

# 宜蘭南澳地區海岸防風林土壤性質的空間變化

張瑀芳<sup>1</sup> 蔡呈奇<sup>1\*</sup>

1. 國立宜蘭大學自然資源學系

## 摘要

本試驗地位於宜蘭縣南澳溪河口以南、澳尾山以北之海岸防風林，因長期受到東北季風以及颱風的影響，目前防風林破壞程度已相當嚴重。本研究的主要目的為藉由該林分土壤理化性質的分析，探討該海岸防風林下土壤性質的空間變化，並提出建議。研究指出防風林的土壤多屬於輕度與中等鹼性土壤(pH 7.4~8.4)，愈靠近海邊土壤的 pH 值愈高。土壤電導度值(EC)大都在 2~4 dS/m 之間，屬於微鹽性土。土壤有機碳含量大都小於 1%，包括可交換性鹽基、陽離子交換容量與鹽基飽和度的含量都說明了本研究區的土壤相當的貧瘠。近海樣點的交換性鈉百分比值相對較高，但值都小於 1%，顯示土壤中沒有鈉離子的聚積。交換性鈉百分比與鈉吸附比兩者的結果皆說明了該防風林地上部植物的生長不會受到土壤中鈉離子的危害。研究區土壤 pH 值與 EC 值普遍有偏高的現象，建議未來復育時能多考量植物的生理特性，多選擇耐鹽性的樹種；研究區土壤有機碳含量極低，建議可以在研究區中每年多次鋪上大量纖維質含量較高的農業廢棄物，先改善土壤的物理性質，再進一步改善土壤的肥力性質，以提供地被植物較多的養份。

【**關鍵詞**】南澳地區、海岸防風林、土壤性質、空間變化

## Spatial Variability of Soil Characteristics in Coastal Windbreak in Nanao Area, Ilan

Yu-Fang Chang<sup>1</sup> Chen-Chi Tsai<sup>1\*</sup>

1. Department of Natural Resources, National I-Lan University.

## Abstract

The coastal windbreak of this study is located at between southern Nanao Creek and northern Aoweishan. The stand structure of this windbreak was destroyed seriously by long-term effects of northeastern monsoon and typhoon. The objectives of this study were to examine the spatial variability of soil characteristics of this windbreak by soil physical and chemical analysis and to propose suggestions for stand management. The results indicated that based on the soil pH the soil under the coastal windbreak was classified as mildly ~moderately alkaline soil (pH 7.4~8.4). Also the soil pH was higher as the soil near the seacoast. The soil EC value was ranged from 2 to 4 dS/m and could

classified as slightly saline soil. The soil organic carbon content was mostly less than 1%. The content of exchangeable bases, cation exchange capacity and base saturation percentage also suggested that the soil of this study site was very poor. The relatively higher ESP value was found in soils near seacoast, but mostly the ESP value was less than 1% suggested that no sodium was accumulated in soils. The results of ESP and SAR both indicated that plant growth on the windbreak can not be damaged in situ by the sodium ion from soils. According to the generally higher soil pH and EC of this study site, we suggest that the physiological characteristics of plant should take into accounts for restoration and choose salt-tolerable tree species. Moreover, the soil organic carbon content is very low in study site, and the suggestion is to apply a large number of agricultural wastes with higher fiber many times per year in study area. The purpose of this application is to improve the soil physical characteristics first and to improve the soil fertility further for supplying more nutrients for ground covers.

**Keywords:** Nanao area, coastal windbreak, soil characteristics, spatial variability

\*corresponding author, e-mail: [cetsai@niu.edu.tw](mailto:cetsai@niu.edu.tw)

## 前言

臺灣四面環海，早期海岸林的建造以保護農業為主要目的，建造當初與該地農民間之關係密切，配合小規模的農業開發而進行地域性海岸林管理，其利用形態係沿著海岸灘線留存帶狀海岸林分，留存林分係作為提供防災效能，林分間則作為耕地、畑地等使用。隨著社會經濟高度成長，配合國家政策而推行濱海工業發展，海岸林與住民的關係日益薄弱。最近，生活環境品質需求日益受到重視，提供保健休養、遊憩、環境保護改善及提高海岸防災機能所造成之海岸林實不可忽視(陳財輝，2008)。

海岸保安林係從內陸向海岸灘線處建造之狹長型林帶，一般可區分為防風保安林、潮害防備保安林、鹽害保安林、飛砂防止保安林及漁業保安林等，廣義的海岸林則包括海岸地區之耕地防風林，以及濱海工業區防風綠帶等林分(陳財輝，2008)。臺灣位於季風帶上，夏秋期間常有颱風的侵襲，對森林造成重大的損害，破壞枝條及葉片形成大量的枯落物；在冬春之際，則另有東北季風的吹襲，強風帶著鹽分，不僅對於林木的枝葉形成機械性的傷害，也可能形成枯梢，而鹽分可能惡化土壤，危害林木生存(林國銓與唐盛林，1999)。陳財輝(2008)指出，海岸灘線處長年受到東北季風或颱風侵襲，從海岸側吹送而來之強風、飛砂、濃鹽霧、大浪等自然災害，導致前線處林木大多無法健全生長；民國 94 年海棠及龍王強烈颱風對花蓮七星潭海岸林木帶來嚴重之危害，同時強風帶來之暴潮對海岸林緣樹木、遊憩構造物及消波塊、海堤等設施，造成嚴重的淘刷。早期台灣的海岸林林帶寬度極廣，戰後因沿海

居民農業生產、內陸養殖所需而陸續解除，近幾年再隨著工業發展、港灣建設、遊憩設施開闢、道路擴幅、風力發電設施用地等多種公共需要，海岸林帶不僅逐漸縮減且被切割成破碎化分布，目前多數地區已喪失其整體性之防風及防潮等機能。

臺灣地區對於海岸林的研究，多偏重在西部海岸(雲林縣四湖海岸與苗栗縣後龍)(陳財輝等人，1990；陳財輝等人，1998a & 1998b；林國銓與唐盛林，1999；陳財輝等人，1999；林青平等人，2005；陳財輝與陳振興，2003)與部份在澎湖地區(程煒兒等人，1996；陳財輝與洪富文，1993)，研究的重點以海岸木麻黃(*Casuarina* spp.)林之生長與生物量調查等事項為主，對於林下土壤性質的探討，僅有陳財輝等人(1998a, 1998b)進行過四湖海岸木麻黃林土壤養分量的調查、陳財輝與陳振興(2003)分析四湖與後龍海岸林土壤有機物之組成與分布、以及林青平等人(2005)採集後龍海岸林之腐植層與0-20 cm的土壤分析土壤酵素活性之空間與季節性變化。臺灣東部海岸多為岩岸與礫灘，海岸林的分布面積相對較少，因此國內對於東部海岸林的研究與了解相當不足。

