

杉木人工林疏伐試驗

林子玉*

賀主伯**

林喻東***

【提要】本試驗之林分，係1964年栽植之一年生裸根苗，在1977年實施疏伐，經四年後調查試驗木胸高直徑與樹高之生產量，作此報導。

本試驗是用立木胸高斷面積為疏伐準則，實施保留80%（輕度疏伐）、60%（中度疏伐）及40%（強度疏伐）等三種胸高斷面積量為試區，重複四次，並在兩種不同立地同樣辦理。

疏伐後四年之生長情形，作成胸高斷面積總生長量、材積總生長、胸高直徑平均單株生長量及樹高平均單株生長量等四種分析比較。結果除樹高平均單株生長無顯著差異外，其他均有顯著差異，且左右胸高斷面積與材積的生長差異，係由胸高直徑平均單株的生長差異與試區內保留不同株數的兩個因素影響，而且山腰處試區之胸高直徑優於山脊處試區者。

至於胸高直徑平均單株生長之差異，則從不同之疏伐度（即保留木不同株數）發生，即與疏伐度強弱成正比例。

Experiment on Thinning of China-fir Plantation

Tzn-Yu Lin *

Chu-po Ho **

Yui-Dung Lin ***

[Abstract] The stand of this experiment was built in 1964. During that time, We planted one year nude root seedling. The stand was thinning in 1977. Afterwards, We surveyed DBH and tree height growth in 1981.

The thinning principle of this experiment base on stumpage basal area. We set three kinds of basal area as our plots, such as remainder 80% (weak thinning), 60% (medium thinning) and 40% (strong thinning). Each plot has four duplications. Besides, we make the same treatment under different site

* 國立中興大學森林研究所教授兼實驗林處長

** 國立中興大學實驗林組主任

*** 國立中興大學惠蓀實驗林場場長

* Professor, Research Institute of Forestry, National Chung Hsing University.

** Chief of Division, The Experimental Forest of National Chung Hsing University.

*** Chief of Tract, The Huei-Sen Tract of Experimental Forest of National Chung Hsing University.

condition.

Four years after thinning, we analyzed data about increments of basal area, increments of volume, increments of mean DBH and increments of mean height, we discover that all of them have significant difference except increments of mean height. Factors which affect increments of basal area and volume was derived from different increments of mean DBH and number of trees. The plots located on hill side is superior to that of ridge.

As for different increments of mean DBH derived from thinning quantity, in other words, they have positive correlation.

一、緒 言

杉木人工造林，在台灣雖為最早採用之一樹種，事實上也祇有數十年歷史，國立中興大學惠孫實驗林場，自民國十二年始栽植杉木。由於杉木之利用砍伐期長達二十年至三十年，故對造林技術，尚在栽植至鬱閉成林之第一層次過程中研究。

人工林生長至鬱閉時，多數林木之受光被壓制而減少，適時行適度之疏伐，以調整其生長空間，促進保留木恢復充裕受光發育，如不及時疏伐將演成生長競爭，減低林地之生產力。同時在台灣之杉木人工林中，松鼠及風害等破壞林相情形，又非常普遍且嚴重，尤宜適時整理，以免造成資源之浪費。但由於山區交通不便、林野廣寬、作業時須要較高技術、疏伐木之集運搬出利用耗費、正至利不及費等等各種現實困難問題，致使人工育林工作，遲滯於「成林」階段喪足之前。因此，應如何進一層次作疏伐撫育，促進林木發揮最大的生長力，實為今日造林工作的重要課題。

中興大學實驗林管理處與農業經濟研究所鑒於此，特於民國六十一年在中國農村復興聯合委員會補助 77-B12-N-959 計畫下，作「杉木人工林經濟性疏伐研究」，在育林撫育技術上分「試驗疏伐」與「示範疏伐」（疏伐林分總面積為 39.92 公頃），在經濟上分析疏伐之效益，已於六十七年六月提出「杉木人工經濟性疏伐研究」報告。

另外森林系所教授附帶於農復會、林務局及國科會等補助之 77(NSC)-B12-N-986 計畫下，作「杉木疏伐木綜合利用之研究——分子題，A 物理、力學性質之測定及木心合板之製造試驗。B 杉木疏伐木全株樹製造粒片板之試驗。C 膠合性及樹皮萃取物、樹皮粉在膠合劑上利用之研究。D 製漿造紙試驗。」試驗，均已分別提出研究報告。

