

修枝對台灣檫幼林生長及節癒合之研究

羅卓振¹⁾ 鍾旭和¹⁾ 邱志明²⁾

摘 要

台灣檫幼林木樹幹分叉者甚多，影響主幹形成及林木形質極大。本研究目的即在探討該樹種最適之修枝度及觀測修枝傷口之癒合效應，以期生產高價之無節大徑材。供試林分為5年生台灣檫人工林，每公頃修枝株數為700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) 1/3；(B) 1/2；及(C) 完全不做修枝處理等三種。修枝4年後，結果如次：

- 1.5年生台灣檫若行修枝，其修枝高度可達樹高之1/2處，而對林分生長並無不良影響。
- 本試驗探討之幼齡林，其樹幹分叉之林木約佔總株數之82%，枝條節徑則界於1.0-8.0 cm之間，修枝後4年，傷口癒合約77%，癒合偏低之原因係分叉較多且直徑粗大，不易癒合所致。因此建議台灣檫於3-4年生間，進行分叉幹修剪。
- 癒合節之觀測結果，節徑在3 cm以下者，修枝後3年均能完全癒合，節徑在5 cm以上者，則切除傷口除難以癒合外，尚且產生腐朽缺陷。顯示台灣檫修枝應於枝條直徑細小時行之，而節徑已逾5 cm以上者，則原則林分不應再予修剪。
- 5年生台灣檫經修枝後4年，對樹幹完滿程度無顯著之影響。
- 本研究於試驗期間，林木遭天牛及松鼠為害以致枯死者分別約佔總株數之14%及16%。因此，今後台灣檫之造林須考量天牛及松鼠之為害及防治。

關鍵詞：台灣檫、修枝、節徑、形狀比、癒合。

羅卓振南、鍾旭和、邱志明 1995 修枝對台灣檫幼林生長及節癒合之研究。林業試驗所研究報告季刊, 10(3):315-323。

Effects of Pruning on the Growth and the Branch Occlusion Tendency of Taiwan *Zelkova* (*Zelkova serrata* Hay.) Young Plantations

Chen-nan Lo-Cho¹⁾, Hsu-ho Chung²⁾ and Chih-ming Chiu²⁾

[Summary]

The young Taiwan *Zelkova* is highly forking which affects its main stem formation as well as its wood quality greatly. Pruning, therefore, is required in tending young *zelkova* plantations. The purposes of the present research are to study the optimum pruning intensity and the occlusion tendency after pruning. For each hectare of the five-years-old plantations located at Compartment No. 4, Pingtung Forest District, Taiwan Forestry Bureau 700 selected target trees were treated by (A) pruning up to 1/3 tree height; (B) pruning up to 1/2 tree height; and (C) no pruning. Four years after

¹⁾ 台灣省林業試驗所森林經營系 Division of Forest Management, Taiwan Forestry Research Institute.

²⁾ 台灣省林業試驗所六龜分所 Liu-Kuei Station, Taiwan Forestry Research Institute.

1995年3月送審 1995年6月通過 Received March 1995, Accepted June 1995.

treatments the effects of pruning were analyzed and recorded as follow:

1. Trees of 5-years-old plantations can be pruned up to 1/2 of their heights without affecting the growth of plantations.
2. Eighty two percent of the trees in all plantations examined showed stem forking. The diameters of these stem forks were about 1.0-8.0 cm. Four years after pruning the percentage of occlusion was only about 77% due to the large number and size of the forks pruned. It is, therefore, suggested that the zelkova plantations be pruned at the age of 3-4.
3. Observations on occlusion after pruning showed that if the forks being removed were smaller than 3 cm in diameter good occlusion occurred. On the other hand, if forks with diameter greater than 5 cm were pruned occlusion failed; and, as a result, wood decay occurred. These observations suggest that pruning can be practiced only when the diameters of trees are less than 5 cm; and, when exceeded, no pruning treatment should be exercised on zelkova plantations.
4. Four years after pruning of the 5-years-old zelkova plantations no significant improvement on the stem form and, hence, the roundness was found on pruned trees.
5. During the four years experiment period the plantations were damaged by longicorn beetles and squirrels which caused a mortality, in terms of number of trees damaged, of 14% and 16%, respectively. The potential damages caused by these pests should be taken into account in establishing Taiwan Zelkova plantations in the future.