宜蘭縣東側面臨太平洋，有著綿延數公里長的沙灘海岸線，其中，南澳鄉海岸社區為一緊鄰太平洋的社區，該地區之海岸防風林已建造多年，亦發揮穩定臨海社區環境的功能，但是長期的海岸環境變遷與氣候效應，平均而言，每年有 2~3 個颱風會侵襲宜蘭地區，再加上每年常達 6 個月的東北季風的吹襲，沿海的海岸防風林已逐漸的破碎，海岸第一線木麻黃林木常因根系被大浪沖刷而致裸露，甚至傾倒枯死，相對危及社區，而且在目前分布狹窄之海岸林帶內，要求現存之海岸林帶能發揮防風防潮等機能，且期待主林帶林木能達成自我更新、永

續海岸林防災機能之目的，形成極具挑戰性之艱困任務。本研究擬由林分土壤性質分析的結果，探討該海岸防風林下土壤性質的空間變化，並提出建議。

## 材料與方法

### 一、研究區域概述

本試驗地位於宜蘭縣蘇澳鎮最南方，南澳溪河口以南、澳尾山以北，東臨太平洋，西邊緊鄰朝陽海岸社區後接著蘇花公路，防風保安林帶編號為 2727 南澳段(圖 1)(蔡呈奇等人，2008)。



圖 1 本研究之試驗地區

Fig. 1 Study site of this study

該區曾於民國 64 年密植木麻黃為防風林，栽植面積共為 20 公頃，其中栽植於防風保安林 2727 南澳段的部份約為 11 公頃。根據當地居民表示，該區於栽植木麻黃之前曾種植林投 (*Pandanus odoratissimus* L. f.)，但因受到大浪掏空後而數量下降，目前該地區之林投多數已退至木麻黃之後。研究區的植被，依據蔡呈奇等人(2008)在防風林內五條截線共設置 94 個 10×10 m 樣區的調查結果，調查到的維管束植物總計有 30 科 49 屬 52 種，依生活型分類後個別調查到木本植物 11 種、灌木植物 2 種、草本植物 28 種、藤本植物 11 種。喬木(即胸高直徑大於 1.3 cm 的木本植物)有 9 種(包括小桑樹(*Morus australis* Poir.)、月橘(*Murraya paniculata* (L.) Jack)、木瓜(*Carica papaya* L.)、木麻黃、血桐(*Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg.)、野桐(*Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg.)、構樹(*Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent.)、銀合歡(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)與欖仁(*Terminalia catappa* L.))，以銀合歡的株數最高，其次為血桐及構樹，調查到的木麻黃株數總計為 36 株，存活率以木麻黃最低，其次為銀合歡，其他喬木的存活率皆高於 80% 以上。在平均胸徑以木麻黃最高(18.7 cm)，其次為構樹(7.7 cm

及血桐(7.3 cm)，這三種喬木在平均樹高部份亦高於其他喬木。

依照中央氣象局蘇澳氣象站的資料顯示(圖 2(a))：1981-2000 之年平均降雨量為 4610 mm，且每個月的降雨量都在 200 mm 以上；每年的 9 月~12 月與次年的 1~2 月的降雨量最多，總量高達 3200 mm 以上，約佔全年降雨量的 70%，高量的降雨應是受到東北季風所帶來的雨量的影響，以及可能發生所謂的“秋颱”所引進的大量降雨；反之，每年的 3 月~8 月之降雨量相對偏低，每個月的雨量約在 300 mm 以下。年平均溫度約為 22.4℃，夏季的 7 月溫度最高(28.5℃)，冬季的 1 月溫度最低(16.3℃)；年平均降雨日數可高達 213 天，相為濕度在 78% 以上。

本試驗研究期間之氣象資料(2008/01-2008/09)(圖 2(b))：9 月份因受到連續颱風的侵襲(主要為 9/26~9/29 之蕃蜜(JANGMI)強烈颱風與 9/11~9/16 之辛樂克(SINLAKU)強烈颱風)，9 月的降雨量高達 815 mm，而且對於宜蘭地區造成很大的損害。5 月與 8 月的降雨量遠低於往年的平均值。至 9 月為止，降雨量的總和已高達 2776 mm。月平均溫度最低溫出現在 2 月(15℃)，最高溫出現在 8 月(28.6℃)。

另外，因為本研究區地理位置的關係，颱風對於本區有絕對且極大的影響。依據中央氣象局之網頁(<http://www.cwb.gov.tw/V5/index.htm>)所提供的歷史颱風資料顯示(表 1)，從 2000 年到 2008 年 9 月份，共有 19 個颱風間接或直接侵襲本研究區，包括 2000、2001、2005、2007、2008 年分別有三個颱風，2004 年有二個颱風，2002 與 2006 分別有 1 個颱風。包括蕃蜜(JANGMI)、卡玫基(KALMAEGI)與辛樂克(SINLAKU)三個颱風分別在南澳、宜蘭蘭陽溪與宜蘭南部登陸，所造成的破壞近年來少見。

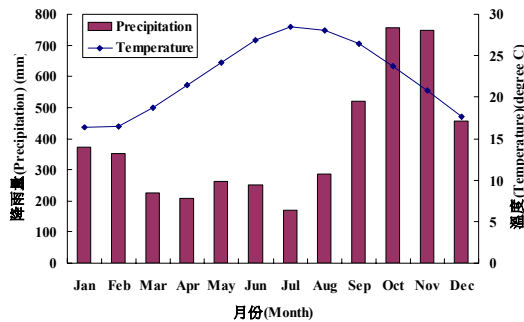
### 二、土壤樣本的採集

在研究區中規劃五條截線(T1~T5)(圖 3(a))，原則上在每條截線上等距離(30~40 m)採集土壤樣本，再參酌野外現地植被分布狀況與土壤形態，各截線所分布的土壤樣點數歸劃分別為：T1 為 8 點、T2 為 6 點、T3 為 3 點、T4 為 4 點與 T5 為 4 點，共計 25 個樣點；每一樣點採集 3 個土層(0~10 cm、10~25 cm 與 25~50 cm)，取三重覆的方式混合土樣以備分析，因此預計採集 25×3=75 個土壤樣本。

依現場採樣的結果，包括 T2 與 T5 的末端點(T2-6 與 T5-4)因為為礫石、卵石與水泥所混合的堆積層，幾乎沒有土層，只能從表面較鬆散的層次中取得表土(0~10 cm)，T1 的末端點亦是如此，只採得 0~10 與 10~25 cm 的土樣；T1 因為密生茅草(*Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. var. major (Nees) C. E. Hubb.



