

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

人工林不同疏伐強度對原生樹種更新與森林復育之研究

The effects of thinning intensity on the regeneration of native tree species and forest restoration
in *Cryptomeria japonica* plantation forest

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2621-M-029-003

執行期間：97年08月01日至98年07月31日

計畫主持人：孫義方

共同主持人：

計畫參與人員：黃騰禾 王炤程

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：私立東海大學生命科學系

中 華 民 國 九 十 八 年 八 月 十 一 日

中文摘要

疏伐是對林地內樹木的密度、品質或分佈進行部分的砍伐移除，對於森林結構、物化環境可以造成立即的變化。這些微環境的改變，會造成原本森林結構的改變，往往有利於種子發芽、幼苗生長。此外，疏伐亦會打開原本被佔據的空間，讓其他樹種能有進駐的機會。

樹種更新過程中，種子是否能到達，到達後是否能發芽長大，生長及存活，均會影響該樹種能否順利更新。本計畫主要目標即在研究不同疏伐處理對原生樹種更新及復育的影響，以了解不同原生樹種更新之瓶頸及困境。此外，種子雨在空間及時間上分布狀況及變異情形，亦是本研究計畫關心的另一重點。不同疏伐強度處理的樣區，是否有不同程度的種子傳播限制(seed dispersal limitation)及新增上的限制(recruitment limitation)；而負密度制約效應(negative density-dependent effect)是否也隨不同疏伐強度而有所不同也將是研究的另一重點。

前期計畫已於人工林永久樣區內設置 108 個種子網及 324 個小苗樣區，並已收集疏伐前植物物候、種子產量及小苗數量的基本資料。自 2007 年 11 月到 2009 年 4 月為止共收集了 35 次種子雨，包括了已辨識的木本植物繁殖體 16 種共 4683 顆，數量最多的物種為賊仔樹。在完全沒有疏伐的樣區種子到達的數量最高，50%疏伐的樣區種子則最少。於半年一次的小苗調查結果發現，在疏伐結束後 22 個月出現於樣區內的小苗總數量變化不大，但物種由原先的 35 種增加為 43 種，其中 25% 與 50%疏伐強度樣區內小苗種類有明顯增加。此外，隨著疏伐時間的加長，到達樣區的原生樹種小苗種類越來越多。

關鍵詞

疏伐、種子網、小苗樣區、物候期、樹種更新、種子傳播限制、密度制約效應

英文摘要

Thinning is a management practice to remove certain portion of trees in a plantation area, thus it will create changes in forest structures and microenvironment immediately. This in turn, will provide suitable conditions for seed germination and seedling establishment. Furthermore, thinning will open up spaces which were unavailable to other species before.

There are many crucial stages involved in tree regeneration processes. These stages include arrival of seeds to potential site, successful seed germination in suitable habitat, and successful seedling survival through adult stage. The goal of this project is to understand the effect of thinning on the regeneration processes of native tree species and to understand the crucial stage in their recruitment processes. We also investigated the effect of different thinning intensity on seed dispersal limitation and recruitment limitation. In addition, we tested whether negative density-dependent effect decrease as the thinning intensity increase.

In the previous project, we have established 108 seed traps and 324 seedling plots in the 12 1-ha plot in *Cryptomeria japonica* plantation forest. In total, there were 35 Seed rain census through November 2007 to April 2009. We have identified 4683 collected seeds which belonged to 16 species. The most abundant species was *Tetradium glabrifolium*. In plots without thinning treatment, we found highest number of seeds arrival, and the fewest seeds arrived at 50% thinning plots. The result of seedling survey showed that similar numbers of seedlings were found before and after thinning. However, the species richness increased from 35 to 43 species, and the increase in species richness mainly occurred in 25% and 50% thinning treatment plots. In addition, seedlings of native tree species increased after thinning treatment.

Keywords

Thinning, seed trap, seedling plot, phenology, regeneration, seed dispersal limitation, density-dependent effect

(一) 前言

現今全球各國的林業經營皆面臨兼顧生態保育與經濟生產的兩難困境。由於環境意識高漲與相關環境法的制定，使得林業經營政策必須考慮其對生態環境造成的衝擊，以符合生態、社會、經濟與政治的期望。台灣的林產品供應量不敷需求，而且價格過高不具競爭性，早已不具經濟生產的價值，因此台灣的林產品全由國外進口。在此情形下，如何最大化人工林的森林功能，使人工林生態系經營符合林業永續經營、維護生物多樣性、及社會服務三大原則，乃是當前林業經營的重要課題。

