

研究報告

台灣檫樹 (*Sassafras randaiense*) 林分林床 種苗萌發之研究

楊蒼叡¹ 許博行²

【摘要】本研究以新竹林區管理處觀霧地區台灣檫樹林分為研究區域，探討經疏開林分後對林床種子發芽與小苗萌發的影響，進而探討天然下種更新的可行性。試驗係藉由疏伐作業改變林分環境，促進母樹開花結實與林地種子庫種子發芽與小苗生長。疏伐後林分內入射光量、紅光/遠紅光比與土壤溫度及日夜溫差均增加，且出現大量台灣檫樹小苗，而保留原本林分狀態的對照樣區則未發現小苗。因此利用疏伐作業可有效促進種子及苗木的萌發，進而達成天然下種更新。

【關鍵詞】台灣檫樹、種苗庫、天然下種更新

Research paper

Studies on the seed germination and seedling sprout from stand floor of the forest of Taiwan *Sassafras*

Tsang-Ruey Yang¹ Bor-Hung Sheu²

【Abstract】 This experiment was carried out at the field in Guanwu Forest Station of Hsinchu Forest District Office. The purposes of this study are using the stand thinning operation of Taiwan *Sassafras* to create an open environment to investigate the effect of this thinning method would induce the seeds germination and seedlings sprout. After thinning the stand, the irradiation energy, the red/farred light ratio and the soil temperature on forest floor are increased significantly. This environment changes after thinning the stand may induce the seed germination and seedling sprout from seed or seedling bank in soil. As the results of this study, using the thinning method to reach the stand regeneration by seeds of the Taiwan *Sassafras* forest should have a high possibility.

【Key words】 *Sassafras randaiense*, seed and seedling bank, natural regeneration

1. 花蓮縣政府農業發展處保育與林政科

The Bureau of Agriculture, Hualien County Government, 17 Fucian Rd., Hualien City, Taiwan

2 國立中興大學森林系，通訊作者

National Chung-Hsing University, 250 Kuokwang Rd., Taichung City, Taiwan 40227

Corresponding author, bhsheu@nchu.edu.tw

一、前言

台灣檫樹 (*Sassafras randaiense*) 為台灣特有種，本屬植物全世界僅三種，分別分佈於美國、中國與台灣，為世界珍異闊葉樹種之一，我國亦列為闊葉五木之一 (林業試驗所網頁)。而台灣特有種蝶類—寬尾鳳蝶 (*Agehana maraho*) 因分佈範圍狹小且面臨濫捕的壓力，現為政府公告之瀕臨絕種之蝶類。而在野外，寬尾鳳蝶之雌蝶僅產卵於台灣檫樹成熟葉之葉表上，目前為止尚未發現有將卵產於嫩芽或幼嫩葉片上的情形 (徐堉峰, 2006)。因此台灣檫樹的復育，在此種蝶類之保育上具有其重要的地位。

台灣檫樹天然分佈在北迴歸線以北，海拔 900-2,200 公尺之針闊葉樹林中，常呈群狀分佈或單株散生，少見其大面積純林 (余相清與林春雄, 1982)，屬陽性先驅樹種，常發生於皆伐、火燒跡地、初期造林地、造林不成功地或次生林整理後之林地 (顧懿仁, 1977a)。台灣檫樹成林以後，常因演替過程中其他樹種的入侵，而逐漸被取代甚至消失，因此純林不易長期存留 (歐辰雄等, 1998)。

試驗地點屬林務局新竹林區管理處所轄大安溪事業區第 49 林班，面積 23.5 公頃，海拔高 1700 至 2350 公尺。本區原為「觀霧台灣檫樹自然保護區」，設立於 1975 年，並於 2000 年更名為「觀霧寬尾鳳蝶野生動物重要棲息環境」 (林務局網站)。本保護區內台灣檫樹林分為伐木後種子萌芽更新所形成。此區台灣檫樹林分經多年演替後，依歐辰雄等 (1998) 調查發現保護區中台灣檫樹分佈範圍已明顯縮小，且因林分鬱閉，生長活力差，開花結實量稀少；另依其植物族群結構分析，台灣檫樹多為上層林木，幾無幼苗分佈於林分內，顯示此林分未來將逐漸為其他樹種所取代。

本研究目的是利用現有林分，經過疏伐與整地後，探討環境的改變對台灣檫樹母樹開花的促進與誘發種子庫種子萌發的情形。進而探討利用疏伐作業以達成天然下種更新，維持林分存續的可行性。

二、樣區設置與試驗方法

(一) 試驗地點概述

本保護區的氣候屬於溫帶重濕氣候型，溫暖重濕，全年無缺水現象，由觀霧的氣象觀測站歷年所測得的資料顯示，年均溫為 11.4°C，各月平均氣溫最低為 11-1 月，最高為 6-8 月，全年降雨量最少為 10-12 月，不到 100 mm，1 月以後雨量漸增，雨量集中在 4-6 月，7 月稍少，8 月降雨量達到最大 (林務局網站)。然此區常有濃霧發生，因此大氣相對濕度偏高 (歐辰雄等, 1998)。