(a)1981-2000



(b)Jan/2008~Sep/2008

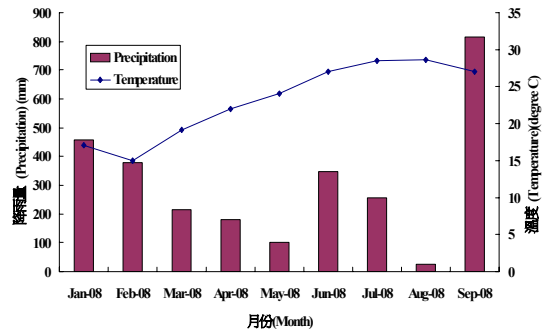


圖 2 蘇澳氣象站之月平均降雨量與月平均溫度(a)1981-2000 年與(b) 2008/01~2008/09

Fig. 2 Mean Monthly precipitation and mean monthly temperature in Suao weather station (a) from 1981 to 2000 and (b) from January 2008 to September 2008

表 1 2000~2008/9 侵擾臺灣東北部之颱風名稱\*

Table 1 Typhoons invaded northeastern Taiwan from 2000 to September 2008\*

Month/Year	Name of Typhoon	Month/Year	Name of Typhoon
Sep/2008	JANGMI	Oct/2004	NOCK-TEN
Sep/2008	SINLAKU	Jun/2004	MINDULLI
Jul/2008	KALMAEGI	Jul/2002	NAKRI
Oct/2007	KROSA	Sep/2001	LEKIMA
Aug/2007	SEPAT	Sep/2001	NARI
Aug/2007	WUTIP	Jul/2001	TORAJI
Jul/2006	BILIS	Oct/2000	XANGSANE
Sep/2005	LONGWANG	Aug/2000	BILIS
Aug/2005	TALIM	Jul/2000	KAI-TAK
Jul/2005	HAITANG		

\*Data source: Central Weather Bureau (<http://www.cwb.gov.tw/V5/index.htm>)

ex Hubb. & Vaughan), 先前所清處出來的路跡早已不見及, 且截線後段有幾處崩落較深的水溝, 加上此截線有較廣面積的茅草帶, 相對的植被層變異較小, T1 最後只採集五點(包括 T1-1、T1-2、T1-3、T1-7 與 T1-8)。

最後總計採得 22 個樣點(圖 3(b))與 70 個土壤樣本。每一個土壤採樣點皆以 GPS 記錄採樣點座標。土壤樣本採集的時間在 2008 年 5 月至 6 月之間。

### 三、土壤性質分析

(一)土壤反應(pH值): 玻璃電極法(McLean, 1982)。土壤與去離子水1:1比例充分攪拌後, 靜置一小時後以玻璃電極測定。

(二)土壤電導度值(Electrical Conductivity, EC): 飽和土糊法。取 150 g 土壤放入燒杯中, 滴加蒸餾水於土中, 並用玻璃棒或藥匙不時攪拌, 直至

土壤中全部孔隙充滿水為止, 此時土面有反光現象, 但並無多餘之水淹蓋土面, 用手輕轉燒杯時, 杯內濕土能稍流動, 此時即成為飽和土糊(saturated soil paste), 靜置 24 小時之後將土糊倒入布氏漏斗(Buchner funnel)中, 抽氣收集濾液, 取定量濾液(即飽和抽出液(Saturated extract)), 測定其電導度值。

(三)土壤有機碳(Organic carbon): Walkley-Black濕氧化法(Nelson and Sommers, 1982)。

(四)可交換性鹽基(Exchangeable bases): 1N 醋酸鉍法(pH 7.0)(Thomas, 1982)。

(五)陽離子交換容量(Cation exchange capacity, CEC<sub>7</sub>): 1N 醋酸鉍法(pH 7.0)(Rhoades, 1982)。

(六)鹽基飽和度(Percentage of base saturation,

BS%) :  $BS \% = [(可交換性 K+Na+Ca+Mg)/CEC_7] \times 100\%$

(七) 交換性鈉百分比 (Exchangeable Sodium Percentage, ESP) :  $ESP = (Ex Na/CEC_7) \times 100$

(八) 鈉吸附比 (Sodium Absorption Ratio, SAR) :  $SAR = Ex Na / \{(Ex. Ca + Ex. Mg)/2\}^{1/2}$

執行的規畫。

## 結果與討論

五條截線之土壤 pH 值差異不大(表 2)，依據美國土壤調查手冊(Soil Survey Staff, 1993)，多屬於輕度鹼性(mildly alkaline, pH 7.4-7.8)與中等鹼性(moderately alkaline, pH 7.9-8.4)土壤，少數土壤屬於微酸性(weakly acid, pH 6.1-6.5)與中性(neutral, pH 6.6-7.3)土壤。由土壤 pH 值的分布來看(圖 4)，愈靠近海邊土壤的 pH 值愈高，包括 T2-1、T3-1、T4-1 與 T5-1 四個樣點，應該是受到海水衝擊(尤其是颱風帶來的狂風暴雨與海水倒灌)的影響，帶來大量鹽類並淋洗累積在 0-50 cm 土層中；T1-1 位於樣區的最北邊，靠近南澳溪的出海口，地勢上相對較高，雖然表層(0-25 cm)土壤的 pH 值未高達 8.5 以上，但在 25-50 cm 土層中出現 8.7 的高 pH 值，亦顯示該位置可能曾受到海水的影響。愈往內陸地區，土壤的 pH 值相對較低，由現地植被生長的狀況，樣區靠近內陸地帶之植被有較良好的生長狀況，落葉較多與提供較多的枝葉覆蓋在地表，而枝葉層分解後釋放出的有機酸進一步緩衝了土壤的鹼性，也因此降低土壤的 pH 值。隨土壤深度的增加，各樣點土壤 pH 值的變化沒有一致性。

