

人工造林加速森林復育

◎林業試驗所育林組·游漢明、馬復京、張乃航、許原瑞

前言

檢視台灣森林資源的現況，林業單位在「台灣林業經營管理方案」全面禁伐天然林以及「國土復育策略暨行動計畫」高海拔山區應以生態保育為目標，禁止經濟營林等規範原則下，暫擬訂了「人工林林木經營區的永續林木生產」的規劃，以10年為期，年平均伐採面積約為1,000公頃，藉以提高國內木材自給率，合理利用森林資源的再生性，俾符合國際森林公約和全球氣候變化公約的要求。

上述的人工林林木經營區，位於海拔1,500公尺以下者達98,000公頃，占83%的面積；此中、低海拔之人工林地，往昔為台灣闊葉樹林木資源蓄積最豐之處，不但樹種繁多，林相結構複雜，亦為台灣樟楠類及櫟欏類的生長區域，經濟價值高之林木，包括牛樟、瓊楠、小西氏楠等及殼斗科之赤皮、火燒柯、錐果櫟等闊葉林木，甚而木荷、烏心石、台灣欒等家具主要用材樹種，亦多生長在此區域內，此生育區內亦多夾雜林下生長的闊葉樹中、小徑木樹種，如狗骨仔、杜英、土肉桂等或作工藝材，或作香菇段木，或作健康食品的開發，更增加此區域森林特產物開發利用的生產潛力。同時樹種歧異度高的闊葉林組成亦構成野生動物良好的棲息地環境及優美森林地景，更發揮了莫大的水土保持功能。故此區域之人工林生產區經營後衍生的跡地，應採取何種復育造林方式，以期維持原有生態系結構，使其功能不致退化，實為一極重要的課題。

熱帶地區的人工造林應用於森林復育

在目前以森林生態系為原則的永續經營觀念中，復育造林之目的，已由人工純林建造的經濟生產造林方式，轉變為多植種多層次林分結構之混合林，增加林分結構歧異度，以維護生態能量和物質的正常循環，在此生態原則的森林復育更新，人工造林因樹種單一所造成的不利因素，諸如穩定性低、資源利用效率低、生物多樣性低及在熱帶地區多為外來樹種的造林，是引起保育人士質疑爭論的諸多因素，尤其在原有多樹種的森林地，轉變為單一樹種的人工林更引起爭論。但隨著熱帶地區針對人工林生態的研究，人工林對於土地或植被的復育，是具有正面效益的，研究人員發現造林提供了林下庇蔭，改善林地微氣候，並提供了許多當地原生植種的良好生育環境。這也提高了熱帶地區的人工造林誘因。相較於天然更新的演替，在熱帶地區的人工造林，亦被許多研究學者肯定可阻止土地的持續退化並可加速森林植群復育的森林更新手段。

在針對颶風Hugo造成人工林及原生次生林的損害比較調查報告中，顯示人工林因固定的栽植距離引起的風洞效應及人工林疏伐撫育作業，造成林分的空隙，使得人工林的風害較為嚴重，但在風災後森林的恢復狀況包括林分密度及林分斷面積的生長，人工林恢復的速度反而優於原生次生林。單一樹種人工林的另一隱憂則來自病蟲害的感染風險，較次生林為高，但可利用多樹種混合造

林，以減輕病蟲害的為害；另外，當林分產生退化狀況時，人工林可視經營者的營林目的，依立地狀況進行造林樹種的調整，並進行森林保護的施業措施；而原生次生林在遭遇林分破壞干擾時，次生林的後續生長將受到影響及限制，並造成生態系統功能的退化。

