

疏伐與修枝對紅檜人工林生長之效應

羅卓振南^{1,3)} 鍾旭和¹⁾ 邱志明²⁾

摘要

紅檜人工林應以長伐期為經營導向，因此中間撫育之施行，需以生長高品質大徑材為目標。本研究乃就南投林管處阿里山事業區第 104 林班 14 年生紅檜人工林施行疏伐及修枝試驗。疏伐度係以每公頃胸高斷面積保留量為基準，以下層疏伐之方式選定疏伐木，計分為二種：(A)保留 25 m²/ha；(B)對照組。不同修枝度係以林木樹高為標準，將修枝高度定為樹高之(a)1/2；(b) 2/3；(c)對照區等三種。處理後 5 年，結果如次：

1. 14 年生紅檜人工林施行疏伐，以每公頃保留木胸高斷面積 25 m²，可提高林分材積生長量，此時修枝高度則以不超過樹高之 1/2 處為宜。
2. 經修枝之供試林分，其樹幹形狀較完滿，而未修枝之林分，其樹幹形狀則較尖削。修枝確有助於提高紅檜林分樹幹之完滿度，增加材積生長之效果。
3. 本研究 14 年生紅檜人工林，每公尺樹幹著生之枝條約有 11 枝，節徑分布界於 0.2 ~ 8.5 cm 之間，修枝後 5 年，傷口痊癒者約佔 73%，癒合率較低之原因，係枝條直徑較大，傷口不易癒合所致，因此，紅檜之修枝撫育，應於幼齡時期枝條直徑尚為細小時施行切除為宜。
4. 疏伐後之保留木必須同時施行修枝，否則將因生長空間之增大，造成分叉幹或側枝徒長。

關鍵詞：紅檜、疏伐、修枝、形率、癒合。

羅卓振南、鍾旭和、邱志明 1997 疏伐與修枝對紅檜人工林分生長之效應。台灣林業科學 12(2): 145-153。

Effect of Thinning and Pruning on the Growth of Taiwan Red Cypress (*Chamaecyparis formosana* Matsum) Plantations

Chen-nan Lo-Cho^{1,3)}, Hsu-ho Chung¹⁾ and Chih-ming Chiu²⁾

【 Summary 】

The present study was carried out in a 14-y-old red cypress (*Chamaecyparis formosana* Matsum) plantation located at No. 104 Compartment of AliShan Working Circle. A thinning-from-below approach was used in the experiment in which a plantation was either left unthinned (the control) or thinned to the extent of retaining 25 m²/ha of absolute basal area (BA). In the pruning experiment 3 treatments were applied: (a) pruning up to 1/2 tree height; (b) pruning up to 2/3 tree height; and (c) no pruning (the control). After 5-y, the effects of these treatments on the growth of plantations can be summarized as follows:

- 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 Nan-Hai Rd., Taipei, Taiwan, ROC.
- 2) 台灣省林業試驗所六龜分所，高雄縣六龜鄉中興村198號 LiuKuei Station, Taiwan Forestry Research Institute, 198 Chung Chuang, Chung-Hsing, Liukuei, Kaohsiung County, Taiwan, ROC.
- 3) 通訊作者 Corresponding author
1996年11月送審 1996年12月通過 Received November 1996, Accepted December 1996.

1. For the 14-y-old red cypress plantations of AliShan Working Circle, a thinning regime of retaining 25 m²/ha. BA has resulted in increasing the volume growth. Pruning up to 1/2 tree height was also found to be beneficial in improving plantation growth.
2. Thus trees of pruned plantations show less tapering than do those of unpruned ones. Pruning, improves the roundness of trees as well as increases the volume growth of red cypress plantations.
3. About 11 branches/tree were recorded for all trees examined; the diameters of these branches were about 0.2-8.5 cm. Five years after pruning, the percentage of wound occlusion was only about 73%. The low percentage of occlusion was due to the existence of large branches and the difficulty of occluding the wounds resulting from pruning these branches. Pruning of red cypress, therefore, should be carried out when plantations are young and tree branches are small.
4. Thinning of plantations results in increased spacing which, in turn, enhances branching. Trees retained after thinning, therefore, should be pruned to prevent branching and/or forking.

