

造林新概念

許原瑞⁽¹⁾ 何政坤⁽²⁾

(1)行政院農委會林業試驗所中埔研究中心

(2)行政院農委會林業試驗所育林組

人工造林的歷史由來已久，隨著時代的轉變，對森林建造的目的與產物的利用有新的看法與作法，造林工作配合林產物或林分建造的目的，亦隨之調整。自民國80年起政府推動獎勵農地造林，以改善農業生產與人民生活環境，促進水土資源及生態保育。85年夏台灣地區歷經賀伯颱風肆虐，災情慘重，特別是嚴重的山崩及土石流等災害。遂推動為期6年(85年10月起至90年6月底)的大規模全民造林運動，以恢復水土保持功能，達成國土保安、涵養水源及減輕天然災害之目標。民國90年行政院核定自91年1月起至96年12月止，為期6年的「平地景觀造林及綠美化方案」，以因應我國加入WTO後國內農業產業結構面臨調整，受衝擊較激烈之農產品將調減生產量的困境。因此，針對灌溉系統缺乏、雜糧旱作地等不具競爭力農地、休耕蔗田及鐵公路兩側30至50公尺地帶農地，主動規劃並輔導農民及農企業造林。配合給與獎勵與補助，提高其造林意願，藉以紓解競爭力較差之農產品產銷失衡的現象。並增加平地造林綠化面積，以兼顧公益性與經濟性，使綠色資源生生不息、永續利用。另外，亦進行海岸地區保安及低產農地造林，及結合綠資源，發展農林生態生活圈等，以提升環境及人民生活品質。97年新政府上任提出綠色造林計畫，以作為節能減碳政策重要方法之一。顯見台灣未來數年間將持續進行更多的造林工作，所不同的是造林由早期的高山地區下降至平原，乃至於農地。

早期台灣人工林作業乃配合伐木作業之結束，隨之進行伐木跡地的新植造林作業，因此造林地主要分布於中高海拔山區。台灣位於颱風帶上，每年的颱風或豪雨帶來相當大的災難，過去總是認為係由於山區森林濫伐、濫墾或造林成效不彰所引起。隨著禁伐令的執行，多年來山區已不再有伐木作業，但是每遇颱風仍然災難不斷，追根究底，台灣為板塊擠壓隆起的海島，地質年代年輕，地形尚未趨於穩定，山勢陡峭，缺乏安定的基腳。陡峭的坡面縱使造林，亦無法保護水土不使之坍塌崩落。相反的，陡坡上生長高大的林木遭遇颱風侵襲時，雨水入滲土壤，強風搖動樹體，更加速坡面土石之崩落，縱使在天然林範圍內亦不例外。

面對國內木材需求的問題

獎勵造林政策褒貶不一，早期獎勵造林曾有「砍大樹種小樹」的批評，近年來的農地造林則有獎勵補助20年之計畫，所建造的森林將何去何從？台灣環保團體對於各項環保議題與政策的貢獻有目共睹。部分環保議題的發生在於可再生資源的生產利用認知不足，與政府部門政策執行粗糙所造成的誤解，有時環保抗爭忽略了台灣地理特徵及可再生資源的經營利用。台灣99%以上的木材仰賴進口，我們禁止砍伐自己的森林，但為何容許經長途運送的他國木材進口？我們反對世界各國天然資源及野生動物棲地的破壞，但卻不允許台灣本身的人工林合理化的經營？我們日常生活中所必須的物質，尚無法完全找到森林資源與產物的替代品，我們的節能減碳政策亦需要靠森林合理經營來獲取養分。但綜觀上述各期造林政策，目標大多在水土保持、環境綠美化與保護、提升生活品質及減碳口號等，木材生產與利用的目標隱晦不明，缺乏提供木材利用的經營策略。

民國94年5月25日行政院通過的「國土復育條例」草案，明定中高海拔山區以復育與保育為主，低海拔(500公尺以下)山區及海岸地區以保育為原則。全台國有林地位於各部會相關主管管轄範圍內，如國家公園、原住民委員會、水利署等機關，就其任務需要各劃為特定用途，皆為林業不可經營區。因此，實際上台灣地區可供林業生產區域及面積寥寥可數。台灣的木材99%以上仰賴進口，我們必須面對木材需求的問題，利用低產及邊緣農地造林，生產木材供給國內市場部分需求，勢在必行。