其中試驗疏伐之「疏伐度試驗」中之保留木（即試驗木），迄今已有四年多之生長歲月，特於七十年四月作「生長調查」，製成分析資料。

二、試驗林分狀況

疏伐試驗林分為南投縣仁愛鄉新生村國立中興大學惠孫實驗林場第三林班第 201 號育林地，民國五十三年春引火整地栽植者。試驗林分，分兩個不同立地，一在山脊處海拔 1200 公尺，一在山腰處海拔 1000 公尺。兩處林地土壤，均為較良之砂質壤土。

該林分林地上前身林木為闊葉樹天然林，由烏心石、白花八角、豬腳楠、大葉楠、南投荳肉楠、五掌楠、錐果櫟、捲斗櫟、反刺櫟、南投石櫟、三斗石櫟、木荷、薯豆、台灣紅豆等組成。於民國四十九年皆伐。其林木材積數量，平均每公頃 202.489 m³，595.47 株，實際搬出材積 158.9385 m³。

該林地在五十三年二月造林栽植，林地係採用引火整地，造林用杉木苗是一年生裸根苗，原則上

規定栽植株行距 $2\text{m} \times 1.5\text{m}$ 每公頃 3333 株。惟引火整地之林地，地面少障礙物，且土層良好，栽植時似有株數稍增。新植後成活率亦優，未行補植。據查疏伐之林分撫育割草至民國五十九年即停止，山腰處共計割草十一次，山脊處者則割草十五次。

該疏伐林分，從五十三年二月新植至六十五年十二月疏伐，加上苗木年齡為一年，其林齡十四年。疏伐後至七十年四月，作第一次試驗保留木生長調查。是為本報告之資料。

試驗疏伐林分，至六十五年已極度鬱閉，林木下枝多枯落，直覺得被壓木很多，林地是一片黃色枯枝落葉，沒有陽光到林內，地上也就草木不生。試驗疏伐區林分，選取在造林地區之中間部份，鼠害木不太多，風害木亦輕處。

三、疏伐設計

疏伐試驗林分選擇於山脊地帶與山腰地帶各定一處。同時採用同樣的設計實施。

疏伐試驗林地小區，為 0.1 公頃之圓形面積。疏伐林木數量之決定，則以試區內林木之胸高斷面積來分，而作三種疏伐度；輕度疏伐者，保留胸高斷面積 80% 林木，中度疏伐者，保留胸高斷面積 60% 林木，強度疏伐者，保留胸高斷面積 40% 林木。重複四次。試區總面積 2.4 公頃；

山脊處 $0.1 \text{ 公頃} \times 3 \text{ 試區} \times 4 \text{ 重複} = 1.2 \text{ 公頃}$

山腰處 $0.1 \text{ 公頃} \times 3 \text{ 試區} \times 4 \text{ 重複} = 1.2 \text{ 公頃}$

四、疏伐木之選定伐除層次

各試區內林木，除按照試驗設計，應 伐胸高斷面積 20%，40%，及 60% 三種數量的林木，此類應砍伐的林木按下述生長情形選定伐除。

1. 枯死木、瀕死木、鼠害甚烈木及風害木。
2. 叢生木之較劣者，保留一支健壯者。
3. 形質不良木。
4. 過密之中庸木、次優木。

保留之試驗木，在測量胸高直徑處，用白油漆劃「+」標示，以備以後之調查，在同一位置測量。同時在樹皮上寫有號碼，亦為以後調查之對照。

五、試驗保留木生長調查

試驗林木從疏伐時，到疏伐後四年，先後有三層次調查資料，將提供統計分析者。疏伐時有疏伐木與保留木資料，其時林木為十四年生樹齡之蓄積，按該林木係 1964 年 2 月栽植之一年生裸根苗而未經補植之林分。疏伐四年後，於 1981 年 4 月再次調查供試之保留木，經四年的生長後之蓄積資料。

調查項目：為測量胸高直徑與樹高。

六、試驗保留木生長分析

將調查所得先後之胸高直徑與樹高資料，經整理演算，統計而作成下列四種分析；胸高斷面積生長量、立木材積生長量、單株胸高直徑生長量及單株樹高生長量等四種，分析方法均用「裂區試驗之設計法」辦理。

(一) 胸高斷面積生長量

胸高斷面積生長量之裂區分析，係將調查所得胸高直徑資料經整理、演算、統計後，復作成下面之三個「兩向表」後據以進行。

表(一) 胸高斷面積生長量兩向表之一

Table 1 Increments of Basal area (I)

區集 Bl.	試地 Lo. of Ex.	山腰處 Hill-side	山脊處 Ridge	區集計 Total
I		31420	28800	60220
II		33574	26779	60353
III		30212	32184	62396
IV		32897	23989	56886
試地計 Total		128103	111752	239855

