

## 棲蘭山林區柳杉人工林行列疏伐 營造複層林之研究

羅卓振南<sup>1,2)</sup> 鍾旭和<sup>1)</sup> 邱志明<sup>1)</sup> 黃進睦<sup>1)</sup>

### 摘要

本研究探討進行大面積柳杉人工林之林相改良以營建複層林之方式。供試林分為太平山事業區第20林班24年生柳杉人工林，經施以行列疏伐後進行複層林營造。疏伐方式計分為砍2行留6行；砍3行留6行；砍4行留6行；砍5行留6行。疏伐後砍伐帶內栽植高經濟價值之鄉土樹種，計有台灣扁柏、紅檜、香杉及台灣杉等4種。栽植6年後，不同處理之造林木成活率約為90%，其中以栽植於砍伐帶寬為3行~5行者其生長較佳。就不同樹種之平均胸徑及樹高生長而言，則以香杉和台灣杉之生長較快，其次為紅檜，而台灣扁柏之生長較慢。林內之相對光度與疏伐帶寬成正比。其相對光度均值在砍伐帶5行者為64%，而其他砍伐帶為4行、3行及2行者則分別約為60%、56%及46%。本研究栽植之台灣杉及香杉2樹種均曾發生風折及風倒之為害，而香杉除風害外，尚有31%林木遭松鼠為害。

關鍵詞：行列疏伐、複層林。

羅卓振南、鍾旭和、邱志明、黃進睦。1997。棲蘭山林區柳杉人工林行列疏伐營造複層林之研究。台灣林業科學 12(4): 459-465。

## Establishment of a Cryptomeria-based Multi-storied Plantation by Row Thinning

Chen-nan Lo-Cho,<sup>1,2)</sup> Hsu-ho Chung,<sup>1)</sup> Chih-ming Chiu<sup>1)</sup> and Chin-mu Huang<sup>1)</sup>

### 【 Summary 】

A silviculture study on large scale improvements of a man-made cryptomeria (*Cryptomeria japonica*) forest was done to establish a multi-storied plantation. Row thinning followed by planting practices was carried out in a 24-yr-old cryptomeria forest located at Compartment No. 20, Taipingshan Working Circle of Chilanshan. Four row thinning treatments of strip cutting of 2 rows, 3 rows, 4 rows, and 5 rows, respectively, were applied. For these 4 treatments, 6 rows of 4 trees were retained on both sides of the cut strips. After thinning, seedlings of 4 valuable endogenous species, Taiwan hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), Taiwan red false-cypress (*Chamaecyparis formosensis*), Formosan China-fir (*Cunninghamia konishii*),

1) 台灣省林業試驗所森林經營系·台北市南海路 53 號 Division of Forest Management, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei, Taiwan, ROC.

2) 通訊作者 Corresponding author

1997年7月送審 1997年9月通過 Received July 1997, Accepted September 1997.

and *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*), were planted in the cut strips. Six years after planting, survival rates of the 4 tree species were more than 90%, and trees planted on strips wider than 8 m grew faster than did the others. Among the 4 tree species, Formosan China-fir and *Taiwania* performed better in terms of height and diameter growth, followed by Taiwan red false-cypress and Taiwan hinoki, respectively. The relative light intensity (RLI) measured in the cut strip was found to be proportional to the width of the strip. The RLI in the cut strip of 5 rows was about 64%, whereas those measured in strips of 4 rows, 3 rows, and 2 rows were 60%, 56%, and 46%, respectively. Wind damage occurring on trees of *Taiwania* and Formosan China-fir was observed, and 31% of Formosan China-fir trees were also damaged by squirrels.

**Key words:** row thinning, multi-storied plantation.

Lo-Cho, C. N., H. H. Chung, C. M. Chiu, and C. M. Huang. 1997. Establishment of a *Cryptomeria*-based multi-storied plantation by row thinning. *Taiwan J. For. Sci.* 12(4):459-465.