土壤電導度的大小可以做為土壤中可溶性鹽類含量多寡的指標。土壤中含可溶性鹽類愈多，則電流愈易通過，而電流通過的難易，可以電導度計測之，而以電導度表示。土壤溶液中含鹽濃度對植物生長有直接的毒害關係，濃度愈大則毒害愈重，故可由土壤電導度的大小，瞭解該土壤對植物發生鹽害程度之輕重。

根據美國 Salinity Laboratory 之分類，認為鹽土係含有中性可溶性鹽類量達足以對多數作物產量不利之影響者(張仲民, 1989)。土壤中可溶鹽類含量可表示之以全土壤質量之重量百分率。在美國 Salinity Laboratory 之定義為土壤飽和萃取液在 25°C 時之電導度是  $\geq 4$  dS/m 者稱之為鹽土(saline soil)(張仲民, 1989)。對於中等質土壤言，25°C 時的電導度為 4 dS/m，可溶鹽含量相當於乾土量的 0.2%。假若土壤中含水量為 20%，則乾土中的 0.2%，鹽類溶解於此土壤水分中時，變成為 1% 的鹽類溶液。

鹽土中所含可溶鹽類，主要為 NaCl、MgCl<sub>2</sub>、CaCl<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、MgSO<sub>4</sub> 與 CaSO<sub>4</sub>，其他含量皆低。一般鹽土中交換性 Na (ESP) < 15%，因此其 pH 皆低於 8.5。另外，土壤在交換複物上積聚有充分量之鈉

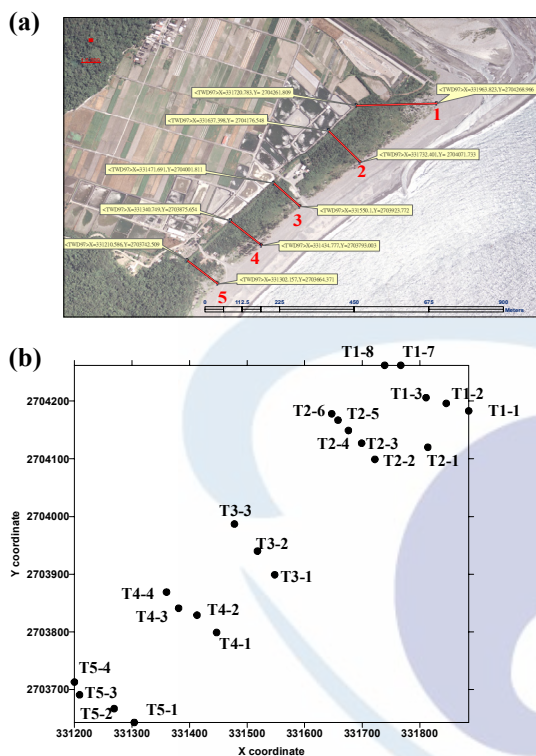


圖 3 研究區(a)五條截線的分布位置與(b)五條截線上 22 個土壤採樣點的分布位置(●:土壤採樣點)

Fig. 3 (a) Distribution of five transects and (b) Distribution of 22 soil sampling points (●: soil sampling point) in five transects in study area

### 四、土壤性質的空間分布

將上述土壤性質的分析結果，配合土壤樣點的座標，以 SURFER 7.0 (Golden Software Inc., 1999)軟體繪製土壤性質的空間分布等高線濃度圖。

等高線濃度圖的繪製主要依據克利金地理統計法(Kriging geostatistics)，解析度為 10 m。試驗樣區各種土壤性質之等高線濃度圖的繪製，有助於瞭解樣區中各種土壤性質的空間分布概況，未來在管理措施的執行上，可依據等高線濃度圖上所示之土壤性質在樣區空間中的分布，進行措施的調整與細部

表 2 五條截線之土壤性質\*

Table 2 Soil characteristics of five transects\*

Soil No.	Depth cm	pH	EC dS/m	OC g/kg	K	Exchangeable			CEC	BSP	ESP	SAR
						Na	Ca	Mg				
						-----coml(+)/kg soil-----			-----%-----			
<b>T1</b>												
T1-1	0-10	8.23	2.9	0.83	0.00	0.01	0.07	0.00	1.09	7.54	0.50	0.03
	10-25	8.28	3.0	0.58	0.00	0.00	0.07	0.00	2.37	3.38	0.02	0.00
	25-50	8.72	2.8	0.78	0.00	0.01	0.09	0.00	2.91	3.76	0.27	0.03
T1-2	0-10	8.21	3.9	2.91	0.00	ND	0.05	0.00	1.42	3.45	ND	ND
	10-25	8.27	2.5	0.99	0.00	0.01	0.06	0.00	0.99	7.63	0.84	0.05
	25-50	8.35	2.2	0.94	0.00	0.00	0.09	0.00	0.94	10.4	0.01	0.00
T1-3	0-10	8.20	2.4	1.41	0.00	0.01	0.08	0.00	1.05	8.61	0.83	0.04
	10-25	8.15	3.1	2.68	0.00	0.01	0.10	0.01	1.80	6.52	0.40	0.03
	25-50	8.30	2.2	1.09	0.00	0.01	0.10	0.01	1.35	8.99	0.66	0.04
T1-7	0-10	7.75	7.5	17.9	0.01	0.00	0.18	0.02	5.14	4.10	0.09	0.01
	10-25	7.94	4.8	1.38	0.00	0.00	0.10	0.00	1.48	7.67	0.01	0.00
T1-8	0-10	7.95	8.1	12.2	0.01	0.01	0.19	0.02	3.81	5.82	0.28	0.03
	10-25	8.04	5.4	4.10	0.00	0.01	0.13	0.01	1.79	8.26	0.39	0.03
<b>T2</b>												
T2-1	0-10	8.03	2.5	1.67	0.00	0.00	0.06	0.00	1.20	5.56	0.39	0.03
	10-25	8.57	2.5	1.30	0.00	0.00	0.07	0.00	1.50	5.11	0.28	0.02
	25-50	8.53	3.2	1.19	0.00	0.01	0.08	0.01	1.16	8.60	0.72	0.04
T2-2	0-10	7.80	4.6	10.5	0.00	0.01	0.09	0.01	2.49	4.43	0.31	0.04
	10-25	8.04	2.5	2.06	0.00	ND	0.08	0.00	1.34	6.36	ND	ND
	25-50	8.02	2.2	0.98	0.00	0.00	0.05	0.00	1.00	5.44	0.34	0.02
T2-3	0-10	7.94	3.4	4.53	0.01	0.02	0.04	0.01	1.73	4.04	0.88	0.10
	10-25	8.08	2.5	1.93	0.00	ND	0.07	0.00	1.54	5.00	ND	ND
	25-50	8.26	1.8	1.72	0.00	0.01	0.04	0.00	1.04	5.16	0.62	0.04
T2-4	0-10	7.60	3.1	9.79	0.01	0.00	0.08	0.01	3.47	3.03	0.01	0.00
	10-25	7.70	2.0	3.30	0.00	0.01	0.05	0.01	1.90	3.47	0.32	0.04
	25-50	7.77	1.4	1.74	0.00	ND	0.03	0.00	1.14	2.80	ND	ND
T2-5	0-10	6.46	4.0	22.0	0.01	0.01	0.22	0.08	1.15	27.6	0.83	0.02
	10-25	6.91	1.5	3.59	0.00	ND	0.03	0.01	0.85	5.20	ND	ND
	25-50	7.87	2.1	4.35	0.00	ND	0.03	0.00	1.01	3.18	ND	ND
T2-6	0-10	7.48	11.9	29.1	0.01	0.02	0.29	0.03	10.7	3.32	0.15	0.04
<b>T3</b>												
T3-1	0-10	7.77	2.8	2.03	0.00	0.00	0.14	0.00	0.84	16.9	0.20	0.01
	10-25	8.54	2.1	1.59	0.00	0.00	0.09	0.00	0.65	14.7	0.72	0.02
	25-50	8.80	1.8	1.70	0.00	0.01	0.11	0.01	0.99	13.2	0.75	0.03
T3-2	0-10	7.34	4.8	8.61	0.00	ND	0.12	0.01	2.59	5.09	ND	ND
	10-25	8.03	4.6	5.96	0.00	0.00	0.14	0.00	2.77	5.42	0.05	0.01
	25-50	7.88	3.2	3.71	ND	ND	0.09	0.00	2.16	4.31	ND	ND
T3-3	0-10	7.23	4.9	15.8	0.01	0.01	0.12	0.02	5.09	3.09	0.16	0.03
	10-25	6.92	2.3	3.77	0.00	ND	0.08	0.02	4.21	2.39	ND	ND
	25-50	7.29	1.1	3.38	0.00	ND	0.04	0.01	2.10	2.39	ND	ND

