

修枝對台灣杉幼林生長及節癒合之效應

羅卓振南 鍾旭和 陳燕章

提 要

本研究之目的，在探討台灣杉幼齡林適宜之修枝年齡，修枝高度，以及觀察修枝傷口之癒合趨勢，以期生產無節大徑木，提高木材品質及經濟價值。供試林分為本所六龜分所試驗林第3林區之9年生台灣杉人工林，初次修枝每公頃暫定為1000株，修枝高度係以林木樹高為標準，將修枝高度定為樹高之(A)1/4；(B)1/3；(C)1/2；及(D)完全不做修枝處理等四種。本試驗施行於民國71年2月間，迄民國76年2月間調查修枝後5年之效應，結果要述如次：

1. 9年生台灣杉幼林若行修枝，對林木之胸徑、樹高及材積生長均無顯著之影響，即使修枝高度達樹高之1/2時亦然。

2. 本試驗探討之幼齡林，側枝節徑分佈位於0.2~2.5cm之間，修枝傷口於3年內均已癒合，修枝確能提高林木之品質生長。

3. 枝條節徑級(ND)、(cm)與修枝傷口癒合時間(Y)、(月)之最適關係式為： $Y = 12.40 + 3.2857ND + 2.6786ND^2$ ，呈二次曲線上升，即節徑愈大，傷口之癒合能力愈差，需較久時間始能癒合。節徑位於1.6cm以下者，修枝傷口在2年內即可癒合。採用上式推算各節徑修枝傷口之癒合時間，若能配合林分之側枝發育狀況，即可釐定最適之修枝林齡。

4. 癒合節之觀察結果顯示，節徑在0.6~1.7cm者，在修枝後第4年左右，年輪生長即趨於平滑，恢復正常生長，年輪寬度仍呈均勻。

5. 未作修枝之林分，冠層下方之部份側枝約在10年生時即漸乾枯，然至15年生時仍殘存而不自動脫落，致成死節，顯示台灣杉造林木實施人工修枝確實必要。

6. 適宜之修枝高度必須配合林分之生長結構及生長速率，修枝林齡若欲提早，其強度應較保守，若於9年生修枝，則其強度可達至樹高之1/2處。

7. 9年生台灣杉經修枝後5年，對樹幹完滿程度無顯著之影響。

關鍵詞：台灣杉、修枝、節徑、形率、樹冠級、癒合趨勢。

羅卓振南，鍾旭和，陳燕章，1988，修枝對台灣杉幼林生長及節癒合之效應，林業試驗所研究報告季刊，3(4): 241—253,

1988年8月送審

1988年10月通過

主審委員：高毓斌
邱志明

Effects of Pruning on the Growth and the Branch Occlusion Tendency of *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) Young Plantation

Chen-Nan Lo-Cho, Hsu-Ho Chung, Yen-Chang Chen

[SUMMARY]

The purposes of this study are to search for the best tree age for pruning and the best pruning height and to understand the occlusion tendency of branches after pruning. The 9-year-old *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) plantations in Lu-Kuei Experimental Forest of Taiwan Forestry Research Institute were treated by (A) pruning up to $\frac{1}{4}$ tree height, (B) pruning up to $\frac{1}{3}$ tree height, (C) pruning up to $\frac{1}{2}$ tree height, and (D) no pruning. The trees were pruned in Feb. 1982 and the results were recorded in Feb. 1987 and analyzed as follows:

- (1) pruning had no significant influences on the growth of DBH, height, and volume of 9-year-old *Taiwania* plantations, even the pruning height was up to $\frac{1}{2}$ tree height.
- (2) The branches of 0.2–2.5cm in diameter were occluded within 3 years after pruning, and hence to improve the timber quality.
- (3) The relationship of the time needed for occlusion (Y) and branch diameter (ND) could be expressed as the equation: $Y = 12.40 + 3.2857ND + 2.6786ND^2$.
- (4) The branches of 0.6–1.7cm in diameter were occluded and the growth rings were smooth again within 4 years after pruning, and hence the timber quality was improved.
- (5) The branches of trees without pruning would die when the trees were 10-year-old and not drop off even until 15-year-old and hence dead knots were made.
- (6) Pruning height should be made compromise with tree age. This study showed that pruning height of 9-year-old *Taiwania* plantation could be up to $\frac{1}{2}$ tree height.
- (7) The tree form quotients of *Taiwania* were 0.69% and 0.67% in 9- and 14-year-old, respectively. This showed that pruning had no significant influences on tree forms.

Key words : *Taiwania cryptomerioides* Hayata ; pruning ; branch diameter ; form quotient ; crown classes ; occlusion tendency.

Lo-Cho. C. N., H. H. Chung., Y.C. Chen, 1988 Effects of Pruning on the Growth and the Branch Occlusion Tendency of *Taiwania*(*Taiwania cryptomerioides* Hayata) Young Plantation. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series. 3(4): 241–253,

一、緒 言

台灣杉 (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) 為台灣固有之優良樹種，樹幹圓滿通直，木理亦通直，木肌細緻不具光澤，材質輕柔，易乾燥，耐蟻性極強，刨削及加工容易，塗漆及吸著性佳，可供建築、家具、樽桶、棺木、鑲板、膠合板、薄板等之原料 (馬子斌等, 1979)。以其優良之材性，價格高昂，原木價格可達 24,230 元/m³ (林務局, 1988)。且不懼松鼠為害，目前已為本省中海拔山區主要造林樹種之一。

此樹種生長快速，在本省南部中海拔地區之 44 年生人工林，胸徑可達 49cm，樹高約為 23m，蓄積量在 600 m³/ha 左右 (劉宣城等, 1984)。目前所訂之輪伐期為 80 年 (劉慎孝, 1976)，對此種長伐期之優良樹種而言，經營目標應在生產無節之大材，惟台灣杉之側枝濃密，欲提高木材生產價值，應自幼齡始即分次實施修枝。本研究之目的即在探明台灣杉幼林最適宜之修枝度，修枝年齡，修枝費用，以及瞭解修枝傷口之癒合趨勢，期能作為今後修枝作業之依據。

