

海岸防風林破壞跡地林下栽植更新試驗*

甘偉航 胡大維

摘要

在海岸防風林破敗林分之空隙，以修枝及伐除障礙木法，於林下植樹進行更新，試區內分單一樹種及多樹種混植，試驗項目14項，結果：苗木帶土定植成活率高達80%以上（九重吹99.5%最高），只有1、2種較低（黃檀73.8%最少）。生長量：造林滿3年之總生長量，各樹種以巨型銀合歡（平均高7.5m基徑6.1cm），黃槿（高4.5m徑7.8cm）較好；樹種混植區，各樹種生長量大小參差，樹種配合在林分組成上之功能尚不明顯；各年淨生長，第3年樹高生長多呈減降，巨型銀合歡、黃槿減降最明顯；肥大生長多呈增加，其減降者趨勢緩和；淨生長樹種間差異極顯著，適應性差者，生長量微少或不見生長，枯死甚多。光度：生長期各試區之相對光度在50%以上者佔85%，季風期，由於枝葉枯落，50%以上光度的比數高達97%。枝梢枯損，72年度耳莢相思（平均枯枝長約50.0cm）及豆類植物混植者（平均長42.0cm）枯梢量最大，海岸樹種混植區（平均枯梢長8.0cm）則較小。風速與耳莢相思之枯枝長度呈極顯著之直線回歸關係。各試區內只有巨型銀合歡林下有稚苗發生，定植滿2年試區內自生競存苗木多達389株，滿3年區內小苗最多1,363株，混植區較純林區自生苗少。

關鍵詞：「防風林」，「更新」。

一、緒言

臺灣四面環海，季節風強烈，每年風害嚴重，沿海地區的農業生產與居民的安全健康全靠防風林保護。這些防風林自光復復舊以來，早期的林分生長已瀕衰退，加之人為破壞及病、蟲與天然災害之損害，若干地區之林相已呈破敗，防風功能喪失，應予更新。據估計在全省海岸林早期造林實存之3,798公頃中⁽⁹⁾，約有半數以上應予更新，以維保安功效。臺灣由於耕地面積有限，防風林受到土地

利用的限制，用於防風林的面積狹小，所以林帶大多十分單薄，更新工作進行不易，為使海岸林在有限之地面上，達於完善之境發揮功能，對於防風林之更新、維護十分重要。

防風林更新包括多種方式與因素在內，為使易於達到更新目的，宜將各種問題一一予以探明，而對於每一更新區之環境因子，立地狀況，植被種類及植物生態等加以了解，供為更新作業之參考。除此以外在防風林更新上光度為一重要因素，一般認為林下植樹，幼苗應在50%以上之相對光度始能發

*本試驗林地，承苗栗縣政府慨允借用，試驗期中更蒙縣府林務課各位先生熱忱協助，使試驗工作得以順利完成，在此致謝。

育良好，如在30%以下則不良⁽⁵⁾。對於天然更新，光度影響種子發芽，針葉樹類在15%之相對光度，有稚苗發生⁽⁷⁾，如林分過於開曠，下層植被顯著繁茂又致更新困難，控制樹冠，減低光度至5~10%，仍適稚苗之發生。

臺灣由於環境特殊，以往過分強調林分之保安功效，因之對於海岸防風林極少實施更新作業。近年在雲林縣三條崙沿海之南北向林帶實施帶狀更新及以多樹種造成混合林頗為成功。國外重視防風林者，首推日本，該國緯度較高，海岸多種黑松，近年發生嚴重蟲害，有改用其他闊葉樹造成混合林者；⁽⁶⁾在石川縣利用洋槐種子發芽力強的特性，在衰敗之黑松林分實施天然更新者⁽¹¹⁾，值得參考。

本省海岸林多種木麻黃，因生長快速，造林後短期內即有安定風砂之效能，惜易受蟲害，加之在不良環境下壽命甚短，林分易於破敗。現時海岸林中此種衰敗林分已不在少數，需要更新，使之正常生長。本試驗以多種防風樹種進行更新，期以種子，根株萌芽的特性，造成具備天然更新之混合林，使之生生不息，一勞永逸，長保防風定砂之功效。

二、材料與方法

(一)供試樹種及名稱：

(二)更新方法：為使防風林因更新，對保安功能之可能損害減至最小，本試驗乃在海岸破敗林分空隙處，以修枝及伐除障礙木法進行更新，待造林木

表 1. 供試樹種的學名，俗名及簡名。

Tab. 1. Scientific name, common name, and name in brief of tree species for this experiment.

學名 (Scientific name)	名	俗名 (Common name)	簡名 (Brief name: Br. na.)
<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.		黃 槿	(黃 槿)
<i>Pouteria obovata</i> (R. Br.) Baehni		樹 青	(樹 青)
<i>Drypetes littoralis</i> (C. B. Rob.) Merr.		鐵 色	(鐵 色)
<i>Diospyros ferrea</i> (willd.) Bakhuizen		象 牙 樹	象 牙
<i>Palaquium formosanum</i> Hayata		大 葉 山 欖	大 欖
<i>Celtis formosana</i> Hayata		臺 灣 朴	臺 朴
<i>Aglaia formosana</i> (Hayata) Hayata		紅 柴	(紅 柴)
<i>Ficus wightiana</i> Wall. ex Benth		烏 榕	(烏 榕)
<i>Pongamia pinnata</i> (L.) Pierre ex Merr.		九 重 黃	九 重
<i>Dalbergia sisso</i> Roxb.		黃 檀	(黃 檀)
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit		巨型銀合歡	巨 歡
<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth.		大 葉 合 歡	大 歡
<i>Acacia Farnesiana</i> (L.) Willd.		金 合 歡	金 歡
<i>Acacia auriculaeformis</i> A. Cunn. ex Benth.		耳 夾 相 思	耳 夾
<i>Acacia cyanophylla</i> Lindl		藍 葉 相 思	藍 葉
<i>Calliandra calothyrsus</i> Meissn		鈍 葉 粉 槿 花	鈍 槿
<i>Eucalyptus deglupta</i> Bl.		粗 皮 桉	粗 皮
<i>Eucalyptus terreticornis</i> SM.		細 葉 桉	細 葉
<i>Eucalyptus microtheca</i> F. Muell		小 殼 桉	小 殼
<i>Casuarina junghuhniiana</i> Miq.		山 木 麻 黃	山 木
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.		木 賊 葉 木 麻 黃	木 賊
<i>Pinus caribaea</i> Morelet.		濕 地 松	濕 松

