



# 桃花心木生態系的保育與永續經營

文、圖 ■ 馮豐隆 ■ 國立中興大學森林系教授（通訊作者）

張鈞媛 ■ 國立中興大學森林系研究生

馮冠達 ■ 國立中興大學森林系助理

## 一、前言

大葉桃花心木（*Swietenia macrophylla* King）英文名稱為Mahogany，是拉丁美洲森林林分物種最為人知、使用最多的物種。桃花心木屬與同為楝科（Meliaceae）的香椿屬（*Cedrela odorata* L.和*Cedrela fissilis* Vell.）是拉丁美洲森林工業的主軸，是大部分人民的主要收入來源。

由於具有生物和商業性質，桃花心木應用適當的育林作業架構，有變成最大熱帶森林永續利用與經營系統的潛能。然而，大部分中南美的林業經營，從過去到現在皆使用傳統的經營系統—即收穫砍伐生長最好的樹—而沒有考量森林更新與存留木未來生長的可能。中南美洲是桃花心木的原產地，最近這10年來桃花心木遺傳特性的品質，由於擇伐最好的樹木（dysgenic selection）與毀林過程（deforestation processes），受到相當大的影響，每公頃的桃花心木數量減少，林分破碎化（stand fragmentation）導致自然演替受影響而中斷。選擇使用最好的桃花心木，不但直接影響熱帶生態系物種的抵抗力（resilience），而且也呈現出基因多樣性的流失（genetic diversity erosion），也因為最好林木種子的消失，

造成天然更新相當大的耗竭。

桃花心木天然林單位面積的可供商業使用株樹減少，某些地區，只有少許單株桃花心木會擴散，據Snook（1993）與Patino（1997）估計只有0.7 - 2株/ha。這種低密度的桃花心木，由於種子產量少，種苗建立的機會減少，直接影響天然更新，更而影響不同階段的林木數量，使其數量急速減少。在雨季則有許多小苗分布在成熟林木旁邊，但乾季一到，有相當高比例的苗木死亡。

桃花心木生長在單位面積物種多樣性相當豐富的熱帶林生態系，這麼高的物種多樣性，對使用與經營此種具商用潛能的桃花心木是相當大的挑戰。不同樹種其木材硬度、顏色與生長速率都不一樣，這種情況對一些具有較高商業價值且每公頃只生長少量植株的樹種而言，如何去使用和商業化這些樹種是相當困難的。

## 二、桃花心木之生態區域和自然分布之族群關係

### （一）生態區域

桃花心木主要被發現在熱帶雨林和熱帶潮濕落葉性森林，在中美洲、墨西哥和

南美洲 (FAO, 2002)。雨林在墨西哥地區的波斯灣 (Gulf) 沿海平原、契亞帕斯 (Chiapas) 的馬德雷山系 (Sierra Madre) 雨林、墨西哥以及在中美洲沿著太平洋的加勒比 (Caribbean) 海岸被發現。熱帶潮濕的落葉性森林係沿著中美洲的中央山脈低窪地區延伸，且座落於朝著太平洋岸；猶加敦半島的平原和丘陵以及墨西哥的波斯灣的熱帶生態區域，這些桃花心木分布地區涵蓋 134 百萬公頃 (FAO, 2002)。

這些生態區域具有平均年溫度範圍為 20~26°C，降雨量的變化於 1,500~3,000 mm 之間，並且在某些地區達到 4,000 mm，熱帶潮濕落葉性森林平均年雨量介於 1,000~1,500 mm 之間。在這些地區的乾季最少達到 3 個月，在 8~11 月是雨季 (FAO, 2002)。

在這些地區的森林，林木很高且相當密集的。在熱帶雨林，冠覆蓋高達 30 m~40 m 的高度，甚至樹高生長有超過 50 m 以上，然而在熱帶潮濕落葉性森林其高度達到只有 30 m。樹冠下層覆蓋是密集的樹，其樹高達 5 m~25 m 之間，在這層的植物組成，有棕櫚樹、蕨類植物、攀緣植物和禾本科植物，呈現多樣的變異。在這生態區域亦有許多樹種並且以複雜和多樣的植物相為其特徵，有著將近 5,000 種充滿活力的植物樹種以及每公頃超過 60 種不同的樹種。

在天然分布的範圍和桃花心木混生的普遍樹種是 *Dialium guianense*, *Pimenta dioica*, *Brosimum alicastrum*, *Ampelocera hottlei*, *Pseudolmedia cf spurea*, *Cordia alliodora*, *C.*

