

【第二章】生態綠化之理念與實務

「生態綠化」與一般人認知的環境綠化並不相同。以往所認為的「綠化」是栽植各式花草樹木以達到視覺美觀或遮蔭的效果而已；然而，同樣的做法用在「生態綠化」上，可能是極大的誤謬，甚至與「生態綠化」的本意背道而馳，因為生態綠化的目的，是復育一個符合生態原則的天然林。因此在樹種選擇上，要考量當地的潛在植被，選擇演替過程中優勢的種類作為培育的對象；而在栽植的過程中，更要考量樹與樹之間相互影響的關係建造一個具有層次變化、結構完整的植物社會，以期恢復高歧異度、多功能性的生態環境。除此之外，生態綠化另一層意義，是期望該植物社會將來能夠與當地的自然環境及微氣候相吻合，充分發揮截流、防風、護土等功能，將環境壓力減至最低。有關高速公路生態現況評估及潛能之調查研究，可追溯至歐洲的德語系國家，因該地區較早工業化，環境的破壞也較嚴重，原始植被蕩然無存，所以自二十世紀初期即有學者積極從事由殘存的植物逐步推演破壞前可能的原始生態環境，也由於此方面研究所累積的資訊，影響德語系國家的綠化工作，主要特色即是以生態的角度去考慮綠化的方法與植物種類，此即目前生態綠化之濫觴。日本於二十世紀大量學習德國之政經與文化，生態綠化的觀念也因此在日本生根茁壯，目前世界上僅此二地區是生態綠化實施較徹底的國家。不過綠化需吻合生態原則的觀念，在全世界先進國家已逐漸形成一股風潮。在德語系國家與日本，生態綠化多應用在大區域規劃、重大工程建設等項目上，例如城鄉的規畫，工業區、高速公路的開發等，也有應用到國家公園的綠化或礦區的綠化。雖然臺灣地區的生態綠化研究起步較晚，但臺灣潛在植被的基本架構，例如垂直觀的潛在積被單位與臺灣低海拔的潛在植被單位，已有初步的了解；而運用潛在植被的基礎資料，採集原生樹種的種子或枝條，進行育苗，建立生態綠化苗木繁育系統的構想已逐步進行中；甚至模擬自然植被演替並應

用於高速公路的綠化工作，也有學者積極參與。另外，生態綠化的理論要被推展至如高雄都會公園規劃案，利用現地育苗整治垃圾掩埋場，同時兼顧建立種源庫及達到休閒功能；又如兼具防風與景觀美化的觀音工業區生態綠化等亦為同一系列的案例。

〈第一節〉生態綠化的意義

「生態綠化」即是根據所欲綠化地區的潛在植被，以人工方式誘導加速其他植物社會演替的進行，植物苗木種類以潛在植被演替過程中優勢種類為主要培育對象，使生態綠化後所建立的植物社會與相鄰地區的植被相互吻合，並融入地域性生態體系的運作。

生態綠化的目的是在復育當地的天然林。天然林的層次結構有助於減緩由上而下的衝擊；又各組成分子的相互串連，可降低各種由外而內的衝擊，此外由於當地複雜的野生環境的重建，對野生動物的保育亦有所助益。其主要觀念包括：

一、天然林層次結構的重建：

生態綠化是要重建特定地區符合其生態背景的天然林。台灣低海拔的成熟天然林有顯著的層次結構，典型者由上而下有第一喬木層、第二喬木層、灌木層及草本層，對於降雨有分層截留的功能；植物社會分層的結果也創造了多樣性的植物生存環境，所以生態綠化的目的亦即是重建天然林的層次結構。

二、天然林複雜組合的重建：

植物社會一如人類社會，由簡而漸趨複雜，職務分工也越趨細膩。社會組成的複雜性乃是天然林有別於人工林的一大特色，由於環

環相扣，可將外來壓力減緩至某一程度，例如林中的木質藤本可將森林的層次結構與鄰近樹種編織起來，形成一堅固的實體，以減低風害等機械性的傷害。所以生態綠化也是重建一個複雜而組織嚴密的天然林。

恢復天然林的意義

由於天然林是經過長時間的考驗所留下來的，因此天然林的成員及其結構應是最適合當地的自然環境，包括它的生存能力、水土保持功能，以及抵抗外來壓力的能力等。而天然林之所以可以具有如此大的功效，是因為其組成複雜、結構具有層次分化所造成的，使得它有多重防禦效果，同時也可以有效地維護當地的環境。