成活，視區內光度情形，將附近障礙木環狀剝皮，使之立枯，調整光度促進更新。試區內用單一樹種及多樹種混植；樹種選耐旱、抗風、結實多、根株萌芽力強者，於林間空缺處栽植，冀於長遠安定之環境下，導致天然更新。

(三)造林實施：民國70年4月2日造林，苗木全部帶土定植，成活率在80%以上。缺株於5月上旬補植一次。同年6~8月撫育除草二次。

(四)林地概況及試驗設計：試驗地設在苗栗縣後龍鎮外埔段，海岸防風林破敗跡地，距離海岸約600m。海拔高約30~40m。地形起伏，表覆淺薄砂土，次層黃土夾雜大量卵石，顯示該地似曾因地變而地形隆起者。丘高地內緣日據時期所種植之黑松仍稀疏存在。木麻黃林中夾雜相思、朴、榆、黃檀。在試驗地東南約300~400m。處為中興大學防風林試驗區，該處接近農耕地，立地較佳。據中興大學1979年調查，該處土壤pH值平均5.10~5.58。林中樹木平均胸徑為18.25cm。平均樹高9.67m。林分早期鬱閉破裂，其上層樹冠開展度大，且分枝多。林中之平均相對光度23.03%。林地地被植物有馬纓丹，鋪地黍、大果黍、白茅、野塘蒿等45種⁽¹²⁾。

本區海岸坡降比頗大，大約至海岸350m。以後地形起伏。海岸之風砂飛鹽情形，據琉球大學幸喜善福博士等於1983年10月分調查，從海岸線到內陸350m的區域，空中（地上高6m。）當風速為3.13~2.04m./sec.時，所攜帶鹽分（比電導度）為 $1.720 \times 10^2 \sim 9.015 \times 10 \mu\text{v}/\text{cm}$ ，地上高1m。風速為2.72~1.54m./sec時，鹽分為 $1.545 \times 10^2 \sim 6.950 \times 10 \mu\text{v}/\text{cm}$ 。土中1m。以內鹽分含量最高41,000 $\mu\text{v}/\text{cm}$ ，最低16,900 $\mu\text{v}/\text{cm}$ ，各測點均以土表鹽分為高⁽³⁾。該地海岸風速從1.54~3.13cm./sec.時，每單位時間（2小時）即有10,400~31,600 $\mu\text{v}/\text{cm}$ 之鹽分輸送量，季風期風速強烈，其鹽分之輸送，危害勢必嚴重。

試驗地為海岸林破敗跡地，前端當風，更新前，地被植物大半為馬纓丹。各試區大約分散在3ha.之林地內，小區長度約12~18m，寬8~12m，區內植樹50~80株。試驗項目14目（單一樹種區12項，豆類植物混植，簡稱：「豆混」“ML: Leguminous tree species mixed in a plot.”及本省海岸防風樹種混植，簡稱「海混」“Mc: Native coastal tree species mixed in a plot.”各一項組成），按小區天然分散情形逢機排列重複3次。植樹方式，株行距各1m在距離空缺邊2m。處開始種植。混植區分別用8種樹苗，每種8~10株，平均分配在試區內，隨意混植。試區外圍2~4m.之距離內，有影響的樹木約7~13株，高度約5.5~9.5m。樹冠幅約2.5~5.5m。

(五)調查整理：

1.成活率之調查及分析：

- a. 調查：定植後待樹苗有明顯生長現象時（約個半月）查定。
- b. 分析：成活率在73.8~99.5%之範圍內，直接用百分率分析之。

2.生長量及枝梢枯損調查：於每年季風後約3月底至4月初調查。樹高生長，量自地面至梢端，直徑生長，量自幹足高5cm.處，測定垂直2方向之直徑平均之。調查時並量取枝梢之枯損長度及其下端直徑。

3.季風調查：

- a. 調查時期：在東北季風期內（約11月自次年2月間）風力強盛時調查之。
- b. 使用儀器：魯濱生風力計（自記），微浪式風力計（每次觀測5分鐘平均之）及手持風向風速計（30秒間直讀）。

4.相對光度調查：

- a. 調查時期及方法：於生長期（6~9月）及季風期（11~2月）內之上午9時30分至下午4時以前，在試區內固定5點，循環多次

調查，林內、林外同時測定，求其相對光度。

b. 調查儀器：照計度 (ANA~ 300型, NO: 4627, 日本光電製)。

三、結果與討論

(一) 成活率：苗木帶土定植，其成活率高達80%、90%以上，只有少數1、2種較低，亦達70%以上，各試項成活率高低之間差異呈極顯著。成活率，單一樹種區以九重吹、漏地松、一般木麻黃成活率為高 (99.5~95.8%)，藍葉相思最低 (87.3%)，(見表2.)。多種豆類植物混植區，巨型銀合歡、大葉合歡等成活率最高 (99.5~97.6%)，黃槿最低 (73.8%)，(見表3.)。本省海岸樹種混植區，烏榕、紅柴等最高 (97.5~95.5)，黃槿最低 (78.3%)，(見表4.)。本試驗黃槿及黃檀係拌揀苗帶土定植，可能由於起苗之影響，故其成活率較低，但其最低的成活率已達70%以上，可符實用標準，其成活率之高低對於試驗之影響不大。

(二) 生長量：本試驗各項目內，各試項之間生長量差異均呈極顯著。各樹種中巨型銀合歡3年生總生長量樹高7.5m.基徑6.1cm.最佳；小殼桉、紅柴等栽培3年樹高不過1.4~1.6m.基徑1.8~2.5cm. (見表2.) 較差。樹種混植，豆類植物區以巨型銀合歡、耳莢相思、大葉合歡、鈍葉粉欖花較好，3年總生長，高2.8~3.7m.。基徑3.5~4.3cm.，黃槿、藍葉相思高約1.6m.基徑1.5~2.1cm. 甚差。海岸樹種混植區，以黃槿最佳，3年總生長樹高4.5m.。基徑7.8cm.鐵色、大葉山欖、象牙樹等最差，3年總生長樹高不過0.4~0.6m.，基徑只有0.7~1.0cm. (見表4.) 樹種混植，各樹種生長量大小參差，其在林分組成之功能上，尚不明顯。各年淨生長，第3年樹高生長大多呈減降，以巨型銀合歡、黃槿等減降最明顯，木麻黃之生長則稍有增加，其他樹種因初期生長較慢，其生長量之增減少有急劇之變動。各種樹