## 緒言

柳杉(*Cryptomeria japonica* D. Don.)為本省早期自日本引進之重要樹種，目前造林面積已累計達39,100 ha (林務局, 1995)，均屬單純林相，且大部皆已成林，亟待疏伐撫育。本省東北部棲蘭山林區早期之中、低海拔造林亦均以種植柳杉為主，其造林面積有2,765 ha (劉子田等, 1997)，且皆已成林，亟須施行疏伐撫育。由於年來本省柳杉林迭遭鼠害，且其經濟價值偏低，因此探討適切之大面積柳杉人工林撫育改良方式、已為本省柳杉人工林經營上之迫切課題。本研究乃就本省東北部棲蘭林區之柳杉人工林進行行列式疏伐撫育，並於疏伐帶內栽植高經濟價值之鄉土樹種，以營造複層林之可行性。其目的乃在於經由此一撫育方式，以調整原柳杉林之單純林之林分結構，增加生物歧異度，並促進及維持其生態之穩定性，以利林地生產力之充分發揮(李遠欽, 1983)，(豬野曠, 1982)。惟由單層人工林相導入為複層林相過程中，所涉及之因子甚多，如疏伐方式及下層木樹種之選擇，光量調節等，皆為關係複層林營造成敗之重要因子(梅津武, 1982)，惟其相關資訊卻付之闕如。本研究中除探討最適之行列疏伐寬度外，並分析下層栽植樹種之生長及其光量調節之相關性，以期所得之結果能作為撫育及改良本省柳杉人工林為複層林之參考。

## 材料與方法

本研究試驗地位於太平山事業區第20林班，海拔高約1,100 m，坡向為東東南向，林地坡度約為15° ~ 35° 之間。地質屬石英岩及頁岩，土壤為灰色粘壤土及黃褐色粘壤土，表土深而肥沃。根據中央研究院提供資料(未發表)，1994年~1996年棲蘭林區鴛鴦湖附近年平均溫度為13.0°C，年平均相對濕度為89%，1994年總降水量為4066 mm。該造林地原為蓄積豐富之針闊葉樹混交林，經皆伐後於1966年栽植柳杉林，造林株行距為1.5×2.0 m，迄實施本試驗時，該柳杉人工林之林齡為24年生，每公頃林木株數約為1,900株，立木材積約為280 m<sup>3</sup>/ha。

### 一、處理因子

#### (一)疏伐處理

採行列疏伐方式，計分為以下4種處理：

- (A)砍2行留6行：即疏伐帶寬為6 m，保留帶寬為10 m。
- (B)砍3行留6行：即疏伐帶寬為8 m，保留帶寬為10 m。
- (C)砍4行留6行：即疏伐帶寬為10 m，保留帶寬為10 m。
- (D)砍5行留6行：即疏伐帶寬為12 m，保留帶寬為10 m。

#### (二)栽植樹種處理：

每一疏伐帶內所栽植樹種計有以下4種：

- (a)台灣扁柏。
- (b)紅檜。
- (c)香杉。
- (d)台灣杉。

栽植株行距為2.0×2.0 m，即每公頃栽植2,500株，各疏伐帶每一樹種栽植長度均為30 m。其栽植方式，若以砍伐帶寬6 m為例，下木栽植是採取種2行(2,4 m)方式進行，其他各砍伐帶栽植方式依此類推，不同帶寬下試區各樹種栽植之總株數和試驗區之面積，如Tables 1, 2所列。

二、試區排列

採用裂區設計，主區為疏伐帶，副區為栽植樹種，試區排列為逢機區集，重複3次。

三、試驗林分之生長調查及分析

本試驗於1990年3月間栽植，1996年3月間測定不同處理栽植林木之成活率、胸徑及樹高生長，並調查各栽植樹種之鼠害木、風害木(風折及風倒)，以及樹幹分叉情形等。對不同疏伐帶及不同樹種於栽植後6年之生長，係應用裂區試驗之變異分析，檢定各處理間生長之差異。

**Table 1. Size of tested areas and population of trees for various widths of cut strips**

Width of cut strip(m)	Tested area(ha)	No. of trees
6	0.144	360
8	0.216	540
10	0.288	720
12	0.360	900

**Table 2. Size of tested areas and population of trees for the 4 different species**

Species	Tested area(ha)	No. of trees
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	0.252	630
<i>Chamaecyparis formosensis</i>	0.252	630
<i>Cunninghamia konishii</i>	0.252	630
<i>Taiwania cryptomerioides</i>	0.252	630