過去造林政策以經濟效益為主要考量，偏重造林木之快速生長及木材利用，不論選種、種植或撫育均以造林木之生長及木材品質為主要考量，因此形成大面積單純林相之林分結構，造成人工林生態系的生物多樣性遠低於天然林。許多國外的研究顯示，存在於人工林的林下植被物種 (Spellerberg and Sawyer 1996)、森林內部鳥種 (Disney and Stoles 1976; Mitra and Sheldon 1993; Thiollay 1995; Christian *et al.*, 1996)、哺乳動物 (Duff *et al.*, 1984) 及兩棲爬行動物多樣性 (Ash and Bruce 1994; Petranksa *et al.*, 1994; Means *et al.*, 1996; Pearman 1997) 均較天然林低。

疏伐是對林地內樹木的密度、品質或分佈進行部分的砍伐移除，對於森林結構、物化環境可以造成立即的變化。國內外相關的研究顯示，疏伐後對於林地內光度、透光率、光質等輻射品質都有正面的作用 (郭幸榮等, 1999; 林如怡, 1999; 游啟皓等, 2003; 翁世豪, 2004)。由於林地的輻射量增加，促使氣溫上升、熱通量增加 (Prevost and Pothier, 2002; 翁世豪, 2004)，有利於有機物分解、礦質化作用、硝化作用的速率 (Thibodeau *et al.*, 2002) 等等。這些微環境的改變，短時間內造成原本生態系結構的改變，往往有利於種子發芽、幼苗生長 (郭寶章等, 1991; 林如怡, 1999; Wetzel *et al.*, 2001; Prevost and Pothier, 2002; Frey *et al.*, 2003; Zhu *et al.*, 2003)，增進森林生態系的生物多樣性 (Frey *et al.*, 2003)。

為符合現今人工林永續發展—生態系經營之理念，實有必要對現存之人工林實施疏伐作業，配合天然更新方式形成混淆或複層林，以增加人工林結構之異質度和生物多樣性，達到生態系經營之目的。然而該如何疏伐，不同疏伐處理對生物多樣性及森林功能的影響為何，對原生樹種更新及復育的影響又為何，現今這方面的基本資料極度不足。現存的人工林與適地的天然林恢復，都屬復育森林生態系的範疇，需科學資料的提供，始能釐定這方面的經營法則與實施方法。本計畫主要目的之一即為取得相關資料，以做為研擬因應策略之依據。

森林的動態變化 (forest dynamics) 為近年來森林生態學研究十分重要的議題，其主要目的在於了解植物社會組成與結構在時間和空間上的變化，及造成變化的原因。藉由對森林植物更新策略 (regeneration strategy) 及其更新動態 (regeneration dynamics) 的研究，可幫助了解各物種間不同之消長趨勢，進而得知維繫森林生態系與生物多樣性的根本原因。

原有的樹種是否可以在當地持續的佔有優勢，或是新樹種能否進入當地佔有一席之地或進而取代當地樹種，其關鍵在於每一樹種的子代是否可以在當地成功的建 (Connell

et al.,1984)。從母樹結果、種子產生、種子散佈、發芽到小苗存活、小樹長成大樹，每個時期都可能是一個重要的瓶頸(Jones *et al.*, 1994)。

種子(seed)為植物在時間及空間變遷上的重要關鍵。植物體本身雖然無法移動，但在世代之間仍可以藉由種子的散播來改變族群佔據的空間、尋覓其他合適的生育地，因此種子傳播成為許多植物繁衍與拓殖的關鍵(Harper, 1977)。此外，不同物種其種子傳播(seed dispersal)能力不一，種子傳播能力的好壞則可能會影響其在森林社會中的數量與分佈類型(distribution pattern)。種子之產量(fecundity)與傳播(dispersal)如何影響植物社會動態為許多學者有興趣的議題(Shmida & Ellner 1984, Pacala & Tilman 1994, Clark & Ji 1995)。

小苗是植物的生活史中，死亡率最高的階段(Clark and Clark, 1984; Kitajima and Augspurger, 1989)；因此，森林樹種族群動態大多決定在這個時期(Augspurger, 1984; De Steven, 1991; Jones *et al.*, 1994; Seiwa, 1998; Connell *et al.*, 2000)。小苗生長於陰暗的森林底層，生長較為緩慢，而當林下的光量增加或是林隙出現時，原先被壓抑在林下的小苗則得以解放(Augspurger, 1984; Brokaw, 1985)。Hubbell 等(1999)發現，孔隙出現的確能增加樹種密度及小苗建立，但是並沒有如預期地增加物種多樣性，並認為這是因為森林內許多樹種都有很強的新增限制(recruitment limitation)。新增限制指植物族群的種子來源有限或缺乏小苗的建立(Clark *et al.*, 1999)。

