

苗栗海岸地區不同齡級木麻黃防風林生長之調查

陳財輝 呂錦明 沈慈安

摘要

對栽植於苗栗縣後龍鎮海濱之不同齡級木麻黃防風林，實施樣區調查，並設置枝葉收集網，調查各齡級木麻黃林分葉量(接合小枝)之季節性變動，以及從竹南氣象站，收集近年來本地區之降雨量。調查結果顯示，各齡級木麻黃林分密度，每公頃從400株到7,500株左右，不同齡間有極大之變化，幼齡林分之幹部分叉現象嚴重，由於林冠之競爭激烈，導致幼齡木之生長不良，而老齡林分則又過於疏開，難以收到良好的海岸防風效果。試驗林分之形狀比為48-113，13年生以下林分皆在100以上，而17年生以上林分則低於70，顯示老齡林分之抗風能力較強。試區林分之地被植物，亦隨著木麻黃林分之生長而異，幼齡林之地被植物數量較少，壯齡林則以纏繞植物及馬纓丹為較多，而且纏繞植物會影響林木的生長，老齡林之地被則以陽性植物之馬纓丹為優勢種。木麻黃林分落枝葉量的最高峰在10-11月間，受東北季風之影響極大，而林分最少葉量生產則可能在8、9月間。本地區之降雨量，主要分布在2-8月間，歷年來之月份降雨量變化極大，對海岸造林極為不利，而9月~翌年1月間之雨量極少，現存海岸林分深受東北季風帶來高濃度鹽沫的危害，嚴重影響林木之生長。

關鍵詞：木麻黃、防風林、生長

陳財輝，呂錦明，沈慈安1990，苗栗海岸地區不同齡級木麻黃防風林生長之調查，林業試驗所研究報告季刊，5(1)：17-24,1990.

Investigation on the Growth of Casuarina Windbreaks of Different Age Classes in Miao-Li Coastal Area

Tsair-Fuei Chen, Chin-Ming Lü and Tse-An Shen

[Summary]

Sampling plots were set to investigate the growth parameters of uneven-aged casuarina (*Casuarina spp.*) plantation on the seashore of Miao-Li county, litter trap were also set to study the seasonal leaffall variation, precipitation data were collected from Tsu-Nan weather station.

The results showed that, the stand density of different age-classes varied from 400 to 7,500 trees per hectare, young stand crotched severely; growth of the young trees performed very badly by crown competition, and stand density of old stands were too low to provide sufficient protection. The shape ratio (tree height/DBH) of the sampling plots were 48 to 113 in which stands under 13-year-old of age have a higher shape ratio (above 100), and old stands (over 17-year-old) have a lower ratio of under 70, this means that the old stands have better wind resistant ability.

The ground vegetation varied with the growth of the casuarina stands, very few in young stands, and more in elder stand. Vigorous growth of twiner plants and common lantana (*Lantana camara*) affect tree growth severely. In the old stands, the common lantana were the dominant species.

1989年6月送審

1989年8月通過

Maximum leaf fall of casuarina stands were between October to November, it was influenced by the north-eastern monsoon, and the maximum leaves production were in August and September. Most of the rain fall were in February to August, variation of the month rain fall were very high within the last six years, it makes the reforestation practices very difficult. Rain fall were very low from September to January of next year, and the trees of the windbreaks suffered from salt sputter brought by strong north-eastern monsoon, it reduces growth of the trees severely.

Key words: Casuarina, Windbreaks, Growth.

Tsair-Fuei Chen, Chia-Ming Lü, Tse-An Shen, 1990. Investigation on the Growth of Casuarina Windbreaks of Different Age Classes in Miao-Li Coastal Area. Bull. Taiwan, For. Res. Inst. New Series. 5(1):17-24, 1990.

