

修枝度對台灣杉造林木製材品質之影響

邱志明^{1,3)} 羅卓振南¹⁾林振榮²⁾

摘要

台灣杉造林木於 6 年生時進行第一次修枝，至 11 年生再進行第二次修枝，24 年生時，砍伐樣木發現不同程度修枝者，其原木品等及製材品等差異極大；以製材品等而言，B 種修枝度的特等及一等材合計出現之頻度達到 51.6%，C 種(未修枝)則僅 10.5%，而 A 種修枝度介於中間為 36.1%，可見台灣杉修枝撫育之重要，將不同樹高之原木鋸製成弦面板材，均發現距髓心距離愈遠，板材品等愈佳，強度值也愈大且愈近基部品等亦愈高。以打音頻譜之非破壞性試驗所求得不同品等板材和由其製成之無缺點小試材兩者之動彈性係數，品等愈差者，兩者動彈性係數差愈大，成一指數曲線關係，不同修枝度之試材，若去除含節之所有缺點，製成無缺點小試材，所求得之靜力彎曲性質，MOR 和 MOE 差異皆不顯著。

關鍵詞：台灣杉造林木、修枝、製材、品等、打音。

邱志明、羅卓振南、林振榮。2000。修枝度對台灣杉造林木製材品質之影響。台灣林業科學

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所森林經營系，台北市 100 南海路 53 號 Division of Forest Management, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei 100, Taiwan.

2) 行政院農業委員會林業試驗所六龜分所，高雄縣六龜鄉 844 中興村中庄 198 號

Liukuei Station,

Taiwan Forestry Research Institute. 198 Chung Chuang, Chunghsing Village,

Liukuei 844, Kaohsiung County, Taiwan.

3) 通訊作者 Corresponding author

2000 年 1 月送審 2000 年 4 月通過 Received January 2000, Accepted April 2000.

Effects of Pruning on the Quality of Sawn Lumber from Taiwania Plantations

Chih-Ming Chiu,^{1,3)} Chen-Nan Lo-Cho,¹⁾ Cheng-Jung Lin²⁾

【Summary】

Pruning treatments were applied twice to Taiwania (*Taiwania cryptomerioides*) plantations when they were 6 and 11 yr old, and then 1 mean sample tree was cut from each plot when they reached the age of 24 yr. Results showed that there were very significant differences among the grades of logs and sawn lumber from plots with different pruning treatments. Concerning the grade of sawn lumber from plots of B-type (pruned up to 1/3 and 1/2 of tree height when 6 and 11 yr old, respectively), A-type (pruned up to 1/4 and 1/3 of tree height when 6 and 11 yr old, respectively), and C-type (unpruned) pruning treatments, the distribution percentages of excellent grade and no. 1 (by CNS grading rules), were 51.6%, 36.1%, and 10.5%, respectively. Therefore, pruning practice is important to promote the grade of lumber from Taiwania plantations. There was a definite tendency of variation in mechanical properties and the grade of plain sawn lumber from different section heights of logs. The tendency initially showed lower values and lower grades, and then increased with distance from the pith and increased with distance from the apex. The dynamic modulus of elasticity (MOED) was obtained by a tap tone spectrum analysis system of nondestructive testing for sawn

lumpers of various grades and small clear specimens. Results showed that the lower the grade the sawn lumber was, the larger the differences were in MOED for sawn lumber and small clear specimens. Moreover, the relationship between MOED of sawn lumber and small clear specimens was an exponential curve. No significant differences were found among the MOR and MOE of static bending properties of small clear specimens made from sawn lumber with all defects excluded from plots of various pruning treatments.

Key words: Taiwania plantations, pruning, grade, sawn lumber, tap tone.

Chiu CM, Lo Cho CN, Lin CJ. 2000. Effects of pruning on the quality of sawn lumber from Taiwania plantations. Taiwan J For Sci

緒言

林業為經濟事業，林業經營除需要重視生態環境及社會外，對經濟林地恆注重林木之直接經濟效益。換言之，如何謀求增進林木之經濟效益，乃為經濟林經營上重要任務之一，蓋林木生長，受遺傳、生育地土質、氣候等自然條件所影響者固大，而人工撫育所促進之改良作用，亦甚重要。適當之林木撫育措施，可促進林木量之增加及品質之改良，而增進其經濟效益。修枝為林木期中撫育之主要手段，其目的在控制樹幹中枝節之分布，避免死節之形成，促進無節良質材之生產。

台灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hay.)又名亞杉，其樹形高大，幹形通直，材質優異，常做為家具、建築用材，而其製材品等之好壞，影響材價甚大。人工造林後，生長極為迅速良好，於臺灣中高海拔林區均可造林，對病蟲害之抵抗力強，又可免松鼠為害，故十數年來即積極推廣造林，惟其樹幹易生濃密側枝，且枝條枯死後又不易自然脫落，因此欲提升利用價值，則需進行人工之修枝撫育工作 (Hung 1979)。

國內有關台灣杉之研究，偏重於形態、育苗及不同疏伐、修枝方法對生長影響之研究(Lin 1975, Hung 1979, Lo-Cho et al. 1988,1991, Chiu et al. 1999)，惟不同育林撫育處理，因影響生長所伴隨之材質變異，以往鮮有人涉及，近年 Wang and Chiu (1990)曾對不同疏伐度對柳杉種子苗及插條苗林木生長及材質關係進行一系列探

討，而柳杉不同栽植密度對原木、製材品等、強度等材質方面之探討，已有多篇報告發表(Wang et al. 1998,1999)，惟修枝對林木材質，尤其製材品等之影響，究竟如何，臺灣尚無相關報告發表，而國外，對人工林集約經營手段—修枝，相當重視，則已有許多報告發表，如日本 Kano et al. (1961,1966)調查柳杉不同產地、不同撫育處理下，對其製材品等及材質影響加以探討，Takeuchi (1987)探討不同修枝度對柳杉柱材品等之影響，Nakagawa (1987)則對不同修枝度及光度對日本落葉松年輪構造加以探討；Bendtsen (1978), Choog et al. (1970)均指出林木經過集約經營撫育者，會對林木材質造成影響；而 Zobel 及 van Buijtenen (1989)更彙總許多學者之研究，就引起木材之變異之原因進行探討，而不同修枝度對造林木材質及品等所造成之影響亦多所著墨，惟其偏重於松類及歐美地區經濟樹種。