Key words: *Chamaecyparis formosana* Matsum, thinning, pruning, form quotient, occlusion.

Lo-Cho, C. N., H. H. Chung, and C. M. Chiu. 1997. Effect of thinning and pruning on the growth of Taiwan red cypress (*Chamaecyparis formosana* Matsum) plantations. Taiwan J. For. Sci. 12(2): 145-153.

一、緒言

紅檜(*Chamaecyparis formosensis* Matsum)為本省之珍貴樹種，分佈於海拔 1,050 ~ 2,800 m 之間，或成純林，或與扁柏、鐵杉、雲杉及針闊樹等混淆。於其經濟價值極高，且生長快速，遂成為本省中、高海拔山區重要造林樹種之一。本省紅檜造林面積已累積達 24,800 公頃(林務局，1995)，亟待撫育。在林業經營計畫中，紅檜之輪伐期訂為 80 年(劉慎孝，1976)，其經營目標乃以生產無節高經濟價值之大徑材為導向。

紅檜於幼齡期生長快速，惟常有分叉及側枝徒長之嚴重缺陷，為培育無節良材，修枝撫育乃經營上之必要措施。而在此同時，實施疏伐撫育作業，以疏開鬱閉之林冠，並重新調整林分之結構與有效之生長空間，以增進留存木之品質生長及材積生長，亦為達成紅檜經濟林經營目標之重要策略。本研究除探討疏伐前後林分之結構狀態外，並分析不同疏伐度及修枝度對林分生長的影響，以及瞭解修枝傷口之癒合趨勢，以供本省紅檜人工林撫育作業的參考。

二、材料與方法

本研究之試驗區，地處南投縣杉林溪附近，位於林務局南投林區管理處阿里山事業區第 104 林班內。試區海拔高約 1,800 m，土壤為粘壤土，地表含腐植土，表土深而肥沃，排水良好。造林地為東南向，坡度約在 14° ~ 40° 之間。該地區無氣候測候站，惟根據中央氣象局提供資料，民國 79 年至 82 年阿里山地區年平均溫度為 10.8 °C，年平均相對濕度為 85%，其平均年總降水量為 3,846 mm，且多集中於 4 至 9 月份。該造林地原為天然針闊混淆林，經皆伐後於民國 65 年 2 月間造林，每公頃栽植為 2500 株，至 14 年生時成活率約在 75% 左右，幼齡期生長良好，14 年生時林分已完全鬱閉，樹冠級可明確區別。疏伐前(14 年生)之調查結果顯示各樣區林分之胸高斷面積界於 23.01 m²/ha 至 38.25 m²/ha，均值約為 31.00 m²/ha。而各林木側枝及叉幹甚多，且部分枯死之枝條未能自動脫落，活枝條則繼續生長，節徑增大，側枝徒長情形非常嚴重。

(一) 處理因子

1. 疏伐處理

- (A) 保留胸高斷面積 25 m²/ha。
- (B) 對照組：全部林木予以保留。

2. 修枝處理

- (a) 修枝至 1/2 樹高：自地面起樹高 1/2 以下側枝及分叉均予修除。

(b) 修枝至 2/3 樹高：自地面起樹高 2/3 以下側枝及分叉均予修除。

(c) 對照組：林木完全不作修枝處理。

(二) 試驗設計

採用裂區設計，主區為疏伐度，副區為修枝度，試區排列為逢機區集，重複 3 次。共設置 18 個樣區，每樣區面積 400 m² (20 m × 20 m)。

(三) 疏伐及修枝方法

1. 疏伐方法

本試驗疏伐方法，採用定性與定量兩者之優點，即先決定疏伐量，再依下層疏伐之原則選定疏伐木。在定量上以每公頃胸高斷面積保留量作為疏伐處理之基準。在定性上疏伐木之選定，以林分中下層被壓木為主，並及於形質不良木等，其選木順序為

- (1) 枯損木、瀕死木。
- (2) 形質不良木：如嚴重之鼠害木、彎曲木、傾斜木等。
- (3) 被壓木。
- (4) 分叉木。
- (5) 側壓木。
- (6) 次優勢木及優勢木。

