

# 生態造林 始終來自於種源蒐藏

撰文 | 楊正釗  
(林業試驗所研究員)

## 前言

臺灣的營林方向隨著經濟開發轉型而快速演變，從日治時期開始大量伐木，光復後亦是以山林換取經濟利益，用大自然換來的資金帶動國家各項經濟建設，到1975年行政院將臺灣森林的經營原則訂為「以國土保安之長遠利益為目標，不宜以開發森林為財源」，從此林業經營的方針也有所調整。接著，1976年頒佈「臺灣森林經營改革方案」，推行自然環境保育計畫，此可謂是開始將生態理念正式導入林業經營策略之中。到1990年代，政府有鑑於國土因經濟發展而過度開發，於是提出「永續經營」理念，強調經濟發展應與環境生態兼籌並顧，從此，以永續經營為目標的生態林業可謂根深蒂固。

既然不再以木材生產為營林唯一目標，而是以國土保安、涵養水源、調節氣候、生態資源保育與森林遊樂等公益性任務為主要目標，故理想中營造出來的人工林應該是大地長治久安的守護者，也就是應以符合生態原則的思維來建構。因此，一片穩定的人造林應該要有很多不同的原生樹種，最好要能供養起與原始森林相近的生物歧異度，且要儘量保有這些樹種在原來野地的種內遺傳變異度，使森林中各樹種組成的團隊能有較好的逆境抗壓性，進而使整個林分能具自然演替與天然更新的能力，才能使整個森林生態系維持穩定的物質流動及能量循環，讓我們所建構的人造林之發育與演替能夠回復天道。在這樣的思維下，臺灣目前所收回的濫墾地及天然崩塌地，絕大多數都是以建造成公益性環境保護林為目標，其營造更應該符合上述的生態永續原則，所用的種源必須確實顧及原生樹種的多樣性與種內的遺傳歧異度。

## 師法自然的生態造林

要以人工方式將已遭人為開發或天災損壞的裸露地在短期內完全回復至原始林相是不可能的，那麼要如何建構出接近當地原始林相的「人工生態林」呢？簡單的說，就是「師法自然」，我們必須向大自然學習，累積豐富的生態與生物知識，才能突破過去無法做到的技術。舉例來說，若是林務局收回一塊3公頃位於仁愛鄉松泉崗的果園濫墾地，要如何營造出理想中的生態林呢？首先必須明瞭當地原來的植被組成，這可以從過去本區域相關學術研究報告中，或調查附近的天然林來得到資料，結果發現稜線衝風處是由臺灣冷杉與臺灣華山松佔據；中坡由臺灣雲杉、臺灣鐵杉、威氏帝杉、三斗石櫟、錐果櫟、火燒柯、木荷為優勢；下坡溪谷及小山壑較陰濕區域由瓊楠、山肉桂、大葉校櫟、雲葉、狹葉櫟、森氏櫟、銳葉高山櫟、黃杞等樹種組成；另部分土層淺薄的石礫坡地是臺灣二葉松與臺灣赤楊的天下，那麼就應儘量培育上述這些主優勢樹種的幼苗來完成各不同區塊的造林。

當然，假如希望在短期內能有較大的樹木覆蓋以保護林地，也可混植一些當地較為速生的陽性樹種如臭辣樹、山桐子、臺灣欖樹等。又如，林務局收回一塊2公頃位於恆春半島的濱海濫墾林地，在必須以不同層次的植被覆蓋達到海岸防風效果的情況下，要如

何栽植與造林才能達到理想中的海岸生態防風林帶呢？首先經由調查發現海岸第一線沙灘與石礫地以蔓荊、馬鞍藤、濱刺麥等為主優勢植物；海岸第二線是由林投、草海桐為主；離海岸較遠的山地稜線到下坡處是由臺灣海棗、內冬子為主；近海的河谷地與海灘地則是以大葉樹蘭、欖仁、毛柿、白榕、稜果榕、瓊崖海棠、蓮葉桐、蟲屎、血桐、林投、軟毛柿、月橘、臺灣樹蘭及山柚等為中上層優勢木，所以應儘量蒐集培育上述這些植物的幼苗來完成各不同生育地的造林與不同層次的植被栽植，亦即具有定砂功能的地被植物也都應囊括進來。由上可知，「師法自然」的理念簡單，作法過程可是非常地不簡單。

