

## 六龜地區臺灣杉人工林疏伐修枝 效果之研究

羅卓振南\* 鍾旭和\* 邱志明\*\*

### 摘 要

臺灣杉樹形高大，材性優良，因此，其人工林之經營應以生產長伐期高品質之大徑材為目標，而期中撫育之施行，則應以培植幹材為導向。本研究係以林業試驗所六龜試驗林第3林班，以原實施第一次修枝試驗之臺灣杉人工林，繼續施行第一次疏伐及觀測修枝後節之癒合。疏伐木之選定，係以自由疏伐法的原則進行。而其疏伐度則依每公頃胸高斷面積保留量為準，計分為四種：(A)弱度疏伐：保留 $42\text{m}^2/\text{ha}$ ；(B)中度疏伐：保留 $35\text{m}^2/\text{ha}$ ；(C)強度疏伐：保留 $30\text{m}^2/\text{ha}$ ；(D)對照區。疏伐後保留木再以第一次修枝試驗最佳成果為依據，均施以4.5公尺高之修枝處理，以資觀測節癒合情形。試驗結果分析如下：

1. 強度疏伐和中度疏伐處理，均可明顯增進臺灣杉林木胸徑和樹高的生長，並提高林分胸高斷面積和材積之生長量。
2. 強度疏伐對斷面積和材積之生長潛能具最大助力，至第5年時其生長曲線仍呈顯著上升之趨勢，而其他處理已呈平緩現象。因此，就疏伐撫育目標而言，強度疏伐應為最佳之疏伐度。
3. 本試驗林分樹幹分叉者約佔總林木株數之35%，採用強度及中度之自由疏伐法，可伐除此類幹形不良之林木，而有助於改善林分結構，以及增進林木品質生長之效果。
4. 臺灣杉林木之側枝繁多，平均每公尺樹幹所著生之枝條約為21枝。枝條節徑之大小界於0.2~3.4 cm 間，由癒合節之觀測結果顯示修枝傷口在4年內均已先後癒合，此後幹材之年輪生長顯現圓潤無節狀態，由此可見修枝確能提高林木之品質生長。
5. 優勢木(包括次優勢木)之枝條節徑較中庸木粗大，但其傷口癒合時間卻較中庸木者為快，故疏伐時應儘量留存優勢木及次優勢木。
6. 未作修枝之對照區林木，冠層下方之側枝約於11年生時即逐漸乾枯，但至19年生時其枯枝仍殘留於幹上而無法自動脫落，致成死節，此點顯示臺灣杉人工林實施人工修枝確實必要。

關鍵詞：臺灣杉、疏伐、修枝、定期平均生長、連年生長、傷口癒合。

羅卓振南、鍾旭和、邱志明。1992。六龜地區臺灣杉人工林疏伐修枝效果之研究。林業試驗所研究報告季刊，7(4):291-304。

\* 臺灣省林業試驗所森林經營系

\*\* 臺灣省林業試驗所復春分所

1992年 9 月送審 1992年 12 月通過

## Effects of Thinning and Pruning on *Taiwania (Taiwania cryptomerioides Hayata)* Plantation in Lu-Kuei Area

Chen-nan Lo-Cho, Hsu-ho Chung and Chih-ming Chiu

### [ Summary ]

The present study was carried out in a 14-year-old *Taiwania (Taiwania cryptomerioides Hayata)* plantation located in Lu-Kuei area of southern Taiwan. The plantation was experimentally pruned once at age of nine. In the present study it was, then, subjected to thinning and second time pruning experiments at age of fourteen. Four thinning regimes, based on the absolute basal area (BA) per hectare left after thinning, were applied; namely (A) light thinning with 42m<sup>2</sup>/ha of BA retained; (B) intermediate thinning with 35m<sup>2</sup>/ha of BA retained; (C) heavy thinning with 30m<sup>2</sup>/ha of BA retained; and (D) control. All trees retained after thinning were pruned up to 4.5 m tree height and the occlusion tendencies of branches after pruning were observed. Observations were made during the five consecutive years after thinning and pruning treatments; and the result can be summarized as follows:

1. Heavy and intermediate thinning significantly increased the D. B. H. and height growth of individual trees as well as the BA and volume growth of the plantations.
2. Heavy thinning significantly promoted the growth potential of both BA and volume of the plantation; and even at the fifth year after thinning, the growth curves of the plantation still showed strong tendency of raising, whereas the growth curves of the plantations treated with other thinning regimes were already leveled off. In term of thinning intensity, heavy thinning, therefore, was the best for plantation growth.
3. The plantation selected for the present study contained 35% deformed and over topped trees. Removal of these deformed trees by heavy and intermediate thinnings can improve the structure of the plantation and, thus, improve its qualitative production.
4. *Taiwania* is highly branching; and there were 21 branches on every one meter of stem. The branches of 0.2-3.4 cm in diameter occluded within 4 years after pruning; pruning, hence, improve the quality of timber produced from plantations.
5. Although the branches of dominant and co-dominant trees were, in terms of diameter, larger than that of intermediate ones, the occlusion time, after pruning, of the former, however, is shorter than the later. Hence, in the selection of trees during the thinning operation, the dominant and co-dominant trees, wherever and whenever possible, should be retained.
6. The branches of trees located on the lower layers of unpruned trees died back when the trees were 11-year-old. They, however, did not drop off even when trees reached 19-year-old. Dead knots were, therefore, formed in the stems of these unpruned trees. Pruning, hence, is necessary in managing *Taiwania* plantations.

