

天然檜木林擇伐更新之研究

羅卓振南 鍾旭和 邱志明 周朝富 羅新興

提 要

本研究乃就大溪事業區第52林班及94林班之保安林區，本所原實施單株擇伐試驗之天然檜木林，繼續進行天然更新整地處理試驗，以探討整地方式和擇伐強度對下種更新之效應，同時對撫育成本，以及保留木和地被植物之生長情形亦調查進行分析。將整地處理分為：(A)集約中耕整地；(B)粗放整地；(C)未整地等三種。整地後12年之結果要述如次：

本試驗結果顯示，天然下種更新之林地整治方式，以集約中耕整地掘除什草根莖者最為有效，其下種稚樹之數量最多，分佈均勻，能完成預定目標90%之更新，生長亦較快速。粗放整地和未整地者，稚樹分佈極不均勻，僅能分別完成預定目標之35%及32%之更新。

本研究實施之各種擇伐度均能達到誘導天然下種之效應，惟擇伐度之強弱與下種稚樹之多寡無關，但強度和中度擇伐者，稚樹之生長較為快速。

天然檜木林每隔3~5年才大量結實一次，整地時期須與結實年度相互配合，以確保下種更新之成功。

天然下種之稚樹於幼齡期生長較慢，必須實施集約撫育工作，以促進幼樹生長。

採單株擇伐作業，必須具備豐富的經驗和熟練的技術。為避免保留林木發生嚴重風倒或枯死，應避免施行極強度擇伐，集材作業必須採架空線集材，在地形地勢陡峻之地區應力求避免實施單株擇伐作業。

本試驗集約中耕之整地和撫育作業，每公頃所需之工作天數為124工，要較一般皆伐跡地造林之178工為低。

關鍵詞：天然檜木林、單株擇伐、天然下種更新、橫坡帶狀、集約中耕整地、臺灣扁柏、紅檜、稚樹

羅卓振南、鍾旭和、邱志明、周朝富、羅新興。1989。天然檜木林擇伐更新之研究，林業試驗所研究報告季刊，4 (4) : 197—217

Natural Regeneration of Cypress Old Growth by Selective Cutting and Intensive Site Preparation

Chen-Nan Lo-Cho Hsu-Ho Chung Chin-Ming Chiu Chao-Fu Chou Shin-Shing Lo

[Summary]

The effects of selective cutting and site preparation intensities on the regeneration of old cypress stands were studied on the compartments 52 and 94 of the Ta-Chi Circle. Three different intensities of selective cutting which represent the removal of 40-45% B. A. (heavy), 30-35% B. A. (medium) and 20-25% B. A. (weak) of the old growth were applied to the stands. The regeneration sites were treated as follows; (A) intensive

1989年8月送審

1989年10月通過

preparation followed by scarification; (B) gross preparation; and (C) Without any preparation (or the control) Twelve years after site preparation treatment the results of natural regeneration were surveyed and analyzed. They can be summarized as follows:

1. Intensive and scarified method was found to be the most effective for the regeneration of cypress. Seedlings found in sites prepared by this method not only performed better but also occurred in larger quantity and distributed more evenly than those found in sites prepared by other methods.
2. All selective cutting intensities used in the present study could lead to the success of natural regeneration. Cutting intensities did not affect number of seedlings which occurred on the sites; they did, however, affect the growth rate of regenerated seedlings viz. seedlings found in areas of heavy and medium selective cuttings performed better than those found in areas of weak selective cutting.
3. The cone crops of cypress trees fruit abundantly every 3 to 5 years. To assure the success of natural regeneration, it is suggested that, timing-wise, sites should be prepared in accordance with the cycle of cone setting.
4. During the early stage of development of naturally regenerated seedlings, intensive tending should be taken to improve the growth of the seedlings.
5. Experience and skillfulness are indispensable to the success of selective cutting operations. Over-intensive selective cutting would result in the wind throw or dieback of the remaining trees; and therefore, should be avoided. For logging operations high-lead cable logging system is recommended for the same reason; In rugged areas, selective cutting operation should be avoided.
6. The labors needed for applying intensive and scarified preparation method to selective cutting sites were 124 man-days/ha, which was lower than that needed for applying the same method to clear cutting sites.

Key words: Natural cypress stands, Single tree selection cutting, Natural regeneration, Horizontal strip, Intensive site preparation, Taiwan cypress, Taiwan Red cypress, Seedlings.

Lo-Cho Chen-Nan, Hsu-Ho Chung, Chin-Ming Chiu and Chao-Fu Chou, and shin-shing Lo, 1989
Natural Regeneration of Cypress Old Growth by Selective Cutting and Intensive Site Preparation. Bull. Taiwan For Res, Inst. New Series. 4(4): 197-217

一、緒 言

本省之檜木林通常由台灣扁柏(*Chamaecyparis taiwanensis* Masam et Suzuki) 和紅檜(*Chamaecyparis formosensis* Matsum) 兩種組成，均為固有之珍貴樹種，常以大面積之天然生態羣落分佈於本省中央山脈之中、高海拔地區，由於歷經多年之大面積皆伐，致蓄積量日減。目前尚存之檜木林，多局限於保安林內。在大溪事業區石門水庫上游之保安林，仍保存有大面積之檜木林，面積達12,780公頃，立林蓄積共約3,060,790m³。其中

，扁柏約佔 2,269,279m³，紅檜約佔 791,511m³ (森林開發處，1986)。惟該檜木林多為過熟之老齡林，致風倒及枯死之林木為數相當多。據洪良斌(1975) 調查結果，其風倒、枯死及不健全之缺頂或腔腐林木，約佔蓄積量之39%。林冠多呈破裂，致灌木及什草等地表植物繁茂，妨礙下種更新。因此，此檜木林相已居於老齡狀態且繼續呈衰退及林地未能有效下種更新之趨勢。如繼續任其自然發育，優良的檜木林相，勢將日趨劣化。為促進林相的更新以恢復健壯，保安林內之檜木林，確實需要實施

擇伐更新及撫育，以達到經濟效益及國土保安之雙層經營目的。

為探討擇伐天然更新作業中，所應留存之母樹量，本研究曾於民國64年及65年間在大溪事業區第52及94兩個林班內，設置有15.66公頃之單株擇伐試驗區，施行上方天然下種更新。擇伐前後林相結構已見於洪良斌(1975)之初步研究。於擇伐後隨即於民國65年及66年春進行不同方式之整地處理。並於民國76年及77年秋調查整地後12年間下種更新結果。

基於上述試驗，本研究之目的在探討：擇伐度及整地方式對天然更新成苗數及稚樹生長趨勢之影響；檜木結實年度與更新之關係；天然更新所需之整地撫育成本；單株擇伐後保留林木之災害程度；地被植物之生長變動趨勢等。所得結果可供今後檜木林經營之依據。

二、前人研究

保安林之管理經營，不論所有權屬，均以社會公益為目的。各種保安林，應分別依其特性合理經營、撫育、更新、並以擇伐為主(農委會, 1988)。天然更新必須造予適宜之環境才能成功。過去曾有天然更新試驗者，然罕見其成果，皆因設計時試區面積過小，母樹種子易飛散於試區之外；或未值母樹之結實年度；或留存母樹未構成適當鬱閉，下種後發芽雖多而終陷乾萎(陳振東, 1974)。臺灣之森林，在八仙山事業區、阿里山及棲蘭山等地區內，均有大面積之紅檜、扁柏天然更新幼林，顯示，臺灣森林之天然更新法造林，頗有實行之可能性，然技術上尚須研究(劉慎孝, 1975)。擇伐、傘伐、母樹法及帶狀皆伐等之伐採作業成本，以擇伐者為最高，然擇伐作業所得之更新幼苗最多，且保留之林木均為健壯林木，是以檜木林採擇伐作業法經營為宜(洪良斌, 1971)。檜木林每年12~2月為種子成熟飛散最盛期間，檜木結實亦有豐年及歉年之分(彭令豐, 1988)。天然更新林地之整治方式，以裸露表土並加以耕鋤者最為有效；植生種類並不因整治方式之不同而有顯著差異(洪懷琳, 1984)。紅檜之天然下種更新，除保留適當株數之母樹外，宜於其周圍選擇保留樹冠擴張之其他針闊葉樹中小徑木，構成適度鬱閉，使母樹不致成為孤立狀而罹風害，且其林冠下之光度適於紅檜幼苗之生育；

天然下種更新作業，不僅事前必需整地，事後尚須注意撫育，土質疏鬆者不需人工耕鋤，緊密之表土仍以耕除為宜(陳振東、許博行, 1980)。臺灣之氣候、氣溫高、雨水多，適於各種植物之繁殖，林地什草灌木生長甚速，天然幼苗或稚樹，常被掩蔽而不能生長發育，可用各種不同整地方法或藥劑除草法等予以克服之(劉慎孝, 1974)。地勢陡峻之林地，檜木之風倒、枯死及瑕疵木較多；保安林採擇伐作業利多於弊，可行性甚大，可助其天然更新，使保安林達到保續作業之經營(洪良斌, 1975)。(洪良斌, 1982)研究亦指出，擇伐作業後應立即實施整地作業，以免肥沃表土之流失。整地法以水平帶狀之集約除草為佳；為加速擇伐跡地幼樹之出現，可於空隙地較大之處施以林下造林。天然生檜木經林相改良式之擇伐後，其生長量要較未擇伐之對照區林木為優良；擇伐作業時，必須注重其擇伐量與擇伐對象之決定，過量擇伐或保留不健壯之母樹時，保留木容易風倒或枯死(洪良斌, 1984)。