此外，初期造林整地與後續撫育模式也必須調整改變，當地原有的稚樹與天然更新出來的幼苗必須適量的保留，因為它們才是真正「適地適木」的原住民。為什麼強調將原生喬木列入生態林的優先目標種類呢？原因是這些林木原本就具有容易高大的優勢，以其巨大的體型將可對大地具有最有效的覆蓋保護作用，當它們成長茁壯後，其他的中小型植物、附生植物也就可以在其庇護下慢慢的拓殖恢復進來。也就是用人為的力量來加速森林演替，縮短已受傷森林回復至穩定狀態的所需時間。

過去臺灣造林所採用原生樹種的種子種源絕大多數來自野地，使用這樣遺傳歧異度較

大的種子來造林，是較為符合「建造穩定森林其種原歧異度必須較為廣大」的原則，若要以扦插苗或分生苗來達到這樣的基因異質性幾乎是不可能的，再加上種子苗以其完整的根系，通常在造林生長量、成活率及未來林木壽命的表現上都優於無性繁殖分生苗。因此，除非有特定目的用途外，建議營造生態林與環境保護林最好都採用高遺傳歧異度的實生苗為材料，即維持目前於野外採集種子育苗的造林模式，使所建構的整片森林具有較高的逆境抗壓性。

## 目前營造生態林的困難點

符合生態原則的造林理念提出至今已20餘年了，為何我們的人工林仍無法真正進化到生態林的層次呢？這可以從以下兩個面向來探討：

一、經濟因素：近年來的育苗造林產業逐漸萎縮，使業界沒有創新開發的誘因，再加上競標激烈而利潤微薄，使得作業模式更趨保守，因而營林單位與業者傾向於編定和承接易於培育栽種的傳統樹種。

二、技術因素：公私林業從業人員的經驗技術尚未成熟，有多種造林期望樹種的種源蒐集、育苗與栽植造林等技術瓶頸仍待一一克服，使得長久以來營林單位所編定的造林樹種無法多樣化，也就是說，育苗材料來源

不足是現在仍無法建造生態林的關鍵因素。

要解決以上問題必須先從改進招標方式著手，營林單位應該計算出新的採種、育苗與造林單價，甚至必須因應不同地區個案而隨時調整，並以合理標來決標，這樣才能使有能力的業者在有適當的獲利下將工作做好，也才能吸引更多的優良廠商來參與，進而在良性競爭下提升整體的水平。我們樂見新竹、東勢、南投、嘉義及花蓮等林管處的採種招標案，從2019或2020年度開始進化到採用最有利標方式，以評選出最有能力的廠商來承作最為辛苦的採種工作，這是突破困難往前邁進的一大步。

## 友善採種技術的推廣

在野外進行樹木採種是非常辛苦危險的工作，尤其是近年來國內林道因天災多所折損難以修復，使不少分布狹隘樹種的採種作業更為困難，如各林管處已有10多年未採獲臺灣杉種子，已造成本種的育苗造林暫停了一段時間，直到2020年12月才開始再有採獲幾株母樹種子。

闊葉樹成熟母樹高度通常在30公尺以下，且枝下高較低，側枝較旺，果實在整個樹冠的分布較為平均，所以採種較容易進行。針葉樹的樹型巨大，結果量佳且品質好的成熟母樹通常都很高大，幹徑普遍約在2

公尺，樹高一般都在40公尺左右，所以採種難度相對較大，以本島體型最高的樹木臺灣杉而言，目前最高紀錄約79公尺，其易結果的母樹高度往往都在50公尺左右，而且所結的毬果大部分集中在中上層樹冠，要採獲果實非常耗費工時且危險。

老式傳統的大樹採種是以臺灣本地發展出特有的「ㄇ」型釘攀爬上樹（圖①），因早期爬樹工無法或不願使用安全的攀爬固定繩組器具，所以這樣無確保的爬樹採種作業具高度危險性。這種近乎特技表演的攀登方式是由樹幹基部起約每公尺打一釘（圖②），然後徒手往上踩握釘爬，通常到枝下高度時已打了20—30支釘，然後再沿著側枝截取帶果小枝，待整株母樹的截枝作業完成後，再由另一組婦女工進駐樹下將毬果一取下置入麻袋後運出。傳統的採種爬樹工必須具備膽識與靈活的身手，體輕力健的少壯原住民一直是主要的上樹成員，通常每班採種工約為5—8人（圖③），爬樹工2—3人，樹下整理工3—5人，一班工人每天平均約可採得50—80公斤的杉科或柏科毬果，松科毬果則約120—200公斤。如此採種作業的優點是及高及遠，採收量大，缺點是採種工幾無防止墜落裝備，危險性甚高，也因樹上作業的安全性不足，故常鋸取較大的著果枝，對