*dodecandra*, *C. bicolor*, *Calophyllum brasiliense*, 美洲橡膠樹 (*Castilla elastica*)、*Dendropanax arboreus*, 風鈴木屬 (*Tabebuia* spp)、人心果屬 (*Manilkara* spp)、欖仁樹屬 (*Terminalia* spp)、輕木屬 (*Ochroma* spp)，(FAO, 2002)。

## (二) 自然分布之族群關係

在哥斯大黎加 (Costa Rica)，桃花心木的族群生長於 Guanacaste-Puntarenas 熱帶的乾燥森林地區。大葉桃花心木 (Big leaf mahogany, *S. macrophylla*) 和墨西哥桃花心木 (*Swietenia humilis*) 兩物種在這個地區的分布範圍有部分重疊。大葉桃花心木從亞馬遜河延伸到大西洋海岸，墨西哥桃花心木 (*Swietenia humilis*) 則由墨西哥太平洋沿岸到北緯 9 度的哥斯大黎加地區。此兩種樹種被發現有雜交種。雜交種生長快速勝過原來的母體樹種，並具有中等程度的生長特性和高品質的木材 (Everett, 1982)。桃花心木即使在未受干擾的森林裡也不豐富，林分密度往往 1 公頃只有一兩棵樹而已。再加以熱帶森林破壞的增加，造成桃花心木的缺乏。

## 三、資源的基因多樣性和保育

就桃花心木族群變異基因資源的保育、桃花心木族群的經營、使用及育林的觀點作扼要敘述。

棟科的樹種在不同時期的育林特性有所不同。南美香椿 (*Cedrela odorata*) 為一耐蔭性樹種，屬於演替後期階段，生長快速的樹種。經營桃花心木族群的主要問題在於該樹種



自然的生長地區缺乏自然更新。這問題與具有種子擴散的成熟每株之數量減少有關，另一個困難是由於木材伐採後之後存留木的品質不佳，以及天然更新過程有關資訊的缺乏。

Rodriguez, Chavelas和Garcia (1993) 評估大葉桃花心木種子擴散的能力，並報導有關苗木建立及持續生長的研究結果顯示：種子成熟散布一般發生於2~4月間，觀察實驗中發現一顆樹的種子總量有6,861個，一棵樹的潛在生產力達84%。母樹最大擴散距離為60 m。在8月，當進行第一次萌芽和殘存估算時，作者發現總量為1,608株苗木。結論為有20%的種子擴散後是可以在接下來的2個月內萌芽和生長。

Gullison和Hardner (1993) 指出熱帶森林的選擇使用是有害於具有大量商業價值樹種的存留木。作者評估林木伐採導致大葉桃花心木存留木的損失，在玻利維亞Chimanes地區的森林，大葉桃花心木是一個密度非常低的樹種。沿著主要道路和林木取出的小徑入口，大部分的大葉桃花心木大部分都損失，少有出現。然而，在拉丁美洲主要實施選擇性的收穫方法，使得物種的保育增加了困難。

Garcia, Negreros和Rodriguez (1993) 在墨西哥Quintana Roo次落葉性森林進行調查研究，為獲得大葉桃花心木在經過擇伐後，如何對自然更新造成影響。設置了5個0.5 ha的樣區，以族群的最初斷面積為基準執行移除0%、8%、28%、45%和55%等不同強度的疏伐，並且在疏伐後，進行4年的評估。作者發現每公頃桃花心木的幼林木植株的平均

值有顯著的差異，變異從0%疏伐的500株到45%疏伐強度的2,100株，得到8%疏伐強度的700株、28%疏伐強度的1,400株和55%疏伐強度的900株。

作者指出不同疏伐強度對苗木的更新有重要的影響。雖然，45%疏伐強度和0%疏伐強度做比較有顯著的統計差異，然而以絕對值而言，前者顯然比0%疏伐強度樣本有更多的苗木植株，高達4.2倍，也比8%疏伐強度高出3倍、比28%疏伐強度高出1.5倍和比55%疏伐強度高出2.3倍。這些不同疏伐強度試驗樣區之苗木，其產生的更新數量間之差異，提供了大葉桃花心木在更新與冠層鬱閉的關係。然而，在55%疏伐強度下，其更新苗木數量反而減少，因為此樹種在初期生長階段需要遮蔭所致。