在巴拿馬BCI (Barro Colorado Island)熱帶雨林裡，Wright等(1995)於1987年在50公頃樣區內架設200個0.5m²的種子網，進行種子雨的收集。分析20年種子雨的資料後發現，在約300種的植物中，總計收到260種、 1.3×10^6 個種子，平均每個網子只收到15種(14%)冠層樹種的種子，仍有一成左右的種類沒有收集到任何一顆種子。此外，大多數的種子網僅收到50種植物左右，>50%的物種僅分佈少於或等於6個種子網。Hubbell等(1999)認為該森林普遍存在著種子傳播限制(seed dispersal limitation)，大多數植物無法將其種子傳播到合適的生育地，因此造成許多物種新增上的限制(recruitment limitation)。

若種子無法到達，則不會有新苗的產生。為了測試種子傳播的限制，Harms等(2000)在1994年於種子網三側設置1m²小苗區，藉由小苗區的調查，期望了解種子網內的種子雨是否和小苗區內的新苗補充有相關，同時區域性種子雨的隨機抽樣是否可以預測區域性小苗的組成(Harms, 1996)。結果發現，種子的歧異度比小苗的歧異度低許多，主要是因部分種類產生大量的種子，但僅有少數長成小苗，因此提高了小苗的歧異度。雖然不同種類小苗的建立成功率不同，可以解釋部份小苗歧異度增加的原因，但負密度制約效應(negative density dependent effect)明顯地和種子到小苗間的歧異度有關(Harms *et al.*, 2000)。

本研究在前期計畫中，已於柳杉人工林之12個樣區內設置108個種子收集網及324個小苗樣區，並自2006年8月起定期收集及調查原生樹種種子生產量及小苗生長動態。初步結果顯示，柳杉的種子數佔全部種子數之97%，但所有種子均不具活性。此外，共收集到20種以上的原生樹種種子，以賊仔樹的種子產量最多，但數量仍十分有限。在小苗方面，主要由中海拔常見的灌木或小灌木組成，如台灣山桂花、華八仙、杜

虹花、柏拉木等；柳杉的小苗完全沒有出現在調查中，顯示柳杉無法在其林下更新。台灣中海拔常見的原生樹種，如三斗石櫟、大葉木樨、小葉樹杞、長葉木薑子、紅楠等已出現在小苗調查中，但是出現的數量並不多。這些基礎資料將與疏伐後的變化比較，以瞭解林木生長與更新之動態。

柳杉人工林樣區已於 2007 年 9 月，依孔隙疏伐及不同疏伐強度處理疏伐完畢。此外，在疏伐後第一次（2007 年 11 月）小苗樣區調查中，共發現 2081 株小苗，分屬 35 種。其中以琉球雞屎樹的數量最多，高達 52.62%。此次調查小苗數量排名前五名的分別為琉球雞屎樹(1095)、圓葉雞屎樹(61)、柏拉木(24)、山龍眼(24)、細枝柃木(15)。值得注意的是，在較早疏伐及疏伐強度較強的樣區，均可發現大量野桐及山黃麻的小苗，表示在劇烈林冠變化後，陽性樹種小苗短期內即可進入。

本期計畫主要目標即在定期收集種子網及監測小苗樣區，以了解不同疏伐處理後，原生樹種的種子到達數量及小苗存活，隨時間及疏伐強度的變化情形。例如何種原生樹種可以到達？疏伐多久後可以到達？到達後是否能發芽長大？種子到達與小苗萌發與氣候及季節是否有相關性？此外，種子雨在空間及時間上分布之狀況及變異情形，亦是本研究計畫關心的另一重點。不同疏伐強度處理的樣區，是否有不同程度的種子傳播限制(seed dispersal limitation)及新增上的限制(recruitment limitation)；而負密度制約效應(negative density dependent effect)是否也隨不同疏伐強度而有所不同也將是研究的另一重點。

