

疏伐與修枝對臺灣杉人工林生長之影響

羅卓振南 鍾旭和 邱志明 周朝富 羅新興

摘 要

臺灣杉人工林應以長伐期為經營導向，並以生產高品質之大徑木為經營之目標，因此，中間撫育之施行，需以用途為導向。本研究乃就屏東林區管理處老濃事業區第73林班，本所原實施修枝試驗之臺灣杉人工林，繼續進行疏伐試驗。試驗所擇之疏伐度係以每公頃胸高斷面積保留量為準，計分為四種：(A)弱度疏伐：保留量為51 m² / ha；(B)中度疏伐：保留量為46 m² / ha；(C)強度疏伐：保留量為41 m² / ha；·對照區。疏伐木之選定，依照下層疏伐法的原則進行，於民國73年1月間（17年生）進行疏伐處理，並經過連續六年調查分析，其結果如下：

1. 本研究結果顯示，中度疏伐和強度疏伐處理，可增進臺灣杉單株林木之胸徑和樹高生長，並提高林分斷面積和材積之生長量。此種效應於疏伐後第3年最為顯著，至第6年時，斷面積和材積的生長潛能，亦仍維持緩和上升之趨勢。

2. 臺灣杉若於11年生時修枝，對林木之胸徑、樹高、斷面積及材積生長均無顯著之影響，即使修枝高度達4.5m處亦然。

3. 鬱閉林分經疏伐後，其樹冠幅和側枝節徑隨疏伐度之增加而增大，惟側枝節徑增幅不高，對林木品質之負面影響不大。

4. 本試驗林分樹幹分叉之林木甚多，採用強度及中度之下層疏伐，可伐除此類幹形不良之樹木，並增加大徑木所佔的百分比，而有助於提高林分之經濟價值。

5. 根據樹幹解析資料顯示，若臺灣杉人工林每公頃林分密度維持在1,600株左右時，則以14~18年生為實施疏伐撫育最適之林齡。

關鍵詞：臺灣杉、疏伐、修枝、定期平均生長、連年生長、生長率。

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。 林業試驗所研究報告季刊，6(2):155-168,1991

Effects of Thinning and Pruning on *Taiwania (Taiwania cryptomerioides Hayata)* Plantations

Chen-nan Lo-Cho, Hsu-ho Chung, Chin-ming Chiu,
Chao-fu Chou and Shin-shing Lo

[Summary]

The present study was carried out in a 17-year-old *Taiwania (Taiwania cryptomerioides Hayata)* plantation located in Southern Taiwan. Four thinning treatments, based on the absolute basal area (BA) per hectare left after thinning namely: (A) light thinning with 51 m²/ha of BA retained, (B) intermediate thinning

1990年 12月送審

1991年 2月送審

with 46 m³/ha of BA retained, (C) heavy thinning with 41 m³/ha of BA retained, and (D) no thinning. (i.e. the control were applied). After six years' continuous investigation and analysis, the result can be summarized as follows:

1. Intermediate and heavy thinning significantly increased the D.B.H. and height growth of individual trees as well as the BA and volume growth of the plantations. These observed thinning effects were particularly evident during the third years after thinning.

2. Pruning, even up to 4.5 m of the tree height, did not effect the increase of D.B.H., height, basal area and volume of 11-year-old *Taiwania* plantation.

3. Although the diameter of nodes and the width of crown increased with the intensity of thinning pure effects, however, did not result in lowering the wood quality.

4. The removal of all deformed and over topped trees in intermediate and heavy thinning resulted in an increase of the percentage of large diameter trees, and, thus, increase the economic values of the plantation.

5. Results of stem analyses showed that, at stand density of 1,600 trees per hectare, the best time for thinning of *Taiwania* plantation would be at the age of 14-18 years old.

Key words: *Taiwania cryptomerioides* Hayata, Thinning, Pruning, Periodic annual increment, current annual increment, growth percentage

Lo-Cho Chen-nan, Hsu-ho Chung, Chin-ming Chiu, Chao-fu Chou and Shin-shing Lo. 1991. Effects of Thinning and Pruning on *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) Plantations. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series. 6(2):155-168, 1991

一、諸 言

臺灣杉 (*Taiwania Cryptomerioides* Hayata) 為本省固有樹種，主要分佈於本省中央山脈海拔1500~2,600m處，生長快速，對病蟲害之抵抗力強，又可免松鼠危害，而為近年來本省積極推廣造林之樹種。據林務局統計，至78年止，本省臺灣杉造林面積累計達10,422公頃。且大部份已成林，亟需進行適當的修枝及疏伐等撫育工作。

展望未來，由於天然林資源逐漸減少，對人工林之大徑木的需求，將日益增加，而木材品質優劣之價格差距，亦將持續擴大，臺灣杉人工林之經營，應以生產長伐期高品質之大徑木為導向，因此，在幼齡期即需進行修枝撫育，以培育無節材之生長。同時，在林冠鬱閉且影響其林分生長時，應施以疏伐撫育作業，重新調整林分之結構與有效之生長空間，以增進留存林木之品質生長及林分的材積生長，方能符合經濟林的經營目標。

本研究以作者等原實施修枝試驗之臺灣杉人工林為材料，並於17年生實施不同強度之疏伐作業，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的影響，以期瞭解其生長潛能；同時，並由疏伐後連續六年調查所得資料，探討最適當的疏伐強度及修枝效應；而樹幹解析資料則用以評估最適宜的疏伐林齡，以供今後撫育作業的參考。

二、前人研究

本省對臺灣杉的研究，除在育苗、造林、修枝及利用方面較多外，在疏伐撫育方面則較缺乏。據羅卓振南等 (1988) 指出，臺灣杉若於9年生時修枝，即使高度達至樹高之1/2處，林木生長亦不受影響，且在幼齡時修枝，側枝節徑較小，傷口易於癒合，可提高林木之品質生長。劉宣誠等 (1984) 對林試所六龜分所轄內之臺灣杉造林木之生長與材質之研究指出，該樹種生長快速，在本省六龜中海拔地區之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，材性大致於幼年期已趨於穩定，劉氏並建議，為避免激烈競爭及幼年期之生長衰退，臺灣杉於幼年期即需進行疏伐及修枝等撫育措施。洪良斌(1974)對臺灣杉人工林分生長之研究亦指出，該樹種適宜本省海拔740~2,600m地區造林，適應範圍較柳杉為大，生長亦快，於14年生左右林冠即趨鬱閉，應適時實施疏伐作業。為提高臺灣杉人工林之材積收穫及改良林木之品質，因此，修枝與疏伐撫育乃屬必要。

三、材料與方法

本研究選定之試驗區，位於林務局屏東林區管理處荖濃事業區第73林班，海拔高約1,300m，地質母岩屬片頁岩，土壤為粘壤土，屬紅黃色灰化土類。地表含腐植土，表土深厚而肥沃，排水良好。造林地朝西南向，坡度約在10°~30°之間。試驗地區之年平均溫度為17.2°C，年總降雨量約在3,000mm，且多集中於5~9月份。