因此，本研究目的在探討不同修枝程度對台灣杉造林木製材品等之影響，同時以打音頻譜之非破壞性檢測法，探討不同品等板材動彈性係數和靜曲彈性係數及靜曲破壞強度間之關係，並和無缺點小試材比較，以便將來能以簡便、又準確、快速之方法，評估不同撫育處理之造林木材質，做為今後台灣杉育林、經營與利用配合之重要參據。

材料與方法

一、試驗林分概況

本研究之試驗區，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 1300 m，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 $10-35^{\circ}$ 之間，試驗地區之年平均溫度及年總降雨量，依鄰近鳳崗山氣象站資料分別為 18.6°C 及 2280 mm，且多集中於 5-9 月份(Lu et al. 1998)。

試驗林分原屬天然闊葉樹林地，為林務局第二期林相變更區，造林面積 70 餘公頃，經伐採後於民國 56 年 6 月間造林，栽植距離為 $2 \times 2 \text{ m}$ ，每公頃栽植株數為 2500 株，至 6 年生時存活率約在 70% 左右，幼齡期生長良好，在 6 年生時林分平均胸徑約 6 cm，樹高約 5 m，枝下高約 0.5 m，林分尚未鬱閉，至 11 年生時，林分平均胸徑約 15 cm，樹高約 9.5 m，枝下高約 1.5 m，林分已鬱閉。曾分別實施二次修枝試驗(Lo-Cho et al. 1991)。

二、修枝

A: 6 年生時，修枝高度為 $1/4$ 樹高，至 11 年生時再修至 $1/3$ 樹高，即平均修枝高度約 3.2 m。

B: 6 年生時，修枝高度為 $1/3$ 樹高，至 11 年生時再修至 $1/2$ 樹高，即平均修枝高度約 4.5 m。

C: 對照區—全林均不修枝。

本試驗採用完全逢機區集設計，每處理重覆 3 次，每區集 3 處理，均隨機分佈於立地條件相似之山坡上，藉以消除土壤差異，小區面積為 0.06 公頃，含緩衝

帶，試區總面積約 0.7 公頃。

三、樣木之採取

林分 24 年生時，經每木調查其各項生長性狀後，從各小區選取一近似中央木，每處理 3 株，共 9 株，樣木去皮胸徑為 23.1-26.0 cm，樹高為 17.8-19.3 m，隨即進行下述項目之觀測。

四、原木品等與製材品等之調查

樣木砍伐後，將樹幹區分為三部分，即枝下材，其又可區分為樹皮光滑無節之幹部(0.3-1.3 m, 1.3-2.3 m)及具有節痕殘留枯枝之幹部二部分(3.3-4.3m, 4.3-5.3 m)，第三為樹冠材，即具有活枝之樹冠部(9.3-10.3 m)。將此三部份取樹高同高部位，各鋸 1 m 長原木，即每一株樣木取 5 段，9 株樣木，共 45 段以供進行下列各項試驗：

(一)原木外觀品等

將上述之原木，依 CNS 4748 天然生針葉樹原木分等標準，將原木分等。

(二)製材品等

原木分等後，將各段原木，以正角材方式鋸製，去除邊皮材，板寬約 10 公分時開始鋸製，板厚約 2 公分，即採弦面板方式調查，然後每隔板厚 2 公分，再由四個方向鋸製一次，最後製成約 40 ×40 mm 之正角材，如 Fig. 1 所示。將製成之弦面板材放於蔭棚中氣乾，含水率約在 13%-16%，再分別就不同斷面高度、距髓心距離、節之種類、大小、個數，加以記錄，本試驗 0.3-1.3 m 可鋸製 24 塊，1.3-2.3

m、3.3-4.3 m、4.3-5.3 m，每段原木分別可鋸製 20 塊，9.3-10.3 m 可鋸製 16 塊板材，每株樣木可鋸製 100 塊板材，9 株樣木共鋸製成 900 塊板材，參照 CNS 444 製材品等標準，將板材予以評定品等。

五、木材機械性質試驗

(一)非破壞性強度試驗

本試驗以距髓心不同距離及不同品等之弦面板試材，鋸製為大小 100 ×10 ×2 cm，氣乾後進行非破壞性強度試驗，其方法為以高速頻譜分析儀(FFT spectrum analyzer)，藉由打音(tap tone)方式，由頻譜之分析，迅速測出共振頻率(resonance frequency)，用以推算音速(sound velocity)與動彈性係數(dynamic modulus of elasticity, MOED)，打音過後，不同品等之試材，再製成 2 ×2 ×32 cm 無缺點小試材，再以同一方法測試。測定方法為以手指支持試片中央位置，手持直徑 16 mm 之鋼珠鎚輕敲試片一端，打音由置於試片另一端的麥克風檢出，並輸入 FFT 頻譜分析儀，將瞬間發生打音波形分解成頻譜，可精密測出共振頻率，由下列公式計算音速與動彈性係數；式中動彈性係數所求出之單位為 dyne/cm²，除以 980,000 dyne/kgf，則可換算為常用的 kgf/cm² 單位。

$$V = 2 f L$$

$$MOED = 4 f^2 L^2 \rho$$

$$V = \text{音速 cm/s}$$

MOED = 動彈性係數 dyne/cm^2

f = 頻率 Hz

L = 試片長 cm

ρ = 木材密度 g/cm^3

(二)靜曲強度試驗

將上述非破壞性打音方法測試過之不同品等試材，參照 CNS 454 標準，鋸製成無缺點小試材 $2 \times 2 \times 32 \text{ cm}$ ，每一塊板材，依缺點之多寡，製成無缺點小試材 3-10 塊，然後再以萬能強度試驗機，進行中央集中載重靜曲強度試驗，由載重與撓度求出彈性係數(modulus of elasticity, MOE)，靜力彎曲強度(modulus of rupture, MOR)，其強度值並換算為標準含水率 12%時之強度，其性質並和上述非破壞性強度試驗結果加以比較。