惟在實際選木作業時，除依據上述準則外，尚須將林冠之鬱閉度及與鄰接木之距離相關位置等列入考量並作適當之調整。

2. 修枝方法

利用一般小型手鋸，以平行於幹軸之方法，鋸除側枝或分叉幹。即手鋸緊靠樹幹自枝條(包含側枝及分叉幹)基部垂直切斷，較大枝條須先從下方鋸一受口，再自上方起鋸，或將枝條分二次鋸除。修枝時切口宜使平滑，以利傷口癒合。

(四) 試驗林分之生長調查與分析

本試驗於民國 79 年 3 月間，林齡滿 14 年生時設置試驗區，進行不同強度之疏伐及修枝處理，並於民國 84 年 3 月(即林齡達 19 年生)，調查經疏伐、修枝 5 年後之效應。其中不同之疏伐修枝處理對定期生長之影響，係應用裂區設計之變異分析。而單株林木之立木材積，其計算公式為：

$$\text{立木材積} = D_{1.3}^2 \cdot \pi / 4 \cdot H \cdot F$$

其中 $D_{1.3}$ 為胸徑、 H 為樹高、 F 為形數、 π 為圓周率。

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。對修枝前後樹幹形狀之變化，則應用形率(form quotient)及胸高形數(breast height form factor)作為樹幹完滿度之指標。其法為每一試區內選定中央木 3 株，18 個樣區合計中央木 54 株，利用 Huber 公式區分求積法(楊榮啟, 1980)量測並計算各中央木之樹幹材積，據以實測其胸高形數，以及利用林木之中央直徑與胸高直徑之比數，求算各中央木之形率。其計算公式分別為：

$$1. \text{形率} = \delta / D_{1.3}$$

$$2. \text{胸高形數} = V / (\pi / 4) \cdot D_{1.3}^2 \cdot H$$

其中 V = 樹幹材積， $D_{1.3}$ = 胸高直徑， H = 樹高， π = 圓周率， δ = 中央直徑。

(五) 修枝傷口癒合調查及分析

疏伐區經修枝後，隨即於 2 種不同修枝處理逢機選取 4 個樣區，分別量測優勢木及中庸木之傷口數，並以 0.4 cm 為一傷口節徑級加以分類，每年於 12 月間觀測傷口癒合程度。在修枝後第 5 年除觀測切口癒合外，並對切口面直徑在 5 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產生腐朽變化。而在分析上，係將各節徑級之枝數換算為其佔總枝數之百分比。同時根據修枝傷口之癒合時間資料，使用逐步迴歸法(stepwise method)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。

模式之設定為次列二者：

1. 枝條數百分比(P)與枝條節徑(ND)之關係：

$$P = f(ND \cdot ND^2 \cdot ND^3)。$$

2. 枝條傷口癒合時間(T)與枝條節徑(ND)之關係：

$$T = f(ND \cdot ND^2 \cdot ND^3)。$$

式中之枝條包括側枝和分叉幹二者。

三、結果與討論

(一) 疏伐與修枝前後林分之生長結構

Table 1 所示為本試驗依據裂區試驗之試區設置，分別列出疏伐與修枝前、後及疏伐與修枝 5 年後，各處理林分之生長結構變化。

Table 1. Structures of plantations subjected to different treatments.

