

臺灣省林業試驗所報告

第一八〇

BULLETIN
of
TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE
No. 180

杉木栽植距離與收穫關係之研究

洪 良 斌

Study on the Relationship of Tree Spacing to Yield
for China-fir Plantation

by

Liang-pin Hung

中華民國五十八年六月

臺灣省林業試驗所

臺灣 臺北

Published by

TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

Taipei, Taiwan, China

June, 1969

目 錄

(Contents)

一、緒 言 (Introduction)	1
二、試驗林概況 (Description of the Experimental Forest)	2
三、供試材料及研究方法 (Materials and Study Method)	2
四、結果分析 (Results and Analysis)	3
I 試驗林分之組成狀態 (Composition Status of the Experimental Stands)	3
II 處理別14年生林分平均每木各測定要素之總生長量 (Average Total Increments Per Tree of Various Determined Factors of Trees from the 14-year-old Stands by the Different Treatments)	13
III 處理別14年生林分每區及每公頃斷面積及材積之總生長量 (Total Increments of Stands' Basal Area and Stands' Volume Per Plot and Per Ha. from the 14-year-old Stands by the Different Treatments)	30
IV 處理別14年生林分每公頃材積及現金之總收穫量以及其純收益額 (Net Revenue and Total Yields of Cash and Tree Volume from the 14-year-old Stands by the Different Treatments)	35
五、結果討論 (Discussion)	41
六、摘要及結論 (Abstract and Conclusions)	44
七、參考文獻 (Literature Cited)	45
八、英文摘要 (English Summary)	46
附試區林相照片 (Photograph)	52

杉木栽植距離與收穫關係之研究

洪 良 斌

Study on the Relationship of Tree Spacing to Yield for China-fir Plantation

by

Liang-pin Hung

(一)、緒 言 (Introduction)

杉木英名爲 Chinese Fir，日名爲廣葉杉或福州杉，學名爲 *Cunninghamia lanceolata* Hook.，亦爲本省引種外來樹種中頗爲成功之一種。該樹種原產我國南方各省，尤以兩廣及福建等省爲最，爲該數省之主要經濟造林樹種。本樹種造林成活容易，幼年生時生長異常迅速。幹材通直，材質硬度中庸，爲日常主要建築材料，其小徑木又可供製紙原料，用途甚廣，頗有經濟價值。

本樹種早在公元1840年左右即已由福建引入。日據時代曾再陸續向福州做大量引種，並栽植於本省中海拔林區即海拔 600~1400 公尺之林帶。目前本省中南部均有大面積之杉木林，生長良好，林利甚高。際此本省木材工業日益發達，需材孔急聲中，杉木材價格良好，宜乎人民競相造林。因爲杉木林幼年生時生長特別快速，輪伐期短，普通在14~20年生時即可皆伐收利，故經營杉木林利益相當優厚，所謂本輕而利重之事業，故頗值林業界同仁之重視與推廣。惟推廣杉木造林之際，有關杉木之造林技術問題，須同時不斷地探討與研究改進，俾所造之杉木林達到盡善盡美之境地，以增加林業者之收益。茲者因該樹種栽植距離 (Tree spacing) 有疏密之分，故其在一定期間內每公頃之木材收穫量，可能有所差別。有主張疏植者，亦有主張密植者，見仁見智，意見不盡相同。然該樹種究以何種栽植距離所得之結果最爲優良，欲解答此種問題，非擇地實施杉木栽植距離試驗，並長期培養和調查觀察不爲功。

本研究之目的係在探究應採用何種栽植距離，始能使杉木在造林成活後生長一直保持優良狀態，使能在一定期間內和在一定面積上獲得量最多質最優之收穫量，用以宏大營林之效果，用供本省今後杉木造林上之參考應用。乃就筆者於民國四十二年春在本所蓮花池分所負責大規模實施該分所濫墾地杉木復舊造林時，所附帶進行之杉木栽植距離觀察試驗林加以調查研究。該試區林分，經過長期撫育與保護，現已滿14年生，生長非常良好，此次，經過精密的林地測量，選設樣區，然後施以每木調查。茲就調查所得之結果資料，逐項統計分析即先統計該試驗林分之構成狀態，次依處理別計算平均每木各測定要素（如胸徑、樹高等）之總生長量並加以比較，然後統計處理別林分斷面積及材積之總生長量。最後並就各處理之林分材積和其金錢總收穫量及其純收益，加以分析比較。率爾成文，其中錯誤之處自知難免，尙希林業先進勿吝指正爲幸！

本試驗研究係承國家長期科學發展委員會補助經費，該試驗林之林野調查測定工作，分別承本系陳技士松藩，前技佐周松沂及技助員羅新興協助，室內統計工作復承臨時雇員賴淑貞小姐惠予幫忙。在試驗期間多蒙蓮花池分所諸位同仁幫忙。文成又蒙本所出版委員會惠予審查，銘感之餘，均此誌謝！

(二)、試驗林之概況 (Description of the experimental forest)

(1) 地況 (Condition of site):-本試驗林係處於南投縣魚池鄉五城村境內，隸屬本所蓮花池分所管內之新山林區，位於東經 $120^{\circ}54'3''\sim 120^{\circ}55'0''$ ，北緯 $23^{\circ}53'30''\sim 23^{\circ}56'0''$ 之間。海拔高約760~800公尺，坡向大部份坐西南向東北。傾斜度自 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，地勢除小部份呈現陡峻外，大部份呈緩傾斜狀態，傾斜度平均約為 25° 。該處林地地質屬粘板岩系，土壤為黃色粘壤土，表土深40公分以上，該處因受村民數年來之墾植農作物如香茅草、木薯、及甘藷等。至民國42年春進行復舊造林時，其肥沃表土已大部份流失，略呈瘠薄狀態，幸能及時實施復舊造林，停止濫墾，表土又逐漸恢復肥沃狀態。地被植物多屬羊齒類、月桃、山芋等，按地位級言之，應屬於I等林地。該地四圍羣山環抱，氣候溫暖，年平均溫度約為 22.45°C ，屬於暖帶，冬季不甚寒冷，夏季不甚酷熱，溫度適宜。雨量則甚充沛，年降雨量平均在3500mm.左右，最多雨時期為5~8等4個月，最少雨時期為10~至次年1月等4個月。該地區亦為本省杉木林適宜生長之地區之一。

(2) 林況 (Condition of stand):-本試驗林係於民國四十二年一月間造林，造林苗木為一年生。當時以新山林區一處之濫墾面積最闊約達二十公頃之多，要造林之面積如此之大，而自己所培養之苗木有限，不夠應用，又急於要早日如期完成復舊造林工作，故一部份杉木係向葉阿裝先生（曾任蓮花池分所技佐多年）購買。栽植株行距係採用四種，即(1) $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ 、(2) $1.5\text{m}\times 2.0\text{m}$ 、(3) $2.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ 、(4) $2.0\text{m}\times 2.5\text{m}$ 等。造林前之整地工作，係於造林前一年九、十月間進行，除一部份農作物後即按所定之栽植距離先行掘植穴。如此處理，一面藉以促進心土之風化有利幼苗木定植後之成活；另一方面俟雨期到達使造林工作容易進行。造林成活率甚高約在90%以上，故造林後無需補植。造林後數年間林地割草撫育工作做得非常週密，又得當地墾民之合作，造林木未遭受破壞，故幼林木生長非常良好。該林生長至五年時，林冠已構成鬱閉狀態，林地內所留一部份農作物亦全部停止墾植。亦即說該林地自光復初年被濫墾以來，迄此才算全部收回。因造林成活率高，故其立木度甚為均勻，林冠層鬱閉良好，地面什草絕跡，呈現一片甚為優美之人工林林相。

(三)、供試材料及研究方法 (Materials and Study Method)

本研究題目所用之材料，前節已提及即以本所蓮花池分所轄區之新山14年生之杉木林。茲就其研究方法分述如下：

(1) 處理別：處理因子即以不同栽植距離，計分為四種即：(a) $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ ，即行距1.5公尺，株距亦1.5公尺；(b) $1.5\text{m}\times 2.0\text{m}$ 即行距2.0公尺，株距仍1.5公尺；(c) $2.0\text{m}\times 2.0\text{m}$ 即行距2.0公尺，株距亦2.0公尺；(d) $2.5\text{m}\times 2.0\text{m}$ 即行距2.5公尺，株距2.0公尺是也。上列每一處理因子之造林面積約為3~5公頃不等，分部位造林，觀察記載其生長概況藉供將來成林後調查比較之用。

(2) 取樣方法：當該林木生長至14年生即可屆皆伐收穫時，即於民國五十五年冬派員前往每一植距處理林分選設六個樣區，每樣區面積為 $20\text{m}\times 30\text{m}=600\text{m}^2$ 即為0.06公頃，合四個樣區為一區集，惟同一區集內各小區須選自橫佈於相似條件的山坡之林分，藉以消除林地土壤之差異。重複6次合共24個樣區，總面積為 $24\times 0.06\text{ha}=1.44$ 公頃。

(3) 調查記載：每樣區內所有立木均予編號為樹號，然後實施每木調查工作。其測定項目包括每木之胸高直徑（簡稱胸徑）、樹高、枝下高、樹冠幅以及每木之樹級（包括樹幹級和樹冠級），以供室內統計之用。所謂樹級之調查係依照沙得林 (Schadelin) 氏之分類法，茲述其要旨如下。林木等級可區分為五大類：即優勢木，次優勢木，中庸木，擁擠木及枯死木等。而以百位數即100, 200, 300, 400, 500表示之。然後各樹幹之品質，分為優，中，劣等三級，而以十位數即10, 20, 及30表示之。最後各樹之樹冠，又可依其樹冠發育之情況仍可分為優、中、劣等三級，而以個位數即1, 2, 3表示之。故每株樹木，可用三位數字鑑別評定之，非常便利。如111可表示優勢木而其樹幹及樹冠之品質亦均

屬最爲優良者，餘類推。

(4) 統計工作：就每木調查簿資料，依照生物統計方法，逐步分析整理之。各區之林分材積係依公式 $V=nG.H.f$ 求算之， G 代表斷面積， n 爲每一胸徑階之株數， $n \times G$ 則爲各該區立木在每一胸徑階之斷面積數，而後分別乘以各胸徑階之樹高，再乘以實測算得之形數 0.533 合計之則得各該區之總材積。本研究所用樹高，係由每區集選得之標準木約 50 株實測其樹高，然後應用樹高曲線方程式，即 $Hc=a+bx+clogx$ 計算其理論值是也。

(四)、結果分析 (Results and Analysis)

1. 試驗林分之組成狀態 (Composition of the experimental stands):

A 處理別林分立木樹級組成狀態 (Composition status of tree class of the stands in various treatments): 茲爲便於更明瞭各處理林分中立木之品質生長狀況，乃就其樹級組成狀態加以分析。茲利用每木調查簿中各試區之每木樹幹級別調查資料，分別統計每處理（即相同植距）之立木在各樹木級別之株數分配情形，以及其在各樹幹級和樹冠級之株數組成概況，並附樹木級別株數分配比較圖，以資參閱：

表 1 處理別林分立木樹幹級別株數分配一覽表

Tab. 1 Distribution of number of trees divided by tree classes for all standing crops in different stands treated with different spacings

樹 級	植 距 別 株 數 代 號	(a) 1.5m × 1.5m		(b) 1.5m × 2.0m		(c) 2.0m × 2.0m		(d) 2.0m × 2.5m		全 林	
		株 數	百分率	株 數	百分率	株 數	百分率	株 數	百分率	株 數	百分率
		Number of trees	Percentage	Number of trees	Percentage	Number of trees	Percentage	Number of trees	Percentage	number of trees	Percentage
優 勢 木 Dominant trees	111	13	0.99	26	2.53	43	4.72	12	1.35	94	2.27
	112	2	0.15	6	0.58	17	1.87	17	1.91	42	1.01
	113	1	0.08	—	—	—	—	—	—	1	0.02
	121	2	0.15	4	0.10	1	0.11	1	0.11	5	0.12
	122	4	0.30	—	—	—	—	—	—	4	0.10
	123	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	131	—	—	2	0.18	1	0.11	—	—	3	0.08
	132	—	—	1	0.10	—	—	—	—	1	0.02
	133	1	0.08	—	—	—	—	—	—	1	0.02
小 計 Total		23	1.75	36	3.49	62	6.81	30	3.37	151	3.64
次 優 勢 木 trees	211	33	2.51	40	3.89	25	2.74	11	1.24	109	2.63
	212	8	0.61	18	1.75	64	7.03	52	5.85	142	3.43
	213	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	221	4	0.30	5	0.49	5	0.55	3	0.34	17	0.41
	222	67	5.10	52	5.06	74	8.12	103	11.58	296	7.15

Co-dominant	223	1	0.08	—	—	4	0.44	1	0.11	6	0.14
	231	1	0.08	—	—	4	0.44	1	0.11	6	0.14
	232	2	0.15	—	—	1	0.11	—	—	3	0.08
	233	1	0.08	—	—	—	—	—	—	1	0.02
小計 Total		117	8.91	115	11.19	177	19.43	171	19.23	580	14.00
Intermediate trees 中庸木	311	75	5.71	83	8.08	3	0.33	—	—	161	3.89
	312	29	2.21	20	1.80	10	1.10	2	0.22	61	1.47
	313	4	0.30	7	0.68	—	—	—	—	11	0.27
	321	14	1.07	4	0.39	5	0.55	3	0.34	26	0.63
	322	184	14.00	175	17.04	225	24.69	214	24.07	798	19.05
	323	61	4.64	30	2.92	16	1.76	14	1.57	121	2.92
	331	1	0.08	1	0.10	—	—	—	—	2	0.04
	332	63	4.79	100	9.74	129	14.16	190	21.37	482	11.64
	333	164	12.48	91	8.86	96	10.54	63	7.09	414	9.99
小計 Total		595	45.28	511	49.61	484	53.13	486	54.66	2,076	49.90
Overtopped trees 被壓木	411	9	0.68	11	1.07	—	—	—	—	20	0.48
	412	—	—	1	0.10	—	—	—	—	1	0.02
	413	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	421	1	0.08	—	—	—	—	—	—	1	0.02
	422	43	3.27	31	3.02	13	1.43	2	0.22	89	2.15
	423	47	3.58	12	1.17	90	9.88	16	1.80	165	3.98
	431	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	432	8	0.61	1	0.10	—	—	—	—	9	0.22
	433	467	35.54	298	29.01	69	7.57	180	20.25	1,014	24.49
小計 Total		575	43.76	354	34.47	172	18.88	198	22.27	1,299	31.36
Dead trees 枯死木		5	0.38	11	1.07	16	1.76	4	0.45	36	0.87
總計 Grand total		1,315	100	1,027	100	911	100	889	100	4,141	100

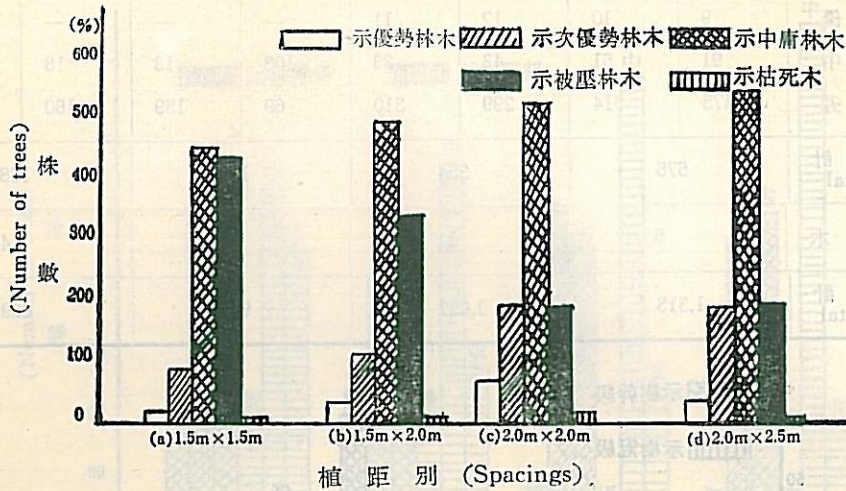


圖1 每處理各樹級株數分配比較圖

Fig. 1 Distribution condition of number of trees in various trees classes by different treatment stands

表2 處理別每樹級中幹徑級及樹冠級之株數分配表

Tab. 2 Distribution of number of trees divided by stem class and crown class from each tree class in different stands treated with different spacings

植距別		(a) 1.5m×1.5m		(b) 1.5m×2.0m		(c) 2.0m×2.0m		(d) 2.0m×2.5m	
樹品級	幹及冠級別	幹徑級	樹冠級	幹徑級	樹冠級	幹徑級	樹冠級	幹徑級	樹冠級
	株數	Stem class	Crown class	Stem class	Crown class	Stem class	Crown class	Stem class	Crown class
	株數	Number of trees	Number of trees	Number of trees	Number of trees	Number of trees	Number of trees	Number of trees	Number of trees
優勢木	優	16	15	32	29	60	45	29	13
	中	6	6	1	7	1	17	1	17
	劣	1	2	3	—	1	—	—	—
小計 Small total		23		36		62		30	
次優勢木	優	41	38	58	45	89	34	63	15
	中	72	77	57	70	83	139	107	185
	劣	4	2	—	—	5	4	1	1
小計 Small total		117		115		177		171	
中庸木	優	108	90	110	88	13	8	2	3
	中	289	276	209	295	246	364	231	406
	劣	228	229	192	128	225	112	253	77
小計 Small total		595		511		484		486	

被壓木	優	9	10	12	11	—	—	—	—
	中	91	51	43	33	103	13	18	2
	劣	475	514	299	310	69	159	180	196
小計 Small total		575		354		172		198	
枯死木		5		11		16		4	
合計 Grand total		1,315		1,027		911		889	

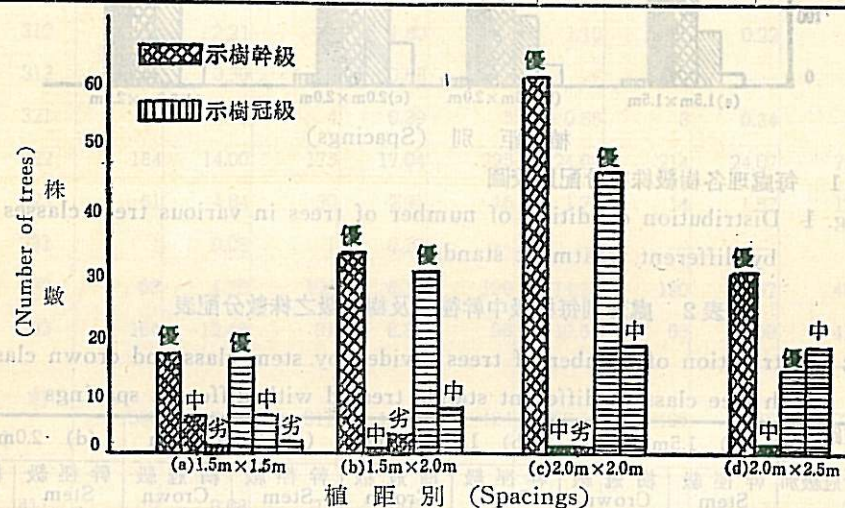


圖 2 (a) 各處理之優勢林木之樹幹級及其樹冠級優劣株數比較圖

Fig. 2(a) Those of the dominant trees

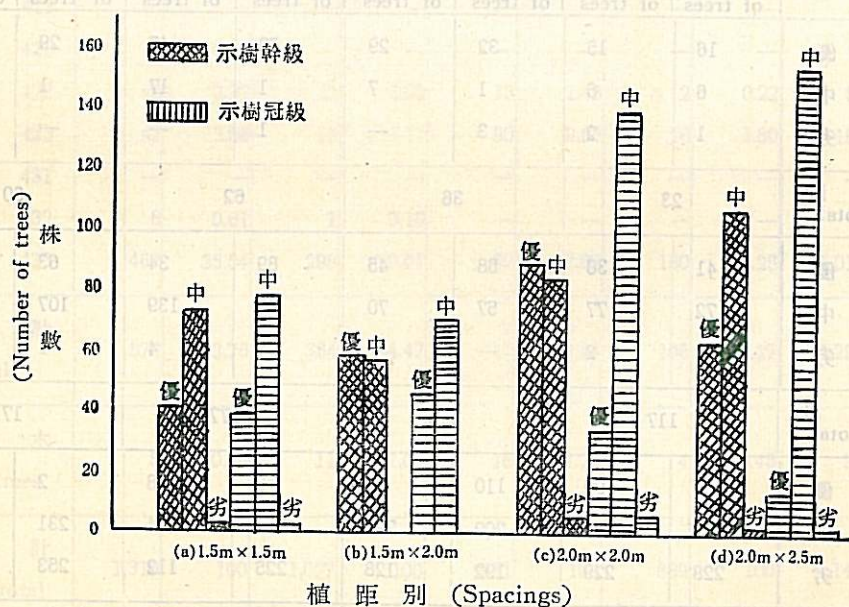


圖 2 (b) 各處理之次優勢林木之樹幹級及其樹冠級優劣株數比較圖

Fig. 2(b) Those of the co-dominant trees

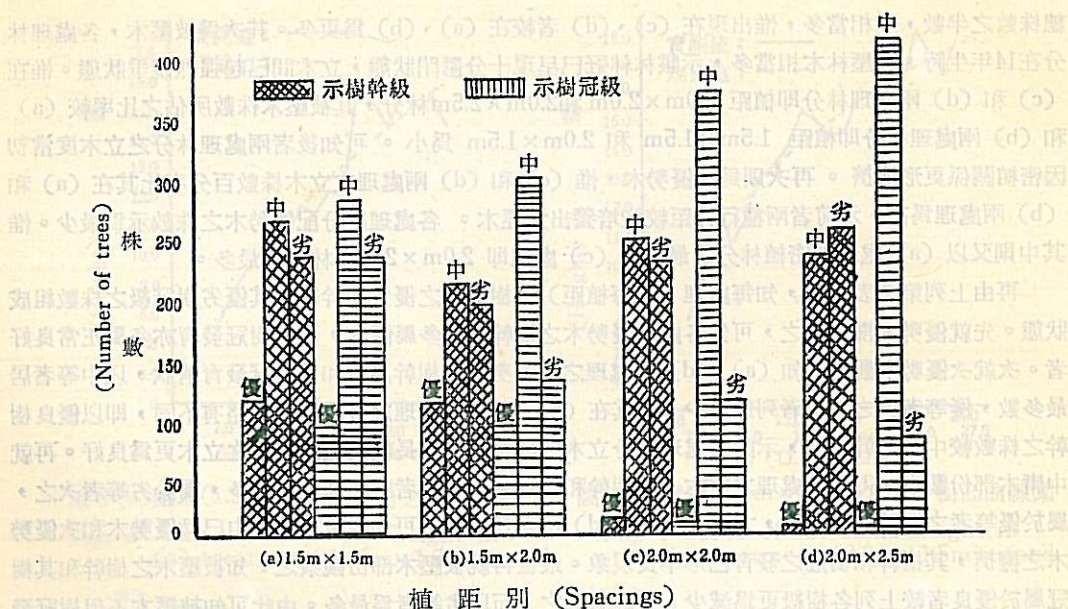


圖 2 (c) 各處理之中庸林木之樹幹級及其樹冠級優劣株數比較圖

Fig. 2(c) Those of the intermediate trees.