三、試驗林概況

(一)立地概況

1. 大溪事業區第52林班試驗林：屬石門水庫上游之保安林區，海拔高約為1,500 m，坡向為西北向，林地坡度約為15°~45°之間，而位於35°以上之急斜地約佔55%。地質屬石英岩、粘板岩及頁岩，土壤為灰色粘壤土及黃褐色粘壤土。表土層淺薄，深度約在20~50cm之間。枯枝落葉及腐植質層堆積深厚，即表土層相當肥沃。本試區位於衝風地帶，氣候寒冷，雨量充沛，附近雖無氣象測候站之設立，惟據柳榕、徐國士之分析(1973)，憑其檜木林之發育，可知其與阿里山之溫帶冷涼之重濕氣候相似。阿里山之氣候，年平均溫度為10.8°C，年降雨量為4344.5mm，年平均相對濕度為86%。

2. 大溪事業區第94林班試驗林：亦屬石門水庫上游之保安林區，距52林班試驗林約16公里，位於雪山山脈之東北側，海拔高約1800m，坡向為西北向，坡度較平坦，約在10°~40°之間，位於35°以上者約佔15%。表土層具礫石，其地質、土壤及氣象等因子與52林班試驗區相近似。

(二)林分概況

上述二個試驗林，均屬天然生原始森林，擇伐

前之上層木主要樹種為針葉樹類之扁柏及少數紅檜，下層喬木則有少數闊葉樹類之殼斗科及樟科樹種，而灌木類之臺灣杜鵑及臺灣鴨脚木則為數相當多。根據調查結果，擇伐前檜木之組成：52林班者，扁柏及紅檜之胸徑均值約 54cm，樹高為21m，每公頃林木株數為196株，蓄積為 605m³，其中，風倒、枯死及瑕疵木有90株/ha，材積261m³/ha，約

佔總蓄積之43%。94林班者，扁柏和紅檜之胸徑值為61cm，樹高達23m，每公頃林木株數為233株，蓄積為744m³，其中，風倒木、枯死木及瑕疵木有69株/ha、材積 256m³/ha，約佔總蓄積之34%。擇伐後保留木之結構如表 1 所示。至於本研究擇伐前後林分結構之詳細資料，已見於洪良斌 (1975) 之初步報告。

表 1. 擇伐後保留木之林分結構

試驗地點	擇伐度	平地胸徑 (cm)	平均樹高 (m)	株數 (株/ha)	立木材積 (m ³ /ha)	備註
52 林班	(a) 弱度擇伐 20% of b, a	50.7	20.6	76	226	多伐40株 91m ³
	(b) 中度擇伐 30% of b, a	48.2	18.9	82	218	多伐32株 64m ³
	(c) 強度擇伐 40% of b, a	49.3	19.2	89	220	多伐27株 54m ³
	(d) 對照區	52.3	21.4	174	474	—
94 林班	(a) 弱度擇伐 20~25% of b, a	50.4	20.5	141	405	—
	(b) 中度擇伐 30~35% of b, a	50.2	20.9	127	342	—
	(c) 強度擇伐 40~45% of b, a	51.1	21.1	120	316	—
	(d) 對照區	56.5	22.7	225	644	—

本試驗初次擇伐量之計算，係以生立木之胸高斷面積乘所定之擇伐率，枯死木和風倒木則同時採伐利用(洪良斌, 1975)。由於天然檜木林之林相蓄積量差異很大，是以52林班試驗區，依擇伐率計算砍伐量，在進行擇伐作業時，又被多伐99株林木，致各擇伐處理保留數量極為接近，無明顯之差異。

四、材料與方法

本研究在執行之初，即預定探討此 2 林班在不同擇伐度時，經各種整地方式對天然更新之影響，故採用上述之擇伐試驗區，進一步再劃定 3 種整地作業之設計。

基本上，擇伐試驗係採用逢機區集設計，區分為 3 種擇伐度，即強、中、弱度擇伐，94林班之區集數為 3，而52林班之區集數為 2，經本研究進一步檢討之結果，94林班在經不同擇伐處理後，確已形成 3 種不同之林分結構，即每公頃各留存 316、342及 405m³ 之立木材積，然而，就52林班而言，由於當初擇伐施行之際，係以現存之胸高斷面積與預定之擇伐率來執行更新作業，又受超伐之干擾，在擇伐後，原始之擇伐度設計已不再存在，即每公

頃留存木之材積均相當接近，位於 218~226m³ 之間(表 1)。因此，上述 2 試驗地之試驗設計乃有所差異。就94林班而言，即採用裂區設計，原有之 3 種不同強度之擇伐作業視為主區，再將 3 種整地方式分別逢機配置於各擇伐度內，整地方式乃構成副因子。就52林班而言，由於留存量之差異不再存在，故僅用於探討在此範圍(即 218~226m³/ha) 之立木蓄積下，不同整地方式對天然更新之效應。上述 6 處試區(3 擇伐度× 2 區集)，在本研究中即視為區集，依此設計，再於各集區內劃分不同之整地方式。

本試驗所採用之 3 種整地方式分別述明如次：

(A) 橫坡帶狀集約中耕整地：整地帶之寬度為 1 m，間隔 3 m，將整地帶之雜草等地被植物之地上部和地下部之根系完全掘除，使表土自然疏鬆與裸露，保留帶上之雜草，在整地之同時亦需進行一般刈草工作。

(B) 橫坡帶狀粗放整地：整地帶之寬度及間隔與(A)處理相同，惟僅刈除雜草之地上部份，未掘除地下根系。

(C) 未整地：擇伐跡地保留原狀，不施予任何整

地工作。

對下種更新稚樹生長之測定, 係於整地後12年時實施。就94林班而言, 即在各處理組合以系統取樣法選取5處 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 之方形樣區, 共計135個 (5樣區 \times 3擇伐度 \times 3整地 \times 3區集)。就52林班而言, 則於各處理組合以相同之取樣方式, 各取3個 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 之方形區樣, 共計54個 (3樣區 \times 3整地 \times 6區集)。

擇伐試驗之對照區, 因未實施擇伐及未作整地處理, 故在設計上未列作比較, 但對下種更新之情形仍作抽樣調查, 供為研究之參考。

本研究同時調查各樣區內稚樹株數、基徑及樹高, 並將樣區內之稚樹逐株由基部伐倒, 計算其林

齡, 以估測每年下種成苗之數量, 以及選擇12年生之稚樹進行樹幹解析, 分析其生長之趨勢。

五、結果分析

(一) 擇伐度及整地方式與天然更新

本試驗各擇伐林地經不同方式整地後12年, 天然下種更新比較結果, 在不同擇伐度間, 其稚樹株數並不具顯著差異, 但基徑和高生長則具顯著或極顯著差異。在不同整地處理間, 無論是稚樹之株數、基徑或高生長, 均具顯著或極顯著差異。94林班之擇伐度與整地方式間並不具交感作用 (表2、表3)。

表2 94林班試區擇伐更新稚樹之株數、基徑及高生長變異分析之F值

變異來源	自由度	全 部 稚 樹						稚 樹 高 度 > 1m					
		株 數		基 徑		樹 高		株 數		基 徑		樹 高	
		均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值
區 集	2	0.5626		0.5268		0.2590		0.1799		0.6326		0.3482	
擇 伐 度	2	0.0722	0.04 N.S.	3.3550	35.24**	1.6297	26.89**	2.6542	1.90 N.S.	2.4703	12.54 **	0.9399	9.12 *
主 區 機 誤	4	1.7745		0.0952		0.0606		1.3734		0.1986		0.1031	
整 地 方 式	2	278.1597	177.66 **	31.7534	103.67 **	22.2356	112.47 **	200.7681	182.42 **	40.1463	103.47 **	27.2510	126.63 **
整地 \times 擇伐	4	0.0736	0.04 N.S.	0.4861	1.59 N.S.	0.1717	0.87 N.S.	1.1847	1.08 N.S.	0.3350	0.86 N.S.	0.0975	0.09 N.S.
副 區 機 誤	12	1.6783		0.3063		0.1977		1.1006		0.3880		0.2152	
取 樣 機 誤	108	2.6325		1.1007		0.6187		1.6275		1.4167		0.7586	

N.S. 表示未具顯著差異。*表示具顯著差異 ($\alpha=0.5$). ** 表示具極顯著差異 ($\alpha=0.01$)。

表3 52林班試區不同整地方式天然下種稚樹之株數、基徑及高生長變異分析之F值

變異來源	自由度	株 數		基 徑		樹 高	
		均方	F 值	均方	F 值	均方	F 值
區 集	5	0.6747		0.7818		0.2114	
整地方式	2	40.5638	59.20 **	23.3931	18.85 **	13.5694	17.87 **
實驗機誤	10	0.6852		1.2407		0.7606	
取樣機誤	36	1.5622		2.1100		1.2334	

** 表示具顯著差異 ($\alpha=0.01$)

因為整地 \times 擇伐交感作用不顯著, 比較主區 (擇伐度) 時, 係以3種整地之平均值為主區均值。比較副區 (整地方式) 時, 係以3種擇伐之平均值為

副區均值。各擇伐強度及整地處理, 下種稚樹之數量及生長, 經鄧肯氏多變域檢定結果, 如表4~6所示。不同擇伐度間, 其稚樹之基徑及樹高生長均

顯示以(c)強度擇伐和(b)中度擇伐者較為快速，(a)弱
度擇伐者稚樹生長較差，惟擇伐度之強弱對天然下
種株數之多寡並無顯著之影響。就不同整地處理而
言，兩個試驗林地均顯示以(A)集約中耕整地者，下