**Key words:** *Taiwania cryptomerioides* Hayata, Thinning, Pruning, Periodic annual increment, Current annual increment, Occlusion.

**Lo-Cho, Chen-nan, Hsu-ho Chung and Chih-ming Chiu.** 1992. Effects of Thinning and Pruning on *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) Plantation in Lu-Kuei Area. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series. 7(4):291-304.

## 一、緒 言

臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hayata)又名亞杉, 英名Taiwania, 為臺灣特產之優良樹種, 樹幹通直, 樹徑可達3M, 樹高可達60M(吳順昭等, 1970), 主要分佈於本省中央山脈、海拔1500~2600M處。其木理通直、木肌細緻、材質優良、用途廣泛。人工造林生長快速, 對病蟲害之抵抗力強, 又可免松鼠危害, 因此, 自民國56年起林業單位即開始大面積造林, 據林務局統計, 至80年止造林面積累計達一萬一千餘公頃, 且大部份已成林, 極需進行適當的修枝及疏伐等撫育工作。

臺灣杉樹形高大, 目前所定之輪伐期為80年(劉慎孝, 1976), 經營理念應以生產伐期高品質之大徑木為導向, 因此自幼齡期間開始即應進行修枝撫育, 以培育無節材之生長。同時, 在林冠鬱閉且影響林分生長時, 施以疏伐撫育作業, 重新調整林分之結構與有效生長空間, 以增進留存林木之品質生長及林分材積生長。

本研究以作者等原實施初次修枝試驗之臺灣杉人工林為材料, 並於14年生產實施不同強度疏伐及第二次修枝作業, 除探討疏伐前後林分的結構狀態外, 並分析不同疏伐度對林分生長之影響, 以期瞭解其生長潛能及最佳之疏伐度, 並由修枝傷口之癒合情形, 瞭解節癒合之時間及效應, 以供今後該樹種撫育作業的參考。

## 二、材料與方法

本研究選定之試驗區, 位於林業試驗所六龜分所第3林班, 海拔高約1600M, 其地質岩層屬中生代上部粘板岩層, 土壤呈酸性, 腐植質厚, 為粘質土壤。造林地朝東南向, 坡度約在10°~25°之間。根據試驗區附近南鳳山氣象測候站10年間(1961-1970)所觀測得之氣象資料顯示, 試驗地之年平均溫度為17°C, 年平均總降雨量約為3700mm, 且多集中於5~9月份, 年平均相對濕度為86%(劉宜誠等, 1984)。

試驗林分原屬天然闊葉樹林地, 經採後於

民國62年5月間造林, 每公頃栽植株數為2500株, 成活率約在80%左右。幼齡期生長良好, 在9年生(民國71年春)時, 曾實施初次修枝試驗, 其試驗結果, 已見於羅卓振南等(1988)之報告。試驗林分約於13年生時完全鬱閉, 樹冠級已可顯現明確的區別。在疏伐前(14年生)調查結果, 各樣區林分胸高斷面積位於48.2~58.5m<sup>2</sup>/ha間, 其均值为54.6m<sup>2</sup>/ha; 此一斷面積蓄積量仍供作本試驗決定保留量之參考依據。

### (一)處理因子

本試驗疏伐方法, 係採定性與定量兩者之優點, 即先決定疏伐量, 再依自由疏伐法之原則選定疏伐木。在定量上係以不同之每公頃胸高斷面積保留量作為疏伐處理之基準, 分為四種處理:

- (A) 保留42m<sup>2</sup>/ha: 以弱度疏伐稱之, 疏伐木係以被壓木、斷梢木或分叉木為對象。
- (B) 保留35m<sup>2</sup>/ha: 以中度疏伐稱之, 疏伐木包括被壓木、斷梢木、分叉木及攏擠之中庸木。
- (C) 保留30m<sup>2</sup>/ha: 以強度疏伐稱之, 疏伐木包括(B)處理者外, 並及於次優劣木。
- (D) 對照區: 區中全部林木均未疏伐及未修枝, 每公頃胸高斷面積蓄積量約有54.1m<sup>2</sup>。

上述處理中除對照區外, 各處理並根據修枝高度可達樹高之1/2處仍不影響林木生長之事實(羅卓振南等, 1988), 以及配合市場需求的造材規格, 就疏伐處理後之保留木全部施以4.5m高修枝撫育。

### (二)試驗設計

本研究係以民國71年(9年生)所進行之修枝試驗區為基礎, 再於民國76年(14年生)3月間就16個試區, 重新予以規畫, 每試區面積仍為20×20M=400m<sup>2</sup>。採用達樣區集設計, 區分為四個區集, 共計有4(疏伐處理)×4(區集)=16試區。疏伐前各試區之林木, 經調查結果, 平均胸高斷面積為2.19m<sup>2</sup>, 而由統計分析檢定並無明顯差異。

(三)疏伐木之選定: 疏伐木係依下列順序, 依次選定。

1. 枯死木、瀕死木。
2. 受害木(包括風折為害木、鼠害木)。
3. 不良傾斜木、彎曲木。

4. 被壓木。
5. 分叉木。
6. 擁擠之中庸木。
7. 次優勢木。

惟在實際選木作業時，除依上述選木標準外，尚需考慮林冠之鬱閉度，鄰接木之相關位置及樹幹品質優劣等作適當之調整。

#### (四) 林木生長調查及分析

本研究於民國76年3月間(14年生)，依設計進行第一次疏伐及第二次修枝撫育，疏伐後每年均調查各林木之胸徑、樹高等生長，以及測定修枝傷口之癒合情形，迄81年3月(19年生)，試驗期間共計5年。在生長比較上，對各處理於疏伐後5年之定期生長，係應用達機區集設計之變異分析。連年生長變動則採用裂區設計之變異分析。各試區林木之胸高斷面積、立木材積及株數等，均換算為每公頃之數值，再進行比較。