Treatment	Treatment regime	Phase	Age (y)	Density (st/ha)	DBH (cm)	Tree height (m)	Basal area (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)	Breast height form factor	Form quotient	Trees showing stem forking	
											Number (st/ha)	Percentage (%)
Thinning	(A)Retained 25m ² /ha	Before thinning	14	1915	14.5	7.8	31.4770	131.34	0.50	0.70	747	39
	basalarea	After thinning	14	1165	16.6	8.3	25.0265	104.72	0.50	0.70	128	11
		5 y after thinning	19	1165	19.8	10.9	34.7265	194.27	0.50	0.69	128	11
(B)No thinning	—	—	14	1803	13.9	7.7	30.5157	126.62	0.50	0.72	757	42
		—	14	1803	13.9	7.7	30.5157	126.62	0.50	0.72	306	17
		—	19	1803	16.3	10.0	38.3189	204.22	0.52	0.70	306	17
Pruning	(a)Pruned up to 1/2 tree height	Before pruning	14	1500	16.1	8.2	28.0947	123.82	0.50	0.71	600	40
		5 y after pruning	19	1500	19.3	10.7	38.5659	220.22	0.53	0.72	150	10
	(b)Pruned up to 2/3 tree height	Before pruning	14	1510	14.9	7.9	27.3205	113.55	0.50	0.71	664	44
		5 y after pruning	19	1510	17.3	10.3	34.5705	192.65	0.52	0.73	120	8
	(c)No pruning	—	14	1443	14.7	7.9	27.8981	109.65	0.50	0.71	548	38
—	—	19	1443	17.5	10.3	36.3776	184.83	0.47	0.63	346	24	

Table 2. ANOVA of means of different growth parameters of plantations subjected to different thinning and pruning treatments.

Variance	Degrees of freedom	DBH		Tree height		Basal area		Volume		Breast height		Form quotient	
		Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value	Mean	F value
Block	2	0.0049		0.0006		0.0704		0.4728		0.0001		0.0011	
Thinning intensity	1	0.1881	313.50**	0.0181	8.62	1.1029	20.77**	27.7511	266.84**	0.0015	1.67	0.0005	0.13
Error(a)	2	0.0006		0.0021		0.0539		0.1040		0.0009		0.0038	
Pruning intensity	2	0.0198	7.92*	0.0013	4.33	0.3739	8.01*	42.7371	5.29*	0.0060	20.00**	0.0193	24.12**
Thinning × pruning interaction	2	0.0109	4.36	0.0010	3.33	0.1185	2.54	7.3043	0.90	0.0004	1.33	0.0015	1.87
Error(b)	8	0.0025		0.0003		0.0467		8.0713		0.0003		0.0008	

Note: * Statistically significant($P \leq 0.05$); ** Statistically very significant($P \leq 0.01$).

在施行疏伐之當年，供試之 14 年生林分，平均胸徑約為 14.2 cm，平均樹高約為 7.8 m，立木材積則達 128.5 m³/ha 左右(Table 1)。本試驗林分樹幹分叉木，在疏伐、修枝處理前約佔總株數之 41%，經處理後，由於分叉之林木大多被伐除或分叉幹已被切除，因此，所佔百分比已明顯下降為 11%左右(Table 1)。又依據試驗當時之調查資料，鼠害木約佔總株數之 26%，其中嚴重鼠害木約佔 10%，此類鼠害木不須修枝，且應列為疏伐對象，本試驗在疏伐處理時，已將嚴重鼠害木全部伐除。由於鼠害有繼續發生之可能，因此本試驗僅採用胸高斷面積保留 25 m²/ha 之疏伐設計，以免

因強度疏伐及後續之鼠害，而導致單位面積上健全林木不足之嚴重缺失。

胸高形數可供代表樹幹形狀之指標及計算立木材積之用(楊榮啟，1980)，而形率則可代表樹幹之完滿度，其值愈大則樹形愈完滿(楊榮啟，1975)。各處理林分在疏伐修枝前，平均胸高形數為 0.50，形率則在 0.70 ~ 0.72 之間，經統計分析結果，兩者均無明顯差異。

(二) 各種生長參數之定期平均生長

Table 2 裂區試驗之變異數分析結果顯示，經疏伐處理 5 年後，除樹高外，林分胸徑、斷面積及材積之定期平均生長均呈顯著或極顯著之處理

Table 3. Comparison of annual growth of planations treated with different thinning/ pruning regimes (averaged over a post treatment period of 5 y).

