐵、鋁氧化物及粘土礦物形成內部球體錯合，在砂質土壤中則易被淋洗，造成植物無法吸收。
4. 鹼性土壤的表面負電荷量較高，較容易固定養分。
5. 在低雨量區，鹼性土因為鈣的聚積會形成硬實的層次，阻礙根生長。
6. 鹼性土之底土通常很乾燥，無法供給植物及土壤生物水分。
7. 土壤構造瓦解，通氣性差、水之入滲、滲漏速率低。

由於碳酸鈉釋出氫氧根離子的能力比碳酸鈣要高，意即鹽類種類的差異，會影響鹼性土壤的性質，故進一步可將鹼性土壤區分成以下三種：

1. 鹽土(Saline soil)，又稱白鹼土，電解質多寡所表示之電導度(Electrical conductivity, EC) $\geq 4\text{dS/m}$ ，交換性鈉百分比(Exchangeable sodium percentage, ESP) $< 15\%$ ，pH < 8.5 。鹽土一般皆含有多量可溶性鹽類。其傷害植物生育的理由，主要由於增加土壤溶液的滲透壓(Osmotic pressure)，限制植物水分吸收。鹽土中可溶性鹽類主要為氯化物與硫酸鹽類，例如氯化鈉、氯化鎂、氯化鈣、硫酸鈉、硫酸鎂與硫酸鈣等。鹽土中碳酸鹽類與重碳酸鹽類的含量甚少，換言之，鹽土中主要控制 pH 值的物質，常視氯化物與硫酸鹽類的水解情形而定。鹽土發生在較乾旱或水分蒸發散量大的地區，例如臺灣西南沿海與澎湖，

日照強烈使上述鹽類聚積在表土形成白色結晶物，可將土壤膠結成硬的構造，故又名白鹼土，是臺灣最常見的鹽化土壤類型。

2. 鹼土(Sodic soil)，又稱黑鹼土，電導度 $<4\text{dS/m}$ ，交換性鈉百分比 $>15\%$ ，pH 值 8.5-10 之間。過多的鈉殘留在土壤中佔據了膠體的可交換位置，此時土壤中經常含有相當量的碳酸鈉，碳酸鈉經水解之後能產生氫氧化鈉與碳酸，氫氧化鈉為強鹼，碳酸為弱酸，因此土壤必成為鹼性，也是為何其 pH 值會高於鹽土的原因。這類土壤的鹼性高到足以溶解腐植質中的暗黑色腐植酸，於是土色偏暗，因此稱為黑鹼土，而且土壤構造差，土粒難以形成團粒狀的膠結，例如臺灣南部、東部可見到的泥岩惡地土壤。

3. 鹽鹼土(Saline-sodic soil)，電導度 $>4\text{dS/m}$ ，交換性鈉百分比 $>15\%$ ， $\text{pH}<8.5$ 。鹽鹼土雖含有碳酸鈣，但碳酸鈣溶解度相當小，當濃度達至飽和濃度時，可使土壤膠體交換部位被鈣飽和。因此鹽鹼土之 pH 主要是受碳酸鈣所控制，碳酸鈣水解生成氫氧化鈣與碳酸。氫氧化鈣解離後產生氫氧根離子，而碳酸解離後產生氫離子，前者解離作用較強，後者解離作用較弱，因此會生成鹼性反應。通常 pH 範圍為 7-8，最高不會超過 8.5。

鹼性土壤如有鹽害發生，可以洗鹽及排水來改善，或種植耐鹽作物。鹼土和鹽鹼土除可選擇適當植物種植外，也可以石膏等酸化劑來改善，其原理是。施用石膏所衍生的硫酸根可與鈉的碳酸鹽類或鈣、氫離子交換出之鈉結合成可被淋洗之硫酸鈉，同時可改善土壤構造等物理性質。

(二)營養元素

植物從土壤所吸收不可獲缺之營養元素，稱為必需元素(Essential element)，係指在植物正常生長過程中所不可缺少的元素。換句話說，如果缺乏任何一種必需營養元素，植物的生長即受到影響。以土壤為來源的營養元素亦有巨量與微量元素的分別，此係指植物體中相對含量而言，通常以植物乾重的 0.1% 為界定。必需營養元素包碳、氫、氧、氮、磷、硫、鉀、鈣、鎂等巨量元素，以及鐵、錳、

銅、鋅、硼、鈾、氯、鈷、鎳等微量元素。必需元素一定要以植物可以利用的形態存在土壤，以能供植物生長的適宜濃度存在，同時存在於土壤中各種可溶養分的濃度之間需保持適當的平衡。

高等植物的碳與氧大多為經由光合作用而直接自空氣中取得，氧為直接或間接得自土壤水分，其他所有必需元素，除氮素部份係經由共生根瘤菌與非共生固氮菌而間接獲得自土壤空氣外，皆獲得自土壤固體組成份。為了補充土壤供應量的不足，尤其是氮、磷、鉀，常需以肥料補充施入土壤，因此被稱為肥料三要素。鈣、鎂與硫的植物需求量相對較少，但酸性土壤中鈣與鎂常以石灰施入，故亦可稱為石灰元素；硫除了存在於雨水中，常含於有機質或三要素肥料中而達到補充於土壤的間接目的。由於樹木不像農田土壤栽種作物般，會有頻繁的耕作、收穫而移走作物等過程而導致微量元素較易缺乏現象，因此建議仍以氮、磷、鉀的管理為主。

(三)有機質

土壤有機質的成分極為複雜，一般可將其分為有機殘體（Organic residues）及腐植質（Humus）兩部份，前者泛指新鮮或分解過程中之各階段產物；後者則專指分解完全且其化學成份與物理性質已相當穩定之暗黑色物質。由有機殘體分解後又重新聚合成為腐植質的過程，即為腐植化作用（Humification）。土壤有機質組成物包括醣類、澱粉、蛋白質、脂質、纖維、半纖維與木質素，腐植質之組成化合物主要為約佔 45%之木質素與 35%之氨基酸；其餘成分包括 4%之纖維素、7%之半纖維素、3%之脂質、以及其他 6%之次要成分；若以組成元素計算，則含碳約 52~60%、氧 32~38%、氫 3~4%、氮 4~5%、磷 0.4~0.6%、硫 0.4~0.6%、以及其他微量元素。其中，又以木質素(lignin)抵抗分解之能力最強，當有機質完全分解後之產物為二氧化碳與水，同時釋放出植物所需營養元素，因此有機質分解可將營養元素從有機態轉變成無機態，此一過程稱為礦化作用（Mineralization）。礦化作用受溫度、水分、土壤養分組成物質、微生物種類與 pH

值等因子影響。

從有機質的成分可發現，在土壤中可提供植物生長所需之養分，同時因為官能基解離之故，可吸附陽離子而具有保肥能力，並因含有機酸而可促進礦物溶解而釋出養分，同時因為吸水力強故可增加土壤保水能力，促進土壤團粒化而改善土壤構造，提供土壤微生物能源，並可促進土壤吸收熱能而提高土溫等眾多功能。

土壤有機質的來源包括動植物與微生物，其中又以植物為最大宗，包括枯枝落葉、腐根等；而動物的遺體或排洩物相較之下就很少，至於微生物則是包括死亡之遺體與因活動所產生的代謝物，均能成為土壤有機質。土壤有機質經腐植化作用後，成為黑褐色且穩定之腐植質。

碳氮比(C/N ratio)是很重要的土壤肥力指標之一，所謂的碳是指土壤中有機碳的含量，而氮則為土壤中有機態氮的含量。土壤微生物分解有機質(碳的礦化過程)以取得能量，同時攝取營養元素以合成體質。當碳氮比過高或過低時，不利於土壤礦化作用，微生物反而會將土壤的無機態養分轉變成有機態的(即固定化作用)，理想的土壤碳氮比約為 10-20 之間。當添加碳氮比過高的有機質進入土壤時，氮不足，微生物攝取土壤原有之無機氮，與植物競爭氮素，也就是原有土壤中之腐植質會被這些暴增的微生物加以消耗而降低土壤肥力，稱為促發效應(Priming effect)。反之，添加碳氮比過低的有機質時，氮過剩，有機質分解過程可釋放多餘的氮供植物吸收。

(四)陽離子交換容量

土壤因帶有電荷而能吸附離子，尤其能吸附各種植物營養所需之陽離子。這些被吸附在膠體表面的陽離子，可與土壤溶液中之其他陽離子交換，稱為陽離子交換作用(cation exchange)。通常價數愈高或離子半徑愈大，則被吸附之能力就愈強，一般陽離子被吸附之順序為 $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Ba}^{2+} > \text{H}^{+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+} > \text{Na}^{+} > \text{Li}^{+} > \text{NH}_4^{+}$ 。土壤所含之全部吸附性陽離子謂之陽離子交換容量(Cation exchangeable capacity，簡稱 CEC)，即與土壤溶液中之陽離子能自由交換之陽離子總量，也就是鉀、鈉、

鈣、鎂、鋁和氫離子之當量濃度和，通常以 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ 表示。CEC 除了與土壤膠體種類、數量與組成有關外，亦與土壤溶液組成、濃度及 pH 有關，通常粘粒與有機物含量多及高 pH 值的土壤，其 CEC 值較大。鉀、鈉、鈣、鎂、鋁和氫離子等所有交換性陽離子中，鉀、鈉、鈣、鎂是鹽基性離子，因此(鉀+鈉+鈣+鎂)/CEC 稱為鹽基飽和度(Base saturation，簡稱 BS)。BS 較大的土壤保肥能力較大，pH 值也較高。

當土壤中陽離子(或膠體)交換容量越大，代表其具有較高的土壤緩衝量，對於植物所需養分的吸附能力較大。土壤中具有許多膠體物質，有的以無機礦質存在，有些為有機質型態(如腐植質等)存在於土壤中。兩者常各自單獨存在或藉由物理及化學的結合力作用結合成複合體。無機膠體係由礦物質構成之土壤膠體，即土壤中之粘粒。有機膠體則由有機質構成之土壤膠體，此及土壤中之腐植質，其呈暗棕或黑色，屬非結晶物質，粗細與膠性粘粒相似。一般來說土壤 CEC 的變動大小與土壤膠體物質(有機質及土壤粘粒)有密切的關係：例如有機質較多的土壤因含多量腐植質(有機膠體)，其 CEC 甚大。

礦質土如含粘粒愈多，則 CEC 愈大，故礦質土壤之 CEC 常依質地而有差異，砂土的 CEC 較小，粘土的 CEC 篇高。土壤所含膠體的種類也會影響 CEC，有機膠體的 CEC 常大於無機膠體，例如純腐植質的 CEC 可達 $150\text{-}300\text{cmol}/\text{kg}$ ，粘土礦物的 CEC 約在 $8\text{-}150\text{cmol}/\text{kg}$ 。在無機膠體中，CEC 又隨著粘土礦物的種類而有所差異，蛭石及蒙特石的 CEC 高於綠泥石與雲母，而高嶺石又更低，不過粘粒含量多寡與 CEC 通常呈正比關係。除此之外，粒子大小、結晶程度等都會對 CEC 造成影響。粘粒愈細比表面積 (Specific surface area) 愈大，其 CEC 就愈大。一般來說，土壤膠體都是由極細微的粒子所構成，無機膠體中的粘粒其直徑多在 0.002mm 以下，並多以片形存在於土壤。當土壤膠體愈細，比表面積愈大，即 CEC 愈大，吸附土壤中的水及養分的能力就愈強。此外，土壤膠體所帶的陰電量也會影響 CEC 大小。若膠體陰電量愈多，則能吸附陽離子的量亦多，

其 CEC 就愈大，故 CEC 之大小也會因土壤的帶電量而異。然而同一土壤膠體之帶電量並非全無變動，其發生變動的原因主要由 pH 值所影響，當 pH 低時負電荷量較低，pH 高時負電荷量偏高，故 CEC 也會隨 pH 增高而加大。

(五)養分之生物有效性觀念

養分由土壤輸送至植物根部主要分為三種過程：(1)根部攔截(Root interception)，植物根部的根毛因細胞壁上羧基和酚基脫氫之後帶負電，能吸附陽離子，因此可與膠體上之陽離子直接交換，將膠體上之離子吸收至根部細胞中，(2)質流(Mass flow)，植物吸收水分時，因蒸散作用(Transpiration)使得水分會經由根部往莖、葉移動，而土壤溶液中之養分同時亦往根部移動，(3)擴散作用(diffusion)，植物自土壤溶液中吸取營養離子後，這些離子濃度隨之降低，而高濃度之離子因擴散定律而往低濃度之處所移動，被植物所吸收。所以，如何讓養分有效的被植物吸收，除了植物特性外，土壤性質的管理便是關鍵所在。

生物有效性(Bioavailability)指的是土壤中的養分可以被植物吸收利用的程度，植物吸收養分的量和土壤中的全量是沒有直接關係的，意即就某一營養元素而言，其存在土壤中的全量，不完全可以被植物吸收利用，唯有可溶的、易被交換的或弱吸附的，根部才能吸收。植物通常由土壤中吸收養分，少部分則由大氣中經葉片吸收所獲得，然而植物對於養分的吸收能力與養分的狀態及植物種類有密切關係。大部分存在於土壤礦物及有機質中的養分為不溶性的，必須經由礦物風化及有機質分解後有效性才會提高，而植物所吸收的養分通常是以離子態存在於土壤溶液中或吸附於膠體上。因此，本章所述所介紹的各種土壤性質，多與養分有效性有關。

第五節、生物性質

(一)土壤動物

本章所指的土壤生物，並不包括植物的地上部分及大型的野生或飼養之非

穴居性動物，但植物的根、穴居型的，及暫時性穴居的各種動物，例如齧齒類動物、爬蟲類及昆蟲類等皆可被視為土壤生物的一部分。本節區分土壤動物(Soil fauna)與微生物(Soil microbes)加以介紹。

土壤動物的類別有脊椎動物、節肢動物、軟體動物、環形動物、輪形動物與圓形動物，其特性如下：

1. 脊椎動物(Vertebrates)

多屬哺乳類，例如兔、鼫鼠、地鼠等，為在地表上活動、棲息和潛居於土壤中，由於開鑿地道、搬運食物、遺棄食物廢棄物、排泄物及遺體在土壤中，可使表土與底土混合，讓土壤疏鬆，有利於空氣與水份的流通，促進有機殘體分解、植物養份循環與土壤化育。

2. 節肢動物(Arthropoda)

有甲殼類、蜘蛛類、倍足類與唇足類、昆蟲類，甲殼類最重要者為鼠婦類(Saw bugs, pill bugs)、等腳類(Isopoda)與千足類(Decapoda)，體形不大，但活動力極強。以落葉或木材為食料，故可促進新鮮有機物分解，或潛居於排水不良處，能開鑿隧道，有助於水分宣洩及空氣流通。蜘蛛類如蟎(Mites)、偽蠍(False scorpines)及真蜘蛛(Spiders)等，對有機質的分解與腐植質生成都有貢獻。倍足類與唇足類中，倍足類中以素食性之千足蟲類最為重要，唇足類以肉食之百足蟲、蜈蚣較為重要。在土壤中因體形較大因而數量較少。千足蟲類以攝取有機殘體為主，也會消耗真菌的菌絲。百足蟲與蜈蚣等可侵害多種大小體形及種類之動物。昆蟲類在土壤動物的數量上佔有很高的比例，其中彈尾蟲為原始的昆蟲，為數量最多、分佈最廣。彈尾蟲多生活在含有機質多的表土層中，以死亡的動物與植物遺體、排泄物、腐植質及真菌絲等為食料。其次為螞蟥與白蟻，可促進土壤風化、有機質分解、表土與底土混合及空氣與水分的流通，在熱帶與亞熱帶土壤中之分佈及作用，遠勝於溫帶及寒帶土壤。

3. 軟體動物(Mollusca)

以腹足類之蛞蝓(Slugs)及蝸牛(Snails)為主。除部份為肉食者外，多數皆以有機殘體為食料，在落葉堆積的表土層分佈最多。環形動物(Annelida)以蚯蚓最為重要。蚯蚓喜好濕潤、溫暖而富含有機質及有效性鈣較多的環境，而有機質含量低的酸性土壤(pH<4.5)或乾燥地區及寒冷地區，皆不適於生存。因此，在自然環境中蚯蚓的分佈有很大差異，可自每公頃數百條以下至一百萬條以上。蚯蚓的活動，可促進有機質分解、礦物質及有機質之混合、增加土壤孔隙、有助於水分滲透與增加保水力，但蚯蚓並不能將有機質含量低的土壤轉變成為高肥力的土壤。

4.輪形動物(Trochelminthes)

主要為輪蟲(Rotifers or wheel animalcules)，體形小，在森林土壤中數量甚多，但其作用尚未完全明瞭。

5.圓形動物(Nemathelminthes)

主要為線蟲(Threadworms)、圓蟲(Roundworms)與真正圓蟲(True roundworms, nematodes)，均常見於土壤中。在樹木保護上，最宜注意的是寄生性圓蟲或線蟲。

6.扁形動物(Platyhelminthes)

最常見的為渦蟲(Turbellaria)與蛭蟲(Trematoda)。喜愛棲息於潮濕土壤中，能危害人畜，但對於植物與腐植質形成的影響，還不十分明確。

(二)微生物種類與活性

土壤中微生物的種類主要有細菌、真菌、放線菌、藻類及原生動物等。這些微生物在土壤中主要擔任分解作用的角色，或提供土壤酵素、促進土壤呼吸作用等。

1.細菌類：

以氧氣需求度來分，可分成好氣菌、嫌氣菌與兼性菌等。依養分需求區分為異營性細菌(Heterotrophic bacteria)及自營性細菌(Autotrophic bacteria)。異營性細菌以有機碳做為能源，例如共棲性(Symbiotic)及非共棲性(Nonsymbiotic)

固氮菌，這些固氮菌可將大氣中的氮氣加以利用，轉變成植物可以吸收的氮形式，稱為固氮作用（Nitrogen fixation），共棲性固氮菌如根瘤菌（*Rhizobium*）等，其利用寄主提供能源而將氮加以固定；非共棲性固氮菌如 *Azotobacter*、*Clostridium* 等，其固氮效率較共棲性者低。自營性細菌則以環境中的二氧化碳為能源，如硝化菌（Nitrifying bacteria）、硫黃菌、鐵細菌、氧化菌等。

2. 真菌類：

土壤真菌是異營性生物，可分成三類，即黴菌、蕈菌及酵母菌。黴菌在森林土壤中所能適應的 pH 值範圍最廣，且對於腐植質的形成有極大貢獻。蕈類是森林土壤中最重要真菌，如可產生子實體的菇、茸等，以及菌根（Mycorrhiza）。真菌與植物根的共生—菌根，在這種互惠共生關係下，植物借助菌根菌吸收水分、養分；而菌根菌也從植物體中攝取自身生長所需要的養分。菌根菌十分纖細，約只要一般根毛的五分之一左右，且其吸水能力較植物根系大得多，因此可視為植物根系的延長與擴展。菌根菌擁有很強的酸溶與螯溶能力，可以幫助植物吸收難溶性的磷，更有研究指出，熱帶雨林中與樹根共生的菌根菌，其分泌的有機酸可以直接分解枯枝落葉層，並迅速使分解出的養分吸收至植體中。菌根依其生長習性分成外營性（Ecototrophic）菌根，即其菌絲伸入植物根細胞間，但未插入細胞內，因此看似增加植根之吸收面積而助長養分吸收，這類菌根的林木種類有松、榆、山毛櫸、栗、樺等。另一種是內營性（Endotrophic）菌根，即其菌絲可伸入植物根細胞內，當共棲之菌根死亡後組織可被植物加以吸收利用，這類菌根的林木種類有白楊、槭、月桂、石楠科等。第三種酵母菌，主要幫助醣類發酵。

3. 放線菌類：

為細菌與真菌之中間型的絲狀、單細胞微生物。形為絲狀像黴菌，但大小與構造像細菌，放線菌的繁殖係依細胞分裂與孢子而增殖，存在於任何土壤中，但鹼性土壤較多。土壤中的放線菌不耐酸，在 pH5 以下時即限制生長，但比細菌耐旱。土壤放線菌多屬好氣型的，主要功用是促進有機物分解。

4.藻類：

土壤中的藻類普通皆含有葉綠素，幾乎所有的土壤表層中皆有藻類分佈。藻類最適宜生存的環境為土壤濕度大，有陽光直射的處所。土壤中常見的藻類可概分為矽藻(Diatom)、綠藻(Green algae)與藍綠藻(Blue green algae)等三大類。矽藻類之最主要特徵是其細胞壁中含有多量的矽酸。矽藻類可分陸生與水生兩類，水生的體形較大，陸生者在酸性土壤中分佈較少，在中性與鹼性土中分佈較廣。綠藻類之顯著特徵是具有葉綠體，常呈草綠色，在酸性土壤中的分佈常佔優勢，在中性與鹼性土壤中亦屬常見。藍綠藻與前二者最顯著的不同點在於沒有葉綠素，色素是散佈在整個細胞質中。藍綠藻一般較喜歡生長在中性與鹼性環境下，在酸性土壤中的生長較不良。藻類可增加土壤有機質含量，也可促進通氣，另外像藍綠藻更有固氮能力。

5.原生動物：

原生動物為單細胞動物，以表土含量較多，深度超過 60cm 時即少有存在。

(三)微生物對土壤性質之影響

1.物理性質：

微生物可改善土壤構造，原因出在(1)微生物可產生有機膠結物質，促進土壤礦物粒子之膠結作用，(2)另外真菌菌絲可像網狀般將礦物粒子捆在一起而形成大團粒。微生物呼吸時會將土壤中的氧氣加以消耗並產生二氧化碳，故在有機物多且通氣不良的土壤中，旺盛的微生物活動會使氧氣濃度急速下降並使二氧化碳濃度增加，因而影響土壤空氣組成。微生物活性高時，有機物的腐植化會加速，使土壤顏色加深、變暗。

2.化學性質：

增加土壤微生物數量可提高陽離子交換容量、改變土壤 pH 值。土壤中的有機質主要來自植物殘體，這些植物殘體必須經由微生物的分解轉化，變成腐植質或更低分子的有機、無機養分，因此碳、氮等養分由有機態由微生物作用轉變為

無機態碳、氮的作用稱為礦化作用 (Mineralization)。土壤中的銨經由亞硝化菌 (*Nitrosomonas*) 與硝化菌 (*Nitrobacter*) 的作用變成硝酸的過程稱為硝化作用 (Nitrification)，反之稱為反硝化作用或脫氮作用 (Denitrification)。前所提及的菌根對磷的溶解有特殊的貢獻，如溶磷菌等。另外像硫、鐵等在土壤中的轉化都是經過特殊微生物族群的作用而產生。

(四)根圈效應

根圈(Rhizosphere)是指土壤受到根生長影響所及的範圍，常指與根表面相距 2mm 以內的土壤，係一種特殊的微環境，具有與本體土壤(或總體土壤，Bulk soil)完全不同的理化性質。根圈因根部分泌有機酸與產生代謝物質之故，所以微生物活性較高，因此 pH 值比本體土壤低，但有機質及 CEC 卻是比本體土壤高，而根圈是因為微生物活動與根的生長較為旺盛，因此其土壤溶液是容易變動且不安定的。

第六節、臺灣的土壤地理分布特徵

(一)土壤分類

樹保人員不免要面對臺灣各地樹木之生育地土壤特性的了解，因此本章概略將臺灣地區的土壤特性做一介紹，但為減少學習者的負擔，在此僅介紹美國土壤分類系統(Soil Taxonomy)中最高級綱目的十二個土綱特徵(表一)，然後對比臺灣各種農業書籍沿用多年且一般人較熟知的土壤類別名稱，再依地形說明不同類別土壤在樹木生長上的要點。

美國土壤分類系統中，共有十二個土綱，除了分布在溫帶或寒帶氣候中的冰凍土(Gelisols) 外，台灣地區即擁有十一個土綱。這十一個土綱的特徵如下：

1.灰燼土(Andisols)：

即火山灰土，有火山灰特性的土壤，包括土壤很輕、玻璃物質多、對磷吸附力強等特性，只分布在火山地形的陽明山國家公園或周緣的金山、石門、萬里等

地，灰燼土的有機質雖多，但 pH 值很低，可低於 3.5 以下。

2. 有機質土(Histosols)：

深度 40cm 以上、有機質含量大於 20%以上的土壤，主要分布於台灣高山森林中的湖泊周緣，例如鴛鴦湖、神秘湖、加羅湖等。這些潮濕的環境裡，因為林木的枯枝落葉凋落後，累積在湖泊，加上高山氣溫較低，有機質腐爛分解緩慢，因而形成有機質深厚的有機質土。

3. 弱育土(Inceptisols)：

是一種甫由母質剛化育不久生成的土壤，雖然有 B 層，但洗出、洗入作用並不明顯，是臺灣沖積平原的主要土壤，或分布在較平緩的丘陵地上，土壤厚度可在 1 公尺以上，酸鹼度不一，通常是壤質地或更粘。

4. 淋澱土(Spodosols)：

具有一層由有機質與鐵、鋁結合物質累積的裡土層，即淋澱化育層。分布在砂或壤質地的高山平坦針葉林地區，氣候冷涼潮濕，有強烈的淋洗作用。因此在雪山山脈、中央山脈及阿里山山脈等台灣中、北部的高山中比較容易發現淋澱土。

5. 淋溶土(Alfisols)：

洗出、洗入作用比弱育土明顯，B 層已有明顯的粘粒累積，但鉀、鈉、鈣、鎂等鹽基不致於流失過多，因此土壤多呈中偏鹼性，大多分布在臺灣西部沖積年代較為久的平原，例臺南市新營、柳營、六甲、善化，以及高雄市燕巢、旗山、內門等地區。

6. 極育土(Ultisols)：

淋洗強烈，化育程度高於淋溶土，不緊有粘粒累積的 B 層，且 pH 值均呈酸性或強酸性，鹽基性離子多已流失，所以肥力較差。分布在臺灣各種地形穩定的森林與臺地。

7. 氧化物土(Oxisols)：

土壤已經化育至少數數十萬年以上，可以說是各種類型土壤化育的最終階

段，土壤礦物僅剩下氧化鐵、鋁與抗風化能力較強的高嶺石與石英，又酸又粘且土層可達 2 公尺以上，是紅土臺地的最典型土綱。

8.膨轉土(Vertisols)：

含有 30%以上的粘粒含量，蒙特石等膨脹性粘土礦物含量多，會隨著土壤水分含量不同而呈現膨脹收縮的特性，潮濕時地面突起，乾燥時容易龜裂。分布在花東縱谷內的富里、池上、關山等地區，以及海岸山脈長濱、成功、東河等地區。

9.黑沃土(Mollisols)：

有機質多且鹽基含量高的礦質土壤，呈中偏鹼性，土壤肥力很高。主要分布在東部海岸山脈兩側的海階臺地與縱谷平原。

10.旱境土(Aridisols)：

土壤乾旱且為鹽化土壤，在嘉南沿海地區，雨量少，日照強烈，土壤因蒸發作用的緣故，累積了大量的可溶性鹽類，導致土壤構造較為緊密而堅硬的鹽土。

11.新成土(Entisols)：

最年輕土壤，在任何不穩定的地形中，例如陡坡、三沖積扇、新沖積平原等地，通常土層很淺或整個土壤剖面的層次變化不大，也沒有任何 B 層存在的土壤，均可歸類為新成土，並無一定的土壤特性。

表 4-1 將臺灣各種農業書籍沿用多年的舊分類系統與美國土壤分類系統之土綱做一對比，方便學習認知。

表 4-1、臺灣新舊土壤分類名稱之對照

舊土壤分類名稱	美國土壤分類系統之土綱
石質土	新成土
灰壤	淋澱土
灰化土	弱育土、淋澱土
崩積土	新成土、弱育土
黃壤	弱育土、淋溶土、極育土
紅壤	淋溶土、極育土、氧化物土
黑土	有機質土、灰燼土、黑沃土、膨轉土
新沖積土	新成土、弱育土
老沖積土	弱育土、淋溶土
臺灣粘土	弱育土、淋溶土
鹽土	新成土、弱育土、旱境土

都市中的土壤，是受保護樹木常有的生育地點，因此本章特此說明都市土壤 (Urban soil) 的特徵如下：都市土壤因為經過人為擾動，例如堆置、排土，甚至回填石礫、營建構造物碎塊(水泥、磚塊等)，已不具有上述自然化育作用所構成的化育層特徵與層序，因此特別稱之人為土(Anthrosol，此名詞並非美國土壤分類正式類別)。所以，人為土即是指受人類各種活動(農業、工業或民生)影響，導致土壤改變自然化育的形態特徵、理化性質與化育層次，且因回填碎石、磚塊及客土等使原土壤被埋藏於道路、建築物下方。因為受到人為影響，臺灣的都市人為土的一般特徵是，構造緊密、透氣性與透水性不良、缺乏有機質、微生物活性低。

(二)臺灣主要地形的土壤生成概述

高山地帶：主要指 1500 公尺以上之山區，屬濕潤溫帶氣候，雨量豐沛，蒸發量低，無顯著乾旱季，淋洗作用強烈，通常成土作用為不同程度的淋澱化作用，大致而言，南部因氣溫高故淋澱化較北部為弱，高山較低山為強。三千公尺以上之高山，雖以針葉林為主，但因母岩質地較細，岩基含量較高，灰化作用進行亦相當緩慢，且坡度陡峻，沖蝕快，無穩定發育機會，可能很難發育成標準淋澱土，

往往生成弱育土或極育土，甚至含石量多的新成土。

1.丘陵地帶：

北部為大約海拔 1000 公尺以下的麓山帶，屬濕潤暖溫帶至亞熱帶氣候，天然植物為闊葉林或針闊葉混合林下，土壤母質以砂岩居多，由於紅土化作用的影響，較易生成紅黃色的弱育土。地形對於土色亦有很大的關係，即處平緩坡、排水較緩之處多為偏黃的弱育土，而在排水良好之起伏坡地者則是紅色的極育土。南部丘陵地帶則海拔約 500 公尺左右，常有石灰性泥岩或泥質頁岩層存在，且其天然植物為落葉樹及灌木，洗出、洗入作用不明顯，多生成棕色的新成土或弱育土。

2.臺地地形：

包括紅土礫石臺地、南部三百公尺以下的低地丘陵、北部火山岩區熔岩流、外圍的海蝕臺地等，在濕潤亞熱帶具有明顯乾濕季氣候下，可能因紅土化作用生成典型粘性、低 pH 值的極育土。除此之外，所有紅土礫石臺地，都屬性質相似的典型極育土居多，例如埔里附近，甚至頭前溪、大甲溪、立霧溪等中、上游，海拔高至 1500 至 2000 公尺之平坦森林，仍可看到類似桃園、中壢臺地的極育土、氧化物土。

另一方面，北部低地丘陵與海蝕臺地，可發現近似的紅壤於火成岩母質之上，這些地方的氣候，長年都較濕潤，而該火山岩皆屬安山岩或安山岩質集塊岩為主，較容易生成紅壤，即極育土。

3.沿海鹽分地帶：

鹽分地土壤是沖積土，分類上屬旱境土，受海水浸泡和含鹽海風影響，造成可溶性鹽類聚積而生成。一般而言，地勢較低，地下水位高，排水不良，且屬於強烈旱季帶氣候，蒸發量大於降雨量，旱季由於水分蒸發，易將鹽類聚積於表層土壤。

4.臺灣粘土地帶：

臺灣粘土，早期農民俗稱看天田，位於嘉義與臺南較為內陸的平原地區，例如水上、白河、東山、新營及柳營等地，在過去的地質時代中曾經有許多湖泊的分布，但是隨著氣候的變乾，湖泊的底泥便逐漸形成陸地上的土壤，它的特點是質地粘重，剖面中具有堅硬而大塊的柱狀構造，而且鹽基性離子含量很高，多屬弱育土與淋溶土。

(三)主要土壤分佈概況

平原沖積土：除了海邊的風積砂丘外，受到沖積作用的影響，是觀察平原土壤時需要考慮的重要因素，也就是說平原土壤的剖面常常可以看到非常清晰的層理，是近代或過去 1 萬年以來的河川水流所堆積成不同的沖積物所形成的。平原地區愈靠近河川現今河道的地區，土壤厚度就愈淺薄，質地也較為粗糙。許多平原土壤剖面下方所覆蓋的，多半是經過河水淘洗過的卵石，如果淘洗的程度愈高，卵石的粒度就愈均勻，表示沉積作用較為穩定，當然也使土壤能夠有較穩定的生成作用。反之，河水淘洗的程度較差的話，表示土壤是處於較不穩定的化育狀態，主要的平原土壤分述如下：

1.蘭陽平原土壤：

蘭陽平原土壤的母質是來自雪山山脈的粘板岩沖積物所堆積而成，小部分是片岩沖積物，鐵含量較低，所以土色灰暗，質地較為細致，在一些排水不良的地區，硫化鐵的出現甚至使土壤呈灰藍色的，例如礁溪、壯圍等地，而在排水良好的地區，因為鐵逐漸從母質釋放出來並氧化後，使土色偏向淡黃色。由於粘板岩沖積物含有較多的鈣與鎂，因此蘭陽平原的土壤是中性及偏弱鹼性的，如果做為水田利用，那麼土壤 pH 值就會趨近中性。一些鹼性的土壤含有石灰物質，若以稀鹽酸滴在土壤中，會產生二氧化碳的氣泡。

2.彰化平原：

與蘭陽平原一樣，土壤母質仍以粘板岩沖積物為主即較偏中鹼性，而由濁水溪從中央山脈挾帶而來，靠近大肚溪的地區則有少部分是砂頁岩沖積物，較偏酸

性。不過濁水溪與臨近河川在彰化平原上歷經數次改道，土色灰暗，如果參雜砂頁岩沖積物則土色會偏黃或偏紅且呈弱酸性，但具有石灰性的土壤面積比蘭陽平原要大的多，而且常可發現如珊瑚碎塊般的石灰結核。彰化平原沿海地區，更可見到海岸線倒退後所留下的厚層沙土，是很年輕的土壤，鹽度稍高。

3.嘉南平原：

含蓋雲林、嘉義與臺南等平原地區，土壤母質較為複雜，在接近濁水溪河岸的地區，主要母質以粘板岩沖積物為主，粘板岩沖積物顏色灰暗，不僅使濁水溪因水色混濁而得名，也使得沿岸的平原土壤呈現灰色。由這些粘板岩沖積物所形成的土壤，酸鹼度也是以中性或弱鹼性的為主，甚至已有石灰結核的產生。再往南的區域，母質由北港溪、八掌溪、鹽水溪及曾文溪等沖積物混雜著砂頁岩碎屑物質所組成，所以土壤 pH 值變的比較低，土色偏黃。位於嘉義與臺南較為內陸的平原地區，則以上述臺灣粘土為主。另外在二仁溪沿岸，母質則以泥岩沖積物為主，生年代較小且會化育成與鄰近濁水溪的土壤類似，不過因泥岩中鈉含量較高，使土粒不易膠結成團粒構造，地表受雨水沖刷時，常可見到大小規模不一的沖蝕溝，是一種惡地形，土壤保水力很差，植物也不容易生長，也就是所謂的「月世界」。至於沿海地區，雨量較少而日照強烈，此時土壤性質已和原來的母質關連性不大，因為強烈的蒸發作用使土壤累積了大量的可溶性鹽類，成為典型的鹽土，是臺灣旱境土主要分布的區域。

4.高屏平原：

北端母質仍以泥岩沖積物為主，所以土壤在顏色、粒徑與理化性質上和嘉南平原二仁溪沿岸類似，而在上游的田寮、內門與旗山等地區，仍常可見到月世界土壤，在高屏溪沿岸的母質已轉變成粘板岩的沖積物，因此土色會轉為較深暗，但高屏溪的上游會流經砂頁岩的地質區，因此一些位在上游平原谷地的土色較為淡黃，而 pH 值也較低。至於東港溪、林邊溪沿岸一直到枋寮，均為典型的粘板岩沖積土，不過這個區域的平原土壤地勢較低窪，加上過度抽取地下水造成地

層下陷與沿海養殖漁塭的影響，土壤鹽化相當嚴重。

5.花東縱谷平原：

主要為片岩沖積土，母質來源自中央山脈的花蓮溪、秀姑巒溪、卑南大溪及其支流沈積物為主。南段臺東谷地混有粘板岩物質，北段花蓮一帶則受石灰岩影響較大。此類土壤特徵為，粉砂質，含有多量雲母碎片。土色表土為淡藍灰色至淡橄欖灰色，底土為灰黃至橄欖灰色；臺東、玉里一帶多呈微酸性至中度酸性反應，鳳林以北為弱鹼性反應。

6.臺地土壤：

臺灣的臺地主要有三種類型，即洪積母質臺地、珊瑚礁石灰岩臺地與玄武岩臺地。前面所介紹的平原土壤，是由近期的河川沖積物堆積所形成的，但是如果這些沖積物是堆積自一萬年前以上的話，再經近代的抬起作用，我們特別稱這種河川沖積物所形成的土壤為洪積母質土壤，是臺灣位處熱帶地區最具代表性的土壤類別。洪積母質臺地在三種類型中分佈最廣，但海拔高度差異也很大，自百餘至千餘公尺，但大部分在 250 至 400 公尺左右。由於臺地土壤堆積的年代較平原早，位置也較高，排水良好，有足夠的時間慢慢將大顆的土粒風化成更小顆的，土壤剖面的層理已經消失，最後更因為累積大量黃褐色或紅色氧化鐵的緣故，致使臺灣地區在臺地上所見到的土壤，均以紅土為主。臺灣地區面積較大的洪積母質臺地有林口、桃園、中壢、楊梅、關西、湖口、后里、新社、大肚、八卦、斗六、民雄、埔里、恆春、鹿野及舞鶴等，共同的特徵是 pH 值極低(可達到 pH4.5 以下)，質地粘重，土層很厚，可高達 5 公尺以上，水分滲透速率很慢，如遇豪雨時抵地表很容易匯集逕流水或發生土壤沖蝕現象，不過保水能力及保肥能力很強，高嶺石、石英、氧化鐵與氧化鋁等屬於風化最後階段的礦物含量較多。

至於珊瑚礁石灰岩臺地，主要分布在北迴歸線以南，原是在大陸棚及熱帶、亞熱帶淺海地區，由造礁珊瑚與其他生物遺骸所組成的石灰質岩礁，珊瑚礁石灰岩體在更新世期間生長於逆斷層的高處地點上，在受到構造運動後，這些珊瑚礁

石灰岩體受到擠壓而隆起，因此形成了珊瑚礁石灰岩台地地形。珊瑚礁石灰岩規模最大的莫過於恆春半島，其次像屏東外海的小琉球，則是整個島嶼大部分是珊瑚礁石灰岩台地，另外面積較小的還有崗山與田寮附近的大崗山與小崗山、鳳山的大坪頂、高雄市的壽山及柴山等。這些土壤都因為受到珊瑚礁石灰岩特性的影響，pH 值較高，呈中性或弱鹼性，交換性鹽基的含量也較多，質地為壤質土或粘質土，部分區域受到較強的雨水淋洗作用，或是在珊瑚礁隆升過程中混雜了其他的沖積物質，所以 pH 值會較低。澎湖群島是台灣唯一的玄武岩台地，它的成因是來自海洋板塊的玄武岩質火山噴發物質所堆積的，因為玄武岩質岩漿比重大，當海底火山噴發時熔岩粘稠而不易流動，所以較能堆積成台地的地形，而且玄武岩屬於鹼性岩類，鐵的含量較高，於是風化之後的土壤顏色就會比較紅，加上母質抗風化能力比較差，所以土壤質地粘重。澎湖群島雨量少，蒸發散量大，排水良好，土壤容易聚積鉀、鈉、鈣、鎂等鹽類，以 pH 值偏高。

7.丘陵地土壤：

丘陵地土壤主要為新成土與弱育土，但坡度較陡急之處為含石量多的新成土，即石質土。由於母質特性之差異，其性質亦稍有出入，粘板岩母質土壤較偏紅黃色之弱育土，而砂岩頁岩母質較淺黃或棕黃色之弱育土或新成土且 pH 值較粘板岩土壤為低。在南部的丘陵，由於砂岩頁岩互層，較為疏鬆，鹽基含量較多，因而 pH 值較中北部高。在東部丘陵地，分布著舊稱黑土之黑沃土、膨轉土，母質主要為安山岩質集塊岩風化物及沖積物質，土壤厚度可達 1 公尺以上，就 pH 值而言，表土為弱酸性，但裡土則較近中性。另一黑色土壤，即為灰燼土，發育自火山灰，表土黑色，底土由黃灰漸變黃棕色，表層有機質含量常達 10% 以上，全層呈強度酸性反應。

第七節、 土壤水分與管理

(一)土壤水的種類

土壤水是自然界中水分循環圈的一部分，而氣候、地形、土壤性質、植被等均會影響此一循環。水分子具有極性，而水分子間也會產生氫鍵，使水分表現內聚(Cohesion)、附著(Adhesion)、表面張力(Surface tension)與毛細現象(capillary)等特性。依物理性分類，土壤水分為吸濕水(Hygroscopic water)、毛管水(Capillary water)與重力水。吸濕水是包覆在土粒外的數層水膜；毛管水存在於土壤毛管孔隙中的水分；重力水則是指受重力作用而在土壤中向下移動的水分。

(二)土壤水分之能量觀念

水分管理的要領在於如何防止水分自土壤中流失，包括逕流(Runoff)、蒸發(Evaporation)、滲漏(Percolation)等，也必須避免水分在土壤中累積過多而造成厭氧狀態。另一方面，水分在土壤的吸持(Retention)與移動(Movement)；水分被植物吸收(uptake)與在植體中的運輸(Translocation)，及流失至大氣中的情形，均為能量轉移的現象，也就是這些水分的變化是能量由高往低處輸入的表現。土壤的水分含量可以水勢能(Soil water potential)來表示其能量狀態，水勢能主要有重力勢能(Gravitational potential)，與地球重力有關；滲透勢能(Osmotic potential)，與可溶鹽類含量有關；基質勢能(Matrix potential)，與土壤固相間之吸引力有關。以上三種勢能總稱為土壤水勢能，其中基質勢能與滲透能會減低整體自由能，所以是負的，此類負的勢能稱為張力或吸力。而土壤對水分吸引的能力又以「水分張力」表示，為水勢能的相反值。

土壤的潮濕程度與其水勢能的值成正比。土壤越潮濕，水勢能越高（趨向正值），水分張力越小，此時水分子與固相間的引力較弱；相反的，土壤越乾燥，水勢能越低（趨向負值），水分張力越高，此時水分子與固相間的引力較強。細質地土壤毛細管較多，能吸收較多水分(即水勢能易處於較負的狀態)，反之砂質地土壤則較少。構造良好的土壤因毛細管完整，能吸較多的水，而構造差的土壤吸水能力較差，尤其是壓實過的土壤。

水勢能可以以壓力單位水柱高度(cm)表示，在數學上常取水柱之對數值(pF)

表示之。一大氣壓約略等於 $1\text{bar}=1000\text{cm 水柱}=\text{pF3}=100\text{kPa}$ 。pF 值愈小，吸力或張力愈小，自由能愈大，水分含量就愈多。當 $\text{pF}=0$ 時，表示土壤不再吸引水分，亦代表土壤水飽和狀態，所以的孔隙，包括大孔隙(非毛細管)與小孔隙(毛細管)，均充滿水分；當水勢能達到 $1/3\text{bar}$ 之前，無法抵抗重力之大孔隙內的水會流失殆盡，直至 $1/3\text{bar}$ 時，儲存在土壤中的水均是毛細管內的水，亦即可抵抗重力吸持在土壤中水分的上界，稱為田間容水量(Field capacity)，此時土壤有足夠的水與空氣供植物生長，這是控制土壤水分狀態最理想的水勢能。當水勢能維持在 $1/3\text{-}15\text{bar}$ 之間時的水分，均存在孔隙不一的毛細管中，偶會發生缺水的暫時凋萎，如適時加以給水，植物又恢復生長，因此稱為暫時凋萎點(Temporary wilting point)，所出現的水勢能值視不同樹種對水分需求而異。不過待土壤乾燥達 15bar 時，土壤對水分的吸力大於根對水的吸力，故水分供應已無法滿足植物生理需求而呈永久凋萎狀態，即永久凋萎點(Permanent wilting point)，也稱為凋萎係數(Wilting coefficient)。

飽和、田間容水量、凋萎係數這三個管理土壤水分最重要的水勢能值，可以圖 4-4 呼應本章第一節所提到，維持土壤三相平恆的重要性。也就是說，不管任何質地的土壤，水勢能控制在 $1/3\text{-}15\text{bar}$ 之間，是最理想的土壤水分狀態，而將 $1/3\text{bar}$ 時的含水率減去 15bar 時的含水率，即為植物有效性水分 (Plant available water)。如果太潮濕而低於 $1/3\text{bar}$ ，需注意土壤可能開始缺氧而還原；反之，土壤過於乾燥而近 15bar ，則恐有永久凋萎之虞。

將土壤不同水分含量對應其水勢能所構成的曲線，稱為土壤水分特性曲線 (Soil water characteristic curve)。但是，取同一土壤將其逐漸加水至飽和所做成的土壤水分特性曲線，與將其由飽和狀態而逐漸脫水所做成的土壤水分特性曲線並不盡相同，這種現象稱為遲滯效應(Hysteresis)，這是因為受到土壤孔隙大小不一致、空氣進入孔隙中、或膨脹收縮造成土壤孔隙改變之影響，造成土壤構造改變，使得吸水與脫水時的水分狀態不同，所以土壤灌溉加水與排乾過程的水量並

不一致。測定土壤水勢能最常見的是張力計法(Tensiometer method)，張力計之原理是利用多孔陶瓷杯(Porous ceramic cups)中水勢能隨外圍張力而變化而製成，水勢能大小直接從標度盤刻度變化而得之。利用張力計可在田間監測土壤水分變化，以決定灌溉或排水。

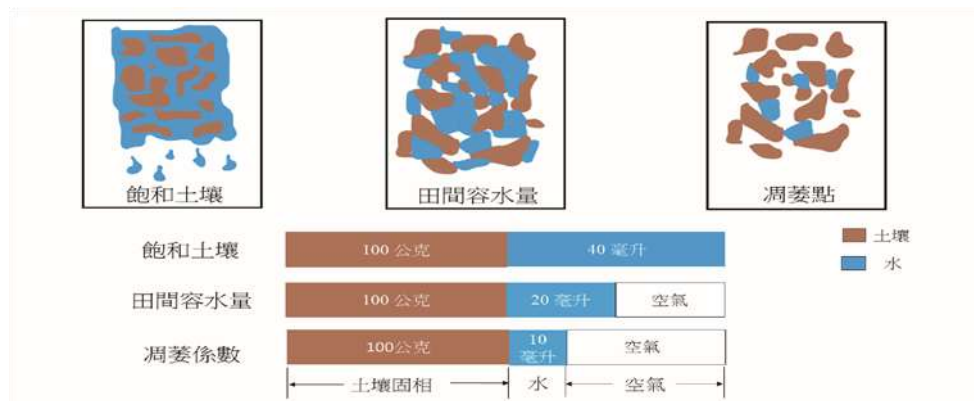


圖 4-4、不同土壤水分含量下的水勢能(繪圖：許芷晞)。

(三)土壤水分的控制

田間的土壤水分管理目的主要在於如何調整水分到最恰當的程度以供樹木生長之餘，亦可節水，為有一整體性概念，可先從簡單的水文循環來了解，即自然條件下，降雨是唯一的水源，而主要的輸出為蒸發散與滲漏，兩者的差是該土壤能儲存的水，如有不足，則須倚賴灌溉，反之過剩的水則需要加以排乾(圖 4-5)。至於灌溉與排水的掌握，是由水分在土壤內部如何流動所控制的。簡單的說，任何會影響土壤孔隙大小與連續性或是構造的因子，都會影響水分傳輸。不過，依水分多寡，土壤中有三種型式的水分流動，包括飽和水流動(Unsaturated water flow)與蒸氣流(Vapor flow)。

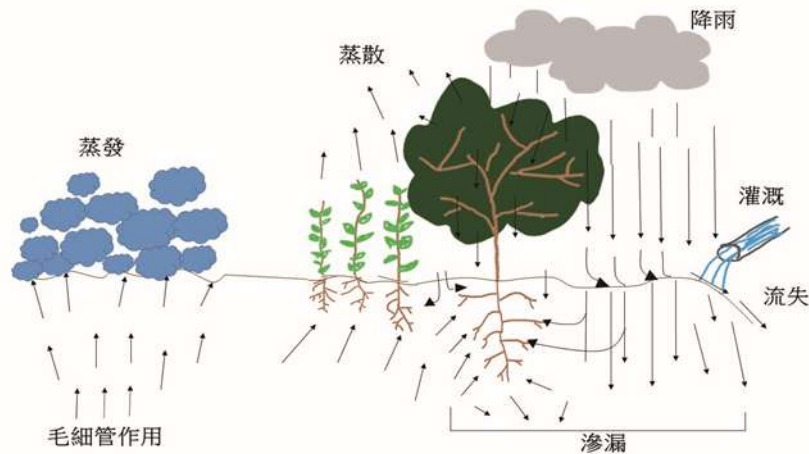


圖 4-5、水分在土壤、植物與大氣之間的循環(繪圖：許芷晞)。

飽和水流動是指保持在所有孔隙均充滿水分情況下的水流，可以達西定律 (Darcy' s law)加以描述而得到飽和導水度(Water conductivity, Ksat)，簡單的 Ksat 值大小如下：砂土的 Ksat 值約為 20-35cm/小時，水分傳導快速而易流失；壤質地土壤，尤其做為都市林園用之中質地土壤，最適 Ksat 值約為 2.0-10cm/小時；當 Ksat 值約小於 1.0cm/小時時，即屬粘質地或壓實明顯的土壤，水分不易排開。飽和水流動常發生在暴雨及大量灌溉後，但取決於土壤孔隙與水力梯度 (Hydraulic gradient)。另外，這種飽和水流動往往是農藥及肥料向地下水層移動的主要途徑。不飽和水流動是較乾燥土壤的主要方式，多以偏好集中在大孔隙為主的優勢流或選擇性流動為主，而非橫向填滿土壤孔隙後才往下移動，好發於水勢能 0-0.1bar 左右由基質勢能梯度(Matric potential gradient)所引起，所以在細質地土壤較易發生。蒸氣流的方式在乾季較易發生，水分在土壤以氣態方式散逸至大氣中。另外，值得一提的是都市化的土壤條件，例如公園、庭院與人行道等，分層(Stratified layer) 土壤易造成土壤內部水分流動障礙，係指上、下層間之土壤質地差異大，即質地途變，造成水分傳輸時因毛細管的不連續性而受阻，會特別累積在分層交界處。

灌溉的方法，依田間灌溉效率(Field water efficiency) 由高至低分別為滴灌、

噴灌與表面施灌，原因是低灌與噴灌是少量多次地將水分供應給可抵抗重力的毛細管而保持在土壤中，施灌則會大量損失重力水。田間灌溉效率則被定義為水分蒸發量與水分施用量的比值，比值愈大，效能愈高。至於水分自土壤表面的蒸發，可有以下措施加以改善，包括利用表面草生植被或敷蓋材料，例如木屑、廐肥、稻桿、樹葉、作物殘體等，除了保水外，這些措施還有減少土壤傳播性疾病散佈、提供民眾利於行走的步道、降低雜草生長、保持土溫、提供土壤有機質與植物有效性養分、提供蚯蚓良好生長環境並降低揚塵與土壤沖蝕等功能。相較於灌溉，一般的排水方式乃以明管或暗管施工作為來進行。

第八節、自我檢視

- 1.土壤固、液、氣三相比例平衡的重要性。
- 2.土壤化育層的排列層序對根系生長的影響。
- 3.土壤顏色變化所指示的通氣與排水程度。
- 4.質地對土壤保肥力與保水力的影響。
- 5.土壤構造類別所代表的土壤特徵。
- 6.影響土壤通氣性的因素。
- 7.酸性土壤所產生的植物生長障礙。
- 8.受鹽害的鹼性土壤可區分為那些類別。
- 9.何謂植物營養必須巨量元素、微量元素。
- 10.碳/氮比的高低對有機質品質的影響。
- 11.土壤動物類別對土壤性質的影響。
- 12.微生物活性對土壤性質的影響。
- 13.臺灣不同土壤類別的酸鹼性與母質特徵。
- 14.土壤水分的能量觀念。
- 15.減少水分自土壤蒸發的措施。

第九節、重要詞彙

Active acidity 活性酸

Aerobic 好氣性的

Alfisol 淋溶土

Anaerobic 厭氣性的

Andisol 灰燼土

Anthrosol 人為土

Aridisol 旱境土

Bioavailability 生物有效性

Bulk density 總體密度

Capillary 毛細作用

Cation exchange 陽離子交換

Clay 粘粒

Electrical conductivity 電導度

Entisols 新成土

Essential elemen 必須元素

Evaporation 蒸發作用

Field capacity 田間容水量

Gelisol 冰凍土

Histosol 有機質土

Humus 腐植質

Inceptisol 弱育土

Mineralization 礦化作用

Mollisol 黑沃土

Nitrification 硝化作用

Nitrogen fixation 固氮作用

Oxisol 氧化物土

Particle density 顆粒密度

Particle size distribution 粒徑分布

Percolation 滲漏作用

Plant available water 植物有效性水分

Potential acidity 潛性酸

Priming effect 促發效應

Rhizosphere 根圈

Runoff 逕流

Saline soil 鹽土

Soil aeration 土壤通氣性

Soil fauna 土壤動物

Soil horizon 土壤化育層

Soil microbes 土壤微生物

樹木保護專業人員教材

【中級】



第五章 生育地環境分析

張育森 / 曹明利



共同科目

第五章 生育地環境分析

第一節、前言

樹木是都市植栽景觀中最大、最具活力且長壽的元素。多樣化的樹形、花朵、果實、四季變化的葉色及多變的樹皮，都能美化並豐富我們的生活。樹木具有提供氧氣、固定二氧化碳、淨化空氣、遮蔭和營造生態環境等功能；樹木還有降低噪音、偏轉風向和遮擋不良的視野的效果。另外樹木枝葉可以截留雨水，減少雨水直接沖擊地面所造成的地表逕流，可保護土壤免於沖蝕。此外，樹木甚至有舒緩心理壓力、降低犯罪率及縮短病患的恢復期等正向心理的療癒效益。

然而，我們往往將樹木帶給我們的種種好處視為理所當然，並不瞭解樹木要發揮其良好的效益，需要先做好樹木生育地的環境分析，再根據生育地情況選擇適當的樹木種類和優質的苗木；如果生育地基盤不盡理想，也應做好土壤基盤改良。

影響樹木生長環境因素包括生育地位置、周邊環境、風、日照、地形與坡度、土壤、動物棲息或危害、植物附生與樹勢狀態等。樹木生長環境多元樣貌且又受環境因子影響甚鉅，針對保護樹木在生育地環境調查分析時，樹木保護工作人員能對生育地自然環境因子與周邊環境微氣候特性掌握，有助於針對樹木生育地條件掌握，亦能因地制宜的提供樹木應有的維護與保護是本文核心功能。本文將針對上述課題，進行較深入的探討。

樹木生育主要有生物因子與非生物因子及都市環境及微氣候之影響，在生物因子例如動物、植物、微生物、人的影響，在非生物因子如、空氣、光線、礦物質、風與大氣、雨量、火、汙染物、土壤與地形地貌、都市環境微氣候等。

第二節、環境因子對樹木生育的影響

影響樹木生育之主要環境因素有光線、溫度、水分、土壤和空氣(風)等。此

等環境因素交互影響而對樹木發生綜合作用。

(一)日照

光為樹木生育上不可或缺之要素。光的強度、光的持續時間(日長、光週期)，光質(波長)等光的種種屬性，對光合作用或花芽形成、莖之伸長、分枝等形態之形成發生顯著的影響。

1.光強度

光合作用的速度與光強度成比例，但光強度到達某一程度以上，則光合作用速度就不再增加，此時之光強度稱為光飽和點(Light saturation point, LSP)。光飽和點因樹木種類而異，光飽和點高之樹木喜好較強的光條件，而被稱為陽性樹木。光飽和點低的樹木，在光弱之處亦能生育，而被稱為耐陰性樹木。此外，光合作用速度與呼吸作用達平衡狀態，而令實質的光合作用速度變成 0，此時的光強度稱為光補償點(Light compensation poin, LCP)。光補償點因樹木的種類、年齡、季節等而異。耐陰性樹木、陰葉比陽性樹木、陽葉的補償點低；亦即補償點愈低之樹木，愈能在弱光條件下生育。一般陽性植物(Sun plants)光補償點為 500～1000lux，耐陰性植物(Shade plants)低於 500lux。

光強度較低則致使植株生育不良，或導致葉片黃或節間之異常伸長。樹木生存所必需之最起碼的受光量稱為最少需光量。此即為群落內或樹冠內最下層樹木葉所受的光強度，通常以到達該群落或樹冠最上層的光強度之相對值(相對照度)來表示。相對照度在陽性樹木約為 10~25%，耐陰性樹木約為 0.5~5%，低於此樹木不僅生育不佳，生存亦有困難。

樹木在過密狀態下，在群落內或樹冠內最下層部位之葉，其受光強度在最少需光量以下，則樹冠內之枝葉枯損，或樹木的光合作用速度下降，致使枝幹軟弱或徒長。此時必須進行間拔或修剪作等管理作業以提高受光效率，促進光合用有效進行。

光強度過強，樹木亦受種種害處。例如將極耐陰性樹木栽植於日光直射處，

則生育減緩，有時甚至枯死。同時，若在移植之際，剪除樹木外圍枝葉，則樹幹受到陽光曝曬，而發生樹皮燒傷的日燒現象。在樹林地，當上木(Upper tree)突然被採伐時，由於陽光之直射，遂使陰樹之幼樹或下草(Under plant; Bottom weed)，由於光線過強而生育不良，甚至枯死。

2. 日長(光週期)

所謂日長係指一天中日出到日落的時間長度，而對樹木的生長和開花結實，或對鱗莖、塊莖植物等無性繁殖器官之形成發生很大的影響。一般長日條件下，促進樹木枝葉的生長；短日條件下，促進樹木落葉、休眠以提升耐寒性。日長條件不但對樹木的生育發生影響，也由於地球緯度不同而各異，對樹木之分佈也發生影響。

日長對樹木的花芽分化與開花發生很大影響。樹木對日長開花反應因樹木種類而異，通常可分為下列三種類型，即(1)長日性植物(Long-day plants, LDP)：日照長(12 小時以上)，則其花芽之分化或開花被促進的樹木；(2)短日性植物(Short-day plants, SDP)：日照短(12 小時以下)，則其花芽之分化或開花被促進的樹木；(3)日中性植物(Day-neutral plants, DNP)：其開花與日照長度無關的樹木。

3. 光質(波長)

對樹木生育關係密切之光不只是可見光線(400-700nm)，也包括近紅外光、紫外光等範圍之光譜。易為樹木葉吸收而有效利用在光合作用的光，是以紅色光和藍色光為主。反之，綠色光在光合作用上被利用得極少，利用此原理，在旱田的雜草防治上，有時用綠色的塑膠膜來做地面覆蓋(Mulching)。此外，藍光到紫外光會抑制生長；而遠紅光會促進生長，因此樹蔭下，由於紅、藍光被樹葉吸收較多，而通過較大比例的遠紅光，因此樹木下層植栽會有徒長現象。另外在樹木的向光性方面，受藍紫光影響較大；而與光週期效應有關的現象(如種子發芽、開花)受光敏素所調控，則以紅光、遠紅光的影響為主。

(二)溫度

大氣的溫度即為氣溫。氣溫為左右樹木光合、呼吸、蒸散作用等代謝活動及樹木發芽、成長、開花、結實、休眠等發育之重要因子。然而，倘若溫度過低或過高，就會導致種種障礙，影響樹木的生育。

一般樹木之生育、生存與溫度關係如表 5.1 所示。各種樹木的成長量達最大限的溫度範圍稱為最適生育溫度；樹木開始可以生長的溫度稱為最低生育溫度；溫度升至某一定程度，成長速度開始下降，終致停止生育，此種溫度稱最高生育溫度。另有引致樹木死亡的最低致死溫度和最高致死溫度(表 5.1)。

表 5-1 樹木生育與溫度(°C)之關係。

樹木種類	最低致死溫度	最低生育溫度	最適生育溫度	最高生育溫度	最高致死溫度
熱帶常綠樹	5~-2	15	25~30	40	50~60
亞熱帶常綠樹	-6~-15	10	20~25	35	50~55
溫帶常綠樹	-25~-40	10	15~25	35	50
常綠針葉樹	-40 以下	10	15~25	35	44~50

(資料來源：參考文獻第 65 項)

此等稱為溫度的三基點(或五基點)，因樹木種類而異，多半與原產地之溫度條件一致。亦即，熱帶樹木之溫度三基點通常較高，而寒帶樹木則較低。在重要作物的最低、最適、最高溫度大致已究明，但在綠化用樹木方面，大半的樹木仍缺乏正確的資訊。

此外，氣溫降到一定溫度以下，則因低溫而發生樹木體被凍結的凍害，或受到風伴隨低溫而發生的乾燥災害(寒風害)。對低溫的耐性亦因樹木而異。在熱帶樹木，於 15-10°C 下，已有可能受到低溫為害；而寒帶、溫帶樹木則有能耐-10°C 以下者。因低溫而致枯死的溫度稱為最低致死溫度；反之，當氣溫升至一定溫度

以上，則發生乾灼，或原生質凝固，而細胞死亡，致死的高溫稱最高致死溫度。

樹木分佈並非決定於一時的氣溫狀態，而受一定期間之溫度總和所左右。將一定期間內之溫度依某種基準予以計算，並將其數字化者稱為積算溫度 (Accumulated temperature)。在積算溫度中，有暖度的指數與冷度的指數。暖度的指數，係將樹木之生育溫度視為日平均氣溫 5°C 以上，由各日的平均氣溫扣除 5°C 予以積算而成，以月 $^{\circ}\text{C}(\text{m.d.}; \text{Month degree})$ 來表示。同樣地，冷度指數，係就月平均氣溫 5°C 以下之月分，與 5°C 之差予以積算，而以負數表示。暖度指數與森林帶之關係為：亮葉(照葉)樹林帶 85 m.d. 以上，溫帶落葉樹林帶為 85~45(55) m.d.，常綠針葉樹林帶為 45(55)~15 m.d.。簡言之，榕樹、樟樹等常綠闊葉樹森林，分佈於 85 m.d. 以上之地域；山毛櫸、楓樹等落葉闊葉樹森林則分佈於 85~45(55) m.d. 之地域，檜木、冷杉等常綠針葉樹森林分佈於 45(55)~15 m.d. 之地域。

各種樹木依溫度與降水量—尤其在多雨國家，溫度成為支配因子—而自然分佈的狀態稱為自然分佈或天然分佈。同時，由人工植栽的樹木分佈的狀態稱為植栽分佈。與自然分佈相同，植栽分佈因溫度而其範圍受到限制，但通常比自然分佈更廣闊。藉查知其自然分佈、植栽分佈，可以反過來推測該樹木之可能生育溫度範圍。

(三)水分

臺灣島每年的雨水量相當大，平均年降雨量為 2515 毫米，是世界平均雨量的 3 倍之多，但是伴隨著季節、位置、標高的不同，降雨量也隨之變化。北部、東部全年有雨，其中大基隆地區最常下雨，基隆被稱為「雨港」，由於雨量驚人，臺灣島東北角除了雨量是全島最大，放在亞洲格局更是全東亞最潮濕的地方，也是亞洲大陸上孟加拉印度雨極以外的雨極之一。但中南部的雨季，則主要在夏季的偶發暴雨，因此南部乾濕季分明。

通常，樹木分佈受限於降水量之多寡，即乾濕與溫度所規約，但在臺灣，不

論任何地域均有充足的降水量，因此樹木之分佈遂由溫度的梯度所制約。

降雨對樹木生育發生直接、間接的影響，對樹木的生育是一種甘露，但有時也對樹木生育產生負面的影響。正面影響方面：1.供給土壤水分。2.洗淨附著於樹木莖葉之塵埃等物。負面影響方面：1.物質由樹木體流失。2.妨礙生育、生理活動。3.發生倒伏等物理性傷害。4.土壤之侵蝕、流失。5.浸水之害。6.濕害。7.酸雨所引起的災害。8.葉表面病原菌的增加。由此可知，大量的降雨對樹木生育發生負面作用也不少。

然而，降雨最大的好處是供給樹木生存的土壤水分。土壤中若沒有足夠的有效水分，則不但使樹木吸收養、水分產生困難，甚至光合作用、蒸散作用等生理活動，或樹木本身之生存也成問題。

土壤水分可依其與土壤粒子與水的結合力強度分為：在土壤中因重力下降的重力水、不受重力影響而保持在土壤中的毛管水、保持在土壤中但樹木不能吸收的吸著水以及與土壤粒子成為化學結合的結合水。其中，樹木可以從根吸收、利用的以毛管水為主，因此毛管水被稱為有效水分。

當土壤中毛管水不足時，莖葉成萎凋狀態，不久樹木體本身也枯死。此種因土壤水分不足而引起之傷害稱為旱害。樹木對土壤水分不足的抵抗性，因種類、年齡、形狀之差異而不同。一般在夏季連續 15 日以上，冬季 30 日以上沒有降水，就可能開始發生旱害。建築物屋頂上的人工地盤，與自然地盤相比，由於負荷量限制，土壤厚度也受到限制，有效水分當然容易不足，因此更容易受到旱害。

土壤中的重力水若不被排除，滯留土壤中變成過濕狀態，則因氧氣不足，土壤呈還原狀態，而生成種種有害物質。養、水分的吸收受到阻礙時就發生根腐現象，樹木生育逐漸下降，有時甚至枯死。

一般而言，輕度土壤水分不足，樹木之花芽形成較為良好，對高溫或低溫之抵抗力亦加強；不過，若發生嚴重土壤水分不足，樹木枝葉發生萎凋現象時，就有人工供給水分的必要。在綠化空間中，如道路高架下植栽地，一般不能期待降

雨來供給水分的地方，亦有人為供給適當水分的必要。而在多雨的地帶，通常在綠化空間方面，與其說是供水的問題，還不如研究如何使多餘的水不滯留，而迅速去除的排水問題來得更重要。

(四)土壤

土壤為支持樹木生育之植栽基盤，在氣候條件適合的情況下，土壤狀態即為左右樹木生育的關鍵因素。

土壤因生成起源、構造、性質而分類為許多種。(此部分請參閱「土壤與水分管理」章節內容)。另外，都市內之土壤，由於人為因素而被攪亂，混入種種夾雜物而呈現與自然土壤相異的複雜樣態，此種「都市土壤」通常不利於樹木生育。再者，近年來，在建築物之屋頂等人工地盤，為謀求其輕量化，不但使用一般土壤，而且也頻繁使用配合有機、無機種種土壤改良資材的無土介質。

做為樹木生育基盤的土壤狀態，受到土壤的物理性、自然肥沃度、養分多寡、有害物質等各種因素所影響(表 5-2)。通常適合樹木生育的土壤狀態如下：

- 1.富於腐植質，且很鬆軟。
- 2.富於透水、通氣、排水性。
- 3.土壤 pH 要盡量接近中性。
- 4.含氮、磷酸、鉀等必需成分，而不含有害物質。實際的綠化空間土壤，滿足此等條件者甚少，而以具備上述部分條件者居多。尤其隨著近年來綠化空間的擴大與多樣化，具通氣、排水性不良(過濕)、保水性不良、土壤固結、有效土層不足、石礫、夾雜物過多、有效水分不足、土壤反應不適合、土壤養分不足、有害物質過多等，成為阻礙樹木生育因素的土壤環境壓的嫌惡綠化空間逐漸增加。

為有助於都市中樹木之健全生育，有必要訂定綠化土壤之改良目標值(表 5-3)，並在事前就進行土壤調查，如有某些項目未達目標值，則應考慮土壤改良對策。

表 5-2 決定植栽基盤土壤狀態之因子

物理性	粒徑組成(土性) 土壤構造硬度 礫含有量 三相分佈 假比重(容積重) 透水性 有效水分保持力	養分多寡	全氮量 硝酸態氮 有效態磷酸 置換性石質 置換性苦土 置換性鉀
自然肥沃度	pH(H ₂ O) pH(KCl) 置換酸度 陽離子交換容量 (鹽基置換容量) 腐植(全碳) C/N 比 磷酸吸收力	有害物質	可溶性礬土 鹽類濃度 (電氣傳導度) 氯離子 硫酸離子

表 5-3 綠化土壤之改良目標值(案)

項目	改良目標值
土壤硬度	山中式土壤硬度計 指標硬度 23mm 以下
透水係數	10 ⁻⁴ cm/sec 以上
有效水分	80L/m ³ 以上
固相率	火山灰土 30%以下 非火山灰土 50%以下
pH(H ₂ O)	5.0-7.5
全氮	0.06%以上
有效磷酸	10mg/100g 以上
鹽機置換容量	6me/100g 以上
置換性石灰	2.5me/100g 以上
氯離子	0.2%以下
電傳專度	1.5mu 以下
腐植	3.0%以上

(資料來源：參考文獻第 65 項)

(五)空氣(風)

大氣(空氣)之流動即為風，相當程度地左右樹木之生存、生育或分佈。適度的風促進地面蒸發或樹木蒸散，隨著這些蒸散與蒸發，由於周圍之熱量被奪去，

因而能降低樹木體溫及地面溫度，或提高養分、水分之吸收效率。此外，能使樹木的群落內，樹木枝葉間之空氣乾燥，因而抑制病蟲害發生等作用，有利於樹木的健全生育。其次，由於風之流動，空氣中之溫度、二氧化碳濃度才能經常均勻如一，或具搖動樹枝和樹葉，使得光線也能穿透到下層樹葉而使樹木生理作用正常進行。此外，風力也有幫助花粉或種子飛散之功能。由此，對樹木之分佈也有重大影響。

然而，超過一定程度之風速，則對樹木的形態、生育上有不利的影響，同時也導致枝葉枯損等傷害。在山地或沿海有強烈的常風處，樹幹向主風的方向彎曲，而成片面樹冠，樹高不伸而矮化等招致變形的成長。若超過蒲福風級 7 級風 (15~17m/Sec) 之強風，則因枝葉折損而帶來樹木的物理性災害。同時，由於其他環境因子與強風重疊，而對樹木造成如下所示的三種風害：

1. 乾風害：

特別是空氣濕度低，或土壤水分少時，樹體曝露於強風之下，因強制性的蒸散作用，樹體內之水分快速散失，致使枝條、樹葉枯死的傷害。

2. 寒風害：

特別在寒冷地，土壤因低溫而凍結時，樹體之水分吸收困難，而強風促使水分被強制從枝葉散去，導致體內水分減少，發生落葉或枝葉枯損等受害症狀。熱帶、亞熱帶的樹木，即使土壤不凍結時，也有時會因寒風害而發生落葉現象。

3. 海(鹽)風害：

在海岸地帶，樹木被含鹽分的海風吹襲，因葉面附著的鹽分堵塞了氣孔，呼吸作用受到阻礙，導致生理乾旱，因而發生組織部分枯死，甚至整株樹木枯死的現象。

第三節、生育地考量因素

專業人員在設計景觀計畫之前，會先進行植栽的生育地分析(Site analysis)。

瞭解並評估生育地現況，以確定影響的因素和條件。同時，也要明列景觀設計的功能性目標，以利選擇適合該生育地的樹木。因此，許多生育地特性都必須被納入樹木選種作業的考量中。

生育地屬性(Site characteristics)包括氣候、土壤、植樹地點、其他植栽、維護管理…等等因素(表 5-4)：

氣候或環境條件是植栽設計首先必須考量的因素。不僅包含地理分布區位的氣候，還包含植樹生育地的微氣候(Microclimate)，因為現地可能受建築物、地形、道路鋪面材料和其他周圍物體所影響。光照程度對樹木生長和生存有極大的影響。我們通常只考慮過度遮蔭(光線不足)會對某些樹種的生育造成障礙，因為許多樹種難以在低光下生長或生存，其枝條變得細長，甚至造成落葉。然而，當光照過於強烈，或從建築物及混凝土路面反射的光線和熱，也可能對一些樹種造成嚴重生長問題；有些樹種可能會因高溫產生葉片焦枯和萎凋的狀況；另有些則適應了強光和熱環境，並發育出較小且厚的葉片及凹陷的氣孔，以降低蒸散作用。

土壤條件也必須仔細考量。建議在植樹前先做土壤分析，以確定土壤質地、酸鹼值、可溶性鹽及養分水準。土壤的保水能力和排水性是最關鍵的重點之一，種植在過濕或過乾土壤裡的樹木，通常會在栽植後一年內死亡。如果土壤遭壓實，樹木的生長可能會因為植穴根部缺氧而快速衰弱。樹木管理人員必須警覺，土壤污染物如消毒劑、殺草劑、道路撒鹽(防止路面結冰)等，都可能造成生育地毒害。

植樹地點經過土壤分析後，下一步則是要考量設計準則(Design criteria)。設計準則是基於樹木預期的功能而決定。這些功能包括工程、建築和人身安全等各方面的考量，例如管制行人交通或遮掩不美觀的建築景象，以及若干氣候控制的功能，例如擋風或是遮蔽東西向的強光。另外，景觀的考量如顏色繽紛的葉片或花朵，也是設計準則的一部分，因為觀賞樹木經常成為景觀的視覺焦點。

生長空間的大小是選擇樹木類型的重要考量因素。樹木栽植位置的地上和地下空間，必須足以容納成熟後樹木的高度、樹冠幅寬度、主幹直徑和根系容量，

而不受周圍物體干擾。必須切記，許多樹種在合適的生育環境下，可以生長高達100 英呎(30.4 公尺)以上；許多樹種的樹型是樹冠幅寬度大於樹高，而其根系延伸範圍甚至會超出其樹冠幅寬度。

大型樹木是很珍貴的資產，尤其是它們所提供的涼蔭，但前提是生育地的空間能容納其長大成熟，尤其高大喬木絕對不應種植於電線下方或附近。同時，樹木若沒有足夠的地下土壤空間，會導致生長不良，根系發育常常受人行道及路肩突堤等設施所干擾。同樣道理，若了解樹木成熟時的枝條伸展寬度，就不要將樹木種得太靠近建築物，以避免破壞該建築的屋頂或牆面；另一方面，也不要種得太靠近十字路口，避免遮擋道路視線。挑選特定樹形的樹種，有時能夠解決生長空間不足的問題。舉例來說，具有狹長直立(錐形)樹形的大型樹木，通常較寬闊樹形的樹種更適合栽植於靠近建築物的地方。有些樹種的不同栽培品種會表現不同樹形，有直立形、金字塔形或是垂枝形。樹木的不同生長形態可提供多樣化的景觀效果。

樹木的根系是我們經常忽略的重點，種植地點的地下空間大小是選擇樹種的一大限制因子，而且有些樹種會在地面生成浮根，造成人行道路面毀損和草坪割草機使用的不便。因此植樹地點若是在都市裡，尤其是行道樹的種植，可能成為最大的挑戰。因為都市的地下空間通常都很狹小，且原有的土壤被嚴重擾動，土壤可能極度壓實，酸鹼值和含水量皆可能不適當；再加上高反射光和熱的逆境、撒鹽除冰的毒害，以及人為破壞的威脅…等。這也說明為何都市林樹木保護人員必須費盡心力地尋找可以在都市存活下來的樹木；適應的樹種若還要符合設計準則，更幾乎是不可能的任務，因為有些都市的生育地根本就不適合種樹。

有些樹種水分需求量較其他樹種高，當進行景觀設計時，應注意補充灌溉或排水系統，尤其栽植後第一個和第二個生長季，必須確保足夠的水分供應。另外，有些樹種需要定期修剪；較明智的選擇，是儘量避免栽植需要密集維護管理(定期灌溉、修剪、病蟲害防治或是清除果實)的樹種。生長快速的樹種通常能忍受

貧瘠的土壤，以及所有權人的疏於照顧；且這些樹木能迅速生長到一定的大小，以能提供特定功能，如遮蔽和涼蔭。然而，生長快速的樹木通常材質較脆弱，且容易產生具內生樹皮的分岔枝條，導致內部腐朽，枝幹易被暴風雨折斷，其壽命通常較生長速度適中的樹木為短。

表 5-4 生育地特性

生育地特性	
氣候	耐寒性區域 降雨/降雪 日照/其他光照 盛行風 曝曬
土壤	酸鹼值 土壤質地 容積密度 陽離子交換能力 營養分析 土壤量
植樹地點	建築物與其他構造物 混凝土硬鋪面 未來土地開發計畫 上方和地下水電設施 生育地的預期利用 植物的預期功能
其他植栽	樹木和灌叢 植物基床 地被植物/草花 草坪
維護管理	灌溉 栽植後養護 持續性維護
其他需求	

(資料來源：參考文獻第 75 項)

第四節、臺灣的氣候與環境

臺灣位於地球上最大的陸塊(歐亞大陸)及最大的海洋(太平洋)交界，地跨熱

帶與副熱帶季風氣候區，是季風最活躍的地區，同時受北邊中緯度天氣系統(例如鋒面、冷氣團)及南邊的熱帶天氣系統(例如颱風熱帶性低氣壓)影響。

臺灣平均氣溫的季節變化成對稱的分布，最低溫在一月下旬至二月初，平均溫度為 18°C 左右，然後開始向上爬升，最高溫發生在七月，平均氣溫在 33°C 左右。氣溫的高低與地理分布位置有密切關係，所在地緯度愈高，冬季的平均氣溫愈低；但是溫度隨緯度變化的特徵在夏季並不明顯。

一年當中以北部的氣溫變化幅度最大。東部氣溫的季節變化特徵和北部相似，但變化幅度比較小。受到地形的影響，通常氣溫會隨高度增加而下降，山區溫度比平地來得低。在夏季時，氣溫受地形的影響比較明顯。

臺灣本島冬季有受大陸冷氣團所衍生的東北季風，夏季有來自印度地區之西南季風，在季節變換之際，季風的交替甚為明顯。且由於緯度、地形、海拔、山脈走向、局部地形、洋流、盛行季風及颱風等等各種因素，成為影響臺灣氣候的主要因素。全島年平均溫度，最低溫為 1 月份的-0.43°C，最高溫為 8 月份的 28.43°C，年均溫約為 5°C-25°C；由溫度圖層顯示，溫度明顯地與海拔呈現正相關。

(一)氣候與植物分布

臺灣因中央山脈的阻隔，各區域雨量有不同的季節特徵。北部地區逐漸進入 2 至 4 月的春雨季，中部地區及東部地區在春雨的雨量亦比 12 到 1 月增加，南部地區在春雨時節的雨量，仍延續秋冬以來不易雨的特色。5 至 6 月的梅雨在臺灣西半部是僅次於颱風的重要雨量來源。西半部地區的雨量約在 5 月中旬快速上升，並約於 6 月上旬達到高峰，隨後雨量迅速轉少，宣告梅雨季的結束。7-9 月的雨量是臺灣最重要水資源，最主要的雨量來源是颱風等熱帶系統。這段期間雨量亦有愈往南愈多、西半部地區高於東半部地區的現象。秋、冬至隔年初春是臺灣中、南部的枯水期，其雨量在 10 月之後快速地下降。

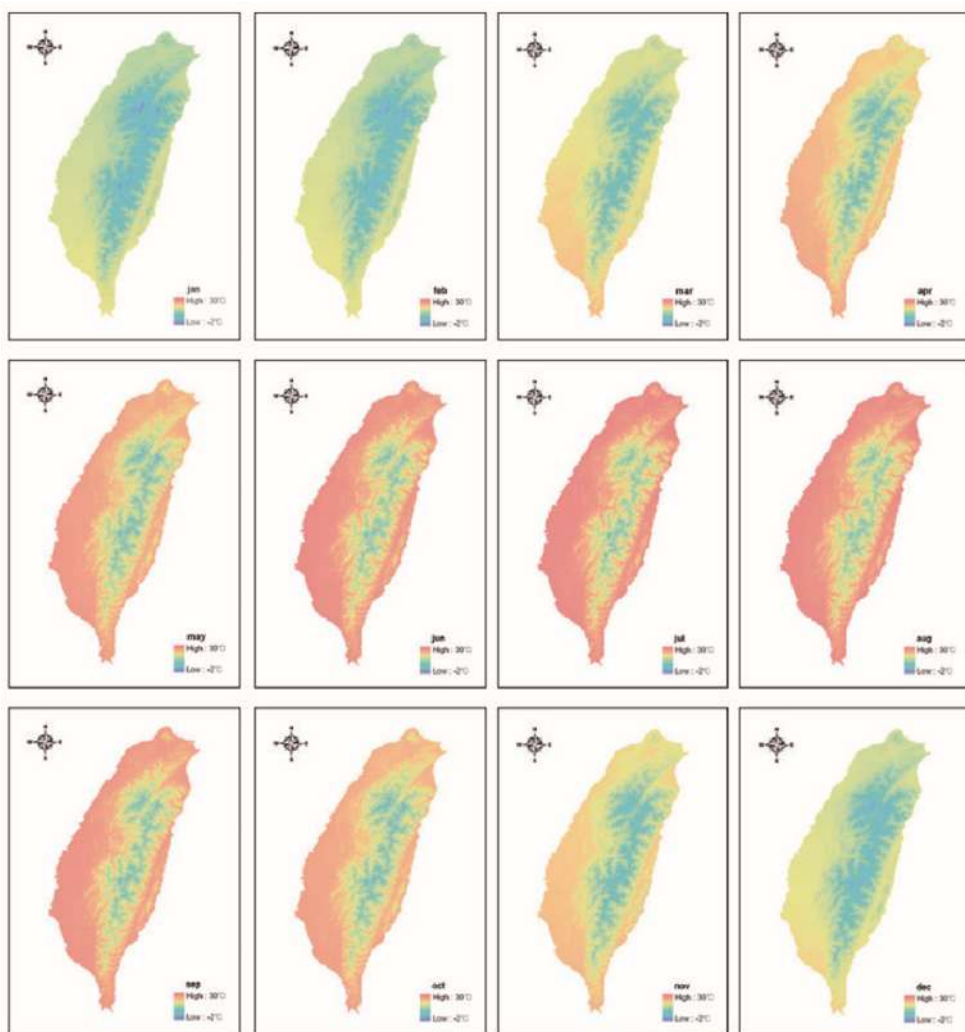


圖 5-1 臺灣地區一月至十二月平均溫度(資料來源:臺灣現生天然植群圖集)。

表 5-5 C0K330 虎尾測站近 10 年氣候資料彙整

觀測時間 (Month)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
氣溫 (°C)	16.9	17.6	20.2	23.6	26.9	28.6	29.3	28.8	28.2	25.5	22.7	18.4
最高氣溫 (°C)	27.1	30.6	31.5	33	35	35.7	36.2	35.6	34.6	33.7	31.7	28.9
最低氣溫 (°C)	7.7	9.5	9.1	14.3	19.7	22.7	23.3	23.1	22.4	18.2	15.7	11.7
風速	1.6	1.6	1.4	1.2	1.2	1.5	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.6

(M/S)												
降水量 (mm)	34. 6	24. 4	48. 9	88. 7	176. 8	321. 7	231. 5	400. 8	136. 4	12. 7	45. 9	38. 8
降水日 數 (Day)	6	5.2	6.4	7.9	9.5	12.9	12.2	14.3	6.6	2	4.4	4.6
最大日 降 水 量 (mm)	12. 6	10. 8	17. 9	34. 4	51.2	121. 8	109. 8	148. 7	74.7	7.7	20. 3	25. 1

(資料來源：中央氣象局測站年度報表-虎尾 2010/8-2020/8，計畫彙整)

臺灣植物的垂直分布、北降和南降現象。「北降現象」是一種植群的垂直分布因緯度升高，而逐漸降至低海拔的現象。其基本的外顯現象就是，在南邊（靠近赤道）必須生長在海拔較高處的植物，在北邊（距離赤道較遠）則可生長在比較低處。

在北降現象之前，先來了解植物的垂直分布。在不考慮區域氣候差的狀態下，垂直高度的變化將會導致植群分布的差異，在臺灣通常以嘉義到玉山一線的植群分布作為基準，分做熱帶林、副熱帶林、溫帶林、寒帶林以及高山草原五大部分。上述的垂直分布，主要與氣溫有關，隨著海拔上升，氣溫逐漸下降，因此高海拔區域氣溫較低。同樣的，隨著緯度增加，氣溫也會逐漸下降，因此高緯度地區較為寒冷；正因為高緯度地區海拔 1000 公尺處可能與低緯度地區海拔 2000 公尺處的氣溫相同，因此在低緯度必須生長於 2000 公尺以上區域的植物，很有可能在高緯度地區海拔 1000 公尺處發現，此即為北降現象。然而，臺灣本島植物的北降現象不全然是由緯度造成，影響因子包含東北季風帶來的低溫及高濕度環境，以及「大山塊加熱效應(Massenerhebung effect)」使得中部山區的同樣海拔相對於南北兩端的山脈邊緣，其溫度下降程度來得較輕微。

臺灣的植物分布，以楓港溪及牡丹溪為界，可劃分為南、北兩區。北區與澎

湖群島合稱為島本部區，植物相可分疏林莽原群系、森林群系及苔原群系等三群系；南區與綠島、蘭嶼合稱為恆春半島區，南區植物有熱帶海岸林與季風雨林二群系。

疏林莽原群系：以黃槿、榕樹、苦楝、林投及木麻黃及禾本科植物構成。

森林群系：種類及代表植物種見表 5-9。

苔原群系：代表植物為木本植物，如玉山圓柏、玉山杜鵑、玉山白珠樹。

恆春半島區：植被包含熱帶海岸林及熱帶季風雨林二群系。

熱帶海岸林群系：主要代表植物為榕樹類、欖仁樹、棋盤腳樹、林投等。

熱帶季風雨林群系：主要為相思樹--牡荊群落，及白榕--重陽木群落或白榕--番龍眼群落。

自然災害主要包括強風(颱風)、豪雨、雷電、低溫、高溫、冰雪及地震等。樹體一旦遭受自然災害，樹勢就會削弱，樹體如再受到破壞摧殘，樹木就會很快衰老，以致死亡。另在面對極端氣候考驗之下，棲地環境地形、土壤質地、高低溫差、旱災與水災皆為樹木保護重要影響因子。

都市林木更因在人口活動稠密地區，樹木對抗環境威脅風險與日俱增。對於強化基盤及檢視棲地環境需加強，必要時仍需施予降緩措施減除因天候帶來安全的威脅。



圖 5-2 臺灣現生天然植群圖(資料來源:國家植群多樣性調查及製圖計畫之執行成果)。

表 5-6 臺灣森林群系的種類及代表植物種

群系	範例
亞高山針葉林	臺灣冷杉植群型 玉山圓柏植群型
上部山地針葉林	臺灣鐵杉植群型 臺灣雲杉植群型
上部山地—山地—下部山地次生針葉林	臺灣二葉松植群型 臺灣華山松植群型
山地針葉林	臺灣扁柏植群型 紅檜植群型 臺灣杉植群型 臺灣黃杉植群型
上部山地針闊葉混淆林	臺灣鐵杉—赤柯植群型
上部山地—山地—下部山地針闊葉次生混淆林	臺灣二葉松—臺灣赤楊—臺灣紅榨槭植群型 臺灣二葉松—栓皮櫟植群型
山地針闊葉混淆林	紅檜—長尾尖葉槭—高山新木薑子植群型 紅檜—昆欄樹植群型 紅檜-假長葉楠植群型
下部山地針闊葉混淆林	台東蘇鐵植群型 臺灣油杉植群型 臺灣穗花杉植群型 臺灣肖楠植群型
上部山地—山地—下部山地崩塌	臺灣赤楊植群型

地次生落葉闊葉林	
山地常綠闊葉林	長尾栲—高山新木薑子植群型 木荷植群型 紅楠—錐果櫟植群型
山地常綠闊葉矮林	臺灣杜鵑植群型
山地落葉闊葉林	臺灣山毛櫸植群型
山地—下部山地—低地次生落葉闊葉林	白雞油植群型 楓香植群型 榲櫟植群型
山地—下部山地—低地半落葉闊葉林	臺灣櫟—青剛櫟植群型
下部山地常綠闊葉林	大葉楠植群型 火燒柯—紅楠植群型
下部山地—低地次生常綠闊葉林	相思樹植群型 白匏子—紅楠植群型
低地常綠闊葉林	茄苳—白榕植群型
低地風衝常綠闊葉矮林	紅楠—森氏紅淡比—細葉饅頭果植群型 嶺南青剛櫟—長尾尖葉櫟植群型
竹林	桂竹植群型
熱帶海岸林	毛柿—黃心柿—欖仁樹植群型 棋盤腳—蓮葉桐—稜果榕植群型

(二)地形地貌

地形地貌是指地勢高低起伏的變化，即地表的形態。分為：高原、山地、平原、丘陵、盆地五大基本地形。地形是由隆起及沉降等的地殼變動、火山等大規模的地球構造變化所造成，或藉由雨水及風的侵蝕及堆積所形成。雨為形成地形的原動力。雨的流動形成河川。河川的斜度大時，發生侵蝕；斜度緩和時，河川所運送的土砂易堆積。隨著局部地形各異，土壤的性質也不同。凸型急峻斜面(上升斜面)，排水較容易，斜面上部易受到風及日光影響，促進蒸散，土壤較乾燥。平衡斜面如為幾乎直線的斜面，斜面上部易乾燥，下部較濕潤。凹形急峻斜面(下降斜面)如為研鉢狀的斜面，其向下部傾斜，成為緩和的集水地形，濕潤則堆積物厚，土壤較深。

地形是決定土壤含水狀態的重要因素，也與地面的安定性有關。生育地調查

採用地形圖及空照等資料把握斷面、扇狀地、斜面上的位置等現場大致的地形。標高自地形圖讀取或現場以高度計取得。現場測量以羅盤儀等調查地面坡度及坡向。地形的重要性是決定局部地區土壤含水狀態。若有大比例尺詳細的地形圖及人工填地的設計圖時，可以作為推測土壤分佈之用。人工填地應先調查人工填地前的地形。

臺灣高山地形主要分布在島嶼中央，主要的山脈有：雪山山脈、中央山脈、玉山山脈、阿里山山脈、海岸山脈，其中海岸山脈在島嶼東岸，綜觀臺灣地形，以山地面積大約佔了 35%，臺灣高山最重要是因為板塊互相擠壓，地殼壓縮、板塊向上抬升，形成了另一個臺灣地形的特徵—坡陡流急，高山約河流，河床的坡度非常陡，河流下切、侵蝕的運動非常旺盛，配合板塊推擠、抬升、高山地質等因素，由於地層傾斜，因此在差異的侵蝕之後，堅硬的岩層比較容易突起，而軟弱的岩層則容易下凹成為谷地，以致造就非常多壯闊的景觀，太魯閣峽谷就是一例。

臺灣花東縱谷以東地區是太平洋西緣菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞後所形成的陸地。數百萬年以來，菲律賓板塊不斷向西北移動，推擠歐亞大陸板塊所引發之陸生運動，加上河流及海浪之侵蝕作用，在海岸地區形成了變化多端的地形地質景觀。

臺灣的地層係以第三紀海相沉積層為主體，主要分布於西部地區；中央山脈東半部則為中生代及古生代變質岩地層所組成；另外臺灣北部大屯山一帶、東部的海岸山脈及本島附近的島嶼、主要由安山岩質的熔岩流、集塊岩和凝灰岩所組成。

臺灣地區由於受到東側海洋板塊不斷的擠壓，因而產生造山運動，地表不斷的隆起，恆春半島和中央山脈平均每年上升 0.5cm，因此臺灣是一個地質年代甚為年輕的地區，區內高山疊起，超過 3,000 公尺的高峰達 200 多座，地形起伏變化大，高度極為陡峭，是一個平原面積僅佔 30% 的高山島。40% 是丘陵、台地，

30%是平原，故依地勢高低分成三部分，再加上海岸地形區。

臺灣地區的地形大致分成山地、丘陵、盆地、平原、台地五大地形，超過一半的面積是東部的山區地形，可耕地占 24%。山脈走向大致與地質構造分布一致，五大山脈由東到西分別為海岸山脈、中央山脈、雪山山脈、玉山山脈和阿里山山脈。西部衝上斷層山地以西是起伏較平坦的山麓丘陵與台地，丘陵大部分為紅土台地受河川侵蝕切割而成，主要丘陵有竹東丘陵、竹南苗栗丘陵等；台地多為頭嵙山層礫石層與晚更新世紅土堆積而成，主要台地有林口台地、桃園台地、大肚台地等。因地形坡陡流急使河川下游的堆積作用盛行，加上地盤隆起的離水作用，使中下游及沿海地區形成許多沖積平原。平原是農業生產精華區，也是人口密集的地區受地殼變動、河流作用與差異侵蝕影響，一些山區丘陵因構造作用形成盆地。由於盆地相較周圍地勢平坦、土壤肥沃、水源充足，往往會發展成聚落，如台北盆地、台中盆地、埔里盆地群等。西部受河川下游堆積作用盛行和地盤隆起的離水作用，在中下游與沿海地區形成平坦的沖積平原，臺灣絕大多數人口便居住在平原上。平原地形以最大平原嘉南平原為主，還有西部的彰化平原、屏東平原、新竹平原等，以及東部的蘭陽平原和花東縱谷平原等。

(三)土壤

臺灣地區的土壤受母岩、氣候、地形、水文、生物、人為及時間等因子共同作用下生成的，可分為多種類型(詳參土壤與水分管理章節)，石質土和灰化土多分布在海拔 1,000 公尺以上的山區，紅黃色灰化土、棕色森林土及黃棕色壤多分布於海拔 1,000-100 公尺之丘陵區，台地及海拔 100 公尺以下的平原區則為紅棕壤、沖積土、鹽土、擬磐層土與砂性土分布區。下列例舉如

4.石質土

泛指土體含碎石太多，剖面層次不明顯的弱育土，因臺灣山地面積廣大，地形起伏變化大，加上母岩節理縱橫，且多暴雨，使這種土型在臺灣分布特別廣，凡海拔 500 公尺以上丘陵山區，即見石質土混雜其他土之間，海拔 1000 公尺以

上的山區則以石質土為主

5.灰化土

泛指在溫濕氣候森林及矮灌叢植被下，經灰化作用過程而化育成的一種定域土，主要分布位在海拔 1000 公尺以上，包括灰壤、棕色灰化土和灰棕壤。

6.紅黃色灰化土

泛指在熱帶或副熱帶闊葉林下，由富含矽質的母岩風化生成的一類，色成黃紅的酸性土壤，其垂直分布高度約 100 至 1000 公尺間，主要在中央山脈西側山麓丘陵區，間有在地勢略低台地上而與紅棕壤雜存。

7.黃棕壤

為磚紅化土壤之一，分布面積廣泛，主要在海拔 100 到 500 公尺的丘陵區，及中央山脈北側、西側、西南側及南側區域為主，偶與台地群與紅棕壤混雜存在。

8.沖積土

海拔 100 公尺以下低平地區最常見的土壤型，分布面積僅次於山區的石質土，由於臺灣河流短促湍急，不斷夾帶新的風化侵蝕物質沖積於較低平地區，故沖積土一般均屬於成土不久的幼年土，正因為不斷有直接源於山區新鮮且矽質多的碎土塊，其沃力較高，為臺灣最重要且完全利用的農業土壤，部分沖積土已經由長期灌溉利用轉變為黏土類的水稻土。

(四)都市環境特色

隨著都市化程度的提高，都市建築越來越密集，都市內的光線、溫度、水分、風(空氣)等自然生長條件惡化，也是導致樹木樹勢衰弱的主要原因之一。

1.生育地不良

樹木位於都市公園綠地、河岸水邊等遊人密集的区域，各公共區域為了便於行人行走，在樹木周圍用水泥、柏油等材料進行大面積鋪面，由於採用不透水鋪面，將導致樹木生長勢衰弱。許多樹木作為道路沿線的行道樹，在建設過程中往往用水泥鋪設地面，僅留很小的植穴，不透水的鋪裝是樹木生長衰弱的主要原因，

嚴重妨礙根部土壤與大氣的水氣交換，使樹木的根系生長受到不利影響。植穴土壤經年累月受到天然雨水的澆淋以及行人或其他生物在樹木周圍過度踐踏，造成土壤理化性狀的惡化；此外，也因樹木生長多年，持續在同一個在此土地上吸收養分，造成營養物質大量消耗，根系周圍營養物質減少，土壤有機質含量偏低，皆是導致樹木生長衰弱的原因。

2.土壤氧氣不足

都市土壤由於路面和鋪面材料的封閉，阻礙了氣體交換，土壤密實，貯氣的非毛管孔隙減少，土壤含氧量少。植物根系是靠土壤氧氣進行呼吸作用產生能量，來維持生理活動的。由於土壤氧氣供給不足，根呼吸作用減弱，同時，土壤內微生物繁殖亦受到抑制，靠微生物分解釋放養分減少，降低了土壤有效養分含量和植物對養分的利用，直接影響植物生長。