(二) 樣區設置與疏伐與整地處理

試驗樣區即位於上述之保護區內，大鹿林道東線 3 km 處林道旁。為不影響保護區的林分穩定，本試驗僅選擇面積約 0.81 ha 為樣區，海拔 1925 m，坡向為 S74°E，坡度約 28°。2001-2002 年試驗期間之雨量及溫度資料顯示如圖 1 與圖 2。2001 年 11 月在此 0.81 ha 之樣區設置疏伐樣區與對照樣區各一，疏伐樣區於 2002 年 2 月間進行疏伐，伐除台灣檫樹以外之上層林木，並將疏伐後之幹材、枝條及地上的枯枝落葉移除；對照樣區則保留林分原本狀態。

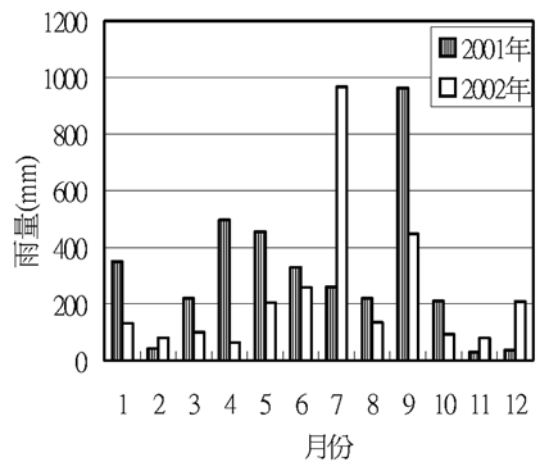


圖 1. 樣區 2001-2002 年各月份平均雨量

Fig. 1. Mean monthly precipitation from 2001-2002 in experimental site.

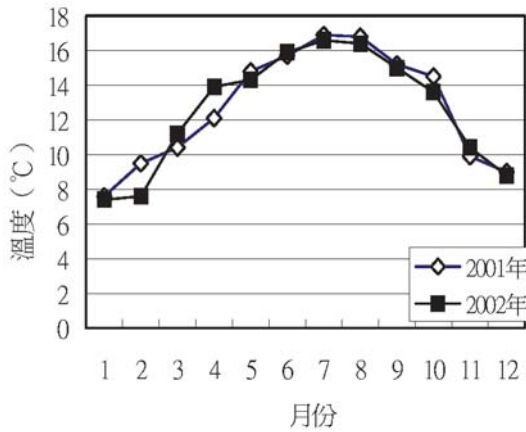


圖 2. 樣區 2001-2002 年各月份平均溫度

Fig. 2. Mean monthly temperature from 2001-2002 in experimental site.

(三) 樣區調查

1. 台灣檫樹生長狀態及林分狀態調查

自 2001 年 8 月起觀察樣區內台灣檫樹生育狀況及林分狀態，並於 2002 年初疏伐過後，比較疏伐前後樣區中林分結構及台灣檫樹生長表現的變化，直到 2003 年 6 月止，在試驗期間每個月進行觀察一次並作記錄。

2. 開花結實量調查

2001 年 3 月設置種子收集籃，於台灣檫樹生長較集中處設置 3 個投影面積為 $10 \times 10 \text{m}^2$ 樣區，每個樣區放置 25 個種子收集籃，收集種子。台灣檫樹於 1、2 月間開花，時葉片落盡，以肉眼觀察開花的台灣檫樹，並記錄其編號(號碼依歐辰雄等 1998 年調查時所編)。

3. 土壤種子庫調查

在上述開花結實量調查之樣區中，每一樣區內設置三個 $20 \times 20 \text{cm}^2$ 小樣區，每個小樣區收集 20 cm 深以上之土壤及枯枝落葉，經風乾過篩後，調查台灣檫樹種子數量。

4. 光環境調查

於疏伐前 (2001/8)，以二組人同時進行測量，其中一組人以光量子感應器 (quantum sensor, LI-190, LI-COR, USA) 及紅光遠紅光測定

儀 (SKR 100, Skye, Wales) 在待測林分中以 S 型繞行；另一組人於林外空曠地以相同型號光量子感應器，藉由無線電通訊聯絡，測量同一時間點之林分內外光度以及林分內之紅光/遠紅光比值(R/FR ratio)，並將各時間點之測值平均，以計算林分內與空曠地之相對光度以及林分內紅光/遠紅光比。疏伐後 (2002/3) 再以相同方式量測一次。

另外，為了解一整天在疏伐與未疏伐對照樣區光量的變化，於二種不同處理樣區分別設置一光量子感測器 (QS2, Delta-T, UK)，每半小時量測一次，以 data logger 記錄之，量測時間自 2003 年 4 月到同年 8 月。

5. 氣溫與土壤溫度調查

於疏伐後，在疏伐及未疏伐之對照樣區分別設置偵測氣溫之百葉箱，與埋設 10、20 與 30 cm 三種深度之土溫感測器 (44033, YSI, USA)，二處樣區各選擇三個樣點，每半小時量測一次，所得之數據以 data logger 記錄之，量測時間自 2003 年 4 月到同年 8 月。

6. 小苗調查

分別調查疏伐樣區及未疏伐對照樣區中台灣檫樹小苗數目。調查方式採全區普查，並觀察小苗生長狀況以及生長環境。所有小苗以黃色旗子標示，以便統計小苗數量以及觀察其分佈狀況。