Treatment	Treatment regime	DBH (cm)	Tree height (m)	Basal area (m ² /ha.y)	Volume (m ³ /ha.y)	Breast height form factor	Form quotient
Thinning	(A)	0.64 ^a	0.51 ^a	1.94 ^a	17.91 ^a	0.50 ^a	0.69 ^a
	(B)	0.47 ^b	0.45 ^a	1.56 ^b	15.52 ^b	0.52 ^a	0.70 ^a
Pruning	(a)	0.63 ^a	0.50 ^a	2.09 ^a	19.28 ^a	0.53 ^a	0.72 ^a
	(b)	0.48 ^c	0.47 ^a	1.45 ^c	15.82 ^b	0.52 ^a	0.73 ^a
	(c)	0.56 ^b	0.48 ^a	1.70 ^b	15.04 ^b	0.47 ^b	0.63 ^b

Note: (1) See Tabel 1 for description of treatment regimes.

(2) Means within a given column with the same superscript letter are not significantly ($P \leq 0.05$) different as determined by Duncan's multiple range test.

效應；而林分之各項定期平均生長及胸高形數、形率等亦因修枝強度之不同而呈顯著或極顯著之差異。疏伐與修枝之交感效應則均未具顯著差異。疏伐與修枝處理之各項參數比較，以鄧肯氏多變域檢定結果，如 Table 3 所列。

Table 3 統計分析結果顯示，疏伐 5 年後，胸徑之定期平均生長量及林分斷面積和材積定期平均生長量，均有明顯增加，惟與對照林分相較，疏伐林分之樹高、胸高形數及形率等並無明顯增加。此結果顯示，紅檜人工林在林分鬱閉後，若能適時、適度實施疏伐撫育，如本供試林分於 14 年生時施以保留胸高斷面積 25 m²/ha 之疏伐作業，確能提高林地單位面積之材積產量。李久先(1985)研究指出，每公頃栽植株數為 3,300 株之紅檜人工林，宜於 11 至 15 年生時進行第一次疏伐。羅卓振南等(1985)指出，24 年生紅檜人工林施行疏伐時，以每公頃胸高斷面積保留量為 30 m 效果最佳。22 年生紅檜人工林施行疏伐時，則以保留 29 m/ha 為佳(羅卓振南，1987)。

Table 3 亦顯示 14 年生林分施以修枝處理時，其修枝高度以 1/2 樹高最佳，修枝高度達樹高之 2/3 時，則對林木胸徑生長產生負面效應。羅卓振南等(1995)亦指出，紅檜幼齡修枝高度若達樹高之 2/3 時，則生長不佳，尤以胸徑生長顯著下降。據 Langstorm 及 Hellqvist (1991)研究蘇格蘭松(Scotspine)修枝效應指出，修除 50%至 75%之枝葉時，會減低 24%-33%之材積生長，而此一趨勢在修枝 4 年後仍未完全恢復。一般而言，對 6 年生以上之林分，修枝達樹高之 1/3 並不致對林木生長

產生不良影響，而本省以往對光臘樹(洪良斌等，1977)、台灣杉(羅卓振南等，1988, 1991, 1992)、台灣檫(羅卓振南等，1995)、柳杉(王子定等，1980)及紅檜(洪良斌等，1980, 1971)；(羅卓振南等，1995)等樹種所進行之修枝研究結果亦指出，修枝高度達樹高之 1/2 處，對林木生長尚不致發生負面影響。

本研究結果顯示經過修枝處理後之林分，其胸高形數和形率均大於未修枝之對照區林分(Table 3)，亦即修枝後之林分其幹形較完滿，而未修枝之林分幹形較尖削。此一結果顯示修枝確有助於提高樹幹之完滿程度，從而提高林分材積之生長量。據羅卓振南等(1988)研究指出，9 年生台灣杉修枝 5 年後，樹幹尖削度並無明顯之變化。惟 9 年生紅檜經修枝 6 年後，確能提高樹幹之完滿度及增加材積生長(羅卓振南等，1995)。寺本莊子(1994)研究扁柏與檫樹混植林之修枝效應，亦指出修枝可提昇林木枝下高及形質。

(三) 枝條分佈及修枝傷口癒合

一般而言，分叉幹與側枝之性狀應有所區別，即分叉幹與主幹間的銳角多小於 45°，且具有明顯樹梢，與主幹相互對立生長。側枝則指生長於樹幹的周圍，其銳角多大於 45°，枝徑較小，無明顯樹梢，為組成樹冠的必要枝條(鍾旭和等，1995)。若因疏植或死亡缺株致生長空間過於疏開，林木側枝會發生徒長，枝徑粗大，此類徒長側枝在修枝時應視同分叉予以修除。