3.土壤理化性狀

由於土壤理化性狀的不斷惡化，導致土壤嚴重板結、土壤密實度過高、團粒結構遭到破壞、通透性降低等，限制根系生長，使得根系吸收水分和養分的能力減弱，造成樹體營養嚴重匱乏，從而使樹木生長勢大大削弱，造成早衰甚至死亡。

4.人為活動的損害

人們除了在樹木周圍長期踐踏，也經常在樹下堆置雜物(如垃圾或水泥、石灰、沙子等建築材料)、工程機具傷害、除草機割傷、在樹上劃刻、釘釘子(設立廣告招牌)、攀樹採果折枝等；此外，在樹木周圍新建建築物、構造物、挖坑取土、鋪設管線、傾倒有毒有害廢渣廢液、排放煙氣、焚燒落葉等；甚至有的老樹被人神化，成為部分人進香朝拜的對象，長年累月，導致香火燒及樹體這些人為活動改變了樹木原有的生長條件，破壞了原有的生態環境，影響樹木的正常生長，甚至引起死亡。

5.空氣污染(毒害)

隨著經濟快速發展，在都市空氣污染嚴重的地方，空氣中酸雨及光化學煙霧

等污染對樹木會造成不同程度的影響，嚴重時可使葉片變黃、脫落；大量的浮塵被樹體截留，特別是枝葉部位，嚴重影響樹木的觀賞效果和光合作用。此外，生活在樹木周圍的居民或工廠在區域內排放污水、廢液廢氣，不僅污染空氣及河流，也污染了土壤和地下水，使樹木根系受到或輕或重的傷害，加速了樹木的衰老或死亡速度。

6. 生物環境

多元豐富的植物社會組成與動物相等形成生物多樣環境社會，例如纏勒現象影響植物生長與威脅。動物危害例如松鼠啃食樹皮等。

7. 病蟲害的侵襲

樹木隨著樹齡增加，樹木生理機能逐漸衰老，抵抗能力降低；因此時常會誘發各種病蟲害或生理病害，導致各種傷殘，如樹幹中空、破皮、形成樹洞，主枝死亡，樹冠失衡，樹體傾斜等情形。病蟲害問題的發生，經常使樹木迅速衰弱甚至死亡。

8. 自然棲地危害

臺灣地區自然及人為災害有颱風、豪雨、洪害、乾旱、地震、崩塌、地盤下陷、及不適當的居地開發利用等。

由於丘陵地地理的特殊性，再加上近年來，臺灣人居住型態的改變，以及提倡旅遊等觀念，這些地區逐漸成為人口密集區域，同時這個區域也很容易因為人的破壞而產生反應，丘陵地形對環境比較敏感，比較容易改變，它比較容易因為颱風、下雨、地震而發生變化，同時人類密集的運用，也很容易傷害到這個區域，因為人破壞水土保持，所以這個地方也發生很多災害，同時也因為人們過度的開發，為這些地區帶來不少的問題。目前因為都市土地利用的需要，人也大量進到丘陵地，譬如台北盆地周緣都市的擴張。

9. 日照與照明

近年隨著高層建築或高速公路、人行道的等的增加，受到日照限制的場所也

跟著增加。在受到日照限制的場所，葉的密度會降低、花芽分化也受到阻礙。夜晚的照明會使紅葉遲緩而保持綠葉，加上曝露於低溫，故經常於都市中心可見凍害與葉片枯萎的現象。

10. 高溫

都市水泥構造物較多，特別是受到夏天強烈日射的熱被儲存，即使到了夜晚靠近水泥附近的溫度很難降低。再者到了深夜建築物及車子陸續排熱，接著因高樓林立而風道被阻塞、都市的熱島現象比起過去增加得更為明顯。晚上溫度降不來時，植物的呼吸量無法下降而植物呈現消耗的狀態。



圖 5-3 都市因水泥構造物較多易造成高溫蓄積。

11. 強風

高層大樓周遭產生的大樓風可將樹葉撕裂。也會引起過度的蒸散、為了配合而關閉氣孔控制蒸散時樹液流減少，樹體溫度上升有可能發生葉枯及樹幹燒傷等。

12. 都市熱島效應

都市發展迅速，高度集中化、高層化的結果，導致氣溫有逐年向上攀升的趨勢，這與人為的開發和高密度使用造成氣候的局部改變有著密切關係。形成市中心高溫化而郊區較低溫的現象，由市中心向上的熱氣流與郊區流人的冷氣流形成循環，在氣象學上稱為「熱島效應」

都市發展迅速，高度集中化、高層化的結果，導致氣溫有逐年向上攀升的趨

勢，這與人為的開發和高密度使用造成氣候的局部改變有著密切關係。形成市中心高溫化而郊區較低溫的現象，由市中心向上的熱氣流與郊區流人的冷氣流形成循環，在氣象學上稱為「熱島效應」。

第五節、生育地環境調查案例

植栽生育地環境調查土壤調查與檢測(資料來源：「109 年中分局轄區國道 1 景觀委託規劃設計服務」整體規劃及初步設計報告書)

為了解區內植栽基盤現況及後續規劃設計所提出植栽符合適地適木之需要，並考量現地植栽生長狀況與後續設計植栽生育之可行性，必須對土壤環境條件有基本認知，針對區內部分植栽生長不良而影響景觀品質與生長發育，進行土壤檢測有其迫切之需要。

於現地進行樹木調查時，同時針對樣區進行土壤檢測，了解各樣區之土壤屬性、團粒結構、質地、肥力等要素，其對區內植栽生長勢之影響。其主要項目包含土壤組成、pH 值、土壤肥力、有機質等，檢測採樣方式以挖掘採樣及貫入計兩式並行，在選定土壤層 30-50cm 深度進行土壤調查分析，採樣方式參考 NIEAS102 標準採行植穴挖掘與土壤貫入計共二種方式，進行土壤採樣、土壤硬度及貫入計硬度檢測。

一般土壤採樣的土樣分為混樣 (Composites) 與抓樣 (Grab samples) 兩種。混樣是將不同採樣點(或採樣深度)的土壤混合，以取得特定區域內的平均濃度。土壤質地為土壤顆粒的組成。表示土壤粗細之程度，或土壤中土粒大小分布之相對比率。基本上是指粒徑 2mm 以下的組合。主要是以沙粒、粉沙及粘土三大部分，然後再依其粗細再細分。沙粒粒徑介於 2mm-0.05mm，粉沙介於 0.05-0.002mm，而粘土小於 0.002mm 以下。沙粒常含許多原生礦物如石英及含鋁矽酸鹽類如長石、雲母，其中石英因不易風化，故在土壤中除非經過長期搬運，常呈現原始狀態。粉沙因粒子較細，肉眼不易看清，但與沙粒相似，亦以石英佔優勢。黏土則

除極少量的原生礦物，如石英、雲母外，多為次生之粘土礦物，呈現片狀或板狀，肉眼及觸摸均不易辨識。土壤質地的分組並沒有一個共同的標準。然我國沿用美國農業部的分組標準係以三角圖列說明。共分為十二個質地組，即沙土、壤質沙土、砂質壤土、壤土、粉質壤土、粉土、砂質粘根土、粘質壤土、粉質粘壤土、砂質粘土、粉質粘土、粘土。含石塊或石礫頗多之土則於質地名稱之前，以石礫的形容詞描述，如礫壤土。

(一)土壤分析標準

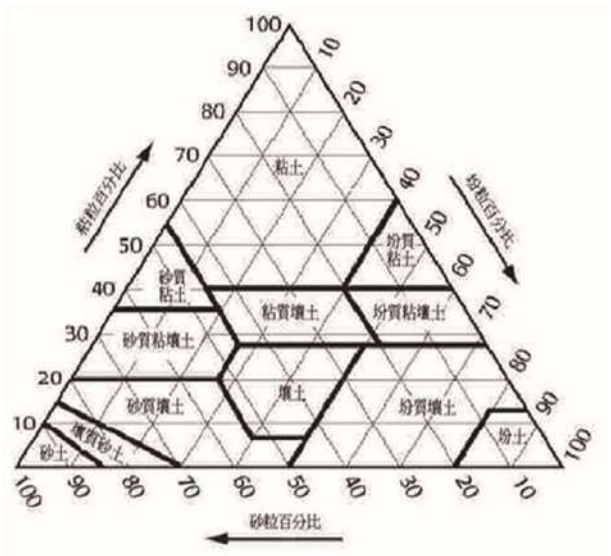


圖 5-4 土壤質地三角圖(資料來源:109 年中分局轄區國道 1 號景觀委託規劃設計報告書)。

(二)土壤空隙度(單位:%)

表 5-7 土壤沉積層物質空隙度

沉積層物質	孔隙度%
土壤(Soils)	56-60
黏粒(Clay)	45-55
粉粒(Silt)	40-55

中砂至粗砂(Medium sand to coarse sand)	35-40
均勻砂粒(Uniform sand)	30-40
細砂致中砂(Fine sand to medium sand)	30-35
卵石(Gravel)	30-40
卵石及砂(Gravel and sand)	20-35
砂石(Sandstone)砂岩	10-20
岩板(Shale)	1-10
石灰石(Limestone)	1-10

(三)土壤硬度值

由山中式土壤硬度測量，植物根系土壤硬度最適合的範圍是在 10mm 至 25mm(壓縮長度)，可知在硬度 14Kg/cm^2 以下植物的根系可以生長，超過後土太硬難以伸長，資料來源：山寺喜成教授(1982)之植生綠化基準。

表 5-8 土壤硬度值表(山中式標準型土壤硬度計(Soil hardness tester))

壓縮長度 (mm)	硬 度 Kg/Cm^2	近似指數	壓縮長度 (mm)	硬 度 Kg/cm^2	近似指數
1	0.08	0.1	21	7.32	7.32
2	0.17	0.2	22	8.54	8.5
3	0.28	0.3	23	10.00	10.0
4	0.39	0.4	24	11.79	12
5	0.51	0.5	25	13.97	14
6	0.65	0.6	26	16.68	17-
7	0.81	0.8	27	20.09	20.
8	0.98	0.98	28	24.45	24
9	1.18	1.2	29	30.14	30
10	1.40	1.4	30	37.73	38-

11	1.64	1.6	31	48.13	48
12	1.93	1.9	32	62.88	63
13	2.24	2.2	33	84.70	85
14	2.62	2.6	34	118.77	120
15	3.02	3.0	35	176.05	180
16	3.49	3.5	36	282.95	280
17	4.04	4.0	37	516.97	500
18	4.68	4.7	38	1194.67	1200
19	5.42	5.4	39	4906.42	5000
20	6.29	6.3	40	∞	∞

(資料來源:109 年中分局轄區國道 1 號景觀委託規劃設計報告書)



圖 5-5 土壤硬度調查量測工具。

(四)公路綠地生育空間調查

限於操作機械與工區限制，本次調查採用人工挖掘調查試驗植穴，開挖面積 30 cm*30 cm，深度 30-50 cm。大部分開挖結果呈現各區腹地土壤淺薄，表層 10 cm 以下就有卵礫石及大卵石夾雜，土層狀況不佳，在不同深度土壤硬度也呈現根系生長限制極限值。土壤質地是土壤結構組成基礎，依據本次調查生育地的交流

道進行土壤挖掘調查及灌入式硬度檢測結果如後：



圖 5-6 交流道生育地土壤調查。

第六節、選擇適當樹種—適地適種(Matching tree and site)

(一)樹種選擇的考量因素

樹種選擇的首要考量是適合當地的生育地條件。不同的樹種對光線、溫度、水分、土壤狀況、生長空間及其他環境條件都有不同的需求，所以種植地點的環境特性成了決定樹木能否生長茂盛的關鍵。除此之外，大部分景觀樹木種植是為了滿足某種特定功用，例如種樹以提供後院露臺的遮蔭。

種植前須熟悉樹種特性，並依據目的決定規劃種植之樹種及方式。原則上是選擇能滿足所需的功能，又能適應當地環境條件的樹種為主要考量。適地適種不僅能讓樹木的存活率提高，更能減少修剪、施肥及病蟲害防治等維護管理支出。

樹木可能會因生長空間、土壤質地、酸鹼度、含水量、排水性、光強度、氣

候及土地使用或土地功用等因素，使得生長受到限制，只要有一項或數項上述因素存在，樹木就可能受害；人們不能期待樹木在最基本的生理需求都無法滿足的情況下，能夠生長茂盛，因其甚至連存活都有問題。面對如此多樣化的生育環境和樹種，必須建立樹種選擇的優先考量條件。樹種選擇的最優先考量因素是影響樹木存活的條件，包括光度需求、水分需求及酸鹼度適應性等。

然而，有時候會因為生育地限制而無法完全符合其功能性目標(Functional goals)。例如，當種樹的目的是遮蔽，那麼應該選擇常綠性樹種，以提供全年的枝葉屏障；但是如果陽光不足成為生育地的限制條件，則只能選擇闊葉樹種，因為僅有少數的常綠針葉樹種能適應遮蔭環境。

適應性(Adaptability)是指物種自我調適以適應不同環境狀況的遺傳能力。物種的適應能力有別，例如紅楓樹(*Acer rubrum*)能適應的環境範圍較寬廣，而棕櫚樹則只能生長在溫暖的環境。馴化(Acclimation)是指樹木為了適應特定環境，而逐漸改變本身特性的漸進過程，通常包含生理上或形態上的改變。例如，在遮蔭環境下，樹木會發展出較大、較薄的葉片以適應新環境；而具有顏色或彩色葉片的樹種，則有褪去色彩或色斑的傾向，以增加其光合作用的能力。

有些樹種為了生存，或許有能力改變生長特性，以適應諸如遮蔭或低濕度等生育環境；但如果樹木栽植的地方可以反映其原有自然生長條件，則其存活機率會大增。有些書籍和軟體提供了可以適應遮蔭、潮濕和都市環境的樹種名錄，但儘管這些資訊可能有用，仍須謹記尚有許多因素會影響樹木生存。舉例來說，落羽松(*Taxodium distichum*)被認為可耐受高含水量的土壤環境；然而，如果將栽培於山地苗圃的落羽松直接移植到濕地環境，可能就無法適應良好。再以紅楓樹為例，雖然整體而言其環境適應性極強，但若將亞熱帶種原培養出的紅楓樹苗木種植於溫帶環境，則可能無法適應良好，反之亦然。

隨著科技發展，電腦輔助的樹木選種資料庫使樹種選擇程序趨於容易。這些程式可由使用者輸入需求，而列出適合特定生育地條件的樹木名錄。舉例而言，

電腦軟體可以產出耐乾旱、高度低於 35 英呎(10 公尺)、會綻放耀眼白花的本土樹種名錄，提供使用者選擇。

(二)熟悉樹種特性(Tree characteristics)

樹種特性(Tree characteristics)是專家選擇栽植何種樹種時之重要考量項目，在特定生育地選擇樹種時，許多因素都必須加以考量，例如樹種的耐寒性、耐熱性、耐旱性、生長速度(Growth rate)、成熟時的植株大小、樹型、病蟲害抗性、令人嫌惡的可能性及維護管理需求等。

特殊的樹木特性會使該樹種更受歡迎，例如剝落性樹皮(Exfoliating bark)、誘鳥特徵、或是有趣的分枝形態，有些樹種則在秋季可展現繽紛的葉色與花朵。至於其他的一些特性，如大量落葉、落果或是落枝，會造成一些樹種被避免種植在鄰近人行道、後院露臺或是停車場周邊。

特別值得關注的特性是抗害性(Pest resistance)以及對病蟲害的敏感性(Susceptibility)。由於逆境會使樹木抵抗有害生物入侵的能力弱化，所以選擇不會遭受生育地逆境的樹種相當重要。從不同栽培品種中，篩選出對特定有害生物具較佳抗害性的做法是很常見的，例如許多野山楂(*Malus* spp.)品種能抗蘋果黑星病(一種使溫帶地區的野山楂外形損毀的疾病)；又如日本的「神代曙」櫻花，花型與色澤與染井吉野櫻類似，而且花期也雷同，更重要的是有極強抗病性，不易罹患天狗巢病，這也讓神代曙成為代替染井吉野櫻的最佳選擇。常見的樹種特性如下(表 5-5)：

表 5-9 樹種特性

樹種特性	
耐寒性 生長習性/樹形 尺寸大小	高度 幅寬 根域需求
特徵	艷麗的花朵 可口的果實 迷人的樹皮 有趣的葉子

	獨特的秋色
對病蟲害的抗性 耐旱性 對排水不良的耐受性 酸鹼值需求 耐鹽性 光度需求 已知問題	有害生物 不良結構/脆弱木材 形成地表浮根的傾向 凌亂的花/果實/葉 荊刺
維護管理需求	

(資料來源：參考文獻第 75 項)

(三)樹種選擇的考量

樹種選擇的考量應使用更全面性的方式來保障樹木健康，並對於樹種選擇有更多的考量。

目前已有相當多關於使用本土種(Native species)與引進種(Introduced species，非本土種或外來種)的爭論發生。本土種不意外地能在其自然分布區域生長良好；但數百年來，樹木學家和園藝學家已從世界各地引進無數的樹種和其他樹木。有些引進種非常成功，而且已成為馴化種(Naturalized species)，也就是在其新的生育區已成功繁衍且生長旺盛達數十年甚至數百年。然而，仍有引進種製造了許多問題的案例。有些引進種成為入侵種，幾乎占領了整個地貌；亦有引進樹種被有害生物嚴重侵害，只因缺乏其原生地的自然天敵或寄生物。

選擇適合特定生育地的樹木種類(適地適種)很重要。在法律規定新栽植的樹木必須是本土種的地區，有時很難找到能供應適宜都市栽植樹種的苗圃。都市地區的土壤和微氣候通常已被改變，而迥異於樹木的原生環境。此外，都市植栽必須配合當地的栽培和維護措施，以及其他因素，包括與人類的互動。專家應從樹木清單中選擇原生地與栽植地相似的物種。舉例而言，若栽植地點的土壤是壓實的，那就應該選擇能夠在低氧環境下生長良好的樹種。在適合的地方種植適合的樹種。儘量以臺灣「當地」原生樹種為主，其適應性強、管理容易且生長發育良好；或是選擇已在臺灣生存許久，其已經適應當地環境且少病蟲害之虞的外來馴

化樹種。

選擇栽植樹木時，也應兼顧生物多樣性原則，一般而言，同科的樹木種植數量需低於 30%；同屬應低於 20%；同種(Species)不應超過 10%為原則。另外，可依環境特性及目標，如公園綠地可斟酌加入蜜源樹種，增加該區域之生物多樣性。然而，在適合栽植之樹種數不多的情況下，不應執意增加樹木的多樣性，而忽略樹木對於環境條件的限制性及永續性；另也應同時留意樹齡和樹體大小等之歧異度。

(四)臺灣不同種植地點適合種植之樹種(表 5-6)

表 5-10 臺灣不同種植地點適合種植之樹種(舉例)

地點	特性與功能	適合種植樹種
坡地/林地	原生種或馴化種之先驅陽性樹種 適應性良好、維管頻率低 綠化覆蓋面積佳 耐空氣汙染	楓香、朴樹、烏桕、光臘樹、九芎、苦楝、相思樹、臺灣五葉松、烏來九芎、大頭茶、森氏紅淡比、山黃梔、杜虹花、車桑子、青楓、冇樟、山芙蓉其他推薦樹種：木荷、臺灣赤楊、榕樹、栓皮櫟
人行道 (行人專用道)	具良好遮陰效果 單一直立式樹形 足夠枝下淨空高度 根系不具破壞鋪面特性，無竄根性，避免板根	樟樹、臺灣赤楠、大葉山欖、烏心石、杜英、香楠、流蘇、臺灣欒樹、臺灣欖、榔榆、黃連木、楊梅、厚皮香、臺灣朴樹、青剛櫟、海欖果、森氏紅淡比其他推薦樹種：紅楠、水黃皮
道路旁	耐空氣汙染 直立式樹形 枝葉茂密，具屏蔽效果 增添景觀效果更佳	流蘇、臺灣欒樹、青楓、楓香、烏桕、黃連木、臺灣赤楠、杜英、無患子、烏心石、光臘樹、九芎、香楠、青剛櫟、肯氏南洋杉、小葉南洋杉、臺灣肖楠、琉球松、森氏紅淡比

陸橋/天橋 下/遮陰處	可耐陰 可耐旱 耐空氣汙染 容易種植且具點綴作用	竹柏、榔榆、厚皮香、杜英、烏心石、楊梅、流蘇、光臘樹、臺灣赤楠、楓香、茄苳、森氏紅淡比、山黃梔其他推薦樹種：山毛櫸、側柏、肉桂樹
海岸防風 區域	耐鹽 抗強風	黃槿、大葉山欖、黃連木、羅漢松、桃實百日青、紅瓶刷子樹、福木、毛柿、海欖果、車桑子其他推薦樹種：構樹、血桐、水黃皮、白水木、欖仁、林投、白千層、瓊崖海棠、穗花棋盤腳、茄苳、臺灣海桐、雀榕
公園綠地	綠蔭 誘蝶蜜源樹木 誘鳥	樟樹、黃連木、楊梅、榔榆、厚皮香、烏心石、烏柏、流蘇、杜英、臺灣朴樹、毛柿、黃槿、無

(資料來源：參考文獻第 35 項)

表 5-11 臺灣各區域建議種植之行道樹樹種

臺灣 區域	環境 類型	樹種
北區	濱海區	水黃皮、海欖果、穗花棋盤腳、毛柿
	市區	森氏紅淡比、香楠、楓香、紅楠、臺灣石楠、臺灣雅楠、大明橘、青楓、薯豆、青剛櫟、杜英、鐵冬青、臺灣油杉、厚皮香
	郊區	烏來柯、竹柏、流蘇、臺灣赤楠、烏心石、紅葉樹、長花厚殼樹、鐵冬青、楊梅
	山區	烏皮茶、野鴉椿、臺灣肖楠、四照花、大葉釣樟、臺灣野梨、臺灣蘋果、山桐子、鐘萼木、鐵釘樹
中區	濱海區	草海桐、苦林盤、楨梧、凹葉柃木、厚葉石斑木、海桐、濱槐
	市區	樟樹、苦楝、臺灣海棗、茄苳、臺灣檉、楓香、黃土樹、榔榆、臺灣赤楠、臺灣野梨、刺葉桂櫻、魚木、胡氏肉桂、無患子、厚皮香
	郊區	臺灣肖楠、桃實百日青、土肉桂、光臘樹、大頭茶、秀柱花、橢圓葉赤楠、臺灣紅豆樹、水絲梨、圓果青剛櫟、霧社木薑子、山桐子、毬子櫟、天料木、臺灣梭羅木、烏皮九芎

	山區	臺灣五葉松、垢果山茶、豆梨、烏皮茶、臺灣野梨、木荷、南投黃肉楠、化香樹、長尾尖葉槲、布氏稠李、霧社櫻、燈檜樹、山桐子、捲斗櫟
南區	濱海區	瓊崖海棠、臺灣海棗、蓮葉桐、葛塔德木、福木、繖楊、鐵色、山欖、檫樹、紅柴、黃荊
	市區	臺灣欒樹、茄苳、苦楝、大葉山欖、黃連木、竹柏、鐵色、相思樹、棋盤腳、白樹仔、欖仁舅、山菜豆、六翅木、山欖、厚皮香、恆春紅豆樹、小葉朴
	郊區	毛柿、象牙樹、港口木荷、梧桐、恆春椎櫟、木荷、大頭茶、恆春山茶、大武石櫟、桂林栲、恆春楨楠、菲律賓楨楠、武威山烏皮茶、山欖、蘭嶼羅漢松
	山區	克蘭樹、臺灣苦槲、恆春山枇杷、土樟、山欖、武威山烏皮茶、六翅木、浸水營石櫟、柳葉石櫟、細葉茶梨
東區	濱海區	大葉山欖、瓊崖海棠、象牙樹、榔榆、福木、苦楝、茄苳、檫樹
	市區	茄苳、蚊母樹、臺灣欒樹、苦楝、光蠟樹、太魯閣櫟、秀柱花、野牡丹葉桂皮
	郊區	相思樹、灰背櫟、大武石櫟、番龍眼、臺灣梭羅木、克蘭樹、毛柿、日本山茶、恆春山茶、細葉茶梨、赤皮、胡氏肉桂、山菜豆、蘭嶼羅漢松、臺東漆、刺桐
	山區	印度苦槲、臺東蘇鐵、朴樹、大武石櫟、臺灣苦槲、梧桐、森氏櫟、臺灣掌葉楓、山菜豆、灰背櫟

(資料來源：林業試驗所-全國種樹諮詢中心)

第七節、優質苗木選擇(Selecting trees at the nursery)

(一)優質苗木的特點

從苗圃選擇特定苗木，可能與選擇合適樹種一樣重要。一旦樹種選定，下一步就是要從苗圃選擇高品質的苗木。選擇具有良好樹型而健康的苗木，將能確保其成為景觀中的良好資產。為了讓移植到生育地的樹木能夠成功存活生長，一開始就選擇健康的苗木是非常重要的。相較於收集自林地或野地無管理的樹木，苗圃栽培的苗木品質大部分都較優良，因為苗木生產業者於小樹苗階段就給予良好的維護管理。

健康、活力佳的苗木可以快速達到良好景觀效果。健康狀況不佳的樹木容易吸引有害生物，也需要更多的維護管理。苗木查驗時(圖 5-1)可由葉片和枝條檢視，選擇有大量健康葉片的苗木，並檢查是否有蟲害或病害出現。葉片應該要均勻分布在樹冠上層的三分之二，而不是全部集中在頂端。

活力旺盛的樹木，就是要有良好的樹幹生長。擁有良好的直立樹形和放射狀枝條分布的樹木，可長成強壯的樹體結構。尋找良好的樹幹尖削度，必須從根部到枝條整體觀察。樹木從最年幼的階段就應該要有單一的主幹，並有良好的放射狀枝條分布。分岔枝條不能有內生樹皮(Included bark)，且枝條直徑應小於主幹直徑的一半。避免選擇過多直立枝的樹木，除非直立枝或柱狀樹型是選擇條件。注意樹木是否有受到機械傷害，避免購買主幹受傷的樹木。

檢查樹木的根球(土球)(Root ball)。田間栽培的樹木應該要能夠看到根領(Trunk flare/Root flare)；倘若看不到，則必須在根球挖掘之前，挖鬆土壤至根領的深度加以檢視。如果苗木已作成包裹土球，則應該檢查其是否維持濕潤度，避免脫水。若苗木是種在小容器裡，則要將其從容器取出以檢查根系。根系呈褐色或黑色，或是發出難聞的氣味，則表示苗木的健康狀況有問題。根領應該要露出土表或稍低於土壤表面，必要時應挖掘一些培養土以確認狀況。根領和較大的根系應避免盤根(Circling)和糾結(Kinked roots)的情況發生。進行盤根或根系糾結檢查時，可能需要將根領附近的土壤清除。

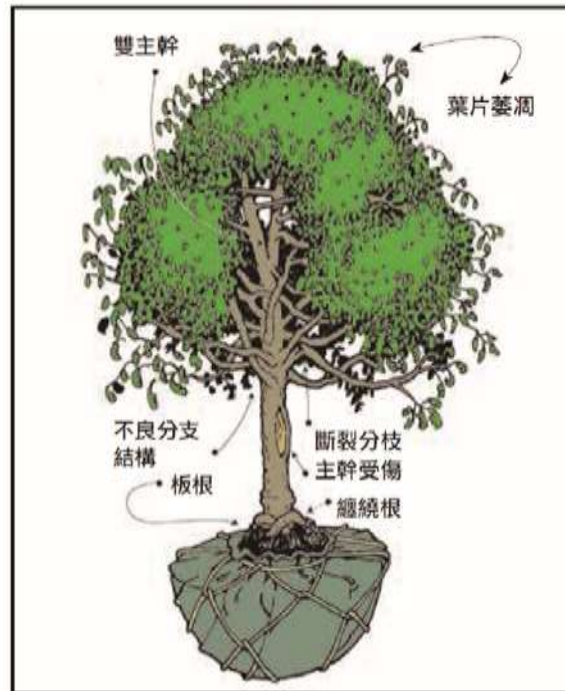


圖 5-7 選擇苗木時應仔細檢查葉片、主幹、分枝、根領和根系。

(二)優質苗木選擇的注意要點

有好的苗木，才能營造出良好的樹木景觀。目前綠化工程規範只考慮樹木高度、樹冠寬度、米徑等規格，對於苗木樹型與其結構性並無標準，是公共工程品質低落的主因。為維持良好植栽工程品質應注意下列措施：

1. 篩除不合格苗木

提升苗木品質的第一步為篩除不良苗木，先將以下不合格之苗木篩除，以防止劣質的苗木混充，杜絕不合格苗木進入施工的現場，才能確保景觀綠化最佳效益：

- (1)有顯著病蟲害或樹幹上附著有害生物者。
- (2)顯著外傷：折枝折幹、樹皮破傷、裂幹。
- (3)主幹及枝條結構不佳：主幹彎曲、樹形歪斜、叉枝、冗枝、徒長枝、肥害、藥害、衰弱老化。
- (4)根系受傷：根盤歪斜、盤根、根系著生稀少或不均勻、根部發育不全。

- (5)根球(土球)狀況不符標準：根球(土球)尺寸過小、根球破裂、鬆散或偏斜。
- (6)原樹形損壞嚴重、斷枝斷梢、截幹。
- (7)苗木培育時間不足：高壓苗、插條苗、未經苗圃培養二年以上者，以手搖動樹幹，根球(土球)與土壤間有裂縫者。
- (8)主幹經過截頂傷口大於 1cm 之樹木。
- (9)經強剪留下超過 4cm 直徑以上之傷口的樹木。
- (10)主幹歪斜扭曲之樹木。

2.選購優質苗木注意事項

除了排除不良苗木之外，也需要制定優良健康苗木之評定標準，苗木(或樹木)樹勢、品質和驗收標準於種植前應以書面形式予以規定，以下為選購優質苗木/樹木要注意的地方：

- (1)苗木生產方法
- (2)容易取得，避免選用珍貴或需從原生地採的原生種。
- (3)清楚標示來源、品質規格和證明的苗圃商。
- (4)使用原生苗(非苗圃培育)須做斷根處理。
- (5)米徑大於 10cm 的苗木應先作斷根處理，等鬚根長出才能種植。
- (6)根球(土球)大小應符合最小直徑要求。
- (7)無病蟲害發生跡象。

3.樹幹及枝梢與芽體良好、尖削度佳。

- (1)儘量選用單一主幹樹木，避免採用雙幹或有等勢幹的苗木。
- (2)樹幹不能有大面積的切口或明顯的外力損壞。切口直徑不能超過幹徑的 10%以上，外力損壞表面的長度或直徑須在 50mm 以下，並確保枝條或枝幹有自我修復能力。

- (3)枝條應以螺旋狀由下而上平均分布、平均放射生長。
- (4)活冠比(最低主枝至樹木頂端高度/樹高)60%以上為佳。
- (5)枝條直徑須在主幹直徑的 1/2 以下(以 1/3 以下為佳)。
- (6)上下層枝條不會互相碰撞摩擦，避免產生傷害。
- (7)主幹與枝條接合處無內生樹皮。枝條接合處的角度須在 30 度以上，降低枝條於強風中斷裂的可能。
- (8)具有大量健康葉片。
- (9)若作為行道樹種植，其最低分枝高度應符合道路規範高度要求。

枝條結構

4. 苗木種類之分類

(1)以繁殖方式分類

A. 實生苗：

實生苗根系較為強健，具遺傳多樣性；但難以確定及培育品質良好之品系，較難鑑定品系優良與否。例如牛樟芝實生苗不易確定其純種性。

B. 無性繁殖苗：

具有結果快、品種確立之優點；但因採取無性繁殖，故遺傳性狀相同，缺乏多樣性。且扦插苗或高壓苗易有排斥現象，常見接枝點接著失敗，造成枝枯。

(2)以種植工法分類

A. 裸根苗(Bare root stock)：

裸根苗為根無附土的小苗，栽植時將主根進行修剪，有利於刺激側根或鬚根的生長，可提高苗木存活率。裸根苗之植栽通常較小、易於移植且因為根系無包覆土壤，所以重量較輕，故運輸成本也低，也便於現場搬運。當種植裸根苗木時，要特別注意根部須保持濕潤。裸根苗木通常於休眠期至根系與葉芽開始生長前種植。一般只有落葉喬木或針葉樹的苗木可進行裸根苗處理。

B.包裹根球苗(Balled and burlapped (B&B) stock)：

包裹根球苗為利用挖樹機或機具直接從苗圃挖取根球(土球)，再以可分解之麻布或稻草包裹後吊運至種植地種植。在適當的季節做苗木移植時可採用此法，只要根球(土球)夠大，其存活率亦不低，而且成本較低，是歐美最常用的苗。其成功率在於根球(土球)必須為米徑之 8-10 倍。

C.容器化苗(Containerized stock)：

將樹苗挖起後先放入美植袋或根控盆中馴養，待其鬚根長出後再做種植。一般馴養時間為一至二年，超過兩年則美植袋苗易有盤根及根球(土球)表面土壤硬化，種植後根系不易長出的問題。容器化苗一般是在不適合挖取根球(土球)的季節做移植時使用，因鬚根已長出，其吸收水分及養分的能力已部份恢復，故可在炎熱或寒冷的季節種植。

D.容器培育苗(Container grown stock)：

為從小在盆器或美植袋中培育長大的樹苗。當選擇容器培育苗時，需仔細檢查根系，常有根系在容器中盤根或糾結的情況，需將之拉展向外擴張或是將盤根切斷，此時斷根效果會比讓它繼續發展盤根要好。容器苗一般存活率較裸根苗及包裹根球苗高，但因容器與運送包裹等處理，使成本也相對較高。

目前種植樹木一般使用容器培育苗或容器化苗，其存活率較高，苗木品質也較好。以根控盆培育的樹苗因有氣切作用，較不易盤根。

(3)樹形及樹幹

樹種挑選以樹種適應性為原則，其它考量因子包含樹苗本身的樹姿、形態、頂芽生長狀況等，避免無主幹、截頂、無明顯層次分枝、多重枝、樹勢不健康、樹形不佳的苗木，整體影響景觀綠美化的視覺效果。

樹木依樹種不同，有不同的樹形及樹幹的樣貌，因此樹形也是景觀設計所考量的項目之一。

第八節、生育地基盤改良

使用現場土壤基盤改良，比起客土更節省費用並利於形成良好的生育地。而且以現場改良土壤，所種植樹木的根系較容易適應周圍的土壤，因此有利於根系的伸展，更可以形成永續的綠地。現場土壤改良前需作充份的土壤調查，瞭解應解決的問題點，並採取對策及施工作業。

(一)既存樹木活力改善的土壤改良

生長不良的現存樹木周遭要進行土壤改良時，比起栽植前進行土壤改良，需更多手續及經費。因此盡可能在新植樹木前即進行土壤改良的施作。

許多有名樹木、受保護樹木及公園樹木的生長狀態如慢慢惡化，若以土壤調查並能明確判斷生長不良的原因，因而決定有效的改良範圍，則能以較低成本進行土壤改良的施作。

現存樹木生長不良的主要原因，多為生育地的土壤因踩踏壓實，以致通氣性不良，無法提供根部充分的空氣；可將土層挖深，以挖掘並疏鬆根系分佈範圍的土壤，將多孔材料及緩效性肥料混合埋入，如此可達到改良效果。但改良作業並非一次就完成，而是每次局部改良，一年施作 1/3，分三年完成。如此樹木的根系不致大量被切斷，負擔較少且安全。若只有在樹木地上部施用活力劑等藥劑，則樹木幾乎不會增加活性。

(二)新植地的土壤改良

栽植樹木的根系，栽植時停留在根球(土球)內，數個月後可往栽植穴內的土壤伸展，半年到一年時可伸展至植穴外的土壤。植穴內的土壤使用疏鬆無障礙性的土壤，有如繃帶一樣可覆蓋栽植時根系所產生的傷口，並適切的改良植穴外現場的土壤。配合現場土壤的問題決定土壤改良方法(圖 5-2)。以下說明土壤改良的基本概念：

1.有效土層的確保

樹木根系分佈的範圍，稱為有效土層。有效土層儘量預留厚度：大喬木為

60cm，小喬木為 40cm，灌木草皮及草花為 30cm 左右。如此樹木可以順利的成長。喬木與地被植物大小有數十倍的差異，若綠覆率相同時，樹木生長所需要的每單位投影面積的養分水分量，其差異並不太大。但是因喬木壽命較長，也需要能忍耐可能數十年一次的乾旱，再者為了不要因強風傾倒，因此喬木需要更厚的土層。

樹木的根系，在上部 30-40cm 的有效土層，是提供主要養分水分給樹木吸收，其下土層的角色是維持上部有效土層的水分狀態及支持根伸展。因此表層 30-40cm 的改良是為了能夠順利進行養分水分的供給，而其下土層能維持排水，並能配合各種改良作業即可。

2.上部有效土層的改良

因為上部有效土層主要是提供養分水分的土層，為了讓土壤物理及化學性質變良好，正確的土壤改良非常重要。

3.下部有效土層的改良

為保持上部有效土層的良好狀態，需要將其下部土層作適當改良。下部有效土層的主要功能，為確保排水性及讓樹木支持根有良好的分佈。可藉由挖掘以混合粗粒構造，達到土壤鬆軟化及並維持良好排水功能。

4.改良的範圍

(1)植穴改良

樹木為了順利生長，土壤必須供給足夠的養分水分。根系伸展不良的土地，挖開植穴栽植時，植穴要加大，且需放入足夠量的土壤。

(2)帶狀改良

栽植穴如以帶狀排列，可使用帶狀土壤改良。帶狀改良是因樹木的根系互相連結，根系可以在所有植穴空間內的土壤伸展，比起點狀單獨栽植穴改良，對於樹木的生長較為有利。

(3)全面改良

生育地全面改良係因樹木的根可以向四方伸展，樹木的理想生長地可能為全部生育地，如建造百年的森林、千年森林可能以全面改良為目標。

5.改良的均一性

在農地一般認為最好能均一性的土壤改良，將作物播種培育於不均一的農地時，因作物發芽及初期生長不均，會造成產量和品質不良。但是樹木的情況不同，改良只要能到達有效根系，讓根系能夠生長良好，就算成功。因此即使土壤改良出現不完全均一性，只要根系能接觸改良土的優質部分即可。如果為了均一性，過度攪拌達到均質，反而造成透水性不良等現象，致使改良層本身狀態不適合根系的生長。因為根部自己會尋找適合生長的地方伸長，土壤即使不均一，樹木仍能健全生長。

6.土壤改良效果的持續性及使用活植物的土壤改良

土壤改良材料在土中的耐久性，有機質需要微生物分解才有效果，時間可達3-4年。但是無機質是由周邊土壤因風化後供應，通常長達4-5年。

適當的土壤改良至少需能維持2-3年，為了讓樹木的根系達到旺盛伸展的地步。此時根部的殘體將成為土壤動物及微生物的食餌，並促進土壤疏鬆化與團粒化，腐爛分解的根產生的孔道則可成為水分、空氣等的通道。因此樹木本身也可以持續改良土壤，使得土壤改良的效果得以永續。

在土壤改良較緩慢的地區，可考慮播種綠肥植物以抑制茂盛的雜草並提供氮肥，並兼具相剋作用的效果，此即以活植物進行土壤改良。

7.配合栽植目標的土壤改良

進行土壤改良時，配合喬木、中喬木及灌木的大小與樹種，以決定土壤改良的深度。最終配合栽植樹木的生長目標，決定土壤改良的程度，以此削減土壤改良及樹木管理費用。

樹木生長目標可能不同，如公園中央的景觀樹木期待伸展成大樹；住宅前的樹木，期待能健康生長，但不用長很大；屋頂上的樹木期待健全生長，但幾乎不

希望長大，各栽植場所之栽植目的可能不同。上述各場所建議的土壤改良深度標準分別為 100cm、60cm、30cm。

調查項目		問題	改良方針	改良工法
物理性	土 層	有效土層不足	有效土層確保	設置有效土層帶
	土壤硬度	土壤固結	土壤的蓬鬆化	二次固結防止對策 耕耘 混合粗粒改良物質
	土壤構造	單粒狀 塊狀 壁狀	團粒化	
	固相率	土粒子緊密 氣相不足	土壤的膨鬆化	
	礫含量	多量礫	去除礫	去除礫
	透水性 含水量	過濕 通氣不良	提升透水性 確保排水經路	混入粗粒改良材 設置開渠及暗渠
	保水性	乾燥	提升保水性	混入多孔質土壤改良材
化學性	保肥性 氮素養分量 磷酸固定力	養分不足 施肥效率低下	提升保肥性 供給氮素 供給磷酸	混合化學性土壤改良材 施用氮肥 選擇磷肥
	土壤酸鹼度	酸性 鹼性	去除原因物質 中和	客土 中和劑的散佈
障害性	酸化還元	氧氣不足	提升通氣性 酸化	混合粗粒改良材 強制酸化劑散佈
	塩類濃度	塩類障害	去除鹽類,遮斷	客土 設置遮斷層
	有害物質	有害物質存在	有害物質去除,遮斷	

圖 5-8 土壤改良項目及工法。
(資料來源：參考文獻第 1 項)

(三)土壤改良材的選擇

1.土壤改良材的特性及使用方法

市面上販賣的許多土壤改良材料(表 5-7)。除從這些材料中作適當選擇外，最重要的考慮是能否真正解決現場土地的問題、效果要能達到怎樣的程度等。此外，也需考慮樹木生長條件是否達到適當的改良，並基於這些條件選擇適當的土

壤改良材料。此外，選擇土壤改良材料的因素，可再參考以下之敘述。

2.有機質的施用

施用有機質於土壤中具有優點及缺點：優點為提供土壤的團粒、疏鬆化、肥料成分的緩效性，土壤微生物活性化等。缺點為有機質在土壤中分解時，消耗氧氣與樹木營養。農地土壤為疏鬆且通氣性良好的肥沃土壤時，以此缺點所產生的問題較少；但施用有機質於通氣不良的生育地時，促進土壤的還原、妨礙提供根的氧氣及營養，並引起嚴重的狀況。

配合循環使用的過程，綠地修枝及剪草時產生的枝葉，較多案例是必須在現場處理。修枝及剪草的堆肥化，最好先確保有堆肥的需要後再進行。計畫培育大面積樹林時，可以有效利用所製造的堆肥。但若沒有這樣的需求，以場地內因修枝及剪草量增加，保留在原地分解後將提供樹木額外的營養。在這樣的情況下，這些樹木修剪下的枝葉最好能分散在地表，作為覆蓋物。此時須注意，此作業需在雜草種子掉落前進行，否則反而會幫助雜草種子的散佈。

3.綠化材料的採取、製造所帶來的環境及社會影響

綠化材料的使用，除了考慮經濟有效之外，也應考慮環境負荷或資源問題，重要的是要判斷使用那一種材料較為環保永續。例如作為土壤改良材料的泥炭苔，開採時會破壞採集地的自然環境、珍珠石燒製時的燃料消耗等問題。

此外，施用大量的過磷酸石灰(過磷酸鈣)於鹼性土壤時，能夠維持較長期間的中和效果，但是因此會枯竭非常貴重的磷酸資源。磷酸是農作物重要的營養物，作為鹼性土壤的中和材料並非其本來的目的，故應盡可能避免這種浪費。中和鹼性土壤應採取加入酸性材料混合、或種植耐鹼性土壤的樹木等其他手段。

大多數的客土因採取自農林地，雖然形成綠地，同時也引起開採地的自然生態破壞。若綠地建造以環境考量為目標時，盡可能利用現場的土壤作改良。此外，也應考慮儘量使用建築副產物等的回收製品。

表 5-12 緩和土壤環境壓力的各種改良材料效果

土壤環境壓力 土壤改良材種類		過 乾	過 濕	硬 化	養分不足 (保肥力不 足)	pH 質不 良	具 有 害 物 質
無機 質系	珍珠岩	◎		○			
	黑曜石珍珠岩		◎	○			
	松脂岩珍珠岩	◎	○				
	硬質流紋研發泡 物	○	◎	△			
	珪藻土燒成粒	○	◎	△			
	黏土礦物燒成粒	○	◎	△			
	木炭、再生炭	○	○	△			
	蛭石	○	△				
	岩棉	◎					
	沸石				◎		
	火山砂礫		◎				
	砂質客土		○				
	黏質客土 黑曜石珍珠岩柱 結體	○	◎		△		
有機 質系	樹皮堆肥	△			○		△
	稻穀堆肥	△	○	△			
	草炭(泥炭蘚)	○		△	○	○	
	椰子纖維、粉	○	○	○	△		
	汙泥堆肥 都市下水道殘渣 堆肥				◎ ◎		
	木消牛糞堆肥	△			◎		△
	雞糞發酵堆肥	△			◎		△
	植物殘渣堆肥	△			◎		△
化 學、 高 分 子 物 質	微生物資材		△	△	○		○
	高分子化合物	△	△	△			
	酸化劑						○
	疏水防止劑 土壤酸性中和劑 附和土壤改良材	○ ◎			◎	◎	
其 他	礦物纖維改良材	◎			◎		

◎特別有效 ○有效 △效果有限

出處：(社)日本造園學會綠化環境工學研究委員會(2000)於綠化事業的栽植基盤整備手冊、造園研究 63,224-241 (資料來源：參考文獻第 1 項)

第九節、保護樹木生育地

(一)案例分析-以老樹保護為例

老樹的保護及維護日趨蓬勃重視，老樹皆為符合列管樹徑規格、樹勢壯大或具有特殊人文歷史背景者，惟因老樹列管區域多分散各行政單位且處於人口聚集處，若其結構有所缺陷，將易因疫病蟲害侵襲、極端氣候侵襲倒伏或自倒的潛在情形，不論對於周遭住家或相關人員財務設施，可能造成重大之損失。管理單位(機關)掌握專業知識及樹木健康狀態，尤其當缺陷隱於樹木內部或有其他病原體之徵兆、潛伏於早期階段時，更易忽略其風險之嚴重性。

針對目前列管之老樹，進行逐株目視健康診斷，藉由收集基本資料、健康狀態及後續維護管理不同層面，全面評估老樹現況，並將調查結果整理成冊，以利後續維護管理。

經由初步現勘了解目前在列管的老樹健康狀況，相當多由於修剪工法應用錯誤，與處理時未能順應樹木生理在形成層或癒合組織適當部位，造成術後癒合不佳而腐朽腐爛，另因生育空間維護管理不易，造成基盤環境不良及樹勢生長衰落，造成老樹染病或病蟲危害機會，對老樹健康風險有很大影響，宜配合計畫逐步改善，持續推動老樹保護與環境教育。

1.樹木目視診斷(VTA)：

調查內容包含樹籍基本資料(包含編號、位置、種類及規格等)、樹木基本狀況診察、樹冠診察、枝條診察、主幹診察、根部診察、病蟲害診察等項目，綜合評估並量化相關指標。

2.生育地改善評估：

由於現有生育地環境的限制，樹木根系無法適當生長，希望透過生育地改善狀況，讓樹木獲得更開闊的生長空間為原則。

(二)受保護樹木生育地介紹

1.錫蘭橄欖

該樹位於基隆暖暖區，氣候環境為多雨潮濕，排水能力相對弱化，樹木位於開闊地周邊，周邊為槌球場，人員活動頻繁，有土壤硬化的風險，樹木基盤地勢稍低並種植觀賞植物，造成養分競爭，因本處濕度高，樹幹已有附生植物。暖暖水源地裡原有二個苗圃一為林業及自然保育署苗圃二曾闢建為高爾夫球場，之後為林業及自然保育署向自來水公司租用，栽植樹苗花木為主，早期暖暖苗圃不只花木扶疏、涵養豐富的植物林木，也是賞鳥得好去處，目前已由自來水公司收回，另在苗圃的正對面即是暖暖早起會，提供轄區內民眾晨間運動及假日遊憩烤肉場地；目前在早起會旁也闢建了兩個槌球場，提供了轄內長者更多元的運動場所。



圖 5-9 生長在人員活動頻繁場域的錫蘭橄欖。

2.榕樹

基隆七堵區長興公園

榕樹種植於花台內約長 250*寬 250*高 70cm，根系竄出花台向外擴張，生育地空間限制根系發展，周邊步道設施阻礙根系呼吸，生長弱勢，樹體因多次修剪傷口癒合不良，腐朽枝幹甚多。



圖 5-10 榕樹生長於公園花台內。

3.紅楠

基隆市七堵區復興國小

樹木位址位於基隆河上游之支流鹿寮溪附近，為一自然濃密原始林區，周邊植物與環境接近自然生態，樹木生育地位於校園平台上，周邊圍牆設施阻礙樹木根系生長。氣候環境為典型基隆地區氣候表現，山谷地形多雨及潮濕，時有霧氣圍繞。

紅楠兩株分別在圍牆兩側，牆內側這株已呈現枯立木狀態。牆外側受保護樹木因生育地環境嚴苛，位處邊坡陡峭且基盤並為腹地之處。



圖 5-11 紅楠生長於校園周邊場域。

4.朴樹

在基隆中正公園面相基隆港區，位處邊坡自然地貌，地形陡峭且基盤並無較大腹地之處，邊坡土石鬆軟，土壤易流失，旁有登山步道，地形高低差甚多，樹木根圈土壤鬆散，立木生長重心偏移有外傾斜倒伏之慮。



圖 5-12 朴樹生長於公園內，棲地兼具自然環境與步道設施。

5.黑板樹

樹木位於基隆市國小校園警衛管理室旁，根群大部分已被建築物機周邊水泥鋪面覆蓋，幾乎無生育基本環境，根系範圍緊鄰建築物，基盤完全無法提供受保護樹木生長足夠之空間，對建物及地坪鋪面有隆起風險，水分及養分供給能力差,樹勢弱化。



圖 5-13 黑板樹位校園內，樹木周邊水泥鋪面覆蓋。

6.樟樹

生育地位在基隆市暖暖區水源路，該樹位在道路中間，生育地明顯惡劣，路緣石圍塑的基盤空間有改善擴大，仍不足以供給樟樹生育所需，目前雖有設置通氣孔，仍侷限於路緣石內，相較於之前基盤空間已有改善。



圖 5-14 樟樹位道路中間，生育環境受侷限。

第十節、營建開發影響

(一)工程造成都市樹木的機械性損傷

1.根部損傷

植物根部群分佈至少有樹冠分佈同大，有的植物根群分佈直徑甚至是樹冠的三倍。建築物基礎地下管線與硬質鋪面威脅到植物根群的生育空間，都市各種

工程設計必須精準設計，以不破壞既定的植物生存空間為原則。



圖 5-15 工程造成都市樹木的機械性損傷。

2.樹幹及樹基損傷

樹幹損傷以橫向切割為禍最烈，損傷若深入形成層，則植物生長機能亦遭到破壞。樹基是指樹幹與樹根轉折處。此處木理由垂直向轉為水平向，樹基有樹根的脆弱特性，但缺乏土壤護持而曝露於下，極易受到撞傷及割傷的威脅。



圖 5-16 樹幹及樹基損傷。

(二)工程對樹木生育環境影響

工程施工除了可能對樹木直接造成生理上的傷害，也可能透過擾動樹木所在的生育環境，對樹木的生長間接造成阻礙，以下舉例常見施工對樹木生育環境的影響(詳細內容請參考樹保中級第九章「基盤改良與實務」)：

- 1.基盤土壤擾動造成土壤流失
- 2.土壤結構質地破壞
- 3.機械滾壓造成土壤硬化
- 4.棲地排透水困難造成生理障礙
- 5.工程回填覆土過深造成生育障害
- 6.土壤水文改變影響樹木生育發展

第十一節、自我檢視

- 1.探討樹木對景觀和環境的效益。
- 2.描述樹種選擇前應考慮的生育地特性。
- 3.說明樹種選擇時必須考量的樹木特性。
- 4.說明如何挑選健康、健壯的苗木。

第十二節、重要詞彙

Acclimation 馴化

Accumulated temperature 積算溫度

Adaptability 適應性

Day-neutral plants 日中性植物

Design criteria 設計準則

Exfoliating bark 剝落性樹皮

樹木保護專業人員教材

【中級】

第六章 樹木調查

莊柏遵 / 王致歲



專業科目

第六章 樹木調查

第一節、前言

樹木調查是針對部分或全部樹體之物理、生化及生育地環境等指標進行量化、紀錄。主要目的在於建立樹籍基本資料，在森林法增訂的都市樹木保護專章通過後，都市內的樹木受到更多的重視，在施行細則即將公告之時，政府機關單位也紛紛開出樹木調查的工作需求。然而，樹木調查工作並非僅是簡單的測量樹木胸徑、樹高、樹冠幅等等數據，樹木調查的價值在於透過記錄、建檔，提供未來可以累積比較的資訊，以作為後續追蹤監測及管理使用，最大程度地發揮其價值；並且樹木調查需搭配樹木健檢、病蟲害管理等等操作，方可制定後續樹木健康管理計畫，更期許日後能藉樹木調查打造完善的大數據體系(數位資料庫)，將能更有效地制定樹木健康管理計畫，建立地理資訊、氣象資訊與樹木生長的數據互聯網，減少人力成本浪費，且能更精準、高效地預測樹木生長及健康狀況，簡而言之，終極目標即是以「主動預測」取代「被動因應」。

本章節將說明目前各縣市政府自治條例，條例內容關於調查方式之說明，並提出在測量樹木樹高、胸徑、樹冠幅以及樹木健檢等注意事項。

第二節、樹木調查之現行標準

自森林法增修第三十八條之二第一項規定後，將都市林內樹木也納入森林法保護範疇當中，也催生出各縣市相關之樹木保護自治條例，保護都市中的受保護樹木或珍貴老樹。

通常一棵樹木會被認定受保護樹，直觀上判定基準為樹長得夠大、夠粗，或是生長在當地許久，乘載著多代人的記憶。關於目前各縣市自治條例中樹木

達標保護標準的認定，大多按 105 年 5 月 27 日發布施行之「森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準」第三條內容：

樹木具有下列各款重要意義之一，並經地方主管機關認定者，為受保護樹木：

- 1.樹齡達一百年以上。
- 2.離地一・三公尺處，闊葉樹之樹幹胸高直徑達一・五公尺以上或胸高樹圍達四・七公尺以上；針葉樹之樹幹胸高直徑達零・七五公尺以上或胸高樹圍達二・四公尺以上。
- 3.樹冠投影面積達四百平方公尺以上。
- 4.樹木生育地，形成具生物多樣性豐富之生態環境。
- 5.為區域具地理上代表性樹木。
- 6.具重大美學欣賞價值之景觀。
- 7.與當地居民生活、祭祀或民俗信仰具有重大連結性。
- 8.與重大紀念價值歷史事件具有關聯性。
- 9.具有人文、科學研究及自然解說教育價值。
- 10.當地住民之共同記憶場域。
- 11.具有其他重要意義。

大部分認定標準為樹木與當地自然、人文環境產生之獨特重要意義，認定上較難有一標準遵循，多視個案做討論審議。第二項則明確說明樹木樹徑，經量測達到特定規格者即被認定為受保護樹木，一般最常由此項作為認定標準。

第三節、樹木量測

常見樹木測計項目包含樹高、胸高直徑、樹冠幅、樹冠投影面積等，量測方法看似直觀，但其結果往往因測量者認定、測量方法或參考點不同而產生認

定差異。目前僅臺北市、新北市有據其樹木自治條例衍生之樹木量測方法，提供民眾或調查工作者參考，本章節將分別以常見量測指標進行說明。

(一)樹高

樹高即為樹木地上部之高度，自土表根基、根領處起算至樹冠頂端，棕櫚科喬木則一般量測至葉芽頂端。但樹木生長常超過 10 公尺，實務上難以直接測量取得其高度，一般常用已知高度之參考物作為對照，間接比對推算樹高。

1.直接測量：

若目標樹木高度許可，可以捲尺、箱尺或測高桿進行作業；或以紅外線測距儀直接量取樹高數據，惟樹冠頂梢常隨風飄動，以紅外線測距儀進行作業時，需注意其標定位置是否正確。另外尚可使用等邊直角三角形法(如下圖 6-1)紀錄各邊長，利用三角形相似特性推算出樹高。

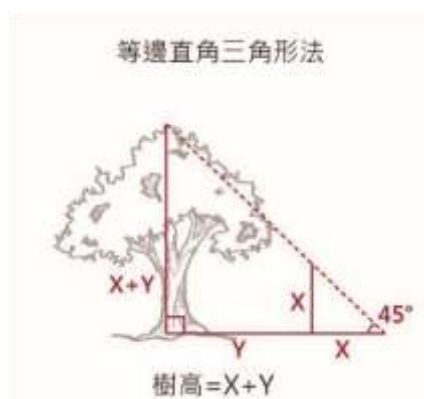


圖 6-1、等邊直角三角形法。

2.間接量測：

以已知高度之參考物，如箱尺、捲尺、測高桿甚至是鄰近建築物或是設施等，間接推算目標樹木高度，一般可用拍攝照片輔助認定，惟需注意觀測者位置需與樹木保持一定以上距離，若現場狀況許可應由多個方位、角度拍攝，以減少量測誤差。



6-2、間接量測法。



圖 6-3、樹高量測示意(棕欏科量測至葉芽頂端)。

(二)胸徑

樹木樹幹直徑為一重要的測量指標，然樹體主幹於不同的高度位置皆可測得一直徑數值，目前世界各國多依據國際森林研究機構聯合會(International Union Forest Research Organizations，簡稱 IUFRO)在 1959 年年會以距地面 4.5ft(約為 1.35m)作為量測高度，並以其高度所測得之直徑作為立木之胸徑，國內「森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準」，以及各縣市樹木保護自治條例同樣援例之，多以離地高 1.3m 處作為胸高。然實際進行測量作業時，常有樹木因生育地環境條件、自身樹種特性等狀況，導致胸徑認定困難，以下說明數種常見狀況：

1.一般樹木：

適用於指一般正常生長之單一主幹樹木，可於標準胸高 1.3m 處直接量得樹胸徑。



圖 6-4、一般樹木胸高直徑量測示意。

2.長於斜坡之樹木：

適用於生長於斜坡(地面非水平)之樹木，胸高一般由傾斜上坡測起算胸高。



圖 6-5、生長於斜坡之樹木胸高直徑量測示意。

4.胸高 1.3m 處發生不正常腫大、樹瘤之樹木：

樹木若受細菌性癌腫病感染，常發生莖部組織患部不正常增生之情形，若量測位置剛好遭遇不正常腫大之組織，應取離腫大患部以下之正常位置直接進行量測。其中也包含部分可形成板根之樹種，若板根生長發達，至胸高高度仍明顯在板根範圍中，則應以板根範圍以上正常位置進行量測，與遇癌腫病、樹瘤者相同，其胸徑的量測應避開，並向上調整至未膨大處進行量測。向上、下的距離應視個案調整，惟應詳細記錄最終量測胸徑的位置及高度。



圖 6-7、胸高 1.3m 以下發生腫大(黃圈處)，建議量測點應向上調整。

5.胸高 1.3m 處樹體發生分叉之樹木：

樹木樹體常因外界環境及樹種特性影響，會發生等勢幹或是多分叉等非單一直立的樹型，若其枝幹分叉位置剛好或接近 1.3m 處，量測點應向下調整至樹體分叉前無膨大之位置，並應詳細記錄最終量測胸徑的位置及高度。



圖 6-8、樹木分叉於胸高 1.3m 處，建議量測點應向下調整。

若樹體在低於 1.3m 之高度即發生分叉，則應個別測量各分叉幹之直徑，若需要合併計算成一個數值。合併計算法通常為各分叉幹之平方和後開根號。

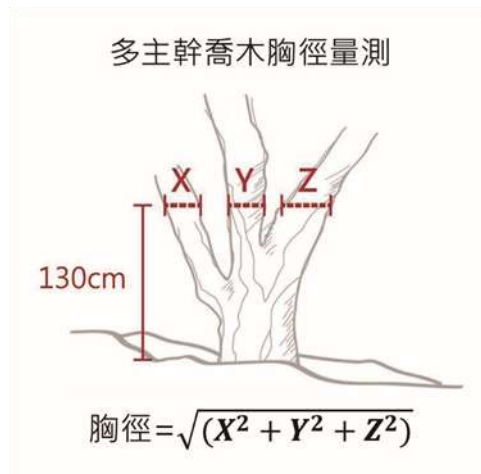


圖 6-9、樹木於胸高 1.3m 以下即發生分叉，應各別量測其分叉幹直徑。

6. 桑科榕屬等易有氣生根之樹種：

國內常見正榕、雀榕、印度橡膠樹等易產生氣生根之樹種，隨其氣生根生長接觸地面後會加粗形成支持根，且支持根也常貼附在樹體莖部，導致測量上發生困難，常遇認定問題引發爭議。目前臺北市及新北市於其自治條例中，樹木量測之補充說明提到：

(一) 臺北市樹木保護自治條例-樹木量測方法

“桑科如榕樹、印度橡膠樹等多有氣生根，此氣生根以連結地面者可不計入量測；惟氣生根已與主幹連結纏繞者，則應併入樹胸圍量測。”

(二)新北市樹木保護自治條例規定暨樹木量測方法

“多氣生根樹種：氣生根連接地面不列入計算，與主幹纏繞連結者，應併入計算，測量方式如單主幹樹木”

考慮氣生根在形成支持根與主幹融併之前，尚可與主幹分別，且正榕、雀榕、印度橡膠樹等生長速度快，若將氣生根也納入胸徑，可能會導致該類樹種較容易達受保護樹木、珍貴老樹等標準，造成額外爭端。因此遇有氣生根之桑科榕屬樹種，若氣生根尚未與主幹相黏，仍可區分主幹者，量測上應避開、穿過氣生根；若氣生根已與主幹相黏，難以區分主幹者，則可納入胸徑一同量測。惟這類樹種通常生長快速，若疏於管理常導致主幹、氣生根相互連結，仍常有難以量測之狀況發生，建議量測者應詳實紀錄，說明量測的方式及位置，並可請專家學者或機關協助認定。



圖 6-10、正榕等易產生氣生根之樹種，胸徑量測上應盡量排除氣生根，若已與主幹融合者則可納入。



圖 6-11、正榕等易產生氣生根之樹種，隨氣生根生長常導致胸徑認定困難。

(三)冠幅

為樹木地上部樹冠的寬度，通常可藉由合適長度之捲尺或皮尺，可先找出樹冠最寬的面向，量測其數值後以樹體為圓心移動九十度，再次量取樹冠，通常配合方位面向分別做量測，可記錄為東西向及南北向之樹冠冠幅。

(四)樹冠投影面積

樹冠之投影面積可視為一圓或橢圓面積，藉由上述冠幅量測方式取得冠幅數值後，便可以圓或橢圓面積公式求得樹冠之投影面積。

以下簡述常使用之量測工具：

1.箱尺或測高桿：

箱尺常見規格有 5m、7m，測高桿則有 8m、10m、15m 不等長度之規格，可根據不同高度樹木作比對，以推斷樹高。



圖 6-12、以 5m 箱尺推斷樹高。

2.捲尺、皮尺及樹徑尺：

捲尺取得容易且規格眾多，多數尺身為金屬材質，隨時間及使用頻率易有鏽蝕斷裂之缺點；皮尺尺身材質多為布料纖維，較金屬柔軟；樹徑尺則尺身刻度已換算為直徑，圍繞樹身後可直接讀取該樹徑數值，使用上相當便利。



圖 6-13、樹徑尺上排數字為正常公分規格除以圓周率，圍繞樹體可直接讀取直徑。

第四節、樹木調查及健檢基本步驟

現地進行調查及健康檢查時，最重要的莫過於紀錄。詳實的記錄有助於未

實地看過目標樹木的人，迅速了解該樹木的狀況，可藉由文字、手繪或照片形式輔助說明。

樹木調查應紀錄之基本資訊包括：

- 1.調查時間、天氣、人員、調查區域
- 2.樹木樹種及其現況照(註明拍攝方位)
- 3.樹木位置(以已測量完成之現況地形圖作標註，或是衛星定位點)
- 4.樹木基本規格(包括：樹高、樹胸徑、冠幅、樹冠投影面積等，必要時說明量測是否遇到特殊狀況：如受氣生根影響、主幹胸高處不正常腫大、胸高處發生多分叉等)
- 5.補充資訊(樹木或樹群可能具備的歷史、人文、生態、科學之價值相關資訊)在進行調查的同時，應可一併檢查樹木的健康狀況及生育地環境條件(詳第五章)。樹木健康狀況，檢查項目根據樹木的不同部位依序進行，可參考以下說明：

(一)樹木根領、根部

根領(Root flare)通常指樹木基部，也就是根部及莖部接近地面交界，並向外擴大之處，用以穩固樹木的支撐力。有些樹種則進一步發展出更為巨大、薄板狀的板根(Buttress root)結構，具有更強大的支撐能力。故確保該部位之健康狀況相當重要，如檢查樹木根領處是否有損傷，或是腐朽引發之空洞，部分具病原性之真菌在感染後期，也會由根領形成明顯之菌絲面或子實體。



圖 6-15、根領受褐根病感染形成明顯之菌絲面。

(二)樹木主幹、莖部

樹木主幹同樣具支持樹體結構之功能，重要性不亞於根領，尤其部分樹種隨生長，樹心容易發生腐朽並形成空洞。另外常見問題為樹木主幹、分支常受到人為需求遭到不同程度之修剪，若修剪傷口過大易使樹體癒合不易，也容易受到昆蟲、病原菌侵入。然評估上述缺損、缺陷之嚴重程度，通常會與樹木本身大小作比較，視其占整體之比例多寡來判斷後續建議處理方式，故檢查同時詳實記錄相關資訊為相當重要的一環。



圖 6-16、樹木修剪幅度過大形成之傷口不易癒合，易引發腐朽。



圖 6-17、透過照片說明該樹根領及主幹處具大面積開放傷口、空洞外，可藉由比例尺(箱尺)輔助，進而得到根領處水平空洞約 20cm，主幹空洞垂直延伸近 270cm 等資訊。

(三)樹木葉部

通常經由樹木葉量的多寡、葉色、葉片大小及落葉量可以直觀地推斷樹木樹勢是否正常。

樹木健檢宜以圖文之方式進行說明，視不同需求及現有樹木的狀況，提出可能管理或緩解措施。



圖 6-18、同為榕樹但左圖葉片明顯較右圖稀疏，且葉片較小。

樹木生長良好與否，通常與其生育地環境條件有著高度關聯。相關資訊也可於樹木健康檢查同時一併紀錄，以利後續制定改善措施。以下說明常見樹木生育地環境之不同狀況：



圖 6-19、樹木植穴狹小限制根系生長，形成盤根。



圖 6-20、樹木生育地環境疏於管理，垃圾大量堆積。



圖 6-21、樹木生育地空間受鄰近鋪面結構限制。



圖 6-22、隨樹木生長原先花台空間恐不足根系生長。

樹木調查除量測、紀錄樹木之基本資訊如：樹高、胸徑、冠幅等，也可同時檢察診斷對象樹木之健康狀況、生育地環境及風險等級，為相當前端且重要性高之工作，資料的建立可量化樹木資訊，使後續相關作業人員、機關雖未實地面對樹木，但卻可迅速且初步理解樹木狀況，以制定後續樹木健康管理計畫，未來可進一步建立數據體系，以達成「主動預測」取代「被動因應」為目標。

第五節、歷史人文簡易調查

除了客觀的樹木量測結果可供判斷是否達到受保護樹木標準外，樹木如具有特殊的歷史人文價值亦有可能被認列為受保護樹木，此部分認定須經由深入調查與考證，不過亦有部分資訊如在樹木量測過程中可辨識或取得時，同步註記於調查記錄中，有助於後續追蹤及評估：

與歷史人文相關之註記可以包括：

- 1.樹木位於或緊鄰古蹟、歷史建築、紀念建築、歷史聚落、文化景觀之範圍。
- 2.當地居民或里長對樹木在歷史或當地重要性之陳述。
- 3.民眾或團體替樹木命名、立碑文、紀念牌、祭祀等紀念或保護作為。
- 4.樹木在環境中相對獨特，可能或已經被視為當地地標。

樹木保護專業人員教材

【中級】

第七章 樹木保護相關法規

黃裕星/李桃生

專業科目

第七章 樹木保護相關法規

第一節、前言

國土計畫法將全國區分為國土保育地區、海洋資源地區、農業發展地區及城鄉發展地區；其中城鄉發展地區規定應屬可創造寧適和諧之生活環境及有效率之生產環境之地區。參考美加等國將都市林的範圍定義在市郊森林、市區公園、綠地、行道樹；而臺灣地區依循國土計畫法的精神，應可將城鄉發展地區範圍內，與民眾生活有關的所有樹木及木本植物的所在地，定義為都市林的範圍。

我國森林法原立法目的，係為保育森林資源，發揮森林公益及經濟效用而制定。對於「森林」以外單株或群生樹木(例如行道樹、公園之樹木或私人種植樹木等)之保護與管理，並非屬於森林範圍，尚無修正前森林法之適用，須依當地直轄市或縣(市)政府訂定發布之樹木保護相關自治法規辦理。惟各地方政府法規標準不一，又常遭遇土地開發而發生樹木保護爭議，亟需中央制定統一法律規範。

民國 104 年 6 月 12 日下午 6:17:20，立法院三讀通過森林法修正案，目的即在強化樹木的全面保護。嗣經 104 年 7 月 1 日總統華總一義字第 10400075351 號令公布修正森林法第 1 條、第 56 條，增訂第 3-1 條、第 5 章之 1、第 38-2 至第 38-6 條，以及第 47-1 條等條文。此項立法成功，為森林以外之樹木保護建立法源及強化全面保護。

第二節、森林法修正內容

民國 104 年森林法修正案之立法目的及各條文規定重點說明如下：

(一)第 1 條：

為保護非屬森林之樹木，爰修正森林法第 1 條，增加「為保護具有保存價

值之樹木及其生長環境」之文字，以符合立法目的。

(二)第 3-1 條：

有關森林以外之樹木保護事項，明定應依新增之第五章之一「樹木保護專章」內容辦理，可避免與規範森林保護之現行條文產生適用上爭議。

(三)第 5 章之 1：

根據立法院公報之記載，其立法理由指出：森林法所稱之「森林」，已可依該法管制。惟為減少樹木不當管理事件之發生，應增加平地樹木保護規範，並與森林管理區隔；例如空間上與周邊明顯區分之樹木(如植物園、公園)、行道樹、私人種植之單株樹木等均應予以保護。爰擬定有關樹木保護事項，應適用其專章條文規定，以資明確。因此，新增第五章之一，係專門規範森林以外之樹木保護事項，又稱為樹木保護專章。

(四)第 38-2 條：

地方主管機關應普查轄區內樹木，造冊並公告受保護樹木。普查方法及受保護樹木認定標準，由中央主管機關訂定。受保護樹木條件包括：具有生態、生物、地理、景觀、文化、歷史、教育、研究、社區及其他重要意義之群生竹木、行道樹或單株樹木。凡公告為受保護樹木者，應維持樹冠之自然生長及樹木品質，定期健檢養護並保護樹木之生長環境。

(五)第 38-3 條：

土地開發利用範圍內，有經公告之受保護樹木，應以原地保留為原則；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，並應維護其良好生長環境。如開發利用者須移植經公告之受保護樹木，應檢附移植及復育計畫，提送地方主管機關審查許可後，始得施工。另移植及復育計畫之內容、申請、審核程序等事項之辦法，及樹冠面積計算方式、樹木修剪與移植、移植樹穴、病蟲害防治用藥、健檢養護或其他生長環境管理等施工規則，由中央主管機關定之。地方政府得依當地環境，訂定執行規範。

(六)第 38-4 條：

土地開發者提出受保護樹木移植之申請，地方主管機關受理申請案件後，開發利用者應舉行公開說明會，徵詢各界意見，有關機關（構）或當地居民，得於公開說明會後十五日內，以書面向開發利用單位提出意見，並副知主管機關。再由地方主管機關舉辦公聽會，周知民眾提供意見供地方主管機關參採。如經地方主管機關許可並移植之受保護樹木，地方主管機關應列冊追蹤管理，並於專屬網頁定期更新公告其現況。

(七)第 38-5 條：

受保護樹木經許可移植者，地方主管機關應命開發利用者提供土地或資金供主管機關補植，以為生態環境之補償。生態補償之土地區位選擇、樹木種類品質、生態功能評定、生長環境管理或補償資金等相關辦法，由地方主管機關定之。

(八)第 38-6 條：

樹木保護與管理在中央主管機關指定規模以上者，應由依法登記執業之林業、園藝及相關專業技師或聘有上列專業技師之技術顧問機關規劃、設計及監造。但各級政府機關、公營事業機關(構)及公法人自行興辦者，得由該機關、機構或法人內依法取得相當類科技師證書者為之。中央主管機關應建立樹木保護專業人員之培訓、考選及分級認證制度；其相關辦法由中央主管機關會商考試院及勞動部等相關單位定之。

(九)第 47-1 條：

對於保護或認養樹木著有特殊成績者，準用關於經營林業之獎勵方式。

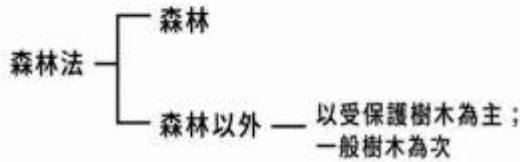
(十)第 56 條：

如未經地方主管機關許可，擅自移植受保護樹木，而違反第 38-3 條規定者，應裁處新臺幣 12 萬元以上 60 萬元以下罰鍰。

《森林法》森林以外樹木保護規定架構

- 森林法-樹木保護專章，相關重點與架構如下：

第五章之一「樹木保護」



§1：為保育森林資源，發揮森林公益及經濟效用，並為保護具有保存價值之樹木及其生長環境，制定本法。

§3-1：森林以外之樹木保護事項，依第五章之一規定辦理。

§38-2：樹木普查與認定受保護樹木

→ 森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準

§38-3：受保護樹木以原地保留為原則； 但申經許可得進行施工

→ 受保護樹木移植及復育施工規則

→ 受保護樹木移植及復育計畫審核辦法

§38-4：申請移植復育，地方應舉行公聽會

§38-5：移植復育後，申請人須向地方繳交生態補償

§38-6：I 指定規模以上之樹木保護及管理，由林業、 園藝及相關技師規劃、設計、監造

→ 森林法施行細則§19-1

II 建立樹木保護專業人員分級認證制度

→ 樹木保護專業人員培訓考選及分級認證辦法

§56：違反§38-3規定，處12萬～60萬元罰鍰

圖 7-1、森林法修正增訂樹木保護規定架構圖

第三節、樹木保護主管機關及其權責

依據上述法條分析，當前森林法中央主管機關為農業部，地方主管機關則為直轄市及各縣(市)政府。分別就中央及地方主管機關權責歸納如下：

(一)中央主管機關應辦事項：

- 1.訂定森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準。
- 2.訂定受保護樹木移植及復育計畫申請及審核辦法。
- 3.訂定樹冠面積計算方式、樹木修剪與移植、移植樹穴、病蟲害防治用藥、健檢養護或其他生長環境管理等施工規則。
- 4.指定樹木保護與管理須由林業、園藝及相關技師執業之一定規模。
- 5.訂定樹木保護專業人員培訓、考選及分級認證制度之相關辦法。

(二)地方主管機關應辦事項：

- 1.對轄區內樹木進行普查，認定受保護樹木，造冊並公告之。認定後應優先加強保護，維持樹冠之自然生長及樹木品質，定期健檢養護並保護樹木生長環

境，於專屬網頁定期公布其現況。

- 2.審查及許可土地開發利用者申請受保護樹木之移植及復育計畫。
- 3.得依當地環境，訂定受保護樹木修剪與移植、移植樹穴、病蟲害防治用藥、健檢養護或其他生長環境管理等地區性執行規範。
- 4.應於獲許可移植受保護樹木之開發利用者之公開說明會後舉行公聽會，周知民眾提供意見。
- 5.審查許可並移植之受保護樹木，應列冊追蹤管理，於專屬網頁定期更新公告其現況。
- 6.訂定相關生態補償辦法，命開發利用者於移植受保護樹木時，提供土地或資金供主管機關補植，以為生態環境之補償；內容應包含生態補償之土地區位選擇、樹木種類品質、生態功能評定、生長環境管理或補償資金等規定。

第四節、其他樹木保護相關法規

(一)中央主管機關訂定之樹木保護法規命令

1.森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準

依森林法第 38-2 條第 3 項規定，授權由中央主管機關訂定森林以外之樹木普查方法及受保護樹木之認定標準，明定具有生態、生物、地理、景觀、文化、歷史、教育、研究、社區等重要意義之定義、樹木普查方法及受保護樹木認定程序，讓直轄市、縣（市）主管機關進行轄區內森林以外之樹木普查作業及受保護樹木認定有所遵循。爰農業部改制前行政院農業委員會(以下統稱農業部)於 105 年 5 月 27 日訂定發布「森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準」，計十一條，其要點如下(詳見本章文末網路連結)：

(1)樹木普查及受保護樹木認定工作：

地方主管機關應至少每五年對轄區內森林以外之群生竹木、行道樹或單株樹木進行一次普查，得請鄉(鎮、市、區)公所協助調查，亦可委任或委託其他

機關、機構或團體辦理，並記錄符合受保護樹木之重要意義。經地方主管機關審查認定為受保護樹木後，應予造冊及公告。民眾或機關團體亦可提供符合受保護樹木資格之佐證資料，向樹木所在地之地方主管機關提報，進行受保護樹木之認定程序。

(2)受保護樹木認定標準：

森林以外之群生竹木、行道樹或單株樹木具有下列各款情形之一者：樹齡達 100 年以上、闊葉樹之樹幹胸高(離地 1.3m 處，以下同)直徑達 1.5m 以上或針葉樹之樹幹胸高直徑達 0.75m 以上、樹冠投影面積達 400 m²以上、樹木生育地形成具生物多樣性豐富之生態環境、為區域具地理上代表性樹木、具重大美學欣賞價值之景觀、與當地居民生活、情感、祭祀、民俗或信仰具有重大連結性、與重大歷史事件具有關聯性、具有人文、科學研究及自然教育價值、當地住民之共同記憶場域、具有其他重要意義等。



圖 7-2、傳統受保護樹木以老樹與巨木為主。

(3)受保護樹木認定及廢止程序：

除地方主管機關主動調查及提報審查者外，森林以外之群生竹木、行道樹或單株樹木符合第二條各款情形之一者，任何人得提供相關佐證資料向樹木所在地之直轄市、縣(市)主管機關提報，進行受保護樹木之認定程序。地方主管機關得遴聘專家、學者與有關機關(構)及團體代表組成審議會，審查受保護樹

木之認定、廢止等相關事宜。受保護樹木經地方主管機關認定有重大生物危害、因天然災害無法存活、有危害公共安全之虞或失去保護意義者，公告廢止之。

2.受保護樹木移植及復育計畫審核辦法：

農業部林業及自然保育署(以下稱林業保育署)已提報「受保護樹木移植及復育計畫審核辦法」草案，經農業部完成法規審議作業，尚未發布。其主要內容包括：訂定依據、計畫申請程序及計畫內容、計畫審查之准駁要件，明定直轄市、縣(市)主管機關得遴聘專家、學者與有關機關(構)及團體代表組成審議會進行計畫審查、申報開工及施工期間監督管理規定、申報完工及申請計畫變更或展延規定、廢止原核定計畫規定等。本案內容涉及下述「受保護樹木移植及復育施工規則」規定，法制技術上將併同發布施行。

3.受保護樹木移植及復育施工規則：

林業保育署已提報「受保護樹木移植及復育施工規則」草案，經農業部完成法規審議作業，尚未發布。其主要內容包括：訂定依據、名詞定義、移植作業(含前置作業)、病蟲害防治及移植後之健檢養護管理等(詳見本章文末網路連結)。由於本案內容涉及上述「受保護樹木移植及復育計畫審核辦法」規定，法制技術上將併同發布施行。

4.樹木保護與管理之中央指定規模：

按森林法第 38-6 條第 1 項規定，授權中央指定一定規模以上之樹木保護與管理事務，其所涉規劃、設計及後續監造等專業技術服務，應由林業、園藝或其他相關技師或聘有該技師之機關(構)辦理。因業務牽涉各產業職掌多元，林業保育署已召開多次產官學研之協調會議並獲致共識，後續預定辦理森林法施行細則第 19-1 條修正並依照法制作業程序辦理。

5.樹木保護專業人員培訓考選及分級認證辦法：

森林法第 38-6 條第 2 項明定：「中央主管機關應建立樹木保護專業人員之

培訓、考選及分級認證制度；其相關辦法由中央主管機關會商考試院及勞動部等相關單位定之。」基於坊間從事樹木保護工作之從業人員廣泛涉及林業、園藝、造園景觀及綠美化等專長領域，業務執行能量亦各有差異，而社會各界對於樹木保護議題日趨重視，確須推動樹木保護專業人員認證制度，以引導相關從業人員進行適當分級培訓或考選並授予合格證書，投入國內市場。

本案經林業保育署依據森林法授權，研擬「樹木保護專業人員培訓考選及分級認證辦法」草案，歷經三次草案預告，依產官學研各界共識及法規審查意見，報送農業部審議，嗣經農業部 115 年 4 月 20 日農林業字第 1142231009 號令發布施行。

茲摘述該辦法之重點如下(詳見本章文末網路連結)：

(1)樹木保護專業人員分級：

- 一、初級：具備現場實地執行樹木保護相關工作項目施工操作之能力。
- 二、中級：具備初級樹保專業人員能力與辦理樹木修剪、養護、健康調查、普查及撰擬受保護樹木保護計畫相關工作項目之能力。
- 三、高級：具備初級及中級樹保人員能力與辦理樹木移植復育、支撐、健康檢查及疫病蟲害防治相關工作項目之能力。

(2)認證程序及發給樹保人員證書：

樹保專業人員認證採考選與培訓雙軌並行。

- 一、初級樹保人員：依本辦法考選測驗及格，並經實習及格，取得考選合格證明。
- 二、中級及高級樹保人員：依本辦法考選測驗及格，並經實習及格，取得考選合格證明；或依本辦法完成培訓，並經測驗及格，取得培訓合格證明。

(3) 報名各級樹保人員考選資格：

- 一、初級樹保人員證書。

二、丙級以上農藝、園藝或造園景觀職類技術士證。

三、公立或立案之私立農業類技術型高級中等學校，或專科以上學校樹木保護相關科、系、組、所、學位學程畢業證書或同等學力證明。

C.報名高級樹保人員考選者，應具備下列資格、條件之一：

一、中級樹保人員證書。

二、乙級以上園藝或造園景觀職類技術士證。

三、公立或立案之私立專科以上學校樹木保護相關科、系、組、所、學位學程畢業證書或同等學力證明。

(4)各級樹保人員考選合格證明：

通過各級樹保人員考選測驗及格後，接受中央主管機關舉辦之樹木保護相關法規、勞工職業安全衛生、職業倫理、修剪、養護及相關課程實習，並經評量及格者，始發給考選合格證明。實習時數，初級至少八小時，中級及高級各至少三十六小時。

(5)報名參加中、高級樹保人員培訓資格：

A.報名參加中級樹保人員培訓者，應具備下列資格、條件之一：

一、初級樹保人員證書。

二、丙級以上農藝、園藝或造園景觀職類技術士證。

三、公立或立案之私立高級中等以上學校畢業證書或同等學力證明。

B.報名參加高級樹保人員培訓者，應具備下列資格、條件之一：

一、中級樹保人員證書。

二、乙級以上園藝或造園景觀職類技術士證。

三、公立或立案之私立專科以上學校樹木保護相關科、系、組、所、學位學程畢業證書或同等學力證明。

(6)各級樹保人員培訓合格證明：

參加中央主管機關辦理之樹保人員培訓，完成培訓並經測驗及格，為培訓

合格，始由中央主管機關發給培訓合格證明。

(7)各級樹保人員證書：

經各級樹保人員考選合格或培訓合格者，應填具申請書，向中央主管機關申請核發各級樹保人員證書。樹保人員證書有效期間五年。

(8)樹保人員考選、培訓、發證之委外規定：

本辦法所定考選測驗與實習、培訓及測驗、樹保人員名冊公告、證書核發、展延、換發、補發、撤銷、廢止或公告註銷、樹木保護相關研習課程認可及網站揭露等事項，中央主管機關得委任所屬機關、委辦直轄市、縣（市）政府或委託其他機關（構）、大專院校、法人或團體辦理。

前項考選測驗或培訓測驗由受委任、委辦或委託機關（構）命題者，中央主管機關得派員監試。

農業部已委任林業及自然保育署執行樹保人員考選與培訓業務。林業保育署規劃 115 年透過行政委託方式，委由林業試驗所與臺灣大學、中興大學及嘉義大學等三所大學農學院，合作辦理中級與高級樹保人員之考選與培訓。另考量報考初級樹保人員需求眾多，將依政府採購法委託民間團體依照該署規劃之考選評核作業辦理初級樹保人員考選業務。



圖 7-3、樹木保護專業人員認證制度是樹保政策成敗之關鍵。

(二)地方主管機關樹木保護自治法規及行政規則

依據地方制度法第 25 條規定，直轄市、縣(市)、鄉(鎮、市)得就其自治事項或依法律及上級法規之授權，制定自治法規。森林法於 104 年修正公布後，授權直轄市、縣(市)政府訂定之法規命令，包括第 38-3 條所定「施工規則，由中央主管機關定之。地方政府得依當地環境，訂定執行規範」、第 38-5 條所定「生態補償之土地區位選擇、樹木種類品質、生態功能評定、生長環境管理或補償資金等相關辦法，由地方主管機關定之」等，於本教材撰文時尚未發布。但直轄市、縣(市)政府對於樹木保護業務，則多數已制定自治條例或訂定行政規則。各地方政府樹木保護自治條例經整理如表 7-1，樹木保護主管單位如表 7-2。

表 7-1 臺灣地區各地方政府樹木保護相關自治條例名稱一覽表

縣市別	自治條例名稱	發布日期
臺北市	臺北市樹木保護自治條例	92 年 4 月 18 日
新北市	新北市樹木保護自治條例	102 年 6 月 19 日
桃園市	桃園市樹木保護自治條例	107 年 10 月 18 日
臺中市	臺中市樹木保護自治條例	102 年 4 月 24 日
臺南市	臺南市珍貴樹木保護自治條例	101 年 10 月 29 日
高雄市	高雄市特定紀念樹木保護自治條例	101 年 12 月 20 日
基隆市	基隆市老樹及珍貴樹木保護自治條例	97 年 02 月 22 日
新竹市	新竹市樹木及綠資源保護自治條例	90 年 3 月 30 日
嘉義市	嘉義市珍貴樹木保護自治條例	98 年 03 月 16 日
新竹縣	新竹縣珍貴樹木保護自治條例	91 年 7 月 16 日
南投縣	南投縣樹木保育自治條例	93 年 8 月 12 日
彰化縣	彰化縣樹木保育自治條例	96 年 6 月 6 日
臺東縣	臺東縣老樹保護自治條例	92 年 9 月 16 日
花蓮縣	花蓮縣樹木保護自治條例	90 年 4 月 19 日
宜蘭縣	宜蘭縣樹木保護自治條例	89 年 2 月 9 日
連江縣	連江縣樹木保護自治條例	109 年 8 月 25 日

註 1：未制定樹木保護自治條例之縣政府包括:苗栗、雲林、嘉義、屏東、澎湖、金門。

註 2：以上資訊為本教材撰文時整理之資料，僅供參考；而各地方政府亦會因應實務現況發布修正版本，實務操作應以更新版本為準。

表 7-2 臺灣地區各地方政府樹木保護主管單位一覽表

縣市別	受保護樹木主管單位	連絡電話
臺北市	臺北市政府文化局	02-27208889
新北市	新北市綠美化環境景觀處	02-29536329
桃園市	桃園市政府農業局	03-3322101
臺中市	臺中市政府農業局	04-22289111
臺南市	臺南市政府農業局	06-2991111
高雄市	高雄市政府農業局	07-3368333
基隆市	基隆市政府產業發展處	02-24258389
新竹市	新竹市政府產業發展處	03-5242070
嘉義市	嘉義市政府建設處	05-2254321
新竹縣	新竹縣政府農業處	03-5518101
南投縣	南投縣政府農業處	04-92222106~9
彰化縣	彰化縣政府農業處	04-7222151
臺東縣	臺東縣政府農業處	089-326141~6
花蓮縣	花蓮縣政府農業處	03-8226050、 8225724
宜蘭縣	宜蘭縣政府農業處	03-9253522
連江縣	連江縣政府產業發展處	0836-26180
苗栗縣	苗栗縣政府農業處	037-321745
雲林縣	雲林縣政府農業處	05-5522470
嘉義縣	嘉義縣政府農業處	05-3620123
屏東縣	屏東縣政府農業處	08-732-0415
澎湖縣	澎湖縣政府農漁局	06-9262620
金門縣	金門縣政府林務所	082-352846、 352847

註：以上資訊為本教材撰文時整理之資料，僅供參考；而各地方政府亦會因應實務變更主管單位，實務操作應以更新修正者為準。

(三)其他

1.在森林法未增修樹木保護專章之前，**森林以外之樹木**其種植與後續修剪、移植復育、疫病蟲害防治、健檢、風險評估及其他養護工作，中央及地方分工概要如下：

(1) **中央部會**：係由各部會依其機關法定職掌處理。如公路兩旁行道樹為交通部(公路局、高速公路局)、市區道路兩旁路樹與公園綠地為內政部(國土署)，校園樹木為教育部、國家級風景特定區為交通部(觀光署)、國家公園及國家自然公園為內政部(國家公園署)、國有土地為財政部。

(2) **地方政府**：各直轄市、縣(市)政府依自治事項(如臺中市公園及行道樹管理自治條例、臺南市公共設施植栽管理自治條例)管理。

2.修正後之森林法樹木保護專章第 38-6 條規定，樹木保護與管理在中央主管機關指定規模以上者，應由依法登記執業之林業、園藝及相關專業技師或聘有上列專業技師之技術顧問機關規劃、設計及監造。其所稱樹木保護與管理，依法條所敘應包括森林以外所有樹木之栽植、移植、修剪、基盤改善、病蟲害防治、工程中樹木保護及風險管理等作業，不侷限於受保護樹木(如圖 7-1)。是故農業部於訂定發布「樹木保護專業人員培訓考選及分級認證辦法」時，亦未限定該等認證人員僅能施作受保護樹木相關工作。

目前各級政府或各目的事業於所轄公共設施或國公有土地上，種植樹木及進行維護管理，涉及「政府採購法」及其相關規定時，其採購契約有關之施工規範，可引用或參考公共工程委員會「公共工程共通性工項施工綱要規範」之第 02900 章種植、第 02902 章種植及移植一般規定、第 02905 章移植、第 02931 章植樹、第 02936 章植物保護等章節訂定。惟因該等規定在森林法修正後尚未適時更新，公共空間樹木管理問題不斷，有待改善。

鑒於近年各公有地樹木不當修剪問題層出不窮，引發社會關注；而國內未有一致性樹木修剪技術規範，供各樹木管理機關、學校遵行，爰林業保育署因

應立法院要求，於 110 年開始，針對所有森林以外之樹木，積極規劃訂定「景觀樹木修剪技術規範」，其目的在提升景觀樹木修剪作業之正確性，維護樹木健康並適當矯正樹體缺陷，以營造景觀美質、增進公共安全、保障人民生活環境與權益。該技術規範草案經多次研商後，已於民國 111 年 1 月 27 日由林業保育署修正函送「景觀樹木修剪作業指引」逐條說明及附錄各 1 份，請中央及地方相關機關參處，並請各機關依權責轉知所屬機關(構)、學校或公營事業機構，檢視轄管景觀樹木修剪技術規定妥適處理，俾提升景觀樹木修剪技術及工程管理品質。

景觀樹木修剪作業指引主要內容如下(詳見本章文末網路連結)：

- (1)總則：說明該指引訂定之目的，規定樹木修剪前應製作景觀樹木修剪施工計畫書，送樹木管理單位核定後，始能進行施作。
- (2)專用名詞定義：含基本名詞、木本植物與修剪相關之術語解釋、樹木構造各部位名詞解釋、修剪技法說明等。
- (3)景觀樹木修剪目的：執行景觀樹木修剪時，須了解及確認實施修剪之目的，且具正當、充足與明確理由後，方能進行。施工單位於確認修剪目的後，宜依照該修剪目的及本作業指引，完成撰寫施工計畫書並送經管理單位核定後施作。
- (4)修剪類型及實施步驟：常見修剪類型包括樹冠清理、樹冠疏剪、樹冠縮減(或稱短剪)、樹冠提升(或稱下位枝修剪)、結構養成修剪等。修剪實施步驟則包括修剪前樹木檢查、工具和設備之整備、修剪作業要領等。
- (5)施工注意事項及常見錯誤樣態：修剪施工應注意事項包括修剪時機、安全注意事項、工地清潔維護、勞工安全衛生等。修剪常見錯誤樣態包括獅尾式修剪、截幹(斷頭)修剪、不當樹冠縮減、修剪傷口過大、樹皮撕裂、切口不平整或切口粗糙及修剪位置錯誤等。
- (6)附則包含附錄一「景觀樹木修剪施工計畫書」、附錄二「樹木修剪檢查表」

及附錄三「樹木修剪調查表」等。

第五節、結語

樹木保護工作之未來趨勢將不僅針對受保護樹木，所有森林以外之樹木，均應考量納入管理。近年來國內樹木養護與樹木醫學的技術改進，對城鄉樹木的保護與養護已有長足進步，亦符合接軌國際之大趨勢。當前法規、技術、人才養成已逐漸上軌道，期盼產、官、學、研各界齊心合作，分享技術與經驗，共同將臺灣的樹木管理水準融入國際主流中。

本章相關重要資訊請參閱以下網路連結。

- 1.森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準

<https://law.moa.gov.tw/LawContent.aspx?id=GL000719>

- 2.樹木保護專業人員培訓考選及分級認證辦法

<https://www.forest.gov.tw/0000061/0000866/>

- 3.受保護樹木移植及復育施工規則草案預告

<https://law.moa.gov.tw/DraftOpinion.aspx?id=3734&KW>

- 4.景觀樹木修剪作業指引 <https://www.forest.gov.tw/0000061/0000815/?p=7>

樹保中級題庫

第七章、樹木保護相關法規練習題

編者註：以下簡答題為作者提供教師與學員授課參考

簡答題：

1.	森林法樹木保護專章授權中央主管機關訂定之四項法規命令，那一項中央主管機關訂定發布後，地方政府得依當地環境，訂定執行規範。
答	受保護樹木移植及復育施工規則。
2.	民國 111 年 1 月 27 日由林業及自然保育署函送「景觀樹木修剪作業指引」請中央及地方相關機關參處，並請各機關依權責轉知所屬機關(構)、學校或公營事業機構，檢視轄管景觀樹木修剪技術規定妥適處理，其目的為何？
答	提升景觀樹木修剪作業之正確性，維護樹木健康並適當矯正樹體缺陷，以營造景觀美質、增進公共安全、保障人民生活環境與權益(樹健康、人安全、景觀美)。
3.	景觀樹木修剪作業指引規定常見之修剪類型包括哪幾種？
答	樹冠清理、樹冠疏剪、樹冠縮減(或稱短剪)、樹冠提升(或稱下位枝修剪)、結構養成修剪等。

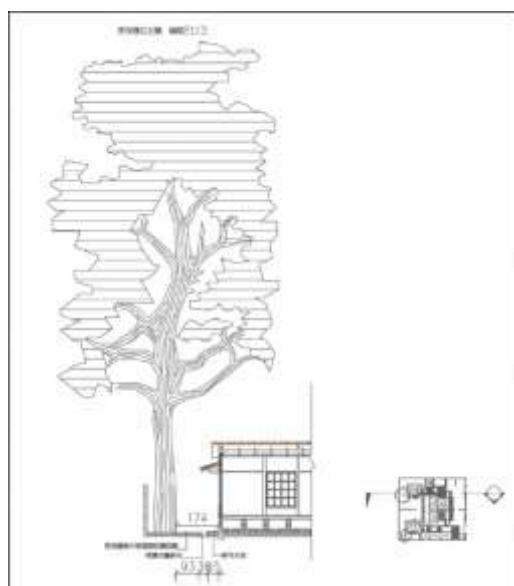
樹木保護專業人員教材

【中級】

第八章

樹木保護計畫撰寫實務

李佩蓉 / 呂學義



專業科目

第八章 樹木保護計畫撰寫實務

第一節、樹木保護計畫撰寫時機

(一)前言

本章節所述之受保護樹木系指農業委員會依據森林法第 38-3 條訂定「森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準」於 105 年 5 月 27 日發布實施認定或由地方主管機關認定之受保護樹木。依據受保護樹木移植及復育計畫審核辦法公告之草案第二條，「土地開發利用者(以下簡稱開發者)移植經公告之受保護樹木，應擬具受保護樹木移植及復育計畫，向受保護樹木所在地之直轄市、縣(市)主管機關申請移植許可。」