三、結果

(一) 觀霧地區台灣檫樹之物候調查

觀霧地區台灣檫樹分佈於海拔 1,900 - 2,000 公尺之間，其葉於每年 9、10 月開始變黃、乾枯進而凋落，翌年 1、2 月幾乎完全掉落殆盡。花期約在每年 2 至 3 月初間，會因分佈之海拔高度以及坡向不同而有差異。新葉展開於花期後，初生時略帶紅色，後逐漸轉變呈綠色。果實於同年 4、5 月形成，初為綠色，6、7 月間逐漸成熟，顏色也轉變為紫黑色，7 月底果實約已落盡。果實成熟至掉落約歷時 1 個月，期間常見鳥類取食果實，並曾發現果實被鳥類

取食後，未被消化之台灣檫樹種子隨鳥糞排出。

(二) 林分環境

1. 疏伐前

疏伐前之林分中，台灣檫樹與柳杉及香杉混生，林分上層林冠鬱閉，樣區內台灣檫樹均僅樹冠頂端著生枝條及葉片，樹冠下層之側枝多枯萎或掉落，部分台灣檫樹樹冠未能突出林冠者，多已枯死，或上半部枯死，僅接近根株部分留有少數萌蘖枝條。而生長於樣區外或林緣者，相較下則具較多著生葉片的枝條，且冠形較為開闊。樣區內除台灣檫樹外，多為一些較耐陰種類如紅檜、香杉等小喬木與一些蕨類等。

2. 疏伐後

疏伐於 2002 年 2 月間進行，疏伐後林分疏開許多，疏伐時正是台灣檫樹開花與展葉的時期，疏伐樣區內台灣檫樹生長狀態，與對照樣區相比，因頓時疏開且無其他林木相伴，生長較衰弱，著葉之枝條仍集中於樹木頂端，惟有部分台灣檫樹主幹有萌蘖發生。翌年 2003 年 2、3 月再次進行調查，台灣檫樹較疏伐當年，生長狀況已有改善，主幹萌蘖之枝條數量增加，樹冠較擴張，葉片分佈由頂梢逐漸擴展到上層樹冠。枯枝落葉層於疏伐後移除，林地裸露，僅冬季落葉時，有少量枯枝落葉層堆積。地被植物增加，部分為原有樹種砍伐後之根株萌蘖(如香杉)；部分禾本科草類由林緣入侵，散佈於疏伐後之大孔隙上；另外有土壤種子庫中萌發之其他苗木，以山胡椒 (*Litsea cubeba*) 居多。

(三) 台灣檫樹開花結實量調查

1. 疏伐前

2001 年 3 月設置種子收集籃，4 月調查時，收集籃中只見掉落之葉片。7 月台灣檫樹果實成熟，種子收集籃中亦未收集到掉落之種子，顯示樣區中台灣檫樹林分結實量稀少或是完全不結實。2002 年 2 月疏伐前調查開花情況，發現樣區內僅有編號 125 及 116 的少數枝

條零星開花，其餘均未見開花，而樣區外靠近林道旁編號 1 與 2 之母樹有部分枝條開花。

2. 疏伐後

2002 年 2 月疏伐後，同年 7 月調查台灣檫樹結實情況，在編號 125 之母樹下之收集籃發現掉落之果梗連帶果實，然數量稀少，其餘台灣檫樹下則無發現種子。2003 年在開花最盛時，發現疏伐林分中台灣檫樹編號為 101、110、111、116、134、125、151、155 及 157 者均有開花，惟各株皆零星開花，未見有全株盛開的情形。同於本次調查時，發現大鹿林道東線沿途，有數棵大量開花之台灣檫樹單獨生長於林分中，這些台灣檫樹均突出於林分冠層，並具有開闊之樹冠。

(四) 土壤種子庫調查

自樣區各小區中採得的 9 包土壤(含枯枝落葉)樣本，經風乾後，通過孔徑 5 mm 網篩篩去枯枝落葉層中難分解的枝條、針葉樹葉部及分解不完全之闊葉樹葉片等。再經孔徑 2 mm 網篩，篩落土壤顆粒，所存留者為較細碎之葉片與枝條，但 9 包土樣中均不見台灣檫樹種子。由此觀之，採取樣本之樣區中，土壤(20 cm 以上)種子庫內，並無台灣檫樹種子。然此結果與後續觀察之結果不相符，此點於討論中詳述。

(五) 疏伐對林分光環境之影響

疏伐前林內相對光度僅為空曠地之 18.4%，紅光/遠紅光比(R/FR ratio)為 0.357。疏伐後相對光度達空曠地之 92.4%，紅光/遠紅光比提高為 1.098(表 1)。

將偵測到的光量子密度換算成光輻射能(在 PAR 範圍， $1 \text{ k J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 約為 $1800 \text{ mol photon m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, Larcher, 2003)，則疏伐樣區每日不同時間地表接受之平均光輻射能之變化如圖 3，早上 8 點過後光輻射能急速上升，中午達最高峰，過後下降速度較緩。對照樣區因冠層遮陰的影響，林床所接受的輻射能，相對地，顯著低許多。如取上午 8:00 至下午 16:00 累算總光輻射能，則在疏伐區平均約為 200.50 kJ m^{-2} ，