(continued to next page)

表 2 (續)

Table 2 (continued)

Soil No.	Depth cm	pH	EC dS/m	OC g/kg	K	Exchangeable			CEC	BSP	ESP	SAR
						Na	Ca	Mg				
						-----coml(+)/kg soil-----			-----%-----			
<b>T4</b>												
T4-1	0-10	8.50	2.4	1.14	0.00	ND	0.05	0.00	0.81	5.97	ND	ND
	10-25	8.53	2.5	1.71	0.00	ND	0.09	0.00	0.83	10.9	ND	ND
	25-50	8.47	2.2	1.18	0.00	ND	0.05	0.00	0.78	6.54	ND	ND
T4-2	0-10	7.85	3.2	4.06	0.00	ND	0.08	0.00	2.07	4.27	ND	ND
	10-25	7.89	2.4	2.29	0.00	ND	0.08	0.00	1.37	6.26	ND	ND
	25-50	8.00	1.9	1.78	ND	ND	0.04	0.00	1.51	3.08	ND	ND
T4-3	0-10	8.04	3.5	7.17	0.00	ND	0.09	0.01	3.29	2.99	ND	ND
	10-25	8.14	3.1	4.66	0.00	ND	0.07	0.00	1.75	4.45	ND	ND
	25-50	7.86	4.2	5.82	0.00	ND	0.09	0.01	3.23	2.95	ND	ND
T4-4	0-10	7.42	3.8	8.54	0.00	ND	0.10	0.01	4.88	2.16	ND	ND
	10-25	8.03	2.2	4.72	0.00	ND	0.06	0.00	1.61	3.92	ND	ND
	25-50	8.19	2.0	2.99	0.00	ND	0.05	0.00	1.07	4.54	ND	ND
<b>T5</b>												
T5-1	0-10	8.72	2.5	1.35	ND	ND	0.03	0.00	1.04	2.87	ND	ND
	10-25	8.38	2.6	0.82	0.00	ND	0.03	0.00	1.33	2.12	ND	ND
	25-50	8.91	4.4	1.60	0.00	ND	0.10	0.01	1.43	7.58	ND	ND
T5-2	0-10	8.14	3.6	1.52	0.00	ND	0.06	0.00	1.09	6.17	ND	ND
	10-25	8.13	2.6	1.53	0.00	ND	0.05	0.00	1.51	3.32	ND	ND
	25-50	8.05	2.3	1.84	0.00	ND	0.11	0.00	1.07	10.7	ND	ND
T5-3	0-10	7.40	4.6	17.0	0.01	ND	0.09	0.06	5.18	2.92	ND	ND
	10-25	7.28	4.3	1.35	0.00	ND	0.07	0.00	0.83	8.19	ND	ND
	25-50	7.12	7.5	11.4	0.01	ND	0.08	0.05	4.11	3.20	ND	ND
T5-4	0-10	7.19	8.9	17.0	0.02	ND	0.17	0.02	4.91	4.00	ND	ND

\*:EC = electrical conductivity; OC = organic carbon; CEC<sub>7</sub> = cation exchange capacity (pH 7.0); BSP = base saturation percentage; ESP = exchangeable sodium percentage; SAR = sodium absorption ratio; ND = not detectable.