然如該樹有維護管理需求時或土地開發範圍內(包含其旁有影響疑慮)存在受保護樹木時，亦應提具保護計畫書，提送地方主管機關審查許可後，始得施工。目前國內各縣市受保護樹木(或珍貴樹木)之自治條例不盡相同，其規格認定標準亦不同，針對受保護樹木之保護、移植、修剪或養護等計畫，各縣市規定亦不一，本章節多以臺北市之受保護樹木計畫為例進行說明。如於其他地方政府提送樹木保護計畫書時應參照該地方政府之要求準備資料。

以臺北市為例「臺北市樹木保護自治條例」現行規定，受保護樹木係採現地量測方式認定；基地內各工程之建設開發者，應自行派遣專業人員量測「施工全區內」喬木樹籍資料並簽證負責，如基地內樹木有達受保護認定標準者，則需依「臺北市受保護樹木保護計畫暨移植與復育計畫審議作業要點」規定，提送保護計畫或移植與復育計畫等至主管機關轉陳「臺北市樹木保護委員會」審查，待審查同意後始得施作。

備註：該法自民國 112 年 8 月 1 日起改由農業部承接辦理

(二)申請須備妥之資料

依據受保護樹木移植及復育計畫審核辦法公告之草案第二條，土地開發利用者(以下簡稱開發者)移植經公告之受保護樹木，應擬具受保護樹木移植及復育計畫，並檢附下列文件，向受保護樹木所在地之直轄市、縣(市)主管機關申請移植許可：

- 1.目的事業主管機關核定之興辦事業計畫。
- 2.移植及復育地點之土地所有權人、使用人或管理人同意書。
- 3.依法應進行環境影響評估者，應檢附經審查通過或許可之環境影響評估說明書或評估書。
- 4.依法應擬具水土保持計畫者，應檢附經核定之水土保持計畫。
- 5.符合本法第三十八條之六第一項指定規模者，應檢附負責規劃、設計及監造之林業、園藝及相關專業技師之技師證書、執業執照影本；屬技術顧問機關(構)所聘者，並應檢附該機關(構)之登記證明文件影本。
- 6.其他經直轄市、縣(市)主管機關規定之文件。

計畫申請審議時提送之資料會因不同地方政府或法令變更而有所不同，以「臺北市受保護樹木保護計畫暨移植與復育計畫審議作業要點」規定，一般常見之提送資料如下：

1.申請書：

為地方政府所設計之表格，不同受理審查單位會有所不同，通常內容須填寫申請人(樹權人)資料、設計人資料(該計畫撰寫者或是執行者)、設計標的資料(受保護樹木座落地點)(圖 8-1)。

2.委託書：

若計畫執行非樹權人，則應出具全權委託書(圖 8-2)。

3.審議資料表：

為地方政府所設計之表格，內容常填寫審議類別、受保護樹坐落環境，案件樹木總數、工作時程、申請人等簡易資料，目的為方便承辦初步判斷分類案件用途，由地方政府規定是否需填寫(圖 8-3)。

4.書件審核表：

為地方政府所設計之表格，目的為提醒送審者，需提送之資料種類，由送審者一一勾選，作為提送前之自我檢核確認用途，提送後亦便於承辦者快速檢核用(圖 8-4)。

5.計畫書本體：

其組成內容詳述於下節。

6.前次審查意見須補送資料：

若為修正後送審，則須補證前次意見所述之相關資料。

附件一 臺北市受保護樹木保護計畫暨移植與復育計畫審議申請書									
一、 申請人資料：									
申請人：									
地址：		臺北市	區	里	鄰	路	號		
電話：									
傳真：									
電子信箱：									
二、 設計人資料：									
申請人：									
地址：		臺北市	區	里	鄰	路	號		
電話：									
傳真：									
電子信箱：									
三、 設計標的資料：									
基地座落：		臺北市	區	段	小段	地號			
用途：									
基地地址：		臺北市	區	里	鄰	路	號		
中華民國 年 月 日									

圖 8-1、臺北市受保護樹木計畫申請書。

附件二 臺北市受保護樹木保護計畫暨移植與復育計畫審議委託書 茲委託「(設計人單位名稱)」:「(設計人名稱)」全權代表本人辦理「(臺北市 區 段 小段 地號)」之「(工程名稱)」一切手續事宜，特立此委託書。 委託人： 地址：臺北市 區 里 鄰 路 號 電話： 傳真： 電子信箱： (同申請人資料) 中 華 民 國 年 月 日									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

圖 8-2、臺北市受保護樹木計畫委託書。

附件三 臺北市受保護樹木保護計畫及移植與復育計畫審議資料表

檔名	送審類別										A. ☐ 幹事會審 B. ☐ 委員會審 C. ☐ 核定 D. ☐ 計畫變更 (可複選)									
送審法規依據及範圍	依據臺北市樹木保護自治條例第六條辦理										計畫類別 A. ☐ 保護計畫 B. ☐ 移植與復育計畫 C. ☐ 保護計畫及移植與復育計畫									
案名	基地地點																			
土地使用分區	m 法定建築率										% 受保護樹木總數									
基地面積	m ² 實設建築率										基本 A. 原地保留且受保護樹木保護範圍內無受影響之受保護樹木									
總樓地板面積	m ² 法定容積率										% 資料									
地下開挖樓層數	層 實設容積率										% B. 原地保護之其他受保護樹木 (除A.項以外)									
地下開挖面積	m ² 最大樓層數										株數 (樹名/編號)									
地下開挖規模	% 建築物高度										株數 (樹名/編號)									
環境	B2																			
設	B1																			
計	以下之各										其他樹格資料加註事項									
資	IF										受保護樹木保護措施									
料	2F										月 (日) 至月 (日) 移植									
	3F										月 (日) 至月 (日) 復植									
	4F										月 (日) 至月 (日) 施肥									
	5F										其他作業									
	6F										申請人									
	7F										住址									
	8F										設計人									
	9F										住址									
	10F										樹木承商									
受理	申請日期										會議記錄及准予備查發文號									
預審	審查會日期										備註及建築執照加註事項									
過											承辦人									
程																				
委員會審																				
核定																				
計畫變更																				

填表人： 蓋章處： 填表日期： 年 月 日

註1：申請人請檢送電子檔 (填表請用12至14號標楷體字型填寫) 至台北市政府文化局辦理臺北市受保護樹木審議作業。
 註2：申請計畫變更案件者，應檢具變更前及變更後之受保護樹木審議資料表。

圖 8-3、臺北市受保護樹木計畫審議資料表。

收件日期		中華民國 年 月 日		收文字號													
申請人		公司（機關）		設計標的	地址	北市	區	里	路（街）	段	巷	弄	號				
		負責人（首長）：			地號												
設計人		公司（機關）		樹木承商	公司（機關）												
		負責人：			負責人：												
編號	項目	檢核圖件		檢核結果		編號	項目	檢核圖件		檢核結果							
				合格	頁碼					合格	頁碼						
一	基本資料	（一）申請書及委託書（申請人、設計人核章，設計標的基本資料）				五	施工影響說明及防範處理	（一）施工機具、車輛及人員動線圖									
								（二）受保護樹木於施工期間安全之保全措施									
		（二）審議資料表及書件審核表（各項目須與計畫書各章節內容確實一致）				六	保護計畫	（一）樹木保護範圍地作工項與保護措施。									
		（三）前次會議審查意見、修正說明、頁碼等回覆對照表						（二）樹冠及枝幹修剪程度及方式（非必要勿修剪）									
		1. 召開日期、會議記錄發文字號						（三）保護工程及其分項工程之期程									
		2. 審查意見逐條說明				七	移植與復育計畫（*）	（一）移植施工項目及流程									
		3. 修正情形、補充說明及頁碼						1. 斷根作業、樹根挖掘範圍及根圍保護措施									
（四）目錄索引（計畫書頁次編號）				2. 樹冠及枝幹之修剪程度及方式、保障樹木生機措施													
二	設計案書圖	（一）基地位置及範圍圖（基地範圍為同申請建築執照之建築基地範圍，免申請建築執照者為該開發建設基地範圍）				八	樹木承商資料	（一）相關實績經驗									
		（二）計畫簡介						（二）公司組織及人員									
		（三）全區平面配置圖、施工區域範圍圖及十樓以下各樓層平面圖（含所有地下層）						九	預算經費	各作業要項所需單價、數量、總價等明細							
		（四）地基開挖範圍平面圖（清楚標示與受保護樹木距離等關係）								十	其他資料	其他須檢附之資料					
		（五）立面圖（清楚標示與樹木距離等關係）										1. 樹保計畫歷次會議記錄。					
		（六）植栽設計配置圖										2. 申請移植者，必需檢附受保護樹木本身有無褐根病之檢測，定植地點有無褐根病與紅火蟻之證明。					
三	樹籍基本資料	（一）施工區域範圍內植栽現況平面圖				十	其他資料	3. 基地外移植需附定植點土地所有權人同意書。									
		1. 施工區域範圍內植栽現況調查（以喬木為主，清楚加註並編號標明）						4. 與案情有關之會議記錄。									
		2. 達受保護標準樹木之現況位置（清楚加註並編號標明）						5. 其他與案情相關之檢測或證明資料。									
		3. 受保護樹木處理方式（原地保留、移植或其他處理之樹木位置及數量）				備註：		1.（*）：為「四、申請移植理由」及「七、移植與復育計畫」書圖項目，如申請案中全案所有樹木僅提出保護計畫申請者，免填。 2. 申請案件經審議通過核備後，申請人除須將已送審核備計畫書之內容併入相關合約中據以執行外，其相關計畫內容作業要項於施作前、中、後之過程中均應拍照製作紀錄，並於文化局指定之限期函送完成上述紀錄核備後始得取得執照。									
		（二）受保護樹木樹籍資料調查表															
		1. 樹種															
		2. 樹胸徑（地平以上一．三米高之位置測量）															
		3. 樹胸圍（地平以上一．三米高之位置測量）															
		4. 樹高（地平起算）															
		5. 樹冠幅															
		6. 樹木現況照片（全株及近照至少各二張）															
		四	申請移植理由（*）	說明無法原地保留及必須移植之充分理由及具體事證													

註：本表由設計人勾選，請於「檢核結果」之「合格」欄位中符合規定者打“√”及不符合規定者打“X”。

另「頁碼」為所送審議計畫書內容之頁碼。

設計人自行檢核結果：☐符合規定 ☐不符合規定 建築師（技師）用印：

圖 8-4、臺北市受保護樹木計畫書件審核表。

第二節、計畫書組成架構

下列敘述分項可依照不同計畫種類、個案屬性差異及承辦單位之規範，自行取捨及調整順序及計畫精簡。

(一)設計案書圖

通常會依照開發或施工影響的範圍大小，而被要求提出或不提出，其目的是提供審查委員了解樹木與基地環境的相關位置，協助判斷欲施行之樹木保護作為是否為必要程序，以臺北市為例如果是單一受保護樹木之修剪計畫書就不需提出此書圖，如果是新建、改建或土地開發之樹木原地保留、修剪、移植復育計畫等，則會被要求編撰在計畫書內。其內容能包含如下：

1.基地位置、範圍圖：

須說明基地概要、都市計畫概要及使用分區、交通現況等，並標示受保護樹木位置與基地範圍圖。(基地範圍同申請建築執照之建築基地範圍，免申請建築執照者為該建設開發基地範圍)。

2.基地現況與計畫簡介：

須說明基地概述(包含土地所有權人、管理單位等)、計畫概要、工程實施時程、受保護樹木現況說明與預計辦理方式。

3.全區平面配置圖及施工區域範圍圖：

須標註基地內施工範圍、建築施工影響範圍、地基開挖線與受保護樹木距離關係，並標示受保護樹木之樹冠、樹木保護範圍(Tree Protection Zone, TPZ，臺北市文化局規定為樹冠外推三公尺)位

4.地基開挖範圍平面圖：

清楚標示設施物地上外緣線或牆面線與受保護樹木之距離等關係，比例尺同全區平面配置及地基開挖範圍圖規定。

5.各樓層平面圖(此為臺北市規範如未規範者則免付)：

10 樓以下及地下各層樓層平面圖(比例尺 100 分之 1 至 500 分之 1)，於各樓層平面圖標註受保護樹木位置，此目的為檢核各樓層影響情況，如與受保護樹木距離甚遠，僅提出 1 層平面圖及地下室平面圖即可。

6. 立面圖：

於建築立面圖標註受保護樹木位置，並標註樹基部與建築物距離，若無建築可免提送。

7. 植栽設計配置圖：

於建築物施工完成後，新植植栽配置與受保護樹木之間關係。

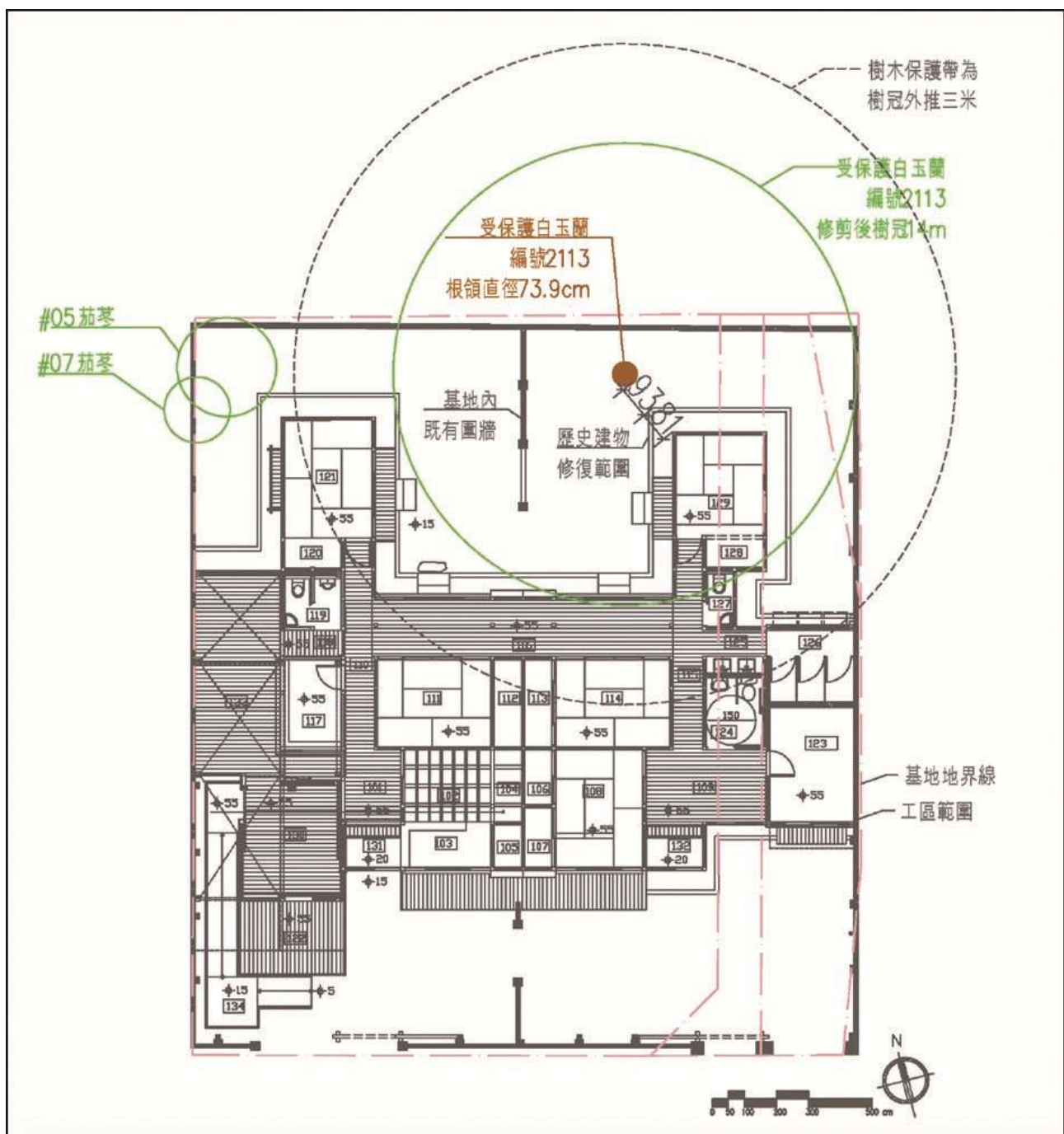


圖 8-5、保護計畫全區平面配置圖及施工區域範圍圖範例。

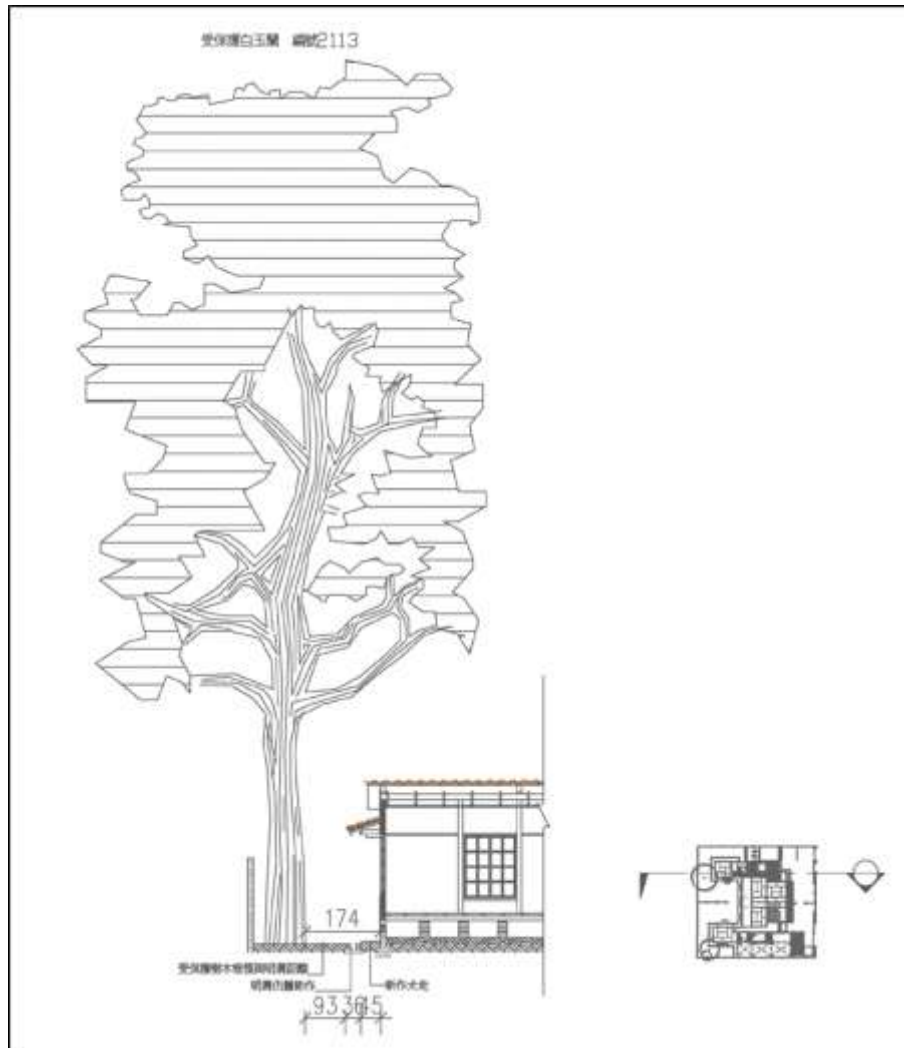


圖 8-6、保護計畫立面圖範例。

(二)樹籍資料

樹籍資料調查需填具之項目會由地方政府承辦單位所設計規範，以臺北市為例若為大型開發案，會被要求提具下列資料：

1.樹籍調查清冊(含非受保護樹木)：

基地內含非受保護樹木皆需列表造冊，包含每木照片、樹種、樹胸徑(公尺)、樹胸圍(公尺)、樹高(公尺)、是否已達「臺北市樹木保護自治條例」第 5 條之認定標準、備註或處理方式(如原地保留、基地內/外移植、移除等)。臺北市所提供表單書寫範例如圖 8-7。

樹籍資料調查清冊

一、基地位置：說明地址、地號等基本資料。

二、基地範圍內樹木分佈位置圖：應清楚表達樹木位置及編號

三、基地內樹木調查清冊：

編號	樹種	樹胸徑	樹胸圍	是否已達「臺北市樹木保護自治條例」第2條第1項第1、2款認定標準	備註

四、基地內樹木照片：

各樹木之遠、近照片至少各兩張，近照應清楚看見量測刻度數值。

備註：

1、依「臺北市樹木保護自治條例」現行規定，受保護樹木係採「現地量測方式」認定；本市轄區內各工程之建設開發者，應檢送「施工全區內喬木樹籍資料」至本局；如基地內樹木有達受保護認定標準者，則需依「臺北市受保護樹木保護計畫暨移植與復育計畫審議作業要點」規定，提送保護計畫或移植與復育計畫至本局轉陳「臺北市樹木保護委員會」審查，待審查同意後始得施作。

2、另如所提供之資料有致使本局登載不實事項於公文書，足以生損害於公眾或他人者，其應負相關法律責任。

3、本清冊所列「樹胸徑」、「樹胸圍」等項目，指地平（樹基部）以上1.3公尺高之位置處，所測量之數值。

圖 8-7、臺北市樹籍資料調查清冊。

2. 受保護樹木樹籍調查資料表：

受保護樹木樹籍資料調查表為針對受保護樹木現況所作之記錄及描述，其所需調查項目會因不同承辦單位而有所不同，如果地方政府未出具範本者，也可自行設計記錄之，一般必要調查之項目如下：

(1)認列編號：

填寫已受中央或地方政府列管之編號，如尚未認列則免填。

(2)樹種：

通常包含學名，中文名稱則應填寫學術廣用之名稱，不宜填寫俗稱，例如茄苳不宜填寫重陽木，光蠟樹不宜填寫白雞油。

(3)樹址：

如在都市內以登記門牌號碼為優先，如不在建物旁，則可填寫地號，或較不會變動之地標或道路公里數等方式記錄。如現場有超過一棵以上樹木，建議再更清楚描繪該樹相關位置，以方便他人複查時之準確性，例如：面對建物右側數起第幾株或背向某物前方幾公尺處等描述。

如該樹位於郊外也可加記 GPS 方位，惟 GPS 之記錄方式在臺灣常用的模式有 TWD97 二度分帶坐標值、TWD97(WGS84)經緯度坐標值、TWD67 二度分帶坐標值、TWD67 經緯度坐標值等眾多表示法，在使用儀器時應確認該數值為何種表示法之數值。

(4)樹胸徑：

胸高直徑係指成人之胸高，至於確實高度，各國規定不一，我國、德國及歐洲諸國定為 1.3 公尺。記錄時需統一其單位，以臺北市為例統一以公尺表示。

(5)樹胸圍：

量測位置同胸高直徑，樹幹之橫斷面雖非為正圓，但為求實用上之簡便，概皆假定為正圓，可先量測其樹胸圍，在依面積回推為樹胸徑。

(6)樹高：

而林業及自然保育署有關樹高測定之規定如下：

a 樹高之測定，應是其全高，即林木自地面至主幹頂端之長度。

b 根系露出之林木，視水平板根為地面高起算樹高。

c 樹高測定單位為公尺，不足一公尺者不予計算，如 15.5 公尺記為 15 公尺。

(以上樹體之量測參考自森林計測學第五章立木計測)

(7)樹冠幅：

量測樹冠投影之寬幅。

(8)外觀描述：

樹木現況之外觀。

(9)生育地描述：

調查時之生育地現況描述。

(10)歷史背景描述：

附近耆老之訪談描述、有文史資料佐證之樹齡或植生年。

(11)調查日期

(12)調查者

其樹籍資料表範例詳圖 8-8。更詳細之樹木調查請參閱第六章教材。

圖 8-8、臺北市受保護樹木樹籍調查表

樹木編號	1458			*位置圖	
*樹種	正榕	俗名			
學名	<i>figus microcarpa</i>				
*樹址	臺北市中正區臨沂街 61 巷 1 號				
*樹高	13.5 公尺	*樹胸徑	0.56 公尺	*樹胸圍	1.76 公尺
*冠幅	東西向 11 公尺 南北向 12.5 公尺	*樹齡	不詳	植生年	不詳
*權屬	1.公有：內政部警政署 2.私有：_____				
*位置	☐ 1.道路、人行道 ☐ 2.公園、綠地 ☐ 3.學校 ☐ 4.郊山 ☐ 5.私有住宅 ☒ 6.公共場所 ☐ 7.其他：_____				
特色	☐ 1.珍稀樹種		☒ 2.生態代表性		☐ 3.生物代表性
	☐ 4.具地理代表性		☐ 5.區域人文歷史代表性		☐ 6.文化代表性
	☐ 7.其他：_____				
來源	☒ 1.原生種 ☐ 2.外來種				
樹形	☐ 1.尖錐形 ☐ 2.寬錐形 ☒ 3.寬展開形 ☐ 4.窄柱形 ☐ 5.寬柱形 ☐ 6.獨特型				
生育地 (可複選)	☐ 1.水泥、柏油鋪面 ☒ 2.草地、土壤鋪面 ☒ 3.有建築物影響發育 ☐ 4.垃圾雜物堆積 ☐ 5.其他：_____				
健康度	☒ 1.良好 ☐ 2.有明顯病蟲害 ☐ 3.有明顯人為破壞 ☐ 4.其他：_____				
*背景訪談 或環境描述	該樹植穴地勢有高低差，根領生長歪斜，樹體朝向道路側傾斜，若持續往道路側生長，日後恐影響樹體平衡。發現有大量枝條延伸到道路上方並下垂至對面鄰舍，建議進行樹冠清理，修除樹冠內不良枝，回剪道路上方枝長 1/3 枝徑比>40 倍枝條，減輕樹體荷重，避免倒伏及劈裂斷折，危害行人及行車安全。另有一氣生根擠壓圍欄造成損傷建議移除損壞圍欄之氣生根，避免日後樹木與圍欄的結構損害。				
*調查日期	109 年 04 月 22 日	*調查者	莊柏遵 (TW-0363 A)、林子翔	審核 日期	109 年 04 月 25 日
				審核者	李佩蓉 (ISA 認證樹木風險評估師、樹藝師 TW-0140A)



北面(攝於 2020/04 月)



西面(攝於 2020/04 月)



植穴內地勢有高低差，根領歪斜



氣生根曾經倚靠矮牆，已遭截斷



氣生根生長壓壞圍欄



樹冠延伸至道路上方

(3)施工範圍內植栽現況平面圖：

包含施工區域範圍內植栽現況調查，需分別列出基地內受保護樹木、非受保護樹木之數量、現地位置與建議處理方式(如原地保留、基地內/外移植、移除等)，並標註於現況平面圖上。

(1)施工影響說明

若為因應單一受保護樹維護管理所提之受保護樹木修剪計畫，則無提具該項說明之必要。

若為一般開發案件，或是因應其他原因所必須提出的樹保計畫，則必須提具此案件作為對受保護樹木之影響，針對相關影響說明相對因應之方案即必須執行之理由。

(2)保護計畫內容

保護計畫內容為本計畫書之核心部分，必須詳述保護原由、範圍、措施、施作方式、期程及後續處置，常見的計畫內容有原地保留計畫、修剪計畫及移植復育計畫等，依照案件規模有時為單項計畫，也有可能是多項並存，詳細之撰寫方式及內容將於本章三、四、五項詳細說明之，請參閱後續項次。

(3)經費預算

各項作業要項內容、數量、總價等明細，表列計畫內所有施工項目之預算，預算與工作項目需與計畫內容前後一致。

(4)樹木承商資料

可包括公司組織及人員、相關案件實績、相關執行人員資格文件影本(承辦單位有規定者需提出)。

(5)其他相關需檢附之資料

例如：核備計畫書需附之相關會議資料、相關佐證文獻等，若為二次以上修正後所投送之計畫書則需檢附審議後修正表且通常會置於計畫書內容最前頁(審查意見修正表於本章第七項次敘述之)。

第三節、原地保留計畫內容

以臺北市為例受保護樹木如遇開發案通常優先採用原地保留為原則，如受保護樹木位於開發基地內或樹冠外推三米處(基地外亦同)遇開挖、工程等影響，則需送「受保護樹木保護計畫」予主管機關審查。所以原地保留計畫為最主要的計畫內容，其撰寫內容如下：

(一)施工期間保護措施：

1.樹籍調查清冊(含非受保護樹木)：

包含施工圍籬形式、長度、架設位置等，需以立面圖、平面圖等清楚標註(圖 8-9)。

2.樹體保護作業：

須說明施工期間主幹、枝條、樹冠等保護措施。

3.有牽涉樹根、主幹周邊之設施物清除作業，需清楚說明清除作業之機具、方式、樹木保護措施等。

4.若有牽涉樹木斷根作業，需清楚說明斷根後養護措施，如架設支撐、根系保護等作業

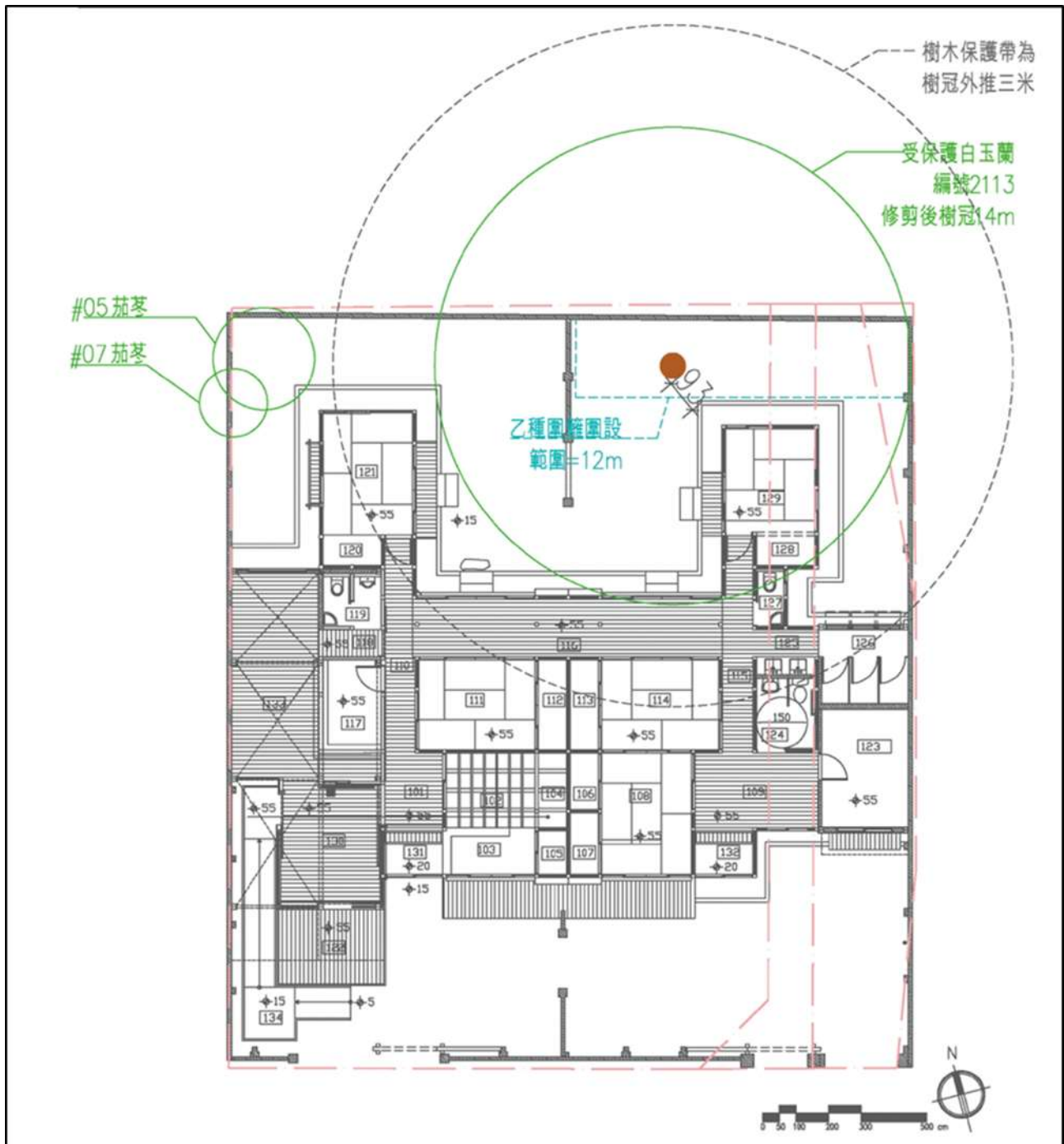


圖 8-9、保護計畫施工圍籬架設示意圖範例。

(二)保護範圍

若有新建建築物需施作連續壁、或既有建築物需拆除或新作等，可能傷及受保護樹木根系之疑慮，需清楚說明根系保護範圍、保護措施與工法(如斷根、埋設阻根板或結構模組、土壤改良等)，另需說明未來完成面與受保護樹木之高程變化、排水系統與洩水方向等，並於立面圖、平面圖或現場照片加以標註位置、工法、深度與材料。(圖 8-10)



圖 8-10、受保護樹木樹根保護範圍與工法示意圖範例。

(三)其他輔助保護措施

例如樹冠及枝幹修剪程度及方式(非必要勿修剪)，需說明受保護樹木修剪之目的、預計修剪枝條種類、預計修剪幅度與修剪方法，並說明修剪後切口照護方式，並於受保護樹木照片上清楚標註受保護樹木尺寸、預計修剪位置、幅度等。

(四)保護措施之分項期程

1.施工期程：

需清楚表列受保護樹木保護計畫內各項工作發生時間，並表列建築/開發預計時程(如既有建物修復、連續壁開挖時程、建築體施工時程、景觀施作時程等)。

2.養護期限：

養護期限最少不得低於一年，並需表列養護期間預計作業項目與頻率。

3.可能發生之病蟲害及其防治方案：

需列出受保護樹木可能發生之病蟲害與相應之防治對策，盡量避免使用化學藥劑，以免造成民眾與樹體損傷。

第四節、修剪計畫內容

(一)修剪計畫提出時機及目的

修剪是受保護樹木日常維護管理的一部分，其目的是在協助受保護樹木去除不必要且會影響樹木健康發展的枝葉，使受保護樹木之發展朝協調且合理的樣貌伸展，或是閃避開發進行中無法避免的傷害動線，所進行的手段，在大型的樹保計畫撰寫的過程當中，不論是原地保護的計畫型態或是移植復育的計畫型態，都有可能加入修剪計畫，來使整個樹保計畫更趨完整，甚至有可能在沒有開發案影響的狀況下，僅為日常管理而單獨被提出的小型計畫書，所以撰寫修剪計畫書是樹保專業人員最常被提出需求的課題之一。

(二)撰寫說明(可依各執行單位規定調整內容)

1.樹木位置圖及描述：

需清楚標示欲修剪之受保護樹木所在位置之地號、地址與編號等資訊(圖 8-11)。

2.受保護樹木樹籍資料：

樹籍資料之撰寫請參照本文二-(二)-2.之說明(圖 8-8)。

3.全區樹木調查清冊及相關位置圖：

若該修剪為複雜之開發案周邊尚有其他受保護樹或非受保護樹，視相互影響狀況，可能會被承辦單位要求執行該項目，撰寫模式請參照本文二-(二)-1. (圖 8-7)。如為單純枝修剪案則此項目可免。

4.修剪目的說明及修剪照片模擬：

需清楚說明修剪目的、修剪方法與預計修剪枝條，並在樹木照片上繪製修剪前、後之冠幅與預計修剪位置(圖 8-12、圖 8-13、圖 8-14)。

5.其他應配合之保護措施說明：

例如申請路權說明、施工前公告說明、樹幹傷口處理、殺菌劑等。

6.委託之園藝承商：

說明承作廠商、聯絡人、電話等。

7.預計施作及養護期程

8.經費明細：

如為獨立之修剪計畫書可明列此項目，如為附屬計畫可併入總經費說明。

備註：修剪計畫經核定後始得施作，並於施作完成後二週內提報施工要項紀錄送主管機關核備。

1. 樹木基本資料及地點

- (1) 地號：臺北市中正區臨沂段四小段 134、135、136 地號
- (2) 地址：臺北市中正區臨沂街 61 號
- (3) 受保護樹木編號：283 正榕、1457 正榕、1458 正榕

2. 樹木位置圖



圖 8-11、受保護樹木基本資料、地點與樹木位置圖範例。

三、樹木修剪示意及說明

1. 受保護樹木編號 283 正榕

(1) 修剪目的

該受保護樹木編號 283 正榕位於臨沂街及臨沂街 59 巷轉角處，巷弄狹窄人車來往頻繁，由於樹冠生長茂密龐雜，多數枝條已延伸至道路上方，可見許多枝徑比過長及不良枝條。樹冠內存有枯腐枝、不定枝、交叉枝及下垂枝等。為降低不良枝條劈裂斷折，影響來往行人、車輛之風險，預計將道路上方部分枝條適度回剪，減少枝條延伸長度，藉以改善樹冠重心，平衡樹型發展，並透過樹冠清理將不良枝條適度修除，提升通風性及透光率，預計總修剪幅度約為 10%。

(2) 修剪示意



圖一、受保護樹木編號 283 正榕樹高、樹寬示意

圖 8-12、受保護樹木修剪目的說明及圖示範例。



圖二、受保護樹木編號 283 正榕西面修剪示意



圖三、受保護樹木編號 283 正榕北面修剪示意

圖 8-13、受保護樹木修剪示意說明及圖示範例。

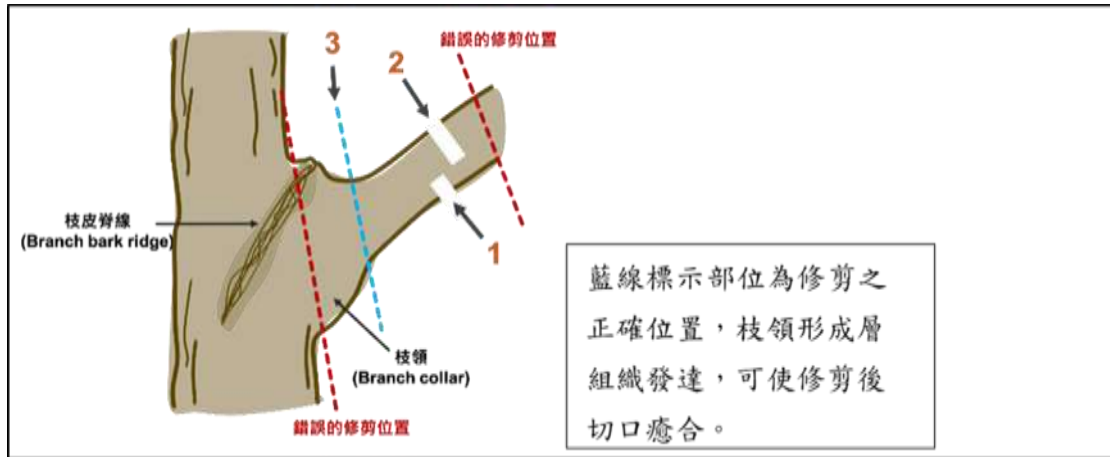


圖 8-14、修剪方法示意圖。

第五節、移植與復育計畫內容

依據受保護樹木移植及復育計畫審核辦法公告之草案第三條，受保護樹木移植及復育計畫，應包括下列事項：

- 1.樹種、中文名、學名、坐落地點(包括位置圖)及受保護樹木編號等基本資料。
- 2.移植之理由。
- 3.假植、定植之復育地點(包括位置圖及土壤分析報告)。
- 4.移植及復育作業程序、施工機具設備及期程。
- 5.移植、定植後之追蹤、管理維護措施及復育養護期限。
- 6.樹木之健康狀況及移植之風險評估。
- 7.前項第四款作業程序，應符合本法第三十八條之三第三項施工規則之規定。

(一)申請移植理由

在本章前二-(三)項已針對該案件說明施工之影響後，該計畫之內容則必須將所有影響更進一步分析，並詳述必須移植之理由，且確認執行移植計畫為該案之最佳方案而實行之。

(二)移植前之安全保護措施

- 1.施工圍籬架設：

包含施工圍籬形式、長度、架設位置等，需以立面圖、平面圖等清楚標註(圖 8-9)。

2. 樹體保護作業：

需說明施工期間主幹、枝條、樹冠等保護措施。

3. 若有牽涉樹根、主幹周邊之設施物清除作業，需清楚說明清除作業之機具、方式、樹木保護措施等。

4. 若建築物施工可能影響受保護樹木(如連續壁、基地甲種圍籬施作、建築工程污水排放等)，則需說明施工期間受保護樹木之保護措施、工序等，避免施工傷及受保護樹木。

(三) 移植、假植、定植及復育相關說明

1. 受保護樹木移植(假植)地點：

標示受保護樹木未來定植點之位置於地圖、照片上，並描述相關定植措施，如植穴大小、排水措施、土壤改良等作業(圖 8-15)。

2. 定植點之環境檢測結果：

說明定植點之土壤硬度、透水率、酸鹼值、電導度、質地檢測、褐根病、紅火蟻、日照模擬、風速評估等。

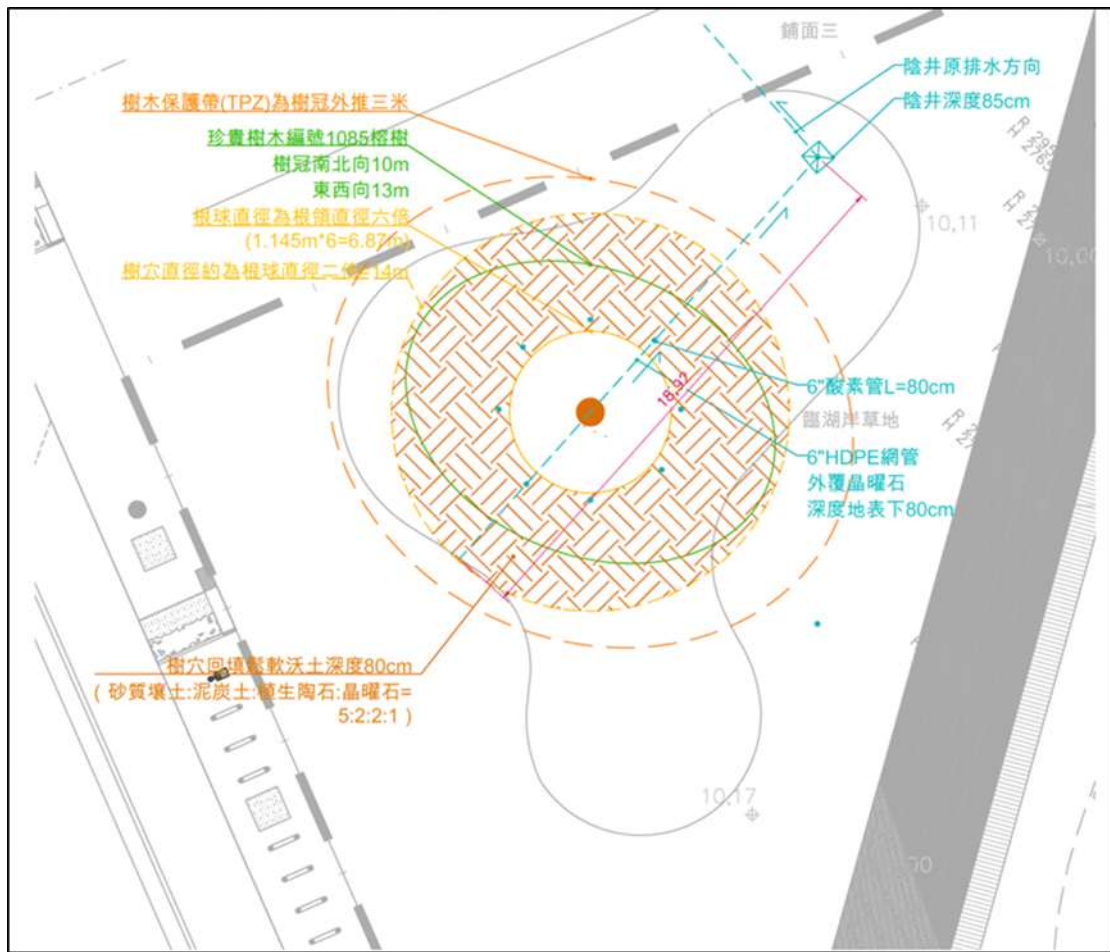


圖 8-15、受保護樹木定植平面示意圖範例。

(四)移植施工與流程

列出受保護樹木移植過程各工項與時程詳加說明，並加註移植作業流程表。

1.斷根作業、樹根挖掘範圍及根團保護措施：

說明受保護樹木預計斷根之根球(土球)尺寸大小(直徑、深度等)、斷根工法與順序等工項。

2.樹冠及枝幹修剪程度及方式(適度修剪，非必要勿修剪)：

需說明施工期間主幹、枝條、樹冠等保護措施。

3.搬移運送方式及作業安全措施：

說明受保護樹木之吊運重量、吊運工法與相關安全保護措施。

4.種植作業、立支架及其他保護措施：

說明受保護樹木定植工序、工法與立支架等保護措施，並以平面圖、剖面圖等加以描述。

(五)移植定植後之管理措施及復育養護期限

1.施工工期：

需清楚表列受保護樹木保護計畫內各項工作發生時間，並表列建築/開發預計時程(如既有建物修復、連續壁開挖時程、建築體施工時程、景觀施作時程等)。

2.養護期限：

移植後養護期限最少不得低於二年，並需表列養護期間預計作業項目與頻率。

3.可能發生之病蟲害及其防治方案：

需列出受保護樹木可能發生之病蟲害與相應之防治對策，盡量避免使用化學藥劑，以免造成民眾與樹體損傷。

(六)檢附樹木健康調查表與風險評估表

於計畫書內檢附樹木健康調查表與移植風險評估說明，以利審查委員評估與後續追蹤，樹木健康調查表詳參本教材第六章。

(七)舉行公開說明會

依據受保護樹木移植及復育計畫審核辦法公告之草案第五條，開發者應於直轄市、縣(市)主管機關受理申請案件之次日起一個月內，舉行公開說明會，徵詢各界意見。

直轄市、縣(市)主管機關應於開發者舉行公開說明會之次日起一個月內，舉行公聽會，並將公聽會之日期及地點，登載於新聞紙及專屬網頁，或以其他適當方式廣泛周知，任何民眾得提供意見供直轄市、縣(市)主管機關參採。

(八)變更計畫內容

依據受保護樹木移植及復育計畫審核辦法公告之草案第八條，開發者應依許可之計畫施工，並於完工後向直轄市、縣(市)主管機關申報完工。

開發者擬變更許可之計畫內容，應敘明理由向直轄市、縣(市)主管機關申請許可，經許可後，始得施工。未能於許可之計畫期程內完工，應於許可計畫期程之期限屆滿七日前，敘明事實及理由，向直轄市、縣(市)主管機關申請展延。前項申請變更或展延，以一次為限。

第六節、送審注意事項自我檢核表

檢核表之功能可協助廠商在送審樹保計畫之前中後期檢視該辦之事項，以避免因缺漏而影響期程，使審查及計畫執行更為順利，以下節錄臺北市政府為廠商設計之樹保計畫送審注意事項自我檢核表全文，廠商亦可依各縣市政府之要求，自行設計檢核表內容以利計畫進行。

(一)總說明

- 1.依「臺北市樹木保護自治條例」現行規定，受保護樹木係採現地量測方式認定；基地內各工程之建設開發者，應自行派遣專業人員量測「施工全區內」喬木樹籍資料並簽證負責，如基地內樹木有達受保護認定標準者，則需依「臺北市受保護樹木保護計畫暨移植與復育計畫審議作業要點」規定，提送保護計畫或移植與復育計畫等至主管機關轉陳「臺北市樹木保護委員會」審查，待審查同意後始得施作。
- 2.為免影響工程期程，建請各工程施工單位於規劃階段，即先行釐清是否涉及受保護樹木，如有涉及受保護樹木則可儘早委託專業單位進行樹保計畫書撰寫，並於景觀建築規劃設計階段一併考量受保護樹木處理方式；另依「臺北市樹木保護自治條例」規定，土地上之受保護樹木以原地保留為原則，其審議程序提送樹保會專案小組審查通過即可，如採移植方式，其審議程序經專案小組審查通過後，需再行提送樹木保護委員會(簡稱樹保大會)審議。爰此，各單位應及早釐清是否涉及樹保審議，並委託專業承商，俾利提升樹保計畫品質內容，以加速審議程序時間。

(二)各階段自我檢核表

1.工程規劃階段：

自我檢核	項次	檢核項目	說明
☐ 是 (涉及樹保，續填下階段) ☐ 否 (無涉樹保)	1	是否涉及樹保審查程序	進行施工全區內喬木樹籍資料調查【格式詳後附件1】，以釐清是否涉及受保護樹木及樹保審議程序。

2.樹保計畫書撰寫階段：

自我檢核	項次	檢核項目	說明
☐ 是 ☐ 否	1	計畫書格式是否正確	樹保計畫書送審格式應以 A3 版面，雙面列印，左側裝訂成冊。
☐ 是 ☐ 否	2	基本資料是否填寫完備	依「臺北市受保護樹木保護計畫及移植與復育計畫審議作業要點」(下稱樹保審議要點) 附件四規定基本資料包含： 申請書及委託書 審議資料表及書件審核表 前次會議審查意見修正說明 目錄索引 【格式詳樹保審議要點附件】

☐ 是 ☐ 否	3	設計案書圖是否完備	設計案書圖包含： 基地位置及範圍圖 計畫簡介 全區平面配置圖、施工區域範圍圖及十樓以下各樓層平面圖（含所有地下層） 地基開挖範圍平面圖（清楚標示與受保護樹木距離等關係） 立面圖（清楚標示與樹木距離等關係） 植栽設計配置圖
☐ 是 ☐ 否	4	樹籍資本資料是否完備	樹籍基本資料包含： (1)施工區域範圍內植栽現況平面圖 施工區域範圍內植栽現況調查 達受保護標準樹木之現況位置 （清楚加註並編號標明） 受保護樹木處理方式（原地保留、移植或其他處理之樹木位置及數量） (2)受保護樹木樹籍資料調查表 樹種 樹胸徑(地平以上一・三米高之位置測量) 樹胸圍(地平以上一・三米高之位置測量) 樹冠幅 樹木現況照片(全株及近照至少各二張)

如無申請移植者，請略過。 ☐是 ☐否	5	申請移植理由是否充分	依「臺北市樹木保護自治條例」規定，公有土地上之受保護樹木以原地保留為原則，如有移植必要，需說明無法原地保留及必須移植之充份理由及具體事證。
☐是 ☐否	6	施工影響說明及防範處理是否完備	施工影響說明及防範處理包含： 施工機具、車輛及人員動線圖 受保護樹木於施工期間安全之保全措施 其他應載明事項： 以上皆為因應各工程施工內容撰寫，如有拆除工項應清楚說明影響狀況與對應保護措施，如有分期施工情況應詳實載明各期步驟與對應保全措施等。
如無原地保留者，請略過。 ☐是 ☐否	7	保護計畫內容是否完備	保護計畫內容包含： 樹根保護範圍(非必要勿開挖地基) 樹冠及枝幹修剪程度及方式(適度修剪，非必要勿修剪) 保護工程及其分項工程之期程以上保護計畫內容，請因應基地環境條件與工程項目逐一說明每 1 株受保護樹木應採取之保護計畫內容，非以制式教材內容撰擬。

如無移植者，請略過。 ☐是 ☐否	8	移植與復育計畫內容是否完備	移植與復育計畫內容包含： 移植施工項目及流程 斷根作業、樹根挖掘範圍及根圍保護措施。 樹冠及枝幹之修剪程度及方式、保障樹木生機措施。 搬移運送方式及作業安全措施。 種植作業、立支架及其他保護措施。 受保護樹木移植與復育作業時程。 受保護樹木移植假植、定植及復育地點。 移植、定植後之維護管理措施及復育養護期限。 因移植施工作業及復育期間造成無法回復之傷害之補償措施。 以上移植與復育計畫內容，請因應假植、定植生育地環境條件與樹木生理特性，逐一說明每 1 株受保護樹木應採取之移植與復育計畫內容，非以制式教材內容撰擬。
☐是 ☐否	9	樹木承商資料是否完備	樹木承商資料內容包含： 相關實績經驗 公司組織及人員 惟政府機關尚未發包無承商者，請載明”未發包”即可。
☐是 ☐否	10	預算經費是否與施作項目一致	預算經費內容包含：各作業要項所需單價、數量、總價等明細。 以上經費預算應依受保護樹木預計施作內容逐一編列。

☐ 是 ☐ 否	11	其他資料是否完備	其他資料需視個案狀況自行檢附，包含： 樹保計畫歷次會議記錄。 申請移植者，必需檢附受保護樹木本身是否有無褐根病之檢測，定植地點無褐根病與紅火蟻之證明等。(3)基地外移植需附定植點土地所有權人同意書等。 與案件有關之開會紀錄等。 其他與案件相關之檢測或證明資料。
--	----	----------	--

3.樹保計畫審查階段：

自我檢核	項次	檢核項目	說明
☐ 是 ☐ 否	1	與會人員是否有答詢專業能力	有關委員提問，與會人員需能專業判斷與回覆，俾利減輕委員對於樹保計畫內容之疑慮。

4.樹保計畫核定階段：

自我檢核	項次	檢核項目	說明
☐ 是 ☐ 否	1	是否依照委員意見逐條說明與修正	委員意見應逐條說明，重點摘要回應修正或補充情況於委員意見修正對照表中，並詳實載明修正頁碼；另委員意見修正或補充情形亦應呈現於計畫書本文中載明清楚。

第七節、審查意見修正表

該計畫書如為二次以上送審，則必須檢附審查意見修正表，其內容包括：審議時間、委員名稱、委員審查意見、意見回覆說明、修正內容頁數等。每次審查意見均需列表附上直到審查通過。審議修正表撰寫範例如下：

表 8-1、審查意見修正表

○、審查意見修正表第○○屆○○市樹保委員會第○○次專案小組暨第○○次幹事會議時間：○○○年○○月○○(日星期○)上午 10 時 00 分地點：○○○會議室主持人：○○○			
審查委員	審查意見	意見回覆說明	修正頁碼
趙○○委員	(1)受保護樹支撐架與樹木接觸點，需用鬆綁時可調整之設備。	已修改為兼顧且非永久性之孟宗竹支撐架，接觸點為可拆式綁縛材料。	P.37、P41
	(2)本株枝葉已稀疏，建議強化養護管理，盡量以不修剪為原則。	已修改為修剪一次，只修剪外圍鬆散枝條、偏向枝。	P.37-39
錢○○委員	(1)使用預防性藥劑於回填土壤，請說明書中加註說明農藥品項。	已說明品項、濃度、用法、用途及用量。	P.37
	(2)受保護樹修剪幅度過大，請修正。	以減少修剪量，只修剪外圍鬆散枝條、偏向枝。	P.37-39
孫○○委員	(1)受保護樹現況並非十分健康，修剪 2 次過多，請考量修剪次數。	已修改為修剪一次，只修剪外圍鬆散枝條、偏向枝。	P.37-39
	(2)排水規劃、坡地水土保持等資訊請再補充。	遵照辦理修正詳直敘整備章節及排水圖。	P.40-41
李○○委員	(1)請註明預防藥劑品項種類及使用時機。	已說明品項、濃度、用法、用途及用量。	P.37
	(2)請依「○○市都市計畫及土地使用開發許可審議規則」第○條規定檢討，後續如涉及都市設計審議事宜，配合樹保委員會結論辦理。	遵照辦理。	
結論	本案經委員綜合討論後，並經出席委員同意決議如下：本案本次「修正後通過」。	遵照辦理	

樹保中級級題庫

第八章 樹木保護計畫撰寫實務

編者註：以下簡答題為作者提供教師與學員授課參考

(一)簡答題：

1.	繪製受保護樹木相關計畫書之圖面時，需把樹木與地基開挖線、建物或其他可能傷及受保護樹木的施工行為距離清楚標註，原因為何？
答	讓委員、施工單位皆能清楚了解受保護樹木與施工行為的相對位置與影響範圍

樹木保護專業人員教材

【中級】

第九章 基盤改良與實務

游象君



專業科目

第九章 基盤改良與實務

第一節、樹木與土壤(樹木與生育基地)

(一)樹木生長一定需要依附土壤？

樹木是現今地表最主要的植物群落，通常它生長於地表之上，然其根系則必須依靠土壤承載始得以拓展、茁壯。此章節要探討的主要就是植物與其所依附的土壤之間互動之關係。但許多人會問，樹木的生長，難道一定要依靠土壤不成？自然界明明就有許多植物附著於別的大樹之上，或生長於岩石裸露的崖頂之上，在都市地區，也不乏許多樹木根本就長在建築物的屋頂或牆垣之上也能生長，這些植物應該就沒有所謂的生育基地與土壤問題了吧！以上所列，其實都是自然界的一些現象中的一部分階段過程而已，這些植物的初幼年時期，可能以附生方式成長，但最終其根系應該都要接觸到充足的土壤環境，才得以更為茁壯。著名的熱帶附生樹木，常將被它附生的植物絞殺，進一步取而代之。

(二)土壤與樹木生長的關係

土壤提供樹木生長所需的承載條件，包括植株的固著，使植株得以屹立不倒，而植物的根系向地下伸展，土壤中則含有植物成長所需要的各種物質，包括水分與營養成分，以及必需的礦物質元素、有機質及有益生物等，還有土壤中存在著大量的孔隙，可蓄含樹木根部細胞呼吸所需的氧氣。多數樹木的有效吸收根(Absorbing roots)主要分布於接近土表 30cm 範圍內，所以表層土壤對樹木的生長具有至關重要的影響。土壤依組成成分比例各不相同，可分為壤土、砂質壤土及粘土。在正常情況下，各種土壤皆有各自適應的植物群體。但在都市環境，常因人為的各種干擾，導致土壤狀態或環境的劣變，進而影響到樹木的正常生長。



圖 9-1、像這樣一棵大樹，雖然跨騎在牆垣上方，但它的根系，一樣得接觸到土壤後才能繼續茁壯。

第二節、樹木生育基地的土壤環境狀態

(一)理想的土壤環境應具備的條件

理想的土壤為壤土(Loam)，係由砂粒、粉粒及粘粒等不同大小粒徑之顆粒及其他土壤成分所構成，具良好的團粒結構作用，提供良好的保水、保肥力與建構良好的通透性，使樹木的根系能從中獲得充分的氧氣交換以進行正常新陳代謝，並有效提供水、養分供應，使樹木根系得以生長、拓展。然而並非所有土壤構成都是一成不變，依組成內容，又分為壤土、砂質壤土及粘土，各自承載不同的生態物種。另外土壤中有機質的含量則有助於土壤理化性質的改善，幫助土壤生態系的建構和維持，提供健康的土壤環境讓樹木能生長茁壯。

(二)土壤中水分與空氣的移動原理

根據研究，土壤中約有 50%的空間為土壤孔隙，這些空間可以提供水分在土壤中移動的通道路徑，由於水分子的移動，同時亦帶動空氣進出土壤。水分在土壤中主要有三種存在形式；分別為吸著水(Hydrosopic water)、毛細管水(Capillary water)和重力水(Gravitational water)三類。吸著水是一層附著在土壤粒子表面的水，此處的水頑強吸附在粒子表面，是土壤顆粒化學組成的一部分，基本上不具可移動性，屬於土壤中無效的水分子。第二種為毛細管水，存在於土壤顆粒間隙所形成的毛細管構造中，毛細管水具有自由水的特點，可以在土壤毛管

上下左右移動、能溶解營養元素、移動速度快，存量豐，為樹木根系吸收的主要水分。重力水為降雨或灌溉後存在土壤中的液態形式水，受土粒和毛細管吸附力不大，所以在重力作用下通常向下移動，入滲到土壤底層，存留時間通常不長，這部分水分可供根系部分吸收利用，但由於重力作用使然，很快流失，屬於部份有效水。

但重力水在進入土壤的同時，原存留於土壤孔隙中的空氣會受水分擠壓而移動，大部分會被排出土壤孔隙，而隨著重力作用水分入滲至地底深處，或受毛細管作用擴散移動、植物根部吸收，或自然蒸散作用等，土壤中的液態水逐漸散失後騰出孔隙空間，則空氣受負壓作用會被動吸入土壤填補該空間，達到換氣的機制，而再次提供植物根系新鮮氧氣吸收。這種機制在自然界不斷循環上演，造就各種植物在大地上生生不息。

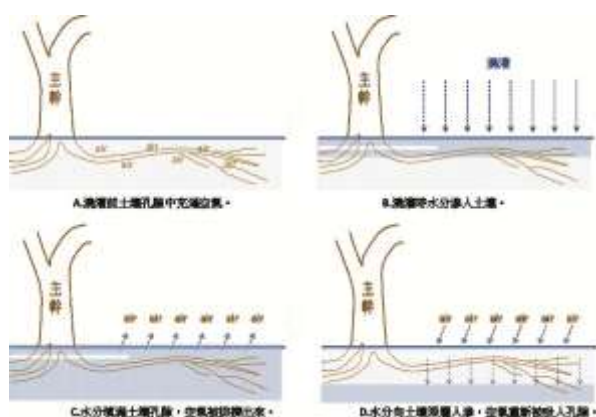


圖 9-2、水分與空氣在土壤中移動的模式圖。

圖 9-3、乾燥缺水的盆栽置入水中，水分進入土壤，明顯自花盆冒出氣泡；盆栽自水中取出後，餘水受重力作用持續流出，此時空氣被動吸入土壤孔隙中。

(三)造成基地土壤環境異常的原因

前述土壤環境在自然狀態下應該都足以承載相對應的生態棲息繁衍，但畢竟環境是一個變動的狀態，自然界可能受到各種不同因素作用，導致環境發生改變，當然也包括土壤環境。例如一處基地在長期自然的風吹、日曬、雨淋等氣候

機制作用下，反覆受到風化作用、崩塌、沉陷或堆積等，而造成土壤自然硬化、基地高程改變，都可能影響到樹木生長。但對於都市環境而言，主要造成土壤環境異常的因素在於人為干擾影響。尤其在台灣這樣寸土寸金的地方，人與樹木爭搶土地資源，乃司空見慣的現象。主要造成土壤環境異常原因包括：

1.基地土壤硬化：

(一)密集踩踏夯壓：

即便部分未遭遇開發建設影響的基地環境，或甚至專為綠資源營造的基地空間(如公園、綠地)，因為人的高度使用頻率，密集地受到人們踩踏夯壓，亦可能因而對表層土壤嚴重衝擊，造成根圈周邊土壤硬化，導致基地通透能力降低，影響樹木生長，尤其根部生長受阻。

(二)車輛輾壓：

車輛不論作為人們的代步器具或主要運輸工具，已是現今社會再正常不過的現象了。大量的車輛使用，尤其樹蔭下所形成優越的停車環境，更是所有車輛使用人在炎夏時節泊車的首選。然以車輛的重量在基地周邊經輾壓後，造成基地土壤環境的改變，亦是導致基地環境劣化令人憂慮的問題。

基地土壤硬化主要導致基地通透性變差，對樹木根系的拓展與吸收具較明顯的影響。在裸露基地的土壤硬化，短期間內抑或不易察覺樹木外觀改變，但我們仍可察覺許多被干擾基地上的樹木根系明顯向外竄生或外浮，係反映地下水養分、空氣獲得出現了問題。而其他現象也可能使樹勢逐漸衰弱，枝葉量減少、末梢乾枯等，都呈現樹木不健康的現象。



圖 9-4、樹蔭下為人們休憩乘涼的好地方，但在無任何基地保護狀況下，基地土壤被密集踩踏，很容易被夯實硬化，透水性變差，亦常可觀察到根系向上浮竄等現象。

2.人為開發的設施物干擾與硬體覆蓋：

現今的環境型態，由於高度的都市化，人們對空間的使用需求日益增大，因而對原本屬於綠資源棲息繁衍的空間，一再擠壓而產生衝突。因為人們對環境的使用有其的特殊目與訴求，動輒進行開發建設，即便少量綠資源得以在開發區域殘留並存，但其生育基地通常也會被破壞得支離破碎，對樹木的生存產生至鉅干

擾。其中大有人們為使用方便，大面積鋪設硬體鋪面或設置其他結構，嚴重地影響基地土壤的通透條件，造成樹木水、養分及空氣循環阻斷，導致樹木生長出現問題，病態甚至死亡。



圖 9-5、由於人的使用需求，常將樹木的生長環境加以限縮，但這些處理方式，卻對樹木生存具極大的傷害力。

3. 基地混雜廢料回填：

都市中樹木棲地因人的使用產生諸多干擾問題，其中人為營建廢棄物常因不易清運，營建商為降低成本等考量，而採取就地掩埋平攤，甚至有混雜生活廢棄物、垃圾等任意棄置、堆置，造成樹木生長極大的影響。回填廢棄物種類繁多，包括磚、石、水泥、玻璃、金屬、塑料、模板、電器及瓶罐、垃圾等。這些物件本身不具土壤所扮演的機能作用，或阻礙地下根系伸展，對樹木發展的窒礙不可謂影響深遠。



圖 9-6、基地土壤常因人為干擾混雜營建廢料及各種垃圾，對樹木生長具相當的影響。

4. 基地覆土及改變高程：

土壤的表層通常具有較佳的通透性，而樹木主要的吸收根通常也分布於接近表土約 30cm 範圍內，在無干擾狀態下，此區域為水、養分供應較為良好，氣體的交換也較佳的範圍。但有時候人們會為了自身使用便利，逕自在原有生育基地上方加填土方，重置基地的地表高程，但客填土方若超過一定厚度，則很容易改變水分在土壤中移動路徑，更影響空氣進出土壤的作用機制，長期下來，改變高程後的基地，其上方樹木常會有生長不良的現象，嚴重的話也有枯亡案例發生。



圖 9-7、基地覆土改變水分與空氣在土壤中的移動路徑，底層土壤常因通透率降低，造成根系機能遲滯，影響樹木生長。

5. 排水不良(土壤浸潤)：

水分雖所有樹木生存所必須的要素，但大多數樹木並不適合生長在長期浸潤的土壤環境，因為土壤中若存留過多的水分將直接佔據土壤孔隙，導致氣體無法進入土壤中，長期下來會影響根系對空氣交換的需要，若干樹木會因為土壤長期浸潤導致樹勢衰弱、致病，甚至死亡。



圖 9-8、土壤長期浸潤，導致樹木根系壞死、腐敗發臭。

(四)生育基地被破壞所產生的問題

1.樹木生長窒礙：

土壤狀態異變，直接影響樹木根系的功能，而根系主樹木的水、養分吸收，所以一旦土壤異變，輕者如單純土壤硬化現象，都極可能產生植物外觀型態的異常變化，如末梢枝條枯萎、葉片減少，葉片變小等問題，當然植物本身也有其應變方法，面對輕微問題，它可能會自我適應，或尋求根系的生長出路，所以我們也可以觀察得到，許多樹木根系向外浮竄的現象，其實這些應該都屬於基地開始劣變的徵兆。

2.樹勢衰弱：

包括可能出現較多的乾枯枝條，或局部枝幹整體枯萎，大量落葉，或樹幹組織局部壞死，甚至樹皮剝離、脫落等現象。

3.致病：

爰前述，某些致病因素循跡入侵，造成植株遭到感染，常見如靈芝、木耳及其他腐朽菌等。

4.死亡：

生育基地異常，土壤環境劣變，其所產生的效應屬漸進式的，但若持續未進行改善，通常結果多每下愈況，最終導致樹木死亡。

5.影響公共安全：

樹木因具有一定的體積與重量，如前述各個過程產生病變或朽蝕等情形，樹木各部位皆有可能無預警發生斷損、墜落或倒伏，以其重量及所產生的作用力，均對人員、物資財產具一定程度的危害力，不得不審慎應對。



圖 9-9、生育基地劣變對樹木產生的危害。

(五)基地土壤狀態的檢視方法

透過目視、觸覺及物理揉搓等方式，或利用科學儀器進行土壤的檢視、測定，以確定樹木生育基地的土壤狀態，作為評估基地管理及進行改良作業的評斷依據。有關影響樹木生長的基地狀態檢視方法：

1.簡易土壤診斷：

利用簡單的工器具，如圓鋤、移植鎔、採土鏟等，進行土壤的挖掘，透過作業者感官體驗，可初步認知土壤狀態，或輔以土色表等加以比對，亦基本可讀取土壤的成分、結構硬度、土壤有機質含量，以及土壤中含有的雜質等訊息。



圖 9-10、開挖人工簡易檢土坑，配合人體感官觀察，便可獲得許多土壤結構狀態訊息；或輔以土色表比對，可以解讀更多的土壤基本訊息。



圖 9-10、開挖人工簡易檢土坑，配合人體感官觀察，便可獲得許多土壤結構狀態訊息；或輔以土色表比對，可以解讀更多的土壤基本訊息。

2. 土壤硬度檢測：

利用具標準規制的儀器，進行基地土壤採探，以獲取具科學意涵的數值，藉以判斷土壤的軟硬狀態。

山中氏土壤硬度計：原理為長度 4cm 的圓錐體及後方的彈簧，和土面接處時，利用尖錐穿刺進土壤產生的物理阻力，得到土壤硬度結果。其優點為體積小、方便攜帶跟操作，但缺點就是檢測深層土壤時必須先進行開挖垂直檢坑，始能作業。

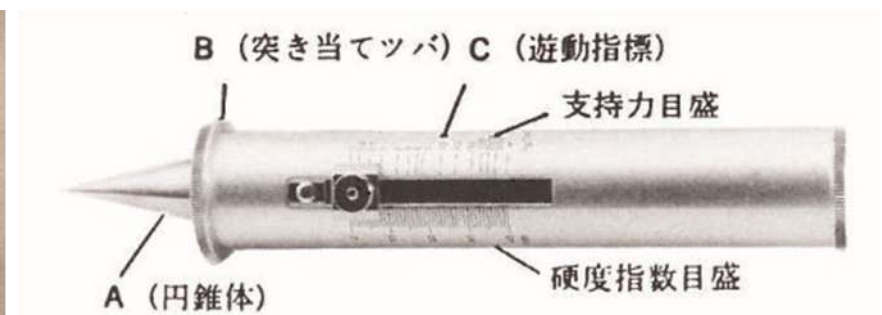


圖 9-11、山中氏土壤硬度計主要係利用尖錐體穿刺進入土壤產生的阻力係數得到土壤的硬度結果。

表 9-1、山中式土壤硬度計數值轉換表

指數(mm)	kg/cm ²	指數(mm)	kg/cm ²	指數(mm)	kg/cm ²
1	0.08	15	3.04	29	30.34
2	0.18	16	3.52	30	37.97
3	0.28	17	4.07	31	48.45
4	0.39	18	18.71	32	63.29
5	0.52	19	5.45	33	85.25
6	0.66	20	6.33	34	119.55
7	0.81	21	7.36	35	177.22
8	0.99	22	8.6	36	284.81
9	1.19	23	10.07	37	520.39
10	1.41	24	11.87	38	1202.53
11	1.66	25	14.06	39	4936.71
12	1.94	26	16.79	40	∞
13	2.26	27	20.22	植物根系土壤硬度最適合的範圍 是在 10mm 至 25mm	
14	2.62	28	24.61		

長谷川氏土壤貫入計：長谷川土壤貫入計是一種可穿透的桿，利用金屬錘自由下墜所產生重力，將檢桿直接貫入土壤，透過每錘落下所推進檢桿貫入深度，即可讀取不同深層土壤的硬度。優點是不必開挖土壤，可直接檢測垂直分布各層次土壤硬度狀態；缺點為體積較大，結構較為複雜，攜帶不便，操作起來也比較費事。



圖 9-12、長谷川氏土壤貫入計方便於檢測垂直土壤結構硬度。

表 9-2、長谷川氏土壤貫入計土壤硬度數值判定表

S 值 (cm/drop)	硬度狀況	判定
小於 0.7	大部分的根系入侵困難	極差
0.7-1.0	會阻礙根系發展	不良
1.0-1.5	會阻礙部分樹種根系發展	尚可
1.5-4.0	不會阻礙根系發展	良好
大於 4.0	不會阻礙根系發展（支持力低、乾燥）	尚可

表 9-3、長谷川氏與山中氏土壤檢測儀器數值對應判定表

長谷川式軟硬度	對應中山式土壤 硬度計之硬度	植栽基盤判定			
S 值(cm/drop)	指標硬度	硬度狀況	表面特徵	判定	
小於 0.7	27.0 以上	大部分的根系入侵困難	固結	X X	極差
0.7-1.0	~24.0	會阻礙根系發展	硬	X	不良
1.0-1.5	~20.0	會阻礙部分樹種根系發展	偏硬	△	尚可
1.5-4.0	~11.0	不會阻礙根系發展	適中偏軟	O	良好
大於 4.0	~11.0 以下	不會阻礙根系發展（支持力	過軟	△	尚可

表 9-4、不同土壤硬度需配合之植生處理方法對照表

土壤硬度	植物生育情形	植生處理方法
10mm 以下	容易因乾燥而植物生育不良。 坡面未整理或大於安息角時， 易發生崩落。	1 以覆蓋稻草等防止乾燥措施。 2 固定框客土植生。 3 種子噴播後敷蓋稻草蓆。
10~25mm	1.根系伸展良好。 2.種子發芽及生育良好。	1 可栽植木本植物。 2 植生可用種子噴植法、植生帶、土壤帶、鋪網客土噴植等方法。
25~30mm	根系生長受阻。 植物生育不良。	1 以鑽孔或挖植溝等改善土壤硬度。 2 避免採用植栽、種子撒播及埋幹等植生方法。 3 宜用鑽孔後種子噴播或厚層客土後補植生帶、鋪網客土噴植、固定框客土植生等。
30mm 以上	1.植物生育困難。	1 植生處理可使用鑽孔後客土噴植。 2 蛇籠配合客土與型框客土植生。

3.土壤透水性（簡易滲透率試驗器）：

調查目的在於了解土壤水分滲透性好壞的判斷。土壤透水性差，即表示水分在土壤中移動緩慢，某些較深層土壤不易獲得水分擴散及補充，不利於根系吸收，是造成樹勢弱化的常見原因。



圖 9-13、簡易滲透率試驗器；水分入滲到土壤的量/單位時間，以計算土壤透水性。土壤透水性不良，會直接影響樹木各種生理活動，對樹木生長影響至鉅。

表 9-5、檢測透水性數值判定參考表

減水速度	判定
100 mm/hr 以上	良好
30-100 mm/hr	尚可
10-30 mm/hr	有點不良
10 mm/hr 以下	不良

資料來源:興水肇、吉田博宣。1998。

4.土壤有機質含量：

以高溫裂解燃燒土壤樣品，產生二氧化碳，使用非分散式紅外線檢測器 (NDIR) 檢測二氧化碳含量，以計算得到土壤中的有機質含量。



圖 9-14、有機質可調整土壤的理化性質，豐富土壤生態架構，對樹木生長具有助益。

5. 土壤化學性質：

主要測定土壤 pH、EC 值的數值，以了解土壤的化學特性。都市環境中因常有人為的干擾、汙染等，改變土壤的各種狀態。其中最常見的當屬於建築廢棄物造成的影響。建築廢棄物中多含有水泥成分，因其具大量 Ca^{2+} 離子，容易改變土壤 pH 值，在營建過程中主要因水泥殘渣清洗液漿漫流、碎屑的混入，使土壤趨向鹼性化，植物生長因而受到影響。其次還有其他人造汙染源，也可能改變土壤的 EC 值，或某些毒性物質、油汙等，都會造成基地環境異常。

第三節、基地改善的方法

基地土壤環境一旦異常，則直接受影響的主要是樹木的外部狀況變化，因為通常樹木根系深埋在土層當中，其反映一般並不易觀察，但影響程度也會較大且明顯反映在地上部的型態外觀。針對前述基地土壤異變原因，改善之道，便是將造成土壤劣化的問題尋求解決對策，其方法：

(一)解除硬體封閉

硬體設施或鋪面為現今都市植栽環境所面臨最為嚴峻的問題之一，樹木的生長係以土壤作為基礎，土壤提供樹木生長所需求的基本條件，這些條件則可能因硬體鋪面的覆蓋而阻絕中斷，尤其是水分與空氣的通路，許多案例都反映硬體

設施或鋪面對樹木生長造成的扼殺有多麼嚴重！

當然其解決之道最簡單就是將硬體鋪面移除，使基地環境回復成裸露狀態，係最有利於樹木生長勢的恢復。但都市環境常因人為使用，造成空間需求的衝突，在理想狀況下，將鋪面去除，歸還給樹木生長，是最佳的結局，但如此必然排擠人的使用需要，故可行性亟待評估商榷。在實務方面，我們也可以採行其他折衷辦法，在硬鋪面中間設法開鑿若干開口，必要時敷以可通透性的鋪面，以保留水分、空氣以及營養元素進入土壤的孔道，以供樹木生長最基本的需求，當可兩相妥協，尋求共贏。

惟此開口所設置位址，應符合植物基本生理需要，盡量以有效根系分布位置為目標，以確實提供改善機制到位。



圖 9-15、人為使用的空間因敷設水泥硬鋪面及設施，導致樹木生長受滯，樹勢弱化，但為維持人員使用之可行，採取以開鑿通透孔道方式進行改善，滿足人的使用與樹木生長基本訴求。



圖 9-16、人工設置硬鋪面主要為方便人員使用及管理，其設置範圍常十分貼近樹木生長空間，造成樹木生長受限。



圖 9-17、破除硬鋪面的兩全其美對策；開鑿通透孔，改以造通透性鋪面取代。

(二)改善土壤通透作用

關於土壤通透性劣化的原因，總結土壤硬化則為主要因素。而土壤硬化主要多來自於人為成因，當土壤一旦被過度踩踏，夯壓，土壤孔隙逐漸被擠壓變小，其團粒結構也大致被破壞，結果會造成包括根系伸展穿透受阻，水分、空氣通透進入的速率變慢，甚至中斷，影響樹木基本吸收與代謝功能，造成生長窒礙。

其實除卻人為因素，自然狀況下，土壤也會因為內部有機質降解消散、長年自然沉陷等作用，逐漸趨於硬化。農業上為了收益問題，多年生作物常會適時進行中耕施肥管理，其目的即在於改善土壤狀態，其實我們將此觀念轉移應用在樹木管理上亦然。

其次近年來業界開發許多新的工法，例如埋設具承載作用的結構物，以防止土壤被過度夯壓而變硬；或埋設輔助通透的裝置，強化並延長土壤的通透機能等；也有利用高壓氣爆方式，直接將空氣或水、養分灌入深層土壤，達到快速鬆土改善硬化，及迅速活化土壤機能等作用。



圖 9-18、在栽植基地安裝結構支撐裝置，以承受並分散人員在基地上活動時所產生的衝擊，降低基地土壤受夯壓導致硬化，有助於樹木根系生長。(圖片來

源：DeepRoot. <https://flic.kr/p/8jd1sQ>)



圖 9-19、在樹木根系有效吸收範圍挖掘豎洞，並埋入輔助通透的管材，可增加土壤通透作用。上圖係利用竹管為埋設材料，因竹管為可降解材，對環境更具友善優勢。



圖 9-20、針對長期被硬鋪封閉或硬化的土壤，利用高壓氣爆方式進行深層鬆土改良，可有效活化基地土壤，使樹木回復生機。



圖 9-21、由產學合作開發的新工法，利用高壓噴氣吹翻土壤，使根系裸出，再回填改良土方，達到基地改良的目的。



圖 9-22、類似傳統農業中耕施肥的方法(掘溝改良、環狀掘洞改良)，應用於純粹土壤硬化基地改良，作業相對簡便。



圖 9-23、若基地高程需客土加高，可預先埋設通透管線，使原高程基地仍得以與外界環境連通。

(三)根圈保護的設置

至於對應生育基地土壤硬化，如何減輕對樹木根圈土壤衝擊，最積極作法在於阻斷基地土壤過度使用的問題，如人為踩踏夯壓，國外先進地區針對珍貴受保護樹木的做法，係直接圈設保護範圍，嚴禁人為進入干擾，勘供我國借鏡。其次就是若空間使用的重疊性無法避免，亦可增加保護設置，如架高平台設施，以阻隔人員踐踏夯實，將對生育基地土壤的直接衝擊因素降至最低。



圖 9-24、新加坡保護列管的遺產樹(Heritage trees)，依樹冠投影線向外擴充而劃定保護範圍，禁止任何干擾。



圖 9-25、為保護樹木的根系，降低衝擊，以架高式參觀動線供民眾進入樹林參訪。

(四)改善排水

土壤積水浸潤問題主要造成土壤缺氧，影響樹木根系代謝，同時積水可能導致土壤中有機物發酵，加速造成根系組織壞死、腐敗等。排除積水通常只要在基地周邊開鑿排水溝，將水引出基地即可，但某些特殊環境，可能無法直接開挖排水溝渠，則可使用設置動力排水井方式，在基地內開鑿陰井，以聚集土壤中的積水，再利用泵浦將匯集的水分抽離陰井，排至基地外面，亦可達到權宜結果。



圖 9-26、排水不良，導致土壤長期浸潤，影響樹木生存發展。

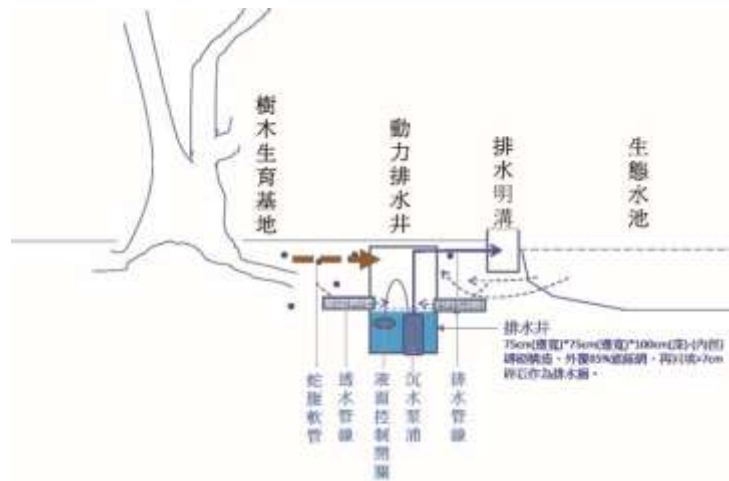


圖 9-27、動力排水井設置模式圖。



圖 9-28、簡易動力排水井設置實務；安裝小型浮球式沉水泵即可。

(五)誘導替代根系

基地劣化導致樹木生理機能衰退，按情況嚴重程度，雖即時進行改善，某些機能是可回復的，但部分機能則無法還原，例如根系組織一旦壞死，則其他生理機能都會受到很明顯的影響。所以除了針對源頭對基地施予改善作為，有時亦可利用其他尚存活的組織，例如榕屬植物的氣根，常可應用於誘導成替代根系，改善因土壤根系機能低下所衍生的問題。



圖 9-29、將懸空的氣生根包覆引導，誘導其觸地後可形成具吸收與支撐功能的替代根。

第四節、肥培管理

(一)為什麼要施肥？

所謂「施肥」，就是對植物施予肥料，以促進其生育健壯，或開花、結果。理論上，如果土壤（或栽培介質）能充分供應植物所需的各種營養元素，則不一定需施肥；但正常情況下，土壤肥力常隨著自然降解或其他環境因素而顯不足，因此施肥也就成了栽培管理中不可或缺的一環。然而市售的肥料，種類及品牌有很多種，肥料選擇或使用不當，不但無法獲得肥效，反而產生反效果，嚴重時還造成植株死亡。

(二)肥料三要素

植物所需的營養元素有 10 多種，其中以氮 (N)、磷 (P) 和鉀 (K) 三種元素需求最多，因此我們施肥時大多以供應這三種元素為主，故特稱為「肥料三要素」。三要素的特性簡述如下：

1. 氮素 (N) 主促進葉片生育：氮是製造葉綠素的主要成分，能促進枝葉濃綠，生長旺盛。缺乏時生長停頓，葉片黃化脫落。但施用過量，容易徒長，妨礙花芽形成和開花。幼苗及觀葉植物需較多的氮肥。
2. 磷素 (P) 主促進花、果生育：磷是構成細胞核及原生質的主要成分，能助長根部發育，吸收養分，促進花芽形成、開花、結果。缺乏時根系功能轉弱，影響開花、結果。觀花觀果植物及球根花卉需要較多的磷肥。
3. 鉀素 (K) 主促進莖、根生育：鉀能促使細胞新陳代謝正常化，強化根莖、枝幹健全發展，增進葉色美觀，抵抗病蟲害。缺乏時枝條軟弱，葉片提早老化，發育不良。一般中苗以上或成株需較多鉀肥。

(三)肥料的種類與分類

A 依肥料成份分類：

1. 有機肥料：又稱為「天然肥料」，是由生物體有機物質自然腐化形成的肥料，分解緩慢，肥效持久。如豆餅、油粕、骨粉、雞糞、堆肥等。
2. 化學肥料：又稱為「無機肥料」，指用非生物體或無機礦物提煉製成的肥料。化學肥料又可分為只供應單種要素為主的「單質肥料」（如硫酸銨、尿素是氮肥）和同時供應多種要素的「複合肥料」（如台肥複合肥料、花寶等）。

B 依肥效長短分類：

1. 速效性肥料：施用後，因溶解容易，可供植物快速吸收，故肥效迅速而顯著，但需經常補充以維持肥效，且施用不當易生肥害。大多數可溶於水中的粉狀化學肥料均屬速效性肥料，如台肥速效肥料、花寶、百得肥等屬之。
2. 緩效性肥料：施用後，因肥料成份分解緩慢或溶解度低，故肥效較為緩慢而

延遲，但肥效持久，且施用後較不易產生肥害。一般有機肥料和一些經特殊處理的粒狀化學肥料，如好康多、魔肥、奧妙肥、仙肥丹等屬之。

C 依施用時期分類：

- 1.基肥：植物定植、換盆時或每年休眠時期所施用的肥料。通常混合或埋入土壤中，可供應植物生長期間所需之最基本營養。基肥應以緩效性肥料為主。
- 2.追肥：植物在生長期中，為配合生育各階段不同的營養需求，所追加的各種肥料。追肥可分為液態的「液肥」和固態的「置肥」兩大類。（液肥除了灌施於土中外，尚可噴施在葉片上，特稱為「葉片施肥」，追肥通常採用速效性肥料為主。

D 施肥基本原則：

- 1.施肥要把握適時、適量的原則，亦即在植物需要時供應，不需要時停施；供應切忌過量，否則易生肥害。
- 2.植物在生長旺盛時最需營養，此時宜施追肥。生長緩慢的休眠期，在根部仍具活性時施用基肥，經根部吸收貯藏可供來年生長所需。
- 3.施肥過量會引起肥害，尤其是速效性肥料，必須依照標示濃度施用或分多次少量施用，切勿擅自提高濃度或用量。
- 4.植物移植或換盆時，可用有機肥料或緩效性化學肥料作基肥，待生長完全恢復後，已見新芽萌發，再開始施用追肥。
- 5.土壤太乾時，應先澆水溼透，待稍乾時再施肥；雨水太多時亦不宜施肥，以免肥料流失。

E 施肥方法：

- 1.底施：容器栽植的基肥，可將有機肥料或緩效性化學肥埋入盆器底部，但必須覆蓋一層「間土」隔離根部，以避免根部直接接觸肥料。
- 2.撒施：將固體肥料均勻撒布於地表，必要時稍加將表土翻攪，將肥料混入土

中。

- 3.液施：將水溶性肥料稀釋後，小心澆灌在土表，使肥份均勻滲透到土壤內部；或利用灌注機具將液肥灌入土壤內部，直接供根系吸收。
- 4.環狀施肥：在樹冠之垂直下方，掘一深 15-20cm 的圓形溝，放入肥料再覆土即可。
- 5.放射狀施肥：在樹冠之垂直下方，挖四個呈放射狀的深 15-20cm 的條溝，放入肥料再覆土即可。
- 6.穴狀施肥：在樹冠之垂直下方，挖四~六個對稱 15-20cm 的溝穴放入肥料再覆土即可。
- 7.條施：將肥料均勻施於列植的植栽兩側地表。
- 8.打樁式：將棒狀肥料以打樁的方式，打入樹冠之垂直下方土壤中。要注意每年打入的位置都必須更換。
- 9.注射施肥：直接將植物所需營養物質(肥料水溶液)注入樹體，使進入植物水分疏導系統內的施肥方式，通常會利用輔助的壓力來加快注入速度。

F 施肥量：

由於肥料種類、品牌極多，成分不盡相同，又植物的種類、大小、施肥季節、需肥程度等因素之影響，實難以作統一標準用量，下表中所列僅供參考，實際應用時請詳閱各肥料說明書。

說明：

- 1.基肥採用有機肥料或緩效性化學肥料擇一即可。每年於秋冬休眠期施用一次。
- 2.追肥以速效性化學肥料為主。若添加緩效性化學肥料做追肥，速效性化學肥用量應酌減。
- 3.實際用法及用量仍請依照肥料種類、成分、植物種類、生育狀況而定。

肥料種類		庭園植物
基肥	有機肥料	1-2 公斤/平方公尺
	緩效性化學肥	50-200 克/平方公尺
追肥	速效性化學肥	小型植物~25-50 克/平方公尺 中型植物~50-100 克/平方公尺 大型植物(高大喬木類)~100-200 克/平方公尺 每年 3-9 月間施用一至二次。亦可依此量分多次施用。
	緩效性化學肥	依上述大、中、小型植物用量，一半為緩效性化學肥，一半為速效性化學肥

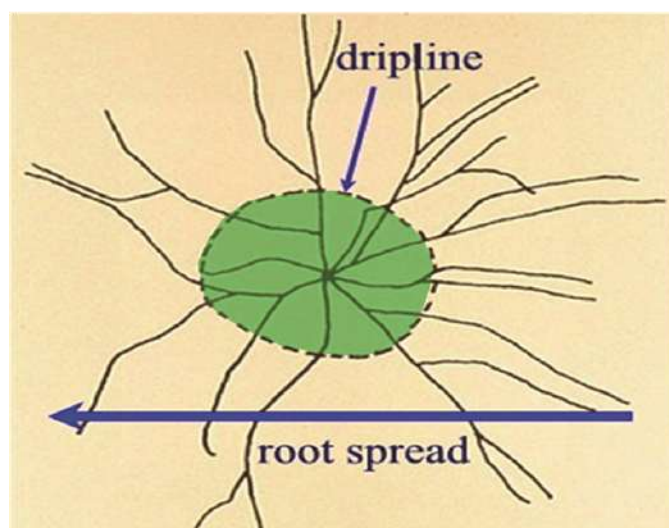


圖 9-30、樹木施肥的合宜位置。

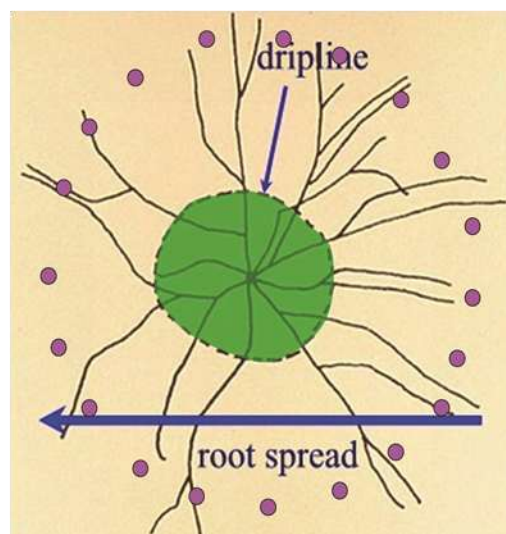
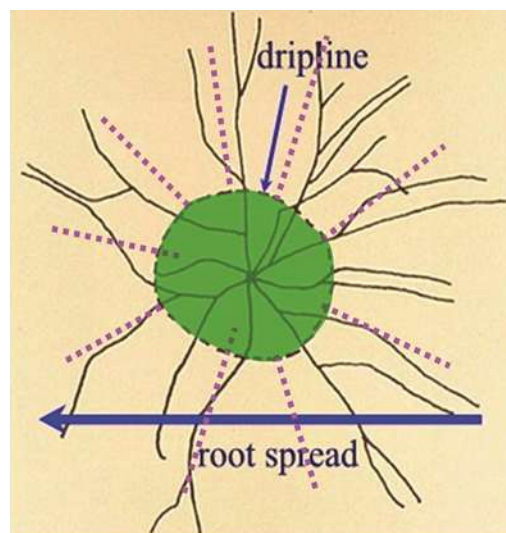


圖 9-31、常見樹木施肥方式。

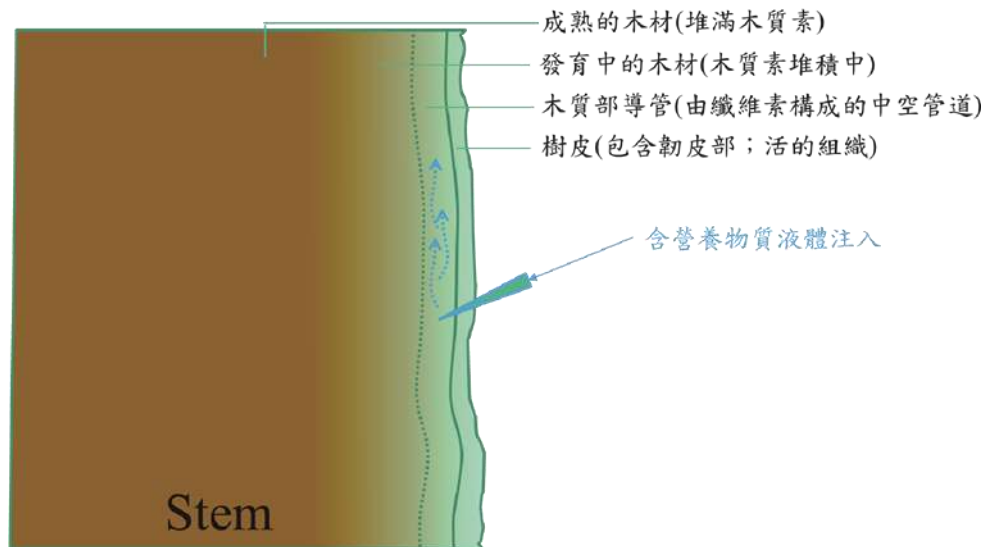


圖 9-32、注射施肥的模式圖



圖 9-33、樹木注射施肥操作示意。

第五節、實務案例與成果應證

(一)硬鋪面阻斷基地通透，導致樹勢衰弱之改善案例

1.案例樹種：榕樹

2.基地狀態：臨主要道路側為排水溝與人行道，完全被水泥結構所阻絕；另一側為機關前方的小廣場，但為停車目的與管理方便，也完全以水泥鋪設，唯

一裸露土壤空間為位於樹木基幹周邊約 2.5m 範圍。

3.緣由：該樹因位於主要道路邊緣，周邊恰為公車主要站址，且原樹況十分優美，樹蔭濃密，屬於當地地標級的樹木，但周邊民眾發覺該樹樹況持續衰弱，以致樹葉幾乎全數掉落，遂陳情地方民代，尋求援助。經召集各相關部門及專家現場勘查，評估主因為生育基地被封蓋，導致通透完全阻斷所致。

4.改善措施：

(1)將原停車場硬鋪全面破除，但為機關車輛停放需要，改以通透式鋪面取代。

(2)針對基地土壤因長期被水泥封壓，進行必要之改善措施；A.於基地整頓時除表面整平，同時挖掘豎洞，埋設通透管線，以增加近表土層通透性。B.利用高壓氣爆法進行深層土壤(45-50cm)鬆土操作，同時將有助於土壤活化的介質與肥料透過高壓氣體送達底層，達到活化改良基地目的。C.表層回填整平之土方以粒徑較大的粗砂為襯墊，以增加表層土壤的通透機能。

