

馬祖地區植相與植群之研究

曾喜育¹ 邱清安² 蔡尚惠³ 王俊閔⁴ 王偉⁵ 曾彥學^{6*}

(收件日期：民國103年8月27日、接受日期：民國103年9月30日)

【摘要】植相與植群研究成果是一區域的基本資料，除提供科學研究、資源保育外，亦是經營管理的重要根本。本研究於馬祖地區進行植群調查，並設置60個樣區，依植物社會外觀形相劃成分森林植物社會與灌叢-草本植物社會，分別進行歸群分析、降趨對應分析和典型對應分析。研究區計有原生、歸化與栽培之維管束植物種類有131科、472屬、677種，歸化植物計28科、60屬、80種；原生植物之生活型以半地中植物為主(39.4%)，喬木僅佔4.6%。39個森林植物社會樣區劃分成相思樹型、海桐型、日本黑松型、木麻黃型、銀合歡型、樟樹型等6個優勢型；相思樹型為馬祖地區最優勢的森林植物社會，其次為海桐型。21個灌叢與草本樣區可劃分成雞眼草型、濱柃木型、刺蓼型、五節芒型、黃色飄拂草型等5個植群型，以五節芒型與濱柃木型為馬祖地區最優勢的灌叢-草本植物社會。森林植物社會之降趨對應分析大致與歸群分析結果相近，典型對應分析得知影響森林植群型分布之生育地因子主要為海拔高、坡度及全天空域。灌叢-草本植物社會之降趨對應分析亦與歸群分析結果相近，典型對應分析之結果顯示土壤因素對灌叢-草本植群型分布有明顯的重要性。本研究於文末並提供原生樹種建議作為馬祖地區植生復育之參考，植群調查資料可作為馬祖地區經營管理與科學研究之用。

【關鍵字】馬祖、植相、植群、歸群分析、降趨對應分析、典型對應分析、復育

FLORA AND VEGETATION OF MATSU AREA

Hsy-Yu Tzeng¹ Ching-An Chiu² Shang-Te Tsai³ Chun-Min Wang⁴
Wei Wang⁵ Yen-Hsueh Tseng^{6*}

(Received: August 27, 2014; Accepted: September 30, 2014)

¹ 國立中興大學森林學系副教授，40227臺中市國光路250號。

Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. 250 Kuokwang Rd., Taichung Country 40227, Taiwan.

² 國立中興大學實驗林管理處特聘副教授，40227臺中市國光路250號。

Adjunct Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. 250 Kuokwang Rd., Taichung Country 40227, Taiwan.

³ 環球科技大學觀光與生態旅遊系暨環境資源管理研究所助理教授，64063雲林縣斗六市鎮南路1221號。

Assistant Professor, Department of Sustainable Tourism, Graduate Institute of Environmental Resources Management, TransWorld University. No. 1221, Jhennan Rd., Douliou City, Yunlin Country 64063.

⁴ 國立中興大學森林學系博士生，40227臺中市國光路250號。

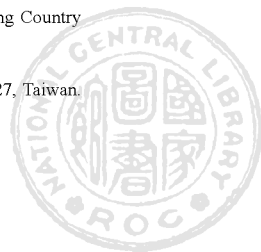
PhD student, Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. 250 Kuokwang Rd., Taichung Country 40227, Taiwan.

⁵ 國立中興大學森林學系博士候選人，40227臺中市國光路250號。

PhD candidate, Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. 250 Kuokwang Rd., Taichung Country 40227, Taiwan.

⁶ 國立中興大學森林學系副教授，40227臺中市國光路250號。通訊作者

Associate Professor, Department of Forestry, National Chung Hsing University. 250 Kuokwang Rd., Taichung Country 40227, Taiwan.
Corresponding Author, E-mail: tseng2005@dragon.nchu.edu.tw