一、緒 言：

木麻黃類(*Casuarina* spp.)原產於澳洲，在兩洋及其他熱帶地方栽培極廣，公元1897年臺灣南部恆春之熱帶植物殖育場(現為本所恆春分所)，開始從小笠原群島引入本省試植，在1910~1913年間，大量引入種子培育，前後引入11種，由於其防風作用強，不數年之間，即成為本省海岸主要樹種。民國48年農復會調查本省海岸林面積中，即已有83.8%為木麻黃林分(盛志澄、康瀚，1961)，羅紹麟(1983)調查本省西海岸防風林面積中，以木麻黃占75%為首，由此可知，截至目前木麻黃類仍為本省海岸最重要之造林樹種。

過去本省海岸造林，皆以木麻黃純林為主，雖然木麻黃生長速度極快，但在海岸地區林分極早即呈現生長衰退現象，故盛志澄、康瀚(1961)即概略以20年生以上林分為老齡林，6~20年生為壯齡林，6年生以下為幼齡林來區分。由於木麻黃之自然輪伐期(physical rotation)極短，因此木麻黃海岸林之經理與一般林分不同，柳梧(1975)稱木麻黃為海岸林之造林“先驅”樹種，在海岸林之生態演替(ecological succession)上實有其意義。

海岸林係為保安林分，由於木麻黃林分無法以天然下種更新方式重建(郭幸榮，1984)，目前在本省海岸林之經營上，原則上均不加以伐採，僅就海岸林風害木加以處理，以及實施病蟲害防治而已(何繼光等，1983；張玉珍、翁永昌，1985)，對於壯齡林之撫育、間伐，以及老齡林更新方法等，仍極少加以探討。因此，對海岸林

之經營，是否可按劉慎孝(1976)對保安林之經營方式所云：「除非絕險地(在海岸林而言，亦即在林分外緣，且有風害危險之地區)之絕對不能伐採者外，其餘在地理條件許可之情形下，亦應加以有限度之伐採，以實施林分更新」，此尚有待多加研究。

由於海岸林處於特殊之環境適應條件，其林分之營造技術較為複雜(陳財輝，1987)為確立海岸木麻黃林分之育林方案，首先必須了解各齡級木麻黃海岸林分的現況，藉著現存林分之調查，以了解木麻黃人工林於海岸適應環境之生長特性，並解析各齡級木麻黃之林分構造，供混植其他林木，或改良木麻黃海岸林分之生長結構，促進海岸林之保安功能永續維持。

二、研究材料及方法

本試驗地設置於苗栗縣後龍鎮大山腳段海濱為調查不同齡級(31、17、13、8、5年生)木麻黃林分生長之情形，於民國76年9月在各齡級林分設立600 m²(20×30m)之樣區各3個，迨樣區設定後，隨即調查各樣區內林木之胸高直徑、樹高及枝下高。依每木調查之結果，在各齡級之各樣區內伐採標準木1株，並以Smalian區分求積式計算樣木材積，再以樣木材積與樣木胸徑之迴歸模式，推估全林分之單位材積。

各齡級樣區林分內胸高直徑及樹高之頻度分布，以SAS(FREQ)統計軟體(Stephenie, 1985)計算其所占之頻度(比例)，同時計算其分布曲線之歪度、峰度及變異度，並用Fisher法(葉樹藩，1962)檢定其是否顯著。

為了解各齡級樣區林分內，地被植物之種類

及重量，於76年10月實施收穫調查，並各取小樣品200g帶回實驗室，在電氣爐乾器內，以150℃將小樣品烘乾至恆重為止，並換算成單位重量來比較，再以SAS(REG)計算地被植物重量與木麻黃林分生長形質之相關係數。

為調查木麻黃各齡級之林分葉量(接合小枝，以下皆同)季節性的變化，於各齡級樣區內設置4個枝葉收集網(Littertrap)。枝葉收集網之設計，係以8號粗鐵絲網成直徑1m之圓框，外覆1mm網目之白色紗網，深度1m且略呈半橢圓形。枝葉收集網呈圓形，主要係減少邊緣效應(高毓斌, 1985)，各枝葉收集網之周圍，再各以長約150cm、徑約5cm之竹桿為木樁，並以12號鐵絲緊縛，使收集網懸空、不與地面接觸，且方便人為之收集工作，之後每月定期前往現場收集林分落枝葉量，並以105℃烘乾至恆重為準(附表1)

。另外，從竹南畜產研究所(苗栗縣境內)之氣象站，收集民國70-75年之各月份降雨量，以了解歷年來該地區降雨量影響造林生長之情形(附表2)

