



樹木種質的區外保育與利用

文、圖 ■ 簡慶德 ■ 林業試驗所育林組研究員

一、前言

在林業上，優先的保育措施是林業的永續經營和增加被保護的森林面積。然而，當森林被過量砍伐，生態系或生育地遭受破壞，以致樹種有逐漸消失之虞時，樹種之區外保育（*ex situ* conservation）（或稱遷地保育、異地保育）是最後的一個手段。這種非不得已的做法，主要是由於樹木的更新時間長，需要幾十年的時間，不像農業作物，經常利用區外保存的方法，將種原材料在原棲地以外的地區進行保存，如種子庫、田間品種保存庫、組織培養等，並且能在短期間內繁殖下一代。樹種區外保育的做法是以維持原有種質的遺傳性狀和生理的品質為目標，直到被繁殖利用。種子保存是最普遍被利用為中、短期之區外保育方法，但仍然有相當多的樹木種子不容易被保存。其他的保存方法有：花粉保存（*pollen storage*）、試管培養（*in vitro culture*）、苗木庫（*seedling banks*）和DNA資料庫（*DNA libraries*）等。本文就上述的保存方法，逐一探討。

二、樹木種子的保存與應用

從優良林木種源的採收、果實處理和種

子儲藏，至種子的休眠解除及發芽利用，每一環節都必須小心翼翼，絕不可以因不小心而導致種子敗壞死亡，否則前功盡棄。因此，在整個種子的儲藏過程中，如何保持種子良好的品質，除了採收時的遺傳和生理性狀外，維持儲藏種子的生理機能是絕對重要的。以下我們所談論的種子保存，是以生理而非遺傳層面來說明的。

（一）種子的儲藏分類

（seed storage categories）

很多的農作物種子能被乾燥至含水率小於10%以下，且在低溫下儲藏數年，而不會喪失種子的發芽能力，稱為乾儲型種子（*orthodox seeds*），這類種子被認為是最有用的和廣布型的。臺灣的樹木種子中大約有半



▲ 樹木種子集錦。

數是屬於這一類型，例如針葉樹松、杉、柏科等毬果種子和臺灣紅豆杉種子（羅漢松科和臺灣穗花杉等單一核果種子除外），以及闊葉樹小粒種子者，如光蠟樹、烏心石、櫻屬種子（墨點櫻桃除外）、臺灣赤楊、楓香、臺灣欒樹、茄苳、黃連木、流蘇樹、木荷、大頭茶及豆科樹種等。然而，樹種中有許多的種子，尤其是在熱帶或亞熱帶地區，種子因無法忍受乾燥，儲藏困難，被稱為濕儲型種子（recalcitrant seeds）。臺灣濕儲型種子也相當多，如所有的殼斗科和大部分的樟科種子皆是。其他尚有少部分樹種種子不吻合上述二類型，稱為中間型種子（intermediate seeds），它們能被乾燥，但乾燥程度不如乾儲型種子，且常會有低溫敏感現象，即在低溫下會造成種子劣化。臺灣中間型種子有樟樹、香桂、土肉桂、江某、大葉釣樟、小芽新木薑子等。

從實用的觀點，種子含水率（seed moisture content）和儲藏溫度（storage temperature）是種子儲藏時二個非常重要的因素。當果實在樹上達到成熟的階段時，種子含水率會逐漸下降，但下降程度依樹種和週遭的環境而異。乾儲型種子含水率，一般在成熟時會下降至5~10%，但濕儲型種子含水率則高於40~50%，而中間型種子相對地也維持相當高的含水率。因此，不能乾燥的濕儲型種子若要短暫儲存時，種子的含水率應保持與原成熟時一樣。另外，有些濕儲型種子暴露在溫度低於15℃下時，會遭受到寒冷傷害（chilling injury），例如臺灣恆春地

區的毛柿、大葉山欖、象牙樹等熱帶樹種，種子放在5℃溫度下儲藏會失去活力，需即採即播。種種跡象顯示，這類種子的儲藏性質可能與樹種生長的天然環境有關。貴重稀有樹種的利用與保育也常受到種子的採集與儲藏能力的限制，如種子產量少、發芽活力差或不易儲藏等，如何改善種子的處理技術，增加樹種的保存與利用，確實是重要的課題。

