

從經營管理觀點探討人工林與生物多樣性

文 羅紹麟 中興大學森林系教授

前言

由於人類對土地及資源的不斷開發利用，使得地球表面的森林由冰河時期的62億ha減少到目前的35億ha，另外還有7.2億ha的灌叢（依FAO對森林的定義：樹高>7m，寒帶樹高>3m，覆蓋率達10%或20%以上者）。上述森林面積的變化在20世紀後半葉有加速惡化的現象，據FAO統計在過去的二三十年內平均每年有15百萬ha森林消失且多集中在熱帶之第三世界地區國家，不過最近的觀察已有減緩的現象。

前述趨勢是值得吾人去檢討深思，雖說二百年來林學專家與社會大眾不斷提出種種看法，也想謀求解決之道，根據個人粗淺的判斷，其方法中大概離不開兩種途徑：

1. 重建產量大高效率的人工林以滿足人口增加的基本需求。
2. 將原有少開發或開發失敗的森林，在不考慮量產祇講求提高品質，配合特殊利用目的繼續維持下去，這個也可以呼應今天個人提出的人工林與生物多樣性雙向問題。

天然林與人工林本是一家，它在台灣併存的事實是大眾不可否認的，所不同的，僅僅是形式上的差異和管理上之不同而已。由

於天然林多分佈在高山難到之處，一向對其瞭解較少，也就疏於在技術上加以改進，反而祇重行政上的管理，故似乎單純許多；相反的，人工林卻脫離不了資金技術集約、時效壓力、所有權屬不同、經營目標歧異，尤其講求經營效率更不在話下，此尤見於一般之私有林、公有林、國有林內的租地造林、原野地，甚至部份企業擁有的農場土地等。

自從台灣光復以來，人工林歷經半個世紀的推廣、執行與研究試驗，至今成效如何，似乎也應該到檢討的時候了。論人工林其目標、技術和執行似乎是鐵三角。回溯台灣對人工林的研究與推行，從許多地方去觀察，好像僅止於實驗室與苗木栽植階段為主，對成林以後的育林管理也就相當忽略，因此每每作育林檢討時「成活率」在台灣「育林」經驗中始終佔有極重要的地位而成林率卻少去談它。因為森林的培養絕對要有耐心與耐力，「幼教」（苗木栽植）很重要，它可影響未來「成人教育」（疏伐撫育）更是直接影響社會的安危（多目標利用），將台灣的林業比喻作患「近視眼」似乎一點也不為過。

人工林之單純化與雜異化

人工林採行單純化或雜異化是同一問題之兩端，不僅受到人工林本身之特質、技術可行性、社會經濟甚至環境要求的影響，說穿了更是管理制度的問題而已。管理在一般工商業上特別強調效率，但林業之技術是否可比照，殊值玩味，因為生物性生產有其嚴格之限制使然。人工林單純化若達到最大時將是某種單一目標的極限，可能在量方面獲得最大材積而在貨幣上面來說，是當時的情況下錢最多而不是全程的錢最大，相對的雜

異化最大時，技術上的困難度一定增加，最後加諸在管理成本上可能變成沒效率但有效果。效率與效果不同，兩者合併則是績效，天然林與人工林在本質上本來就不一樣，加上種種條件，產生之差異更大，兩極間有其灰色地帶，如圖1所示。