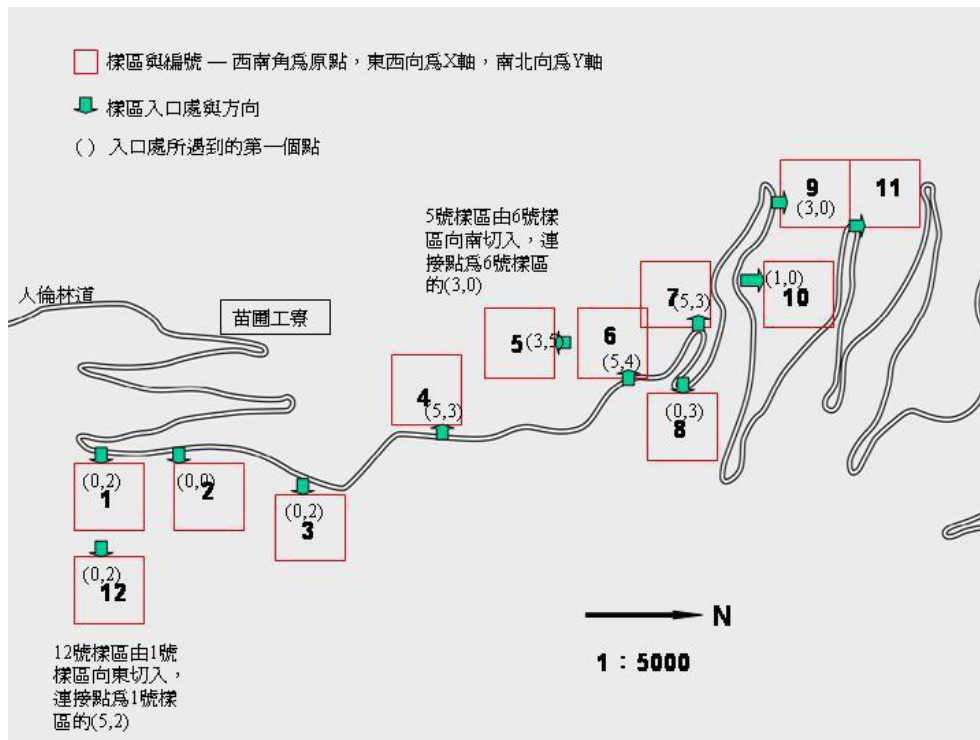
(二)研究方法

1. 實驗樣區概述

本研究區域位於南投縣信義鄉,林務局南投林管處巒大事業區第 74、75、76 林班之人工柳杉林保留區內,區域平均海拔約 1500 公尺,年平均降雨量約 2404 mm,平均氣溫 19.2°C 中央氣象局日月潭氣象站氣候資料。

永久樣區設於人倫林道 17.5Km 後的柳杉造林地,卓棍溪上游分支處坡面。樣區內每 20 公尺皆以白鐵管標定座標位置。每個樣區在林道邊的進入點,也以鮮明的招牌標記編號樣區的入口(圖一)。十二個樣區整體而言林相大致完整,但因為地震崩塌與颱風大雨的沖刷,樣區內有少部分因崩塌而造成的林隙,其間多芒草叢生或已出現原生樹種。

人工林樣區於 2007 年 6 月至 9 月間進行疏伐及集材之工作,其中第 1、4、7、11 樣區進行 25%之疏伐,第 2、5、8、9 樣區進行 50%之疏伐,第 3、6、10、12 樣區為對照組,並不進行疏伐。第 7、8、9、11 樣區於 6 月底至 7 月中完成疏伐作業。第 1、2、4、5 樣區因受下雨及颱風影響,疏伐作業延至 8 月底才完成。



圖一、人倫林道人工林永久樣區分布圖

2.1 實驗方法:種子收集網

每個一公頃的永久樣區內,共設置 9 個種子收集網。每個種子收集網依座標點位置設置,平均距離約 20 公尺,全部 12 個樣區共設置 108 個種子收集網。種子收集網以PVC管製成正方形框架,內徑面積為 $75 \times 75 \text{ cm}^2$,並於其中放置網目 2mm之玻璃纖維網,垂下約 25cm深。自 2006 年 6 月起,種子網每兩星期收集一次。每次收集掉落在種子網內所有粒徑 $>2 \text{ mm}$ 植物之繁殖體(花、果實、種子及其碎片),但不包含花芽,而後將各種子網收集之樣本帶回研究室,以單一種子網為單位,鑑定掉落物之種類並將之分類、計數。

植物種類鑑定根據臺灣植物誌第二版第一卷至第五卷(Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Second Edition 1993-2003)。若遇無法鑑定之種類,則先給予同一種類相同之代號,待確定種類後在給予正確之學名。各樣本種類鑑定完成後,再進一步將其分為成熟果實、成熟種子、果實附屬物、果實碎片、未成熟果實及花等六類,類別區分原則可參見張楊(2004);在數量計算上,果實部份分別計算其數量,花則僅紀錄有無(1 或 0)。所有完成處理之樣本均以 80°C 烘乾至恆重後密封保存。

2.2 實驗方法:小苗樣區

小苗樣區設置於每個種子收集網三邊,為面積 1 平方公尺的正方形樣區,全部 12 個樣區共設置 324 個小苗樣區(圖二)。小苗樣區四角以 PVC 管標定,樣區內所有胸徑小於 1 公分的木本植物小苗,均以特定號碼之鳥環標定,並測量其高度、葉片數及記錄其種類及分佈位置。小苗樣區分別於 2007 年 4 月及 11 月完成第一次調查及第二次小苗調查。本計畫預定每六個月複查小苗樣區一次,複查時除追蹤前次調查小苗之生長、存