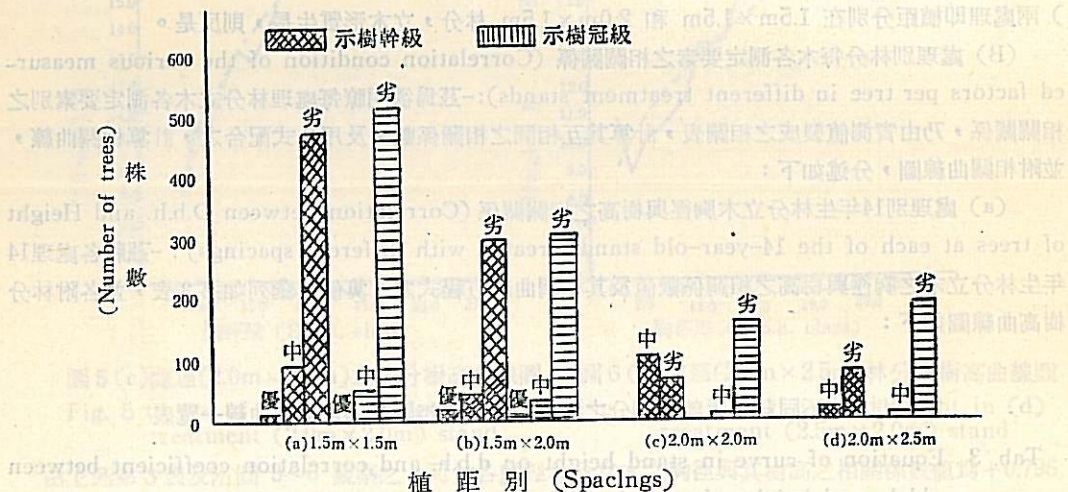


圖 2 (d) 各處理之被壓林木之樹幹級及其樹冠級優劣株數比較圖

Fig 2(d) Those of the oppressed trees

圖 2 各處理每樹幹級及其樹冠級之優劣株數比較圖

Fig. 2 Distribution condition of number of trees in quality divided into stem classes and crown classes from each tree class in different spacing stands

由上列第 1 表觀察，知每處理各樹木級別之株數分配狀況。其中每處理各樹木級之分配株數，均示以中庸木最多，即其在 (a) 處理林分佔總株數之 45.28%，(b) 處理為 49.61%，(c) 處理為 53.1%，(d) 處理為 54.66%。由此可知中庸木在此四個處理內所出現之株數約等於各該處理林分

總株數之半數，示相當多，惟出現在 (c)、(d) 者較在 (a)、(b) 為更多。其次為被壓木，各處理林分在14年生時，被壓木相當多，示該林林冠已呈現十分鬱閉狀態，立木間已起強烈競爭狀態。惟在 (c) 和 (d) 兩處理林分即植距 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 和 $2.0\text{m} \times 2.5\text{m}$ 林分，其被壓木株數所佔之比率較 (a) 和 (b) 兩處理林分即植距 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 和 $2.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ 為小。可知後者兩處理林分之立木度當初因密植關係更形擁擠。再次則為次優勢木，惟 (c) 和 (d) 兩處理之立木株數百分率比其在 (a) 和 (b) 兩處理為高，示前者兩種行株距較能培養出大徑木。各處理所分配優勢木之株數示為最少。惟其中則又以 (a) 處理即密植林分為最少，(c) 處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 林分為最多。

再由上列第2表觀察，知每處理（即每植距）每樹級中之優劣樹幹級及其優劣樹冠級之株數組成狀態。先就優勢木部份觀之，可知各處理優勢木之樹幹品質多屬優良，而其樹冠發育亦多屬正常良好者。次就次優勢木觀之，知 (a)、(d) 兩處理之次優勢木之樹幹品質和其樹冠發育情狀，以中等者居最多數，優等者次之劣等者列為最少，然其在 (b)、(c) 兩處理之分配株數則略有不同，即以優良樹幹之株數較中等樹幹為多，示此兩處理林分立木之幹材品質生長較其他兩處理之立木更為良好。再就中庸木部份觀察，得知各處理之立木，其樹幹和樹冠屬於中等者所佔株數為最多，屬於劣等者次之，屬於優等者之株數列為最少，尤以 (c) 和 (d) 兩處理為甚。可知中庸木在林中已受優勢木和次優勢木之擁擠，其樹幹和樹冠之發育已形不良現象。最後再就被壓木部份觀察之，知被壓木之樹幹和其樹冠屬於優良者較上列各樹級更為減少，中等者次之，而以劣等者為最多。由此可知被壓木不但樹冠發育不良，即其樹幹亦多有瑕疵及彎曲等缺點，此等林木在疏伐撫育時應予全部砍伐利用。

總之，上列四種植距處理林分之林木品質生長，係以 (c) 和 (d) 兩處理即植距分別在 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 和 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 林分立木較為優良，即其優良立木所佔株數較多，被壓木較少。若 (a) 和 (b) 兩處理即植距分別在 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 和 $2.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ 林分，立木形質生長，則反是。

(B) 處理別林分每木各測定要素之相關關係 (Correlation condition of the various measured factors per tree in different treatment stands):—茲為欲明瞭每處理林分立木各測定要素別之相關關係，乃由實測值製成之相關表，計算其互相間之相關係數，及用公式配合之，計算相關曲線，並附相關曲線圖，分述如下：

(a) 處理別14年生林分立木胸徑與樹高之相關關係 (Correlation between D.b.h. and Height of trees at each of the 14-year-old stands treated with different spacings):—茲將各處理14年生林分立木之胸徑與樹高之相關係數值及其相關曲線方程式之計算值，彙列如第3表，並各附林分樹高曲線圖如下：

表3 不同栽植距離別林分之胸徑與樹高之相關關係及樹高曲線一覽表

Tab. 3 Equation of curve in stand height on d.b.h. and correlation coefficient between d.b.h. and height of trees in different stands treated with different spacings

植距別 Treatments of spacing	項 目 Items	林 齡 Age of stands	相 關 係 數 Correlation coefficient		相 關 曲 線 方 程 式 Equation of correlation curve $y = a + bx + c \log x$	估計標準機誤 Standard error of estimate	或 差 Probable error
			r	t			
(a) $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$		14	+0.796**	$P < 0.01$	$H_c = 7.202 + 0.3130D + 2.8018 \log D$	± 0.524	± 0.353
(b) $1.5\text{m} \times 2.0\text{m}$		14	+0.853**	$P < 0.01$	$H_c = 7.990 + 0.1577D + 4.9606 \log D$	± 0.744	± 0.502
(c) $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$		14	+0.873**	$P < 0.01$	$H_c = 7.647 + 0.1443D + 6.9494 \log D$	± 0.569	± 0.384
(d) $2.0\text{m} \times 2.5\text{m}$		14	+0.903**	$P < 0.01$	$H_c = 8.613 + 0.2693D + 2.8984 \log D$	± 0.761	± 0.513



圖 3 (a)處理(1.5m × 1.5m)林分之樹高曲線

Fig. 3 Curve of the stand height in (a) treatment (1.5m × 1.5m) stand

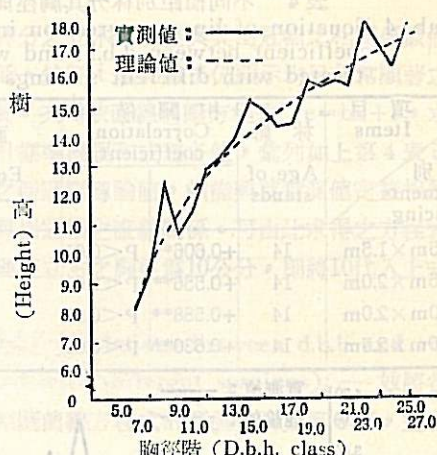


圖 4 (b)處理(1.5m × 2.0m)之林分樹高曲線圖

Fig. 4 Curve of the stand height in (b) treatment (2.0m × 1.5m) stand

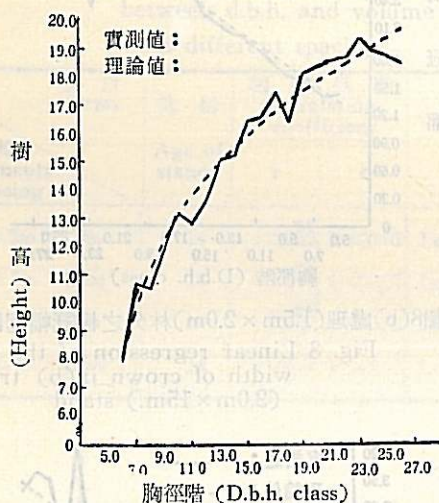


圖 5 (c)處理(2.0m × 2.0m)之林分樹高曲線圖

Fig. 5 Curve of the stand height in (c) treatment (2.0m × 2.0m) stand

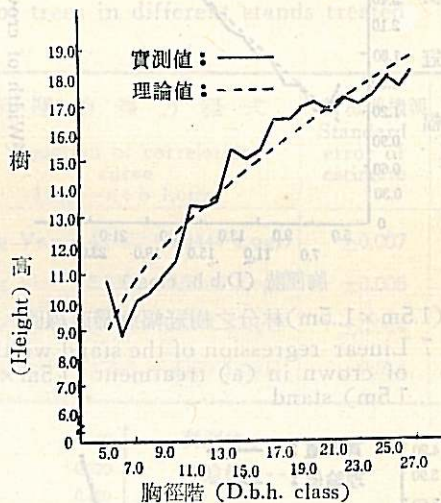


圖 6 (d)處理(2.0m × 2.5m)林分之樹高曲線圖

Fig. 6 Curve of the stand height in (d) treatment (2.5m × 2.0m) stand

由上列第 3 表及附圖 3~6 觀察之，可知各處理林分立木之胸徑與其樹高之相關係數值為 +0.796 ~ +0.905，經 t 值測驗後顯示均呈非常顯著之正相關，即示各處理立木之胸徑愈大，則其樹高亦愈高。次均依相關之對數曲線方程式 $y = a + bx + c \log x$ 求得各處理林分胸徑與樹高之相關曲線式，及其估計標準誤和或差各值，彙列如上列第 3 表第 5.6.7 等欄中，示各值約有 $\pm 0.5m$ 左右之誤差。由各該方程式求得各處理林分每胸徑階之樹高理論值，全程頗能與其實測值密接相配合，故可由該式返算各該處理林分各胸徑階之樹高。如欲求 (a) 處理林分之樹高，即以 1.2.3 及其對數代入上表 (a) 處理之樹高曲線方程式即得，惟 1 等於第 1 胸徑階 5.0，2 等於胸徑階 6.0，餘類推。

(b) 處理別 14 年生林分立木胸徑與樹冠幅之相關關係 (Correlation between d.b.h and width of crown of trees at each of the 14-year-old stands treated with different spacings): -茲將各處理 14 年生林分立木之胸徑與樹冠幅之相關係數值及兩者之迴歸直線方程式之計算值彙列如第 4 表並各附林分樹冠幅直線圖如下。

表4 不同植距別林分其胸徑與樹冠幅之相關關係及樹冠幅曲線一覽表
 Tab. 4 Equation of linear regression in width of crown on d.b.h. and correlation coefficient between d.b.h. and width of crown of trees in different stands treated with different spacings

項目 Items 植距別 Treatments of spacing	林齡 Age of stands	相關係數 Correlation coefficient		直線迴歸方程式 Equation of linear regression $ye = bx + a$	估計標準機誤 Standard error of estimate	或差 Probable error
		r	t			
(a) 1.5m × 1.5m	14	+0.606**	P < 0.01	dc = 0.1347D + 0.3905	±0.098	±0.066
(b) 1.5m × 2.0m	14	+0.556**	P < 0.01	dc = 0.1207D + 0.4197	±0.093	±0.063
(c) 2.0m × 2.0m	14	+0.588**	P < 0.01	dc = 0.1019D + 0.7828	±0.089	±0.060
(d) 2.0m × 2.5m	14	+0.630**	P < 0.01	dc = 0.1152D + 0.7885	±0.148	±0.099

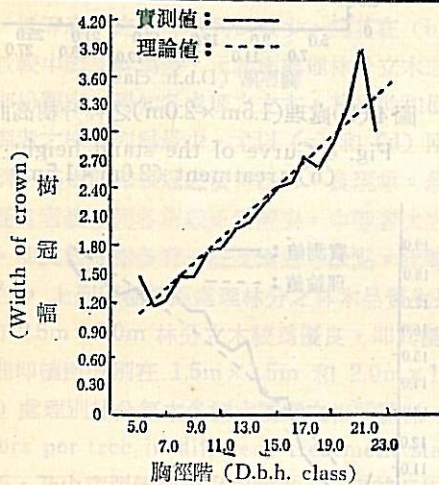


圖7(a)處理(1.5m × 1.5m)林分之樹冠幅迴歸直線圖
 Fig. 7 Linear regression of the stand width of crown in (a) treatment (1.5m × 1.5m) stand

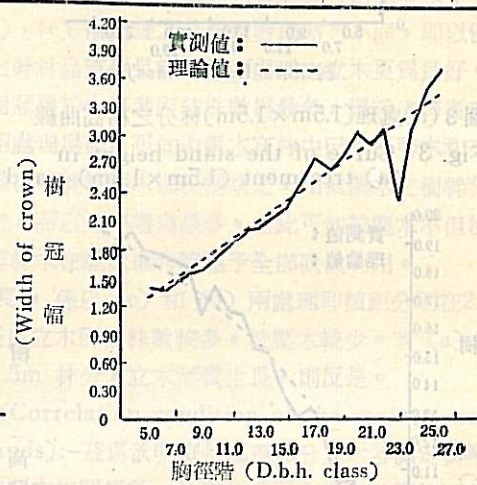


圖8(b)處理(1.5m × 2.0m)林分之樹冠幅迴歸直線圖
 Fig. 8 Linear regression of the stand width of crown in (b) treatment (2.0m × 1.5m.) stand

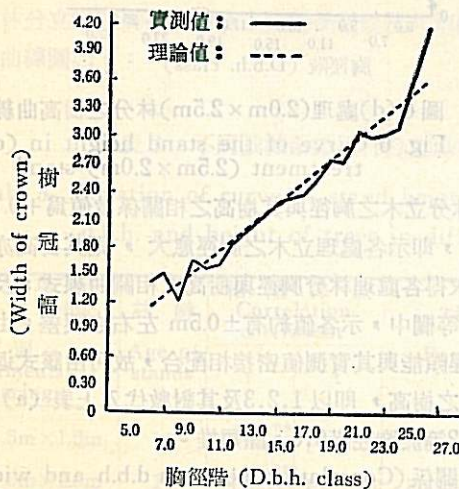


圖9(c)處理(2.0m × 2.0m)林分之樹冠幅迴歸直線圖
 Fig. 9 Linear regression of the stand width of crown in (c) treatment (2.0m × 2.0m) stand

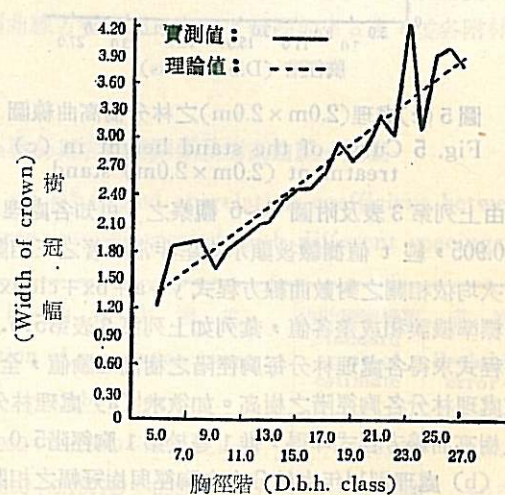


圖10(d)處理(2.5m × 2.0m)林分之樹冠幅迴歸直線圖
 Fig. 10 Linear regression of the stand width of crown in (d) treatment (2.5m × 2.0m) stand

由上列第4表及附圖7~10觀察之，可知各處理林分之立木之胸徑與其樹冠幅之相關係數值為 $+0.556 \sim +0.630$ ，雖比上節與樹高之相關係數值為略低，然經 t 值測驗後仍顯示均呈非常顯著之正相關，即示各處理立木之胸徑愈大者，則其樹冠幅亦愈廣。次均依直線迴歸方程式 $ye = bx + a$ ，求得各處理立木胸徑與其樹冠幅之相關直線方程式，及其估計標準機誤和或差各值，彙列如上第4表5、6、7等欄中。由各該方程式求得各處理林分每胸徑階之樹冠幅理論值，頗能與其實測值密接相配合，故由此直線迴歸方程式可以表示此四個處理林分胸徑與樹冠幅之直線關係。由此求得之方程式，求算每處理林分某胸徑階立木之樹冠幅值，如(a)處理某立木之胸徑為10公分，則將10代入上式即得其樹冠幅值。

(c)處理別14年生林分立木胸徑與其材積之相關關係 (correlations between d.b.h. and volume of trees at each of the 14-year-old stands treated with different spacings):——茲將各處理14年生林分立木之胸徑與材積之相關係數值及兩者之相關曲線方程式計算值彙列如第5表，並各附林分材積曲線圖如下。

表5 不同植距別林分其胸徑與材積之相關關係及材積曲線一覽表

Tab. 5 Equation of curve in volume on d.b.h. and correlation coefficient between d.b.h. and volume of trees in different stands treated with different spacings

項目 Items 植距別 Treatments of spacing	林齡 Age of stands	相關係數 Correlation coefficient		相關曲線方程式 Equation of correlation curve $\text{Log} y = a + b \text{Log} x$	估計標準機誤 Standard error of estimate	或差 Probable error
		r	t			
(a) 1.5m×1.5m	14	+0.962 ^{***}	P<0.01	$\text{Log } V_c = -4.0322 + 2.6444 \text{ Log } D$	±0.007	±0.004
(b) 1.5m×2.0m	14	+0.943 ^{***}	P<0.01	$\text{Log } V_c = -3.8551 + 2.5306 \text{ Log } D$	±0.005	±0.003
(c) 2.0m×2.0m	14	+0.922 ^{***}	P<0.01	$\text{Log } V_c = -3.7376 + 2.4739 \text{ Log } D$	±0.004	±0.003
(d) 2.0m×2.5m	14	+0.818 ^{***}	P>0.01	$\text{Log } V_c = -3.7298 + 2.4338 \text{ Log } D$	±0.004	±0.003

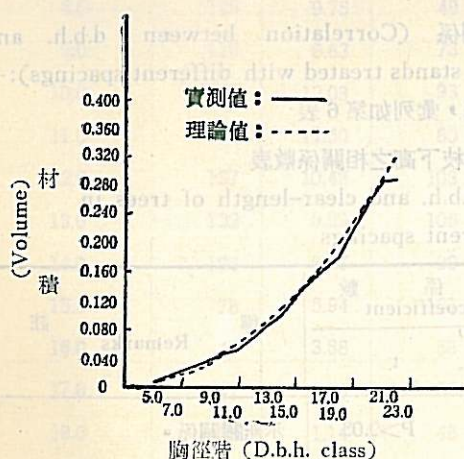


圖11 (a) 處理(1.5m×1.5m)林分之材積曲線圖
Fig. 11 Curve of the stand volume in (a) treatment (1.5m×1.5m) stand.