二、前人研究

台灣杉木材之各項物理及機械性質，大致上於幼年時期已趨穩定，受樹齡之影響不大，其幼齡木之木材比重約在 0.32~0.41 之間，與成熟材相似，亦不遜於紅檜與扁柏。為避免激烈的競爭及生長早期衰退，幼年期即需進行疏伐修枝等撫育措施 (劉宣誠等, 1984)。該樹種適宜本省海拔 740~2600m 之地區造林，適應範圍較柳杉為大，生長亦速，植於嘉義多林地區者，55 年生造林木胸徑達 64cm，樹高約為 39m，在幼林時側枝眾多，梢端亦有分枝幹者，應及時修枝 (洪良斌, 1974)。台灣杉者於 6 年生時，即可進行修枝，惟修枝高度不能超過樹高之 1/4 處 (洪良斌, 1979)。其他樹種亦曾進行修枝研究，如光臘樹於 5 年生修枝時，其修枝高度以修除至樹高之 1/4 處為宜 (洪良斌與羅卓振南

, 1977)。紅檜幼林之修枝宜在 6~7 年生時實施，修枝高度以修除至樹高之 1/4 或 1/3 高處為佳 (洪良斌與周朝富, 1971、1980)。柳杉修枝後第 5 年，雖為 70% 之修枝度，亦未限制樹高之連年生長；修枝後第 5 年，雖為 80% 之修枝度，亦未限制胸徑之連年生長；修枝為 50% 至 60% 者，尤屬安全，且能生成長幹無節之良材 (王子定與施慶芳, 1980)。在國外方面有關修枝之研究：據 Ralston 與 Lemien 之觀察 (1956)：美國赤松與白松栽植林之修枝，修除 50% 之枝條，並未顯著降低其高生長。據 Slabaugh 之研究 (1957)：多數針葉樹種在林分尚未鬱閉時修除 20~30% 之生活樹冠者，既不影響林木之高生長，亦未嚴重危害直徑生長。據 Sutton 與 Crowe 之研究 (1975)：紐西蘭未疏伐之放射松林 (*Pinus radiata*) 由於修枝度之增強及修枝次數之增加，致生長不良，尤其是高生長顯著下降。據 Arvidsson 之研究 (1985)：歐洲赤松之修枝，以 1/4 高修枝較佳，其修枝至 50% 之高度時，初期生長有下降之趨勢，惟至第 6 年時則恢復正常生長。據 Labyak 與 Schumacher 氏之研究 (1954)：德達松林分修枝至 40% 者，雖略為降低其直徑生長，然可生長無節之良材。

三、試驗林分概況

(一) 立地概況

本研究所選定之試區，位於林業試驗所六龜分所第 3 林區，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，為粘質壤土。造林地朝東南向，坡度約在 10°~25° 之間。根據試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% (劉宣誠, 1984)。

(二) 林分概況

本試驗林分原屬天然闊葉樹林地，經伐採後於民國 62 年 5 月間造林，每公頃栽植株數 2500 株，

成活率約為80%。幼年時期生長良好，立木度相當均勻，惟各林木均著生濃密的側枝，部份林木梢端亦有分叉幹之生長。於民國71年2月間林齡滿9年生時設置試驗區，進行不同強度之修枝試驗，迄民國76年2月間調查修枝後5年之結果。

四、研究方法

(一)處理因子

本試驗林分為9年生之幼齡林，初次修枝高度係以樹高為標準，將修枝高度定為以下四種處理。

(A)修枝度為樹高之 $\frac{1}{4}$ ：自林木之基部算起，樹高 $\frac{1}{4}$ 以下之側枝均予修除，在本試驗範圍屬低度修枝。其修枝高度平均約為2.0m。

(B)修枝度為樹高之 $\frac{1}{2}$ ：自林木之基部算起，樹高 $\frac{1}{2}$ 以下側枝均予修除，在本試驗範圍屬中度修枝。其修枝高度平均約為2.5m。

(C)修枝度為樹高之 $\frac{3}{4}$ ：自林木之基部算起，樹高 $\frac{3}{4}$ 以下之側枝均予修除，在本試驗範圍屬強度修枝。其修枝高度平均約為3.5m。

(D)對照區：即完全不做修枝處理。

(二)修枝木之選定

本試驗林分每公頃之林分密度為1967株，合理之修枝作業應僅就未來欲留作主伐木者為對象，

故本研究之初次修枝林木原則上暫定為1,000株，選擇修枝木之考慮因素如次：

1. 依據樹冠級區別：選木之優先順序依次為優勢木、次優勢木、生長旺盛之中庸木。
2. 修枝木之間隔距離約為2~5m。
3. 樹幹彎曲，多重分叉及樹梢折斷等受害木，不作為修枝之對象。

對照區之林分，乃依照修枝處理林木之選定標準，每公頃選定1000株試驗木，供分析比較之用。

(三)修枝方法

利用一般小型手鋸，以平行於幹軸之方法將枝條全部鋸除。即手鋸緊靠樹幹自枝條基部垂直切斷枝條，較大的枝條需先從下方鋸一受口，再自上方起鋸，以免撕裂樹皮，且切口宜使平滑，以利傷口之癒合。

(四)樣區設置

本試驗樣區之設置採用逢機區集設計，即每四個樣區為一區集，每區集均配置於立地環境相近之林地，區集內四個樣區以逢機配置，重複四次，共設置16個樣區，每樣區面積 $20m \times 20m = 400m^2$ 。