結果與討論

一、原木分等

將樣木伐倒後，每一株樣木鋸取樹高相同部位共五段，各鋸 1 公尺長原木，總共 45 支，量測其節徑大小數目及記錄其各項缺點，再依 CNS 4748 天然生針葉樹原木品等區分標準，加以分等，結果如 Table 1。由表可知 A 種修枝度 0.3-1.3 公尺及 1.3-2.3 公尺兩段，有 6 支原木為一等，一等出現比率為 40%，二等有 2 支佔 13%，三等有 6 支佔 40%，四等 1 支佔 7%；B 種修枝度，一等有 8 支，出現率

高達 53%，二等 2 支，比率為 13%，三等 3 支佔 20%，四等 2 支佔 13%。而 C 種未修枝者，一等原木為 0 支，即連樹幹最基部之 0.3-1.3 m，樹皮外觀仍存有許多枯死枝條及痕跡，故無法達到一等，二等出現率亦僅 20%，三等出現率高達 47%，四等 33%。其中 B 種修枝度，修枝高約 4-4.5 m，修枝度最強，故最佳品等出現較多。但樹高超過 4.5 m 以上者，因皆未達修枝高度，則其原木品等皆介於三、四等間。而樹高 4.5 m 以下之部位，不同修枝高度，則原木品等差異極大。據 Takeuchi (1987)調查柳杉不同修枝度含心正角材之品等，其依 JAS 標準，發現第一段原木特等材佔 44%，第二段佔 3%，第二段原木比第一段原木品等較低，原因為修枝時，第二段直徑較第一段原木為大，亦即第二段原木為第 2 次修枝時，才達到之高度，或修枝較遲所致。

二、板材分等

將上述不同高度之原木，鋸製而成之弦面板，依最劣面記錄其板面節之大小、數目、分布及捲皮、弧邊等各項缺點，再依 CNS 444 天然生針葉樹製材之板材分等標準，進行評等，結果如 Table 2.所示。其中 0.3-1.3 公尺高原木所鋸製之板材，每一修枝度約可鋸製 72 塊，1.3-2.3 m 及 3.3-4.3 m 高度之原木，每一修枝度分別可鋸製 60 塊板材。由 Table 2 可知，A 種特等材出現率為 30.8%，一等為 5.3%，B 種修枝度特等材出現頻度為 45.6%，一等為 6%，C 種特等材出現度僅 2.3%，一等為 8.2%，當不同修枝度之特等和一等材合計，A 種為 36.1%，B 種為 51.6%，C 種

爲 10.5%，可見不同修枝度，品等差距極大。未修枝者，一般以出現二、三等頻度最高，高達 75%，A 種和 B 種修枝度之差距，主要出現在樹高 3.3-4.3 m 之原木，B 種修枝度特等及一等達 30%，A 種僅 13%達到特等及一等，其原因因 B 種修枝高度爲 4-4.5 m，而 A 種修枝高度約 3~3.6 公尺。

台灣杉 0.3-4.3 m 樹幹材積約佔整株立木材積之 50%，以 B 種修枝度而言，特等及一等材料合計出現之比率佔立木材積高達 25%，A 種爲 18%，未修枝(C)者僅 5%，B 種和 C 種修枝度差距達到 5 倍，由此可知台灣杉人工林幼齡即經過修枝撫育與未修枝撫育者，其製材品等差距之大。

因修枝高度之不同，製材品等在樹幹中之變異，如 Table 3.所示。可發現樹高 4.3 m 以上，不同修枝度間，品等之變化並無兩樣，大致品等會由髓心向樹皮方向提高，但樹高 4.3 m 以下之製材品等，不同修枝度間差異極大，A 種及 B 種修枝度 0.3-1.3 m 斷面之板材在距髓心距離 6 cm 左右，即會產生特等材，而未修枝者，即使最靠近樹皮之板材，仍無法產生特等材。3.3-4.3 m 高之斷面原木，B 種在距髓心 8-10 cm 左右，即會產生特等及一等材料，但 A 種因修枝高度較低僅達 3.3 m，故在距髓心 10 cm 距離，仍無法產生特等及一等材料。Takeuchi (1987)調查修枝之柳杉角材品質，發現愈近髓心處，材面節愈多，品等亦愈差，此結果和本試驗相同，而 Biblis (1990)對 27 年生南方松造林木之調查，亦有相同發現。

Fujimori (1984)對日本扁柏及柳杉之研究，其認爲修枝可調節樹幹內節之分布

和年輪構造，並對無節材之產生為絕對必要手段，此外修枝可促使陽光進入冠層下方，可促進地表植群之產生，又可使枝條養分加速回歸土壤，增加地力，且地表被覆灌層，亦可提升水土保持能力。由此可知修枝對經濟林地之木材生產品質之提升及生態環境之改善，皆有正面效果。

三、機械性質

(一)非破壞性強度試驗

將前述不同品等之板材，以打音方式，藉由高速頻譜分析儀，測出共振頻率，再推算音速及動彈性係數。

1. 板材動彈性係數在樹幹之變化

取 0.3-1.3、1.3-2.3、3.3-4.3、4.3-5.3、9.3-10.3 m 不同樹高部位之原木，再依距髓心不同距離鋸製成弦面板，板材之長寬比皆在 6 以上，以避免頻譜出現雜訊，而得到較佳之結果(Huang et al. 1993)，測得其動彈性係數，結果如 Fig. 2 所示。台灣杉造林木動彈性係數在 40,000~110,000 kgf/cm² 之間，樹幹不同部位，變化很大。由圖可知，動彈性係數會隨著距髓心距離之增加而增大，其原因主要有二：一為距髓心距離愈近，枝節愈多，品等愈低(Kano et al. 1959, Takeuchi 1987, Chiu et al. 1999)。另一為髓心附近皆為未成熟材所致(Donald et al. 1983, Kinimoth 1986, Chiu 1987, Kodamata et al. 1994)。不同樹高斷面之動彈性係數有隨樹高之增高而增大之傾向，惟此趨勢和柳杉、紅檜靜曲強度和比重在樹高方面之變化一致(Hong 1989,

Chiu 1990), 其原因除板材中枝節影響外, 尚受比重及其他因子影響, 其確實原因, 有待將來進一步探討。

2. 板材動彈性係數和小試材動彈性係數之關係

將不同品等有缺點之板材以打音頻譜分析後, 再製成 2 x2 x32 cm 無缺點小試材試片, 同樣以打音頻譜進行分析, 求得同一塊板材製取之小試材動彈性強度平均值和板材之動彈性強度, 兩者呈直線正相關而且關係極顯著, 如 Fig. 3 所示; 但小試材之動彈性係數大於有缺點板材之動彈性係數, 其主要原因即是板材中節及許多微細缺點所造成。