Key words: *Zelkova serrata* Hay., pruning, branch diameter, form quotient, occlusion.

Lo-Cho, Chen-nan, Hsu-ho Chung, and Chih-ming Chiu 1995 Effects of Pruning on the Growth and the Branch Occlusion Tendency of Taiwan Zelkova (*Zelkova serrata* Hay.) Young Plantations. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series, 10(3):315-323.

一、緒言

台灣檫 (*Zelkova serrata* Hay.) 俗稱雞油、樺木，為台灣固有之珍貴闊葉樹種，分佈於海拔 300-1,000 m 之闊葉樹林中。經濟價值極高，用途廣大，可供建築、船艦、農具、高級家具、車輻、地板、器具、橋樑、梭子、雕刻、膠合板及裝飾用材等，此一樹種在中低海拔對不同之立地環境適應性頗強，因此近年來為林業單位大面積推廣造林之重要樹種。惟幼齡之台灣檫分叉甚多，對未來成材之品質等級及利用價值影響甚大，需藉人為之修枝作業以培育無節之良材，提高經濟價值。本研究目的，在於探討幼齡台灣檫人工林分最適之修枝度，以及瞭解修枝傷口之癒合趨勢，以為無節材生產管理之參據。

二、材料與方法

本研究選定之試驗地，位於林務局屏東林區管理處旗山事業區第 4 林班，海拔高約 300 m。土壤為礫質壤土，土層淺薄，乾燥貧瘠。造林地朝東南向，坡度在 5-30° 之間。於民國 74 年 6 月間造林，每公頃栽植株數為 2,000 株，成活率約在 70% 左右，幼林生長良好，惟分叉甚多。本研究於民國 79 年 5 月間林齡滿 5 年生時設置試區，進行不同強度之修枝試驗，迄民國 83 年 4 月間調查修枝後 4 年之結果。

(一) 處理因子

試驗林分為 5 年生之幼齡林，其林分密度約為每公頃 1358 株。本研究係對林分進行初次修枝試驗處理。修枝高度係以樹高為標準，將修枝高度定為以下三種處理。由於台灣檫分叉和側枝不易區別，因此本報告中將二者通稱為枝條。

- (A) 修枝至1/2樹高：自林木之基部算起，樹高1/2以下枝條均予修除。
- (B) 修枝至1/3樹高：自林木之基部算起，樹高1/3以下枝條均予修除。
- (C) 對照區：即完全不作修枝處理。

(二) 修枝木之選定

合理的修枝作業應儘量未來欲留作主伐木者為修枝對象，依此理念，本研究初次修枝每公頃定為700株，而選擇修枝木之考慮因素如次：

1. 依據樹冠級區別：選定修枝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. 依據立木位置決定：維持修枝木之間隔距離在2-5 m之間。
3. 樹幹嚴重彎曲、嚴重鼠害木或斷梢木等不作為修枝之對象。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700株試驗木，供分析比較之用。

(三) 修枝方法

本試驗為幼齡林之修枝，因此利用一般小型手鋸，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) 試驗設計及分析

本試驗樣區之設置採用連續區集設計，以每3個樣區為一區集，每區集均配置於立地環境相近之林地，區集內以逢機配置3個樣區，重複6次，共設置18樣區，每樣區面積為 $20 \times 20 \text{ m} = 400 \text{ m}^2$ 。對不同修枝處理於修枝後4年之定期生長，係應用逢機區集之變異分析。疏伐前後每株林木均以測徑尺測其胸高直徑及用測高器測其樹高。單株林木之形數(F)係由砍伐中央木推算，本實驗疏伐前後及各處理林分之形數大致相似，所得之平均形數為0.463。單株林木之立木材積則用 $v = \pi/4 \cdot D^2 \cdot H \cdot F$ 公式計算。式中D為胸高直徑；H為樹高。在資料處理上，各試驗區林分之胸高斷面積及立木材積等，均換算為每公頃之數值，再進行比較。

(五) 修枝傷口癒合調查

修枝後隨即於2種不同強度之修枝處理試區中，逢機選取2個樣區，進行修枝後切口數之調查，並將每株林木之修枝切口以1.0 cm為一切口節徑或加以分類，每年於12月間觀察切口癒合程度，在修枝後第4年進行最後1次之觀測調查時，除觀察切口癒合外並對切口面直徑在4 cm以上者，使用生長錐鑽取其樣品，以鑑定切口內部