本試驗未作修枝之林分，於 10 年生時，部份枝條已相繼乾枯，其中大於 1.0 cm 之枯枝至 19

年生時，多仍殘存幹上，以致形成死節，如 Fig. 1。又經疏伐處理但保留木未作修枝之林木，因生長空間疏開，致使側枝徒長，分叉直徑增大，嚴重影響主幹之生長及形成，因此，疏伐後保留木必須同時施行修枝，方能達到撫育的效益。再者，經修枝之林分，由橫切面觀測，枝徑為 2.0 cm 者，於修枝後 4 年(18 年生)傷口已完全癒合，以後所生長之木材均為無節之良材(Fig. 2)。

本研究所稱之枝條包括側枝和分叉，而枝條枝數百分比，係指各枝條節徑級之枝數與總枝條數之比較。修枝傷口之癒合率，則以其與切口直徑大小間之關係進行分析，其結果如 Table 4。而枝條節徑(ND)與枝條枝數百分比(P)之關係，以及枝條節徑(ND)與修枝傷口癒合時間(T)之關係，經以逐步迴歸法，所求得最適迴歸方程式，則列於 Table 5。依該等方程式所繪製曲線圖，則示於 Fig. 3 及 Fig. 4。

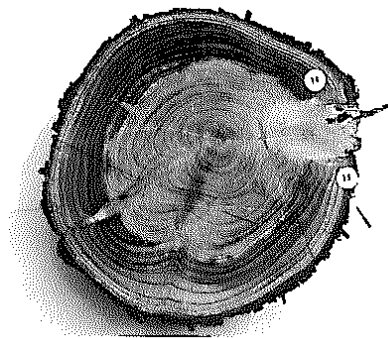


Fig. 1. Cross section of 19-y-old red cypress sampled from control plot. The branch diameter shown is about 3.5 cm. It dried when the tree was 14 y old and persisted on the stem which resulted in the formation of a dead knot.



Fig. 2. Cross of section of 19-y-old red cypress which was pruned at the age of 9 y. The diameter shown is about 2.0 cm. Four years after pruning the wound had occluded completely; all wood produced thereafter was clean with high quality.

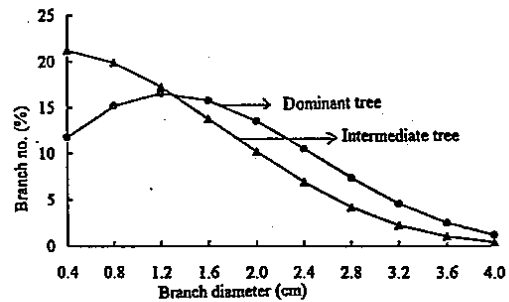


Fig. 3. Distribution of branches of different diameters.

本試驗在修枝前林木胸徑(1.3 m)以下枝條大多已自然乾枯，因此計算每公尺樹幹著生枝條數及大小，係自樹幹 1.3 m 以上起算，其節徑均值約為 2.0 cm，每公尺樹幹著生之枝條則約為 11 枝。若從樹幹表面傷口癒合觀測所得，切口數之癒合率約為 73%，癒合率較低之原因，係分叉幹口徑較大不易癒合，以及本試驗林分胸徑生長較為緩慢所致。據羅卓振南等(1994)研究指出，阿里山 9

Table 4. Branching of 14-y-old red cypress and wound occlusion 5 y after pruning and thinning.

Treatment regime	Number	Average height of pruning (m)	Total number of branches	Diameter of branch		Wound occlusion		Number of branches per meter of trunk
				Average (cm)	Range (cm)	Number of fully occluded wounds	Percent of occlusion (%)	
(a)	40	4.0	1188	1.9	0.2~7.0	855	72	11
(b)	40	5.0	1776	2.1	0.2~7.0	1332	75	12

Note: See Table 1 for details of treatment regimes.

Table 5. Equations best describing the relationships between branching time needed for occlusion and branch diameter.