禁伐政策與生物多樣性目標的追求，使得山區造林工作仍以水土保持與生物保育為主要訴求，木材生產甚至成爲一種罪行。理想的森林經營可同時達成生態、生活與生產的「三生」目標，森林產物是一種可再生資源，同時也是人類社會所必須的自然資源。目前，平地建造森林達於伐期齡時的砍伐作業同樣遭到鄰近居民反對，事實上，我們應該將森林視爲一種作物，就好像是水稻、玉米、甘蔗或木本果樹。與一般我們熟知的農作物相比，只是一種採收期較長且全株皆可採收利用的高大作物而已。台灣地狹人稠，



在經營策略上須考慮到平地造林區域鄰近居民的感受，採用漸進式的疏伐作業、保留社區或道路庇護林帶，避免大面積的皆伐對視覺景觀造成的衝擊。

森林經營計畫

森林經營具有多目標功能，如以經濟目標區分，可分為有形及無形兩種。有形的經濟目標以物質做基礎，並用其價值來表示，也就是說以金錢為目標的估算；無形的經濟目標則泛指物質以外的效益，如水土保持、防災、防風、物種保育、森林遊樂等。因此，林地經營計畫可分為四大區塊，即自然保護區、國土保安區、森林育樂區、林木經營區等。私有林主往往需要達成有形的經濟目標以維持生活，如無法獲取各項間接收益，大多以經營育林、林木蓄積、副產物培育利用等為主要目標的林木經營區。

依據森林的經營目標，造林之前即應擬定森林經營計畫，森林經營計畫由育苗、造林、除草及中後期撫育等工作逐步進行。育苗工作開始前須確定培育的樹種、種源、苗木出栽時間及大小等，造林工作掌握地區適當時機，可獲得最佳的造林成果。因此，造林計畫開始之前即須先行擬定造林預定案，相對應的育苗預定案，則依照造林預定案之需求，培育樹種則依據森林經營計畫而來。

為擬定森林經營計畫及目標，林主對於所持有林地的各種環境資源，如氣候、土壤、生物等條件，都需要一定程度的了解，配合社會及經濟狀況，對於經營目標產物未來的市場也需要明瞭。林產物屬長期作物，主林木最短的收穫期至少需要6年以上，長則超過百年。主林木以外的副產物，雖可每年收穫，但須以人工集約經營，始可獲得更高的收益。因此人工經濟林經營，在人力、資金不足及交通運輸不便的情況下，副產物往往非目的收益產物，人工林經營如負有經濟目的，則必須在集約與粗放之間取捨。

平地人工林經營

政府以補貼方式進行獎勵平地及農地造林，然農民對木材生產及森林經營的產業概念不足。實際上，山區造林與平地造林在技術與財政上差異很大，如山地造林會面臨地形複雜、交通運輸成本提升及

高風險的問題；平地造林則可到達性高，無林道暢通、苗木及產物搬運困難等問題。山區微環境變異大，造林勞力需求大，平地造林可利用鄰近村落農閒人力進行及既有的農業機械作業；又平地造林地勢平坦，期中撫育及森林採伐可利用自動機具，林產物搬運沒有開設林道及架設集材索道等問題。造林工作由山區降至平地，過去水土保持與破壞森林的虞慮已免除，因此平原地區更具森林經營與木材生產潛力。

台灣的造林苗木以種子苗(實生苗)為主，苗木種源或營養系及其遺傳增益並非考量重點。造林苗木培育種實來源以天然林為主，為野生型材料。來自多株或多地區的母樹種實，育成之小苗具有豐富的種內遺傳歧異度，建造之林分具有較佳的抗病耐蟲能力。但就林業經營區而言，同一樹種的造林地，豐富的遺傳歧異度使得林木單株間生長質量存有差異，也就是同一林分內各單株生長速度不同，競爭能力不一，形成造林木個體參差不齊的林分，林分生長、蓄積與收穫的預測更加困難。

樹種種源或營養系的研究往往需要較長時間及較大範圍的生長試驗來檢定、篩選。台灣造林樹種繁多，造林地環境差異大，因此，山區造林尚未有推薦的樹種種源或營養系。目前推動的平地造林樹種苗木取得，一樣源自過去山地造林作業的材料與方法，種苗來源皆為野生型。野生型苗木的應用，並未區分來源地區或經過不同造林地的適應性試驗，栽植株數1600株/公頃乃是以經營末期目標所回推。如此大面積的平地造林將承載極大的風險，各造林地及樹種的生長表現不一，部分地區將招致失敗。在樹種及種源適應與表現不明時，出栽時應嚴格汰除不良苗木及提高栽植密度。雖為同一來源苗木，透過人為與環境的留優汰劣，較長時間林木單株競爭的結果，排除適應及生長不良苗木，造林後期的優勢木一般具有較佳的形質生長。