種稚樹之數量最多，其基徑和高生長亦較快速，(B)
粗放整地和(C)未整地者，下種稚樹之株數、基徑與
樹高生長，均趨於劣勢。

表 4. 94林班試區不同擇伐度天然下種稚樹生長之比較

擇 伐 度	全 部 稚 樹			稚 樹 高 度 >1m		
	株數 (No/m ²)	基徑 (cm)	樹高 (m)	株數 (No/m ²)	基徑 (cm)	樹高 (m)
(c)強度擇伐	1.8167 ^a	1.41 ^a	1.06 ^a	1.5778 ^a	1.55 ^a	1.14 ^a
(b)中度擇伐	1.8722 ^a	1.29 ^a	1.01 ^a	1.6444 ^a	1.41 ^a	1.08 ^a
(a)弱度擇伐	1.7944 ^a	0.89 ^b	0.70 ^b	1.4944 ^b	1.09 ^b	0.86 ^b

上述各數值均為各樣區之均值，字母相同表示未具顯著差異，字母不同者表示其間具顯著差異（以鄧肯氏多變域檢定； $\alpha=0.05$ ）。

表 5. 94林班試區不同整地方式天然下種稚樹生長之比較

整 地 類 型	全 部 稚 樹			稚 樹 高 度 >1m		
	株數 (No/m ²)	基徑 (cm)	樹高 (m)	株數 (No/m ²)	基徑 (cm)	樹高 (m)
(A)集約中耕整地	4.8000 ^a	2.16 ^a	1.73 ^a	3.9111 ^a	2.43 ^a	1.92 ^a
(B)粗 放 整 地	0.3556 ^b	0.80 ^b	0.57 ^b	0.2722 ^b	0.93 ^b	0.65 ^b
(C)未 整 地	0.3278 ^b	0.63 ^b	0.47 ^b	0.2333 ^b	0.69 ^b	0.51 ^b

上述各數值均為各樣區之均值，字母相同表示未具顯著差異，字母不同者表示其間具顯著差異（以鄧肯氏多變域檢定； $\alpha=0.05$ ）。

表 6. 52林班試區不同整地方式天然下種稚樹生長之比較

整 地 類 型	株 數 (No/m ²)	基 徑 (cm)	樹 高 (m)
(A)集約中耕整地	2.9375 ^a	3.13 ^a	2.41 ^a
(B)粗 放 整 地	0.1875 ^b	0.97 ^b	0.78 ^b
(C)未 整 地	0.1719 ^b	1.11 ^b	0.86 ^b

上述各數值均為各樣區之均值，字母相同者表示未具顯著差異，字母不同者表示其間具顯著差異（以鄧肯氏多變域檢定； $\alpha=0.05$ ）。

天然下種稚樹之株數、基徑及樹高生長之趨勢，如圖 1 ~ 4 所示。其更新稚樹之林相，如圖 5 ~ 8 所示。

圖 1 表示，兩個試驗林地，經不同整地處理後 12 年，平均每 m² 整地帶下種稚樹之數量，顯示，經集約中耕整地者，要較其他兩種整地方式高出甚多。且 94 林班下種稚樹數量較 52 林班者為多。

圖 2 表示，94 林班試驗地，經不同擇伐強度處理後，下種稚樹之平均基徑和樹高之生長趨勢，均顯示以強度和中度擇伐者，要較弱度擇伐者為優。

圖 3 及圖 4 表示，94 及 52 林班試驗地，經不同整地處理後 12 年，天然下種稚樹之平均基徑和樹高之生長，均顯示以集約中耕整地者，要較其他兩種整地方式為優。