達妨礙多數作物正常生長者皆被稱為鹼土或鈉質土 (Alkali or Sodic Soil) (張仲民, 1989)。鹼土之交換性百分率(ESP)飽和度達 > 15%，因此 pH 常在 8.5 至 10.0 之間。通常不含有相當量之中性可溶性鹽類與飽和萃取液在 25°C 電導度一般是 < 4 dS/m。

研究區的土壤 EC 值大都在 2~4 dS/m 之間(表 2)，但 T1-7、T1-8 與 T3-2 的 0-25 cm 土層、T2-2、T2-5、T2-6、T3-3 與 T5-4 的 0-10 cm 土層、T4-3 與 T5-1 的 25-50 cm 土層、T5-3 的 0-50 cm 土層之 EC 值都高於 4 dS/m，甚至有高達 11.9 dS/m (T2-6 的 0-10 cm 土層)，屬於中鹽性土與甚鹽性土，對於植物的生長有較大的限制。如果鹽類聚積在較下層土壤(25-50 cm)，對於淺根性草本植物生長的影響可能會較小，但若累積在表層(0-25cm)，則淺根性草本植物生長可能會受到明顯的干擾或阻礙。土壤中所聚積的鹽類，可能來自空氣中鹽霧粒子的長年沉降與累積，而近海位置的土壤因排水良好，研究區豐沛的雨量可將沉積的鹽類進一步洗出土體，因此近海樣點的土壤 EC 值並沒有特別高(圖 4)；反之，內陸地區的土壤可能因土壤下層排水不良，或因植被生長良好

而累積較多鹽類於植體表面，經雨水充刷再沉降在土壤中，因此土壤 EC 值相對高出很多。現地採土樣時也可以發現，高土壤 EC 值地區之地被生長狀況相對不好，生長稀疏的闊葉樹與大量的茅草是常見的狀況。另外，隨土壤深度的增加，表層(0-10 cm)土壤的 EC 值有偏高的趨勢，變異也較高(圖 4)。

除了 T1-7、T1-8、T2-5、T2-6、T3-3、T5-3 與 T5-6 的 0-10 cm 土層的土壤有機碳含量在 15~29 g/kg 之外，OC 含量都在 10 g/kg 之下(表 2)，顯示本研究區土壤相當缺乏有機質，亦即土壤可能無法提供足夠的養份讓植物生長。近海樣點的 OC 含量更低於 0.1~0.2%，土壤更是貧瘠。由圖 5 可知，0-10 cm 土壤之 OC 含量變化最大，隨土壤深度增加而 OC 含量很快的減少，樣點間的變化較不明顯。研究區的氣候概況如前所述，高溫多雨的環境可讓枝葉層分解迅速，但也容易因多雨而將養份淋洗出土體，造成貧瘠的土壤體；加上經常性的颱風與東北季風的干擾，強風讓植體不易向上伸長，造成植群容易密生與進一步競爭原本就不多的土壤養份，在這些惡性循環之下，使得土壤供應養份的能力更低。



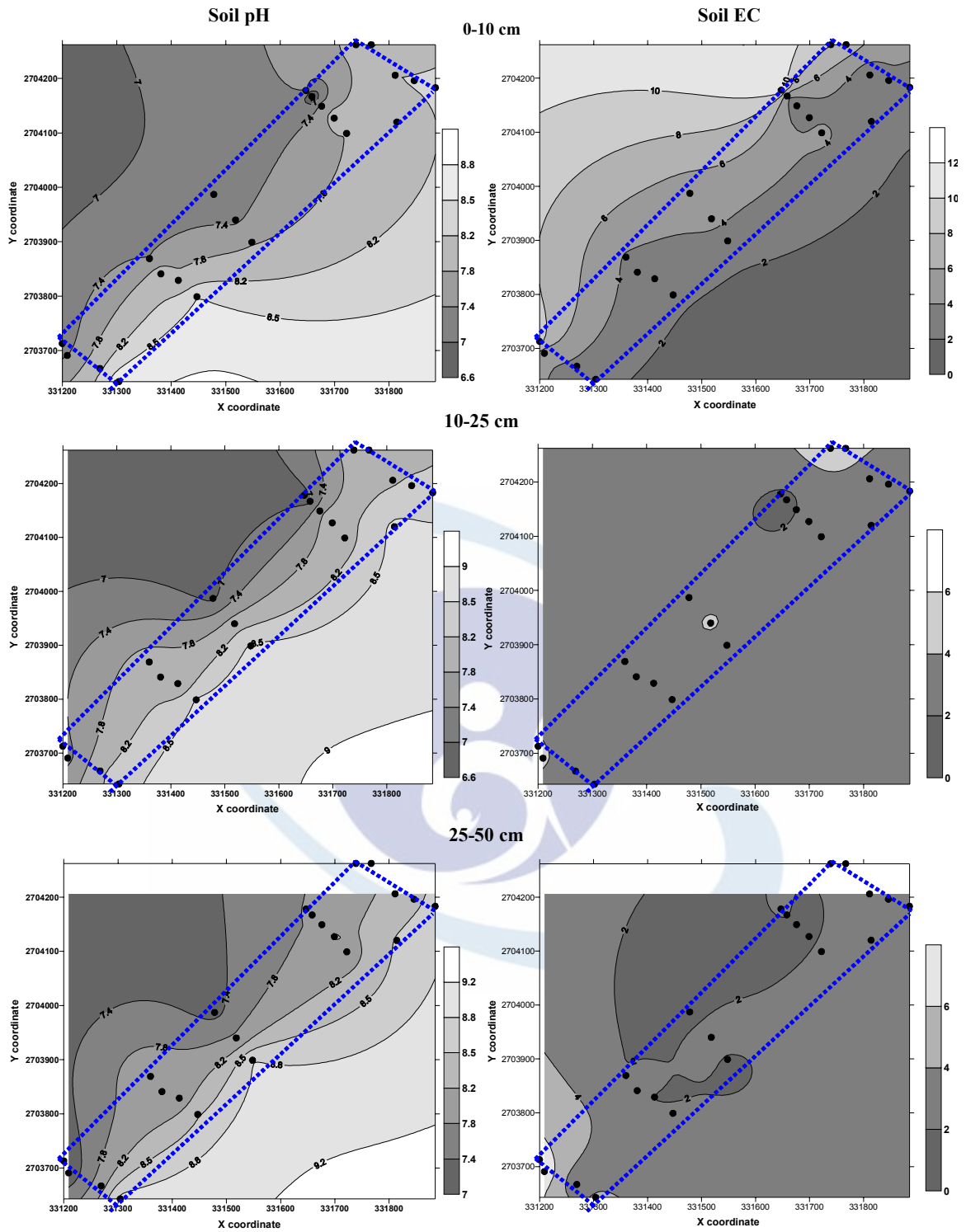


圖 4 研究區土壤 pH 值與電導度值(EC)(dS/m)的等高線圖(●:土壤採樣點;框線為研究區域)

Fig. 4 Contour map of soil pH and EC (dS/m) in study area (●: soil sampling point; study area was drew by dot line)