三、結果與討論：

本試驗地外緣海邊係屬於伸展性海岸，苗栗縣政府每年繼續在海灘部份定砂造林，因此各齡級林分之配置，大致可由內陸向海邊方向來區分。雖然該縣府之海岸造林地範圍，登錄有30~40年生之造林地，但事實上隨著海邊外移，內緣老齡林分過去被移作他用，真正要找出20年生以上之試驗林地頗不容易。

各齡級樣區林分調查之結果，其林分組成及生長狀況，如表1所示。

表1. 不同齡級木麻黃林分之生長資料

樣區代號	年 齡 (年生)	平均胸徑 (cm)	平均樹高 (m)	形 狀 比 (H/D)	枝 下 高 (m)	林分底面積 (m ² /ha)	林分密度 (株/ha)	林分材積 (m ³ /ha)
A1	31	26.0±8.7	11.6±2.0	48±12	3.3±1.3	245	417(306)+ 136(100)+	154.1
A2	17	16.7±4.8	10.7±1.8	67±15	4.1±1.6	189	800(667) 120(100)	106.9
A3	13	7.7±3.4	6.7±1.4	100±33	2.1±0.9	190	3411(2078) 164(100)	93.9
A4	13	6.9±2.7	6.6±1.5	102±24	4.3±1.1	150	3511(2122) 165(100)	71.1
A5	8	5.8±1.8	6.2±0.8	113±26	3.9±0.6	158	5344(4311) 124(100)	70.6
A6	5	4.6±1.7	4.4±0.8	99±34	1.4±0.4	150	7500(4000) 224(100)	64.9

·: 括弧內數值，係主幹在胸高以下分叉者，僅單獨以1株計算。

··: 以括弧內數值為100來比較。

由表1可知，木麻黃林分密度在各齡級間變異極大，8年生以下之幼齡林分，每公頃在5,000株以上，而13年生之壯齡林分則約為3,500株，但17年生(接近老齡林分)以上，則急劇降至1,000株以下。若以主幹在胸高以下分叉者為1株計，很明顯可看出各齡級木麻黃海岸林分之分叉現象極為普遍，尤其5年生之幼齡林分更為嚴重，此或係幼齡林位於海岸林分之外緣，長年受到強風侵襲之影響所致(陳財輝、呂錦明, 1988)。

形狀比係樹高除胸徑之值，其值不僅可表示林木幹型尖削的程度，而且可為林分抵抗災害之指標，一般林分形狀比在70以上，即易遭受風雪

之危害(小田, 1984; 江崎、田中, 1983)。隨著林齡之增長，本試驗林分之平均胸徑、平均樹高雖亦逐漸增大，但林分形狀比則與林齡呈反比，其值為48-113，13年生以下的木麻黃林分形狀比皆在100以上，而17年生以下較老林分，則低於70，此顯示木麻黃幼齡林木較為細長，其林分抗風力較差，相對地老齡林分則顯示出抗風力較強，其或係長年來抵抗強風等危害而尚能存活之結果。5年生(A6)林分之形狀比值較8年生(A5)林分之值為低，此或係5年生林分之樹梢被強風吹枯，以致高生長較正常者差，而8年生林分因在林分較內緣，衝梢被強風吹枯之比例較小

之故。

各齡級木麻黃林分，在胸高直徑階及樹高階

之頻度分布，如圖 1 所示，而各頻度分布曲線之歪度及峰度值，則如表 2 所示。

表2. 各齡級木麻黃林分分布曲線之歪度與峰度

樣區代號	年 齡 (年 生)	a.胸 高 直 徑			b.樹 高		
		歪度	峰度	變異係數(%)	歪度	峰度	變異係數(%)
A 1	31	0.474	-0.210	33.36	-0.816*	0.540	17.38
A 2	17	1.003*	1.733*	28.87	-0.785*	0.198	16.78
A 3	13	0.790*	0.490*	45.26	-0.646*	-0.148	20.30
A 4	13	1.129*	1.147*	38.82	0.145	-0.695*	23.50
A 5	8	1.144*	1.325*	31.62	-0.864*	0.481*	12.30
A 6	5	1.582*	4.915*	34.51	-0.542*	0.846*	18.22