① 傳統爬樹工的裝備。爬釘、大木槌（選用赤皮、狹葉櫟、錐果櫟、長尾柯等殼斗科硬度高的生木現場削製）、腰刀及手鋸為必備工具。

② 藝高膽大的爬樹採種工正奮力錘打「ㄇ型釘」，徒手往樹高約45公尺的臺灣黃杉樹冠攀爬。







③ 寒冬中在臺灣高海拔採收針葉樹毬果的大樹採種隊。一組採種小隊通常會製做三支2.5—4.5公尺不同長度的桂竹桿鉤刀，以利樹上靈活使用。

母樹的傷害也很大。隨著造林事業的沒落，目前全臺僅存幾位原住民爬樹採種工仍延用此法，不定時地應付著零星的大樹採種工作。

以繩索等安全工具攀樹的技巧大約在2003年引進臺灣（圖④、圖⑤），筆者當時曾想要將此技術運用在大樹採種工作上，但因技高膽大的青壯採種工們還是喜歡用不受束縛的爬釘上樹，終在接受度不高的情況下作罷。到2017年，國際樹藝協會（International Society of Arboriculture, ISA）將攀樹師的訓練與認證引進臺灣，使得這幾年來有合格攀樹師及受過如此訓練的爬樹者，開始協助各林管處的採種廠商進行大樹採種，可謂大大改進了工作危險性的問題，但相對的，也被一些採種老專家認為這種方式的效率與傳統方式相差太多，顯然部分作業模式與工具仍有待改善。

綜上，建議目前臺灣大樹採種作業可以先從「決定正確合理的種實收穫方式」來考量，然後再從「採種者安全性」及「改善採種效率的工具技術」等方面來改進，若能對各樹種採用正確的收穫方式，結合新舊工具，不但能安全作業，也能提高收穫效率，更能讓母樹的損傷最小，達到對樹對人都友善的雙贏模式，分述如下：

### 地面撿拾及敲落收集

並非全部的樹木果實都必須上樹截枝採收，體型大粒且不會飛散、成熟時整粒熟落且不易腐敗的種實，都可以用地面撿拾來收集種子，如殼斗科、胡桃、大葉山欖等。用此法所收集到的種子除了具有良好成熟度外，尚有免於因採種而損傷母樹及不需上樹耗費工時等優點，是最為友善的收穫方法。但地面撿拾收集種子的最大缺點是可能因時間稍晚個一兩天，就會使林地上熟落的種實遭野生動物大量取食，而收量減少；另外，也可能會有部分種子因接觸地面而遭真菌、細菌感染，使種子發芽率降低，因此建議在野外地面收集到的種子，應以500—1000倍的億力殺菌劑浸泡4小時來做消毒，以免感染擴大而影響種子活力及未來幼苗的活勢。再者，若此類目標母樹位處容易觀察而能有效掌握果熟期時，最好的方法是在種實開始熟落時，先清理樹冠下的林地並鋪設帆布，然後頭戴斗笠或安全帽，手持竹竿用力拍打著果枝，或用玻璃纖維檳榔刀用力拉扯抖動約6公分粗以上的樹枝來抖落種實，這樣就能收到「在欖熟」且不落林地的最優良種



子，此為兼具種子品質、工作效率及不傷母樹的最佳友善採種方式（圖⑥）。

### 檳榔刀採種

由採種者站在地面上舞動檳榔刀以割下帶果枝條，此作業法優點是不用爬樹安全性高且省時省工、所割取的枝條較小故對母樹的傷害小、整組工具韌性強且不易導電（玻璃纖維材質才具有此特性）（圖⑦）。缺點是有高度限制，目前市售伸縮檳榔桿最長為45呎，所以一旦目標母樹的種實長在15公尺以上就鞭長莫及了，且周圍若無較平坦寬廣

腹地，採種者就難以落腳作業；此外，作業時整組工具加上樹枝應力沉重，非體格壯碩且耐力技巧佳者難以持續操刀。故位於路邊、平坦地或空地旁的母樹，種實無法以地面撿拾及敲落收集情況下，建議應以檳榔刀採種為優先考量。