表(二) 胸高斷面積生長量兩向表之二

Table 2 Increments of Basal area (II)

區集 Bl.	處理 Tr.	80%	60%	40%	區集計 Total
I		21972	21299	16949	60220
II		23774	22464	14115	60353
III		25742	22134	14520	62396
IV		18098	22658	16130	56886
處理計 Total		89586	88555	61714	239855

表(三) 胸高斷面積生長量兩向表之三

Table 3 Increments of Basal area (III)

試地 Lo. of Ex.	處理 Tr.	80%	60%	40%	試地計 Total
山腰處 Hill-side		45245	48135	34723	128103
山脊處 Ridge		44341	40420	26991	111752
處理計 Total		89586	88555	61714	239855

表四 變方分析表

Table 4 Analysis Variance of increment of basal area

變因 Source of Variation	自由度 D.F.	平方和 Sum of Squares	均方 Mean squares	F 值 observed F-Value	理論 F 值 T. F-Value	
					5%	1%
區集 Blocks	3	0.0260	0.0087	0.003	9.28	29.46
試驗地 Locality of Ex.	1	0.1114	0.1114	2.89	10.13	34.12
主區機差 E. of whole plot	3	0.1157	0.0386			
疏伐度 Remainder	2	0.6243	0.3122	7.45*	5.14	10.92
試驗地×疏伐度 Loc. Ex × Rem	2	0.0388	0.0194	0.46	5.14	10.92
副區機差 E. of split plot	6	0.2511	0.0419			
總計 Total	23					

分析結果，僅有疏伐度間之胸高斷面積生長量呈顯著差異。茲再進行差異個別顯著性測驗如下結果：

表(四) 差異比較表

Table 5. Comparison of the differences of increment of basal area.

疏伐度 Remainder	總胸高斷面積生長量 Increments	較 差 Differences	
80 %	8.9586		
60 %	8.8555	0.1031	
40 %	6.1714	2.7872*	2.6841*

最低差異顯著標準值為 5 % = 2.0036

1 % = 3.0353

由上表之差異數值，與最低差異顯著標準值比較得知，疏伐度輕者（即保留度 80 % 者），胸高斷面積生長最大，次為疏伐度中者（即保留度 60 % 者），但兩者之間無顯著差異，可是兩者均比生長最小之疏伐度強者（即保留度 40 % 者）分別呈顯著差異。

(二)材積生長量

材積生長量之裂區分析，同樣地作成下面之三個「兩向表」後據以進行。

表(六) 材積生長量兩向表之一

Table 6. Increments of Volume (I)

試地 區集 Lo. Ex. Bl.	山 腰 處 Hill-side	山 脊 地 Ridge	區 集 計 Total
I	29.4025	25.1976	54.6001
II	35.2237	28.1143	63.3380
III	33.6236	33.2242	66.8478
IV	29.5076	30.6803	60.1879
試地計Total	127.7574	117.2164	244.9738

表(七) 材積生長量兩向表之二

Table 7. Increments of Volume (II)

處理 區集 Ir. Bl.	80 %	60 %	40 %	區 集 計 Total
I	21.5105	18.6408	14.4488	54.6001
II	26.5134	22.5296	14.2950	63.3380
III	29.4202	21.5668	15.8608	66.8478
IV	20.9592	25.3046	13.9241	60.1879
處理計Total	98.4033	88.0418	58.5287	244.9738

表(內) 材積生長量兩向表之三

Table 8. Increments of Volume (III)

處理 試地 Lo. Ex. \ Tr.	80%	60%	40%	試地計Total
山腰處 Hill-side	50.8146	46.2653	30.6775	127.7574
山脊處 Ridge	47.5887	41.7765	27.8512	117.2164
處理計Total	98.4033	88.0418	58.5287	244.9738

經變方分析結果，僅有疏伐度間（亦即保留度）之立木材積生長量呈顯著差異，其他區集間、試驗地間及疏伐度×試驗地間均無顯著差異。

茲就疏伐度間再進行差異個別顯著性測驗，結果其差異數值與最低差異顯著標準值比較，以疏伐度輕者（即保留度80%者）材積生長最大，次為疏伐度中者（即保留度60%者），疏伐度強者（即保留度40%者）材積生長最小。其差異情形為保留80%與60%者間無顯著差異，可是80%者比40%者則呈極顯著差異，而60%者較40%者則呈顯著差異。

(三)胸高直徑平均單株生長量

胸高直徑平均單株生長量之裂區分析，亦同樣地將所得資料作成下面之三個「兩向表」後據以進行。

表(內) 胸高直徑平均單株生長量兩向表之一

Table 9. Increment of Mean D.B.H. (I)