據 Kodama et al. (1994), 使用超音波法檢測木材中節之有無及定位, 發現木材中因節之存在, 會造成頻率移動之改變, 進而影響共振頻率。Ross et al. (1997) 調查 balsam fir 和 eastern spruce 原木和板材間彈性係數之關係, 發現原木外觀品等和其製成板材之彈性係數相關性不大, 其進一步研究指出, 若原木之動彈性係數和其製成個別板材之動彈性係數加以迴歸, 其決定係數偏低(0.17-0.50), 惟若以每個原木製成板材之動彈性係數平均值加以迴歸, 則其決定係數可大大提高(0.33-0.82)。Nakamura (1995) 調查原木和板材間之關係亦有相同結果。Wang and Chen (1990), 發現杉木實大材強度約為無缺點小試材強度之 82%, 其亦指出, 相同品等內, 其強度仍有一定幅度之變異存在。

因此, 為進一步探討枝節影響不同品等強度之關係, 本試驗將不同品等之板

材進行非破壞性試驗後，再鋸製成無缺點小試材，同樣進行非破壞性試驗，然後將求得之板材 MOED 和同一塊板材製成之無缺點小試材之 MOED 平均值，兩者之差和板材品等之關係做迴歸分析，結果如 Fig. 4 所示。由圖可知，板材品等愈差者，則小試材平均值和板材之動彈性差距即會愈大，愈高品等，差距愈小，其關係為一指數關係。

Hatayama (1984)，發現無缺點小試材之強度會大於實大材，至於差距大小依節之種類、大小和節周遭纖維走向而異。Sandoz (1989)，更指出，除節外，平均年輪寬、音速、比重、直徑亦皆會影響。本試驗和其研究結果一致。Wang and Chen (1990)，調查杉木目測分等，等級愈差，其強度有愈小之趨勢，但各等級間並無顯著差異。究其原因，其所調查之試材主要為 3、4、5 等級，無特等材，一等及二等試材分別僅為一塊及五塊，而本試驗主要皆為較高品質之試材，而 4 及 5 等試材反而較少，致有此差異。又板材及小試材同樣均為無缺點，小試材之動彈性係數仍大於大試材之板材，其原因為大試材尚有許多隱節及微細缺點之存在(Biblis 1990, Kodama et al. 1993)。

3. 比重和動彈性係數之關係

台灣杉之試驗比重(絕乾重/氣乾體積)變化約 0.25-0.40，若為氣乾比重(氣乾重量/氣乾體積)則在 0.30-0.46 之間，一般而言，木材強度會隨比重之增加而有增大之趨勢。以 A 種修枝度為例，本試驗無缺點小試材之動彈性係數和氣乾比重之

關係，如 Fig. 5 所示，可發現動彈性係數隨比重之增加而增加，但呈相當分散狀態，其直線相關決定係數(R^2)為 0.373，可見尚難單獨以比重一因子來準確評斷其動彈性係數(Choog et al. 1970, Bendtseen et al. 1978, Huang et al. 1990)，因動彈性係數尚受木材中細胞纖維長度、細胞壁微纖維傾斜角(microfibril angle)，細胞壁纖維素結晶化度(cellulose crystallinity)及纖維走向等所影響(Haygreen and Jim 1982, Smulski 1991, Wang and Chiu 1993)。又據 Chen and Yen (1996)研究指出，比重和應力波傳遞速度及振動頻率間之相關係數並不高，此皆和本試驗有相似之結果。至於比重和 MOR 及 MOE 之關係皆為直線關係，關係極顯著，決定係數分別為 0.757 及 0.477，皆比比重和動彈性係數之決定係數來得大，此結果和 Wang and Ko (1998) 研究結果一致。

(二)靜力彎曲強度與非破壞性強度之關係

將板材去除缺點部分，製成無缺點小試材，先以非破壞性打音法進行測試後，再以萬能強度試驗機進行中央載重靜曲試驗，結果如 Figs. 6 及 7 所示。動彈性係數 MOED 和靜彈性係數 MOE 兩者呈直線極顯著之正相關；由此可知，可應用非破壞性強度試驗技術，來推測林木強度，其結果已由中外許多學者所證實(Galligan 1964, Dunlop 1981, Sandoz 1989, Chen et al. 1996, Wang 1996)，但由打音法所測得之動彈性係數一般均較靜彈性係數為大。其原因，據 Huang (1990)以紅橡木為試材之研究發現，動彈性係數平均較靜彈性係數大 23%，其原因為靜曲試驗含有剪力成分，

致使撓曲增大，又撓度之測定包含受力點之局部壓潰凹陷變形以及載重時間較長，多少有潛變(creep)產生等所致。而 Chen and Yen (1996)，調查三種非破壞性檢測儀發現，打音頻譜方法，大於實測值平均約 18-58%，視樹種而異，而應力波計時儀最接近實測值，但動彈性係數與靜彈性係數之關係以打音方法最高，因打音頻譜之靈敏度及再現性最佳。

(三)不同修枝度之靜曲強度性質變化

不同修枝度，將造成原木及製材板材品等之極大差異，已如前述，因此其靜曲強度，強度修枝者，品等較高，靜曲強度較大，但若去除這些節疤、捲皮、脂囊、腐朽等缺點之存在，製成無缺點小試材，不同修枝度其靜力彎曲強度、氣乾比重變化由 0.356-0.430、破壞係數之變化由 585-734 kgf/cm²、靜力彎曲彈性係數由 61,151-87,511 kgf/cm²。但不同修枝度間，各項性質均以 *F* 值檢測，其結果均不顯著，此結果亦和 Zobel and van Buijtenen (1989)及 Kano et al. (1966)研究結果一致，且其似乎和修枝對林分之胸徑及樹高、材積等生長影響不顯著，相互呼應 (Lo-Cho et al. 1991)。