今日造林工作已從山地移往平地，除土地成本較高外，勞務成本可大幅降低，並



1.國內自產木材質量皆不足



2.種子繁殖的楓香造林木單株大小差異大

可利用機具解決人力需求，交通運輸亦較山地林產物運送簡便，是發展森林產業化的大好時機。造林規畫上應以生產木材為最終目標，並與林產工業結合，配合木材加工業發展，規劃森林經營目標，透過營養系林業(clonal forestry)技術，可發展為森林產業重要的基礎。

什麼是營養系林業？

早期台灣造林種苗來源皆為野生型，造林木生長無法預測，林分管理等成本高，種種原因使得林業經營的結果利不及費。林業進步國家，經過多年林業技術及遺傳資源的累積，皆已發展為符合國家需求的少數樹種種源或營養系，如巴西的桉樹、紐西蘭的放射松、美國的南方松等，營養系林業即為其中最重要的基礎工作。

營養系林業簡單的說就是以傳統樹種選育技術，自野外篩選優勢木或特定目標樹種，以有性或無性繁殖技術取得種苗栽植於林地，以各種源苗木在林地上的生長表現、木材性質、特殊成分含量、樹種特性等進行評估，選取所需的品系。亦可由所篩選的優良品系間控制授粉，以取得優良的後代。如此重複進行，逐代累積不同母樹的遺傳特性。建立的品系仍須造林檢定其特性之穩定性與可重複性，即為營養系。營養系種苗為維持其特性，苗木繁殖以無性繁殖為之。因此，選育營養系材料所需時間相當長，初期成本高，但栽植造林後可由營養系的遺傳增益獲取最大的收益。

營養系林業的材料來自傳統林業的篩選與檢定，因此子代來歷清楚，生長特性一致，苗圃作業及育林體系之建立容易，造林成果易於掌握，林產收益易於預測，尤其是生產形質一致之原木，有利於林產工業生產線上木材加工流程制訂、生產及品質控制。

此外，無性繁殖技術應用到育林作業尚有很多發展的優勢，如各營養系蒐集自多數林分之少數菁英樹，母樹性狀紀錄清楚，可直接以無性繁殖大量生產造林苗木；不同營

營養系建立種子園，可避免近親雜交的現象發生；營養系乃經篩選之表現優良基因型材料，可透過各種繁殖技術在短時間內大量繁殖，這些基因型材料可經控制授粉提升子代的遺傳增益，或經遺傳工程轉殖所需基因；以蒐集的營養系建立採穗園，經由扦插繁殖技術的運用，作業較種子園大為簡化，且較種子園種子生產之方法可縮短從選種到生產間的時間；篩選不同適應能力營養系材料，確實掌握各營養系苗木間遺傳歧異度，可選用特殊且適合的營養系組合，於不同的生育地配置造林，不像傳統林木育種之造林材料，大多來自野生型材料或相同種子園，同時營養系的應用亦可免去種子苗需經再次檢定適應能力與材料性質的程序。

林木種苗產業化平臺的建構

無性繁殖技術早在十五世紀的日本，即應用於柳杉造林上。林木的無性繁殖技術在傳統應用上以枝條扦插為主，新近的技術則應用微體繁殖、花藥培養、細胞培養、體胚形成、器官形成等組織培養技術擴種苗木數量。由於無性繁殖及生物技術的快速發展，使得植物遺傳資源的利用有所突破，可利用各種傳統及新近發展技術，複製具商業價值的植物種源或營養系，透過各種繁殖技術，將目的品系或營養系大量生產。促使營養系林業於林業先進國家普遍推廣應用，目前已成為工業用材大面積造林苗木的主要來源。當然這些技術亦可應用於物種的保存與保育工作。

目前台灣在林業生產方面經篩選作為營養系的樹種以生產特殊化學成分或特殊用途的樹種為主，如土肉桂的9個化學品系：紅豆杉用於製藥的高紫杉醇含量營養系；廣泛分布於山區的山欖營養系及森林副產物的愛玉子多個營養系等。在木材生物量生產方面，如以供應工業用材為主的桉樹類及相思樹類快速生長營養系等。