活狀況外,並記錄新出現小苗種類、數量、生長狀況及分佈位置。



圖二、小苗樣區構造圖。小苗樣區面積為1 平方公尺，四角以上塗黃漆PVC 管標定

喬木小苗種類的鑑定依據真葉與成葉形態比較得出,若無法鑑定種類則先記錄為 unknown或給予同一種類相同之代號,待確定種類後再給予正確的種名。另外參考林木幼苗圖鑑(張及陳 2002),並撿拾小苗樣區外的果實、種子或新生幼苗至溫室培養,以期鑑定上的完整及正確。

(三) 結果與討論

1. 不同疏伐強度對種子雨組成影響

自 2007 年 11 月到 2009 年 4 月為止共收集了 35 次種子雨，包括了已辨識的木本植物繁殖體 16 種共 4683 顆。收集到最多數量的物種為賊仔樹，共 1842 顆（39.33%），其次為山桐子（34.78%）、細枝柃木（10.10%）。

不同疏伐強度下所收集到的種子果實數量顯示，在完全沒有疏伐的樣區種子到達的數量最高（2831 顆），50%疏伐的樣區種子最少（562 顆）(表一)。

表一、不同疏伐強度下收集到的種子果實數量

疏伐強度	25%				50%				Control			
Plot	1	4	7	11	2	5	8	9	3	6	10	12
種子果實數量	126	819	312	33	78	260	77	147	677	193	1851	110
比例 (%)	2.691	17.49	6.662	0.705	1.666	5.55	1.644	3.14	14.46	4.12	39.5	2.35

2.疏伐作業對小苗物種組成影響

本實驗所設立的小苗樣區於 2007 年 2 月疏伐作業開始前所做的調查發現 324 個小苗樣區內共有 35 種 2081 棵木本小苗。其中琉球雞屎樹所佔數量最多，高達 52.62%。在疏伐結束後 22 個月複查結果顯示現存活於樣區內的小苗總數量變化不大（1989 棵），但物種增加為 43 種，其中疏伐樣區內小苗種類有明顯增加（表二），50%疏伐樣區內物種樹由原先的 17 種增加為 32 種，25%疏伐樣區物種數則是由 27 種增為 32 種。

表二、不同疏伐強度下各樣區小苗物種數

疏伐強度	25%				50%				Control			
Plot	1	4	7	11	2	5	8	9	3	6	10	12
疏伐前物種數	5	5	16	13	unknown	12	4	9	6	6	8	7
2007 年 11 月	7	5	18	15	9	14	14	13	6	5	5	7
2008 年 6 月	6	2	19	16	13	15	17	17	7	6	8	7
2009 年 2 月	11	4	23	14	14	15	20	19	8	7	10	8
2009 年 6 月	10	6	23	16	14	19	19	20	8	7	10	7

琉球雞屎樹仍為調查中最優勢的物種（61.14%）其餘四種優勢物種為柏拉木、細枝柃木、江某及圓葉雞屎樹。如針對不同疏伐強度優勢物種比較（表三），經過疏伐的樣區內細枝柃木與柏拉木數量明顯增加，未經砍伐的樣區則是江某大量出現。

表三、疏伐前後不同疏伐強度樣區優勢物種比較

疏伐強度	疏伐前			疏伐後 22 個月		
	25%	50%	Control	25%	50%	Control
1	琉球雞屎樹 (437)	琉球雞屎樹 (269)	琉球雞屎樹 (389)	琉球雞屎樹 (500)	琉球雞屎樹 (299)	琉球雞屎樹 (443)
2	圓葉雞屎樹 (31)	圓葉雞屎樹 (23)	台灣山桂花 (17)	細枝柃木 (89)	細枝柃木 (44)	江某 (56)
3	細枝柃木 (7)	柏拉木 (18)	山龍眼 (13)	柏拉木 (43)	柏拉木 (28)	台灣山桂花 (12)
4	山龍眼 (6)	小葉樹杞 (9)	圓葉雞屎樹 (8)	圓葉雞屎樹 (25)	野桐 (23)	山龍眼 (9)
5	長葉木薑子 (4)	山龍眼 (5)	紅楠 (6)	台灣山桂花 (10)	長梗紫麻 (22)	柏拉木 (7)

由調查資料顯示，疏伐的確能增加原生樹種小苗進入人工林的機會。在為期三年共五次的調查發現，在劇烈林冠變化後，陽性樹種小苗短期內即可進入。此外，隨著疏伐時間的加長，到達樣區的原生樹種小苗種類越來越多。