四、疏伐帶光度測定

使用東京光電照度計ANA.313型儀器二台(單位lx)，一台置於林外無遮陰之開擴地點，一台置於試區內各樣點。每疏伐帶各測定4樣點，每樣點相距30 m。於造林後第1年之7月間選定晴天測定之，自上午8時起至下午16時止，每隔1 hr測定一次，並推算各樣點相對光度之平均值。相對光度之計算方法如次：

$$(\text{林內全光量} / \text{林外全光量}) \times 100\%$$

結果與討論

一、不同疏伐帶之相對光度

林分內之相對光度值愈大，表示其受光量愈強。測定之相對光度值使用角度轉換後，經變異分析結果，各疏伐帶相對光度呈極顯著差異(Table 3)，再以鄧肯氏多變域檢定結果，如Table 4所列。而相對光度之日內變動則如Fig. 1所示。

Table 4 可知相對光度與疏伐帶寬度成正比，即疏伐帶愈寬其相對光度值愈大。Fig. 1 之日相對光度之變動情形，顯示不論疏伐帶寬為何其相對光度值均以正午12時最大，而上午8時為最小。

二、各處理栽植林木之成活與生長比較

本試驗各疏伐帶經栽植不同樹種6年後，比較造林木之成活及生長結果顯示，在不同寬度之疏伐帶間抑或不同樹種間，其造林成活率之差異均不顯著，但胸徑和樹高生長則均具極顯著差異，而疏伐帶寬與樹種間對栽植木之成活及生長均不具交感作用(Table 5)。

因為樹種×疏伐帶寬交感作用不顯著，比較主區(疏伐帶寬)時，係以4種樹種之平均值為主區均值。比較副區(樹種)時，係以4種疏伐帶寬之平均值為副區均值。而各疏伐帶及各樹種之成活率及生長情形則列如Table 6及Table 7，其分析結果見Table 5。

Table 6及Table 7就成活率而言，各處理之造林木於栽植6年後均高達90%-92%，且其均數

**Table 3. ANOVA of relative light intensity found in cut strips of different widths**

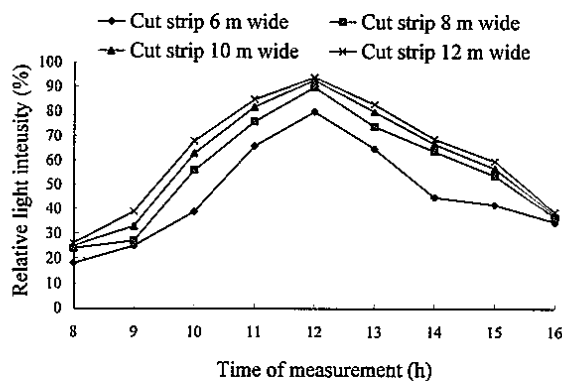
Source of variation	Degrees of freedom	Mean square	F-value
Block	2	0.77	0.60
Treatment	3	168.89	90.26** <sup>1)</sup>
Error	6	0.91	
Total	11		

<sup>1)</sup> \*\*Statistically significant ( $P \leq 0.01$ ).

**Table 4. Relative light intensity found in cut strips of different widths**

Width of cut strip (m)	Mean(%)	Coefficient of variance (%)	Daily variation range (%)
6	46 a <sup>1)</sup>	43.48	18 ~ 80
8	56 b	39.28	24 ~ 90
10	60 c	38.33	25 ~ 93
12	64 d	36.51	26 ~ 94

<sup>1)</sup> Means with the same letter in a given column indicate no significant difference at the 5% level.

**Fig. 1. Daily variation of relative light intensity found in cut strips of different widths.**

標準差甚小，若將成活率標準差化為均數之百分數，所得之變異係數都未超過6%，此表示本試驗之栽植木，不但成活率高，且分佈相當均勻，造林非常成功，並已形成不同樹種之複層林相(Fig. 2)。

本試驗造林木之平均胸徑及樹高生長，均顯示以栽植於砍伐帶寬度為8 m 以上者生長較優。而植造於僅6 m寬之砍伐帶上者，其生長表現較差(Table 6)。就此一造林木之生長趨勢與Table 4 所示之相對光度作一比對，可知本試驗栽植之4樹種，在相對光度56%以上時其生長較優。洪良斌(1979)之研究指出，紅檜幼林生長，