#### (五) 修枝傷口癒合調查及疏伐工時分析

本試驗於修枝後隨即達機選取2個中度疏伐試區，分別量測優勢木(包括次優勢木)及中庸木之傷口數，並將每株林木之傷口大小以0.4cm為一階級，列成節級級之枝數分布，每年於6月及12月間觀測記載傷口癒合情形。在實施修枝及疏伐作業時，分別記錄4個重複試區每工之修枝及疏伐株數

，應用達機區集之變異分析，進行工時比較。

## 一、結 果

### (一) 疏伐前後林分之生長結構

試驗林在疏伐前後及處理5年後林分結構之變化，如表1及表2所列。

本試驗所採用之強度疏伐，斷面積實際保留量為30.6m<sup>2</sup>/ha，其疏伐率約為46%，留存株數為956株/ha，株數疏伐率達54%，相當於株行距3.5×3.0m。中度疏伐實際保留34.7m<sup>2</sup>/ha之斷面積，其疏伐率約為35%，留存株數約為1119株/ha，相當於株行距3.0×3.0m。弱度疏伐實際保留量約為41.8m<sup>2</sup>/ha，疏伐率約為24%，留存株數約為1312株/ha，相當於株行距2.5×3.0m。且經疏伐後，胸徑、樹高，斷面積及材積之變異係數均相對減低，而提高林分之均勻性。

### (二) 各種生長參數之定期平均生長

各處理在疏伐後5年，胸徑、樹高、林分斷面積及立木材積之定期平均生長量和生長率，經檢定結果，疏伐對上述各項生長參數均呈顯著或極顯著之處理效應，再以鄧肯氏多變域檢定( $\alpha=0.05$ )結果，如表3所列。

依表3所示，在疏伐5年後，胸徑、樹高、斷

表 1. 胸徑及樹高統計值

處理別	疏伐前後	林齡 (yr)	林分密度 (st/ha)	胸高直徑 (cm)		樹高 (m)		樹幹分叉	
				均數± 標準差	變異係數	均數± 標準差	變異係數	株數 (st/ha)	百分比 (%)
(A) 弱度疏伐	疏伐前	14	1988	18.5±4.74	25.62	10.8±1.13	10.46	656	33
	疏伐後	14	1312	20.4±3.89	19.07	11.3±0.85	7.52	157	12
	5年後	19	1312	23.5±4.24	18.04	14.7±1.12	7.62	157	12
(B) 中度疏伐	疏伐前	14	2006	17.7±4.01	22.66	10.6±1.05	9.91	720	36
	疏伐後	14	1119	19.8±2.99	15.10	11.2±0.65	5.80	56	5
	5年後	19	1119	24.8±3.90	15.72	15.1±0.99	6.56	56	5
(C) 強度疏伐	疏伐前	14	2058	17.4±4.20	24.14	10.5±1.10	10.48	702	34
	疏伐後	14	956	20.0±2.79	13.95	11.2±0.60	5.36	29	3
	5年後	19	956	25.4±3.86	15.20	15.3±0.97	6.34	29	3
(D) 對照區	疏伐前	14	1982	17.6±4.16	23.64	10.6±1.06	10.00	733	37
	5年後	19	1982	19.9±4.98	24.97	13.5±1.63	12.07	733	37

表 2. 胸高斷面積及材積統計值

處理別	疏伐前後	林齡 (yr)	胸高斷面積 (m <sup>2</sup> /ha)			材積 (m <sup>3</sup> /ha)		
			均數	信賴區間	變異係數	均數	信賴區間	變異係數
(A) 弱度疏伐	疏伐前	14	54.9	51.5~58.2	41.0	278.0	254.2~301.8	49.4
	疏伐後	14	41.8	40.4~43.1	31.2	216.7	203.8~229.6	38.1
	5年後	19	56.3	53.7~58.8	32.9	383.2	355.2~411.2	40.4
(B) 中度疏伐	疏伐前	14	53.4	50.3~56.4	39.6	264.6	248.9~280.3	47.6
	疏伐後	14	34.7	32.7~36.6	27.3	176.9	169.4~184.8	32.9
	5年後	19	54.5	52.3~56.7	28.2	375.2	363.8~386.8	34.0
(C) 強度疏伐	疏伐前	14	56.2	52.9~59.5	42.8	278.2	258.1~298.3	49.6
	疏伐後	14	30.6	28.5~32.5	26.1	156.6	145.6~167.6	32.8
	5年後	19	49.1	44.9~53.3	27.0	341.2	320.3~362.1	33.2
(D) 對照區	疏伐前	14	54.1	50.8~57.4	37.7	268.0	249.9~286.1	45.6
	5年後	19	68.0	64.6~71.3	39.7	430.2	392.0~468.4	49.1