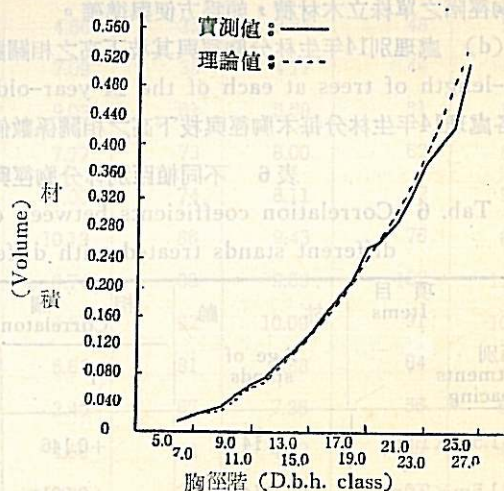


圖12 (b) 處理(1.5m×2.0m)林分之材積曲線圖
Fig. 12 Curve of the stand volume in (b) treatment (2.0m×1.5m) stand.

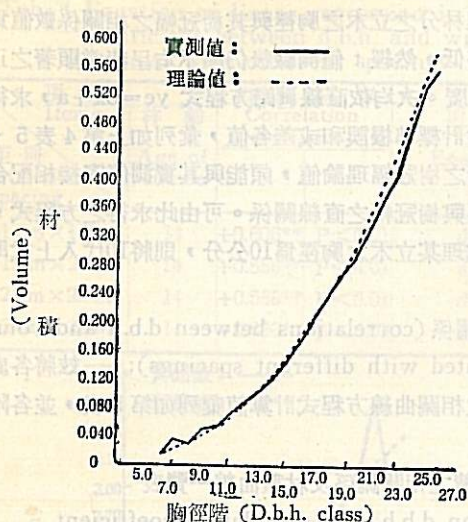


圖13 (c) 處理(2.0m×2.0m)林分之材積曲線圖

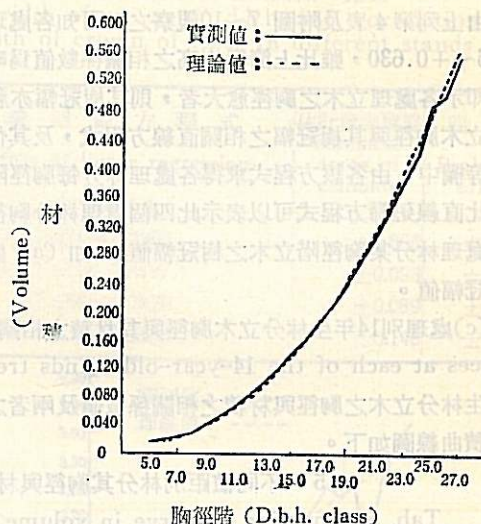
Fig. 13 Curve of the stand volume
in (c) treatment (2.0m×2.0m)
stand

圖14 (d) 處理(2.5m×2.0m)林分之材積曲線圖

Fig. 14 Curve of the stand volume in
(d) treatment (2.5m×2.0m)
stand

由上列第5表及附圖11~14觀察，可知各處理林分立木之胸徑與材積之相關係數值為 +0.818~+0.962 之間，經 t 測驗後顯示均呈非常顯著之正相關。即示各處理立木之胸徑愈大者，則其單株材積亦愈大。其次各處理均依照同一的對數曲線方程式，即 $\text{Log} y = a + b \text{Log} x$ 求得胸徑與材積之相關曲線方程式。然後再由該式算得之理論值其實測值之較差，計算其估計標準機誤以及或差各值，彙列如上列第5表中5~7等欄中。茲由各該計算式所求得各處理林分每胸徑階之材積理論值，與其測定值用曲線圖配合之，顯示兩曲線在全程上甚為密接。故知可由各該式求算及預測各該處理林分屬於任一胸徑階之單株立木材積，頗為方便與準確。

(d) 處理別14年生林分胸徑與其枝下高之相關關係 (Correlation between d.b.h. and Clear-length of trees at each of the 14-year-old stands treated with different spacings):—茲將各處理14年生林分每木胸徑與枝下高之相關係數值，彙列如第6表

表6 不同植距別林分胸徑與枝下高之相關係數表

Tab. 6 Correlation coefficients between d.b.h. and clear-length of trees in different stands treated with different spacings

項目 Items 植距別 Treatments of spacing	林齡 Age of stands	相關係數 Correlation coefficient		備註 Remarks
		r	t	
(a) 1.5m×1.5m	14	+0.146	$P > 0.05$	示無關關係。
(b) 1.5m×2.0m	14	+0.221*	$P < 0.05$	示低級正相關關係。
(c) 2.0m×2.0m	14	-0.224*	$P < 0.05$	示低級負相關關係。
(d) 2.0m×2.5m	14	+0.091	$P > 0.05$	示無相關關係。

由上列第6表觀察，知各處理林分立木之胸徑與枝下高之相關係數值。其中(a)和(b)兩處理林分，胸徑與其枝下高之相關值不顯著，示其林分中立木之胸徑與枝下高之高低呈現不規則之趨勢。至於(b)、(c)兩處理林分之相關僅達顯著標準，惟在(c)處理林分呈負相關，示該處理之林木胸徑愈大者，則其枝下高反略呈現愈低之傾向。

Ⅱ處理別14年生林分平均每木各測定要素之總生長量(Average total increments per tree of various determined factors of trees from the 14-year-old stands by the different treatments):一茲就各處理即各栽植距離別林分之每木調查資料，就相同處理之各試區綜合統計分別列成各測定要素之次數分配表，並由各該表計算其平均值，衆數，標準偏差及曲線之偏斜度等，用以研究其在不同植距別之林分組成狀態。其次就各區集依測定要素分別統計其在14年生時平均每木之總生長量，加以變方分析比較之，藉以判明何種栽植距離對於杉木之生長，最爲有利。

A 胸高直徑生長狀況(Growth condition of d.b.h.):

(a)處理別林分各胸徑階之株數組成狀態(Composition status of number of trees on each d.b.h. class of the 14-year-old stands by the different treatments):一茲將所計算之結果分列如下兩表。

表7 處理別14年生林分各胸徑階之株數分佈一覽表(公分)

Tab. 7 Frequencies of number of trees distributed on d.b.h. classes in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (cm.)

植距別 株數 胸徑階 D.B.H.	(a) 1.5m×1.5m		(b) 1.5×2.0m		(c) 2.0m×2.0m		(d) 2.0m×2.5m	
	株數 Number of trees	百分率 (%) Percenta- ge	株數 Number of trees	百分率 (%) Percenta- ge	株數 Number of trees	百分率 (%) Percenta- ge	株數 Number of trees	百分率 (%) Percenta- ge
5.0	5	0.38	19	1.84	4	0.44	6	0.67
6.0	61	4.64	34	3.30	14	1.54	22	2.47
7.0	123	9.37	52	5.05	23	2.52	32	3.60
8.0	128	9.75	48	4.66	35	3.84	48	5.40
9.0	116	8.83	73	7.09	38	4.17	44	4.95
10.0	158	12.03	93	9.03	51	5.59	51	5.74
11.0	151	11.50	80	7.77	73	8.00	62	6.97
12.0	137	10.43	103	10.00	74	8.11	82	9.22
13.0	122	9.29	105	10.19	86	9.43	76	8.55
14.0	106	8.07	90	8.74	88	9.65	102	11.47
15.0	78	5.94	101	9.81	92	10.09	91	10.24
16.0	47	3.58	58	5.63	81	8.88	64	7.20
17.0	47	3.58	35	3.40	67	7.35	56	6.30
18.0	15	1.14	48	4.66	44	4.82	39	4.39
19.0	13	0.99	35	3.45	39	4.28	43	4.84
20.0	3	0.23	22	2.14	41	4.50	27	3.04
21.0	1	0.08	14	1.36	27	2.96	21	2.36
22.0	1	0.08	8	0.78	18	1.97	12	1.35

23.0	1	0.08	4	0.39	5	0.55	5	0.56
24.0	—	—	4	0.39	4	0.44	2	0.22
25.0	—	—	3	0.29	4	0.44	2	0.22
26.0	—	—	1	0.10	3	0.33	1	0.11
27.0	—	—	—	—	1	0.11	1	0.11
合 計 Total	1313	100.00	1030	100.00	912	100.00	889	100.00

表 8 處理別林分胸徑平均值及其變異情形一覽表 (單位:公分)

Tab. 8 Average of d.b.h. and its variation in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (Unit:cm.)

項 目 Items 栽植距離別 Spacing	分佈範圍 Range	衆 數 Mode	平 均 值 Arithmetic mean	標 準 偏 差 Standard deviation	變異係數 Coefficient of variation (%)	偏斜度 Skewness (%)	曲 線 分 佈 形 態 Shape of curves
(a) 1.5m×1.5m	5.0~23.0	10.00	11.15±0.059*	3.18±0.041*	28.53±0.404*	36.13	向右偏斜
(b) 1.5m×2.0m	5.0~26.0	13.00	12.76±0.084	3.99±0.059	31.34±0.509	- 6.05	略向左偏斜
(c) 2.0m×2.0m	5.0~27.0	15.00	14.24±0.090	4.04±0.064	28.39±0.483	-18.85	略向左偏斜
(d) 2.0m×2.5m	5.0~27.0	14.00	13.64±0.091	4.03±0.064	29.54±0.512	- 8.84	略向左偏斜

附註：上表中有※符號者示標準誤差 (Probable error) 下表同此。

由上列第 7~8 兩表觀察，可知各處理林分之立木株數出現在各胸徑階之分佈情形。先就其分佈範圍、衆數及平均值言之，(a) 處理即 1.5m×1.5m 之最密植林分最狹，其平均值呈現最小。(b) 處理即 2.0m×1.5m 密植林分次之，而以 (c) 和 (d) 兩處理即 2.0m×2.0m 中植距林分及 2.5m×2.0m 疏植距林分之分佈範圍同為較寬。然胸徑平均值却以 (c) 處理 14.24cm. 列為最大。一般言之，生長在後者兩處理林分之立木其胸徑大者較生長在前列兩處理林分為多。再就其標準偏差言，除 (a) 處理林分為 3.18cm 示最小外，其餘三個處理林分之標準偏差同在 4.00cm. 左右。示無分軒輊，即知後列三個植距較寬之林分，其立木間胸徑大小較 (a) 處理林分為參差不齊。

(b) 處理別 14 年生林分平均每木胸徑總生長量差異之比較 (Comparison of the differences of total increments of d.b.h. per tree of the 14-year-old stands by the different treatments: 一茲將所計算之各表，依次分列如下：

表 9 各處理 14 年生杉木林平均每木之胸徑總生長量表 (公分)

Tab. 9 Average total increments in d.b.h. per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (cm.)

區 集 Blocks 造林距離 Spacing	I	II	III	IV	V	VI	合 計 Total	平 均
(a) 1.5m×1.5m	10.14	10.14	10.51	11.84	10.99	13.26	66.89	11.15
(b) 1.5m×2.0m	12.92	12.15	12.23	13.11	13.32	12.03	75.76	12.63
(c) 2.0m×2.0m	13.38	14.91	15.01	14.04	14.72	13.72	85.78	14.30

(d) 2.0m×2.5m	15.19	14.73	13.49	13.03	12.64	12.99	82.07	13.68
合 計 Total	51.63	51.93	51.24	52.02	51.67	52.00	310.49	—

依據上表資料，進行簡單變方分析，列如下表：

表10 處理別14年生杉木林平均每木胸徑總生長量之變方分析表

Tab. 10 Analysis of variance of average total increments in d.b.h. per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變 因 Variance	自 由 度 Degrees of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean square	F 值 Observed F value	理 論 F 值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
區 集 間 Block	5	0.1172	—	—	—	—
處 理 間 Treatment	3	34.2042	11.4014	10.347**	3.29	5.42
機 差 Error	15	16.5291	1.1019	—	—	—
總 和 Total	23	50.8505	—	—	—	—

由上第10表觀察，知處理間之F值呈極顯著，乃表示因不同之栽植距離，而其立木間之胸徑大小，確有極顯著之差異，茲再進行 Fisher 氏 T-test 於下：

表11 處理別14年生杉木林平均每木胸徑總生長量差異比較表

Tab. 11 Comparison of the differences of the average total increments in d.b.h. per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

處 理 別 Treatments of spacing	生 長 量 Increments (cm)	差 Differences	異	差異顯著標準值 L. S. D.
(c) 2.0m×2.0m	14.30	—	—	(1)5% = 1.29
(d) 2.0m×2.5m	13.68	0.62	—	(2)1% = 1.79
(b) 1.5m×2.0m	12.63	1.67*	1.05	—
(a) 1.5m×1.5m	11.15	2.85**	2.53**	1.48*

由上列第11表觀察，知各處理14年生林分平均每木之胸徑總生長量之差異情形。其中以 (c) 處理即 2.0m×2.0m. 中植距林分爲 14.30cm 示爲最大，(d) 處理次之，但與 (c) 處理之差異不顯著。

(b) 處理即 2.0m×1.5m. 密植距林分又次之，而以 (a) 處理即 1.5m×1.5m 之極密植距林分爲 11.15cm 示爲最小值。由此可知杉木在行株距較大之林分，其立木之胸徑生長即其肥大生長，確較在行株距較小之林分爲快速也。

B 樹高生長狀況 (Growth condition of tree height):

(a) 處理別14年生林分各樹高階之株數組成狀態 (Composition status of number of trees on each height class of the 14-year-old stands by the different treatments): 一茲爲欲明瞭各處理林分於14年生時各樹高階之株數組成狀態及其平均值，變異情形，乃將其統計結果分列如下兩表：

表12 處理別14年生林分各樹高階之株數分佈一覽表(公尺)
 Tab. 12 Frequencies of number of trees distributed on height classes in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (M.)

處理別 株數 樹高階	(a) 1.5m×1.5m		(b) 1.5m×2.0m		(c) 2.0m×2.0m		(d) 2.0m×2.5m	
	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage
5.5	—	—	6	0.59	—	—	—	—
6.0	12	0.91	12	1.18	2	0.22	—	—
6.5	12	0.91	6	0.59	—	—	—	—
7.0	22	1.67	3	0.29	2	0.22	—	—
7.5	54	4.11	10	0.98	6	0.66	—	—
8.0	51	3.88	18	1.76	8	0.88	1	0.11
8.5	69	5.26	18	1.76	7	0.77	2	0.23
9.0	49	3.73	38	3.72	1	0.11	7	0.79
9.5	101	7.69	5	0.49	—	—	7	0.79
10.0	112	8.53	20	1.96	16	1.76	21	2.38
10.5	140	10.66	8	0.78	19	2.09	7	0.79
11.0	114	8.68	34	3.33	11	0.11	27	3.06
11.5	127	9.67	71	6.95	25	2.75	49	5.55
12.0	168	12.80	86	8.42	5	0.55	41	4.64
12.5	93	7.08	8	0.78	37	4.09	56	6.34
13.0	72	5.48	72	7.05	52	5.75	54	6.11
13.5	47	3.58	194	19.00	4	0.44	75	8.49
14.0	41	3.12	102	9.99	68	7.52	168	19.03
14.5	13	0.99	93	9.11	75	8.29	76	8.60
15.0	8	0.61	95	9.30	83	9.17	78	8.83
15.5	2	0.15	39	3.82	84	9.28	82	9.29
16.0	5	0.38	51	4.99	77	8.51	46	5.21
16.5	1	0.08	12	1.18	89	9.83	32	3.62
17.0	—	—	12	1.18	101	11.16	32	3.62
17.5	—	—	3	0.29	63	6.96	10	1.11
18.0	—	—	3	0.29	32	3.52	10	1.11
18.5	—	—	1	0.10	27	2.97	2	0.23
19.0	—	—	1	0.10	11	1.21	—	—
19.5	—	—	—	—	9	0.99	—	—
20.0	—	—	—	—	1	0.11	—	—
合計 Total	1313	100.00	1021	100.00	905	100.00	883	100.00

表13 處理別14年生林分樹高平均值及其變異情形一覽表 (公尺)

Tab. 13 Average of height and its variatonin in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (m)

項 目 Items 栽植距離別 Spacing	分佈範圍 Range	衆 數 Mode	平 均 值 Arithmetic mean	標 準 偏 差 Standard deviation	變 異 係 數 Coefficient of variation (%)	偏斜度 Skewness (%)	曲線分 佈形態 Shape of curves
(a) 1.5m×1.5m	6.0~16.5	12.0	10.79±0.036	1.92±0.025	17.74±0.241	-62.98	向左偏斜
(b) 1.5m×2.0m	5.5~19.0	13.5	13.05±0.050	2.37±0.035	18.16±0.280	-18.82	略向左偏斜
(c) 2.0m×2.0m	6.0~20.0	17.0	15.14±0.053	2.38±0.038	15.73±0.256	-77.81	向左偏斜
(d) 2.0m×2.5m	8.0~18.5	14.0	13.93±0.042	1.85±0.030	13.28±0.217	- 3.79	略向左偏斜

由上表第12表觀察，可知各處理林分之立木株數出現在各樹高階之分佈情形。再就第13觀察，茲先就其分佈範圍，衆數及平均值言之，以 (a) 處理即 1.5m×1.5m 之極密植林分爲最狹，其平均樹高爲10.79m示爲最小值。而以 (c) 處理即 2.0m×2.0m 之中植距林分爲最寬，其平均樹高爲 15.14m 示爲最大值。(b) 和 (d) 兩處理相差無多，係介兩者之間。再就其變異係數言之，係以 (b) 處理即疏植林分爲13.28%示爲最小，(c)處理林分爲15.73%次之。(a) 和 (b) 兩處理分別爲 17.74%和 18.16%，可知 (d) 和 (c) 兩處理即較疏植林分，其樹高分佈變異，較 (a) 和 (b) 兩處理即較密植林分爲略小。亦即示杉木在較疏植之林分，立木間之樹高生長，較爲均勻整齊。

(b) 處理別14年生林分平均每木樹高總生長量差異之比較 (Comparison of the differences of total increments of tree height per tree of the 14-year-old stands by the different treatments) :一茲將所計算之各表，依次分列如下：

表14. 各處理14年生杉木林平均每木樹高總生長量表 (公尺)

Tab. 14 Average total increments in height per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (m.)