Correlations examined		Regression equation	Coefficient of determination R	F-value
Between percentage of branching and branch diameter	Dominant tree	$P1=8.7363+12.9208ND$ $-6.949090ND+0.805152ND$	0.97	112.13
	Intermediate tree	$P2=24.6830-4.5049ND$ $-2.003949ND+0.387438ND$	0.93	40.97
Between the time needed for occlusion and branch diameter	Dominant tree	$T1=11.2250+18.2978ND$	0.99	1298.90
	Intermediate tree	$T2=7.8750+25.3125ND$	0.99	6627.83

年生紅檜修枝後 6 年傷口癒合率達 96%，而其林分胸徑定期平均生長量約為 0.95 cm。本試驗在 14 年生修枝時，經疏伐後其林分胸徑平均定期生長量約為 0.64 cm，未疏伐區僅及 0.47 cm (Table 3)。因此，紅檜人工林宜於幼齡生長快速時期施行修枝，則有助於傷口之癒合效果。而由上述胸徑生長較快、傷口癒合亦愈快之趨勢推論，疏伐能增進胸徑生長，此對傷口之癒合應有幫助。

Table 5 所示，枝條分佈百分比與枝條節徑之關係，無論是優勢木抑或中庸木，其最適方程式之決定係數 R^2 及 F 值，均呈極顯著，繪製之曲線圖如 Fig. 3 所示。傷口癒合時間與枝條節徑之關係，其最適方程式之決定係數 R^2 及 F 值亦均呈極顯著，所繪製之曲線圖如 Fig. 4 所示。上述資料有助於瞭解紅檜枝條節徑之大小分佈趨勢，以及修枝傷口之癒合時效，提供適時修枝撫育之參據。Fig. 3 所示，若以節徑 1.6 cm 為準計算，中庸木枝條節徑在 1.6 cm 以下者約佔總枝條數之 74%，在 1.7 cm 以上者約佔 26%。優勢木之節徑在 1.6 cm 以下者約佔 55%，1.7 cm 以上者佔 45%。上述資料亦表示，優勢木之大節徑較中庸木為多，但傷口癒合時間卻較中庸木為快(Fig. 4)此或因優勢木之樹幹直徑生長較中庸木為快所致。因此在施行紅檜疏伐撫育時，應採用諸如本試驗所採用之下層疏伐方法，盡量留存之優勢木或次優勢木，以提昇修枝撫育後之癒合率，減少切口腐朽之發生。

各修枝傷口節徑癒合時間將因節徑之增加而成直線上升之關係(Fig. 4)，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。Fig. 4 虛線部份表示修枝傷口癒合時間之估價值。就優勢木而言，節徑位於 2.8 cm 以下者，修枝傷口於 5 年內多可癒合，節徑愈 3 cm 以上者多未完全癒合(Fig. 4)，而其未癒合部位都為心材，邊材則都已產生癒合組織。再者，經採用生長錐抽出木材樣品檢定結果發現，修枝傷口雖未癒合，但內部木材亦未產生腐朽，此或因心材部位耐腐性較強所致。據羅卓振南等(1995)研究指出，阿里山 9 年生紅檜，其枝徑在 5 cm 以下者，修枝傷口於 6 年內即可癒合。竹內郁雄(1981)亦指出，日本扁柏枝徑為 2 cm 時，修枝傷口於 2 ~ 4 年內癒合。羅卓振南等(1988 ; 1992)研究指出，台灣杉枝徑在 2.5 cm 以下者，修枝傷口於 3 年內可癒合。綜合以上資料，顯示紅檜人工林之修枝撫育，應於幼齡時期枝條節徑尚為細小時開始施行為宜，除有利於主幹之形成及生長外，尚因枝條細小，易於修剪，傷口癒合率高，而能有效改善紅檜材質。

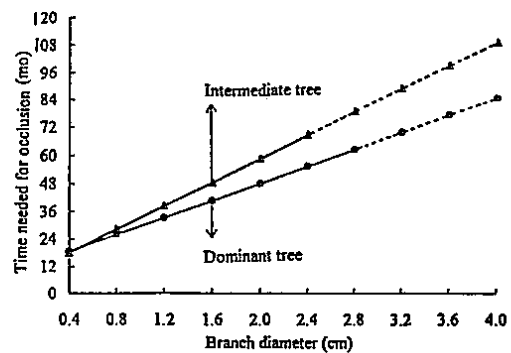


Fig. 4. Correlations between the time needed for wound occlusion and diameter of branch pruned.