(3)將原水泥鋪面進行切割，保留導盲磚等無障礙設施以車轍道方式最小面積形式維持，以利人行使用，其餘鋪面全數移除。

(4)基地重新整平，回鋪通透性磚材。

(5)樹木進行修剪作業；剪除枯枝葉等。

5.成果效益：經改善作業後，該樹逐漸回復生長，目前已恢復枝葉茂密、生趣盎然面貌。



圖 9-34、案例樹木原況(2003)。



圖 9-35、案例樹木樹勢衰弱後情形；葉片全落，全株呈枯萎狀；召集專家現場會勘(2005)。



圖 9-36、原有導盲磚等無障礙設施及部分水泥鋪面以車轍道形式保留(保留最小硬鋪面積需求)，以利行人通行，其餘硬鋪全數移除。



圖 9-37、重新鋪設通透式的水泥磚，以徹底改善該樹生育基地狀態。



圖 9-38、表土整平、埋設透氣管線；利用高壓氣爆進行深層鬆土，以改善土壤狀態。



圖 9-39、該樹近況(2017)；目前幾乎已完全回復原狀。

(二)基地覆土填高導致生長窒礙

1. 案例樹種：光蠟樹

2. 基地狀態：原為舊日式宿舍之庭園樹，由於文資建築整建，配合整體規劃，將原庭院基地覆土填高約 30cm。基地周邊除主建物外，其餘空間多為裸露狀態。

3. 緣由：該樹周邊環境為正常庭院形式，並無其他異樣，但權管單位發現該樹樹勢有逐漸衰弱情形，末梢枝條多數乾枯，其中一支幹呈現明顯乾枯狀態，

而尋求協助。

4.改善措施：

(1)現場研判可能因原基地高程客土增加，所填土方造成幹基部覆土過高，根領部分無法呼吸，易導致幹基部樹皮軟爛腐朽菌入侵。

(2)擬在加高土方的基地上進行開掘，埋設三組大型通氣管線，以改善原根系呼吸機能(改善深層土壤通透狀態)。

5.成果效益：經改善作業後，該樹已如預期逐漸恢復，枝葉萌發情形有所改善，整體樹勢較之前旺盛。

6.現場勘查評估：可能因客填土方改變高程，導致原基地通透機能降低，影響樹木生理機能。

7.改善措施:擬在現基地上方進行條狀開挖，埋設三組通透管線，以改善現基地通透不良情形。



圖 9-40、原本翠綠茂密的樹型，突然變得稀疏，末端出現大量枯梢，其中一支幹則幾乎完全枯萎



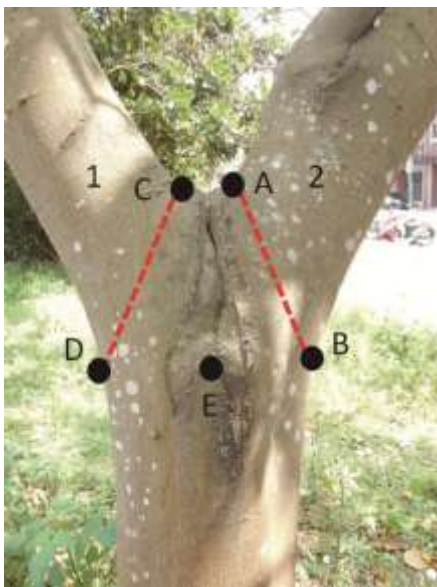
圖 9-43、改善後樹況較先前回復，枝葉亦回復翠綠茂密。

樹木保護專業人員教材

【中級】

第十章 樹木修剪與實務

邱志明 / 郭欽榮



專業科目

第十章 樹木修剪與實務

第一節、前言

受保護樹木的價值在於它失而不可復得，其科學價值、生態價值、歷史文化價值和觀賞價值難以估量。受保護樹木除了具有生命意義與存在價值的綠色資源外，對都市文化景觀的形塑有著相當歷史地位，因此其修剪執行工作更應審慎以對。醫者存心，樹木如同一位沉默的患者。樹木保護人員肩負著重大使命，以正確的行為準則、秉持著專業倫理，用心地對待每一棵受照護的樹木。依各地《樹木保護自治條例》規定，列管之受保護樹木非經主管機關許可不得任意修剪、移植或砍伐，專業人員在執行前務必確認法定程序，提報修剪計畫並取得許可。

受保護樹木最常見的維護管理是修剪。修剪的目標包括維護樹木安全、改善樹體結構與健康、滿足客戶，並使樹木賞心悅目。為確保受保護樹木修剪工作正確的執行，應依據修剪目的、內容，正確的修剪部位、類型、範圍及方法，樹種的修剪適期及作業期程等項目，制定修剪計畫書，由專業的修剪技術人員執行。修剪技術人員則應透過研習與實務操作，了解作業風險及器具正確使用方法，並取得認證資格後方能獨立作業。各機關亦宜建立景觀樹木修剪專業技術人員之培訓認證制度，以提升施工人員技術水準。

樹木保護人員應該了解樹木的生物學，修剪下刀前，必須瞭解樹木會發生何種反應，以及實施樹木修剪的基本需求，優化樹木的健康和結構。修剪不當可能會造成樹木終生受害。從樹木移除枝條，將移除其儲存之養分，進而影響其未來生長。修除葉片會降低樹木的整體光合作用能力，並可能降低總生長量，造成矮化效果(dwarfing effect)。同時，修剪後之生長將集中在少數的枝條上，導致未經修剪之枝條生長遠比正常生長旺盛，此現象稱為新梢活力化(shoot invigoration)。本章旨在幫助樹木保護人員瞭解不同修剪方法下，樹木出現的反應，這些知識將有助於樹木保護人員達成修剪程序之預期目標。

(一)臺灣地區受保護樹木概況及常見問題：

根據農業部林業保育署保育研究調查，全台珍貴樹木以枯枝佔 25%，立地不良 22%及木材腐朽 21%，這三項是目前多數受保護樹木面臨的最大問題。因此修剪枯枝、病蟲害枝、及移除纏勒植物佔有相對重要比重，相對於過度修剪顯見對修剪技術與知識的提

升更加顯示其重要性，更須讓管理者及實務修剪技術人員正確了解樹木修剪理念的提升。

(二)受保護樹木常見維管護措施：

1.地上部分樹體保護

(1)支撐加固。樹體若有傾斜、下垂等情況，應設支撐加固。立柱或支架材料，可用鋼管、木材、鋼筋混凝土製成，樹幹承接處加軟墊、托桿，避免樹皮損傷。

(2)傷口處理。樹體受人、畜傷害或受雷擊、日灼、冷凍、風折後，受傷部位易腐朽並形成空洞。受傷腐朽部分可清創處理，對折傷大枝，從折斷部位鋸斷削平，塗傷口保護劑避免感染。

(3)設避雷針。樹木遭受雷擊，會嚴重削弱樹勢，可加設避雷設備。

(4)設置保護設施。樹木周圍設圍欄、鬆土、種植有益的地被植物並注意排水。

(5)防治病蟲害。病蟲危害是受保護樹木生長衰弱重要的原因之一。

2.改善地下環境

(1)開溝埋設透氣管。

(2)安置通氣管。

(3)土壤改良。

3.基地開發移植

移植前須經移植適期、斷根養根、定植地土壤基盤環境……等多項專業審慎評

估方可進行移植作業。

第二節 修剪目的

任何修剪都會影響到樹木的結構與生長，因此在進行樹木的修剪作業之前，應先確認此樹木修剪作業之目的，且須了解樹木的生長特性，據此考量其在環境中的用途、或栽培應用目的、或未來所需要表現的景觀面貌或樹木樣態等因素，再慎重決定該受保護樹木的修剪作業項目內容。

修剪方法相當多元，端視於修剪的預期目標而進行相關的修剪作業。正確的去除葉、枝、幹和正確的修剪方式對於樹木在修剪後的生長、樹型構成是相當重要的。如果去除了過多的枝條，即便修剪方法正確也是沒有效果的。修剪目標必須考慮樹木未來的樹勢生長和發育，以及對樹木的長期影響來做評估與計畫，尤其受保護樹木更是如此。

常見修剪目的包括以下種類：

- (一)增進公共安全。
- (二)管理樹木健康。
- (三)營造景觀美質。
- (四)保障人民生活環境品質與權益。
- (五)矯正樹體缺陷。
- (六)其他特殊需求。

第三節 樹木修剪的原理與應用

(一)樹木解剖構造與自我防禦機制：

樹木之主幹是由伸長生長與肥大生長而形成的。它由細小，漸次變為粗長。幹之伸長是由起源於頂端分生組織之增加而完成的；肥大生長則是由起源於在木質部與樹皮之間的側生分裂組織，即維管束形成層的增加而完成者。形

成層是在該樹木的一生內，均能繼續的做細胞分裂，因此後生木質部會逐漸被累積起來，最後後生木質部占據樹幹之大部分而成為木材，必須瞭解樹木的基本生理學和樹幹組織結構區隔化(compartmentalization)原理，圖 10-1，才能理解為何修剪位置如此重要。

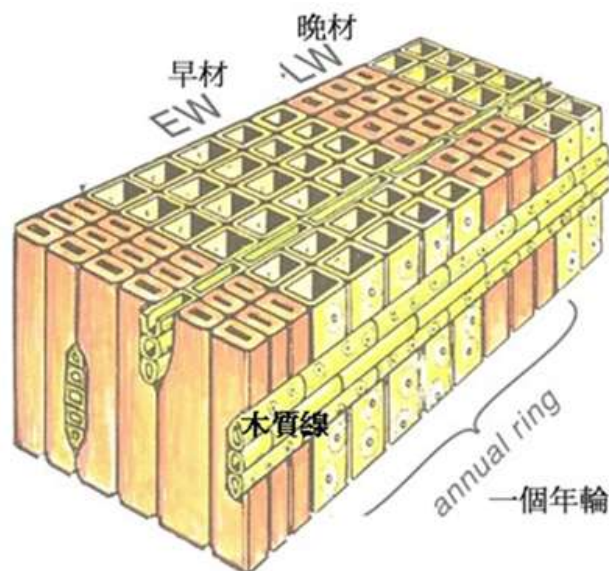


圖 10-1 木材組織隔室構造

一般都以為樹幹或枝條的形成層是同時生長，但事實上是分開的。樹幹與枝條木質部季節生長樣式並不完全相同，春天恢復生長時，枝條木質部發生較早，樹幹木質部較晚，此在枝條的基部形成一圈環狀細胞稱為枝領（領環，Branch collar)(圖 10-2)。枝領形成是枝條與樹幹之木質部重疊而產生，出現於枝條基部膨大的位置，重疊之木質部使枝條和樹幹建結區更加強壯。然後樹幹組織隨後生長，被覆在枝條枝領上形成幹瘤(Trunk collar)。枝條和主幹連結交界處中間相連處，有一帶粗糙之小隆起，其保護內部有重要之組織及分裂細胞，稱枝皮脊線(脊線，Branch bark ridge, BBR)(圖 10-3)

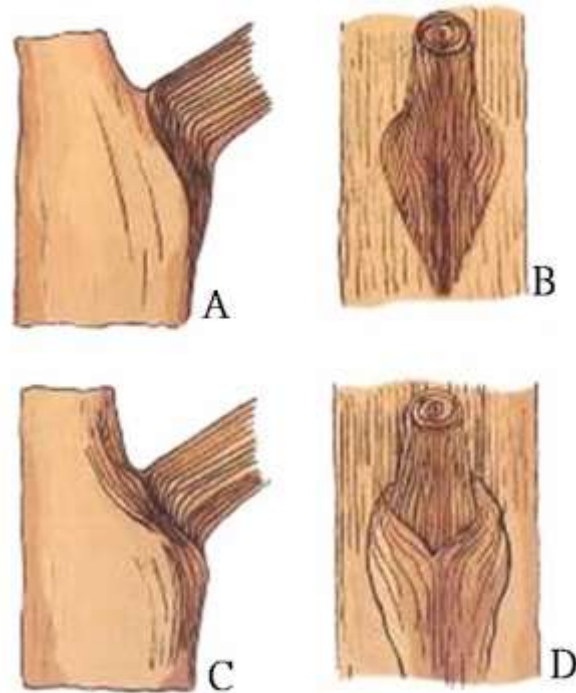


圖 10-2 闊葉樹枝條和樹幹連結之側面及正面情形；春天開始生長時，枝條形成層細胞分裂先形成窄的帶狀構造 A、B，而後主幹的形成層細胞再開始分裂，產生木質部細胞，包圍枝條基部形成一圈環狀細胞 C、D，即為枝領。

多數樹木的枝領內部具有獨特的屏障空間，稱之為分枝保護帶(branch protection zone)，此一部位有特殊化學和物理性質，可延緩腐朽或阻止腐朽菌擴散至樹木主幹。

當一棵樹出現兩枝相似尺寸的分叉樹幹時，稱其為等勢幹(codominant stems)。當去除其中一個分叉樹幹超過 5 公分時，很容易促使腐朽進入主幹，而等勢幹經常產成內生樹皮(included bark) (圖 10-4)會使雙主幹之連結更加脆弱，極易出現劈裂或傾倒情形，修剪等勢幹適當位置可讓樹體形成區隔，此為樹木體內隔絕木材的腐朽的自然防禦機制。

當枝領被去除或受到嚴重傷害時，例如平切(flush cut)或撕裂圖 10-5，木材腐朽便容易進入樹幹木質部而導致腐爛，而平切法不僅造成更大的傷口，亦會降低樹幹傷口的癒合能力。



圖 10-3、闊葉樹樹幹和枝條連接處外觀重要的兩項外觀，脊線（A）和枝領（B）。



圖 10-4、闊葉樹內生樹皮及木質部腐朽情形。



圖 10-5 錯誤修剪平切法樹幹外觀

林木的防禦機制，樹木的修剪在許多的情況下，由於不瞭解植物解剖形態及植物本身所產生的防禦機制，常會作出不正確的修剪工作，在傳統上景觀綠化林木，一般都認為修剪只是為了美觀，增加花、果實的產量或修補植物所受到的機械性傷害所做的枝條剪除工作，所以都不注意植物在修剪之後的反應，而這些反應卻是修剪成敗的因素之一。尤其對受保護樹木傷害更大。

木本植物生長時的獨特構造之一就是形成整齊的隔室(compartment)，木本植物靠著頂芽分生組織的分裂能夠每年不斷地向上生長，而利用形成層細胞的分化，樹幹能夠不斷地加粗。Shigo (1989) 研究首度證明了這些像隔室的細胞構造對病原菌是一種有效的自然阻隔，提出 CODIT (Compartmentalization of decay in tree) 理論，即 4 道壁理論，使病菌不容易入侵，且以這種方法抵抗傳染性微生物的散佈。自然防禦之機制，即林木組織細胞，會形成多孔之細胞構造隔室，這些隔室之細胞構造，對病原菌之入侵，是一種有效之抵抗及阻隔，其形成 4 道壁，即第一道壁縱向阻礙病原菌上下擴張，第二道壁弦向壁阻隔其向樹幹內部擴展，第三道壁徑向壁則阻隔其向側邊擴張，前三道壁為發生在邊材之反應區及最後形成阻隔之第 4 道壁。

(二)自然樹型的分枝構成規律性原理：

植物存在於地球上的歷史比人類悠久！樹木的原生自然樹型及樹體結構，就是讓他可以免遭天災侵害的保障。

因此樹木修剪後的樹型外觀，若尊重及依照自然樹型構造的「分枝構成規律性」來修剪，樹木將可以獲得健康與美麗的成長，也不易被颱風或季風所吹折斷落！

1.直立主幹型：

常見植栽例如：榕樹、樟樹、山櫻花、柿子、水黃皮、玉蘭花、檉木、豔紫荊等。其主幹「頂端優勢」較弱，故頂芽生長勢亦弱，又因為下方互生的側芽節間較短，因此使各分枝與主幹間形成類似生長勢均等的「多領導主枝」

狀態，並在各分枝的每一節上，相互分生一個生長方向不同的「互生」側枝，因此外觀呈現中央集中而向外開張的分枝規律型態。

2.開張主幹對生枝序型：

常見植栽例如：大花紫薇、青楓、臺灣泡桐、流蘇、女貞類、麵包樹、番石榴等。其主幹「頂端優勢」薄弱，故頂芽生長勢極弱，又因為下方對生的側芽生長勢強，因此形成兩枝頂端優勢均衡明顯的「雙領導主枝」狀態，並在各分枝的同一節上分生兩個相對生長方向的「對生」側枝，因此外觀呈現中央稀疏而向外密集開張的分枝規律樣貌。

3.直立主幹輪生枝序型：

常見植栽例如：楓香、木棉、黑板樹、小葉欖仁、大葉山欖、烏心石、黑松、雪松、竹柏等。其主幹「頂端優勢」極強勢，因此頂芽生長勢強，故能年年繼續向上生長形成而成為明顯直立主幹型態的一個中央「單領導主枝」，並在主幹每一分層節上互生或對生或輪生側枝，而形成一層層如同螺旋狀或相對狀或輪生狀等分枝規律樣貌，所以整體外觀輪廓呈現近似圓錐型、尖錐型居多。

基於樹木具有「分枝構成規律性」的原理，主幹自地表面向上生長時，會由「主幹」分生「主枝」，再由「主枝」分生「次主枝(亞主枝)」，逐漸分生開張形成樹冠外觀；且前述的「主幹、主枝、次主枝」是兼具樹木整體分枝構造組成支撐與養分水份供需輸送的重要構造部位，因此將此三者合稱為「結構枝」。

進行受保護樹木的修剪作業時，其「結構枝」(主幹、主枝、次主枝)非經同意不得修剪，但可針對其下分生的分枝、次分枝、小枝、次小枝、枝葉等進行修剪(此類以修剪樹冠內部不良枝條為主的作業稱為樹冠清理)。最先要剪除的是枯枝、斷枝和病蟲害枝；其次是生長不良或不正常的枝條，包括徒長枝、逆枝、纏枝、平行枝等(以上皆屬不良枝條範疇)。需注意樹勢衰弱時，不良枝不可一

次全數剪除，以免雪上加霜。凡發生於主幹周邊、樹冠中心部位之枝條，由於受光不足而細弱或已染病者，均應及早剪除。必須注意的是樹勢衰弱時不良枝應酌量保留，甚至必要時可不修剪，以避免過度削弱樹體。

這樣修剪所維護的樹木，才能具有抵抗大自然挑戰的能力，並且能依照其自然生成的方式，繼續健康又美麗的成長。

(三)加粗加長發育形成生長枝序原理：

大自然中的樹木可以一年一年的長大！樹木一年一年周而復始的成長茁壯，是因為枝條可以每年進行「加粗生長」與「加長生長」。使樹木也能不斷的增生長高、樹冠也能不斷的分生開展。

「加粗生長」是由木本植栽的形成層細胞進行不斷的分裂，向莖內分生成木質部，因此形成所謂的年輪，使枝條莖幹能年年不斷的加粗生長而變粗。

「加長生長」是由植栽的枝條頂芽與各側芽一同萌生新梢開始，一旦新梢發芽長成枝葉之後，其頂端亦會形成新的頂芽，這樣就又如加長生長而伸長。透過觀察推算樹木的每年生長枝序的數量，可以進行樹木年齡(樹齡)的推估，稱為「生長枝序推估樹齡法」以這個外觀形態來加以協助進行樹木的健康檢查診斷，不僅可以確認樹木的年齡(樹齡)，更可以了解這株樹木在這段時間歷程中所遭遇到的生長與健康情況、從旁也可以了解這株樹木在這個地區環境的生長過程是否是正常的或是有所不適。

(四)破壞頂端優勢促使萌生多芽原理：

「頂端優勢」(apical dominance) 也稱為「頂芽優勢」。木本植物的樹梢頂端部位具有養分與水份的最大競爭優勢，因此在生長上亦具有相對的強勢可以優先生長，並且也對側芽的萌發或側枝的生長有其抑制作用，並影響側芽或側枝的生長角度。

如果將樹木截幹修剪(俗稱「斷頭修剪」)破壞了樹木的第一頂芽(主芽)「頂端優勢」，這樣一來樹木就會由斷梢處的第二潛(副)芽、第三(副)潛芽、第四依序

的或更多潛芽，將會蓄勢待發。

自然情況下，針葉系樹種的「頂端優勢」極強，具有明顯的中央領導主枝，外觀多呈現尖錐型的樹冠；而闊葉系樹種的「頂端優勢」較弱，故不具有明顯的中央領導主枝，因此外觀多呈現開張狀的圓球型樹冠。

隨著樹木年齡愈年長愈老，樹木的「頂端優勢」也會愈加薄弱，因此樹木的成長及生長高度其實也是很顯著的受到「頂端優勢」而有所限制。當然也會受到栽培管理方式與環境風土適應性等因素所影響。

當樹木到了一定的樹齡時，就會有成長緩慢、或是生長近似停頓的現象，因此其生長高度均有一定的限度，不會漫無止境的生上去。

藉由「破壞頂端優勢促使萌生多芽」的原理，其實也是一種「抑制」頂端優勢而「促成」側枝側芽的生長，所以也是一種抑制與促成的修剪方式；這樣對於需要：控制枝條分生方向、促進萌發多分枝、營養供需調節、調控枝條疏密程度等，皆能藉此原理產生莫大的效果。因此在修剪作業應用上，經常用來實施：短截修剪、造型修剪、補償修剪、更新復壯返回修剪、結構養成修剪(俗稱「整形修剪」)。

「破壞頂端優勢促使萌生多芽」的原理運用，往往是一體兩面的雙刀刃，如果做得好會有祇好的發展、如果用錯了將會破壞樹木的自然生長，因此在運用時應該好好掌握其分際。

(五)修剪頂芽側芽改變生長角度原理：

樹木的枝條通常會依循著自然樹型的「分枝構成規律性原理」有其生長的角度方向，並且每年「加粗加長發育形成生長枝序」，因此逐漸構成各個獨具特色的樹型。

運用「修剪頂芽側芽改變生長角度」的原理，來進行修剪的控制與管理，就是修剪時，首先要考量枝條末梢的「頂芽」與其下方的各「側芽」生長角度，利用適當留存頂芽或側芽的不同生長角度方向，即能藉由其後續萌發生長時，朝向

我們所計畫的角度方向去生長。

(六)強枝可以強剪及弱枝宜弱剪的原理：

為什麼有些樹木一旦修剪就會死掉？有些樹木就是胡亂修剪也不會死掉？為什麼有些樹木強剪也不會死掉？或者有些樹木稍微弱剪就會死掉？這些都和「強枝可強剪及弱枝宜弱剪」的原理有關。

「強枝」所指的就是：樹木正處於「生長旺季期間」或是「休眠期間」的枝條，或是呈現「生長勢強」或是枝條粗壯、枝條長度較長、具有成熟的頂芽或側芽的特徵者。

「弱枝」就是指：處於「非生長旺季期間」或「非休眠期間」的枝條，或是呈現「生長勢弱」或是枝條細小、枝條長度較短、沒有明顯的頂芽或側芽的特徵者。

當正在進行修剪作業時，如果正處於「生長旺季期間」或是「休眠期間」，此時若是遇到「強枝」時，就可以施以「強剪」(亦稱為「重剪」或「深剪」)，藉以強制促成養分與水份的轉移至下方的潛芽位置，讓原先強枝的生長暫時停頓，藉以抑制強枝的生長，並會誘發潛芽萌發而形成側枝；由於「強枝」的營養與水分競爭力強，因此進行「強剪」後也不會損傷它的生長勢。

假若正在進行修剪作業時，如果正處於「非生長旺季期間」或「非休眠期間」，此時若是遇到「弱枝」時，就應該施以「弱剪」(亦稱為「輕剪」或「淺剪」)，藉由促使刺激修剪處的潛芽以順利萌發生成新枝，此亦能使細小弱枝能避免養分水份的分散，進而加速「加粗加長發育」的作用能漸漸轉強。

如果在樹木所對應的季節是對的適期時間裡，亦稱之為「強剪適期」進行「強剪」，就不會影響樹木的生長存活。但如果是在季節適期都不對的時間裡，亦稱之為「非強剪適期」進行「強剪」，那麼就會影響樹木的生長存活；但是如果僅僅進行「弱剪」，則不會影響樹木的生長存活。

因此，修剪作業時應該要選擇在「強剪適期」進行「弱剪」為宜，非必要不

要「強剪」。倘若一定需要進行「強剪」時，則必須要選擇在「強剪適期」內進行作業。

總結，平時皆可以進行「弱剪」，但是「強剪」一定要在「強剪適期」內作業。

(七)基部老葉修剪促進花芽分化原理：

樹木的修剪，即是針對植物的六大器官進行去除的動作，並且改變了其相互關係與位置，也因此會影響植栽體內營養的分配與蓄積，所以「(根、莖、葉)營養生長作用」與「(花、果、籽)生理生長作用」有其緊密的相互牽動連結關係；透過修剪作業就是要對此情況進行調整與控制，修剪後的莖、葉部也會因此喪失其功能與作用，並且在莖部的傷癒組織形成而開始產生「癒合作用」並且與自然界的腐朽菌之「腐朽作用」開始對抗。

樹木生長一段時間之後，其枝條將會不斷的增生發育，如果一直都沒有適當進行修剪時；一般而言，枝條分生處的基部常會有宿存的老葉或小枝芽，這些宿存的老葉或小枝芽由於其位於枝條分生的重要部位，因此常會藉由佔地利之便而先行吸收輸送到這裡的養分水份，進而影響上部枝條的養分水份之分配與蓄積，如此就會造成：開花結果植栽的不開花或開花不良與結果不佳、或是開花或結果尚未完成就產生落花或落果現象、或是枝葉茂密而遮蔽光線造成樹冠的陰暗等一連串的不良現象。

因此修剪作業上，應適當運用「基部老葉修剪促進花芽分化」的原理，藉由修剪去除枝條基部宿存老葉與小枝芽，能減少養分水份的浪費輸送、分配與蓄積，亦能使樹冠內部增加採光與通風，因此增加樹冠內部的日照量，使樹冠內部的枝葉之光合作用效能提升、增進醣類養分的轉化儲存利用，如此就能促進花芽分化作用，而使植栽開花結果能正常發展。

運用「基部老葉修剪促進花芽分化原理」所進行的修剪作業，稱之為「基部老葉修剪」方法將枝條基部約 1/3-1/2 的葉部全數剪摘去除的方式；透過「基部老葉修剪」的方式，可使一直無法開花的觀花植栽或果樹，計算好修剪後的萌芽、

開花、結果等時程，可藉此進行改變開花週期調節。

第四節 修剪對象、種類與高度判定

(一)修剪對象、種類：

剪枝是有目的地配合樹木基本之樹型進行修剪，當然最好任其自由發展，但有時為了安全健康景觀及特殊目的之考量，必須進行修剪，惟修剪之前必須對枝條之生長習性及不良枝條之種類有所瞭解。

保護樹木修剪作業，應首重注意樹冠內部不良枝的整修與正確修剪下刀位置的判定。進行受保護樹木的修剪作業時，其「結構枝」(主幹、主枝、次主枝)非經同意不得整修。但得針對其次分生的：分枝、次分枝、小枝、次小枝、枝葉等部位進行修剪。最先要剪除的是枯枝、斷枝和病蟲害枝，其次便是生長不良的不正常枝，包括徒長枝、逆行枝、交叉枝、分蘖枝、交錯枝、幹頭枝（子枝）、平行枝等。且凡發生於主幹周邊，樹冠中心部位之枝條，由於受光不足，生長細弱或發生病害者，均應及早剪除。必須注意的是樹勢衰弱，不良枝不得全部修剪，甚至不修剪。

不良枝條種類：

- 1.乾枯枝與斷枝(枯枝、乾枝、枯死枝、殘枝)：林木枝條乾枯、斷折或死亡，已喪失活性而無法恢復其正常機能者。因先前的病害或蟲害之危害、或因日照不足或施工不良所導致的落葉而形成枯枝，或因外力傷害而使枝幹枯死或斷裂、或因養分水分的輸送障礙等因素，導致枝條呈現死亡及枯乾情況。枯乾枝將成為病蟲害源的寄宿淵源，並影響整體樹木的美感而有礙觀瞻，若屬大型枝條恐有掉落傷人之公安危險之虞；因枝條已喪失其機能作用，故可判定立即修除。
- 2.病蟲害枝(病殘枝、病枝、蟲枝)：枝葉遭受病蟲害侵襲，生長衰弱。若使用藥劑防治時，其效果亦會不彰或治療後也難恢復正常，或恐有高度傳染之虞

的枝條者。一般常因受保護樹木樹冠的通風或採光不良，引發病蟲害之滋生與寄宿，或有外力導致之傷口而感染病原菌與蟲害所致。持續感染或侵害下，將傷及器官組織影響其作用機能，嚴重時會因此而死亡，且會傳播感染周邊植栽而影響健康。因枝條已無法防治或恐有傳染之虞時，可判定立即修除。

3.交叉枝(纏枝、交錯枝、靠生枝)：兩枝條生長交錯，造成枝條樹皮損傷，需將嚴重者修除。交叉枝其枝條交叉接觸會造成兩枝的韌皮部受損而影響養份輸送、或因損傷及木質部而枯乾，不僅會破壞樹體美觀，也會使樹冠枝葉密度增加而影響採光與通風，如此將容易滋生病蟲害，並且會干擾其它枝條生長的空間。因此得將較瘦小或已受損較嚴重的交叉枝其中一枝條，判定立即修除，並施行傷口保護。

4.逆行枝(逆枝、逆生枝、繞行枝、彎曲枝)：樹冠中枝條生長方向和正常者不同，常造成枝條迴轉彎曲，影響枝條配置。因原生長方向正常的新芽或枝條，在成長階段或因外力或因氣候干擾，而使其發生逆行方向改變，造成枝條迴轉彎折的奇特生長現象。逆行枝將嚴重影響整體樹型的美觀，並干擾其它枝條的合理生長空間，若是粗大枝條則在樹體構造上恐會有容易斷落的危害風險。逆行枝若無須為替代修補用枝時，即可短截修剪成側枝狀或全枝立即修除。

5.忌生枝(內生枝、向內枝、內生小枝)：枝條呈現直接由樹冠的外側位置，朝向樹冠中心方向生長的型態者。一般正常的新生芽所萌生方向是背向樹冠中心部位而向外開張生長，但是忌生枝是在幼芽萌發初期即發生向樹冠中心方向生長的情況。忌生枝常與正常良枝形成交叉不良枝，因枝條密度增加而遮蔽樹冠內部的採光與通風，最終容易落葉形成枯乾枝，或滋生病蟲害而危害樹木的健康生長。可短截修剪成側枝狀或全枝立即修除。

6.等勢幹(枝)：兩分叉主幹或主枝直徑約略相等，且夾角小於 30 度，容易產生內生樹皮(夾皮)而劈裂，因此宜趁幼小時(約 5 公分)去除一枝幹。

- 7.叉生枝(叉生枝、叉枝、夾心枝、多生枝)：叉生枝是位於兩個「同等粗細或優勢的枝條」之中央部位所萌生的單一或多數枝條者。常因為兩兩同等優勢枝條中間萌生新芽，並持續萌發生長而成。叉生枝因枝條密度增加遮蔽樹冠內部的採光與通風，最終容易落葉形成枯乾枝，或滋生病蟲害危害樹木健康生長；且會破壞同等優勢枝條的結構性，容易遭受強風或外力而斷落。叉生枝可判定立即修除，必要時須進行傷口清創治療 TDS.外科手術。
- 8.陰生枝(腋生枝、陰枝、懷枝、腋下枝)：陰生枝位於兩個「同等粗細或優勢的枝條」之兩外側凹處位置，所萌生的單一或多數枝條者。陰生枝常因為兩兩枝條之兩外側如同腋下部位所萌生新芽，並持續萌發生長而成。枝條會競奪上方枝條的營養水分與生長空間，嚴重時也會有礙整體樹型結構的美觀，並且產生樹體「偏重(斜)生長」現象，並且增加枝條斷落或樹體倒伏的危害風險。遇有陰生枝時可判定立即修除。
- 9.徒長枝(立枝、直立枝、徒長小枝)：枝條較其他枝條生長快速粗大，且和主幹平行，破壞冠形。徒長枝是呈現較直立向上快速伸長、樹皮較光滑、節間距離較長、枝條較粗大的徒長現象的枝條。常因植栽營養過多、日照量均集中一處，因此逢生長旺季時就促使枝芽萌生能力強盛、生長極端快速伸長所致。徒長枝若未修剪，將會使其愈發強勢的競奪大量的養份與水份，久之會影響其它枝條部位的生長，也會導致生理生長的弱勢與不良。徒長枝若屬無須替代修補用或更新復壯用枝時，即可短截修剪或立即修除。
- 10.下垂枝(垂下枝、下生枝、下行枝)：枝條生長往地面下垂，妨礙人車通行或妨礙視線，需依行人或車道修除樹冠下側枝條高度。枝條所生長呈現的角度，明顯與大部分的枝條分生角度，有極大的下垂角度之差異者。常因為新生芽的萌生方向角度較為朝下，或因枝條在成長過程中的不斷分生枝芽過多，而使得重量逐漸增加而下垂。下垂枝若持續下垂將影響受保護樹木樹冠下層的空間使用，並有礙整體樹型結構的美觀，且會產生樹體「偏重(斜)生長」現

象，因而增加枝條斷落或樹體倒伏的危害風險。得配合人車使用空間的大小予以短截修剪改善，或判定立即修除。

11.平行枝(重疊枝、疊生枝、平生枝)：兩枝條上下重疊平行生長，枝條會因相互遮蔽陽光，必須配合其他枝條位置，修除其中一枝條。這種枝條是兩兩枝條的生長方向與位置，一個枝條位於正上方(亦稱為「平行上枝」)，另一枝條位於正下方(即稱為「平行下枝」)，相互形成兩兩上下平行且不相交的生長情況者。常因為兩兩新生枝芽，後續所萌生形成的枝條生長方向角度，恰巧成為上下平行狀態。通常「平行上枝」會影響「平行下枝」的日照採光及通風，而「平行下枝」會競奪「平行上枝」的養分水份，日久常會造成兩敗俱傷的不良情況。視現況留存平行上枝或下枝，以填補樹體空間或使樹冠內部疏密度及對稱性得宜。

12.幹頭枝(斷頭枝、幹瘤枝、幹留枝、胸枝、子枝)：先前修剪不良，致主幹或主枝密生或叢生細小枝條，必須去除部分枝條，留存 1~3 個強壯枝條。在先前的整枝修剪作業不良後，留下的宿存幹頭部位仍有活性，所再度萌生枝芽的枝幹。主要是人為的修剪作業操作不良，未能在修剪時將枝條自脊線到枝領的正確下刀所導致。幹頭會因萌生多芽而形成多枝，並使枝葉密集簇生而遮蔽日照及影響通風，時間一久將容易產生病蟲害及增加落葉量。

13.分蘖枝(分蘖芽、幹生小枝、幹芽枝、根生枝、萌蘖枝)：在「結構枝」及幹基根部上所好發萌出的新生而短小枝芽、或已成熟長成的枝條者；無法與既有枝條呈現合理配置的非結構性枝芽。常在生長旺季時期或是植栽幹體內部或外部受到損傷時，因為養分與水分的輸送障礙，因而積蓄養分而形成不定芽，進而萌發新生枝芽。分蘖枝具有妨礙植栽營養的輸送分配、並會消耗浪費其養分與水分，且會造成相互競奪與破壞樹體外型美觀之虞。若屬無須替代修補用枝時，可判定立即修除。但若林木生長不良或幹折，則萌蘖枝可留存強壯者 1~3 枝，形成另一株林木，再將殘餘主幹去除。

14.衰弱枝：其餘位於樹冠中心，陽光照射不足，生長衰弱或即將枯死之枝。

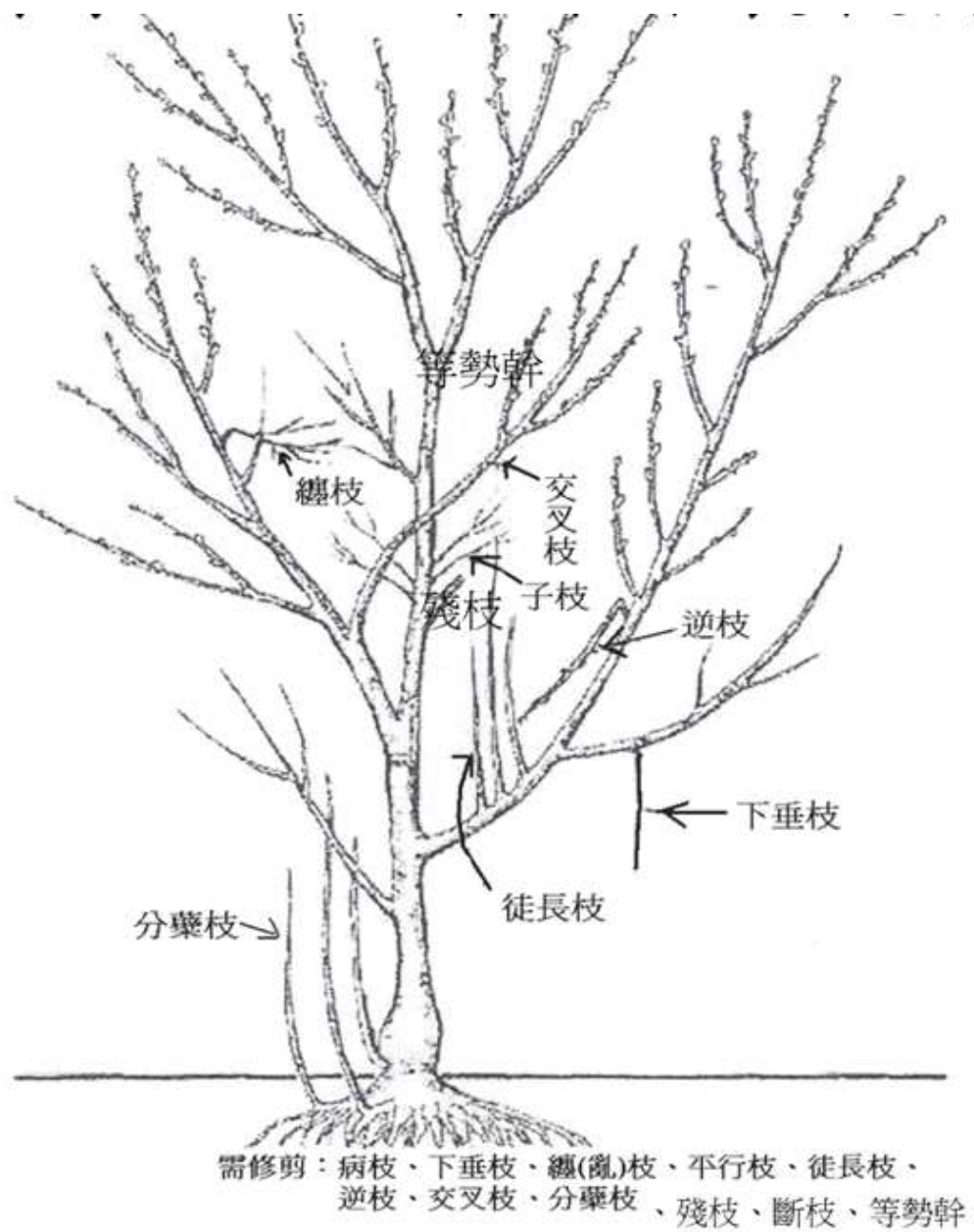
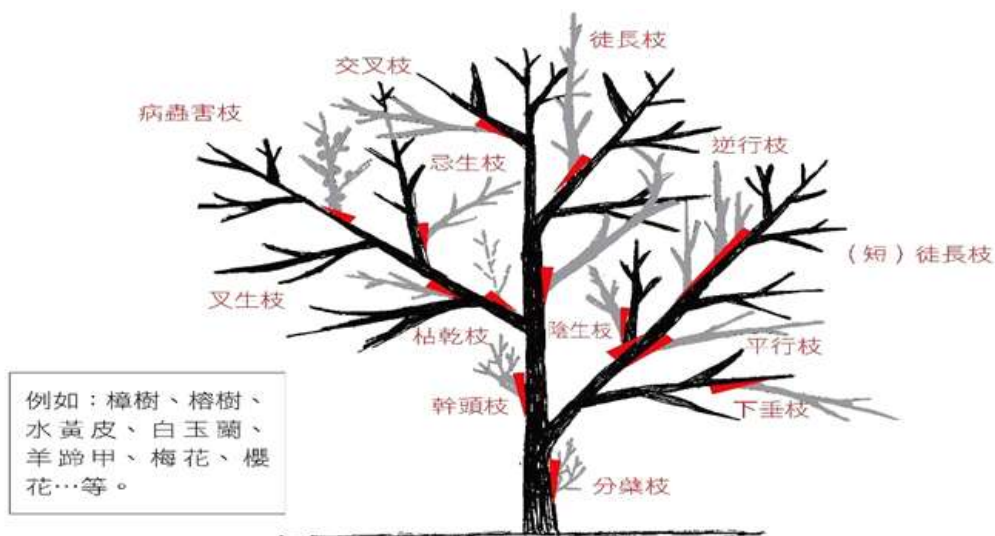


圖 10-6、不良枝修剪對象



tips. 修剪四要原則
1. 分枝下寬上窄。
2. 消枝下粗上細。
3. 間距下長上短。
4. 展角下垂上仰。

例如：楓香、黑板樹、烏心石、落羽松、小葉欖仁、竹柏、木棉、福木…等。



圖 10-7、直立主幹分生枝序型「不良枝」判定圖。

(二)修剪高度判定：

- 1.行道樹及綠化林木在選定樹種、栽植之位置，來決定修剪高度，且需配合林木生長高度分次、分年進行，整枝工作需幼年期按部就班分次完成，則日後之維護工作即極為簡便。
- 2.幹線車道兩側及中央分隔島上之行道樹，其最低分枝點應在 4.5~5.1 公尺左右，如有下垂而影響行車安全者枝條必須隨時注意剪除之。人行道、公園綠地上，一般約在 2.5 公尺左右。在決定最低分枝點後，可在栽植時將單一直立未分叉大苗於最低分枝點以上之適當位置去頂稍，可促其早期在適當部位發生分枝，此即為行道樹之主枝，一樹可留三至五個主枝為宜。
- 3.受保護樹木修剪高度大致已確定，除非因颱風等災害造成斷枝或下垂枝，才需提升樹冠高度。

第五節 修剪方法

修剪時需留意修剪下刀的正確位置：自脊線與枝領外緣處剪下，切口宜平滑。盡可能避免造成鋸切口邊緣參差或撕裂樹皮（圖 10-14）。依修剪位置可分為枝條修剪或樹幹修剪。當移除大直徑枝條時，應採用三段式修剪法（圖 10-10），先在枝幹下方適當位置下鋸約 1/3 深度，再於略外側從上方鋸斷，最後在靠近枝領處平順鋸除殘幹，以防止樹皮撕裂。如果須對整株樹木實施伐除式的截幹修剪，可運用「伐木四刀法」：先倒向斜切、再平切取木，對中鋸倒，最後鋸除幹頭。由於此法能決定倒伏方向，除非周遭環境空曠無物，否則應配合起重設備繩索牽引，以防樹幹倒下傷及人車或建物。

(一)脊線到枝領外移下刀：

樹木的枝幹或分枝可以不同粗細大小概略分類，若直徑較大而無法以單手無法握持穩定者，可稱之為：「粗大枝幹」（亦稱為「粗枝」）；若直徑較小而可以單手可輕易握持穩定者，則可稱為「一般枝幹」（亦稱為「小枝」）。

進行喬木類植栽修剪得以各種方式判定之後，遇到「粗大枝幹」須以「三刀法」—先內下、後外上、再貼切—修剪下刀；若遇到「一般枝幹」則須以「一刀法」自脊線到枝領外移修剪下刀。

在進行修剪下刀(切鋸整修)作業時，應注意樹幹與枝條之間特有的「脊線」(Branch bark ridge, BBR) 及「枝領」 (Branch collar)。修剪時應緊貼此部位修剪下刀，且應保留明顯或不明顯的「枝領」完整性，以避免日後的「癒合不良」或危害植栽的健康與生長勢(圖 10-8)。

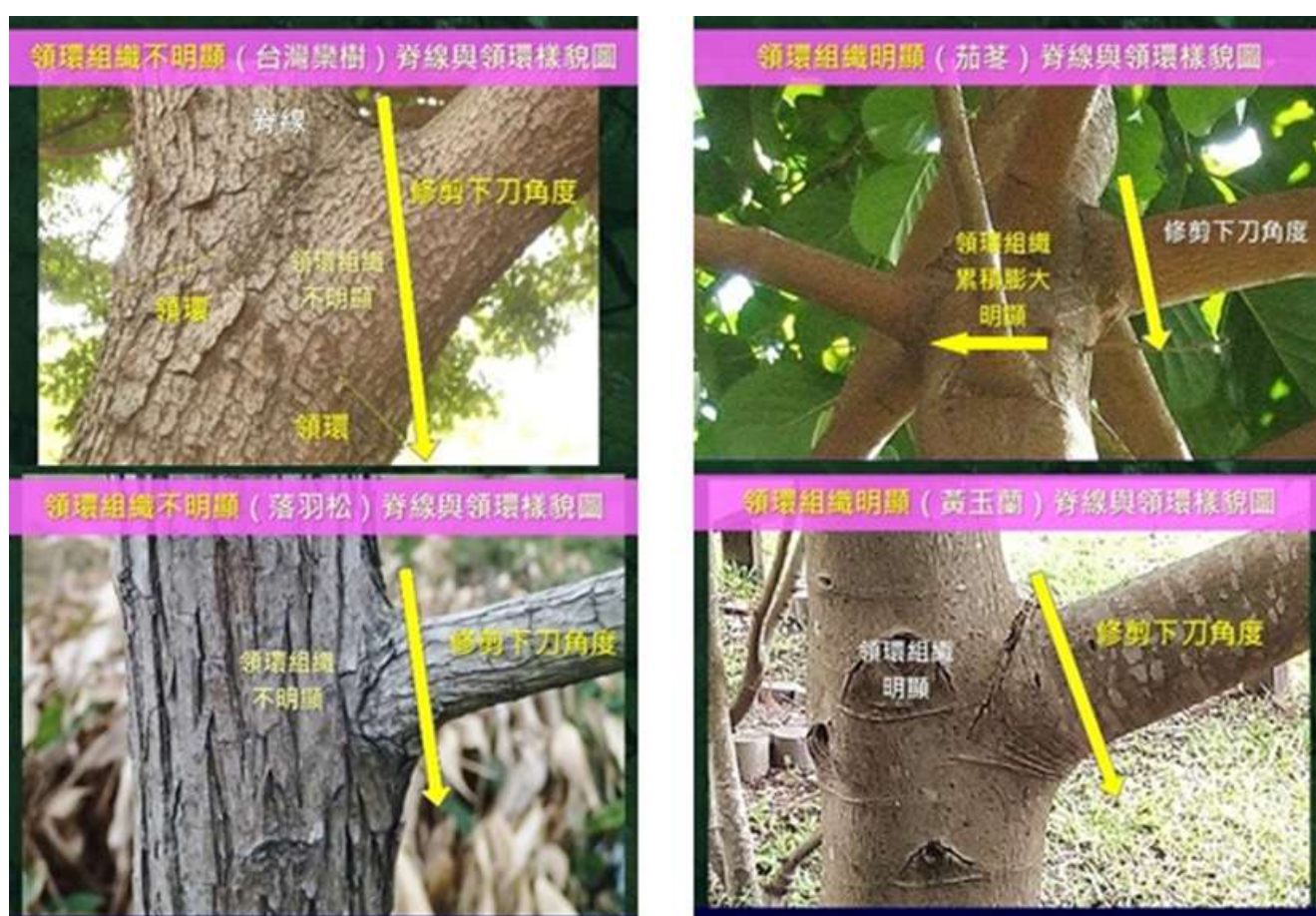


圖 10-8、脊線到枝領外移下刀法。

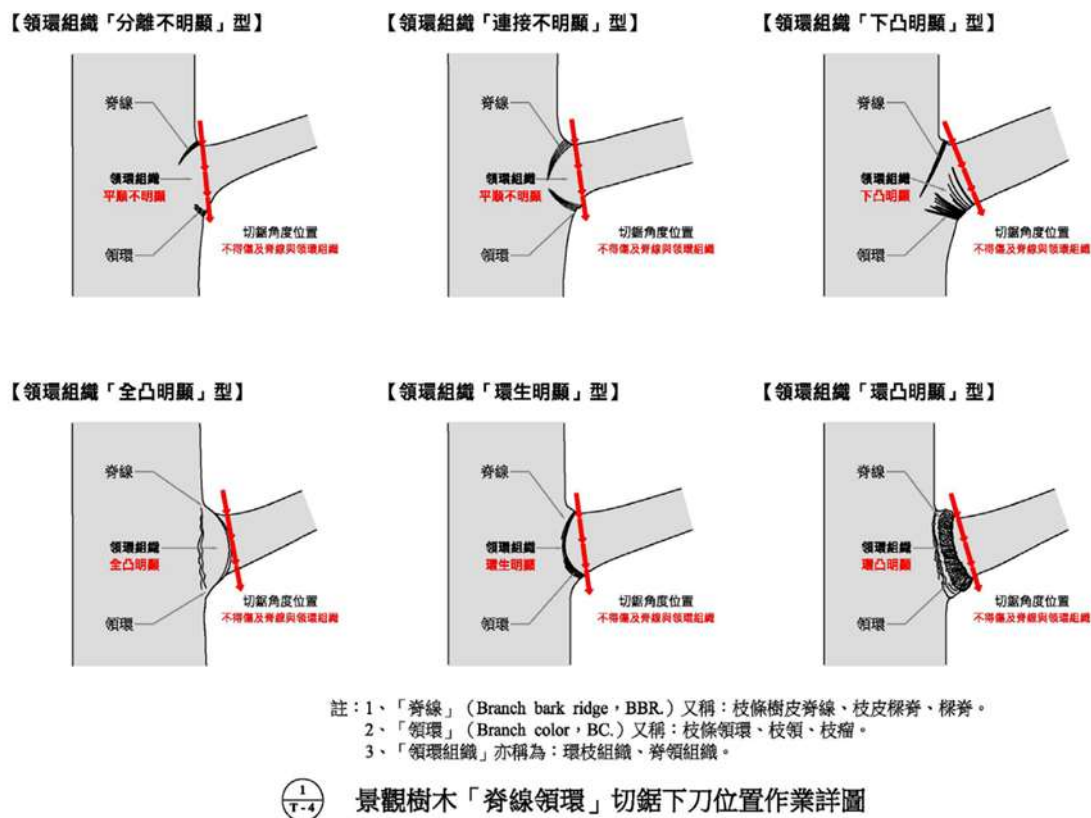


圖 10-9 景觀樹木「脊線枝領」切鋸下刀位置作業詳圖。

(二)粗枝三刀修剪(三切法修剪法，Three-cut method)：

超過 5 公分以上較大較粗重長的枝條(limbs)，修剪常會採用「粗大枝幹」(粗枝)三刀法的修剪下刀作業方式(圖 10-10)，採取「先內下、後外上、再貼切」的「工法口訣」進行，以免造成喬木樹皮剝離現象，影響受保護樹木未來的生長勢。

於決定修剪切鋸的枝幹位置，先確認「脊線」與「枝領」的位置，以決定最貼近樹幹的距離與位置(此為預判「第三刀」的位置)。

「先內下」——距離樹幹約枝條粗細的「等倍距離」位置，先由下往上切鋸「第一刀」，其深度約達枝條粗細的 1/3 左右；如此可避免第二刀切斷時所造成的主幹或主枝下側剝皮(peeling)、樹皮扯裂(ripping bark)。

「後外上」——距離「第一刀位置」的外側，得取約枝條粗細的等倍距離位

置，再由上往下完全切斷枝條(當使用鏈鋸時，第二刀切割位置可直接在第一刀切口上方)。

「再貼切」——採取「自『脊線』到『枝領』外移下刀」的「工法口訣」進行：首先須確認「脊線」與「枝領」的位置，並由緊鄰「脊線」的外側位置至緊鄰「枝領」外側的位置點上，設定一「修剪假想範圍線」以決定下刀切鋸的「角度方向」。

注意避免損傷「脊線」與「枝領」的位置處，由上往下平順的完全切斷枝條，如圖 10-11。切口若不夠平整時，可以細目鋸或鋒利刀具再予以修削平整。若為殘枝修剪，且離主幹枝領有一段健康組織，此時僅鋸切死亡殘枝即可，健康部份不得損傷。傷口逾 3cm 以上者，得以防腐朽蛀蝕藥劑噴佈或塗佈傷口保護之。

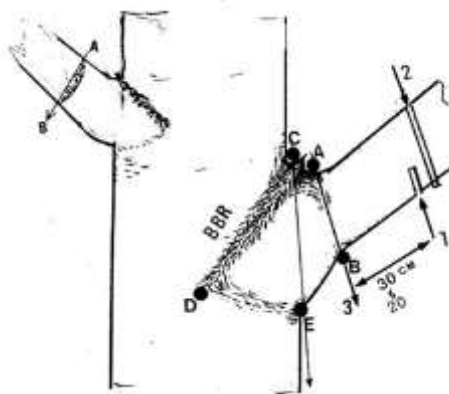


圖 10-10、修剪較大枝條時，鋸切之順序為 1、2、3 三個步驟，或稱為三切法、三刀法修剪。

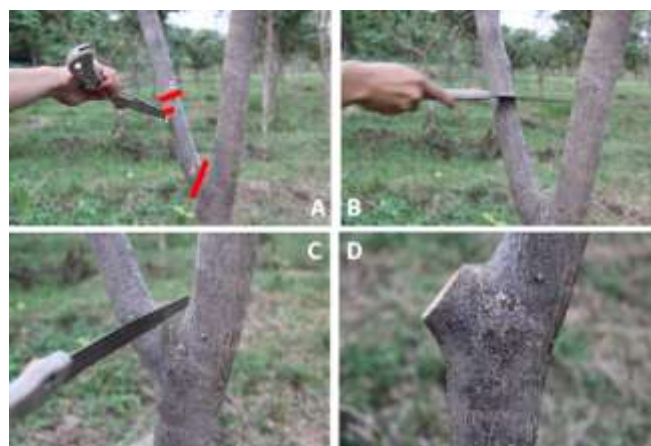


圖 10-11、A 為第一刀修剪位置，B 第二刀，C 第三刀，D 為修剪後狀況

(三)小枝一刀修剪：

「一般枝幹」(小枝)一刀法的修剪下刀作業方式：應採取「自『脊線』到『枝領』外移一公分下刀」的「工法口訣」進行，並配合「正確修剪位置判定」的技術，以同上述「粗大枝幹」的「再貼切」操作方式進行切鋸操作；作業時亦應避免傷及受保護樹木的樹幹與枝條的「脊線」與「枝領」，以免造成喬木切口的癒合不良，進而影響植栽未來的生長健康(圖 10-12)。

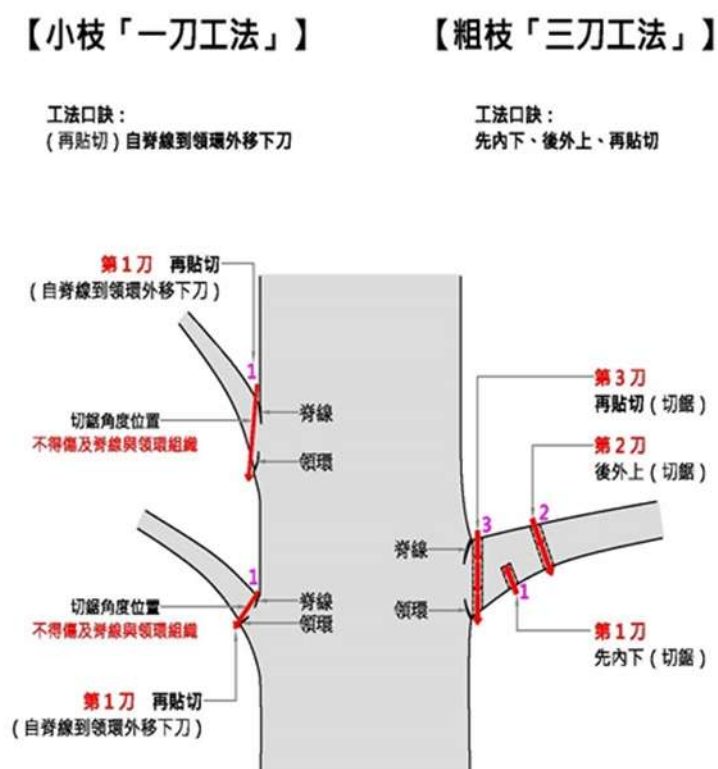


圖 10-12、喬木類植栽修剪下刀作業詳圖。

(四)伐木四刀修剪：

樹木有時候會因為本身或周邊植株枯死、或枝幹遭受病蟲害、或天災等外力的損害，因此使得直挺挺的大型枝條或樹幹須要裁鋸切除，因此就需要運用「伐木四刀修剪法」。並且經常會使用在下列情況：

1.當大型植栽枯死後須要移除之前：

樹木的枝幹遭受病蟲害或天災等外力損害因而枯死之後，常常會以挖土機

(俗稱「怪手」)進行移除，但若樹體非常高聳巨大時，若貿然以挖土機挖掘時，較會產生工程作業上的斷落危害，因此為了顧及作業上的安全，就必須先進行伐木修剪減少量體大小後，再進行挖掘移除，才能兼顧工程作業安全。

2.遇有較垂直挺立枝幹須要修剪時：

有些樹木的不良枝，是屬於較垂直挺立性的或是枝幹體積與重量較重的，這些情況若以「粗枝三刀法」修剪時，常會因枝幹樹體過重而夾斷切枝鋸或油電鏈鋸，因此對於這類大型垂直挺立的枝幹進行切鋸時，為了作業上的安全考量，除了應該要特別小心與注意之外，也要善用「伐木四刀修剪法」以免工作意外災害的發生。

「伐木四刀修剪法」判定修剪方法，可運用工法口訣：「倒向斜切、平切取木、對中鋸倒、鋸除幹頭」來協助作業進行。

由於本項修剪法可以「決定倒向」，因此除非伐木修剪有空曠區域可以讓第三刀修剪後，能順勢倒下也不會傷及人、車、建築等財產物品，否則特別建議要適度配合起重機具的吊掛協助，在即將伐倒鋸除的時候，藉由吊掛牽引固定來防止倒伏、或壓傷的意外發生。

(五)疏剪法(Thinning Cuts)：

又稱疏刪，通常修剪樹幹太密集之次要枝條，位置在枝條基部接近主要枝條或樹幹的位置，大約在脊線與枝領區的外緣，而確切位置依據不同的樹木種類、樹幹與枝條的連結狀況而有差異存在，可以藉由豐富的修剪經驗幫助尋找出修剪的正確位置如圖 10-13。此種修剪的目的是模擬枝條自然枯死的狀態以及增加樹冠通透性或是降低鬱閉度。

除非是過粗的枝條，依樹幹和枝條連結處(或稱分枝保護帶)的構造原理，可使傷口產生腐朽區隔化下刀的正確位置，最好是切出一個平滑切口以減慢腐朽侵入樹幹的速度與傷害。另闊葉樹主幹和枝條連結構造複雜，歸納為四種類型，正確修剪位置為白線所示，如圖 10-15。



圖 10-13、修剪時需注意脊線及枝領外側正確的位置，修剪切口須表面保持光滑平齊。



圖 10-14、使用不當修剪工具，造成傷口邊緣鋸齒狀且不光滑平齊。



圖 10-15、潤葉樹不同之樹幹和枝條結合狀態，白線為正確修剪之位置

(六)截剪法(Reduction Cuts)：

截剪(reduction cuts)又稱短剪，修除過長的枝條或主枝，切除的位置為(主)枝條靠近側枝(lateral branch)處。此修剪方式會讓樹木的回復生長緩慢，因為生理上有困難，傷口無法在產生區（阻）隔化。延緩腐朽。

樹木傷口區隔化能力受到切口位置、切口大小、樹木活力、樹種及氣候所影響，切口越小、越健康的樹木越產生腐朽區隔化越快速，其傷口恢復就越好。故當進行截剪時，需慎重考量上述的因素來免造成樹木死亡(圖 10-16)，應儘量避免在大枝條上使用此種修剪方式。

此外，還需要考慮到剩下的枝條是否能繼續維持生長與具有頂芽抑制(apical

control)能力，修剪後遺留之側枝條尺寸不夠大時，會變成不正確的截幹修剪(Topping)。



圖 10-16、主幹主枝截幹、較大枝幹節間修剪，會讓傷口難以癒合而導致殘枝內部出現腐朽現象。

(七)截幹修剪(Topping)：

此法常使用於修剪小型樹木和灌木以刺激側枝萌發，截幹修剪(Topping)是指切除掉主枝、芽及側枝上之枝條，這些小枝條通常無法生長足夠到具有頂芽優勢能力。

雖然將枝條從主幹剪除（即疏剪）或將側枝從主枝剪除（即截剪）是正統且可行的修剪方式，但截幹修剪有時也被使用，例如為控制樹冠大小、降低樹高或縮小樹冠寬度。不過修剪時必須給殘幹留存直徑達被剪枝條至少三分之一粗細的側枝作替代；臺灣常見的案例是颱風重創樹木，小枝大量斷落，僅剩光禿主幹，這時為促進萌發而不得不截幹。需要警惕的是：過度的截幹修剪會大幅縮減樹冠，若未留足夠粗大的替代枝，是一種不當的修剪技術。截幹修剪會破壞樹型並嚴重削弱樹勢(圖 10-17)，非特殊公共安全因素下不應採用。

截幹修剪可能會出現以下缺點：

1. 饑餓：修剪量一般不超過樹冠的四分之一，否則嚴重影響樹葉光合作用。截幹去除太多的樹冠，將暫時阻斷製造養分能力。
2. 疾病及昆蟲危害：剩下的殘枝，這些切口的末端位置一般的傷口較大，使樹體內部無法形成自然防禦系統。殘枝容易受到害蟲的侵襲和腐朽菌的入侵。若樹幹上已出現腐朽現象，其缺口會加速病原菌的傳播。
3. 弱接枝條：主幹遭截幹後，樹木新生枝條比正常生長枝條的連接更加脆弱，結合力弱，僅樹皮連結。
4. 加速新生枝條生長：截幹通常是控制樹木高度和寬度。但實際上有時會產生相反的效果。不定枝的數目會超過正常新生長之枝條，形成密實之樹冠。
5. 樹木死亡：部分較成熟的樹木對截幹修剪的忍受性較差，如山毛櫸，經重度修剪後，無法萌發不定芽而導致死亡。
6. 醜陋：被截幹的樹形同一棵毀容樹。即使是再次生長，也永遠不會恢復原來的優雅外觀，景觀及公眾也被剝奪了一項寶貴的資產。



圖 10-17、截幹修剪造成的傷口腐朽會讓不定枝的結合力弱化。

(八)殘枝修剪(Stub Cuts)：

修枝留存殘枝不但延緩傷口之癒合時間，同時提供微生物(真菌)生長之所需之食物及環境，尤其已枯死的殘枝，成為腐朽菌擴延至主幹之通道；另移除自然斷裂枝條需先視枝條枯死的狀況，若靠近枝幹部份存活但先端枯死，則僅需將枯死的部份枝條鋸除，健康的活組織應留存。

(九)等勢幹(分叉幹) 及狹角枝及夾皮枝修剪：

擬切除枝條與擬保留枝條相連接之夾角過窄時，宜從外緣往內切除，避免傷害留下的枝條。幼年樹若形成V字夾角且小於三十度者(即雙主幹夾皮情形)，若其直徑小於五公分，宜擇一修剪，強化另一主幹(其直徑如超過五公分，宜擇一截短修剪，弱化其一主幹)，避免未來產生結構安全問題，宜在枝徑小於五公分時處理，儘早修剪，留下單一主幹修剪，避免產生夾皮(內生)樹皮造成樹幹結合力減弱。修剪方法如(圖 10-18)。

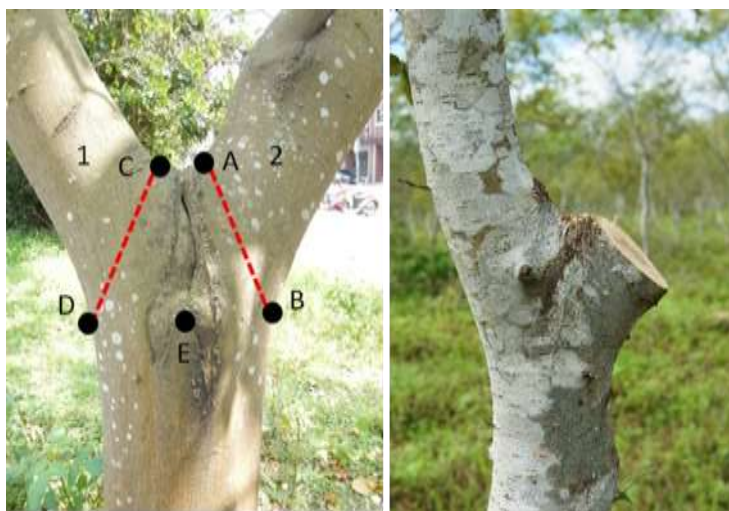


圖 10-18、圖 A：雙主幹夾皮修剪示意圖(依欲保留樹幹 1 或 2，選擇 A-B 或 C-D 切除；E 為脊線起點)；圖 B：等勢幹修剪後狀況幹(其直徑如超過五公分，宜擇一修剪，弱化其一主幹)，避免未來產生結構安全問題，宜在枝徑小於五公分時處理，儘早修剪，留下單一主幹修剪，避免產生夾皮(內生)樹皮造成樹幹結合力減弱。

(十)平行枝序方向修剪：

樹木在進行枝條的「頂梢」枝葉剪定作業時，應配合植栽的「三種生長枝序」構造，予以正確的配合「修剪角度」操作(圖 10-19)：

- 1.「互生枝序型」剪定：應於節上的等同枝條粗細的位置，以「平行」枝葉序方向的角度剪定成為「斜口」狀。
- 2.「對生枝序型」剪定：應於節上的等同枝條粗細的位置，以「平行」枝葉序方向的角度剪定成為「平口」狀。
- 3.「輪生枝序型」剪定：同「對生枝序型」亦於節上的等同枝條粗細的位置，以「平行」枝葉序方向的角度剪定成為「平口」狀。



圖 10-19、植栽三種枝序剪定作業詳圖。

此外，若是在進行「側枝」剪定作業時，則應注意「剪定鋏」的刀刃與刀唇部位與植栽枝條的貼剪方式。錯誤的剪定方式：是將剪定鋏的「刀唇」貼著枝條部位修剪，如此一來會使枝條傷口留下一段「幹頭枝」。正確的剪定方式：是將剪定鋏的「刀刃」貼著枝條部位修剪，這樣可使修剪後的枝條傷口平順。上述在剪定時如果仍然可以判定植栽的「脊線與枝領」的位置與角度時，即使是以剪定鋏進行修剪，仍須要「自脊線到枝領的角度下刀」(圖 10-20)。



圖 10-20、剪定鋏刀刃與刀唇部位與植栽枝條的貼剪方式。

第六節 修剪類型

修剪樹木時應考量環境位置、季節、樹種、大小、生長習性、活力和成熟程度等因素。活組織的移除量依樹齡和樹勢決定：幼齡樹可忍受移除較高比例的葉枝，而大樹對重度修剪的容忍力較低。一般而言，大樹不宜一次去除過多枝葉，且每年修剪的葉量以不超過總葉量 25% 為原則。修剪受保護的大樹時，原則上僅移除枯死、病蟲害或斷裂的枝條，以降低結構風險，避免為達目的而過度修剪健康部分。

此外，受保護樹木成熟後生物量降低，影響了能量生產能力。因此修剪受保護大樹，一般只去除枯死、病、殘、斷枝，來降低樹木結構缺陷，或因公共安全或設施周遭的修剪。修剪人員因應不同的目的，使用不同的修剪技巧。修剪方法的選用取決於樹木的大小、狀況、位置及客戶的要求，修剪計畫書及工作內容必需要明白規定修剪的種類與枝條的最大/最小直徑要求。常用方法包括樹冠清理(crown cleaning)，樹冠疏剪(crown thinning)，樹冠短剪(crown reduction，別稱樹冠縮剪、樹冠截剪)及樹冠提升(crown raising)；另結構養成修剪(structural pruning)和公共設施修剪(utility pruning)則屬特定情況下之修剪方法。

(一)樹冠清理(crown cleaning)：

樹冠清理即修剪移除樹冠不良枝幹 (如乾枯、病蟲害、腐朽或破裂等)或附著之蔓藤及寄生植物，又稱不良枝清理或不良枝修剪。為任何修剪最優先的作業，亦為老樹或成年樹主要修剪類型。定期的樹冠清理可清除早期的小缺陷並防止問題惡化，此類修剪不受季節限制，可全年進行。

(二)樹冠疏剪 (crown thinning，亦稱疏刪修剪)：

樹冠疏剪在每年適當的修剪季節內優先進行不良枝的強剪或弱剪之後，若樹冠仍過於稠密，則可再適度移除部分枝條以增加內部透光與通風，改善樹冠結構。樹冠疏剪能讓內層葉片均勻受光，促進空氣流通以降低病害發生，使樹木更健康（圖 10-21）。

疏剪枝條除了可減少濃密枝葉造成的迎風面積、降低風阻外，亦可減輕枝條負重。同時，正確的疏剪需兼顧美感，維持樹木自然姿態的外形。可先利用「W點透空判定法」觀察此次疏剪的力度。若以主幹為界將樹冠分為左右兩側，判斷兩側枝葉的疏密是否對稱、空隙是否適當。進行疏剪時應注意內部通透度與左右均衡（圖 10-23）。



圖 10-21 樹冠疏剪前（左）疏剪後（右）

當主幹內出現大量徒長枝(water sprouts)時，通常顯示之前修剪過度。疏剪時務必避免主枝內側和下側枝葉被過度移除，以免形成獅尾式修剪 (lion-tailing) 的結構（圖 10-22）。獅尾式修剪使樹葉僅存於枝條末端，易造成樹皮日灼、頭重

腳輕、枝條結構弱化，遇強風時主幹或枝條容易折斷。因此每次疏剪須適可而止，一般每年修剪量不宜超過全株葉量的四分之一。



圖 10-22 、獅尾式修剪為過量的剪除樹幹內部枝葉，使枝葉重量集中在樹梢，造成頭重腳輕的現象，受風力吹拂後樹冠擺動過大讓平衡共振性降低，樹幹尖端度變形並弱化枝條結構造成斷裂。

(三)樹冠短剪 (crown reduction，亦稱樹冠縮剪或樹冠截剪，俗稱剪回或內縮剪)：

樹冠短剪用於縮減樹冠尺寸。重點是在修剪主枝時，讓所保留的側枝有足夠能力維持剩餘部分的健康生長。

現場可利用「V 點連線判定法」決定本次短剪的範圍和強度。例如觀察某樹木樹冠輪廓，高出主體的幾個突出分枝與整體樹冠外緣形成數個 V 字形凹口；連線這些凹口，即可判定此次短剪的弱剪範圍（圖 10-23）。

進行樹冠短剪時必須在分枝處下剪，不可在主幹或主枝中段截斷（圖 10-25），且去除的枝條長度不應超過該主枝原長的 1/4。經驗法則是：留下的側枝直徑至少為被剪主枝直徑的 1/3 以上。需要視樹種、樹齡、氣候及現場情況調整細節，但務必確保留下的側枝足以維持樹木結構完整、樹形自然，並有持續生長至下次修剪的能力。在考慮實施樹冠短剪時，亦須評估該樹種是否能耐受此類修剪。

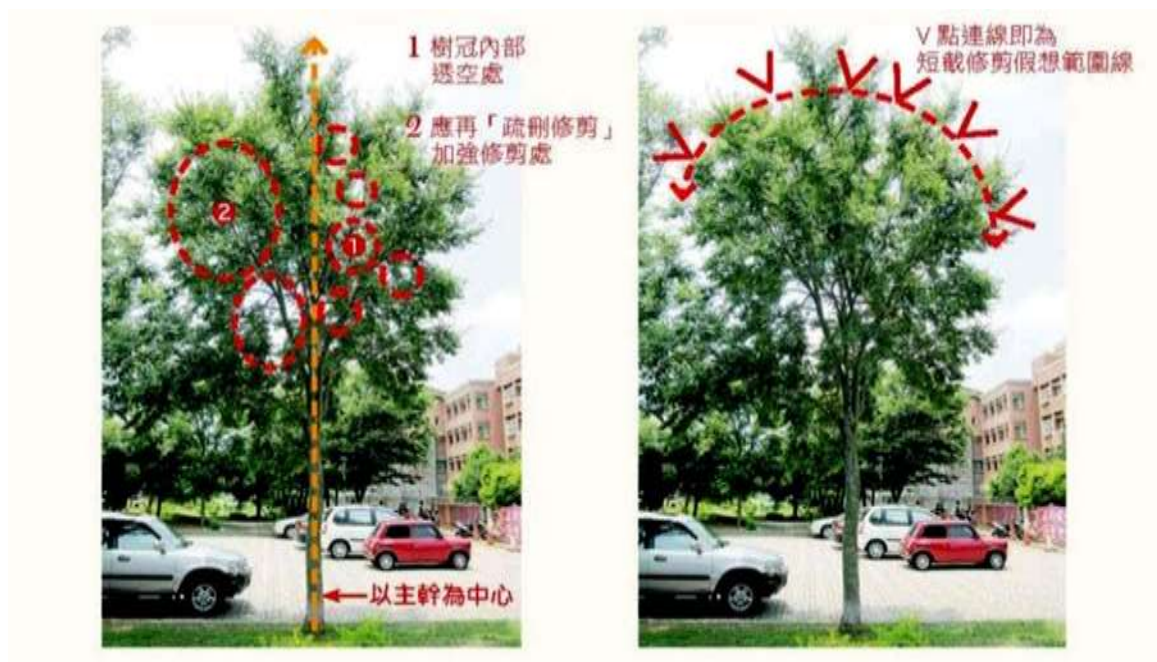


圖 10-23、疏刪（左）短截（右）判定修剪圖

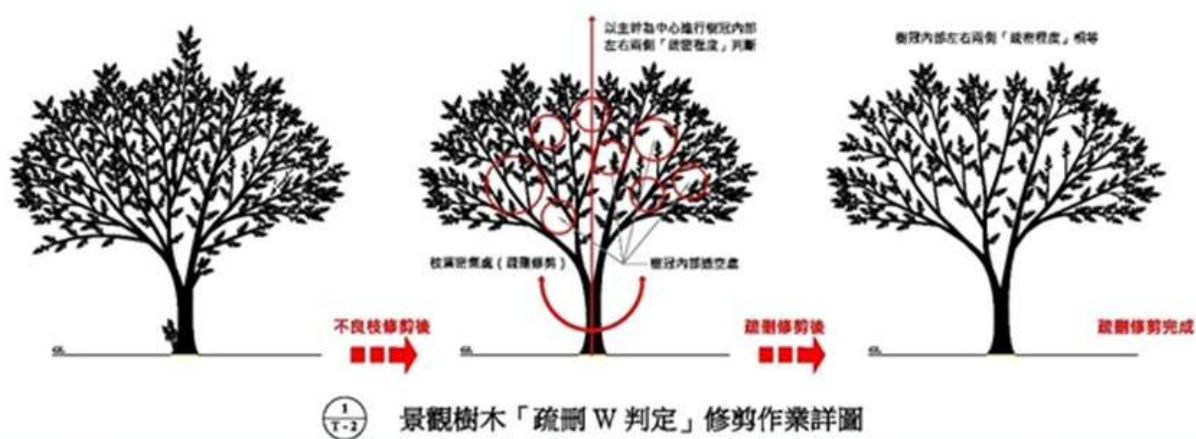


圖 10-24、景觀樹木修剪作業詳圖。

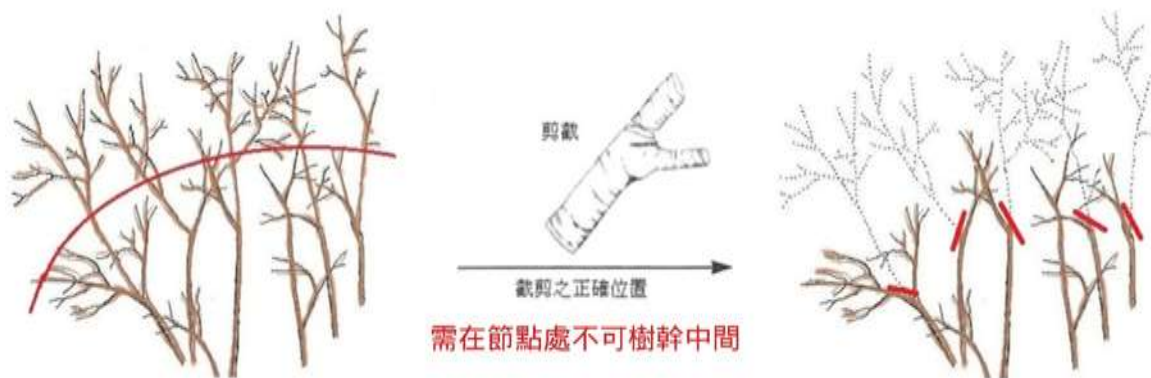


圖 10-25、樹冠短剪前後及修剪位置示意圖

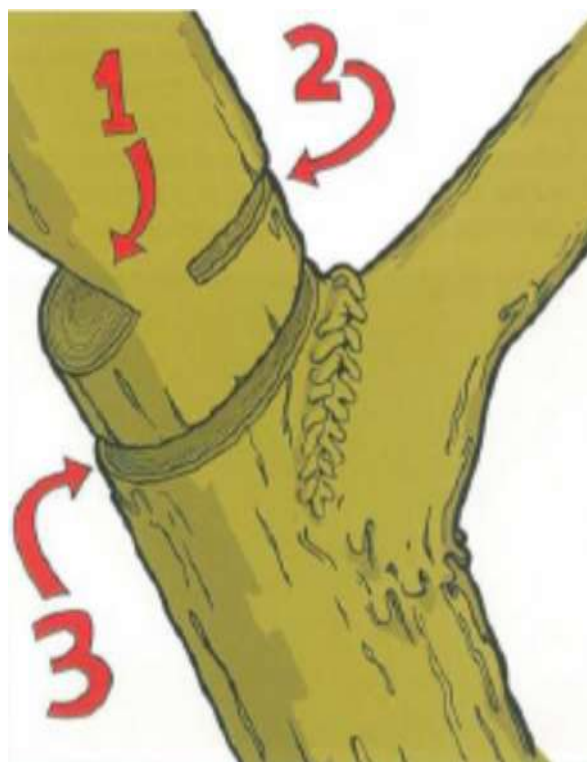


圖 10-26、受保護樹木短剪方式將主幹修剪在枝條的節點處，第一步驟為 V 型兩刀控制主幹（枝）倒向，要留存修剪直徑 1/3 大小直徑之替代枝。修剪位置如圖示。

(四)樹冠提升 (crown raising)：

樹冠提升是指修除樹冠下方的下垂或障礙枝條，以提供下方空間及通行淨

空，保障交通及行人安全，亦稱下位枝修剪。未成熟的年輕樹木原則上不宜進行樹冠提升，以免過早喪失下層結構枝。進行提升時應盡量保留不影響通行安全的下位枝。一般在人行道樹木的枝下高宜維持 2~2.5 公尺，臨街車道旁的枝下高則需約 4~5 公尺（應視通行車輛高度調整）。此外，應考量樹高與環境等因素，保持樹冠高度比在 50% 以上，避免因提升過多導致樹幹裸長、樹體不穩。樹冠提升的修剪量應謹慎拿捏，不影響樹勢為度。

(五)結構養成修剪 (structural pruning，亦稱結構性修剪、整形修剪)：

結構養成修剪是指在樹木幼年期透過修剪來促進良好樹體結構的養成。幼樹越早開始結構養成修剪，將來就能維持更長久的景觀價值（圖 10-27）。老樹或受保護樹木若因風災導致主枝折斷，或樹體結構受損，也可運用結構養成修剪來讓樹冠逐步恢復健康與美觀。

培育幼樹的結構可分為以下五個步驟進行：

- 1.剪除乾枯枝、病蟲害枝、斷枝：剪除枯枝及已壞死、染病或受傷的枝條。
- 2.培養單一直立主幹：選擇優勢明顯的單一中央主幹作為領導幹。如出現多主幹，應在養成期保留其中一個，另外的主幹予以移除或「弱化」（透過修剪將其轉化為主枝）。
- 3.選擇最低的永久枝：決定未來保留的最低主枝位置。
- 4.選擇並建立主枝：從樹幹上選留強壯且有足夠生長空間的主枝作為結構枝。
主枝在主幹上的垂直間距宜約 30~50 公分（視樹種大小調整），並優先保留呈放射狀向四周生長的枝條。
- 5.處理臨時性枝條：位於最低永久枝以下或兩主枝之間的枝條，可暫時保留以提供樹幹生長所需能量（有利於樹形與幹材加粗），待樹木長成後再逐步剪除。

一般而言，一棵健康的老樹無需過於頻繁的修剪。公認的原則是單次修剪量不超過全樹冠葉量的 1/4，過多或過大的枝條修剪容易對大樹造成負面影響。若

主幹或主枝受損，為改善樹冠結構或外觀，可酌情去除不規則的折斷枝、叢生枝、徒長枝及枯枝。保留 1~3 條強壯的枝條作為臨時樹冠，但由於其與原結構連接較弱，須控制其長度在 2~3 公尺以內，以降低斷裂風險。同時這麼做也能促進傷口癒合，避免腐朽擴大。

(六)公共設施修剪(utility pruning)：

為防止公共設施(通常為電氣設施)受到損壞，須去除某些受保護樹木枝條或主幹並提供通道予公共設施的工人，同時維護公共設施的使用。但應儘量避免保護受保護樹木結構的完整及健康。

在某些情況下會遇到法規要求導電體與植栽之間要有分隔距離，各縣市不同，一般為一公尺左右。清出電纜空間是一個高度專業化及具有危險性的工作，直接或間接接觸這些設施，很容易發生公共安全的危害。

因此，必須要具備合格證照的電纜及樹木修剪員或學員才可進行修剪工作，在進行電力設施修剪時，為配合可靠性和公眾安全的要求，修剪樹木會超出一般修剪準則的範圍。公共設施修剪應考慮樹木的自然形態和結構及公用設施位置進行必要修剪。



圖 10-27 相思樹小樹分叉嚴重，左未結構修剪前；右結構修剪後

第七節 棕櫚樹之修剪

棕櫚類的受保護樹木係指「棕櫚科」所屬的各類植栽，其葉互生、羽狀或掌狀分裂，「葉柄基部」帶有形成纖維質或圓筒狀「葉鞘」者；其花小、單性或兩性、同株或異株或時有雜性、多呈圓錐狀(肉穗)花序，花序具佛焰苞狀苞片(常簡稱「佛焰苞」)，出自葉片間葉軸基部。故棕櫚類植栽的修剪判定基準，可以「葉鞘分生處」(意即「葉柄基部」的「葉鞘」部位)作為「修剪假想範圍線」的設定基準。

在一般「日常維護管理」狀態下，棕櫚類植栽的葉部若下垂超過以「水平角度」為「修剪假想範圍線」以下時，則該葉片即可判定修剪，此作法亦為棕櫚類植栽的「弱剪」。

棕櫚類植栽修剪作業時若遇有「佛焰苞」花序，除另有需求規定外，應即時加以修剪去除，以免徒然消耗植栽養分。或若遇有老化的圓筒狀葉鞘已略有分離莖幹部時，亦應加以剝離或修剪去除，以免其大型圓筒狀葉鞘因風力或外力作用下而掉落損傷人車等。

若於「準備進行移植作業」的情況下，棕櫚類植栽的葉部若下垂超過以「水平仰角 45 度」為「修剪假想範圍線」的以下時，則該葉片即可判定修除，此作法亦為棕櫚類植栽的「強剪」作業。

若遇有棕櫚類植栽(例如：大王椰子)的老化圓筒狀葉鞘已略有分離莖幹部時，亦應加以剝離或修剪去除，以免其大型圓筒狀葉鞘因風力或外力作用下而掉落損傷人車等。

樹型若呈現「由中央開張放射狀」的其它植栽，例如：觀葉類(姑婆芋)、樹蕨類(筆筒樹、桫欏)、露兜樹類(林投)、蘇鐵類、王蘭類、龍舌蘭類等枝葉呈現螺旋排列而由中央向外放射開張的樹型之花木植栽。也非常適合應用「斜上 45 度修剪法」進行修剪作業。

斜上 45 度修剪法：修剪去除葉部時應緊貼幹部，再持刀鋸於葉鞘部的葉柄

基部位置以 45 度角向上斜切的方式進行修剪，並且不可以留露葉柄凸出，以免影響美觀或使殘存葉柄遭受病蟲的侵害。水平伸展(180 度)以上超越 30 度的葉片去除，亦是強剪與弱剪適中的選擇。

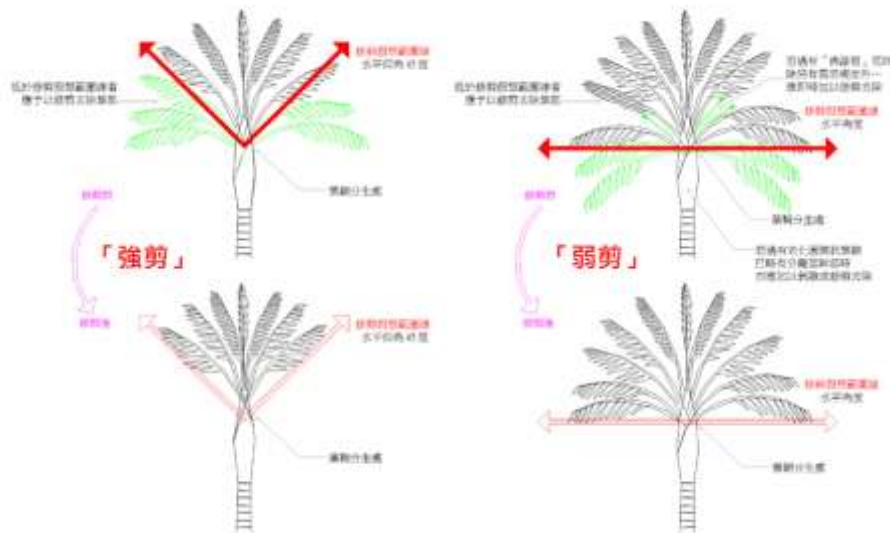


圖 10-28、棕櫚科修剪。

過度貼齊棕櫚樹幹的修剪方法會對棕櫚樹幹形成剝皮，留下不美觀的傷口，且易從這些傷口感染疾病，棕櫚樹的傷口不會癒合，至死都會存在(圖 10-29)。



圖 10-29、棕櫚樹為基本分生組織無形成層，受到傷害後傷口無法癒合，留下不美觀的傷口。

第八節 傷口保護

傷口處理應提供一個不利微生物生存的環境並能維持數年。理想情況下，木本植物的傷口應保持乾燥，因乾燥組織不利細菌滋生。然而目前市面上的傷口保護劑大多在塗佈後不久即會龜裂、風化，難以持續有效超過一年；而在塗層下方，微生物反而可能繁殖滋生。因此整體而言，塗敷傷口保護劑只能提供短期作用(即使塗抹通常不致嚴重傷害樹木，但對需要3~5年以上癒合的大傷口並無明顯助益)。至於傷口保護劑是否真能加速癒合、降低腐朽，目前仍缺乏充分科學證據證實。

總之，除了美觀用途外，希望傷口塗佈能幫助癒合及降低腐朽的效果在大多數情況下並不理想，因此一般不建議在修剪切口使用傷口保護劑。重點在於儘量減少傷口尺寸並剪對位置，這才是促進癒合與避免腐朽的根本方法。如果確有需要使用傷口保護劑，應選用對植物無毒害的材料薄薄塗覆，且僅在經專業評估有預防病蟲害必要時才考慮塗佈。

(一)錯誤修剪會造成傷口危害：

植栽修剪應注意要以正確的修剪下刀切鋸主幹或枝條，以免導致樹幹傷口無法順利癒合情形，甚至危害植栽健康與生長勢。修剪下刀正確位置：自「脊線」到「枝領」一定要做對！這樣才能確保植栽的健康與正常成長！

樹木修剪後可依據下列數種傷口的類型，加以檢視與推估其未來生長的狀態，此項亦可作為修剪作業竣工時的「驗收判斷」要點，這些因為「修剪正確或修剪不當」的作業後之傷口，其日後癒合的情形依舊可以進行鑑定與判斷，並且可以略分為下列數種類型：

- 1.修剪的角度與位置正確→傷口將會迅速癒合良好。
- 2.不當修剪切除過深脊線→造成傷口上緣癒合不良。
- 3.不當修剪切除過深枝領→造成傷口下緣癒合不良。
- 4.不當歪斜的未垂直修剪→傷口側邊緣將癒合不良。

- 5.修剪切除過深脊線枝領→傷及韌皮部及癒合不良。
- 6.未貼切脊線枝領留過長→傷口久久難癒合而腐朽。
- 7.未完全修剪切除木質部→傷口因木質部無法癒合。
- 8.不當而過度的切除損傷→造成主幹及韌皮部損傷。

(二)枝條修剪後的傷口保護：

受保護樹木修剪切鋸後，如傷口直徑較小(約3公分以下)，可不施塗佈，以讓樹木自然癒合並利用自身防禦機制封閉傷口。若傷口較大(超過約3公分)且環境條件可能導致病菌感染或白蟻侵襲，則可在修剪完成後立即以石灰水或對植物無害的保護劑薄層塗佈傷口，藉以消毒並減少腐朽菌、白蟻入侵的風險。塗佈前應確保傷口表面平整乾燥，且塗佈範圍僅限切口，不要將藥劑塗到樹皮上，以免影響正常代謝。再次強調，防止傷口腐朽的關鍵在於剪對位置及適度控制傷口大小；傷口保護劑僅作輔助手段，非萬全之策。

(三)腐朽樹洞的傷口保護：

受保護樹木偶於修剪作業時，若發現有較大的腐朽樹洞傷口時，建議在其傷口處以石灰粉填充覆蓋。藉以消毒傷口避免腐朽菌類的感染及阻隔白蟻啃食的危害。

樹洞傷口切勿以土壤、砂土、水泥、碎石等材料填充之。樹洞傷口也應避免使用化學性藥劑材料填充，例如：發泡劑、塑膠製品等。

(四)損傷部位的傷口保護：

受保護樹木若遭受較嚴重或長期的病蟲障害時，會造成：樹洞傷口、腐朽等症狀，以致生長勢衰弱，導致樹木死亡。若以傳統常見的防治方法亦難以根治時，此時可評估使用「樹木清創治療外科手術(Trees debridement surgery)TDS」進行醫治保護。

「清(擴)創治療外科手術 TDS」。係將病害器官組織或腐朽患部組織進行擴創清除，並視情況予以木質部壞死部位進行「炭化處理」，或給予保護藥劑塗佈

予以保護傷口。

狹義的外科治療手術包括：病害組織清創切除、腐朽患部組織擴創削除、傷口保護藥劑施用、傷口臨時防水處理、人工韌皮部再造術、植栽基盤改善工法、導水排水處理作業、誘導促進發芽工法、誘導促進根生工法等作法。

廣義的外科治療手術則涵蓋：病蟲害枝的整枝修剪、臨時支撐固定作業、樹體結構加固工法、樹體永久支架固定、人工木質部修造術等工法。

第九節 修剪適期

樹冠清理不受季節限制，移除衰弱枝、病蟲害枝、枯枝、斷枝，因為對樹木的負面影響甚小，故可隨時進行。然而若要達成特定目的，則須選在每年特定的時間內才能奏效。

一般建議在冬末或初春萌芽前（約每年 11 月至翌年 2 月）完成主要的修剪作業，可獲得最大的修剪效益。在樹木休眠期修剪，可以減少病蟲藉傷口入侵的問題，並讓樹木充分利用整個生長季節來癒合傷口、形成隔離組織。

應盡量避免在新葉初展或剛抽梢之後馬上修剪，因此時樹體剛耗費大量能量長出新葉與嫩枝，若立刻剪除會削弱樹勢、使樹木遭受逆境。一些樹木的病原真菌孢子會在生長季經由修剪傷口感染樹體，因此易感疾病的樹種應避免在活躍生長期修剪。

對於觀花樹木，修剪時更需留意花芽著生位置與分化時間：夏季開花的植物（當年新枝著生花芽，如紫薇、台灣欒樹），最好在冬季落葉後至春季萌芽前，或於夏季開花結束後再行修剪。春季開花的植物（前一年老枝已分化花芽，如櫻花、木棉、多數落葉果樹），應在剛開花後進行修剪，不要在休眠季（11 月至翌年 2 月）修剪，否則翌春將無法欣賞開花。

某些樹種（如楓樹、白樺）因早春樹液流動旺盛，有文獻建議避免此時修剪——剪口會大量流汁，看似「流血」，但研究顯示汁液流失雖不美觀，對樹木健康

的負面影響不大。

(一)修剪作業「適期」(參考表 3)：

受保護樹木修剪作業前應先依據(強剪或弱剪)修剪規模的評估結果，再計畫選擇適宜的修剪季節期間，擬定修剪作業適期計畫與實施作業。此亦即稱為：「修剪『適期』作業」。受保護樹木修剪的適期計畫原則為：平時進行維護管理時，可進行「弱剪」作業。若需進行「強剪」作業時，則須擇定適宜該受保護樹木種類的「修剪作業適期」。

- 1.能避免影響受保護樹木正常的營養生長與生理生長。
- 2.能減少受保護樹木落葉樹種因修剪所造成的枝葉垃圾量。
- 3.能減少後續受保護樹木生長期間的病蟲害寄宿滋生頻率。
- 4.能促進受保護樹木修剪後傷口於短期間較迅速癒合良好。

受保護樹木的「修剪作業適期」的判定方式，主要是依據樹種的「休眠期間」與「生長旺季」之特性作為判斷依據，得以下列三項概略判定：

- 1.落葉性(針葉及闊葉)植物，宜擇「休眠期間」，即冬季落葉後到萌芽前期間。
- 2.常綠性針葉植物，宜擇「休眠期間」，即冬季樹脂停止流動或緩慢期間。
- 3.常綠性闊葉植物，宜擇「生長旺季」，亦即枝葉萌芽時即屬其生長旺季之徵狀。其中又可分為：

(1)萌芽期長者：於「萌芽期間內」皆宜。

(2)萌芽期短者：於「萌芽前一個月至萌芽期間」最佳。

受保護樹木修剪，得參考附件一表 3「受保護樹木作業適期速查表」實施作業。

(二)強剪與弱剪：

依據樹木修剪作業的「強弱程度」，一般可區分稱為「弱剪」或「強剪」。受保護樹木的「弱剪」，平時可進行作業，若需「強剪」，則依樹種的「修剪適期」內予以適時且適當的修剪。

棕櫚類植栽：「弱剪」者，僅去除「葉鞘分生處」的水平角度「修剪假想範圍線」以下之枝葉，為平時維護管理時的修剪作業標準。「強剪」者，將去除「葉鞘分生處」的水平仰角 45 度的「修剪假想範圍線」以下之枝葉，為進行植栽移植作業時的「補償修剪」之作業標準。

評估受保護樹木的強剪與弱剪的規模，應注意以下事項：

- 1.應考量修剪後的樹木規格，是否能與環境景觀協調。
- 2.應考量修剪後的樹木規格，是否會有礙美感觀瞻。
- 3.應考量修剪後的樹木，能恢復樹木原有的生長勢。
- 4.應考量修剪後的樹木，是否會影響其開花結果週期與質量。
- 5.應考量修剪後的樹木，其傷口是否會容易感染病蟲障害。
- 6.應避免修除過於粗大的「結構枝」或枝齡較老的枝幹。
- 7.應避免修除直立主幹樹型的主幹「頂梢」，以免影響其頂端優勢的自然生長。

樹木之「附生植物」應審慎評估其是否會影響受保護樹木的根莖葉各部之生長發育，據此決定其保留與否。

- 8.樹木之氣生根或幹生鬚根是否需修除，可以檢視其鬚根是否正在運作中，若呈現支持性作用的氣生根則不修除，有連結樹幹時亦不修除，若為獨立懸垂呈鬚根狀時得加以修除。

表 10-1、「受保護樹木強剪作業適期速查表」。

性狀分類	項號	應用分類	例舉臺灣地區常見植物	強剪(斷根、移植、種植)適期判斷通則	作業適期概略時段
喬木類	4-1	溫帶常綠針葉	黑松、日本黑松、臺灣五葉松、臺灣二葉松、臺灣油杉、琉球松、龍柏、臺灣肖楠、羅漢松、小葉羅漢松、臺灣油杉	「休眠期間」即：樹脂緩慢或停止流動後至萌芽前得「強剪」	冬季低溫期：春節前後至早春萌芽前

性 狀 分 類	項 號	應 用 分 類	例舉臺灣地區常見植物	強剪(斷根、 移植、種植) 適期判斷通 則	作業適期 概略時段
	4-2	熱帶 常綠針葉	竹柏、桃實百日青、蘭嶼羅漢松、 小葉南洋杉、肯氏南洋杉。	「生長旺季」 萌芽期間得 「強剪」	春節後回 溫期：春 節至 清明前期 間
	4-3	溫帶 亞熱帶 落葉針葉	落羽松、水杉。	「休眠期間」 即：落葉後至 萌芽前得「強 剪」	冬季低溫 期：春節 前後至早 春萌芽前
	4-4	溫帶 亞熱帶 常綠闊葉	樟樹、大葉楠、香楠、紅楠、茄苳、 杜英、青剛櫟、烏來柯(淋漓)、栓皮 櫟、臺灣楊桐、森氏紅淡比、鐵冬 青、臭娘子、樹杞、白玉蘭、烏心 石、南洋含笑、瓊崖海棠、檸檬桉、 水黃皮、光蠟樹、臺灣海桐、蒲桃、 楊桃、肯氏蒲桃、黃堇、桂花、軟 毛柿、烏來冬青、夜合花。	1、「生長旺 季」萌芽期間 內得「強剪」 2、須注意植 栽的「生長旺 季」萌芽表現 將依溫度回 升而異	春節後回 溫期：春 節至 清明後期 間
	4-5	熱帶 常綠 闊葉	榕、密梭倫榕、黃果垂榕、榕、雀 榕、大葉雀榕、九丁榕、白榕、優 曇華、印度橡膠樹、麵包樹、穗花 棋盤腳、芒果、臺東漆、芒果類、 蓮霧、錫蘭橄欖、人心果、咖啡、 第倫桃、、海茄苳、欖李、龍眼、 荔枝、大葉桉、蒲桃、薑寶蓮、白 千層、、星蘋果、七里香、土沉香、 瓊崖海棠、大葉山欖、山欖、烏心 石、象牙木、毛柿、、克蘭樹、銀 樺、檸檬桉、羅望子、相思樹、火 焰木、木麻黃、番龍眼、魯花樹、 黑板樹、圓滑番荔枝、咖啡樹、黃 心柿。	1、「生長旺 季」萌芽期間 內得「強剪」 2、須注意植 栽的「生長旺 季」萌芽表現 將依溫度回 升而異	夏 秋 季 間： 端午至中 秋 期間