人工林下的樹種多樣性

儘管人工林的物種組成較單調，理論上是不利於生物多樣性的維持及保護，而人工林內入侵的樹種亦往往被認為是由入侵性強的先驅樹種所組成，不利一些具高經濟價值的闊葉原生樹種的存在，同時也懷疑在人工林中可發現的鳥種和密度亦皆較低。但隨著對人工林植群更新動態研究，越多資料顯示人工林內的物種多樣性並非如其林分外貌所呈現的單調，人工林內可存在有相當數量的多樣化植物區系；例如在紐西蘭的放射松林分，隨著人工林林齡的增加，人工林內鄉土樹種比例明顯增加，Clout和Gaze(1984)發現在紐西蘭天然山毛櫸(*Fagus*)林的鳥種類並未顯著的較人工針葉林為多，尤其在緊臨天然林附近的人工純林，其植物種類的豐富度相當高，這在以人工造林應用於恢復退化土地的物種多樣性是極有價值的輔證。筆者在竹東林區海拔1,500公尺的人工針葉林內，曾就林分密度1,400株的20年生造林地，調查闊葉林幼苗的入侵情形，在第一次調查的幼苗包括新發芽種子幼苗及多年生幼木等入侵人工林內的闊葉樹種，估計人工林下每公頃之天然發生的闊葉樹苗木可達3萬餘株，其木本樹種種類可達24種，這些樹種包括了許多具經濟價值之中、長伐期闊葉樹種，如赤皮、

烏心石、木荷、瓊楠、紅楠、火燒柯等冠層優勢樹種，雖然在目前持續的調查資料顯示有些樹種的幼苗在林下無法存活，但存活的天然生幼苗數量仍達7,000株/公頃，尤其在離天然林較遠之人工林試區，每公頃發生的幼苗仍可達近5,000株。說明了在人工林林冠下，是可能形成種類豐富的幼苗庫，尤其是如果鄰近有未受干擾的森林存在，並藉由生活在那裏的動物來散播種子，人工林下的物種多樣性是可被期待的。如在黑龍江省天然闊葉林皆伐跡地的落葉松人工林中60%的物種與鄰近的天然闊葉林相同。

在森林演替過程中，林分內木本植物小苗的存活能力常被廣泛討論，它們的存活影響了植物社會更新的組成與結構。通常在林地發生的小苗，自種子發芽後會因為受到林分樹冠層的覆蓋，而使得光度不足生長受到壓抑，致一些生長需求大量光線的種類無法適應而死亡；但耐陰的樹種可以忍受低光度而維持生命甚或緩慢的生長，這些林下小苗族群形成了林下幼苗庫。研究發現，人工林下天然發生的香杉種子苗，其幼苗在林下的存活不超過6個月，而柳杉在林下的存活亦不超過3個月。比較人工林中，依闊葉樹優勢樹種、先驅樹種、次冠層樹種及其它灌木、藤本等4類的幼木出現的種數及數量，顯示了人工林下的幼苗庫的樹種多以優勢樹種為主，其在人工林下出現種類和數量均為最高，而在人工林的林緣區發生數量最大。我們曾針對天然闊葉林及人工針葉林其林下幼苗發生數量及種類的調查，顯示了赤皮的種子除天然林及林緣區外，也可大量進入人工林內，進而形成人工林內更新幼木庫，但先驅樹種

幼木庫則僅出現在人工林下，而不出現在天然林及林緣區，顯示了在人工林下小孔隙發生的普遍性，因而促進了先驅種幼苗的存活。

因此在育林措施規範上，藉由適度的疏伐作業，並配合闊葉樹種子的結實豐年期(如果附近仍保有較大面積的天然林時)，針對人工林提早進行中、弱度的下層疏伐，以增加人工林下入侵的優勢樹種幼苗存活率，更進而增加林下的幼木庫的數量及增加此人工林分的樹種組成，致形成樹種歧異度較高的針闊葉人工混合林；但如果大面積人工林附近沒有相當面積之天然林來提供種子進行天然更新，則可以考慮在進行中、弱度疏伐作業之同時並實施多種目標樹種的林下造林間植作業，以增加人工林地的樹種組成，應是未來值得嘗試的人工林育林方向。



多樹種的闊葉人工林(游漢明 攝)

原生闊葉樹應用於人工復育造林

就世界造林趨勢而言，使用外來引進樹種(exotic species)，營建組成結構單純而經營集約的人工林是極普遍的，但相對於原生樹種應用於各國國內造林，尤其在森林開發頻