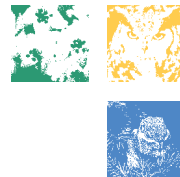
人工林屬於經濟林的一部份

美國慣用商用林來標榜其生產木材利用，因此是從經濟考慮出發的；中國大陸將

天然林 ← 近自然型森林		遠離自然型森林 → 人工林
		人工林兼混合林、二段林鬱 兼單一樹種鬱 monoculture
(1) 長時間發展競爭而成 兼非經人擾干擾鬱	少經人擾干擾 由當地種組成穢無育林意義 一半由天然樹種組成但不一定全部由當地生產	
(2) 由當地種組成	部分由棄土樹種組成但卻非當地所生產	
(3) 全部受林地環境條件決定	非棄土樹種瘡但有遺傳育種的意義 非棄土樹種集約整地施肥 樹種組成趨近相同	
(4) 完全依賴太陽能源	除日光能源外需加上額外的人力瘡和其他能源	
(5) 多樣性脛高	單株擇伐瘡劃伐瘡留伐瘡生態系經營	多樣性脛低 皆伐
(6) 常見的系統瘡自然保護區in situ		較不重視生態區
(7) 管理上瘡生態區集水區	重視biotop	重視habitat 重視森林區劃如林班、小林班等
(8) 沒有絕對之時間、空間限制		有時間與空間的嚴格限制

(修改自Buschel 1997)

圖1 天然林與人工林之差異



經濟林視為有直接經濟收益的生產林（包括茶樹在內）而與用材林有所區隔；日本近來一改其原有木材生產林為資源循環利用林以配合環境保育觀念；德國則沿襲歐洲傳統將森林區別為經濟林、保護林及遊樂林三大類別。俄羅斯更將森林分為第一類保安林，第二類限制利用及工業林，第三類為密林純經濟林區。前述名稱不管如何變化甚至換湯不換藥，其骨子裡的經濟林仍是以經濟利益為優先，但發展至今也有人將經濟林擴大解釋到森林中的木材產物和副產物的層面上，其關係最為密切。人工林主要是以經濟人工林為其考慮面向，例如人工林可以計算各種成本價、收益價，而且都已研究將近一百多年以上，天然林則否。林業經濟學家Marquis曾經說過，天然林之材價已定（determined）人工林之材價有待決定（determining）是很恰當的比喻。然而世事多變，誰能保證，看似不變的經濟林或人工林不作他途使用，試想材價長期低落，許多人乾脆把它留作觀賞、休閒遊憩場所，或當附近容易發生天災地變，更將其人工林留置作為保土或涵養水源或當作保育用（保存、遺產、科研），當然

還包括無數的非法利用，在此不勝枚舉。到最後所有的人工林似乎都要變成多用途森林了，因此彈性的說來祇是隨時空轉變而已。不管人工林作何種用途，此時完全就要看森林經營所有人的目標和客觀環境而定。今將人工林與純天然林作不同目標的橫向比較，其情形有如圖2。

人工林之多樣性

人工林之多樣性如侷限在生物多樣性時其解釋範圍仍然不大，因為多樣性似乎可以擴大解釋到樹種、冠層、技術應用、經營階段以及目標等較有實際的意義，針對以上擬再作如下分析：

（一）樹種

單一樹種之人工林不僅應用技術與管理較為單純且可獲得量產以及時間上的優勢和成本較低等多種優點，頗能滿足人口增加需求擴大的趨勢。但數十年來不斷推展結果卻發現到逐漸有生態危機性的現象（Vulnerability），即單一樹種引發更多的疾病，產生抵抗力減弱或生物自我調節控制能力發生質疑，但monoculture原先是在配合