五、結果和分析

(一)供試林分之結構狀態

修枝前後各處理林分生長結構之變化如表1。

表 1. 各處理全林分及修枝木之生長結構

處理別	林 齡 (年)	全 林 分				修 枝 林 木				
		平均胸徑 (cm)	平均樹高 (m)	林分密度 (株/ha)	材 積 (m ³ /ha)	平均胸徑 (cm)	平均樹高 (m)	形 率 (%)	修枝林木 (株/ha)	材 積 (m ³ /ha)
(A)	9	12.5	7.0	1850	73.2	14.6	7.9	0.69	1000	57.8
	14	18.4	11.0	1850	249.0	21.1	11.6	0.68	1000	186.6
(B)	9	11.9	6.8	2037	70.2	13.9	7.8	0.68	1000	54.6
	14	17.8	10.8	2031	251.1	20.9	11.6	0.66	1000	183.1
(C)	9	12.1	6.8	1981	71.2	14.2	7.8	0.70	1000	56.9
	14	17.7	10.8	1975	242.2	20.6	11.4	0.67	1000	175.0
(D)	9	12.7	7.2	1998	83.4	15.1	8.1	0.70	1000	66.6
	14	18.3	10.9	1998	263.7	21.4	11.8	0.66	1000	195.1

註：立木材積計算係依據材積式(劉宣誠等1984)： $V = 0.063 - 0.0237D + 0.0007D^2 + 0.0012.D.H_t$ 。

形率 (Form quotient) 為林木中央直徑與胸高直徑之比數 (楊榮啓, 1975), 可以代表樹幹之完滿度, 其值愈小樹幹形狀愈尖削。反之, 其值愈大則樹幹形狀愈完滿。由統計分析結果顯示各處理間形率之差異不顯著, 即初次修枝對台灣杉幼林樹幹之完滿程度無顯著之影響。

就胸徑生長而言, 修枝木之胸徑均數值均大於全林分, 此係因修枝林木均以優勢木層為對象, 未包括被壓木。修枝後 5 年期間內胸徑年平均生長量, 全區林分約為 1.1cm; 修枝木約為 1.3cm。

再者, 修枝後 5 年期間, 全區林分材積之平均年生長量約為 35.5m³/ha, 而修枝木約為 25.2m³/ha, 平均單株生長分別為 0.0180m³ 與 0.0252m³,

以修枝木生長較佳。

(二)各處理修枝後林分生長之比較

為消除處理施行時, 各試區林木胸徑與樹高期初所存有不同之變異, 將其修正為同一均值再予比較, 故以處理前 (9 年生) 各單株胸徑及樹高為共變數, 經變異分析結果顯示, 修枝後第 5 年即 14 年生時之單株胸徑、樹高、材積及定期生長量, 均與處理前之胸徑及樹高具極顯著或顯著之相關, 經消除此種變異來源後, 以其修正均值進行鄧肯氏 (Duncan), 新多變域檢定 (New multiple range test), 各處理間之胸徑、樹高、材積及定期生長量, 並未具顯著差異。修正值如表 2 及表 3。

表 2. 全區林分14年生之各種生長參數之修正值

處理別	14 年 生			定期平均生長量 (9 年生~14 年生)		
	胸 徑 (c m)	樹 高 (m)	材 積 (m ³ /ha)	胸 徑 (C m/年)	樹 高 (m/年)	材 積 (m ³ /ha/年)
(A)	18.2	10.9	241.2	1.21	0.79	33.3
(B)	18.3	10.9	267.9	1.22	0.80	38.7
(C)	17.9	10.8	246.9	1.13	0.78	34.5
(D)	17.8	10.8	247.0	1.11	0.77	34.5

註：9 年生時胸徑及樹高之修正均值：胸徑為 12.21 C m, 樹高為 6.96 m。

表 3. 修枝木14年生之各種生長參數之修正均值

處理別	14 年 生			定期平均生長量 (9 年生~14 年生)		
	胸 徑 (c m)	樹 高 (m)	材 積 (m ³ /ha)	胸 徑 (c m/年)	樹 高 (m/年)	材 積 (m ³ /ha/年)
(A)	21.1	11.6	186.6	1.36	0.76	25.5
(B)	21.4	11.7	193.6	1.42	0.77	26.9
(C)	21.0	11.6	184.8	1.34	0.76	25.1
(D)	20.6	11.5	176.3	1.27	0.74	23.4

註：9 年生時胸徑及樹高之修正均值：胸徑為 14.27 c m, 樹高為 7.81 m

共變數分析結果顯示，修枝後 5 年各處理林分之胸徑、樹高及材積，其 5 年間定期生長量之差異均不顯著。上述結果表示台灣杉幼林經初次修枝後林分之生長並無明顯之差異。強度修枝（修枝度為樹高之 1/2）對生長亦未具抑制作用。

(三)側枝生長與修枝傷口之癒合

1. 枝條分佈及修枝傷口之癒合

為欲瞭解 9 年生台灣杉林木側枝著生之數量、分佈以及修枝後傷口之癒合趨勢，修枝後隨即在各處理區逢機選取一個試區，進行修枝後傷口數之調

查，並將傷口之大小列成節徑級之枝數分佈，每年於秋末觀測並記載其癒合情形，列如表 4。

依表 4 所示，台灣杉林木之側枝眾多，平均每公尺樹幹所著生之枝條約為 19 枝，節徑之分佈位於 0.2~2.5cm 之間，平均值約為 1.2cm，若從樹幹表面觀察，修枝後之傷口在 3 年內均已全部癒合（圖 1），惟未行修枝之對照區林木，至 15 年生時側枝仍然濃密，枝條雖有部份已枯死，然仍殘留於樹幹上，未能自然脫落（圖 2），故須實施人工修枝。

表 4. 9 年生台灣杉枝條分佈與修枝傷口之癒合

處理別	修枝林木 (株)	修枝平均 高度 (m)	修除枝數 (枝)	枝 條 節 徑		修 枝 傷 口	
				平均 值 (cm)	分佈 範圍 (cm)	癒 合 時 間 (年)	外 表 癒 合 率 (%)
(A)	40	2.0	1480	1.3	0.2~2.5	3	100
(B)	40	2.5	1861	1.2	0.2~2.3	3	100
(C)	40	3.5	2762	1.2	0.2~2.4	3	100