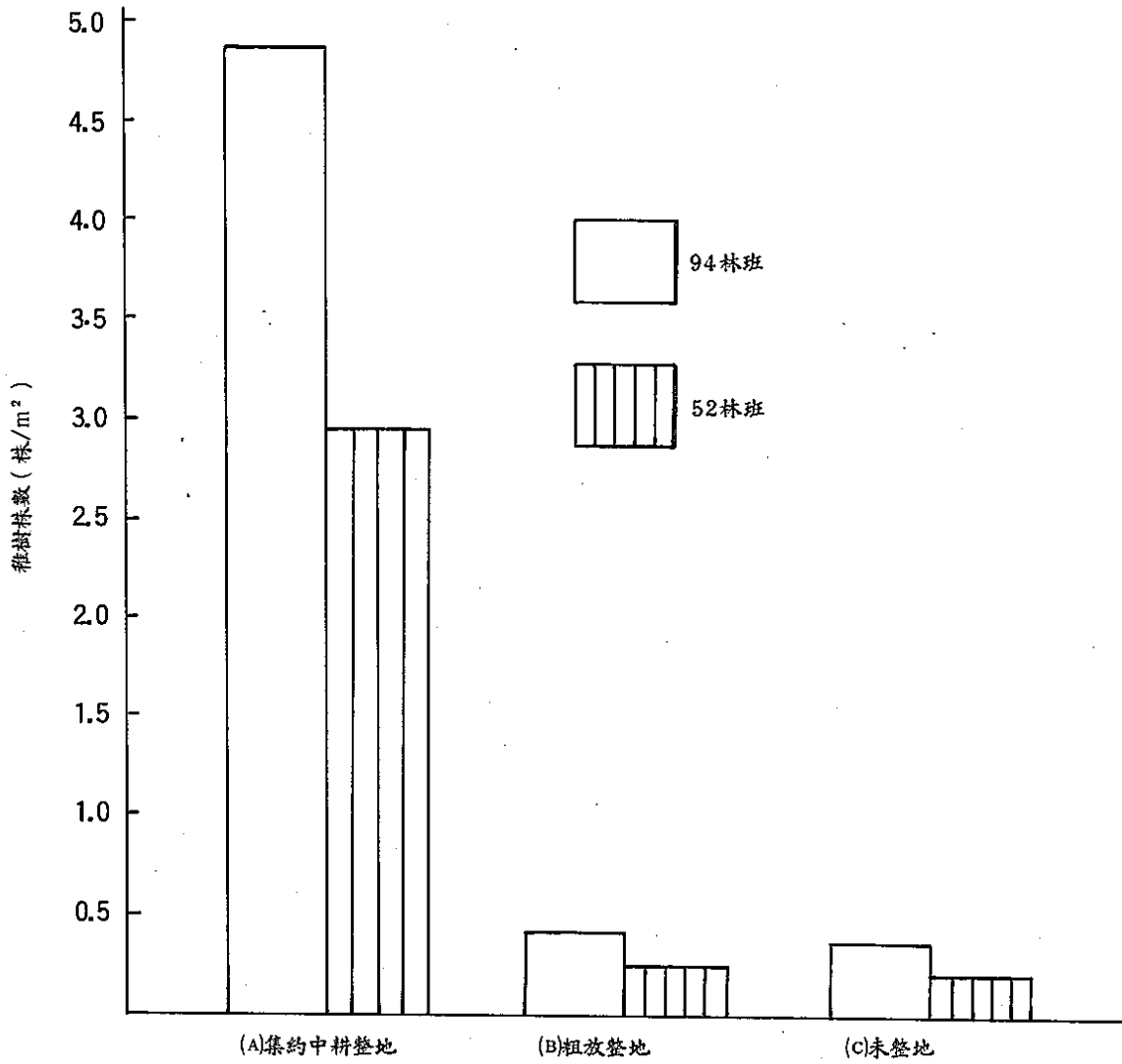


圖1. 擇伐跡地經不同整地處理後12年天然下種稚樹之株數。

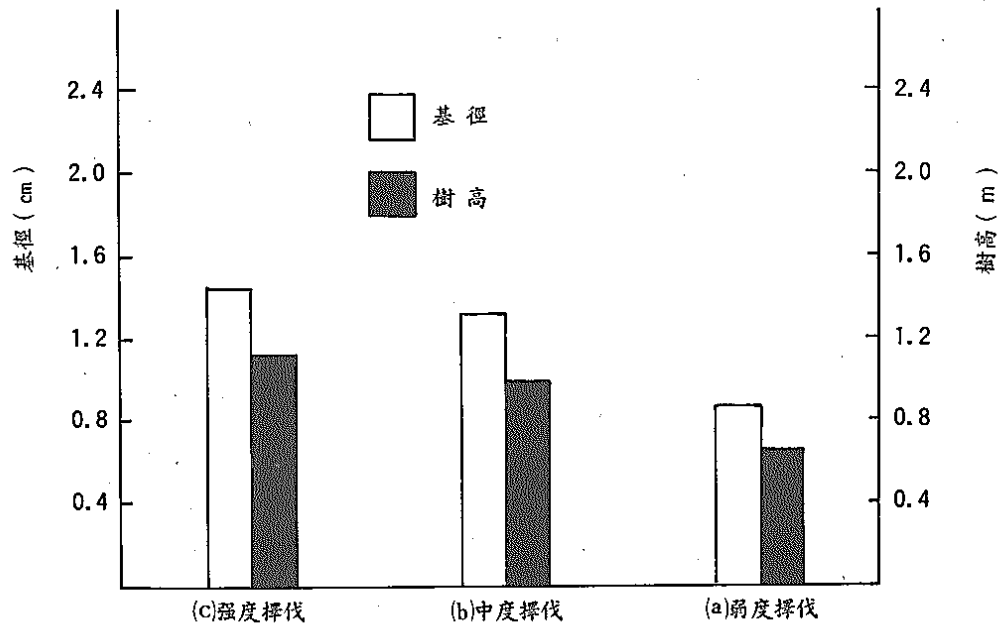


圖 2. 94 林班不同擇伐度天然下種稚樹之基徑與樹高生長之趨勢

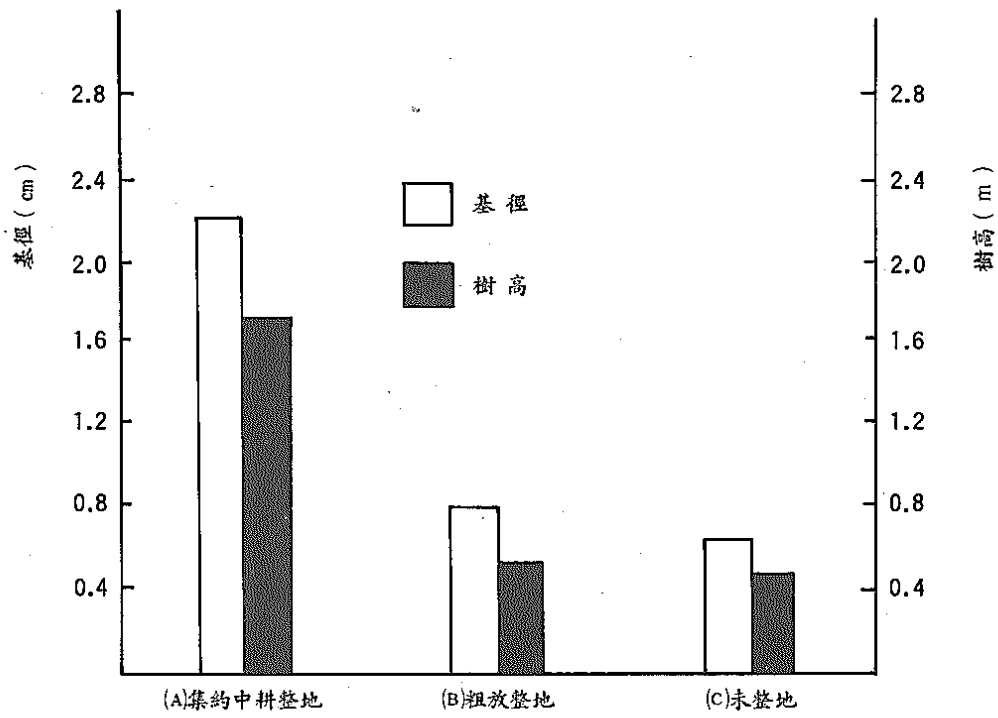


圖 3. 94 林班不同整地處理天然下種稚樹之基徑與樹高生長之趨勢

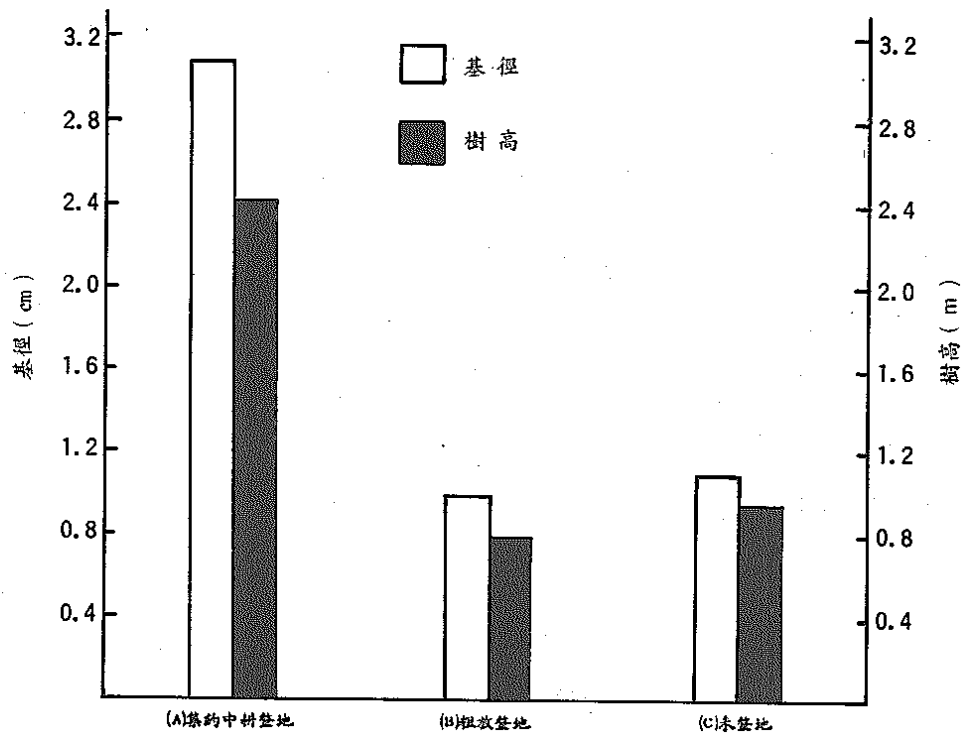


圖4. 52林班不同整地處理天然下種稚樹之基徑與樹高生長之趨勢



圖5. 強度擇伐經集約中耕整地處理後12年天然下種更新之林相



圖6. 中度擇伐經集約中耕整地處理後12年天然下種更新之林相



圖7. 弱度擇伐經集約中耕整地處理後12年天然下種更新之林相



圖 8. 未經擇伐及未整地處理之林相

(二)天然下種稚樹之分佈情形

本試驗對下種稚樹之取樣調查，預定目標為每 m^2 具有 1 株稚樹時即視為達到下種更新之目的。為瞭解不同整地方式天然下種之稚樹分佈，根據兩個試驗區所調查之 189 個樣區資料，分別列成樣區之株數階別，並將各株數階所佔之樣區數化為百分比，供作分析比較。

不同整地處理，其下種稚樹之分佈趨勢，如圖 9 所示，(A)集約中耕整地者，其未具稚樹之樣區，佔總樣區數之 10%，即表示有 90% 之林地具有下種之稚樹，顯示其分佈極為均勻。(B)粗放整地和(C)未

整地者，其未具稚樹之樣區高達 65% 及 68%，即表示具有稚樹之林地，僅佔 35% 及 32%，顯示分佈極不均勻。

另外，於未擇伐之對照區內，抽取 $10 \times 10m$ 之樣區 4 個，調查檜木稚樹之基徑在 6 cm 以下之數量，其中，有 3 個樣區無下種稚樹，1 個樣區具 5 株稚樹。顯示，未經擇伐之原始檜木林，除在空隙地上有少數之稚樹發生外，其他地區則未具下種稚樹。此或因林地下層有密佈的灌木，地表又分佈極密之雜草覆蓋，致種子不能著土發芽所致。

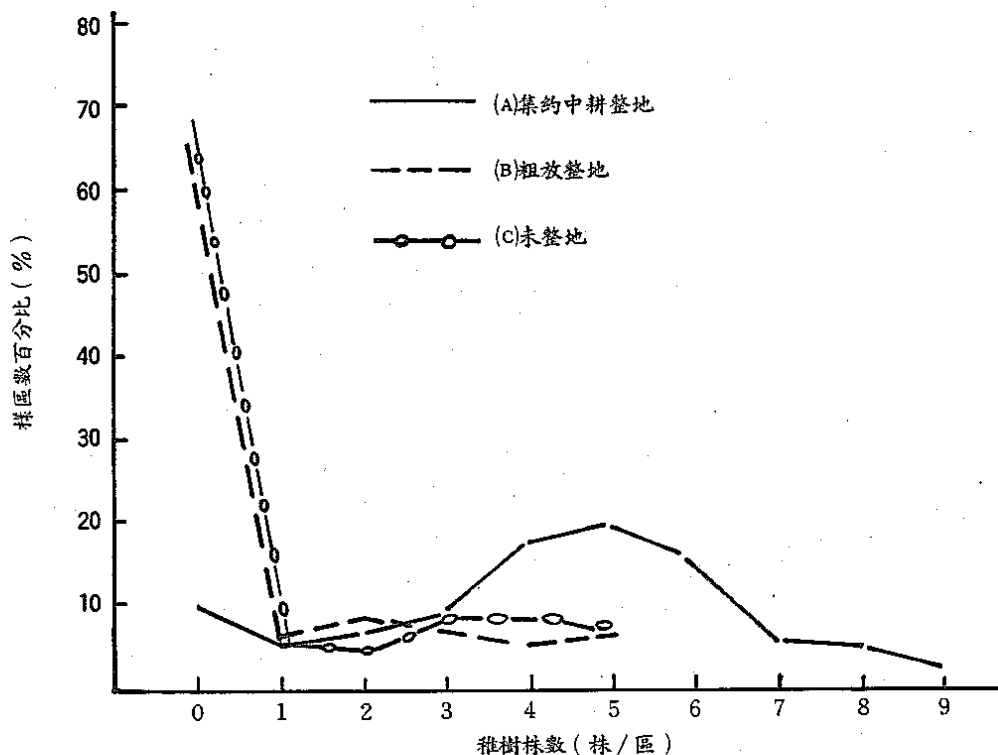


圖 9. 不同整地方式天然更新稚樹分佈均勻度之比較

(三) 試驗區林內之光度

光度，為林內全光量與林外全光量之比數，其值愈大，表示光度愈強；其值愈小，則光度愈弱。為瞭解本試驗林內之光度，是以使用東京光電照度計 313 型儀器（單位 lx）測定之。於兩個試驗區不同擇伐處理之林地各測定九個樣點，在測定光度時，林內與林外同時完成，最後求其相對光度之平均值，如表 7 所示。於 94 林班，其林內之相對光度

與擇伐度之強弱成正比，亦與下種稚樹之生長成正比，即強度擇伐區之光度較強，稚樹生長較佳，弱度擇伐區之光度較弱，稚樹生長較差，未擇伐之對照區光度極弱，約在 14% 左右。52 林班試驗區，光度差別不大，且擇伐後 12 年光度反較初擇伐時高出甚多。此或因各擇伐度間之保留量極為接近所致，以及保留木遭受嚴受風倒所影響。