性 狀 分 類	項 號	應 用 分 類	例舉臺灣地區常見植物	強剪(斷根、 移植、種植) 適期判斷通 則	作業適期 概略時段
	4-6	溫帶 亞熱帶 落葉闊葉	棗子、柿、山红柿、破布子、山黃麻、青楓、雜交柳、臺灣欒樹、苦楝、朴樹、九芎、檫木、榔榆、黃連木、烏柏、無患子、香椿、銀杏、流蘇、楓香、台灣泡桐、梧桐、黃荊、銀樺。	「休眠期間」即：落葉後至萌芽前得「強剪」	冬季低溫期：春節前後至早春萌芽前
	4-7	熱帶 落葉闊葉	鳳凰木、鐵刀木類、盾柱木類、臺灣刺桐、黃脈刺桐、緬梔、魚木、加羅林魚木、菩提樹、菲律賓黃檀、印度紫檀、印度黃檀、雨豆樹、金龜樹、大葉合歡、摩鹿加合歡、柚木、蘋婆、掌葉蘋婆、菲律賓饅頭果、披針葉饅頭果黃槿、黑板樹、大葉桃花心木、小葉桃花心木、小葉欖仁、菲律賓欖仁、欖仁、第倫桃、火焰木、木棉、吉貝木棉、猢猻木、大葉巴克豆。	1、「休眠期間」即：冬季低溫落葉後至萌芽前得「強剪」 2、「休眠期間」即：夏季乾旱枯水期之落葉後至萌芽前得「強剪」 3、「生長旺季」萌芽期間得「強剪」	幾乎全年皆宜： 1、冬至春季間：春節前後至清明節後 2、夏季高溫期：逢乾旱枯水期之落葉後至萌芽前 3、夏至秋季間：端午至中秋期間
棕 櫚 類	6-1	單生稈型	大王椰子、亞歷山大椰子、羅比親王海棗、臺灣海棗、蒲葵。	「生長旺季」萌芽期間內得「強剪」	夏 秋 季間： 端午至中秋期間
	6-2	叢生稈型	黃椰子。		

第十節、樹木修剪實務 SOP

(一)修剪工作 SOP 標準作業流程：

1.記錄植栽現況：

進行受保護樹木修剪作業前，應先就所需要修剪的受保護樹木進行清點統計及調查紀錄工作，其內容為：樹種中名、學名、數量、單位、規格(樹冠高度 $H \cdot M$ 、樹冠寬幅、 $W \cdot M$ 、胸高直徑 $\psi \cdot CM$)、所在位置地段或地址、所有權屬單位或個人、有無受保護管制、植栽目前健康狀態、數位影像的修剪前中後作業之紀錄等。

2.確認植栽修剪目的：

每次進行修剪作業前，應先確認此次為何要修剪，了解作業目的及效益後再予以計畫安排。

3.評估植栽修剪規模：

修剪作業規模的「強弱程度」可區分為：(1)「強剪」。(2)「弱剪」。植栽隨時可以「弱剪」但是「強剪」要適時；因此建議選擇「強剪適期」進行「弱剪」。進行受保護樹木修剪作業前應先評估植栽的：生長現況、營養狀態、基盤條件、基地周邊情況、環境氣候風土特性等，以做好植栽修剪計畫。

4.修剪作業適期計畫：

受保護樹木修剪作業前應先依據修剪規模(強剪或弱剪)的評估結果，再計畫選擇適宜的修剪季節期間，擬定修剪作業適期計畫與實施作業。

5.工安防護措施報備：

進行修剪作業前，應事先提出修剪計畫書；計畫經核准後，辦妥各項報備、申請、公告等程序後方可開工。施工期間若有變更或進度調整，也應即時向主管單位報備核准，以利作業順利完成。其中，受保護樹木的修剪應依地方自治條例取得主管機關許可後始得施作，並遵守契約中關於違規處理之規定。作業時亦須配合相關單位要求，如需占用道路應提前向警方申請路權、設置交通維管

措施；佔用停車位的，須向停管單位申請臨時租用。在人行道或公園等處修剪行道樹時，若有妨礙施工的车辆停放，應提前 3-5 天豎立施工禁止停車告示牌並公告週知。修剪區域如有影響作業的設施或物品，也應事先評估並申請排除移除，避免作業中發生意外。

6.樹木檢查：

修剪作業開始前建議目視檢查每一棵樹及枝條健康程度。樹木檢查後，如發現樹木情況超出原修剪範圍需求，建議立即向管理單位或業務負責人報告確認後再繼續進行。樹木如有鳥巢或其他生物、病蟲害傳播之虞或現場有民眾反映等因素時，建議向樹木管理單位或業務負責人報告確認後再繼續進行。

7.樹木修剪施作：

完成確認修剪作業區域安全無虞，工具設備能正常運作，並且作業人員裝備穿戴確實後，即可依照修剪計畫進行修剪。

8.塗佈傷口保護藥劑：

修剪切鋸後之傷口若大於 3cm(約 50 元硬幣)直徑以上時，應實施傷口塗佈保護藥劑作業。

9.工地環境清潔善後：

修剪作業中應隨時注意工作範圍區域內的衛生安全及清潔等管理，且應防止枝葉樹幹掉落之損壞或切鋸木屑、枝葉等散落，故應盡速清除乾淨。修剪作業後之樹幹枝葉有機資源垃圾，應循各機關相關環保規定予以合法進行清運、處理、回收、再利用等作業。

(二)修剪作業人員的防護穿戴：

修剪作業前應落實個人工作安全觀念教育。修剪作業時，應隨時注意個人施工安全防護裝備的確實穿戴：安全帽、護目鏡、工作服、反光背心、工作用手套、工作鞋、安全背帶、工具佩掛腰帶袋具等。

(三)修剪作業設備及工具操作要領：

樹木的修剪如同人類施行手術一樣，如果一定要做，一定要做對！並且要心存善念與尊重自然生命的態度來從事這項修剪工作。

每動一刀都有可能是一種傷害，因此需要修剪時，就要事先詳加了解植物的生長特性，選擇正確適當的時期，並且在修剪當時要能夠用心、細心、小心。用對正確的修剪方法，如此將會對植物未來成長有所助益。

設備、工具和操作方式，應極力避免造成樹木組織和樹皮的損傷。林木修剪必須選擇適合鋸切的尺寸的修剪工具。避免造成切口邊緣鋸齒狀及留下殘枝，工具必須鋒利儘量使傷口平順。使用工具和操作時，避免損害活的組織和修剪範圍附近的樹皮。

依照修剪部位不同，選擇適當修剪機具。手鋸細鋸齒比大鋸齒效果好，因切面光滑平齊，而手鋸又比鏈鋸佳。某些情況下，會要求在修剪不同植物之間，須先將修剪工具消毒，目的在減少某些疾病傳播的機會。傳播疾病的機率依不同的病原體、植物、修剪工具、環境條件及時間而有所不同。若工具進行消毒，必須注意是以不會傷害植物活組織的材料為主。

修剪作業雖然需要動用刀剪工具，對於修剪枝條較為便利，然而有許多的修剪作業方式，反而使用雙手會更靈巧與便利。例如：進行花草盆栽的摘心或摘芽，可以拇指與食指捏住轉折即可；又例：進行黑松的摘葉，可以用手指緊扣住樹枝後再向下戳拔而除去針葉。因此，輕巧的雙手也是修剪工作不可或缺的一項利器。

剪定鉗是修剪作業所必備的第一把刀，它的體積輕小又易於攜帶，是喜愛園藝景觀的愛好者所會必備的工具之一，由剪定鉗的名稱顧名思義可以了解其主要是用於植物的剪定，並可針對許多植物器官的細部組織位置，進行較細膩的修剪，因此若正確的操作使用，將會讓修剪工作更加事倍功半、省時省力。

剪定鉗使使用時須注意刀柄大小要選擇符合手部大小的規格、此外在操作上也不可以反握方式進行修剪、並且應以刀刃貼順著枝條方向再將分枝剪除。

修枝剪是修剪作業所必備的第二把刀，它具有兩支柄及雙向單刃的構造，

可以進行像是：綠籬、花叢、造型植栽的較大幅度的修剪工作，由於是大幅度的修剪，因此會將植物較細小的莖幹與枝葉器官組織，進行較粗略的剪修，因此若以修枝剪正確操作之後，最好還是需要以前述的剪定鋏再巡視一遍，再將裸露莖幹枝條再做一次細部剪定工作，以使傷口平整、整體姿態完順。樹木修剪常用的工具設備如表 2，供參考擇用。

表 10-2、受保護樹木修剪工具設備一覽表。

修剪作業類別		工具材料品名	修剪作業應用	喬木類	棕櫚類	造型類
剪定	手動	剪定鋏	摘心、摘芽、摘葉、修葉、剪枝、摘蕾、摘花、摘果	●	●	●
		芽切剪	摘心、摘芽、摘葉、修葉、摘蕾、摘花、摘果			
		剪刀	摘葉、修葉			
		高枝剪	摘心、摘芽、剪枝	●		
		切枝剪	剪枝	●	●	
		採果剪	摘花、摘果	●		
修剪	手動	修枝剪	修葉、剪枝			●
	機動	電動修籬機	修葉、剪枝			●
整枝	手動	切枝鋸	剪枝	●	●	
		高枝鋸	剪枝	●	●	
	機動	電鏈鋸	剪枝	●	●	
		高枝鏈鋸	剪枝	●	●	
高空	手動	三腳梯	高空作業輔助設備	●	●	●
		A.梯	高空作業輔助設備	●	●	●
		拉梯	高空作業輔助設備	●	●	●
	機動	高空作業車	高空作業輔助設備	●	●	●
		直上式升降機	高空作業輔助設備	●	●	●

指示	手動	伸縮指揮竿	修剪作業溝通指示用	●	●	●
	電動	雷射光筆	修剪作業溝通指示用	●	●	●
消毒	手動	小水桶	傷口消毒癒合	●		
		小油漆刷	傷口消毒癒合	●		
	材料	三泰芬 5.%粉劑	傷口消毒癒合	●		
		石灰粉	傷口消毒癒合	●		
清潔	手動	竹掃把	打掃清潔	●	●	●
		尼龍掃把	打掃清潔	●	●	●
		可調式細齒耙	收集清潔	●	●	●
		齒耙	收集清潔	●	●	●
		畚斗	收集清運	●	●	●
		畚箕	收集清運	●	●	●
	機動	電動吹葉機	收集清潔	●	●	●
	耗材	垃圾袋	收集清運	●	●	●
回收	機動	電動碎木機	回收處理	●	●	

(四)工地安全衛生管理與交通維設：

樹木修剪作業計畫書提報申請階段，應事先提出各種查詢、報備、申請作業，經申請核准同意後使得開工；並在施工前進行工地相關公告事宜之現場張貼公告或以區域社群進行電子資訊發布。

報備與申請應考量：是否會影響交通流量或阻礙

- 1.應向交通警察單位申請使用路權、協助交通管制作業；
- 2.如作業區域會佔用停車格位時，應向停車管理處申請租借使用。
- 3.修剪人行道旁或公園退縮地等受保護樹木時，如遇有妨礙施工之停放車輛，應於施工之前 3 至 5 天進行施工禁止停車標示牌之佈告措施

- 4.進行樹木修剪作業前，應事先評估範圍內有影響或阻礙施工之物體，事先申請或設法排除，以免修剪作業期間造成意外危險的發生。
- 5.樹木修剪作業之作業動線、作業區域，應適時進行安全防護預措準備作業。
- 6.修剪作業時若須使用梯具時，應有三人以上之編制進行作業，確保作業安全。
- 7.修剪作業時如遇有下雨及強風情況時，應立即停止作業以免發生危險。
- 8.修剪作業區域高壓電線通過範圍內，應先商請斷電及確認無電流之後，方能進行作業。
- 9.若發現修剪作業未按規範施做、修剪器具不良、不合施作程序時，得通知停工改進。
- 10.吊車(籃)、車輛、爬梯、工作台及其他工具設備等，建議遵照相關規定設置及保養。

(五)工地環境清潔與善後作業：

- 1.修剪作業時應隨時注意工作範圍區域及運搬動線道路的衛生安全及清潔…等管理。
- 2.修剪作業時應防止路面遭受枝葉樹幹掉落之損壞，對於散落在道路、人行道及其他鋪面的切鋸木屑、枝葉等亦應盡速清除乾淨。
- 3.植栽修剪作業後，應立即將落地之樹幹及枝葉予以整齊暫置於現場不會妨礙人車通行與安全的處所，並須以安全防護警戒措施予以標示或圍界區隔。
- 4.每日工作完畢後，應將工作範圍區域內所產生的枝葉樹幹有機垃圾進行清運處理，非經業主或設計監造單位同意，不得暫時留置在現場。
- 5.進行樹幹及枝葉清運作業時，仍應遵循相關環保法令規定辦理。
- 6.修剪患有傳播性的病蟲害之植栽後，對所使用的工具器械應以殺菌藥劑或高溫殺菌方式予以進行消毒後，始可收拾保存。

(六)修剪後的有機資源循環再利用：

樹木修剪作業後，常會產生一些為數不少的樹幹枝葉垃圾，這些所謂的垃圾其實也可是一項有機資源，因此將修剪後的樹幹枝葉或許可以不要稱之為「垃圾」，而是稱之為「有機資源」，應該會更貼切。

目前普遍的處理方式，通常將較粗的枝幹、較小的細枝、更瑣碎的枝葉等一一的分類堆置存放，然後再依序安排清運及後續處理。

清運處理的方式也不外乎有以下幾項：

- 1.合法的掩埋場進行最終掩埋。
- 2.合法的焚化爐進行最終焚化。
- 3.私人單位的置放場進行臨時性存放。
- 4.私人單位的收集場進行再利用處理。
- 5.碎木處理後提供製作膠合板材用。
- 6.碎木處理後提供菇蕈類生產業者的栽培太空包介質用。
- 7.碎木處理後進行製作腐熟堆肥供栽培作物用。

修剪後的枝葉有機資源，可進行枝葉有機資源回收處理成腐熟的堆肥後，再提供或販售予有需要的個人或單位使用。並且應嚴格取締非法的燃燒或傾倒丟棄，也要善加勸導不要在喬木或灌木的植栽地表處鋪放木屑為堆肥，此為錯誤的作法。

表 10-3、標準作業流程 SOP。

標準作業流程 SOP 項目			標準作業流程 SOP 實施要點
一、計畫階段	1	調查記錄植栽現況	進行景觀植栽修剪作業前，應先進行調查及紀錄工作，其內容為：樹種中名、學名、數量、單位規格(樹冠高度 H·M、樹冠寬幅、W·M、米高直徑 ϕ ·CM)、所在位置地段或地址、所有權屬單位或個人、有無受保護管制、植栽健康狀態、數位影像紀錄等。
	2	確認植栽修剪目的	每次進行修剪作業前應先確認此次修剪作業目的：為为了提高苗木移植存活率而進行「補償修剪」、為了達成定植後整體美觀目的之「樹冠清理」、為抑制或促

			成以控制樹體大小的「短截修剪」、為了增加觀賞價值及美感而進行「造型修剪」、為促進或控制開花結果為目的的「生理修剪」、為控制疏密程度及防治病蟲害之「疏刪修剪」、為促進受保護樹木更新復壯樹勢的「更新復壯修剪」。
	3	修剪作業適期計畫	受保護樹木修剪作業前應先依據修剪規模(強剪或弱剪)的評估結果，再計畫選擇適宜的修剪季節期間，擬定修剪作業適期計畫與實施作業。
	4	評估植栽修剪規模	進行植栽修剪前須事先了解所需進行修剪的植栽生長與生理特性，並針對該植栽的生長現況、營養狀態、基盤條件、所在基地周邊情況、環境氣候風土特性等進行審慎評估與考量，以評估植栽修剪規模，並據此擬訂植栽修剪作業計畫，以及評估植栽修剪作業的「強弱程度」；平時皆可進行「弱剪」作業，「強剪」則須配合植栽「修剪適期」。
	5	工安防護預措報備	修剪作業計畫階段前，應事先提出各種查詢、報備、申請作業，經申請核准同意後使得開工；於不同的實施階段中，應配合相關作業流程於事先進行相關的報備與申請作業，以免影響整體修剪作業進度。相關的報備與申請應考量：植栽修剪的相關工作空間範圍，若會影響交通流量或阻礙時，應向交通警察單位申請使用路權、協助交通管制作業；如作業區域會佔用停車格位時，應向停車管理處申請租借使用。
二、施工階段	6	樹木檢查	修剪作業開始前建議目視檢查每一棵樹及枝條健康程度。樹木檢查後，如發現樹木情況超出原修剪範圍需求，建議立即向管理單位或業務負責人報告確認後再繼續進行。樹木如有鳥巢或其他生物、病蟲害傳播之虞或現場有民眾反映等因素時，建議向樹木管理單位或業務負責人報告確認後再繼續進行。
	7	樹木修剪施作	完成確認修剪作業區域安全無虞，工具設備能正常運作，並且作業人員裝備穿戴確實後，即可依照修剪計畫進行修剪。
	8	各類修剪下刀作業	喬木類植栽修剪遇到「粗大枝幹(亦稱為：粗枝)」須以「三刀法」(先內下、後外上、再貼切)修剪下刀；若遇到「一般枝幹(亦稱為：小枝)」則須以「一刀法」(自脊線到枝領外移下刀)修剪下刀。灌木類植栽應考量不同植株種類其每次的「平均萌芽長度」進行修剪之後，再依植栽三種枝序形式予以細部剪定。創意造

		型修剪可於初期施行「強剪」的短截修剪方式達到「計畫造型」。棕欖類植栽的葉部若下垂超過以「水平角度」為「修剪假想範圍線」以下時，則該葉片即可判定「弱剪」。
9	塗佈傷口保護藥劑	修剪切鋸後之傷口若大於直徑 3cm 以上時，應實施傷口之消毒保護處理作業，得於傷口塗佈藥劑保護。
10	工地環境清潔善後	修剪作業時應隨時注意工作範圍區域及運搬動線道路的衛生安全及清潔等管理，且應防止路面遭受枝葉樹幹掉落之損壞，對於散落在道路、人行道及其他鋪面的切鋸木屑、枝葉等亦應盡速清除乾淨。修剪作業後亦應立即將落地之樹幹及枝葉予以整齊暫置於現場不會妨礙人車通行與安全的處所，並須以安全防護警戒措施予以標示或圍界區隔。

第十一節 錯誤態樣

(一)獅尾式修剪：

修剪時過量移除樹冠內部和下部的枝葉，只留下末端少數樹梢，導致枝葉過度集中於樹冠頂端（圖 10-30）。其後果包括樹皮暴露日曬灼傷、樹冠頭重腳輕、枝條結構弱化，風大時容易造成主幹或大枝折斷。獅尾式修剪多由過度疏剪所致，應盡量避免。



圖 10-30 獅尾修剪將樹主幹中間枝條去除太多，留存枝葉於頂梢，易造成幹折。

(二)截幹修剪：

除非基於迫切的公共安全考量，否則不應對主幹或主枝進行大幅度的截幹修剪。所謂截幹修剪，是指將樹木主幹強剪至某一高度（俗稱「斷頭」）的做法；棕櫚類植物葉片於水平預想線(180 度)以上超逾 30 度進行修剪，亦屬此錯誤態樣（圖 10-31），極端情況下近似直接將樹頭砍斷。這種修剪嚴重破壞樹形和結構平衡，會留下大量無法癒合的傷口，削弱樹勢並容易引發腐朽。因此，截幹（斷頭）修剪被視為嚴重不當的修剪方式，應當避免。



圖 10-31 截幹（斷頭）修剪或棕櫚科修剪枝葉修剪超逾水平預想線上 30 度

(三)不當樹冠縮減：

未依照修剪目的執行，貿然大幅縮減樹冠且修剪後樹冠高度比低於 50%，導致留下過大的枝幹傷口和過度減少葉量（圖 10-32）。此種作法嚴重影響樹木的健康和結構，並使樹勢衰弱。正確的樹冠短剪應有充分理由，且保留樹冠至少一半的高度比例，以維持主幹與樹冠的穩定。



圖 10-32 不當樹冠縮減

(四)剪傷口過大：

過大的修剪傷口無法在 1~2 年內癒合，期間容易成為病菌入侵的窗口並導致腐朽（圖 10-33）。因此修剪時應盡量避免一次性留下過大的傷口，必要的大傷口可分次逐年修剪，以樹木可負擔的速度逐步調整。



圖 10-33 切口過大或修剪位置錯誤

(五)樹皮撕裂：

剪除大直徑枝條時，若不遵循三段式修剪的標準程序，直接從枝條基部一刀鋸斷，極易因自重撕裂樹皮（圖 10-34）。樹皮撕裂後果嚴重，傷口癒合困難且腐朽機率極高。因此直徑超過 5 公分、無法單手握住的枝條，必須牢記採用三段式修剪法來預防撕裂。



圖 10-34 未使用三切（法）修剪，樹皮剝離後果，腐朽機率甚高

(六)切口不平整或留有殘枝：

修剪時如果切口不平滑平整、邊緣參差，或未按正確位置剪而留下長殘枝（圖 10-35），都會造成傷口癒合不良，增加病菌入侵及腐朽風險。正確的作法是使用鋒利的修剪工具，根據枝條粗細選擇適當齒距鋸具，儘量一次切齊；並遵循「從脊線到枝領一刀剪下」的要領，不留多餘殘段。



圖 10-35、切口不平齊或粗糙及留存殘枝

(七)修剪位置錯誤：

未在脊線和枝領外側下剪，或對主幹進行截幹修剪，均破壞了樹木自身的防禦機制，使病菌容易從傷口直接入侵主幹，造成嚴重腐朽。（正確的修剪位置應如圖 10-3、10-11、10-13、10-15 所示，在枝領外緣下刀，保留枝領和脊線完整）。

樹木保護專業人員教材

【中級】

第十一章 樹木健康管理概論

吳孟玲/孫岩章/葉耕帆



專業科目

第十一章 樹木健康管理概論

第一節、前言

進行樹木健康管理時，需進行病因診斷、開立處方及整合管理等三大工作。病因診斷的目的，是要確定樹木生病或異常的病因或害因，病因是對應到生病，害因則對應到異常，包括非生物性或非傳染性的逆境、生理障礙、遺傳變異等。開立處方是針對每一個案的病因或害因基於科學上成功的防治經驗，提出防治的用藥、策略或方法。整合管理則包含預測病情的發展、預防發病的方法、防治成本及效益分析、田間疫情的預測及預警等。

有關樹木的健康管理，在科學本質上實與人體醫學及獸醫的動物醫學十分相似。造成樹木生病因子，往往不只一項因子，多項造成樹木不健康之因子（逆境因子）會累積，由於老樹本身生理在資源分配時，往往對於生病因子較無防疫力，因此最後造成老樹生病與死亡。由於樹木的衰弱或死亡，通常是多種逆境因子複合影響的結果，在大多數情況下，都不能只靠找出單一種類的蟲害或病害來解決問題，在樹木受病蟲害攻擊之前，通常早已遭受其他因子影響而衰弱，病蟲害反而不是造成問題的主因。

樹木保護人員在進行樹木健康管理時，往往需要結合知識、經驗、敏銳的觀察力及邏輯推演的能力，利用手中的線索及知識來進行正確診斷。這些過程包括判斷植物的健康問題是由生物性或非生物性因子造成、掌握診斷原則和發展系統性植物的診斷技術、分析環境逆境如何削弱樹木而更容易引發其他問題、鑑定樹木病害的病兆和病徵、區分樹木生物性和非生物性的異常、探討各種影響樹木的生理性病害和傷害、探討常見樹木病蟲害及其對植物的影響，最後提出有效的防治管理方法。因此要做好樹木健康管理，第一步須有效分析評估所有的線索，進而做出正確的診斷；第二步，也是最重要的一步，則是於診斷後提出適當的建

議和防治管理策略。

第二節、樹木衰弱

樹木「衰弱病(Decline disease)」可以解釋為樹木漸進式地從健康邁入死亡的現象，被視為是有多種原因互相影響下所造成的結果。這些誘發因子持續地改變樹木健康，隨著時間流逝而使病徵明顯並可辨識。診斷衰弱病涉及辨別這些誘發因子和瞭解他們之間相關角色，而不是只是怪罪於昆蟲、病原體或其他因子。例如，一棵因為年老而有健康問題的榕樹可能會被褐根病所導致的落葉枯黃嚴重地死亡，在褐根腐朽病發生前，老榕樹可能棲地環境即不良，如土壤、排水與植穴過小等問題存在，在樹虛弱時病原菌趁虛而入，而導致樹呈現「螺旋式」健康狀態下滑而最終死亡。然而，造成衰弱病的因子並不是都不可逆轉，如果誘發原因可以被辨識，可能可以避免或減少對樹木健康產生影響而延長樹木壽命。

所有造成樹木衰弱之原因皆稱為樹木逆境(Tree stress)，樹木逆境則是泛指任何導致樹木健康狀態下降的因子，逆境一詞在廣義上可等同於生物性異常及非生物性異常。一般依據其病程之快慢，可以分為急性(Acute)與慢性(Chronic)兩大類，急性逆境為短期間快速發生的狀況，這會造成樹木立即性的傷害，如雷擊或人為破壞等；慢性逆境對植物健康的影響則需要較長的時間才會顯現，可能是長期礦質營養缺乏、排水不良、土壤壓實、氣候不佳、光照不足或污染造成的結果。

第三節、認識病徵及病兆

樹木的疫病蟲害診斷常可藉由觀察病徵和病兆來進行初步之病因判斷，病徵(Symptoms)為樹木遭受致病因子危害時所顯現出來的徵狀，但多種病因或害因有可能產生相似的病徵，例如萎凋症狀，可能是因乾旱、根系問題或各種真菌、細菌生物體影響的結果。病兆(Sign)為病原生物體本身的構造，或其遺留物，包

含菌體、菌絲面、真菌子實體、昆蟲蟲體、蟲糞(Frass)、羽化孔或蛻殼等。

常見的病徵及病兆有：

(一)枯萎(Blight)：樹主要的枝條與葉片枯萎，尤其是年輕正在生長的組織。

(二)潰瘍(Canker)：莖的組織局部死亡，通常會有組織分泌物、傷口壞死。

(三)黃化(Chlorosis)：正常綠色組織因缺乏葉綠素而變黃的現象。



圖 11-1、葉片因缺鐵造成的黃化。

(四)腐朽(Decay)：木質組織的腐化及分解。

(五)頂枯(Dieback)：從枝條和葉片的末端開始朝主幹不斷的枯萎死亡。

(六)癭(Gall)：因昆蟲、蟎類、真菌、細菌或線蟲引起的植物組織膨大，或不規則的植物組織增生。

(七)流膠(Gummosis)：從樹皮裡的傷口或其他開口有樹液或樹膠的滲出。



圖 11-2、櫻花流膠病徵。 圖 11-3、咖啡葉片上之銹病。

- (八)葉枯(Leaf blotch)：葉片上組織局部壞死；有不規則的形狀並且大於一般的葉斑。
- (九)葉斑(Leaf spot)：葉片上壞死組織的斑點；依不同致病因子，其大小、形狀及顏色而不同，但通常只限於葉上的一小部分。
- (十)壞疽(Necrosis)：組織壞死。
- (十一)白粉病(Powdery mildew)：植物組織和葉片的表面上有白色或灰色的真菌生長。
- (十二)銹病(Rust)：葉片或果實有橘色或帶紅褐色孢腔，某些真菌會造成莖部潰瘍或成癭。
- (十三)焦枯(Scorch)：褐化以及沿著葉片尖端、邊緣或葉脈間的不定區域壞死。
- (十四)矮化(Stunting)：植物生長異常矮小。
- (十五)維管束變色(Vascular discoloration)：木質部的維管束細胞褐化或變黑。
- (十六)萎凋(Wilt)：葉片或枝條的下垂，通常因缺水造成。
- (十七)簇葉病(Witch's broom)：不正常的二次抽芽或芽體增生，形成像是掃把狀的簇葉病徵。

由於在衰弱的樹木上，很多不同的病因或害因皆可能產生相似的病徵，故不宜單以病徵作為診斷的依據，即需結合病原生物的鑑定、寄主樹木和環境的具體

資訊等，供完整的確定診斷。

第四節、樹木健康診斷原則與健康檢查記錄方法

(一)樹木健康診斷原則

樹木健康診斷或稱「健康檢查」，實務上包含健康度診斷、病因及害因診斷，是一個系統性的過程，涉及到樹木器官、病徵及病兆的觀察。針對單一的病因或害因，可依據病理學的學理及經驗，尤其是柯霍氏法則，加以進行「因果關係」的確認或斷定。而對於「複合感染」或「複合害因」的診斷，一般應該需要樹醫專家的協助，以求確認或斷定「複合的因果關係」。要正確的作出健康診斷，一般需要透過下列幾個重要的步驟取得診斷結果，再依診斷結果提出適當的建議和防治管理的策略。

1.準確的鑑定寄主植物

許多昆蟲和疾病有特定的寄主，某些植物容易發生特定的非生物性異常，了解寄主植物的特性可以加快病因及害因診斷的速度。為掌握診斷準確度，也應學習如何辨識樹木的栽培種及雜交種。同時準確的鑑定寄主植物，才能了解樹木特性（正常狀況），有助於了解樹木不正常狀況（生病因子分析）。

2.觀察不正常的形態

要了解何謂不正常的形態，首先須認識什麼是正常的狀態。例如，有民眾通報松林中松針正在掉落，但對松樹而言，松針在某一季節的脫落是正常的現象，因此確定掉落的是老葉或新生葉相當重要。把疑似有狀況的樹木與生育地中其他樹木相互比較，有助於判定準確性，尤其是相同樹種間的比較。

不正常的形狀、顏色、變形的葉片與樹冠的形態皆可列為診斷的依據或證據。生物性的因子如昆蟲與病原體，很少會造成整區或整株樹木均勻的感染現象。而是在不同物種間，或是同一物種的不同個體或部位間，產生機會性或局部性的發病損壞現象。因此，如果大面積範圍內多個樹種發生相同的發病損害現象，其原

因更可能是非生物性因子造成的，如物理性傷害、水分異常或天氣異常等。

3.仔細檢查生育地

樹木生育地，主要包含基地（土地）及周遭環境兩大部份。生育地優劣的診斷一般須包含光照強度、土壤特性、地質結構、水分含量、盛行風向，以及可能會影響樹木健康的其他因素。實務上並宜比較區域內不同種樹木健康度的差異性，觀察受害區是否為新建社區，是否有著夯實的土壤，或有施工傷害及移植不當傷害的逆境？或觀察是否為老舊社區，使樹木年齡和過度密植成為限制生長的因素？透過生育地類型的判別及比較，常常可以幫助找出某些類型的病因或害因。

4.注意葉部的顏色、大小和厚度

樹葉是樹醫或樹保人員最應加以注意及觀察有無異常的器官，葉片的改變以及不正常很容易就可以被發覺，且病徵通常也很明顯。許多疾病的病徵首先會先出現在葉片上，然後才在其它器官開始浮現。例如，枝枯的症狀通常是維管束系統或根系受機械性傷害的結果；扭曲或捲曲的葉子可能表示病毒感染、昆蟲取食或接觸到除草劑等；葉片轉紅可能是盤根或其他營養障礙造成的病徵。類似的例子很多，但棘手的是，許多逆境因子都可以在葉片上造成類似的病徵，故確定的診斷通常需要樹醫專家的協助。

5.檢查樹幹和樹枝

從樹幹、樹枝上可以發現其他可供診斷鑑定的線索、病徵和病兆。常用的檢查項目有側芽和樹皮有無任何變色、扭曲、突起或壞疽、乾枯症狀。並觀察樹幹上是否有傷口，因為傷口會成為昆蟲和木材腐朽菌，或相關病原體入侵的開口，並因而造成壞疽，影響根系和葉片之間的物質運輸。又樹幹的小孔洞可能顯示有小蟲等蛀蟲的危害；徒長枝生長過盛則可能表示多種環境逆境的存在。

持續觀察樹木隨著時間生長狀態的改變或指標，也是找出潛在逆境的重要方法。故若年輪鑽探觀察不會傷及樹木健康，則年輪監測能提供更多樹木生長

重要訊息。

6.檢查根系和根領

根系是樹木診斷過程中最常被忽略的部分，然而植物地下部的健康與否通常是影響全株樹木健康的首要項目。較差的生育地條件、人為造成的環境變化、選用不合適的樹種或不當的種植和管理方法造成的逆境，常造成根系的異常或病變，也佔據了大部分樹木種植初期的健康問題。

實務上在檢查植物根部時，需要調查種植地滴水線範圍的根區，並分析土壤質地及其排水能力，以及注意土壤的氣味。另外，也需檢查主根和根領是否有腐爛的現象，並注意根部的顏色和觸感。健康的根一般內部為白色、質感濕潤、彈性與硬度兼具，這顯示此土壤中有足夠的氧氣，為好氣性土壤(Aerobic soil)；褐根現象可能表示土壤太乾燥或有含毒化學藥劑的存在；黑根常常反映過分潮濕的土壤或根腐生物的存在；若土壤帶有酸味，則通常表示此土壤為厭氧性土壤(Anaerobic soil)。

(二)樹木健康檢查記錄方法

為了能完整地進行樹木的健康檢查，樹保或樹醫專業人員可利用制式健康檢查記錄表作為協助工具，對各分項逐步檢診樹木的健康情況，最後再依整體健檢結果提出防治管理的建議。以農業部林業試驗所目前所發行的「樹木健康評估」摺頁為例（附件1），樹木健康檢查記錄表格常包含幾個重要的分項。

1.樹木基本資料

記錄樹木的基礎資訊及基本量測數值，包含樹種名稱、樹址、調查日期、樹高、樹胸徑、樹胸圍及冠幅等。

2.生育地因子

觀察及記錄樹木的生育地條件，包含地形、土壤質地、氣候、風向及棲地近期是否有變動跡象等，這些都可能是影響樹木健康的潛在因子。

3.樹木整體樹勢現況

觀察樹木整體外觀是否正常，樹勢是否良好，是否因季節或樹種特性而有落葉及樹皮脫落等現象。

4.樹木冠部評估

檢查及記錄樹木冠部上的健康度或缺陷，包含是否有枯死枝、腐朽枝、不平衡樹冠及人為修剪不當等異常。

5.枝幹評估

檢查及記錄樹木枝幹上的健康度或缺陷，包含是否有等勢幹、樹皮缺損、邊材腐朽、心材腐朽、真菌子實體、樹液滲漏及樹體傾斜等。

6.根部評估

檢查及記錄樹木根部的健康度或缺陷，包含是否有根領埋入、盤根、根部損傷、或真菌子實體等。

7.綜合評估

透過上述分項健檢結果，對樹木健康作整體性的診斷及評估，找出造成樹木異常的主要病因或害因，並作出管理及維護上的建議。

第五節、生物性及非生物性異常

樹木生病的原因可分為兩大類：生物因子和非生物因子（或稱非傳染性因子）。生物性異常(Biotic disorders)由生物因子所造成，這些因子包含真菌、細菌、病毒、菌質體、寄生植物、線蟲、害蟲、蟎類與其他動物等，一般被認為具有傳染性，因為它們能從一棵植物傳染到另一棵植物。非生物性異常(Abiotic disorders)則是由非生物因子所造成，屬於非傳染性，通常多為環境問題，如極端高低溫、過乾或過濕、機械損傷、土壤夯實及礦物質缺乏等問題。

美國植物病理學之父 Agrios 曾說：「植物何謂生病？偏離正常狀況，稱之為生病。」認識植物的正常狀況，才知何謂偏離正常狀況（生病），大多數樹木的健康問題不是昆蟲、蟎或其他病原體引起的，所有植物的問題中，大約 70%到

90%是因不當栽種和環境條件不良造成，如土壤壓實、乾旱、淹水逆境、極端溫度、機械傷害或品種選擇不當等。昆蟲與病原體會趁機攻擊或傷害面臨逆境樹木，雖然這些原因可能會在診斷的過程中被辨認出來，但我們必須要了解上述潛在的環境問題才是造成他們有攻擊的機會。

由於樹木的生病、衰弱或死亡，其病因或害因可以是單一，但也有可能是複合的病因或害因。在大多數的案例中，病因或害因常是單一的，例如白粉病、炭疽病、刺桐紬小蜂、褐根病、靈芝根基腐病、旱害、雷擊等，但病因或害因有2個以上的「複合感染」或「複合害因」也不在少數。針對單一的病因或害因，當可依據病理學的學理及經驗，尤其是柯霍氏法則，加以進行「因果關係」的確認或斷定。而對於「複合感染」或「複合害因」的診斷，一般應該需要樹醫專家的協助，以求確認或斷定「複合的因果關係」。除了單一病因、複合病因之外，也有協力作用或拮抗作用的相互作用(Interaction)現象，這是指兩個病因或害因發生「 $1+1>2$ 」或「 $1+1<2$ 」的情境者。例如樹木的缺光會增多白粉病、高溫常會減少銹病、傷口會增加腐朽、傷口會增加靈芝根基腐病等。對於「多因子間相互作用」的診斷，包括生物因子與非生物因子，一般也需要樹醫專家的協助。

(一)非生物性異常

許多非生物性的因子會影響樹木的正常生長發育，影響樹木對水分和礦物質的吸收，以致對樹木生理造成骨牌效應般的影響。一些重要的單一害因往往是造成樹木衰弱的起始因子，透過長期逆境的影響，將使樹勢越發衰弱，導致無法挽回的情勢。

非生物異常的診斷通常十分困難，最大的線索通常來自於樹木的外觀病徵以及和生育地的歷史紀錄或種植紀錄，例如追查棲地近幾年間的極端溫濕度，常有助於樹木健康逆境的診斷。有關樹木外觀病徵的觀察方面，因為樹木通常需要很長的時間，才會顯現出主要逆境因子所造成的對應病徵，故在因果關係的判斷上一般需要樹醫專家的協助。

樹木衰弱的非生物害因有些是複合性害因，例如一株樹木可能在十年前已因建築施工而發生根系受損、土壤過度壓實及水分吸收減少等狀況，因此導致樹勢逐漸衰弱，進而使腐朽菌更容易入侵危害，造成樹木進一步弱化，最後受強風吹襲而傾倒。因此，一個稱職的診斷者，必須完整了解樹木的生理，並學會如何全面性的觀察造成樹木問題的所有因子，才能做出正確的判斷。

樹木會因受到各式的氣候災害，展現出不同程度的外觀病徵。然而受害病徵的強弱，即使在相同的逆境下，也會因生育地位置、樹種、樹齡及健康程度等的不同，而有很大的差異。外觀病徵的出現，常是在低溫、高溫、強風、乾燥、浸害及雷擊等害因逆境，超過樹木所能承受的臨界值時才會產生。而一般非生物病害的影響程度常屬輕微或慢性，需經長期的影響才會顯現外觀病徵，其診斷也就變得十分困難，故常被稱為「疑難雜症」。

(二)非生物性異常對樹木生長之影響

1.低溫傷害

熱帶、亞熱帶植物有一些在 $0\sim 15^{\circ}\text{C}$ 時便會受到生理障礙，一般稱為「寒害」。當溫度低於冰點時，植物組織內部會形成冰晶並造成細胞膜破裂，導致脫水和組織的死亡，即為「凍害」。凍害發生時有些樹種的木材內會形成紅褐色的凍害傷痕，並可自受害樹木樹幹及枝條的橫斷面簡單判斷之。寒害發生時，則會影響細胞膜的完整性，導致原生質滲漏及細胞的傷亡。又當局部的氣溫迅速下降時，樹幹和莖則可能發生霜害，這是由於樹幹外層和樹皮的迅速冷卻，可能造成收縮並導致裂痕，另亦可能因水分在木材內部結冰和膨脹，致使樹皮裂開。

當土壤凍結或樹幹內水分凍結時，會造成根部無法吸水，引起樹體的水分不足，這類失水害稱為寒害或寒乾害。此類受害木的木材不會發生如凍害傷痕一樣的木材變色，但葉片會變為赤褐色。其患部在入春後多會受到蛀蟲的危害。

要避免低溫傷害的發生，基本上要注意適地適木，盡量種植該環境的原生樹種。當晚秋比往年溫暖，樹木的耐凍性無法提升時，若後續突然出現寒流，常造

成嚴重的寒害。於霜害出現的季節，苗木及幼木可鋪設稻草或覆蓋物保護，因稻草鋪設厚度於 2 公分以下效果較小，故最好有 10 公分以上。此外，比起全天候的覆蓋，於白天移除覆蓋並以太陽的熱能讓土地變暖的效果更大，又因稻草於乾燥時防止冷卻的效果較高，故以防雨布覆蓋於稻草上的效果會更大。

2. 高溫熱害

樹木會因森林火災、住宅火災、火山噴發、溫泉地帶土溫上升、熱島效應、地形焚風、廢棄物燃燒、金紙焚燒等高溫而引起生長障礙，此些高溫或焚風會使樹葉發生熱害而乾燥枯死。而夏季的強烈日照，有時會使樹皮過度吸熱而產生日灼、龜裂，或土溫上升的傷害。一般樹木的葉肉細胞在 40°C 前後即會停止功能，而樹幹及枝條的形成層則於 50°C 前後為致死溫度。

要避免高溫熱害的發生，應導入耐火性及防火性較強的樹種作為防火林帶。一般含水率 60% 以上的樹種不易燃燒，但是因扁柏、柳杉及樟樹等樹種的精油成分較高，達 2.4~4.0%，一旦遇高溫，其精油成分會增加樹冠燃燒的風險。而馬醉木及羅漢松的精油成分較低，僅 0.1%，而含水率卻達 60% 以上，故適合作為防火樹林。樹木能耐高溫生存的性能稱為「耐火性」，而不論樹木本身是否存活，凡具有阻擋森林火災延燒的性能者稱為「防火性」。

3. 風害

風害為樹木因強風而發生傾倒、傾斜、折損或彎曲等狀況，有時並不發生立即可見的危害，而是使邊材纖維因搖晃斷裂而造成波狀皸裂現象。具有波狀皸裂的受害木，因木材的強度較低，於後續強風或大雨時便會有斷裂的危險。

在濱海地區，松樹會因強風飛散的砂粒造成針葉的傷口，加上海面浪花的微滴會形成大量「鹽沫」(俗稱鹽霧)，而常發生尖枯傷害。而闊葉樹的新葉，也會因海風及鹽沫而受傷變色。因風及鹽沫的影響使樹木偏向生長，也屬於風害的一種，一般稱為風衝樹型及鹽沫樹型(Salt spray form)，如於冬季於西北風強勁的濱海地區，面向西北側的樹枝便會枯萎較多，故於濱海及盛行風強烈的地區，很難

期待樹木生長成直立的樹形。

為避免樹木受強風吹襲而有傾倒斷裂的風險，應進行適地適木、定期健康檢查、適當的修剪、必要的支撐、建構防風林帶、及妥善防治疫病蟲害等措施。於健康檢查之後，應移除傾倒可能性高的樹木，並將枯死的大型枝條修除，道路及住家上方所延伸的大型腐朽枝條，也應盡可能去除。於特定場所的重要樹木，則可用支撐系統進行固定。在長期風害及鹽沫發生嚴重的地區，由於樹木背風面會變形，故可由此判斷盛行風的風向及風力的強弱，並可在強風吹襲的上風位置設置防風柵欄、防鹽網等以緩和風害及鹽沫危害，另也建議進行沙丘綠化、定沙等覆蓋作業，以抑制風沙的吹襲及沙漠化的風險。



圖 11-4、颱風過後傾倒的菩提樹。開闊地獨立的樹木容易受強風威脅。

4. 鹽害

鹽害泛指土壤、灌溉水、及海風含鹽過量對植物之傷害。其中土壤及灌溉水含鹽過量的成因有人為及天然兩大類，人為者主要為引用海水養殖之廢水污染、施肥過量、石灰添加過量、工業的廢水污染、畜牧業的廢水污染等。天然者則以

礦區含鹽過量、海水倒灌、地層下陷等為主要。海風含鹽過量一般稱為「鹽沫」（俗稱鹽霧），是因海面風速高於 5.5 公尺/秒時，浪花及泡沫破裂會彈射大量海水微滴，被帶上陸地即形成鹽霧。此在臺灣西北沿海地區、西濱、東濱、恆春半島、離島地區等，皆是影響樹木生長最大的逆境因子，有些時候也屬致命性的樹木殺手。

濱海地區及海埔新生地的土壤鹽分濃度高時，會帶給樹木生長不良的影響，儘管樹種間有差異，但土壤鹽分濃度只要達 0.06% 以上，就會出現生長障礙。土壤及灌溉水含鹽過量對樹木的影響，主要是細胞外的高鹽分會使滲透壓失衡，使植物無法吸水，又稱作生理乾旱(Physiological drought)。另過量的氯、鈉、硫酸根都會產生毒害病徵，使細胞膜破損，原生質滲漏，進而造成葉尖尖枯、葉緣緣枯、枯萎黃化、生長受到抑制等，嚴重者會使樹木枯死。海風含鹽過量對樹木之傷害也與之類似，只是鹽沫是直接沉降於葉片表面，所含之海鹽成分會直接使葉肉滲透壓失衡，過量的氯、鈉、硫酸根等會直接產生毒害病徵，常見者為葉尖尖枯、葉緣緣枯、枯萎、黃化、生長不良等，嚴重者亦會全株枯死。

當颱風或低氣壓於沿岸附近經過，常會帶來海上的強風及大量的鹽沫，若屬少雨的乾颱，便有釀成大規模林木及作物枯死的機會。因受害樹葉會附著大量鹽沫，約一至數日就會變色，且受害的分佈具方向性，迎風側的葉片大多變為褐色及紅色，即使離海岸 50~60 公里地方也會受害。

針對土壤鹽分過高及濱海地區鹽沫災害的防制，可從設置防風籬防鹽網、增加防風林帶等著手，尤其應選用耐鹽性樹種構成多層次的防風林帶。沿岸及海埔新生地的土壤鹽分濃度高時，可以藉由雨水淋洗、施用有機質、客土或設置排水溝等，進行脫鹽或減鹽的處理。

5. 旱害

旱害（或稱缺水傷害）為土壤水分異常低下所引起的災害，其成因有天然乾旱及人為缺水傷害兩大類。天然旱害一般在室外春夏季無降雨日來到 30 日以上、

冬季連續 40 日以上時，即有發生的機會。人為缺水傷害主要是欠缺灌溉以及移植時不當斷根。一般樹木在栽種或移植初期，根系受傷活力不足時，極易發生缺水傷害。

樹木種在狹小樹穴時，於開葉後出現葉片枯萎、下垂，多是因土壤水分的不足所致。於河岸及湖岸等水分較多的地方生長的樹木，因根量較少，比起根系發達的樹種，對旱害的抵抗力相對較弱。若樹木之移植季節不當，或養根尚未完成，則極易發生缺水傷害。不同樹種間，若以地上部重量與根的重量比（T/R 值）來看，T/R 值較大的樹種移植時較易發生旱害。

另外，有些土壤傳播的疫病蟲害會使樹木的根系腐敗、枯死，當根系枯死達到一定之比例，即會使地上部的枝葉出現缺水病徵。若所有根系枯竭，則樹木將無法存活。

由於旱害的原因為水分不足，故只要進行適度灌溉便可防止受害。但有時在大面積的公園或林地全面澆灌會有成本與可行性問題。在土壤保水能力差的地區可選擇以土壤改良來提升保水性，或於地表以落葉及堆肥等進行覆蓋，減少土壤水分的蒸發。

對於人為缺水傷害的預防，則應在樹木移植前進行妥善的評估、規劃，並做好移植前之斷根及養根程序。另對於致命的土傳病害導致的缺水傷害，則應委請樹醫專業人員進行「早期診斷、早期防治」，才有機會有效加以預防及治療。

6. 浸害

浸害是因土壤水分過多或排水不良所造成，其對根系的影響是因為浸水而造成「缺氧」，不是因為水量多寡。換言之，水分過多本身是無害的，是因浸水使根圈的氧氣不足才造成根系腐爛。



圖 11-5、長期乾旱使大面積苗木枯死。

造成浸害的成因亦有天然及人為二大類，天然浸害主要來自長期降雨、滯患，或地下水位過高、地層下陷導致積水、排水不良等。另若先天地質結構含有大量有機質泥炭層時，也容易導致根系之浸害缺氧傷害。人為浸害則大多是植穴或土層地盤排水性不佳所造成，例如工程期間，常因機具的重壓使土層夯實，植穴中的雨水因而難以排出，根系便會受到浸害。又若地下水位因土木工程之施作而升高，基地上的樹木也會有浸害發生的風險。

浸害雖然是因土壤水分過多造成根系缺氧，但浸害也會間接增加根腐病菌的傳播，或因樹勢衰弱而加速病程的進展。例如疫病菌即常因浸害而使其病菌孢子藉由洪水到處擴散，故可釀成嚴重之疫情。

浸害的預防或防治，一般可採用土壤結構改良提升排水性，亦可設置暗渠或明渠排除土壤過多的水分。於地下水位過高的地方或排水不良的地盤，可設置排水溝或通氣管，提升土壤排水性及通氣性。(圖 11-6)

7. 雷擊傷害

當雷雨發生時，偏高的樹木或孤立木可能會因落雷的襲擊，使樹體發生燒焦、樹幹裂傷或剝皮等狀況。一般雷擊傷害因為多在大雨時發生，故較少造成樹體燃

燒。雷擊時，並非只有直接擊中的樹木會受害，其周邊半徑 10 公尺以內的樹木也可能受波及，雖不會完全枯死，卻容易導致蛀蟲危害而逐漸衰弱。此外，因雷擊常造成巨大的傷口，後續也易產生腐朽。

為預防雷擊傷害，貴重樹木可設置避雷針，另一方面，受害的樹幹因會產生裂痕，後續多會引起腐朽，故應注意傷口的保護以防腐朽惡化。



圖 11-6、設置暗渠或明渠以排除土壤過多的水分。



圖 11-7、樹木周邊設置通氣管。

8. 生育地問題

樹木生育地或稱立地環境，主要包含基地（土地）及周遭環境兩大部份。前者是屬地質學(Geology)及土壤學(Soil science)的範疇，後者則是環境科學(Environmental science)的範疇。地質學是偏重於地殼結構及其產生歷史的探討，土壤學則偏重於其物理、化學、生物特性與應用之研究。環境科學則在探討樹木周遭的空氣、水體、氣候等的物理、化學、生物因子與組成，並瞭解其對樹木生長的影響。

常見的生育地不良問題有土壤結構不良、土壤酸鹼度異常、土壤肥力不足、土壤含鹽過量、光照不足、溫度異常、缺水逆境、浸害逆境、缺氧逆境、空氣污染、水質污染、土壤污染等。在城市種樹最常見的生育地不良問題為土壤夯實，即土壤中沒有足夠的孔隙空間，水和氧氣的流動將被限制，造成根系生長和水分的吸收降低，導致樹勢衰弱或死亡。另一方面，土壤中有益生物的活性，也會因生育地不良而受到抑制，間接影響樹木的健康。

樹木樹勢衰弱或生長不良，往往是生育地不佳，致使根系生長不良造成。在學理上，每一種樹都有其最佳生長條件，若無法種植在能提供足夠的光照、水份和營養的地區，便會對其造成逆境。故不當的樹種和生育地的組合，是造成樹木衰弱與疾病的主因之一。

解決樹木生育地不良，需先了解其害因種類與程度，逐一研擬防治或解決的策略，進一步進行施作，並觀察樹勢的衰弱或生長不良是否改善，再回頭進行「診斷、策略處方、施作查核」的三部曲循環。

9. 物理及機械性傷害

人類及其他動物有意或無意間施行的修剪、移植、斷根、捆綁、撞擊、啃咬等機械性傷害。這些傷害的對象是以地上部之莖、葉、花、果為多，地下部的根系次之。傷害的後果，有些是可以恢復的，有些是輕微而可忍受的，但有些則是無法恢復，並可能影響到長期樹勢或整體健康程度的。

常見的嚴重物理及機械傷害，有莖部斷裂、枝條斷裂、樹皮撕裂、根系斷裂、根基外傷、動物咬傷、環狀剝皮、鐵絲捆綁、割草機傷害、修剪傷口等。機械性傷害通常是瞬間發生的，例如割草機或建築施工造成的傷害。而其所造成的生理性異常，往往需經過很長一段時間才會顯現。以割草機為例，其會傷害樹基部，有時亦會損害根的表面，進而導致樹木衰弱甚至死亡，並造成結構上的支撐力降低，然而這往往要花上數年時間才會開始呈現在樹木上，或是根本不會表現，如果樹木健康情形良好、傷口不大，便有機會經癒傷組織的增生而完全癒合。但若傷口甚大，又有腐朽菌孢子或蛀食害蟲的入侵，則在亞熱帶地區，多會演變成邊材或心材的嚴重腐朽，造成抗風能力之不足及樹勢之衰敗。

1977 年美國農業部林業署邵戈(Alex Shigo)發表了「樹木腐朽區隔化防禦」學說(Compartmentalization Of Decay In Tree, CODIT)，在共同作者馬克思(Herold Marx)的藝術繪圖協助之下，很清楚又生動地將樹木對抗腐朽的四道防禦壁加以闡述。簡單地說，第一道是傷口之上下部位產生之區隔化，第二道是傷口之橫向部位產生之區隔化。第三道是由輻射狀射髓兩側產生之區隔化，第四層則為受傷後在新生形成層誘發之帶狀阻隔帶(Barrier zone)。至 2020 年，歐洲學者摩里斯(Morris)等人發表綜評論文，說明上述「樹木腐朽區隔化防禦」學說，是與樹木二次代謝物的產生及累積密切相關。

換言之，「樹木腐朽區隔化防禦」的四道防禦壁，外觀上的呈色是因「酚類、類黃酮、帖類、單寧、木質素、木栓」等之增加所造成。如此也讓樹木腐朽的理論及管理上之應用有了更為具體的基礎。

樹木的物理及機械性傷害通常是可以預防的，例如在樹木的根領周圍，可以使用適度覆蓋物保護，以求避免割草機的傷害。相較於事後發生菌朽蟲蛀的治療，預防絕對是更明智的策略。

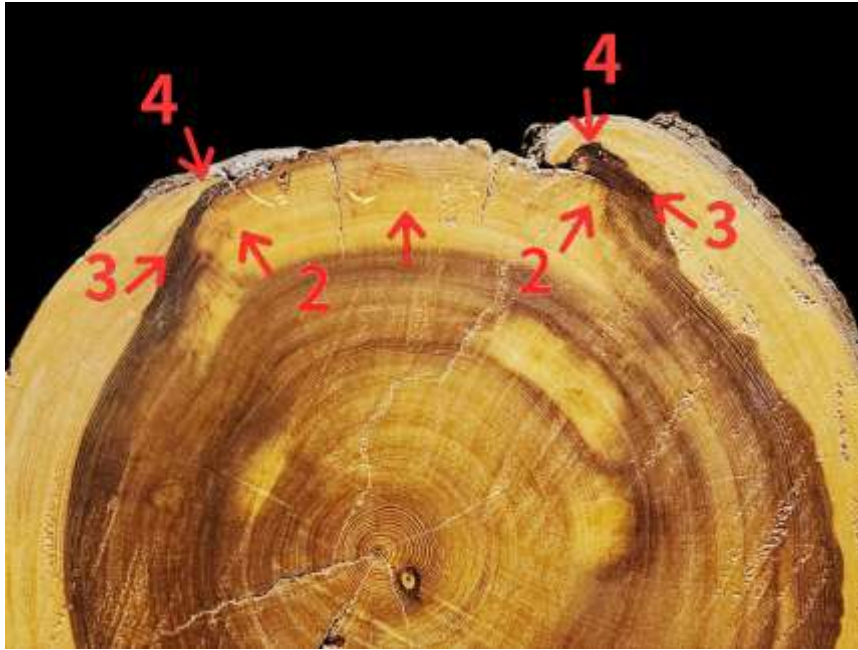


圖 11-8、樹木於傷口生成「四道壁」阻隔或延遲腐朽的擴張。

10.競爭及相剋作用

樹木會因為與其他樹種或植物競爭而衰弱，其中最常競爭的便是陽光，不耐陰的樹種若生長在大樹群的樹冠下，會出現下位枝條死亡、莖幹軟曲以及生長減緩。樹木也可能與草坪或其他植被競爭可供利用的土壤養分、水分及生長空間，易造成樹體的生長遲滯。

相剋作用(Allelopathy)是一棵植物對另一棵植物以化學方式抑制其生長發育的作用。許多樹種和植物會分泌干擾其他物種生長的化學物質，具相剋作用的化學物質可能會直接由植株分泌，或間接經由降解作用產生，這些化學物質可能會抑制臨近植物的生長、種子發芽、開花或結果。多數情形下，抑制作用的效果微弱且不易被檢測出來。受逆境壓力影響的植物，比無逆境壓力或擁有龐大健全生長根系的植物更易受相剋作用影響。



圖 11-9、根領周圍將草坪移除並用覆蓋物保護。

11.環狀剝皮與盤根

意指維管束系統因遭受限制、壓迫或破壞而限制韌皮部和木質部物質運送的現象，不良種植技術，例如移植時未把綑綁根球物件移除、或樹幹上遺留支柱纏繞物過久。另外一項常見的原因是除草機和割草機重複地傷害樹幹底部所造成的。

盤根使根生長圍繞莖幹或其他樹根。當樹幹與根生長而增加直徑時，這些盤根開始對樹幹產生包束，當樹幹韌皮部或木質部遭壓迫，會在盤根上方處產生腫脹。在一些案例中，這種壓迫會傷害形成層，弱化樹幹且讓樹更容易傾倒。盤根病徵可能不容易察覺，因為和其他環境逆境所造成的結果類似。受影響的樹可能顯示樹冠病徵與缺水逆境相似，而提早變色與落葉，最終出現明顯的枯死。

盤根通常發生在以容器化栽培的植物，或是因不良的栽培技術所造成。栽植過深的樹木因為沒有發展正常的幹基部，較易產生盤根，有部分種類的樹木本身就較容易有盤根現象。盤根不易察覺，通常要到地上部出現明顯病徵時，土壤底下的盤根才會被發覺，此時的盤根已經過大，無法在不嚴重傷害根系結構支撐與

水分吸收下移除。

預防是解決樹木盤根問題最好的方式。定植前須仔細檢查苗木是否有盤根或根纏繞的問題，並針對有盤根問題的苗木進行退換貨。檢查植物是否被妥善種植，使根從基部往外生長。為減少不定根的發生，定植時苗木土球盡量不深埋，並確保回填土或覆蓋物不會蓋過樹基部。若懷疑有盤根現象，先用人工方法把根部暴露，可考慮移除已接觸到莖部的部分。當盤根已嵌入樹幹中或根粗已超過樹幹直徑的 1/3，因需切除的根系過大，故不建議移除。



圖 11-10、遭環狀剝皮的樹木，最終會全株死亡。

12.環境污染性傷害

環境污染主要分成空氣污染、水質污染、土壤污染等三大類，相關內容可參閱行政院環境保護署的網頁(www.epa.gov.tw)，其對樹木造成的傷害可分為急性、慢性及隱形危害三大類。急性毒害是指暴露於高濃度毒化物並於短時間內出現傷害病徵者，慢性毒害則是指暴露在較低濃度並經過長時間才出現傷害病徵者，隱形危害是指對生長及健康度有影響，但無外觀上之病徵者。

環境污染傷害因其病徵常與病毒病害、營養缺乏症或藥劑藥害者相近似，故

在污染源未知的狀況下不易被診斷出來。多數的環境污染傷害病徵會顯現在葉片上，如葉尖、葉片邊緣或葉脈間出現組織死亡或壞疽，葉片銀化或白化，以及葉片表面出現斑點或斑塊等。

環境污染傷害通常是可以預防的，一般仍需有正確的污染源及污染物的診斷或鑑定，再進行污染排放的降減、吸附或移除。

13.藥害及肥傷

農用藥劑及肥料統稱為農用化學品。最常危害樹木的化學藥劑為殺草劑，因藥劑內所含的植物毒素即以殺死植物為目的，其中又以非選擇性殺草劑使用最多。這些藥劑有些屬於系統性殺草劑，其藥物會在植物體內移行並影響全株。雖然一般樹木不會被噴灑殺草劑，但卻可能因為藥滴飄散、水分噴濺或是水土移動，意外暴露於藥劑，並發生藥害。除了殺草劑之外，部分殺菌劑、殺蟲劑、殺蟎劑、生長調節劑、環境用藥、環境消毒劑、生物製劑、清潔劑、漂白水、營養劑等，在較高濃度之下，亦有機會對樹木造成影響，或產生藥害或肥傷的病徵。



圖 11-11、植株接觸殺草劑導致幼葉生長異常。

當樹木暴露在殺草劑農藥時，樹木可能會出現的病徵包含葉片彎曲、樹枝頂梢扭曲變型、葉脈或葉脈間黃化、葉緣黃化及落葉等。除非殺草劑對樹體的危害過大，一般而言樹木最終會慢慢復原。

農藥只要小心遵照指示施用，一般並沒有對樹體造成藥害的可能性。此外，無論是殺草劑、殺蟲劑或殺菌劑，皆建議盡量避免共用相同容器，並盡量挑選涼爽、風力較弱的時間施藥，以降低藥滴飄散或噴濺的可能。於樹木根圈附近施用除草劑時，須確認該藥劑是否可能傷及樹木。對周邊草坪施用除草劑時，也要確保施用時不會噴濺到樹木或灌木之上。肥料的使用，一樣需遵照正確使用說明，即不會有肥傷的風險。

從科學的角度來看，人醫用藥、動物用藥、植醫用藥、樹醫用藥、環境用藥、消毒用藥等，其功能是互通的，作用是中立的。雖說「藥即是毒、毒即是藥」，但目前被世界多數國家核可使用的上述「人醫用藥、動物用藥、植醫用藥、樹醫用藥、環境用藥」等，都已沒有「科學上的致癌物或致畸胎物」。且其使用的安全性都已獲得確認，並經過植醫及樹醫專家的評估及篩選，歸類出「友善用藥」及「優良用藥」的類別。故只要合理妥善之使用，便能達到預防樹木生病或治療兇惡樹病的目的，且無傷於人體、動物、天敵生物、生態環境等，故對於人類及樹木，都屬正面的建設與貢獻。相反地，如眼睜睜看著珍貴樹木因「樹木褐根病」、「櫻花霧社血斑天牛」、「松樹樟疫黴」，缺乏防治用藥而面臨死亡，將是人類的為德不足。

(三)生物性異常

生物性異常是由病原體、昆蟲及其他動物等生物因子所造成，在樹木病理學上，疫病蟲害的發生是由「病原、寄主植物、環境」的病害發生三角關係所決定，當「病原」很強勢，「寄主植物」抗性不足，「環境」因子又對病害有利之時，病原生物即會勝過寄主，使樹木發生病害。樹木的疫病蟲害具有「病原生物與寄主間的選擇性或專一性」，即每一種疫病蟲害只會發生於特定樹種，因此不是普遍性。目前已知全地球存在的各種樹種至少都會對一種以上的害蟲或病原生物敏感，有些樹種會甚至會受到多種疫病蟲害所危害。

並非所有的生物性異常或疫病蟲害都會對樹木的健康造成嚴重威脅，如果

其對健康的影響程度低於經濟臨界點以下，應可不必進行防治或處理。但因疫病蟲害具有「傷害常無法完全恢復」及「傳染性」二特點，所以對其損害或損率之評估，需有樹醫專業人員之協助。而疫病蟲害的健康管理，也必須依據「病因正確診斷、處方研提、藥效追蹤預測管理」三部曲的程序或循環。

所以基礎級樹保人員擁有辨識樹木重要疫病蟲害的診斷能力是必要的職能，例如大多數病原生物會對寄主造成病徵、食痕或排泄物等可供觀察診斷，病原生物體本身也常有蟲體、卵塊、吐絲、泌蠟、菌體、菌絲、孢子、子實體等病兆線索，可作為診斷鑑定的依據。

但生物性異常或疫病蟲害的病徵有些會與非生物性或非傳染性病害者相類似，有些則是有 2 個以上病原生物或害因的「複合感染」或「複合病害」。甚至於有「 $1+1>2$ 」的相互協力作用者，故完整的診斷往往不是辨識單一病原或生物，而需納入所有生物類與非生物性的病因或害因。

(四)生物性異常對樹木生長之影響

造成生物性異常的主要病原生物有真菌、細菌、菌質體、病毒、寄生植物、線蟲、害蟲、蟎類與其他動物等。其中屬於微生物的一般被稱為病原菌或病原體(Pathogen)。常見的樹木病害病原體有真菌、細菌、菌質體、病毒及線蟲等。樹木病害的發生需要同時滿足三個要素：對該病原體敏感的樹木寄主、具致病能力的病原體須存在、適合於疾病發展的環境，這「病原、寄主植物、環境」三個要素稱為植物病害發生三角。三個要素又都因時間的推移而不斷變化，其利病程度最大化或最小化的時機會決定樹木感病的嚴重度，故在樹木病理學上會將「時間」列為第四個要素。大多數的樹木病害病原體具有專一性，即該病原體只攻擊特定的科、屬、種，少數的病原體則能感染範圍廣泛的樹木種類。樹木受攻擊的器官部位亦會影響到病害的嚴重度(Severity)或稱損率(Loss rate)。例如，若病原只影響到一些葉片時，除非是連續多年落葉，否則可能不會對樹木整體健康產生超過經濟臨界點的危害。然而，若病原體是發生在根系、維管束或輸導組織時，就有

致命的可能性。

1. 真菌

真菌在樹木病害病原體中所佔的比例最高。大部分的真菌具有菌絲，及各種形態及機能不同的孢子或子實體，這些孢子一般是為其繁殖體。由真菌造成的病害，一般會有特殊的病徵可供診斷，並可以清楚觀察到患部和健部的範圍。病害發展期間也可用肉眼、放大鏡或光學顯微鏡觀察到微細的真菌構造形態如孢子、菌絲或子實體等，這點可與病毒及細菌類所引起的病害有所區別。此外，某些真菌會產生特殊或特化的結構，例如由菌絲(Mycelium)集合而成的菌絲膜(Hypha membrane)、線狀的菌絲束(Rhizomorph)及團塊狀的菌核(Sclerotium)等，皆為真菌病害較易被觀察到的特徵。

2. 細菌

細菌為細胞核不具核膜的一群原核生物，一般為單細胞，但也有由多個細胞集合形成特定形狀的種類。有些樹木病原細菌會引起葉部斑點性病害，或侵害維管束導致立枯病及萎凋病。有些病原細菌則會造成樹枝、樹幹組織的異常增生、癌腫等病害。通常病原細菌感染途徑是經由氣孔、水孔及皮孔等植物的自然開口部位進入，或由體表的傷口處侵入植物體，一旦侵入，有些會被侷限於病斑區域增殖，有些則可能通過維管束擴散至全身。

3. 菌質體

菌質體為缺乏細胞壁且現今無法以人工純培養的種類。植物菌質體通常只會存在於植物韌皮部，因生長激素的異常而造成樹體萎縮、黃化及簇葉病(Witch's broom)等病徵。萎黃叢生為其典型的型態，隨著病勢發展，也有可能造成全株枯死。植物菌質體大多是由媒介昆蟲所傳播，亦可經由嫁接傳染。有些媒介昆蟲目前尚未被驗證出來。



圖 11-12、江某樹幹上發生之細菌性癌腫病。



圖 11-13、葉表面的藻斑病。

4. 病毒

病毒一般由核酸及蛋白質外殼所組成，為只能在電子顯微鏡下觀察到的病原體。因依賴寄主的代謝系統，故只能夠在寄主細胞中增殖，無法以人工培養。病毒病害至今於樹木上尚未發生太大的危害，典型病徵為葉片出現斑紋及葉脈

透明。病毒可透過刺吸性昆蟲、土壤線蟲、土壤真菌等作為媒介來傳染，或是經由嫁接等接觸發生感染。

5. 類病毒

類病毒為單股的環狀 RNA 核酸形成構造極為單純的病原體，分布於受感染植物的細胞內。果樹中的蘋果銹果病便為這種病原體引起的病害，但在綠化樹木及森林樹木等當中則尚未發現這類病害。

6. 藻類

藻類在樹木病害裡並不嚴重，但是在空氣濕度高的條件下，特定的藻類會在常綠闊葉樹的葉表蔓延，形成藻斑病等。

7. 線蟲

最典型的案例為松材線蟲病，其病原體松材線蟲以松斑天牛(*Monochamus alternatus*)為媒介，自樹木新梢部分侵入，引起樹木全株萎凋之症狀，造成相當嚴重的問題。其他因土壤線蟲引起的病害也很多，如寄生於苗木根部，引起根部異常的根瘤線蟲類及根腐線蟲等。

8. 昆蟲

大多數昆蟲造成的危害是因取食或產卵所造成。昆蟲取食造成的傷害可用昆蟲的口器形態來區分，主要分為咀嚼式及刺吸式。蝶蛾類或甲蟲的幼蟲屬於咀嚼式，取食的部位包括葉、花、芽和樹枝。有些種類會吃光整個葉片，有些則只沿葉片邊緣取食，造成葉緣不規則的破損；一些小型甲蟲只取食脈間組織，形成葉片鏤空(Skeletonized)現象；潛葉蛾則會在葉面及葉背兩表面之間的組織取食，因此會在葉片內部形成中空的隧道。



圖 11-14、松材線蟲的傳播媒介——松斑天牛。



圖 11-15、線蟲引起的根部膨大。

咀嚼式口器昆蟲還有一類為蛀蟲，會在樹皮下啃出隧道甚至取食木材部。樹木受蛀蟲危害的典型病徵是樹冠部變稀疏以及活力降低，樹幹或枝條上頭常可見小型出入孔，周圍並具有蟲糞。蛀蟲會取食樹皮、韌皮部和形成層，甚至木質

部，因此破壞了樹木輸送水分及養分的能力。有些蛀蟲則會在木材內啃出隧道而造成結構上的傷害。



圖 11-16、葉片鏤空



圖 11-17、蛀孔周圍具有蟲糞



圖 11-18、煤煙病

刺吸式口器昆蟲藉由刺穿植物組織吸取液狀物質，如蚜蟲、介殼蟲、葉蟬、木蝨和椿象等。這類取食方式造成的病徵包括黃化、斑點、下垂和變形。一般而言，這類昆蟲大部分都不會立刻造成樹木死亡，但會成為樹木生長的逆境因子。一些種類如蚜蟲及介殼蟲會產生蜜露(Honeydew)，蜜露會成為煤煙病(Sooty mold)的生長溫床，這是一種影響植物外觀但不具致病性的真菌。

有些昆蟲則為植物病原體的病媒(Vectors)，會在樹木間傳送並散播病原或致病生物。荷蘭榆樹病便是一種真菌藉由小蠹蟲傳播的嚴重案例，目前多依賴樹木注射進行防治；火傷病菌則是藉由蜜蜂從花朵收集花蜜的行為傳播的細菌病害；而蚜蟲、木蝨及葉蟬等亦可以傳播植物病毒病害或菌質病害。

9.其他動物

松鼠等小型哺乳類動物，由於會啃咬樹皮、葉片或枝條，當動物取食韌皮部、形成層和木質部組織時，可能會對樹木造成環狀剝皮而造成樹木死亡。當韌皮部

受到傷害，光合產物的運送路徑中斷，可能會使枝條上的葉片枯死；若整個莖幹環狀剝皮程度過大，則導致樹冠死亡。當樹皮被移除後，樹幹會因缺乏保護，而容易造成病原體與有害生物的侵襲受病原體感染的苗木或木材，並可透過人類的移動及商業活動在不同國家之間傳播，造成人為的疫情傳播。

其他在森林裡生活的松鼠和鳥類等，會傳播病原體的相關例子也不少，例如闊葉樹樹幹或枝條表生的真菌如赤衣病、絹皮病、腐朽菌等，其產生菌體的枝條會因被鳥類做為築巢材料，而行遠距之傳播。

食蟲啄木鳥科與吸汁啄木鳥的危害症狀非常易於辨識，然與蛀蟲危害相似且易於搞混。食蟲啄木鳥所啄出的樹穴明顯較大，且位置較為隨機，因為要有足夠尺寸的樹洞以鑽入樹中尋找蛀蟲或其他昆蟲。吸汁啄木鳥則會在樹木的同一水平高度上鑽取一連串的小洞，以利於吸取樹液或昆蟲。大致而言，此些樹洞並不會對樹木造成明顯傷害，然若持續重複的鑽孔則可能會對樹木造成逆境。

哺乳類動物也會對樹木造成一些問題。鹿會取食木本植物的新芽、小枝條及葉，損毀植株新生部份，並使喬木或灌木永久變形。不同於野兔或嚙齒類動物啃咬後整齊一致的痕跡，經鹿啃咬後的樹木會留下明顯鋸齒與撕裂的傷口，且鹿所遺留痕跡的位置通常較高。

在冬季食物短缺時，松鼠會啃食部分種類樹木的樹皮和弄斷針葉樹的枝條；春季時，松鼠則偏愛腫脹的新芽。兔子、嚙齒動物或其他小型哺乳類動物也會啃咬樹皮、葉片或枝條而危害有價值的樹木，甚至造成樹木死亡。此些損害尤其好發在長時間大雪覆蓋的嚴峻冬季，小型植物或是年幼樹木會在覆雪高度被咬斷，較大的樹木則會被環狀剝皮，最終導致而死亡。

樹木與鄰近植物會提供棲所與食物給多種鳥類與小動物。現今，委託人對野生生物原棲地保護等概念愈發重視，因此管理維護方式會逐漸傾向針對滋擾樹木的動物進行控管。例如該區於冬季有嚙齒動物問題時，樹幹基部盡量別使用粗糙的覆蓋物，因為容易變成這些動物藏匿處和提供啃咬的機會，建議改以塑膠保

護套置於樹幹基部。由於考量生物多樣性，以及生態系考量，對於小型哺乳類動物對於樹木危害，多採取驅避與不餵食動物方式，來減緩小型哺乳類動物對樹木之傷害。



圖 11-19、松鼠啃咬樹皮的痕跡。

第六節、外來有害生物的威脅

當全球商業行為與旅遊活動頻率增加後，外來種的昆蟲、病害甚至入侵植物的輸入已成為重要議題。一般而言，當外來有害生物被引入一個環境時，當地樹種對此有害生物通常毫無抵抗力，且該地也無捕食者或寄生物能控制危害。因此這些有害生物在原棲地可能微不足道或只危害遭受逆境的植物，然而到新棲地可能變得具侵略性且危害到健康植株；之後有害生物就會快速擴散，使受害樹種損失慘重。外來入侵植物還可能會取代本土樹種，並改變自然生態系的組成與機能。

這個問題是全球性的，各地專家學者們也致力於找出最好的解決方式。目前多數國家藉由航運法規、防疫協議和其他方法，試圖避免意外引入有害生物。一旦偵測到入侵，該區域有時便會列為隔離區以限制其擴散，但多數時候病蟲害在還沒查覺時早已經散播。局部入侵時，或許可以處理或甚至將寄主消滅，以將有害生物滅絕，然而處理效果通常有限。這策略對少部分外來生物威脅有效，但對多數病蟲害的散播卻無能為力。目前許多研究致力於自外來有害生物的原棲地引入捕食者、寄生物或病原體。然而，研究人員與政策擬定者皆需相當注意導入新的物種與其後續潛在效應，並需考慮當地自然生態失衡問題。



圖 11-20、常見的外來種荔枝椿象，會吸食荔枝、龍眼等的嫩枝及花芽，影響果樹收成。

第七節、分析實驗室援助

為診斷樹木是否有健康問題，尋求實驗室分析協助是非常有幫助的。新發現或是不常見的有害生物或植物對於每個人而言都是難以鑑定的，只有借助實驗室的協助才能確切診斷病因。有些實驗室除了能夠分離培養真菌，鑑定分類昆蟲外，還可以建議管理策略，甚至提供樹木保護人員一些當前季節的潛在性問題等資訊。許多大學與公部門都設有植物診斷設施，皆有提供病蟲害檢測的相關設備。

這些機構執行各種檢驗，利用不同工具，如顯微鏡、培養病原體、以及運用在人體病原體診斷之分析。像是基因分析是常見且快速平價的檢驗方法，缺點是此項技術並不容易在初期診斷時，協助縮小範圍以找出染病可能性。

植物樣品須採集有代表性的部位。若需要培養病原體，樣品應該包含患病部位及健康部位之間的介質（過渡區域）；昆蟲和蟎應該要放在密封的瓶子、罐子或袋子；葉片或樹枝樣品必須為新鮮切下，包覆乾燥紙巾以吸收濕氣，且密封於塑膠袋中；軟質樣品，如菇體或果實必須以乾燥紙袋或盒子運送。若裝在塑膠袋中，有濕氣或水分的植物樣本可能在運送途中或抵達實驗室時便已發霉腐敗。如果可行，建議將有問題的植株樣本攜帶至實驗室，並詳細敘述病理特徵等相關狀況給實驗室的技術人員。若需要郵寄，為減少運輸時間所造成的樣品毀壞，建議以良好的包裝保存樣品，並使用最快的寄送管道，於當周開始即刻送運以避免中途經過周末。最重要的是詳盡描述問題所在、任何相關歷史及其周遭環境的狀況（包含彩色照片）。謹記真確的診斷很少能單靠分離培養真菌或識別有害生物就能簡單解決。

第八節、樹木健康管理策略

樹木健康照護或稱維護，是指在樹木種植及照顧過程中，透過各種策略，管理並促進樹木健康與結構健全，是全面且詳細的策略性管理措施。在樹木種植過程中，經常會把喜好及美學功能列為樹木的主要價值，而忽略健康及結構健全對於樹木的重要性，這不僅影響樹木日後的存活，更關係到公共空間安全的問題。

樹木健康照護應在景觀設計及樹種選擇時便要開始進行。樹木與生育地的適當搭配，可以預防很多健康上的問題，若樹木被適當的種植，即謂「適地適木」。在種植前幾年若受到良好地照護，成熟期後只需要少量的持續性維護管理作業，便能使其發揮應有的功能。但樹木之所以發生問題，往往是早期階段缺乏良好的照護，樹木的生長勢也早已不可逆。因此，如何做好種植前規劃及早期照護，是

屬樹木保護及樹醫專業人員的重要職責之一。

(一)整合性有害生物管理

農業上有所謂的整合性有害生物管理(Integrated Pest Management, IPM)的概念，這同樣可運用在樹木健康管理之上。有害生物管理是樹木健康照護重要的一部分，而二十世紀的有害生物管理大都以化學防治為主。近來，由於環保意識的抬頭，化學藥劑對環境的衝擊越來越受到重視，IPM 便能透過各種防治手段的結合，解決過度依賴化學藥劑所造成的生態性、社會性及經濟性問題，並提供更有效的方法來管理有害生物，進而促進樹木的健康及結構的健全。

IPM 中相當重要的一點為臨界值(Threshold)的觀念，當樹木被種植後，透過有害生物防治花費與樹木損害間的損益分析，可決定其防治處理的臨界值。臨界值可能會因委託人的期望、容忍度及檢查的頻度而發生改變。儘管有些病蟲害問題對於植物的健康影響不大，但植物美觀上可能會受到破壞，或是有害生物也可能對人員產生騷擾，因此仍須進行防治處理。

環境內多樣的生物多數不是有害生物，許多生物反而可以抑制有害生物族群，或加速有機質的循環，對環境有正面性的貢獻，故所謂有害生物，須達到任一下列的標準：

- (1).樹木與樹木相互競爭資源者。
- (2).威脅目標樹木之健康、結構健全或外觀者。
- (3).降低樹木應有的功能及市民之安全者。

生物在某些情況下可能被視為有害生物，但在其他環境則否；有些有害生物也可能因發生輕微，故不具防治處理之必要性。樹保及樹醫專業人員的任務便是確定該生物是否為有害生物，並判斷其族群數量是否已經高到必須進行防治處理的「臨界值」。

IPM 是一種結合適當預防與最佳防治處理的管理方法，其目的是將有害生物及其損害，降減、管理至可接受的水平。除非是高傳染性或高傷害性的有

害生物，或是某些外來生物，一般不採取「根除」的策略，重點應放在有害生物之預防及最佳化的抑制。

在制定 IPM 策略時，必須納入生態性、社會性及經濟性的考量，這包含了：

- (1).避免對有益及非目標生物（人、動物、有益昆蟲及植物等）造成傷害。
- (2).避免對建築物及自然環境造成干擾。
- (3).促進植物健康、結構及外觀的健全。
- (4).在成本效益上達成社會公平、合理及委託人的期望。

病因與害因的監測(Monitoring)為樹木 IPM 的重要程序，此需透過定期的觀測及健康檢查以收集有害生物的族群變遷、生育地變遷、樹木健康度變遷等資訊，可以做為流行病學判斷、預測疫病蟲害及提出防治管理建議的依據。

生育地變遷的長期監測資料對有害生物問題的診斷及管理來說相當有用，包含近期的氣候變遷趨勢、排水及地貌的改變、相鄰植栽的添加或移除，以及周遭硬體景觀的建造或修復等，其可以正面地或負面地影響樹木的生命力或有害生物的活動力。由於樹木在不利的生育地環境下，更容易受到疫病害蟲的干擾，故了解生育地的歷史資訊，找出並更改不利的生育地條件，是樹木健康照護重要的一環。

蒐集樹木健康度資訊也同樣重要，這些資訊包含葉片數、葉片大小與顏色、枝條狀態、病徵及病兆等。樹木的健康度會影響其自身對有害生物之敏感性及對傷害的忍受性，故依照樹木不同的健康度，其有害生物防治臨界值(Action threshold)便會有所不同。例如，有害生物防治臨界值在狀況不佳的樹木來說是相對較低的，因為即使是非常輕微逆境的加入，也會造成樹木不可逆的衰弱狀態。樹木的物候階段有時也會影響其對傷害的容忍性，並影響有害生物防治的決策，例如在秋冬年末時，落葉樹上的葉部病蟲害便可能因為快速落葉而不須加以防治。

病因與害因的監測，一般應蒐集的異常資訊包括：

- (1).鑑別有害生物或異常種類。
- (2).調查有害生物族群量或嚴重度。
- (3).目前有害生物的生活史階段、病徵及病兆。
- (4).有害生物自然消長控制的可能性。

很多有害生物只有在其生活史中較為脆弱的時期才能有效進行防治管理，故需要了解其目前的生活史階段，才能選擇適當的防治管理策略。假使有害生物的自然消長控制是高度可行的，則未必需要進行防治措施，適當的作法應為持續地監測有害生物，以評估自然消長的控制效力，然後必要時再實施防治作為。



圖 11-21、樟葉蜂的危害性不高，通常可令其自然消長。

(二)關鍵逆境因子及關鍵植物

為了達成良好的樹木健康照護，樹保及樹醫專業人員需要熟悉特定區域或特定條件下的關鍵逆境因子及關鍵植物。關鍵逆境因子即環境內較常出現的有害生物或非生物因子。非生物因子包含了土壤密實、酸鹼值異常、過度灌溉及不當覆土等問題，其可預期地會對樹木造成傷害。專業人員可以藉由辨識出有害生

物的生活史及所造成的病徵及病兆，做出適當的反應措施，而不良的生育地環境經常導致植物易受關鍵有害生物之危害，專業人員也必須了解其相關性。

關鍵植物具兩種定義，其一因本身的敏感性或管理不良，而易被有害生物危害的物種；其二是對委託人具重要價值的植物。一株樹木可能因為它的所在地、功能、大小、外觀或歷史重要性等而具有重要的價值。由於樹木價值有時是很主觀的，專業人員可能無法輕易鑑別出環境中的關鍵植物，此時便需向委託人進行詢問。藉由關鍵逆境因子及關鍵植物的鑑別，以及對委託人期望的了解，專業人員才能更有效率的作出樹木健康照護的規劃，並行實際之施作。

(三)健康管理的策略及目標

有害生物的防治管理是樹木健康照護重要的一環，其具有兩項重要的觀念，即藉由促進樹木的健康度以減少樹木的逆境，以及藉由有害生物的防治，降低疫病蟲害之傷害。處於嚴重衰弱狀態或與環境不相容的樹木，則建議應予以移除，或移植到較適合的環境下。許多不良的生育地環境及錯誤的管理操作會加速疫病蟲害的發展，故找出利於有害生物繁殖、移動或存活的环境，是管理策略中的一部分，例如移除生病、死亡及掉落的枝條、葉片或果實，常可減少害蟲之族群數量。而修剪、灌溉、施肥及農藥施用的劑量及時機，也會影響樹木對某些疫病蟲害的敏感性。例如過度的灌溉常會增加樹木對疫病菌、蜜環菌等根腐病的敏感性，但透過定時的灌溉來避免水分逆境，可以有效減少蛀蟲、小蠹蟲以及潰瘍病的發生。

同一種類的樹木密集種植，即所謂的單作栽培(Monocultures)，在嚴重有害生物發生時，常會造成災難性的流行結果。高密度的感病樹木常有助於昆蟲及病害的蔓延，同樣的原理亦可套用於對乾旱、暴雨或強風等環境因子敏感的樹種上。增加樹木的多樣性，可提供替代性食物及庇護場所給天敵生物，達到控制有害生物的效果。不幸的是，整齊度常是景觀設計中較受青睞的種植方式，從傳統實務來看，美學在景觀設計中常比生物學佔有更大的比例，這也點出了不同專業人員

間合作的重要性。

有害生物的防治管理目標可以分為三種，即預防、滅絕及抑制，身為樹保及樹醫專業人員，必須依狀況挑選適當的目標。對某些有害生物來說，預防可能是較理想的管理目標。例如許多真菌性葉片病害如葉斑病，或是蛀木性昆蟲的危害，皆可透過施用預防性藥劑來進行有效的管理。但預防性策略有時會無法成功將有害生物降低至可容忍水平，故當透過監測，若發現其族群量已超出行動臨界值時，便需採取進一步防治策略。

滅絕在整合有害生物管理中是較不常見的策略，因為其經常是不必要的，而且也難以達成。只有在處理具高危害性的外來有害生物時，滅絕才會被納入考量。在一些極端的例子中，受到有害生物感染的樹木也會被視為根除程序中的一環而被銷毀，然而完全的根除卻很少能被達成。

抑制是樹木管理中最普遍的策略，即將有害生物族群及傷害降至可容忍的水平。一般可透過有限的低毒性農藥，甚至不用藥劑，便可達成樹木在美觀及健康度上的期望，同時也符合成本效益與環保的要求，故是最常被採用的策略。

唯必須注意的是，臺灣地區位處亞熱帶及熱帶，疫病蟲害種類多，孳生快速，有些急性疫病蟲害如果慢了一週或一個月才防治，呈對數生長的病菌、害蟲等可能對樹木造成不可挽救的傷害。故在有害生物的防治管理上，應採取「早期診斷、早期防治」的最佳策略。即在有害生物發生之初期（損率在1%或5%以下），立即加以防治或減緩，才能避免重病或枯死。

另在每一疫病蟲害是否值得防治及如何在多種方法中選擇最適當的防治方法，建議樹保或樹醫專業人員可參考下列植醫經濟學公式：

公式 1：防治率(Control rate, %)= $[$ 未防治之損率(%)-有效防治之損率(%)] $\div$ 未防治之損率(%)。

公式 2：防治經濟效益=防治率 $\times$ 損率（原損率） $\times$ 產量（總產量或株數） $\times$ 價格（單價或價值）。

公式 3：防治成本＝資材成本（含設備等）＋工資成本（含診斷規劃監造等）。

公式 4：防治益本比＝防治經濟效益/防治成本。

當依上述估計之經濟效益＞成本之時，才值得進行防治。相反地，若防治成本＞防治經濟效益，則不宜施作，尤其是不能浪費國家的稅收或公共資源。

另因公式 2 中的「樹木價格」會因主觀因素而變化，在有些場合業主認為是「無限大」，則防治效益亦可能是「無限大」，是為特殊的需求。

(四)有害生物防治管理選項

依據樹醫學界已研究出來的有害生物防治方法，常用的防治管理選項有下列各種，可由經濟面、社會面與生態面進行綜合考量，決定最佳防治管理方法。選擇防治管理方法亦可多方向，不限一種，往往可採取多種防治管理，即綜合防治管理(IPM)。由於新病害發生，以及新的防治方法正被不斷測試及研發，樹保及樹醫專業人員因此必須不斷吸收新的樹醫科學及樹醫技術知識，宜有每年在職進修的機制，使得防治策略或方法達到更新及最佳化，也求防治率的最大化、防治益本比的最大化。另應透過實作，不斷檢討、比較各種方法的成效及優缺點，分享給同儕參考，共同提升老樹病害診治能力。

1.栽培防治

栽培防治（農業上稱耕作防治），即為透過樹木種植作業兼為有害生物的防治。其目的包括促進樹木健康度、抑制有害生物的族群數量。其對環境的負面影響較低，並有助於預防未來可能發生的有害生物問題。栽培防治中相當重要的一點即為選擇適當的樹種植物，可減少因適應不良所造成的慢性逆境。而選擇高品質的種苗，除了能減少生長期間的逆境，更能降低將有害生物引入環境的風險。

栽培防治也包括改善生育地條件，如土壤的物理特性、化學特性及生物特性等，可極有效的促進植物防禦機制。而不當的覆蓋與灌溉操作，則會產生對有害生物有利的環境條件，經由適當的改善，可以減少由病原菌、昆蟲及盤根等引起的傷害。

另外，正確的修剪除了能抑制局部有害生物族群，透過清理樹冠層的枯死枝條，也可移除有害生物的繁殖及庇護所。田間衛生因此也是栽培防治策略的一環，即清理堆積於樹木或地面上已死亡或受感染的植物體，這些殘體對於有害生物來說是一個理想的棲地，特別是越冬性的病原菌、昆蟲及蟎類等。

2.生物防治

生物防治為利用天敵抑制有害生物族群，其種類包含捕食者(Predators)、寄生物(Parasites)及病原菌(Pathogens)三種。在很多案例中，天然的生物控制可將有害生物的族群控制在可容忍的水平，如此便不需再投入其它的防治措施。然而在都市環境中，天然的生物控制可能無法有效抑制有害生物族群，因而便需要實施其它的防治手段。

生物防治的實施方法有三種：引入、保育及增補。引入為透過外來的捕食者、寄生物及病原菌，抑制入侵環境中的外來有害生物，其對於威脅本土生態系或缺乏可行管理辦法的有害生物來說相當重要。保育為保護現有捕食者、寄生物及病原菌，如提供更多的棲地或限制特定農藥的使用等。

增補(Augmentation)則為飼養並釋放天敵生物以補充現有環境中的族群數量，許多有益生物目前已經商品化並應用於 IPM 程序中，包括瓢蟲、草蛉、捕植蟎及寄生蜂等。

一般來說，生物防治的效果較其它防治法來得慢且不穩定，化學藥劑通常會在施用後數分鐘至數小時內殺滅目標有害生物，但生物防治卻要花上數天到數週的時間去抑制有害生物族群，且其效益具有很大的不確定性。然而當生物防治的系統成功建立後，會成為生態系運作的一個環節，而變得相對穩定。

3.化學防治

化學防治即樹醫用藥、環境用藥或農用藥劑之使用，普遍使用的農用藥劑則包括殺蟲劑(Insecticides)、殺蟎劑(Miticides)、殺真菌劑(Fungicides)、殺細菌劑(Bactericides)、忌避劑(Repellents)及殺草劑(Herbicides)等。農用藥劑一般可以區

分為接觸性農藥(Contact pesticides)及系統性農藥(Systemic pesticides)。

接觸性農藥於施用後透過本身的有效物質或殘留物，與有害生物作物理性的接觸，進而抑制或殺滅有害生物。系統性農藥則是在施用到葉片、莖及土壤後被吸收，並在植物體內移行，這類農藥經常也具有接觸性特質。系統性殺蟲劑一般作用於吸食、潛葉或蛀木昆蟲；系統性殺真菌劑則是對多數的葉片、維管束及土壤病害有效。



圖 11-22、寄生蜂正產卵在鱗翅目幼蟲上，使其最終死亡。



圖 11-23、獵蝽會獵食毛蟲和葉蜂幼蟲等，可控制害蟲數量。

系統性農藥需要較長的時間才能產生作用，而接觸性農藥可非常快速殺滅植物表面的有害生物，但其有效性會受施用的覆蓋度以及施用時機所影響，且相較於系統性農藥，某些接觸性農藥殘留效果有限，須重複施用以維持防治的效果。重複使用農藥會增加非目標生物，包括野生生物及有益生物等的暴露風險，也會產生抗藥性以及病蟲害間的取代現象等問題。

系統性農藥常用於土壤施作或莖部注射，相較於噴施法，其暴露於環境中的農藥較少，但有可能經土壤汙染地下水，或在莖部注射時造成植物受傷，且不當的注射可能導致腐朽的發生，故在選擇農藥產品時，所有的特性及限制都必須事先作詳盡的考慮。

為達有效且負責的病蟲害管理，專業人員在使用農藥前應以生態為考量，盡可能以低毒性與安全性農藥為優先考量，並須遵守下列程序：

- (1).鑑定有害生物或異常的種類。
- (2).評估有害生物族群的潛在嚴重性。
- (3).針對目標有害生物選擇合適的農藥。
- (4).使用正確的劑量。
- (5).在建議的時間及頻率進行施用。
- (6).採用正確的施用技術。
- (7).遵守農藥標籤指示及相關農藥法規。

廣效性農藥的濫用會同時殺滅有害生物及天敵，反而造成疫病蟲害的問題惡化，其中有害生物復發(Pest resurgence)及次要有害生物爆發(Secondary pest outbreak)是最常出現的結果。

有害生物復發發生於天敵族群的繁衍速度較有害生物緩慢，致使有害生物因缺乏天敵而快速恢復。復發的產生可因某些有害生物缺乏天敵的抑制，或因環境因子有利有害生物的發展所導致，後者普遍發生在低溫多雨的生長季，此時的條件對葉部病害的發展是有利的。

次要有害生物爆發則是因主要的有害生物及天敵都處在被抑制的情況，使次要有害生物在缺乏競爭者及捕食者的優勢下，成為了主要的有害生物。有害生物復發以及次要有害生物爆發，皆可以藉由窄域性農藥的選擇，並透過監測作出精準且針對性的施用，來減少問題的發生。

當農藥選擇性的殺滅病蟲害中的部分族群，便會留下具抗藥性的個體，並將性狀遺傳至下一代，造成抗藥性的發生。重複且經常性的施用同一種農藥容易導致農藥抗藥性(Pesticide resistance)產生，為了減少抗藥性的風險，可輪流施用主成分或機制不同的藥劑。在溫室這類封閉環境中，或是以單一農藥重複大面積施用，抗藥性的情形都較容易發生。

儘管農藥在有害生物管理上有很大的成效，但濫用會對作業者、植物甚至生態系造成不良的影響後果，故專業人員不應在未受充足訓練的情形下使用農藥。

4. 替代性的防治資材

利用農藥管理病蟲害是樹木健康照護的重要一環，但必須避免對非目標生物及環境造成傷害，除了選擇低毒性與窄域的農藥，也能透過很多生物合理性防治產品來有效的抑制有害生物。

生物合理性防治產品(Biorational control products)包括殺蟲皂劑、園藝用油劑、植物性農藥、昆蟲生長調節劑、微生物產品及微生物製劑等。這些產品通常因殘留期短、專一性高或作用機制特殊，而具有較低的毒性。然而在施用這些藥劑時還是需注意，因為部分仍與化學農藥有著相近的毒性。

(1)殺蟲皂劑(Insecticidal soaps)是高度精煉的肥皂，可以破壞軟體昆蟲或蟎類的細胞膜，其對於介殼蟲、蚜蟲及蟎類等皆有防治效果。這些肥皂僅具短暫的殘留活性，因此可能需要重複使用才能持續性的防治。殺蟲皂可能會傷害林下的開花植物，並對某些處於乾旱環境的植物造成傷害。

(2)園藝用油劑(Horticultural oil)因會使某些昆蟲窒息或破壞它們的膜而具有殺蟲的效果。園藝用油依其使用時機及比例分為兩大類：夏油及休眠油，休眠

油在萌芽前使用，對於某些害蟲極為有效且不對益蟲造成傷害。夏油則可噴灑在某些植物的葉片上，但若在乾早期施用，其他植物可能會受到藥害。園藝用油劑於使用前亦需閱讀及遵守標籤上之使用說明。

(3)植物性農藥(Botanical pesticides)為利用植物萃取物進行殺蟲，包括苦楝油、除蟲菊精及魚藤精等，這些植物性藥劑對昆蟲及人類來說，有些具高度毒性，有些則是非常溫和。

(4)昆蟲生長調節劑(Insect growth regulators)為合成的化合物，作用類似昆蟲荷爾蒙，可阻止昆蟲的蛻皮或生長，並藉由干擾昆蟲的交尾或使其成蟲不孕來達到防止害蟲族群增加的目的。

(5)微生物農藥(Microbial pesticides)則為昆蟲病原菌，或由細菌性病原中萃取出致命性物質。最常見的例子是蘇力菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)，此為一種可對多種昆蟲致死的細菌，且不同的菌株可對於不同類的昆蟲有效果，有的可用於食葉甲蟲，有的則用於蝶蛾類幼蟲。這些產品對於非目標生物或環境來說，幾乎不具毒性。

5.物理防治

在小規模的環境中，物理防治包括人工除蟲、機械除蟲等，有時是最實際的防治方法。如從單株小樹上捕捉蛾類的幼蟲，這可能只需花費幾分鐘的時間。機械除蟲也可能藉由安裝物理性障礙，達到驅離有害生物之效果，或藉由修剪植物受感染的部位而將病蟲害移除。

第九節、重要樹木病蟲害與防治管理

(一)褐根腐病(Brown root rot)病原：*Phellinus noxius* (Corner) Cunningham

病徵：

樹木感染褐根病後，樹冠葉片逐漸黃化萎凋落葉，由茂盛逐漸變成稀疏，最後葉片落光植株死亡。但是否會全株性枯死會隨樹種及植株大小而有所差異，植

株越小枯死的時間越短，從黃化到枯死約需 1 個月至 3 個月，容易呈現快速萎凋症狀；植株越大枯死的時間愈長，出現枯萎至死亡需數年至十年左右的時間。病菌可殘存於病樹殘體，自病樹向四周蔓延危害。部份樹種如榕樹，於染病後即使根部腐朽仍可生長。褐根病的病兆主要表現於離地面一公尺高以下之莖基部與根部，其莖基部及根部表面常有帶白邊的黃、深褐至黑褐色菌絲面，但與泥沙結合後常不明顯；病原菌除危害根部及地際部樹皮外，也造成該部位之木材出現白色腐朽，並使樹皮內面輸導組織部位呈現網紋狀結構。

全株衰弱的是一般根部病害或根部功能異常共同的病徵，並非褐根病特有。又因為菌絲面有時不易辨識，在目視觀察階段時，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應帶有不規則褐色網紋。

寄主植物：

褐根病菌的寄主廣泛，包括多種喬木、灌木及多年生草本等，共超過 200 種寄主，在臺灣已知有榕樹、樟樹、鳳凰木、楓香、桉樹、欖樹、臺灣肖楠、臺灣杉、黑松、龍眼、荔枝、番荔枝、蓮霧及楊桃等。



圖 11-24、幹基部覆蓋褐根病菌絲面。



圖 11-25、表面呈現不規則黃褐色網紋。

發病生態：

褐根病主要發生在海拔 1,000 公尺以下之熱帶、亞熱帶地區，生長適溫約為 24-32°C。初次感染病原為子實體所產生之擔孢子，可行長距離傳播，另病原菌易存活在殘根上，形成病根組織、帶菌苗木等，在人為移動下進行機會性接觸傳染。

褐根病常使用之檢測方法有傳統分離培養法、PCR 分子檢測以及新開發之恆溫環狀擴增法(LAMP)。

(1).分離培養法：

每棵樹至少採取兩塊長於 5 公分的腐木，以確保獲得病原菌。利用褐根病菌選擇性培養基進行分離培養。選擇性培養基的配方及配製為：2%麥芽抽出物(malt extract)，2%洋菜。

將感染腐木的表面泥土刷乾淨，切成小塊，大小約 0.5×0.5×0.5cm³，每一塊腐朽木材切取 10-20 小塊，每個培養皿放入 4 小塊，再將接培養皿放入 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初期為乳白色，7-10 天後漸變成黃褐色的菌落。以顯微鏡觀察菌落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 11-26、褐根病菌在培養基上生長之型態。

(2).分子快速檢測：

分子快速檢測為更快速、更靈敏的檢測方法。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 個方位不同的根部組織樣本，以更全面評估該樹木受褐根病菌的危害情形。採取的根部樣本，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。

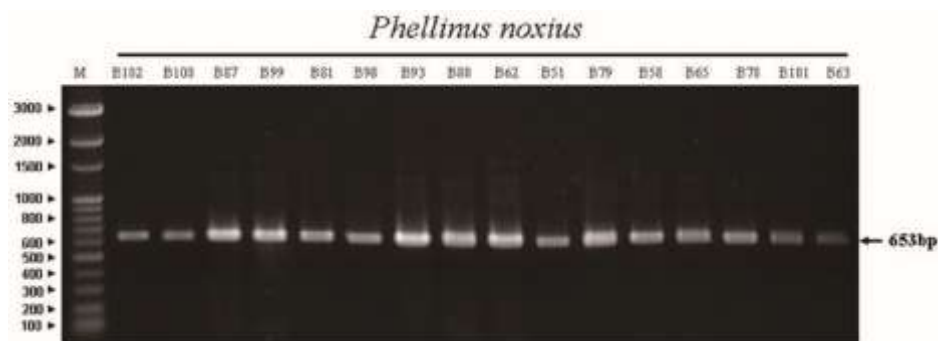


圖 11-27、褐根病專一性引子對(G1F/G1R)對各褐根病菌株反應之電泳圖分析。

- a. 聚合酶鏈鎖反應(PCR)：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，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。
- b. 恆溫環狀擴增法(LAMP)：近年來已將 Notomi 等人所發表的新式且快速靈敏的恆溫環狀擴增法(Loop-mediated Isothermal Amplification, LAMP)應用於褐根病檢測。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。LAMP 相對於 PCR 分子檢測技術具有更高的靈敏度，反應時間則約在 40 至 60 分鐘，對於某些林木檢測、偏遠地區實驗室來說，相當簡單實用，目前已有商品化「樹木褐根病快速檢測套組」可供使用，惟檢測所需的試劑成本較高。(圖 11-28)



圖 11-28、LAMP 反應產物使用甲基藍染色可增強對比，左管為陽性反應；亦可使用 EtBr 染色後以紫外光激發觀察，左管為陽性反應。

防治方法：

(1).發病初期之防治：無病徵或病徵不明顯之健康樹木，經由分離培養或分子診斷鑑定，確認感染褐根病後，建議以改善棲地生態條件，及透過藥劑澆灌等方法抑制病菌。

a.藥劑澆灌：以系統性藥劑澆灌於根系表面或根域上，可選擇以下藥劑加水稀釋：(I)500 倍的三得芬、三泰芬、護矽得或撲克拉；(II)500 倍的銅快得寧或快得寧；(III)100 倍的尿素和 500 倍的石灰（如土壤為中、鹼性不用加）。每平方公尺的土壤施用 10-15 公升的稀釋混合藥劑，施用範圍則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。若處理的樹木生育地貧瘠，可適量添加有機肥，以增加樹木抵抗力。治療藥劑的使用與否，應由管理單位在評估維護價值及公共安全等因素後決定。

b.藥劑灌注：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，有助於藥劑與根系有更完整的接觸。但要注意都市土壤常有的夯實情形，需搭配鬆土等土壤改良作業，方可達到較佳成效。

c.藥劑混土覆蓋：選擇以下三種藥劑組合：(I)0.4 公斤（升）的三得芬、三泰芬、護矽得或撲克拉；(II)0.4 公斤（升）的銅快得寧或快得寧；(III)2 公斤的尿素和 0.2 公斤石灰（如土壤為中、鹼性不用加），將藥劑與 1 立方公尺（或 1 公噸）的土壤混合，然後覆蓋在樹幹基及周圍之土表，厚度約 3-5 公分，範圍盡可能涵蓋樹冠下方。覆土完畢後淋濕土表，之後最好再覆蓋塑膠布 1 個月。或可將原來表土刮出 3-5 公分，注意不要刮傷樹根，並混合上述藥劑後，再覆蓋回原來土表，半年後再處理一次。

(2).發病中、後期之防治：樹木若呈現生長勢衰退、葉片萎黃變小、枝葉稀疏，且莖基部或根部表面披覆褐色菌絲面或出現黑色成熟子實體時，表示樹木來到發病中、後期，此時地下之主根及側根已有部分腐朽分解，會更易受強

風暴雨浸潤後傾倒，應考慮伐除罹病樹木，以避免公共安全事件發生。伐除後並應徹底清除莖基及根部組織，一併運送至焚化爐焚燬。

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，所以對於鄰近的植株，可以掘溝阻斷法延緩褐根病的感染，其做法是在健康樹與病樹間挖掘約 1 公尺之深溝，於溝內設置強力塑膠布阻隔後回填土壤，藉此阻止病根與健康根的接觸傳染。鄰近樹木則需透過早期診斷鑑定是否有罹病，必要時以病害初期防治方法進行各鄰株之預防處理，以預防病害蔓延。

- (3).罹病地之處理：罹病地除必須移除病株或枯立木、清除莖基及根部組織，並禁止人為移動病株或組織外，並可依下列方式進行病害管理：
- a.生態復育法：將原立地環境周遭土壤進行翻土，圍設警戒區禁止人員進入，將土壤自然曝曬 3-6 個月後，改種草花類植物或抗耐病性樹種。2 年後再考慮補植與原址不同種類喬木，降低復發機率。
 - b.土壤淹水處理：如環境允許，將發病地區的土壤進行淹水。如無法深入開挖土壤並檢除所有病殘根，則至少需檢除直徑 3 公分以上的病根，尤其在土壤深度 20 公分內。接下來感病區的土壤需呈完全淹水狀態 1 個月以上，以殺死土壤中的病原菌。
 - c.土壤藥劑燻蒸處理：依樹木的根系深淺而定，一般位深度 50 至 100cm 之間，將土壤挖開後，徹底檢除所有的病殘根裝袋燒燬，避免病原散佈。之後於土壤內拌入燻蒸藥劑進行燻蒸，燻蒸藥劑有邁隆或尿素石灰兩種。邁隆用量為每立方公尺土方拌入 60g，尿素石灰混合劑則為每立方公尺土方拌入 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，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。

表 11-1、褐根病檢測檢體單位一覽表

服務單位 名稱	地址	電話	備註
行政院農業部林業試驗所-林木疫情監測及防治網	100 臺北市中正區南海路 53 號	02-23039978#2668	https://health.tfri.gov.tw/
國立臺灣大學植物教學醫院	106 臺北市大安區基隆路三段 30 巷 2 弄 2 號	02-33669309	https://homepage.ntu.edu.tw/~ntupth/Default.html
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 號農業環境科學大樓 1 樓	04-22840722#9	https://pth.nchu.edu.tw/
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	08-770302#6165	https://pm.npust.edu.tw/hospital/
行政院農業部農業試驗所-嘉義分所植物保護系	600 嘉義市民權路 2 號	05-2771341	
行政院農業部農業試驗所-鳳山熱帶園	830 高雄市鳳山區文龍東路 530 號	07-7310191#3	

藝 試 驗 分 所			
臺灣植物 及樹木醫 學學會	106 臺北市大安區安 居街 35 巷 16 號	02- 27327032	http://www.ptms.org.tw

(二)靈芝根基腐病(Ganoderma root and butt rot)

病原：*Ganoderma lucidum* (Leyss. Ex Fr.) Karst, *G. tropicum* (Jungh.) Bres.