註：信賴區間  $\alpha = 0.05$

表 3. 疏伐後5年各種生長參數定期平均生長量在各疏伐處理間之比較

處理別	胸徑 (cm)	樹高 (m)	斷面積 (m <sup>2</sup> /ha/yr)	材積 (m <sup>3</sup> /ha/yr)	斷面積生長率 (%)	材積生長率 (%)
(A) 弱度疏伐	0.62 <sup>b</sup>	0.68 <sup>b</sup>	2.91 <sup>b</sup>	33.31 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b</sup>	11.1 <sup>b</sup>
(B) 中度疏伐	1.00 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	3.97 <sup>a</sup>	39.66 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>
(C) 強度疏伐	1.07 <sup>a</sup>	0.81 <sup>a</sup>	3.70 <sup>a</sup>	36.93 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>
(D) 對照區	0.45 <sup>c</sup>	0.59 <sup>c</sup>	2.79 <sup>b</sup>	32.44 <sup>b</sup>	4.6 <sup>c</sup>	9.3 <sup>c</sup>
檢定F值	36.00 **	21.00 **	15.00 **	4.66 *	131.44 **	93.40 **

\*表示具顯著差異( $\alpha = 0.05$ ), \*\*表示具極顯著差異( $\alpha = 0.01$ )。  
各直徑英文字母相同者,表示未具顯著,字母不同者表示其間具顯著差異。

面積及材積之定期平均生長量,以及斷面積和材積之生長率,均呈顯著或極顯著差異。經檢定結果,均以強度和中度疏伐處理效應最大,與弱度和對照區有顯著差異。

(三)連年生長量在不同疏伐強度間之比較

本試驗各處理林分於疏伐後經過連續5個年度之比較結果,疏伐強度對林分胸高斷面積及立木材積之連年生長量,均呈顯著或極顯著之處理效應,亦因年度而呈極顯著之變動,而疏伐強度與

年度間,亦具極顯著之交感作用,顯出疏伐效應將因年度變動而異(表4)。

由於疏伐強度及年度間之交感作用極其顯著,因此,在均數分析上須就同一年度內不同疏伐強度處理間,或在同一疏伐強度處理內不同年度間之生長量作一比較。各疏伐強度斷面積及材積之連年生長量,經鄧肯氏多變域檢定結果,如表5,各疏伐處理在不同年度之生長變動則如圖1及圖2所示。

表 4. 不同疏伐度林分斷面積及材積年生長量變異分析之 F 值

變異分析	自由度	斷 面 積		材 積	
		均方	F 值	均方	F 值
區 集	3	0.19	1.27	66.67	1.44
疏 伐 強 度	3	6.49	14.42 **	224.45	4.86 *
樣 誤 (a)	9	0.45		46.15	
年 度	4	1.90	47.50 **	172.48	45.39 **
年 度 × 疏 伐 強 度	12	1.29	32.25 **	149.47	39.33 **
機 誤 (b)	48	0.04		3.80	

\* 表示具顯著差異 ( $\alpha = 0.05$ )，\*\* 表示具極顯著差異 ( $\alpha = 0.01$ )。

表 5. 斷面積、材積之年生長量因疏伐強度之變動及比較

年 度	斷面積(m <sup>2</sup> /ha/yr)				材積(m <sup>3</sup> /ha/yr)			
	(A)	(B)	(C)	(D)	(A)	(B)	(C)	(D)
第 一 年	3.07 <sup>a</sup>	2.76 <sup>a</sup>	2.51 <sup>b</sup>	2.80 <sup>a</sup>	33.47 <sup>a</sup>	30.01 <sup>a</sup>	26.22 <sup>b</sup>	32.76 <sup>a</sup>
第 二 年	3.09 <sup>b</sup>	3.86 <sup>a</sup>	2.90 <sup>b</sup>	2.96 <sup>b</sup>	33.89 <sup>b</sup>	36.68 <sup>a</sup>	32.16 <sup>b</sup>	33.11 <sup>b</sup>
第 三 年	2.89 <sup>b</sup>	4.35 <sup>a</sup>	3.92 <sup>a</sup>	2.85 <sup>b</sup>	33.90 <sup>c</sup>	43.92 <sup>a</sup>	37.28 <sup>b</sup>	32.86 <sup>c</sup>
第 四 年	2.78 <sup>b</sup>	4.45 <sup>a</sup>	4.34 <sup>a</sup>	2.75 <sup>b</sup>	33.09 <sup>b</sup>	44.27 <sup>a</sup>	42.43 <sup>a</sup>	32.24 <sup>b</sup>
第 五 年	2.75 <sup>b</sup>	4.31 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	2.57 <sup>b</sup>	32.21 <sup>b</sup>	43.44 <sup>a</sup>	46.58 <sup>a</sup>	31.23 <sup>b</sup>

疏伐強度比較，以橫列字母表示，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； $\alpha = 0.05$ ）。