### 安全繩索攀樹採種

打釘上樹的採種方式終必因安全因素而被完全淘汰，以攀繩安全系統取而代之是良好方式，未來若能再發展出更輕便的樹冠橫向轉換技法，並提升採種者因應這種樹上作業

④ 以繩索、吊帶、鉤環、上升下降確保器等安全工具來攀樹採種是未來必然趨勢。

④ | ⑤

⑤ 攀繩上樹採種兼具安全與及高及遠的優點







⑥ | ⑦

- ⑥ 以地面鋪帆布後敲打抖動著果枝，可以不傷母樹地快速收到「在穢熟」且不落地的優良種子，可謂是最友善的收種方式。圖為豐產的青剛櫟以此法作業約20分鐘即可收穫8,200粒種子。
- ⑦ 檳榔刀採種具有工作快速及對母樹傷害小等優點，但高度只可達15公尺，且必須有較平坦寬廣腹地以供採種者活動。

所需的經驗技巧及體能素質，若能再學習熟用傳統採種鉤刀（圖⑧），應該能大大提高採種效率。攀繩上樹採種一樣會有截枝收果的問題，損傷母樹在所難免，故建議應只針對掛果較多的樹冠面向進行截枝採果，採收量勿超過整體樹冠的1/4，並禁止直接鋸斷大樹枝這樣殺雞取卵的採種行為，而是配合使用長短鉤刀或具夾頭高枝剪（圖⑨），只截斷直徑3公分以下且大量掛果的枝條，即應以上述較為友善的採種動作（圖⑩），來控制並減低對母樹所造成的傷害。

## 生態林營造 始於不同種源種子的蒐藏

為建造穩定且具有天然更新能力的生態林，我們必須儘可能地擴大某片人造林的種間及種內歧異度，即不僅原生樹木的種類要多，且各樹種所栽植的苗木要儘量能涵蓋當地原族群的遺傳變異度。所以，蒐集不同種源種子加以儲存備用是治本方法，而就未來國有林經營管理通盤考量而言，以公營的種子庫對造林用種子作系統性的採收儲藏與調



- ⑧ 傳統的樹上採種刀是在現場採2—3年的生綠桂竹為桿，熟練的老手憑記憶，以前輩傳承的手法將鉤刀頭用鐵線及木栓牢牢固定在竹桿上，完成後就像一件藝術品，是樹上採種不可或缺、既堅且韌的優良工具。



度分配應是最佳方法。集約的種子庫管理作業必須先測定出各編號種子播種前的發芽率，而在決定育苗量後可依此來調配並計算各不同種源編號的取用量，如此一來，不但可將種子庫庫存的不同地區族群、單株及年代的種源完全發揮效用，使某一樹種在造林地內的種內歧異度因人為調配而達到擴大效果，而且種子用量也不致浪費，未來苗圃中

超齡苗的數目也不致太多，達到每年穩定的育苗造林作業。

至於最為困難的「多樣化林木種子蒐集儲藏與應用」並非一日之功，就目前林試所種子庫對臺灣原生樹種的種子儲藏行為（Seed Storage Behavior）研究成果匯集簡述如下：

### 正儲型（Orthodox Type）種子

本型種子能耐乾燥，儲藏溫度愈低則對其壽命維持的效果愈好，儲藏條件為先將種子乾燥到含水率3—7%，然後立即密封儲存在-20℃，若為5年內的短期儲藏則可密封保存於4℃。臺灣的樹木種子屬正儲型者通常體型較小，如針葉樹毬果類種子（臺灣油杉例外）、黃連木、臺灣赤楊、楓香、相思樹、流蘇樹、光蠟樹、山櫻花、臺灣欒樹、



- ⑨ 具夾頭高枝剪可以在剪斷著果枝的同時夾住枝條，避免果實掉落難尋。



大頭茶、魯花樹、草海桐、臭娘子、繖楊、白水木、臺灣海桐、枯里珍、止宮樹、黃槿、欖仁等。

### 中間型種子 (Intermediate Type)

此類種子稍能耐乾燥，當含水率被降至10—12%時大部分種子仍存活，但若持續脫水則活力顯著下降。此型種子大多對零下低溫敏感，通常在冷凍時會迅速喪失活力，故需儲藏在較高的溫度如4—15°C，才能維持其壽命，但也有一些中間型種子的最佳儲藏溫度為零下低溫，且能忍受乾燥到含水率5%左右，此差異主要是受其所生長的生態環境所影響。屬中間型的臺灣樹木種子有槭樹屬、鴨腳木、茄苳、野核桃、樟樹、臺灣肉桂、土肉桂、鐵釘樹、銳葉新木薑子、烏