表 7. 各擇伐處理林內之相對光度

試驗地點	擇伐度	剛 擇 伐 後		擇 伐 後 12 年	
		光度均值 (%)	最小值 最大值	光度均值 (%)	最小值 最大值
52 林 班	(a)弱度擇伐	45±12	38~64	75±18	51~100
	(b)中度擇伐	41±9	35~61	72±17	56~100
	(c)強度擇伐	47±13	40~65	76±20	64~100
	(d)對照區	16±5	11~23	19±7	10~23
94 林 班	(a)弱度擇伐	27±9	24~48	24±7	19~51
	(b)中度擇伐	38±12	32~60	33±10	30~57
	(c)強度擇伐	42±14	34~63	38±12	31~60
	(d)對照區	14±5	9~21	12±4	9~21

四種子結實年度與天然更新

為瞭解種子結實豐欠及每年下種之趨勢，依據歷年觀察種子結實豐欠之紀錄，以及依據本試驗各

擇伐度實施之集約中耕整地，各樣區所鋸取之基徑圓盤，計算稚樹年齡，並將各年度下種成功之稚樹株數化為百分比，如圖10所示。

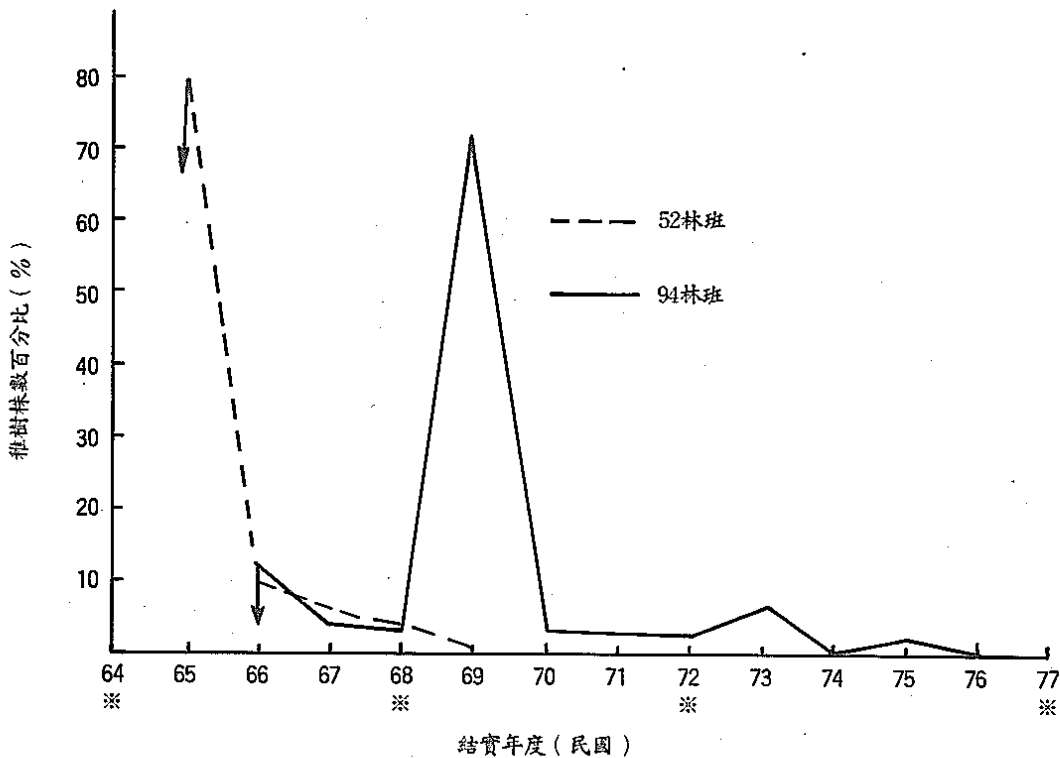


圖10. 不同結實年度檜木天然下種更新之稚樹分佈 (箭頭所指為整地年度)、(※為種子結實豐年)

由圖10觀察，在52林班試驗區，於65年春進行整地，適值豐年之翌年，因此，當年下種之稚樹最多，約佔全部下種稚樹之80%，其後3年內雖陸續有下種，但均在10%以下，且至69年以後，則未再發生下種之幼苗，其原因在於52林班之保留木於65年8月遭颱風侵襲發生嚴重風倒，林相破壞，致林地雜草繁殖快速，種子喪失著土發芽之環境。由此可證，什草確為妨礙下種更新之重大因素。

在94林班試驗區，於66年2月間實施整地，至68年種子才大量結實，是以69年春下種稚樹最多，約佔總株數之71%，其他年度仍陸續具有下種。此整地後第3年才逢豐年，種子仍能大量著土發芽之原因，為本試驗區採單株擇伐，保留之母樹較多，且未遭受嚴重之風害，林冠構成適度鬱閉，陽性地被植物之發生極少，在此情況下，林地經集約中耕

整治後，其抑制什草繁生之效果可以維持3年之久。

四稚樹之生長

本試驗於擇伐後，保留木約98%屬扁柏，故下種之稚樹，扁柏約佔95%。為瞭解下種稚樹在集約中耕整地試區之生長趨勢，則於94林班試驗地各擇伐度內，分別抽取12年生之扁柏樣木各9株，52林班試驗地合計抽取樣木24株。樣木於基部伐倒後，隨即進行樹幹解析，探研基徑 (D₀)、樹高 (H_t) 與樹齡 (A) 之關係。模式為：

$$D_0 = f (A, A^2, A^3)$$

$$H_t = f (A, A^2, A^3)$$

依上列設定之模式，使用多元迴歸分析，經偏迴歸係數顯著性檢定，選出最適迴歸方程式，然後，依照所選出之各迴歸方程式，繪製曲線圖。

表 8. 單株稚樹樹齡 (A) 與基徑 (Do)、樹高 (Ht) 之迴歸方程式

試驗地點	項 目	迴 歸 方 程 式	決定係數 (R ²)
94 林 班	基 徑 (cm)	強度擇伐 $Do = -0.0193 + 0.101336A + 0.018119A^2$	0.975
		中度擇伐 $Do = -0.1338 + 0.175155A + 0.008926A^2$	0.897
		弱度擇伐 $Do = -0.1144 + 0.174009A$	0.861
	樹 高 (m)	強度擇伐 $Ht = 9.8047 + 1.796683A^2$	0.945
		中度擇伐 $Ht = 8.2674 + 1.601975A^2$	0.924
		弱度擇伐 $Ht = -5.5644 + 6.736888A + 0.490967A^2$	0.848
52 林 班	基徑 (cm)	$Do = -0.0676 + 0.186726A + 0.016533A^2$	0.932
	樹高 (m)	$Ht = -2.9148 + 5.747003A + 1.694555A^2$	0.949