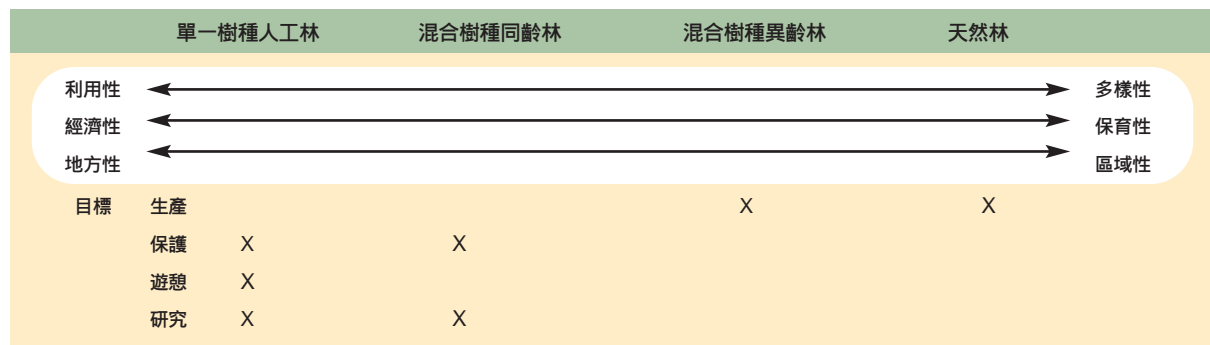


圖2 人工林與純天然林之橫向目標比較

（註：重要駢X次要）

「綠色革命」思潮，本身無罪，罪在人口壓力過大所致。

最近20年來北方國家（工業強國）與南方國家（貧窮之天然資源國）希望能合作，其立足在消費面的觀點而非在生產面觀點上，這種做法往往被譏為“在生物多樣性”的大帽子下，利用生物技術，將地球上的遺傳資源轉變為商用上的原料而已，而這種合作也被形容為一種「不公平的貿易行為」（unfair trading practices），所以便有發展成為「生物帝國主義」（Bio-imperialism）和「生物民主主義」（Bio-democracy）之爭議（Shira, 2001）。針對這些做法，一些南方國家還好進行逆向操作，例如南非共和國、紐西蘭、智利、巴西等國之單一樹種成功之範例不少。

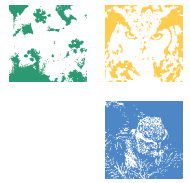
當捨棄單一樹種造林完全走向樹種多樣性時，此時之多樣性應該如何去解釋，但可以想到的是最大的樹種多樣性其實不就是原有的天然林或雜木林嗎？若用純育林技術來說豈不是又進入擇優而伐（單株擇伐）作業。瑞士是單株擇伐（Plenterung）的創始國，實施了一百多年以後（最有名的發祥地是Couvêt鎮）至今全國僅8.4 % 的森林完成此類經營（其中高山上比例較高，佔33 %，中海拔佔23 %）（Schütz 1999）。

因此樹種種類在生物多樣性的前提下，到底要多少才適當似乎沒有一個定論。但為了生物多樣性在大自然（nature）和生態穩定（ecological stability）的要求下也可以考慮混合一種或二種樹種的方式來達成。以往

德國大量種植雲杉純林，在近30年來的不正常氣候變化下（風災、酸雨、蟲害）受到不少摧殘，如今逐漸改變增加樹種而且闊葉樹的面積大幅增加，這就是專家們提倡的增加樹種等於增加林木之立體空間結構，同時增加時間先後次序也容易創造出多層林相，形成所謂人工和天然更新混合之「近天然林之人工林」。到底要多少種、多少層才算合理，一切都需以當地條件為度，套一句森林遊樂承載量常用的話“*How much is too much.*”「過猶不及」卻不是吾人所要的。

（二）樹冠多層性

多層性冠層對林分本身內部結構而言是較穩定的一種，但層次有上下之分，一般常見的有二層林、多層林等。層次增多，除非不為木材利用著想，到最後可能又是變成近天然林，雖說其生物量大，但此也正考驗被木材加工者接受的程度，當然某些特定目標如截留雨水、防風、持土等則屬例外。前文已提過瑞士推行單株擇伐已久，但目前遭遇最大問題仍是雜異性過大導致伐採利用時成本驟增的現象，故近年來也在倡議如何簡化或單純化的技術（simplification）。多層林冠在實際應用上有所謂下木栽植的活動，台灣下木栽植倡議也有20年以上的歷史，目前來看成敗尚無定論，唯經實際育林者之經驗好像失敗較成功為多，何故？是否陰性樹種不易找到或誤認其耐陰或對此少有研究？陽性與陰性樹種之搭配不佳？或海拔地形坡向因素等等皆是需要加以深入探討的。