（二）乾儲型種子的儲藏

乾儲型種子的儲藏是植物遺傳資源區外保育最被廣泛使用的方法。國際農糧組織1996年報告，全世界基因庫6.1百萬份種質儲藏中，約90%是用種子儲藏的。儲藏技術是依樹種不同，乾燥種子至含水率3~7%，並且密封存在低溫-18℃或更低。許多的種子利用這種方法已被保存數十年，甚至有可能達百年以上。乾儲型種子的特徵是（1）落果時種子含水率低，（2）通常是小粒的種子，（3）包括有休眠的和無休眠的種子，（4）草本、木本、多年生和一年生都有，（5）種子在各種生態系中都有被發現。另外，有將種子乾燥至含水率3%以下之超乾儲藏技術（ultra-drying storage），並儲藏在室溫中。此項技術發展的考量是，在沒有足夠的冷藏設備下提供有用的、低成本的選擇。然而有些學者持相反的意見，認為超乾種子並無法延長一些種子的儲藏壽命，甚至加速種子的老化。種子超乾儲藏有它的應用價值，因此，科學家利用太陽光能源乾燥或真空冷凍乾燥技術，廣泛地測試各類種子，以期達成儲藏的目的。此外，有些乾儲型種子在乾燥



後可以長期保存在液態氮（ -196°C ）中。此項超低溫保存法適用於長期遺傳基因資源的保存，對於歐美溫帶國家也許成本較低，但是對於熱帶國家就應先予評估。

（三）非乾儲型種子的儲藏—濕儲型和中間型

在熱帶樹種中濕儲型種子成熟時含水率相當高（ $>40\sim 50\%$ ），不能忍受乾燥，且常對零上較低的溫度敏感（如 15°C 以下的溫度），無法經由傳統的儲藏方法維持種子的壽命。臺灣這類樹木種子成熟時含水率也相當高，然大部分可以層積儲藏在 5°C 溫度。非乾儲型種子的特徵是（1）落果時種子含水率高，（2）常常是大粒的、肉質的種子，（3）通常是無休眠性的，（4）大部分是多年生的木本植物，（5）常常發現在濕潤的生態系中。非乾儲型種子是不容易儲藏的，即使在適當的儲藏條件下，壽命只有數個星期至1~2年不等。其中，中間型種子是可以乾燥的，只是它能忍受的乾燥程度比濕儲型種子低，比乾儲型種子稍高些，其含水率約在 $6\sim 12\%$ 間。然而種子無法儲藏零下低溫。我們也許可以這樣思考，雖然非乾儲型種子無法久藏，但一般可允許種子儲藏至下一個栽植季節，達到利用的目的。

三、非乾儲型種子保存之其他技術

前述非乾儲型種子是不容易保存的，但是利用其他技術進行保存也許是必要的。

（一）超低溫保存（cryopreservation）

即種子保存在超低溫 -196°C 之液態氮中。這項技術結合試管培養（in vitro cul-

ture），常常對非乾儲型樹種，表現其安全、經濟划算的選擇。國外報告桃花心木、印度楝（*Azadirachta indica*）種子為中間型，經乾燥處理後可以直接地被保存在液態氮中。最近林業試驗所研究中間型種子時，先將種子乾燥至 10% 左右，然後放入液態氮（ -196°C ）中保存，發現可以延長它的儲藏壽命。此項研究仍在持續進行中。若種子經不起超低溫保存時，使用切下的胚（embryo）或胚軸（axis）進行保存是可以考慮的技術。但是如何在種子發育的適當時期，成功地切下胚來保存，是重要的關鍵。另外，少數稀有珍貴的植物缺乏種子，或種子胚之冷凍技術不成功時，一些學者建議利用莖生長點（shoot apex）之組織培養，進行超低溫保存。超低溫保存的缺點是使部分組織能生產全株，畢竟有它的困難度。

（二）苗木保存（seedling conservation）

樹苗生長發育到適當的時期被放入低溫保存，這在國外是有一些例子，如 *Dryobalanops aromatica*（龍腦香屬）和 *Symphonia globulifera*等，但在國內並沒有報導。

（三）試管保存（in vitro conservation）

即在無菌環境下保存培植體。此保存技術廣泛地被使用在濕儲型、無種子的樹種，或為了維持特殊基因型，讓培植體在試管內緩慢的生長。雖然試管培養技術已超過20年，據世界農糧植物遺傳資源估計只有1,000種，38,000批（accessions）種質材料被保存使用。試管保存系統所需要的空間較小，但

維持種質所需的人力費用則較為可觀。我們心理要有數，大部分的種質保存計畫不可能滿足設備精良的需求、可靠的電力供應及訓練有素的人員等，而且試管保存僅能維持有限的遺傳多樣性。

(四) 花粉保存 (pollen storage)