試驗林分原屬天然闊葉樹林地，經伐採後於民國56年6月間造林，每公頃栽植株數為2,500株，至6年生時成活率約在70%左右，幼齡期生長良好，在6年生(民國61年冬)及11年生(民國66年冬)時，曾分別實施2次修枝試驗，第一次修枝結果，已見於洪良斌(1979)之報告，第二次修枝後6年亦曾進行結果調查，其資料將合併在本研究報告中討論。試驗林分約於14年生時即完全鬱閉，樹冠級已可明確的區別。在疏伐前(17年生)調查結果，各樣區林分胸高斷面積位於55.2 m³/ha~66.4 m³/ha間，其均值为59.6 m³/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

1. 修枝處理：以11年生時所實行之修枝高度，作為修枝處理比較之基準。當時之修枝試驗，係採用達機區集設計，包括3種修枝高度，即為：(a) 3m；(b) 4.5m；(c) 未修枝之對照區等三種處理，區集數為8，共計24樣區，每樣區面積為20×30m=600 m²。原則上修枝木之選定，係以將來疏伐時擬定保留之林木為對象，每公頃修枝1,200株。選擇修枝木之考慮因素則如次：依樹冠級區別，其優先順序依次為優勢木、次優勢木、生長旺盛之中庸木。修枝木之間隔距離約為2~5m。樹幹彎曲、不良分叉木及樹梢折斷等受害木不作為修枝對象。

2. 疏伐處理：本試驗疏伐方式，係採用定性與定量兩者之優點，即先決定疏伐量，再依下層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作為疏伐處理的基準，計分為下列四種處理。

(A) 保留51 m³/ha：以弱度疏伐稱之，疏伐林係以被壓木、斷梢木或分叉木為對象。

(B) 保留46 m³/ha：以中度疏伐稱之，疏伐木包括被壓木、斷梢木、分叉木及擁擠之中庸木。

(C) 保留41 m³/ha：以強度疏伐稱之，疏伐木除包括(B)處理者外，並及於次優勢木。

(D) 對照區：區中全部林木予以保留，其每公頃平均胸高斷面積蓄積量約為59.2 m³/ha。

(二)試驗設計

本研究係以民國66年所進行之修枝試區為基礎，再於民國73年就24個試區，重新予以規畫，並施行疏伐作業，故構成裂區設計，主區為疏伐強度，副區為修枝度，試區排列為完全達機，試區數目仍為24區，惟重複減少為2。每樣區面積仍為20×30m=600 m²。疏伐前各樣區之林木，經調查結果，平均胸高斷面積為3.57 m³，而由統計分析檢定無明顯差異。

(三)疏伐木之選定

疏伐木選定乃與修枝處理相互配合之原則進行，並以未修枝之林木列為優先伐除之對象。亦即先疏伐被壓木，次為擁擠的中庸木，再次及於次優勢木，至於優勢木則幾乎全部留存，惟在實際選木時，則除了根據上述之樹級為基準外，尚須考慮林冠之鬱閉度，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73年1月間(17年生)，依設計進行疏伐作業，疏伐後每年均調查各林木之胸徑及樹高等生長，迄79年1月(23年生)，試驗期間共計6年。在生長比較上，對各處理於疏伐後6年之定期生長，係應用裂區設計之變異分析。對各疏伐處理之連年生長變動，則採用長期試驗之變異分析(Gomez and Gomez, 1984)。至於單株林木之立木材積，係依公式 $V = D^2 \cdot \pi / 4 \cdot H \cdot F$ 計算，式中D為胸徑、H為樹高、F為形數。在資料處理上，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。生長率則依Pressler公式， $P = (S_n - S_0) / (S_n + S_0) \cdot 200 / n$ 計算，式中，P為生長率，S₀為期初值，S_n為終期值，n為生長期間之年數。

本研究探討之胸徑級株數分布及側枝節徑枝數分佈關係式，係根據設定之模式： $S=f(X, X^2, X^3, X^4)$ ，式中， S 為隨變數（徑級株數及側枝枝數百分比）， X 為自變數（胸徑或節徑）。又為探討臺灣杉林分適當之疏伐林齡，於本試驗林之對照區林分內，抽取中央木12株，樣木自基部伐倒後，使用Smalian氏區分求積法，實施樹幹解析，查定各因子之生長徑路，並探研其間之關係。單株林木之樹齡（ A ）對於胸徑（ Dbh ）、樹高（ H_t ）、材積連年生長（ CAI_v ）、材積平均生長（ MAI_v ）等之關係，設定之模式如次：

$$Dbh=f(A, A^2, A^3, A^4)$$

$$H_t=f(A, A^2, A^3, A^4)$$

$$CAI_v=f(A, A^2, A^3, A^4)$$

$$MAI_v=f(A, A^2, A^3, A^4)$$

依設定之模式，進行偏迴歸係數顯著性檢定，選出最適迴歸方程式，復依所選出之迴歸方程式，繪製曲線圖。

四、結果討論

(一)疏伐前後林分之生長結構

試驗林分在疏伐前後及處理6年後林分生長結構之變化，如表1所列。

表 1. 林分之生長結構。

處理別	疏伐前後	林齡 (yr)	平均胸徑 (cm)	平均樹高 (m)	林分密度 (st/ha)	胸高斷面積 (m ² /ha)	立木材積 (m ³ /ha)
(A)弱度疏伐	疏伐前	17	21.5	14.5	1553	58.9	420.4
	疏伐後	17	23.3	15.2	1210	51.1	371.3
	6年後	23	26.4	17.8	1210	65.6	513.3
(B)中度疏伐	疏伐前	17	21.6	14.5	1540	58.7	418.7
	疏伐後	17	23.3	15.2	1067	46.2	336.7
	6年後	23	27.4	18.3	1067	64.5	518.5
(C)強度疏伐	疏伐前	17	21.7	14.6	1613	61.8	441.0
	疏伐後	17	24.1	15.5	900	41.2	303.8
	6年後	23	29.1	18.8	900	59.9	489.2
(D)對照區	疏伐前	17	22.0	14.7	1531	59.2	423.2
	6年後	23	24.4	17.0	1531	73.2	558.4

註：各疏伐處理之參數值係3種修枝處理之平均值。

本試驗所採用之強度疏伐，保留量為41 m³ / ha時，平均疏伐率約為34%，留存株數則為900株 / ha，相當於株行距3.0×3.7m。中度疏伐則保留46 m³ / ha之斷面積，其疏伐率約為21%，留存株數約為1,067株 / ha，相當於株行距3.0×3.1m。弱度疏伐之保留量為51 m³ / ha，疏伐率為13%，留存株數約為1,210株 / ha，相當於株行距3.0×2.7m。