其林地之光度至少須在50%才會獲得良好生長。而方榮坤等(1987)研究結果則指出台灣杉在10~60%相對光度內，其苗木成活率並無顯著差異，但相對光度愈大，則苗木高及直徑生長則與光度呈正相關關係。Lin (1974)研究指出，台灣杉苗木生長，在中及高海拔地帶需要強光，其需光度以100-49%為最適宜。Reed (1983)研究結果，花旗松苗木生長隨光度之增加而增加。藤森隆郎(1979)之研究指出，日本扁柏之高生長在相對光度為60~70%時最大。豬野曠(1982)則指出，若林內光度不足，則下層木之直徑生長亦趨緩慢。本研究所觀測得之光度與生長表現相關性，大致可印證與上述諸學者之報導。

就不同樹種之生長而言，無論是胸徑或樹高均顯示以香杉和台灣杉最佳，次為紅檜，而台灣扁柏之生長則較緩(Table 7)。

本研究亦就所栽植不同樹種之形質生長進行觀測，其結果顯示紅檜發生分叉之比率最高，其分叉木約佔總栽植成活株數之46%，而台灣扁柏之分叉率則為8%，至於香杉及台灣杉則僅約5%之林木發生分叉(Table 7)。據羅卓振南等(1995)研究指出，紅檜分叉幹宜於造林後3~5年內時切除。本試驗林分為避免分叉幹繼續

**Table 5. ANOVA of survival rate, diameter, and tree height for 4 tree species planted in 4 different widths of cut strips**

Source of variation	Degrees of freedom	Survival rate		DBH		Tree height	
		Mean square	F value	Mean square	F value	Mean square	F value
Block	2	1.63		1.28		0.23	
Thinning regime	3	1.05	0.60	4.58	15.79** <sup>1)</sup>	0.94	18.80**
Error of main block	6	1.76		0.29		0.05	
Species	3	2.72	2.25	36.11	59.20**	7.29	72.90**
Species × Thinning regime	9	1.04	0.86	0.92	1.51	0.10	1.00
Error of sub-block	24	1.21	0.61	0.61		0.10	
Total	47						

<sup>1)</sup>\*\*Statistically very significant ( $P \leq 0.01$ ).

**Table 6. Comparison of survival rate and growth of 6-yr-old trees after planting in cut strips of different widths**

Width of cut strip (m)	Density(No. trees/ha)	Survival rate (%)	Diameter(cm)	Tree height (m)
6	2275	91	3.2 a <sup>1)</sup>	2.8 a
8	2252	90	4.2 b	3.3 b
10	2251	90	4.4 b	3.2 b
12	2275	91	4.7 b	3.4 b

<sup>1)</sup> Means in a given column followed by the same letter do not differ significantly ( $P \leq 0.05$ ) as determined by Duncan's multiple range test.

**Table 7. Comparison of survival rate and growth of 4 different tree species 6 yr after planting in cut strips**

Species	Density (No. trees/ha)	Survival rate (%)	Diameter (cm)	Tree height (m)	Stem forking (%)
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	2250	90	1.8 a <sup>1)</sup>	2.1 a	8
<i>Chamaecyparis formosensis</i>	2302	92	3.9 b	3.1 b	46
<i>Cunninghamia konishii</i>	2250	90	5.8 c	3.9 c	5
<i>Taiwania cryptomerioides</i>	2251	90	5.0 c	3.6 c	5

<sup>1)</sup> Means in a given column followed by the same letter do not differ significantly ( $P \leq 0.05$ ) as determined by Duncan's multiple range test.