區 集 Block 林距距離別 造Spacing	I	II	III	IV	V	VI	總 數 Total	平 均 Mean
(a) 1.5m×1.5m	10.45	10.26	10.55	11.17	10.87	12.01	65.31	10.88
(b) 1.5m×2.0m	13.21	12.89	13.00	13.28	13.12	12.51	78.01	13.00
(c) 2.0m×2.0m	14.55	15.34	15.37	15.11	15.41	14.00	89.78	14.96
(d) 2.0m×2.5m	14.49	14.25	13.97	13.69	13.53	13.62	83.65	13.94
總 數 Total	52.70	52.84	52.89	53.25	52.93	52.14	316.75	

依據上表資料，進行簡單變方分析列如下表：

表15. 處理別14年生杉木林平均每木樹高總生長量之變方分析表

Tab. 15 Analysis of variance of average total increments in height per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變 因 Variance	自 由 度 Degrees of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean square	F 值 Observed F value	理 論 F 值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
區 集 間 Block	5	0.1686	—	—	—	—
處 理 間 Treatments	3	54.3477	18.1159	57.9338**	3.29	5.42
機 差 Error	13	4.6913	0.3127	—	—	—
總 計 Total	23	59.2076	—	—	—	—

由上第15表觀察，知處理間之F值呈極顯著，此乃表示因不同之栽植距離，各處理林分平均每木之樹高總生長量，確有極顯著之差異，茲再進行 Fisher 氏 T-test 於下：

表16. 處理別14年生杉木林平均每木樹高總生長量之差異比較表

Tab. 16 Comparison of the differences of the average total increments in height per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

處 理 別 Treatments of spacing	生長量(公尺) Increments (m.)	差 異 Differences			差異顯著標準值 L. S. D.
(c) 2.0m × 2.0m	14.96	—	—	—	(1) 5% = 0.69
(d) 2.0m × 2.5m	13.94	1.02*	—	—	(2) 1% = 0.95
(b) 1.5m × 2.0m	13.00	1.96**	0.94*	—	
(a) 1.5m × 1.5m	10.88	4.08**	3.06**	2.12**	

由上列第16表觀察，知各處理 14 年生林分平均每木之樹高總生長量之差異比較情形。其中仍以 (c) 處理即 2.0m × 2.0m 中植距林分爲14.96公尺，示爲最大，(d) 處理即 2.5m × 2.0m 疏植距林分爲13.94公尺次之；(b) 處理林分爲13.0 公尺又次之；而以 (a) 處理即 1.5m × 1.5m 極密植距林分爲10.88 公尺，列爲最小。上列四個植距處理其互相間之差異均極顯著，示此四個不同栽植距離之林分，其平均每木之樹高總生長量，確有極顯著之差別。

C 枝下高生長狀況 (Growth condition of the clear-length) :

(a) 處理別14年生林分各枝下階之株數組成狀態 (Composition status of the number of trees on each clear-length class of the 14-year-old stands by the different treatments) : 一茲爲欲明瞭各處理14年生林分各枝下高階之株數組成狀態，平均值及其變異情形，乃就其統計結果，分列如下兩表。

表17. 處理別14年生林分各枝下高階之株數分佈一覽表 (公尺)
 Tab. 17 Frequencies of number of trees distributed on clear-length classes in
 each of the 14-year-old stands treated with different spacings (M.)

植 距 別 株 數 枝下 高階	(a) 1.5m×1.5m		(b) 1.5m×2.0m		(c) 2.0m×2.0m		(d) 2.0m×2.5m	
	株 數 Number of trees	百分率(%) Percenta- ge	株 數 Number of trees	百分率(%) Percenta- ge	株 數 Number of trees	百分率(%) Percenta- ge	株 數 Number of trees	百分率(%) Percenta- ge
3.7	—	—	—	—	—	—	2	0.32
4.0	3	0.40	1	0.14	—	—	1	0.16
4.3	4	0.54	1	0.14	—	—	—	—
4.6	2	0.27	1	0.14	—	—	4	0.64
4.9	9	1.21	4	0.57	1	0.21	11	1.76
5.2	9	1.21	1	0.14	—	—	6	0.96
5.5	18	2.43	5	0.71	—	—	16	2.56
5.8	5	0.68	3	0.42	—	—	5	0.80
6.1	49	6.48	11	1.56	1	0.21	17	2.72
6.4	36	4.85	12	1.71	1	0.21	17	2.72
6.7	52	6.88	32	4.54	3	0.63	24	3.84
7.0	123	16.85	64	9.08	9	1.89	72	11.50
7.3	66	8.89	47	6.70	9	1.89	51	8.13
7.6	65	8.76	67	9.56	16	3.36	48	7.67
7.9	106	14.28	81	11.55	24	5.04	73	11.66
8.2	33	4.45	47	6.70	13	2.73	43	6.86
8.5	54	7.14	96	13.69	52	10.92	66	10.54
8.8	10	1.32	20	2.85	13	2.73	13	2.08
9.1	50	6.62	90	12.84	70	14.71	48	7.67
9.4	18	2.43	43	6.13	41	8.61	31	4.95
9.7	8	1.06	15	2.12	25	5.25	22	3.52
10.0	13	1.75	23	3.26	50	10.50	26	4.16
10.3	3	0.40	13	1.84	17	3.57	11	1.76
10.6	3	0.40	12	1.71	16	3.36	4	0.64
10.9	1	0.13	5	0.71	53	11.13	9	1.44
11.2	—	—	2	0.28	22	4.62	2	0.32
11.5	—	—	3	0.42	26	5.46	1	0.16
11.8	—	—	—	—	1	0.21	—	—
12.1	—	—	1	0.14	8	1.68	3	0.48
12.4	—	—	1	0.14	2	0.42	—	—
12.7	—	—	—	—	—	—	—	—
13.0	—	—	—	—	3	0.63	—	—
合 計 Total	742	100.00	701	100.00	476	100.00	626	100.00

表18. 處理別14年生林分枝下高平均值及其變異情形一覽表 (公尺)

Tab. 18 Average of the clear-length and its variation in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (m.)

項 目 Items 栽植距離 Spacing	分佈範圍 Range	衆 數 Mode	平 均 值 Arithmetic mean	標準偏差 Standard deviation	變異係數 Coefficient of variation (%)	偏斜度 Skewness (%)	曲線分佈形態 Shape of curves
(a) 1.5m×1.5m	4.0~10.9	7.0	7.47±0.028	1.15±0.020	15.36±0.276	+41.35	向右偏斜
(b) 1.5m×2.0m	4.0~12.4	8.5	8.21±0.030	1.18±0.021	14.40±0.265	-24.66	向左偏斜
(c) 2.0m×2.0m	4.9~13.0	9.1	9.55±0.040	1.30±0.028	13.60±0.303	+34.60	向右偏斜
(d) 2.0m×2.5m	3.7~12.1	7.9	7.95±0.037	1.37±0.026	17.28±0.338	+3.63	略向右偏斜

由上表第17表觀察，可知各處理林分之立木株數出現在各枝下高階之分佈情形。茲再就第18表觀之，知各處理林木之枝下高分佈範圍，係以(c)處理林分爲最大，(a)處理林分爲最小。再就其衆數及平均值觀之，知以(c)處理林分9.55公尺，列爲最長，(a)處理林分爲7.47公尺爲最短，其餘兩處理次之。由此可知從(c)處理即中植林分平均每木所產生光滑無癭之幹材最長。次就各處理之變異係數觀之，係以(c)處理即2.0m×2.0m之中植距林分爲13.60%示爲最小，(d)處理即2.5m×2.0m之疏植距林分爲17.28%示爲最大，(b)和(a)兩處理之密植距林分介於兩者之間。可知(c)處理林分每木之枝下高高低較爲整齊。而在(d)處理林分則反是。各處理之偏斜度多數呈正向偏斜之非對稱曲線。

(b) 處理別14年生林分平均每木之枝下高高低差異之比較 (Comparison of the differences of size of the clear-length per tree of the 14-year-old stands by the different treatments) : ——茲將所統計之各表，依次分列如下：

表19. 各處理14年生杉木林分平均每木之枝下高表

Tab. 19 Average total length of clear bole per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

區 集 Block 造林距離 Spacing	I	II	III	IV	V	VI	總 數 Total	平 均 Mean
(a) 1.5m×1.5m	6.66	6.53	7.43	6.61	8.82	7.80	43.85	7.31
(b) 1.5m×2.0m	7.93	8.03	8.46	8.96	8.63	7.57	49.58	7.10
(c) 2.0m×2.0m	8.92	10.36	9.06	10.49	8.62	9.35	56.80	9.46
(d) 2.0m×2.5m	8.14	8.36	8.90	8.73	6.82	6.77	47.72	7.95
總 數 Total	31.56	33.28	33.85	34.79	32.89	31.49	197.95	—

依據上表資料，進行簡易變方分析，列如下表：

表20. 處理別14年生杉木林分平均每木之枝下高變方分析表

Tab. 20 Analysis of variance of average total length of clear bole per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變 因 Variance	自 由 度 Degrees of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean square	F 值 Observed F-value	理 論 F 值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
區 集 間 Blocks	5	2.0298	—	—	—	—
處 理 間 Treatments	3	14.7311	4.6827	6.534 ^{**}	3.29	5.42
機 差 Error	25	10.7547	0.7170	—	—	—
總 計 Total	23	27.5156	—	—	—	—

由上第20表觀察，知處理間之F值呈極顯著此乃表示因不同之栽植距離，各處理林分平均每木之枝下高之高低，確有極顯著之差異，茲再進行 Fisher 氏 T-test 於下：

表21. 處理別14年生杉木林分平均每木之枝下高之差異比較表

Tab. 21 Comparison of the differences of the average total length of clear bole per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

處 理 別 Treatments of spacing	枝 下 高 Length of clear bole	差 異 Differences			差異顯著標準值 L. S. D.
(c) 2.0m×2.0m	9.46				(1)5%=1.04
(b) 1.5m×2.0m	8.26	1.20*			(2)1%=1.44
(d) 2.0m×2.5m	7.95	1.51**	0.31		
(a) 1.5m×1.5m	7.31	2.15**	0.95	0.46	

由上列第21表觀察，知各處理14年生林分平均每木枝下高高低差異之比較情形。其中僅以 (c) 處理即 2.0m×2.0m 之中植距林分，分別與其他三個處理之差異，均呈極顯著，其餘則否。由此可知 (c) 處理林分平均每木之枝下高即樹幹光滑部份，列為最長，示其形質生長最為良好。

D. 樹冠幅生長狀況 (Growth condition of width of crown) :

(a) 處理別14年生林分各樹冠幅階之株數組成狀態 (Composition status of the number of trees on each width of crown class of the 14-year-old stands by the different treatments) : ——茲欲明瞭各處理14年生林分各樹冠幅階之株數組成狀態，平均值及其分佈變異情形，乃將統計結果分列如下兩表：

表22. 植距處理別14年生杉木林分各樹冠幅之株數分佈一覽表 (公尺)

Tab. 22 Frequencies of number of trees distributed on width of crown classes in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (M.)

處理別 Treatment 樹冠幅 株數	(a) 1.5m × 1.5m		(b) 1.5m × 2.0m		(c) 2.0m × 2.0m		(d) 2.0m × 2.5m	
	株數 Number of trees	百分率(%) Percentage	株數 Number of trees	百分率(%) Percentage	株數 Number of trees	百分率(%) Percentage	株數 Number of trees	百分率(%) Percentage
0.8	1	0.11	3	0.38	—	—	1	0.14
1.0	31	3.53	17	2.16	8	1.34	4	0.55
1.2	39	4.45	23	2.92	18	3.02	6	0.82
1.4	66	7.53	38	4.83	24	4.03	19	2.60
1.6	128	14.60	94	11.94	49	8.24	50	6.83
1.8	110	12.54	120	15.25	56	9.41	71	9.70
2.0	108	12.31	134	17.03	86	14.45	107	14.62
2.2	114	13.00	75	9.53	54	9.08	78	10.66
2.4	89	10.15	73	9.28	90	15.13	82	11.20
2.6	77	8.78	68	8.64	67	11.26	111	15.16
2.8	45	5.13	42	5.34	57	9.58	77	10.52
3.0	36	4.10	34	4.32	31	5.21	48	6.56
3.2	18	2.05	26	3.30	14	2.35	23	3.14
3.4	8	0.91	21	2.67	17	2.86	15	2.05
3.6	2	0.22	7	0.89	12	2.02	15	2.05
3.8	3	0.33	8	1.02	4	0.67	7	0.96
4.0	2	0.22	2	0.25	4	0.67	15	2.05
4.2	—	—	2	0.25	3	0.50	2	0.27
4.4	—	—	—	—	1	0.17	1	0.14
合計 Total	877	100.00	787	100.00	595	100.00	732	100.00

表23. 處理別14年生林分樹冠幅平均值及其變異情形一覽表(公尺)

Tab. 23 Average of width of crown and its variation of distribution in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (m.)

項 目 Items 栽植處理 Spacing	分佈範圍 Range	衆 數 Mode	平 均 值 Arithmetic mean	標準偏差 Standard deviation	變異係數 Coefficient of variation (%)	偏斜度 Skewness (%)	曲線分佈形態 Shape of curves
(a) 1.5m×1.5m	0.8~4.0	2.2	2.05±0.013	0.56±0.009	27.51±0.476	- 26.18	向左偏斜
(b) 1.5m×2.0m	0.8~4.2	2.0	2.16±0.015	0.61±0.010	28.15±0.515	+ 25.90	向右偏斜
(c) 2.0m×2.0m	1.0~4.4	2.4	2.30±0.017	0.62±0.012	26.72±0.557	- 15.84	向左偏斜
(d) 2.0m×2.5m	0.8~4.4	2.6	2.40±0.015	0.60±0.010	25.04±0.468	- 33.73	向左偏斜

由上列第22表觀察，可知各處理林分之立木株數出現在各樹冠幅階之分佈情形。茲再就第23表觀察，知各處理樹冠幅之分佈範圍知均在0.8~4.4之間，相差不大。再就其平均值觀之，係以(a)處理為2.05公尺示為最小，(d)處理為2.40公尺示為最大。(b)、(c)兩處理介在兩者之間。可知各處理林分平均每木之樹冠幅度與其栽植距離成正比之關係。次就變異係數值觀之，示以(d)、(c)兩處理即較疏植之林分為較小，而(a)、(b)兩處理即較密林分為較大。知前兩者之樹冠幅分佈變異較後兩者為小。各處理之分佈曲線之偏斜度除(b)處理為正符號外，其餘多數為負符號，示多數為向左偏斜之非對稱曲線。

(b) 處理別14年生林分平均每木之樹冠幅寬狹差異之比較(Comparison of the differences of Size of width of crown per tree of the 14-year-old stands by the different treatments)：——茲將所統計之各表，依次分列如下：

表24. 植距處理別14年生杉木林分平均每木樹冠幅總生長表

Tab. 24 Average total increments in width of crown per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

區 集 Block 造林距離 Spacing	I	II	III	IV	V	VI	總 數 Total	平 均 Mean
(a) 1.5m×1.5m	1.91	1.94	2.16	1.92	1.68	2.18	11.79	1.96
(b) 1.5m×2.0m	2.58	2.00	2.15	1.80	2.03	2.74	13.30	2.22
(c) 2.0m×2.0m	2.13	2.08	2.78	1.96	2.58	2.43	13.96	2.33
(d) 2.0m×2.5m	2.76	2.53	2.37	2.20	2.31	2.79	14.96	2.49
總 數 Total	9.38	8.55	9.46	7.88	8.60	10.14	54.01	—

依據上表資料，進行簡單的變方分析，列如下表：

表25. 植距處理別14年生杉木林分平均每木之樹冠幅總生長量之變方分析表

Tab. 25 Analysis of variance of average total increments of width of crown per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變 因 Variance	自 由 度 Degrees of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean square	F 值 Observed F-value	理 論 F 值 Theoretical F-value	
					5 %	1 %
區 集 間 Blocks	5	0.8184	—	—	—	—
處 理 間 Treatments	3	0.8850	0.2950	5.34*	3.29	5.42
機 差 Error	15	0.8276	0.0552	—	—	—
總 計 Total	23	2.5310	—	—	—	—

由上第25表分析結果，知處理間之F 值顯著，乃表示各處理林分平均每木之樹冠幅，確有顯著之差異，乃再進行 Fisher 氏 T-test 於下：

表26. 植距處理別14年生杉木林平均每木之樹冠幅總生長量之差異比較

Tab. 26 Comparison of the differences of the average total increments of width of crown per tree in each of the 14-year-old stands

處 理 別 Treatments	樹 冠 幅 Width of crown (m.)	差 異 Differences			差異顯著標準值 L. S. D.
(d) 2.5m × 2.0m	2.49	—	—	—	(1) 5% = 0.2877
(c) 2.0m × 2.0m	2.33	0.16	—	—	(2) 1% = 0.3978
(b) 2.0m × 1.5m	2.22	0.27	0.11	—	
(a) 1.5m × 1.5m	1.96	0.53**	0.37*	0.26	

由上列第26表觀察，知各處理平均每木樹冠幅生長量之差異情形，其中示 (d)、(c) 和 (b) 等處理林分每木之樹冠幅度大小相差並不顯著，(b) 和 (a) 兩者之差異亦不顯著，然 (d)、(c) 兩處理分別與 (a) 處理之差異則呈極顯著之差異，故知 (a) 處理即極密植林分每木之樹冠幅確屬最狹。

(E) 胸高斷面積生長狀況 (Growth condition of basal area)

(a) 處理別14年生各斷面積階之株數組成狀態 (Composition status of the number of trees on each basal area class of the 14-year-old stands by the different treatments):—
茲欲明瞭各處理14年生林分各斷面積階之株數組成狀態，平均值及其分佈變異情形，乃將統計結果，分列如下兩表：

表27 植距處理別14年生杉木林分各斷面積階之株數分佈一覽表 (平方公尺)

Tab. 27 Frequencies of number of trees distributed on various basal area classes in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (M²)

斷面 積階 B.a. 階	植距別 Spacings 株數 Trees	(a) 1.5m×1.5m		(b) 1.5m×2.0m		(c) 2.0m×2.0m		(d) 2.0m×2.5m	
		株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage
0.0025		145	11.04	74	7.23	27	2.98	38	4.29
0.0050		264	20.11	114	11.13	65	7.17	89	10.05
0.0075		236	17.97	142	13.87	80	8.82	84	9.48
0.0100		198	15.08	113	11.04	106	11.69	90	10.16
0.0125		154	11.73	153	14.94	105	11.58	105	11.85
0.0150		127	9.67	101	9.86	89	9.81	108	12.19
0.0175		72	5.48	108	10.55	103	11.36	98	11.06
0.0200		44	3.35	54	5.27	79	8.71	65	7.34
0.0225		42	3.20	35	3.42	64	7.06	50	5.64
0.0250		13	0.99	50	4.88	40	4.41	41	4.63
0.0275		7	0.53	25	2.44	39	4.30	35	3.95
0.0300		7	0.53	17	1.66	31	3.42	28	3.16
0.0325		1	0.08	17	1.66	23	2.54	18	2.03
0.0350		1	0.08	4	0.39	21	2.32	14	1.58
0.0375		1	0.08	6	0.59	16	1.76	12	1.35
0.0400		—	—	5	0.49	4	0.44	3	0.34
0.0425		1	0.08	2	0.19	5	0.55	3	0.34
0.0450		—	—	1	0.10	2	0.22	1	0.11
0.0475		—	—	2	0.19	2	0.22	—	—
0.0500		—	—	—	—	2	0.22	2	0.23
0.0525		—	—	—	—	2	0.22	—	—
0.0550		—	—	1	0.10	1	0.11	1	0.11
0.0575		—	—	—	—	1	0.11	1	0.11
合計 Total		1,313	100.00	1,024	100.00	907	100.00	886	100.00

表28 處理別14年生杉木林分斷面積平均值及其變異情形一覽表 (單位: 平方公尺)

Tab. 28 Average of basal area and its variation of distribution in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (Unit: m²)

項目 Items 植距別 Spacing	分佈範圍 Range	衆數 Mode	平均值 Arithmetic mean	標準偏差 Standard deviation	變異係數 Coefficient of variation (%)	偏斜度 Skewness (%)	曲線分佈形態 shape of curves
(a) 1.5m × 1.5m	0.0025-0.0425	0.0075	0.0107 ± 0.0001	0.0056 ± 0.00007	52.48 ± 0.859	+ 57.14	向右偏斜
(b) 1.5m × 2.0m	0.0025-0.0550	0.0125	0.0137 ± 0.0002	0.0081 ± 0.00012	59.60 ± 1.161	+ 13.58	略向右偏斜
(c) 2.0m × 2.0m	0.0025-0.0575	0.0100	0.0171 ± 0.0007	0.0030 ± 0.0005	17.44 ± 0.735	+ 235.66	強向右偏斜
(d) 2.0m × 2.5m	0.0025-0.0575	0.0150	0.0158 ± 0.0002	0.0089 ± 0.00014	56.61 ± 1.159	+ 9.00	略向右偏斜

由上列第27表觀察, 可知各處理林分立木株數出現在各斷面積階之分佈情形。再由第28表觀察, 知其分佈範圍係以 (a) 處理林分最狹, (c)、(d) 兩處理林分同為最廣, (b) 處理介在兩者之間。可知植距較大之林分, 斷面積大的立木株數較多。次就其平均值言之, (c) 處理即 2.0m × 2.0m 之中植距林分為 0.0171m², 示為最大, (d) 處理即 2.5m × 2.0m 之疏植距林分為 0.0158m² 次之, (b) 和 (a) 兩處理依次為最小。再就變異係數項觀之, 示以 (c) 處理林分為 17.44%, 列為最小, 其他三個處理同為較大, 可知 (c) 處理林分之立木斷面積分佈變異, 示為最小, 即其立木間之斷面積大小較為整齊。最後就其分佈曲線之偏斜度觀之, 知各處理均呈正符號, 示均為向右偏斜之非對稱曲線。惟 (c) 處理林分之分佈曲線則呈強向右偏斜形狀。