天然林的重要特性包括：

一、截留雨水，涵養水份，減少表土流失：

台灣低海拔天然林的組成概以闊葉樹種為主，加上枝條末端的樹葉，宛如一漏斗狀的雨水收集器，雨水經第一喬木層的樹葉截留，慢慢流經枝條、樹幹而到達地表。雨水自樹枝流經樹幹的現象稱為莖流，而森林中的著生植物即仰賴莖流而獲得水份，此時雨水的速度及流量，經過層層截留與著生植物的留置，已大為減弱，到達地面時只能滋潤表土而不致造成沖刷的現象。

二、具林緣效應，對噪音與污染產生過濾作用：

由於森林邊緣的組成分子較林內更為複雜，且具有更嚴密的串連性，自然形成一面不但具有層次及複雜組成，且具有縱深的網，對噪音與污染具有相當程度的過濾作用。

三、減輕來阻隔風、火、病害等外來壓力的衝擊：

天然林的另一林緣效應即是形成一道天然的風切面，強勁風力常可順此坡面滑過，減少其對森林的直接衝擊；因此緊密的林緣結構無異於一天然防護網。山谷地區的林分通常可涵養較多

的水份，也常是森林大火不易燒毀的地方，因而山窪之微環境得以保有殘留林，被摧毀的森林也因此殘留部分而能加速恢復。天然林中的病害一般都是零散的，由於病菌常攻擊特定對象，而台灣低海拔闊葉樹種甚少同種個體群聚一地，所以罹患病害時不會全部森林毀於一旦，天然林係藉著不同種類的鑲嵌分佈達到隔離的效果。

四、提供野生動物的棲所：

動物是依賴植物而生存的，植物不僅給予動物糧食需求，還供應棲息避難的空間。天然林多變化的環境，可以提供各種形式之棲所並養育許多的野生動物，事實上，現今許多物種的滅絕，是由於天然林遭到破壞而喪失棲所造成的。

生態綠化的優點

一、極具環境保護功能：

由於生態綠化是根據特定地區的潛能，重建其天然林，而天然林複雜的組成及緊密的結構，對於雨水的截留、污染的濾清、減緩外來壓力的衝擊，都能發揮其最佳的功效，所以對於環境的維護較為周全。

二、雖是人工林但擁有天然林的價值：

因為是依其潛在植被選植各演替階段優勢樹種的小苗，因此適地性強，生長容易，對於環境壓力有較大的忍耐性。當它成林時和天然林無甚差別，且能融入自然生態體系之中，所以生態綠化塑造出來的雖然是稱為人工林，但是所擁有的卻是天然林的價值。

三、縮短天然林的恢復時間：

由於自然恢復成林需漫長的歲月，因此若能在森林恢復的過程中，介入人為的力量，將森林演替各階段優勢樹種的苗木愷入，如此則可縮短自然演替過程所耗費的時間，在十多年之內可形成一個完整的森林，有利於土地的保護(圖-1)。

四、符合保育觀念的綠化方式：

生態綠化是利用人工的手法重建天然林，而天然林也是動植物棲息的場所。所以重建天然林即是重塑野生生物的棲地，因此生態、綠化被認為是一種積極的保育方法。

五、美成千友無需維護管理：由於所栽植的是順應當地自然演替，且在當地都至少適應了長久歲月的植種，苗木多能適地生長。且和天然林一樣，老樹死亡之後，來自土壤種子庫的幼樹，順勢接續老樹的生態地位，所以森林能夠始終維持不變，因此生態綠化在森林養成之後，即不需加以維護管理。

〈第二節〉生態綠化的進行步驟

在生態綠化工作進行之前，應先進行調查研究各潛在植被單位的植物社會演替序列，在低海拔各地區先行調查能顯示局部地形變化及其植物社會演替的區域，由調查所得和文獻資料共同研判各地之潛在植被。由潛在植被及各演替序列的演替階段中，選擇優勢種類，種類確定之後即可進行育苗之工作。

由於生態綠化所需的植物苗木，一般在市面上均不易購得，故宜在施工之前即委託育苗，並於苗木成長後移至類似施工現場環境之處，加以馴化，以加強綠化工程的成功率。

而生態綠化除了當地植羣的復育外，也同時肩負著改善當地生態環境以及重建野生動植物棲地的功能。因此必須考量綠化植種在當地環境的動態平衡關係，所以生態綠化工作中應避免引用外來的種類。道路設計與環境評估時，道路開挖範圍應先進行植被調查工作，而由植被圍判定半天然林或天然林所在位置，由於半天然林或天然林林下的表土內藏學富的種子庫，故應加以保留，並載運至種苗馴化場保護保存，以供往後綠化之用。因隨著森林成長、演替，森林植物的種子不斷掉落地面，部分種子停留於土壤中呈休眠狀態，部分種子老朽、死亡，或為動物吞食，或經環境刺激成長為小苗。其關係如圖二所示：