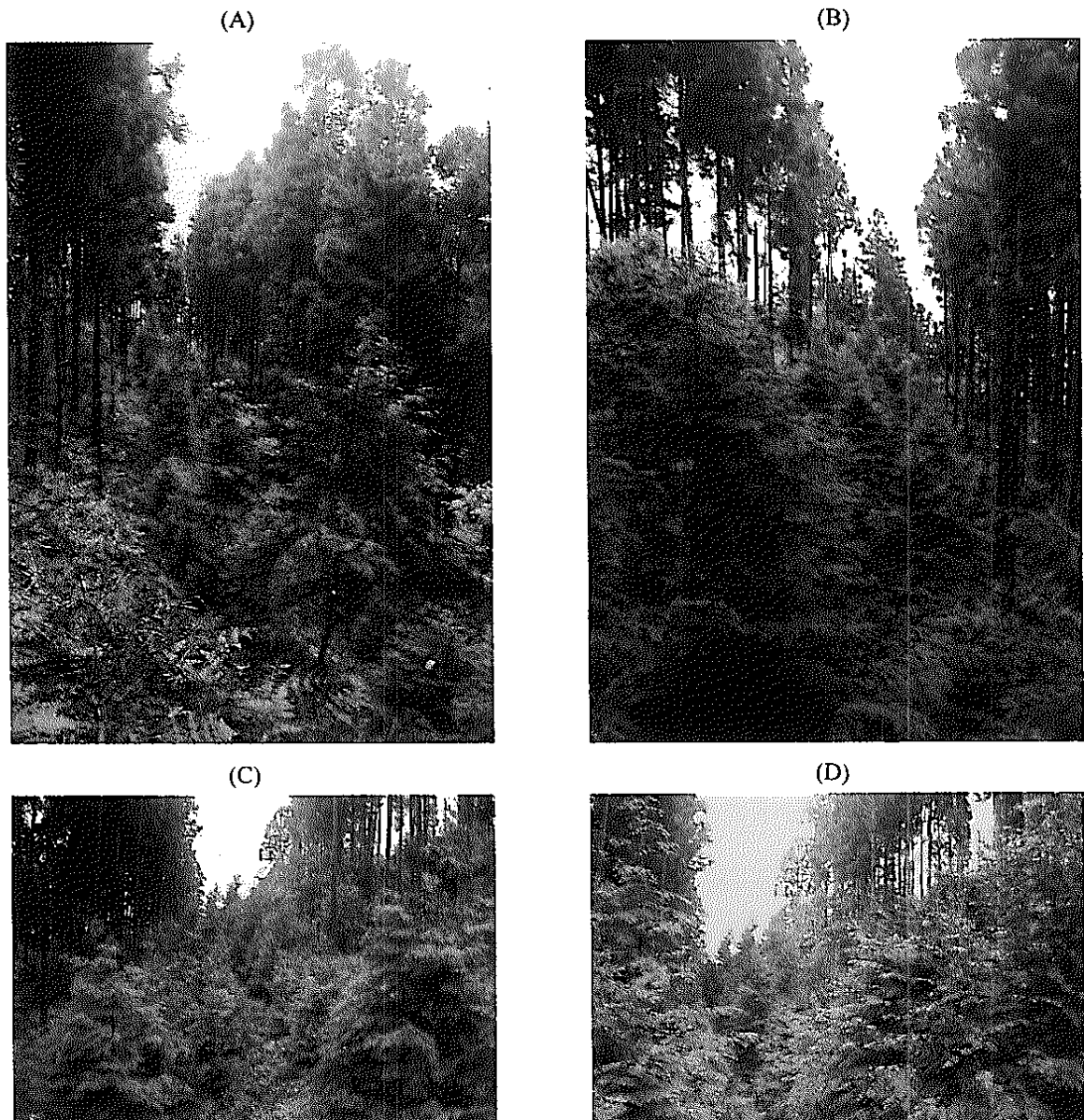
增大，影響將來修枝困難及傷口不易癒合，已在造林後第5年，將各栽植木之分叉幹全部切除。

### 三、栽植樹種之災害調查

本試驗植造之4樹種6年後，其風害及鼠害株數百分比，經統計分析結果均呈顯著差異，再以鄧肯氏多變域檢定( $\alpha = 0.05$ )結果，如Table 8所列。

棲蘭山區於1994年7月及8月間分別有提姆

強烈颱風及道格中度颱風過境，所栽植樹種中，台灣杉及香杉曾遭風倒及風折為害，其風害株數約佔各該樹種總株數之6%。而香杉則除遭風害之外，尚約有31%株數遭松鼠嚼皮為害(Table 8)，因此，造林規畫時，有關樹種之選擇，除須考量生長表現及經濟價值外，亦須瞭解樹種對各種災害之抗害性，而植造之後尚須施以適當撫育，如此方能成林並達到造林之目的。本試驗之4種供試樹種，以香杉生長最快(Table 7)，但其遭受風害及鼠害亦最為嚴重。台灣杉



**Fig. 2.** Multi-storied plantation established by planting the valuable tree species Taiwan hinoki, Taiwan red false-cypress, Formosan china-fir, and Taiwania, in a cut strip 6 m in width (A), 8 m in width (B), 10 m in width (C), and 12 m in width (D). Trees were 6-yr-old.