* : 5%顯著水準

測定變值分布離開對稱程度的介量，稱為歪度介量 (Skewness Parameters)，而峰度 (Kurtosis) 則為變值集中與離散的型態 (葉樹藩, 1962)。由表 2 之 a 項可知，31 年生 (A1) 木麻黃林分胸徑分布之歪度及峰度皆不顯著，而極可能為常態分布，其他各齡級林分之胸徑分布曲線，則皆為顯著，且呈高峰在左之 L 型右偏斜分布 (Skew to the right)，亦即顯著出林分中胸徑小的林木比例居多 (圖 1-a)。表 2 之 b 項顯示，各樣區林分樹高分布曲線之歪度，除 A4 樣區外，其餘皆

為顯著，且呈高峰在右之 J 型左偏斜分布 (kew to the left)，而樹高峰度分布，在 A1、A2、A3 樣區為不顯著，而為常態峰度，A4、A5、A6 樣區則為顯著，由此可知 A4~A6 等較年輕林分之樹高相若者較多，彼此之間林冠的競爭較為激烈，但 A1~A3 等較老齡林分則呈常態分布，林木間樹高之競爭顯然較為減少 (圖 1-b)。可是 A3、A4 樣區林分，雖同屬 13 年生，但其樹高分布曲線樣式則完全相異，由現場調查判斷，其或係受到地形位置影響所致，A4 樣區由於受到風害，樹

表3. 各齡級木麻黃樣區林分地被植物乾重 (ton/ha)

植生 \ 樣區代號	A1	A2	A3	A4	A5	444(5)	學 名
種類 \ (年生)	(31)	(17)	(13)	(13)	(8)		
馬 纒 丹	4.043	3.843	0.787	0.523	0.582	0.048	Lantana camara
銀 合 歡	0.189	0.056	-	-	-	-	Leucaena glauca
濱 芒	-	0.056	-	-	0.006	0.003	Saccharum spontaneum
沙 朴	-	0.009	-	-	-	0.008	Celtis sinensis
桑 樹	-	0.027	-	-	-	-	Morus alba
構 樹	-	-	0.078	0.003	-	-	Broussonetia papyrifera
三 叉 皮	-	-	0.061	0.020	-	-	Evodia lepta
馬 藍	-	-	0.093	-	-	-	Baphicacanthus cusia
藤 菜	-	-	0.010	0.012	0.041	0.054	Houttuynia indica
兩 嶺 堯 花	-	-	-	0.004	-	-	Wikstroemia indica
懸 鉤 子	-	-	-	0.035	-	-	Rubus spp.
雞 屎 藤	-	-	-	-	0.018	-	Paederia scandens
山 葡 萄	-	-	-	-	0.004	0.012	Ampelopsis brevipedunculata
千 金 藤	-	-	-	-	-	0.004	Stephania japonica
合 計	4.282	3.990	10.29	0.598	0.661	0.129	

梢被吹枯之影響較嚴重，樣區內幼小林木顯然較 A3 為多，因此樹高之至度呈常態分布，而株度則有顯著差異。

由林分之胸徑及樹高頻度分布曲線樣式，可推估林分間之競爭的情形(陳財輝、呂錦明, 1988; 小笠原, 1988)。由本試驗調查結果，可知木麻黃林分競爭甚至已提早至 5 年生，此與甘偉航(1977)之觀察一致。因此為避免此種競爭現象導致林木生長遲緩，減少目前幼齡林之林分密度，或者重視幼齡林木分叉現象的嚴重性，以期能促進幼齡木之健全生長。

各齡級樣區林分之地被植物乾重，如表 3 所示。

表 3 顯示，8 年生以上之木麻黃林分的地被

植物，主要係由馬纓丹(Lantana camara)所構成，其他草本植物僅占少數。31、17 年生之樣區林分，由於木麻黃林分株數較少，林分生長空間較為疏開，故馬纓丹之數量極多；此或係馬纓丹為陽性植物，其生長迅速且能而乾旱，因此為老齡之木麻黃林下之重要植物(洪丁興等, 1976)；而 13~8 年生林分稍較鬱閉，其他地被植物數量則逐漸減少，可是此時在林分較疏開處，攀緣纏繞性植物很多，若不及時加以清除，對林木生長有不良的影響；5 年生樣區林分極為鬱閉，故其地被植物極少。因此，由馬纓丹等地被植物分布之多寡，或可供各齡級木麻黃林分生長之參考，此由馬纓丹量與木麻黃林分生長形質間，有極顯著之相關可知(表 4)。