心石、欖木、臺灣水青岡、恆春哥納香、蘭嶼樹杞、楓港柿、瓊崖海棠等。

### 溫帶異儲型種子 (Temperate Recalcitrant Type)

此類型種子特性是不耐乾燥，含水率應維持在成熟種子的狀態，一般約在35—50%以上，臺灣產的溫帶異儲型種子其最適當儲藏溫度為1—5°C，儲藏期間除適當保濕外，尚需經常更換容器內的氣體，以提供種子呼吸作用所需的氧氣，在能維持適當的種子含水率及氣體交流情況下，其壽命約可在0.5—3年，因種而異。種子屬溫帶異儲型的有臺灣油杉、桃實百日青、鐘萼木、殼斗科（臺灣水青岡除外）、楠木屬、臺灣雅楠、臺灣赤楠、恆春石斑木等。



- ⑩ 攀樹採種應只截取直徑3公分以下的豐產著果枝，從山坡上的樹冠層用尼龍圓繩溜滑到路邊集合整理，此為簡便好用、愛樹省工的友善採種法。圖為雙人組合採收樹高約26公尺的赤皮桐種子，一人用桂竹桿鉤刀截取著果枝，然後利用刀頭勾著枝條往下傳給位於滑繩上端的夥伴，隨即將之掛在繩上往下滑給地面人員。


## 熱帶異儲型種子 (Tropical Recalcitrant Type)

本型種子較溫帶異儲型者更不耐乾燥及低溫，種子稍加脫水即有死亡的危險，亦不能忍受近零度之低溫，甚而對10—15°C即呈敏感，種子很容易受低溫與乾燥傷害而喪失活力，故即使保存在較高的種子含水率及良好的氣體交流環境下，可儲藏期亦甚短，因具有活力的種子在稍高溫的條件下（約15—20°C）短期內就會發芽，而為延長儲藏時間而以低溫來抑制發芽時，又因其溫度臨界值難以確實掌握而常易使種子大量死亡。因此，它們是最難達到儲藏目的之種子，故建議此類種子不要儲藏，應處理洗淨後即播。種子屬熱帶異儲型的有蘭嶼木薑子、毛柿、蘭嶼肉豆蔻、臺灣樹蘭、大葉山欖、菲島福木、鐵色、蘭嶼柿、水黃皮、恆春山枇杷、蘭嶼羅漢松、海欖果、象牙柿等。

由上各種子儲藏性質類型可知，由於天然壽命的限制，並非全部樹種種子都可以長期妥善保存在種子庫以供我們調配利用，只有屬長壽命的正儲型種子才能符合「以庫存種子來調配建造符合生態原則的人造林」之期望。初步估計臺灣約有50%樹種種子屬正儲型，而且主要優勢闊葉樹種及南部熱帶樹種種子大都不是長壽命的正儲型，那麼，「建造符合生態原則的人造林」不就只能淪為遙不可及的口號了嗎？其實，要達成這樣的理想也非艱難，但必須把廣泛採集而來的短壽命異儲型種子先育成幼苗，以「人工種苗

庫」的形式先儲備在苗圃中，待庫存樹種種類及種源充足時就可以進行造林。另外，某些後來才增加的樹種及種源可以用補植的方式來擴充造林地的種類及種內歧異度。這樣的模式將會面臨栽植大苗作業與複雜等使造林單價提高的不利條件，然而，與過去的單純林或簡單混淆林相較，要完成有效且永續的生態林本來就是不可能享有低價成本的公益事業。

## 結語與展望

永續性的生態林建造與經營幾乎是無償的投資，但在公益上所創造出來的是無價的利潤，更或許能創造出生態旅遊事業以帶動地方經濟，目前林業從業人員的任務應是儘量把過去因人口壓力所造成對土地的傷害加以彌補，而且是以細膩的作業來復健出接近原始的林相。然而，以我們過去的經驗與技術要把這個複雜的育苗、造林及後續的經營管理體系建立起來並不容易，這牽涉到很多細節要去克服，而且必須先花一段時間把材料準備妥當，也就是建構起豐富的人工種子庫與種苗庫，畢竟生態造林始終是來自於種源蒐藏。因此，我們還有很長的路要走，須得投入更多的心思氣力與經費才能逐步達成，但也唯有如此，期盼中的永續生態林才能指日可待。

（參考文獻請逕洽作者）