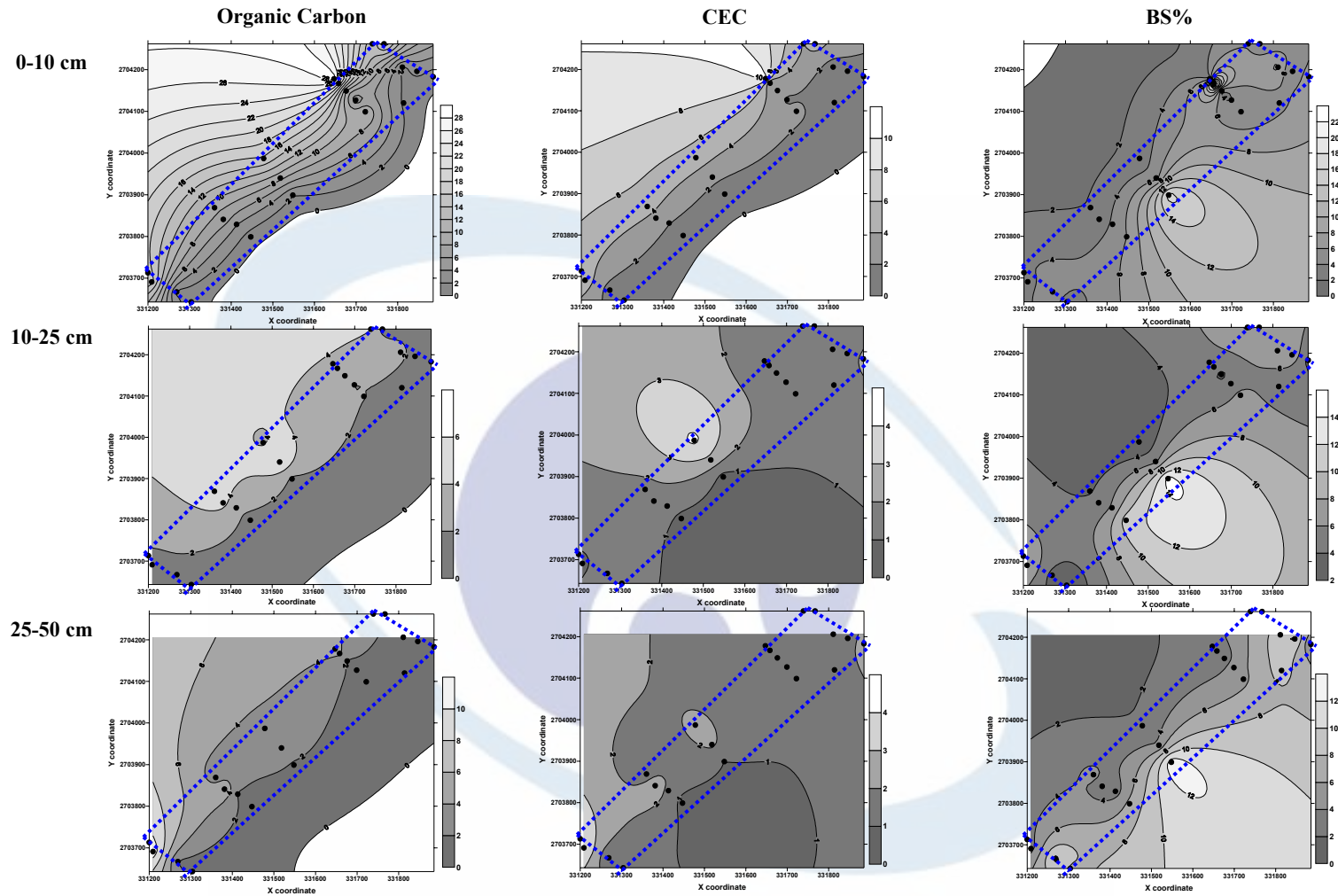


圖 5 研究區土壤有機碳(OC)(g/kg)、陽離子交換容量(CEC)(cmol(+)/kg soil)與鹽基飽和度(BSP)(%)的等高線分布圖(●:土壤採樣點;框線為研究區域)

Fig. 5 Contour map of soil organic carbon (OC) (g/kg), CEC (cmol(+)/kg soil) and BSP (%) in study area (●: soil sampling point; study area was drew by dot line)

土壤中可交換性鈉的含量極低，其次為鉀與鎂，可交換性鈣的含量相對較多(表 2)。因為研究區雨量相當高，而一價的陽離子(鉀與鈉)更容易隨土壤水移動，而鈉並非植物的必需養份之一，因此各樣點土壤中的鉀與鈉含量很低，而鈉又甚低於鉀。鈣與鎂的來源可能是留存在土壤中的細微植物殘體。可交換性鹽基的含量更進一步證明本研究區的土壤相當的貧瘠。

陽離子交換容量(CEC)大部份都小於 2 cmol(+)/kg soil，少數土壤有 3~5 cmol(+)/kg soil。CEC 的變化與 OC 一致(圖 5)，亦即土壤 OC 較高也具有較高的 CEC 值。但不論如何，CEC 的含量也再一次提供研究區土壤貧瘠的證據。土壤的鹽基飽和度(BSP)與 OC 與 CEC 的變化有一致的變化趨勢；各土壤樣點的 BSP 多小於 10%(圖 5)，亦說明了本研究區的土壤相當的貧瘠。

交換性鈉百分比(ESP)為鹽鹼土(saline-alkali soil)與鹼土(alkali or sodic soil)的特徵性質，當土壤之 ESP 值>15%，配合其它土壤性質可歸類為鹽鹼土或鹼土。另外，鈉吸附比(SAR)為一般灌溉水中鈉離子危害程度的評估；高 SAR 值均屬於有危險的，因為那樣的灌溉水會造成土壤具有高的 ESP 值。

本研究之土壤分析結果(表 2)，除了 T1~T3 截線之土壤有計算求得 ESP 值之外，T4 與 T5 截線土壤因可交換性鈉含量極低，因此沒有計算出 ESP 值。雖然近海樣點的 ESP 值相對較高，但 T1~T3 截線之土壤 ESP 值都小於 1%，顯示土壤中沒有鈉離子的聚積，亦即研究區地上部植物的生長應不會受到土壤鈉離子聚積的危害。SAR 值的變化與 ESP 值相同，且 SAR 值大多小於 0.05，比值極低，也再次說明研究區的土壤沒有明顯的鈉離子聚積。