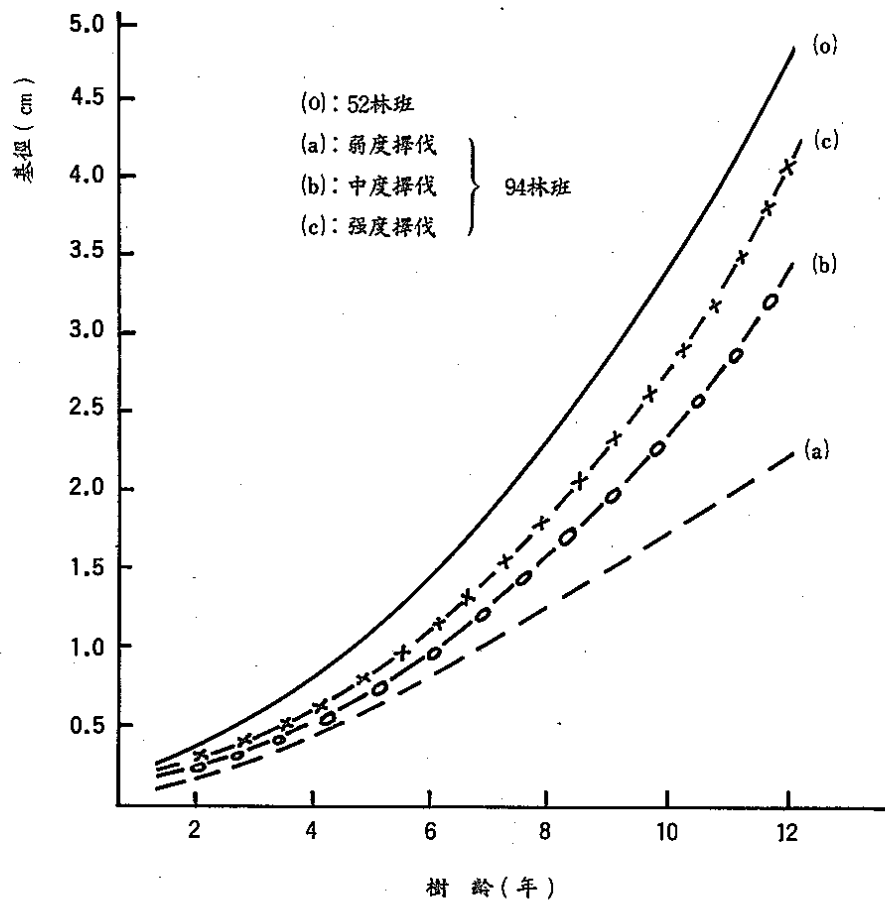


圖 11. 基徑與樹齡之關係。

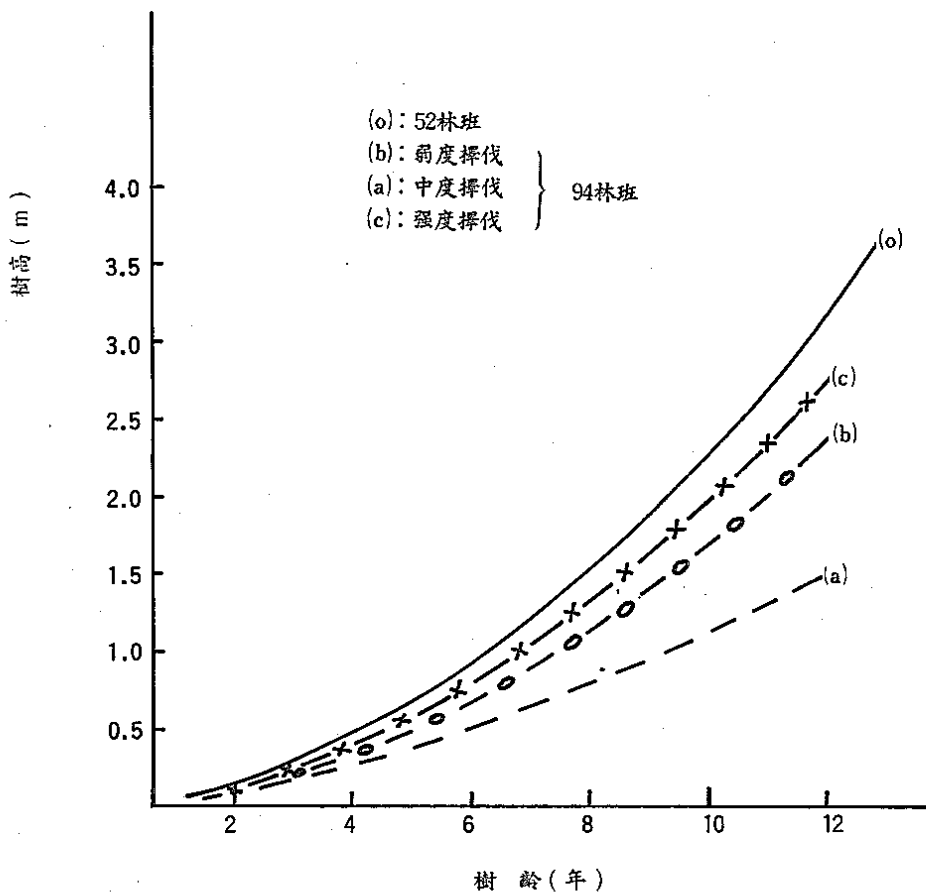


圖12. 樹高與樹齡之關係。

表8內之迴歸式，分別表示各樹齡之基徑和樹高，經繪製曲線圖，如圖11及圖12所示，兩個試驗區稚樹之基徑及樹高生長，除94林班弱度擇伐之基徑生長呈直線上升外，其餘均呈二次曲線上升趨勢。其中，52林班者，上升最快，94林班者，強度和中度擇伐者上升亦快速，弱度擇伐者上升較為緩慢。再者，稚樹之基徑及樹高生長，在6年生以前生長較為緩慢，至7年生以後生長則較為快速。

丙保留木之災害調查

擇伐後保留木之單株生長量要較未擇伐之原始林為優（洪良斌，1984），為進一步瞭解擇伐後12

年間，保留木之災害情形，乃就歷年之調查紀錄，統計結果。52林班試驗區，發生風倒和枯死者極為嚴重，約佔實際保留木總株數之52%，且胸徑越大者，發生風倒之比率越大，如圖13所示。94林班試驗區之風倒和枯死林木較少，約佔實際保留木總株數之9%。至於未擇伐之對照區林分，兩個試驗區之風倒和枯死木均約在3%之間。

風倒發生之時間，52林班係於民國65年8月遭畢莉颱風侵襲而發生，94林班者係於民國69年9月間遭珀西颱風侵襲所發生。至於枯死木則均在擇伐後3年內發生，以後即未再發現有枯死現象。

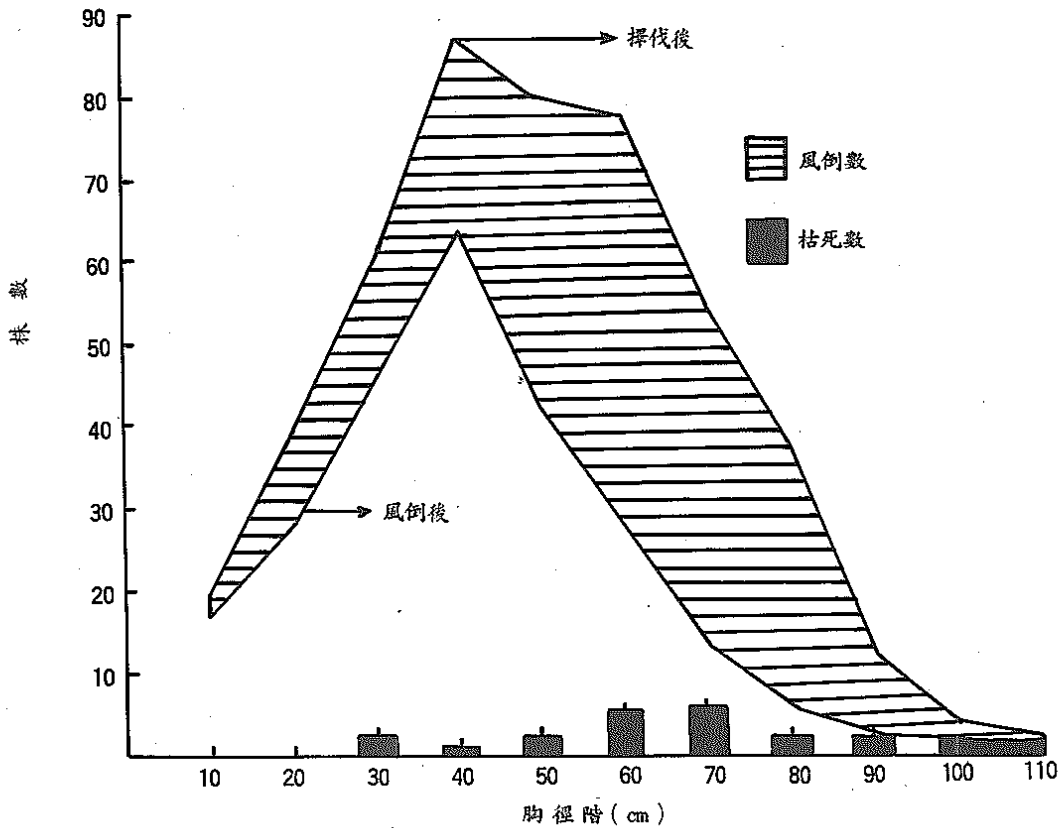


圖13. 52林班試驗區擇伐後風倒及枯死林木之胸徑分佈趨勢。

(七)天然更新之整地和撫育作業成本

本試驗於擇伐後隨即進行整地作業及實施後續之集約刈草撫育工作7年。不同之整地方式，每公頃所需整地和撫育作業之工作天數，如表9所示，於集約中耕整地者為124工，粗放整地者為112工，

未整地僅實施刈草撫育者為95工。然一般國有林皆伐跡地造林，其整地和6年之刈草撫育，每公頃所需工作數為178工（羅新興，1986）。因此，擇伐更新所需之整地和刈草撫育成本要較皆伐跡地之造林成本為低。

表9. 擇伐更新每公頃所需之整地和撫育工時

處理別	整地 (工/ha)	刈草撫育 (工/ha)							合計工作天數 (工/ha)	
		第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	第6年	第7年		小計
(A)集約中耕整地	42	0 (0)	12 (2)	14 (2)	16 (2)	16 (2)	16 (2)	8 (1)	82	124
(B)粗放整地	17	7 (1)	16 (2)	16 (2)	16 (2)	16 (2)	16 (2)	8 (1)	95	112
(C)未整地	0	7 (1)	16 (2)	16 (2)	16 (2)	16 (2)	16 (2)	8 (1)	95	95

註：括號內之數字表示每年之刈草次數

五、討 論

本試驗擇伐更新之林地面積合計為15.66公頃，平均每公頃檜木株數為215株，蓄積量有675m³，其中，風倒木及枯死木佔蓄積量之24.2%，為163m³，不健全立木佔蓄積量之14.3%，為96m³。顯示天然檜木林相已趨老化，林冠日趨破壞，致灌木及雜草等地表植物繁茂，妨礙下種更新。據柳楮、徐國士研究指出(1973)，檜木林並非極羣社會之羣落，如果無人為干擾，在自然演替之過程中，此種林型最後終將為闊葉樹所取代。依據本研究調查估計，檜木原始林內稚樹稀少，其地徑在6cm以下之稚樹，每公頃僅約125株，且集中於一處，分佈極不均勻。因此，本省保安林內之檜木原始林，確實需要依據森林法中有關保安林經營細則第24條之規定，實施擇伐更新及撫育(農委會，1988)，以改良其林相，組成健全而生機旺盛之複層林，以發揮森林多目標利用之功能。

本省檜木原始林相，其蓄積量差異很大，故容許擇伐數量應分別計算，洪良斌對本試驗研究曾指出(1984)單位蓄積量位於700~1,000m³以上者，擇伐率宜定在30~40%之間；蓄積量位於300~700m³者，擇伐率宜定在25~30%之間；蓄積量位於300m³以下者，擇伐率宜定為20—25%；洪氏亦指出檜木林擇伐經營之輪伐期宜定為160年，擇伐回歸年為40年。本試驗擇伐木之選擇對象，為老齡木、瑕疵木、風倒木、枯立木及少數樹型不良之紅檜樹種，因此，保留之林木98%為健壯之台灣扁柏。