## 四、永續經營的展望

### (一) 永續經營

美國進口的大部分熱帶木材源自於拉丁美洲，其他主要的供應地區包括東南亞（馬來西亞和印尼）和西非（主要是迦納和喀麥隆）。桃花心木（mahogany）不但是長期以來最受歡迎的熱帶樹種之一，而且是輸入美國最昂貴樹種之一。

永續森林經營的國家政策在大葉桃花心木的主要生產國，如玻利維亞（Bolivia）、巴西（Brazil）和秘魯（Peru）皆有很好的進展，但實際執行則尚須經過許多挑戰。所以有關桃花心木貿易國在「瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約（CITES）」中，進行執行

永續經營桃花心木的森林蓄積量 (stocks) 討論。而主要桃花心木的輸入國分別為一加拿大、西班牙、英國和美國。大葉桃花心木在2002年11月放入「瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約」附錄II (CITES Appendix II)；該公約 (CITES) 強調此為促進該物種的永續貿易，而不要將其解釋為貿易限制。事實上，這種挑戰當前是用來確保促進該物種的永續。在2004年5月17~21日在Peru, Pucallpa 舉行執行「瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約」附錄II大葉桃花心木列名執行能力的培育研討會“Workshop on capacity- building for implementation of the CITES Appendix II listing of mahogany (*S. macrophylla*)”。該研討的會目的主要有以下六點：

1. 促使鼓勵且通知主要大葉桃花心木生產國 (Bolivia, Brazil and Peru) 執行桃花心木外銷的非有害性判定 (The formulation of non-detriment findings for mahogany, NDF) (註：NDF如P1所述)。
2. 描述說明當前桃花心木的分布狀況。
3. 辨認國家間、組織間和地區間的合作。
4. 辨認國際協助的必要。
5. 討論一般監測的方法。
6. 資訊的分享。

惟在執行時面臨以下主要障礙：

1. 缺乏桃花心木蓄積量的資訊和資源的調查。
2. 缺乏桃花心木對地區貢獻的資訊。

3. 大葉桃花心木在不同狀況下的更新 (regeneration) 和生態狀況不清楚。
4. 主要機關缺乏監測與控制桃花心木永續經營的能力與資源。
5. 透過溝通來改善資訊系統，使其透明化。

“溝通”是桃花心木永續經營相當重要的事，為確保經營資訊的最大透明化，會員間彼此瞭解有關的需求 (包括私部門)，以確保永續提供與合法的桃花心木伐採利用。

## (二) 桃花心木的永續經營

為確保桃花心木的永續經營，桃花心木的資源調查與評估是迫切需要的，透過單株、林分和森林生態地景之現況 (組成和結構)、功能和變遷的資訊收集彙整，並考量生物生態和社會經濟等供給與需求間平衡的資訊，來建構桃花心木永續經營之準則與指標是未來永續經營重要課題。

森林經營計畫面臨的主要挑戰，在於熱帶地區如何維持木材生產的長期經營，以及受經營之族群的生物多樣性保育。現今，一個結合永續發展群落的森林資源經營的國際趨勢，只要在保護這些群落和基因多樣性的範圍內，永續經營也許可以用不同的方式來解釋。狹義而言，考慮物種在培育生產高品質林木與木材生產經營過程時，有永續經營的可能性，稱之生態經營。廣義的解釋，永續經營也可以視為保護族群、群落和生態系的生產力、森林結構、多樣性和基本生態過程的經營方式。



在許多熱帶地區大範圍森林的經營方法，包括完成樹種優勢木的選擇、資源使用永續經營的架構以及促進它的自然更新。

## 五、人工林在森林保育的角色

由天然林提供木材生產時（包括桃花心木），收穫林木皆造成森林相大的壓力。連續的毀林與由生產觀點來看，目前不可達到的森林趨勢來看，可以收穫的天然林木會越來越少。

而由需求來看，全球對桃花心木的木材需求量是會增加的，原木的消費量由1994~2010年，以每年1.12%的年增加率增長。即由1994年的3.21億 $m^3$ ~2010年的3.84億 $m^3$ （FAO，1997 a）。工業用材之原木亦將以每年1.20%增長，由1994年的1.42億 $m^3$ ~2010年的1.78億 $m^3$ ，這樣的估計發現在2010年需求量將超出工業人工林的淨生長量840萬 $m^3$ 之多（FAO，2000）。