(b) 處理別14年生杉木林分平均每木之斷面積總生長量之差異比較 (Comparison of the differences of total increments of basal area per tree in each of the 14-year-old stands by the different treatments): ——茲將所統計之各表, 依次分列如下:

表29 各處理14年生杉木林分平均每木斷面積總生長量表

Tab. 29 Average total increments in basal area per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

區集 Block 造林距離 Spacing	I	II	III	IV	V	VI	總數 Total	平均 Mean
(a) 1.5m × 1.5m	0.0084	0.0085	0.0091	0.0115	0.0100	0.0145	0.0620	0.0103
(b) 1.5m × 2.0m	0.0139	0.0123	0.0130	0.0145	0.0148	0.0123	0.0808	0.0135
(c) 2.0m × 2.0m	0.0148	0.0190	0.0192	0.0164	0.0179	0.0153	0.1026	0.0171
(d) 2.0m × 2.5m	0.0190	0.0184	0.0153	0.0143	0.0136	0.0140	0.0946	0.0158
總數 Total	0.0561	0.0582	0.0566	0.0567	0.0563	0.0561	0.3400	

依據上表資料, 進行簡易變方分析如下:

表30 處理別14年生杉木林分平均每木斷面積總生長量之變方分析表

Tab. 30 Analysis of variance of average total increments in basal area per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變因 Variance	自由度 Degrees of freedom	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 Observed F value	理論 F 值 Theoretical F value	
					5 %	1 %
區集間 Blocks	5	0.000001				
處理間 Treatments	3	0.000159	0.000053	10.6**	3.29	5.42
機差 Error	15	0.000076	0.000005			
總計 Total	23	0.000236				

由上列第30表觀察，知處理間之 F 值呈極顯著，乃表示因不同之栽植距離，各處理林分平均每木之斷面積總生長量，確有極顯著之差異，茲再進行 Fisher 氏 T-test 於下：

表31 處理別14年生杉木林分平均每木斷面積總生長量之差異比較

Tab. 31 Comparison of the differences of the average total increments in basal area per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

處理別 Treatments of spacing	生長量 Increments (m ²)	差異 Differences		差異顯著標準值 L. S. D.
(c) 2.0m × 2.0m	0.0171			(1) 5% = 0.0027
(d) 2.0m × 2.5m	0.0159	0.0013		(2) 1% = 0.0038
(b) 1.5m × 2.0m	0.0135	0.0036*	0.0023	
(a) 1.5m × 1.5m	0.0103	0.0068**	0.0055**	0.0032*

由上列第31表觀察，知各處理14年生林分平均每木之斷面積總生長量之差異比較情形。其中仍以(c)處理林分為 0.0171m²，列為最大，(a)處理林分為 0.0103m² 列為最小，而以上列三個處理比較，均呈極顯著或顯著，知(a)處理即極密植距林分之斷面積生長量，最為惡劣。

(F) 材積生長狀況 (Growth condition of tree volume) :

(a) 處理別14年生各材積階之株數組成狀態 (Composition status of the number of trees on each tree volume class in each of the 14-year-old stands by the different treatments) : ——茲為欲明瞭各處理14年生林分各材積階之株數組成狀況，各處理別之平均值，以及其變異情形，乃就其統計結果，分列如下兩表：

表32 處理別14年生杉木林分各材積階之株數分佈一覽表 (立方公尺)

Tab. 32 Frequencies of number of trees distributed on various volume classes in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (m³)

植距別 Spacing 株數 Trees V.c. 別	(a) 1.5m×1.5m		(b) 1.5m×2.0m		(c) 2.0m×2.0m		(d) 2.0m×2.5m	
	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage	株數 Number of trees	百分率 (%) Percentage
0.0096	215	16.37	107	10.48	35	3.84	44	4.97
0.0341	345	26.28	135	13.22	79	8.66	111	12.53
0.0586	288	21.93	166	16.26	97	10.64	106	11.97
0.0831	189	14.39	151	14.79	117	12.83	116	13.11
0.1076	117	8.91	130	12.73	93	10.20	118	13.33
0.1321	70	5.33	112	10.97	94	10.31	105	11.86
0.1566	39	2.97	59	5.78	91	9.98	73	8.25
0.1811	28	2.13	36	3.53	70	7.68	48	5.42
0.2056	3	0.23	44	4.31	55	6.03	42	4.75
0.2301	13	0.99	24	2.35	41	4.50	29	3.28
0.2546	3	0.23	17	1.67	24	2.63	27	3.05
0.2791	2	0.15	16	1.57	31	3.40	21	2.37
0.3036	—	—	6	0.59	21	2.30	17	1.92
0.3281	—	—	3	0.29	25	2.74	11	1.24
0.3526	—	—	4	0.39	7	0.77	6	0.68
0.3771	1	0.08	4	0.39	15	1.64	2	0.23
0.4016	—	—	3	0.29	2	0.22	2	0.23
0.4261	—	—	2	0.20	5	0.55	2	0.23
0.4506	—	—	1	0.10	1	0.11	—	—
0.4751	—	—	—	—	2	0.22	2	0.23
0.4996	—	—	—	—	1	0.11	2	0.23
0.5241	—	—	1	0.10	3	0.33	—	—
0.5486	—	—	—	—	3	0.33	1	0.11
合計 Total	1,313	100.00	1,021	100.00	912	100.00	885	100.00

表33 處理別14年生林分材積平均值及其變異情形一覽表 (單位: 立方公尺)

Tab. 33 Average of volume and its variation of distribution in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (Unit: m³)

項目 Items	分佈範圍 Range	衆數 Mode	平均值 Arithmetic mean	標準偏差 Standard deviation	變異係數 Coefficient of variation (%)	偏斜度 Skewness (%)	曲線分佈 形態 Shape of curves
栽植距離 Spacing							
(a) 1.5m×1.5m	0.0096-0.3771	0.0586	0.0683±0.0009	0.0472±0.0006	69.19±1.273	+20.46	向右偏斜

(b) 1.5m×2.0m	0.0096-0.5241	0.0586	0.0998±0.0016	0.0775±0.0012	77.67±1.719	+53.13	向右偏斜
(c) 2.0m×2.0m	0.0096-0.5486	0.0831	0.1470±0.0022	0.0979±0.0015	66.59±1.444	+65.26	向右偏斜
(d) 2.0m×2.5m	0.0096-0.5486	0.1076	0.1250±0.0019	0.0854±0.0014	68.36±1.520	+20.32	向右偏斜

由上列第32表觀察，可知各處理林分立木株數出現在各材積階之分佈情形。再由第33表觀察，知其分佈範圍係以（a）處理林分為最小，（c）和（d）兩處理林分同為最大，其平均值亦以（c）處理林分為最大，其趨勢與上節斷面積項相類似。次就其變異係數觀之，知各處理之變異係數約在 66.59~77.67%之間，相差不大，就中以（c）處理林分為較小，可知該林分立木材積大小之分佈較在其他處理者為均勻。最後就其偏斜度觀之，知各處理之偏斜度均呈正符號，示其曲線分佈均呈向右偏斜。惟（c）處理偏斜之程度較其他處理略強。

（b）處理別14年生林分平均每木之材積總生長量差異之比較（Comparison of the differences of total increments of volume per tree in each of the 14-year-old stands by the different treatments）：——茲將所統計之各表，依次分列如下：

表34 各處理14年生杉木林分平均每木材積總生長量表

Tab. 34 Average total increments in volume per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

區集 Block 造林距離別 Spacing	I	II	III	IV	V	VI	總數 Total	平均 Mean
(a) 1.5m×1.5m	0.0507	0.0554	0.0585	0.0755	0.0640	0.1014	0.4055	0.0676
(b) 1.5m×2.0m	0.1117	0.0904	0.0981	0.1381	0.1184	0.0942	0.6509	0.1085
(c) 2.0m×2.0m	0.1264	0.1706	0.1418	0.1418	0.1554	0.1304	0.8664	0.1444
(d) 2.0m×2.5m	0.1561	0.1444	0.1230	0.1115	0.1063	0.1097	0.7510	0.1252
總數 Total	0.4449	0.4608	0.4214	0.4669	0.4441	0.4357	2.6738	

依據上表資料，進行簡易變方分析如下：

表35 處理別14年生杉木林平均每木材積總生長量之變方分析表

Tab. 35 Analysis of variance of average total increments in volume per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變異 Variance	因 Blocks	自由度 Degrees of freedom	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 Observed F value	理論 F 值 Theoretical F value	
						5 %	1 %
區集 Blocks	間	5	0.000343				
處理 Treatments	間	3	0.019242	0.006414	14.8817**	3.29	5.42
機 Error	差	15	0.006469	0.000431			
總 Total	計	23	0.026054				

由上列第35表分析結果觀之，知處理間之 F 值呈極顯著，乃表示各處理林分平均每木之材積總生長量，確有極顯著之差異。茲再進行 Fisher 氏 T-test 於下：

表36 處理別14年生杉木林分平均每木材積總生長量之差異比較表

Tab. 36 Comparison of the differences of the average total increments in volume per tree in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

處理別 Treatments of spacing	生長量 Increments (m ³)	差異 Differences			差異顯著標準值 L. S. D.
(c) 2.0m×2.0m	0.1444				(1) 5% = 0.0256
(d) 2.0m×2.5m	0.1252	0.0192			(2) 1% = 0.0354
(b) 1.5m×2.0m	0.1085	0.0359 ^{**}	0.0167 ^{**}		
(a) 1.5m×1.5m	0.0676	0.0768 ^{**}	0.0576 ^{**}	0.0409 ^{**}	

由上列第36表觀察，知各處理14年生林分平均每木之材積總生長量之差異比較情形。其中仍以(c)處理即植距為2.0m×2.0m之林分為0.1444m³，列為最大，(d)處理林分次之，但與(c)處理差異不顯著，示兩者之生長量同為最大；(b)處理林分次之，而以(a)處理即植距為1.5m×1.5m之極密植林分為0.0676m³列為最小，其比(c)處理林分約小一倍左右，且與上列三個處理比較之，均呈極顯著之差異。其趨勢與上節斷面積項相彷彿。

Ⅲ. 處理別14年生林分每區及每公頃斷面積及材積之總生長量 (Total increments of stands' basal area and stands' volume per plot and per ha. from the 14-year-old stands by the different treatments) :—

A. 林分斷面積總生長量 (Total increments of stands' basal area) :—為欲明瞭各處理別14年生之林分斷面積總生長量之差異情形，以及每處理林分各胸徑級立木之斷面積總生長量互相間之差別，乃統計各試區之林分斷面積總生長量及各胸徑級立木之斷面積總生長量，分述如下：

(a) 處理別各試區林分斷面積總生長量之比較 (Comparison of the differences of total increments of stands' basal area in various plots by the different treatments) :—茲將各試區14年生之林分斷面積總生長量列如第37表，並依據該表資料進行變方分析，列如第38表。並附處理別每公頃林分斷面積總生長量柱形比較圖，以資參閱。

表37 各試區之林分斷面積總生長量表 (單位：平方公尺)

Tab. 37 Total increments in basal area per plot and per ha. in different stands treated with different spacings (Unit: m²)

區集 Block 造林距離 Spacing	試區面積 Total area of plots	I	II	III	IV	V	VI	總數 Total	平均 Mean
(a) 1.5m×1.5m	0.06	2.120185	2.147445	2.386654	2.071261	2.402307	2.285204	13.413056	2.235509
	1.00	35.336402	35.790750	39.777166	34.321017	40.038450	38.086733	223.5505	37.2584
(b) 1.5m×2.0m	0.06	2.088308	2.671708	2.072437	2.370102	2.658662	2.223085	14.084302	2.347384
	1.00	34.638466	44.528466	34.540617	39.501700	44.311033	37.081416	234.5717	39.0953
(c) 2.0m×2.0m	0.06	2.607057	2.623553	2.542737	2.779295	2.722749	2.540067	15.815458	2.635910
	1.00	43.450950	43.725883	42.378950	46.321583	45.379150	42.334450	263.5910	44.4318
(d) 2.0m×2.5m	0.06	2.601018	2.641069	2.458545	2.401206	1.953000	2.075819	14.130657	2.355110
	1.00	47.350300	44.017816	40.975750	40.020100	32.580000	34.596983	235.5109	39.2518

註：表中下行數字表示每公頃之數值

表38 處理別14年生杉木林分平均每區斷面積總生長量之變方分析表

Tab. 38 Analysis of variance of average total increments in basal area per plot in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變因 Variance	自由度 Degrees of freedom	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	F 值 Observed F-value	理論 F 值 Theoretical F-value	
					5 %	1 %
區集間 Blocks	5	0.132173				
處理間 Treatments	3	0.523948	0.174649	3.40*	3.29	5.42
機械差 Error	15	0.771473	0.051432			
總計 Total	23	1.427594				

由上列第38表分析結果觀之，知處理間之F 值顯著，乃表示該14年生杉木林，在各處理間即在不同之栽植距離之林分斷面積總生長量，確有顯著之差異。茲再進行 Fisher 氏 T-test 於下：

表39 處理別14年生杉木林分平均每區斷面積總生長量之差異比較表

Tab. 39 Comparison of the differences of average total increments in basal area per plot in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

造林距離 Treatments of spacing	生長量 Increments (m ³)	差異 Differences	差異顯著標準值 L. S. D.
(c) 2.0m×2.0m	2.635910		(1) 5% = 0.2790
(d) 2.0m×2.5m	2.355110	0.28081	(2) 1% = 0.3859
(b) 1.5m×2.0m	2.347384	0.288526*	
(a) 1.5m×1.5m	2.235509	0.400401**	
		0.119601	0.111875

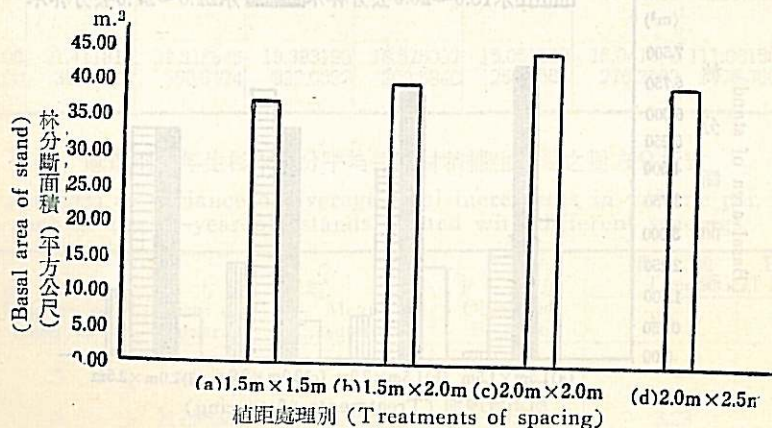


圖15. 各處理14年生林分每公頃斷面積總生長之比較

Fig. 15 Comparison of the total increments per ha. in basal area of the 14-year-old stands by various treatments of spacing

由上列第39表觀察，知不同栽植距離處理間之林分斷面積之差異情形。其中僅示（c）處理與其他三個處理之差異呈顯著及極顯著，其餘互相間之差異，則未至顯著之程度，可認為無差異。由此可知（c）即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 中植距處理之林分斷面積總生長量為最優良，其他三種植距處理同為較差，尤以（a）極密植距林分為最小。

（b）處理別立木在不同胸徑級之林分斷面積總生長量（Total increments of the stands' basal area from different stem classes of standing crops by the different treatments）：—茲將每處理14年生立木各胸徑級之林分斷面積總生長量，列如第40表，並依該表資料繪柱形比較圖，以資參閱比較。

表40 不同栽植距離14年生林分在不同胸徑階之斷面積總生長量分配表

Tab. 40 Total increments in basal area from different stem classes in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

植距別 Spa, 斷面積 B.a. 胸徑 級別 D.C. cm	(a) $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 林分 (a) Stand of $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$		(b) $1.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 林分 (b) Stand of $2.0\text{m} \times 1.5\text{m}$		(c) $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 林分 (c) Stand of $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$		(d) $2.0\text{m} \times 2.5\text{m}$ 林分 (d) Stand of $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$		備 註
	斷面積 Basal area	百分率(%) Percentage	斷面積 Basal area	百分率(%) Percentage	斷面積 Basal area	百分率(%) Percentage	斷面積 Basal area	百分率(%) Percentage	
4.0~10.0	3.412081	25.366	1.815464	12.890	0.954193	6.106	1.118992	7.918	每處理係 合6 小區，面 積為 0.36 ha,
11.0~15.0	7.278730	54.112	6.559699	46.577	5.652633	36.191	5.703694	40.363	
16.0~20.0	2.646079	19.671	4.639975	32.946	6.662843	42.658	5.617716	39.755	
21.0~27.0	0.114197	0.848	1.068164	7.584	2.349437	15.042	1.690255	11.961	
合計 Total	13.451069	100.00	14.083302	100.00	15.619106	100.00	14.130657	100.00	

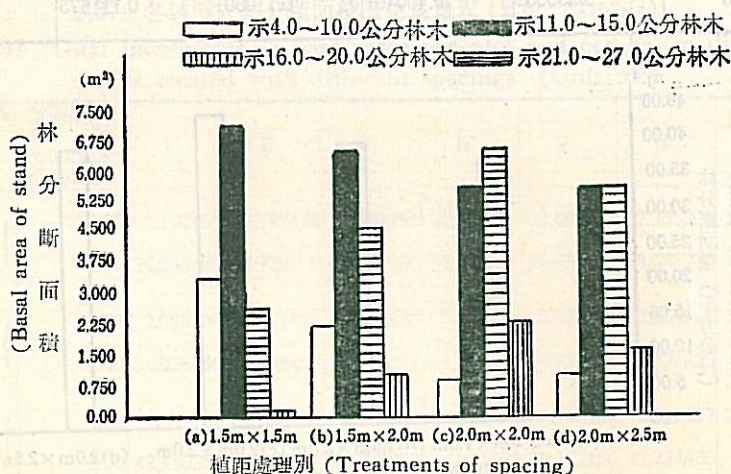


圖16. 各處理14年生林分斷面積分配在四個樹幹級之比較圖

Fig. 16 Comparison of the differences of stands' basal area distributed into the 4 stem classes of the 14-year-old stands by various treatments of spacing

由上列第40表及附圖16觀察，可知每處理14年生林分四個不同胸徑級之林分斷面積總生長量之分配情形。其中以(a)及(b)兩處理即植距較密之林分，在 4.0~10.0cm 及 11.0~15.0cm 兩胸徑級內之立木斷面積總生長量，佔各該處理全林分總量之60.0%~80.0%，知其大部份之斷面積係屬於小徑級之林木。然若(c)和(d)兩處理即植距較疏之林分，其情形恰與(a)和(b)兩處理相反，則其在 16.0~20.0cm 及 21.0~27.0cm 兩胸徑級內之立木斷面積總生長量，約佔各該處理全林分總量之52.0%~57.6%，知其大部份之斷面積則屬於大徑級之林木，尤以(c)處理林分爲然。由此可知(c)處理之林分斷面積總生長量不但爲最大，而且大徑木株數亦佔最多。

B. 林分材積總生長量 (Total increments of stands' volume)：——爲欲進一步明瞭各處理別14年生之林分材積總生長量之差異情形，以及每處理林分各胸徑級立木之材積總生長量互相間之差別，乃統計各試區之林分材積總生長量，以及各胸徑級立木之材積總生長量，分述如下：

(a) 處理別各試區林分材積總生長量之比較 (Comparison of the differences of total increments of stands' volume in various plots by the different treatments)：——茲將各試區14年生之林分材積總生長量，列如第41表，並依據該表資料，進行變方分析，列如第42表。並附處理別每公頃林分材積總生長量之柱形比較圖，以資參閱：

表41 各試區之林分材積總生長量表 (單位：立方公尺)

Tab. 41 Total increments in volume per plot and per ha. in different stands treated with different spacings (Unit: m³)

造林 距離 Spacing	區集 Block	試區面 積合計 Total area of Plots	I	II	III	IV	V	VI	總 數	平 均
									Total	Mean
(a) 1.5m × 1.5m	0.06 1.00	12.825290 213.7548	13.507214 225.1202	14.895184 248.2531	13.658744 227.6457	15.300994 255.0166	15.839579 263.9929	86.027005 1433.7833	14.337834 238.9639	
(b) 1.5m × 2.0m	0.06 1.00	15.979411 266.3235	19.800787 330.0131	15.88056 261.4676	18.335837 305.5966	20.842252 347.3709	16.662666 277.7111	107.309009 1788.4828	17.884834 298.0805	
(c) 2.0m × 2.0m	0.06 1.00	22.004297 366.7383	23.278790 387.9798	22.544482 375.7414	23.890.758 398.1793	23.786512 396.4419	21.385289 356.4215	136.890128 2281.5022	22.815021 380.2504	
(d) 2.0m × 2.5m	0.06 1.00	21.411818 356.8636	21.518845 358.6474	19.383198 323.0533	18.575037 309.5840	15.051323 250.8554	16.041376 276.3563	111.981597 1875.3600	18.663599 312.5600	