繁的熱帶、亞熱帶國家，原生樹種應用於人工林建造的研究資料極為闕如，乃由於對原生樹種的一些錯誤觀念，使得原生樹種往往在一些育林計畫中遭排除，這些誤解包括：(1)原生樹種的種子不易發芽；(2)闊葉樹的生長緩慢；(3)原生樹種生長需較陰之立地條件，不適合人工林的造林；(4)原生樹種生長需肥沃之土壤；(5)人工林生長之原生闊葉樹材質不佳，使得熱帶國家的人工造林樹種仍以松類(*Pinus*)，桉樹類(*Eucalyptus*)和柚木類(*Tectona*)為主，卻也排除了原生樹種應用在人工造林的潛能考慮；而人工林地亦可被設計為兼顧木材生產與棲息地復舊的功能，以避免林地土壤沖蝕的危機，如在熱帶森林的伐木跡地上，利用當地原生樹種(主要為闊葉樹種)進行人工林棲息地復舊(rehabilitation)，則因人工林下植群重新發生，而有利其林分持續進行植生演替，終至形成穩定森林生態系。

原生闊葉樹的造林，可依造林木的生長特性、生態環境、造林地整治、造林地撫育等綜合因子而影響其初期生長表現；自1992年起筆者研究團隊，以多種闊葉樹進行種子發芽後，苗木即移植於穴植管育成苗木，並陸續出栽至各造林試區。在太麻里海拔750公尺原台灣杉造林失敗地內，其闊葉樹歷次生長調查資料顯示，各樹種在造林地之前3年(38個月生)淨高生長最佳者，除台灣欖外，僅為50cm/yr左右，但在其後2年之淨高生長各樹種均可達80cm/yr以上，顯示闊葉樹種在造林3年後之林木生長已可逐漸克服林地不利生長之環境逆壓，進入林木快速生長時期，尤其杜英在4、5年生時之淨高生長幾可達150cm/yr；相對於在傳統使用台灣欖或光蠟樹種的

造林，其88個月高生長平均分別為593.4cm及684cm，並未明顯優於其他參試之原生闊葉樹種，顯示台灣原生闊葉樹種未來在中、低海拔人工造林作業極具造林潛力。

在台北信賢海拔450公尺的造林地，我們比較了7種台灣原生闊葉樹包括烏心石、香楠、牛樟等闊葉樹混合造林樹種的生長表現，顯示在集約管理下的9年生造林木，其平均造林成活率仍維持了82.8%，平均樹高7.0m，其中生長最慢之樹種為瓊楠，平均胸徑僅4.1cm，而生長最佳之香楠平均胸徑為17.1cm，平均樹高亦達10.0m，後續我們也陸續栽植了赤皮、菲律賓樟、香桂等近30種台灣中、低海拔的原生闊葉樹，亦均顯示良好的生長。



琉球松線蟲受害林重新栽植的牛樟人工林(馬復京 攝)

人工林因病蟲害入侵，導致林分破碎、林木生長中斷，必須進行人工復育造林。筆者研究團隊在台北縣坪林地區琉球松人工林遭受松材線蟲(*Bursaphelenchus xylophilus*)為害，致使上層的琉球松林木枯死殆盡之地區，進行該次生闊葉林的樹種組成及更新潛力調查，並考量維持林地的樹種組成及提升林地保育及生產能力，進行次生林更新潛力及復育造林；結果顯示，在松材線蟲為害的琉球松人工林之破碎林相下，除保留因天然入侵的次生闊葉林樹種繼續生長外，再輔以林下增植(enrichment)闊葉樹人工造林木作業，可加速當地森林的復育，同時因人工增植牛樟、香楠、木荷、狗骨仔等樹種，使得此琉球松受害林更增加了林木經濟生產潛力。

結語

人工造林是培育森林的基礎，造林的措施對森林的生態影響深遠，隨著時代的變遷，經濟的發展，台灣之造林已由經濟生產造林方式，轉變為應用生態原則從事造林措施，造林樹種之選擇則按生態環境加以調適，在未來台灣跡地復育混合育林體系，則可能考慮包括以下兩方向：(1)以適當之育林作業於小面積造林皆伐跡地建造適度樹種多樣之闊葉樹混合林，甚或針闊混合林；及(2)針對現有之廣大中海拔針葉樹人工純林，透過育林措施如期中撫育，加速人工林內入侵之天然更新幼苗的生長同時輔以林下人工增植的造林作業，使成為異齡混合林之經營。使台灣的人工造林地更符合生態保育與經濟需求原則，達到實質的森林復育功能。⊗