對照之未疏伐區則僅約 4.50 kJm⁻²，其間相差 約高達 45 倍。

表 1. 疏伐前後樣區之相對光度與紅光/遠紅光比

Table 1. Light intensity and red/farred at thinned and control stands

	疏伐前	疏伐後
林分內光度 (μmol m ⁻² s ⁻¹)	18.21 ± 20.61	362.60 ± 122.13
林分外光度 (μmol m ⁻² s ⁻¹)	98.98 ± 38.19	392.05 ± 72.41
相對光度	18.4%	92.4%
林分內紅光/遠紅光比	0.357 ± 0.17	1.098 ± 0.67

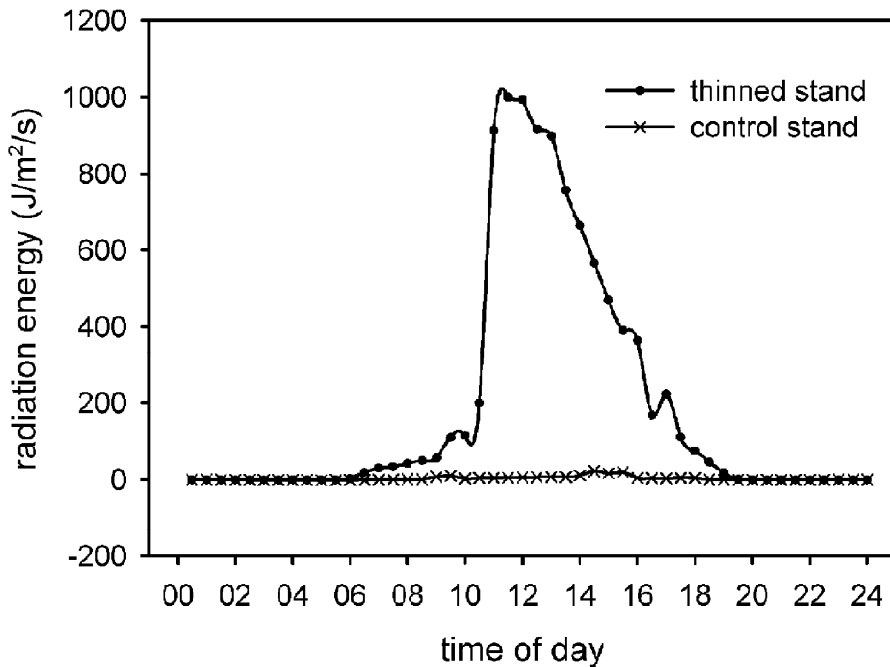


圖 3. 2003 年 7-8 月平均光輻射能之日變化

Fig. 3. Mean daily radiation energy during July to August in 2003 at thinned and control stands.

(六) 疏伐對氣溫與土壤溫度的影響

圖 4 為疏伐區與對照區空氣溫度與土層 10 cm 處溫度的日夜變化，圖中顯現疏開後氣溫的日夜變化較未疏開的對照組為顯著，而土層 10 cm 處土溫之日夜變化亦有相同的情形。比較空氣與土壤溫度的日夜變化，則明顯顯現

空氣溫度的變化顯著高於土溫，尤其是疏伐區。此現象顯現，相對於氣溫而言，土壤對溫度有較高的緩衝能力 (Molles, 2010)。而不論空氣或土層 10 cm 處之溫度則疏伐區均顯著高於對照區。

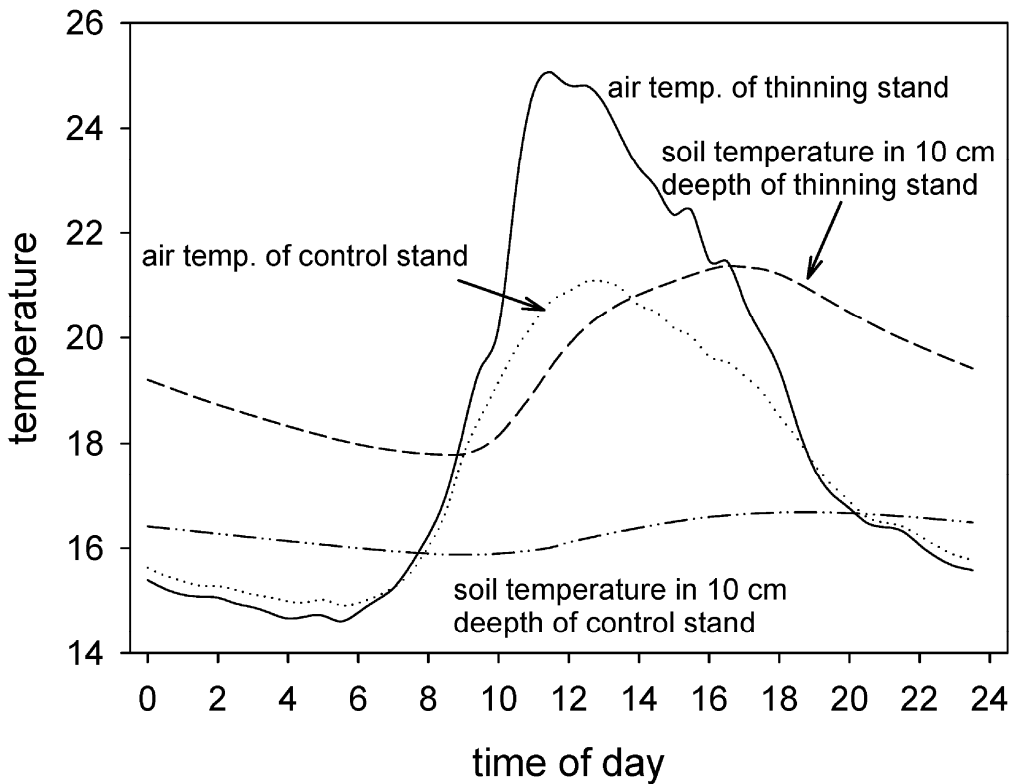


圖 4. 疏開與否對林分空氣溫度與土深 10 cm 處溫度的日夜變化

Fig. 4. Daily variations of soil (10 cm depth) and air temperature under thinned and control stands.