上述遺傳資源利用與生物技術的運用，逐漸形成林木種苗產業化平臺的建構。因林木

屬長期作物，其發展策略多以組培苗與採穗園兼營的方式，利用組培苗大量增殖優良與年輕化種苗建立採穗園，再以傳統的溫室扦插繁殖大量培育成本較低但遺傳性狀優良的苗木，以與成本低

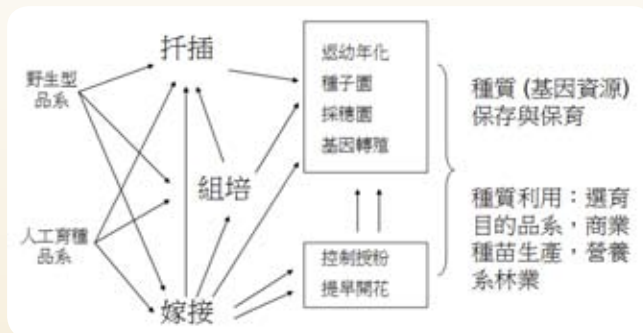


3.紅豆杉高紫杉醇含量營養系以扦插技術大量繁殖苗木供建立枝葉生產區之需



4.紅豆杉高紫杉醇含量營養系枝葉生產區

5. 生物技術與營養系建立的應用



6. 海岸地區以健壯苗木栽植確保造林的成效

廉但生長不整齊的種子苗競爭造林市場。為大幅降低組培苗成本，人工種子的發展也是林木種苗產業平台重要策略之一。

苗木品質的重要性

營養系材料的應用係生物基因型特性之表現，材料中帶有理想的優良基因，營養系材料透過無性繁殖技術大量生產造林苗木。栽植造林工作與種子苗無異，無性苗與種子苗出栽時品質要求是一樣的，都需具備優良的苗木品質。苗木品質的好壞攸關造林成敗，品質不良苗木造林會徒增造林成本，並影響森林經營計劃，或造成苗木供應商與造林業主的糾紛。

造林苗木品質應以造林地條件及顧客需求為前提，供應適當品質苗木。苗木品質包括直接以苗木外觀大小衡量的型態品質，及以內在的苗木再生潛能評估的生理品質。一般育成苗木以外部型態，如苗高、根頸直徑大小及分枝狀況做為苗木出栽依據，即為型態品質。苗木生理品質係以苗木的養分狀態、對惡劣環境的耐受能力、根系的再生潛能等項目作為評估指標，屬事後評估。評估工作耗時費力，在造林工作程序上緩不濟急，苗木育成後再經一系列評估，完成時已錯過造林時機。實際上苗木生理品質的建立與評估需要時間和經驗的累積，苗圃每年培育相同樹種，逐年記錄育苗作業曆、種苗來源、各項作業時間、育成苗木分級、生理檢測及育成苗木出栽後在林地的生長反應與表現等。依據上述結果建立單一樹種育苗的標準作業程序、苗木分級標準及苗木品質標準等，出栽時嚴格淘汰品質不良苗木，避免因成活率不佳的補植作業，使出栽苗木能同時進入生長與競爭狀態，提升林木生長品質。因此，無須每年於苗木出栽前重複進行複雜的生理品質檢定，有經驗的老圃往往能依其多年累積的經驗調控出優良的苗木品質，即此道理。

一般小規模的苗圃作業不易執行複雜的苗

木生理品質評估，不同樹種與地區評估的結果亦無法通用，但可以簡便直接的紀錄作為育苗作業修正的依據。供苗苗圃對用苗顧客的造林成果加以了解，也就是由用苗顧客的反應了解所生產苗木品質的好壞與顧客的需求。評估苗木品質的優劣或是否符合造林地環境條件的需求，最直接的方法就是以苗木出栽到造林地後的成活與生長表現評估。依照適當的造林季節栽植，在正常天候情況下，造林一個月後苗木的成活可用來評估造林作業操作得當與否，與工人栽植技術的好壞、苗木搬運過程是否受損等情況；造林後三個月苗木的成活與新梢萌發生長狀況，可用來評估苗木生理品質的好壞；造林一年後，苗木的成活與生長表現可用來評估樹種與生育環境之間是否適合。因此，樹種種類與苗木品質的最終評估，都是以苗木在造林地上的成活與生長表現來作為評估指標。