表4 地被植物重疊與木麻黃林分各項形質間之關係數

生長形質	馬纓丹量	地被植物量	年齡	胸徑	樹高	枝下高
地被植物量	0.999**					
年 齡	0.815**	0.822**				
胸 徑	0.826**	0.828**	0.954**			
樹 高	0.975**	0.975**	0.855**	0.955**		
枝 下 高	0.094	0.062	0.110	0.003	0.149	
林 分 密 度	0.928**	0.933**	0.852**	0.891**	0.923**	0.026

*: 5% 顯著水準 **: 1% 顯著水準

各齡級木麻黃樣區林分之月份別落枝葉量，如圖 2 所示。

由圖 2 可知，各齡級間之落枝葉量，大致在 10、11 月份(76 年 11 月，77 年 10 月)為最高峰，而且幼齡林之落枝葉量較老齡林為多，此亦如前述，幼齡林分位於林分較外緣，受到東北季風之影響較內緣老齡林分為大之故。但從 77 年 2 月~8 月之落枝葉量極少，而且此時幼齡林之落枝葉量反而較老齡林為少，由於 3 月以後木麻黃新葉之生長速度慢，由此或可推論，各齡級木麻黃林分最多葉量可能在 8、9 月間，此時本地區之東北季風尚未開始(柳柳, 1975)，不過，此尚繼續調查。在 9 月中旬以後，東北季風逐漸增加，很明顯可看出樣區林分落枝葉量急劇增加，而 2 月初東北季風停止後，林木又開始恢復葉量生產。因此在檢討木麻黃林分葉量變化時，須注意林分葉量季節性之變動(陳財輝、呂錦明, 1988)。本調查結果顯示，在 8、9 月間實施木麻黃生物量調查，避免季節風之影響，方能了解海岸木麻

黃林分的最多葉量，此與一般林木在多季，林木停止生長之期間，方實施生長調查不同。

竹南氣象站 6 年間(民國 70~75 年)之月別降雨量，如圖 3 所示。

此 6 年間之年降雨總量於 1,700~2,500mm 之間(附表 2)，各年度之總降雨量變化不大。由圖 3 可知，竹南地區降雨量，從 9 月~翌年 1 月間極少，而主要分布在 2-8 月份間，並且在各年度間月份降雨量變化極大，由於此種現象，造成選擇適當的栽植時期極為困難，一般雖在清明前後(農曆 2 月 29 日，國曆 4 月 5 日左右)栽植，但是也不能保證全部成活。甘偉航(1962)指出，一般沿海地區之栽植成活率僅有 60~70%，鹽分地之栽植成活率更低，因此海岸造林經常需要一再地補植。而且由於裸露砂土地表下 10cm 層之水分滲透極快，容易達植物之凋萎點(陳財輝等, 1988)，於造林初期，新植苗木免不了受到移植傷害，在其尚未回復生長活力時，必須使苗木根系不能再受到乾燥危害，因此必須注意栽植深於地表層 10

附表1. 不同齡級木麻黃林分之落枝葉量乾重(g/m²)

樣區代號 時間 \ (年生)	A1 (31)	A2 (17)	A3 (13)	A4 (13)	A5 (8)	A6 (5)
76.11	125.8	94.1	123.0	90.0	160.0	205.6
12	30.0	18.6	38.5	35.8	36.2	30.1
77.1	39.4		49.9	45.6	42.6	24.8
2	16.6	24.5	18.8	18.7	10.0	5.7
3	33.2	31.4	17.6	17.2	7.7	5.6
4	34.6	38.3	13.3	15.1	4.6	1.4
5	64.6	50.3	18.6	16.6	13.6	4.4
6	59.3	67.1	47.2	38.1	30.4	18.8
7	56.4	49.5	37.4	38.3	19.0	21.1
8	49.3	42.0	37.5	32.6	23.4	26.4
9	46.8	25.4	37.8	39.9	32.8	43.3
10	128.7	86.6	154.1	150.5	172.3	211.0
11	97.9	78.8	88.2	89.2	94.0	95.4
12	34.3	18.7	43.6	47.7	67.2	33.2
78.1	44.6	27.8	44.4	43.2	42.2	32.4