林分疏開後，由於地表接受之光輻射能增加許多，因此土壤溫度也增加許多，在不同深度的土壤中，無論疏伐與否，每日最高溫度與最低溫度間的變化均有極顯著差異（表 2），尤其是疏伐林分，變化更大。圖 5 為 2003 年 7 月 12 日至 2003 年 8 月 11 日一個月間，就土層 10 cm 處觀測之每日最高與最低溫度的變化，二者的變化呈現約為等量差異的變化，顯示每日最高與最低溫之變化雖有大小的差別，但基

本上是相當穩定的。而不同土壤深度，最高溫減最低溫的差異變化如圖 6 所示，疏伐林分不同土壤深度間差異相當大，在淺層土壤（10 cm）處的最高溫與最低溫差異較高，而隨著土深的增加，其間的差異顯著變小。對照林分雖然差異亦隨土壤深度而減少，但比較疏伐區而言，其降低比例小許多。這顯示疏伐後可極為明顯增加土壤之日夜變溫，尤其在淺層土壤。

表 2. 不同土壤深度每日平均最高溫減最低溫之差異 (2003/7/12~2003/8/11)

Table 2. The differences between the highest and the lowest temperatures of different soil depths.

	10 cm	20 cm	30 cm	F-value
疏伐區	3.22°C ± 1.02	1.82°C ± 0.52	0.84°C ± 0.24	97.45***
對照區	0.89°C ± 0.57	0.51°C ± 0.15	0.37°C ± 0.11	19.53***

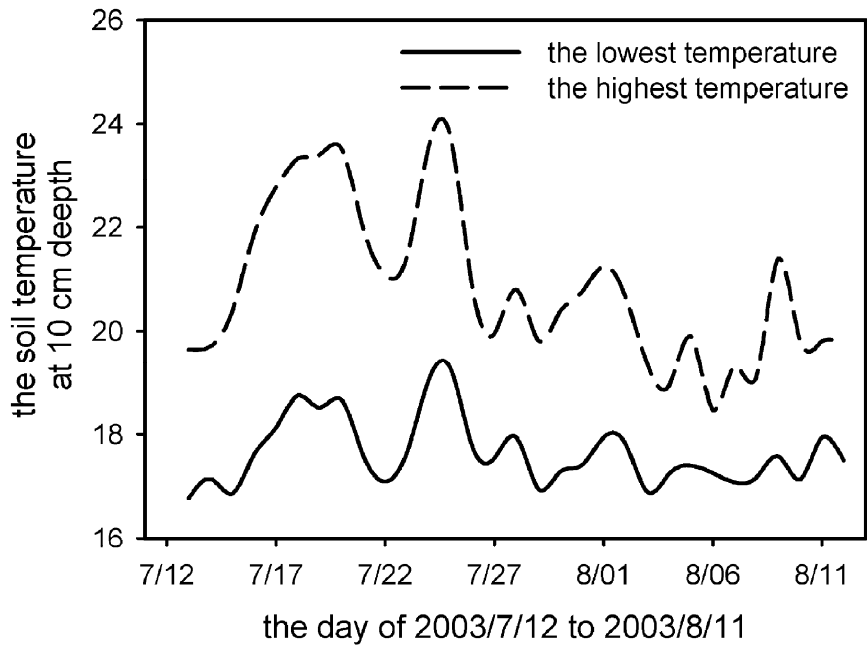


圖 5. 土壤深度 10 cm 處每日之最高與最低溫度

Fig. 5. The day of 2003/7/12 to 2003/8/11 of the highest and the lowest temperatures in 10 cm deep of soil.