就胸徑及樹高而言，經疏伐後的平均值均較疏伐前為高，其原因為被壓木及部份中庸木已予以伐除，而顯現出下層疏伐所產生之良好結果。

(二)各種生長參數之定期平均生長

各處理在疏伐後6年，胸徑、樹高、林分斷面積及材積之定期平均生長量和生長率，經檢定結

果，疏伐強度對上述各項生長參數均呈極顯著之處理效應。修枝度、疏伐與修枝交感效應則均未具顯著差異（表2）。再就顯著效應之疏伐處理，以鄧肯氏多變域檢定結果，如表3所列。

本試驗林分於6年生時，曾實施不同強度之修枝處理，據洪良斌（1979）指出，其修枝高度不宜超逾樹高之 $\frac{1}{4}$ 以免生長受阻。在11年生進行第二次修枝時，林分平均胸徑約為16cm，而平均樹高則已達9m，此次修枝後6年（17年生）之資料，經分析後證實，對林木之生長無顯著差異（未發表），在經疏伐後，6年內之生長在各修枝處理亦未具顯著效應（表2）。上述資料乃說明臺灣杉人工林若於11年生修枝，對林木之胸徑、樹高、斷面積及材積之生長均無顯著之影響，即使修枝

表 2. 不同疏伐與修枝處理各種生長參數定期平均生長變異分析之F值.

變異來源	自由度	胸 徑		樹 高		斷面積		材 積		斷面積生長率		材積生長率	
		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	1	0.33	1.14	0.020	0.29	0.540	0.29	193.23	0.77	0.010	0.77	0.020	0.10
疏伐強度	3	7.72	26.62*	0.850	12.14*	36.593	19.39*	4145.58	16.43*	9.070	69.77**	13.353	66.77**
機 誤 (a)	3	0.29		0.070		1.887		252.36		0.130		0.200	
修 枝 度	2	0.02	0.08	0.020	0.70	0.220	0.37	17.68	0.20	0.005	0.22	0.015	0.45
疏伐×修枝	6	0.03	0.13	0.005	0.17	0.825	1.40	63.30	0.72	0.032	1.39	0.057	1.73
機 誤 (b)	8	0.24		0.029		0.588		88.02		0.023		0.033	

* 表示具顯著差異(α=0.05), ** 表示具極顯著差異(α=0.01)

表 3. 疏伐後6年各種生長參數定期平均生長在各疏伐處理間之比較.

處理別	胸 徑 (cm)	樹 高 (m)	斷 面 積 (m ² /ha)	材 積 (m ³ /ha)	斷面積生長率 (%)	材積生長率 (%)
(A)弱度疏伐	0.52 ^c	0.42 ^b	2.42 ^b	23.7 ^b	4.1 ^c	5.4 ^c
(B)中度疏伐	0.68 ^b	0.52 ^a	3.05 ^a	30.3 ^a	5.5 ^b	7.1 ^b
(C)強度疏伐	0.83 ^a	0.55 ^a	3.12 ^a	30.9 ^a	6.2 ^a	7.8 ^a
(D)對照區	0.40 ^d	0.39 ^b	2.33 ^b	22.5 ^b	3.5 ^d	4.6 ^d

各直行英文字母相同者,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;α=0.05)

。由於修枝處理未具顯著效應,修枝與疏伐亦無顯著之交感效應,故表列各數值,均為3種修枝處理之平均值。

高度達4.5m處亦然。羅卓振南等(1988)對六龜地區9年生臺灣杉進行修枝,亦曾獲得類似之結果。

基本上於幼齡修枝可培育無節材之生長,且修枝需分數次進行,以免影響林木生長。本試驗林分經兩次修枝撫育,所得結果,可供營林上之參考,惟今後仍應視林木生長之趨勢,配合市場造材規格需求,繼續實施修枝撫育,以達到臺灣杉集約經營之目標。

依表3所示,在疏伐6年後,胸徑之定期平均生長量,將因疏伐強度之增加而增大。樹高的定期平均生長量,則以強度和中度疏伐為最大,與弱度疏伐和對照區有顯著差異。林分斷面積和材積定期平均生長量,呈現相同之趨勢,以強度和中度疏伐最大,與弱度疏伐和對照區有顯著的差異。斷面積和材積之生長率,則均以強度疏伐最大,其次為中度疏伐。

上述疏伐後6年,各處理每公頃斷面積和材積,從生長量而言,均以強度疏伐和中度疏伐同屬最大;從生長率而言,則以強度疏伐為最大,中度疏伐其次;兩者之變化略具差別。原因係生長量為絕對值生長,生長率則為相對值生長,受保

留量與生產量之多寡所影響。因此,該兩種疏伐度之抉擇,可依木材市場之需求情況與木材品質,斟酌應用。即木材市場需求量大,或在決策上採用最大的生長率為考慮之取向時,則以施行強度疏伐為最適宜,除能增進林分材積生長外,並可提高主伐前之收入,同時實施強度疏伐,在集約經營上,尚可減少疏伐次數,降低經營成本。而在木材市場供過於求,疏伐木利不及費,或為非商業性之疏伐性質者,則以中度疏伐較為適宜,除能提高每公頃立木材積生長外,亦因林分保持適當之生長空間,限制林木節徑之生長,可提高木材之品質與經濟價值。

據李久先等(1984)及羅卓振南等(1985,1987)對紅檜人工林之疏伐研究,亦指出適當的疏伐能提高林分材積之生長量。而洪良斌等對肖楠的疏伐(1982)、柳杉的疏伐(1965)、濕地松的疏伐(1968)及光臘樹的疏伐(1979),亦均獲得同樣的結果。Deitshaman(1966)、Harrington及Renkema(1983)長期觀測美國花旗松對疏伐之反應,則發現剛疏伐後,樹高生長會降低,但經10年後,較大疏伐度,可得到較大之樹高生長,且直徑生長率會較大,但每公頃胸

高斷面積則會減少。Karani (1978) , Liechty 等 (1986) , 菊沢 (1981) , 亦均有同樣觀測結果, 而Williston (1978) 對23年生之短葉松 (*Pinus echinata*) 每隔5年進行疏伐三次, 結論建議應採用較強度之疏伐, 可得到最佳之收穫。日本坂口勝美 (1961) 則認為疏伐與其稱做影響林分總收穫之技術, 毋寧以稱做影響木材大小及形質之技術為適當, 其意義為在合理之疏伐度內, 林分之現存量加疏伐量, 亦即在主伐時其總收穫

量應約略相等。

(三)連年生長量在不同疏伐強度間的比較

本試驗各處理林分於疏伐後經過連續6個年度之比較結果, 疏伐強度對胸高斷面積及立木材積之連年生長量, 均呈極顯著之處理效應, 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, 顯示出疏伐效應將因年度變動而異 (表4) 。由於修枝處理間無差異, 所以未做分析比較。

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	5	0.5281		78.3858	
疏伐強度	3	4.7776	68.64**	567.8657	81.77**
機誤 (a)	15	0.0696		6.9450	
年度 × 疏伐強度	5	3.2366	251.40**	290.2926	256.66**
機誤 (b)	15	0.2814	21.86**	29.9990	27.45**
機誤 (b)	100	0.0129		1.0727	