人工林可提供工業的材料和其他使用如燃料，也提供了培植植群與其他生態系元素所創造之非木材之林產品和效益，他們提供了環境、社會、文化和經濟的效益（Carle et al, 2002），人工林將可以提供木材與纖維等，以符合許多國家在工業使用需求量增加的需求，提供工業使用的木材的資源是來自於人工林較多，天然林則較少。

全球人工林資產在由1980年為17.8百萬ha，其中有26%的人工林是非特定目的，在過去這10年內，提供工業目的的人工林有明顯的增加，由1980年的39%，1990年的

36%增加到2000年的48%，非工業用材的人工林則相對減少（Calvo et al, 2000）。

FAO（2001）報告目前世界有326,007 ha的桃花心木人工林建立在18個國家中，主要桃花心木的造林地分布在印度尼西亞（187,500 ha）、斐濟（4,2000 ha）、菲律賓（3,4000 ha）和墨西哥（21,400 ha），大約佔世界桃花心木人工林的87.4%，其他地區如錫蘭（Sri Lanka）、孟加拉（Bangladesh）、所羅門（Solomon Island）、瓜達卡那（Guadeloupe）和尚莫亞（Samoa），南太平洋共栽植33,300 ha（佔全部桃花心木人工林的10.21%），其他尚有9個國家栽植7,807 ha（佔2.4%）。

人工林只佔全球森林面積的3.5%，而熱帶地區的人工林包括棟科（Meliaceae）樹種在內，則約佔人工林的45%，面積大約187百萬ha。

▼大葉桃花心木—新化實驗林場。



在桃花心木這個案例中，桃花心木的天然林分布密度平均每公頃不到1株（Patino 1987, Snook 1993, Snook 1996, Patino 1997），而在墨西哥以25年為輪伐期的桃花心木，其最高的密度為每公頃約250株。若由每公頃1株到250株的改變，可顯示人工林在毀林土地上，以生產木材來符合漸增的木材需求，同時也保護了天然林。所以人工林建造是相當重要的方法。

## 六、調整桃花心木的使用與保育的肇始

FAO在連結國家、地區和國際之組織上已有不錯的成績，在提供和促進桃花心木的研究以獲得較好知識、經營和基因資源的使用已好幾十年了。數年前FAO有森林基因

▼大葉桃花心木—新化實驗林場。



資源外銷委員會（FAO Panel of Export on Forest Genetic Resources）；包括大葉桃花心木（*Swietenia macrophylla* King）的改良和基因的保育是相對優先的工作。FAO（1994，1997，2001）考量以就地（in situ）保育為最優先，且建議加強執行研究基因多樣性，促進改良和外地（ex situ）保育的工作。

新熱帶地區（neotropical regions），是桃花心木天然發生的地方。國家與地區的組織如同非政府組織（NGO）一樣地努力在改進知識，以促進提升桃花心木基因資源的經營、使用與保育。這些努力在國際組織與政府組織間的合作中進行。

最重要的計畫發展皆在這個保護傘下進行，這些研究執行於Mesoamerica的生物廊道，如同其他有保育利益的樹種，桃花心木在2002年7月執行的33屆會議中，使環境與發展中南美委員會同意Nicaragua的建議，要求將大葉桃花心木（*Swietenia macrophylla* King）列入「瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約」（International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES），於白皮書附錄II內，且在下一會期前完成。

然而1997年大部分外銷桃花心木的國家如巴西（Brazil）和玻利維亞（Bolivia）和最大的輸入國—美國—同意創造工作團隊來檢視這些狀況，經營和沿著所有地理分布地區的桃花心木的貿易。

與其他桃花心木生長分布地區，玻利維亞、巴西和墨西哥皆需參與那些包括符合CITES Appendix III的桃花心木伐木作業，



玻利維亞在1998年3月19日將桃花心木族群納入Appendix III，巴西於1998年7月26日承認這個決案，墨西哥於1997年11月將其納入；Costa Rica則在1995年11月就已納入Appendix III。而桃花心木的工作小組，係由桃花心木地理分布地區的國家以及桃花心木輸入國的政府與無政府組織所組成，並致力於自然資源的保育。2002年智利努力發展，將桃花心木納入CITES的Appendix III生產計畫中。

本物種最近成為國際木材使用和森林保育政策討論的著名訴訟案件（cause celebre）。而且在2002年11月，第12屆CITES會議裡，將大葉桃花心木放入會議的附件II（Rodan, 1996）。在附件II的大葉桃花心木（*S. macrophylla*）之內容包含在外銷、內銷此物種時，皆須監測課稅，而且需與天然林生育地的永續經營管理連結一起，亦即所謂非有害性判定（non-detriment finding, NDF，即物種的貿易會不會危害該物種長期存留之科學評估）才能外銷的關鍵需求。