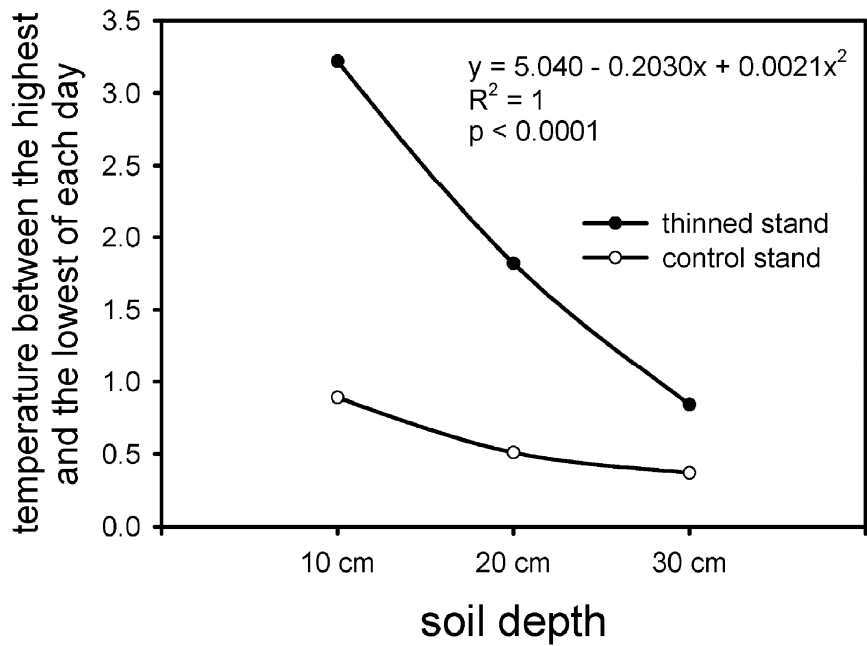


圖 6. 土壤不同深度最高減最低溫差異的變化

Fig. 6. The variates between the highest the lowest temperature in different depths of soil.

(七) 台灣檫樹小苗萌芽調查

2002 年 2 月疏伐後，7 月調查時發現林分中有大量小苗萌發，經初步觀察發現，其中大部分為山胡椒幼苗。至同一年 9 月調查時才發現有台灣檫樹幼苗出現。經挖掘觀察，發現種

子發芽深度常達 6 cm 以上，種子萌發時種殼開裂，子葉不出土，胚莖延伸直到突出土壤表面才展葉，而胚莖在土壤中延伸時，長出許多不定根 (照片 1)，有些小苗的胚莖甚至有木質化的現象，狀似非當年萌發者 (照片 2)。



照片 1. 在土壤中發芽之種子
Photo. 1. Germinated seed in soil.



照片 2. 發芽種子之胚莖有木質化現象
Photo. 2. Lignification of hypocotyle of germinated seed.

經全樣區調查後發現，疏伐樣區內萌發之台灣檫樹小苗數量共 97 棵，且苗木生長尚稱良好。由小苗分佈情形視之，多呈現群狀分佈，即全樣區中僅數個地點分佈大量之小苗，其餘僅有單株苗木或全無苗木出現。苗木分佈集中地區，附近皆有台灣檫樹母樹生長。對照樣區經調查，並無發現任何台灣檫樹小苗。2002 年 10 月調查樣區內小苗，發現少數小苗

呈現凋萎現象；同年 12 月調查時，樣區內台灣檫樹母樹大量落葉，小苗葉子亦脫落，僅留一休眠芽，芽苞呈紫紅色。

2003 年 3 月台灣檫樹展葉時，調查原有之台灣檫樹小苗，發現有 18 株死亡。死亡者休眠芽乾扁，全株乾枯。此外於同次調查發現，已展葉之台灣檫樹小苗，其中部分有頂芽枯萎、莖部葉片變黑掉落，呈瀕死狀態，且有逐

漸增加的趨勢。同年 5 月調查當年更新之小苗，發現 36 株新萌發之台灣檫樹小苗，萌發地點多位於原本台灣檫樹小苗群聚處或母樹四周。先前狀似罹病之台灣檫樹小苗，出現病徵之莖及葉部，全部枯萎，但是多數自地徑又重新萌發著葉枝條，且發育良好。

四、討論

(一) 疏伐影響

1. 台灣檫樹林分

本林分原為鬱閉的環境(林分內相對光度為空曠地之 18.4%，表 1)，上層樹冠組成以柳杉為主，生長其中之台灣檫樹樹冠多已被其他樹種所擠壓，對林分內有限光源之競爭，處於劣勢。疏伐前樣區的台灣檫樹母樹生長勢衰弱，葉片僅著生於頂端，且數量稀少，樹幹下層因受光量不足，幾乎沒有側枝。反觀生長於林緣或鄰近開曠地之台灣檫樹，光線充足，樹冠較為開闊，除主幹外，側枝亦著生多量枝條與葉片，生長勢較為旺盛。將林分疏開後，入射光量大增至林外空曠地的 92.4% (表 1)。林分光量雖增加，然第一年調查之台灣檫樹生育狀況並未明顯改善，此或許是對環境的改變尚未反應。第二年再調查時，則發現台灣檫樹主幹萌蘖之枝條數量增加，枝葉著生由集中於頂端擴張至上層林冠，此結果顯示台灣檫樹生長勢已較恢復。

地被層於疏伐前，因光量較少，植物種類與數量均稀少。疏伐後地被層植物相較豐富，除伐木後的根株萌蘖(如香杉)外，亦有由原本林下植物的拓展(如蕨類、火炭母草)及由傳播入侵(如五節芒、變葉懸鉤子)者，或土壤種子庫萌發之小苗(如山胡椒)所組成。

疏伐前調查樣區內台灣檫樹的開花結實量，發現樣區內僅少數零星枝條開花(編號 116 及 125)，所設之種子收集籃，並未收集到任何台灣檫樹掉落之種子。疏伐後開花之台灣檫樹數量明顯增加，然經過一段時間後調查結實量，僅編號 125 之母樹下發現少量之果實。歐