試地 區集 Bl. \ Lo. Ex.	山腰處 Hill-side	山脊地 Ridge	區集計 Total
I	8.39	6.26	14.65
II	9.11	6.59	15.70
III	8.56	7.29	15.85
IV	9.53	6.23	15.76
試地計Total	35.59	26.37	61.96

表(外) 胸高直徑平均單株生長量兩向表之二

Table 10. Increment of Mean D.B.H. (II)

處理 區集 Bl. \ Tr.	80%	60%	40%	區集計Total
I	3.52	4.97	6.16	14.65
II	3.84	5.72	6.14	15.70
III	4.62	5.46	5.77	15.85
IV	3.11	5.66	6.99	15.76
處理計Total	15.09	21.81	25.06	61.96

表(十一) 胸高直徑平均單株生長量兩向表之三

Table 11. Increment of Mean D.B.H. (III)

處理 Tr. 試地 Lo. Ex.	80 %	60 %	40 %	試地計 Total
山腰處 Hill-side	8.37	12.41	14.81	35.59
山脊處 Ridge	6.72	9.40	10.25	26.37
計Total	15.09	21.81	25.06	61.96

經變方分析結果，得知試驗地間呈顯著差異，疏伐度（即保留度）間則呈極顯著差異，但是區集間與試驗地×疏伐度間却無顯著差異。

對於有差異之變因項目，茲再進行差異個別顯著性測驗比較之。

就試驗地之試因中，其差異個別顯著性測驗結果，以山腰處者比山脊處者呈顯著差異。

就疏伐度之試因中，其差異個別顯著性測驗結果，以強疏伐度試區中（即保留度40%）者最優，中疏伐度試區中（即保留度60%）者次之，而且兩者間比較之，無顯著差異，輕疏伐度試區中（即保留80%）者最劣。強疏伐度試區中者與輕疏伐度試區中者比較之，呈極顯著差異。中疏伐度試區中者與輕疏伐度試區中者比較之，則呈顯著差異。

樹高平均單株生長量

樹高平均單株生長量之裂區分析，亦同樣地將所得資料作成下面之三個「兩向表」後據以進行。

表(十二) 樹高平均單株生長量兩向表之一

Table 12 Increments of Mean Height (I)

試地 l.o. 區集 Bl. Ex.	山腰處 Hill-side	山脊處 Ridge	區集計 Total
I	5.18	3.36	8.54
II	9.73	5.09	14.82
III	8.67	8.01	16.68
IV	6.92	8.67	15.59
試地計Total	30.50	25.13	55.63

表(十三) 樹高平均單株生長量兩向表之二

Table 13. Increments of Mean Height (II)

處理 Tr. 區集 Bl.	80 %	60 %	40 %	區集計Total
I	2.77	3.24	2.53	8.54
II	4.29	4.78	5.75	14.82
III	5.47	4.82	6.39	16.68
IV	4.50	6.43	4.66	15.59
處理計Total	17.03	19.27	19.33	55.63

表(十四) 樹高平均單株生長量兩向表之三

Table 14. Increments of Mean Height (III)

處理 Tr. 試地 Lo. Ex.	80%	60%	40%	試地計 Total
山腰處 Hill-side	9.47	10.32	10.71	30.50
山脊處 Ridge	7.56	8.95	8.62	25.13
處理計 Total	17.03	19.27	19.33	55.63

經變方分析結果，無論疏伐度間、區集間、試地間及試驗地×疏伐度間，均無顯著差異。

胸高斷面積生長量方面：

經分析比較得知：疏伐度輕度者（即保留度80%者）之生長量最大，次為疏伐度中度者（即保留60%者），但兩者間比較無顯著差異，可是均比疏伐度強度者（即保留40%者）分別呈顯著差異。造成這種顯著差異原因最大者為試區間保留之試驗木杉木株數差異大，蓋保留80%試區者，保留平均有197.75株，保留60%試區者，保留平均有159.25株，保留40%試區者，則保留平均值僅有71.25株。

儘管從胸高直徑平均單株生長量方面分析比較得知，保留株數最少之40%試區者，與保留株數中等之60%試區者，生長量較快，兩者間無顯著差異，但40%者比保留株數最多之80%試區者却呈極顯著差異，60%者較80%者則呈顯著差異。

總之，疏伐度四年間胸高斷面積生長總量，還是受保留試驗木株數量之多寡之支配，蓋保留80%者在此短短的四年間亦有相當的生長力，觀此趨勢是疏伐後，使保留木（試驗木）之生長空間擴展，導引陽光至樹幹下部甚至林地雖有效用，且與擴展空間之大小成正比例。惟應至何時保留40%試區者之總生長量超過80%試區者，仍待繼續觀察，調查分析比較。