（三）技術應用多樣性

過去的應用育林學者曾用半開玩笑的話氣說育林是一種結合科學與藝術的一種技術，其實這種比喻一點也不為過。單純林之營造假如是科學的話，那麼近天然林包括單株擇伐（培養）在內就是藝術了（天然林因為沒有人為動作故不在本文討論之範圍）。用科學去營造單純林時首先必須考慮空間與時間以及經濟的有利條件，也就是說栽植樹種之生命力、苗木供應可能性、單位面積栽植株數、新造林地之撫育、施肥、除伐疏伐等之時間點、間隔收穫量之配置乃至於到主要收穫時之規劃等。它們可能用到的都是依據科學（數學）去模擬演算的結果（鄭欽龍主任在2002年10月由中華林學會及林產事業協會合辦之柳杉林疏伐研討會中曾提出動態規劃之類似論文）。然而目前科學經常遭遇一些不測，例如林業政策忽然改變、預算被砍、經濟萎縮、環保意識抬頭、法規限制以及其他不明因素影響，往往無法如意推展，到最後卻無疾而終，因此外國有人說“hard discipline”（科學有難），就是這種道理。近天然林是比較接近生物多樣性，至於多樣到何種程度似乎沒有什麼標準，這就是相同於「太多目標」等於「沒目標」一樣，其忽略了優先次序的原則，「藝術」可以不必遵循法則（rule）就可以形成，育林技術難道有可能嗎？因此在有「樣」的前提下再去個別集中區塊化或地方化（localization）似乎較為妥當，而非應用一般性的育林通則去解決。換句話說，屬地方性育林技術問題，應儘量

由地方去決定，因為那裡有最傳統、最善用也最活用的技術方法。

蝶四）經營多階段性

造林是一種崇高且考驗耐心的事業，短則數年長則數十年、百年或數百年不等，如此長期工程在人類短暫的生命裡應如何去安排，就會想到階段不同作法也會不一樣的道理，當然最後的結果也就不同了。在人工林經營階段中，其發育階段以及總和時間兩者較有意義。所謂發育階段程序是種子 苗木 幼木 桿材木 製材木。上述之個別階段時間可以適時調整（縮短或拉長）同時也可以縮短或拉長全部總和時間，端視經營之目標與環境條件而定，不僅時間可調整在空間做法上亦然，包括選擇疏伐量、疏伐形式等。育林技術之多樣性千變萬化可見一斑。

蝶五）目標之多樣性

美國在1960年正式宣佈的森林多目標利用--保續收穫（MUSY）是針對整個森林包



（攝影／陳吉鵬）

括天然林人工林和其他被定義為森林（如都市林）在內的所做的定義。而人工林方面也不例外，其目標也有多樣性，祇是習慣上的排序有所不同而已。此外，國有人工林和私有人工林之間也有明顯之差異，蓋國有林優先在公益，而私有林則以個人利益為優先，一般均認為國有林之人工林祇在提供「公益」，其實不然，若有良好的先天條件，為何不能供作林木生產使用。南半球的一些國家，許多國有林公有林仍然生產大量林木就是明顯的例子，因此它祇有程度上的不同而已。再者，台灣在1965年以後由FAO支援推行的林相變更計畫，不就是以木材生產為目標嗎？說得也巧，如今那些林相變更地或苗圃地，許多已變成膾炙人口的森林遊樂區，所以林業的工作不能太早憑斷對錯，就像昔日的良好林道不就是今日最佳的遊樂區聯外道路嗎？還有早期在楠濃林區首推大面積台灣杉造林，由於不符政策，負責人枉被懲罰，沒想到該樹種卻成為今日造林之「星」呢！！