肥大淨生長第3年有者增加，其減降者趨勢緩和。各年淨生長仍以巨型銀合歡、黃槿生長量較大，木麻黃、耳莢相思次之，其他微小。見表3、4.)。

本試驗所用樹種，部分係選用本省恆春海岸鄉土樹種，至豆類樹種，多半來自國外。各種防風樹種中除巨型銀合歡、黃槿、耳莢相思、木麻黃等生長較好外，其他大葉山欖、鐵色等生長甚慢，且枯死亦多，此中原因由於恆春緯度較低，冬季溫暖，而本省西部海岸由於緯度之增加，超過回歸線以北之區域，氣候環境有甚大之改變，故甚多恆春海岸樹種如大葉山欖、鐵色、紅柴等，植入本省西部海岸，即因冬季低溫受害，漸呈生長不良，加之北部季風強烈，砂丘乾燥，其立地生態環境有差異，所以南部海岸樹種引入西部海岸，生長未盡理想也。⁽⁴⁾其所選用豆類樹種，供防風林更新用者，係因一般豆科植物生長較快，其枯枝落葉易於分解，加之根瘤菌可改良土壤，其豐富的種實，是促成天然更新的有利條件；現所用巨型銀合歡即因尚耐鹼性，生長快，可行萌芽及種子天然更新，在本試驗中，本種是豆科植物中生長最快的一種，尚有抗風力，可與木麻黃混種。耳莢相思對土壤酸鹼度 (3~9)，有廣闊的適應性，能生長在最惡劣的立地。它早年開花結實多，經常有豐富的天然稚苗發生，並可行萌芽更新。⁽⁸⁾本種在強風處枯枝多，與木麻黃混植生長尚好。藍葉相思極端耐旱，適於萌芽更新，它開花早，結實多，經處理之種子24小時發芽，為防風定砂之良好樹種。⁽¹³⁾本種造林後第1年生長良好，第2、3年冬季枯枝嚴重，死亡頗多，似不甚適應本省海岸之氣候環境。大葉合歡耐旱，可在pH值8.7，鹽分0.11%之立地生長，萌芽易，可行矮林作業。^(13,15)本種早年引進本省，各地栽培生長良好，其在本試驗中生長不惡，因木材利用未受重視，應予發展。鈍葉粉欖花，對土壤適應性廣，能耐乾旱，根株萌芽力強，更新

表2. 各樹種之成活率，生長量及鄧肯氏多變域測定。

Tab. 2 Brief name, survival, growth and Duncan's multiple range test for various trees in different treatments.

樹種 簡名 (Br. na.)	成活率 % (Survival)	處理 簡稱 (Br. na.)	各年樹高淨生長 (current height growth)				總生長 (Total) (m.)	樹種 簡名 (Br. na.)	各年直徑淨生長 (Current diameter growth)				總生長 (Total) (cm.)
			1981 [△]	1982	1983	1984			1981 [△]	1982	1983	1984	
九重	99.5	巨歡	0.61	2.09	3.48	1.14	7.49	巨歡	0.84	1.89	2.10	1.16	6.06
濕地	98.0	木賊	0.40	0.76	1.50	0.90	3.56	粗皮	0.38	1.55	0.53	3.13	5.60
木賊	95.8	壺朴	0.48	0.95	1.36	0.53	3.33	細葉	0.33	0.93	1.50	2.23	5.00
耳莢	93.3	耳莢	0.29	0.84	1.70	0.43	3.26	耳莢	0.30	1.13	1.93	0.96	4.40
壺朴	92.9	細葉	0.28	1.35	0.86	0.63	3.13	木賊	0.42	0.68	1.10	1.40	3.60
巨歡	92.7	豆混	0.48	0.79	1.26	0.07	2.47	濕松	0.81	1.15	0.66	0.96	3.60
豆混	92.1	粗皮	0.27	0.39	1.20	0.40	2.26	壺朴	0.55	1.34	0.90	0.66	3.46
粗皮	91.0	九重	0.56	0.93	0.48	0.21	2.18	九重	0.81	0.99	0.73	0.50	3.03
海混	89.6	山木	0.28	0.78	0.36	0.60	2.03	豆混	0.73	0.71	0.63	0.76	2.85
山木	89.2	濕松	0.43	0.29	0.50	0.76	2.00	藍葉	0.43	1.03	0.43	0.83	2.76
小殼	8.88	藍葉	0.46	0.60	0.63	0.26	1.96	紅柴	0.37	0.19	0.70	1.23	2.50
紅柴	88.1	海混	0.32	0.45	0.80	0.12	1.70	山木	0.34	0.52	0.33	1.10	2.30
細葉	87.7	小殼	0.29	0.54	0.50	0.24	1.57	海混	0.59	0.48	0.17	1.07	2.23
藍葉	87.3	紅柴	0.24	0.52	0.46	0.20	1.43	小殼	0.33	0.23	0.50	0.70	1.76
F=3.08** (df=13, 26)			F=55.13** (df=13, 26)				F=16.91** (df=13, 26)						

△定植前苗木之基本高度及直徑生長量 (Basic height and diameter growth of seedlings before planting.) 上表同行中直線相連者差異不顯著。
(Averages in a column sharing the same line are not significant at the 1% level of probability.)

表3. 豆類樹植混植區，各樹種之成活率，生長量及鄧肯氏多變域測定。

Tab. 3 Brief name, survival, growth and Duncan's multiple range test for various leguminous tree species mixed in a plot.