則有風害之慮。紅檜及台灣扁柏為本地區固有之優良樹種，且不受風害，而鼠害木亦少，因此其生長雖稍緩，但仍為最適合於本地區造林之經濟樹種。豬野曠(1982)指出，一般複層林在樹種選擇方面相當自由，只要把握適地適種之原則及經濟之觀點來決定即可，以日本本州為例，其造林樹種之選擇乃以材質及材價為考量

因素，因此入選用日本扁柏及柳杉為造林樹種。

#### 結論

自戰前迄今本省柳杉人工林造林面積已累計達39,100 ha，其林分均屬純林之單層林相。本研究採用行列疏伐作為撫育經營之方法，並於

**Table 8. Comparison of wind and squirrel damage of the 4 trees species 6 yr after planting in cut strips**

Species	Wind-damaged trees (%)	Squirrel-damaged trees (%)
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	0 a <sup>1)</sup>	5 b
<i>Chamaecyparis formosensis</i>	0 a	6 b
<i>Cunninghamia konishii</i>	6 b	31 c
<i>Taiwania cryptomerioides</i>	6 b	0 a

<sup>1)</sup> Means in a given column followed by the same letter do not differ significantly ( $P \leq 0.05$ ) as determined by Duncan's multiple range test.

砍伐後在疏伐帶內栽植高經濟價值之鄉土樹種，以營建複層林，並發揮調整林分結構，增加生物歧異度，維持生態穩定性及增加林地生產力等多項效益。

本試驗於疏伐帶內栽植之林木生長良好，並已構成含不同樹種之複層林相。不同之疏伐栽植寬對所植造樹種之生長，具極顯著影響，帶寬不同所引起之生長差異實乃因砍伐栽植帶較寬者其所受之相對光度較高之故。本研究結果顯示棲蘭山區栽植鄉土針葉樹種以營建複層林時，其林下之相對光度需維持在56%以上，造林木始維持較佳之生長。

本研究之供試樹種計有台灣扁柏、紅檜、香杉及台灣杉等四種，就生長而言，以香杉及台灣杉最優，其次為紅檜，而台灣扁柏則較緩。惟生長較優之香杉及台灣杉亦易遭風折及風倒之為害，而香杉則除遭風害之外，尚有31%之造林木遭松鼠嚼皮為害。就形質而言，紅檜發生樹幹分叉者約佔其總成活株數之46%，其餘台灣扁柏、香杉及台灣杉之分叉幹之發生率較低，在5~8%之間。分叉對林木質、量生長之影響可藉人工撫育予以改良，本研究栽植木之分叉幹已於造林後第5年時全部切除。綜上所述，則台灣扁柏及紅檜仍為棲蘭地區最適宜作為營建複層林之二種樹種。台灣扁柏及紅檜為棲蘭地區固有之優良樹種，且對風害之抗力較香杉及台灣杉為強，鼠害亦較香杉為少，因此，從經濟觀點及適地適種考量，台灣扁柏及紅檜可選作為棲蘭地區之主要造林樹種。

### 引用文獻

- 方榮坤、廖天賜。1987。林下栽植建造複層林之研究。農委會七十六年度森林資源經營及林相改良之研究報告彙編。47-65頁。
- 李遠欽。1983。複層林之營造。台灣林業 9(7): 12-20。
- 林務局。1995。第3次台灣森林資源及土地利用調查。258頁。
- 洪良斌、羅卓振南。1979。紅檜幼林需光度之研究。林試所試驗報告第321號，15頁。
- 劉子田、黃進和、翁火炎、舒偉烈。1997。柳杉人工林行列疏伐營造複層林實務經驗。兩岸林業科技發展暨實務交流研討會論文集。林試所林業叢刊第80號，280頁。
- 羅卓振南、鍾旭和、邱志明。1995。修枝對紅檜幼林生長及節癒合之研究。林試所研究報告季刊 10(1): 41-50。
- 梅津武。1982。カラマツ列狀間伐之樹下植栽。日本森林航測第134號，20~24頁。
- 豬野曠。1982。複層林の施業技術。日本林業技術交流協會。164頁。
- 藤森隆郎。1979。複層林施業問題検討のポイントスギとヒノギ。林學技術 448: 6-10。
- Lin, W. F. 1974. Effect of altitudes and light-intensities on the growth of seedlings of *Taiwania*. *Quart. J. Chinese For.* 7(4): 3-10.
- Reed, K. L., J. S. Shumway, R. B. Walker, and C. S. Bledsoe. 1983. Evaluation of the interaction of two environmental factors affecting Douglas-fir seedling growth: light and nitrogen. *Forest Sci.* 29(1): 193-203.