人工林需要撫育嗎

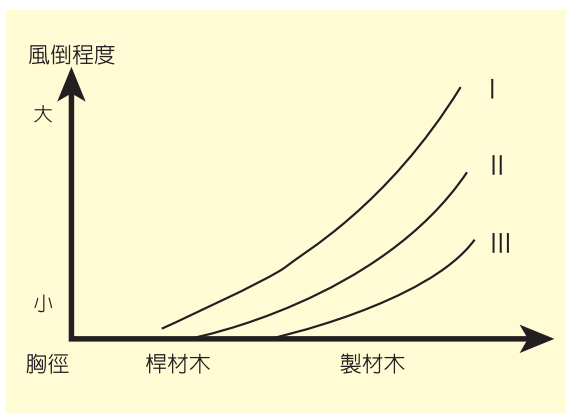
這好像是天經地義的事情，其實不然，何故？同一樹或同一林分更新後至下一次更新前，依訂定的目標一般多多少少需加以撫育，然而撫育需要投入技術、人工與資產，其間更因生物性、物理性、技術性與經濟性的考量，不得不作適度調整，結果也各有千秋，但作業上一般離不開下列範圍：

（一）疏伐

包括除伐或整理伐等不要存置木材，以及能生產木材（桿材、製材）有經濟收入的商業疏伐。前者在台灣之造林工作中似乎較為少見，後者更因受到法令限制與經濟考慮利不及費，常裹足不前，因此談不上應用，而僅僅止於試驗性質而已。事實上根據林業先進國家之經驗，疏伐之出材量能達到人工林出材總量近4成左右，經濟上雖比不上主伐來得重要，但其影響到主伐品質卻是一項必要的工作。

疏伐可集中林分之形質生長。在混合林中更可調整支配混合比例。根據育林專家之研究，樹高/胸徑比通常在立木結構上常是決定林分穩定之指標。總之疏伐除伐主要是在去蕪存菁、提高林木品質，以及提早有經濟收入而已。

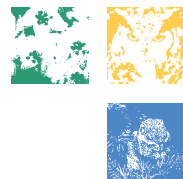
台灣之風災嚴重，圖3可供參考。



（來源：Burschel 1997 P.323）

圖3 胸徑與風倒程度關係

圖3中之I代表生育地不穩定，非常強度疏伐，密度過大之狀況；II代表立地穩定，強度疏伐，密度適中，疏伐過後之第5年；III代表立地非常穩定，中度疏伐，株距大，疏



伐後之第10年。

近自然型之人工林實施疏伐在近年已有人提出，茲將其歸納得三點意見：

- (1) 強度下層疏伐將有益主林木生長。
- (2) 儘量留存樹幹上之無枝桠立木。
- (3) 想辦法能促進留存木活力的各種撫育措施。至於疏伐之時間間隔、次數、留存數量（密度管理）以及上下層疏伐技術，除極少數樹種外，因國內試驗資料仍缺，故不在此討論。但有數個準則似乎可供參考：

（Burschel 1997）

1. 林分結構上不穩定級應加注意，因為任何疏伐干擾必會產生或加重其不穩定性。
2. 利用疏伐之同時調整其立木密度。
3. 注意樹種間之混合比例，也是生物多樣性在人工林中所能做的。
4. 注意無枝節之維持。
5. 前後各階段能同時導出精選木。
6. 以目標胸徑為導向的作業為上策。

霍二雲 創造林分邊緣

強化林分邊緣，除提供林分內部穩定作用外，尚可塑造出森林生態與邊緣美的效果（Ducas,1990，Ammer,1991），它實際上又包括兩大部份，即林內邊緣包括林道、步道、拖材道、分水嶺線等之邊緣，和林外邊緣常與農地、牧地相間，或河邊湖邊，如此在整體上也有促進地景鑲嵌上的功效，然而設置不當時也有反效果。