樹種 簡名 (Br. na.)	成活率 % (Survival)	樹種 簡名 (Br. na.)	各年樹高淨生長 (Current height growth)				M _L 總生長 (Total) (m.)	樹種 簡名 (Br. na.)	各年直徑淨生長 (Current diameter growth)				總生長 (Total) (cm.)
			1981 [△]	1982	1983	1984			1981 [△]	1982	1983	1984	
巨歡	99.5	巨歡	0.51	1.58	1.06	0.50	3.66	巨歡	0.93	1.03	1.23	1.10	4.33
鈍樸	97.6	大歡	0.73	0.49	1.63	0.26	3.13	大歡	1.03	0.73	1.43	1.00	4.20
大歡	97.5	鈍樸	0.43	1.53	0.76	0.16	2.83	鈍樸	0.96	1.17	1.00	0.40	3.53
九重	97.4	耳莢	0.30	0.53	1.48	0.38	2.69	耳莢	0.29	0.41	1.51	0.51	2.72
金歡	95.1	金歡	0.51	0.45	1.06	0.33	2.43	九重	0.90	0.59	0.66	0.30	2.46
耳莢	89.1	九重	0.56	0.54	0.40	0.33	1.83	金歡	0.56	0.82	0.33	0.36	2.06
藍葉	87.1	黃檀	0.37	0.62	0.28	0.31	1.63	藍葉	0.46	0.87	0.33	0.43	2.06
黃檀	73.8	藍葉	0.45	0.58	0.63	0.10	1.56	黃檀	0.84	0.15	0.23	0.26	1.50
F=7.93** (df=7, 14)			F=21.62** (df=7, 14)				F=18.09** (df=7, 14)						

△與表2同 (Same as Tab. 2.)
差異顯著測定同表2說明。

作業可連續15~20年；⁽¹⁴⁾ 本種在季風期枯枝嚴重，用於海岸防風林須待風砂安定之後。金合歡種子來自沙烏地阿拉伯，極端耐旱，⁽¹³⁾ 具有防風定砂功能。本種灌木狀，冬季枯枝多，對海岸之適應性較差。

表4. 海岸防風樹種混植區，各樹種之成活率，生長量及鄧肯氏多變域測定。

Tab. 4. Brief name, survival, growth and Duncan's Multiple range test for various sea coast tree species mixed in a plot.

樹種 簡名 (Br. na.)	成活率 %	樹種 簡名 (Br. na.)	各年樹高淨生長 (Current height growth)				Mc 總生長 (Total) (m.)	樹種 簡名 (Br. na.)	各年直徑淨生長 (Current diameter growth)				總生長 (Total) (cm.)
			1981 [△]	1982	1983	1984			1981 [△]	1982	1983	1984	
烏榕	97.4	黃槿	0.26	1.88	2.08	0.60	4.50	黃槿	1.19	2.00	2.46	2.10	7.76
紅柴	95.5	烏榕	0.30	0.13	0.23	1.20	1.86	臺朴	0.59	0.47	0.60	0.76	2.43
大欖	92.1	臺朴	0.40	0.59	0.33	0.40	1.73	烏榕	0.58	0.21	0.33	0.93	2.16
象牙	89.7	紅柴	0.45	0.41	0.36	0.36	1.60	紅柴	0.51	0.35	0.40	0.23	1.50
臺朴	89.3	樹青	0.32	0.11	0.10	0.73	1.26	樹青	0.56	0.27	0.23	0.36	1.43
鐵色	87.8	象牙	0.38	0.11	0.10	0.03	0.63	象牙	0.42	0.34	0.11	0.11	1.00
樹青	87.1	大欖	0.28	0.15	0.07	0.11	0.63	大欖	0.50	0.06	0.08	0.28	0.93
黃槿	78.3	鐵色	0.24	0.09	0.08	0.02	0.43	鐵色	0.36	0.10	0.06	0.13	0.66
F=3.30**						F=63.42						F=89.08**	
(df=7, 14)						(df=7, 14)						(df=7, 14)	

[△]與表2同 (Same as Tab. 2.)

差異顯著測定同表2說明。

(三) 光度：生長期 (6~9月) 試區內相對光度百分率大多在70%以上 (佔63%)，其50%以上之相對光度，平均合計達85%，且上午 (96%) 較下午 (72%) 為高，顯示區內光度充足。垂直光度分

布 (巨型銀合歡區)，高 6m. 者光照充分，高 3m. 處因枝葉多較陰，高 1.5m. 以下因被打枝，光線由側面孔隙射入，故光度反而較高，其 49% 以下之相對光度佔 86% (見表 5.)，季風期 (10

表5. 生長期各試區相對光度級所佔百分率，午前、午後、之光度及試區內之垂直光度分布 (巨型銀合歡區)。

Tab. 5. Percentages of relative light intensity grades for different Plots, the grade of percentages for a. m. and P. m., and for *Leucaena* plots in different elevations, during growing season.

相對光度級 (Grades of relative light intensity)	不同光度級所佔百分率 (%) (Percentages of relative light intensity)		不同時間相對光度所佔百分率 (%) (Time)		林分不同地上高相對光度所佔百分率 (%) (Elevations)		
	範圍(Range)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ [△]	上午9.30以後 (After 9.30, a.m.)		下午4.0以前 (Before 4.0, p.m.)		
			6.0m.	3.0m.	1.5m.		
49%以下(Under 49%)	9.2~25.0	15.0 ± 1.74	4.0	28.0	—	100.0	86.0
50~69%	16.0~31.5	22.0 ± 1.54	19.0	20.0	—	—	14.0
70%以上(Over 70%)	48.1~74.0	63.0 ± 0.39	77.0	52.0	100.0	—	—

[△] \bar{X} = 平均值 (Mean Values), $S\bar{x}$ = 平均標準差 (Mean of standard error)

a.m. = 午前, p.m. = 午後。 (a.m. = before noon, p.m. = after noon)

~2月)由於樹木枝葉枯損,試區內相對光度較生長期為高(50%以上之光度平均合計達97%),上午之光度與下午相近;垂直光度分布(巨型銀合歡區)高6m.處光度仍強,高3m.處全為50%以上之相度光度,高1.5m.處50%以上之相對光度平均合計為90%(見表6)。本試驗,試區內之光度甚強,可以斷言幼樹生長不致因光度不足發生障礙;唯更新區內如光度過強,常致雜草

叢生反而不宜,更新適當之光度應以稚樹不會萎枯,而又不需刈草之程度為理想;通常針葉樹幼林相對需光度百分率為5~20%,天然林5~30%或40%。光度為更新之重要因子,但測定時常有若干缺陷,未盡合用,最好是由林地植生來判定。⁽¹⁾本試驗由試區內雜草繁生情形判斷,更新區之光度,實已超過幼樹生長需光之程度。

表6. 季風期各試區相對光度級所佔百分率,午前、午後之相對光度及試區內之垂直光度分布(巨銀合歡區)。
Tab. 6. Percentages of the grades of relative light intensity for different plots, the grade of percentages for a. m. and P. m., and for *Leucaena* Plots in different elevations, during N. E. monsoon Season.