木材是否已腐朽變化。

三、結果與討論

(一) 修枝前後林分構造

Table 1至 Table 3所示資料為本試驗於修枝前及修枝4年後，各處理林分之生長結構及樹幹形狀變化。

在修枝施行之當年，供試之5年生林分，每公頃成林株數約1,358株，而在試驗期間，該林分曾發生天牛危害，調查結果顯示，其因而致枯死之林木每公頃約187株，佔總株數之14%。因此，供試林現存林木，平均每公頃約1172株(Table 1)，而修枝木現存林木則平均每公頃約663株(Table 2)。除外，本試驗林分遭松鼠為害之林木，亦約佔總株數之16%。顯示台灣檉之造林乃需防患此等為害之發生及防治問題。修枝前全林分及修枝木林分各處理之平均胸徑、樹高、胸高斷面積及立木材積，經統計分析並無明顯差異。

刷幹分又影響主幹之形成與生長至鉅，本試驗林分樹幹分叉之林木甚多，約佔總株數之82%，其中，胸徑(1.3 m)以下分叉者約佔42%，而胸徑以上分叉者約佔40%(Table 3)，經修枝後，分叉幹多已被切除。惟台灣檉樹幹分叉似鹿角形狀(Fig. 2)，其主幹區別不易，而為保留適當之冠幅，修枝1/2樹高之(A)處理仍維持25%林木留存分叉，而修枝至1/3樹高之(B)處理則維持34%林木留存分叉。此一作業上之考量亦說明，對分叉嚴重之台灣檉林分，其修枝撫育須分次施行，才能獲致良好之效果。

若以撫育成本之觀點而言，修枝木應以主伐木為準，依此理念，本研究初次修枝每公頃定為700株。惟各造林地之林況不同，因此，諸如易罹天牛或松鼠為害之造林地，其修枝株數則須酌時增加，以彌補可能因此等為害之發生以致單位面積修枝木不足之情形。

(二) 各種生長參數之比較

Table 4所列資料，修枝4年後各處理間之胸徑、樹高、林分胸高斷面積及立木材積之定期平均生長量，經變異分析結果，均未具顯著處理效應(Table 5及 Table 6)。此一結果顯示台灣檉幼林經初次修枝後，林分之各項生長並無明顯之差異；即使是修枝至1/2樹高，對生長亦無抑制影響。據Langstrom, B. and Hellqvist, 1991研究蘇格蘭松(Scots Pine)修枝效應指出，修枝50-75%枝葉會損失24-33%之材積生長，而在修枝4年後仍未完全恢復。一般而言7年生以上之林

Table 1. Structures of plantations subjected to different pruning treatments.

Treatment	Age (yr)	Density (st/ha)	DBH (cm)	Tree height (m)	Basal area (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)
(A) Pruned up to 1/2 tree height	5 ¹⁾	1167	5.3 ± 1.1	5.0 ± 0.7	2.84 ± 0.43	7.09 ± 1.40
	9 ²⁾	1167	8.1 ± 1.9	7.7 ± 0.9	6.41 ± 0.85	25.78 ± 3.86
(B) Pruned up to 1/3 tree height	5	1173	5.1 ± 1.0	4.8 ± 0.6	2.66 ± 0.48	6.37 ± 1.38
	9	1173	8.0 ± 2.0	7.7 ± 1.0	6.45 ± 0.88	27.21 ± 3.95
(C) Unpruned controls	5	1175	5.1 ± 1.7	4.9 ± 0.6	2.68 ± 0.47	6.52 ± 1.42
	9	1175	8.2 ± 2.0	7.8 ± 1.1	6.65 ± 0.89	23.56 ± 4.02

Note:¹⁾ Age of plantations at the time of pruning.

²⁾ Age of plantations 4 years after pruning.

Table 2. Growth parameters of target trees selected for pruning.