3.不同疏伐強度對小苗更新之影響

疏伐後的兩個月後的第一次小苗複查 20%與 50%疏伐強度下出現大量小苗，對照組則完全無更新小苗出現（表四）。三種不同林冠下各樣區小苗更新的數量差異很大，但以不同時間調查結果可見小苗出現在各樣區的比例變化不大，其中可能與各樣區周圍有繁殖能力成樹的數量有關。

表四、不同疏伐強度下小苗更新數量

疏伐強度	25%				50%				Control			
	Plot	1	4	7	11	2	5	8	9	3	6	10
2007年11月	23	15	106	160	46	38	147	158	0	0	0	0
2008年6月	10	0	87	77	45	5	22	97	4	20	146	5
2009年2月	17	5	65	67	12	12	47	119	3	42	48	4
2009年6月	9	2	21	63	10	3	30	86	2	8	76	0

3.種子到達與小苗建立之關係

種子網所收集到的種子數量最多的是賊仔樹，但在小苗樣區只出現57棵小苗；相反的，小苗調查中出現數量最多的是琉球雞屎樹，但種子網卻只收集到34顆其種子。1842顆賊仔樹種子中有92.73%的種子是在沒有疏伐，林冠完整的控制組，在小苗調查中，完全沒有小苗在此棲地被發現。對賊仔樹這樣的陽性樹種而言，更新過程中除了種子要能被傳播出去，是否能到達適合小苗生長的地點可能更關鍵。同樣的情況亦在種子數量第二多的山桐子上發現。至於琉球雞屎樹種子與小苗數量不對稱的原因可能是因為它是林下灌木，個體在與種子網相似或更低的高度即可有繁殖能力，大部分的種子可能都直接掉落母樹附近地面，而非種子網內。

（四）參考文獻

- 林如怡，1999。福山地區林木種子苗更新與微氣候的關係，國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
- 郭幸榮、梁亞忠、許世宏，1999。軌道式測量系統於林下透光率測量之應用，中華林學季刊32(2)：183-198。
- 郭寶章、嚴玉玲、周瑞龍，1991，景觀造林地疏伐之實施與植被變化，台大實驗林研究報告5(3)：17-26。
- 張楊家豪，2004。臺灣北部福山地區亞熱帶雨林種子雨之研究。國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 翁世豪，2004。觀霧地區柳杉人工林不同強度疏伐後微環境及植群之比較，國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
- 游啟皓、郭幸榮、梁亞忠、許世宏，2003。紅檜人工林冠層下光度之水平變異，臺灣林業科學18(2)：375-386。

- Ash, A. N., and Bruce, R. C. 1994. Impact of timber harvesting on salamanders. *Conservation Biology* **8**:300-301.
- Augsburger, C. K. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. *Journal of Ecology* **72**: 777-795.
- Batschelet, E. 1981. *Circular Statistics in Biology*. Academic Press, London, U. K.
- Begon, M., J. L. Harper, and C. R. Townsend, editors. 1990. *Ecology : individuals, populations, and communities*. Blackwell Scientific, Oxford.
- Brokaw, N. V. L. 1985. Gap phase regeneration in a tropical forest. *Ecology* **66**: 682-687.
- Christian, D. P., J. M. Hanowski., H. M. Reuvers., G. J. Niemi., J. G. Blake., and E. Berguson. 1996. Effect of mechanical strip thinning of aspen on small mammals and breeding birds in northern Minnesota, USA. *Canadian Journal of Forest Research*. **26**: 1284-1294.
- Clark, D. A., and D. B. Clark. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *American Naturalist* **124**: 769-788.
- Clark J.S., and Y. Ji. 1995. Fecundity and dispersal in plant populations: implications for structure and diversity. *American Naturalist* **146**:72-111.
- Clark, J. S., B. Beckage, P. Camill, B. Cleveland, J. Hille, R. Lambers, J. Lichter, J. McLachlan, J. Mohan, and P. Wyckoff. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* **86**: 1-16.
- Connell, J. H., and P. T. Green. 2000. Seedling dynamics over thirty-two years in a tropical rain forest tree. *Ecology* **81**: 568-584.
- Connell, J. H., Tracey, J. G., and L. J. Webb. 1984. Compensatory recruitment, growth and mortality as factors maintaining rain forest tree diversity. *Ecological Monographs* **54**:141-164.
- De Steven, D. 1991. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. *Ecology* **72**: 1076-1088. Disney, H. J., and A. Stokes. 1976. Birds in pine and native forest. *Emu* **76**: 133-138.
- Duff, A. B., R. A. Hall., and C. W. Marsh. 1984. A survey of wildlife in and around a commercial tree plantation in Sabah. *The Malaysian Forester* **47**: 197-213.
- Frey, B.R., Lieffwers, V.J., Munson, D.A., and Blenis, P.V. 2003. The influence of partial harvesting and floor disturbance on nutrient availability and understory vegetation in boreal mixed woods. *Can. J. For. Res.* **33**:1180-1188.
- Hamann, A. 2004. Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climatic factors as proximate and ultimate causes. *Journal of Ecology* **92**: 24–31.
- Haper J. L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, London, England.
- Harms, K. E. 1996. The Supply-Side Ecology of the Forest on BCI: A Role for Dispersal Limitation? <http://www.ctfs.si.edu/newsletters/inside1996/harms1996.htm>
- Harms, K. E., S. J. Wright, O. Calderon, A. Hernandez, and E. A. Herre. 2000. Pervasive density-dependence recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature*