辰雄等(1998)曾調查相同樣區之台灣檫樹開花結實量，發現編號 110、121、124、125、155、165 與 179 等 7 株等有開花，而其中僅編號 125、124 及 101 開花量較多者有結實，其餘開花者並未發現結實。此本研究結果與上述調查相符，顯示本樣區內台灣檫樹開花結實量稀少。此現象應與立地環境有關，因為多次來往於大鹿林道東線，發現沿線分佈之幾棵大量開花的台灣檫樹，其樹冠均突出於林冠層之上，且樹冠開闊，著生大量枝條與葉片。此因開花的信息主要來自葉片，尤其是當年生葉片(Taiz and Zeiger, 2006)，因此葉片量的多寡會顯著影響開花與結實。此現象也被認為與光合作用產物的來源有關，Gerber 等(2002)研究山龍眼科植物(*Protea cv. Carnival*)的落葉與春天萌芽及開花的關係，指出葉片較少之植株因光合產物供源(source)不足，造成春天的葉萌發與開花所需之同化產物的可利用性降低，而減少開花。

2. 林下種苗萌發

樣區疏伐後，林地萌發不少(第一年即有 97 株)台灣檫樹小苗，與疏伐前及對照樣區林地完全不見小苗恰成對比，表示疏伐可顯著促進台灣檫樹萌發小苗。此現象早年呂福原等(1982)亦曾發現在伐除台灣檫樹母樹周圍之雜木，可促進天然下種的台灣檫樹種子萌發。

本試區疏伐後造成林地環境相當大的改變，首先就光照強度而言，相對光度增強許多(由疏伐前的 18.4% 增加至 92.4%，表 1)，7-8 月間一日(由上午 8 時至下午 4 時)之總光照輻射能量也比對照組顯著高出達 45 倍之多，顯然疏開後大大增加林地的受光量與輻射能。就光質方面而言，一般在鬱閉林分下，林床之遠紅光光量約為紅光光量的 2-10 倍(Larcher, 2003)。而本樣區在疏開前的鬱閉林分下，紅光/遠紅光為 0.357 (表 1)，即遠紅光光量為紅光光量的 2.89 倍，而林分疏開後到達地面之紅光量增加許多，導致紅光/遠紅光比增加(由 0.357 增加到 1.098，表 1)，更跨過 1.0 的比值，這在誘

導小苗的生長上具重大意義。

疏開林分之土壤平均溫度在 10 cm 至 30 cm 各層之日夜溫度的變動幅度亦顯著增大(表 3)，此現象應導因於上層林冠疏開並移除地表之枯枝落葉層後，日射光量與光輻射能均增加所致。之前幾位學者均發現，台灣檫樹小苗常發生於擾動後之林地，如皆伐、火燒跡地及造林不成功地等(顧懿仁，1977b；呂福原，1979)，這顯然表示其更新之環境常需為光量充足，無上層植被覆蓋的環境。

為了解小苗的生長情形，我們在現場挖了幾株小苗，發現種子萌芽深度常深達土壤表面 6 cm 以下(照片 1, 2)。如果是當年成熟掉落的種子，不可能埋入土中如此深，因此此批發芽的小苗可肯定不是當年掉落的種子。那麼林分疏開後是何種信息誘導種子萌芽呢？雖然林地疏開後，紅光/遠紅光增加許多(表 1)，紅光可促進種子發芽已經是被確認的，但光線到達土壤後光量與光質會產生極大改變，本試驗雖沒有偵測其改變量，然依據 Attridge (1990) 的描述，在土壤深度 5 mm 時光量約只剩 $8.6 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，而紅光/遠紅光比約為 0.88 的現象而言，在深達 6 cm 下種子的萌芽應非受光量或光質的影響。

疏伐樣區中所測得不同土壤深度的日夜最高與最低溫平均變化由 10 cm 之 3.22°C ，到 30 cm 之 0.84°C (表 2)，而對照樣區之溫度變化在不同深度間，均不及 1°C 。如果以土層 6 cm 處為台灣檫樹種子主要的發芽區，則林分疏開後該區日夜之變溫約為 3.90°C (圖 6 之回歸式計算之)，雖然此溫差之變異不是甚大，但排除光量與光質的影響，這種變溫的效應也許即為促進台灣檫樹種子發芽的主要原因。林讚標(1992)曾就本樹種進行發芽試驗，顯示變溫有促進的效果，然其變溫幅度較大(日溫/夜溫， $35/10^\circ\text{C}$)。因為本試驗期間沒有採到足夠的種子，因此無法在實驗室內作進一步的驗證，因此本推測有待以後進一步的研究。

如前述，台灣檫樹種子萌芽之位置常深達

6 cm 以下的土層中，且部分小苗在土壤中之胚莖已顯現較成熟的現象，胚莖也長出不定根(照片 1, 2)，而因台灣檫樹種子具休眠性(王博仁等，1986；林讚標，1992；楊蒼叡，2003)，因此此些小苗應非當年掉落之種子所萌芽的，應是之前掉落埋在土層中的種子，如同層積處理般，一段時間後，環境適宜所萌發的。另一方面，台灣檫樹的萌芽能力甚強，本研究在第二年調查時，發現小苗地上部可能因立枯病(顧懿仁，1977a)、碳疽病(顧懿仁，1982)或黑腐病(張東柱，1994)而枯萎者，然第三年會再由地徑處產生萌蘖而生長。以北美檫樹(*Sassafras albidum*)根為材料，插條後亦發現有相當強的萌芽能力(照片 3，拷貝自網頁)。因此，本樣區疏開後長出的部分小苗推測應是前一年或二年，甚至更早所發芽出土後，因環境不適宜而枯萎，但根系尚存活著，待環境疏開後，光量與光質均適宜小苗萌發而生長。至於未疏開的林分或許也有種子萌發，但小苗出土後，環境不適宜而無法繼續生長。這些推論在生態生理上是相當值得進一步探究的。



照片 3. 北美檫樹的根萌蘖

Photo. 3. Root sprouts of *Sassafras albidum*.