Treatments	Age (yr)	Number of target trees (st/ha)	DBH (cm)	Tree height (m)	Basal area (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)
(A)	5	664	6.1 ± 0.8	5.6 ± 0.5	1.94 ± 0.44	5.50 ± 0.95
	9	664	9.6 ± 1.4	8.9 ± 0.8	4.78 ± 0.72	21.05 ± 2.98
(B)	5	662	5.9 ± 0.7	5.4 ± 0.5	1.81 ± 0.42	5.01 ± 0.92
	9	662	9.7 ± 1.4	8.8 ± 0.8	4.83 ± 0.75	22.15 ± 3.02
(C)	5	665	6.0 ± 0.8	5.5 ± 0.5	1.83 ± 0.42	5.36 ± 0.94
	9	665	9.9 ± 1.5	8.9 ± 0.9	5.12 ± 0.80	23.58 ± 3.26

Note: See Table 1 for the details of treatments.

Table 3. Changes in stem forms before and after pruning.

Treatment	Age (yr)	Density (st/ha)	Form ratio	Trees showed stem forking					
				Below breast height		Above breast height		Total	
				Number (st/ha)	Percentage (%)	Number (st/ha)	Percentage (%)	Number (st/ha)	Percentage (%)
(A)	5	664	0.90	292	44	259	30	551	83
	9	664	0.02	33	5	133	20	166	25
(B)	5	662	0.90	265	40	271	41	536	81
	9	662	0.91	26	4	199	30	225	34
(C)	5	665	0.89	266	40	279	42	545	82
	9	665	0.90	266	40	279	42	545	82

Note: See Table 1 for the details of treatments.

Table 4. Comparison of growth parameters of plantation four years after subjecting to different pruning treatments.

Treatments	All trees				Selected target trees				Form ratio
	DBH (cm)	Tree height (m)	Basal area (m ² /ha/yr)	Volume (m ³ /ha/yr)	DBH (cm)	Tree height (m)	Basal area (m ² /ha/yr)	Volume (m ³ /ha/yr)	
(A)	0.70	0.68	0.89	4.68	0.87	0.82	0.71	3.89	0.93
(B)	0.73	0.72	0.95	5.23	0.93	0.85	0.76	4.29	0.90
(C)	0.77	0.73	0.99	5.52	0.97	0.87	0.81	4.56	0.89

Note: See Table 1 for the details of treatments.

Table 5. ANOVA of measurements of different growth parameters of plantations four years after subjecting to different pruning treatments.

Variance	Degree of freedom	DBH		Tree height		Basal area		Volume	
		Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value
		square	square	square	square	square	square	square	square
Replicates	5	0.00462	0.93	0.00704	2.63	0.01894	1.14	1.49431	1.43
Treatments	2	0.00720	1.45	0.00249	0.93	0.01883	1.13	1.89650	1.82
Error	10	0.00497	-	0.00268	-	0.01661	-	1.04201	-

Table 6. ANOVA of measurements of different growth parameters of target trees selected for pruning four years after subjecting to different pruning treatments.

Variance	Degree of freedom	DBH		Tree height		Basal area		Volume		Form ratio	
		Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value
		square	square	square	square	square	square	square	square	square	square
Replicates	5	0.00642	0.88	0.00158	1.04	0.00913	0.98	0.32985	1.21	0.00048	0.86
Treatments	2	0.01369	1.87	0.00126	0.86	0.02301	2.47	0.77961	2.85	0.00044	0.79
Error	10	0.00732	-	0.00147	-	0.00932	-	0.27260	-	0.00056	-

Table 7. Branching Patterns of 5-years-old Taiwan Zelkova.

Treatments	Number	Pruning height (m)	Number of branch	Branch diameter (cm)	Range of branch diameter (cm)	No. of branch perimeter of stem
(A)	26	1.6	145	2.4	0.5-8.0	3.5
(B)	26	2.5	238	2.6	0.5-8.0	3.7

Note: See Table 1 for the details of treatments.

Table 8. Wounds occlusion four years after pruning.

Wound diameter ranges	Total Numbers of wounds	Numbers of wounds occluded and not decayed		Numbers of wounds occluded but decayed		Numbers of wounds failed to occlude and hence decayed	
		Numbers of cutting wounds	Percentage %	Numbers of cutting wounds	Percentage %	Numbers of cutting wounds	Percentage %
0.5 - 1.0	72	72	100	-	-	-	-
1.1 - 2.0	131	131	100	-	-	-	-
2.1 - 3.0	62	59	95	-	-	3	5
3.1 - 4.0	41	24	58	9	22	8	20
4.1 - 5.0	30	7	23	10	34	13	43
5.1 - 6.0	17	1	12	3	18	12	70
6.1 - 7.0	20	-	-	4	20	16	80
7.1 - 8.0	10	-	-	-	-	10	100
Total	383	295	-	26	-	62	-
Percentage of occluded and non-occluded wounds (%)			77		7		16