苗木的種植與表土的覆蓋若能選在雨季來臨之前，則可減少乾旱環境所造成的傷亡。尤其移植後的環境適應期是植物生命力最脆弱的時刻，若能將栽植時間與雨季配合，則可省卻不少養護的成本。

〈第三節〉高速公路的生態特性

一般道路除了經過山區會有較多的挖、填坡面，在大都會地區可見較寬廣的路面之外，多因順應地形做小規模闢建，因此會受地形、建築物或附近林地的屏障，風害較高速公路低。高速公路之車速較快、車流量較大，對當地生物相的衝擊也相對較高，因此比一般道路的維護管理較為困難。

和一般道路或綠地的背景環境相對照，高速公路的生態背景有下列幾個特色：

一、高速公路的上下邊坡面積廣大：

高速公路的設計以平直為主，又必須避開人口稠密地區，而較常經過市郊的山區、丘壟，所以挖方、填方情況普遍，故全線邊坡面積甚廣。

三、高速 25 各既寬且長、車速又快，易形成阻隔生物傳播、散佈的分隔帶：

高速公路的路面至少有四線寬，多則達八線，加上兩側路肩及邊坡範圍，構成一個縱貫全省的帶狀區隔。除了地形改變造成風速加強之外，對生物的遷徙與傳播亦造成相當大的影響，尤其是在交流道等開挖範圍較大的區段，此種阻隔的現象尤其顯著。因此原來殘留於城鎮、農地區間的殘留林，即形同僅存的「生態島」，若將其剷除或分割成過小的面積，則日後的復育工作將更加困難。

四、高速公路沿線植栽管理維護不易：

高速公路車速快、路線長、車輛眾多，且路線兩旁未必均有其他道路相連，故在植栽的維護管理如除草、修剪、施肥等工作上，不如一般道路方便。

〈第四節〉高速公路生態綠化的意義

道路的綠化除了可以在景觀上達到美化的效果，調和道路興建的突出感，以及交通安全方面具有遮強光、視線誘導、緩和衝擊、交通分離、指標等功能之外，道路綠化也同時具有降低噪音、淨化空氣等提高環境品質的功效。另外在水土保持方面也可防止土壤流失，達到邊坡水土保持的目的。而生態綠化除了必須為上述的

功能做考量之外，進一步亦須考慮恢復各該地區的自然度，以減少維護時的成本，並增強其水土保持之持久功能。

高速公路的生態特性與一般道路有極大的差異，其生態綠化除了要兼顧一般道路綠化的功能外，因為高速公路所行經的路線多位於郊區或山區邊緣，腹地往往比都市道路寬闊，所以有利於生態綠化的進行；又因高速公路車速快，維護管理的困難度高於一般公路，而依生態綠化所種植的植被因具有自行更新的能力，故可將未來的維護管理費用降至最低；此外，高速公路的工程建設既寬且長，阻隔了該地區生態潛能的發展，因此高速公路的生態綠化不僅可利用人工方式恢復其自然環境，同時因其大重培育潛在植被的物種，形同低海拔生物種源的復育場所，兼具了保育本土生物之意義。

〈第五節〉國內有關生態綠化尚待進行的工作

一、植物社會演替的調查工作尚待加強：

生態綠化可說是完全架構在植物社會演替的觀念上。台灣可劃分出許多潛在植被單位,然而這些單位中僅有極少數的地區曾做過植物社會演替的調查工作,因此在工程範圍確定之後,應著手加強此類調查工作。

二、區分庭園與生態綠化區段：

以高速公路為例,規劃時宜就各類需求,規劃庭園綠化、自然公園、以及生態綠化所在地區,交流道附近可考慮、庭園綠化,休息站則可考慮庭園綠化或自然公園,而在車速較快地區則應完全使用生態綠化。

二、野生植物資源、更廣泛的運用：

由於大部份的野生植物,無論從形態上或演化上均可說是與當地的生態因子有相當程度的吻合,應該是綠化最適宜的種類,可是環顧目前的綠化苗木,這些本地種源卻甚少被使用。此外野生種源尚可以種子等其他方式利用於綠化上,尤其在特殊場所及因應特殊目的時可考慮一些極具潛力的野生種源。

四、環境分類與生態綠化模式之建立：此部分也可說是更進一步的生態綠化,以高速公路為例,是決定於道路邊坡的地形、地質及工程工法之分類上。不同或特殊的地形或地質常有因應而生的特定植物種類,或許只有在道路邊坡環境有更清楚的分類,及其綠化方式模式化之後,道路生態綠化工程才能真正進入更完美的階段。