結論

茲將本試驗結果、歸納如下：

一、台灣杉造林木經過不同程度修枝者，其原木品等及製材品等差距極大，以製材品等而言，B 種修枝度的特等及一等材合計出現之頻度達到 51.6%，而 C 種

為修枝則僅 10.5%，A 種修枝度介於中間為 36.1%，可見台灣杉修枝撫育之重要。

二、近髓心處之板材節最多、品等最低、靜曲強度也最小，隨著距髓心距離之增加，品等、靜曲強度則增大。不同樹高斷面，愈近基部則品等愈佳。

三、以非破壞性之打音頻譜所求得不同品等板材和無缺點小試材之動彈性係數間，品等愈差者，兩者動彈性係數差愈大，成一指數關係。

四、不同修枝度之間，若去除含節之所有缺點，製成無缺點小試材，所求得之靜力彎曲性質之 MOR 及 MOE 皆不顯著。

五、以打音頻譜分析方法所得之動彈性係數和靜彈性係數，破壞強度間關係密切，可以很簡便測出不同品等板材之強度。

謝誌

本研究承蒙本所黃彥三博士概允借用頻譜分析儀，並對儀器之設定、疑難之排除，陳欣欣小姐對操作技術上之協助，及郭雅芳、翁瑜璟小姐等協助資料整理，謹此一併致謝。

引用文獻

- Bendtsen BA.** 1978. Properties of wood improved and intensively managed tree. For Prod J 28(10):61-72.
- Biblis EJ.** 1990. Properties and grade yield of lumber from a 27-year-old slash pine plantation. For Prod J 40(3):21-4.
- Chen TY, Yen JH.** 1996. Influence of wood species on the modulus of elasticity of wood with three kinds of nondestructive test instruments. For Prod Ind 5(2):285—94. (in Chinese with English summary).
- Chiu CM, Lo-Cho CN, Lin CJ.** 1999. Branches and structure of wound healing in Taiwan cryptomerioides plantations after pruning. Quart J Chin For 32(3):357-68. (in Chinese with English summary).
- Chiu CM, Wang SY.** 1990. The wood properties of Japanese cedar originated by seed and vegetative reproduction in Taiwan (V) the variation of wood physical properties. Mem Coll Agric NTU 30(4):1-23. (in Chinese with English summary).
- Choog ET, Fogg Pj.** 1970. Effects of intensive cultural managment on growth and certain wood properties of young loblolly pine. Wood Fiber 2(2):105-12.
- CNS 451. 452. 454. 444. 4748.** 1991. Methods of test for specific, gravity, moisture content , static bending of wood, grading rules of lumber and logs. Taipei National Bureau of

Standards. Ministry of Economics Affairs, Taiwan, ROC. (in Chinese).

Donald CM, Harry ET, Charles EB. 1983. Wood properties of immature ponderosa pine after thinning. For Prod J 33(4):33-6.

Dunlop JJ. 1981. Testing of poles by using acoustic pulse method. Wood Sci Technol 15:301-10.

Fujimori T. 1984. The pruning practices-basic and applications. The Forest Technical Association of Japan. 180 p. (in Japanese).

Galligan WL. 1964. A status report of nondestructive testing in wood. For Prod J 14(5): 221-7.

Hatayama Y. 1984. A new estimation of structure lumber considering the slope of the grain around knots. Bull For For Prod Res Inst no. 326. p 69-167. (in Japanese with English summary).

Haygreen JG, Jim LB. 1982. Forest product and wood science. An introduction. IOWA: IOWA State Univ. Press p 271-87.

Hong KJ. 1989. Study on the anatomical and physical properties of *Chamaecyparis formosensis* Matsum (PhD dissertation). Nationd Taiwan Univ. Graduate Inst. of Forestry. 294 p

Huang YS, Chen SS, Chi SC. 1993. Fesibility of the evaluation of log quality by using

nondestructive test method. Bull. Taiwan For Res Inst New Series 8(1):85-98. (in Chinese with English summary).

Huang YS, Hsiung TC, Chen SS. 1990. The feasibility of FFT spectrum analysis by tap tone as applied to the quality evaluation of woods. For Prod Ind 9(1):43-54. (in Chinese with English summary).

Hung LP. 1979. The relationship of intensive management to stand growth of *Taiwania* young plantation. J Agric Assoc China. New Series. no. 106. p 79-100. (in Chinese with English summary).

Isebrands JG, Hunt CM. 1975. Growth and wood properties of rapid growth Japanese larch. Wood Fiber 7(2):119-28.

Kano T, Edamatsu N, Kaburagi Z. 1961. Quality of small sawlogs from planted *Cryptomeria* (Report 2) Logs from Nishi Kawa. Bull Govt For Exp Sta No. 134. 114 p. (in Japanese with English summary).

Kano T, Edamatsu N, Kaburagi Z, Saito H. 1966. Quality of small sawlogs from the planted *Cryptomeria* (Report 3) quality of logs from the planted growth with different silvicultural treatment. Bull Govt For Exp Sta No. 185:57-197. (in Japanese with English summary).

Kininmonth AA. 1986. Wood from fast-grown short-rotation trees. 18th IUFRO World

Congress Division 5:425-36.

Kodama Y, Akishika T. 1993. Non-destructive inspection of defects in wood by use of the pulse-echo technique of ultrasonic waves I Measurements of enclosed knots. Mokuzai Gakkaishi 39(1):7-12.

Kodama Y, Akishika T, Nakao T, Takahashi A. 1994. Non-destructive inspection of knots in wood and by use of the frequency shift of propagated acoustic wood. Mokuzai Gakkaishi 40(5):513-8. (in Japanese with English summary).

Lin WC. 1975. Spacing study on *Taiwania* plantations. Quart J Chin For 8(4):18-27. (in Chinese with English summary).

Lo-Cho CN, Chung HH, Chen YC. 1988. Effects of pruning on the growth and the branch occlusion of *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) young plantation. Bull Taiwan For Res Inst New Series 3(4):241-53. (in Chinese with English summary).

Lo-Cho CN, Chung HH, Chiu CM, Chou CF, Lo SS. 1991. Effects of thinning and pruning on *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) plantations. Bull Taiwan For Res Inst New series 6(2):155-68. (in Chinese with English summary).

Nakagawa S. 1987. Influences of pruning and light intensity on the structure of annual of todo-fir. Bull For For Prod Res Inst No. 345.81-100. (in Japanese with English summary).