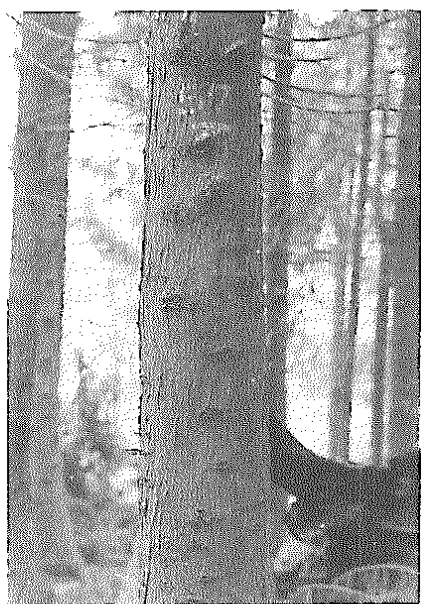


圖 1. 1/2 樹高修枝處理，修枝後傷口在 3 年內均已全部癒合。



圖 2. 未作修枝之對照區林分，側枝濃密，且下枝已乾枯，至 15 年生時，枯枝乃殘留幹上。

2. 枝條節徑與枝數百分比及修枝傷口癒合時間與枝條節徑級之關係。

由各節徑級之枝數換算為各節徑級佔總枝數之百分比，以及修枝後傷口在 5 年內之癒合時間資料，進行偏迴歸係數顯著性檢定，選出最適迴歸方程式，複依所選出之迴歸方程式，繪製曲線圖，如圖 3。

模式之設定為次列二者：

(1) 枝條節徑級 (ND)、(cm) 與枝數百分比 (y)、(%) 之關係。

$$y = f(ND, ND^2, ND^3)$$

(2) 枝條節徑級與修枝傷口癒合時間 (Y)、(月) 之關係。

$$Y = f(ND, ND^2, ND^3)$$

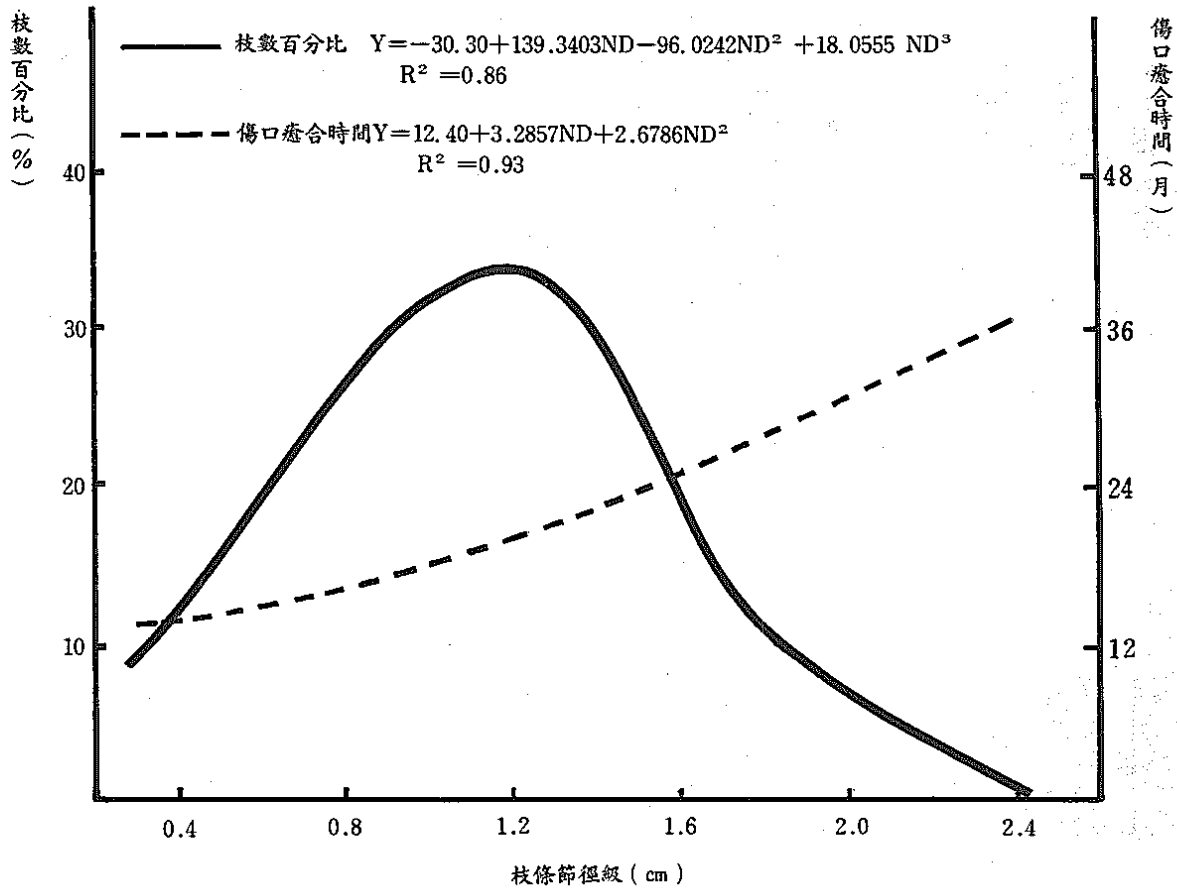


圖3. 9年生臺灣杉枝條節徑級之枝數分佈及修枝傷口癒合時間曲線。

圖3所示，各節徑級的枝數佔總枝數之百分比，其最適方程式為： $y = -30.30 + 139.3403ND - 96.0242ND^2 + 18.0555ND^3$ ，呈三次曲線，顯示節徑為1.2cm者數量最多，其中節徑在0.4cm以下者，約佔11%，位於0.5~2.0cm者約佔79%，2.1cm以上者約佔10%。因此，此林齡之林木側枝大都細小，於此時修枝，不僅修除較易，需費亦少，傷口亦易於癒合。