附表2. 竹南氣象站歷年之月別降雨量(mm)

月 \ 年	70	71	72	73	74	75
1	0.9	14.1	111.2	46.1	47.4	8.1
2	88.6	99.9	446.2	72.8	533.0	142.3
3	158.8	125.5	632.6	172.8	105.7	481.8
4	65.9	164.1	90.0	336.1	172.8	60.5
5	639.8	163.1	302.9	492.7	46.7	397.4
6	418.6	569.1	114.4	388.7	165.7	199.1
7	597.3	146.7	68.1	73.2	170.1	22.2
8	256.1	196.8	93.1	460.8	333.0	218.1
9	52.9	7.0	24.9	2.8	120.5	217.7
10	11.6	1.3	2.1	34.1	20.5	8.3
11	110.0	161.8	0.7	7.6	57.2	83.4
12	111.8	45.8	46.2	7.6	109.8	25.4
合計	2512.3	1695.2	1932.4	2095.3	1682.5	1665.3

cm以下之處。由於從9月至翌年1月間之降雨量極少，再則本地區在此期間，東北季風極為強烈，強風吹送鹽沫附著於海岸林木上，因無足夠的降雨，以淋洗樹體上過多的鹽分，尤其外緣林木

因吸收過多的鹽分，以到造成枝葉枯萎，且新長成的接合小枝有膨大的現象(彭茂雄，1975)，在本地區則可能因鹽風危害，自葉基產生離層(Hayware, wadleigh, 1949)，而造成落枝葉量的大

量增加, 此種鹽風危害海岸森林的機制, 尚有待多加探討。總之, 本地區海岸林木之生長, 受到東北季風及降雨量等氣象因子影響極大。

四、結論與建議

根據上述分析討論, 可得下列幾點結論:

1. 本試驗地各齡級林分密度, 從每公頃 400 株到 7,500 株左右, 不同齡級林分間變化極大。木麻黃幼齡林幹部之叉叉現象嚴重, 此或係海岸環境惡劣所造成的結果, 由於林木主幹分叉, 導致林木向上生長不良, 因此除了在林分外緣且有風害危險之處以外, 廠內綠幼齡木或可考慮實施間伐, 以促進幼齡木之健全生長。老齡林分之生長空間, 則又過於疏開, 難以發揮良好的海岸防風作用。

2. 木麻黃豫區林分之形狀比為 48-113, 13 年生以下較幼齡林皆為 100 以上, 而 17 年生以上較老齡林則低於 70, 顯示出老齡林分抗風能力較強。

3. 從各齡級林分之胸徑及樹高頻度分布, 可知老齡林之胸徑為常態分布, 而壯、幼齡林則為左型右偏斜分布; 樹高分布大部份為左型左偏斜分布, 而幼齡林分之林冠競爭激烈, 但老齡林則無此現象。

4. 木麻黃幼齡林較為鬱閉, 因此地被植物極少。隨著木麻黃林齡之增長, 馬纓丹等草本植物在壯齡林分之空隙處則逐漸增多, 尤其纏繞植物的增加, 影響林木之健全生長。老齡林分之地被植物則幾乎完全以陽性植物之馬纓丹為主, 而且馬纓丹等地被植物量與木麻黃林分之生長形質間, 具有極大之相關。

5. 豫區林分落枝葉量之最高峰, 在 10-11 月間, 受到東北季風吹襲之影響極大, 而林分之最多葉量則可能在 8、9 月間, 不過此尚待進一步調查。

6. 本地區之降雨量, 主要分布在 2-8 月間, 而且每年 (民國 70-75 年間) 月份降雨量變化極大, 對目前的海岸造林極為不利, 從 9 月~翌年 1 月間降雨量極少, 此期間東北季風帶來濃度極高之鹽沫, 不僅造成落枝葉大量增加, 且使林木生長受到嚴重影響。