相對光度級 (Grades of relative light intensity)	不同光度級所佔百分率 (%) (Percentages of rela- tive light intensity)		不同時間相對光度所佔百分率 (%) (Time)		林分不同地上高相 對光度所佔百分率 (%) (Elevations)		
	範圍(Range)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$			6.0m.	3.0m.	1.5m
			上午9.30以後 (After 9.30, a.m.)	下午4.0以前 (Before 4.0, p.m.)			
49%以下(Under 49%)	0.0~ 5.0	2.25±0.70	—	0.8	—	—	10.0
50~69%	0.0~ 48.0	6.41±3.12	11.0	5.5	—	50.0	70.0
70%以上(Over 70%)	62.0~100.0	91.34±3.46	89.0	93.7	100.0	50.0	20.0

四 風速及枯枝：

1. 風力分布情形：

臺灣季風每年有強弱之分,此乃大氣環流週期之影響。本試驗,試驗時期中以民國72年(72年11月~73年2月)風力較強,造成樹木甚大之損害。據調查,當東北季風盛行時(12月中旬,下午3時以後)試區前端當風處,地上高6m.之平均最大風速,高達15.03m./sec.左右;在午後之3~5時中,平均最大風速亦達11.0m./sec.;地上高1m.平均最大風速高達9.8m./sec.其平均風速超過每秒6m.(見表7)。

。可知季風強烈時,該區1m.以上之季風已達有害之境,因此,在海岸前線還須加強防風定砂作業及防風林內部完備防風帶之建立。

2. 試區內樹木枯損情形：

本試驗各處理因樹種不同,生長速度亦異,其枯損情形大致為樹高者枯梢多,矮者少;豆類樹種枯梢多,海岸樹種枯梢少;各樹種之枝

表7. 72年東北季風期試區前端地上不同高度風速概況
Tab. 7. The distribution of wind velocities in N. E. monsoon season (1983) on different elevations, in front of experimental area.

地上高 (Elevations)	試區前端風速 (m/s) (wind velocity on wind side)	
	範圍(Range)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$
6m.	7.22~15.03	11.00±0.99
3m.	6.33~14.62	10.20±0.96
2m.	3.89~13.38	9.11±1.04
1m.	2.91~ 9.76	6.37±0.74

梢枯損量差異均呈極顯著。(見表8)。各樹種:耳莢相思,枯梢量最大(平均枯梢長52.3cm.,直徑0.6cm.),巨型銀合歡枯梢不長,但枯損直徑却甚大(長:28.1cm.,徑:0.98cm.);豆類樹種混植,細葉梭,藍葉相思,有相當程度之枯梢(枯梢長30.5~38.6cm.,

徑0.38~0.56cm.)；海岸樹種混植，九重吹、紅柴等各樹種大多生長緩慢，樹株不高，枯損量少（枯梢長度5.0~8.7cm.，直徑0.26~0.32cm.）。在海岸樹種混植區之內（樹種8種），黃槿為生長快而枯損量少者（平均枯枝長5.0cm.，直徑0.4cm.），在本省海岸樹種中，堪稱抗風力強樹種之一。

表8. 各處理之平均枯梢長度、直徑及鄧肯氏多變域測驗。（單位：cm.）

Tab. 8. Averages and Duncan's multiple range test for wind killed top length and diameter in different treatments. (cm.)

樹種簡名 (Br. na.)	枯梢長度 Length,	樹種簡名 (Br. na.)	枯梢直徑 wind killed diameter
耳 莢	52.3	巨 歡	0.98
豆 混	38.6	臺 朴	0.70
細 葉	34.8	耳 莢	0.60
藍 葉	30.5	豆 混	0.56
巨 歡	28.1	細 葉	0.55
粗 皮	26.8	濕 松	0.45
山 木	26.1	藍 葉	0.38
小 殼	26.0	木 賊	0.38
木 賊	16.8	九 重	0.37
臺 朴	12.6	粗 皮	0.36
濕 松	8.8	海 混	0.32
海 混	8.7	山 木	0.31
九 重	7.6	小 殼	0.29
紅 柴	5.0	紅 柴	0.26
E=43.00** (df=13, 26)		F=24.00** (df=13, 26)	

差異顯著測定同表2說明
(Same as tab. 2.)

3. 耳莢相思枯梢長度與風速之關係：

72年度季風期內當風速強烈時，分別在各區組測定耳莢相思樹高約1.5、2.5、3.5m.之風速5次，於民國73年3月下旬測量每區組3種樹

高各3株之主梢枯損長度。第一區組耳莢相思之樹高3.5m. (I_{3.5})~1.5m. (I_{1.5})之平均風速為14.6m./sec. ~6.3m./sec.，枯梢長度平均為53.9~33.6cm.；第二區組樹高3.5m. (II_{3.5})~1.5m. (II_{1.5})之平均風速為13.4~3.89m./sec.，枯梢長度為58.5~27.2cm.；第三區組樹高3.5m. (III_{3.5})~1.5m. (III_{1.5})之平均風速為12.7~2.9m./sec.，枯梢長度為42.1~16.3cm.。風速對耳莢相思枯梢長度之影響，經直線回歸分析，有顯著之關係（見圖1）。本試驗耳莢相思是國外引進樹種中，供為防風林用，較為成功的一種，在海岸立地良好處顯現適應性及生長潛力；它對立地有廣闊的適應性，可耐酸鹼度高達pH9.0。⁽¹⁵⁾由本試驗觀察，強烈季風及空中鹽霧對它，確有甚大之損害，在海岸栽培需待風砂安定之後或海岸第一線已建立合乎標準而完備之林分後，方可預期收到栽培的經濟效益。

4. 耳莢相思不同樹高側枝長及其枯枝長度：（樹高約1.5m.、2.5m.及3.5m. 每種各3株之全部枝條）。

3種樹高之枝長及枯枝長度之變異情形見表9。樹高約1.5m.之側枝長度在7.8~63.0cm.之範圍，其枝長在28.0cm.以下者全枯。樹高約2.5m.之側枝長度在8.9~129.0cm.之範圍，其枝長在47.0cm.以下者盡枯。樹高約3.5m.者，側枝長度在19.7~197.0cm.之範圍，其枝長在50.0cm.以下者皆枯（見圖2）。枯枝情形樹高2.5m.與3.5m.之枯枝量接近，顯示該年度季風強烈時（地上高6m.，風速7~15m./s.）對於耳莢相思側枝造成之枯損趨於上限，而樹高3.5m.之枯枝量未顯著增加者，可能係枝樞較多，其長大枝條在下方，枯枝量小，故如林分完備，配合良好，其受害程度當可大為減輕。