適地適種

有了好的種源或營養系及苗木品質，接下來影響造林成敗的因子是生育地條件與撫育工作。生育地條件以較大尺度來講，如：土壤、雨量、海拔、地理位置等；小尺度來講，如：造林地位於稜線或山凹、局部土壤條件、現存上木之有無或前生樹密度(林隙大小)、微氣候條件等。造林業主依其林地條件擬定經營計畫，如：短伐期的速生樹種經營，縮短資金的長期積壓；長伐期的高價值用材生產；長短伐期的混合林，以調整資金的周轉；以萌芽更新的矮林作業降低勞力需求；為建立森林遊樂區而建造風景林；建造景觀或改善週遭環境的環境保護林等。因此，業主應依據造林地的環境及經營目標規劃，苗木供應者應明瞭自己所培育的苗木種類及品質是否符合該造林地需要。如台灣西南部山區台灣杉造林木生長良好，所需的苗木卻必須由鄰近山地苗圃培育，以誘導具有耐旱的品質特性，若以台灣東部山區培育的苗木作為台灣西南部造林之用，往往招致失

敗。主要原因為東部地區全年高溫多雨，所生產的苗木無法經由適當的健化條件來提高苗木對長期乾旱環境的適應，造林後新植苗木無法度過長達五個月的乾季而受損；如西部地區、海岸地區為環境綠美化而栽植大苗，選用樹種雖然正確，但如以淺山地區苗圃或日照不足地區苗圃所培育的大苗栽植，則必須承擔相當的風險；又如台灣北部地區全年多雨，培育一年以內的裸根苗即可達成造林木成活與生長目標。相反的，乾季明顯的南部地區造林，應以生長健壯的容器苗為主。另外不適當的苗木種源，如廣泛分布於不同海拔的樹種，將高海拔採得的種子育苗後栽植低海拔地區，或以低海拔種源苗木栽植於高海拔，皆為不對的作法。

樹種的決定與造林地的條件亦密不可分，例如：大葉楠栽植於山脊稜線上成活及生長不佳；桃花心木於北部地區日照強度及溫度不足，生長不如南部理想；廣泛分布的香楠，可普遍栽植於中低海拔造林地及北部的平地地區，在南部平地都市區域則生長不良。山櫻花於北部低海拔及平地春天盛開花朵，在南部低海拔及平地則植株生長不良或開花時間凌亂等。

海岸地區保安及低產農地造林

海岸地區保安林以防風林為主，主要目的在於抵抗季節風及鹽霧對作物及聚落的影

響。木麻黃一直是台灣海岸防風林建造的不二樹種，但海岸木麻黃純林承受嚴苛的環境逆壓，致早衰及易受病蟲危害，壽命僅約二、三十年。台灣西南沿海地區乾季長，木麻黃下種更新不易，需不斷重新造林，以達防風機能。

為使海岸林具有自我更新能力及永續防風功能，須以樹種的個體生態、樹種組成及林分結構等功能的概念規劃配置栽植。以木麻黃為主林木，配合海岸原生樹種抗風、耐鹽、耐乾旱、生長快速及耐蔭性的特性混合造林及林下栽植，可改善海岸防風林分單一樹種的缺點。不同樹種的枝葉冠層結構互異，對環境逆境忍受能力亦不同，混合栽植可達成互相保護或犧牲作用，降低單一樹種全面損傷的風險。各樹種受害後的恢復能力亦互異，可於災後迅速恢復林分的生長與功能。

林下栽植可施行於木麻黃林分孔隙，木麻黃衰老枯立時逐漸釋放出環境資源，栽植小苗填充或取代木麻黃位置，達成林相更新的目的。林分發育過程初期木麻黃保護新植小苗，後期由新植樹種取代木麻黃，不至於發生環境保護上的空窗期。選用的原生樹種大多具有結實能力，成熟種子可自行發芽生長，形成林下植物，隨環境資源的釋出及苗木成長，取代原有林分，達成林分永續生長的目的。

西部海岸地區因超抽地下水，海水倒灌及土壤含鹽量上升，形成低產農地或無法栽植農作物，這類土地亦可建造成海岸林以改善環境。為去除土壤內多餘鹽分及避免積水無法造林，須以工程方法堆土、開溝導流排鹽，或設置滯洪池，調整區域地形景觀，開闢植物栽植土堤基地等。利用雨水淋洗作用，將土壤鹽分洗出至排鹽溝內，降低栽植地鹽分量。依不同浸水程度以配置栽植紅樹類植物、半紅樹類植物及濕地植物。



7. 平地造林不乏生長表現優良樹種



8. 台灣檉平地造林生長表現及樹型生長不盡理想



9. 低產農地或易積水地區經地形調整及栽植多種海岸樹種形成優美的海岸林