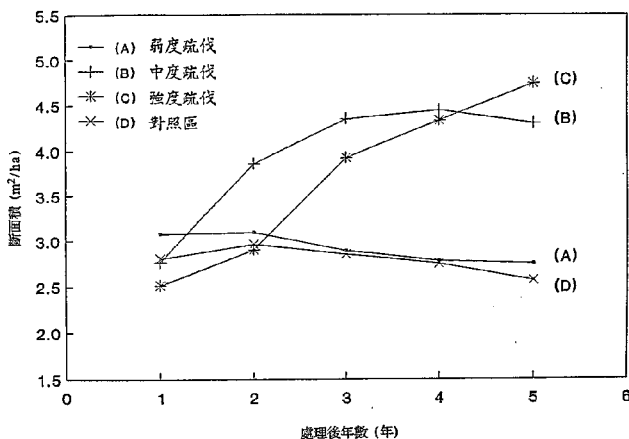


圖 1. 不同疏伐處理斷面積(區)年度之變動。

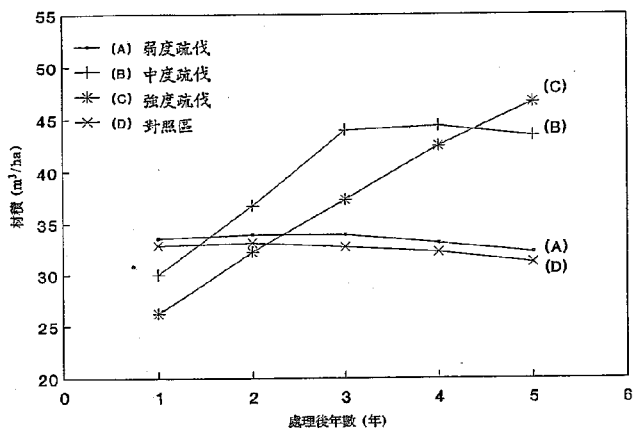


圖2. 不同疏伐處理材積生長因年度之變動。



圖3. 經強度疏伐處理5年後19年生臺灣杉人工林林相。該林分於14年生時施行疏伐試驗。圖示為每公頃保留的高齡面積30.6m<sup>2</sup>，林木留存株數為956株，保留木並施以4.5m高修枝。

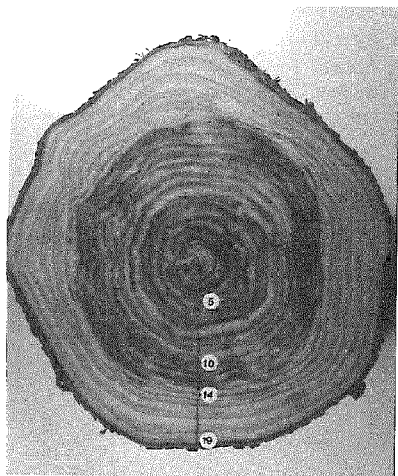


圖4. 14年生臺灣杉人工林施行強度疏伐處理，疏伐後對留存木之胸徑生長具明顯效應。圖示為中央木在14~19年生期間胸徑平均年生長量可達1.05cm。

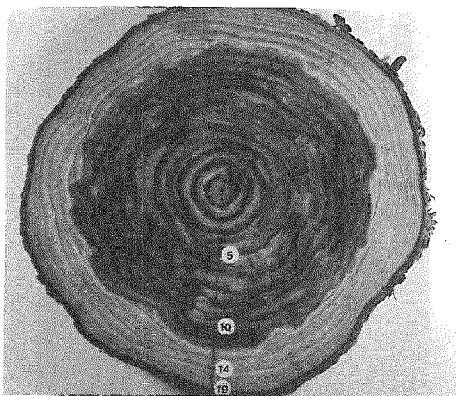


圖5. 未經疏伐之臺灣杉人工林，每公頃林木約為1980株，自14年生時林木胸徑生長已趨下降。圖示為中央木在14~19年生期間其胸徑平均生長量僅約為0.46cm。





圖6. 19年生臺灣杉人工林，未經疏伐及修枝之林相。每公頃林木株數約為1980株，其枯枝高達6m，且未能自然脫落，長期留存於幹上。

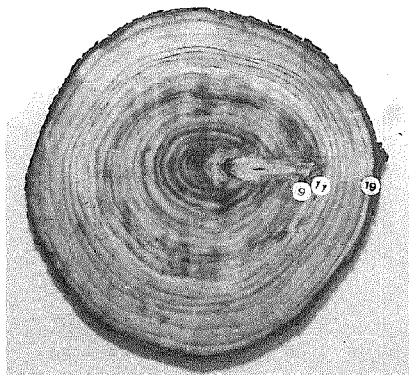


圖7. 臺灣杉於9年生時施行修枝，修枝傷口口徑為1.4cm，修枝後2年已完全癒合，自11年生以後所生長之幹材均為無節良材。

依表5資料所示，就斷面積而言，疏伐後第一年以弱度、中度疏伐者和對照區之生長量最大，強度疏伐者最小。至第三年以後則以中度疏伐和強度疏伐者最大，弱度疏伐者和對照區則趨於最