病徵：

本病危害樹木之樹幹基部及根部，通常由傷口處侵入，最初以菌絲在傷口附近孳生，之後逐漸侵入周圍的活細胞，造成受害木材產生白色腐朽。罹病樹木會出現樹勢衰弱、葉片變小黃化及落葉等病徵，最終導致整株死亡。通常在樹木枯死前後，根部或靠近地際部可觀察到子實體的生成。

寄主植物：

寄主範圍廣泛，主要危害闊葉樹、針葉樹、竹類及棕櫚科之植物等。

發病生態：

危害地區以熱帶及亞熱帶地區最嚴重。

防治方法：

目前尚無正式防治方法，下列措施可減輕病害危害程度：

- (1).清除罹病株之子實體，減少感染源。
- (2).清除病株並燒毀之。
- (3).在除草或修剪工程時，避免傷口產生。



圖 11-29、靈芝子實體。



圖 11-30、楓香南方靈芝根腐病。

(二)松樹萎凋病(Pine wiltdisease)

病原：松材線蟲(*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle)

病徵：

受松材線蟲感染的松樹，一般潛伏期為 2-6 週，這段期間松樹外表無明顯變化，但其內部松脂的分泌量減少並停止。同時林木的呼吸率增加，蒸散作用及水

分的疏導受阻。初期病徵包含生長停止，以及針葉逐漸褪色而呈現黃化，黃化現象通常由單一枝條或少數枝條上先出現，後逐漸擴大至其他枝條。發病後期整株松樹黃化，此時針葉轉呈褐色至紅褐色，終至整株枯萎死亡。由於發病初期病徵不明顯，一旦發病後病勢進展快速，造成防治上的困難。受感染的松樹迅速枯死後，紅褐色的松針仍會掛在枝條上，為本病最大的特徵。(圖 11-31)

寄主植物：

黑松、琉球松、赤松、臺灣二葉松及溼地松等。

發病生態：

本病以松斑天牛作為傳播媒介，當松斑天牛從病株內羽化飛出時，其氣管內會帶有大量的線蟲，線蟲在天牛取食時會脫離天牛體表，從幼嫩枝條傷口進入內部組織，並深入松脂管之上皮細胞及周圍的薄壁細胞，並分泌化學物質毒害松樹。線蟲於 25°C 環境下，4-5 天即可完成一個世代，幼蟲孵化時，會移入不同松脂管內活動，破壞松脂管與周圍細胞。有些線蟲可進入假導管，使水分疏導能力降低，導致蒸散作用停止。在臺灣，松斑天牛活動期為四月至十月，由於長期的持續感染，造成此病害擴展快速，導致防治工作上的困難。

防治方法：

- (1). 砍除病死株，清除感染源。
- (2). 利用藥劑或生物製劑防治松斑天牛。
- (3). 利用選種或育種方法，培育耐抗病松樹品種。



圖 11-31、發病中之松林。



圖 11-32、松斑天牛幼蟲及羽化孔。

(四)黑翅土白蟻

學名：*Odontotermes formosanus* (Shiraki)其他中文名：臺灣土白蟻、臺灣白蟻

分類地位:蜚蠊目(Blattaria)、白蟻科(Termitidae)

形態特徵：

黑翅土白蟻是臺灣體型最大的有翅生殖型白蟻，頭部、胸部與腹部背面皆呈深褐色，單片翅呈淡褐色，四片翅交疊呈黑褐色。兵蟻體長平均 4.77mm，與家白蟻屬兵蟻形態相近，頭呈黃色，水滴狀，但頭部額腺開口小，不易發現。工蟻頭呈淡黃色，胸部與腹部則呈乳白色，體長平均 3.66mm，頭寬平均 1.33mm。

危害情形：

在臺灣活樹上常見的白蟻有黑翅土白蟻、臺灣家白蟻及格斯特家白蟻三種，其中黑翅土白蟻是出現頻度最高的種類，其通常會在樹木根部附近土壤內築巢，再往樹上部延伸取食，並會在樹皮表面形成蟻道，蟻道上覆蓋由土、木屑及其本身唾液的土黃色混合物保護。若樹木健康狀況良好，黑翅土白蟻僅會在樹的表面取食樹皮，不會危害樹木內部，但當樹木有物理性的大傷口時，黑翅土白蟻會進一步啃食木質部，造成樹木更大的傷害。黑翅土白蟻分布在全臺 1,200 公尺以下低海拔山區或平地，會危害的林木種類繁多，如榕樹、樟樹及茄冬等都會被其危害。

發生時期：

黑翅土白蟻有翅生殖型分飛時期為 4-7 月，6 月數量最多。樹木一整年皆會被巢中的工蟻危害。

- (1)當樹木樹身並無外傷或大型枝條斷裂，僅有白蟻取食表面樹皮時，因不會造成樹木危害，故不建議進行藥劑防治，僅需以噴水柱或工具刮除樹表面的蟻道，刮除時需注意勿造成樹木的傷口。
- (2)當樹木有較大斷面的傷口，且白蟻已蛀食整個大枝條並延伸至主幹，則建議以藥劑灌注法防治，目前特滅多乳劑(Termidor® 25 EC)是唯一被許可用在白蟻防治的特殊環境衛生用藥，其主要成分是 2.92%的芬普尼(Fipronil)。
- (3)如樹木已被嚴重蛀食，建議予以砍除，以防樹木傾倒傷及行人、建築物或車輛。



圖 11-33、黑翅土白蟻（工蟻）。



圖 11-34、樹皮佈滿黑翅土白蟻之蟻道。

(五)樟白介殼蟲

學名：*Aulacaspis yabunikkei* Kuwana

其他中文名：樟輪盾介殼蟲、樟白輪介殼蟲

分類地位：半翅目(Hemiptera)、盾介殼蟲科(Diaspididae)

形態特徵：

雄成蟲介殼白色、狹長、蠟質狀，兩側平行，背面具有三條明顯的縱脊線，長約 1.0mm，寬約 0.3mm。雌成蟲體型較雄蟲為大，介殼近乎圓形，直徑 1.5-2.0mm，扁平或微隆起，白色不透明，若蟲蛻皮呈淡黃色。

危害情形：

樟白介殼蟲是目前危害臺灣樟樹最嚴重的害蟲，在樹幹及葉部特別容易發現，其以刺吸式口器吸食植物組織的汁液，造成葉面黃斑甚至枯萎。當族群密度高時，將影響植物行光合作用，造成植株衰弱，嚴重時枝幹會佈滿如白粉狀的蟲體，整株如火烤般枯萎。(圖 11-35)

發生時期：

此害蟲全年皆會發生，以 2-8 月較為嚴重，但於梅雨季及颱風季時族群數量會較低。

防治方法：

(1)利用物理防治，針對被危害的樹幹進行整枝修剪，修剪後的枝條進行銷毀。

另外亦可以強大水柱進行林木沖洗，降低害蟲的族群數量。

(2)化學防治方面，傳統噴灑因不易穿透害蟲的介殼，成效較為不佳。再者有些樟樹樹形高大，需使用強力的動力噴霧機，於無風的情形下施用，但樟樹通常栽種在人口密度較高的地區，噴灑的時間及方向都必須小心謹慎，才不致造成附近居民或路過人員的傷害，故施用礦物油乳劑會比其他農藥要安全且有效。近期已開發透過系統性農藥對樟樹枝幹進行注射的防治方法，讓系統性藥劑透過植物的維管束輸送到各部位，達到防治樟白介殼蟲的效

果。



圖 11-35、樟白介殼蟲葉片危害狀。圖 11-36、樟白介殼蟲枝條危害狀。

(六)刺桐紬小蜂

學名：*Quadrastichus erythrinae* Kim

分類地位：膜翅目(Hymenoptera)、紬小蜂科(Eulophidae)

形態特徵：

刺桐紬小蜂成蟲雌蟲體色為棕黃色，雄蟲則為白色，兩性均有深棕色斑塊。

危害情形：

刺桐紬小蜂的危害主要來自於雌蟲產卵與幼蟲取食行為。雌蟲喜產卵於新生嫩芽或葉片，因產卵時的分泌物及幼蟲取食的刺激，造成葉肉組織的不正常增生，逐漸膨大成蟲癭構造。病害發生初期時新生枝葉可見明顯蟲癭，此為幼蟲在內部取食，造成植物組織膨大。(圖 11-38)每個蟲癭大小約 0.2-1.5cm，經常多個聚集生長。遭感染的刺桐多數會產生落葉的現象，蟲癭組織及葉片掉落後，新生的組織仍會不斷受到感染。隨病勢發展，葉片及莖上蟲癭膨大，聚集成腫塊，已無法辨別葉片形狀，枝條末端則萎縮捲曲呈球狀。感染嚴重者，植株生長衰弱，葉片幾乎完全掉落，狀似枯死，此時亦容易被其他昆蟲、細菌或真菌二次入侵，

最後枝幹韌皮部組織液滲流發出異味，植株逐漸乾枯死亡。

發生時期：

刺桐紬小蜂一年可發生多個世代，世代重複。在 30°C 恆溫下，生活週期約 24 天；溫度較低時，時間將增長。成蟲羽化離癭後，會於寄主植物葉片、嫩枝等部位來回爬行，交尾後雌蜂產卵於寄主新生枝葉或幼芽表皮組織內，幼蟲於植物內部組織發育，經蛹期羽化為成蟲，離癭後再次感染發生。

防治方法：

- (1) 冬末初春先進行枯萎枝條修剪，修除之枝條應運離現場燒燬處理。
- (2) 將已感染之落葉集中並焚毀，避免成蟲羽化擴散。
- (3) 在刺桐樹冠下枝條上懸掛黃色黏蟲紙，可以黏住刺桐紬小蜂成蟲，以降低成蟲數量，黏蟲紙需定期更換。
- (4) 以 9.6% 益達胺溶液進行樹木注射：於樹幹胸高處（約 130cm）以電鑽鑽直徑 1cm 深度 10cm 的孔洞，每一孔洞注入 5ml 藥劑。藥劑注射完成後，以中性矽利康膠塗佈孔洞表面封口，以避免藥劑蒸散或外來物二次感染。藥劑注射後，一個月後檢查樹勢是否回復，並於第二個月檢查孔洞是否癒合。若第二個月後樹勢未能回復，則需再補注射藥劑。植株胸徑小於 20cm 者，施用 10ml；胸徑每增加 10cm，則增加 5ml（1 處）。
- (5) 以 2% 益達胺粒劑，每株於樹幹基部周邊 1 公尺內，向下挖 15cm 深溝槽後埋入，平均每株施用 250 公克。限用於胸徑 30cm 以下之植株，施藥後需充份澆水，梅雨季施用效果最佳。
- (6) 取 6.7ml 益達胺（9.6% 溶液）的藥劑與 40ml 礦物油混合溶於 20 公升的水中（即濃度稀釋 3,000 倍），株 262 高 6 公尺的刺桐，平均每株約噴灑 5 公升於枝葉上，每七天噴灑一次，至少持續進行兩個月。



圖 11-37、刺桐紬小蜂為害後的刺桐樹



圖 11-38、刺桐紬小蜂在葉部的蟲癭

樹木保護專業人員教材

【中級】

第十二章 樹木工作人員安全

李勝倫 / 許文燦

專業科目

第十二章 樹木工作人員安全

第一節、前言

樹木工作包括在地面或地面以上進行的樹木調查、修剪、移除、移植、病蟲害預防及治療及其他養護工作。從事樹木工作，安全是唯一考量，應包括作業人員及基地影響範圍內之人員、財物及設備之安全。若樹木工作進行不當，沒有足夠的安全措施及教育訓練，可能會對作業人員及周圍的人和財物構成危險。

樹木工作應由受過訓練及具備經驗的人員執行，須採用安全合適的方法並實施足夠的職安保護措施。此外，亦應按執行作業需要提供資訊、指示、培訓及監督，務求在合理地切實可行的範圍內，確保在工作中的安全和健康。

第二節、計畫書組成架構

評估作業現場的危害因子及潛在風險，方能擬定完善的作業計畫，順利執行樹木工作、確保工作人員及周圍人、事、物的安全。

(一)事前訓練與安全觀念建立

從事樹木工作的所有人員應根據工作內容接受適當且充分的訓練。工作人員應該要知道工作內容相關的安全法規，包含中央及地方法規及工作場所的安全規範，而雇主必須確認所有的工作人員都了解安全須知，並建立安全的工作流程。雇主必須安排充足的訓練，確保所有工作人員都能正確操作設備並遵守安全工作守則，並將訓練內容建檔造冊。

為確保每位工作人員都能應對緊急狀況，所有工作人員必須接受緊急應變相關的訓練。執行攀樹工作時，工作現場需要有至少兩名攀樹人員，且每位攀樹人員都需要具備空中(樹上)救援的能力，以便在緊急狀況發生時執行必要之救援。所有人員必須定期演練緊急應變相關技術，以增進效率與技術，減少恐懼與發生二度意外的機會。建議每位樹木工作者都應該接受急救與心肺復甦術(CPR)訓練。

每輛工作車輛中必須常備合格的急救箱，且車輛必須在工作期間隨時留守在工作地區。所有的工作人員都必須學習急救箱包的使用方式以及進行緊急處理步驟。救援電話應該被貼在車上、工作單或工項說明表上。

工作車輛上應該要配置滅火器，所有的工作人員都必須知道如何使用。所有汽油引擎的設備只有在關閉引擎後才能加油。發動引擎前，須確認設備周圍沒有任何潑濺出來的油料，並距離加油點 3 公尺以上。油料等可燃液體必須妥善存放在檢驗合格的安全容器當中，並與繩索及其他設備保持距離。不可在可燃液體附近吸菸。

為維持工作安全，應進行適當的臨時交通管制。工作區域必須均勻設置管制設施，確保有效地控管行人及車輛，並根據地方法規完成必要的申請。交通管制設施包括安全錐、警告標識、路障、旗幟，以及地面工作者所穿的高能見度服飾或背心。工作團隊具有維持工作區安全的法律責任，以確保工作者的安全，避免無關人員及車輛在樹木作業時穿越附近。樹木工作區的交通管制設施應該符合中央及地方政府的相關規定。

(二)團隊溝通

為確保工作安全，維持工作團隊內良好的溝通非常重要。地面工作人員與高空作業者必須隨時維持溝通協調。工作團隊的每位成員必須了解彼此當下負責的工作，具備風險意識、掌握人員動向，以防止意外發生並於必要時採取適當處置。

每日的工作都應該從工項說明開始。工項說明包含每一位工作者的權責分配，說明當日必須完成的工作以及工作職掌、潛在風險和預防措施，並確保人員確實檢查並正確穿戴必要個人防護裝備。所有的工作人員必須清楚瞭解當天使用的指揮系統。現場負責人(工地主任)要將工作計畫提出並與團隊溝通。清楚明瞭的分派各項工作，確保工作人員彼此協調良好，能夠確實進行團隊合作。

執行攀樹工作時，樹上人員與地面人員必須事先訂定一套有效且明確的溝

通方式，使現場人員能夠了解何時可以安全的通過或進入工作範圍。包括人員著陸區及枝條掉落或垂掛的墜落區。例如使用對講機或事先訂定口令，確保警告信號能夠確實傳達、接收並獲得回饋。例如攀樹者在樹上喊「Clear!(下方淨空!)」後，必須等到聽到地面的人喊「All clear!(已淨空!)」後才能下放任何物體。有些時候聲音很難被聽到，可以用手勢替代作為溝通手段。

(三)作業環境危害預防

作業前應先詳細調查工作環境的狀況，辨識作業環境潛在相關危害，包含地勢不平整、鄰近的電力設備、樹上的動物巢穴、蜂窩或蟻窩，以及樹木本身的缺陷(如樹洞、腐朽及枯枝等等)。條件許可時宜透過事前作業降低或排除危害：如斷電、摘除蜂窩或煙燻驅趕蜂群等。無法排除危害時，應選擇較低風險的作業方式，確保作業過程的人員安全。

(四)樹木調查之安全預防

- 1.應注意樹木本身既存的結構缺陷，包含枯枝、腐朽枝、斷枝、懸掛枝或比較脆弱的樹木結構(例如主幹腐朽、中空、枝條脆弱、夾皮、裂痕等)。
- 2.辨識樹種，了解樹木本身可能會讓作業人員受到的傷害，如有刺的樹木、樹的花朵、果實、種子、莖葉汁液有毒或會造成過敏、樹木本身氣生根、板根或浮根可能會造成的傷害等，還包括標的樹木周邊的植物也須做安全上的辨識，讓樹木工作人員懂得識別危險植物和相關的治療方法。
- 3.有害生物的危害，包含昆蟲(虎頭蜂、椿象、紅火蟻、蜈蚣、毒蜘蛛、毒蛾及其幼蟲等)、有毒蛇類、攻擊性強的鳥類、動物、具毒性的菇蕈類或微生物。樹木工作人員應穿上合適的衣物和手套，盡量避免皮膚被昆蟲咬傷或接觸。如有需要，可在沒有衣物遮蓋的皮膚噴上驅蟲劑。如被昆蟲叮或咬傷或出現嚴重過敏反應，應盡早求醫。
- 4.樹木及周圍環境污染物或過敏原造成過敏或其他危害。
- 5 生育環境之障礙物，如坡坎、懸崖、水邊、圍牆或交通要道等均可能造成作

業人員傷害。

(五)樹木修剪作業之安全預防

- 1.執行樹木修剪工作，現場應設置監視人員全程參與作業，確保作業人員依安全作業流程進行作業，並負責淨空修剪作業下方及注意周圍其它人員之安全，且應於天候不佳時停工。
- 2.使用或鄰接道路進行樹木修剪，應設置移動式安全設施，例如標誌、引導車及交通引導人員等。於有車輛出入、使用道路作業、鄰接道路作業或有導致交通事故之虞之工作場所，應設置適當交通號誌、標示或柵欄，並有適當之漸變區段。
- 3.樹木修剪工作人員於有車輛出入或往來之工作場所作業時，有導致作業人員遭受交通事故之虞者，除應明顯設置警戒標示外，並應備置反光背心等防護衣，使作業人員確實使用。
- 4.預防包括從高處落下的物料、工具、棄置物件及切除之枝幹。零散的工具應以工具袋裝好和繫妥。應盡量避免從高處直接拋下切掉的枝幹。樹木工作的範圍可能會有公眾出入，應採取措施確保公眾出入安全，例如以合適的欄柵封鎖工作範圍、豎立適當的警告牌，以及安排樹木工作人員進行看守。
- 5.樹木工作人員應勘查上空的障礙物，特別是架空電纜和設備。在進行樹木工作時，應採取足夠的安全預防措施，包括與上空的障礙物保持安全距離。若使用升降工作台，則其移動路線必須在操作人員的視線範圍內。
- 6.在砍除樹木作業時，樹木會從主幹的砍伐切口向上爆裂，可能會擊中站於樹後的工作人員。在進行砍伐時，樹木工作人員應站於樹旁，並在樹木倒下之相反方向的左或右邊 45 度位置預留逃生路線。
- 7.在移除樹木枝幹後亦應採取足夠措施，預防主幹由斜坡滾落，以減低對工作人員造成危險。
- 8.如需攀爬樹木，必須至少有 2 名樹木工作人員在場，其中一人須留守地面並

備有所需安全裝備，可隨時因應需要進行高空救援工作。

9.樹木修剪人員應穿着合適的衣物以助散熱，亦應準備足夠的飲用水，並給工人適當的休息時間。應為所有從事樹木工作的人員提供培訓，讓他們認識與高溫有關疾病和不適以及相關急救程序，作為預防措施。

10 遇到惡劣天氣，例如強風、閃電及暴雨，會影響樹木工作安全。除執行緊急工作外，在惡劣天氣下，不得進行任何樹木修剪工作。而緊急工作必須由訓練有素且已採取所需安全預防措施的樹木工作人員進行。

11.防火措施的預防，由於汽油推動的工具如使用不當，可能會導致火警。工人在處理易燃液體時，嚴禁吸菸。運送樹木工作所需設備和工具的貨車，應備有滅火器。此外，亦應訓練樹木工作人員，使他們在遇上火警時懂得使用滅火器，以減低受傷風險及防止火勢蔓延至其他樹木。

12.墜落危害預防

(1)樹木作業高度未滿 2 公尺：

使用梯子作業時，應優先考慮不必倚靠於樹木之合梯，並避免使梯子與樹枝接觸，以免因樹木於修剪中晃動而影響梯子的穩定度；若梯子必須倚靠於樹木時，應於梯子適當處與樹枝綁牢固定。(詳移動梯及合梯作業安全檢查重點及注意事項)。

(2)勞工作業高度 2 公尺以上：

作業高度在 2 公尺以上處所，應使用高空工作車或搭設安全工作平台，並確實使用安全帶等防墜護具，且將安全帶勾掛在足夠強度處，另高空工作車之構造，應符合國家標準。(詳高架作業勞工保護措施標準及高空工作車作業安全管理)

13.感電危害預防

(1)注意作業環境周圍是否有架空電線經過，除了應請周圍電線所屬單位暫停供電，亦須使用檢電器具進行必要之絕緣檢測，確認周圍電線均已停電後，

始可進行修剪。

(2)於架空線路或其他電氣設備附近從事樹枝修剪作業時，應與帶電體保持距離，並使用絕緣材質之修剪工具及安全防護具

(六)樹木移植作業之安全預防

1.熟悉移植計畫內之所有工作內容，讓工作團隊了解所有的移植步驟、方法及期程，並協調工作人員的任務分配。

2.現場勘查了解基地環境，包括機具施工動線及範圍、架高電線及其他空中障礙物、地下管線(瓦斯、水管、電信管、電管及輸油管等)或其他地面下方之障礙物，可向相關主管機關單位提出查詢。

3.作業中所使用的機具、設備均須符合國家安全標準，並作定期養護及檢驗。

機械 4.設備操作人員均須具備有效期限內之合格證照。

5.工具或器械均需定期保養，保持正常使用狀況。

6.作業前應先做好作業地點及工作動線周邊的安全防護，包括安全圍籬、施工警戒線等。

吊.7 車進入地面鬆軟區域，應在行進路線鋪設鐵板以防止吊車陷入地面而發生危險。

8.吊掛物下方不可人員站立或經過，以免發生危險。

9.吊樹作業時應在樹木處連結一條牽引繩，以控制樹木方向，避免因風力或吊繩扭轉，造成樹木方向不定形成危險。

10.樹木運送路線應事先勘查，並進行障礙排除，必要時須申請相關燈號標誌或電信電力暫時斷電處理。

第三節、執行樹木作業安全注意事項

(一)工作場域風險

抵達工作現場，準備開始進行樹木工作前，必須確實評估工作場域的潛在風

險。包含樹木本身既存的結構缺陷或其他風險、天候及周遭環境可能造成的意外或危害、當天使用的工法與設備相關的潛在風險等。

樹木本身的潛在風險包括可能墜落的枯枝與懸掛枝、脆弱的樹木結構及可能造成傷害的昆蟲及動物。脆弱的樹木結構舉例如下：盤根或根系缺損、根部病害、等勢幹與內夾皮、過度延伸的枝條、由潛伏芽或不定芽形成的枝條、樹洞及中空腐朽、枝條腫脹或不正常的直徑變化。

攀樹人員以樹木枝桠為攀樹繩索的固定點時，應確實評估該點的負重強度，確認該枝條具備足夠強度，並以平穩安全的方式上攀，避免突然下墜而對固定點施加衝擊負重。評估原則包括選擇直徑大於 10cm 的枝條分支點、將繩索繞過主幹側而非分支側，避免將繩索架設於由潛伏芽或不定芽形成的枝條，上升前應由兩人以上同時吊掛於攀樹繩上進行負重測試。

(二)樹木調查作業人員安全注意事項

- 1.避免被樹木本身的腐朽枝、枯枝、斷枝或撕裂枝壓傷或砸傷。
- 2.應穿戴合適的工作服裝及安全防護配備。
- 3.至少需 2 人共同作業，發生危害時可互相支援或進行急救或求救。
- 4.應隨身準備簡易急救設備。

(三)樹木修剪作業人員安全注意事項

- 1.作業前應先仔細調查工作環境的狀況，尤其應注意是否有架空線路經過並採取相關安全措施，如：請線路所屬公司於樹枝修剪作業期間暫停供電。
- 2.樹枝修剪現場應設置監工人員全程參與作業，確保作業人員依安全作業流程進行作業，並負責淨空修剪作業下方及注意周圍其他人員之安全；且應於天候不佳時停工。
- 3.作業高度在 2 公尺以上處所時，不可使用梯子(含合梯及移動梯)作業，應自備高空工作車或架設施工架、工作台，並準備安全帽、安全帶等防護器具，並要求確實使用。

- 4.作業高度在 2 公尺以下處所，才可使用梯子作業，使用梯子時，應優先考慮不必倚靠於樹木之合梯，並避免使梯子與樹枝接觸，以免因樹木於修剪中晃動而影響梯子的穩定度；若梯子必須倚靠於樹木時，應將梯端與樹枝綁牢固定。
- 5.於架空線路或其他電氣設備附近從事樹木修剪作業時，應於電氣設備四周設置絕緣護圍；除此外，應準備絕緣材質的修剪作業工具及個人防護器具，以防止人員直接或間接碰觸帶電體而感電。
- 6.優先使用高空作業車作為高處樹枝修剪作業之平台，且應設置錨定點供工作人員掛勾安全帶。
- 7.禁止直接踩踏於輕質屋頂或採光罩上進行修剪作業，若無法設置適當之工作平台，應於輕質屋頂或採光罩上設置適當強度、且寬度在 30cm 以上之踏板或裝設安全護網，並確實使用背負式安全帶、捲揚式防墜器及安全帽等防護器具，避免因踏空而墜落。
- 8.應聽從現場領班指示進行作業，切勿擅自變更作業內容或進入修剪作業下方；天候不佳時停止進行修剪作業，應聽從領班重新安排作業日期。

(四)樹木移植作業人員安全注意事項

從事樹木移植時，需事先做好作業地點及工作動線周邊的安全防護，包含安全圍籬、安全錐及連桿、警示帶等。在挖掘樹木或栽植穴時，應事先評估地底下有無瓦斯、水電信油料.....等管路設施通過，向相關主管機單位提出查詢、報備或申請，以免作業期間造成意外發生。在挖掘、吊搬運送或種植等階段，樹木有傾斜、倒伏而傷及行人、車輛及周邊設施之虞，應適度設置臨時支撐架。

吊搬裝載時，樹木在運送過程中應固定妥當，當樹木的胸高直徑大於 30cm 以上，應先計算樹木重量以上作為相關吊搬裝載運送前的評估參考。運送路線應妥善安排並進行障礙排除，必要時申請相關燈號標誌或電信高壓力設施之暫時斷電處理。

運送樹木時，根球(土球)部應朝向貨車車頭處，並依序自車尾處排列後，再往車頭方向繼續排列，並將植栽根球(土球)部橫向靠攏成排方式、再依序排向車頭處漸次排列堆疊裝載。喬木高度若突出車輛載斗時，其樹木枝幹與車斗接觸的各部位應加強設置襯墊，並於各運送階段確認襯墊是否固定妥適而不會移動或脫落。樹木高度若突出車輛載斗時，於植栽樹梢末端處應懸掛紅色警示布條或裝設警示燈號以警戒來往行人及車輛，以策安全。車輛運送大型樹木時，應注意行車速度，並設置適當的固定措施，防止車輛行駛間樹體滾動，必要時配置前導車輛及尾隨車輛及對講機等通訊設備，以排除路徑障礙及應對相關緊急狀況。其他相關安全注意事項可參閱中華民國景觀工程商業同業公會全國聯合會編撰之《樹木移植種植技術規則》。

- 1.執行修剪工作時需參照樹木修剪安全注意事項及高空作業須知。
- 2.作業人員須穿戴合格的服裝及安全防護設備，並熟悉各項工具的使用。
- 3.作業過程均須具備專業知識及經驗作現場指揮及監督。
- 4.斷根作業時，應保留支撐根，避免因斷根造成樹木倒伏；必要時需設立支柱或作業時以起重機進行安全防護。
- 5.挖掘超過 1.5 公尺時，應注意周圍土壤有無崩塌之虞，若有崩塌之虞時，應設置擋土牆設備，始能繼續進行挖掘。
- 6.斷根完成後於養根期間應設置支撐設施，避免因強風或其他因素造成樹木倒伏而造成意外，必要時須於樹木倒伏範圍進行警戒隔離範圍。
- 7.根球(土球)挖掘時應以大於樹體重量噸數之起重機，進行吊掛，同時挖掘穴內應作固定支撐樁，避免支撐根被切斷後，或根球(土球)底部挖空後，造成人員受根球(土球)擠壓而受傷。
- 8.根球(土球)挖掘完成後，吊掛作業應以負重噸數大於樹體重量之起重機進行吊掛，吊掛使用織布繩或鋼索應足以負荷樹體重量，並檢查無裂痕或老化現象時，始能進行吊掛作業。

- 9.吊掛時應採用三點吊掛或使用鋼軌樁，進行樹體吊掛，作業人員進止於操作桿下方停留或走動。
- 10.所有執行作業機械設備作業範圍內不能有人員逗留，尤其是在操作員的視線死角或機械兩側及後面。
- 11.樹木移動時所使用的載運車輛應符合交通安全規定，並加襯墊將樹木固定確實，防止移動或脫落。
- 12.樹木吊掛上車時人員應進行警戒，協助調整樹木放置位置時，不可直接拉扯樹體本身或根球(土球)，應以繩索協助調整方向及位置，協助之作業人員不可位於樹體或操作桿下方，並應保持適當安全距離。
- 13.樹木高度若突出車輛載斗時，於樹梢末端應懸掛紅色警示布條或裝設警示燈號。
- 14.運送時應固定確實，防止樹體滾動，必要時須配置前導車及後警戒車輛並配置對講機等通訊設備，以排除障礙及緊急狀況應對。

(五)樹木移除安全注意事項

為預防意外事故的發生，執行樹木移除工作前，必須確實巡視工作環境，事前擬定完整的移除計畫，掌握所有可能會影響到工作過程的狀況，包括樹木本身與周邊環境。樹木本身的狀況包括樹形、傾斜角度、樹洞及腐朽等結構缺陷，環境則包含風向及風速、地勢起伏、人造設施或障礙物等，並依照計畫內容做好各項準備。必要時由攀樹師或利用作業機具將先樹冠枝條切除以調整樹木重心，減少樹木朝非預期方向倒下或發生彈跳及翻滾的機率。採用楔子或是利用牽引繩(Tagline)可進一步提升樹木伐倒過程的操控性。

工作過程中，負責操作牽引繩的人員必須站在樹高 1.5 倍以上的距離外，並與移除樹木者事先約定的明確的溝通方法(包含手勢或口令)，並事先計畫好撤離路徑。其他不直接參與移除工作的人員則須與樹木保持 2 倍樹高以上的距離。



圖 12-1、伐除樹木時，樹木預定傾倒方向的反向 45 度是首選的撤退路線。

移除樹木前，應先訂出樹木預定傾倒的方向，規劃撤退路線並清除地面障礙物，一般情況下，建議在樹木背後約 45 度的兩個方向清出撤退路線。當樹木開始傾倒時，工作人員隨即沿著事先規劃的路線撤離，並隨時面向樹木以應對突發狀況，不可背對樹木。樹木倒下過程中可能發生彈跳或往相反方向倒，因此移除樹木的過程中任何人都不可站在樹木的正後方。

切口(倒向口)與背切(背對著樹木倒下方向的橫鋸)應保持合適的高度，不可太過靠近地面，以確保操作鏈鋸的人員在切鋸過程中能採取穩定且安全的姿勢，並能夠靈活的移動位置及撤退。

切口有三種形式，包括夾角 70 度的開面切口、夾角 45 度的慣行切口以及洪堡切口。多年以來慣行切口一直被廣泛採用，而開面切口由於角度較大，在增加樹木傾倒過程中轉軸發揮作用的時間，近年來逐漸被越來越多樹木工作者採用。

切口深度原則上不可超出切鋸高度樹幹直徑的 $\frac{1}{3}$ ，並應避開腐朽及裂縫處，當切鋸切口時，需要確實掌握兩次切鋸的方向，避免角度錯位而造成切口不平整，或意外切斷轉軸的支撐纖維。轉軸的功能是靠著木材的纖維控制樹木的傾倒方向，因此必須具備強韌的纖維及適當的長度，這些纖維會在樹木倒下過程中發揮作用，並在切口閉合時斷裂，一般建議的轉軸長度為樹幹直徑的 80%。伐除中小徑木時，建議的轉軸厚度原則上是樹木直徑的 5-10%。進行背切時，須注意避免

切斷轉軸的纖維。

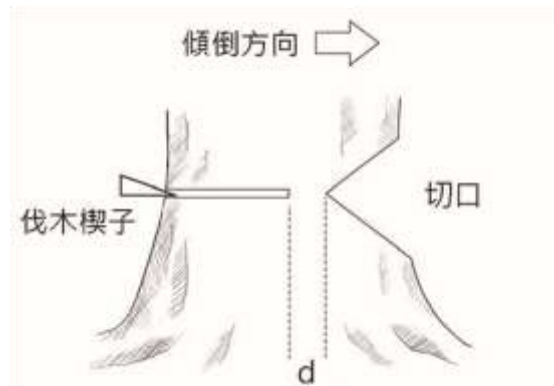


圖 12-2、轉軸的厚度(d)為樹幹直徑的 5~10%，夾角 70 度的開面切口是目前較常用的開口類型，將楔子放入背切的切縫中可引導樹木倒向正確方向。

上述建議的轉軸厚度必須根據實際作業狀況彈性調整。例如當攀樹者在樹上分段切除樹幹時，因直徑較小，樹幹直徑 10%厚的轉軸可能會太薄而無法提供足夠強度。對於樹徑較大的樹，轉軸厚度最好小於 10%樹木直徑。伐除直徑特別大的巨木時，則建議將轉軸厚度控制在樹木直徑的 5%以下。

採用慣行切口時，若背切的高度會切齊切口尖端，容易因操作不慎切斷過多的轉軸纖維，造成轉軸提前斷裂及樹木倒往反方向之危險。因此建議背切宜略高於切口尖端，藉此減少樹木倒往反方向的機會。採用開面切口時背切的高度則宜切齊切口尖端。有時，若樹木內部有腐朽或是生長的傾斜角度過大時，樹幹可能會在背切進行的途中從上方縱向開裂，進而擊中操作鏈鋸的人員，造成致命的危險。接受相當的訓練可減少該情況發生的機率。以具足夠強度綁帶或是樹木伐倒專用的鐵鏈捆綁切口上方的樹幹，可減少甚至防止縱裂發生的機會。

樹木伐倒過程中，利用楔子來輔助背切可用來提升人員對樹木伐除過程的

掌握度。楔子可以卡入背切縫當中，可防止樹木往相反方向傾斜而壓住背切口和在切口中的鏈鋸鏈條，亦可透過將楔子敲進背切縫來引導樹幹倒下。



圖 12-3、不同類型的伐木切口。

(六)樹木種植作業人員安全注意事項

- 1.種植時的安全注意事項包括作業人員安全防護設備、機械設備、吊掛作業等請參照移植作業注意事項。
- 2.種植後為避免樹木傾斜、倒伏而傷及行人、車輛或周邊之設施，應設置足以支撐樹體之支撐架。

(七)樹木用藥及防治作業人員安全注意事項

藥劑進入人體的途徑包括皮膚及眼口鼻，以藥劑防治時，相關操作人員包含配藥、裝填、施藥者皆應按照藥劑包裝上的相關說明穿戴必要防護具、並設置安全圍籬等阻隔設施及警示標語，避免無關人員接近。相關資訊可參考農業部農業藥物試驗所之「植物保護資訊系統」；防治作業人員安全注意事項如下：

- 1.藥物使用及操作人員須具備專業訓練並領有有效期限內之專業證照。
- 2.用藥前應先確認病蟲害種類，根據樹木大小及病害嚴重程度選擇合適防治藥物、劑量及濃度，遵守安全用藥步驟、說明及使用方法。
- 3.作業人員須具備完備的防護措施及設備；個人防護裝備包括：
 - (1)衣褲--穿著質料緊緻的寬鬆長袖上衣及長褲，若藥劑濃度高或毒性強時，應加穿雨衣或圍裙，上衣或外套下擺長度應過腰且不可紮入褲腰，或可選用

具有防水功能的拋棄式防護服。若使用背負式噴藥桶，背部與藥桶之間應以防水布(如雨衣)隔開。以避免藥液滲漏直接進入皮膚。

(2)手套--操作藥劑期間應全程配戴橡膠或乳膠手套且長度應蓋過手腕，棉布或皮質手套無法阻隔藥劑暴露，若施藥工作時手臂經常向下放置，衣袖應翻出製手套外，反之若手必須經常高舉，則手套應包覆衣袖，以避免藥劑流入接觸皮膚。若使用非拋棄式手套，每次使用後應完全洗淨。

(3)帽子--寬邊且防水的塑膠製帽子可提供較好的防護效果，避免使用草帽、棉布、皮革等會吸附藥劑之材質。

(4)鞋子--穿著長筒雨靴並把褲管置於靴外，以避免藥劑流入靴內。

(5)眼睛防護--護目鏡、面罩或全罩式的安全眼鏡可用來保護眼睛。

(6)呼吸道防護--呼吸道比皮膚更易吸附農藥，因此建議佩戴防毒面具或活性碳口罩，尤其是施用劇毒藥劑或於空氣不流通處用藥時。使用口罩作為防護用具時，每次皆需使用新品、不可重複使用。棉布口罩會吸附農藥，不建議使用。

4.藥時應注意風向，工作人員應處於上風處，若風力過大應立即停止噴灑，以免藥物擴散太大超過警戒範圍造成危險。使用農藥後應立即以清潔用品洗淨接觸部位，若農藥沾濕衣物，需立即換下，使用前後應檢查防護衣物及手套是否有破損，操作藥劑時的防護衣物不可與日常衣物一起清洗，需另外洗滌，且每次使用後皆需內外洗淨。護目鏡、面罩、防毒面具本體需以清潔劑及熱水內外洗淨，或浸泡於 500ppm 漂白水消毒。

施用前設立公告，施用後設立警戒線或防護圍籬等阻隔措施，避免人員或其他動物接觸。作業人員在使用藥品時或在完成清潔程序前，均不得飲食或吸菸。

所有藥品均應妥善明確標示，並存放於陰涼乾爽、空氣流通的地方，避免被陽光直接照射及受潮。在棄置藥品廢棄物時，亦應遵從核准的有害廢物處理

程序。

第四節、樹木工作人員安全守則

(一)個人安全防護裝備

- 1.頭部保護裝備(硬質安全帽或合格的頭盔)--以預防頭部遭受撞擊或異物刺傷。
經常在電導體附近樹木作業人員，必須穿戴認證過的抗高壓電的頭部保護器具。
- 2.反光背心--便於辨識作業人員的位置，提高注意力。
- 3.工作用手套--保護手部，避免被刺傷、割傷或接觸性的傷害。
- 4.鏈鋸防護褲--使用鏈鋸時皆必須穿著鍊鋸防護褲以保護腿部。鏈鋸防護褲的纖維能在接觸鍊條時絞住鋸齒讓鏈鋸減速甚至停下，有效減少鏈鋸帶來的傷害程度。
- 5.安全眼罩(護目鏡)--進行樹木工作時即便只是被一小根樹枝戳到眼睛，亦可能造成永久性的損傷，而鋸木屑與碎木塊對樹木工作者也是很大的威脅；護目鏡周圍應盡可能貼合面部以發揮防護效果，有些護目鏡也有防紫外線的功能。
- 6.聽覺保護裝置(耳罩)--聽力保護對於長期曝露在噪音機械旁的工作者而言是必要的。樹木工作者經常使用鏈鋸和碎木機，因此在操作時務必配戴聽力保護，選用符合適當抗噪音標準的耳罩或耳塞。
- 7.安全背帶--樹上工作人員的安全帶必須為背負式安全帶，包含大腿固定帶而且可以提供最佳的保護。
- 8.工具佩掛腰帶及工具袋--避免作業人員被自己的手工具刺傷割傷或工具掉落造成其他人員的傷害。

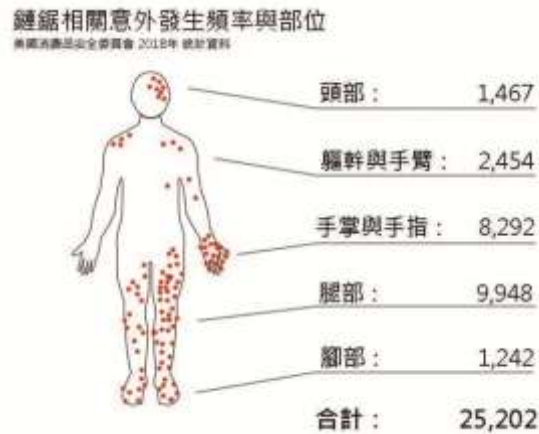


圖 12-4、鏈鋸相關意外最常發生在左手手掌及腿部，雙手持鋸及穿著鏈鋸褲可有效降低意外發生機率。

(二)工具使用安全

1.鏈鋸--是樹木工作產業中最危險的工具，同時也是最常被使用的工具之一。

使用鏈鋸修剪或移除樹木省下大量的勞力及時間，但是必須搭配完善的保護措施，以確保作業人員的安全：

(1)操作鏈鋸，皆需要受過適當的訓練並遵守安全程序。

(2)鏈鋸操作人員應遵循製造商的操作說明書與保養手冊。

(3)操作鏈鋸需要的個人保護設備包括合格安全帽或合格的攀爬頭盔、工作靴、護目鏡、以及耳罩，並適時配戴腿部防護。

(4)操作者在啟動鏈鋸時必須有安全的立足點，操作區必須淨空、遠離雜物。

(5)在啟動鏈鋸前，鏈鋸的制動裝置(煞車)應該鎖上。

(6)大型的鏈鋸必須盡可能放置於地面啟動，否則就必須在啟動前先確實固定好，絕對不可用單手啟動鏈鋸。

(7)操作鏈鋸時，雙手必須分別抓穩兩處的把手，左手拇指環扣住頂部把手，以進行垂直切割。

(8)根據鏈鋸的設計，操作者應將鏈鋸置於自身的右前方，以左手握住前把手，

以右手操作油門把手，並以右腿抵住鏈鋸後方，儘可能將鏈鋸引擎貼近身體以保持姿勢穩定、提升操控性並減少肌肉的疲勞。

(9)操作鏈鋸時，持鏈鋸者必須隨時留意周遭人員的活動。所有人員皆應避免從鏈鋸操作者的背後接近。若工作現場有同時有兩名以上人員須操作鏈鋸，兩人必須保持 3 公尺以上的間隔距離，以策安全。

(10)如當人員需要攜帶鏈鋸行走兩步以上，或將其中一隻手離開引擎運轉或電源啟動中的鏈鋸時，必須將鏈鋸的煞車制動器鎖上。攜行鏈鋸時維持導板向後，可確保不慎跌倒時不會接觸到尖銳部分而造成傷害。操作人員的手必須離開油門閘。

(11)補充油料或是清潔及調整鏈鋸前，必須先將引擎停止或關閉電源。

(12)鏈鋸操作人員應了解鏈鋸的反作用力。在使用鏈鋸導板的下半部進行切割時，運轉中的鏈條會產生將操作者拉向切鋸對象；而在使用鏈鋸導板的上半部進行切割時，則會將操作者推離切鋸對象。使用導板前端上半部的扇形部分進行切鋸時，容易發生彈鋸而造成意外傷害。因彈鋸造成的回彈速度非常人所能反應，操作過程應隨時保持謹慎並盡可能避免該扇形範圍接觸到樹木或其他物體。

(13)為避免彈鋸，操作人員應保持姿勢穩定並以雙手抓穩鏈鋸把手。

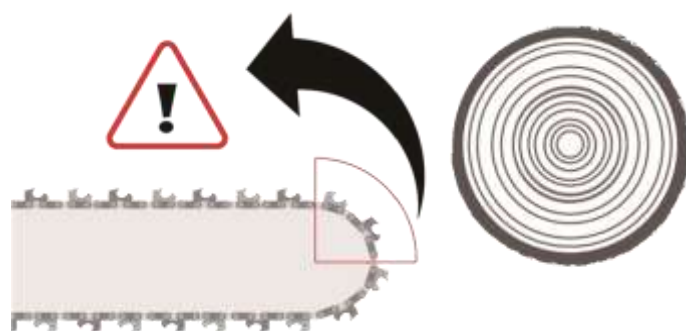


圖 12-5、彈鋸是常見的鏈鋸傷害，經常發生在當鏈鋸頂部(紅色扇形區域)接觸到木頭或者其它物體時。

2.手工具—包括電動剪定鋏、高枝剪、高枝鋸、剪定鋏等手持工具：

(1)依照枝條的粗細、位置、修剪方式選擇適用的手工具。

(2)保持適當舒適的位置、姿勢進行作業。

(3)作業範圍內應與其他工作人員保持適當距離。

(4)樹木作業時，手鋸或剪定鋏不使用時，應置放於工具腰袋內，並收拾妥當，放入護套，摺疊鋸應回復摺疊位置，並確定卡榫已有固定。

(5)若有零件或卡榫故障，應做修復或更換零件，不可勉強使用。

3.碎木機：

碎木機是相當危險的機器。操作前須接受適當的訓練並遵守安全規定。操作人員必須了解如何啟動碎木機、進料操作、日常檢查與保養維護、牽引程序及潛在安全危害等。碎木機的所有操作指示與警告標示應按照相關規定張貼在機身顯眼處。操作人員應配戴合適的個人防護設備。操作碎木機時禁止穿戴寬鬆衣物、珠寶、攀樹座帶、安全短繩、身上的腰帶及長型手套，因為它們可能會勾到樹枝而把操作人員拉入機器中。

操作碎木機時，人員應從進料台的側邊放入枝條，人員身體的任何部位皆不可探入進料口的邊緣，枝條放入後人員應立即離開機器。短小的枝條可利用其他較長的枝條推入進料口，若枝條兩端粗細不同，應從粗的一端送入。應避免石頭、繩索或其他異物進入碎木機，以避免刀刃受損或異物從機器彈飛出來而造成意外。

操作者應配備耳罩，以保護耳朵，避免聽力受損。且操作者應熟知緊急停止鍵位置，於緊急情況發生時立即操作，以維護安全。

(三)樹木工作安全守則

如果需要在對安全 and 健康有威脅的地方工作，要確保各工作人員有適當的個人安全裝備和提供適合的訓練，要確保個人安全裝備是在良好的狀態、功能和有妥善的維修，個人安全裝備不能夠提供百分之百的保護功能，安全的工作習慣

及適當的訓練是無可代替的。最壞的事情莫過於操作員以為配戴各類型的個人安全設備後是不會受傷害，而忽視其他安全守則。

1.一般安全：

- (1)執行倒樹工作的人員需要對倒樹和鋸樹等工作有足夠經驗和能力。
- (2)需穿戴安全帽，護耳罩，防電鋸手套，足部保護設備，防電鋸鞋及急救包。
- (3)不要在風吹倒樹下或樹根底部穿越或工作。
- (4)避免沿著倒樹的樹幹行走。
- (5)評估現場環境和訂出危險項目，並確認倒樹下方是否有其他物品。
- (6)處理倒樹工作最理想處理方式由樹木底部開始至樹木頂部。
- (7)在斜坡工作要在坡底部做起。檢查所有輔助工具包括拉力器並確保可供隨時使用。
- (8)若有電線在現場上方，要保持兩倍樹高的距離。在沒有聯絡電力公司前，不要在範圍內工作。
- (9)樹木伐倒過程中任何人都不應站在樹的正後面。進行背切的工作人員應該計畫好撤離路徑(樹木預計倒塌的反方向的側邊 45 度)。

2.工作安全：

- (1)確定所有工作人員完全明白工作項目及細節。
- (2)當樹木伐倒或切除傾斜和斷枝時，確保其他人員不在兩倍樹高的範圍內。而主管或監督人員可縮減其距離。
- (3)採取一個穩固和平衡的姿勢，樹木切口與背切(指背對著樹木倒下方向的橫鋸)必須距地面夠高，以便鏈鋸操作人員能夠以安全、穩定的姿態控制鏈鋸進行切割，並能夠自由進退。
- (4)斷樹安全：鏈鋸絕對不可以在高於肩膀以上的位置操作。
- (5)當切鋸的枝條或主幹接近斷裂時，要關閉開關或調整到安全固定裝置位置。
- (6)保持暢通的工作空間及當有倒樹壓著小樹時要小心檢查情況。要在消除壓

力和張力後才處理大樹。

(7)選擇和保持逃生路線的暢通。

(8)小心枯木及不穩固的樹幹，包括要處理的樹木和鄰近的樹等。

(9)其它物件或壓力對樹幹構成移動時造成的危險要保持警覺。

(10)確保切口要儘量接近樹幹底部。

(11)若樹根底部懸空，在切割前要固定它的位置。

(12)樹幹鋸完後，樹根部份要儘量回復穩固位置。

(13)當樹枝彎曲時要找出受壓和張力點。經常記著很小的樹枝也會造成巨大的力度。

a.先要切除冠頂枝條以減輕樹冠的重量，或利用拉力器拉離折斷部份。

b.可利用一般倒樹技巧將直立的樹幹先行鋸倒，如果斷了的樹冠仍然還掛在樹上，要在九十度方向做倒樹處理。

第五節、高空作業安全管理

(資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所)

歷年來國內重大職業災害以墜落災害為首位，每年罹災人數皆佔總死亡人數 50%以上，其中高處作業更是常見發生墜落之處，究其原因，未有適當之防墜設施及安全管理不良常是造成墜落災害主因，近來為因應施工便利及安全考量，多利用高空工作車從事樹木修剪保護作業，作業場所亦從住家、工廠、機關、學校、道路及公園綠地遍及有樹木種植生長之場域，造成工作安全與公共安全息息相關，且其災害除了墜落災害更擴及至翻倒、被夾、感電等，因此如何落實高空工作車之作業安全管理，實是使用高空工作車一個重要的課題：

(一)高空作業車安全作業應注意之事項

高空工作車主要用於搭載人員於高處進行作業，是相較於梯子、吊籠等更為安全之懸空作業設備。然而，若使用方式不當，高空作業車之危險性仍不下於其

他機械設備，亦可能導致嚴重的傷亡事故。國內使用高空工作車進行各項作業時，常見的職災類型有兩種：

- 1.操作人員不熟悉工作車的組裝或操作方法，雇主又未事先告知標準作業流程或提供說明文件，造成操作錯誤而致發生危險。
- 2.現場未設置地面指揮人員，而操作人員又疏於觀察周圍環境，以致在移動工作台時撞及空中障礙物而發生意外。
- 3.操作人員必須具備「高空工作車操作人員特殊安全衛生教育訓練」相關證照，方可操作高空工作車進行各項高空作業。

(二)安全作業應注意之事項

- 1.事前應訂定高空工作車作業計畫且使作業勞工周知；作業區應以警示帶或三角錐區隔，且現場須安排監督人員負責指揮協調及採取相關之安全衛生措施。
- 2.應使用符合國家標準 CNS 標準的高空工作車，並定期進行維修保養，以維持工作車之性能及安全；透過租賃市場租借高空工作車時亦應注意是否為合格車輛，並請出租廠商提供維修保養紀錄。
- 3.不可使用高空工作車進行吊掛作業；作業人員若需攜帶輔助工具，則應將工具裝箱並將工具箱固定於工作台，且須注意工具箱與人員之總重量不可超過高空工作車的載重限制，尤其是進行拆卸作業時，更須特別留意拆卸物品是否有造成工作台超載之虞。
- 4.應使作業人員接受高空工作車作業教育訓練，並隨車提供操作說明文件或張貼標準作業流程供勞工作業時參考。
- 5.應提供背負式安全帶及安全帽，並設置安全母索或錨定點供安全帶勾掛。勞工進行高空工作車作業時，應確實穿戴背負式安全帶、安全帽。並將安全帶掛勾於工作台之安全母索或錨定點上。
- 6.作業人員開始作業前，首先應確認高空工作車之裝置是否皆能正常運作，應仔細觀察作業空間的狀況，包含：地面、牆面及空中的結構。

- 7.操作桿及緊急制動裝置周圍必須淨空，以免妨礙操作而造成危險。
- 8.操作人員應事先閱讀該次作業使用之高空工作車操作說明文件，若有不清楚之處，應諮詢雇主、出租商或製造商之意見，切忌直接將其他車輛或車種之操作經驗應用於高空工作車上。
- 9.車輛式高空工作車走動時建議先將工作台收起，到達定點後再將工作台舉升至作業點；移動車輛或工作台時，皆應與周圍障礙物保持安全距離，並隨時注意前進方向是否有障礙物。
- 10.不可將雙手過度伸出工作台外以免重心不穩而發生危險，更不可攀附在工作台外作業，並禁止在工作台上加設梯子或木板等意圖增加作業高度。

(三)高空工作車作業災害預防

1.墜落危害：

不安全行為、機械故障及操作不慎為造成人員自工作台墜落之三大主因：

(1)常見之不安全有兩種情形：

- a.作業高度不足或範圍受限，使得人員站立於工作台欄杆上或身體過度延伸於欄杆外作業、亦有於工作台上使用梯子或加裝板料等方式增加作業高度，極易造成墜落災害。
- b.將高空工作車作為升降機使用，升至目的地後攀登欄杆離開工作台，在攀登及離開之過程中，身軀暴露於墜落危險狀況中，稍有不慎便易發生墜落事故。
- c.避免此等不安全行為發生，應於作業前擬定作業計畫，選擇適宜之機種，作業時確實戴用安全帶並指派專人指揮監督，如需上下通行，應另置其他安全之上下設備如施工架，嚴格禁止人員攀登進出工作台。

(2)機械故障造成危害之情形：工作台於升降過程中發生機械故障（如油壓裝置失效）時常會將人員自工作台拋出，平時應依規定實施定期檢查與保養及作業前檢查，作業時全程使用背負式安全帶，降低被拋墜落之危害。

(3)操作不慎引發之墜落情形：a.常發生於鄰近構造物作業，因操作工作台時突然上升或下降時，易撞及構造物，造成工作台傾斜及拋擲作用而發生墜落，防範此類狀況除確實使用安全帶外，仍應加強人員專業訓練，以提高操作技能與熟練度。

a.不正常使用高空工作車亦會造成人員墜落，如作起重設備或拖拉物件時，一旦物件突然脫離，易使伸臂急遽反彈而發生人員被拋事故，應確實告知及監督勞工遵守製造廠商所訂作業安全規範。

b.防止高空工作車墜落危害最重要之防護措施。

(a)工作台上之作業人員須佩帶背負式安全帶。

(b)一般常見將安全帶繫掛於工作台欄杆上，發生墜落時恐會影響車輛安定性，亦違反製造商所設計及指定繫掛點。

(c)安全帶掛繩之長度亦須考量，掛繩太長於發生墜落時易產生擺動而使身軀撞及車體或臨近構造物，造成傷害。

(d)從事高空工作作業應慎選合宜安全帶及確實使用製造廠商所指定之工作台安全帶專用繫掛點。

2.翻倒危害：

高空工作車發生翻倒或傾倒，不僅會造成車體毀損，同時亦會對人員產生嚴重傷害或甚至死亡，其主要原因如下：

(1)地面狀況不良：

a.於鬆軟地層、不平坦地面、坑洞、開口、斜坡、地面雜物及鄰近開挖面等作業皆易造成車體翻倒。

b.設置於開口上之護蓋，如護蓋強度無法支撐工作車重量時，當工作車行經護蓋便可能發生沉陷而傾倒。

c.為防止地面狀況不良而造成工作車翻倒，應於作業前妥善處理地面狀況及作業時由專人指揮監督，確保工作車位於水平、堅實、和平坦的地面上作業，

防止翻倒危險。

(2)設備缺陷--高空工作車主體結構出現問題或安全裝置失效時，亦會造成車體翻倒。

a.連接轉盤與底盤之螺栓鬆脫，導致上部結構脫離底盤而傾倒。

b.傾斜制動裝置失效，致無法制動超過製造廠商所允許傾斜角度之工作台升舉、旋轉而易造成車體翻倒。

c.為防止設備缺陷引發之車體翻倒，應定期依法規規範及製造廠商所定項目檢查與保養，尤其每日作業前更應就其相關制動裝置、操作裝置及作業裝置之性能實施檢點。

(3)未使用外伸撐座

a.外伸撐座未伸出而伸臂角度過大時，極易造成工作車翻倒，因此作業時應將外伸撐腳、穩定腳架、可延伸式輪軸、搖擺式輪軸等外伸撐座確實伸出，並採取防止地盤不均勻沉陷、路肩之崩塌等必要措施。

b.吊車於作業外伸撐座之支撐腳，支撐地面時應墊鐵板，以免支撐腳陷入地面造成危險。

(4)負荷過重：

工作台上的人員、機具和物料如超過製造廠商所定之安全荷重，亦會影響工作車之安定度而造成車體翻倒，作業前應確認製造廠商規定之安全度及最大使用荷重，作業時指揮監督人員應隨時監督作業人員不得超過高空工作車之積載荷重及能力。

(5)車輛碰撞：

a.於使用道路作業及有移動式起重機作業之工作場所，常發生突入車輛、起重吊臂撞及高空工作車，造成車體翻倒，對有車輛出入之工作場所作業時應設置警戒標示及交通引導人員，防止車輛碰撞；對兼有移動式起重機作業之工作場所，則應協調使用上之安全措施，避免互相影響造成碰撞危險。

b.移動式起重機於作業後要移到下一個作業點，必須要將吊臂及外伸撐座收回再行移動，以免碰撞到其他車輛、建築物、樹木或工作人員。

(6)不正常使用：

將高空工作車兼作起重設備或以繩索拖拉物件，會影響工作車的穩定，易造成翻倒，應確實監督作業人員不得使高空工作車供為主要用途以外之用途。

(7)惡劣氣候：

強風、大雨等惡劣氣候下可能危及高空工作車工作台的穩定性，對人員安全亦構成危害，應隨時注意當地有關之氣象預報及不得超過製造商所定的最高容許風速。

3.被撞危害：

高空工作車操作範圍內如未作好管制措施，則易造成車體或其他人員被撞事件，因此應設置管制區，以防止與作業無關之人員或機具進入，當降下工作台或旋轉車體時須確認無任何地面人員靠近，於室內場所行駛時亦應設置引導人員，依所定信號引導高空工作車，另在公共場所作業，須妥善規劃工作區域及行人通路，並指派專人指揮，維護公共之安全。

4.被夾危害：

此類災害常發生作業人員身軀被夾於工作台與構造物間（如樹幹、牆壁、鋼構、管架、機械設備等），主要原因在於未注意周遭環境、方向辨認錯誤、同時操作工作台與其他工作、誤觸作業裝置致工作台突然移動等，為防止被夾危害應加強作業人員安全作業規範訓練、設置指揮監督人員及誤操作保護裝置。另從事高空工作車之修理、工作台之裝設或拆卸作業時，亦常發生作業人員被夾於工作台與車體之間，對此種作業應訂定作業標準程序、設置安全支柱或安全塊、並指派專人指揮監督。

5.感電危害：

於架空電線或電氣機具電路之接近場所使用高空工作車作業，易因接觸或

接近該電路而引起感電事故，對此作業須與帶電體保持規定之接近界限距離外，並應設置護圍、或於該電路四周裝置絕緣用防護裝備等設備。

表 12-1、地面狀況與應採安全措施

地面狀況	安全措施
鬆軟地層	夯實緊密並鋪適當材質墊板
不平坦地面	地面平整化
坑洞	填平
開口	障礙限制及專人指揮
斜坡	依製造商規定之斜度作業、使用輪擋及制動裝置
鄰近開挖面	加強擋土措施及專人監視土質狀況
地面雜物	整理整頓
護蓋	應具有能使車輛安全通過之強度

第六節、樹木工作職災案例

(一)2019 年 08 月 08 日下午 11：48

利奇馬颱風入夜後風雨加劇，為了做好防災準備，台北市萬華一名男子，8 日晚間七點多在家門口鋸樹，疑似重心不穩踩滑，從好幾公尺高的樹上跌落，頭部重創，當場失去生命跡象，幸好急救後撿回一命。

(二)2018 年 12 月 14 日

田中鎮中山街樹長太高要鋸掉男子慘遭大樹「夾擊」。

(三)2018 年 08 月 01 日

臺中潭子 1 棟別墅庭園傍晚發生園藝工人在鋸樹時不慎遭樹幹壓死的意外。

(四)2018 年 03 月 14 日

桃園龜山一名 32 歲的林姓工人幫地主鋸樹，沒想到一棵將近 4 米高的樹，

竟倒向路中央，當場砸中一名 61 歲的機車騎士。

(五)2019 年 09 月 20 日下午 12：50

工人修剪樹木跌落慘遭樹幹砸頭壓死。

(六)2008 年 06 月 12 日

剪路樹扯斷電桿砸死女工，疑電桿老舊腐蝕剪樹工人送辦。

(七)2015 年 11 月 09 日

高市永安工業區 35 歲印尼籍男外勞，昨在距離 11,000 伏特高壓電纜線不到 1 公尺處修剪樹木，他才舉起鋸子，就「碰」的一聲遭高壓電電昏，人就卡在 6 公尺高的樹上，手上還緊握鋸子，景象怵目驚心，消防人員出動雲梯車將人救出送醫，仍因傷重不治。

(八)2016 年 06 月 01 日

熱心里長鋸樹，操作機械手臂碰到，高壓電導入全身焦黑亡。

第七節、樹木工作人員災害緊急應變

(一)緊急應變流程

- 1.呼叫支援：正確傳達地點、受傷人員數量及狀況。
- 2.評估傷者狀況並進行必要處置。
- 3.必要時由接受過專業訓練者進行急救，如 CPR、固定傷處、樹上拯救。

(二)緊急應變流程(如下圖 12-6)

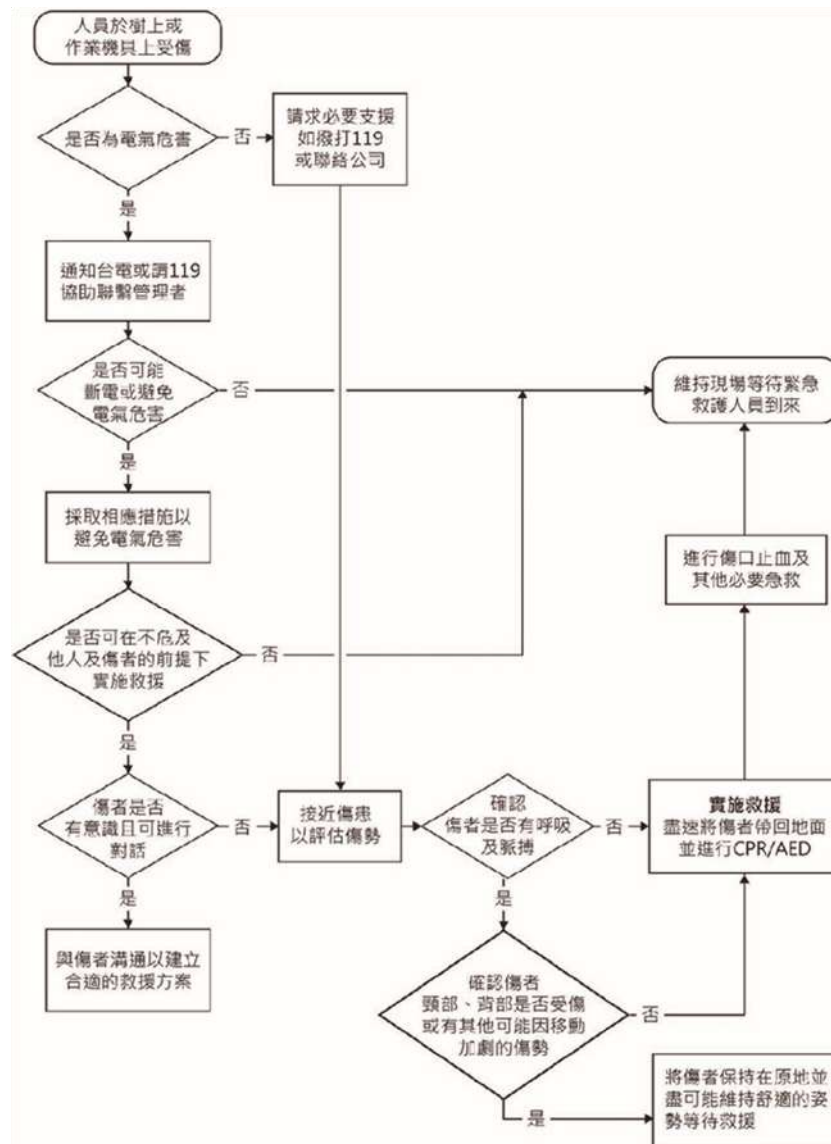


圖 12-6、樹木工作人員急救流程。

第八節、參考資料法規

(一)現行法規

- 1.職業安全衛生法
- 2.移動梯及合梯作業安全檢查重點及注意事項
- 3.起重升降機具安全規則(移動式起重機之安全管理、吊籠之安全管理)
- 4.吊籠安全檢查構造標準
- 5.勞工安全衛生教育訓練規則

6.勞工安全衛生設施規則

7.高架作業勞工保護措施標準

8.高空工作車作業安全管理

9.加強公共工程職業安全衛生管理作業要點

10.營造業安全衛生自主管理作業手冊

11.勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法

(二)中華民國景觀工程商業同業公會全國聯合會編撰之《樹木移植種植技術規則》

(三)農業部農業藥物試驗所之「植物保護資訊系統」

樹木保護專業人員教材

【中級】

第十三章 樹木保護措施與施工

陳鴻楷 / 呂學義



專業科目

第十三章 樹木保護措施與施工

第一節、保護目的與目標

(一)何為樹木需要保護措施？重要性為何？

當工程開發碰到基地上既有的樹木時，建築行為時常不經意造成鄰樹無法彌補的損害，樹皮挫傷、枝條拗折、廢棄物堆置、廢水傾倒等等，皆會影響樹木的健全與壽命，一旦受傷會需要長期的癒合時間，或是產生永久性的傷害，面對樹木受傷後的改善處理方式，能做的有限，所以最容易有效的方式即是在前期流程設定加入保護措施，並且落實保護行為，避免樹木在工程施工中導致傷害。

依據樹木所在的不同環境，應針對周圍房屋與樹木的關係位置、樹木種類特性、樹體大小和健康狀態進行評估，盡可能預想未來工程與樹木的關係，以此提出合適的專業的建議放入受保護樹木保護計畫及移植與復育計畫、設計及施工規範中，將可能因為施工造成的樹木傷害降到最低，以維持樹木的健康、安全與美觀。

保護的目的在於為保護健康、結構和型態良好的樹木，並確保具備良好的生長環境，因此須考量在建築行為發生之後，未來樹木的生長要素是否受到衝擊，包含：日照、水分、土壤基盤、風勢、氣溫等。

以此為判斷採取何種保護方式：

1.現況保留保護

通常受保護樹木以現況保留保護為原則，當周圍環境條件無過多改變時，應考慮其根系和樹冠的功能性，劃設樹木保護範圍(Tree Protection Zone, TPZ)以確保工程行為不會影響樹木。若其中的生長要素預期會受到影響時，則須提出因應策略。例如：周圍地形高程改變，需注意整體排水，預留排水系統，避免樹木泡水，同時劃設適當的樹木保護範圍。

2.移植保護

當生長要素受到衝擊，且評估在未來十年、二十年的長時間中將逐漸衰弱時，應考量更良好的場域進行移植保護。例如：建案工程預計在一株陽性樹種（例如：樟樹）的南側興建高層建築，即使已保留適當距離，仍將嚴重影響日照時數，另外因植穴範圍縮小、大樓風變強等影響之下，應考量移植至更好的生長環境。

第二節、施工前的評估及規劃作業

(一)樹木調查與評估

設計前要先進行基地內既有的樹木調查與評估，判斷哪些樹木可以被保留或需要移植、移除。一般礙於經費、預算與實際基地面積的考量，要將全部的樹木保留下來幾乎是難以辦到的，因此需依照樹木的健康狀況、大小、樹齡、仍可存活的年限、樹種、所在的位置...等來進行樹木評估，同時也需了解各縣市政府相關的樹木條例或規定。

被保留下來的樹一定要經過審慎的評估，以確保在工程期間及施工後可以存活下來，並可適應新環境及融入當地的景觀。樹木能否被保留下來，專業的樹木顧問扮演著非常重要的角色，在設計階段就必須參與、進行全方位的考量。前期的評估，若保留下具安全風險的樹木(如：結構不安全、健康狀況不佳...等)，未來所浪費的時間和金錢是非常可觀的。評估樹木的健康程度、樹木的結構、樹齡、可存活的年限及樹種是非常重要的指標，目前雖然沒有量化的標準，但最終的判定可簡易區分其保留適合性，如：適合保留、可改善後保留或是應淘汰移除的樹木。保留下的樹木，可以是一整群樹木，或是單獨的獨立樹木。通常具有指標性被保留下來的獨立樹，必須考量其是否有完整的樹冠、良好的樹幹尖削(Taper)及分枝結構、樹種、樹齡、未來可存活的年限...等，這些都是非常重要的評估依據。



圖 13-1、樹木顧問設計初期須參與並提出評估建議。

(二)規劃設計與施工計畫

樹木調查的詳盡程度對於規畫設計及後續施工計劃上至關重要，影響開發區域的相關決定。在規劃階段涉及基地評估，其中土地、樹木和建築土木需求都被評估和定義，緊鄰工地可能受到施工行為影響的樹木也應一併考量，避免對樹木造成損害。

在設計階段，進一步發展細部圖說時，應考慮樹木之於結構的位置，以確保樹木有足夠的生長空間，並在施工期間得到充分保護。此外設計階段應重視樹木的生長環境，考量樹木冠層和根系的生長空間、微氣候條件等長期影響因素。並以盡可能減少施工帶來的影響，並確保樹木隨著時間的推移健康生長。如果被保留的是一棵年輕的樹，務必預設其於 10 年後會長多大及所需的生長條件，規劃及預留未來的生長空間與保護範圍。

通常，規劃階段容易忽略幼年樹或年輕的樹未來所需的生長空間，若基地內碰到年輕的樹，應預想未來生長所需的空間，並於施工階段圍設保護被劃定的保護區域，以避免造成土壤夯實、埋入管線或設施，造成不良的後遺症。

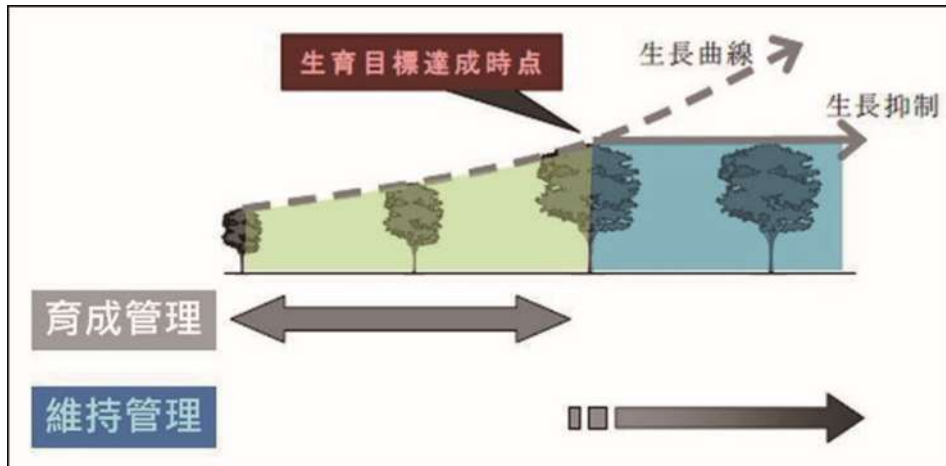


圖 13-2、預留植物未來生長的空間。(圖片來源：緑豊かな街路樹を育てる街路樹植栽基盤整備マニュアル,平成 19 年)



圖 13-3、2019 年 04 月於大安森林公園內種植之大漁櫻(左圖)已預先規劃並保護其未來生長所需空間。右圖為 2021 年 07 月之生長情形。

(三)參考各地的樹木保護規範

設計之前應參考內政部頒佈的設計規範，另外，各縣市對樹木保護工程規範略有不同，尤其對於市區內的道路及附屬工程設計(例如行道樹)皆有所區分。因此，施工前必須詳細了解各縣市樹木保護工程規範相關規定。

(四)劃設樹木保護範圍

「樹木保護範圍」(Tree Protection Zone, TPZ)為樹木維持生存所需的根量生

長的範圍，在這個區域中須優先保護根及土壤基盤。常見劃定範圍的方法如下：

1. 「滴水線法」：

即樹冠滴水線定義為保護範圍邊界，滴水線以內的整個區域，但在生育地良好的空間，滴水線下方應該是根毛分布最旺盛的區塊，因此需再外推一定的距離較為保險，以臺北市為例則規範需外推三公尺，作為保護範圍。

2. 「樹徑法」：

至少應以樹幹胸徑乘以 5 倍以上作為半徑來定義保護區域。然而當基地空間不足夠時，則可適度調整保護範圍。

一般劃定保護範圍多使用「滴水線法」，而對於狹窄樹冠的樹木，「樹高法」則較為合適，「樹徑法」則適用於傾斜或不規則生長的樹木。如果基地空間允許，使用愈大的區域範圍愈佳，因為自然的樹木根系生長範圍通常超過滴水線，若整體基盤環境都能受到保護，會是最好的情況。然而當基地空間不足夠時，則需根據以下面向調整或堅持保護範圍：

- 1.活力度與健康度：

對於活力度或健康度較差的樹木，必須增加保護範圍。

- 2.樹種：

將不同樹種對於傷害的敏感度及忍受度區分為低、中、高，來劃定樹木保護範圍，對傷害敏感度越高、工程耐受性低的樹木需給予較大的保護範圍。

- 3.樹齡：

確認樹木屬於年輕樹、中壯年樹、成熟樹或已進入衰老期的樹木，年齡較大的樹木須要提供較大的保護範圍。

- 4.其他外在條件：

是否為敏感生態的棲息地、是否為瀕臨保護的樹種、是否具人文歷史及文化代表性之珍貴樹木...等，必須劃設適當的範圍保護之。

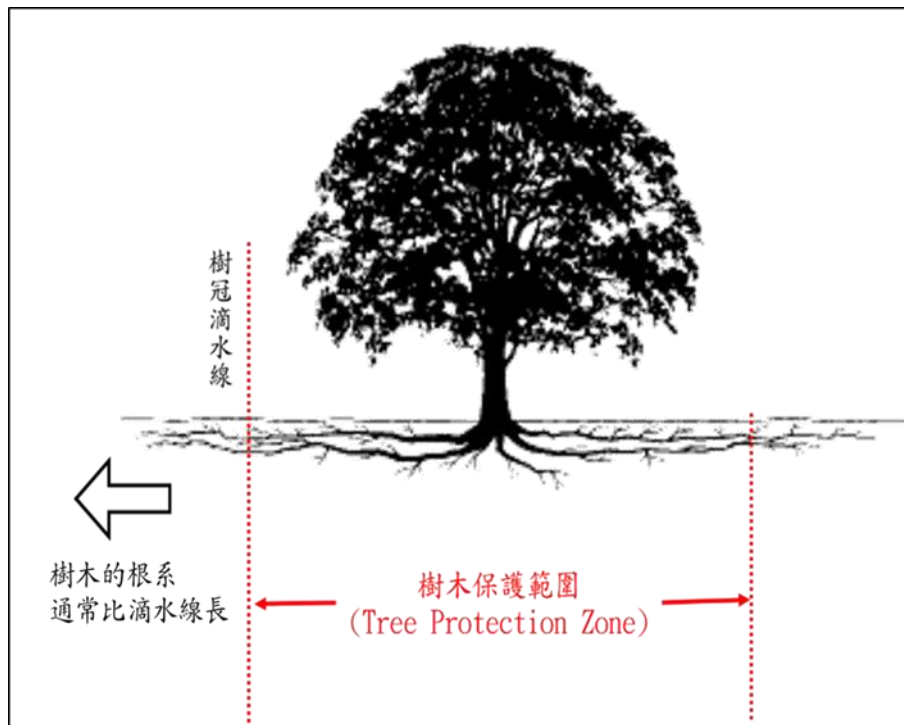


圖 13-4、樹木保護範圍。

(五)樹木保護範圍的相關規範

在初期設計規劃中，就預先保留充足的樹木生長空間，在設計階段預防性的保護，將比施工中受到傷害後再採取搶救措施來得更有效。在保護範圍內應明訂禁止的工程事項如：挖掘、堆放雜物及傾倒水泥...等，提供設計團隊相關樹木保護知識及規範。

樹木保護範圍除了地上部明確的樹幹與枝葉範圍，地下部根系是最容易被忽視的，且根系一旦受傷，不僅會大大影響水分及無機鹽的吸收，造成樹木枝條葉片枯萎、樹勢衰退，更嚴重者危害到主要結構根區範圍時，甚至會影響樹木的結構穩定性而產生安全性的疑慮。

工程開發時，最簡單的方式是用圍籬將根系主要的範圍圍設保護，在保護範圍內禁止任何工程行為，但考量到工區內基地受限等現實問題，樹木保護範圍難以用最理想化的方式規劃，因此需要專業者協助討論合適的範圍劃定及保護措施。

一旦被劃定的樹木保護範圍，其範圍內禁止任何機具及車輛進入、不可儲藏或堆置機具設備、傾倒任何的廢棄物、廢水或任何液體，或者改變任何的高程。因此，樹木保護規範須具備以下項目：

- 1.明確標示樹木的所在地，並訂出樹木的保護範圍。
- 2.樹木的保護範圍內嚴禁任何機具進出，避免壓實及影響根區範圍。
- 3.樹木的保護範圍內必須摒除所有的管線設施。
- 4.樹木的保護範圍內禁止堆放任何的器具、材料或垃圾。
- 5.樹木保護範圍內不可挖洞、挖溝、夯實或其他擾動土壤的動作。
- 6.樹木保護範圍內禁止傾倒任何的化學物質，尤其工地中最常見的洗滌混凝土車及建築物外觀的液體，須嚴禁流向樹木保護區範圍內。
- 7.保護區的基地範圍內必須要有澆水的設備，方便澆灌與清洗。



圖 13-5、樹木保護範圍內堆放機具、材料，導致樹木受傷，樹木保護範圍內不可進行挖掘埋設工程。

(六)圖面判讀與評估

規劃設計圖面上可以了解未來的工程如何進行，透過研讀圖面判斷是否對樹木造成傷害與影響，因此必須掌握以下內容資訊：

- 1.從開發計畫來判斷其設計是否會傷害樹木？

- 2.瞭解整地排水計劃。
- 3.瞭解景觀工程中的植栽給水計劃。
- 4.地下管線計劃。
- 5.相關施工計劃及相關文件。如周邊鋪面施工計畫、照明施工計畫。
- 6.詳讀周邊平面圖及剖面圖、周邊設施施工大樣圖/詳圖。

研讀上述資訊後可預想工程開發可能為樹木帶來哪些影響：

- 1.修剪：依照建築的配置，瞭解將來樹木可能必須進行修剪。
- 2.高程的改變：依照建築或管溝的位置，瞭解樹木的高程可能改變。
- 3.土壤結構的改變：樹木周遭可能進行夯實、移除土壤、降低高程或者填入土壤。
- 4.新增道路或鋪面。
- 5.工程開挖造成基地內水文的改變。如：地表逕流水的改變、因工程施工造成地下水文的改變、周邊新增的小溪流、附近溪流的改道改變水文的流向。
- 6.土水分補充的改變：土木建築設施可能造成原本注入基地的水改變流向。
- 7.原本緊鄰的樹木或建築物被移除後增加樹木的暴露度。
- 8.周邊的樹木被砍伐所造成的改變，將影響周邊水土保持的功能。

評估工程對於樹木造成的衝擊反應：

- 1.樹木是否能存活？是否為樹木帶來具長時間累積的衝擊和影響？

生長要素是否受到嚴重衝擊或改變，包含：日照、水分、土壤基盤、風勢、氣溫等，都直接影響樹木存活條件。通常樹木存活的關鍵在於新根的生長能力，在受傷後復原的過程中，有無水分逆境亦會影響根系的生長。有時為短時間內不易察覺，然而長時間累積卻會導致樹勢衰弱的因素，也需要審慎評估。

- 2.樹木的結構是否被改變？

是否需要大範圍修剪、或是經判斷具斷落風險的結構枝修剪的可能，都是樹木結構面臨改變的情況。除非具有安全上的風險，否則應禁止改變樹木結構，非

不得已要修剪時，需考量到過大的傷口使得樹木需要長時間癒合，此時合適的生長環境便相當重要。

對於這些的反應，最重要的還是樹木健康及年紀等條件。這些項目很難被量化對樹木所造成的影響，因此樹木顧問必須秉持對樹木的專業知識及對工程整體規劃的了解，事先提出如何做好樹木保護及專業的建議。如果透過這些評估得知樹木未來可能造成極大的傷害或影響，必須建議設計單位重新設計，或者只能將樹移除。



圖 13-6、施工中造成的傷害隨著時間累積，不但無法完全癒合，反而逐漸腐朽空洞。

第三節、工程中常見造成樹木的傷害

樹木一旦受傷，即使採取補救措施也可能難以復原，甚至衰敗死亡，因此樹木保護的重點在於規劃完善的預防保護措施。施工中應落實施工計畫書，依規定進行保護作業，即使前期嚴格規範，施工過程仍可能因設計變更、修正施工程序、施工人員的輕忽…等因素，造成原地保留樹木的損傷。因此，以下說明施工中常

見造成樹木傷害的原因，讓樹木工作者於執行業務時可以更謹慎小心，降低傷害樹木的可能性。

(一)根部的切除或損壞

開挖需求如：排水溝、管線、新設噴灌系統等，容易造成根部損害。由於超過 90%的根大多位於地面表土 1m 內的範圍，因此在樹木周圍施工很容易造成根系損傷。

(二)土壤基盤的異動

1.鋪面設置需求、機具進出等造成土壤夯實，間接導致土壤透氣減少、根系生長減少，具有長期不良的影響。

2.高程的改變：過度填土會導致根系無法呼吸，嚴重則窒息而死，輕微者樹木將生成二次根，並且頂端枯損等樹勢弱化的問題。周圍土方調降常會導致根部水分容易散失而造成樹木缺水的問題。其存活最重要的關鍵為高程改變後根系保留的數量，此外，樹木的年齡、樹種、對於根系受損的耐受度、土壤的條件、有無灌溉系統等因素皆會影響於高程改變後是否導致樹木死亡。如果周遭的高程必須降低，可以考慮用樹木島(Tree island)的方式於保護範圍內將樹木圍起來，目的是為了保留較多的根系，提高樹木存活的機會；高程的降低靠近樹木的根區時，通常會用 2:1 的斜率朝向樹木的上坡製造一個樹圍，減少樹木根區的高程變化。反之，如果要增加高程，需要一些措施來保護樹木，例如設置豎井及增加通氣系統作為保護措施。



圖 13-7、鋪面設置，造成土壤夯實、根系生長受阻。



圖 13-8、改變高程可能導致樹木死亡。



圖 13-9、施工過程因機具造成樹幹撞傷、樹枝斷裂、樹皮破損。



圖 13-10、施工過程因為機具輾壓，造成土壤結構改變。

(三)樹幹、根和樹冠的損傷

對保護組織的損傷，即樹皮、韌皮部、形成層和木質部，損傷會降低樹木輸送養水分和碳水化合物能力，同時也會導致病原體的入侵感染。

(四)工程傷害可能對樹木造成的逆境

- 1.年度枝條生長量變少。
- 2.葉子可能變小或變黃。
- 3.葉片捲曲、提早轉色或掉葉。
- 4.枝條回枯。
- 5.機具設備對樹幹或較低的枝條造成不規則的傷口。
- 6.容易造成其他病蟲害的入侵或腐朽潰爛。
- 7.導致樹木死亡。



圖 13-11、因工程傷害造成枝條回枯甚至死亡。

工程中樹木的傷害有時可很快的發現，但有些情況卻不容易被注意，例如高程的降低造成根系的裸露，在連日炎熱的天氣可能馬上發現樹木缺水、掉葉，但根系的受損甚至腐朽可能在一段時間以後才慢慢被發現。

第四節、施工中的作業要點

(一)施工動線規劃

常見工程中造成樹木損傷分為地上部及地下部，無論是樹冠枝條的損傷或因輾壓造成根系的傷害，對樹木來說都是很大的逆境，尤其傷害地下部的結果往往都是在數年後才會逐漸表現出來。因此，盡可能限制單一進出路徑，並且規定所有施工廠商的出入通道及固定停放車輛的區域，以避免擾動原本棲地的土壤及減少枝條的碰撞。通常，此通道最後會用來安裝管線、車道或其他鋪面，但這些劃定區域應盡量遠離樹木的保護範圍。