大部分的花粉能被乾燥至5%含水率，並儲藏在0℃以下的低溫。少數報告顯示，超低溫保存能使花粉粒的存活與授精能力超過5年。然而，比較種子的儲藏壽命，花粉粒相對地縮短了許多。雖然花粉保存是一個有用的技術，但在種質保存上有它的缺點，例如許多樹種的花粉產量不多，胞器之基因組無法經由花粉傳遞，雌雄異株樹種之性連基因 (sex-linked genes) 喪失，缺乏植株再生的能力等。然而，花粉攜帶病毒的機會少，可做為種質的交換。

(五) DNA保存 (DNA storage)

就其重要性來講，DNA保存方法正在迅速的擴增。植物細胞核DNA、粒線體DNA、葉綠體DNA等正在例行性地進行萃取、純化，並利用聚合酶連鎖反應器 (polymerase chain reaction) 解讀各個基因序列，將來期盼能瞭解整個細胞內基因組DNA。DNA保存之優點是資料儲存容易，不佔空間，可建立國際DNA網，交流方便。主要缺點是除了需要一系列很好的設備外，有太多的分離、純化、克隆 (cloning) 和解讀基因等問題亟待解決，也不允許植物再生。

任何一個區外保育規劃，首先要考慮的是我們為何要保育它，以及未來如何去利用它。保育的目的常常是因遺傳屬性方面的考量而被選用。一般人都同意，一個族群樹種間大部分基因是沒有變化的，且大部分可變的遺傳因子是豐富的。在人工族群內以50~100個單株逢機取樣，其遺傳性是足夠被保存下來的，不會有滅絕的危險性。然而，樹種在長期的生存下，這些稀少可變基因之重要性仍未明瞭，但我們認為一個族群或生態型內之少數可變的基因對另一個族群來說是普遍的。因此，區外保育之取樣，需要有足夠數量之族群代表其遺傳變異性。

生物的自然選擇 (natural selection) 是沒辦法被模擬的。無論區外保育的材料是來自於植物、種子或組織培養，定期地經由控制雜交授粉繁殖下一代是需要的。這些沒有被選用過之新的基因組材料，必然地也應被引進到保育區內。然而，不管我們如何選種、控制授粉，自然選擇是不能被人為取代的。但是，在某些狀況下，為了維護潛在有用的基因不會在野外消失，經由人為保存是非常值得的。另外，區外少量樣本的保存必然地會引起不可預期的遺傳變化。樣本內好的基因型比例未來再被引進栽植到野外時，相對地會大大的減少，尤其當原來的族群數量已經很小，且劣化的基因組合開始聚集的時候，這些保存的樣本不可避免地將淪為遺傳歧異度狹隘的馴化種。

樹木種質區外保育的工作需要有技術和經費，因此大部分落在有錢的北方國家。然

四、樹種區外保育之省思



而樹種消失的最大問題卻是在貧窮的熱帶國家。區外保育經費不可能被用在區內棲息地的保育。除非另有外面來的財源，否則規劃自然保留區（區內保育），保護瀕臨絕滅的樹種是最省錢的做法。

乾儲型種子，如松樹、雲杉、豆科植物等已被成功地保存50年以上，但濕儲型種子則否。最近超低溫保存之研究能延長濕儲型種子的儲藏壽命，此項技術確實具有發展潛力。臺灣大部分濕儲型種子皆能層積儲藏5°C數個月至2年不等，發展超低溫保存技術將有助於延長濕儲型種子，甚至於非常不耐儲藏的熱帶種子的儲藏壽命。

稀有瀕危樹種區外保育的積極角色就是有更多的研究機會和教育本質。樹種培育時之材料容易取得，而且有機會教育大眾，傳播知識，並提供未來經營策略的參考。區外保育應是區內保育的一個增補的角色，當樹種、族群和遺傳因子等在野外變得極少時，

就應該保育。進行樹種、族群或特殊性之保育策略時，應有整體的規劃，結合區內和區外保育技術，依照一定的準則，選用適當的方法、成本效益和安全實用性。

註

（一）植物種質（plant germplasm）

指植物繁殖體的蒐集，包括種子、花粉等，至遺傳組成分的保存，如族群、插條、芽體、根莖、或細胞培養等，或保存特殊的遺傳結合體或基因轉殖體等。

（二）區外保育（*ex situ* conservation）

植物遺傳資源在生育地以外的地方保育。

（三）本文參考丹麥林木種子中心技術報告第65號（Technical Notes No. 65, Danida Forest Seed Centre）

Conservation of tropical trees *ex situ* through storage and use. 