成功的天然更新，應具有足夠的下種稚樹，同時分佈必須均勻。本試驗在94林班及52林班之擇伐林地，分別實施不同整地處理，其中，採集約中耕整地者，下種稚樹最多，生長亦較快速，其整地帶上每m²下種之稚樹，分別為4.8株及2.9株(表5、表6)。由於本試驗設計，整地帶寬為1m，保留帶寬為3m，即每公頃之整地面積僅佔 $\frac{1}{4}$ ，據此估計，集約中耕整地後12年下種成功之稚樹，平均每公頃分別有12,000株及7,300株，然依據本試驗取樣調查之預定目標，每m²下種之稚樹具有1株時，即視為達到更新之目的，因此，集約整地者有90%之林地完成下種更新之目標(圖9)，顯示，下種稚樹分佈極為均勻。惟採集約整地，由於下種之稚樹過度密集，必須實施除伐作業，期以培育具

高經濟價值之扁柏複層林，提高本省檜木森林資源之品質及蓄積。

粗放整地和未整地處理者，下種之稚樹數量或生長均屈於劣勢，其每m²林地下種之稚樹，在94林班者，雖然分別具有0.36株及0.33株，在52林班者，分別亦有0.19株及0.17株(表5、表6)，但其下種稚樹之分佈極不均勻，僅完成預定目標之35%及32%之下種更新(圖9)，依據調查時發現，該兩種整地方式，發生之稚樹大都集中於伐木根株周圍，集材線上，石礫縫隙及大型廢材週圍等雜草不易生長之處。因此，天然更新之林地整治，不宜採用粗放整地或未整地，否則，擇伐後林地不能達到全面下種更新之目標，勢必將使檜木林相更趨惡化。

表4至表6所比較之稚樹基徑及樹高生長量，係為全部樣區之均值，包括未具下種之樣區在內，因此，本試驗所比較之均值要較實際生長為小。稚樹之實際生長趨勢，如圖11及圖12所示，強度擇伐區下種之扁柏稚樹，在12年生時，基徑約為3.8cm，樹高可達2.7m，要較弱度擇伐區者為快速。

52林班下種之稚樹數量較94林班為少(表5及表6)，此或因52年林班試驗林於65年8月遭颱風侵襲，保留木發生嚴重風倒(圖13)，致林冠遭受破壞，雜草繁殖快速，嗣後下種稚樹受限，且因雜草生長繁茂，已下種之幼苗容易被覆蓋，致漸趨枯死甚或遭刈草撫育所刈除。由此證實，雜草確為妨礙天然下種更新之重大因素，亦證明，天然更新之林地整治，必須採集約中耕整地之原因。再者，52林班內，其光度較強(表7)，促使稚樹生長，致稚樹生長要較94林班為優。(圖11、圖12)

在一適當範圍中，擇伐度之強弱與下種更新之數量無關，此亦顯示，本試驗所作之各種擇伐強度均能達到誘導扁柏天然下種之目的。其中，強度擇伐和中度擇伐者，其稚樹之生長較為快速(表4)，此或因林內光度較強所致(表7)。據洪良斌研究(1979)，紅檜幼林時期，其林內光度在30%以下者生長不良。本試驗之強、中、弱度擇伐區之光度分別為42%、38%、27%，未擇伐之原始林，其林內光度則低於14%(表7)。顯示，天然更新之扁柏稚樹，仍需適度之陽光以促進其生長，且光度在30%以上者生長較佳。

本省天然檜木林種子之結實有豐年和歉年之分

，且每年12月至翌年2月為種子飛散最盛時間，本研究經長期觀察，民國61、64、68、72及77年，種子之結實最多，視為豐年，其他年度結實較少，視為歉年（圖10），即每隔3~5年種子才大量結實一次。52林班整地時，值為豐年，故80%之更新稚樹均在當年下種成功，然94林班整地之際，則為歉年，僅有12%稚樹於當年下種成功，直到次一豐年屆臨（即民國68年）時，始有71%之稚樹下種成功（圖10）。因此，種子結實，擇伐作業及跡地整地三者應為天然更新之三大要素，而且必須相互配合得宜。為使歉年之際亦能完成更新，可於豐年時擇優勢型母樹大量採種，待歉年之際將種子散播於整地帶上，使其發芽生長，或以人工培育苗實施栽植，以加速檜木之林相更新。

此外，氣候限制植被之類型及種類之分佈，據學者研究指出（柳楮、徐國士，1973），紅檜最適宜之生長環境為冷涼而不嚴寒之重濕氣候。意謂本試驗林區之雨量充沛，濕度大，此或為天然下種成功所繫之外在因子。

本試驗52林班試驗區擇伐後保留木遭風倒或枯死之為害極為嚴重，約佔保留木總株數之52%（圖13），就各胸徑階之株數與風倒或枯死數之比率而論，顯示以胸徑越大之林木，發生為害之比率越高。在94林班試驗區，則因為具有52林班擇伐之經驗與技術為基礎，擇伐極為成功，其保留木遭受風害現象顯著下降。依據調查及觀測、風倒及枯死之情形，均在擇伐後3年內發生，以後則未再發現有災害之現象。茲將52林班發生風害之原因及可以改進事項略述如次：

1. 缺乏經驗：臺灣之森林更新，以往幾乎全以皆伐作業為主，本試驗在52林班實施第一次單株擇伐作業前，鮮有其他有關擇伐經驗可循，大都依據皆伐作業之理念進行擇伐，致伐木及集材作業過於粗放，經常傷害保留木，由擇伐區之枯死木反較未擇伐對照區為多及枯死木均在3年內發生之事實可資為證。因此，採擇伐經營，必須要有實驗作基礎，才能達到預期目標。

2. 曳地集材而破壞林地覆蓋：本省對巨大檜木之集材，都以機械為主。52林班架設之集材線，依照計畫應每隔50m架設主線一條，寬度為8~10m，惟實際作業時，主線與主線間之距離有達100m之遠，且集材時除主線為架空集材外，其他兩側支

線均以曳地方式集材。由於伐木跡地分散各地，換線轉向等作業頻繁，致嚴重破壞地面覆蓋，甚或攪動留存木之根系，影響其固著能力。必須落實架空線集材，即主線與支線一律採架空方式集材，以減少對林地之衝擊。且擇伐經營，必須建立穩固之林道網，才能發揮理想的採運作業。

3. 地形陡峻：52林班試驗地，位在衝風地區，地形地勢陡峻，坡度位於35°以上者約佔55%，表土層淺薄，約在20~50cm之間，且土壤濕度大，固著力弱。由於檜木樹勢高大，如擇伐不當，保留木極易引起風害或枯死。故在地形地勢陡峻之地區應力求避免實施單株擇伐作業，且應將風向、風速列為擇伐作業之重要考慮因子。

4. 擇伐過量：52林班試驗區，在進行擇伐作業時，保留木被誤伐99株，致各處理之擇伐度均超逾強度擇伐率，林分鬱閉遭嚴重破壞，此或為發生風害的原因之一。本項缺失，最常發生於擇伐作業上，必須嚴格監督，才能避免發生誤伐。

5. 颱風影響：颱風侵襲為發生風倒之直接原因，52林班之風害幾乎全部為民國65年8月間遭畢莉颱風過境引起。而94林班之風害亦於69年9月遭珀西颱風侵襲發生，然其災害程度較輕微，52林班因保留木已恢復固著能力，珀西颱風侵襲時則未再發生風倒。此亦顯示，擇伐作業得當，可使風害或枯死之害減至最低程度。

6. 保留木選擇不當：本省原始檜木林，其樹齡大都高達百年甚或超逾幾千年以上，根部懸空裸露之林木比比皆是，如生長於風倒木上之二代木等，其固著能力極為脆弱，此等林木若被選為保留木，極易引起風倒或枯死，故保留木之選定必須慎重。

臺灣之森林更新，向以皆伐後再行栽植造林為主，其造林樹種之選擇，以往較趨向於柳杉，目前雖已重視紅檜或臺灣杉等經濟樹種之建造，但臺灣扁柏之造林仍為數不多。本試驗保留之母樹大都屬臺灣扁柏，其下種之稚樹，扁柏約佔95%，紅檜約佔5%。因此，採擇伐經營，可使不易建造之優良鄉土樹種得以延續更新生長。

擇伐天然下種更新法由於採方式之不同，致有單株、羣狀及帶狀等別（王子定，1974），本試驗採單株擇伐利用上方下種更新，結果顯示，確可誘導下種更新。惟採單株擇伐作業，必須具備豐富的經驗和熟練的技術，且現場監督必須嚴格執行，

若稍有不慎，保留木容易引起風害或枯死。亦即並非所有林地均適合於實施此一作業方式。是以採群狀或帶狀擇伐更新，應為今後力求探討之擇伐策略。

由本試驗證實，集約中耕整地確為天然更新最佳之整地方式，茲將其整地和撫育方法略述如次，供今後天然更新實務上之參考或應用。

1. 採橫坡帶狀方式整地，整地帶之寬度為1 m，間隔具有3 m寬之保留帶，此應不致影響水土保持之功效。整地帶上之雜草必須連根掘除，即用刈草刀伸入地表內約5~10cm深，切斷雜草等植物之根部，然後移置於間隔帶上。其功效不但可抑制雜草生長，同時能使土壤自然疏鬆及裸露，供種子著土發芽及生長所需。本試驗於最初整地時，曾試用山鋤耕鋤，然因林地表土佈滿植羣根系及根株廢材，工作困難，效率偏低，故整地時切勿使用山鋤耕鋤。

2. 擇伐後必須隨即進行整地作業，此時，地被植物較少，易於整治，費用較省，依本試驗之估計，每工每天可整地60m，則每公頃之整地工作天數為42工（表9）。

3. 整地帶以外3 m寬之間隔帶，於整地或刈草撫育之際，亦需同時進行一般刈草工作，以防止雜草或灌木之叢生，影響稚樹生長。

4. 堆積較厚之腐植層或枯枝落葉層，必需施以適度的攪亂或移除。惟據本試驗調查時發現，較大型之廢材其週圍常有較多之稚樹發生，此或因廢材週圍雜草生長較慢，且具庇蔭之功效，故整地時，可適度留置部份較大之廢材。