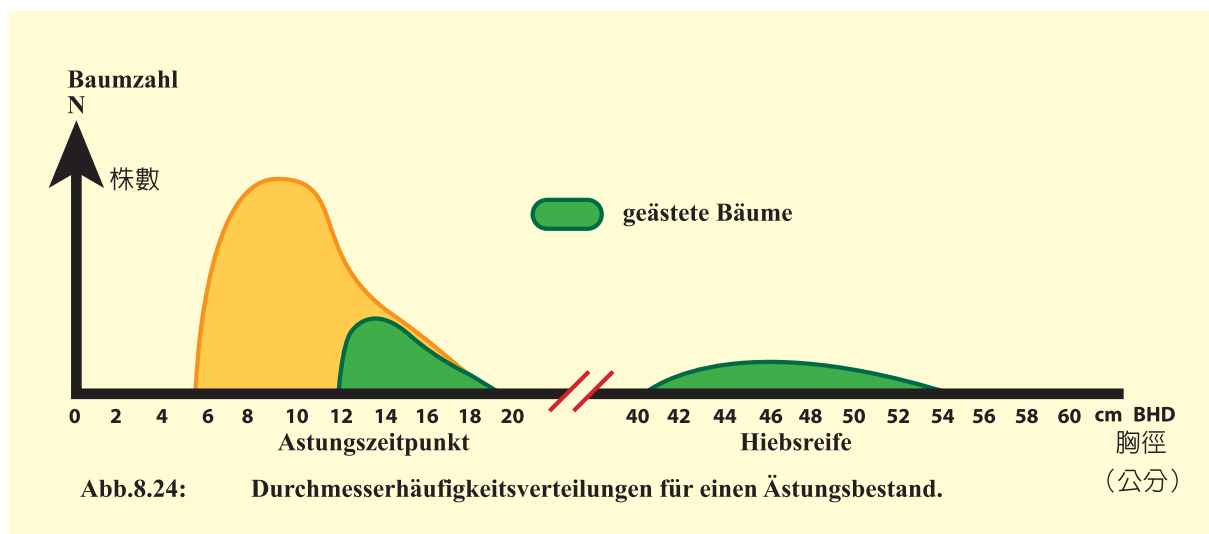
瘡三雲 下木栽植

基本上供栽植下木之樹種是陰性樹種，其目的是在阻止優勢木之幹萌蘗和阻止地床植物之大量出現，它與混合林木栽植時之前或之後以及造林後孔隙栽植有所不同。下木栽植應優先考慮主林木之萌蘗特性外，經濟考量應是主要決定之因素。下木栽植通常多應用在純林中，既然它非吾人最後之目標，故下木亦非最後的林木產品，故多做多錯（花錢太多）。

瘡四雲 修枝

針葉樹與闊葉樹在枝桠發育上有相當大的不同，故有人將針葉樹形容為會掉枯枝的樹種（Totastverlierer）以及闊葉樹是不易掉枯枝的樹種（Totasterhalter）。這種特性對培育高價值之原木來說是非常重要的。但在實務上卻恰恰相反，即針葉樹必須修枝，闊葉樹能免則免，這可能是受到木材利用的要求而不得不作的改變。

一般人做修枝時，首先會考慮到修枝後的木材利益，對造林投資人而言，人工材是最大的考量，因此在選擇修枝對象上反而變成比其他還重要。人工林發達的國家便流行祇看林分最後階段是否有希望成優良材為著眼，而從幼年期開始進行。例如針葉人工林以一等收穫地來說，最後伐期留存之株數在胸徑40公分時為300-400株（株距7m）；闊葉樹則更少，通常在200株以下（株距8m）；而到胸徑50公分時株數普遍較前者少50-100株，要視當時地力條件而定。總之修



(圖中斜線部份是指被修枝之林木株數) 隄仿Burschel 1997, P.421)

圖4 隨樹種特性及直徑大小之判斷簡圖

枝不是對全林木而言，隨樹種特性及直徑大小去做判斷，茲用圖4表示。

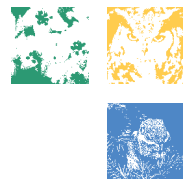
至於修枝在其他方面也要考慮到人力、技術及機具之配合。例如修枝高度一般 < 4m 時，用人力輕易可做；4-6m 時，人力必須有良好技術；> 6m 時，可能需要配合機器實施。以上是從人力投資觀念去分析的，假如再從木材市場之觀點去分析，另外還需配合原木段長度的要求。