7. 木麻黃係為優良之海岸先驅樹種, 其有存在的重要性。雖木麻黃生長快速, 相對地其衰退亦早發生, 須其他海岸樹種相配合。目前本省部份地區即實施混植造林, 所選樹種之生長速度若與

木麻黃相近, 其樹勢衰退現象恐和木麻黃一樣, 但若生長速度較慢, 則反被木麻黃所凌壓, 而致生長不良, 甚至枯死。因此根據本試驗所得之初步構想, 即目前本省之海岸造林, 仍應以木麻黃為主, 在造林後 6 年左右, 實施間伐, 以疏解分叉木之競爭現象。然後若有颶風害發生時, 立即實施風害木處理, 並伐除不良林木。於造林 20 年左右後, 點狀、塊狀、甚至列狀種植適當之海岸樹種, 所選之樹種應以具有天然下種更新者為宜, 如此在 30 年後, 即可避免海岸老齡林分過度疏開之弊, 屆時海岸樹種與木麻黃相輔相成, 自可永續海岸林之防災機能。

引用文獻:

- 甘偉航。1962. 海岸區域木麻黃類之造林及風害之調查研究初步報告。林試所報告第 77 號。
- 甘偉航。1977. 本省主要造林樹種簡介—木麻黃。臺灣林業, 3(5): 32-33。
- 何健光、彭武康、徐爾烈、伊基基。1983. 陶斯松對木麻黃呈天牛之防治試驗。臺灣林業, 9(10): 28-29。
- 洪丁興、孟菊樓、李遠慶、陳明義。1976. 臺灣海邊植物。農復會、林務局、中興大學合作印行。
- 郭幸榮。1984. 木麻黃種子發芽及苗木生長之研究。臺灣大學實驗林研究報告 154 號: P1~12。
- 柳哲。1975. 臺灣西海岸砂丘生態之研究。林試所報告第 266 號。
- 盛志澄、康瀚。1961. 臺灣之防風林。農復會特刊第 32 號。
- 陳財輝。1987. 臺灣海岸林之生態環境與造林技術。現代育林, 3(1): 49-63。
- 陳財輝、呂錦明。1988. 苗栗海岸砂丘木麻黃人工林之生長及林分生物量。林業試驗所研究報告季刊, 3(1): 333-343。
- 陳財輝、呂錦明、沈慈安。1988. 海岸砂丘植物生理特性及生長關係之研究 (II)—海岸環境因子對木麻黃防風林生理反應之影響。行政院農委會防風林營造之研究, 七十七年度研究彙報。
- 高毓斌。1985. 臺灣孟宗竹之生產力與生物養分循環。臺灣大學博士論文。
- 張玉珍、翁永昌。1985. 黑角舞蛾之形態、生活習性、猖獗及防治法。中華林學季刊, 18(1)

- : 29-36。
- 葉樹藩・1962.試驗設計・臺灣大學農學院生物統計研究室出版, P.37~83。
- 彭茂雄・1975.木賊葉木麻黃之耐鹽性研究・中興大學森林學報第4輯:P.36~54。
- 劉慎孝・1976.森林經理學・中興大學農學院森林經理研究室出版, P.683。
- 羅紹麟・1983.臺灣海岸防風林經濟效益之研究・中華林學季刊, 16(1): 25~34。
- 小田隆則・1984.海岸クロマツの間伐について—間伐試験をもとにした一試論・治山, P.4~15。
- 小笠原隆三・1988.砂丘地におけるクロマツ林の生長に關する生理學のおよび生態學的研究・鳥取大學演習林研究報告, NO.17: 37~137。
- 河崎彌生、田中一夫・1983.海岸防風林の保育, 更新に關する基礎的研究—(第1報)密度管理と林分構造について・砂丘研究, 30(2): 13~27。
- Stephenie, P. joyner. 1985. SAS users guide: statics version 5 Edition. Cary, NC, SAS, institute inc. USA. 956 pp.
- Hayward, H. E., and C. H. Wadleigh. 1949. Plant growth on saline and alkali soils. Adv. in Agron. 1:1-38.