** 表示具極顯著差異 ($\alpha=0.01$)

因為疏伐強度及年度間之交感作用呈極顯著, 因此在均數比較上須在同一副區處理內 (年度) 比較不同主區 (疏伐強度), 或在同一主區處理內比較不同副區。各疏伐強度斷面積及材積之年生長量, 經鄧肯氏多變域檢定結果, 如表5, 各處理在不同年度間之生長變動則如圖1及圖2所示

。依表5資料所示, 就斷面積而言, 疏伐後第一年以對照區之生長量最大, 中度和強度疏伐其次, 弱度疏伐最小。至第二年及第三年時以中度和強度最大, 弱度其次, 對照區則趨於最小。第5年以後以強度疏伐為最顯著。材積連年生長量在不

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 ² /ha/年)				材積(m ³ /ha/年)			
	(A)	(B)	(C)	(D)	(A)	(B)	(C)	(D)
第 一 年	2.31 ^c	2.56 ^b	2.50 ^b	2.71 ^a	21.70 ^c	24.70 ^b	24.08 ^b	25.43 ^a
第 二 年	2.92 ^b	3.46 ^a	3.32 ^a	2.61 ^c	28.37 ^b	34.23 ^a	32.80 ^a	24.50 ^c
第 三 年	3.03 ^b	3.87 ^a	3.73 ^a	2.60 ^c	29.38 ^b	37.23 ^a	35.80 ^a	24.48 ^c
第 四 年	2.50 ^b	3.22 ^a	3.40 ^a	2.34 ^b	24.80 ^b	32.69 ^a	34.06 ^a	23.07 ^b
第 五 年	2.09 ^c	2.77 ^b	3.01 ^a	2.02 ^c	20.61 ^c	29.00 ^b	31.39 ^a	20.57 ^c
第 六 年	1.82 ^c	2.43 ^b	2.81 ^a	1.80 ^c	17.29 ^c	24.10 ^b	27.22 ^a	17.23 ^c

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; $\alpha=0.05$) 。

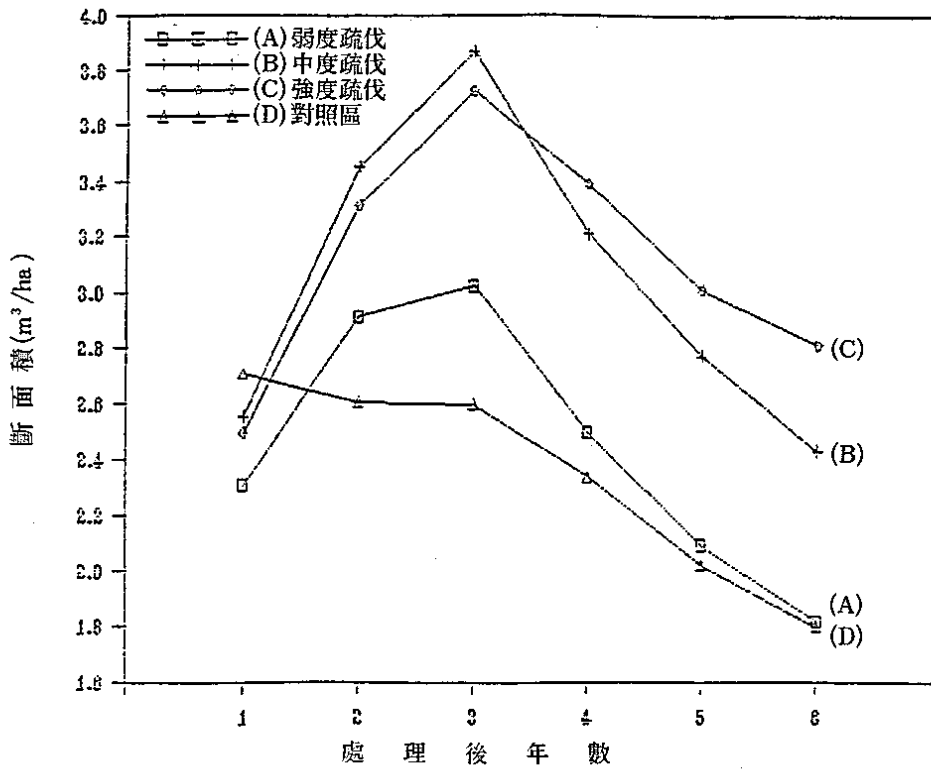


圖1. 不同疏伐處理斷面積生長因年度之變動。

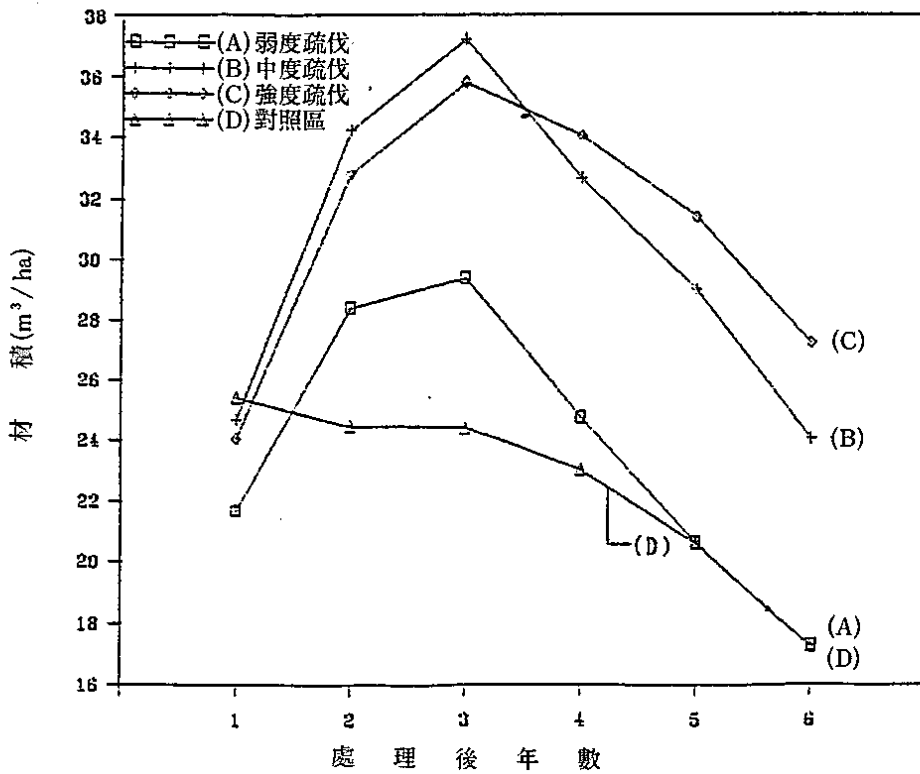


圖2. 不同疏伐處理材積生長因年度之變動。

同疏伐處理之變動情形與斷面積者呈現相同趨勢。

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，在連續6個年度內之變動情形大致相同，以第一年之生長量較小，自第二年起即呈現顯著增加，於第3年時年生長量最大，第4年後即逐年下降。未疏伐之對照區，第1年至第3年之間（18年生至20年生），年生長量無明顯差異，第4年（21年生）以後則呈逐年顯著下降。