本研究之南澳地區海岸林地，歸屬於防風保安林，在土壤採樣調查的過程中發現五條截線中有部分樣點位置的地下水位較高(約距地表面 60~100 cm)，土壤 pH 值都在 7.4~8.4 之間，土壤有機碳含量大都在 1%之下，與四湖海岸林(陳財輝等人，1998a)的情況相似，但土壤 pH 值明顯高於與土壤有機碳含量低於後龍海岸砂丘林(林青平等人，2005)。陳財輝等人(1998a)調查雲林四湖海岸林地的結果，認為該海岸林地在臺灣海岸林地之立地區分為低濕地，其主要特點為地下水位高，且土壤鹽分含量亦高；該地區土壤一般偏鹼性(pH 7.2~8.5)，下層土壤明顯受到含鹽份高之地下水的影響；各土層之 C/N 比值皆小於 15，有機碳含量多小於 1%，顯示土壤有機物的分解速度很快。後龍海岸砂丘林位於後龍溪與中港溪之間的海濱，為臺灣西海岸之海岸林帶面積最寬廣之處，林青平等人(2005)在後龍海岸林的研究中指

出：高位砂丘之 0~10 與 10~20 cm 土層土壤之 pH 值分別為 4.9 與 6.6，有機碳含量分別為 1.1%與 0.1%；低位砂丘之 0~10 與 10~20 cm 土層土壤之 pH 值則分別為 4.7 與 5.2，有機碳含量分別為 1.4%與 0.3%。

## 結 論

本研究在宜蘭縣南澳鄉海岸社區之沿海防風林設置五條截線，擬由林分土壤性質分析的結果，探討該海岸防風林下土壤性質的空間變化，並提出經營管理方面的建議。研究結果指出，研究區的土壤多屬於輕度鹼性與中等鹼性土壤，愈靠近海邊土壤的 pH 值愈高，而樣區靠近內陸地帶之植被有較良好的生長狀況，其枝葉層分解後可能釋放出一些有機酸而進一步緩衝了土壤的鹼性，也因此降低土壤的 pH 值。土壤 EC 值大都在 2~4 dS/m 之間，但有部份高於 4 dS/m (最高為 11.9 dS/m)，對於植物的生長有較大的限制。高土壤 EC 值地區之地被生長狀況相對不好，生長稀疏的闊葉樹與大量的茅草是常見的狀況。另外，土壤有機碳含量大都小於 1%，顯示本研究區土壤相當缺乏有機質，亦即土壤可能無法提供足夠的養份讓植物生長。研究區高溫多雨的環境可讓枝葉層分解迅速，但也容易因多雨而將養份淋洗出土體，造成貧瘠的土壤體；加上經常性的颱風與東北季風的干擾，造成土壤環境更為惡化。包括可交換性鹽基、CEC 與 BSP 的含量都說明了本研究區的土壤相當的貧瘠。雖然近海樣點的交換性鈉百分比(ESP)值相對較高，但 T1~T3 截線之土壤 ESP 值都小於 1%，顯示土壤中沒有鈉離子的聚積；鈉吸附百分比(SAR)的變化與 ESP 值相同，且值大多小於 0.05，比值極低。兩者的結果皆說明了研究區地上部植物的生長不會受到鈉離子的危害。

為了讓現存之海岸林帶能達成自我更新、永續海岸林防災機能之目的，發揮防風防潮等機能，基於上述土壤性質分析的結果，本研究建議未來復育時能多考量植物的生理特性，雖然研究區土壤中沒有鈉離子聚積的危害與風險，但由於靠近海岸，空氣中仍多具有大量的鹽份，因此仍需以耐鹽性的樹種為優先考量；研究區土壤有機碳含量極低，建議可以在研究區中每年多次鋪上大量稻殼、稻草、乾燥的木屑、粉碎的植物殘體等纖維質含量較高的農業廢棄物，讓現地土壤自行孵育有機質肥料，先改善土壤的物理性質，再進一步改善土壤的肥力性質，以提供地被植物較多的養份。

## 致謝

本研究承蒙林務局羅林區管理處之研究經費支持(計劃編號：行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列97-01-5-02)，特此致謝。

## 參考文獻

- 林青平、陳財輝、邱志郁。2005。苗栗後龍海岸砂丘土壤酵素活性的空間和季節性變化。臺灣林業科學 20:157-166。
- 林國銓、唐盛林。1999。西部沿海地區臺灣海桐、榕樹、夾竹桃之幼年期生長。臺灣林業科學 14:247-254。
- 張仲民。1989。普通土壤學。國立編譯館(主編)。茂昌圖書有限公司。台北市。臺灣。604頁。
- 陳財輝、呂錦明、沉慈安。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 5:17-24。
- 陳財輝、洪富文。1993。澎湖海岸林現況及颱風帶來鹽霧危害後林木恢復生長之調查。林業試驗所研究報告季刊 8:129-142。
- 陳財輝、許博行、張峻德。1998a。四湖海岸木麻黃林分土壤養分量調查。臺灣林業科學 13:225-235。
- 陳財輝、許博行、張峻德。1998b。四湖海岸木麻黃林分生物量及養分量聚集。臺灣林業科學 13:335-349。
- 陳財輝、許博行、張峻德。1999。四湖海岸木麻黃林分降水、幹流水及穿落水之養分含量與輸入。臺灣林業科學 14:419-435。
- 陳財輝、陳振興。2003。四湖及後龍海岸林土壤有機物之組成與分布。臺灣林業科學 18:159-162。
- 陳財輝。2008。人工海岸保安林復舊。林業研究專訊 15:18-21。
- 程煒兒、洪富文、陳財輝。1996。施肥對澎湖四種防風林樹種造林的初期效應。臺灣林業科學 11:303-313。
- 蔡呈奇、林世宗、吳若宣、吳致儀、劉永正、彭上豪。2008。宜蘭蘇澳地區海岸防風林變遷與復育之研究。行政院農業委員會林務局羅東林區管理處九十七年度委託計畫期末報告(計畫編號：行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列97-01-5-02)。48頁。
- McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. p.199-224. *In* Page A. L. et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy monograph 9. American Society of Agronomy, Madison, WI., U.S.A.
- Nelson, D. W., and L. E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-577. *In* Page, A. L. et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy monograph 9. American Society of Agronomy, Madison, WI., U.S.A.
- Rhoades, J.D. 1982. Cation exchange capacity. pp. 149-157. *In* Page A. L. et al. (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy monograph 9. American Society of Agronomy, Madison, WI., U.S.A.
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cation. p.159-165. *In* Page A. L. et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy monograph 9. American Society of Agronomy, Madison, WI., U.S.A.

98年2月6日投稿

98年6月1日接受