節徑與修枝傷口癒合時間之最適方程式為： $Y = 12.40 + 3.2857ND + 2.6786ND^2$ ，呈二次曲線上升，顯示節徑愈小，傷口癒合愈快，反之，節徑愈

大，傷口癒合愈慢。即節徑在0.4cm者，修枝後傷口約在1年左右即可癒合，1.6cm者，傷口之癒合時間約需2年，2.4cm者，修枝傷口需3年才能癒合。

3. 癒合節之觀察

為瞭解修枝處理及未作修枝處理對木材結構上之影響情形，乃就經過修枝及未作修枝之林木，各抽選樣木二株，切取樹幹橫切面圓盤，剖析節的生長及傷口癒合之構造情形，如圖4至圖7，並述明如次。

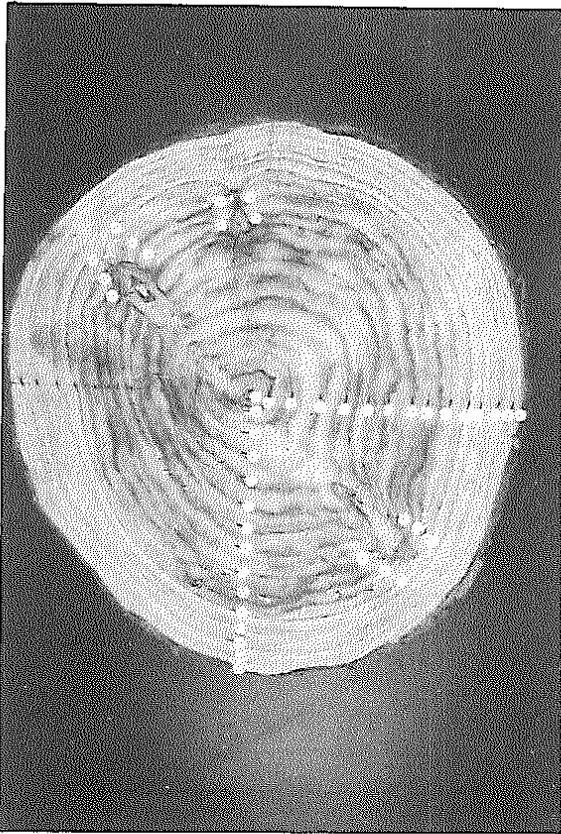


圖4. 臺灣杉於9年生時修枝，節徑分別為0.6cm，1.7cm及1.5cm(逆時針方向)，修枝後傷口在2年內癒合，且年輪在4年內平滑之情形。

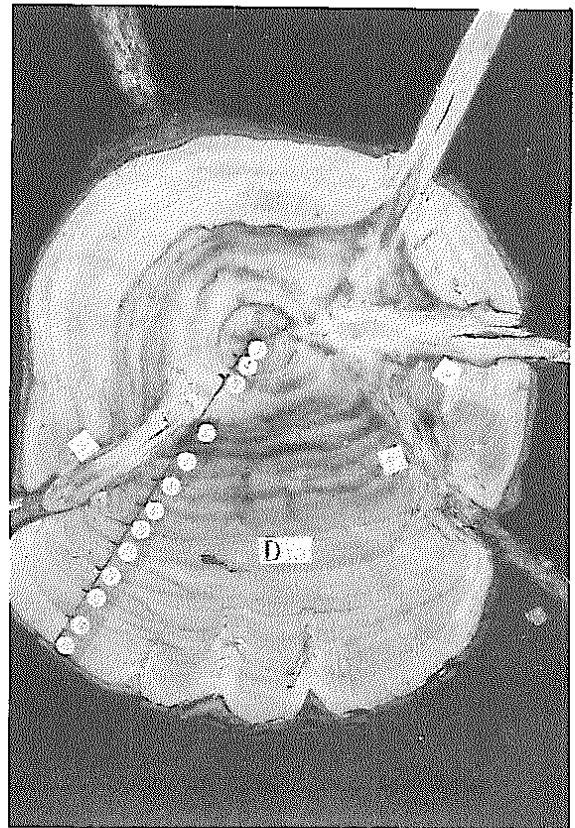


圖5. 臺灣杉未作修枝之林木，枝條自10年生時即乾枯，枯枝至15年生時乃未自然脫落，形成死節，且節徑已變色腐朽(A、B、C節)。

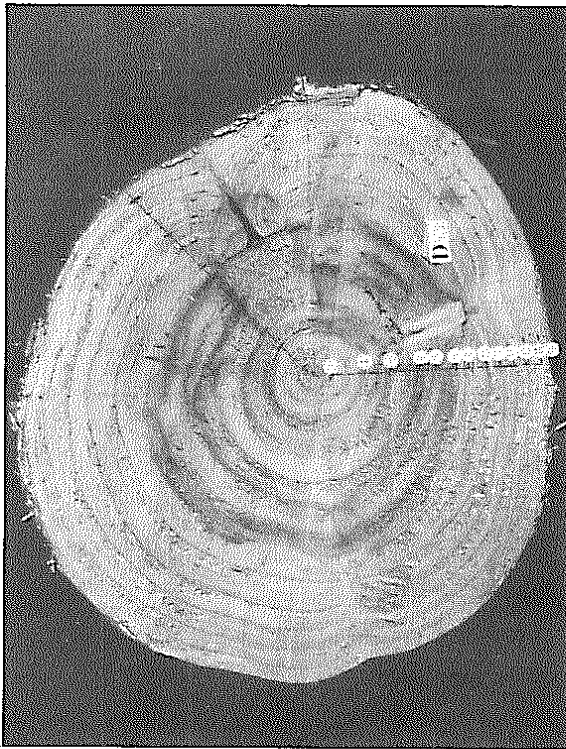


圖6.臺灣杉於9年生時修枝，左下方節徑為1.5 cm者，傷口在11年生時即全部癒合，年輪在14年生時即平滑。右下方之傷口為刀傷，直徑為3.1 cm，傷口於十三年生時才癒合，年輪於15年生時平滑之情形。