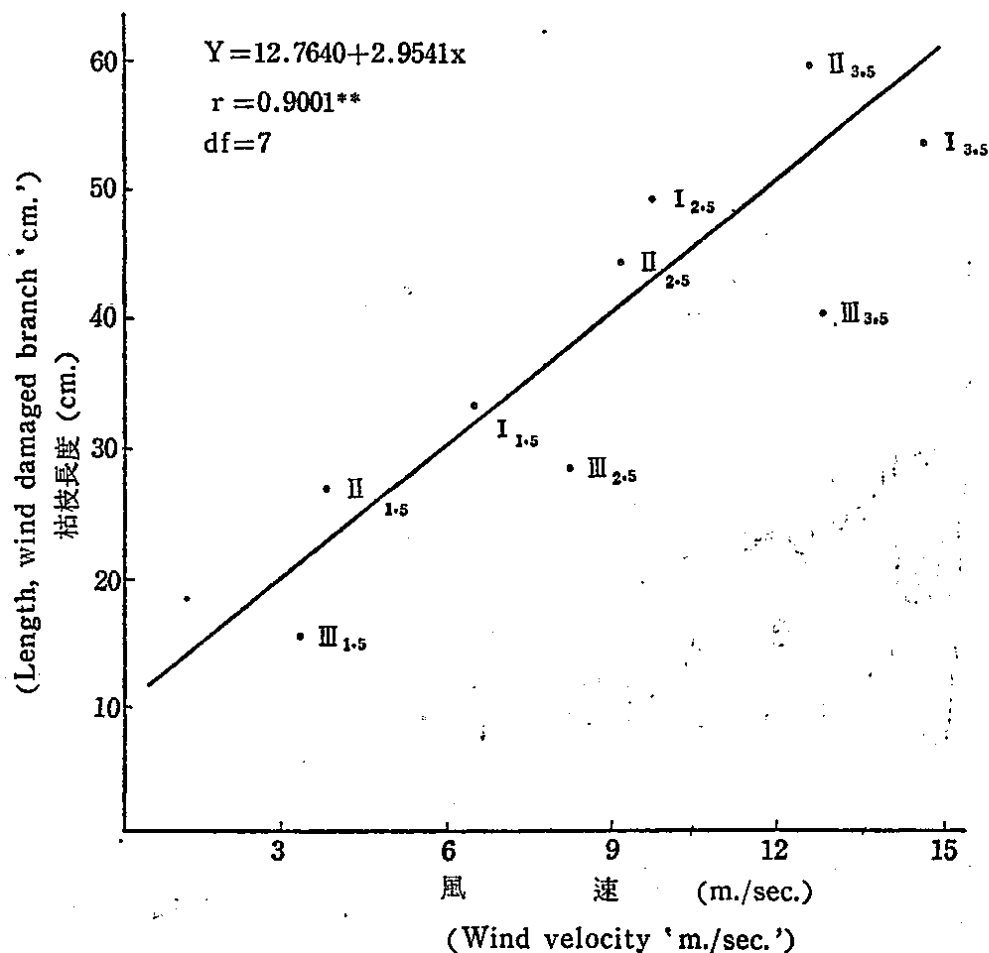


圖1. 72年度各區組內耳莢相思之枯枝長度與風速之關係。

Fig. 1. The relationship of wind damaged length of *Acacia auriculaeformis*'s branch and wind velocities. The I_{1.5}, I_{2.5}, and I_{3.5} ect. are codes of tree height in different blocks.

表9. 耳莢相思不同樹高之側枝長及其枯損長度概況

Tab. 9. Length and wind damaged length of the same branch in different height of *Acacia auriculaeformis*.

樹高 (m.) (Height)	側枝長 (cm.) (Length of branch)		枯枝長 (cm.) (Length of wind damaged branch)	
	範圍 (Range)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	範圍 (Range)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$
1.5	7.8-63.0	36.07 ± 13.97	7.8-50.0	33.93 ± 11.75
2.5	8.9-129.0	65.00 ± 30.74	8.9-79.1	49.00 ± 17.58
3.5	19.7-197.0	76.98 ± 34.74	19.7-77.5	52.31 ± 17.76

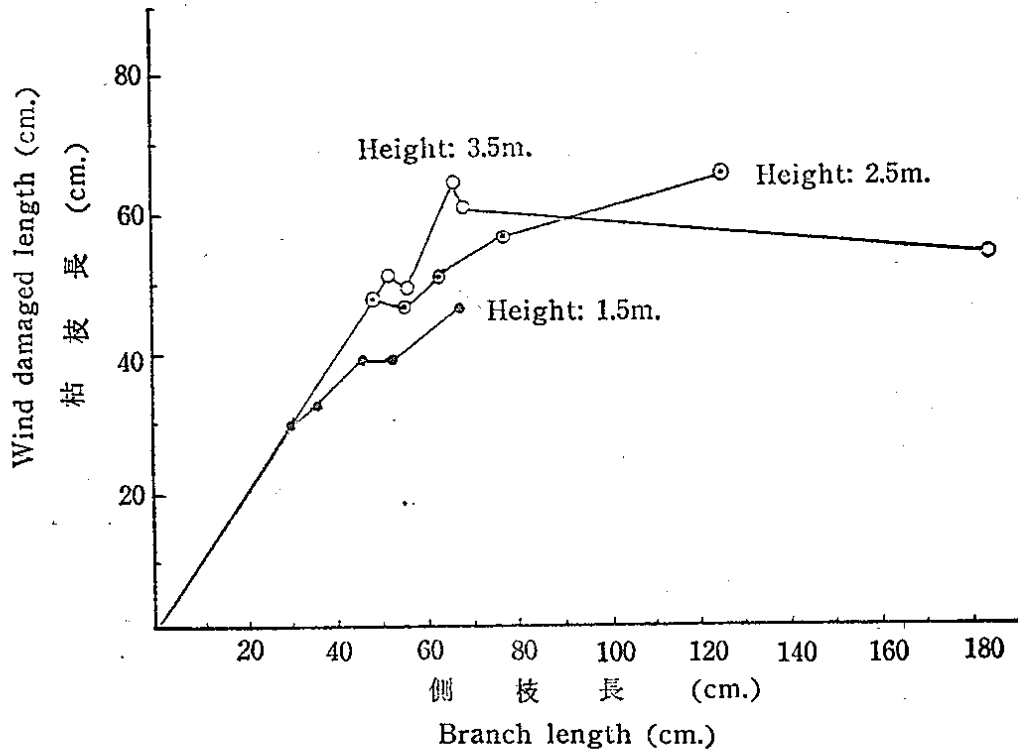


圖2. 耳莢相思不同樹高之枯枝長度。(資料來源同表9.)