分修枝達樹高之1/3對林木生長並不致產生不良影響，而諸如光臘樹（洪良斌等，1977），台灣杉（羅卓振南等，1980；1991；1992），柳杉（王子定等，1980）及紅檜（洪良斌等，1980；1971）、（羅卓振南等1995）等樹種，其修枝高度可達樹高之1/2處，而林木生長仍未減低。

形狀比（form ratio）為樹高與胸高直徑之比數，可以代表樹幹之完滿度，其值愈大，則樹幹形狀愈完滿（楊榮啓，1975；1980）。由統計分析結果顯示，各處理間形狀比之差異不顯著（Table 4），此亦說明，5年生台灣檫林分經修枝後4年，對樹幹完滿度無顯著之影響。據羅卓振南等（1988）指出，9年生台灣杉修枝5年後，樹幹尖削度並無明顯之變化。而9年生紅檜經修枝6年後，能提高樹幹之完滿度，增加材積生長之效果（羅卓振南等，1995）。寺本班子（1994）研究扁柏與臺灣混植林之修枝結果，修枝可提昇林木枝下高及形質。

③枝條生長與修枝傷口之癒合

本研究所謂之枝條包括側枝和分叉，而修枝傷口均以切口直徑大小為觀測分析癒合之指標。Table 7及 Table 8所示資料為5年生台灣檫枝條分佈及切口之癒合。

Table 7所示資料，台灣檫人工林平均每公尺樹幹所著生之枝條約為3.6枝，枝條直徑分佈

界於0.5-8.0 cm之間，平均值約2.5 cm。根據癒合節觀測結果，切口口徑在3 cm以下者，於修枝後3年內多已癒合（Fig. 3, Table 8），而修枝後4年未癒合之切口，均已產生腐朽（Fig. 4, Table 8），且呈現切口口徑愈大，腐朽亦愈嚴重之趨勢，此類不易癒合之切口，口徑都在5 cm以上，亦均為分叉幹之切口。因此，台灣檫宜於3-4年生間分叉直徑尚為細小時，進行分叉之修繕工作，惟此時修枝，節徑細小之枝條應暫時保留，以免影響幼木生長。而枝條直徑若已逾5 cm以上者，則原則上不應再予修除。據羅卓振南等（1995）指出，9年生紅檜其修枝傷口口徑在5 cm以下者，修枝後5年內可癒合且無腐朽現象，而口徑在7 cm以上者，切除之傷口在6年內難能癒合而產生腐朽。顯示，台灣檫修枝傷口產生腐朽之時間較紅檜為快，且修枝之節徑須較紅檜為小，才能獲得良好的癒合效應。二樹種傷口癒合趨勢產生差別之原因，可能係樹種不同所致。未作修枝之林分，枝條直徑在1 cm以下者，乾枯後能自動脫落，但較大枯枝則殘存幹上，以致形成死節（Fig. 2及 Fig. 5），而未乾枯之枝條，在繼續徒長後形成不正常之粗大枝幹，嚴重影響主幹之形成和生長（Fig. 2）。因此，台灣檫確須於幼林枝條直徑細小時施行修枝撫育。



Fig. 1. A 9-year-old Taiwan zelkova plantation. Trees of the plantation were pruned up to 1/2 tree height at the age of 5 and allow to grow for 4 years. Good wound occlusion was found on most trees pruned. Pruning also improve the roundness of trees.



Fig. 2. An unpruned 9-year-old Taiwan zelkova plantation. There are numerous branches and stem forks; and self-pruning does not occur on trees of this plantation.