四、結論與建議

本試驗 14 年生紅檜人工林，每公頃林分密度約為 1860 株，幼齡生長良好，林冠已完全鬱閉，惟林木樹幹著生之側枝及分叉甚多，若未能施行修枝，冠層下方之側枝，隨著林冠鬱閉而相繼乾枯。較大枯枝常殘存於幹上達 5-6 年之久仍未能自行脫落，以致形成死節，而繼續徒長之側枝和分叉，則形成異常粗大枝幹，嚴重影響主幹之形成和生長，因此需適時施行修枝撫育，以期生長無節高價之大材。而為紓解林冠鬱閉後對木生長所產生之不良抑制影響，林分亦須適時適度進行疏伐撫育，使林分得以及早成林。

本研究之疏伐處理係依下層疏伐之原則進行，並伐除形質不良木等，本試驗疏伐木之選定標準可供實務上之參考。14 年生之紅檜林分經疏伐 5 年後，顯示以每公頃保留胸高斷面積 25 m²(以留存株數計，每公頃約為 1165 株)，能增進林分材積生長，疏伐後亦能消除幹形不良之分叉木及嚴重鼠害木等，而使優良林木得以均勻配置於林地上，而改善林分之結構。

修枝撫育之作業技術，除需瞭解最適當之修枝高度和修枝林齡外，尚須考慮、修枝傷口之癒合成效。就修枝強度而言，本研究結果顯示以修枝至樹高之 1/2 最能增進紅檜林分之材積生長量。而經過修枝處理之林分，其胸高形數和形率均優於未修枝之對照區林分。亦即修枝確有助於提高紅檜林分樹幹之完滿度，增進材積生長之效果。

依本研究之觀察，紅檜於 14 年生時實施第一次修枝已為時稍晚，不僅修枝作業困難，且修枝 5 年後傷口癒合率亦低，僅約 73%。就本試驗結果而言，修枝 5 年後，枝條節徑在 2.8 cm 以下者其切除傷口多已癒合，而節徑逾 3 cm 以上者，則多未癒合，惟未癒合之傷口在 5 年內亦尚未發生腐朽，此部份有待繼續追綜觀測分析。

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): 23-51。
- 李久先 1985 紅檜人工林疏伐之研究(第三年總報告)。國立中興大學森林學系研究報告第 202 號，50 頁。
- 林務局 1995 第三次台灣森林資源及土地利用調查。257 頁。
- 洪良斌 1971 不同度之修枝撫育影響紅檜林林分生長之研究。科學發展月刊 3(5): 26-44。
- 洪良斌、羅卓振南 1977 修枝度對光臘樹幼林林分生長之影響。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林分生長之研究。林試所試驗報告第 336 號，12 頁。
- 黃崑崗 1977 紅檜人工林生長之調查研究。中華林學季刊 10(2): 95-109。
- 楊榮啟 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。
- 楊榮啟 1980 森林測計學。國立編譯館。515 頁。
- 劉慎孝 1976 森林經理學。國立中興大學。台中。965 頁。
- 鍾旭和、羅卓振南、邱志明 1995 紅檜人工林疏伐修枝作業手冊。林試所林業叢刊第 62 號，18 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。林試所研究報告季刊 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。
- 羅卓振南、鍾旭和、邱志明、周朝富、羅新興 1991 疏伐與修枝對台灣杉人工林生長之影響。林試所研究報告季刊 6(2): 155-168。
- 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。林試所研究報告季刊 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。林試所研究報告季刊 10(1): 41-50。
- 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。林試所研究報告季刊 10(3): 315-323。
- 竹內郁雄 1981 壯齡林の枝打ち跡卷迅みに關する研究(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ワゼキの形質。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.