Fig. 2. Wind damaged length of branch in different height of *Acacia auriculaeformis*. (data from Tab. 9.)

(d)天然生樹苗：試區內只有巨型銀合歡樹下有樹苗發生。小苗植栽滿2年，試區內自生小苗數有152~389株，5cm. 以下苗木最多(102~350株)，苗高20~40cm. 者不過20~30株。造林滿3年，區內自生樹苗322~1,363株，苗高以50cm. 以下者最多(155~1,205株)，高度1m. 左右之樹苗約100株，1~2m. 者，約20~30株。(見表10)。巨型銀合歡自生苗，純林區有253~1,269株，平均自生苗數為723株。混合林區只有163~355株，平均苗數為246株。(見表11)。巨型銀合歡雖不算特具抗風耐鹽的樹種，但它對海岸土壤的酸鹼度却有甚高之適應性。它開花結實早，種子自然繁殖有利天然更新。近年桃園海岸用巨型銀合歡與木麻黃營造的混合林，林相優美，為

一成功實例。致於銀合歡與木麻黃混合林，應如何經營更新，則是一個值得研究的問題。

結論與建議

1. 本試驗所用樹種，部分自國外引進，部分引種本省海岸鄉土樹種，各樹種由於生長環境的差異，所以生長多不理想，僅黃欖、巨型銀合歡、大葉合歡、木麻黃及耳莢相思等生長較好，可充海岸造林之用。此外，象牙樹、大葉山欖、鐵色等，定植後不但死亡率高，且自栽培以來幾乎不見生長，似不宜於冬季乾旱，環境惡劣的海岸造林。
2. 林下植樹更新，區內光度為一重要因素，經調查生長期相對光度在50%以上者多達85%，判斷區內光度對於樹木生長，不致有太大的影響，主要

表10. 試區內巨型銀合歡自生苗數量及其高度

Tab. 10. Numbers and height class of natural seedlings being counted and measured for *Leucaena leucocephala* in the experimental area.

樹齡 (Years)	小區苗數 (No. seedlings/plot) (No.)	發生面積 (Areas) (m ²)	苗高階 (Height grades) (cm.)	自生苗數量 (No. natural seedlings) (株)	
				範圍(Range)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$
2	152~ 389	11~18	Under 5.0	102- 350	199.66± 39.91
			5.1- 20.0	0- 39	15.16± 6.04
			20.1- 35.0	6- 21	10.66± 2.17
			35.1- 50.0	5- 25	15.38± 3.48
			Over 50.0	4- 68	30.00± 9.98
3	322~1,363	15~23	Under 50.0	155-1,205	624.00±188.17
			50.1-100.0	5- 70	24.83± 9.35
			100.1-150.0	12- 30	18.66± 3.22
			151.1-200.0	15- 25	19.33± 1.52
			Over 200.0	3- 33	14.83± 5.28

表11. 巨型銀合歡純林區及混合林區自生苗木之數量。

Tab. 11. Numbers of natural seedlings in pure, and mixed stands of *Leucaena leucocephala*.

林分 (Stand)	自生苗數量 (Number of natural seedlings) (株)	
	範圍 (Range)	$\bar{X} \pm S\bar{x}$
純林區 (Pure stand)	253-1,269	723.33±172.52
混合林區 (Mixed stand)	163- 355	246.50± 29.92

由於立地條件太差，對於條件太差的林地，不宜用塊狀或林下植樹更新，應行帶狀作業，並用機械整地，必要時播種肥料植物，增加林地養分，使造林木定植後得以充分發育，增加對多期惡劣環境的抗力，達成更新。

3. 巨型銀合歡生長尚好，本種開花結實早，區內已見樹苗發生，將可促成天然更新，值得利用。

耳莢相思是近年國外引進樹種用在防風林上，生長適應性較佳的一種，它在季風期雖枯枝量較大，但生長快速（馬來，海岸後方砂地，3年生樹高9~12m.）⁽¹³⁾，又係豆科固氮樹種，根部根瘤菌具固氮作用，增加林地肥力；大量之枯枝腐葉（每年每公頃4.5~6.0噸）增加林地有機質，改良土壤，促進林木生長。原產地常見樹形良

好，遺傳性質優良之單株，⁽¹⁵⁾ 引種選育抗風耐鹽品系，用在防風林上，將是甚有潛力的樹種。本種造林3年已見開花結果，雖未見稚苗，料想必能藉種子繁殖形成天然更新。

4. 鑑於本省海岸人工防風林，每因風災受害甚大，但天然海岸林則受害較輕，⁽¹⁰⁾ 建立具備天然更新的林分，多多選用抗風、耐鹽、結實多、根株萌芽力強，具備多種特性的樹種，造成複合林，以其不同樹種之組合，增加林分之健全性，⁽¹⁾ 藉其對環境的抗力，在自然發展之過程中，使林分層次的構成，具備堅強之抗風力，⁽¹⁰⁾ 減少風災的損害。致於海岸防風林更新宜用那些樹種、如何配置，缺乏實際資料，⁽²⁾ 但有一項原則值得參考，是：如一地區雨量稀少，土壤貧瘠，氣候環

境惡劣之立地，宜以林內更新形成複合林，並以多樹種為宜。⁽¹⁾以臺灣目前之環境地位而言，建造複合林促進天然更新，應為今後海岸林經營發展的趨向。

5.本省海岸地區乾旱、多風、環境惡劣，防風林不斷遭受各種逆壓因素衝擊，所受之破壞極大，林分之建立頗為不易，加之各種防風樹種來自不同生育地，是否適應當地風土，需要時間驗證，而由混合林演替天然更新，尤賴歲月完成，必須寬列經費，加強維護，扶植成林，才有望達成天然更新。