【Abstract】 Flora and vegetation researches are the basic information not only providing scientific research, conservation, but also for resource management. The floristic and vegetation surveys were conducted in Matsu. According to the physiognomy of forest and shrub-grass communities, 60 plots were set up and studied with the numerical methods of cluster analysis, detrended correspondence analysis (DCA), and canonical correspondence analysis (CCA). There were 677 species in the study area, including native, naturalized and cultivated plants, among naturalized plants were 80 species. The dominant life form of native plants was hemicryptophyte (39.4 %), and only 4.6% was tree. The 39 forest plots were divided into 7 forest types including *Acacia confuse*, *Pittosporum tobira*, *Leucaena leucocephala*, *Pinus thunbergii*, *Cinnamomum camphora* and *Casuarina equisetifolia* Types, etc.; among them *Acacia confuse* and *Pittosporum tobira* Types were the most dominant community types in Matsu area. The 21 shrub-grass plots could be divided into 5 community types, including *Kummerowia striata*, *Eurya emarginata*, *Polygonum senticosum*, *Miscanthus floridulus* and *Fimbristylis sericea* vegetation types, etc.; among them *Miscanthus floridulus* and *Eurya emarginata* types were the most dominant in Matsu. The result of forest cluster analysis was similar to DCA. According to CCA, altitude, slope and whole light sky, etc., were the main environmental factors affecting forest vegetation distribution. Based on the results of CCA, soil properties were the most important factors affecting the composition of shrub-grass vegetation types. The results of this study can be valuable for forest restoration, and also set a foundation for subsequent researches and resource management in Matsu area.

【Key Words】 Matsu, flora, Vegetation, Cluster analysis, Detrended correspondence analysis (DCA), Canonical correspondence analysis (CCA), Restoration

I、前言

馬祖列島位於臺灣海峽之西北方，福建省閩江口外東海上，共計有36個島嶼、礁嶼所組成，總面積共約29.6 km²，其中以南竿、北竿、東引、東莒、西莒等5島嶼較大，並駐有軍民，其餘各島嶼幾為無人島(連江縣文獻委員會，1986)。自1992年11月7日戰地政務解除，及1994年5月31日全面解除出入境管制後，一般民眾才得以探訪該地的戰地風貌與自然景觀。交通部觀光局於1993年3月將馬祖列島編列為第6座國家風景區；同年12月，行政院農業委員會正式公告雙子礁、三連嶼、中島、鐵尖島等8座無人島嶼為國內第12處野生動物保護區(行政院農業委員會，1997)。因馬

祖距福州僅16 km，離臺灣最近達211 km，馬祖列島的動、植物相均與中國大陸關係較密切，而與臺灣關係不如中國大陸(Ota and Lin, 1997；李俊延2000；呂光洋等，2000；邵廣昭，2000；黃瑜齡，2002)。

植群分類目的主要是將調查後的植物社會依其相似性或相異性歸類為一群，而植群分類研究乃了解一區域之植物社會結構組成最基礎的分析作業，亦可作為經營管理及科學研究之參考(劉棠瑞、蘇鴻傑，1983)。馬祖列島早期因薪炭材缺乏以及戰火波及所致，森林多退化成草本植物社會，雖於戰地政務時期，因防務之需要，在農復(發、委)會以及林務局之協助下亦曾大力進行造林等工作；然由於植群、植相等相關基礎資料不足，以及交通不便、



支援不易，難謂臻善。同時由於環境條件及生活型態的改變，今日馬祖生態復育造林，尤其是樹種的選擇，亦有待重新加以檢討，而這些工作均有賴植群與植相等相關基礎資料之建立。故本研究自2008年1月至2008年12月針對馬祖列島之植相與植群進行之調查與研究，以供未來馬祖森林復育與鄉土教學之參考。

II、材料與方法

(一) 環境概述

馬祖地形以丘陵為主，全區山巒起伏而少平地，除北竿的坂里、南竿的山隴、與西莒的田沃較為平坦外，其餘地區皆為陡峭，以北竿壁山(海拔294 m)與南竿雲台山(海拔250 m)最為險峻(連江縣文獻委員