依圖4所示，台灣杉林木於9年生時修枝，節徑約為0.6cm者，修枝後傷口於第10年及第11年之間癒合，節徑為1.5cm及1.7cm者，修枝後傷口於11年生時癒合，且年輪於13年生時平滑，亦即表示，修枝後傷口在2年內完成癒合，經4年左右年輪生長即趨於平滑，而傷口癒合之趨勢與由樹皮表面觀測之情形相符合。

依圖5所示，未作修枝之林木，其枝條節徑(A、B、C)分別為1.6cm、1.4cm、1.9cm者，自10年生之處開始，節心即變色腐朽，顯示該等枝條在9或10年生時乾枯，而且枯枝至15年生時仍殘存而未能自然脫落，形成枯死的節心，另一活枝則節心未變色腐朽。

圖6所示者，左下方傷口之節徑為1.5cm，修枝後2年即癒合。右下方之傷口為刀傷，約3.1cm，經4年後才癒合，由於傷口較大癒合時形成皮囊，此係導因於修枝施行時不慎傷及樹幹所致。因此，修枝時應避免使用刀砍，否則，將徒增傷口，且

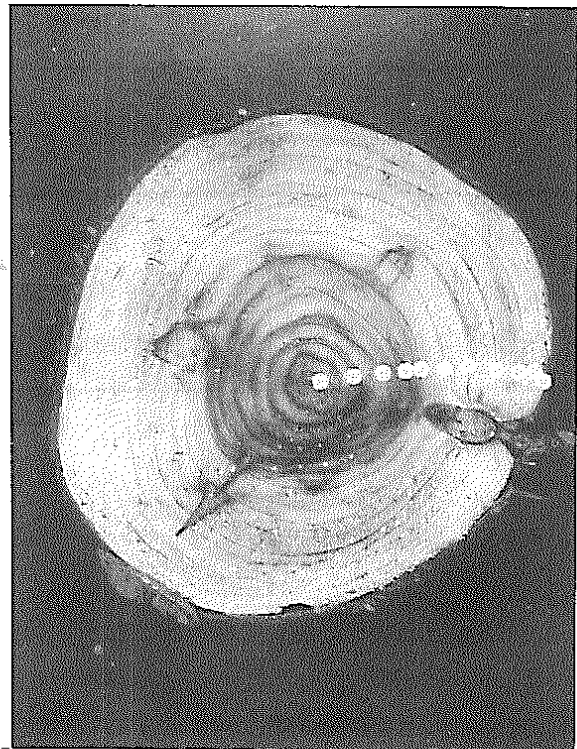


圖7.臺灣杉未作修枝之林木，節徑為0.4 cm者，已自然修枝癒合，而右方之節徑為1.6 cm者，於10年生時乾枯，至15年生時枯枝乃未脫落，形成死節，且節心已變色成腐朽狀態。

易留存殘枝，甚或使年輪凹凸不平，降低木材品質，且影響傷口癒合時效。

依圖7所示，未作修枝之林木，節徑在0.4cm者，已自然修枝與癒合，節徑為1.6cm者，於10年生時乾枯，枯枝至15年生時仍未脫落，形成死節，影響木材品質甚大。

(四)修枝成本分析

茲將各處理之修枝費用估算結果，彙列如表5，並註明如次。

依據表5所示，各處理每公頃之修枝林木均為1000株，修枝木約佔總株數之51%。(A)修枝度為樹高之 $\frac{1}{4}$ 時，每工每天約可修除130株林木，即每公頃修枝工數約為7.5工，共需工資為3000元。(B)修枝度為樹高之 $\frac{1}{3}$ 時，每工每天約可修除113株林木，即每公頃修枝工數約為9工，共需工資為3600元。(C)修枝度為樹高之 $\frac{1}{2}$ 時，每工每天約可修除71株林木，即每公頃約需14工始能修完，共需工資為5600元。

表 5. 各處理每公頃修枝所需費用

處理別	林齡 (年)	每公頃			平均修枝 高度 (m)	每工每天 修枝株數 (株)	
		立木株數 (株)	修枝株數 (株)	修枝工數 (工)			
(A)	9	1850	1000	7.5	3000	2.0	130
(B)	9	2037	1000	9.0	3600	2.5	113
(C)	9	1981	1000	14.0	5600	3.5	71

※民國71年間工資單價為400元。

七、討 論

本試驗之台灣杉幼齡人工林，每公頃林分密度約為 1967 株，至修枝施行之 9 年生時，平均胸徑達 12.3cm，平均樹高約為 7.0m，立木材積在 74.5m³/ha 左右。14 年生時，平均胸徑達 18.2cm，平均樹高約為 10.9m，立木材積在 251.5m³/ha 左右。依據試驗時調查之結果顯示，台灣杉側枝眾多，樹幹著生之枝條平均每公尺約有 19 枝，嚴重影響材質，故成林後極需進行修枝作業，俾促進材質生長，以養成高品等通直無節之幹材，增加經濟價值。