(二)保護措施

根據不同的工地限制，應適時採取不同的保護措施，以達到預算上、工程執行上、樹木保護上皆可接受的合適手段。保護措施的種類多樣，應在維持樹木生

理要素的前提下具有調整空間，以下舉例說明幾種不同種類的保護措施，及其使用的情形。

1. 保護範圍的邊界框定，依嚴謹程度由低至高分別為：

- (1)工程警示帶框出範圍：無編列植物保護預算時採取的臨時性做法。利用週邊植物、電燈、電線桿等設施作為頂點，警示機具雜物禁止進入保護範圍。缺點是容易被破壞，且受限於周邊環境。
- (2)三角錐搭配伸縮式連桿框出範圍：具備彈性調整的特點，同時也容易被移動。當保護標的兩旁已被建物或結構包圍時，在通道前後端可使用此做法。
- (3)營釘、竹子、杉木搭配繩索框出範圍法阻隔。當保護標的是位於較大範圍的綠地時，可採取此做法，提醒行人請勿進入。
- (4)紐澤西護欄、型鋼圍籬等框出範圍：由於無法移動的特點，確保機具不會進入保護範圍中，常使用在工程動線邊的保護標的。
- (5)乙種圍籬框出範圍：可運用鐵絲、尼龍束線帶或鎖頭進行管理，因為高於人的特性，常運用在人潮較多的基地，防止一般人進入。
- (6)金屬或木製圍籬框出範圍：由於完全無法移動，因此常使用在耗時較久的工地環境，或是需要長時間隔離保護的地點。



圖 13-12、乙種工程圍籬、杉木搭配繩索隔出樹木保護範圍。

2. 常見保護根系的表面覆蓋措施：

(1)鋪設稻草：

在保護範圍內鋪設 3-5cm 厚的稻草，並放置木板以防被風吹拂，稻草較淺的顏色可使異物較容易被看見，並且具有保持地溫、保持水分、透水透氣的作用，是良好的天然資材，常使用在工程期間，特別是越冬的季節。

(2)鋪設松樹皮：

在保護範圍內鋪設 5-10cm 厚的松樹皮，作用與稻草雷同，具有保濕功能，但顏色與土壤相近，且一般大眾認為是可以踩踏的區域，普遍使用在自然鋪面，且長時間使用。

(3)鋪設清碎石：

在保護範圍內鋪設 5-10cm 厚的清碎石，具有透氣、水分滲入的作用，相較松樹皮一般大眾會認為更可以踩踏的區域，普遍使用在人行鋪面上。但是夏季時碎石溫度升高，會增加表面水氣蒸散速度，所以喜歡潮濕的樹種不建議使用，並且需注意不可使用再生碎石，再生碎石長時間會影響土壤偏鹼。



圖 13-13、鋪設稻草、碎石。

3.常見保護樹幹的包裹措施：

(1)包裹麻布、稻草：

目的為防止樹皮曬傷，減少樹皮水分蒸散，此外日本常運用於移植以及冬季時保持溫度。因為是天然資材，可長時間包裹，但仍不宜超過半年，以防昆蟲生長其中，應於樹木良好生長後拆除(約 1 個月的時間)。

(2)包裹黑網、不織布：

目的為防止樹皮曬傷，減少樹皮水分蒸散，與麻布、稻草相同，應於樹木良好生長後拆除(約 1 個月的時間)。

(3)包裹保鮮膜：

目的為防止樹皮水分蒸散，使用於移植時期，但是種植完成後應立即拆除，不透氣不透水的特性使得樹皮無法呼吸，保鮮膜內容易滋生藻類，導致樹皮組織壞死。

4.常見保護樹葉的包裹措施：

黑網覆蓋：

為短時間減少光合作用、水分蒸散的做法，避免強烈陽光造成枝葉枯損。



圖 13-14、保鮮膜包裹過久，樹皮壞死。

(三)補救作為

儘管盡了最大的努力及嚴格規定樹木的保護措施，但有些樹木仍有可能於施工過程當中受到傷害，此時必須採取補救措施來降低逆境，不幸的是對於已經被損壞的樹木能做的事情非常有限，強調預防、保護遠勝於受傷後的處理。處理

的標準作業流程建議如下：

1.檢查和評估：

因為工程傷害可能影響樹木的結構力和穩定性，因此需進行風險評估，建議可先以外觀診斷、目視檢查、樹木及周邊環境評估可能的風險，減少危害。

2.樹幹及樹冠受傷的措施：

因為工程所造成的斷裂枝條應進行修剪，只針對受傷的部位做傷口的平整處理，特別對於大型成熟的樹木，其修剪的幅度更應該謹慎。

3.支撐：

樹枝、樹幹、尤其是根系若因工程傷害必須加以固定時，需評估安裝支架或鋼纜。

4.提供灌溉及排水：

若工程導致排水不良、土壤夯實等情形，應檢視積水原因及樹穴排水作為優先，在保護範圍外挖掘排水溝、埋設碎石溝等避免樹木泡水。同時避免頻繁的澆水方式，應該一次灌足、多量少餐，對於根系的生長是有幫助的。

5.覆蓋物：

5-10cm 的覆蓋物可減少土壤表面生物膜的產生、調節土壤的溫度、保持水分、減少雜草，但避免堆置在樹幹上蓋過根領，過厚的覆蓋物容易躲藏齧齒動物，對樹木可能造成另一個逆境。但在臺灣，覆蓋物未被普遍推廣的原因來自於覆蓋物品質不佳，引來白蟻的聚集。另外，暴雨逕流可能沖刷覆蓋物、造成流失，因此在施工時需特別注意相關的配套措施。

6.主要根系區域的通氣：

土壤的夯實、高程的提升會導致根系的氧氣不足，這時增加土壤通氣性可以改善根系的生長及對水分的吸收力，但挖掘土壤埋設通氣管時可能會造成根系的二次傷害，因此，有時須讓樹木恢復一段時間後再進行土壤的通氣改良。

7 除覆.蓋過深的土壤：

因工程改變高程或是種植過深，導致根領覆蓋會使樹木生長不良，應移除過多的表土，確保根領露出土面。

(四)持續監測

營建工程後的樹木維護管理，須擬定維護管理計畫，定期檢查結構是否穩固？是否造成潛在枝條斷落或傾斜、甚至倒伏的風險？維護管理常見的工作內容包括：給水、修剪、覆蓋物、施肥、病蟲害管理，若已死亡則需立刻予以移除。如果樹木健康、結構良好的情況下，以上的做法將有助於樹木的生長；反之，倘若樹木的健康情況及結構分枝不佳，即使進行上述措施也未見得有明顯的效果。評估對於這些健康狀況差、結構不佳、不安全的樹木，須考量是否應該繼續將它們保留下來？

樹木保護專業人員教材
【中級】



第十四章 美學與環境倫理

郭瓊瑩 / 吳大維



共同科目

第十四章 美學與環境倫理

第一節、前言

本章應是本樹木保護系列課程之總結，全部課程自樹木生理、樹種辨識、生態學、土壤、生育地環境、樹木調查、樹木保護、基盤改良、樹木修剪管理、樹木工作人員之操作以至相關的樹木保護措施施工...等，以「美學與環境倫理」作為一收尾。就宏觀視野以及植物生態系統而言，具有重要意義。而國外在相關訓練手冊中亦強調此一綜論之重要性，它涵蓋了對總體「樹木群落、棲地、地理氣候」之了解，以及因生育地條件不同，當「樹木」作為空間環境場域配置元素時，吾人該以科學、生態系基礎以及美學藝術方式呈現之。亦當瞭解「樹木與空間環境」之配置不同於建築、土木工程等設施之相對不變性，它會隨著時間而更替、變化、成長成熟到另一相互平衡之狀態。

本章將不直接一下子就跳進設計型態、設計組合，而是綜合前面十三章所涉及之樹木生長、生態...等之基本需求條件，先以宏觀之視角重新定義過去吾人所習慣的「植栽設計」。因為若視「樹木」為有生命的美學材料之應用，則絕非只是認識了解各種樹名、種類，即憑空間機能需求與外在視覺美觀需求或人類偏好需求即配置組合成一個「植栽配置計畫圖」。它絕非 2D 平面的，它是 3D 甚而是 4D 空間，加上人類與樹木間之五感體驗與互動。而在最後一章要收尾時，期待讀者(或使用者)得以先自地球生態系統中「樹」之角色以及地球環境中氣候、水、土壤、陽光與其間之複雜動態關係，還有人類文化與之互動間之關係再「複習」一下人與樹、樹與地球環境之關係。則每一個人對美學(Aesthetic)、生態(Ecology)、倫理(Ethic)間互動關係會獲得一個因為融會貫通而深耕於個人知識與認知中之客觀且宏觀之資料庫。而個人未來在不同場域、目的、機制之實務應用時方能匯聚出一套具特色，但有深層生態邏輯與哲學思考之支撐基底。

「我們必須從倫理學與美學的角度，來檢驗每個問題是否正確，同時也考慮

它在經濟上是否合宜。一件事情如果傾向於保存生物社群的完整、穩定、和美的話，它就是對的，否則就是錯的。」(Aldo Leopold, 1949；陳慈美譯，2008)

第二節、植物與環境生態系統之關係

4 億年前當植物第一次登陸時，大氣層中的二氧化碳含量大約在 7/1000，整個世界是溫暖的，但整個地球的氣候變遷史也造成全球植物樹種於大尺度時間軸之地理變遷。自宏-中-微(Macro-Meso-Micro)等不同尺度，再自地球史之時軸來看，或許在人類個人生存之時間內難以辨識植物與環境生態系統之劇變；但若自地球史視角來看，則人類依然得以自不同地貌、地理區位之土壤考古挖掘中發現不同氣候帶之植物化石生長於今日認為是奇特之植物氣候帶，此又與地球演化史中不同時期之氣候變遷輪轉(cycle)有直接之關連。

是以於前面章節，若能將氣候、土壤、水文等之基本自然科學知識認清且融會貫通，則作為一位從事植栽設計或樹木應用、保護之專業者，在基地調查文獻回顧、在地田野訪談中，應該不宜漏掉「土地所釋出之訊息」以及「土壤中之種子基因庫」之重要資產。

此思惟應可揭示為本章之宗旨，也因此，本章節對於植物、植栽設計、植物與設計以及所涉及之相關美學與土地環境倫理議題，將自整體性(holistic)之觀點出發，而非先視「植物」為環境配置的「材料」、「元素」等個體片段思惟出發。就以地球史視角而言，單一植物生存之時間比單一動物生存之時間還久；就植物遺傳學與植物生理生命科學及演化學論，植物得以「樹木」之元素存在於整體環境生態系統中，必有其特殊之基因以及生理構造組成。自一年生到得以長存到數千年之神木身上，皆發展出數不清之研究議題與關連網絡，每一支撐植物生長之有機、無機因子均環環相扣，互為影響。和人類之生存演化一樣，為了適應不同環境，植物必須不斷演化出適應環境之韌性因子(或基因)，進而促進其融入這個大的生態系統中。是以地理氣候方面而論，建議對於物種之保護、復育或培育均

應自整體生態系統中觀察其所處之時間梯度內之「角色」、「位置」與「影響力」，而非自焦點(明星)物種之角度視之(圖 14-1)。

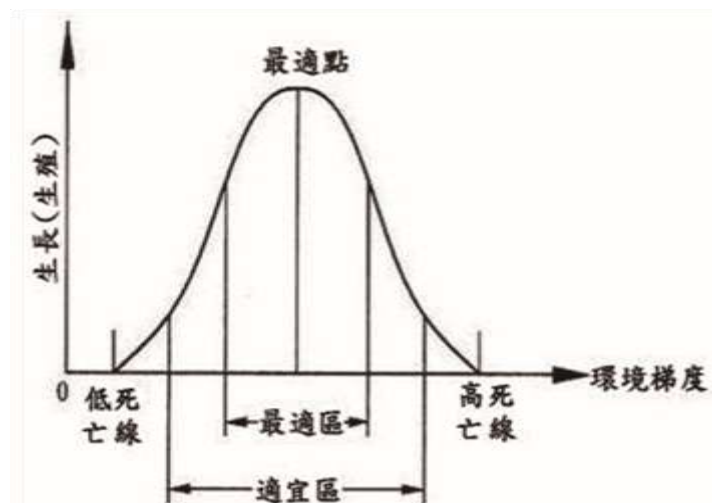


圖 14-1、植物與環境適性之關係。

在台灣，因為都市化威脅以及氣候變化之因素，以生長習性來看，許多榕屬的植物為淺根性且有多量的氣根，其生長力非常旺盛，不適合在擁擠的都市，尤其是當為行道樹，卻又被侷限於有限空間內。以在設計上而言，榕樹易被大眾視為「不受歡迎」樹種。即便被列為受保護樹木，因其生長威脅到古蹟、建物，人員安全，因此亦經常被列為得以優先剷除之犧牲者。

用一綜整性之疊圖與層層抽絲剝繭方式(圖 14-2)(圖 14-3)，吾人則很容易了解到植物與環境生態系統之互動關係。而此關係又是動態的、相互牽制影響的。

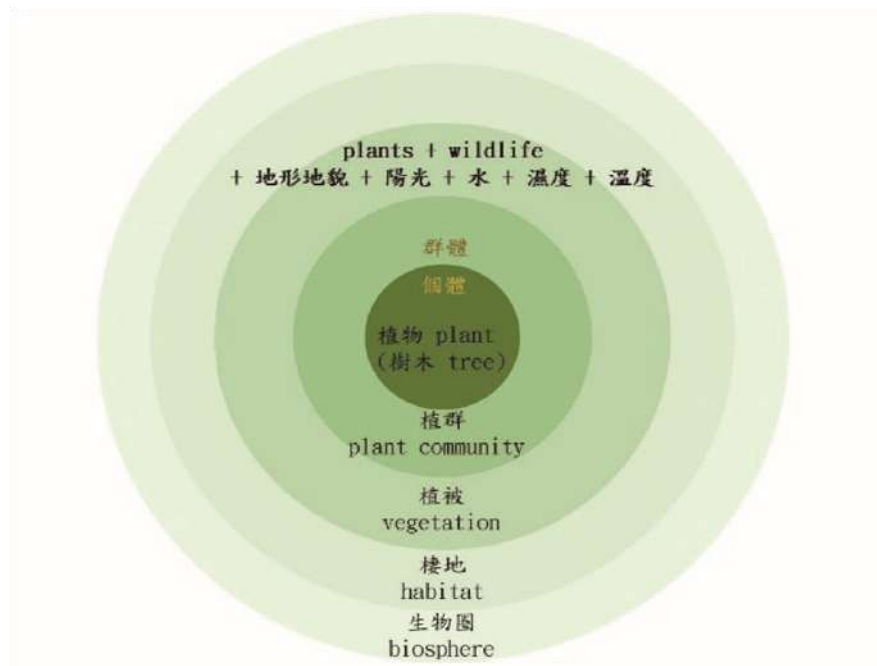
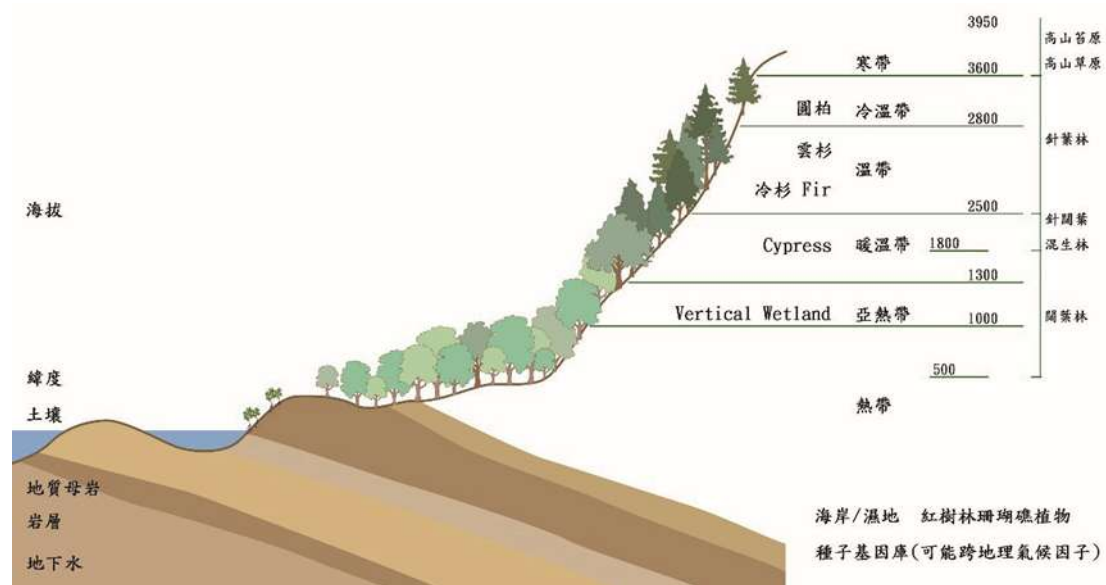


圖 14-2、植物與不同空間尺度、物候特性之關係。



Cypress 柏樹類

Vertical Wetland 垂直濕地

圖 14-3、植被生長與相關自然有機與無機環境之三維空間關係(郭瓊瑩，2021)。

第三節、植栽應用與設計總論

當先了解前述之植物生長環境之綜論系統後，要進入本章主題植栽設計美學之向度時，應先釐清幾個重要議題或定義。

1.植物(含樹木)與植物間的關係為何？

植物之間可以是爭奪資源的競爭關係，也可以是共同生長，甚至互相受惠的共生關係。例如生長過高的草本植物可能搶奪新植苗木的陽光，即為競爭關係；附生植物如石韋、薜荔，攀附在樹木枝幹上生長，屬於共生關係。

2.植物之個別特性以及植群之群體空間特性有何關係？

可以依其木質化程度分為草本、木本，其中木本植物可再細分為喬木、灌木、木質藤本；喬木還可以根據是否季節性落葉、樹冠的外型、或依其對光照的需求分為耐陰、不耐陰……等方式作分類。植物的生長特性反映其適合的生長條件，在自然環境中會佔據不同的空間，例如在森林結構中，可以分成樹冠層、次冠層及地被層。

3.不同地域/地理氣候之植被與大的生態系統有何關係？

植被受到不同的氣候及土壤條件形成不同的物種組成，並且通常是作為生態系統的運作基礎，影響當地的物質循環、生物多樣性。詳細內容請參考中及教材第三章「生態學概論」。

4.何謂荒野環境(wilderness)？

通常指未受人類活動干擾，保留其原始自然生態的環境。

5.自然景觀(natural landscape)？

以原始自然環境為主體的景觀，可能包含低程度的人為開發，如鄉間小路、森林步道。

6.何謂自然化的景觀(naturalized landscape)？

經過人類設計，使用原生種植栽與材料，盡可能模擬當地自然生態的景觀，希望達到低程度的維護需求及永續利用的功能，如強調低修剪、低灌溉的自然式綠屋頂。

7.何謂栽培景觀(cultivated landscape)？

經過人類開墾、種植，並需要持續維護與管理的景觀，可能用於生產糧食作物

或畜牧，例如放牧場、農田。

8.何謂人造景觀(man-made landscape)？

以人造設施為主體，植栽作為裝飾的景觀，例如道路安全島種植花與灌木、社區大樓中的花園。

9.而種植(planting)之目的為何？

若以美學為目的，可以種植四季物後分明，觀賞開花、葉色變化的樹種，例如於行道樹種植流蘇或楓香。以生態多樣性為目的，可以種植提供蜜源或吸引蟲鳥的植物，如海桐。另外也有為了防風定沙、水土保持的公共安全目的，或者如種植開展樹型的樹木提供遮蔭的生態系服務等等。

10.種植(lanting)需要設計(design)嗎？

種植需要考量空間利用、維護管理、環境適應性等多方面因素，若缺乏事先規劃，很可能大大增加後續的維護成本。例如人行道上的樹穴過小、樹種不適合，造成樹根毀壞周邊鋪面，並使樹木生長不良、容易倒塌。

11.如何管理(manage)？

除了長期的維護管理：定期修剪、灌溉、施肥、環境維護，也包含風險管理：枯枝修剪、架設支架，以及病蟲害管理：選擇合適的防疫資材、施作方式。

12.為解決環境問題，人類生存、生產、生活需求，種植(planting)有何不同程度、層級之目的機能與任務？

在個人的層級，樹木可以提供感官上的享受，促進身心健康；在社區的層級，樹木可以提供遮蔭、降低噪音汙染，或營造人們社交活動的場域；在經濟效益方面，有用於生產經濟作物的果樹、咖啡、茶葉等，或者例如行道樹提升街道美觀，帶來房地產價值；在整體環境方面，種植樹木以提升綠覆率，可以緩解都市熱島效應。

最後，通過科學實證以及經年累月長期之植物對環境之調適與演化之後，是否得以得到一些較具體之答案。

- 1.為了生物多樣性？
- 2.為了環境美學？
- 3.為了環境品質(空氣/水質/舒適度)？
- 4.為了社會經濟(生產價值)？
- 5.為了陶冶身心？
- 6.為了提供更多元之經濟價值與環境景觀多樣性？
- 7.為了確保植物生態系統之生長永續性與生態系服務機能？
- 8.為了減低景觀環境維護需求，能更有效地保持永續？



圖 14-4、左上：Wilderness 中上：Natural Landscape 右上：Naturalized Landscape 左下：Cultivated Landscape 右下：Man-made Landscape。



圖 14-5、在都市環境中，美學之營造必須和其環境背景基調相融合，也必須考量人類活動與植栽空間之適宜性。

(一)設計如何導入？

美學(Aesthetic)/整體性(Holistic)/整合性(Integrated)

在進行美學的探討與景觀設計，需要借用各類藝術的操作元素，其中以下列十點極為重要：平衡(balance)，焦點(focal point)，簡潔(simple)，韻律(rhythm)，線條(line)，比例(proportion)，顏色(color)，形狀(form)，質地(texture)與統一性(unity)。了解這些元素在建立景觀的凝聚力是必要的。

- 1.平衡- 包括對稱的與不對稱的。創造一個視覺景觀具有適當的顏色、空間、質地與物體，提供一個均等的視野。例如在重要地標（如圖書館、博物館）前方，兩側均勻對稱地種植相同大小和樹形的樹木，創造出莊重、正式的氛圍。



圖 14-6、左：不對稱的平衡；右：對稱的平衡。

- 2.焦點- 在景觀空間中提供一個有趣的視覺引導，就如一件珠寶首飾同時注入人性的精髓。例如在廣場中央種植一棵形態獨特、樹形優美或歷史悠久的地標性樹木（如造型松樹），作為該區域的主要視覺焦點。



圖 14-7、左：明顯的焦點；右：視野未聚焦。

3.簡潔- 存在於我們的周遭，尤其是都會環境，是非常混亂與吵雜，簡單是一個常被忽略的元素，其實巧妙地使用可提升人類在各項活動中的寧靜。例如僅栽植單一樹種搭配單一地被植物的園區，避免過於複雜的灌木層次。



圖 14-8、左：複雜的花園增趣；右：簡潔有力。

4.韻律- 在景觀環境中讓人的注意力從不同的區域中穿梭，一個動態的策略，代表人類是環境中的一個活體。例如沿著河濱步道，以固定的間距交替種植兩種樹種（如先種一棵苦楝，再種兩棵水柳），創造出一種視覺節奏感，引導遊客向前移動。



圖 14-9、左：以植栽配合硬體創造韻律；右：以硬體創造韻律

5.線條- 是我們生活環境中最基本的視覺元素，直線，曲線等賦予長度，寬度，高度，以及方向與結構，同時建立先後的主導關係，區域的分別。在都市林中，一排連續的行道樹可形成明確的景觀軸線，引導視線並組織空間。



圖 14-10、左：用線條引導視線；右：線條不明顯

6.比例- 此元素是利用景觀中的硬體設施以及植栽等物件之間的相對大小關係，營造整體環境的空間感，適當的垂直與水平比例可以讓景觀更和諧、舒適。在都市林配置上，需考量人行環境尺度，例如街道寬度與樹冠高度的適配，避免大樹種在狹窄空間造成壓迫感。



圖 14-11、左：樹木垂直高度在寬闊的停車場；右：大面積的草花與遠樹

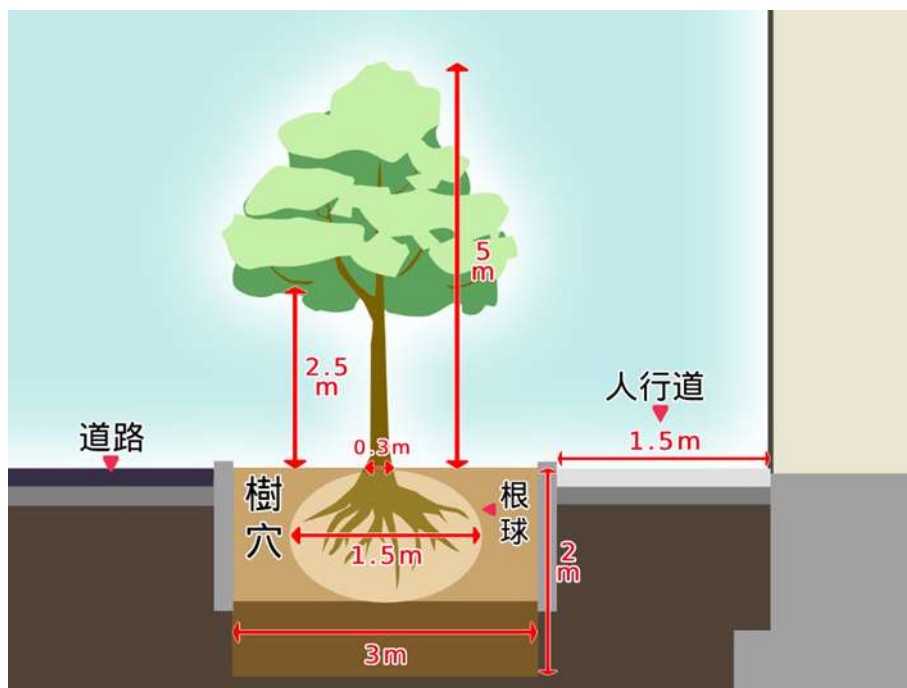


圖 14-12、符合都市規範的樹木種植空間(以臺北市為例)。

7.顏色- 提升趣味性，利用顏色明亮深淺，不同顏色的變化，讓景觀環境添增特別的心境與情趣，讓設計師去創造景觀的韻律，重心與統一性等，尤其重要的是季節中的變化與差異，透過不同樹種的春花秋葉，可以營造四季分明的景觀，例如春天開花的櫻花、羊蹄甲，秋冬落葉的楓香、落羽松。同時也可以利用常綠樹種（如樟樹）作為背景色，襯托季節性色彩的變化，增加視覺層次感。



圖 14-13、左：深色草花以白花邊對比相襯；右：樹林以綠色針葉樹與黃綠色
楓樹創造出韻律



圖 14-14、苦楝的物候變化，由左至右為：秋冬葉子轉黃、落葉期、春季花
期。

8.形狀- 空間的形狀或硬體設施，方型，長方型，橢圓型或自然型等，一個案場建議利用一種或僅少數形狀。是在景觀中建立平衡的主力。例如在建築物旁種植筆直、塔形的樹種（如小葉欖仁），與剛硬的建築線條形成對比、呼應，增強空間的垂直感。



圖 14-15、左：長方型區分空間；右：六邊形垂直與平面創造特殊結構

9.質地- 是可以有效的分開不同空間，影響距離與尺寸的感受，用來創造舒適的景觀。例如在步道或涼亭邊種植枝葉細緻、植株矮小的馬櫻丹、七里香，在園區邊緣、遠景中種植粗曠、壯碩的琉球松、南洋杉。



圖 14-16、左：爬藤平滑綠牆；右：智利南洋杉粗獷造型

10.統一性- 將景觀設計組合一起，呈現其開放性，促進有意義的平衡。有時可以在一個區域或一條街道上重複使用少數幾種主要的樹種，能有效創造出視覺上的統一感和區域特色，避免因樹種過於雜亂而產生視覺紊亂，例如種植櫻花為代表的特色園區。



圖 14-17、左：綠白框玻璃窗，屋簷加上季節花卉；右：綠背景與草花

（二）樹型

景觀設計元素應用，因為樹型繁多，請做研究調查。將之歸類成下圖的十種以利設計操作。



圖 14-18、十種樹型

1. 圓型- 開花中喬木，適合公園，庭園種植，觀賞，可當行道樹但需進行淨空提升



圖 14-19、左：台灣欒樹；右：黃連木

2.擴展型- 闊葉樹或落葉樹，適合公園，郊區腹地空間夠大處，遮蔭，比例，平衡，優形樹聚焦效果



圖 14-20、左：樟樹；右：榕樹

3.塔型-多半為針葉樹，適合作遮掩，防風，韻律效果



圖 14-21、左：落羽松；右：小葉南洋杉

4.橢圓型- 適合用作行道樹，公園， 遮蔭，遮掩



圖 14-22、左：象牙木；右：烏心石

5.圓錐型- 以常綠針葉灌木居多， 綠籬，線條，形狀，簡潔效果



圖 14-23、左：側柏；右：黃金側柏

6.扇型- 落葉樹居多，適合行道樹，公園，庭園等處，統一性與韻律效果



圖 14-24、左：槲木；右：旅人蕉

7.圓柱型- 針葉灌木較多，少數闊葉樹，適合作綠籬，線條，形狀效果



圖 14-25、左：長葉暗羅；右：福木

8.通透型- 落葉喬木，適合觀賞，大小庭園，半遮蔭，形狀與統一性



圖 14-26、花旗木；右：黃金風鈴木

9.垂枝型- 特殊造型，作為焦點，顏色效果



圖 14-27、左：垂柳；右：垂枝櫻

10.不規則型- 適合自然造型效果，尤其是設計復育區域。



圖 14-28、左：白匏子；右：阿勃勒

最後，當上述問題均能滿足後，透過使用者之介入以及時空之轉移，景觀隨著時間演進，我們所營造的場域是否將人類引領回到原始的自然環境

- 1.令人愉悅(不只是視覺感官上之好看)。
- 2.令人舒壓。
- 3.令人有感(動)(包括五感)。

4. 令人有情緒上之依附感。



圖 14-29、植栽設計絕對必須回應不同社經環境及公共建設之功能需求，包括水土保持、降低熱島效應、吸附污染、降低噪音，且應考量適地適性。

鑒於傳統對植栽設計、植物配置或對植群空間之規劃設計多以制式化之植物元素為單元，經組成並作成 SOP 之「空間配置模式」供設計者參考。但事實上，一位規劃設計者或管理者若要確保植物(樹木)之妥善「健康、平等地生存於不論是自然的環境，或各種不同程度經人為干擾、改造、介入之環境」，絕對不只是依 SOP 達成即可。他需要的是設計者對樹木生理與生態環境設計上之真正意義之融會貫通。

不只是型態(form)與模式(pattern)之安排(arrangement)，也不只是種對了樹種而已。雖然適地適種(Right Plant in Right Place)只是基本門檻，但對於若干非原生種之植物早已生根落地於基地一段時間，且已漸漸適應了該棲地環境後，則似乎可以更審慎細心地「包容」它。除非它是非常強勢外來種，而且對未來之引入種或既有建物、設施具威脅性。同時未必所有的原生種都適合人造的環境，尤其

都市場域。此外，幾個永續環境可持續生長之課題亦應納入考量。其思考之規範(criteria)應包括：

1. 節能。
2. 省水。
3. 循環再生。
4. 減碳(或碳吸存)。
5. 人與生物能平等共生。

這些是核心理念。接下來才會是落到對「美學」之詮釋及其與「環境生態倫理學」間之互動關係。

第四節、以生態設計與計畫(Ecological Design & Planning)為基底之植栽設計美學

其實談「美學」絕對不能自外於「生態」與「環境倫理」。中國人自古對天人合一道法自然自有其不變的自然倫理觀，而此轉化為一種民族生活哲學。今日西方談「景觀生態學」、「生態設計」、「生態系統保護」或「棲地保育與復育」均與祖先們在與大自然搏鬥生存過程中所領悟之「教訓」或「經驗」相通，只是傳承迄今逐漸形塑為一種「價值觀」、「哲學」或「生命認知責任」。是以接下來想談的是如何自「生態系統」或「地球自然環境」之全觀(Holistic view)來落實有形與無形之空間美學，而此又係以「植物」為重要之元素。

That land is a community is the basic concept of ecology but that land is to be loved and respected is an extension of ethics.

A Sand County Almanac (1949)

Aldo Leopold

中國人的思惟無論就天地人之觀點或自風水哲學觀點，其實很少用二元論來探討藝術 vs. 科學、自然 vs. 文化、設計 vs. 規劃、開發 vs. 美學……。而以 Aldo Leopold 之觀點，其實和前人們之土地觀、哲學係極相近、相容的，非二元論的，

而係一體論，亦即是-藝術與科學、土地與文化、設計與規劃、開發與健康環境、實質需求與美學。這些本應融合為一體，而非依個別機能需求分開思考。換言之，美學、哲學、科學、生態學、倫理學等必須揉合為一有邏輯之系統，但得以在此大系統思惟架構被依個別生育地環境之差異性與人類產經活動需求再賦予更細緻之「空間解析」。

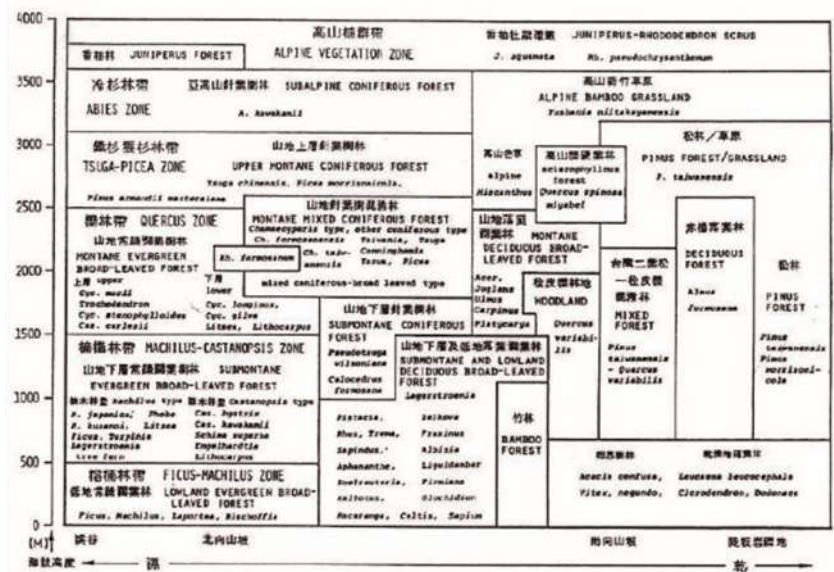


圖 14-30、台灣植被之地理氣候分區圖(右圖)、植栽設計必須考量大尺度的氣候地理條件，並透過詳細疊圖分析找出中尺度與小尺度之棲地單元(Eco-Unit)。資料來源：蘇鴻傑，2008(左圖)。



圖 14-31、環境與人之融合是一體的，包括保護土地原有之植被基因庫以及其與整體大環境之棲地屬性，包括都市、鄉村與荒野。

而 Ian McHarg 對土地(環境/生態系統)之空間解析理念(圖 14-32)(圖 14-33)仍與時代同步，他認為不了解土地自然系統之運作，則自然難以了解生態環境與美學間之關係；依道法自然之觀點，美是一種適中、融合、恰到好處、平衡；依 Eugene Odum 之理念就是生態系統中各向度之需求作用所需之消耗能源必須得以平衡有序地支撐整個「生態機能」(Ecological Function)(圖 14-34)。

McHarg 認為無論大小尺度之規劃/設計發展均必須考量整體土地(包括地面/地下/空中)系統各元素間之互動關係。

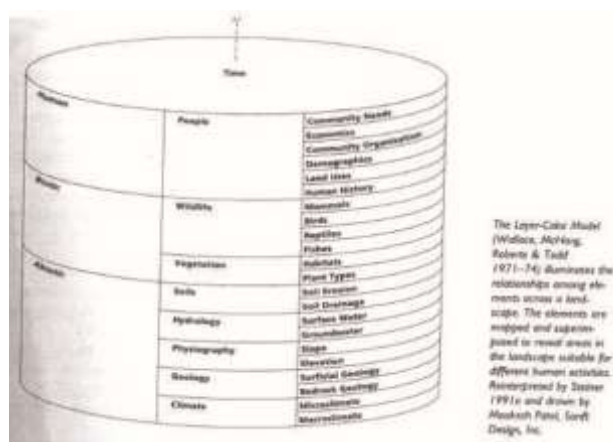


圖 14-32、Prof. McHarg 的生態規劃方法模型。

Prof. McHarg 的生態規劃方法強調在進行任何基地規劃前均應作詳細之基地環境與生態調查與自然變遷歷程。資料來源：Ian McHarg《Design With Nature》，1969

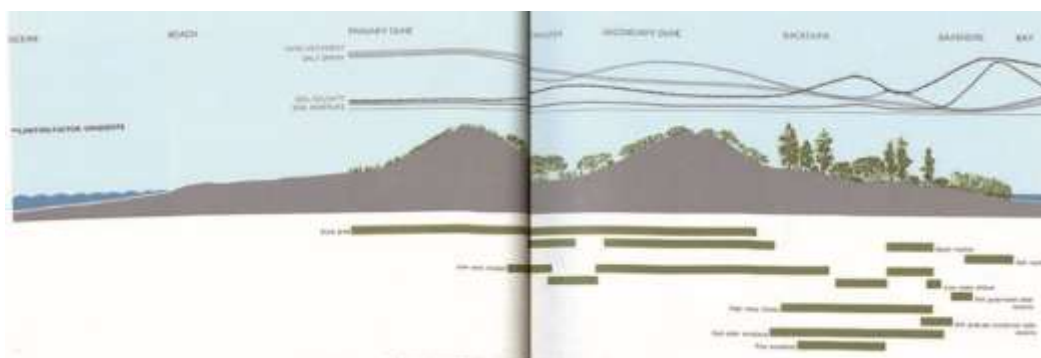


圖 14-33、Prof. McHarg 的海岸生態調查方法與理念。

Odum 的生態系機能關係圖(圖 14-34)說明了在自然與人之活動作用間對於不同生態系統之機能應確保其不同層級之運作機能。資料來源：Eugene Odum's ecosystem compartment model (1969) relates the major types of landscape.

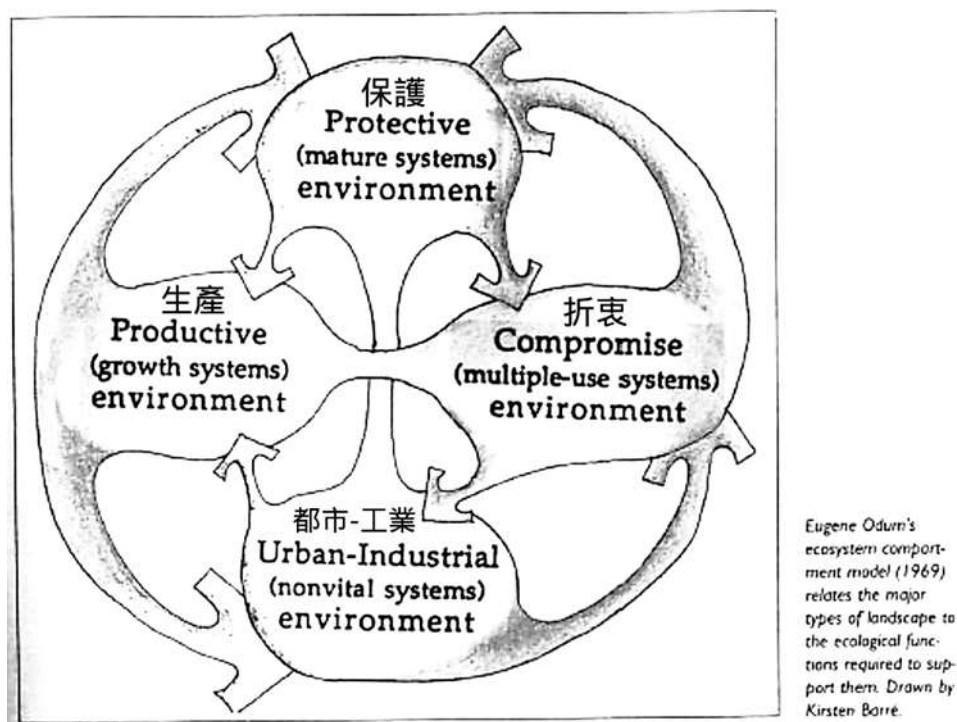


圖 14-34、Odum 的生態系機能關係圖。

為此，擺脫個別物種、植物個體之單向思考，以系統性視野與價值觀來判識，為特定的功能所應盡之空間規劃設計任務，似乎答案會更清晰，且當會融入自然界之自我平衡定律中。此亦與 Gaia Hypothesis(蓋亞假說註 1)之營造出一個健康的、和諧的整合生態原則之景觀環境之精神相容。是以，吾人必須盡量保全此互動關係之平衡，亦應擺脫傳統量化之 2D 平面設計規範，以涵容動態生態體系與不斷繁衍生存進化之「棲地」(Habitat)之觀點來執行實務田野工作，為此「植栽設計原理」得以定調。

註 1：「蓋亞假說」此由 James Lovelock 於 1972 年提出「地球整個表面包括所有生命，構成一個自我調節的整體」。



圖 14-35、生態系統涵蓋不只是人類，動物，植物，昆蟲，微生物等，以及自然環境中物理，化學，氣候，水文等的需求和互動

第五節、以棲地單元考量之植栽設計

幾個價值觀必須再次釐清：

植栽設計不只是把不同種類植物配置於空間上。

植栽設計不只是填補基地之空白。

植栽設計不只是單向之機能考量(如綠建築指標/防風/抗汙/吸納噪音/視覺緩衝生產可食植物…)而實施之人為介入。

植栽設計不是一勞永逸的剛性作為。

植栽設計不是為特定活動目的之錦上添花(如諸多一次性之綠美化)。

植栽設計不是只滿足人類之需求，它尚需兼顧各種不同尺度規模之生態多樣性與生態系統之平衡。

當然，還有很多植栽設計必須兼顧但卻不能偏廢之理念與責任。是以綜論之，打破上述思惟框架，具理性、前瞻包容性之植栽設計應該自下列向度思考，此也應是所謂跨域(Cross over)整合(Integrated)型之思考：

Habitat—棲地適性考量。

Climate—地理物候適性考量。

Healing—人類精神與生態美學適性考量。

Sustainable—永續經營適性考量。

Integrated—整合多元科學人文知識適性考量。

Education—側重環境教育適性考量。

Environmental Ethic—環境倫理實踐考量。

Science & Culture—科技與文化價值平衡考量。



圖 14-36、人與其它生物生命與環境之互動無論尺度大小若運用管理合宜，應可讓地球之生命不斷繁衍演化下去。「美學」是一種生態系之動態平衡。

下面將依上述概念、價值觀與思考定位，分別依棲地(Habitat)之特色探討，研擬相對客觀適性之定位方針及其融合環境倫理後之美學設計景觀原則。茲依地理氣候、海拔高度特性及社會空間發展特質(Attribute)分析之：

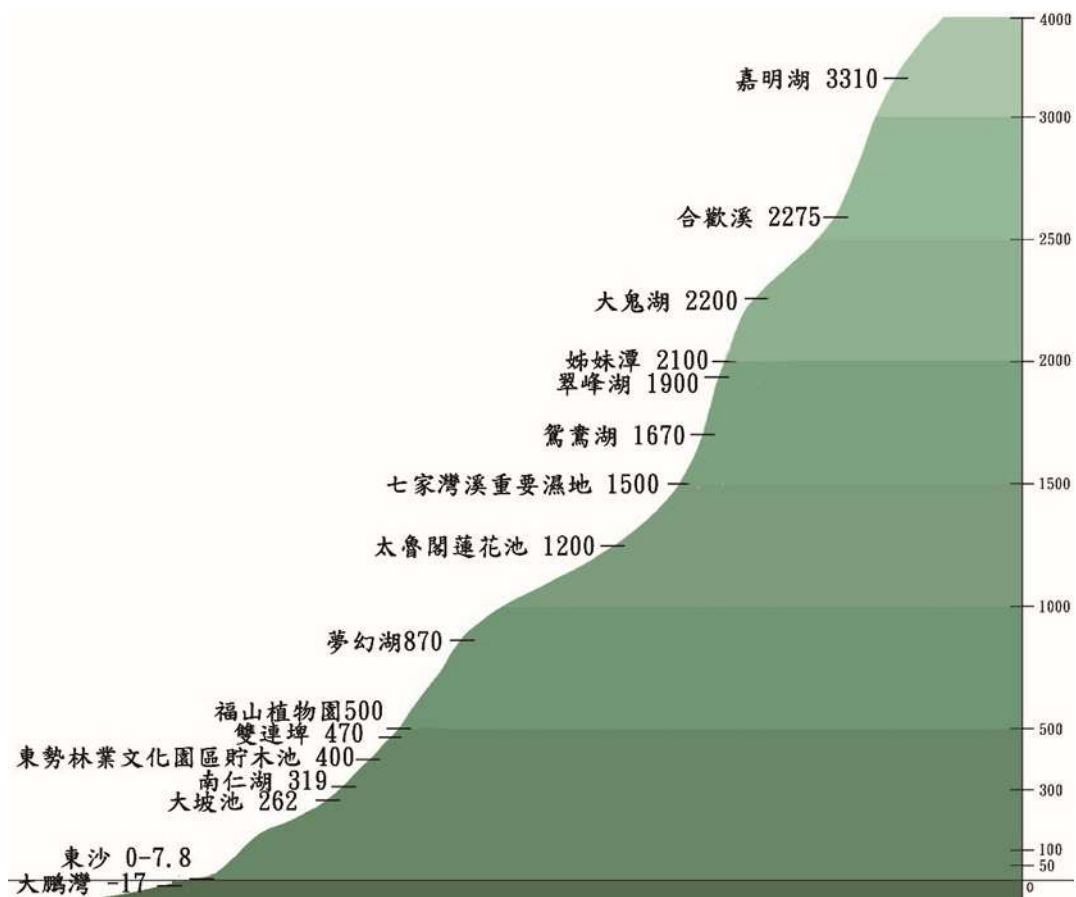


圖 14-37、台灣地理氣候與植物群落分布之代表性特質。資料來源：郭瓊瑩，2020。

因為台灣的地理環境，各個鄰近區域間的關係非常密切，其多元性更是複雜，須考量的範圍要延伸到相關腹地，而且地下部分尤其重要。

(一)都市化地區

都市化地區之既有土地種源、地上原生樹種、水文、地文，因為長期受到人類頻繁活動干擾最嚴重，而因各城市開發條件及歷史不同，對於既存之生態跳島、歷史遺留下來之古蹟、考古遺址等均應詳細調查，以保存其「都市孑遺樹木或地下種子基因庫」(如芝山岩、仙跡岩、蟾蜍山、美崙山、中正山、鯉魚山…等)。都市環境因人類的需求高，對於植栽是非常不友善的，須對植栽的生理與需求要有充分的了解，選擇高品質的樹木，提供適當的設計，正確的種植與維護，以利其生長健康與長期提供植栽效益。

1. 規劃原則：

- (1)都市化地區因都更、重劃或都市計畫變更、重大建設開發需求或防洪需求等，許多大樹老樹經常成為開發之絆腳石。除依《文化資產保存法》、《森林法：樹木保護專章》及各地方政府《樹木保護自治條例》等規定予以保護外，景觀設計師並應強化生態價值觀。詳細樹木保護規範內容請參考中及教材第七章「樹木保護相關法規」。
- (2)因道路拓寬、公共建設(捷運/輕軌/高鐵/台鐵/高速公路/各級道路…)之闢建必須移植樹木時，仍應以「保存最大化」為優先考量，移植方法、地點、監測均應有配套保全與保險機制。
- (3)都市地區之百年老校、產業園區、營區或寺廟應該都有遺留老樹存在，現地保存為必要原則且應與既有歷史建築或古蹟融為一體，而非視為個別單一元素(如臺北市立大學(原芝山巖國語學堂)/老松國小/鹿港國小/長榮中學…等)。
- (4)都市中之大型商業區、商場(shopping mall)、遊樂園主題區亦應要求保留原有開發前與植物相關之地景，而非只象徵性保留一棵「標本樹」(如台北機廠/西門町水岸/花博公園…等)。

2.設計原理：

- (1)都市化地區實質生境較嚴苛，包括空污、熱島效應、強降雨…等之衝擊風險大，為此對樹木之保護在樹穴、支撐、整地(grading)、通氣上應兼蓄上述氣候變遷之因應對策。
- (2)重新整地(regrading)之配套應和交通/都發單位協商，以架高地坪等先進替代技術工法來確保樹木與整體微棲地之原貌或原風景。
- (3)都市開發過程中不得不保留樹木且又須與建物共生時，設計師應發展創意與研發技術工法，讓「樹木」得與建物或設施共生，同樣「以屋就樹」。
- (4)都市空間種樹跟森林樹木截然不同，樹苗的培育與種植後維護需求均需要

充分了解，以避免往後的較高維護費用或風險的發生。

(5)結合減輕熱島效應，加強都市綠視率，新樹與老樹應引入最新「垂直森林都市」之理念與技術，開發營造更多之綠覆率。

(6)人工地盤之綠化應考量既有樹木之保護，並融入不同高程人工地盤(如退縮、下沉、交疊式)之植栽穴處理方式，讓人工地盤綠化效應極大化且極致化。



圖 14-38、都市化地區隨城市發展之演替，倖存老樹就是城市發展史之見證，應妥善保護，而現代化發展也應藉由植栽設計增進氣候變遷之調適力與韌性。



圖 14-39、為避免施工造成樹木損傷，以圍籬設立樹木保護範圍。

(二)鄉村與農村環境

在台灣，鄉村與農村多介於丘陵與平原間或於平原階地之環境。依台灣發展史，這些地區之原始森林多已因城鄉人居發展而被砍伐，現今留存者則有少數「老樹」、「風水林」，或位於里山地區坡地之樹林植群。為此，這些環境調查應考量城鄉發展變遷史以及因不同社經產業發展需求而由人為種植之樹木(如林試所/農試所/植保所/植物園…等)。這些區域的縮減，其保護與保存更為重要，推廣與教育是刻不容緩的。

1.規劃原則：

- (1)保護老樹必須考量結合周邊之老聚落、土地公(或伯公)或各寺廟前之風水樹，此具自然文化景觀價值與意識。
- (2)農村水路、水圳、埤塘還有田疇邊之綠籬防風林總會遺留一些鄉土樹種，或許仍未達保護標準，惟其與農村鄉村之風土民情息息相關，應予以保護。
- (3)農地重劃或河川水利地重劃應避免制式化、棋盤式開發而將既有老樹移植或移除。
- (4)充分與都市發展單位溝通，讓鄉間老樹或樹群融入都市計畫之「公園用地」。

2.設計原理：

- (1)公路單位之省道、縣道或鄉間產業道路之闢建必須以路就樹。
- (2)鄉間田野之老樹群多為生物庇護所或生態跳島，應在「國土計畫」、「景觀綱要計畫」或「文化資產保存法」中予以「指認定位」。
- (3)改變農民對老樹或樹木對其農田生產會因遮蔭影響收成之概念，以較寬廣之永續與田園美學思惟共同維持農村之自然紋理風貌美質。
- (4)對於既有「樹圍」、「竹圍」、「綠籬」或土地公廟周邊之植群，應以文化景觀之價值輔以保存共生之新觀念，並逐漸串聯成鄉村田園文化景觀特色。
- (5)避免引入時尚之外來種，對於在地鄉土樹種得以拓大其鄉野植群(mosaic)之串連，以及廊帶(corridor)之生態效益。

(6)鄉村道路狹窄，經常有許多行道樹為拓寬而遭砍除或加鋪水泥柏油而影響其根系生長。應協調在地交通單位以單行道處理或以保留成為綠帶再予拓寬路幅。



圖 14-40、鄉村美學和都市環境營造截然不同，有機配合景觀生態格局應是基礎法則，包括防風林、風水林乃至淺山農田隙地、棲地、雜木林之保存。

(二)原住民生活領域

台灣原住民生活領域多位於山區，少數位於海岸山脈階地或離島，通常仍保有優美自然地景。其規劃應考量不同族群之原住民傳統文化與地域特色，充分了解民俗植物之特性，並得以保全其生活生產網絡。

1.規劃原則：

- (1)原住民部落各族群均有其生活領域，諸多聖山、聖樹以及生產用之植物均應予以尊重紀錄，拓展成為原鄉景觀特色，並避免都市化棋盤式之規劃而影響樹木與文化紋理之切割。
- (2)現代化之原鄉規劃應避免圖騰式之空間規劃氛圍，依其傳統文化以森林地與生產地融入大地景。
- (3)鼓勵部落復育民俗植物(包括食用、藥用、釀造、纖維取用以及住屋建材之再生…等)。

2.設計原理：

- (1)尊重部落文化對「樹木」祖靈之崇敬也鼓勵復育苗圃，保育拓展種源。
- (2)在部落學校內保留之老樹應透過空間規劃設計引入與傳統部落教育文化相關之植栽，包括相關設施材料、適切材質之應用。
- (3)祭祀區、墓區或節慶節點設計應嚴格依循傳統文化，讓周邊環境與空間場域具有原風景之真實性。
- (4)部落連外道路之規劃設計其動線與沿線綠廊應種植具在地文化生態特色之植物，而非一般都市道路之作法(包括排水/過水/橋梁之設計法與材料使用)。



圖 14-41、部落之環境文化多與其地域生態系之潛力與限制及文化傳承信仰息息相關，包括民俗植物之復育、部落聖山聖樹保育之絕對尊重。

(四)產業區之復育與活化

無論是林場、礦場、漁場、茶場、菸場、鹽場、糖場還有現代工業化之煤礦、石油煉油、造船、樟腦、窯陶燒、紙寮…等均與在地之自然資源息息相關，而每一種目的生產產業亦伴隨不同之特殊作物(包括樹木與相關經濟作物)。這些場域有不同規模，對於這種第三類景觀(The Third Landscape, Giles Clément)位於不同海拔與緯度地域，應作好文史與自然生態調查，並對個別產業文化有詳盡之調查與資料收集，俾利未來復育、活化、再生之依據。

1.規劃原則：

- (1)應先界定不同產業之生產生命週期與歷程，了解自然植物材料與其運作流程間之關係。
- (2)較大規模之產業區，包括產業遺址、生活圈、信仰圈等，對於具意義之樹木、植物均應妥為保存。
- (3)以「林場」為例，昔時之鋸木殘存之樹頭或風倒木應予以保存、保護，透過整體規劃再現產業文化史之特色。
- (4)對於將轉型之場域(如糖廠、煉油廠、菸廠、紙廠...)應詳細記錄現存具意義之樹木、植栽，申請「文化景觀」之適性保護類別，以防因開發而被破壞。

2.設計原理：

- (1)產業歷史與其文化之保存應視為最高設計原則，包括歷史上引入之外來種或各種時代之實驗品種，此應有現地保存或溫室苗圃區保存，或種子庫收集，以備作為科學研究與環境教育之重要見證。
- (2)與舊有廠房、建物設施毗鄰而生之植物應予以一併保存，包括昔時之庭院、花園中之植栽、花卉…等，應視為「文化資產」之一環。
- (3)為持續傳承，應尋適當地點設置苗木園區或樹木園區，作為未來環境教育之場域 DIY 工坊。
- (4)舊有試驗場、實驗場之母樹種或母樹林之保護應列為第一優先，並予以設計具保護之環境控制設備。
- (5)對於棲地之復育亦應同時兼蓄既有存在之老樹或樹群，以防因清污而被破壞(其詳細保護措施或相關必須移植等措施另訂之)。



圖 14-42、百年產業遺址經常有百年老樹共生包括外來種，為此應保全的是產業文化之精髓，而非必然只為保全原生種植物。



圖 14-43、台灣中低海拔之茶園是重要的經濟產出，也是特殊產業文化地景，其保全復育與活化尤應順應地形地貌與自然山稜天際線之相容。

(五)海岸棲地環境

台灣海岸環境有岩岸與沙岸，而在海陸介面有潮間帶、泥質灘地、沼澤、濕地、沙丘、潟湖…等不同類型。

1.規劃原則：

應進行區域性環境調查，了解其潛在威脅與特殊生育地優勢。

2.設計原理：

(1)優先保護既存現地之防風前鋒植物(如沙丘上之植被、爬藤類，第二鋒之定沙灌木以及第三鋒之喬木)。許多因人為種植之防風林可能非原生種，但其就防風功能而言具保全功能，應予以保護。

(2)海岸環境之保全應是帶狀自然防護帶兼蓄搭配人為之定沙媒介。是以動態變遷應視為自然現象，而不宜以都市公園行道樹手法去「種植苗木」，而係提供一個得以讓適生海岸的樹種自行落腳繁衍之棲地條件。

(3)防護設施應考量鹽分與自然海岸之沖蝕。

(4)在離島澎湖、金門，小葉南洋杉和福木已成為海岸第二道防線，應可搭配在地防風樹種分層混植。

(5)防風林背丘內之淡海水交替之濕地則應依現地條件保護既有生存之濕地樹種，包括紅樹林以及沙丘背後較不耐鹽分但耐濕之茄苳、苦楝、水柳、楓香…等。



圖 14-44、海岸依地理氣候有多樣性之棲地環境，包括紅樹林、泥質灘地、沙丘…等，其扮演了海岸棲地之重要防護功能，是以海岸林之保護、復育必須因地制宜。



圖 14-45、離島原生植被、老樹與防風林之保護和地域文化與地理氣候互為影響，也成為重要景觀地標，規劃設計者應包容荒野美學。

(六)濕地棲地環境

台灣的溼地自海口到高海拔分布極廣且多元，這些研究依然進行中。此與海岸濕地、河川溪流濕地以及中高海拔不同緯度之內陸型淡水垂直濕地均有多樣之特色。

1.規劃原則：

應進行不同海拔梯度之溫度、濕度區域性調查，尤其是垂直上升之特質。

2. 設計原理：

(1)充分了解「濕地生態環境系統」包括土壤、植被與水質。

(2)樹木保護之範疇必須拋開「喬木」之單向價值觀，此涉及周邊之濱溪帶、濕地邊界以及水岸、水域、水下各種賴以生存之生物。

(3)濕地美學絕對是一個「系統」而非單一物種之呈現，尤其在碳匯與生物多樣性與滯洪保水之生態系服務功能，均應完整被納入考量。

(4)而沼澤泥灘地等之「坐」的意象必須轉化為生態自然美學之價值觀，此與社

會環境教育之投入尤其相關。

(5)濕地植栽設計絕對不能用「種」植的，它必須是間接以棲地適性自然引入，導入的。



圖 14-46、濕地環境之規劃經營必須兼蓄土壤、水質、植被之多元因子，如此方能確保其生物與景觀多樣性。

(七)森林環境

台灣的地形山高坡陡，有 68%為森林覆蓋。在此章節要討論的為非保護區(包括國家公園、國家森林)內之森林環境，它可能是私有地也可能為地方政府之山坡地或原住民保留區。

1.規劃原則：

森林生態系統之調整不論大小規模，均應盡可能有較充分之資料或文獻收集，尤其是台灣森林區之變遷在時間軸上受社會政經影響甚多，其中，集水區、溪流水文、生物與文化產業多樣性均可能涉及。

2.設計原理：

(1)公部門所轄之國家公園、國家森林遊樂區、國家風景區至少應必須符合以森林生態系為基底之樹木保護與優化原則。

(2)高山或中低海拔山林中有許多老樹，甚而是神木，應禁止因商業利益以不

法盜伐者之入侵，即便是外來種之老樹亦應妥善監測保護。

- (3)森林通道空間有限，須研究與分析該環境對於訪客的承受量，有限度的控制人群的影響，以及任何商業行為的存在。同時進行對大眾有關生態與保護的推廣與教育。
- (4)考慮以 AI 科技提供虛擬實境(VR)沉浸式體驗系統，減少對較險峻區域訪客造成的干擾與人身安危的保障。
- (5)巨木群步道或觀賞平台之設計必須考量觀賞者之視角與拍攝適切地點。
- (6)保護樹根或樹群之細膩手法必須兼蓄整體森林美學，有的應改道，有的應廢除而另建適切無人為威脅之觀賞據點或平台。
- (7)所有解說、安全、防災等管理設施應有一系統性規範，除了不應喧賓奪主之外，尤其善用現代 AI 科技而避免導入過多人為干擾防護設施(如止滑燈光條、鮮豔的護欄與不適切之材料)。
- (8)山林裡之風倒木處置應就地融入森林生態演替系統中，而少部分得以再運用為簡潔必要之森林服務設施。
- (9)樹木之監測、支撐支架設施應請專家指導，透過科學通訊達到高效能。而防雷與相關保護措施之材料/色彩必須有系統性規範，而不宜成為自然森林中之視覺干擾。



圖 14-47、在原始森林環境中人為「植栽管理」介入必須特別審慎，包括人與植物間之緩衝空間以及現地保存，堅守迴避人為干擾介入之信念。



圖 14-48、自然荒野美感教育之培養是必要的，為此在自然森林環境中，任何人為置入的設施甚而是高山農場之經營應該以「減量」、「無形」、「融入」為最高標竿。

第六節、結語—前景(Prospect)

「現有的一切理論都是不確定的，全部是暫時的，等待著新的見解去推翻它」。John Stuart Mill 指出「不論我們知道了多少，我們從來不能斷定我們沒錯過重要的東西，總有未知的被揭曉，而只有新的未知出現，甚至是些沒有答案的未知」。

在樹的生命中，有很短暫的，也有得以長達數千年的，以我們人類渺小的生命體看待樹，如果說人類的進化生命史也是一種物競天擇史，則「樹」在地球上的生存更是一部物競天擇之進化史。人類靠雙腳遷徙，而「樹」則要靠幾萬年或數千萬年的一次巨型氣候變遷，它才有能力或機會由海上移到大陸高原，也才有機會由冰寒歐洲移到熱帶亞洲。為此，今日吾人在探討環境倫理時，似乎也應以兩不同的視角看待之。

一為今日世紀的環境變遷，尤其吾人面對各種大流行病、氣候變遷暖化、溫室效應，還有能源之枯竭，各國之貧富不均，有些地方「樹」仍只是薪材；而有些地方「樹」變成商業珍寶，不斷被盜採買賣交易；而有些地方則視「樹」為生命瑰寶。因為了解到「樹」在不同地理環境、民族文化場域以及面對生物多樣性銳減之危機，「樹」仍有許多待發掘之未知寶藏未被人類揭密，尤其與能源之替代與醫療之功效而言。綠化種植是對未來環境的投資，獲得漂亮的景觀，而不

浪費金錢與資源，選用高級的樹苗，近 100%的成活率與容易維護是我們追求的目標。

另一視角則吾人亦可用地球史與人類史之角度觀之。許多化石樹種或化石樹它蘊藏了太多人類與大自然競爭之歷史鴻爪，也訴說了諸多環境變遷過程中地球(作為一個有機與無機生命載體)之演替與變化歷史。

探索無盡未知係人類傳承之使命，是以就環境倫理或土地倫理而言，最簡潔之結論是我們必須以全觀之視角與謙遜的態度來看待「樹」。它是地球生命系統中之一環，也是你我今日生活在台灣島嶼生態系統中之一環。無論尺度大小，時間長短，只要吾人能妥善運用客觀正確之科學知識，深入了解「樹」對不同地理氣候之適性以及其所綜合組成而展現出來之「生境景觀」，包括寒帶苔原景觀、熱帶雨林、乾旱溫帶與乾旱熱帶景觀…，它的生命力也必須不斷調適環境之大變遷。

此外，人類與大自然之各種力量之介入與干擾也同時影響著環境之綜合映象，或許所謂「美學」已不只是「樹」修剪得宜否？「樹」型好看否？如果「保護」樹是一種價值觀，也是一項必要的責任，則吾人尤應意識到小自一個生態單元(Biotope)、棲地花園(Habitat Garden)、都市中之垂直綠化(Vertical Green)，再到都會公園(Urban Park)、林蔭大道(Boulevard)、濕地(Wetland)、樹林(Woodland)、海岸景觀(Coastal Landscape)…，乃至為因氣候變遷人類必須兼蓄冷涼帶之新景觀或乾旱帶新景觀，以及為求人類生活與生命之福祉，「樹」與「植群」尚兼負了服務人類、療癒人類心靈之多元功能。這就是廣義土地倫理價值觀之認知，而「美學」之認知正是將自然科學與社會科學融合為一，而最後呈現出來令生物生命得以平衡有序，而人類得以與生物共生並獲得愉悅之美感體驗。

此時需要大家之努力與共識！！則所有「知識」與「科技」將更得以自然而然融合地更優美完善。



圖 14-49、保護樹木必須是奠基在生態棲地之總體健康性以及對「樹木」生命之尊重，無論在山林中之神木或都市水泥叢林中之老樹，價值觀應一致。



圖 14-50、只要有孔隙有水有土，植物會自己找到生命的出路，自牆角的蕨類到巨木林到荒野的天然林。自都市到鄉村到荒野，保全棲地之完整性應正是樹木保護至高之土地倫理標竿。

樹保中級題庫

第十四章、美學與環境倫理

編者註：以下簡答題為作者提供教師與學員授課參考

(一)簡答題：

1.	請簡要說明樹木與環境生態系統之關係。
2.	請用簡易圖示說明臺灣地理氣候與樹木之關係。
3.	樹木保護與植栽育種及保種有何關係？
4.	大自然中「樹木」存在的類型有幾種？請簡要說明之。
5.	何謂野生環境(Wilderness)？
6.	自然化的景觀(Naturalized Landscape)之植栽樹種有何特色？
7.	人為的景觀(Man-made Landscape)之植栽樹種必須考量何種適性？
8.	臺灣現階段在樹木與國人生活環境間最大衝突為何？
9.	植栽設計應考量那些重要目標與原則？
10.	植栽設計與美學有何關係，請舉例說明之。
11.	請列舉三個您認為最具生態美質之「公園」，並說明其理由。
12.	請列舉三個您認為最具生態美質之「田園」風貌，並說明其理由。
13.	請列舉三個您認為最具生態美質之「主題公園」，並說明其理由。
14.	請列舉三個您認為最具生態美質之「森林遊樂區」，並說明其理由。
15.	永續發展與植栽保護、復育有何關係？
16.	何謂生態設計(Ecological Design)？
17.	如果要請您設計一個都會型濕地公園，您會考量什麼議題？
18.	在重視碳匯效益之當代，請問您對樹木保護有何建議？
19.	樹木除了其生理生命力外，其生長歷程中對不同地區之文化與生活歷史記憶亦同等重要，請舉例說明之。
20.	都市荒野美學之植栽設計應有何考量與專業 SOP？
21.	何謂棲地？請舉例說明海岸棲地特性。
22.	請舉例說明何謂溪流棲地？
23.	請舉例說明何謂惡地形棲地。
24.	請舉例說明濕地保育與樹木保護有何關係？
25.	請問原住民之民俗植物在當代社會發展中應如何保護傳承及融入永續發展？
26.	都會森林之營造對植栽之選擇應有何考量？
27.	植栽設計配置應有何美學考量，如何與生態永續共榮？
28.	請說明您對植栽設計美學與環境倫理之個人看法？

29.	請用簡扼兩段文字說明臺灣城鄉在保護與設計發展中之困境與未來期許。
30.	請說明您對臺灣目前樹木保護與總體環境生態保全最大之期許。

樹木保護專業人員中級教材大綱及題庫

目錄

第一章、 樹木生理學概論.....	2
第二章、 樹種辨識.....	6
第三章、 生態學概論.....	9
第四章、 土壤與水分管理.....	12
第五章、 生育地環境分析.....	16
第六章、 樹木調查.....	24
第七章、 樹木保護相關法規.....	37
第八章、 樹木保護計畫撰寫實務.....	39
第九章、 基盤改良與實務.....	45
第十章、 樹木修剪與實務.....	49
第十一章、 樹木健康管理概論.....	58
第十二章、 樹木工作人員安全.....	61
第十三章、 樹木保護措施與施工.....	66
第十四章、 美學與環境倫理.....	69

第一章、樹木生理學概論

大綱	1. 說明樹木、樹葉、樹幹、樹根及種子的基本構造與其功能。 2. 介紹維管束系統之組成(解釋水分、礦物質等物質之運輸)。 3. 說明木本植物的耐陰性。 4. 學習樹木生長與發育控制的原理。 5. 介紹植物賀爾蒙的分類。 6. 介紹光合作用與呼吸作用之過程及其影響因子。 7. 討論遺傳潛能與環境對植物生長與發育之相互作用。
----	---

參考題庫

一、單選題：

答案	項次	題目
(2)	1.	當鋸樹或鑽孔時，會從外至內依次穿過： (1)樹皮、形成層、韌皮部、木質部 (2)樹皮、韌皮部、形成層、木質部 (3)樹皮、形成層、木質部、韌皮部 (4)樹皮、木質部、韌皮部、形成層
(1)	2.	修剪時若移除頂芽，會： (1)刺激側芽生長 (2)刺激開花增加果實產量 (3)枝條會死亡 (4)以上皆是
(4)	3.	許多樹木的生長輪： (1)因為早期生長快於晚期生長，所以是可見的 (2)可大概計數，算出樹齡 (3)可判斷往年的生長情形 (4)以上皆是
(1)	4.	哪一層細胞負責樹幹向外的生長以及增加樹幹的周長？ (1)形成層 (2)髓 (3)表皮 (4)皮質
(3)	5.	菌根是： (1)腐敗枝瘤的真菌 (2)地下莖的伸長部份，製造底部不定枝梢 (3)真菌與根部的共生關係 (4)進行光合作用的細胞

答案	項次	題目
(4)	6.	葉片進行光合作用時必須要有： (1)光 (2)二氧化碳 (3)水 (4)以上皆是
(3)	7.	經常用於促進植物根系發育的植物生長調節劑是： (1)乙烯(ethylene) (2)細胞分裂素(cytokinins) (3)生長素(auxin) (4)激勃素(gibberellins)
(1)	8.	樹木負責橫向輸導組織是： (1)髓線(rays)薄壁細胞 (2)管胞(tracheid) (3)導管(vessels) (4)以上皆是
(2)	9.	負責運輸碳水化合物的組織稱為： (1)木質部(xylem) (2)韌皮部(phloem) (3)皮質部(cortex) (4)樹皮(bark)
(4)	10.	樹木根部主要功能是： (1)固定 (2)吸收 (3)輸導 (4)以上皆是
(2)	11.	裸子植物如松、杉、柏科種子包含： (1)種皮(seedcoat) (2)大配子體(megagametophyte) (3)胚(embryo) (4)以上皆是
(1)	12.	植物的頂芽優勢(apical dominance)主要是由那一個植物荷爾蒙作用的結果： (1)生長素(auxin) (2)乙烯(ethylene) (3)激勃素(gibberellins) (4)細胞分裂素(cytokinins)

答案	項次	題目
(4)	13.	光合作用的光反應會產生下列何種物質： (1)氧氣(O ₂) (2)三磷酸腺苷(ATP) (3)菸鹼醯胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADPH) (4)以上皆是
(4)	14.	植物的向性(tropism)，如莖向光性、根向地性，與那一個植物荷爾蒙的作用有關： (1)細胞分裂素(cytokinins) (2)激勃素(gibberellins) (3)乙烯(ethylene) (4)生長素(auxin)
(4)	15.	植物葉片的功能： (1)光合作用(photosynthesis) (2)呼吸作用(respiration) (3)蒸散作用(transpiration) (4)以上皆是
(2)	16.	裸子植物主要的輸水細胞群是： (1)導管(vessels) (2)管胞(tracheids) (3)篩細胞(sieve cells) (4)以上皆是
(3)	17.	哪一類植物荷爾蒙在乾旱情形下引起氣孔關閉： (1)細胞分裂素(cytokinins) (2)激勃素(gibberellins) (3)離層酸(abscisic acid) (4)乙烯(ethylene)
(1)	18.	棕櫚植物樹幹不會持續生長粗大，原因是缺乏： (1)次級分生組織(secondary meristems)，或稱側生分生組織 (2)頂端分生組織(apical meristems) (3)初級分生組織(primary growth) (4)以上皆是
(2)	19.	(哪一類植物荷爾蒙能促進果實成熟，產生香味： (1)細胞分裂素(cytokinins) (2)乙烯(ethylene) (3)離層酸(abscisic acid) (4)激勃素(gibberellins)

答案	項次	題目
(3)	20.	葉片綠色是因為含有哪一種色素，也是光合作用主要色素： (1)花青素(anthocyanins) (2)類胡蘿蔔素(carotenoids) (C)葉綠素(chlorophyll) (D)以上皆是

第二章、樹種辨識

大綱	1. 說明植物分類學原理與命名系統。 2. 介紹植物分類與植物命名法。 3. 介紹植物基本辨識原則，學習辨別都市常見樹木種類。 4. 認識植物鑑定檢索表。 5. 介紹植物諮詢網路平台，以正確鑑定植物。
----	--

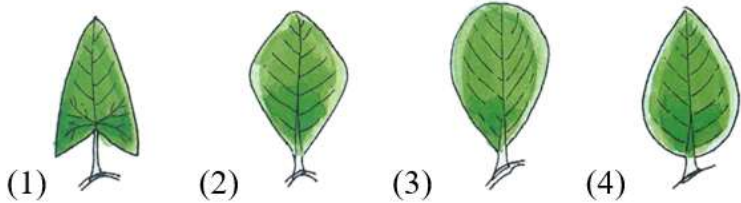
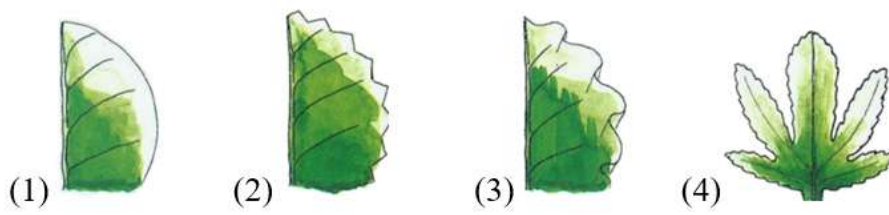
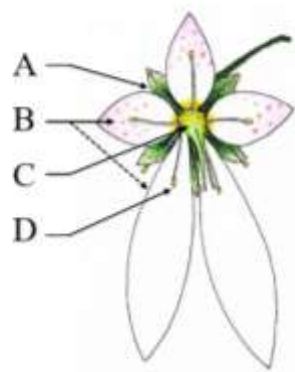
參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(O)	1.	每一種植物只有一個獨一無二且全世界通用的學名；若因地區、語言或方言的不同，同一種植物可能會有二個以上的名稱，這些名稱統稱為該植物的「俗名」(vernacular name)。
(X)	2.	植物學名至少有兩部分，也就是「二名制」(binomial)的學名命名規則，它必須以一個科名加上一個屬名組合而成。
(X)	3.	葉先端(leaf apex)為葉先端的形態特徵，當葉先端夾角大於 90 度者為銳形(acute)，夾角小於 90 度為鈍形(obtuse)。
(O)	4.	多數無柄花排列於一不分枝的總花梗上者，稱為穗狀花序(spike)，若其為有花柄之花，則應稱為總狀花序(raceme)。
(X)	5.	典型的花部構造由外而內分別為雌蕊、雄蕊、花瓣、花萼，四個部分俱全者，稱為完全花(perfect flower)。
(X)	6.	草莓(<i>Fragaria × ananassa</i>)及懸鉤子(<i>Rubus</i> sp.)為多花果(multiple fruit)；鳳梨、桑椹為聚合果(aggregate fruit)。
(O)	7.	花瓣(petal)集合體構成花的第二層構造，花瓣合生者為合瓣花冠(synpetalous corolla)，合生部分稱為花冠筒(corolla tube)，分先端分離部分為花冠裂片(corolla lobe)。

二、單選題：

答案	項次	題目
(4)	1.	植物學名有一定的正體或斜體書寫規定，下列學名的書寫呈現方式何者正確： (1) <i>Acer buergerianum</i> var. <i>formosanum</i> (2) <i>Paulownia × taiwaniana</i> (3) <i>Portulaca pilosa</i> subsp. <i>grandiflora</i> (4) <i>Ardisia cornudentata</i> subsp. <i>morrisonensis</i> var. <i>stenosepala</i>

答案	項次	題目
(3)	2.	葉序為葉子在枝條節上排列方式，若每一莖節上有二片葉子且相對而生，請問是何種葉序： (1)互生(alternate) (2)輪生(whorled) (3)對生(opposite) (4)叢生(fasciculate)
(4)	3.	下列何者為卵形葉(ovate)： 
(4)	4.	葉緣(leaf margin)形態為葉子邊緣的缺刻與起伏狀態，下列何者為掌狀深裂？ 
(2)	5.	下圖為虎耳草(<i>Saxifraga stolonifera</i>)花的正視圖，請問下圖中 A 的構造為何？ 
(3)	6.	單果類可劃分為肉質且多汁的肉果類及乾燥的乾果類。肉果類中以核果(drupe)、仁果(pome)、漿果(berry)等較為常見，下列水果何者為單果類的漿果？ (1)草莓 (2)蘋果 (3)蕃茄 (4)水蜜桃

答案	項次	題目
(4)	7.	下列何者為開裂的乾果類種實？ (1)瘦果(achene) (2)分離果(schizocarp) (3)堅果(nut) (4)長角果(silique)

第三章、生態學概論

大綱	1. 說明臺灣生態特色及臺灣生態環境分區。 2. 介紹臺灣的地理位置與環境特性。 3. 教授臺灣植物的多樣性。 4. 說明臺灣植物垂直分化之生態特色。 5. 介紹臺灣植物的區域生態特色。 6. 針對生態學重要詞彙進行釋義。
----	--

參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(X)	1.	組成及結構越簡單的生態系，因應環境變化的能力越強。
(X)	2.	次級消費者取食生產者來維生，是屬異營生物。
(O)	3.	為了利於樹木的維護管理，要選擇馴化能力較強的樹種。
(O)	4.	分布範圍較大的樹種對環境變化的調適能力較高。
(X)	5.	臺灣地形陡峭且山脈都是東西走向。
(X)	6.	臺灣陸地最高點在玉山山頂，海拔高為 3592 公尺。
(O)	7.	臺灣土壤成土時間較短，所以土壤性質受母質之影響相當大，各類土壤分布則明顯的受地形左右。
(O)	8.	每年 5 至 6 月的梅雨，在臺灣西部次於夏季的重要雨量來源，有愈往南雨量愈多的特徵，而東部梅雨季的雨量比西半部偏低。
(O)	9.	臺灣蘊藏著高物種多樣性，由地理分區與海拔分帶可看出，臺灣雖然土地面積極小，但在森林生態系中有明顯的區域間多樣性(gamma diversity)和社會間多樣性(beta diversity)。
(O)	10.	由於臺灣島嶼的地理位置、地形及山脈走向及時間效應，生態的多樣化形成物種的多樣化與基因多樣化，演化形成生物多樣化的美麗寶島。

二、單選題：

答案	項次	題目
(2)	1.	研究生活在同一環境中的所有生物與環境之間的關係的科學是 (1)個體生態學 (2)群落生態學 (3)族群生態學 (4)以上皆非
(4)	2.	生態系的生物組成須包含？ (1)消費者 (2)生產者 (3)分解者 (4)以上皆是

答案	項次	題目
(3)	3.	樹種的馴化能力大小主要受那一因素影響？ (1)基因型 (2)環境 (3)基因型 x 環境 (4)以上皆非
(4)	4.	樹種的生長與存活表現受那因素影響？ (1)基因型 (2)環境 (3)基因型 x 環境 (4)以上皆是
(3)	5.	樹種演化主要機制是？ (1)遺傳變異 (2)環境壓力 (3)以上皆是 (4)以上皆非
(3)	6.	都市林的環境特徵，以下何者不正確？ (1)水文循環不全 (2)通風不良 (3)空間不受限 (4)土壤貧瘠
(4)	7.	樹葉光合作用產生的光合產物為有機物質會轉送到？ (1)根 (2)葉 (3)樹幹 (4)以上皆有
(1)	8.	樹木進行光合作用吸收空氣二氧化碳產生的光合產物轉換為生物量會長期固定存放在樹木的？ (1)木質部 (2)果實 (3)花 (4)葉子
(2)	9.	臺灣山脈何者是因歐亞板塊和菲律賓板塊擠壓形成的？ (1)玉山山脈 (2)海岸山脈 (3)中央山脈 (4)雪山山脈

答案	項次	題目
(1)	10.	依氣候分類臺灣可分成四種類型，臺灣南部是為 (1)熱帶季風氣候 (2)濕潤溫暖氣候 (3)濕潤夏熱氣候 (4)濕潤夏涼氣候
(2)	11.	栽植的適當時期必須視雨季而因地制宜，臺灣南部及澎湖適宜植樹季節為？ (1)冬季 (2)夏季 (3)秋季 (4)以上皆可
(4)	12.	臺灣為生物多樣化的美麗寶島是因為？ (1)地理位置 (2)地形山脈走向 (3)時間效應 (4)以上皆是

第四章、土壤與水管理

大綱	1. 說明土壤物理、化學與生物特性。 2. 臺灣的土壤地理分布特徵。 3. 土壤中水分吸收、蒸散與運移之原理，樹木所需必要元素與其吸收方法。 4. 解釋土壤特性對通氣、保水與排水之影響。 5. 分析土壤溼度必要元素之吸收與影響植物根系生長之因素。 6. 規劃有效的水分管理策略。
----	--

參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(O)	1.	同樣的土壤當水分含量較多而潮濕時，會比土壤乾燥時的顏色，是較為深暗的。
(O)	2.	一組相同母質的土壤，當有機質較多時顏色會比較黑暗。
(X)	3.	硼是植物營養的必需巨量元素。
(O)	4.	鉀是植物營養的必需巨量元素。
(O)	5.	一般土壤中的二氧化碳濃度比大氣還高。
(X)	6.	酸雨是指 pH 值小於 7.0 的雨水。
(O)	7.	自然化育而形成的土壤化育層，由上而下排列不可能會出現 O-C-A-Bt 這種排列順序。
(O)	8.	所謂生物有效性是指某一養分存在土壤時，可被生物所吸收的部分。
(X)	9.	土壤 pH 值愈高愈適合植物生長。
(X)	10.	土壤柱狀構造往往是耕耘機等機械常常碾壓土壤後所造成的。
(O)	11.	土壤浸水還原後，土色通常變成灰色的。
(X)	12.	土色變黃、變紅是因為氧化錳的聚積所導致的。
(O)	13.	細質地的土壤表面積比較大，可以吸附較多水分與養分。
(O)	14.	鈉離子含量多的土壤會使土粒分散而破壞土壤構造。
(O)	15.	鈣、鎂離子含量多的土壤會促進團粒而使土壤構造變好。
(X)	16.	對樹木養護來說，土壤的孔隙率愈高愈好。
(X)	17.	土壤的孔隙率會影響樹木生長，至於個別孔隙的尺寸大小則不用在意。
(O)	18.	長期壓實造成的碟狀構造，會導致土壤通氣性變差。
(O)	19.	土壤 pH 值小於 5.5 時，溶解性的鐵、鋁及錳含量與其他重金屬會增加，但是在植物的生理需求上，並不需要太多的鐵、鋁及錳，因此較易對植物造成毒害。
(O)	20.	pH 值太低時，表示土壤中鹽基性的陽離子如鉀、鈣及鎂等很容易流失。

二、單選題：

答案	項次	題目
(4)	1.	臺灣本島紅土臺地的土壤特徵是： (1)土層很深 (2)pH 值很低 (3)粘粒含量高 (4)以上皆是
(2)	2.	土壤中下列何種元素為植物生長之必需巨量元素： (1)鐵 (2)磷 (3)銅 (4)氯
(2)	3.	下列那一個土壤水勢能的值最適合植物生長： (1)0 bar (2)1/3 bar (3)12 bar (4)20 bar
(1)	4.	下列那一種土壤容易造成不同土層之間水分流動的障礙： (1)人行道 (2)放牧草地 (3)天然林 (4)以上皆非
(4)	5.	下列那一種質地的土壤能保存最多的毛細管水： (1)砂土 (2)壤土 (3)壤質砂土 (4)粘土
(3)	6.	下列那一種臺灣的紅土其 pH 值最低： (1)澎湖玄武岩紅土 (2)墾丁珊瑚礁紅土 (3)八卦山紅土 (4)以上皆非
(1)	7.	下列美國土壤分類系統的土綱中，那一個是臺灣所沒有的： (1)冰凍土 (2)極育土 (3)黑沃土 (4)弱育土

答案	項次	題目
(2)	8.	下列何者屬植物營養的必需微量元素： (1)硫 (2)鋅 (3)鈣 (4)鎂
(3)	9.	下列那一種微生物適應酸性土壤的能力是最強的： (1)細菌 (2)放線菌 (3)真菌 (4)藻類
(4)	10.	下列何種物質的比例愈高時，土壤陽離子交換容量就會大： (1)有機質 (2)粘粒 (3)碳酸鈣 (4)以上皆是
(3)	11.	下列那一種陽離子最容易被帶負電荷的土壤膠體表面所吸引： (1)鉀離子 (2)鈉離子 (3)氫離子 (4)銨離子
(4)	12.	下列何種物質的碳/氮比最高： (1)豆粕 (2)森林的表土 (3)腐熟的堆肥 (4)新鮮的鋸木屑
(1)	13.	沙漠地區最容易形成何種土壤： (1)旱境土 (2)淋澱土 (3)灰燼土 (4)氧化物土
(1)	14.	當土壤孔隙充滿水分而缺氧，此時的水勢能值是： (1)0 bar (2)1/3 bar (3)10 bar (4)15 bar

答案	項次	題目
(3)	15.	會讓土壤顏色變白的物質為： (1)有機質 (2)氧化鐵 (3)碳酸鈣 (4)以上皆非
(4)	16.	粉粒的粒徑範圍是： (1)>2 mm (2)<0.002 mm (3)2-0.05 mm (4)0.05-0.002 mm
(4)	17.	下列那種物質愈多時，土壤受鹽害的機會就愈高： (1)氯化鈉 (2)氯化鎂 (3)氯化鈣 (4)以上皆有可能
(4)	18.	鹼性土的特徵與問題為： (1)磷肥效果較差 (2)不利於微量元素吸收 (3)土壤構造易瓦解而通氣變差 (4)以上皆有可能
(4)	19.	下列那些方法可以改良土壤構造： (1)施用有機質肥料 (2)加強敷蓋與植被 (3)添加含鈣資材 (4)以上皆可
(4)	20.	下列那些性質與土壤顆粒大小有關： (1)保水力 (2)保肥力 (3)微生物活性 (4)以上皆是

第五章、生育地環境分析

大綱	1. 說明適合樹木生長之生育地條件、環境因子對樹木生育的影響，以及生育地考量因素。 2. 介紹臺灣的氣候與環境。 3. 說明生育地環境調查案例。 4. 教授適地適種(Matching tree and site)觀念。 5. 微氣候對樹木生長之影響與生育地環境改善方法。 6. 介紹保護樹木生育地之方法。 7. 說明營建開發對生育地環境之影響。
----	--

參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(O)	1.	在選擇適當的樹木種類和優質的苗木前，應先做好樹木生育地的環境分析。
(X)	2.	光強度到達某一程度以上，則光合作用速度就不再增加，此時之光強度稱為光補償點。
(X)	3.	陽性樹木和陰性樹木是以樹木對光週的需求作為區分。
(X)	4.	一般情況下，通常短日條件促進樹木枝葉的生長；長日條件促進樹木落葉、休眠。
(O)	5.	樹木的葉片吸收最少的可見光是綠光，所以葉片才呈現綠色。
(O)	6.	熱帶樹木之溫度三基點通常較高，而溫帶樹木則較低。
(O)	7.	將一定期間內之溫度依某種基準予以計算，並將其數字化者稱為「積算溫度」。
(X)	8.	各種樹木依溫度與降水量而自然分佈的狀態稱為「植栽分佈」；而由人工植栽的樹木分佈的狀態稱為「自然分佈」。
(O)	9.	各種樹木「植栽分佈」的區域通常比「自然分佈」更廣闊。
(O)	10.	「都市土壤」由於人為因素而被攪亂，混入種種夾雜物而呈現與自然土壤相異的複雜樣態，通常不利於樹木生育。
(O)	11.	大氣(空氣)之流動即為風，通常適度的微風對樹木生育有益；強風對樹木生育有害。
(X)	12.	種樹只需考量地理分布區位的氣候，生育地的微氣候(microclimate)影響較小，可以忽略。
(O)	13.	樹種選擇主要考量選擇能滿足所需的功能，又能適應當地環境條件的樹種。
(O)	14.	「適地適種」能提高樹木的存活率，更能減少修剪、施肥及病蟲害防治等維護管理支出。
(X)	15.	原生樹種適應性強、管理容易且生長發育良好；外來樹種一律不可使用。
(X)	16.	全面客土，比起現場土壤基盤改良較節省費用，且利於形成良好的生育地。
(O)	17.	現場土壤改良前需作充份的土壤調查，瞭解應解決的問題點，並採取對策及施工作業。
(O)	18.	現存樹木生長不良的主要原因，多為生育地的土壤因踩踏壓實，以致通氣性不良，無法提供根部充分的空氣。
(O)	19.	既存樹木活力改善的土壤改良，考量樹木的根系負擔較少且安全，應分次局部改良。

答案	項次	題目
(O)	20.	樹木基盤表層 30-40cm 的土壤改良，是為了能夠順利進行養分水分的供給；而其下土層的土壤改良，是為確保排水性及讓樹木支持根有良好的分佈。
(O)	21.	樹木生育地環境影響主要有生物因子與非生物因子。
(O)	22.	工程常造成對樹木生育地擾動會造成土壤結構破壞並引發土壤流失危機。
(O)	23.	臺灣地區氣候受季風影響甚鉅，而溫度變化與海拔呈現正相關。
(O)	24.	黃棕壤為磚紅化土壤之一，分布面積廣泛主要在海拔 100 到 500 公尺的丘陵區，及中央山脈北側、西南及區域為主。
(O)	25.	臺灣地區的形大致分成山地、丘陵、盆地、平原、台地五大地形。
(O)	26.	地形地貌是指地勢高低起伏的變化，地表形態分為：高原、山地、平原、丘陵、盆地五大基本地形。
(O)	27.	對保護樹木在生育地環境調查分析時，工作人員能自然因子與周邊境微氣候特性掌握，有助於針對樹木立地條件掌握。
(O)	28.	影響樹木生長環境因素包括立地位置地形與坡度、動物棲息或危害、植物附生與樹勢狀態等。
(O)	29.	保護樹木調查內容包含樹籍基本資料、樹冠枝條診察、根部診察、病蟲害診察等項目稱為樹木目視診斷(VTA)
(X)	30.	臺灣地區位於地球上最大陸塊及最大海洋交界，是季風最不活躍的地方。
(X)	31.	生育地調查時標高自圖讀取或現場以羅盤儀取得。
(X)	32.	7-9 月的雨量是臺灣最重要水資源，主要來自季風等熱帶系統。
(X)	33.	臺灣地區平均氣溫最低溫分布在 2 月至 3 月
(X)	34.	臺灣地區在冬季時，氣溫受地形的影響比較明顯。
(X)	35.	地質是影響土壤含水狀態的重要因素，也與地面安定性有關。
(O)	36.	在都市範圍內與市民生活有關的所有樹木及相關植物的所在地，都是都市林的範圍

二、單選題：

答案	項次	題目
(3)	1.	何者 <u>不是</u> 影響樹木生育之主要環境因素？ (1)光線 (2)土壤 (3)樹種 (4)空氣
(2)	2.	當光合作用速度與呼吸作用達平衡狀態，而令實質的光合作用速度變成 0，此時的光強度稱為？ (1)光飽和點 (2)光補償點 (3)二氧化碳飽和點 (4)二氧化碳補償點

答案	項次	題目
(2)	3.	遮蔭適用樹種的條件是？ (1)樹冠小、枝葉茂密、落葉樹種 (2)樹冠大、枝葉茂密、常綠樹種 (3)樹冠大、枝葉茂密、落葉樹種 (4)樹冠小、枝葉茂密、常綠樹種
(3)	4.	如果一種樹木一年四季都可開花，比較可能是哪一類植物？ (1)長日性植物 (2)短日性植物 (3)日中性植物 (4)以上皆非
(3)	5.	樹木葉吸收而有效利用在光合作用的光質是以哪兩種光為主？ (1)紅光和黃光 (2)紅光和綠 (3)紅光和藍光 (4)紅光和紫光
(2)	6.	樹木下層植栽會有徒長現象，主要是何種光質比例較多的緣故？(1)紅光 (2)遠紅光 (3)藍光 (4)紫外光
(2)	7.	樹木與光週期效應有關的現象(如種子發芽、開花)，主要受體內何種色素所調控？ (1)葉綠素 (2)光敏素 (3)花青素 (4)隱花色素
(3)	8.	各種樹木的生育有其最低溫度、最適溫度和最高溫度，稱為？ (1)溫度三溫暖 (2)溫度三角點 (3)溫度三基點 (4)溫度三原點
(2)	9.	下列何者不是降雨對樹木之負面影響？ (1)有用物質由樹木體流失 (2)洗淨附著於樹木莖葉之塵埃等物 (3)發生倒伏等物理性傷害 (4)土壤之侵蝕、流失
(3)	10.	樹木可以從根部吸收、利用的有效水分，是以何種水為主？ (1)吸著水 (2)重力水 (3)毛管 (4)結合水

答案	項次	題目
(4)	11.	下列何者 <u>不是</u> 優良土壤應具備的基本條件？ (1)富於腐植質，且很鬆軟 (2)排水、通氣良好、保水力佳 (3)保肥力強、pH 值適宜 (4)價格高貴、深具質感
(4)	12.	下列何者 <u>不是</u> 生育地特性考量因素？ (1)氣候條件 (2)土壤條件 (3)植樹地點 (4)土地價格
(4)	13.	樹木為了適應特定環境而改變本身特性的過程，通常包含生理上或形態上的改變，但不影響遺傳變異，此現象稱為？ (1)調節 (2)變異 (3)適應 (4)馴化
(4)	14.	在修剪維護困難的地區，下列何種樹木特性是優先考量的項目？ (1)耐寒性 (2)耐熱性 (3)耐旱性 (4)生長速度
(3)	15.	在灌溉困難的地區，下列何種樹木特性是優先考量的項目？ (1)耐寒性 (2)耐熱性 (3)耐旱性 (4)生長速度
(3)	16.	選擇栽植樹木時，應兼顧生物多樣性原則，因此同科(family)的樹木種植數量不宜超過多少%？ (1)10% (2)20% (3)30% (4)40%
(1)	17.	選擇栽植樹木時，應兼顧生物多樣性原則，因此同種(species)的樹木種植數量不宜超過多少%？ (1)10% (2)20% (3)30% (4)40%

答案	項次	題目
(4)	18.	下列何種屬於優質苗木的特點？ (1)具顯著外傷 (2)主幹及枝條結構不佳 (3)有顯著病蟲害 (4)根系發達
(3)	19.	選購優質苗木時，活冠比(最低主枝至樹木頂端高度/樹高)最好能達到多少%以上為佳？ (1)20% (2)40% (3)60% (4)80%
(4)	20.	下列何種苗木種類移植成活率高、移植後生長恢復較迅速？ (1)裸根苗 (2)帶根苗 (3)帶土球苗 (4)容器苗
(3)	21.	將樹苗從田間挖起後先放入美植袋或根控盆中馴養，待其鬚根長出後再做種植的苗木稱為？ (1)裸根苗 (2)包裹根球苗 (3)容器化苗 (4)容器培育苗
(4)	22.	樹苗從小就一直在盆器或美植袋中培育長大的苗木稱為？ (1)裸根苗 (2)包裹根球苗 (3)容器化苗 (4)容器培育苗
(3)	23.	如果要建造百年以上的永久性森林為目標，下列何種土壤改良方式較適合？ (1)植穴改良 (2)帶狀改良 (3)全面改良 (4)以上皆是
(2)	24.	樹木可依生長目標之不同，決定土壤改良的深度；住宅前的樹木，期待能健康生長，但不用長很大，則建議的土壤改良深度為何？ (1)30cm (2)60cm (3)90cm (4)120cm

答案	項次	題目
(4)	25.	受保護樹木的生育地環境調查包含 (1)該地區降雨量 (2)該樹位置地形地貌 (3)生育地土壤環境現況 (4)以上皆是
(3)	26.	臺灣地區植物分布呈現「北降現象」，植群的垂直分布因 (1)風 (2)濕度 (3)緯度 (4)光度 升高而漸降低至低海拔的現象。
(4)	27.	樹木生育地環境生物因子不包含 (1)動物 (2)植物 (3)人 (4)光線
(4)	28.	何種土壤為臺灣地區(地形)重要且完全利用之農業土壤 (1)灰化土 (2)黃棕壤土 (3)沖積土 (4)石質土
(1)	29.	植物垂直分布可能有因「高緯度地區低海拔」，「低緯度地區高海拔」的相同影響，稱為 (1)北降現象 (2)南降現象 (3)東降現象 (4)西降現象
(2)	30.	樹木生育地環境非生物因子不包含 (1)空氣 (2)土壤 (3)微生物 (4)礦物質
(3)	31.	隨著都市化及高密度建築群出現，導致都市樹木衰落的原因以上何為非？ (1)立地環境不良 (2)土壤氧氣不足 (3)透水鋪裝 (4)土壤理化性差