小。材積連年生長在不同疏伐處理之材積連年生長變動情形與斷面積之變動者呈現相同趨勢。

由圖1及圖2所示資料，各疏伐處理之斷面積和材積之年生長量，在處理後連續5個年度內之變

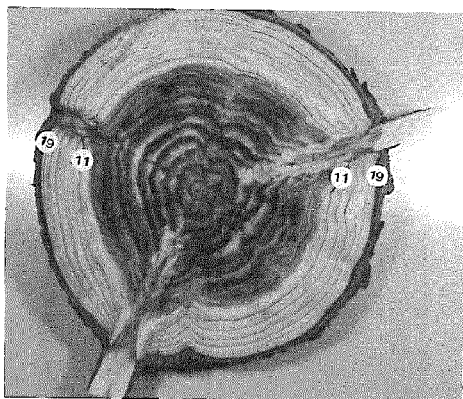


圖 8. 未作修枝之臺灣杉，其部份枝條自11年生時即已乾枯，枯枝至19年生仍未能自然脫落，形成死節。

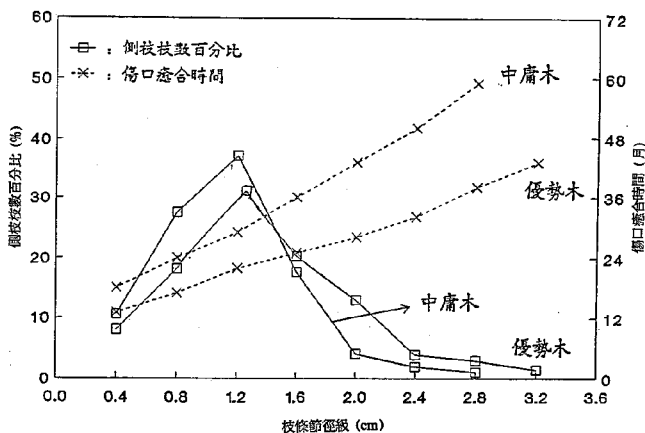


圖 9. 14年生臺灣杉枝條節徑之分佈及修枝傷口癒合時間。

動情形大致相同。即弱度疏伐和對照區在疏伐後5年內，此二種年生長均無明顯差異。中度疏伐在疏伐後1~3年間無論是斷面積或是材積年生長量均具明顯增加，至第4年以後則趨於平緩。強度疏伐自疏伐後此二種年生長量均具顯著增加之效應，而至第5年時仍維持緩和和上升之趨勢，並超越其他處理。顯示強度疏伐處理後林分之斷面積和材積之生長潛能最大。

(4)側枝分布及修枝傷口之癒合

茲將各林木側枝節徑換算為各節徑級佔總枝數之百分比。以及依修枝後5年間觀測所得之傷口癒合資料，繪製曲線圖如圖9。

就側枝節徑所佔之百分比而言，中庸木之側枝節徑以1.2 cm者數量最多，而節徑之分布而言在1.2 cm以下者約佔65%，而1.3 cm以上者則佔

35% (圖9)。優勢木(含次優勢木)之節徑則以1.3cm者數量最多，其中節徑在1.2cm以下者約佔52%，在1.3 cm以上者約佔48%。就修枝傷口徑大小與癒合時間之關係而言，無論是中庸木或優勢木均為傷口口徑愈小，癒合愈快；反之，口徑愈大，則癒合愈慢。惟優勢木之大節徑側枝數要較中庸木為高，但其傷口癒合時間卻較中庸木為快。此或因優勢木之胸徑生長較中庸木為快所致。因此，在施行臺灣杉之前商業性之修枝疏伐撫育時應盡量留存優勢木或次優勢木。

(5)疏伐及修枝工時分析

修枝及疏伐處理之工時，由統計分析檢定結果，區集間無明顯差異，此亦表示，同一處理之作業工時，在4個重複林地間約略相等。茲將各疏伐及修枝處理之工時估算結果，彙列如表6及表7。

表 6. 各修枝處理之修枝工時

修枝處理	修 枝 高 度(m)			每工每天修枝株數 (株/工)		側枝節徑均值 (cm)		平均每公尺 樹幹枝條數 (枝/m)
	第一次 (9年生)	第二次 (14年生)	二次合計	第一次	第二次	第一次	第二次	
(A)	2.0	2.5	4.5	130	70	1.2 (0.2~2.5)	1.2 (0.2~3.0)	22
(B)	2.5	2.0	4.5	113	88	1.2 (0.2~2.3)	1.3 (0.2~3.4)	20
(C)	3.0	1.5	4.5	71	104	1.2 (0.2~2.4)	1.3 (0.2~3.4)	21

註：1.本試驗使用手鋸修枝，並以腰刀和梯子為補助工具。  
2.民國71年開工資單價為400元。民國76年工資單價為700元。

表 7. 各疏伐處理之疏伐工時

疏伐處理	疏 伐 木			疏伐工時 (工/ha)	每天每組疏伐量	
	株 數 (株/ha)	平均胸徑 (cm)	平均樹高 (m)		株 數 (株/組)	材 積 (m <sup>3</sup> /組)
(A) 弱度疏伐	676	13.2	10.0	5	130	12.0
(B) 中度疏伐	887	15.0	10.2	10	90	8.8
(C) 強度疏伐	1,112	16.1	10.4	9	120	13.5

註：1.本試驗採用小型鏈鋸伐木，一組二人，即伐木工1人(包括鏈鋸、油料每天1,400元)，助手1人每天700元，合計一組每天2,100元(民國76年工資單價)。  
2.疏伐工時僅計算伐木時間，未造材，惟弱之疏伐木必需移倒，每天實際工作6.5小時(扣除往返路程及中午休息時間1.5小時)。

#### 四、討 論

臺灣杉樹幹通直，材性優良，胸徑可達3m，樹高可達60m，因此，人工林經營應以生產長伐期高品質之大徑木為目標，而在生長過程中至少須施行2~3次之疏伐與修枝撫育。本研究即根據此生產目標理念，作為系統之一系列疏伐與修枝撫育試驗。