引用文獻

- 1.李遠欽譯。1983。複層林之營造。臺灣林業。第9卷第7期。pp. 12-20.
- 2.李遠欽譯。1983。落葉松之列狀疏伐及林下栽植。臺灣林業。第9卷第4期。pp. 18-21.
- 3.林渭訪。1951。漫談臺灣造林樹種之固有種已引種種及擬引種種。林產月刊。第8卷。p. 2.
- 4.洪良斌。1982。林相改良之新科技及林相改良後多層林之經營研究。臺灣林業。第8卷第2期。pp. 6-8.
- 5.陳昌秀、林良圖。1979。考察日本海岸防風砂林心得與建議(二)。臺灣林業。第5卷第8期。pp. 22-26.
- 6.陳清梅。1985。檜木林之天然更新。臺灣林業。第11卷第2期。pp. 12-18.
- 7.陳憲國、黃耀熙。1982。兩種速生相思樹簡介。臺灣林業。第7卷第10期。pp. 11-12.
- 8.陳繁首。1980。從國土綠化及改善生活環境談森林試所研報 民國76年3月 第2卷第1期
- 林之防風機能(五)。臺灣林業。第6卷第6期。pp. 23-25.
- 9.斯庫。1947。颱風與臺灣植物分布之關係。林業試驗所報告。第6號。
- 10.顏仁德等。1982。赴日研習「防風林之規劃及營造」報告單行本。
- 11.羅紹麟、林喻東。1970。(一)木麻黃之更新及木材利用。與大農學院實驗林研究報告第2號。
- 12.幸喜善福、大神又三。1984。臺灣海岸附近空中鹽分附着量調查報告。臺灣林業。第10卷第10期。pp. 11-35.
- 13.(Ad Hoc Panel) 1983. Mangium and other Fast-Growing Acacias for the Humid Tropics. National Academy press, Washington, D.C.
- 14.Evans, J. 1982. Plantation Forestry in the Tropics. Clarendon Press, Oxford, England.
- 15.Goor A. Y., C. W. Barney 1968. Forest Tree Planting in Arid Zones (6):278-279.
- 16.(Panel on Calliandra) 1983. Calliandra: A versatile Small Tree for the Humid Tropics. By NATIONAL ACADEMY PRESS. Washington, D.C.
- 17.(Panel on Tropical Legumes) 1979. TROPICAL LEGUMES: Resources for the Future. By NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Washington, D.C.

Regeneration of Deforested Sites of Coastal Windbreaks by Underplanting

Wei-Hong Kan Ta-Wei Hu

Suammy

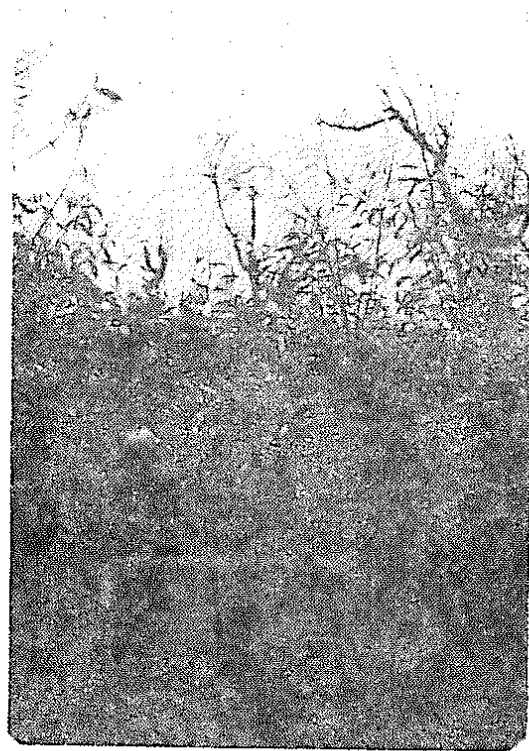
This experiment was conducted during the 1981 planting season at coastal windbreak of Hou-Lun, Mao-Li, with 12 tree species each as treatment and two additional planting conditions. (Eight leguminous tree species and eight native coastal species mixed in a plot, respectively). They were made 14 treatments and arranged randomly with three replications. That the trees were planted in deforested sites by means of underplanting. After 3-year growth of various trees, highly significant differences are found among treatments in total growth, having a range of 7.49 to 1.43m. for height growth, and 6.06 to 1.76cm. in diameter. *Leucaena leucocephala* was the leading. The growth *Casuarina equisetifolia*, *Celtis formosana*, and *Acacia auriculaeformis* also grew well; the growth of *Eucalyptus microtheca* was poor. (Tab. 2.). Total growth of the 2 accessions M_L* (Eight leguminous tree species plot) and M_c* (Eight coast tree species plot) also have highly significant differences; in the former (M_L),* *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbek*, *Calliandra calothyrsus* and *Acacia auriculaeformis* are better. *Dalbergia sisso* and *Acacia cyanophylla*, worse. (Tab. 3.); in the latter (M_c),* *Hibiscus tiliaceus* is the best with height growth of 4.5m. and diameter, 7.76cm. *Drypetes littoralis* and *Palaquium formosanum* are poor, having a growth ranging from 0.43-0.65m. in height and 0.66-0.93cm. in diameter (Tab. 4.). Annual current height growth showed decrease in the third year, that the growth of *Leucaena leucocephala* and *Hibiscus tiliaceus* dropped abruptly that the current height growth was 3.48m. (2ed year) and 1.14m. (3rd year) for the former, and 2.08m. (2ed year) and 0.60m. (3rd year), the latter; the increment of annual diameter growth depended upon the tree species; in the third year, the growth of some species increased and some other dropped, even so,

*M_L: Leguminous tree species mixed in a plot.

M_c: Native coastal tree species mixed in a plot.

the trend of dropping was gently. Relative light intensity of over fifty percent had 85% in the experimental area. The relationship between windvelocity and winddamaged length of branch of *Acacia auriculaeformis*, was significant in linear regression test (Fig. 1). That the branch was damaged severely in the area with strong wind. Natural seedlings of *Leucaena leucocephala* were found in the experimental area. That 152-389 seedlings presented in a plot in the second year, 322-1,863 seedlings, in third year; height of seedlings under 5cm. had ninety percent for the former, under 50 cm., eighty eight percent, for the latter.

In view of the fact that the species of *Hibiscus tiliaceus*, *Leucaena leucocephala*, *Casuarina sp.*, *Celtis formosana*, *Acacia auriculaeformis* and *Albizia lebbek* could be an outstanding candidates for providing coast windbreak on regeneration needs.



Three-year-old plantations of *Acacia auriculaeformis* at the coastal area of Mao-Li Hsien

(Left: on wind, right: under the lee.)

種植苗栗海岸 3 年生之耳莢相思林分

(圖左：當風之林分，圖右：背風之林分)