答案	項次	題目
(2)	32.	都市熱島效應為市中心高溫化而郊區低溫的現象稱為 (1)都市高島效應 (2)冷島效應 (3)都市高島效應 (4)以上皆是
(2)	33.	依據山中式土壤硬度計的硬度值顯示土壤最適宜的數值為 (1)1-9 mm (2)10-25 mm (3)26-30 mm (4)30 mm以上
(4)	34.	依據土壤質地三角圖所呈現的壤土成分何者為非 (1)粉質土 70-90% (2)砂粒 50-72% (3)黏土 20-28% (4)黏土 30-35%
(1)	35.	樹木生育地調查在都市化高的地區，最常看見樹木生育地或棲地受覆蓋造成土壤透水障礙？ (1)混凝土或瀝青土 (2)卵礫石 (3)砂石 (4)廢棄土方
(4)	36.	臺灣地區的土壤種類中「石質土」是分布在 (1)海拔 100 公尺以下 (2)海拔 100-500 公尺 (3)海拔 500-1000 公尺 (4)海拔 1000 公尺以上
(2)	37.	一種植群的垂直分布因緯度升高，而逐漸降至低海拔的現象。 (1)南降現象 (2)北降現象 (3)東降現象 (4)西降現象
(3)	38.	海岸林群系中紅樹林代表植物種為 (1)黃槿 (2)馬纓丹 (3)欖李 (4)構樹

答案	項次	題目
(2)	39.	熱帶雨林群系中代表植物 (1)紅檜 (2)榕樹 (3)昆欄樹 (4)血桐
(1)	40.	亞熱帶與暖溫帶雨林群系代表植物 (1)樟樹 (2)構樹 (3)血桐 (4)臺灣扁柏
(1)	41.	土壤硬度調查量測工具中未經開挖取得土壤硬度數值為 (1)長谷川式土壤貫入計 (2)山中式土壤硬度計 (3)山中式透水通氣測定器 (4)以上皆是
(4)	42.	.工程對樹木生育環境影響 (1)機械滾壓造成土壤硬化 (2)棲地排透水困難造成生理障礙 (3)工程回填覆土過深造成生育障害 (4)以上皆是
(2)	43.	氣溫的高低與地理分布位置有密切關係，所在地緯度愈高，冬季的平均氣溫 (1)愈高 (2)愈低 (3)不變 (4)無關

第六章、樹木調查

大綱	1. 說明樹木生長調查方法。 2. 介紹樹木調查之現行標準。 3. 學習樹木量測方法。 4. 說明樹木調查及健檢基本步驟。 5. 介紹歷史人文簡易調查方法。 6. 分析樹木調查資料，以判斷樹木健康情形。
----	--

參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(O)	1.	樹木調查的主要內容包含樹體的物理、生化及立地等指標。
(O)	2.	樹木調查的主要目的為：「建立樹籍基本資料」。
(X)	3.	樹木調查中立地環境條件包含樹木價格。
(O)	4.	樹木調查透過紀錄和建檔後，可以提供作為未來管理使用。
(O)	5.	樹木壽命達一百年以上，可達受保護樹木認定標準。
(X)	6.	胸高高度是指離地 1.5m 處。
(O)	7.	可用捲尺測量樹木直徑。
(O)	8.	箱尺可以作為樹木高度比對之參考工具。
(O)	9.	樹高的定義為樹木自土表根基、根領處起算至樹冠頂端。
(O)	10.	可用等邊直角三角形紀錄法測量樹高。
(O)	11.	標準胸高為距離地表 130cm 之高度。
(O)	12.	生長於坡面之樹木胸高一般由傾斜上坡側起算胸高。
(X)	13.	若胸高量測位置樹幹有不正常腫大，應直接量測腫大處作為胸徑。
(O)	14.	樹冠冠幅可用捲尺或皮尺測量。
(O)	15.	根領通常指樹木基部，根部及莖部接近地面交界，並向外擴大處。
(X)	16.	樹木主幹如果有大型空洞可以不列入健康調查的紀錄中。
(O)	17.	樹木主幹具有支持樹體結構之功能。
(O)	18.	樹木健康調查時，樹冠如於生長季時有明顯稀疏，應列入紀錄。
(O)	19.	樹木生長環境條件包含樹木根系生長空間之大小。
(X)	20.	樹木健康調查 <u>不包含</u> 病蟲害狀況記錄。

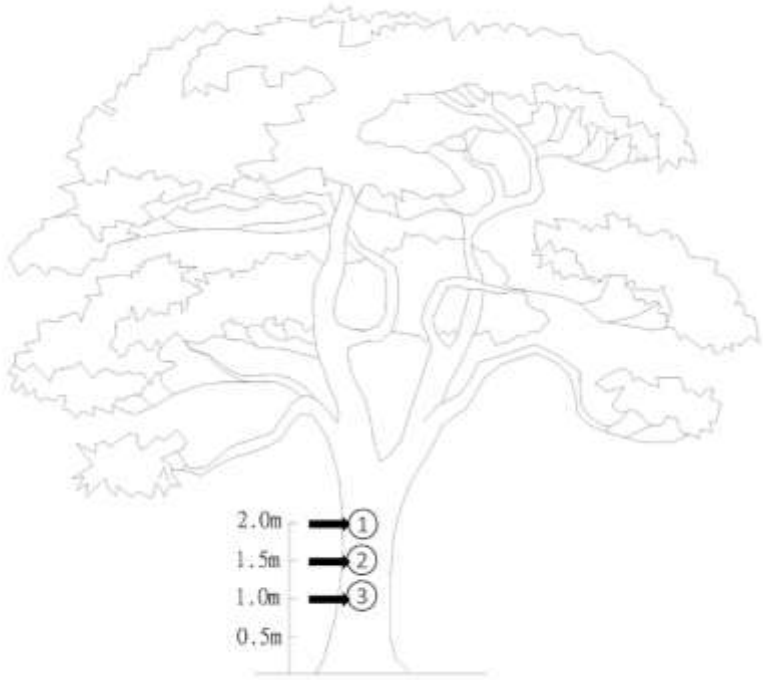
二、單選題：

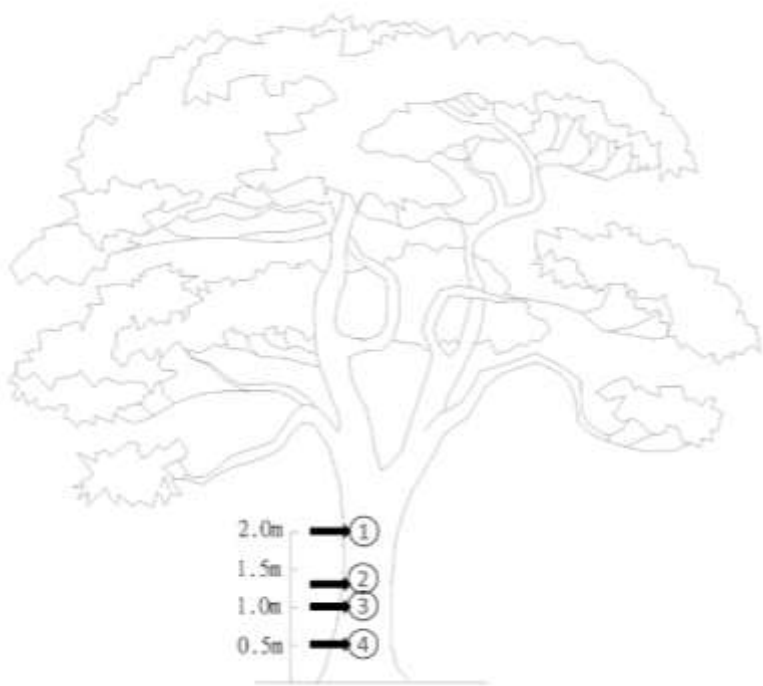
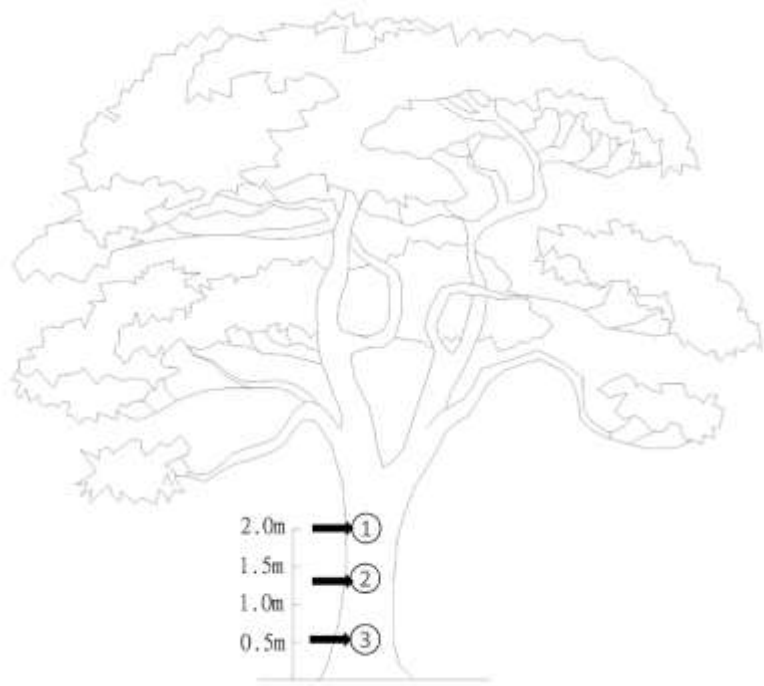
答案	項次	題目
(3)	1.	下列何者 <u>非</u> 樹木調查主要紀錄內容 (1)樹木的物理尺寸 (2)樹體的生化指標 (3)空氣品質 (4)樹木生長環境條件

答案	項次	題目
(4)	2.	下列何者標準 <u>非</u> 「森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準」中列舉的受保護樹木認定條件？ (1)樹齡達一百年以上 (2)樹冠投影面積達四百平方公尺以上 (3)樹木具重大美學欣賞價值 (4)樹木歪斜
(4)	3.	下列何者 <u>非</u> 樹木常見測計項目？ (1)樹高 (2)樹冠幅 (3)胸高直徑 (4)樹木價格
(2)	4.	下列何者 <u>非</u> 常用的樹木量測工具？ (1)箱尺 (2)磅秤 (3)樹徑尺 (4)測高桿
(1)	5.	主幹傾斜之樹木胸高應自何者位置量取？ (1)樹木軸心 1.3m 之底測長度 (2)樹冠下方 1.3m 處 (3)樹木上坡處垂直往上 1.3m 處 (4)樹幹樹洞處
(1)	6.	若樹體在 1.3m 高度有多個分岔主幹，合併計算數值的常用算法為何？ (1)各分叉主幹直徑之平方和後開根號 (2)個分岔主幹直徑直接加總 (3)選擇最粗主幹作為代表 (4)最大主幹直徑減最小主幹直徑
(4)	7.	榕樹胸徑測量如遇到氣生根，下列何者處理方法正確？ (1)氣生根皆須算入該樹胸徑 (2)氣生根皆不計入該樹胸徑 (3)順便修剪氣生根 (4)氣生根已與主幹相黏則納入胸徑一同測量
(4)	8.	關於樹木冠幅量測描述，下列何者 <u>錯誤</u> ？ (1)樹冠幅適合用皮尺測量 (2)樹冠幅測量先找出樹冠最寬的面相量測 (3)可以配合方位量測南北向和東西向的冠幅寬度 (4)可以用指南針量測

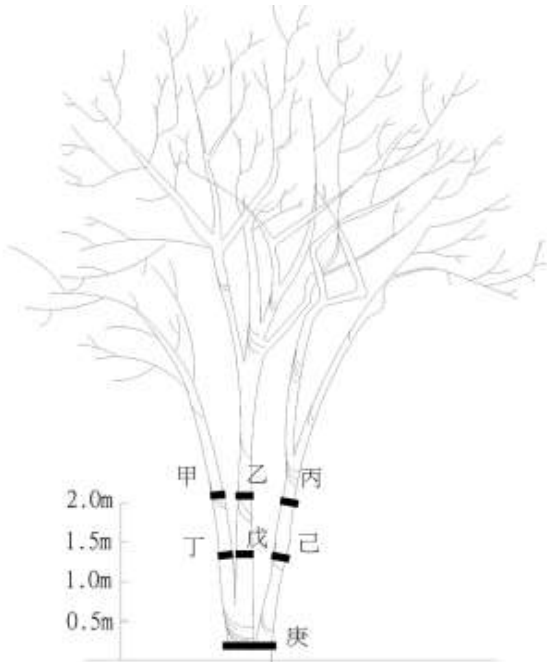
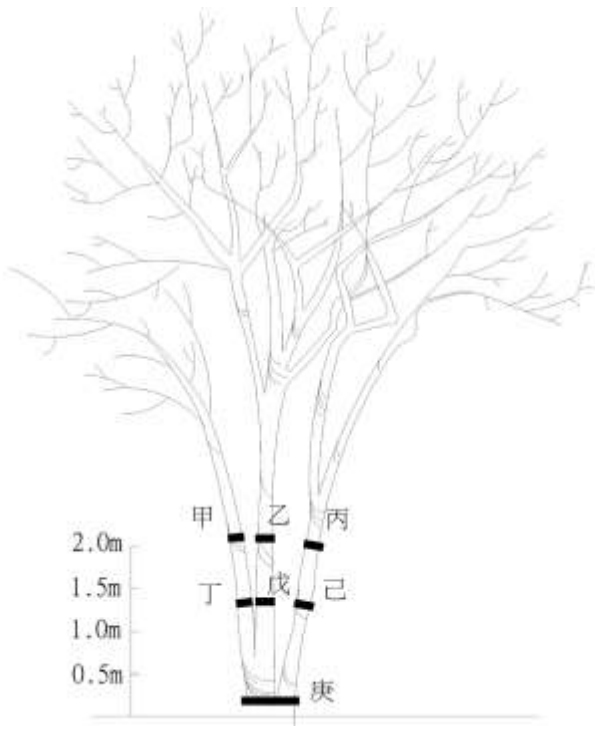
答案	項次	題目
(3)	9.	如果將樹冠視為圓形，R 為最寬樹冠幅，H 為樹高，下列何者為樹冠投影面積公式？ (1) $(1/2R)^2\pi$ (2) $1/2R \cdot H$ (3) πR (4) $H \cdot R$
(1)	10.	下列何者<u>非</u>樹木根系、根領調查檢視重點？ (1)根領是否有懸掛名牌 (2)根領是否有空洞 (3)根領是否有真菌感染 (4)根系是否有損傷
(4)	11.	下列何者<u>非</u>樹木主幹、主枝調查檢視重點？ (1)是否有損傷 (2)主幹傾斜 (3)主幹支架固定處不穩固 (4)未配合節慶掛上燈飾
(1)	12.	下列何者為樹木樹冠調查檢視重點？ (1)樹冠葉片密度是否正常 (2)樹冠中出現鳥類種類 (3)樹冠中是否有蟬在叫 (4)樹冠是否有松鼠在跑
(4)	13.	下列何者<u>非</u>樹木生長環境調查檢視重點？ (1)土壤條件 (2)排水條件 (3)周圍日照 (4)周邊景點
(4)	14.	下列何者情況，於樹木生長環境調查時應該記錄？ (1)樹穴過小，造成盤根 (2)樹穴被倒入廢棄沙漿 (3)鄰房油煙排氣口直對樹冠 (4)以上皆是
(1)	15.	下列何者為樹木高度測量方法？ (1)目測比例法 (2)比重法 (3)密度測試 (4)應力波

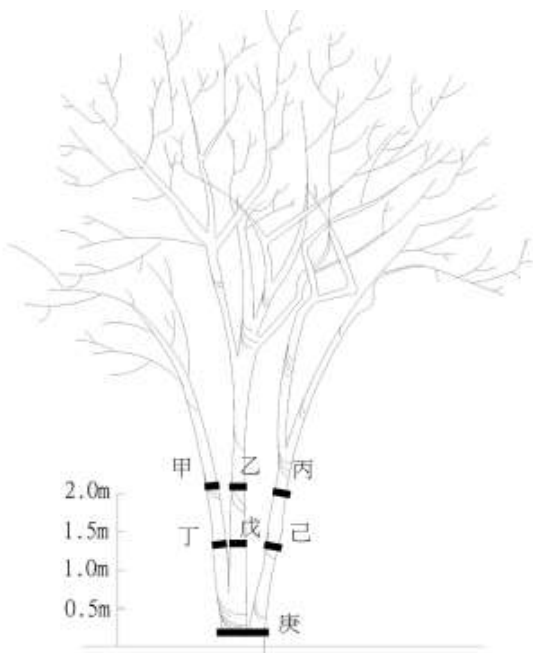
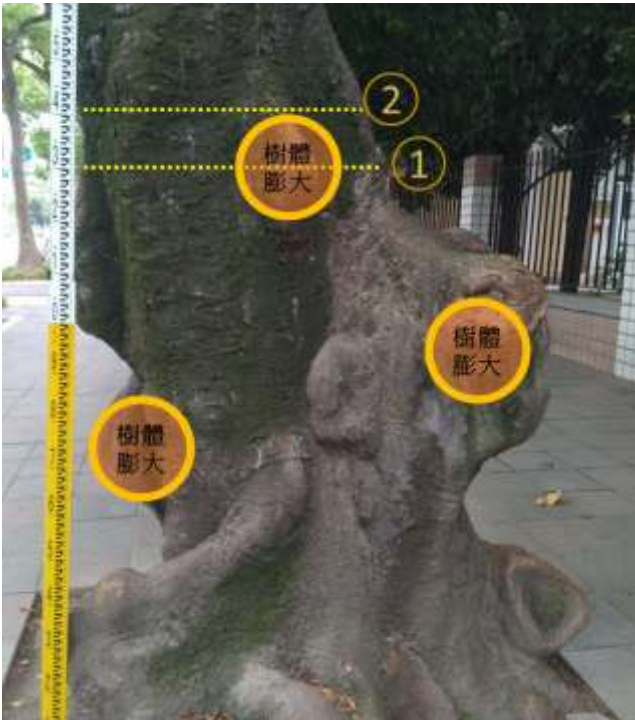
答案	項次	題目
(4)	16.	請問以下選項何者為「森林以外樹木普查方法及受保護樹木認定標準」之第三條內容，有關於受保護樹木之認定標準？ (1)樹齡 100 年以上 (2)樹冠投影面積達 400m² 以上 (3)具重大美學欣賞價值之景觀 (4)以上皆是。
(4)	17.	請問以下選項何者為「森林以外樹木普查方法及受保護樹木認定標準」之第三條內容，有關於受保護樹木之認定標準？ (1)離地 1.3m 處，闊葉樹胸高直徑達 1.5m 以上 (2)與當地居民生活、祭祀或民俗信仰具有重大連結性 (3)具重大美學欣賞價值之景觀 (4)以上皆是。
(4)	18.	請問以下選項何者為「森林以外樹木普查方法及受保護樹木認定標準」之第三條內容，有關於受保護樹木之認定標準？ (1)離地 1.3m 處，闊葉樹胸高直徑達 1.5m 以上 (2)樹冠投影面積達 400m² 以上 (3)與重大紀念價值歷史事件具有關聯性 (4)以上皆是。
(3)	19.	下列有關於樹木高度之量測方法，何者較不精準？ (1)樹木高度許可，可直接以箱尺或測高桿直接測量 (2)以三角形相似性質推估樹高 (3)用心中的一把尺量 (4)與周遭既有已知高度之建築相比對推估
(2)	20.	樹木主幹於不同高度位置皆可測量到一直徑，國內常使用「胸高直徑」作為樹徑的認定，請問「胸高直徑」定義為何？ (1)以當下測量人員之胸部高度作為基準，以該高度量測之樹徑 (2)離地高 1.3m 處量測之樹徑 (3)離地高 1.5m 處量測之樹徑 (4)離地高 1.0m 處量測之樹徑
(3)	21.	樹木主幹於不同高度位置皆可測量到一直徑，國內常使用「胸高直徑」作為樹徑的認定，請問「胸高直徑」定義為何？ (1)離地高 1.5m 處量測之樹徑 (2)離地高 1.4m 處量測之樹徑 (3)離地高 1.3m 處量測之樹徑 (4)離地高 1.2m 處量測之樹徑

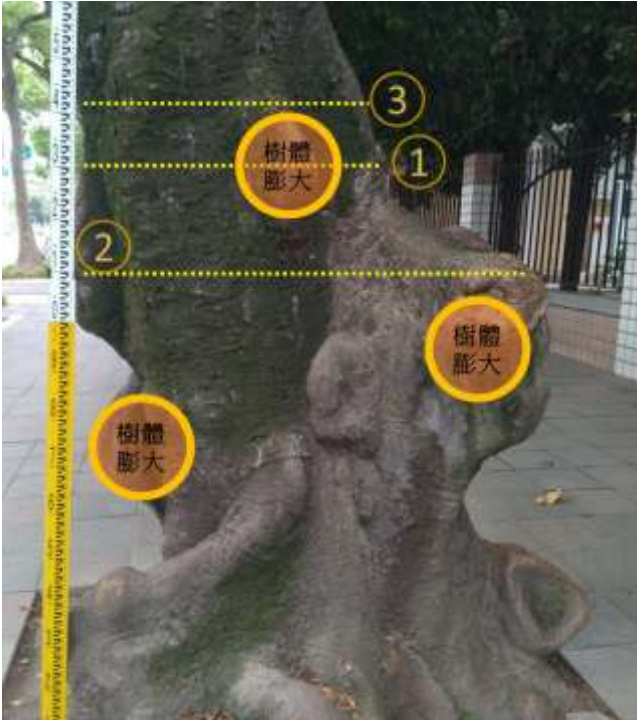
答案	項次	題目
(1)	22.	樹木主幹於不同高度位置皆可測量到一直徑，國內常使用「胸高直徑」作為樹徑的認定，請問「胸高直徑」定義為何？ (1)離地高 1.3m 處量測之樹徑 (2)離地高 1.2m 處量測之樹徑 (3)離地高 1.1m 處量測之樹徑 (4)離地高 1.0m 處量測之樹徑
(4)	23.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問何處的量測位置較為正確？ (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4)以上皆非 

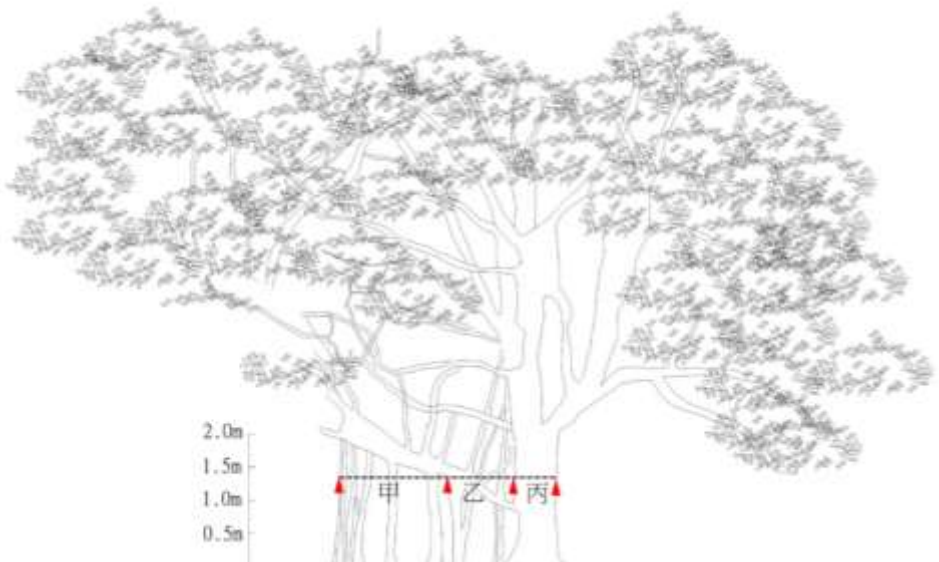
答案	項次	題目
(2)	24.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問何處的量測位置較為正確？ (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4 
(2)	25.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問何處的量測位置較為正確？ (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 以上皆非 

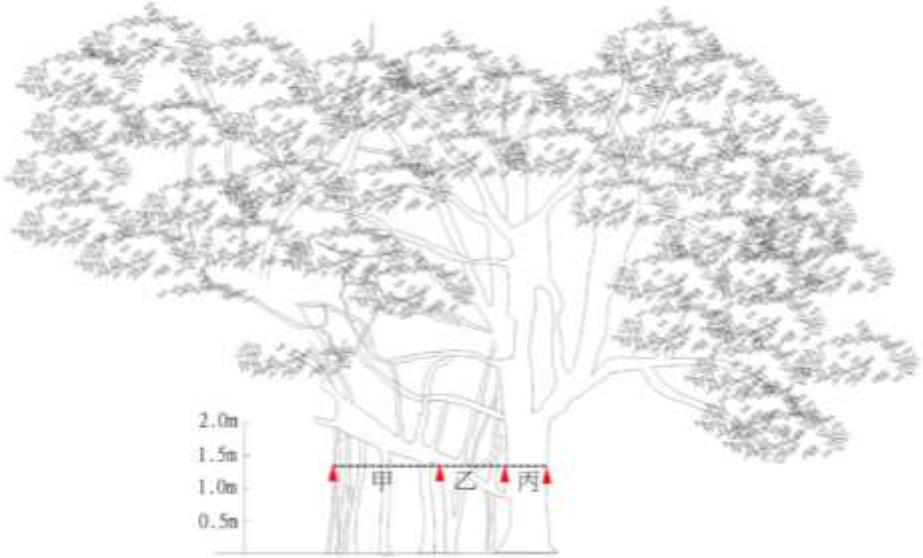
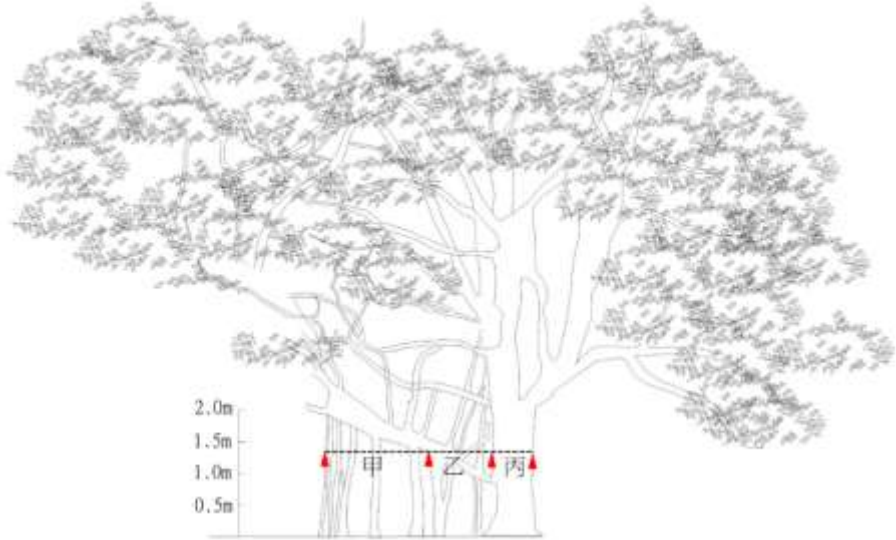
答案	項次	題目
(4)	26.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較為正確？ (1) 甲+乙+丙 (2) 丁+戊+己 (3) 庚 (4) 以上皆非
(2)	27.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較為正確？ (1) $(甲^2 + 乙^2 + 丙^2)^{1/2}$ (2) $(丁^2 + 戊^2 + 己^2)^{1/2}$ (3) $(庚^2)^{1/2}$ (4) 以上皆非

答案	項次	題目
(4)	28.	明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較為正確？ (1) $(甲^2 + 乙^2 + 丙^2)^{1/2}$ (2) $(丁^{1/2} + 戊^{1/2} + 己^{1/2})^2$ (3) $(庚^2)^{1/2}$ (4) 以上皆非 
(4)	29.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較為正確？ (1) $(甲 + 乙 + 丙)/3$ (2) $(丁 + 戊 + 己)/3$ (3) $(甲 + 乙 + 丙 + 丁 + 戊 + 己 + 庚)$ (4) 以上皆非 

答案	項次	題目
(1)	30.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較為正確？ (1) $(丁^2 + 戊^2 + 己^2)^{1/2}$ (2) $(丁 + 戊 + 己)/3$ (3) $(甲 + 乙 + 丙 + 丁 + 戊 + 己 + 庚)$ (4) 以上皆非 
(2)	31.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較符合當前樹木狀況？ (1) 量測 1 位置高度之樹徑 (2) 量測 2 位置高度之樹徑，並詳實記錄樹木狀況及量測原因 (3) 量測離地高 1.3m 處之樹徑 (4) 以上皆非 

答案	項次	題目
(4)	32.	小明欲量測下圖樹木之「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較符合當前樹木狀況？ (1)量測離地高 1.3m 處之樹徑 (2)量測 1 位置高度之樹徑 (3)量測 2 位置高度之樹徑 (4)量測 3 位置高度之樹徑 

答案	項次	題目
(3)	33.	下圖為一株臺北市受保護樹木編號 407 榕樹，其樹體碩大且氣生根發達，請問若欲測量其「胸高直徑」，請問下列選項何種量測計算方式較為恰當？ (1) 甲+乙+丙範圍之樹徑 (2) 乙+丙範圍之樹徑 (3) 丙範圍之樹徑 (4) 以上皆非 

答案	項次	題目
(2)	34.	榕樹、印度橡膠樹等樹種易產生氣生根，下述選項關於前述易有氣生根的樹種之規格量測敘述，請問下列選項何種作業方式較為恰當？ (1)應連同主幹及氣生根一併納入計算(如下圖甲+乙+丙的範圍) (2)應先判斷主幹位置，並排除尚未與主幹融併的氣生根進行量測 (3)將各個氣生根形成的支持根及主幹個別獨立量測 (4)以上皆非 
(3)	35.	下圖為一株臺北市受保護樹木編號 407 榕樹，其樹體碩大且氣生根發達，請問何處較可能是該棵樹木之主幹？ (1) 甲+乙+丙 (2) 乙+丙 (3) 丙 (4) 以上皆非 

答案	項次	題目
(4)	36.	進行樹木之健康檢查時，下述哪些資訊應詳實紀錄？ (1)調查時間、人員 (2)目標樹木樹種 (3)樹木基本規格(樹高、胸徑、冠幅等) (4)以上皆是
(3)	37.	小明在進行樹木健康檢查時，發現其中三棵樹木有記錄到程度不一的缺陷，請問按下列選項之描述，何者較可能有潛在安全危險性，建議優先移除？ (1)黑板樹主幹受截幹，導致大量不定枝萌生 (2)樟樹受到大幅度修剪，樹冠枝條多處有尚未癒合的傷口 (3)雀榕根領處發現褐根病菌絲面 (4)以上皆是
(2)	38.	小明在進行樹木健康檢查時，發現其中三棵樹木有記錄到程度不一的缺陷，請問按下列選項之描述，何者較可能有潛在安全危險性，建議優先移除？ (1)茄苳生育地的土壤硬實，導致浮根明顯 (2)樟樹根領處發現腐朽空洞，範圍延伸至主幹 (3)榕樹枝條多處發生樹皮缺損 (4)以上皆是
(2)	39.	小明在進行樹木健康檢查時，發現其中三棵樹木有記錄到程度不一的缺陷，請問按下列選項之描述，何者較可能有潛在安全危險性，建議優先移除？ (1)茄苳生育地的土壤硬實，導致浮根明顯 (2)鳳凰木根領處發現多顆靈芝子實體 (3)榕樹枝條多處發生樹皮缺損 (4)以上皆是

第七章、樹木保護相關法規

大綱	1. 說明樹木保護意義並介紹樹木保護相關法規。 2. 介紹森林法修正內容。 3. 概述樹木保護主管機關及其權責。 4. 綜合說明各項樹木保護相關法規，如樹木普查、受保護樹木認定標準與樹木保護人員考選規定。
----	---

參考題庫

一、單選題：

答案	項次	題目
(2)	1.	民國 104 年 7 月 1 日總統令公布修正森林法，新增第 5 章之 1，係專門規範森林以外之樹木保護事項，又稱為 (1)森林保護專章 (2)樹木保護專章 (3)生態保護專章 (4)都市林保護專章
(3)	2.	依據森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準，地方主管機關應至少幾年對轄區內樹木進行一次普查？ (1)每一年 (2)每三年 (3)每五年 (4)每十年
(1)	3.	森林法第 38-3 條規定，開發土地時，受保護樹木應 (1)以原地保留為原則 (2)強制移植以利保育 (3)直接砍伐以節省開發成本 (4)價購後移除
(3)	4.	申請移植受保護樹木之土地開發者，應舉辦 (1)公聽會周知民眾提供意見 (2)民意調查決定保留或移除 (3)公開說明會徵詢各界意見 (4)祈福大會後移除樹木
(4)	5.	受保護樹木經許可移植者，地方主管機關應命開發利用者提供土地或資金供主管機關補植，稱為 (1)樹木保育之補償 (2)地方建設之補償 (3)都市景觀之補償 (4)生態環境之補償

答案	項次	題目
(2)	6.	森林法第 38-6 條規定，為執行樹木保護與管理，中央主管機關應建立樹木保護專業人員之培訓、考選及分級認證制度；目前規劃分級認證制度為 (1)不分級 (2)分二級 (3)分三級 (4)分四級
(4)	7.	森林法樹木保護專章授權中央主管機關訂定之四項法規命令，目前已經完成發布程序者為 (1)樹木保護專業人員培訓考選及分級認證辦法 (2)受保護樹木移植及復育計畫審核辦法 (3)受保護樹木移植及復育施工規則 (4)森林以外之樹木普查方法及受保護樹木認定標準
(2)	8.	森林法授權地方主管機關訂定之法規命令為： (1)依當地環境訂定受保護樹木施工規則 (2)訂定移植受保護樹木之生態補償辦法 (3)訂定受保護樹木認定標準 (4)訂定樹木修剪及移植保護辦法
(2)	9.	下列何者屬於受保護樹木認定標準： (1)森林內之群生竹木達 100 公頃以上 (2)農地上樹木樹齡達 100 年以上 (3)闊葉樹之樹幹胸高直徑達 0.75m 以上 (4)都市樹木樹冠投影面積達 300 m² 以上
(2)	10.	森林以外之行道樹或單株樹木符合受保護樹木認定者，下列何者正確？ (1)地方主管機關應報請中央主管機關調查及審查 (2)任何人得提供相關佐證資料向樹木所在地之地方主管機關提報進行認定程序 (3)林務局各林區管理處得逕行指定為受保護樹木 (4)原住民族主管機關得自行指定為受保護樹木
(3)	11.	受保護樹木移植及復育施工規則(草案)規定，樹木疫病蟲害之預防與發生之診斷應由何人施行 (1)農藥代噴技術人員 (2)樹木醫師 (3)樹木保護專業人員 (4)植物醫師
(3)	12.	受保護樹木移植及復育施工規則(草案)規定，受保護樹木移植後，應每季施行樹木健康檢查及安全風險評估，其健檢養護期間最少為 (1)一年 (2)兩年 (3)三年 (4)五年

第八章、樹木保護計畫撰寫實務

大綱	1. 說明樹木保護計畫撰寫時機 2. 介紹樹木受保護資格之認定。 3. 撰寫樹木保護計畫之原則(實際改善作為與預期成果)。 4. 介紹計畫書組成架構，說明原地保留計畫內容、修剪計畫內容，以及移植與復育計畫內容。 5. 分析樹木保護計畫成本效益。 6. 介紹送審注意事項自我檢核表。
----	---

參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(X)	1.	樹木保護計畫書為形式上的作業參考，提送後不須審查，備案後即可施作以求時效。
(O)	2.	樹木符合中央或地方政府依法公告之受保護樹木，有維護管理需求時或土地開發範圍內(包含其旁有影響疑慮)時，應提具保護計畫書，送中央或地方主管機關審查許可後，始得施工。
(X)	3.	提送移植復育計畫審查時，如樹木所有權人與移植地點土地所有權人非同一人時，施作廠商已有樹木所有權人之全權委託書，因此無須再檢送移植地點土地所有權人同意書。
(O)	4.	一般對受保護樹木常見之影響有動線衝擊之影響、開挖範圍之影響、樓高光線之影響、地底建物之影響、水分之影響及日後維護管理之影響等，撰寫樹保計畫書時應以保護樹木為最主要之出發點來思考，而非案件本體之利益考量，方可被審查單位所接受。
(X)	5.	受保護樹標的已採用原地保留模式者，所提送的樹木保護計畫書內容中則無需再標定保護範圍。
(X)	6.	修剪是受保護樹木日常維護管理的一部分，其目的是在協助受保護樹木去除不必要且會影響樹木健康發展的枝葉，使受保護樹木之發展朝協調且合理的樣貌伸展，或是閃避開發進行中無法避免的傷害動線，所進行的手段，因此不管有沒有規範都無須提具修剪計畫書。
(O)	7.	斷根作業、樹根挖掘範圍及根團保護措施是移植前之安全保護措施中很重要之部分，所以在撰寫移植計畫時，應詳細說明保護樹木預計斷根之根球尺寸大小(直徑、深度等)、斷根工法與順序等工項。
(O)	8.	「送審注意事項自我檢核表」之功能可協助廠商在送審樹保計畫之前中後期檢視該辦之事項，以避免因缺漏而影響期程，使審查及計畫執行更為順利。
(O)	9.	依據受保護樹木移植及復育計畫審核辦法公告之草案第五條，開發者應於直轄市、縣(市)主管機關受理申請案件之次日起一個月內，舉行公開說明會，徵詢各界意見。
(X)	10.	樹保計畫書如為二次以上送審，因內容已重新修正撰寫過，只需提送新的完整計畫書就好，無須檢附審查意見修正表，以減少計畫書篇幅以節省紙張
(O)	11.	樹木保護計畫申請須備妥之資料中如符合森林法第三十八條之六第一項指定規模者，應檢附負責規劃、設計及監造之林業、園藝及相關專業技師之技師證書、執業執照影本；屬技術顧問機關(構)所聘者，並應檢附該機關(構)之登記證明文件影本。

答案	項次	題目
(O)	12.	樹木保護計畫申請須備妥之資料中依法應進行環境影響評估者，應檢附經審查通過或許可之環境影響評估說明書或評估書。
(X)	13.	受保護樹木移植與復育計畫只需送審即可，無須舉行公開說明會，徵詢各界意見。
(O)	14.	直轄市、縣(市)主管機關應於開發者舉行公開說明會之次日起一個月內，舉行公聽會，並將公聽會之日期及地點，登載於新聞紙及專屬網頁，或以其他適當方式廣泛周知，任何民眾得提供意見供直轄市、縣(市)主管機關參採。
(O)	15.	樹木保護計畫書如為二次以上送審，則必須檢附審查意見修正表，其內容包括：審議時間、委員名稱、委員審查意見、意見回覆說明、修正內容頁數等。每次審查意見均需列表附上直到審查通過。
(X)	16.	撰寫受保護樹木相關計畫時，只需要交代受保護樹木相關細節即可，所有未被列為受保護樹木的其他樹木都可以在撰寫計畫前先全數清除掉。
(O)	17.	撰寫受保護樹木相關計畫時，開發商若同時為土地所有權人或土地地上權使用者，僅檢附相關證明即可，不須再檢附土地所有權人同意書。
(X)	18.	撰寫受保護樹木移植計畫時，若業主希望將基地內樹木全數移植或移除，應完全配合業主需求，想辦法把受保護樹木移植至基地外。

二、單選題：

答案	項次	題目
(3)	1.	受保護樹木有維護管理需求時或土地開發範圍內(包含其旁有影響疑慮)存在受保護樹木時，應題送何種文件給地方主管機關審查許可後，始得施工 (1)土地契約書 (2)執業登記書 (3)樹木保護計畫書 (4)樹木健康證明書
(1)	2.	以臺北市為例下列何者不是申請樹木保護計畫審查須備妥之資料(1)開發資金證明書 (2)目的事業主管機關核定之興辦事業計畫 (3)移植及復育地點之土地所有權人、使用人或管理人同意書 (4)依法應擬具水土保持計畫者，應檢附經核定之水土保持計畫
(2)	3.	開發案中下列何種影響不適合作為提送樹保計畫之理由 (1)動線衝擊之影響 (2)對開發案獲利之影響 (3)開挖範圍之影響 (4)樓高光線對生育之影響
(1)	4.	下列何者不是提送修剪計畫之目的 (1)除去施工之阻礙方便施工之進行 (2)協助受保護樹木去除不必要且會影響樹木健康發展的枝葉 (3)使受保護樹木之發展朝協調且合理的樣貌伸展 (4)閃避開發進行中無法避免的傷害動線

答案	項次	題目
(4)	5.	「受保護樹木移植及復育計畫審核辦法」草案第五條規定開發者應於直轄市、縣(市)主管機關受理申請案件之次日起多久內？舉行公開說明會，徵詢各界意見 (1)四個月內 (2)三個月內 (3)二個月內 (4)一個月內
(1)	6.	「受保護樹木移植及復育計畫審核辦法」草案第八條規定未能於許可之計畫期程內完工，應於許可計畫期程之期限屆滿七日前，敘明事實及理由，向直轄市、縣(市)主管機關申請展延。前項申請變更或展延，以幾次為限？ (1)一次 (2)二次 (3)三次 (4)四次
(3)	7.	下列何種表單可協助廠商在送審樹保計畫之前中後期檢視該辦之事項，以避免因缺漏而影響期程，使審查及計畫執行更為順利 (1)施工期程表 (2)樹木健康調查表 (3)送審注意事項自我檢核表 (4)樹籍資料表
(4)	8.	下列何種表單可協助樹保委員檢視廠商二次以上送審之計畫書改進之內容，以利詳實審閱 (1)施工期程表 (2)樹木健康調查表 (3)送審注意事項自我檢核表 (4)審查意見修正表
(2)	9.	「受保護樹木移植及復育計畫審核辦法」草案第九條規定直轄市、縣(市)主管機關於施工期間，得實施檢查並作成紀錄。經檢查發現開發者未依許可之計畫施工，致有礙受保護樹木之正常生長者，地方主管機關應令其停工並要求限期改善。開發者需如何處置？ (1)無須理會繼續施工 (2)開發者應依直轄市、縣(市)主管機關所定期限改善完成並經檢查合格後，始得復工 (3)跟樹無關的工程可以繼續施工 (4)一邊改善一邊施工
(2)	10.	樹計畫書所提之樹籍資料表中的樹木位置說明，下列何者不適合作為「樹址」之描述 (1)門牌號碼 (2)招牌桿 (3)地號 (4)台電電桿號碼

答案	項次	題目
(3)	11.	在何種情形下，最有可能需要申請受保護樹木移植許可？ (1)三樓住戶抗議樹木枝條打到住家窗戶，不堪其擾 (2)受保護樹木根系與水溝相鄰，水溝需要重新建置 (3)受保護樹木位於新建建物基地中央，建築物可能嚴重影響受保護樹木生長 (4)受保護樹木枝條受到嚴重病蟲害侵襲
(2)	12.	下列何種情形為正確？ (1)社區旁邊的公園有一株受保護樹木枝條過長，已影響社區住戶，因此社區住戶可自行找人修剪 (2)受保護樹木生長在人行道上，但根系已竄入鄰近排水溝，因此樹木管理單位可撰寫計畫書報核相關主管機關同意後自行修根 (3)新建建物基地旁的巷弄裡有株受保護樹木，可能影響建築興建，因此開發單位可自行向主管機關申請移植計畫，不需徵得地主同意 (4)隔壁公園裡的受保護樹木生長狀況不佳，愛樹的鄰居可自行施肥、用藥
(2)	13.	新建建物基地旁的巷弄裡有株受保護樹木，可能影響建築興建，因此開發單位想向主管機關申請移植計畫，經查發現巷弄土地所有權人多達數十位，開發單位應取得多少比例之土地所有權人同意方可提送計畫？ (1)1/2 (2)2/3 (3)1/4 (4)1/3
(1)	14.	受保護樹木樹冠外推三米範圍涉及建物開挖情形，但受保護樹木預計以原地保留進行保護，請問應提送何種計畫予主管機關審查？ (1)受保護樹木保護計畫 (2)受保護樹木移植與復育計畫 (3)受保護樹木保護暨移植與復育計畫 (4)受保護樹木養護計畫
(4)	15.	提送受保護樹木相關計畫書前，應先做什麼事？ (1)了解業主需求與預算 (2)了解受保護樹木當地氣候條件 (3)檢查受保護樹木是否有病蟲害 (4)以上皆是
(4)	16.	計畫審查時，委員可能要求圖面上需標註清楚受保護樹木與未來建物、景觀的高程位置，是為了要清楚下列何種資訊？ (1)是否有褐根病感染可能 (2)日照狀況 (3)風向 (4)排水方向

答案	項次	題目
(3)	17.	撰寫受保護樹木相關計畫時，計畫需放入施工預算，下列何者正確？ (1)為了賺更多錢，施工預算應盡可能提高 (2)施工預算可偷偷放入計畫內未放入的工項 (3)施工預算需與計畫內工項前後吻合 (4)施工預算僅供參考，概略編列即可
(3)	18.	下列何者為受保護樹木保護計畫可能出現的內容？ (1)受保護樹木根球大小 (2)受保護樹木植穴深度 (3)受保護樹木斷根範圍 (4)受保護樹木吊運重量
(2)	19.	下列何者為受保護樹木移植與復育計畫不會出現的內容？ (1)受保護樹木修剪幅度 (2)受保護樹木原生育地改良範圍與工法 (3)受保護樹木養護時程與頻率 (4)受保護樹木埋設阻根板範圍
(1)	20.	了解業主需求後，要著手撰寫受保護樹木相關計畫之前，應先進行何種調查？ (1)受保護樹木目視診斷評估 (2)原生育地排水方向 (3)定植點調查 (4)日照模擬
(3)	21.	計畫審查時，委員可能要求要明確標註未來開發完成後植栽平面圖，最主要的原因為何？ (1)了解未來基地內有多少樹木 (2)了解未來建物增值空間 (3)了解受保護樹木與其他樹木相對關係 (4)以上皆非
(1)	22.	撰寫受保護樹木相關計畫時，何種圖面可清楚表示基地範圍、新建建物或開挖範圍、受保護樹木與相關工程介面之相對位置？ (1)全區平面配置圖 (2)植栽設計配置圖 (3)受保護樹木現況位置平面圖 (4)植栽現況平面圖
(3)	23.	撰寫受保護樹木移植計畫時，下列何者可能為較合理之移植理由？ (1)受保護樹木枝條長期影響鄰房居民 (2)受保護樹木影響建物開發，無法全面開挖 (3)受保護樹木未來將受建物遮蔽，嚴重影響日照 (4)受保護樹木根系生長空間不足

答案	項次	題目
(3)	24.	基地內三株受保護樹木樹冠外推三米範圍涉及建物開挖情形，但二株受保護樹木預計以原地保留進行保護，一株預計基地外移植，請問應提送何種計畫予主管機關審查？ (1)受保護樹木保護計畫 (2)受保護樹木移植與復育計畫 (3)受保護樹木保護暨移植與復育計畫 (4)受保護樹木養護計畫
(2)	25.	關於受保護樹木移植計畫，下列何者正確？ (1)計畫內容只需概略撰寫，之後只要有期程或建物細節改變，可無限次變更 (2)受保護樹木移植計畫須將定植點相關細節交代清楚，如定植點土質、排水、日照、是否有褐根病等 (3)受保護樹木移植計畫須將非受保護樹木之移植工法與養護頻率交代清楚 (4)以上皆是
(1)	26.	受保護樹木相關計畫內須敘明樹冠修剪幅度，下列何者正確？ (1)受保護樹木修剪樹冠幅度若受開挖影響，可視樹勢、樹種與樹型修剪超過 50% (2)受保護樹木修剪僅可針對枯枝修剪 (3)若有必要，受保護樹木修剪可截頂修剪 (topping cut) (4)以上皆非

第九章、基盤改良與實務

大綱	1. 介紹樹木生育基地的土壤環境狀態。 2. 說明土壤環境異常情形，並提出適當的土壤改良方式。 3. 說明不同種類肥料之適用時機與施用方法。 4. 介紹肥培管理方法。 5. 規劃適當的灌溉與排水計畫。 6. 分析生育地變化對植栽之影響，並提出預防、保護措施。
----	--

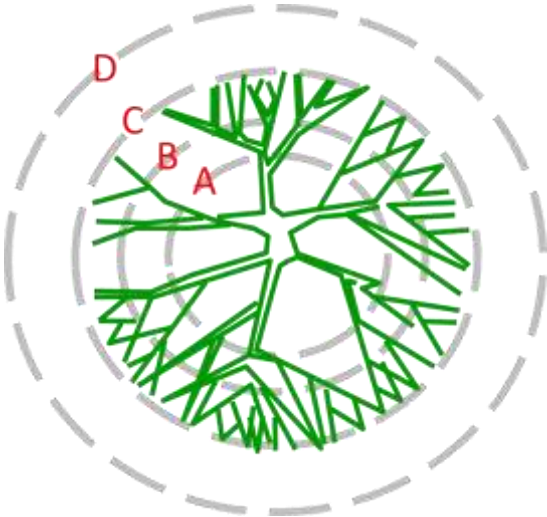
參考題庫

一、單選題：

答案	項次	題目
(4)	1.	下列何者不是造成土壤硬化的原因？ (1)車輛輾壓 (2)工程夯實 (3)人為踩踏 (4)地下生物繁衍
(4)	2.	下列何者非土壤硬化效應導致植物生長異常原因？ (1)水分滲透率降低 (2)空氣穿透不良 (3)植物根系伸展受限 (4)土壤散熱不易
(2)	3.	地勢低窪，土壤排水不良，土壤長期浸潤，易導致樹木： (1)生長旺盛 (2)根部因缺氧死亡腐敗 (3)促進微生物繁殖 (4)沒有影響
(3)	4.	下列肥料何者不含三要素成分？ (1)尿素 (2)台肥 43 號複合肥料 (3)鈣鎂肥 (4)花寶 1 號
(3)	5.	有關「有機肥料」的敘述，何者不正確？ (1)又稱天然肥料 (2)由生物或其代謝物質自然分解形成 (3)分解快速，可快速促進生產 (4)原料如豆渣、油粕、動植物殘體、動物排遺等

答案	項次	題目
(3)	6.	有關「化學肥料」的敘述，何者不正確？ (1)屬於無機態肥料 (2)其製程係利用非生物原料或無機礦物等經工業製程產生 (3)花寶 1 號屬於單質肥料 (4)鈣鎂肥屬於複合肥料
(3)	7.	下列敘述何者為非？ (1)施肥要把握適時、適量的原則，切忌過量，否則易生肥害 (2)基肥為植物於定植、換盆時或每年休眠時期所施用的肥料 (3)植物施用基肥宜採用速效性肥料效果較佳 (4)雨水太多時亦不宜施肥，以免肥料流失
(4)	8.	酸性土壤進行改良(調高 pH 值)下列材料何者無效用？ (1)石灰 (2)矽酸爐渣 (3)鈣鎂肥 (4)尿素
(2)	9.	鹽鹼地(pH 值過高)土壤可添加下列何者改善之？ (1)石灰 (2)石膏 (3)硼砂 (4)碳酸鉀
(4)	10.	下列介質材料何者不適用於土壤改良？ (1)泥炭苔 (2)珍珠石 (3)蛭石 (4)發泡煉石
(1)	11.	下列土壤種類，何者最容易造成排水不良？ (1)黏土 (2)砂土 (3)壤土 (4)礫石土
(3)	12.	土壤中主要供植物根部吸收的水分型態？ (1)結晶水 (2)不飽和水 (3)毛細管水 (4)重力水

答案	項次	題目
(3)	13.	改善土壤固結硬化的方法，以下何者為非？ (1)翻耕破除(中耕) (2)添加有機質 (3)淹水 (4)混合改良介質攪拌
(3)	14.	改善容易積水浸潤土地，下列方法何者不正確？ (1)客土填高基地 (2)挖掘排水溝 (3)增加施肥次數 (4)設置動力排水井
(3)	15.	下列何者常用來作為土壤酸鹼緩衝材料？ (1)滑石粉 (2)甲殼素 (3)有機堆肥(腐植質) (4)生石灰
(2)	16.	利用樹木目視評估法(VTA)，下列哪些敘述非因基地劣化導致之現象？ (1)樹勢衰落，出現較多的乾枯枝條，或局部支幹整體枯萎，大量落葉 (2)枝葉過度濃密，造成枝條嚴重下垂、斷裂 (3)植株某些部位長出靈芝、木耳及其他腐朽菌等 (4)植株乾枯、死亡
(2)	17.	 上圖最適宜實施中耕施肥的位置為？ (1)A (2)B. (3)C (4)D

答案	項次	題目
(3)	18.	 上圖欲破除硬鋪面開設通透孔位置何者最宜？ (1)A (2)B (3)C (4)D
(3)	19.	 上圖樹冠投影範圍，若進行環狀施肥，圖上 4 條開挖線何者最適？ (1)A (2)B (3)C (4)D
(4)	20.	基地對樹木正常生長影響，下列何者非關鍵的因素？ (1)水分滲透 (2)土壤硬度 (3)土壤 pH 值 (4)土壤中的蚯蚓數量

第十章、樹木修剪與實務

大綱	1. 說明不同的修剪目的，以及樹木修剪的原理與應用。 2. 說明修剪對象、種類與判定。 3. 說明不同的修剪方法(疏剪、截剪、結構性修剪等)。 4. 說明樹木修剪前置作業，規劃合適的修剪時機及修剪計畫。 5. 說明樹木解剖構造與自我防禦機制。 6. 介紹樹木傷口保護與修剪適期。 7. 介紹樹木修剪實務 SOP。
----	--

參考題庫

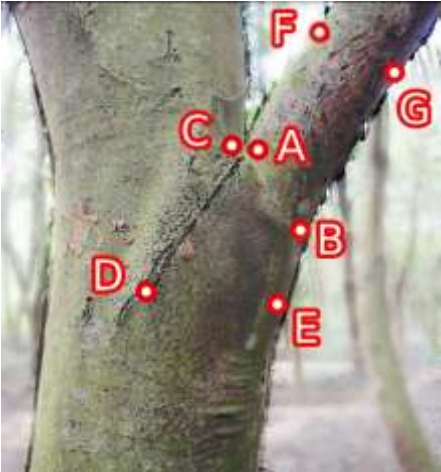
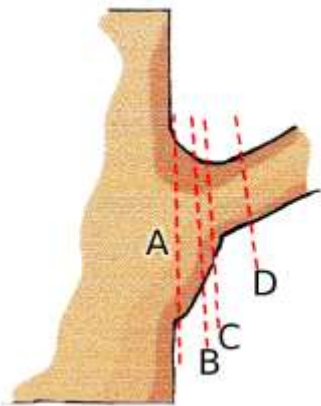
一、是非題：

答案	項次	題目
(O)	1.	樹木修剪應著重維持原生自然樹型，可先採取「不良枝」判定修剪，再以「疏刪 W」及「短截 V」判定修剪，以維持樹型自然美觀、樹體構造、器官組織的健康成長與正常進行營養與生理生長。
(O)	2.	植栽修剪作業的強弱程度可區分三種有：強剪（重剪）、中剪（普剪）、弱剪（輕剪）。
(X)	3.	結構枝（主幹、主枝、亞主枝）是支持樹體構造的最主要部分，日常修剪維護作業時，與一般枝條一樣，可以任意修剪鋸除。
(O)	4.	臺灣大多數松科、柏科、杉科的景觀植栽，若需要進行造型修剪的強剪作法時，應選擇在休眠期間（冬季樹脂流動緩慢或停止的適期作業）。
(O)	5.	棕櫚類植栽在日常維護管理，葉片末端若下垂超過以葉鞘分生處所設定的「水平線角度」以下可判定修剪去除。
(O)	6.	熱帶落葉性闊葉系樹種適合在休眠期間（季節性落葉）、枯水期落葉後至萌芽前、生長旺季（萌芽期間）的期間，幾乎全年皆宜進行「強剪適期」修剪
(O)	7.	樹木的「疏刪修剪」，又稱為「疏剪」或「刪剪」。
(O)	8.	溫帶常綠性針葉樹種，較適合在冬季休眠期間（樹脂停止流動至萌芽前期間）進行修剪。
(O)	9.	脊線領環略分為分離不明顯型、連接不明顯型、下凸明顯型、全凸明顯型、環生明顯型、環凸明顯型六種
(X)	10.	熱帶常綠性針葉樹種，較適合在生長旺季（清明至中秋萌芽期間期間）進行修剪。

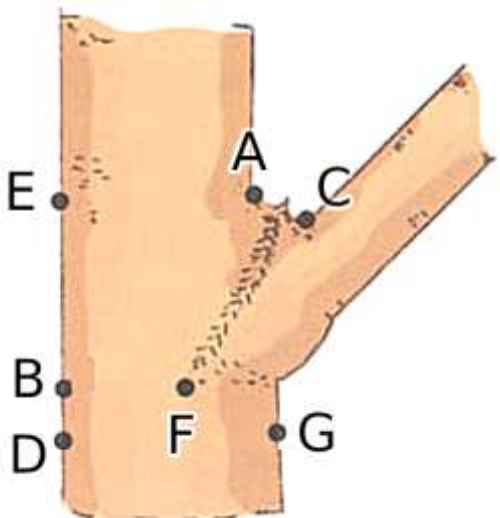
二、單選題：

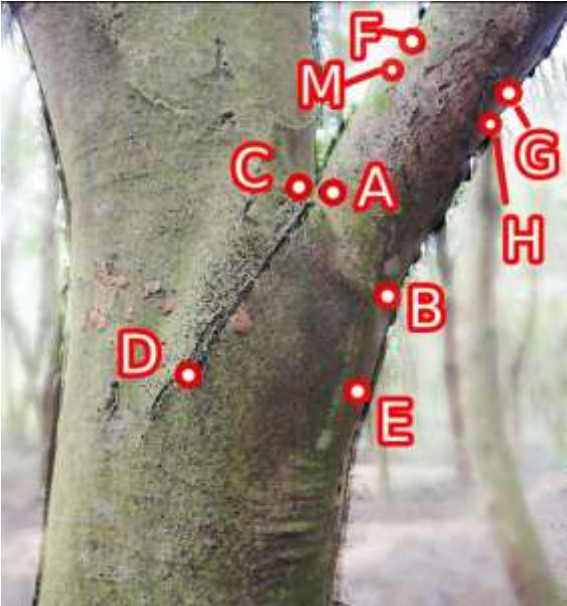
答案	項次	題目
(2)	1.	林木枝葉為林木行光合作用製作養分場所，但亦會進行呼吸作用消耗養分，請問修剪那部份之枝葉，不但不會影響生長，反而會促進生長？ (1)枯枝 (2)樹冠下側生長衰弱枝條 (3)樹冠上側旺盛生長枝條 (4)主幹側枝

答案	項次	題目
(3)	2.	一般林木枝條修剪時，枝條基部直徑多大時，最好採用三段式修剪法，以避免枝條下側樹皮撕裂？ (1) 1 公分 (2) 2 公分 (3) 5 公分以上 (4) 以上皆是
(4)	3.	林木修除枝條時，不可損傷枝條之枝皮樑脊及枝領，因其為植物保護細胞及輸導組織匯聚所在，而其殘存枝條應該留存？ (1) 2-3 公分 (2) 3-5 公分 (3) 5 公分以上 (4) 小於 1 公分或不留存
(3)	4.	破壞下列何者，會促使萌生側芽多發現象，產生樹型的改變，影響外觀美感與抗風能力？ (1) 側枝頂端 (2) 不定芽 (3) 樹幹頂端優勢 (4) 枝條尾端
(1)	5.	落葉樹種最佳修枝之時期？ (1) 12 月至翌年 2 月 (2) 4 月至 5 月 (3) 6 月至 7 月 (4) 8 月至 9 月
(1)	6.	林木枝條修剪後，由傷口之癒合情形，即知修剪位置是否正確，請問何者為正確之傷口癒合形狀？ (1) O (2) () (3) U (4) ∩

答案	項次	題目
(3)	7.	闊葉樹枝條之構造如下，枝條修剪時，正確之位置為？  (1)CE (2)CB (3)AB (4)FG
(2)	8.	針葉樹基座隆肉日顯時，當枝徑大於 3 公分以上時，採取正確修枝位置為？  (1)A (2)C (3)D (4)以上皆可
(3)	9.	樹木修剪和綠籬不同，一般修剪程序是？ (1)由樹幹基部到樹梢，由樹冠外部到內部 (2)由樹梢到基部，由樹冠內部到外部 (3)由樹幹基部到樹梢，由樹冠內部到外部 (4)以上皆非

答案	項次	題目
(4)	10.	林木對於等優勢之分叉幹修剪時，由於有內生樹皮存在，因此容易造成劈裂，請問下列分叉之角度，那一個最容易造成分叉樹幹之劈裂？ (1)90° (2)60° (3)45° (4)30°
(3)	11.	開花植物之修剪，應先瞭解花芽形成的時間與著生之位置，一般春季開花植物，修剪之適期為？ (1)12 月至翌年 1 月 (2)10 月至 11 月 (3)5 月至 6 月 (4)8 月至 9 月
(2)	12.	林木之修剪，僅將枝條先端剪去一段，在生理上破壞該枝條之頂端優勢，刺激側芽形成側枝控制樹木生長與樹冠幅度，稱為？ (1)疏剪 (2)截剪 (3)強剪 (4)截幹
(1)	13.	林木之修剪，將枝條從連結樹幹之基部完全剪去，使樹幹內部空間增大，通氣及透光良好，增進植物之健康稱為？ (1)疏剪 (2)截剪 (3)截項 (4)截幹
(4)	14.	下列那一種為不良枝條，在修剪時必優先除去？ (1)病枝 (2)斷枝 (3)逆枝 (4)以上皆是
(4)	15.	下列那一種不是不良枝條，修剪時必須留存？ (1)枯死枝 (2)纏枝 (3)平行枝 (4)頂芽

答案	項次	題目
(1)	16.	闊葉樹不得已要截幹時，正確之位置為？  The diagram shows a vertical tree trunk on the left and a branch extending from it towards the upper right. Seven points are marked with black dots and labeled with letters: E, B, and D are on the main trunk, with E at the top, B in the middle, and D at the bottom. A, C, F, and G are on the branch, with A and C near the top of the branch, and F and G further down. A dashed line indicates the intended pruning path from point A down the trunk. (1)AB (2)AE (3)DG (4)CD

答案	項次	題目
(1)	17.	大的枝徑，若用一段式之鋸切法，很容易造成枝條下側樹皮之撕裂，而造成傷口癒合困難而腐朽，請問三段式之修剪步驟順序及位置為何？（$\frac{1}{3}$指該部位鋸枝條直徑之$\frac{1}{3}$深）  (1) $\frac{1}{3}$ H→FG→AB (2) $\frac{1}{3}$ M→FG→CB (3) FG→MH→AB (4) FG→MH→AE
(2)	18.	黑板樹修剪作業，下列敘述何者有誤？ (1) 生長過於高大時也不可以一次強制性的短截修剪降低高度 (2) 特意修剪中央領導主枝，破壞頂端優勢而產生多主枝成開張樹型，可避免風災倒伏斷折 (3) 若有中央領導主枝因風災等被截頂後而分生多主枝，可將較細小的主枝予以修除 (4) 其全年皆可以弱剪維護
(3)	19.	預防颱風的防颱修剪實務作法，應採取以下何種修剪方法？ (1) 樹冠部分修除，僅留下結構枝及主要分枝，但不得超過樹高的 $\frac{1}{3}$ 幅度 (2) 將樹冠降低修剪，但不得超過 20~25% 幅度 (3) 在不良枝判定修剪後，實施疏刪 W 判定修剪、短截 V 判定修剪 (4) 摘除葉片以減少樹冠層的總葉量到 50% 以下

答案	項次	題目
(4)	20.	樹木的生理修剪，下列敘述何者有誤？ (1) 促進植栽生理作用的修剪方式 (2) 生理修剪須了解各類植物的開花結果位置等特性，在修剪時保留枝梢末端特定長度，可使其開花集中 (3) 生理修剪後當年通常開花稀疏，隔年開花會特別好 (4) 生理修剪與補償修剪一樣，摘老葉、剪嫩芽可調節養分蓄積促進開花
(1)	21.	原樹型移植種植樹木時，通常會以何種修剪方式來提高移植存活率？ (1) 補償修剪 (2) 生理修剪 (3) 結構修剪 (4) 短截修剪
(4)	22.	景觀樹木的修剪觀念與認知，下列敘述何者正確？ (1) 大樹老樹通常會有生長高度臨界點，這也是樹高的平衡點，因此不可以任意截頂打梢去降低樹木的高度 (2) 樹木需要以日照自營光合作用獲取高達 94% 以上的養分，若因周遭建築或大樹的遮蔽日照角度，它們會有「偏斜（重）生長」的現象產生 (3) 直立主幹型的樹種，在經過不良枝判定修剪後，其樹冠通常會較透空，因此可減少實施「疏刪判定修剪」 (4) 以上皆是
(4)	23.	結構性修剪，下列敘述何者正確？ (1) 災後大樹斷枝透過修剪來重建樹木的結構枝 (2) 運用在景觀園藝苗圃苗木培育期間的管理作業，能培育小苗優良生長結構 (3) 結構性修剪屬於強剪方式，除非是災後搶救，有必要時均應選擇於修剪適期進行作業 (4) 以上皆是
(4)	24.	景觀植栽強剪適期的判定原則，下列敘述何者有誤？ (1) 針葉及闊葉落葉性植物：桃、李、梅、櫻、楓、苦楝、落羽松……等宜選擇休眠期間（冬季落葉後到萌芽前期間）修剪 (2) 針葉常綠性植物：松、柏、杉科植物……等宜選擇休眠期間（冬季樹脂停止流動或緩慢期間）修剪 (3) 闊葉常綠性植物：宜選擇生長旺季（枝葉萌芽生長時）進行修剪 (4) 植栽強剪適期與植栽移植適期，期間上有很大的差異
(1)	25.	樹木修剪傷口塗佈保護藥劑，下列敘述何者有誤？ (1) 不塗佈藥劑傷口就不會受腐朽菌感染 (2) 塗佈藥劑是為了預防傷口感染腐朽菌類 (3) 以石灰粉為基質的傷口保護藥劑，不會妨礙傷口的癒合 (4) 傷口大於直徑 3 cm 以上，建議傷口塗佈保護藥劑

答案	項次	題目
(2)	26.	下列何種熱帶常綠性闊葉樹，較適合在生長旺季（清明至中秋萌芽期間）進行強剪適期修剪？ (1) 樟樹類 (2) 榕樹類 (3) 楓樹類 (4) 櫻花類
(3)	27.	下列何者屬於熱帶常綠針葉？ (1) 五葉松 (2) 雪松 (3) 蘭嶼羅漢松 (4) 小葉羅漢松
(4)	28.	景觀樹木若遭不當的截頂修剪或天災損害，造成分生結構不佳、缺乏完整的結構枝時，應該進行何種修剪方式，以逐年改善？ (1) 生理修剪 (2) 修飾修剪 (3) 造型修剪 (4) 結構性修剪
(4)	29.	不良枝的判定修剪，下列敘述何者正確？ (1) 修剪時如果遇有先前別人修過的幹頭不良枝時，也必須加以修剪完善 (2) 不良枝如果可以經過摘心或短截等修剪成為正常良枝時亦可保留 (3) 徒長枝雖然也是不良枝，但是常常保留成為更新復壯的替補用枝條 (4) 以上皆是
(1)	30.	不良枝的定義說明，下列敘述何者有誤？ (1) 徒長枝於一般情況下均須修除 (2) 幹頭枝是宿存的幹頭部位再度萌生新的枝芽 (3) 枯乾枝的成因為先前病害或蟲害、或因樹冠長久日照不足而導致漸漸弱勢枯乾腐朽 (4) 叉生枝為「同等優勢枝條」之中央部位所萌生枝條，會影響樹冠內部採光通風或形成病蟲害
(3)	31.	植栽的造型修剪，下列敘述何者有誤？ (1) 常綠針葉樹的造型修剪亦屬於「強剪」因此須擇「冬季」適期作業 (2) 針葉樹種在適期「造型修剪」時，其枝梢仍不可以修剪成裸枝狀 (3) 「造型修剪」可以改變原自然外觀造型，並增加觀賞樂趣及提高美感價值；所以應該多多鼓勵採用這種修剪方式 (4) 有些樹種常因樹齡老化呈現枝葉稀疏時，可以實施「(層型)造型修剪」，可促使枝葉受光量增加、減少風阻，有利後續正常生長

答案	項次	題目
(4)	32.	樹木修剪的位置與步驟，下列敘述何者正確？ (1) 直徑大於無法握持穩定者，可稱為：粗大枝幹（粗枝）；若直徑小於可以握持穩定者，則可稱為：一般枝幹（小枝） (2) 進行「植栽修剪作業」切鋸時應注意樹幹與枝條之特有外觀跡象「枝條樹皮脊線 BBR.」與「枝條領環 BC.」 (3) 「枝條樹皮脊線」與「枝條領環」的形成是因為樹木枝條增生時，在枝條周邊的形成層組織細胞在樹幹與枝條之間造成樹皮皺摺狀或因樹皮產生的外部領環組織環狀細胞造成堆積重疊狀的外觀 (4) 以上皆是

第十一章、樹木健康管理概論

大綱	1. 辨別常見的生物性及非生物性異常，判斷樹木病徵及病兆。 2. 說明樹木健康檢查記錄方法、健康診斷原則與目視樹木評估法。 3. 探討環境逆境對樹木生長之影響。 4. 介紹實驗室分析援助概念與方法。 5. 探討疫病蟲害對樹木之影響，規劃有效的病蟲害管理策略。
----	---

參考題庫

一、單選題：

答案	項次	題目
(3)	1.	下列何者為樹木害因診斷的科學法則？ (1)牛頓定律 (2)能量不減法則 (3)柯霍氏法則 (4)酸鹼中和法則
(2)	2.	所謂樹木生病的定義為何？ (1)有看到樹上有昆蟲 (2)有偏離正常的生理或形態 (3)葉片有看到病菌 (4)以上皆是
(1)	3.	樹木能夠在森林火災過後再度萌芽生長，是稱為： (1)耐火樹種 (2)耐旱樹種 (3)耐陰樹種 (4)耐候樹種
(1)	4.	樹木樹皮的顏色何者較易導致日灼？： (1)黑色 (2)白色 (3)黃色 (4)綠色
(2)	5.	樹木長期浸水可能造成枯萎，主要機制是： (1)吸水太多 (2)根系缺氧 (3)老根缺水 (4)濕度過高
(2)	6.	下列何者可能造成對樹木的人為旱害？： (1)土壤深耕 (2)移植之斷根 (3)人為鬆土 (4)移植前修剪

答案	項次	題目
(3)	7.	樹木染患褐根病其地上部枯萎的原因與下列者有關？ (1)缺養分 (2)枝葉中毒 (3)缺水分 (4)含不明成分
(2)	8.	當地下水位因工程施工而提高可能導致的樹木逆境為： (1)吸水過量 (2)根系浸害 (3)缺鎂黃化 (4)缺水傷害
(3)	9.	濱海地區防風林容易枯死的主因為何？ (1)空氣污染 (2)缺水 (3)鹽沫 (4)酸雨
(3)	10.	樹木遭到雷擊其落雷範圍可能傷及多遠的樹木？： (1)100 公尺 (2)50 公尺 (3)10 公尺 (4)1 公尺
(2)	11.	目前公園等非農地之樹木其害蟲防治用藥屬於下列何者？ (1)農用藥劑 (2)環境用藥 (3)寵物用藥 (4)以上皆非
(4)	12.	樹皮因機械傷害而使腐朽菌入侵會導致何種風險？ (1)支撐力不足 (2)心材中空 (3)風倒 (4)以上皆是
(3)	13.	歐美地區倡議的樹木傷口腐朽四道防禦壁理論，其生成二次代謝物的時間約需多久才能有其實效？ (1)半年 (2)1 年 (3)5 至 10 年 (4)大於 20 年

答案	項次	題目
(3)	14.	亞熱帶樹木因不得已的原因造成大型傷口，其建議之處置方式為： (1)施用農藥 (2)施用癒合劑 (3)施用防腐朽藥劑 (4)以上皆非
(4)	15.	樹木根基部如因割草機傷害樹皮容易造成的後果為： (1)傷口腐朽 (2)害蟲蛀食 (3)腐朽菌孳生 (4)以上皆是
(3)	16.	樹木葉部的病斑最常見的病原生物是： (1)細菌 (2)菌質 (3)真菌 (4)原蟲
(3)	17.	目前亞洲地區的松樹第一大病害是： (1)葉枯 (2)光化污染氣候斑 (3)萎凋病 (4)根腐病
(2)	18.	松樹萎凋病是下列何種媒介昆蟲所傳播？ (1)金花蟲 (2)松斑天牛 (3)黃毒蛾 (4)鳳蝶
(1)	19.	樹木疫病蟲害的防治法則主要為： (1)早期診斷早期防治 (2)滅絕病原生物 (3)改變樹種 (4)改善環境
(3)	20.	樹木平常的健康檢查是應由那類專業人員執行？ (1)樹藝人員 (2)修剪人員 (3)樹醫人員 (4)以上皆非

第十二章、樹木工作人員安全

大綱	1. 計畫書組成架構，評估作業現場的危害因子及潛在風險，擬定完善的作業計畫。 2. 樹木修剪安全注意事項。 3. 樹木工作人員安全守則與高空作業安全管理，並介紹樹木工作職災案例。 4. 用藥安全注意事項。 5. 樹木移植安全注意事項。 6. 樹木工作人員災害緊急應變。 7. 參考資料法規概論。
----	---

參考題庫

一、單選題：

答案	項次	題目
(4)	1.	從事樹木工作，安全是唯一考量，關於樹木工作安全，下列何者正確？ (1)僅需考慮民眾安全 (2)僅需考慮作業人員及車輛安全 (3)設備安全不在樹木工作安全的考量範圍內 (4)應包括作業人員及基地影響範圍內之人員、財物及設備之安全
(2)	2.	關於樹木工作的訓練需求，以下何者錯誤？ (1)樹木工作人員必須能評估作業現場的危害因子及潛在風險 (2)樹木修剪技術門檻較低，無需特別訓練 (3)應由受過訓練及具備經驗的人員執行 (4)工作人員應該要知道所有的相關安全法規
(4)	3.	下列何者不屬於樹木作業的安全通則？ (1)工作中使用的機具皆應定期保養 (2)工作人員應該要知道所有的相關安全法規 (3)雇主對工作人員所做的所有訓練都應該建檔列冊 (4)工作人員皆需具備樹上救援的能力
(1)	4.	關於緊急應變措施，下列何者正確？ (1)所有的工作人員必須接受緊急應變措施的訓練 (2)工作現場僅需要至少一個人知道緊急情形時該怎麼做 (3)一般情況下，工作現場只需要常備一組合格的急救箱 (4)修剪人員觸電時，應第一時間上樹救援，以避免二次傷害
(3)	5.	鏈鋸等燃油設備啟動引擎時，必須遠離加油點至少幾公尺？ (1)1 (2)2 (3)3 (4)2.5

答案	項次	題目
(4)	6.	下列何者屬於交通管制設施？ (1)三角錐(安全錐) (2)旗幟或警告標誌 (3)反光背心 (4)以上皆是
(3)	7.	關於團隊溝通，以下何者為非？ (1)維持工作團隊內良好的溝通是工作安全非常重要的部份 (2)團隊中的每一位工作者必須知道其他成員在做什麼 (3)團隊溝通對工作安全沒有影響 (4)團隊中每個人都必須採取措施管理風險，以防止意外發生
(2)	8.	下列何者不屬於樹木本身的結構缺陷？ (1)枯枝及腐朽枝 (2)支撐架毀損 (3)夾皮 (4)主幹嚴重中空
(1)	9.	修剪工作執行中，以下何者最不適合樹上工作者與地面工作者的溝通方式？ (1)通訊軟體 (2)手勢 (3)口令 (4)語音式的指揮與應答系統
(4)	10.	下列何者屬於樹木修剪工作監視人員的職責？ (1)全程參與作業 (2)確保作業人員依安全作業流程進行作業 (3)於天候不佳時指示停工 (4)以上皆是
(3)	11.	考量樹木修剪工作安全，梯子適用的最大作業高度為？ (1)1 公尺 (2)1.5 公尺 (3)2 公尺 (4)3 公尺
(1)	12.	下列何者不適用於作業高度 2 公尺以上處所？ (1)合梯 (2)高空作業車 (3)合格的攀樹器材與技術 (4)搭設安全的工作平台

答案	項次	題目
(2)	13.	關於樹木移植作業之安全預防，下列何者為非？ (1)工作團隊需熟悉移植計畫內之所有工作內容 (2)樹木運送路線不需要事先勘查 (3)作業前應做好工作動線周邊的安全防護 (4)必要時須申請相關燈號標誌或電信電力暫時斷電處理
(2)	14.	關於樹木調查作業安全注意事項，下列何者正確？ (1)熟練的作業人員可以單獨 1 人獨自作業 (2)應穿戴合適的工作服裝及安全防護配備 (3)樹木調查不需要準備簡易急救設備 (4)兩人共同作業會因為聊天而導致工作效率降低，應盡可能避免
(3)	15.	下列何者不屬於安全的樹木修剪作業方式？ (1)聽從現場監工人員指示進行作業 (2)確實使用背負式安全帶、安全帽等防護器具 (3)直接踩踏於輕質屋頂或採光罩 (4)雷雨期間停止進行修剪作業
(2)	16.	進行樹木移植時，樹木在運送過程中應固定妥當，當樹木的胸高直徑大於幾公分時，應先計算樹木重量以作為相關吊搬裝載運送前的評估參考？ (1)10 (2)30 (3)80 (4)100
(2)	17.	關於樹木移植作業，在運送樹木過程中，下列何者為非？ (1)喬木高度若長於車輛載斗時，其樹木枝幹與車斗接觸的各部位應加強設置襯墊 (2)根球部應朝向貨車車尾處 (3)樹木高度若長於車輛載斗時，於植栽樹梢末端處應懸掛紅色警示布條或裝設警示燈號 (4)吊搬裝載時，樹木在運送過程中應固定妥當
(3)	18.	樹木移除作業中，以下何者常用來提升伐木過程中的操控性？ (1)小貨車 (2)空拍機 (3)伐木楔子 (4)工業用風扇
(1)	19.	為確保工作安全不直接參與移除樹木的工作者必須站到距離樹木多遠的範圍外？ (1)樹高 2 倍以上的範圍外 (2)15 公尺 (3)20 公尺 (4)樹冠滴水線範圍外

答案	項次	題目
(4)	20.	關於樹木移除作業，下列何者 <u>不是</u> 安全的作業方式？ (1)操作牽引線的人員站在 1.5 倍樹高的距離以外 (2)現場工作人員事先約定的明確的溝通方法(包含手勢或口令) (3)以樹木預定傾倒方向的反面 45 度的兩個側邊方向作為撤離路徑 (4)一旦樹木開始倒下，鏈鋸操作者背對樹木快速離開現場
(2)	21.	關於伐木切口(notch)，下列何者為非？ (1)切口形式包括開面切口、慣行切口以及洪堡切口 (2)伐木切口的高度應盡可能的貼近地面 (3)切口深度以不超過樹幹直徑的三分之一為原則 (4)利用伐木切口搭配楔子及牽引繩，可提升伐木過程中的操控性
(4)	22.	樹木用藥及防治作業中，藥劑進入人體的途徑包括？ (1)皮膚 (2)眼 (3)口鼻 (4)以上皆是
(2)	23.	樹木用藥及防治作業中，下列何者 <u>不屬於</u> 合適的個人防護裝備 (1)質料緊緻的寬鬆長袖上衣及長褲 (2)寬邊草帽 (3)長度蓋過手腕的橡膠或乳膠手套 (4)穿著長筒雨靴並把褲管置於靴外
(1)	24.	下列何者可以有效降低鏈鋸對腿部的傷害？ (1)鏈鋸褲 (2)安全帽及耳罩 (3)尺寸合適的皮手套 (4)寬鬆的牛仔褲
(1)	25.	彈鋸(kickback)是一種常見的鏈鋸傷害形式，以下何者正確？ (1)發生在鏈鋸導板前端上半扇形部分觸碰到木材或其他物體 (2)彈鋸發生的速度雖快，只又受過何事的訓練即可反應 (3)操作者的站姿與操作方式不會影響彈鋸發生的機會 (4)單手操作可有效避免彈鋸
(4)	26.	高空作業時，何者是造成人員自工作台墜落之主要原因？ (1)不安全行為 (2)機械故障 (3)操作不慎 (4)以上皆是

答案	項次	題目
(3)	27.	關於碎木機使用安全，以下何者 <u>錯誤</u> ？ (1)短小的樹枝可以用較大的樹枝推入碎木機 (2)進料時，枝條較粗的一端應先入機器 (3)工作人員應穿著寬鬆衣物及長型手套操作碎木機 (4)操作人員身體的任何部位都不應超越進料口的邊緣
(3)	28.	根據勞動部勞動及職業安全衛生研究所統計，下列何種類型的災害是我國重大職災死亡人數占比最高者？ (1)鏈鋸災害 (2)交通事故 (3)墜落災害 (4)中暑與熱傷害
(4)	29.	工作現場發生緊急災害需要呼叫支援時，以下哪一項內容 <u>不是</u> 必要資訊？ (1)事發地點 (2)受傷人員數量 (3)現場狀況 (4)公司電話
(4)	30.	操作鏈鋸時，哪些是必要的裝備個人保護設備？ (1)腿部防護 (2)工作靴 (3)頭盔、耳罩及護目鏡 (4)以上皆是

第十三章、樹木保護措施與施工

大綱	1. 概述樹木保護目的與目標。 2. 分析生育地變化對樹木生長之影響。 3. 提出生育地變化之預防、保護措施。 4. 介紹施工前的評估及規劃作業。 5. 說明工程中常見造成樹木的傷害。 6. 提出施工中的作業要點。
----	--

參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(O)	1.	面對樹木受傷後的改善處理方式，能做的有限，所以最容易有效的方式即是在前期流程設定加入保護措施，並且落實保護行為，避免樹木在工程施工中導致傷害。
(X)	2.	劃設樹木保護範圍(Tree Protection Zone, TPZ)是因為樹木會影響工程進行，因此劃設區隔範圍，原則上越小越好，以確保不會影響工程進行。
(O)	3.	「樹木保護範圍」(Tree Protection Zone, TPZ)為樹木維持生存所需的根量生長的範圍，在這個區域中須優先保護根及土壤基盤。常見劃定範圍的方法有「滴水線法」「樹高法」「樹徑法」另加上考量樹木活力度與健康度、樹種、樹齡或其他外在條件來制定。
(O)	4.	一般劃定樹木保護範圍多使用「滴水線法」，而對於狹窄樹冠的樹木，「樹高法」則較為合適，「樹徑法」則適用於傾斜或不規則生長的樹木。
(X)	5.	被劃定的樹木保護範圍，如果在影響施工的情況下，其範圍內偶爾可以讓機具及車輛進入及儲藏或堆置機具設備必要時還可以改變高程。
(X)	6.	土壤是植物生長的必要條件，因此工程中填土(高程的改變)有助於根系的新生發展，填土方式的土壤基盤異動，不會造成樹木的損傷。
(O)	7.	工程傷害可能對樹木造成年度枝條生長量變少、葉子變小或變黃、葉片捲曲、提早轉色或掉葉、枝條回枯、機具設備操作對樹幹或較低的枝條造成不規則的傷口造成其他病蟲害的入侵或腐朽潰爛、導致樹木死亡等逆境。
(X)	8.	施工動線的規劃中，盡可能設計越多進出路徑，越能分散及閃避對受保護樹木枝條的碰撞風險，及根系的輾壓。
(O)	9.	在保護範圍內鋪設 5-10 公分厚的清碎石，具有透氣、水分滲入的作用，相較松樹皮一般大眾會認為更可以踩踏的區域，普遍使用在人行鋪面上。但是夏季時碎石溫度升高，會增加表面水氣蒸散速度，所以喜歡潮濕的樹種不建議使用，並且需注意不可使用再生碎石，再生碎石長時間會影響土壤偏鹼。
(O)	10.	麻布、稻草為常見保護樹幹的包裹措施，目的為防止樹皮曬傷，減少樹皮水分蒸散，此外日本常運用於移植以及冬季時保持溫度。因為是天然資材，可長時間包裹，但仍不宜超過半年，以防昆蟲生長其中，應於樹木良好生長後拆除(約 1 個月的時間)。
(X)	11.	覆蓋物可減少土壤表面生物膜的產生、調解土壤的溫度、保持水分、減少雜草，所以覆蓋越厚越好，甚至可以堆置在樹幹上蓋過根領。
(X)	12.	土壤的夯實可讓受保護樹木保護範圍表面的水分快速逕流，有助於下雨時的水量排解，避免保護範圍積水。

二、單選題：

答案	項次	題目
(4)	1.	有關樹木保護規劃設計及後續施工計劃中，樹木調查的詳盡程度至關著樹木保護措施之規劃，在設計階段應顧慮哪些事項？ (1)樹木的生長環境 (2)樹木冠層和根系的生長空間 (3)微氣候條件 (4)以上皆是
(3)	2.	下列何者不是樹木保護規範須具備的項目 (1)保護範圍內嚴禁任何機具進出，避免壓實及影響根區範圍 (2)保護範圍內必須摒除所有的管線設施 (3)保護範圍需設立垃圾桶以免垃圾亂丟 (4)保護區的基地範圍內必須要有澆水的設備
(2)	3.	「樹木保護範圍」(Tree Protection Zone, TPZ)為樹木維持生存所需的根量生長的範圍，劃定範圍的方法常會因樹況的不同採用不同的方式，對於狹窄樹冠的樹木較合適的方法為 (1)滴水線法 (2)樹高法 (3)樹徑法 (4)隨意畫設法
(1)	4.	保護範圍的邊界框定可使用的材料很多，依嚴謹程度來看下列哪一種材料嚴謹度較高？ (1)乙種圍籬框 (2)三角錐搭配伸縮式連桿 (3)工程警示帶 (4)繩索
(3)	5.	常見保護根系的表面覆蓋措施，何種材料普遍使用在人行鋪面上。但是夏季時材料溫度易升高，會增加表面水氣蒸散速度，所以喜歡潮濕的樹種不建議使用？ (1)稻草 (2)松樹皮 (3)清碎石 (4)以上皆非
(1)	6.	儘管盡了最大的努力及嚴格規定樹木的保護措施，但有些樹木仍有可能於施工過程當中受到傷害，此時必須採取補救措施來降低逆境，如果是傷害到根系以至於樹體有搖晃傾斜疑慮，應採下種補救措施？ (1)支撐 (2)灌水 (3)覆蓋稻草 (4)噴藥

答案	項次	題目
(3)	7.	下列何種狀況不是工程中常見造成樹木傷害的原因 (1)開挖需求 (2)機具輾壓土壤夯實 (3)病蟲害 (4)機具撞傷
(1)	8.	「樹木保護範圍」(Tree Protection Zone, TPZ)為樹木維持生存所需的根量生長的範圍，一般劃定保護範圍最多使用的方法為 (1)滴水線法 (2)樹高法 (3)樹徑法 (4)隨意畫設法
(4)	9.	下列何種樹木保護範圍的邊界框定所採用的方法，因完全無法移動，常使用在耗時較久的工地環境，或是需要長時間隔離保護的地點 (1)繩索 (2)三角錐搭配伸縮式連桿 (3)工程警示帶 (4)金屬或木製圍籬
(3)	10.	假如有一建案工程預計在一株陽性樹種(樟樹)的南側興建高層建築，即使已保留適當距離，仍將嚴重影響日照時數，另外因植穴範圍縮小、大樓風變強等影響之下，採用何種保護措施較為適當？ (1)無須理會繼續施工 (2)現況保留保護 (3)移植保護 (4)移除

第十四章、美學與環境倫理

大綱	1. 植物與環境生態系統之關係。 2. 植栽應用與設計原理。 3. 以生態設計與計畫(Ecological Design & Planning)為基底之植栽設計美學。 4. 從事樹木相關作業所應具備之美學素養。 5. 探討樹木保護議題。 6. 以棲地單元考量之植栽設計。
----	--

參考題庫

一、是非題：

答案	項次	題目
(X)	1.	植栽設計應被視為一種二維(2D)平面配置，主要考量空間機能與視覺美觀。
(X)	2.	在地球演化史中，單一植物的生存時間通常比單一動物的生存時間短。
(X)	3.	在台灣，榕屬植物因其淺根性與旺盛的生長力，被視為擁擠都市中「受歡迎」的行道樹種。
(O)	4.	景觀設計中的「簡潔」元素，因都會環境的混亂與吵雜，常被忽略，但巧妙使用可提升寧靜感。
(X)	5.	「適地適種」是植栽設計的基本門檻，因此所有原生種植物都適合人造的都市環境。
(O)	6.	Ian McHarg 的生態規劃方法模型，強調在進行任何基地規劃前，都應作詳細的基地環境與生態調查。
(X)	7.	「蓋亞假說」(Gaia Hypothesis) 是由 Aldo Leopold 於 1949 年提出的，主張土地是一個社群。
(X)	8.	在都市化地區，當重大建設開發遇到大樹老樹時，應以移植作為優先處理方案。
(O)	9.	在海岸棲地環境中，提供一個讓適生樹種自行落腳繁衍的條件，比用都市公園的手法去「種植苗木」更為合適。
(X)	10.	在濕地環境中進行植栽設計時，應以人工「種植」的方式為主，才能確保生態系統的穩定。

二、單選題：

答案	項次	題目
(3)	1.	下列何者 不是 景觀設計中需要借用的重要美學操作元素？ (1)韻律(rhythm) (2)比例(proportion) (3)成本(cost) (4)焦點(focalpoint)

答案	項次	題目
(2)	2.	在景觀設計中，哪一種元素用來引導人的注意力在不同區域中穿梭，是一種動態的策略？ (1)簡潔 (2)韻律 (3)平衡 (4)統一性
(2)	3.	樟樹與欖仁樹屬於哪一種樹型分類？ (1)圓型 (2)擴展型 (3)塔型 (4)橢圓型
(3)	4.	哪一種樹型多半為針葉樹，適合用作遮掩、防風與創造韻律效果？ (1)扇型 (2)圓柱型 (3)塔型 (4)通透型
(4)	5.	檳木與旅人蕉被歸類為哪一種樹型，適合做行道樹，並能創造統一性與韻律效果？ (1)垂枝型 (2)橢圓型 (3)不規則型 (4)扇型
(2)	6.	下列哪一種樹型具有特殊造型，常在景觀設計中作為「焦點」使用？ (1)圓錐型 (2)垂枝型 (3)擴展型 (4)通透型
(4)	7.	本章提到「土地是一個社群是生態學的基本概念，但土地應該被愛與尊重則是倫理的延伸」，此觀點出自於何人？ (1)Ian McHarg (2)Eugene Odum (3)James Lovelock (4)Aldo Leopold
(3)	8.	何者的生態規劃方法強調，不了解土地自然系統的運作，就難以了解生態環境與美學的關係？ (1)Giles Clément (2)John Stuart Mill (3)Ian McHarg (4)Aldo Leopold

答案	項次	題目
(2)	9.	根據 Eugene Odum 的生態系機能關係圖，生態系統主要分為保護、生產、折衷與哪一種類型？ (1)休憩-娛樂 (2)都市-工業 (3)自然-荒野 (4)農業-鄉村
(1)	10.	植栽設計不只是滿足人類需求，還需兼顧生態多樣性與生態系統的平衡。這體現了下列哪一項核心思考面向？ (1)Environmental Ethic(環境倫理實踐) (2)Healing(療癒適性) (3)Education(環境教育) (4)Sustainable(永續經營)
(2)	11.	在都市化地區的規劃原則中，對於因開發而必須移植的樹木，應秉持何種優先考量？ (1)成本最低化 (2)保存最大化 (3)開發效率化 (4)景觀一致化
(3)	12.	在鄉村與農村環境中，位於土地公廟或聚落周邊的「風水樹」具有何種價值，應予以保護？ (1)僅具經濟價值 (2)僅具觀賞價值 (3)自然文化景觀價值 (4)科學研究價值
(3)	13.	針對原住民生活領域的規劃，應避免下列何種作法？ (1)尊重部落對聖山聖樹的崇敬 (2)鼓勵復育民俗植物 (3)採用都市化棋盤式規劃 (4)保全其生活生產網絡
(4)	14.	對於糖廠、煉油廠等產業區轉型，應將現存具意義的樹木植栽申請何種類別保護，以防被破壞？ (1)自然保留區 (2)國家公園 (3)野生動物保護區 (4)文化景觀

答案	項次	題目
(2)	15.	在產業區的設計原理中，對於歷史上引入的外來種或實驗品種，應如何處理？ (1)一律移除，恢復原生樣貌 (2)視為文化資產的一部分予以保存 (3)自由生長，不加干預 (4)僅保留具經濟價值者
(3)	16.	關於海岸棲地環境的設計原理，下列敘述何者正確？ (1)應優先移除所有非原生種的防風林 (2)應以都市公園手法大量種植整齊的苗木 (3)動態變遷應視為自然現象 (4)主要保護喬木，灌木與爬藤類較不重要
(2)	17.	在森林環境中，對於山林裡的風倒木，較佳的處置方式為何？ (1)全部清運下山，維持環境整潔 (2)就地融入森林生態演替系統中 (3)集中焚燒，避免病蟲害 (4)加工製成觀光紀念品
(3)	18.	在森林遊樂區，為避免過多人為干擾，管理設施的設計應避免下列何者？ (1)使用 AI 科技提供虛擬實境體驗 (2)設置解說牌 (3)導入鮮豔的護欄與不適切的材料 (4)建立觀賞平台
(2)	19.	本章將野生環境、自然景觀、自然化的景觀、栽種的景觀以及何者並列為五種景觀類型？ (1)農業的景觀 (2)人為的景觀 (3)廢棄的景觀 (4)海岸的景觀
(3)	20.	為了確保植物生態系統的永續性，下列何者不是本章中提到的核心理念與思考規範？ (1)節能 (2)省水 (3)追求最高經濟產值 (4)人與生物能平等共生

三、複選題

答案	項次	題目
(1)(2) (3)(4)	1.	如何提升景觀的美感同時降低維護需求？ (1)挑選高品質的樹苗與健康的根系 (2)提供足夠根系生長空間 (3)提供適當的土壤，水分與養分 (4)正確種植與適當的維護 (5)被修剪成盆景形式的
(2)(3) (4)(5)	2.	請選擇森林中樹木的生長習性。 (1)在主幹上從上到下枝葉繁茂 (2)主幹高度對直徑的比例較大 (3)枝葉多半存在樹木的上部 (4)樹木耐風暴的能力較差 (5)枝條與主幹的角度較小
(1)(2) (3)(5)	3.	請選擇常見的樹型分類。 (1)圓型 (2)擴展型 (3)扇型 (4)梯型 (5)圓柱型
(1)(2) (3)(4)	4.	請問如何確定漂亮高品質的樹木？ (1)主領導枝挺直，具此類樹木正常樹形 (2)樹木枝條直徑與主幹直徑比例(枝幹比)較小 (3)枝條有適當的間距，隔鄰枝條沒有位在上下重疊 (4)主幹與枝條有適當的尖削度 (5)數根側枝叢生在主幹上
(4)	5.	以下關於都市樹木植栽設計何者有誤？ (1)都市化地區生長環境較嚴苛，受到空污、熱島效應、強降雨等衝擊 (2)樹苗的培育及種植後維護需求均應充分了解，以減輕往後的維護費用 (3)因為公共建設之闢建必須移植樹木時，仍應以「保存最大化」為優先考量 (4)都市老樹經常成為開發的絆腳石，應以移植為原則 (5)都市開發中需保留樹木時，設計師應發展創意與研發技術工法，讓樹木得與建物或設施共生
(1)(2) (4)(5)	6.	請選擇適合作為行道樹的樹種。 (1)光蠟樹 (2)楓香 (3)印度橡膠樹 (4)九芎 (5)欖木

答案	項次	題目
(1)(2) (3)(4) (5)	7.	樹木對於人類的利益有哪些？ (1)夏天遮蔭降溫，冬天防風保溫 (2)降低土表逕流的機會 (3)吸收空污清潔空氣 (4)遮掩難看的景象 (5)延長建築設施的壽命
(3)	8.	在樹木的基部堆疊大量的土壤或腐植質，會？ (1)保持濕度與養分，有助樹木生長 (2)保護樹幹，避免機械傷害 (3)因為潮濕，樹皮容易腐朽生病 (4)加強樹木的穩定性 (5)容易調整高程
(1)(2) (3)(4) (5)	9.	下列何者屬於生態系統的組成元素？ (1)動物 (2)植物 (3)微生物 (4)水文 (5)土壤
(1)(2) (3)(4)	10.	下列何者屬於景觀設計的重要美學元素？ (1)顏色 (2)線條 (3)焦點 (4)簡潔 (5)機能