本試驗選擇林試所六龜分所轄區14年生之臺灣杉人工林，作為不同疏伐處理及修枝後節節合之試驗研究。疏伐方式採定性與定量兩者之優點，即先決定疏伐量(以胸高斷面積為基準)，再依自由疏伐之原則選定疏伐木，疏伐木之選擇完全根據林木發育情形而定，因此較能合乎優良林分發展原則。疏伐後5年，林木之胸徑、樹高及林分之胸高斷面積和材積之定期平均生長量與生長率，均顯示以強度和中度疏伐之處理效應最佳(表3)。即強度疏伐每公頃胸高斷面積實際保留量為30.6m<sup>3</sup>，林木存有株數約為956株/ha，疏伐後5年之材積定期平均生長量約為36.9m<sup>3</sup>/ha/yr；中度疏伐則實際保留量34.7m<sup>3</sup>/ha之斷面積，林木存有株數約為1119株/ha，疏伐後5年之材積定期平均生長量約為39.6m<sup>3</sup>/ha/yr；弱度疏伐每公頃斷面積實際保留量為41.8m<sup>3</sup>，林木存有株數約為1312株/ha，疏伐後5年之材積定期平均生長量約為33.3m<sup>3</sup>/ha/yr；未疏伐之對照區林分斷面積蓄積量約為54.1m<sup>3</sup>/ha，株數約為1980株/ha，5年間之材積定期平均生長量約為32.4m<sup>3</sup>/ha/yr。據 Savill and Evans (1986) 指出，愈強度之疏伐，生長恢復到最高峰再下降所需的時間較慢。反之，較弱度疏伐，當達到最大生長量時，其下降時間則較快。本研究疏伐後經過連續5個年度之比較結果(圖1及圖2)，強度疏伐處理，其材積和斷面積生長量，均呈逐年顯著上升趨勢，至第5年時生長潛能仍維持緩和上升趨勢，生長量已高出其他疏伐處理。因此，就疏伐撫育之產量目標，本研究之強度疏伐所能產生之生長促進潛力持續時間較長，應為最佳之疏伐度。再者，於疏伐5年後，從強度疏伐試區砍伐之中央木剖析，了解其胸徑生長自13年生時已趨減緩，惟自14年生施行疏伐撫育後，胸徑生長即呈現明顯增加之效應，且至19年生時仍具生長潛力(圖4)。圖5則為未經疏伐林分之中央木，其自14年生時胸徑生長已趨下降。綜合以上本試驗各項生長效應，而明瞭臺灣杉人工林在林分鬱閉後，適時、適量實施疏伐，確可提高林地單位面積之材積生長量。

為配合小徑木之利用，林試所利用系曾採取

18cm以上之疏伐木，裝飾本所四樓會議室壁板，成果良好。據劉宜誠(1984)對林試所六龜轄內之臺灣杉造林木之生長與材質研究指出，該樹種之材性大致於幼年期已趨穩定，且比重已與成熟材者相近，足可供加工利用之需。今後如能改良集運技術，降低生長成本，以及擴展小徑木利用之範圍，不但臺灣杉之疏伐作業能順利進行，亦可減少本省木材之進口數量。

樹幹分叉之喉疵，不但降低臺灣杉林木之材質，且由歷年觀察所得，分叉木易導致風折害。本試驗在疏伐前樹幹分叉木約佔各處理林木總株數之35%，經過疏伐後，分叉木大都已被伐除，所佔百分比明顯下降，其中以強度疏伐和中度疏伐所獲成果最佳，約95%之留存木幹形圓滿通直(表1)。此亦表示，本研究採以自由疏伐法選定疏伐木，能合乎優良之林木發展之原則，消除幹形不良分叉木，使優良之林木得以均勻配置於林地，改善林分結構及木材品質。據羅卓振南等(1991)指出，著灘地區之臺灣杉人工林，樹幹分叉數亦約有23%。作者等亦就林試所六龜轄區20林班7年生臺灣杉人工林之試驗區，調查統計林木分叉之情形，得知該林分曾因79年8月間強烈颱風過境，林木樹梢遭風折害約佔43%，且風折林木於次年梢端已生長分叉。由此推測，臺灣杉林木樹幹分叉甚多之原因，可能與幼齡生長快速，梢端易遭風折，造成樹幹分叉有密切關係。再就胸徑、樹高、斷面積及材積之變異係數而言，經疏伐後均相對減低(表1及表2)，此仍因林分中之被壓木及部分中庸木已被伐除，致提高林分之均勻性。由此可見疏伐亦可改善林分結構及林木品質。

基本上修枝高度需視林木樹高生長情形及市場需求造材規格而決定。本試驗於9年生時施行第一次修枝撫育，所得結果修枝可達樹高之1/2處，傷口在3年內亦能完全癒合(羅卓振南等，1988)。因此，自11年生以後生長之木材均為無節良材(產7)。復於14年生時進行疏伐，同時施行第二次修枝，以繼續觀測節節合之情形，其修枝高度除參考第一次修枝結果(可達樹高之1/2處)外，並配合市場需求之造材尺寸而決定，即將疏伐後之保留木均施以4.5m高之修枝處理。

若以撫育費用之觀點而言，修枝林木應以主伐木為主。本研究保留木全部修枝，其原因及效益有以下幾點：(1)臺灣杉幼齡期生長快速，樹幹易遭風折為害，若保留木全部修枝可彌補風折為害之缺點。(2)可避免保留木產生死節，提高嗣後再疏伐時疏伐木之材質與利用價值。(3)在臺灣為

害較多之造林地,可防止蔓藤附著枝條攀爬之機會,增進除草的效果。(4)可節省選擇修枝木之時間。(5)作業發包及驗收等項的手續簡單易行,有助於提高作業進度及品質。(6)林相景觀優美。(7)避免枯枝長期寄存幹上,減少病蟲害之發生。但修枝高度若超過5m以上,因作業困難,費用較大,修枝對象則應以主伐木為主,如此,較能合乎現場實際作業的需要。