404: 493-495.

- Hubbell, S. P., R. B. Foster, S. T. O'Brien, K. E. Harm, R. Condit, B. Wechsler, S. J. Wright, and S. Loo de Lao. 1999. Light-gap disturbances recruitment limitation, and tree diversity in a neotropical forest. *Science* **283**: 554-557.
- Jones, R. H., R. R. Sharitz, P. M. Dixon, D. S. Segal, and R. L. Schneider. 1994. Woody plant regeneration in four floodplain forest. *Ecological Monographs* **64**: 345-367.
- Kitajima, K. and C. K. Augspurger. 1989. Seed and seedling ecology of a monocarpic tropical tree, *Tachigalia versicolor*. *Ecology* **70**: 1102-1114.
- Means, D. B., Palis, J. G., and Baggett, M. 1996. Effects of slash pine silviculture on a Florida population of flatwoods salamanders. *Conservation Biology* **10**:426-437.
- Mitra, S. S., and F. H. Sheldon. 1993. Use of an exotic tree plantation by Bornean lowland forest birds. *Auk* **110**: 529-540.
- Pacala S. W., and D. Tilman. 1994. Limiting similarity in mechanist and spatial models of plant competition in heterogeneous environment. *American Naturalist* **143**: 222-257.
- Pearman, P. B. 1997. correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology* **11**: 1211-1225.
- Petranka, J. W., Brannon, M. P., Hopey, M. E., and Smith, C. K. 1994. Effects of timber harvesting on low elevation populations of southern Appalachian salamanders. *Forest Ecology and Management* **67**: 135-147.
- Prevost, M. and Pothier, D. 2002. Partial cuts in a trembling aspen-conifer stand:effects on microenvironmental conditions and regeneration dynamics. *Can. J. For. Res.* **33**:1-15.
- Seiwa, K. 1998. Advantages of early germination for growth and survival of seedlings of *Acer mono* under different overstorey phonologies in deciduous broad-leaved forest. *Journal of Ecology* **86**: 219-228.
- Shmida A. J., and S. Ellner. 1984. Coexistence of plant species with similar niches. *Vegetatio* **58**: 29-55.
- Spellerberg, I. F., and W. D. Sawyer. 1996. Standards for diversity: a proposal based on biodiversity standards for forest plantation. *Biodiversity and Conservation*. **5**: 447-459.
- Thibodeau, L., Raymond, P., Camiree, C., and Munson, A.D. 2002. Impact of precommercial thinning in balsam fir stands on soil nitrogen dynamic, microbial biomass, decomposition, and foliar nutrition. *Can. J. For. Res.***30**:229-238.
- Thiollay, J. M. 1995. The role of traditional agroforests in the conservation of rain forest bird diversity in Sumatra. *Conservation Biology*. **9**: 335-353.
- Wetzel, S. and Burgess, D. 2001. Understory environment and vegetation response after partial cutting and site preparation in *Pinus* L. stands. *Forest Ecology and Management* **151**:43-59.
- Wright, S. J. and O. Calderon. 1995. Phylogenetic patterns among tropical flowering phonologies. *Journal of Ecology* **83**: 937-948.

Zhu, J.I., Matsuzaki, T., Lee, F.Q., and Gonda, Y. 2003. Effect of gap size created by thinning on seedling emergency, survival and establishment in a coastal pine forest. *Forest Ecology and Management* **182**:339-354.