5. 天然下種之扁柏稚樹，初期生長較慢（圖11、圖12），因此，自整地後翌年開始應連續實施刈草撫育工作6年。即整地當年不需刈草，第2年至第6年每年刈草2次，第7年僅需刈草1次，年行二次刈草時，初次刈草於5月間，第2次刈草於9月間進行。年行一次刈草時，則於7月間進行。且因幼苗細小，第2年及第3年刈草工作，須用手小心拔除幼苗周圍之雜草，此外，尚需注意避免踐踏幼苗。每公頃刈草撫育之工作天數共82工（表9）。

6. 天然下種不均勻之地區，可藉人工補植，即在第2年或第3年之刈草撫育後，疏拔其密集之幼苗或人工培育苗，補植於空隙地帶。

植生調查：

為瞭解試驗林地之植生情形，仍在94林班擇伐林地經集約中耕整地之試區和未經擇伐之原始檜木林地，各設10×10m之樣區4個，進行調查，其樣區內之植羣組成和結構如次：

1. 擇伐試驗區：上層為經擇伐後保留之扁柏所構成的檜木優勢層，高度約16~25m，樹冠層僅此一層，其下方並無由闊葉樹構成的第2層樹冠，林床上則有許多扁柏幼樹，高度約30~340cm，其間伴生的闊葉樹則有臺灣樹參、尖葉新木薑子、臺灣杜鵑、臺灣鵝掌柴、臺灣白珠樹、玉山假沙梨、白花八角、珠砂根、深山野牡丹、深紅茵芋、珍珠花、米飯花、以及單子葉植物之高山箭竹等，其中以臺灣杜鵑、臺灣鵝掌柴和臺灣白珠樹較多，其高度約40~70cm。其間伴生之草本植物有臺灣瘤足蕨、裂緣花、萼竹杞、山酢漿草、粟蕨、玉山鬼督郵、肉穗野牡丹、臺灣深杯夢草、高山芒、華柴金牛等，其中以臺灣瘤足蕨和華柴金牛數量最多。藤本則有玉山肺形草、玉米懸鉤子、阿里山菝葜、大枝掛繡球、毛葱木。附生植物則有蒼生杜鵑、細葉落蕨、阿里山舌蕨、凹葉越橘、而林床和樹幹下則有一葉蘭。

2. 未擇伐之對照區：上層為扁柏和紅檜構成的檜木優勢層，下方的闊葉樹構成低矮的喬木層，其高度約5~10m，樹種有臺灣杜鵑、尖葉新木薑子、臺灣鵝掌柴、白花八角、楊桐等。其他之灌木、草本植物、附生植物及藤本等之植生種類，則與擇伐試驗區者相似。

依據植生調查結果，以擇伐區和未擇伐之對照區比較，其植生種類差異不大，僅如陽性植物如蘭科之一葉蘭在擇伐區大量出現，陰性植物如阿里山舌蕨、阿里山肢節蕨、大久保氏梳葉蕨只出現於對照區內。而以量方面之差異，則扁柏之幼苗在擇伐區中呈現優勢，大量出現。可見，擇伐確可促使天然下種。

單株擇伐作業費用之評估：本試驗於民國65年實施擇伐時，其作業成本，包括伐木、造材、集材、裝車及運材等之支出為1,017元/m³，然就伐造集裝之作業成本而言，擇伐者為一般皆伐作業之2.26倍（洪良斌，1984）。

再者，森林開發處經營範圍大溪事業區丁作業級，在前施業期間，按伐採列區分別開築林道約有38公里，林道相當穩固，為配合執行臺灣林業經

營改革方案，於民國65年全部停止該作業級伐木作業。自民國73年起，為促使森林達到多邊功能，依照經營管理計畫進行保安林保育作業，至78年度為止計完成63公頃。其作業方式係根據本試驗之單株擇伐作業之模式及經驗，進行擇伐式之枯立倒木之整理更新經營，亦即於現有之林道兩旁將已自然枯死及風倒之林木採伐利用，跡地並參據本試驗之集

約中耕整地方式進行整治作業，以加速天然下種更新。表10所示，為該處民國78年時枯立及倒木整理更新所需之伐運成本，合計為2,182元/m³，依目前檜木普通材原木為41,787元/m³（林務局，1989）。因此，天然檜木採用擇伐作業經營，其作業成本雖比一般皆伐作業者為高，仍極為可行。

表10 天然檜木林保育作業枯立倒木整理伐運費用

伐	採	費	用	運材費用	總計
伐木、造材 (元/m ³)	集材、裝車 (元/m ³)	動力、物料 (元/m ³)	其他費用 (元/m ³)	(元/m ³ /80k)	(元/m ³)
219	990	193	254	526	2182

綜合上述結果，本研究已證實檜木天然下種更新確能成功，技術上的前提為：適當的擇伐作業，集約中耕整地，以及週密的撫育管理。惟這類天然檜木林均位於集水區上游，已劃定為保安林，今後應著重於天然更新作業對水土保持之效應評估，若能將作業之影響限制在對水土保持可容許之範圍內，擇適宜之林地逐步進行全面之天然更新，誘導老化森林能恢復其健壯之生機，應為今後天然保安林經營之重點。

六、結 論

本試驗採單株擇伐行上方天然下種，依據研究結果顯示，擇伐和整地時期需與種子之結實年度相互配合。在本研究所比較之各種整地方式，顯示以集約中耕整地者，下種稚樹之數量最多，生長亦較快速，且稚樹分佈極為均勻，確能達到下種更新的目標。粗放整地和未整地者，下種稚樹分佈極不均勻，即林地不能達到全面下種，因此，欲達成林地全面更新，必須採用集約中耕整地。

集約中耕整地之作業，必須將雜草等地被植物之根部全部掘除，以抑制雜草之繁殖，表土亦可獲致自然疏鬆及裸露，供種子著土發芽及稚樹生長發育所需之適宜林地環境。惟集約整地，下種稚樹過度密集，必須實施除伐作業，期以培育為具高經濟價值之扁柏復層林。

本研究之擇伐處理區和未擇伐之對照區，植生種類差異不大，但擇伐區之扁柏幼苗呈現優勢，大量出現，未擇伐之對照區幼苗稀少，顯示，擇伐確能誘導檜木天然下種更新。在本研究所比較之各種

擇伐度，均能達到下種之目的，惟各擇伐度下種稚樹數量並未具顯著差異，其中，強度和中度擇伐者，由於林內之光度較強，稚樹之生長則較為快速。為兼顧保留木之健壯生長，擇伐量之釐定，必需依據林分單位蓄積量之多寡分別計算，在本試驗林分之蓄積範圍內，擇伐率為25~40%時，胸高斷面積保留量為21~35m²/ha，均能達到預定目標之90%的天然下種更新。

依據本研究之結果及觀察，在地形地勢陡峻及衝風之地區，或擇伐過量致林冠遭受嚴重破壞，或以曳地之方式集材致嚴重破壞地表覆蓋等情況下，則保留木容易發生風倒或枯死之危害。本研究擇伐經驗及結果可供今後擇伐更新之參據。

參考文獻

- 王子定，1974. 應用育林學（下），國立編譯館出版，328頁。
- 林務局，1989. 臺灣林業，15(4)：72。
- 洪良斌，1971. 臺灣高山地區天然生檜木林經營方法之初步研究，林試所試驗報告第209號，38頁。
- 柳樞，徐國士，1973. 鴛鴦湖自然保護區之生態研究，林試所試驗報告第237號，32頁。
- 洪良斌，1975. 石門水庫上游天然生檜木保安林經營方法之初步研究，中華農學會報新92期，87~111頁。
- 洪良斌，羅卓振南，1979. 紅檜需光度之研究，林試所試驗報告第321號，15頁。
- 洪良斌，1982. 石門水庫上游天然生檜木保安林天然更新

- 之研究，中華農學會報新 117 期，49~54 頁。
- 洪良斌。1984. 臺灣高山地區天然生檜木林擇伐改良之效果，中華林學季刊，17(4) : 47~56.
- 洪懷琳。1984. 紅檜散狀留伐天然下種更新試驗。中興大學實驗林研究報告第 5 號，25~38 頁。
- 陳振東。1974. 臺灣森林之天然更新。今日造林，54, 4~11 頁。
- 陳振東。1975. 臺灣森林天然更新可行性之研究。臺灣林業，1(4) : 13~14.
- 陳振東、許博行。1980. 紅檜之天然下種更新試驗。國立中興大學森林系研究報告第 183 號，6 頁。
- 森林開發處。1987. 棲蘭山林區大溪事業區丁作業級經營計畫評估有關資料報告，16 頁。
- 彭令豐。1988. 棲蘭山檜木天然更新造林之實施及現況。現代育林 3 (2) : 20~23。
- 農委會。1988. 森林法暨施行細則，43 頁。
- 劉慎孝。1975. 由森林觀點論臺灣之森林更新與造林問題，臺灣林業，1(2) : 5~16。
- 劉慎孝。1974. 論臺灣之森林更新與造林問題。中華林學季刊，7(4) : 41~50.
- 四手井、赤井、齋藤、河源。1974. ヒノキ林——その生態と天然更新，地球社，375 頁。
- Crutchfield, D. M. and I. F. Trew. 1961. Investigation of Natural Regeneration of Pong Pine. Jour. Forestry 59(4): 264-266.
- Gomez. K. A. and A. A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural research pp. 680.
- Liming. F. G. 1945. Natural regeneration of shortleaf pine in the Missouri Ozarks, J. Forestry, 43.
- Lee. S. C. 1962. Taiwan Red and Yellow-Cypress and their Conservation. Taiwania (8): 1-16.