綜合上述連年生長量在不同疏伐強度間之比較結果，均顯示自疏伐後第2年開始，以中度和強

度疏伐之處理效應為最佳。年度間之變動，不論疏伐度之強弱，斷面積及材積之生長，均以疏伐後第3年之生長量為最顯著。

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，而且至林分再度鬱閉時，其生長量將與未經過疏伐之林分相同。反之，較弱度疏伐，當達到最大生長量時，其下降時間則較快。本研究以對照區之材積年生長量為基準，而與各疏伐強度之材積年生長量相對比較，其相對年生長率之變動趨勢，如圖3所示。

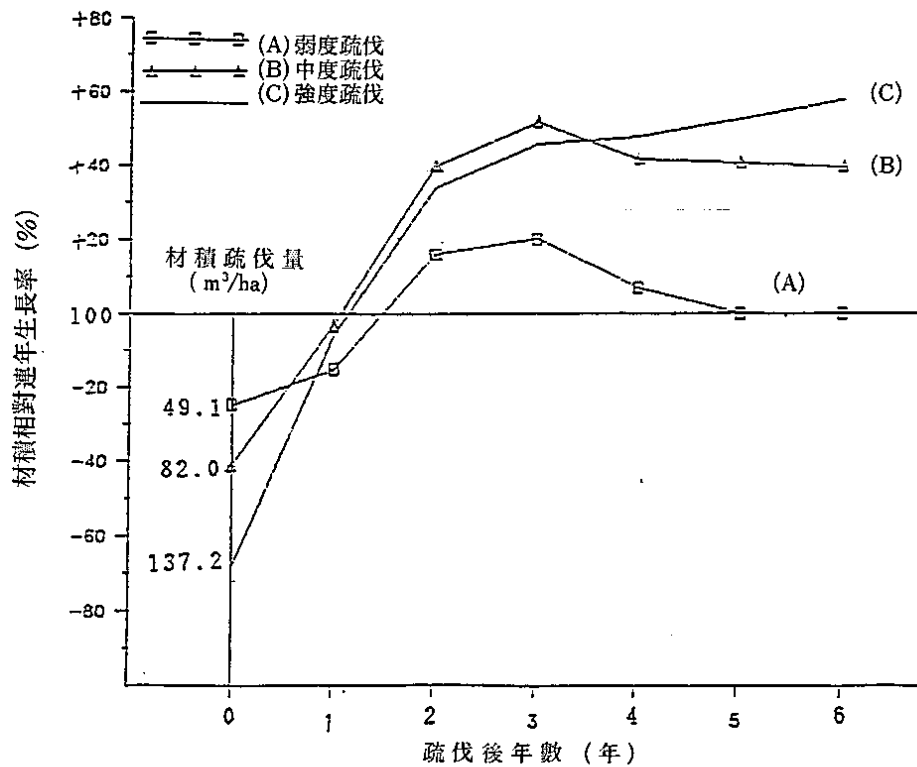


圖3. 不同疏伐處理材積生長因年度之變動
註：以(D)對照區為百分之百

各疏伐處理之材積相對連年生長率，在疏伐後第1年時，均低於對照區，第2年以後則高於對照區，此即表示於疏伐後第2年即可產生效應。其中，弱度疏伐者，於第3年時生長又開始下降，至第5年時下降趨勢已與對照區相近，其原因可能為弱度疏伐之疏伐量較少，留存林木較多，砍伐之林木又多數屬被壓木，故其林分再度鬱閉及生長量下降之時間較快。因此，弱度疏伐在疏伐作業上無實質意義。中度疏伐處理者，在第3年以前，

材積之相對連年生長率均駕驅其它疏伐度，至第4年以後才屈於強度疏伐，惟其生長潛能仍保持緩和狀態。至於強度疏伐處理者，該材積相對連年生長率一直保持上升之趨勢，且至第5年後已高居其它疏伐處理之冠。綜合以上所述本試驗之中度和強度疏伐處理，所能產生之生長促進之潛能，持續時間較長。即使至疏伐後第6年，其材積之相對連年生長率仍維持漸增趨勢，以材積生長量而言，確為最佳之疏伐強度。