- Nakamura N, Nanami N, Arima J.** 1995. The strength of log and laminar for different grading. *Wood Ind* 50(5):215-9. (in Japanese).
- Nobua S.** 1986. Measusement of Young's modulus by the transient longitudinal vibration of wooden beans using a FFT spectrum analyzer. *Mokuzai Gakkaishi* 32(9):95-108.
- Ross RJ, Green DW, Schad KC.** 1997. Relationship between log and lumber modulus of elasticity. *For Prod J* 47(2):89-93.
- Sandoz JL.** 1989. Grading of construction timber by ultrasound. *Wood Sci Technol* 23:95-108.
- Smulski SJ.** 1991. Relationship of stress and static bending determined properties of four northeastern hardwoods. *Wood Fiber Sci* 23(1):44-57.
- Takeuchi I.** 1987. A case study on boxed heart from a pruned sugi (*Cryptomeria japonica*) stand. *Bull For For Prod Res Inst No.* 344.103-16. (in Japanese with English summary).
- Wang SY, Lin SH.** 1996. Effects of plantation on the quality of visually graded lumber and mechanical properties of Taiwan-grown Japanese cedar. *Mokuzai Gakkashi* 42(5):435-44.
- Wang SY, Ko CY.** 1998. Dynamics modulus of elasticity and bending properties of large teams of Taiwan-grown Japanese cedar from different plantation spacing sites. *J Wood Sci* 44:62-8.

Wang YR, Chen BJ. 1990. Study on the in-grade variance of dimension lumber strength distribution. For Prod Ind 9(2):97-109. (in Chinese with English summary).

Yaung KC. 1987. Wood properties, wood qualities and silvicultural treatments, Quart J Chin For 20(2):7-28.

Zobel BJ, Van Buijtenen JP. 1989. Wood variation, its causes and control. New York:Springer-Verlag. 363 p.

Table 1. Log grading for *Taiwania* plantations of different pruning treatments by CNS
4748 grading rules

Pruning treatment ¹⁾	Section height (m)	Log grade					
		1	2	3	4	5	outgrade
A	0.3-1.3	3 ²⁾					
	1.3-2.3	3					
	3.3-4.3		2	1			
	4.3-5.3			2	1		
	9.3-10.3			3			
B	0.3-1.3	3					
	1.3-2.3	3					
	3.3-4.3	2	1				
	4.3-5.3		1	1	1		
	9.3-10.3			2	1		
C	0.3-1.3	3					
	1.3-2.3			2	1		
	3.3-4.3			2	1		
	4.3-5.3			2	1		
	9.3-10.3			1	2		

¹⁾ A: pruned up to 1/4 and 1/3 of tree height when 6 and 11 yr old, respectively.

B: pruned up to 1/3 and 1/2 of tree height when 6 and 11 yr old, respectively.

C: unpruned.

²⁾ Number of logs.

Table 2. Distribution of graded *Taiwania* plantation lumber for different pruning treatments by CNS 444 grading rules

Pruning treatment ¹⁾	Section height (m)	Sawn lumber grade (%)						Total (%)
		0 ²⁾	1	2	3	4	5	
A	0.3-1.3	62.5	4.2	19.4	11.1	2.8	0	100
	1.3-2.3	21.7	6.7	23.3	33.3	13.3	1.7	100
	3.3-4.3	8.3	5.0	38.3	31.7	15.0	1.7	100
	average	30.8	5.3	27.0	25.4	10.4	1.1	100
B	0.3-1.3	66.7	1.4	12.5	12.5	6.9	0	100
	1.3-2.3	48.3	8.3	25.0	13.3	3.3	1.7	100
	3.3-4.3	21.7	8.3	33.3	20.0	15.0	1.7	100
	average	45.6	6.0	23.6	15.3	8.4	1.1	100
C	0.3-1.3	6.9	18.1	30.6	34.7	9.7	0	100
	1.3-2.3	0	3.3	40.0	36.7	15.0	5.0	100
	3.3-4.3	0	3.3	41.7	45.0	10.0	0	100
	average	2.3	8.2	37.0	38.5	11.6	1.7	100

¹⁾For explanations , see table 1.

²⁾0: Special superior grade.

Table 3. Variation of mean lumber grade in the trunk of *Taiwania* plantations for different pruning treatments

Pruning treatment ¹⁾	Section height (m)	Distance from pith (cm)					
		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0
A	0.3-1.3	3.0 ²⁾	1.2	0.9	0 ³⁾	0	0
	1.3-2.3	3.5	2.9	1.4	0.5	0	
	3.3-4.3	3.8	2.5	2.4	2.4	1.6	
	4.3-5.3	4.1	3.	2.4	2.5	3.1	
	9.3-10.3	3.8	3.4	2.6	3.4		
B	0.3-1.3	3.3	2.1	0	0	0	0
	1.3-2.3	3.3	2.0	1.1	0	0	
	3.3-4.3	3.8	2.3	2.4	0.9	0	
	4.3-5.3	3.5	2.7	2.4	2.4	2.0	
	9.3-10.3	3.5	2.9	2.7	3.1		
C	0.3-1.3	3.5	2.8	3.0	2.8	1.4	1.3
	1.3-2.3	3.2	2.5	2.3	2.1	2.3	
	3.3-4.3	3.4	2.4	2.5	2.3	2.5	
	4.3-5.3	3.3	2.3	2.2	2.4	2.9	
	9.3-10.3	3.9	2.8	4.0	3.9		

Note ¹⁾For explanations, see table 1.

²⁾Mean grade:4 directions of sawn lumber grade for tangential boards (flat grain).

³⁾0: special superior grade.

Fig. 1. Sawing method.