修枝之目的在於培育無節之大材，以提高木材經濟價值，故其修枝對象需配合未來經疏伐撫育時所留存之林木為主，本研究選定修枝木之標準可供為實務上之參考。

本試驗於林齡滿 9 年生時進行初次修枝，修枝後 5 年各處理林分之胸徑、樹高及材積生長並無明顯之差異，亦即表示各種修枝強度對台灣杉幼林木之生長均不具顯著影響，即使修枝度達樹高之 1/2 時亦然。據洪長斌之研究 (1979)：台灣杉於 6 年生修枝時以修除至樹高之 1/4 高度為佳，能增進胸徑、樹高及材積之生長。此二研究結果略有差別之原因，乃洪氏之試驗於 6 年生行初次修枝時，林分之平均胸徑為 7.5cm 平均樹高僅 4.5m。本試驗於林齡 9 年生時進行初次修枝，修枝木之平均胸徑為 14.2cm，平均樹高約 7.8m，林分之結構顯然相異

。故適宜之修枝高度必須配合林分之生長結構及生長率，修枝時間若欲提早進行，其強度應較保守，若於 9 年生修枝時則可修除至林木高度之 1/2 高處。

基本上，人工修枝宜於林木下枝開始枯死或能區別為樹冠級時實施 (王子定, 1966)。修枝若實行於 6 年生時，雖可早期獲得無節之良材，且枝條較小易於作業，惟此時樹冠級尚無法分別，修枝木之選擇困難，且適宜之修枝高度僅為 1.1m，必須增加以後修枝之次數及費用。於 9 年生修枝時，樹冠級能區別，其修枝高度達 3.5m 高亦不影響生長，應為較佳之選擇。

台灣杉枝條能自然枯死但却殘存而不脫落，就本試驗未作修枝之林分而言，於 10 年生時部份側枝即相繼枯死，枯枝徑在 0.4cm 以下者，尚能自然脫落與癒合 (圖 7)，惟較大之枯枝至 15 年生時仍殘存幹上致成死節，影響材質生長甚大 (圖 5、圖 7)。因此，確需實施修枝作業。

本試驗林分之林木側枝雖然眾多，但大都細小，其節徑分佈位於 0.2~2.5cm 之間，其中，2.0cm 以下者約佔 90%，2.1cm 以上者僅佔 10%，經修枝後，傷口於 3 年內已全部癒合 (表 4 及圖 1)。各節徑級傷口癒合時間將因節徑之增加而呈二次曲線之關係上升 (圖 3)，即節徑愈小者，傷口癒合愈快，反之，節徑愈大者，傷口癒合愈慢，節徑位於 1.6cm 以下者，修枝傷口於 2 年內即可癒合。柳杉及日本扁柏經修枝後，殘枝徑愈小，傷口癒合亦愈

快(二見鎌次郎, 1983), 殘枝徑為 2cm 時, 修枝傷口約於 2~4 年內癒合(竹內郁雄, 1981)。顯示林木之修枝應於節徑細小時實施, 以增進傷口之癒合時效。

然一般人工林, 因立地條件或造林密度之差異, 發育狀態或有變化, 若僅以年齡決定最佳修枝期, 或會產生偏差, 而影響傷口之癒合時效。若採用本研究導出之關係式, 配合枝條之實際生長狀況, 推算各節徑級修枝傷口之癒合時間, 以釐訂最佳之修枝時期, 則可彌補其缺陷。

再者, 由於修枝之損傷, 切口生長較為緩慢, 致年輪形成凹陷之現象, 須經過數年, 生長始能恢復正常。依據癒合節之觀察, 節徑在 0.6~1.7cm 者(圖 4 及圖 6), 修枝傷口在 2 年內完成癒合, 經 4 年後, 年輪生長即趨於平滑, 此後年輪寬窄均勻。據柳杉之修枝結果顯示, 殘枝徑在 5mm 者, 修枝後須經 4 年年輪始趨平滑(竹內郁雄, 1977)。年輪之恢復平滑生長所需時間, 台灣杉林較日本之柳杉林為快, 或因前者生長率較高之故。

林木生長之快慢與修枝傷口之癒合能力二者之關係極為密切, 即修枝傷口之癒合年數受胸徑成長長否所左右。本試驗林分幼齡期胸徑生長快速, 傷口癒合良好。生長較慢之樹種, 修枝傷口癒合較慢, 易產生邊腐、心腐及脂囊之缺陷(王子定, 1966)。因此, 生長緩慢之樹種, 修枝時須特別審慎。

修枝方法亦影響傷口之癒合, 本試驗採用平行幹軸切除枝條, 即期能增進傷口之癒合能力。柳杉及日本扁柏經修枝後, 殘枝長度愈短, 愈合年數愈快(竹內郁雄, 1977)。除此之外, 枝痕長度亦影響癒合速率, 修枝時若留有枝痕, 傷口癒合較難, 且易形成死節; 而大枝條之修枝需自中部切斷者, 在所留枝痕上, 須預留著葉之小枝, 延長其生活期, 使成活節, 否則必致枯死而淪為死節(王子定, 1966)。因此, 修枝不但需於枝條細小時進行, 且應不留枝痕, 切口亦需平滑。

本試驗於 9 年生修枝時, 側枝尚未自然乾枯, 所修除之枝條均屬活枝, 有利於傷口之癒合。柳杉經修枝後, 生活枝之癒合較枯枝為快(藤森隆郎,

1975)。枯枝施行修枝時, 其創傷不但較活枝癒合為緩, 且易形成皮囊(王子定, 1966)。就上述觀點論之, 活枝之修除, 不但能增進傷口之癒合能力, 更能避免產生皮囊或死節之瑕疵。因此, 林木之修枝作業, 宜在枝條枯死前實施。

修枝季節擇於早春, 如本研究所採用者然, 樹液流動較緩, 樹皮因而免遭剝離、或樹液自切口外流以為害生長。柳杉若於 4~9 月之生育期間修枝, 木材變色率將高達 89%, 在 10~3 月休眠期內修枝, 木材變色率極低, 甚或不變色(藤森隆郎, 1984)。柳杉林木於 10 月修枝, 傷口至第 3 年時癒合率可達 75%, 於 8 月份修枝, 傷口至第 3 年時癒合率僅為 46%(二見鎌次郎, 1982)。上述資料遂證實, 修枝應施行於林木之休眠期, 不僅不致危及生長, 木材變色率較低, 亦能提高修枝傷口之癒合率。