〈第六節〉未來經營管理的原則

一、苗木之取得、培育及移植：

生態綠化基本上是一吻合地域性生態系及生態保育的一種綠化方式,如果綠化之前木均白天然林挖掘,此將失去生態保育的意義。生態綠化苗木產生的過程應包含選種、採種、育苗、調適等階段(圖三),其中選種應注意採種母樹之生育地與健康狀況。因一廣泛分佈的種類常在不同的族群會產生形態及生理上的變異,尤其是一些生長在特殊生態環境的族章,其形態及生理的特殊適性可能會保留在其後代的遺傳種質之中。而母樹的健康狀況更是直接影響到綠化工程的成敗,因不健康的母株可能產生活力較低的種子,在物競天擇的自然環境中極難存活,但在人工培育的情況下,其存活發芽率可大幅提高,而這些品質較差的植株對環境的適應及族羣的繁衍都有不利的影響。

生態綠化之苗木來源以種子育苗為主，不宜直接自天然林中挖取苗木。種子來源應為各施工路段地區所生長的原生樹種，因為當地所產樹種的遺傳性質往往最能夠適應當地環境，而且由各路段施工單位自行雇工採種，可以避免大規模集中採種對當地植物生態造成衝擊。

綠化苗木可分成陽性樹種與陰性樹種，其培育方式略有不同。種子萌芽之工作皆可於溫室進行，發芽後陽性樹種的小苗需移至室外培養，使充分接受日照，發育成健康之植株，同時將罹病及發育不良之植株予以淘汰，適當的施肥亦可促進苗木生長。至於陰性樹種小苗則需有一定之遮光栽培才能使植株生長良好，移植時亦應避免陽光直接曝曬以免使頂芽產生萎縮的現象，導至發育不良。

調適是人工栽培之苗木能否在野外存活重要之一環。移植時之苗高應以較雜草高之苗木為考慮對象，而且盡可能用實生苗木，如此可取得根系完整之苗木。移植後則需協助苗木逐漸適應外界的環境。

二、植栽設計：植物社會的演替有其階段性，演替初期的先鋒植物，對於強光、低溼度的環境有較大的適應力；而成熟林植物較適宜生長於遮蔭、土壤溼度較高的環境。所以若在施工初期以先鋒型植物為第一階段的植栽，待其成長至足以遮蔭時，再種植成熟林樹種，如此可提高苗木的存活率，並降低初期養護成本。

三、森林表土的保留與利用：

森林表土是指土壤表層，包括最上層腐植質及第二層風化完整的土壤。因植株成熟種子落地後，多殘存在此部份土壤之中，因此道路施工後可以利用原有之森林表土作為生態綠化之種源。森林表土的選取以種子庫的豐富度為依歸。演替愈成熟的森林，其土壤所堆積之種子種類愈多，土壤種子庫之豐富度愈高。因此，在選取表土前，可根據林下之苗木數量及是否有成熟林之苗木出現來判斷。

四、留大面積開挖區段的天然林：

自然植被的形成需經歷相當長的時間，由破壞地經自然演替回復成為成熟林至少需要數十年甚至百年以上，在種源缺乏的地區尚且無法恢復，因此如遇需大面積開挖的天然林區，能夠選擇性的保留部份天然林，往後不僅可節省未來植栽的成本與時間，又可保留原有的植被特色，可收事半功倍之效。

五、泥岩邊坡植栽之建議：

臺灣西南部的泥岩地區土壤顆粒細小，透水性低，降雨時水分無法下滲極易產生地表逕流，造成風化表土大量流失，同時使得植物的根系裸露於外，致使泥岩更加喪失含蓄水分和養分的能力；每逢旱季，泥岩坡面乾燥缺水、堅硬如石，並出現裂縫密佈的情形。植物在此惡劣的環境下生長不易，因此在陡坡地帶，需先建立良好的護坡工程及排水系統，以防止表土流失。並先種植耐旱性強的禾本科植物，如：孟仁草、龍爪茅、白茅、五節芒等，可快速覆蓋地表以防止沖刷。尤其是五節芒與白茅為根系抓地力較強的草本植物，且傳播面積廣，可作為一良好的水土保持草種。其次植入本地自生之耐旱植物如：山鹽膏、血桐、小葉桑、蟲屎、土密樹等喬木及野牡丹、紅珠子、田麻等灌木，使土壤中形成錯綜複雜、深淺不同的植物根系，以達到固結土壤和穩定邊坡的效果。