四胸徑級之株數分布

各處理林分於疏伐前後及疏伐後6年，胸徑級株數經換算為各胸徑級佔各處理總株數之百分比

。其胸徑與株數百分比之關係，依設定之模式進行迴歸分析，選出最適方程式，繪製曲線圖，如圖4及圖5。

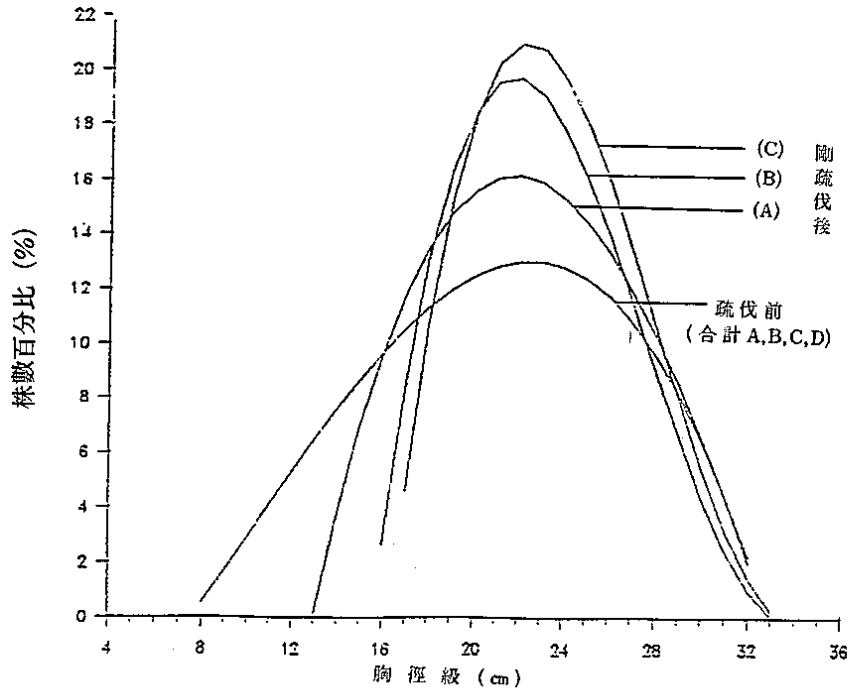


圖4. 疏伐前後(17年生)台灣杉林分之胸徑分佈百分比

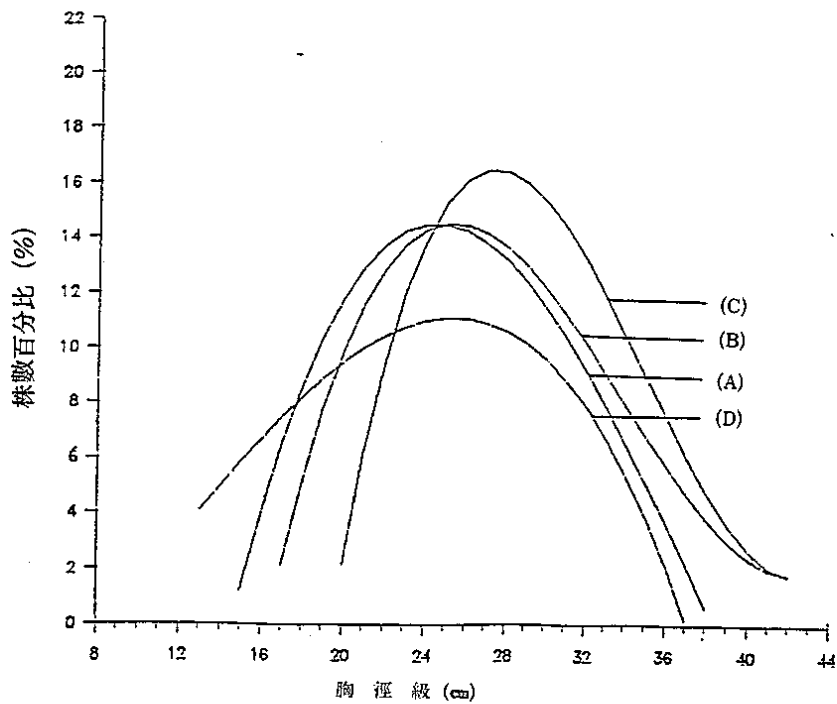


圖5. 疏伐後6年(23年生)台灣杉林分之胸徑分佈百分比

圖4及圖5為各處理在疏伐前後及疏伐後6年各胸徑級之株數百分比。因疏伐前各處理胸徑分布大致相同，故合併計算，且其曲線趨近常態分布。經過疏伐處理之後，因被壓木及部分中庸木已被伐除，致直徑分布形成正偏歪。而疏伐後經過6年之生長變化，各處理林木之胸徑均隨林齡之增加而增大，曲線皆向右推移，其中以強度和中度疏伐之右移幅度最大，表示該二種疏伐度已對胸徑分布產生正面影響。若以胸徑為24cm以上之林木株數百分率為例，疏伐前約佔總株數之43%，經過疏伐之後，因被壓木等已被伐除，故處理(A)、(B)、(C)之株數百分率略為提高，分別為48%，49%，53%。而經過疏伐處理6年後，該胸徑級之株數百分率則佔處理(A)總株數之68%，佔處理(B)之81%、佔處理(C)之89%，及佔對照區(D)之55%。由此可知，林分經過疏伐處理後，其大

徑木所佔之比率均高於未經過疏伐處理之林分，顯示出下層疏伐確實能提高林分大徑級林木所佔百分比，提高木材的經濟價值。

(五)樹冠結構狀態

為探討不同疏伐強度對林木樹冠幅及側枝節徑之影響，乃以修枝高度為4.5m之處理試區，供作調查比較之基礎。每試區各量取中央木10株，樹冠幅係以量測各林木之對角樹冠直徑之平均數；側枝節徑則量測各林木距地面6~8m處樹幹上之生活枝條基徑(表6)。經比較結果(表6)各處理之林木在疏伐6年後，其樹冠幅和側枝節徑之生長，均具極顯著差異，再經鄧肯氏多變域檢定結果，如表7所示。其側枝節徑與枝數百分比，則根據設定之模式，進行迴歸分析，選出最適方程式，並繪製曲線圖如圖6。

表6. 不同疏伐處理樹冠結構變化。

處理別	疏伐前後	林齡 (yr)	林分密度 (st/ha)	樹冠幅		側枝節徑		樹幹分叉	
				均值 (m)	分布範圍 (m)	均值 (cm)	分布範圍 (cm)	株數 (st/ha)	百分比 (%)
(A)弱度疏伐	疏伐前	17	1536	2.31	0.8~4.0	-	-	326	21
	疏伐後	17	1214	2.40	1.5~4.0	1.40	0.3~3.0	169	14
	6年後	23	1214	2.78	1.5~4.5	1.51	0.3~3.5	169	14
(B)中度疏伐	疏伐前	17	1541	2.38	0.8~4.0	-	-	348	23
	疏伐後	17	1064	2.47	1.5~4.0	1.34	0.3~3.0	41	4
	6年後	23	1064	3.11	2.0~5.0	1.54	0.3~3.5	41	4
(C)強度疏伐	疏伐前	17	1609	2.30	0.8~4.0	-	-	376	24
	疏伐後	17	902	2.50	1.5~4.0	1.43	0.3~3.0	27	3
	6年後	23	902	3.32	2.0~5.5	1.66	0.3~3.5	27	3
(D)對照區	疏伐前	17	1535	2.40	0.8~4.0	-	-	349	23
	無疏伐	17	1535	2.40	0.8~4.0	1.37	0.3~3.0	349	23
	6年後	23	1535	2.47	0.8~4.5	1.45	0.3~3.3	349	23

表7. 疏伐後6年內側枝節徑及樹冠幅生長幅度之比較。

處理別	側枝節徑 (cm)	樹冠幅 (m)
(A) 弱度疏伐	0.11 ^b	0.38 ^c
(B) 中度疏伐	0.20 ^a	0.64 ^b
(C) 強度疏伐	0.23 ^a	0.82 ^a
(D) 對照區	0.08 ^b	0.07 ^d
F 值	12.70 **	69.64 **

各直行英文字母相同者，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； $\alpha=0.05$)