(五) 計畫成果自評

種子收集網收集與小苗樣區調查進度如原計畫所預期，而且仍在持續進行中。在種子與小苗的分類鑑定工作方面，目前80%以上的小苗與種子皆已辨識，將持續利用標本館或請教植物分類專家鑑定尚未分類的物種，並對收集到的原生樹種種子與小苗建立基本資料庫。資料庫將包括小苗的型態描述、照片、大小、萌芽時間等，以期達到物種鑑定的最大準確率及執行率。

附錄、人倫人工林木本小苗與種子兩名錄。

Chinese Name	Family	Scientific name	Seedling	Seed
裡白蔥木	Araliaceae	<i>Aralia bipinnata</i>	✓	
玉山紫金牛	Myrsinaceae	<i>Ardisia cornudentata</i>	✓	
小葉樹杞	Myrsinaceae	<i>Ardisia quinquegona</i>	✓	
樹杞	Myrsinaceae	<i>Ardisia sieboldii</i>	✓	
黑星紫金牛	Myrsinaceae	<i>Ardisia virens</i>	✓	
瓊楠	Lauraceae	<i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	✓	
柏拉木	Melastomataceae	<i>Blastus cochinchinensis</i>	✓	✓
杜虹花	Verbenaceae	<i>Callicarpa formosana</i>	✓	✓
巒大紫珠	Verbenaceae	<i>Callicarpa randaiensis</i>	✓	
香桂	Lauraceae	<i>Cinnamomum subavenium</i>	✓	
海州常山	Verbenaceae	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	✓	
水麻	Urticaceae	<i>Debregeasia orientalis</i>	✓	
大葉溲疏	Saxifragaceae	<i>Deutzia pulchra</i>		✓
薯豆	Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus japonicus</i>	✓	
黃杞	Juglandaceae	<i>Engelhardia roxburghiana.</i>		✓
毛果柃木	Theaceae	<i>Eurya gnaphalocarpa</i>	✓	
細枝柃木	Theaceae	<i>Eurya loquaiana</i>	✓	✓
粗毛柃木	Theaceae	<i>Eurya strigillosa</i>	✓	
牛奶榕	Moraceae	<i>Ficus erecta</i> var. <i>beeheyana</i>	✓	✓
天仙果	Moraceae	<i>Ficus formosana</i>	✓	
細葉饅頭果	Euphorbiaceae	<i>Glochidion rubrum</i>		✓
紅葉樹	Proteaceae	<i>Helicia cochinchinensis.</i>	✓	
山龍眼	Proteaceae	<i>Helicia formosana.</i>	✓	
山桐子	Flacourtiaceae	<i>Idesia polycarpa</i>	✓	✓
台灣糊樗	Aquifoliaceae	<i>Ilex ficoidea</i>	✓	
琉球雞屎樹	Rubiaceae	<i>Lasianthus fordii</i>	✓	✓
圓葉雞屎樹	Rubiaceae	<i>Lasianthus wallichii</i>	✓	
長葉木薑子	Lauraceae	<i>Litsea acuminata</i>	✓	
紅楠	Lauraceae	<i>Machilus thunbergii</i>	✓	
香楠	Lauraceae	<i>Machilus zuihoensis</i>	✓	
青葉楠	Lauraceae	<i>Machilus zuihoensis</i> var. <i>mushaensis</i>	✓	
台灣山桂花	Myrsinaceae	<i>Maesa perlaria</i> var. <i>formosana</i>	✓	✓
野桐	Euphorbiaceae	<i>Mallotus japonicus</i>	✓	
白匏子	Euphorbiaceae	<i>Mallotus paniculatus</i>	✓	✓
福建賽衛矛	Celastraceae	<i>Microtropis fokiensis</i>	✓	

附錄、人倫人工林木本小苗與種子兩名錄 (續)

Chinese Name	Family	Scientific name	Seedling	Seed
日本賽衛矛	Celastraceae	<i>Microtropis japonica</i>	✓	
長梗紫麻	Urticaceae	<i>Oreocnide pedunculata</i>	✓	✓
台灣紅豆樹	Leguminosae	<i>Ormosia formosana</i>	✓	
異葉木犀	Oleaceae	<i>Osmanthus heterophyllus</i>	✓	
大葉木犀	Oleaceae	<i>Osmanthus matsumuranus</i>	✓	
三斗石櫟	Fagaceae	<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>	✓	
冇骨消	Caprifoliaceae	<i>Sambucus chinensis</i>		✓
鵝掌柴	Araliaceae	<i>Schefflera octophylla</i>	✓	
木荷	Theaceae	<i>Schima superba</i>	✓	
阿里山灰木	Symplocaceae	<i>Symplocos arisanensis</i>	✓	
台灣灰木	Symplocaceae	<i>Symplocos formosana</i>	✓	
賊仔樹	Rutaceae	<i>Tetradium glabrifolium</i>	✓	✓
銳葉山黃麻	Ulmaceae	<i>Trema cannabina</i>	✓	
山黃麻	Ulmaceae	<i>Trema orientalis</i>	✓	✓
狗骨仔	Rubiaceae	<i>Tricalysia dubia</i>	✓	✓
山香圓	Staphyleaceae	<i>Turpinia formosana</i>	✓	
米飯花	Ericaceae	<i>Vaccinium bracteatum</i>	✓	