綜合討論

1. 全世界的人工林面積統計為 3.5 億 ha (1995)，其中人工林之面積大略是開發中國家計為 8 千萬 ha，已開發國家為 8 千萬至 1 億 ha 之間，兩者合計得 1 億 8 千萬 ha 約佔全球森林面積之 5.14%，然而從木材來源比較時，這些人工林中之人工栽植林 (plantation) 卻提供全世界 34% 的木材，至於其它還有 36% 來自於有經營的次生林，

而剩下的 30% 才屬於天然林。可見人工林在全球資源供應的地位 (World forest, 1999)。

2. 純人工林與純天然林間本來分野清楚，目前兩者卻向中間靠攏，即純人工林在特殊之環境和經濟目標下仍維持其領先地位外，大多已逐漸捨棄原有經營方式往調和的方向接近，此或許就是人工林多樣性，而近天然林之經營方式受制於技術高超、耗工多、生產時間長，比較不符工業量產需求，如今也逐漸放棄原有方式，強調有效成本的控管，即使單株擇伐的創始國瑞士，其育林專家也開始提出要能有效成本的森林撫育 (Kosteneffiziente Waldpflege) 也是他們今後的趨勢 (Schutz, 1999)，並謂針葉木當 DBH 在 25cm 以下，闊葉木在 35cm 以下是利不及費，超過則已敷成本 (Schutz, 2000)，而且也在精密設計精選木 (選擇優良之桿材木做未來之目標) 到目標



木(最後主伐之立木)兩者間株數比例以3:1為最佳。至於最後留存之目標立木到底多少為最佳？答案是針葉樹200-250株/公頃，闊葉樹100-150株/公頃，這種標準比德國稍低，而在疏伐過程中無用之木建議用環狀剝皮方式或毒死方式進行，這也是從成本上做考量的結果。最後，瑞士人在單株擇伐奮戰120年後目前已漸改變觀念，即慢慢放棄完全依賴自然和自助的方式，改採成本集中的管理去經營。以上的原則是台灣可以參考的。

3. 人工林所耗之工源數量甚多，根據林務局之規定，6年撫育期間共需耗掉188工，其中第一年86工，第六年12工，若再加上工資上漲結果，（據台大實驗林統計1976年時造林工資為308元/工，至1997年時平均為1,334元/工），如此下去難怪造林人受不了，連國家也受不了。因此造林時不談成本將很難令人信服，所以在考慮成本大軍壓境的條件下不得不有如下調適方案提供參考：

（1）人工林現存孔隙視條件及面積不一定要種樹。倘若有更新的其他幼樹在該孔隙內可考慮將其留下，祇要加以撫育即可。如此不僅可達到即時覆蓋節省經費，另外一方面更可充實多樣性的政策。小面積上既有多樣性，在區域性造林中雖個別為純林但整個區域也得視為多樣性。

（2）栽植時不需要一定要過多株數，目前台灣規定每公頃株數多在2,000

左右或部份降低到1,500株，其實可考慮再降低株數要求，株數降低不僅有利於機械割草，更有利於修枝作業，是否可以用修枝作業來補償減少疏伐次數的最後造林績效。部份私人農場之人工林，也可以考慮用寬間距栽植法（widespacing farm forestry），初時種>400株/公頃，經1~2次疏伐後留存200~300株/公頃，覆蓋率仍在30~60%。其餘空間則可提供作為農牧使用，即混農林業，法國人將其稱為Agroligniculture（Etienne and Rapey 1999）。

- （3）人工林假如能再予分級時更理想，因為人工林在所有權差異下目標顯然不同，在合理範圍內提供目標彈性。觀察數十年來台灣人工林經營目標改變，不就是如此嗎？人工林目標多，隨時代變遷而作適度改變，也是林業多彩多姿的一面，也符合多元社會的需求，再說也吻合政府多樣性的口號與做法。

結語

台灣人工林先天和後天之問題多多，加上不斷追逐國外新潮流，殊不知林木生長總是慢半拍，趕不上潮流使得人工林老是食之無味棄之可惜。吾人還是務實一些，一步一腳印，千萬別好高騖遠，否則倒頭來，人工林不又回到「雜木林」的時代。🌲