表42 處理別14年生杉木林分平均每區材積總生長量之變方分析表

Tab. 42 Analysis of variance of average total increments in volume per plot in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

變 因 Variance	自 由 度 Degrees of freedom	平 方 和 Sum of squares	均 方 Mean square	F 值 Observed F-value	理 論 F 值 Theoretical F-value	
					5%	1%
區 集 間 Blocks	5	9.862998	—	—	—	—
處 理 間 Treatments	3	217.955822	72.651841	17.90**	3.29	5.42
機 差 Error	15	60.886262	4.059084	—	—	—
總 計 Total	23	288.704782	—	—	—	—

由上列第42表分析結果觀之，知處理間之 F 值呈極顯著，乃表示該14年生木杉林，在各處理間即在不同之栽植距離之林分材積總生長量，確有極顯著之差異。茲再進行 Fisher 氏 T -test 於下：

表43 處理別14年生杉木林分平均每區材積總生長量之差異比較表

Tab. 43 Comparison of the differences of average total increments in volume per plot in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

造林距離 Treatments of spacing	生長量 Increments (m^3)	差異 Differences			差異顯著標準值 L. S. D.
(c) 2.0m×2.0m	22.815021	—	—	—	(1) 5% = 2.4788
(d) 2.0m×2.5m	18.663599	4.151422**	—	—	(2) 1% = 3.4279
(b) 1.5m×2.0m	17.884834	4.930187**	0.778765	—	
(a) 1.5m×1.5m	14.337834	8.477187**	4.325765**	3.547000**	

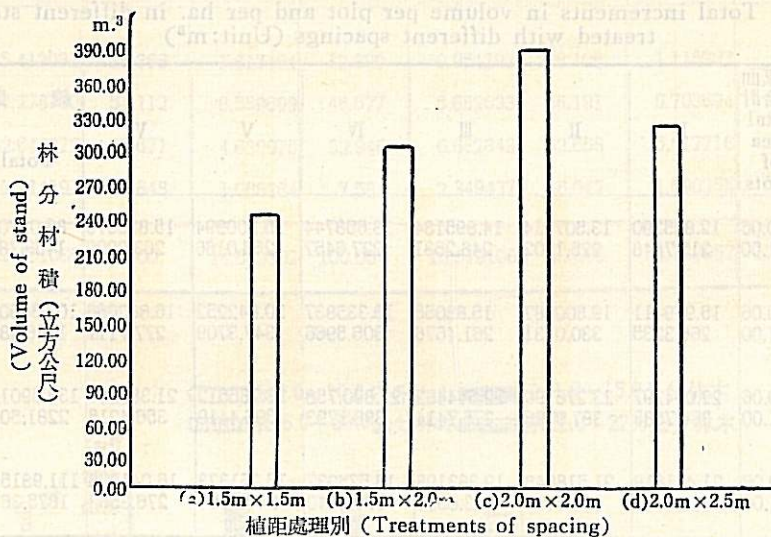


圖17 各處理14年生林分每公頃材積總生長量之比較圖

Fig. 17 Comparison of the total increments per ha. in volume of the 14-year-old stands by various treatments of spacing

由上列第43表觀察，知不同栽植處理間之林分材積之差異情形。其中示 (c) 處理即 2.0m×2.0m 之中植距林分列為最高，與其他三個處理之差異，均呈極顯著，(d) 和 (b) 兩處理之差異不顯著，同較 (c) 處理為小，而以 (a) 處理即極密植距林分，列為最小。故知 (c) 處理即栽植距離在 2.0m×2.0m 者，其林分材積總生長為最多，且木材之品質亦表示最為優良。

(b)處理別立木在不同胸徑級之林分材積總生長量 (Total increments of the stands' volume from different stem classes of standing crops by the different treatments) :——茲將每處理14年生立木各胸徑級之材積總生長量，列如第43表，並依該表資料，繪柱形比較圖，以資參閱比較。

表44 不同栽植距離林分在不同胸徑階之材積總生長量分配表

Tab. 44 Total increments in volume from different stem classes in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

胸徑 級別D.C.	植距別 SPa.	(a) 1.5m×1.5m株分 (a) stand of 1.5m ×1.5m		(b) 1.5m×2.0m株分 (b) stand of 1.5m ×2.0m		(c) 2.0m×2.0m株分 (c) stand of 2.0m ×2.0m		(d) 2.0m×2.5m株分 (d) stand of 2.0m ×2.5m	
	材 積 Volume	材 積 Volume	百分率(%) Percent- age	材 積 Volume	百分率(%) Percent- age	材 積 Volume	百分率(%) Percent- age	材 積 Volume	百分率(%) Percent- age
4.0~10.0	17.903303	20.811	10.913388	10.170	6.099222	4.456	7.024208	6.281	
11.0~15.0	47.355459	55.047	48.447381	45.148	45.391396	33.161	42.503626	38.005	
16.0~20.0	19.796694	23.012	38.335200	35.724	60.228573	44.001	46.825246	41.870	
21.0~27.0	0.972190	1.130	9.612460	8.958	25.161606	18.382	15.482846	13.844	
合 計	86.027646	100.00	107.308429	100.00	136.880797	100.00	111.835926	100.00	

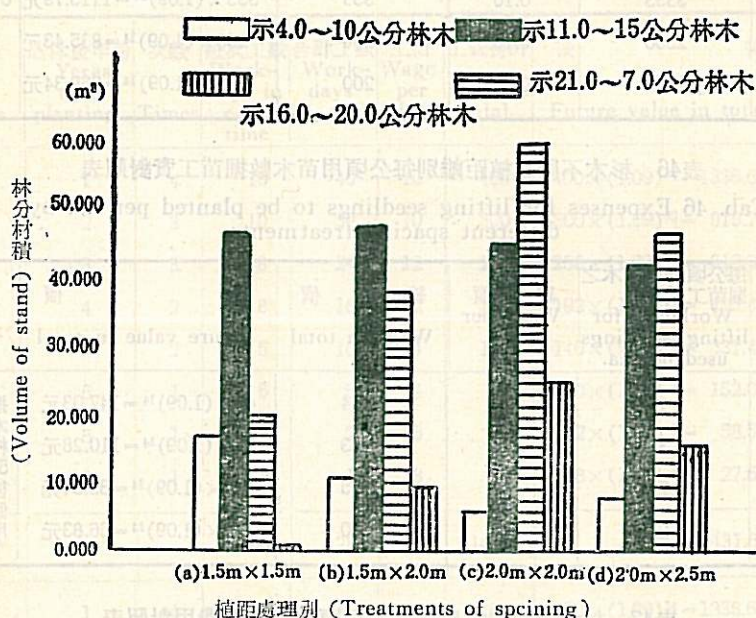


圖18 各處理14年生林分材積分配在四個樹幹級之比較圖

Fig.18 Comparison of the differences of stands volume distributed into the 4 stem classes of the 14-year-old stands by various treatments of spacing

由上列第44表及附圖18觀察，可知每處理14年生林分四個胸徑級之林木材積總生長量之分配情形。其中 (a) 及 (b) 兩處理即植距分別為 1.5m×1.5m 及 2.0m×1.5m 等林分，表中上列兩個較小胸徑級內之立木材積總生長量，仍佔各該處理全林分總量之55.0%~75.0%，知該兩處理之林分材積，大部份係屬小徑木，尤以 (a) 處理即 1.5m×1.5m 之極密植距之林分為甚。至於 (c) 和 (d) 兩處理即植距分別在 2.0m×2.0m 及 2.5m×2.0m 之林分。表中下列兩個較大胸徑級內之立木材積總生長量，約佔各該處理全林分總量之55.6%~62.2%，故知 (c) 和 (d) 兩處理林分大部份之材積係屬於大徑木，尤以 (c) 處理即 2.0m×2.0m 之中植距林分為最多，其趨勢與上節林分斷面積甚為相似。

IV 處理別14年生林分每公頃材積及現金之總收穫量及其純收益額 (Net revenue and total

yields of cash and tree volume from the 14-year-old stands treated with different spacings) :

A. 處理別14年生林分每公頃造林費及撫育費等後價之比較 (Comparison of the differences of the total future values per ha. of planting and tending for establishing the 14-year-old stands treated with different spacings): ——爲欲明瞭各處理即不同栽植距離每公頃需用苗木費，掘苗費、整地費、造林費以及林地割草撫育等費的後價，各需若干數目，乃就各項之記載資料，加以統計分析，分列如下各表：

表45 杉木不同栽植距離別每公頃所需苗木費用對照表

Tab. 45 Amount of expenses used for buying Chinese fir seedlings to be planted per ha. in different spacing treatments

栽植距離別 Treatments of spacing	每公頃所需苗木數 Number of seedlings used for one ha.	單 價 Value per seedling	總 價 Value in Total	後 價 Future value in total	備 註 Remarks
(a) 1.5m×1.5m	4444	0.10	444	$444 \times (1.09)^{14} = 1485.05$ 元	民國 42 年時每株杉木苗價款爲 0.08~0.10元。
(b) 1.5m×2.0m	3333	0.10	333	$333 \times (1.09)^{14} = 1113.79$ 元	
(c) 2.0m×2.0m	2500	0.10	250	$250 \times (1.09)^{14} = 835.43$ 元	
(d) 2.0m×2.5m	2000	0.10	200	$200 \times (1.09)^{14} = 668.34$ 元	

表46 杉木不同栽植距離別每公頃用苗木數掘苗工資對照表

Tab. 46 Expenses for lifting seedlings to be planted per ha. by different spacing treatments

栽植距離別 Treatments of spacing	每公頃需用苗木之 掘苗工數 Workdays for lifting seedlings used per ha.	單 價 Wage per day	總 價 Wage in total	後 價 Future value in total	備 註 Remarks
(a) 1.5m×1.5m	4.4	10	44	$44 \times (1.09)^{14} = 147.03$ 元	掘苗包括修剪苗木之根系及多餘枝條拌泥漿算每50枝爲一捆，然後運搬至陰濕處假植，待後造林用。
(b) 1.5m×2.0m	3.3	10	33	$33 \times (1.09)^{14} = 110.28$ 元	
(c) 2.0m×2.0m	2.5	10	25	$25 \times (1.09)^{14} = 83.54$ 元	
(d) 2.0m×2.5m	2.0	10	20	$20 \times (1.09)^{14} = 66.83$ 元	

表47 杉木不同栽植距離別每公頃整地所需費用對照表

Tab. 47 Amount of expenses used for ground preparation per ha. in different spacing treatments

栽植距離別 Treatments of spacing	整地每公頃工數 Workdays for ground prepara- tion per ha.	單 價 Wage per day	總 價 Wage in total	後 價 Future value in total	備 註 Remarks
(a) 1.5m×1.5m	10	10	100	$100 \times (1.09)^{14} = 334.17$ 元	造林地係屬濫墾地工作較爲省工，僅掘去香茅草及木薯挖植穴即可。
(b) 1.5m×2.0m	8	10	80	$80 \times (1.09)^{14} = 267.34$ 元	
(c) 2.0m×2.0m	6	10	60	$60 \times (1.09)^{14} = 200.50$ 元	
(d) 2.0m×2.5m	5	10	50	$50 \times (1.09)^{14} = 167.09$ 元	

表48 杉木不同栽植距離每公頃造林所需費用對照表

Tab. 48 Amount of expenses used for planting per ha. counted from each of the 14-year-old stands treated with different spacings

栽植距離別 Treatments of spacing	每公頃造林所需工數 Workdays for planting per ha.	單 價 Wage per day	總 價 Wage in total	後 價 Future value in total	備 註 Remarks
(a) 1.5m×1.5m	18	10	180	$180 \times (1.09)^{14} = 601.51$ 元	每人每天可種 250株
(b) 1.5m×2.0m	13	10	130	$130 \times (1.09)^{14} = 434.42$ 元	"
(c) 2.0m×2.0m	10	10	100	$100 \times (1.09)^{14} = 334.17$ 元	"
(d) 2.0m×2.5m	8	10	80	$80 \times (1.09)^{14} = 267.34$ 元	"

表49 杉木不同栽植距離別每公頃林地割草撫育費用對照表

Tab. 49 Amount of expenses used for weeding and tending the young stand per ha. in each of the 14-year-old stands treated with different spacings

栽植距離 Spacings	造林後年份 Years after planting	次數 Times	每次工數 Work- days in each time	合計工數 Work- days in total	工價 Wage per day	工資合計 Wage in total	後 價 Future value in total	備 註 Remarks
(a) 1.5m× 1.5m株 分	1	4	10	40	10	400	$400 \times (1.09)^{14} = 1336.68$ 元	其中一次用鋤頭 在植穴培土一次
	2	3	10	30	10	300	$300 \times (1.09)^{13} = 919.74$ 元	
	3	3	8	24	12	288	$288 \times (1.09)^{12} = 810.06$ 元	工價提升為12元
	4	2	8	16	12	192	$192 \times (1.09)^{11} = 495.44$ 元	
	5	2	5	10	14	140	$140 \times (1.09)^{10} = 331.44$ 元	割草停止改做切 蔓及伐側枝 切蔓
	6	1	5	5	14	70	$70 \times (1.09)^9 = 152.03$ 元	
	8	1	2	2	16	32	$32 \times (1.09)^7 = 58.50$ 元	
	10	1	1	1	18	18	$18 \times (1.09)^5 = 27.69$ 元	
小 計 Total	—	—	—	128	—	1440	4131.58元	
(b) 1.5m× 2.0m株 分	1	4	10	40	10	400	$400 \times (1.09)^{14} = 1336.68$ 元	其中一次係植穴 培土
	2	3	10	30	10	300	$300 \times (1.09)^{13} = 919.74$ 元	
	3	3	8	24	12	288	$288 \times (1.09)^{12} = 810.06$ 元	工價升為12元
	4	2	10	20	12	240	$240 \times (1.09)^{11} = 619.30$ 元	
	5	2	8	16	14	224	$224 \times (1.09)^{10} = 552.70$ 元	切蔓及伐除側枝 切蔓及割什 同 上
	6	1	5	5	14	70	$70 \times (1.09)^9 = 152.03$ 元	
	8	1	2	2	16	32	$32 \times (1.09)^7 = 58.50$ 元	
	10	1	1	1	18	18	$18 \times (1.09)^5 = 27.69$ 元	
小 計 Total	—	—	—	138	—	1572	4476.70元	

(c) 2.0m× 2.0m林分	1	4	10	40	10	400	$400 \times (1.09)^{11} = 1336.68$ 元	其中一次係植穴 培土
	2	3	10	30	10	300	$300 \times (1.09)^{10} = 919.74$ 元	
	3	3	10	30	12	360	$360 \times (1.09)^{12} = 1012.57$ 元	
	4	2	10	20	12	240	$240 \times (1.09)^{11} = 619.30$ 元	御草停止改做切 蔓及除伐側枝 切蔓及除什
	5	2	8	16	14	224	$224 \times (1.09)^{10} = 530.30$ 元	
	6	1	5	5	14	70	$70 \times (1.09)^9 = 152.03$ 元	
	8	1	2	2	16	32	$32 \times (1.09)^7 = 58.50$ 元	
	10	1	1	1	18	18	$18 \times (1.09)^5 = 27.69$ 元	切蔓
小計 Total	—	—	—	144	—	1644	4656.81元	
(d) 2.0m× 2.5m林分	1	4	10	40	10	400	$400 \times (1.09)^{14} = 1336.68$ 元	其中一次係植穴 培土
	2	3	10	30	10	300	$300 \times (1.09)^{13} = 919.74$ 元	
	3	3	10	30	12	360	$360 \times (1.09)^{12} = 1012.57$ 元	
	4	3	8	24	12	288	$288 \times (1.09)^{11} = 743.16$ 元	切蔓及伐除側枝 切蔓及除什 切蔓及除什工作
	5	2	8	16	14	224	$224 \times (1.09)^{10} = 530.30$ 元	
	6	2	5	10	14	140	$140 \times (1.09)^9 = 304.07$ 元	
	8	1	5	5	16	80	$80 \times (1.09)^7 = 145.74$ 元	
	10	1	2	2	16	32	$32 \times (1.09)^5 = 49.24$ 元	
小計 Total	—	—	—	157	—	1824	5041.50元	

由上列第 44 表觀察，知造林杉木各處理每公頃所需苗木費用後價，係以 (a) 處理之後價為 1,485.05 元，示為最大，(d) 處理之後價為 668.34 元，示為最小。因受不同栽植距離所規定而每公頃所需用之苗木株數不同故也。

次由上列第 46 表觀察，知各處理每公頃需用苗木之掘苗工資，係以 (a) 處理之後價為 147.03 元，示為最大，(d) 處理之後價為 66.83 元，示為最小。

再就上列第 47 及 48 兩表觀察，知各處理每公頃之整地費及造林費等之後價，均示以 (a) 處理即 1.5m×1.5m 之極密植距之造林區為最大，而以 (d) 處理即 2.5m×2.0m 之疏植距之造林區為最小。當然密植較疏植需工較多故也。

最後再就上列第 48 表觀察，知各處理於造林後當年至林分生長至第 10 年生時，每年支出之撫育費及其後價之分配數。茲就各處理各年度之撫育費後價之合計數觀之，知以 (d) 處理即 2.5m×2.0m 之疏植距之造林區為 5041.50 元，示為最大，依次以 (a) 處理即 1.5m×1.5m 之極密植距之造林區為 4,131.58 元，示為最小。因為 (a) 處理林分，造林時最為密植，故該處理林分之林冠稍為提早鬱閉，林地雜木及雜草無法生長，所以割草撫育費用較為節省。

B. 處理別 14 年生林分每公頃材積及其現金總收穫量之比較 (Comparison of the difference-

es of the total yields of cash and that of stands' volume from the 14-year-old stands treated by different spacings) :——爲欲明瞭各處理即不同栽植距離之林分假定均於14年生時皆伐，(一般民有杉木林多於14年生左右皆伐收利)，則每公頃之材積及其換算現金之總收穫量各爲若干。乃就已得資料，加以統計分析，分列如第50及51兩表。

表50 不同栽植距離14年生杉木林每公頃材積總收穫量對照表 (立方公尺)

Tab. 50 Total yield in stands' volume per ha. in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (m³)

區集 Block 栽植距離 Spacing	I	II	III	IV	V	VI	總 數 Total	平 均 Mean	年生長量 Annual increments
(a) 1.5m×1.5m	213.7548	225.1202	248.2531	227.6457	255.0166	263.9929	1433.7833	238.9639	17.0689
(b) 1.5m×2.0m	266.3235	330.0131	261.4676	305.5966	347.3709	277.7111	1788.4828	289.0805	21.2915
(c) 2.0m×2.0m	366.7383	387.9798	375.7414	398.1793	396.4419	356.4215	2281.5022	380.2504	27.1607
(d) 2.0m×2.5m	356.8636	358.6474	323.0533	309.5840	250.8554	276.3563	1875.3600	312.5600	22.3257

表51 不同栽植距離14年生杉木林每公頃現金收穫對照表 (臺幣元)

Tab. 51 Amount of total yields of cash obtained per ha. in each of the 14-year-old stands treated with different spacings (N.T.\$)

區集 Block 栽植距離 Spacing	I	II	III	IV	V	VI	總 數 Total	平 均 Mean	年收入額 Annual revenue
(a) 1.5m×1.5m	115128.3	121249.7	133709.1	122609.9	137351.9	142186.6	772235.7	128705.9	9193.3
(b) 1.5m×2.0m	143441.8	177745.1	140826.4	164594.3	187093.9	149575.2	963276.8	160546.1	11467.6
(c) 2.0m×2.0m	197525.2	208965.9	202374.3	214459.4	213523.6	191968.6	1228817.1	204802.9	14628.7
(d) 2.0m×2.5m	192206.7	193167.5	173996.5	166741.9	135110.7	148845.5	1010068.9	168344.8	12024.6

由上列第50表觀察，知每處理各試區14年生每公頃之材積總收穫量。茲由表中平均值一欄觀之，知以(c)處理即2.0m×2.0m之中植距林分爲380.2504m³，年生長量爲27.1607m³，示爲最大；(d)和(b)兩處理依次次之，而以(a)處理即1.5m×1.5m之極密植距林分爲238.9639m³，年生長量爲22.3257m³，示爲最小。茲以(c)處理爲準，而和其他三個處理分別比較之，則知(c)處理比(a)

處理大37.16%，(c)比(b)處理大21.61%，比(d)處理大17.80%。由此可知(c)處理由於栽植距離適中，其在單位面積生長量可較(a)處理即極密植距林分多出1/3強。