四、結論與建議

台灣櫟為一適應性佳，且經濟價值甚高之鄉土闊葉樹種，亦為本省中低海拔之重要造林樹種，惟其幼齡木常見樹幹分叉及側枝徒長之缺點。若未施行修枝撫育，致大枯枝吃枯後未能迅即脫落，以致形成死節，而繼續徒長之分叉或徒長枝，則形成異常之粗大枝幹，嚴重影響主幹之形成及生長。因此，台灣櫟於幼齡時期枝條直徑尚為細小時即應施行修枝撫育。

本試驗台灣櫟人工林於5年生時進行初次修枝，經修枝4年後，各處理林分之胸徑、樹高及

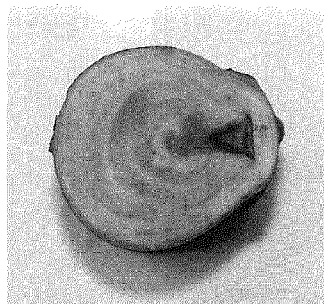


Fig. 3. The diameter of a branch as shown on the cross section of a Taiwan zelkova stem pruned at the age of five is about 2.4cm. After pruning the wound occluded in 2 years; and all the woods produced thereafter were clean and high quality.

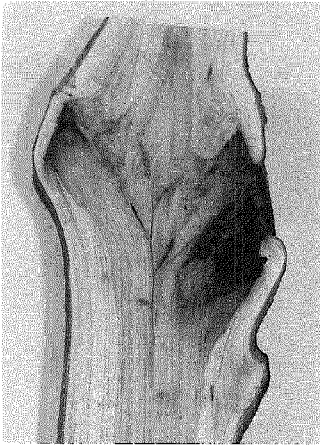


Fig. 4. The vertical section of a Taiwan zelkova stem pruned at the age of five showing the effects of diameter of branches pruned on occlusion tendency. The pruned branch shown on the left-hand side of the section has a diameter of 4.2 cm. After its pruning the wound occluded in 3 years. On the other hand the diameter of the one shown on the right was about 9cm; and due to the large wound resulting from pruning occlusion failed and decay occurred.



Fig. 5. The branch diameter as shown on the vertical section of an unpruned Taiwan zelkova stem is about 3.5 cm. The branch dried when the tree was 7-years-old; it persisted on tree stem for more than 2 years and, thus, formed dead knot.

材積等生長並無明顯之差異，即使修枝高度達樹高之1/2時亦然。

試驗林分樹幹分叉之林木甚多，約佔總株數之82%。供試驗林分之林木於5年生時施以修枝處理，其切口大小界於1.0-6.0 cm之間，修枝4年後切口癒合率約佔77%。其中，切口口徑在3 cm以下者，於切除後3年內均能完全癒合，切口口徑在5 cm以上者由於口徑較大，難以癒合，並產生腐朽，此類切口多屬分叉幹之切除傷口。因此，台灣樟人工林宜於林齡3-4年生間修剪分叉幹，而節徑若已逾5 cm以上者，則原則上不應再予修剪。

引用文獻

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，20(1)：22-51。
 洪良斌 1971 不同度之修枝對育影響紅檜幼林分生長之研究。科學發展月刊，3(5)：26-44。
 洪良斌、羅卓振南 1977 修枝對光臘樹幼林分生長之影響。林試所試驗報告第291號，11頁。
 洪良斌、周朝富 1980 修枝度影響紅檜幼林分生長之研究。林試所試驗報告第336號，12頁。
 楊榮啓 1975 台灣大學實驗林產幼杉之生長與收穫的研究。台大實驗林研究報告第116號，149頁。
 楊榮啓 1980 森林測計學。國立編譯館，515頁。
 羅卓振南、鍾旭和、陳蕪章 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。
 羅卓振南、鍾旭和、邱志明 1992 六龜地區台

- 灣杉人工林疏伐修枝效果之研究。林業試験所研究報告季刊, 7(4):291-304。
- 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。林業試験所研究報告季刊, 10(1):41-50。
- 二見 眞次郎 1983 枝打ち技術に關する研究(II)。鳥根縣林業試験場研究報告第34號, 1-20。
- 竹内都雄 1981 壯齡林の枝打ち跡卷込みに關する研究(I)。日本林學會誌, 63(2):39-45。
- 寺本粧子 1994 ヒノキと混植されたケヤキの形質。日本林業技術, 630:20-22。
- Langstorm, B., and C. Hellqvist 1991 Effects of different pruning regimes on growth and sapwood area of scots pine. Forest Ecology and Management Vol. 44 (2-4):239-254.
- Velazquer-Martinez, A., D. A. Perry, and T. E. Bell 1992 Response of aboveground biomass increment, growth efficiency, and foliar Nutrients to thinning, fertilization, and pruning in young Douglas-fir plantations in the central Oregon Cascades. Canadian Journal of Forestry Research Vol. 22(9):1278-1289.