3. 台灣檫樹種子庫與小苗生長狀態

台灣檫樹種子萌發之小苗，其分佈狀態常圍繞特定母樹呈群狀分佈，且土壤種子庫內種

子數量稀少，此二者為造成土壤種子庫調查無發現種子之原因。土壤種子庫採取樣本方式為隨機採樣，並未依開花結實之有無，採取特定母樹下之樣本，即便鎖定特定母樹，其種子散佈之方位亦未可知，仍可能因取樣地點錯置，低估土壤種子庫內種子之數量；且本樣區台灣檫樹成熟植株開花結實量稀少，第一年調查僅得小苗 97 株，平均每平方公尺僅 1.2 株，且小苗分佈不均勻，除特定地點外，每平方公尺不及 1 株。此結果與呂福原等 (1982) 調查疏開後每平方公尺 11.6 株相去甚多，顯示本林分土壤



照片 4. 苗高已達 2 m 以上之苗木
Photo. 4. Higher than 2 m of sapling.

經此試驗後，可以肯定地認為，在一以台灣檫樹為主的林分，如為達成天然下種更新的目的，疏伐後再適量移除地表枯枝的作業，是一可行的方法。且據徐培峰 (2006) 的觀察，寬尾鳳蝶偏好光線充足的微棲境。因此不論是為台灣檫樹的更新，或為寬尾鳳蝶的保育，即使在保護區內，也應該適當的使用疏伐作業，且疏伐後應再繼續進行林地的除草與除灌

種子庫內台灣檫樹種子量稀少。

4. 後續的調查

2003 年調查後的當年因颱風影響，大鹿林道東線坍方無法通行，因此未能繼續前往，路通後直到 2007 年 4 月為取回儀器，再次調查時，發現台灣檫樹母樹生長勢更為旺盛，因時值萌發新葉時節，可見側枝增多且著生大量新葉。然原存之小苗僅發現有一株樹高已超過 2 m (照片 4)，因為整個林分地被已被灌木覆蓋，因此大部分之苗木已死亡，徒留原用為標記的小旗桿 (照片 5)。



照片 5. 苗木被灌木覆蓋而死亡
Photo. 5. The seedling had died due to covered by shrubs.

木的作業一段時間，以保持林地的照光量與提升紅光/遠紅光比及土壤溫度，使萌發之苗木有適宜的生長環境。

五、謝誌

感謝林務局新竹林區管理處試驗經費的補助及調查期間之協助。

六、引用文獻

- 王博仁、邱金春、李春祉 (1986) 台灣檫樹種子的人工催芽與育苗。中華林學季刊 19(1) : 31-36。
- 余相清、林春雄 (1982) 台灣檫樹扦插工作報告。台灣林業 8(10) : 20-21。
- 呂福原 (1979) 台灣檫樹之數項研究心得。台灣林業 5(5) : 29。
- 呂福原、歐辰雄、廖秋成 (1982) 台灣檫樹繁殖方法之研究。中華林學季刊 15(2) : 73-86。
- 林讚標 (1992) 突破台灣檫樹種苗培育之瓶頸。台灣林業 18(1) : 14-16。
- 徐培峰 (2006) 寬尾鳳蝶的生態習性與生態需求之研究 (二) 政院農業委員會林務局委託研究計畫報告
- 張東柱 (1994) *Calonectria crotalariae* 引起台灣檫樹之黑腐病。中華林學季刊 27(1) : 15-22。
- 歐辰雄、呂福原、呂金誠 (1998) 觀霧台灣檫樹自然保護區植物相調查研究。台灣省農林廳林務局保育研究系列 87-2 號。
- 楊蒼叡 (2003) 台灣檫樹天然下種更新之研究國立中興大學森林學系碩士論文
- 顧懿仁 (1977a) 生長快速經濟價值高之台灣檫樹(一)。台灣林業 3(11) : 21-25。
- 顧懿仁 (1977b) 生長快速經濟價值高之台灣檫樹(續)。台灣林業 3(12) : 12-15。
- 顧懿仁 (1982) 台灣檫樹實生苗木生長比較試驗。中華林學季刊 15(2) : 87-95。
- Attridge, T. H. (1990) Light and plant responses - A study of plant photophysiology and the natural environment. Edward Arnold, London pp. 17
- Gerber A. I., K. I. Theron and G. Jacobs (2002) Defoliation alter spring growth flush characteristics and inhibits flowering in *Protea* cv. Carnival. *Scientia Horticulturae*. 94:345-350.
- Larcher, W. (2003) *Physiological plant ecology* 4th edition Springer pp. 33, 300-301
- Molles Jr. M.C. (2010) *Ecology, concepts and applications* 5th edition McGraw Hill pp. 103
- Taiz, L. and Zeiger, E (2006) *Plant physiology* 4th edition Sinauer, pp. 635-669