臺灣杉林木側枝繁多,平均每公尺樹幹所著生之枝條約為21枝(表6),本試驗林分每公頃林木株數約為2010株,由於林分密度較大,因此,側枝細小,界於0.2~3.4cm間,平均約為1.3cm(表6),經修枝後,根據剝離表面顯測結果,傷口在4年內均已完全癒合(圖3及圖9)。再以樹冠級別分析結果,優勢木(包括次優勢木)之側枝節徑較中庸木粗大,但傷口之癒合時間卻較中庸木為快(圖9),此或因優勢木之胸徑生長較快所致,因此,疏伐撫育應盡量保留優勢木或次優勢木。據王子定(1966)指出,生長較慢之樹種,修枝傷口癒合亦較慢,且易產生邊腐、心腐及脂囊之缺陷。羅卓振南等(1991)指出,臺灣杉人工林在14年生以前胸徑生長較快。因此,修枝宜在14年生以前施行,除能早期獲得無節材之生長外,亦可提高傷口癒合時效。

臺灣杉枝條能自然枯死,但卻發存而不脫落,就本試驗未作修枝之林分而言,於11年生時部份側枝即相繼枯死,至19年生時仍殘存幹上,致成死節,影響材質生長甚大(圖6及圖8)。因此,確需施行修枝作業。

影響疏伐修枝撫育之作業成本因素很多,除疏伐強度及修枝高度外,如作業地點遠近、林道、林分密度、林齡、樹種、地被植群及地形等,在作業成本計算上均屬斟酌之要。本試驗於疏伐修枝作業前,先清除林地上之蔓藤雜草,試驗地距住宿地點較近,每天實際工作時間為6.5小時。由於林分密度高,致疏伐木不易伐倒,尤以中度疏伐為然,疏伐木常懸架於保留木上,需費時移倒,影響工作進度,每天每組(2人及鋤鋸一臺)僅約可疏伐90株林木。弱度疏伐其疏伐木之胸徑及樹高較小,易於伐倒,作業較易實行。強度疏伐則由於疏伐木較多,株距空間較大,疏伐木懸架之機會較少,因此,工作量較中度疏伐多,每天每組約可疏伐120株林木(表7)。本試驗疏伐工時僅指疏伐木之伐倒時間,未包括運材等工作。工資單價每年均有變動增加,因此,本研究僅提供工時分析,表6及表7中亦列出不同年度之工資單價提供參考。

## 五、結 論

本試驗臺灣杉人工林,每公頃林分密度約為2010株,在14年生時,平均胸徑可達17.8 cm,平均樹高約10.6 m。其幼齡生長快速,惟側枝及分叉木甚多,因此,欲生產優良品質之大徑木,則需進行修枝及疏伐等中間撫育。據作者等之研究,顯示臺灣杉在9年生時即可施行初次修枝,其修枝高度以不超過樹高之1/2處為佳。第二次修枝則於14年生施行疏伐時同時進行,此時修枝高度為4.5 m,亦為配合市場需求的造材規格。枝條大小則界於0.2~3.4 cm間,所有傷口均能於4年內癒合,顯示修枝確有助於樹種無節材之生產。

為緩解林冠閉後對林木生長所產生之不良抑制影響,本研究乃於14年生時對該林分施行疏伐撫育,疏伐木之選定以自由疏伐法之原則進行,經過五年期間之試驗結果顯示,強度疏伐及中度疏伐,除能增進林分材積生長外,亦可消除幹形不良之分叉木等,俾優良林木均勻配置於林地上,改善林分之結構。此外,本研究結果亦顯示,強度疏伐處理後之林分斷面積和材積生長潛能最大,至疏伐後第5年時仍呈顯著上升之趨勢,因此,就林分材積之生長而言,強度疏伐應為最佳之疏伐度。其每公頃胸高斷面積保留量為30.6m<sup>2</sup>,林木存有株數約為956株/ha。

## 引用文獻

- 王子定. 1976. 應用育林學(下)。中正書局,臺北,328頁。
- 吳順昭、汪淮. 1970. 臺灣主要木材圖誌。國立臺灣大學、臺灣省林務局合作刊行,115頁。
- 洪良斌. 1979. 臺灣杉幼林集約經營與其生長關係之研究。中華農學會報新第106期,79-99頁。
- 楊榮旗. 1980. 森林測計學。黎明文化事業,臺北,515頁。
- 劉煥孝. 1976. 森林經理學。國立中興大學,臺中,965頁。
- 劉宜誠、林國銓、唐謙雷. 1984. 六龜地區臺灣杉造林木之生長與材質之研究。林試所試驗報告第408號,25頁。
- 羅卓振南、鍾旭和、陳燕章. 1988. 修枝對臺灣杉幼林生長及節癒合之效應。林試所研究報告季刊,3(4):241-253。
- 羅卓振南、鍾旭和、邱志明、周朝富、羅新興. 1991. 疏伐與修枝對臺灣杉人工林生長之影

- 響。林試所研究報告季刊・6(2):155-168。
- 羅卓振南、鍾旭和、邱志明。1992。臺灣杉人工林疏伐修枝作業手冊。林試所林業叢刊第41號，10頁。
- 坂口勝美。1961。間伐の本質に関する研究。林試研報No. 131 P. 1-95。
- 菊決喜八郎。1981。間伐效果に関する定量的研究(I) 收量—密度圖を用いた分析。日村誌，63(2):51-59。
- Deitschaman, G. H. 1966. Diameter growth of western white pine following precommercial thinning. U. S. Forest Service Reserch Note. Int-47. 5pp.
- Harrington, C. A. Renkema, D. L. 1983. Initial shock and long-term stand development following thinning in a Douglas-fir plantation. Forest science 29(3):33-46.
- Savill, P. S. and V. Evans. 1986. Plantation Silviculture in Temperate Region Oxford Univ Press, Oxford. 246pp.
- Williston, H. L. 1978. Thining shortleaf pine plantations in northern Mississippi. Southern journal of Applied Forestry 2(4): 137-140.