在墨西哥，桃花心木的自然分布範圍，從猶加敦半島（Yucatan peninsula）到南海灣各州（Gulf）的沿海平原，在契亞帕斯、瓦哈夫和柏布拉溫暖的地區。顯然地形不是桃花心木物種分布的決定因子，至少分布海拔高可達到800 m、年平均溫度20°C是桃花心木生長的合適區域。另一個重要的自然環境是年降雨強度，範圍從1,000~3,500 mm。

除此之外，土壤看來也不是樹種發展的限制因素，例如桃花心木生長在非常多種土壤上，從黏質壤土到淋洗土。不過，他並不適合

生長在易受洪水影響的地形，或者有高比例高潛在流失的沙質土壤。

依據Arguelles（1999）研究未伐採桃花心木族群（harbor mahogany population）在Mexico有1,500百萬ha，50萬ha分布於Quintana Roo；45萬ha於Campeche，30萬ha於Chiapas，22萬ha分布於Oaxaca-Veracruz，而其他分布於Yucatan和Tabasco州（Fernado et al, 2004）。

由歷史的觀點來看，桃花心木資源有許多被資源掠奪的階段，主要是由於這個樹種的木材、顏色和均勻的木紋，以及易於刨光處理的特性所致。

其實桃花心木的基因資源皆有危機，鮮少有例外，所以減少毀林的可能則包括對森林經營的清晰指南，基因資源的明確保育。基因多樣性的知識和連結物種的更新，使得某些重要量測值可以提供天然更新，以保育維持某特定程度的異花授粉，來辨認最適合的母株間的距離，以達成有效率的變異花粉種子的擴散型態還有其他維繫基因多樣性和避免破碎化族群的同株受粉（endogamy）所造成的變異。

桃花心木在墨西哥收穫地區，與中北美洲一樣皆沒有永續經營，而更新循環（reproductive cycle）並沒有被考量，且育林處理（silvicultural treatment）也不存在，導致無法有效地促進更新。另外其他桃花心木的伴生樹種，仍未被開發加以有效利用，桃花心木是目前唯一在商務上為人們所接受的樹種，這導致其過度砍伐而數量大減，在保護區與非保護區的桃花心木基因的研究

皆是決定基因庫，如何維持並確保他們的生育地，皆是相當重要的工作。

培育桃花心木人工林以符合木材、非木材產物和生態服務的漸增需求，更而在破壞的林地建立起森林，甚至恢復到天然狀況。

最後依據Kageyama et al (1992) 和 Fernando et al (2004)，為達到桃花心木族群和其他熱帶森林樹種的永續經營，目前尚有許多科學知識上的間隙，這些問題如下：

1. 提供林木生產的稀有樹種如何永續經營？
2. 低密度的稀有樹種，如何加以更新控制，以取代只為伐採而伐採的觀念？
3. 永續經營要以何種為優先選項，(1) 生物和基因多樣性或(2) 森林結構，還是兩者皆需要。
4. 如何透過經營方式達到物種更新、族群數量增長與林木生長、木材品質的精準控制？

為達到熱帶森林的永續經營，科學研究則須重視對資源的認識、經營、使用與保育，這些任務上的考量因素、知識與成果要盡可能提供。

世界糧農組織 (FAO) 是聯合國的組織，努力於森林的發展，扮演發酵作用的角色，以達到森林族群、群落和生態系的永續使用，當然這也說明了熱帶森林資源的基因多樣性的使用與保育重要性。

## 七、結論

永續生態系經營規劃是把人當作生態系

的一部份，而不是將人與生態系分開。亦即要調查生物生態值、生態功能、機制的資訊與社會需求經濟利用，整合建立的永續生態系經營地理資料庫，更而進行分析評估，由資訊擬出各種可行方案，評估選擇方案，更而規劃、執行計畫、經營，再由監測活動中獲得新知識、技能，以建立新目標，更而需要新資訊、新評估，訂出新決策、新執行方法、方向得以改善，即反覆運轉監測、評估、決策和執行等四個步驟的模式，然而要如何制訂措施，則尚須依次研究探討與實施調適經營。▲

## 參考文獻 (請逕洽作者)

▼新化實驗林場。