疏伐後6年側枝節徑增加之生長，以強度和中度疏伐為最大，與弱度疏伐和對照區呈顯著差異

；隨著疏伐強度之增加，樹冠幅亦愈大。

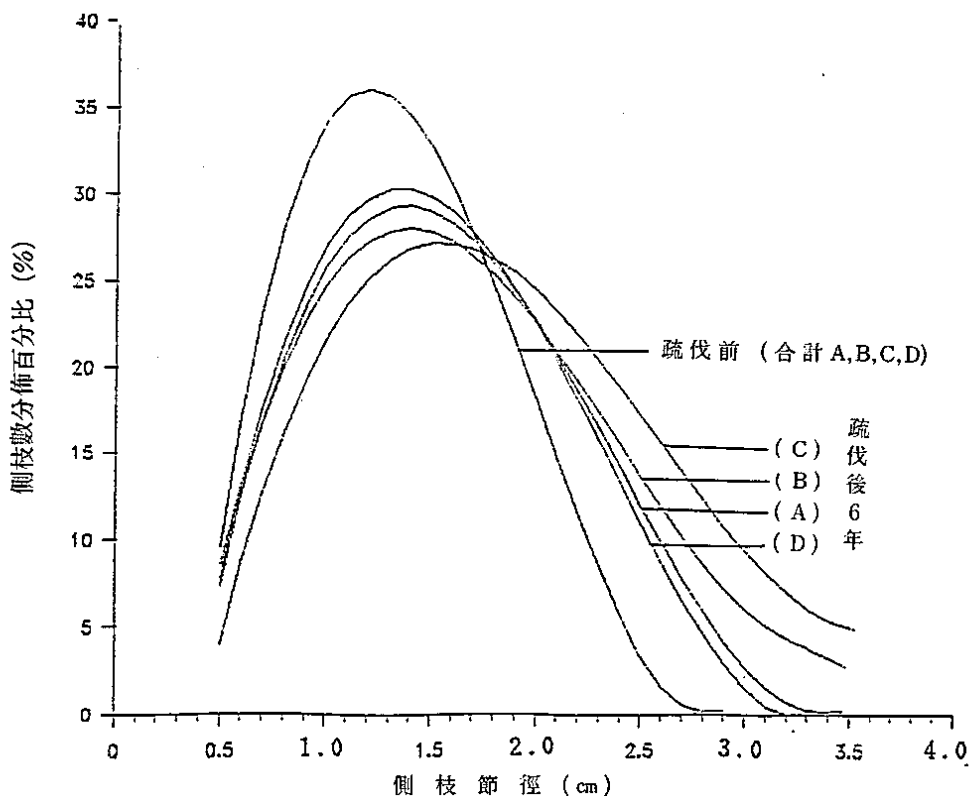


圖6. 台灣杉疏伐各處理側枝節徑之枝數分佈。

圖6為各疏伐強度側枝節徑級之枝數分布，在剛疏伐後節徑大都細小，位於3cm以下，且以1.3cm所佔之百分率最多。疏伐後6年，各處理林木側枝節徑之株數分布則略有變化，其節徑大於2cm者之百分率隨疏伐強度之提高而增多。反之，節徑小於2cm者其百分率則隨疏伐度之提高而減少。惟本研究各處理林分在疏伐後6年內並未產生特別粗大之枝條，其最大之側枝節徑約為3.8cm，數量亦不多，故就側枝節徑增加之幅度而論，對林木品質之負面影響不大。

樹幹分叉之瑕疵，對臺灣杉林木之材質，有不良影響，且樹幹易遭風折之危害。在疏伐前樹幹分叉數約佔各處理林木總株數之21~24%，經

過疏伐後，分叉木大都被伐除，所佔百分比明顯下降，其中以強度疏伐和中度疏伐所獲得之成果最佳，約96%之留存木幹形圓滿通直。此亦顯示，本研究採以下層疏伐法之原則，進行疏伐木之選定，其疏伐度為強度和中度者，可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。