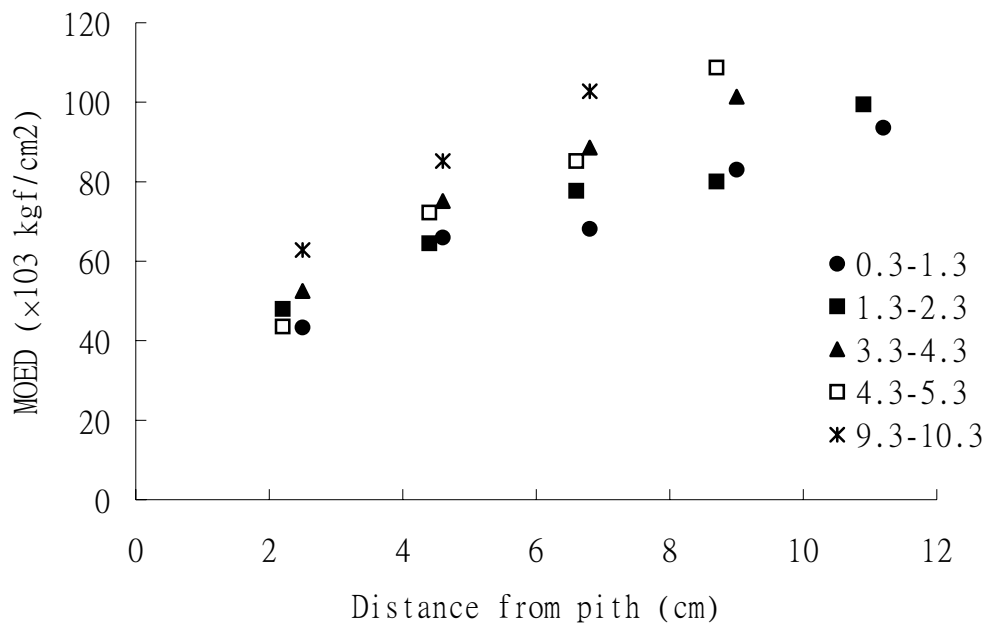


Fig. 2. Variation of dynamic modulus of elasticity (MOED) in the trunk of trees from Taiwan plantations.

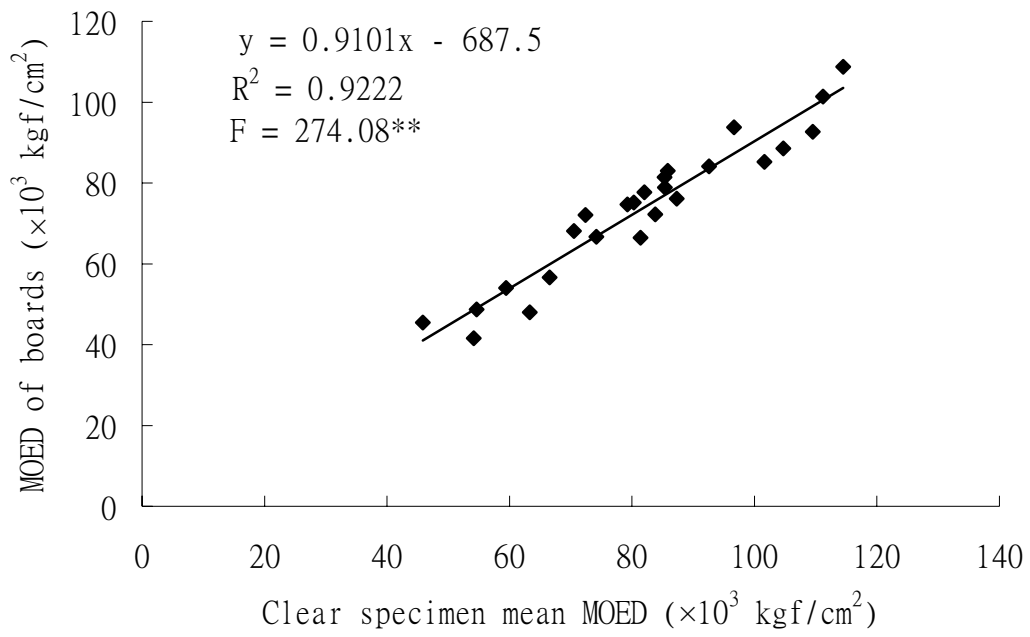


Fig. 3. Relationship between small clear specimen mean MOED and MOED of boards.

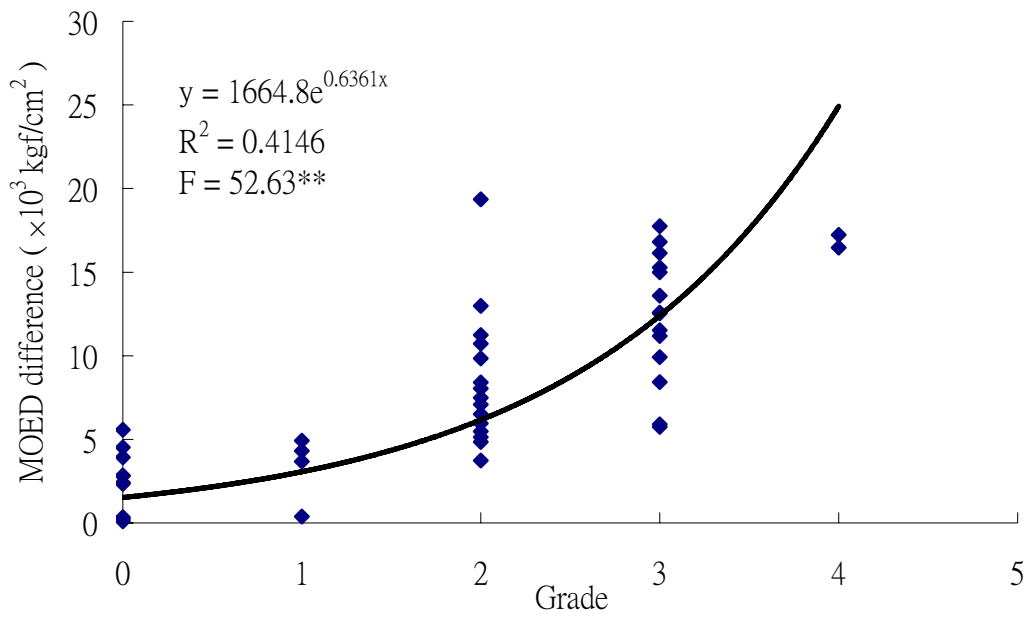


Fig. 4. Relationship between grade and MOED difference from mean small clear specimens and boards.