再由上列第51表觀察，知各處理林分在14年生時每一公頃之現金總收穫額。茲由該表中之平均欄觀之，知以(c)處理林分為204,802.90元，年收入額為14623.70元，示為最多；(d)和(b)兩處理依次較少；而仍以(a)處理林分為最少。

C. 處理別14年生林分每公頃純收益之比較 (Comparison of the differences of the net revenue per ha from the 14-year-old stands treated with different spacings):—

為欲明瞭各處理即不同栽植距離之林分，每公頃之純收益額之差別情形，乃再就已得之資料，詳為統計分析，彙列如下第52表，並附柱形比較圖，以資參閱。

表52 不同栽植距離別14年生杉木林每公頃之淨收益表(臺幣元)

Tab. 52 Assessment of net revenue per ha. from each of the 14-year-old stands treated with different spacings (unit: new Taiwan dollar)

項目 Items 栽植距離 Spacings	支出之後價 Future value of the various expenses					皆伐收入 Return from final cutting	淨收益額 Amount of net revenue
	苗木費用 Expenses of seedlings	整地費用 Expenses of ground pre- paration	掘苗費用 Expenses of Lifting seedlings	造林費用 Expenses of planting	割草撫育費 Expenses of tending	合計 Total	
(a) 1.5m×1.5m	1485.05	334.17	147.03	601.81	4131.58	6699.34	128,705.96
(b) 1.5m×2.0m	1113.79	267.34	110.28	434.42	4476.70	6402.53	160,546.16
(c) 2.0m×2.0m	835.43	200.50	83.54	334.17	4656.81	6110.45	204,802.87
(d) 2.0m×2.5m	668.34	167.09	66.83	267.34	5041.50	6211.10	168,344.82

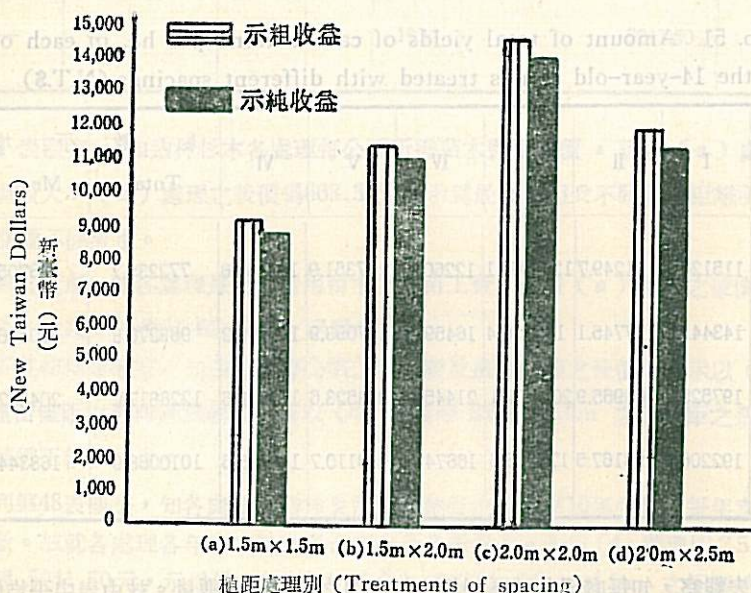


圖19 各處理14年生杉木林每年每公頃之粗收益及純收益之比較圖

Fig. 19 Comparison of the differences of gross income and that of net income per year per ha. from the 14-year-old stands by various treatments of spacing

由上列第52表及附圖19觀察，知各處理每公頃之純收益額之比較情形。其中無論粗收益或純收益，均示來自(c)處理林分者分別為204,802.87及198,692.42，示為最高；來自(a)處理林分者分別為128,705.96及122,006.62，示為最低。茲仍以(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之中植距林分之純收益額為準，而計算其與其他三個處理之較差。由統計結果顯示(c)處理比(a)處理大38.59%，比(b)處理大22.42%，比(d)處理大18.40%。由此可知(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之中植距林分所得之純收益為最大，至植距較密或較疏者，所得結果均為較差。再者，由上節得知來自(c)處理林分之林木，大徑級立木較多，故知其形質自較為良好，若合併計算其材價，則其純收益料想將呈更大無疑。

(五) 結果討論 (Discussion)

茲將各植距處理對於杉木林之林分生長和其收穫之諸種關係，分別討論如下：

I 試驗林分之組成狀態

A 處理別林分立木級別組成狀態

(1) 處理別林分立木樹級組成概況：一各樹級分別在各植距處理林分所出現之株數百分率，均示以中庸木為最多，約在45.0~55.0%之間，約佔各處理林分總株數之一半。惟其在植距較大之(c)(d)等林分者較多，其在較小植距之(a)、(b)林分較少。其次為被壓木，惟其在植距較大之(c)和(d)等林分者較少，其在植距較小之(a)和(b)兩種林分較多，尤以(a)處理林分為最多，其出現情形恰與中庸木相反。再就優勢木和次優勢木兩樹級觀之，示其出現在(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 林分者為最多。由此可知各處理林分各樹級之組合狀態顯有差別，示以(a)處理即極密植距之林分，最為惡劣，而以(c)處理即中等植距之林分，最為優良。

(2) 處理別林分立木之樹幹級和樹冠級之品質組成概況：——四種植距處理對於林木之樹幹和樹冠品質之影響略有不同。即優勢木和次優勢木兩樹級分別在(c)、(d)兩處理林分，其優良樹幹和優良樹冠之株數確較其在(a)和(b)兩處理林分為多，亦即示植距較大者，不但其樹冠之發育正常良好，而且其樹幹之形成亦較健全通直。各處理林分中，中庸木之樹幹和樹冠之發育狀況大同小異，即均示以中等和劣等者居多，優良者均較少，各處理林分中被壓木之樹幹和樹冠之發育狀況，呈現相同趨勢。即均示以劣等株數居最多數，優良者居最少數，由此可知各處理林分之被壓木，不但其樹冠因被壓關係，發育不良，形成畸形現象，而其樹幹亦多屬惡劣不健全者。此種現象在(a)處理即極密植距之林分更為顯明，想係受立木度過大，林冠層過度擁擠所影響。

B. 處理別林分每木各測定要素別之相關關係。

(1) 胸徑與樹高之相關關係：——各處理林分立木之胸徑與樹高之相關係數值為在 $+0.796 \sim +0.905$ 之間，示均為極高級之正相關關係，示各處理林分兩者之相關均呈同一傾向，即其胸徑愈大之立木，則其樹高亦必較高，其關係程度在(c)和(d)兩較寬植距之林分為尤甚。此外，各處理林分之樹高曲線，均可適用拋物線形之對數曲線方程式 $y=a+b \times \text{clog} x$ 以配合之。由各該計算式可以求出各處理林分任一胸徑階立木之樹高。

(2) 胸徑與樹冠幅之相關關係：——各處理林分立木之胸徑與樹冠幅之相關係數值在 $+0.556 \sim +0.630$ 之間，其相關程度雖較上節與樹高之相關關係為低，然仍屬高級之正相關關係，即示胸徑愈大之立木，則其樹冠幅之發展亦必愈廣闊。因為此兩測定要素具有高度之正相關關係，故各處理之林分樹冠幅，均可適用直線迴歸方程式 $ye=b \times x+a$ 以配合之。由各該計算式可以求出各該處理林分任一胸徑階立木之樹冠幅。

(3) 胸徑與材積之相關關係：——各處理林分立木之胸徑與其材積之相關係數值分佈在 $+0.818 \sim +0.962$ 之間，惟在(d)處理即植距 $2.0\text{m} \times 2.5\text{m}$ 林分，兩測定要素之相關係數較在其餘三個較密植距林分為低，然均示為極高級之正相關關係，即示各處理林分兩者之相關呈同一之趨勢，即其胸徑愈大者，則其材積亦必愈大。所以，各處理林分之單株立木材積，均可依照同一之對數曲線方程

式即 $\text{Log} y = a + b \text{Log} x$ 以配合之。由各該計算式可以求出各該處理林分任一胸徑階單株立木之材積。

(4) 胸徑與枝下高之相關關係：——各處理林分立木之胸徑與其枝下高之相關係數值均甚小，呈現正及負之低級相關，示兩者之相關無一定趨勢。在 (a) 和 (d) 兩處理林分，兩者之相關值呈不顯著，然在 (b) 和 (c) 兩處理林分，兩者之相關值呈顯著，惟在 (c) 處理林分則呈負相關，示立木胸徑愈大者，則枝下高反略呈愈低之傾向。此可能由於立木在植距較大試區，所佔空間較大，大徑木樹冠發育較為良好，下枝枯落亦較少；反之，其在較密植林分，因為受林木間擁擠關係，則其樹冠發育受到限制，故其下枝枯落較多故也。

II 處理別林分平均每木各測定要素之總生長量

(1) 胸徑生長：一處理別各試區14年生林木平均每木胸徑總生長量，經變方分析結果知處理間之差異非常顯著，示以 (c) 和 (d) 兩處理林分即植距分別在 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 和 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 者，其平均每木胸徑總生長量同為最大；(b) 處理次之；而以 (a) 處理林分即植距在 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 者列為最小。換言之，上列 (b)、(c) 和 (d) 等三個植距處理均與 (a) 處理呈極顯著之差異。由此可知本樹種在植距較大之林分，尤其是在 (c) 處理即在 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 中植距林分，最能促使其立木之肥大生長。在極密植距林分如 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 者，立木間之肥大生長，最為惡劣。

(2) 樹高生長：——處理別14年生林分平均每木之樹高總生長量，示以 (c) 處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之中植距林分為 14.96 公尺，列為最大；(d) 處理即 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之疏植距林分為 13.94 公尺，依次次之，(b) 處理林分為 13.0 公尺，又次之，而以 (a) 處理即 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 極密植距林分為 10.88 公尺，列為最小。且各處理相互間之差異均呈極顯著。上節各處理林分平均每木之胸徑總生長量顯示以 (c) 處理區林分為最大，而以 (a) 處理林分為最小。茲又證明平均每木之樹高生長量亦以生長在 (c) 處理林分者為最高大，而以生長在 (a) 處理林分為最低矮。由此可知在 (c) 處理即在中植距林分中立木間不但胸徑生長良好，其向上之樹高生長亦屬最為優良，同時在 (a) 處理即 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 之極密植距林分，不但立木間之直徑生長列為最差，且其樹高生長亦顯示最為緩慢。故欲求杉木之直徑和樹高等最大之生長量，則其栽植距離應採用 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 、似不可採用 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 之植距，其理至明。

(3) 枝下高生長：一處理別14年生林分平均每木之枝下高度，示以 (c) 處理林分立木之枝下高為 9.46 公尺，列為最高，其餘 (b)、(d)、(a) 三個處理之枝下高分別為 8.26 公尺，7.95 公尺和 7.31 公尺，其互相間之差異均不顯著，示同較 (c) 處理為小。然則 (a) 密植距和 (d) 疏植距之林分，其平均每木之枝下高似無何差別。其實不然，因為最密植距林分，立木度最大，林木間提早互相擁擠，下枝自然枯落者較多，故其枝下高自必較高，但因為密植距林分之平均樹高為 10.88 公尺較低，故不覺得其枝下高較疏植距林分為高。茲計算各處理林分之樹冠長度即以平均樹高減去平均枝下高是也，藉此以研討其對於立木生長之影響。(a) 處理： $10.88\text{公尺} - 7.31\text{公尺} = 3.57\text{公尺}$ ，(b) 處理： $13.0 - 8.26 = 4.74\text{公尺}$ ，(c) 處理： $14.96 - 9.46 = 5.5\text{公尺}$ ，(d) 處理： $13.94 - 7.95 = 5.99\text{公尺}$ ，由此觀之，可知樹冠之長度與其所在之植距成正比例。在 (a) 處理即 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 極密植距林分，其樹冠長最小，從而接觸陽光之枝葉減少，此可能為 (a) 處理林分每木之胸徑和樹高生長不良之原因也。

(4) 樹冠幅生長：一處理別14年生林分平均每木之樹冠幅度，示 (d)、(c)、(b) 等處理之差異不顯著，然 (d) 和 (c) 兩處理分別與 (a) 處理之差異呈極顯著，(b) 和 (a) 兩處理之差異示不顯著。由此可知 (a) 處理林分中，每木之樹冠幅度顯較其他三個處理為狹小。因為 (a) 處理每木所佔空地面積最小，致其樹冠發展最受到鄰接木擁擠，所以其每木之樹冠幅度最為狹小，從而影響其肥大和樹高等生長。

(5) 胸高斷面積生長：——處理別14年生林分平均每木胸高斷面積總生長量互不相同，其中示以 (c) 和 (d) 兩處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 中植距和 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 疏植距等林分同為最大，(b) 處理即

2.0m×1.5m密植距林分次之，而以(a)處理即1.5m×1.5m極密植距林分爲最小，其出現之趨勢與上節平均每木之胸徑總生長量完全相同。

(6) 材積生長：——處理別14年生林分平均每木材積總生長量，仍以(c)和(d)兩處理即植距較寬之林分同爲最優，(b)處理依次次之，而以(a)處理即極密植距林分平均每木材積之總生長量，確屬最爲惡劣，其程度比(c)處理約少一倍餘。故爲欲促進林分內平均每木材積之總生長量，則其栽植距離似不能採(a)處理之極密植距，而應採用(c)處理之中植距離較爲得策。或謂經營杉木林採用密植距如1.5 m×1.5m者實施造林，可於幼齡時林冠一開始鬱閉即實施疏伐。無如林齡尚幼，林木尚未長成材料，此時所伐者，多係幹徑甚小之小徑木，利用價值不大，所得之經濟利益不多。若留待林齡較大時實施疏伐，然因立木度過大，其樹冠層已經鬱閉，旁枝伸張受到限制，直徑和高等生長因而遲滯。若採用中植距如(c)處理者造林，則無此種種不良現象，當林分生長至14年生時，可隨林業者營林之目的，而實施疏伐或皆伐均可，因此時所伐之單株材積較大，可供一般建築利用也。

III 處理別林分斷面積及材積之總生長量。

A 處理別林分斷面積

1. 處理別14年生林分斷面積總生長量：——各植距處理當其在14年生時之林分斷面積總生長量，係以(c)處理即植距在 2.0m×2.0m之林分爲44m²/ha列爲最大，其餘(d)、(b)、(a)等三個處理，分別爲39m²/ha、39m²/ha 和 37m²/ha，其相互間之差異不顯著，示同爲較小。由此可知極密植距和疏植距之14年生林分之斷面積總生長量無何差別。上節已經證明密植距即(a)和(b)兩處理林分之平均每木斷面積總生長量確較疏植距即(d)處理林分爲小，今者又證明密植距林分之斷面積總生長量與疏植距林分不相上下，其故安在。此乃是因為密植距林分之立木株數較多使然。再者，(c)處理即 2.0m×2.0m 之中植距林分所得之斷面積總生長量何以列爲最大。蓋在(c)處理林分其平均每木之斷面積總生長量雖不比(d)處理爲大，但其栽植株數却較(d)處理爲多。又(c)處理林分之栽植株數雖較(a)、(b)等密植距林分爲少，然就其平均每木之總生長量言之，在(c)處理林分之生長量約等於在(a)或(b)處理之生長量之兩倍，因此之故，(c)處理即 2.0m×2.0m之中植距14年生之林分斷面積總生長量自然居於最高。

2 處理別不同徑級立木之林分斷面積總生長量：——處理別14年生林分4個不同徑級立木之林分斷面積總生長量之分配數，顯有不同。其在極密植距林分如(a)處理者，小徑木(即徑級在4.0~15.0公分者)之斷面積總生長量佔 80%，16.0公分以上大徑木之林分斷面積僅佔20%，可知在(a)處理林分之斷面積總生長量絕大部份來自小徑木。惟在植距較寬大之林分，大徑級林木株數較多，故其所分配之斷面積百分率亦較爲提高。然就(c)和(d)兩處理比較之，可知(c)處理林分大徑木之斷面積分配數較(d)處理林分爲多，故知(c)處理林分不但所得之林分斷面積總量列爲最大，而且所養成之大徑木株數亦較其他處理爲多。

B 處理別林分材積之總生長量

1. 處理別14年生之林分材積總生長：——各植距處理當其在14年生時之林分材積總生長量，仍以(c)處理即2.0m×2.0m之中植距林分爲 380m³/ha，示爲最大，且分別與(d) 312m³/ha，(b) 298m³/ha，(a) 238m³/ha 等三個植距處理比較，均呈極顯著之差異。(d)和(b)兩處理即植距分別在2.5m×2.0m 和 2.0m×1.5m林分，其相互間之差異不顯著，示同爲較小；而以(a)處理即1.5m×1.5m之極密植林分爲四個處理之最小者。

2. 處理別不同徑級立木之林分材積總生長量：——各處理14年生林分之林分材積總生長量在四個不同徑級之分配數仍有互異，其趨勢與上節斷面積相彷彿，即在密植距林分，小徑木之材積佔其大部份，反之，在植距較寬大之林分，大徑木之材積分配數佔其大部份。惟在(c)處理即2.0×2.0m中植距林分，大徑木所分配材積之百分比率，較(d)處理即2.5m×2.0m疏植距林分還要高，故可知(c)處理14年生之林分在單位面積上所收穫之材積數額，不但居最大，而且大徑木亦列爲最多，木材之品

質自屬較為優良，故所得之現金收益，當然最為優厚。

IV 處理別14年生林分之材積和現金總收穫量及其純收益額之比較：

(1) 處理別14年生林分每公頃之造林等費後價之比較——茲觀察每處理每公頃造林及撫育使其成林（其林齡均計算至14年生時為限），所需一切費用，大小不盡相同，如在實施造林時，在(a)處理即 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 極密植距之造林區，每公頃所需之苗木數為最多，故苗木費用亦最大，造林工資亦較其餘三個處理為最多，然其林冠提早鬱閉，縮短什草為害期間，故其林地刈草撫育費用則反較其他處理為最少。若欲比較每處理支出之多少，須計算每處理14年生林分過去各項開支費用後價之總數。各處理14年生林分每公頃支出後價之總和約在 6110.45~6699.34元之間，其間相差無多，惟(a)處理即 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 極密植距林分共費用6699.34元，示為最大，(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之中植距林分共費自6110.45元，示為最小而已。

(2) 處理別14年生林分每公頃材積及現金總收穫量之比較：——每處理林分當其生長至14年生時，其每公頃之材積總收穫量，大小不同。其中以(c)處理林分為 380m^3 ，平均年生長量為 27.0m^3 列為最大；(d)處理林分為 312m^3 ，平均年生長量為 22.0m^3 ，依次次之；(b)處理林分為 289m^3 ，平均年生長量為 21.0m^3 ，又次之；而以(a)處理林分為 239m^3 平均年生長量為 17.0m^3 ，列為最小。由此可知(c)處理之材積產量較(a)處理所能產者大37.16%，約大1/3強，較(b)處理所能產者大21.61%，較(d)處理所能產者亦大17.80%。故知(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之植距，最適宜杉木林分之材積生長量。

至於各處理14年生林分，每公頃林木標售後所得現金之總收穫量，經換算結果，仍示以(c)處理林分收入為204,802.90元，年平均粗收入額為14,628.7元，列為最多，(d)和(b)兩處理依次較少，而仍以(a)處理林分為最少，其總收入額僅為128,705.9元，年平均粗收入僅為9,193.3元而已。

(3) 處理別14年生林分每公頃純收益額之比較：——各處理14年生林分每公頃純收益額，來自(c)處理林分為19,5692.42元，列為最高；而來自(d)和(b)兩處理林分，分別為162,133.72元和15,4143.63元，依次較小，而來自(a)處理林分為122,006.6元，示為最小。由是(c)處理林分之純收益額較(a)處理林分大38.59%，較(b)處理林分大22.42%，較(d)處理林分亦大18.40%。已知(c)處理林分所產之大徑級立木株數較多，故其木材之品質自較為良好，若依木材品級分別計算其材價時，則在(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之中植距林分所得之純收益，料想將形更大無疑。故知杉木之栽植距離，確以(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 之行株距所得之結果最為優良。

(六)、摘要及結論 (Abstract and Conclusions)

I 摘要 (Abstract):

(1) 本試驗係於民國42年春季在本所蓮花池分所轄內新山林區實施杉木造林時，進行試驗。經過撫育成林至民國55年冬，剛滿14年生，林分生長非常良好。依民有林短輪伐期作業，即可屆皆伐收穫時，乃前往調查其試驗成果。

(2) 以栽植距離為試驗因子，計分為四種：1. (a)處理即行株距為 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ ；2. (b)處理即行株距為 $2.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ ；3. (c)處理即行株距為 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ ；(4)、(d)處理即行株距為 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 等。在比較上言之，上列四種處理因子，相當於極密植距，密植距，中植距及疏植距等區別。本研究設之樣區，面積均為 $3.0\text{m} \times 2.0\text{m} = 0.06$ 公頃，每一處理重複六次，共計24個樣區。