修枝後傷口能儘速完成癒合, 木材品質才能獲得改良, 綜合上述之論點有關癒合之重要因素可歸納如次: (1)節徑愈小, 癒合愈快。(2)殘枝愈短, 癒合愈快。(3)生活枝之癒合較枯枝早。(4)胸徑生長快之樹種, 癒合亦快。(5)生育休止期修枝癒合較佳, 生育期間修枝癒合較差。因此, 修枝作業時, 必須瞭解以上幾項基本因素, 才能達成修枝的目標。

森林撫育之間伐種類有六項, 即包括除伐, 自由伐、疏伐、整理伐、除害伐、修枝(王子定, 1966), 其中之疏伐及修枝人工林撫育作業較受重視。在實際作業上, 初次修枝與疏伐若能同時進行, 必可節省人力及經費。惟疏伐與修枝均各有其適齡性與適度性, 才能增進林分質與量之生產。本試驗之設計係於 9 年生時實施初次修枝, 復於 14 年生進行疏伐, 蓋 9 年生時樹冠尚未鬱閉, 且其胸徑均僅為 12cm, 疏伐木之商業價值低, 如於此時期同時修枝並疏伐, 則未符合商業性疏伐之目的。反之, 如將修枝時間延至 14 年生與疏伐同時進行, 則枝條粗大且已發生乾枯, 不僅修除不易, 亦影響傷口之癒合時效。因此, 若於 9 年生時進行初次修枝, 可及早獲得無節之良材, 迨林分發育至適行商業性疏伐時, 再進行初次疏伐及第 2 次修枝, 以

促進主伐木質與量之生長，增進林木經營之收益，達人工林集約經營之目標。但如於9年生修枝而同時實施非商業性之疏伐（除伐），以簡化林木撫育之方式，亦為可行之撫育策略。

八、結 論

台灣杉若未行修枝，於林冠鬱閉後，冠層下方之部份側枝即相繼乾枯，枯枝殘存4~5年後仍未能自動脫落，致成死節，影響材質生長甚大。人工修枝之施行確實必要，且以側枝自然枯死前為宜。

本試驗之9年生人工林，側枝仍多細小，尚未自然乾枯，樹冠級亦能區別，若於此時修枝，傷口之癒合效果良好，需費較廉，應為適宜之修枝林齡。在本研究所比較之各種修枝強度，對台灣杉幼林之胸徑，樹高或材積生長，均未具顯著影響，即使修枝強度達樹高之 $\frac{1}{2}$ 時亦然，此可供為此樹種於幼年期實施初次修枝之依據。

當枝條節徑愈小時，修枝傷口之癒合愈快，節徑位於2.5cm以下者，傷口於3年內均能癒合，節心亦未變色或腐朽，至第4年左右年輪生長即漸趨於平滑，恢復正常生長。顯示此樹種之修枝確有助於無節材之生產。

參考文獻

- 王子定. 1966. 應用育林學（下）。正中書局，台北。328頁
- 王子定、施慶芳. 1980. 修枝對柳杉生長之影響。台大農學院研究報告 No.20(1)：23-51。
- 林務局. 1988. 台灣林業，14(5)：42。
- 洪良斌. 1971. 不同度之修枝撫育影響紅檜林分生長之研究。科學發展月刊，3(5)：26-44。
- 洪良斌. 1974. 台灣杉人工林生長之研究。林試所報告第236號。26頁。
- 洪良斌、羅卓振南. 1977. 修枝度對光臘樹幼林分生長之影響。林試所研究報告第291號，11頁。
- 洪良斌. 1979. 台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，79-100。
- 洪良斌、周朝富. 1980. 修枝度影響紅檜幼林分生長之研究，林試所報告第336號，12頁。
- 馬子斌. 1979. 重要商用木材之一般性質。林試所林業叢刊第1號。204頁。
- 楊榮啓. 1975. 台灣大學實驗林產柳杉之生長與收穫的研究。台大實驗林研究報告第116號，149頁。
- 劉慎孝. 1976. 森林經理學。國立中興大學。台中。
- 劉宣誠、林國銓、唐讓雷. 1984. 六龜地區台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。
- 二見鎌次郎、金山信義、尾谷孝. 1982. 枝打ち技術に関する研究（I），鳥根縣林業試驗場研究報告第33號，21-47。
- 二見鎌次郎. 1983. 枝打ち技術に関する研究（II），鳥根縣林業試驗場研究報告第34號，1-20。
- 竹內郁雄. 1981. 壯齡林の枝打ち跡巻込みに関する研究（I），日本林學會誌，63(2) 39-450。
- 竹內郁雄、蜂屋欣二. 1977. 枝打ち跡の巻込みに関する研究，林業試驗場研究報告第292號，161-180。
- 藤森隆郎. 1975. 枝打ちの技術體系に関する研究。林業試驗場研究報告第273號，1-74。
- 藤森隆郎、伊沢浩一、金沢洋一、清野嘉之. 1984. 枝打ちに伴う材の變色の發生要因，林業試驗場研究報告第328號，119-143。

- Arvidsson, A. 1985. Pruning for quality. uppsatser och Resultat nr 21 : 24pp.
- Labyak, L.F., and F.X. Schumacher. 1954. The contribution of its branches to the main-stem growth of loblolly pine. Jour. Forestry 52. 333—337.
- Ralston, R.A. and W. Lemien. 1956. Pruning pine plantations in Michigan. Mich. AES Circ. Bull. 221.27pp.
- Slabaugh, P.E. 1957. Effects of live crown removal on the growth of red pine. Jour. Forestry 55 : 904—906.
- Sutton, W.R.J., and J.B. Crowe. 1975. Selective pruning of radiata pine. New Zealand Jour. Forest. Sci.5 : 177—195.