另外，從立地看，即本試驗之山腰處試區之胸高直徑生長較優於山脊處者，這是與立地之氣象因素（如風、日照等）與土壤因素（土壤水分、與養分等）也相當關係。

材積生長量方面：

經分析比較得知，疏伐度輕度（80%）者生長量最大，中度者（60%）次之，且兩者間無顯著差異，惟輕度者比強度疏伐者（40%）呈極顯著差異，中度者較強度者呈顯著差異。此種差異排列層序與胸高斷面積之層序相似。造成這種顯著差異原因亦與胸高斷面積生長相似，主要為試驗木杉木株數差異大。

蓋材積生長之變異，係由胸高斷面積生長與樹高生長之變異而來。在前述及胸高直徑平均單株生長量，在各試區之情形恰恰顛倒相反，即總生長量試區最大者，單株生長量最小，反之，總生長量試區最小者，單株生長量最大，居中者仍居中。更因樹高生長量經分析比較知，沒有顯著差異，因此，單由胸高直徑生長有較顯著增加而無樹高顯著增加時，結果總材積之生長量仍受試驗木株數多寡者之影響。

七、討 論

胸高直徑平均單株生長量方面：

經分析比較得知，有兩項顯著差異：

試驗地方面，以山腰處比山脊處呈顯著優，這是立地環境之差異有關，在氣象因素上，山脊處試驗區風比較山腰處多而大，日照也比較長等影響。在土壤因素上，山腰處試驗區土壤比較山脊處濕潤，養分也比較不易流失等影響。

疏伐度方面，以疏伐度強度者（即保留40%）試驗區內之平均單株，其胸高直徑生長量最大，疏伐度中度者（即60%）次之，且兩者間無顯著差異，前者比疏伐度輕度者（即80%）呈極顯著差異，後者較之呈顯著差異。此乃強度疏伐區內保留木之生長空間擴展最大，試驗木全株能受充分之日照，連林地亦有相當之日照，自然其光合作用新陳代謝強，生長力較旺盛。另一因素為保留之試驗木大都屬優勢木，此種優勢木在遺傳上可能也是較優者。疏伐度中度者較遜與疏伐度輕度者最差之關鍵，就在如上所述，試驗區內保留木之空間依次減小，受光亦減少，及滲雜著次優木、中庸木甚至形質不良木在內。尤其是輕度疏伐區，致降低其平均值。

樹高平均單株生長量方面：

經分析比較得知，沒有一項呈顯著差異，由此而知樹高之生長，在三種疏伐度中於此四年間沒有發生生長競爭，而沒有被壓現象者，其生長速度也相近。

八、結 論

綜觀此次疏伐後四年間，胸高斷面積生長量、材積生長量、胸高直徑平均單株生長量及樹高平均單株生長量之結果，除樹高平均單株生長無顯著差異外，其他均有顯著差異，且左右胸高斷面積與材積的生長差異，係由胸高直徑平均單株的生長差異與試驗區內保留不同株數量的兩個因素影響而成之差異現象，而且山腰處之胸高直徑優於山脊處者。

至於胸高直徑平均單株生長量的差異，則係從不同疏伐度發生，即疏伐度強者（保留40%）生長量最大，疏伐度中者（保留60%）次之，疏伐度輕者（80%）最小。但在此四年中，於輕度疏伐區中，並未發生再度鬱閉壓制競爭生長的現象，因此，胸高斷面積與材積之總生長量係由於試驗木株數多而最大，中疏伐區次之，單株生長量最大的強度疏伐區反而最小。

九、參考文獻

- 1.李慶餘、林子玉、楊垣進、賀主伯（1978）杉木人工林經濟性疏伐研究
中興大學林管處農經研究所
- 2.省林務局（1973）台灣各主要樹種立木材積表 省林務局
- 3.劉愷孝（1976）森林經理學 中興大學森林經理學研究室
- 4.林子玉（1976）疏伐之實施 中興大學林管處
- 5.楊榮啓 林文亮（1974）林木生長空間之測計 台灣大學林管處
- 6.楊榮啓 陳昭明 李國忠 林文亮（1976）人工林林分密度之研究 台灣大學林管處
- 7.洪良斌（1970）竹東林區杉木林疏伐試驗效果之研究 省林試所
- 8.劉業經 呂福原 賀主伯 歐辰雄 呂金城（1982）杉木品種之研究報告（三）
財政輪伐期總結報告 中華林學季刊 15(3)