(3) 所得結果，顯示各處理之14年生林分平均每木各測定要素即胸徑、樹高、斷面積、材積等之總生長量，均以(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 中植距之林分最為優良，而以(a)處理即 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 之極密植距林分最為惡劣。次就各處理14年生林分每公頃之斷面積和材積之總生長量，每公頃材積標售現金總收穫量以及其純益額，亦均示以(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 中植距之林分，其生長狀況最為優良，故其所得之總收穫量以及其所得之純收益額列為最大，(b)和(d)兩處理即密植距和疏植距之林分

，生長狀況平常，故其所得利益，較(c)處理為小，而以(a)處理即 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 之極密植距之林分，其生長狀況最為惡劣，故其所得者確為最小。

II 結論 (Conclusions)

(1) 就樹級組成狀態言之，上列四種植距處理林分，以(c)處理林分中所出現之優勢木和次優勢木之株數為最多，且其樹幹之品質和樹冠之發育狀況，亦均較其他處理為優良。

(2) 次就胸徑、樹高、和枝下高等之林分組成狀態觀之，上列四種處理林分中，示均以(c)處理林分之平均值列為最大，而其變異係數列為最小，知該處理林分中立木之胸徑，樹高及枝下高等之分佈變異，小於其他植距處理。

(3) 就平均每木之總生長量言之，在上列四種不同植距處理中，係以(c)處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 中植距之林分，最為優良，亦即示以4平方公尺之造林距離，最適合於杉木幼年生時之發育生長。

(4) 在單位面積上之林分斷面積和材積之總生長量，以及其純收益額，在密植距和疏植距之林分均示較小，仍以(c)處理之中植距林分為最大。

(5) 本樹種之輪伐期可定為20年，其栽植距離亦可採用本研究之(c)處理即中植距者，是則當其林分生長至14年生左右，應實施一次較強度之疏伐撫育，以促進其林分之生長量，否則因林冠過度鬱閉，生長因而遲滯。

(6) 實施疏伐時應先就林中所有被壓木及瀕枯立木(約佔全林20.0%)全部砍伐利用，然後再就其他樹級中凡樹幹和樹冠發育欠健全者再選伐20.0%，是則林中所留存者均係中庸木以上之優良健壯者，自可提高單位面積上林分之質與量之生長。

(7) 極密植距造林如本研究之(a)處理者，因為密植關係，林冠提早鬱閉，可以縮短雜草為害時期，然在幼齡時代林分枝條即已構成犬牙交錯形成十分擁擠現象，此時若不立予實施疏伐，則林木生長俱受不良影響。惟在8~9年生時實施疏伐，則所得之疏伐木，多係10公分以下之小徑木，利用價值低。故極密植距造林除特殊目的者外，以不採用為宜。

(8) 杉木疏植距造林如本研究之(d)處理者，原無可厚非祇因植距較大減少單位面積上株數，影響將來材積之總生長量，故亦無採用之必要。

(9) 本樹種樹苗經定植山坡地後非常容易成活。林苗成活後之初期林地刈草撫育工作，對於幼林木之生長極為重要。本試驗林分林地之初期刈草撫育工作，做得非常周到，故各處理之林分生長，均異常良好。

(10) 總之，本樹種之栽植距離，經從各方面觀察研判比較，認為以行株距在 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 如本研究之(c)處理者最為良好，植距過密與過疏均非所宜也。

(七) 參考文獻 (Literature Cited)

- (1) Hawley and Smith: The Practice of Silviculture (1954) sixth Edition P.343~428.
- (2) Davis: American Forest Management (1954) P.26~54
- (3) Smith and Duncan: Sampling Statistics and Applications (1954) P.1~22
- (4) Robert R. Maeglin: Effect of Tree Spacing on Weight yields for Red Pine and Jack Pine (Journal of forestry Sept. 1967 Vol. 65 No.9. P. 647~650)
- (5) 周 楨: 測樹學 (1952)
- (6) 汪厥明: 生物統計學 (1953)
- (7) 張魯智: 試驗技術 臺灣省林業試驗所參考資料之十九 (1962)
- (8) 王子定等: 柳杉栽植距離之研究 (1966)
- (9) 周 楨等: 臺灣主要樹種之造林成本與收入 (1966)。
- (10) 劉慎孝: 臺灣重要經濟林財政成熟期及輪伐期之查定研究 (1963)
- (11) 洪良斌: 大葉桃花心木造林距離影響生長之研究 (1962)

(八) · 英文摘要 (English summary)

Study on the Relationship of Tree Spacing to Yield
for China-fir Plantation

by

Liang-pin Hung

I · Introduction

China-fir(*Cunninghamia lanceolata* Hook.) is one of the most important economic forest species for planting in southern China. It distributes originally in many provinces of China, including An-huei, Hu-nan, Kuang-tung, Kiang-si Che-Kiang, Kuei-chow, Yun-nan and especially in Fu-Kien etc. Seedling of this species is very easy to be planted successfully on the forest land and grows very rapidly. Its timber is good in form and in quality. The wood of this species may be used widely for materials of building.

China-fir planted in this island was introduced from Fu-kien, one province of China mainland, since the years of 1840. Nowadays, it was planted economically throughout this island at different elevations ranged from 500 to 1400 meters above sea level. In order to find out what is the best spacing for establishing the forest of this species, an experiment on tree spacing of it was carried out on Lien-hwa-chi station of T. F. R. I. in the early spring 1953.

The mother rock of this forest land is slate, and the soil is clay loam. The yearly rainfall in this area is more than 3000 m.m.. Moisture content is rather high. The temperature is very mild throughout the year, and the mean annual temperature is about 22.45°C. The locality of this experimental forest is situated in Nan-tou district, central part of this province, and the elevation is about 750 M. above sea level. The growth condition of this experimental forest was to be determined in the winter of 1966.

II · Method of study

There are four kinds of tree spacing in this study as four treatments, i.e.(a)treatment:—spacing 1.5 M. x 1.5 M.; (b) treatment:—spacing 2.0 M. x 1.5 M.; (c) treatment:—spacing 2.0 M. x 2.0 M.; (d) treatment:—spacing 2.5 M. x 2.0 M. The planting area of each treatment was about four hectares, sixteen hectares in total. When these experimental stands which had already formed a very dense canopy, were 14 years of age, including one year seedling, an investigation was made with reference to the stands' growth. Sample plots were selected from these experimental stands separately according to randomized block design. There are six plots of each treatment established for six replicates, 24 plots in total. The size of each plot is 30 M. x 20 M. = 0.06 ha., rectangular in form. All trees standing within each plot were marked with paint and then were measured one by one carefully. All data collected from these different blocks were first classified into different tree classes, including stem classes and crown classes, according to Schadelin's method. Then the average total increments per tree of the various determined factors or called parameters such as d. b. h., tree height, width of crown, length of clear bole, basal area at breast height, and tree volume were calculated. The total increments of stand basal area

and those of stand volume from these different treatment stands were also listed out. All of them were compared by means of variance of analysis. Besides these, those various expenses paid for establishing these stands, the total yields of both tree volume and cash, and the net revenues from these different treatment stands were also compared between them.

III. Discussions of the results obtained

1. Composition status of the experimental stands:

A. Composition status of the different tree classes and that of the different stem and crown classes:

(1) Composition of the different tree classes in different treatment stands:—It was shown that the number of trees which was belonging to the dominant and the co-dominant growing in (c) treatment stand was the most, while that belonging to the overtopped in (c) treatment stand was the least of all; that belonging to the intermediate trees separately in these four treatment stands, was nearly the same thing and was about fifty per cent out of the total trees. It can be said that a half of all trees in these four treatment stands is the intermediate trees.

(2) Composition of different stem classes and that of different crown classes in different treatment stands:—It was shown that the qualities of trees' trunks and crowns of the dominant and the co-dominant growing in (c) or in (d) treatment stand were better than those in the other two treatment stands. It means that those trunks and crowns of the individual trees growing in the denser spacing stands as in (a) spacing 1.5 M×1.5 M and in (b) spacing 2.0M×1.5M. treatment stands were somewhat un-sound and abnormal condition because of the over-crowded stock density.

B. Correlation condition of the various determined factors per tree in different treatment stands:—

(1) Correlation condition between d.b.h. and tree height:—It was shown that the simple correlation coefficients between d.b.h. and tree height from different treatment stands were from +0.796 to +0.905. It indicates that they are all highly positive correlation. That is to say the larger is the tree's diameter growth and the tree height is to grow higher. Then the height curves of these stands may be fitted with the equation: $y = a + bx + \log x$.

(2) Correlation condition between d.b.h. and the width of crown:—It was shown that the simple correlation coefficients between d.b.h. and the width of crown in these different treatment stands were from +0.556 to +0.630. It indicates that they are also presenting highly correlation between these two factors. The crown curves of these stands may be fitted with the linear regression equation: $y = bx + a$.

(3) Correlation condition between d.b.h. and tree volume:—It was shown that the simple correlation coefficients between these two factors in different treatment stands were from +0.818 to +0.962. It indicates that they are all presenting highly positive correlation between them. The tree volume curves of these stands may be fitted with the equation: $\log y = a + b \log x$.

(4) Correlation condition between d.b.h. and the length of clear bole:—It was shown that the correlation coefficients between these two factors in (a) and (b) treatment stands were very low; and that in (c) treatment stand was low negative correlation. It indicates that that in (c) treatment stand the larger is the tree's diameter growth, the branches of tree are to grow lower.

2. Average total increments per tree of the various determined factors of standing crops in different treatment stands:

A Growth condition of diameter at breast height:—The differences of average total increments of d.b.h. per tree of the 14-year-old stands planted with different spacings were all highly significant. It was that the increments from both (c) and (d) treatment stands, 14.30 cm. 13.68 cm. respectively, were the largest; that from (b) treatment stand, 12.63 cm., the next; and that from (a) treatment stand, 11.15 cm., was the least of all. Hence, we may know that the diameter growth of trees growing in (a) treatment stand, the very dense spacing, is the worst, because the trees growing in this dense spacing stand had choked each other strongly for a longer time.

B Growth condition of tree height:—The differences of the average total increments of height per tree of the 14-year-old stands planted with different spacings were also highly significant. It was that the increment, 14.96 M., from (c) treatment stand, the moderate spacing $2.0\text{M} \times 2.6\text{M}$, was the highest; that 13.94 M. from (d) treatment, the wide spacing $2.5\text{M} \times 2.0\text{M}$, the next; that 13.00 M. from (b) treatment stand was less than the above two; that 10.88M. from (a) treatment stand was the lower-most of all.

C Growth condition of the length of clear bole—The differences of the average total length of clear bole per tree of the 14-year-old stands planted with different spacings were significant. It was that the average total length of clear bole per tree, 9.46 M., from (c) treatment stand was longer than those 8.24 M., 7.95 M., 7.31 M. from (b), (d), (a) treatment stands respectively. There are not significant differences among those from (b), (d), (a) treatment stands.

D Growth condition of the width of crown;—The differences of the average total increments of the width of crown per tree of the 14-year-old stands planted with different spacings were significant. It was that only the differences of (d) to (a), (c) to (a) were highly significant. It means that the average total width of crown per tree 1.98 M. from (a) treatment stand, the very dense spacing, is the most narrow. Generally speaking, tree with very narrow width of crown being able to grow fast is impossible. Therefore, the reason why the growth in diameter and in height per tree from (a) treatment stand being the worst stated above may be known.

E Growth condition of basal area at breast height:—The differences of the average total increments of basal area per tree of the 14-year-old stands planted with different spacings were highly significant. It was that those increments 0.0171 M^2 . and 0.0158 m^2 from (c) and (d) respectively were nearly the same thing and were the largest; that 0.0135 M^2 . from (b) treatment stand the next; and that 0.0103 M^2 . from (a) treatment stand was the least of all.

F. Growth condition of tree volume:—The differences of the average total increments of volume per tree of the 14-year-old stands planted with different spacings were also highly significant. It was that the difference between that 0.1444 M³. from (c) treatment stand and that 0.1252 M³. from (d) treatment stand was un-significant, and both were the largest; that 0.1085 M³. from (b) treatment stand the next; and that 0.0676 M³. from (a) treatment stand was the least of all. The tendency of their differences is as same as that in basal area stated above. It is evident that the average total increment per tree from (c) treatment stand is double the number of that from (a) treatment stand. So, in order to promote the growth in volume per tree, it is better to plant the China-fir seedlings on the forest land with (c) treatment under this study, the spacing 2.0 M.×2.0M.

3. Total increments of stands' basal area and those of stands' volume in different spacing stands:

A. total increments of stands' basal area of the 14-year-old stands by different treatments:—The differences of the total increments per ha. of basal area of the 14-year-old stands were highly significant. It was that the total increment per ha. from (c) treatment stand was 44.0 M². the largest; those total increments from (d), (b), (a) treatment stands were 39.0 M. 39.0 M²., 37.0 M². respectively and were less than that from (c) treatment stand. It means that only those differences of (c) to (d), (c) to (b) (c) to (a) are highly significant. It is known that the total increment of stand basal area per ha. from (c) treatment is also the best of all.

B. Total increments of stands' volume of the 14-year-old stands by different treatments:—The differences of the total increments per ha. of stand volume of the 14-year-old stands were also highly significant. It was shown that the total increment of stand volume per ha. from (c) treatment stand was 380.0 M³. the largest; those from (d) and (b) treatment stands, 312.0 M³. and 298.0 M³. were nearly the same and were less than that from (c) treatment stand; that from (a) treatment stand, 238.0 M³., was the least of all. Further-more, from the average total increment of volume per tree stated above, it was known that most of the trees growing in (a) treatment stand were belonging to the the small diameter ones; on the contrary, most of the trees in (c) treatment stand were belonging to the larger diameter ones. So, in view of the quality and quantity, the wood produced from (c) treatment stand is better than those produced from (a), (b), treatment stands.

4. Net revenue and total yields of cash and volume from the 14-year-old stands planted with different spacings;

A. Comparison of the differences of the total future values per ha. expensed for establishing these 14-year-old stands:—It had shown that the total amounts of the future values per ha for these 14-year-old stands were from N.T.\$ 6110.45 to N.T.\$6,699.34. Thus, N.T.\$6,699.34 paid for (a) treatment stand is slightly larger than that N.T.\$ 6,110.45 paid for (c) treatment stand. No large difference between them is found.

B. Comparison of the differences of the total yields of cash and stand volume received from these 14-year-old stands planted with different spacings: It was shown that the

total yields of stand volume and cash from (c) treatment at 14-year-old stand per ha. having 380.0 M³. in volume, equivalent to its mean annual increment 27.0 M³., and having N.T.\$ 204,802.90 in cash, its mean annual gross return N.T.\$ 14,628.70 were the largest; those received from (d) treatment at 14-year-old stand per ha. having 312.0 M³. in volume, its mean annual increment 22.0 M³., and having N.T.\$ 169,344.80, its mean annual gross return N.T.\$ 12,024.60, were less than those from (c) treatment stand; those received from (a) treatment stand at 14-year-old stand per ha. having 239.0 M³. in volume, its mean annual increment 17.0 M³., and having N.T.\$ 128,705.90 in cash, its mean annual gross return N.T.\$ 9,193.30, were the least of all.

C. Comparison of the differences of net revenues per ha. from these 14-year-old stands planted with different spacings:—It was shown that the net revenue received from (c) treatment at 14-year-old stand per ha. was N.T.\$ 198,692.42 the largest; those from (d), (b) treatment stands at 14-year-old plantations per ha. were N.T.\$ 162,133.72 and N.T.\$ 154,143.63 respectively, the next; that received from (a) treatment at 14-year-old stand per ha. was N.T.\$ 122,006.60, the least of all. Hence, we may know that the net revenue received from (c) treatment stand is obviously larger than those received from (a), (b), (d) treatment stands by 38.59 percent, 22.42 percent, 18.40 percent respectively. Therefore, (c) treatment or spacing 2.0 M. × 2.0 M. under this study may be considered as the most optimum spacing for this species growing.

IV. Conclusions

From this study, we have come to these conclusions:

(1) The number of trees which were belonging to the dominant and the codominant growing in (c) treatment stand or spacing 2.0 M. × 2.0 M., were the most. Moreover, the qualities of trunks and crowns of those trees in (c) treatment stand were better than those in the other three treatment stands.

(2) The arithmetic means of the various determined factors calculated from trees in (c) treatment stand, the moderate spacing 2.0 M. × 2.0 M., were the largest, while those coefficients of variation from (c) treatment were the least of all. It indicates that the distribution condition of these various determined factors of standing crops in (c) treatment stand is obviously more uniform than those in the other three spacing stands.

(3) By studying the average total increments per tree of the various determined factors, it is known that the growth condition of the 14-year-old plantations growing in (c) treatment stand is the best of all.

(4) By observing the total yields of stand volume and the net revenue gotten from these different treatment stands, it is known that those from (c) treatment stand or the moderate spacing stand is the largest of all.

(5) The rotation for this species may be determined at 20 years, if so, the moderate spacing as (c) treatment under this study should be adopted. In order that the vigorous growth of the stand will maintain continuously, one time of heavy thinning to tend the stand must be necessary.

(6) 、When the young stand situated on a land with site class I, is about 14 of age, the operation of thinning must begin to carry out. As described in this study, there are about 20% of the oppressed and dying trees which should be first removed out, then the dominant and co-dominant trees with un-sound trunk or having abnormal development of crown should also be cut down together for sale, Let all the sound trees especially the sound intermediate trees grow continuously.

(7) 、The crown cover in (a) treatment stand has easily formed in the earlier period. Although it is easy to get rid of the period being damaged by grasses and shrubs, but the operation of thinning should be carried out early. However, most of the trees cut by thinning from the younger stand of being 8—10 years old, are small diameter ones. Hence, the values of utilization are still very low. Otherwise, the growth of the young stand will be affected greatly with crowding each other. So, this kind of very dense spacing as (a) treatment is not suitable to be used in the planting of this species except the special purpose.

(8) 、The growth condition per tree in the wide spacing as (d) treatment under this study is almost equal to that in the moderate spacing as (c) treatment. But the total increment per ha. from the stand of wide spacing is evidently smaller than that from the stand of moderate spacing, because the number of seedlings to be planted per ha. in the former is less than that in the latter. Therefore, this kind of wide spacing is also not suitable to be used in the planting of this species.

(9) 、In a word, it seems that the very dense spacing as (a) treatment $1.5\text{ M.} \times 1.5\text{ M.}$ and the wide spacing as (d) treatment $2.5\text{ M.} \times 2.0\text{ M.}$ are not suitable spacings for China-fir. Only the moderate spacing as (c) treatment $2.0\text{ M.} \times 2.0\text{ M.}$ under this study is the optimum spacing for being used in the planting of this species.

(a₁)(a₂)

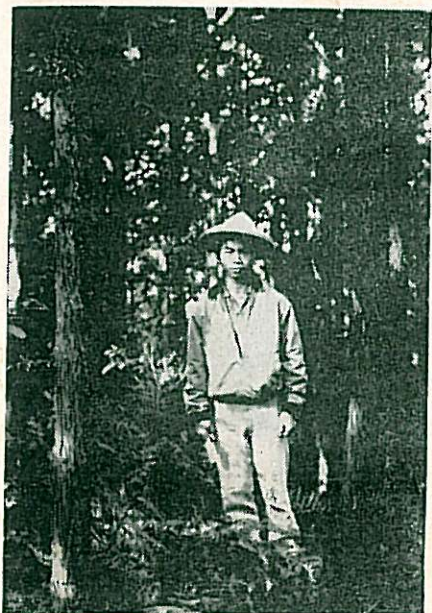
上列 (a₁) 和 (a₂) 兩圖係表示 (a) 處理即 1.5m × 1.5m 極密植距之 14 年生之一部份林相照片。
Here are the two pictures showing parts of the stand of (a) treatment with spacing 1.5m × 1.5m, 14-year-old plantations.

(b₂)

上列 (b₁) 和 (b₂) 兩圖係表示 (b) 處理即 2.0m × 1.5m 密植距之 14 年生之一部份林相照片。

Here are the two pictures showing parts of the stand of (b) treatment with spacing 2.0m × 1.5m, 14-year-old Plantations.

(b₁)

(c₁)(c₂)

上列 (c₁) 和 (c₂) 兩圖係表示 (c) 處理即 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 中植距之14年生之一部份林相照片。

Here are the two pictures showing Parts of the stand of (c) treatment with spacing $2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$, 14-year-old plantations.

(d₂)

上列 (d₁) 和 (d₂) 兩圖係表示 (d) 處理即 $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 疏植距之14年生之一部份林相照片。

Here are the two pictures showing parts of the stand of (d) treatment with spacing $2.5\text{m} \times 2.0\text{m}$, 14-year-old plantations.

(d₁)