(六)單株林木之生長

未疏伐之對照區林分，其單株林木之樹齡(A)對於胸徑(Dbh)、樹高(Ht)、材積連年生長(CAI_v)、材積平均生長(MAI_v)之關係，如圖7及圖8所示。

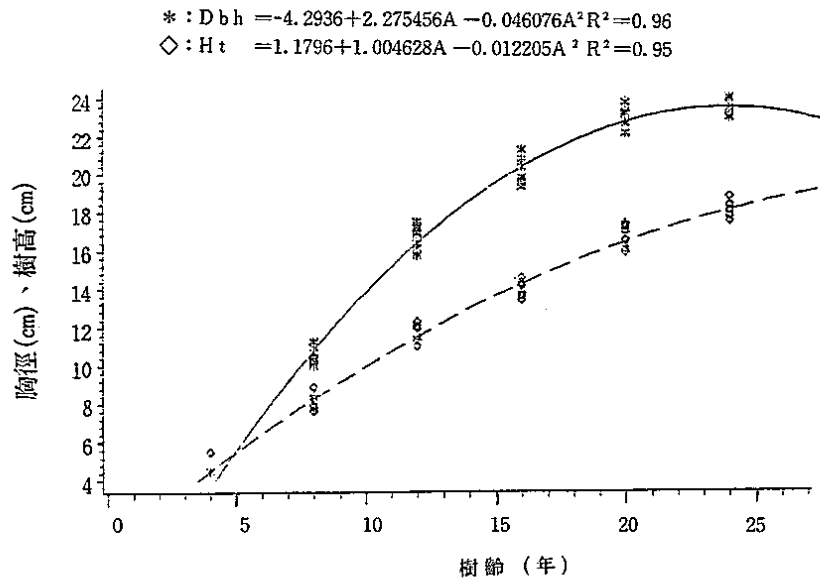


圖7. 胸徑、樹高與樹齡之關係

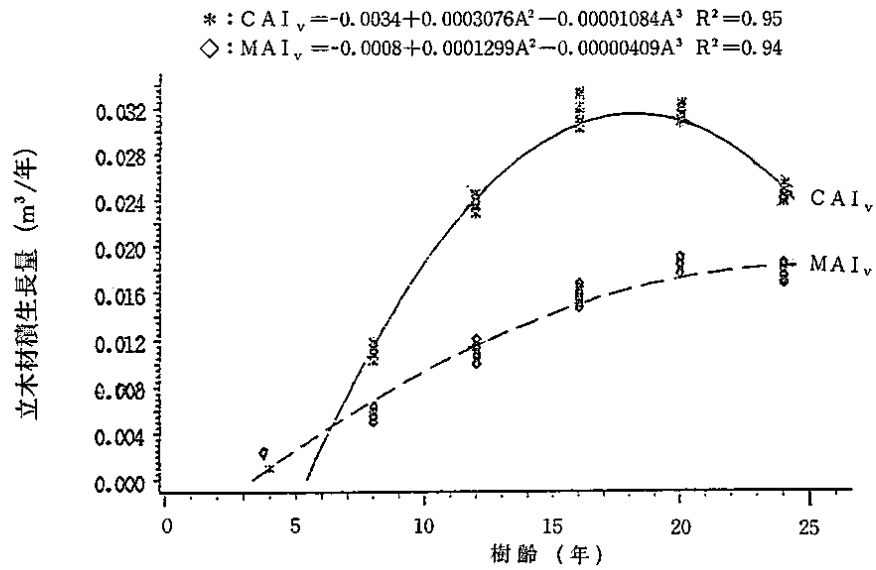


圖8. 材積連年生長、平均生長與樹齡之關係。

各樹齡胸徑及樹高生長，如圖7所示，兩者均呈二次曲線上升。胸徑生長示以14年生以前生長較快，以後則漸趨緩和。樹高生長隨林齡的增加而遞減，惟其遞減之趨勢較為緩慢。

各樹齡之材積連年生長和平均生長，如圖8所示，材積連年生長於20年生時開始下降，材積連年生長和平均生長在24年生時，曲線尚未交會。據劉宣誠等(1984)研究指出，44年生之臺灣杉人工林，其材積連年生長於28年生時開始下降，材積連年生長和平均生長約於39年生時交會。此二研究結果略有差別之原因，乃因在劉氏的研究中，林分密度約為417株/ha，而本試驗的林分密度則為1,580株/ha，因此在林分之結構上顯然不同。此亦表示，林分密度為影響疏伐林齡及疏伐量之主要因素。因此，就上述各樹齡之胸徑生長和材積連年生長之趨勢推論，本研究之臺灣杉林分，於14~18年生之間，應為初次撫育疏伐之適宜林齡。據Reukema和Bruce(1977)研究美國花旗松指出，樹高在10~15英尺，於10~15年生時，為實施非商業性疏伐之最佳時間，保留木可得到最佳之樹高生長，且此時樹冠級已能區分，選木容易，超過此時期，疏伐仍然值得做，但收穫會減少，其更指出，假如實施第一次商業性疏伐時，林木平均胸徑為8英寸，而市場上最小可利用之直徑為6英寸時，此時，每英畝非商業性疏伐應保留400株(每公頃約1,000株)。Miller(1951)研究維吉尼亞松(*Pinus virginiana* Mill)疏伐林齡和生長之關係亦指出，愈早疏伐愈能促進林木之生長，此項結果亦為往後甚多學者所證實。

本試驗之疏伐木，平均胸徑約為17cm，然因數量少且分散各地，交通亦不便，故利不及費未搬出利用。據劉宣誠(1984)對林試所六龜轄內之臺灣杉造林木之生長與材質之研究指出，該樹種之材性大致於幼年期已趨於穩定，且其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，以及擴展小徑木之利用範圍，提高其經濟價值，則臺灣杉之疏伐作業，可行性甚大。

五、結 論

本試驗臺灣杉人工林，每公頃林分密度約為1,580株，幼齡生長快速，惟側枝及分叉木甚多，因此，欲生產高品質之大徑木，則勢須進行修枝及疏伐等中間撫育。據前人研究可知臺灣杉在6年

生時即可進行初次修枝，以期生產無節材，而修枝木之選定，則以將來疏伐時必須保留之林木為對象，即每公頃修枝1,200株，初次修枝高度以不超過樹高之 $\frac{1}{4}$ 處為佳。第二次修枝則應在11年生適時進行，此時修枝高度可達樹高 $\frac{1}{2}$ ，約為4.5m。

依據本研究樹幹解析資料顯示，未經疏伐之對照區臺灣杉林分，其各樹齡之胸徑生長至15年生時其增加之趨勢趨緩，而材積連年生長則於20年生時開始下降。其原因可能是林分密度高，林木生長已受空間之激烈競爭而漸趨衰退所致。因此，為紓解林冠鬱閉對林木生長所產生之抑制，應於14~18年生時實施疏伐撫育。而以下層疏伐法之原則進行疏伐木之選定，其疏伐強度為中度和強度者，可消除幹形不良之分叉木等，讓優良之林木均勻配置於林地，改善林分之結構，且在下層疏伐之導引下，可增加大徑木所佔百分比，提高木材之經濟價值。在17年生疏伐時，中度疏伐處理，每公頃胸高斷面積保留量為46 m²，林木存有株數約為1,067株/ha；強度疏伐處理，每公頃胸高斷面積保留量為41 m²，林木存有株數約為900株/ha。在此林分密度範圍內，最能提高臺灣杉林分單位面積之材積生長量。

引用文獻

- 李久先、楊志義、陳朝圳. 1984. 紅檜人工林疏伐之研究(第二年中間報告). 國立中興大學森林學系研究報告第197號. 41頁.
- 李久先、陳朝圳. 1985. 大雪山地區紅檜幼齡人工林之疏伐一疏伐對直徑分佈之影響. 中華林學季刊. 18(1):19~28.
- 洪良斌. 1965. 不同度之疏伐撫育影響柳杉林分生長之研究(一). 林試所試驗報告第115號. 62頁.
- 洪良斌. 1967. 竹東林區柳林疏伐試驗效果之研究. 林試所試驗報告第146號. 47頁.
- 洪良斌. 1968. 濕地松林疏伐撫育試驗效果之研究. 林試所試驗報告第160號. 62頁.
- 洪良斌. 1974. 臺灣杉人工林生長之研究. 林試所試驗報告第236號. 26頁.
- 洪良斌、周朝富. 1976. 蓮華池林區杉木疏伐試驗效果之研究. 中華農學會報新第94期. 69~84頁.
- 洪良斌、羅卓振南. 1979. 光臘樹人工林疏伐效果之研究. 林試所試驗報告第324號. 16

- 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.
- 洪良斌 1980. 蓮華池香杉疏伐試驗效果之研究(二). 林試所試驗報告第337號. 17頁.
- 洪良斌、羅卓振南、羅新興 1982. 蓮華池林區肖楠人工林疏伐效果之研究. 林試所試驗報告第364號. 15頁.
- 洪良斌、陳松藩 1984. 大元山香杉林分疏伐試驗效果之研究. 中華林學季刊. 3(1): 71~82.
- 楊榮啟 1980. 森林測計學. 黎明文化事業, 臺北. 515頁.
- 劉慎孝、洪良斌 1960. 肖楠林木疏伐方式之研究. 林試所試驗報告第66號. 18頁.
- 劉慎孝 1976. 森林經理學. 國立中興大學, 臺中.
- 劉宣誠、林國銓、唐讓雷 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、羅新興、周朝富 1985. 紅檜人工林疏伐效果之研究. 林試所研究報告第448號. 9頁.
- 羅卓振南、鍾旭和、羅新興、周朝富 1987. 六龜地區紅檜人工林疏伐效果之研究. 林試所研究季刊. 2(3): 187~198.
- 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. 林試所研究報告季刊. 3(4):241-253.
- 坂口勝美 1961. 間伐の本質に關すふ研究. 林試研報No.131. P.1~95.
- 菊決喜八郎 1981. 間伐效果に關すふ定量的研究(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 Research 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 1983 29(3):33-46.
- Liechty, H.O., G.D. Mroz and D.D. Reed. 1986. The growth and yield responses of a high site quality red pine plantation to seven thinning treatment and two thinning intervals. Canadian Journal of Forest Research 16(3):513-520.
- Miller, W.D. 1951. Thinning in Old-field virginia Pine, Journal Of Forestry No.12:884-887.
- Karani, P.K. 1978. Pruning and thinning in a pinus patala stand at Lendu Plantating, Uganda Commonwealth Forestry review. 57(4):269-278.
- Reukema, D.L. and D. Bruce. 1977. Effects of thinning on yield of Douglas-fir: concepts and some estimates obtained by simulation. USDA Forest Service General Technical Report. PNW-58:36pp.
- Savill, P.S. and V. Evans. 1986. Plantation Silviculture in Temqerate Regions with special reference to the British Isles. 246p.
- Williston, H.L. 1978. Thinning shortleaf pine plantations in northern Mississippi. Southern Journal of Applied Forestry. 2(4):137-140.