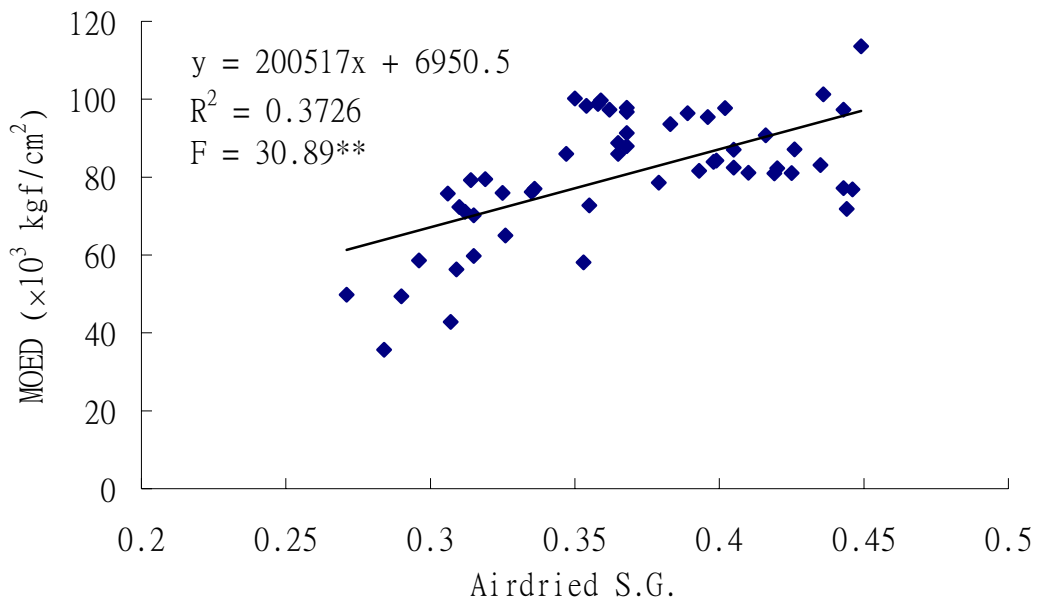


Fig. 5. Relationship between specific gravity (S.G.) in airdried specimens and MOED for small clear specimens.

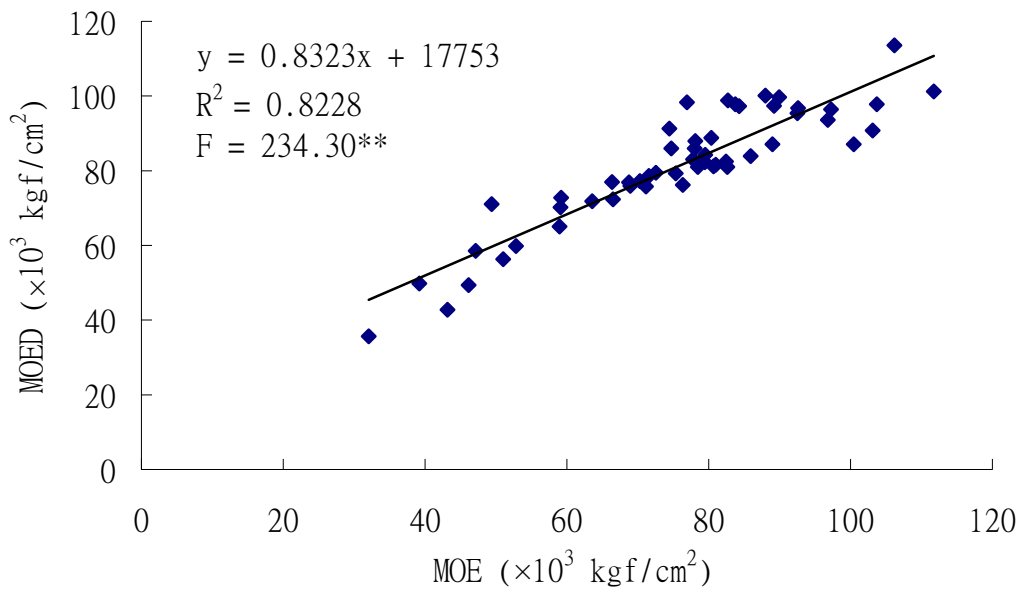


Fig. 6. Relationship between MOE and MOED for small clear specimens.

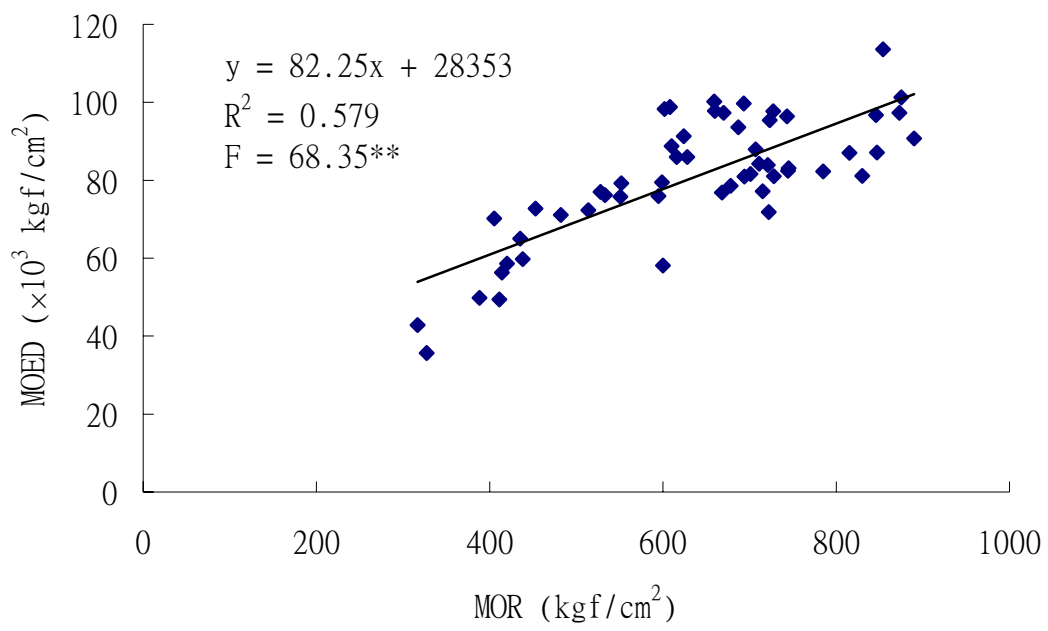


Fig. 7. Relationship between MOR and MOED for small clear specimens.