會，1986)。馬祖各島皆屬於火成岩及其變質岩，為大陸棚上的火山碎屑岩，岩齡約在9千萬至1億年之間，以花崗岩與花崗閃長岩為主體，有少數侵入岩體與酸性火山岩，沉積岩只見於溪谷或海灘(陳培源，1974；張長義，1998)。馬祖列島為亞熱帶海洋型季風氣候，全年的盛行風向為東北風，最冷月為1月，平均約8.9°C，最暖月為8月，平均溫度為27.1°C，年均溫為18.2°C，平均年雨量約為1,035.2 mm (中央氣象局馬祖氣象站)，一年之中約1/3的降雨日，降雨分配不均，乾濕季明顯，濕季多集中於4-6月的梅雨季節，及夏季颱風所帶來的雨水(圖1)；氣候四季分明，冬冷潮濕，春夏交際多霧，秋天氣候平均較為穩定(張長義，1998)。

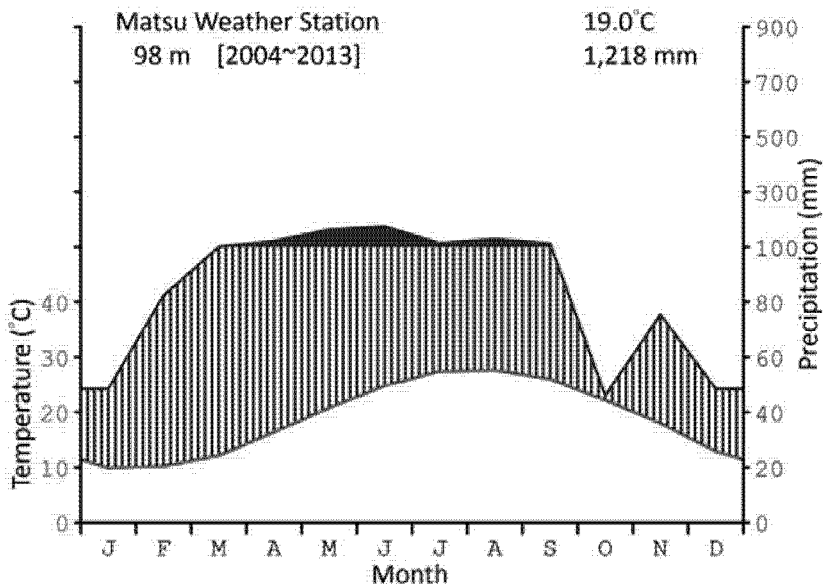


圖1 馬祖地區生態氣候圖。資料來源自中央氣象局，觀測年限：2004-2013；平均氣溫19.0°C，年降雨量1,218 mm；紅線為月均溫；藍色塊為月平均降雨量>100 mm；線條為相對潮濕期。

Fig. 1 Eco-climatic map of Matsu Area.



(二) 調查方法

本研究之植物資源清單調查除了由植群獲得植相資料外，並在道路、步道等人可到達處沿線進行調查，並佐以前人相關研究文獻之植物清單加以蒐集、彙整分析，學名依據Flora of Taiwan 6 (Editorial Committee of the Flora of Taiwan II, 2003) 及中國植物誌(中國科學院植物研究所, 2014)處理。植物社會調查採用多樣區法(multiple plot method)之集落樣區設置法(contagious quadrat method)，樣區之設置主要係考慮林相與植物社會組成等，同時樣區之設置能盡量達到樣區環境之均質性。樣區大小為25 m×10 m，由10個5 m×5 m之小區組成，調查時將植物分喬木層(overstory)及地被層(understory)，凡樣區內之樹木胸徑大於1 cm者，列入喬木層，逐株量記其胸高直徑、記錄種類；其他胸高直徑小於1 cm之樹種及草本、蕨類等維管束植物列為地被層，記錄種類及其覆蓋面積。本調查研究共取樣調查60個樣區。樣區之環境因子量測係以全球定位系統(global position system, GPS)標定並測定樣區海拔高(altitude, Alt.)，另以羅盤儀測量樣區之坡

度(slope)及坡向(aspect, Asp.)；坡向方位視為水分梯度(moisture gradient, Mos.)之對應值，通常以北半球而言，西南向最乾燥，東北向最陰濕，故給予1(最乾)至16(最濕)之相對值(Day and Monk, 1974)。量測樣區四周之12個固定的方位角，測出樣區四週遮蔽物之高度角(altitude angle)，以製圖方式求出未受遮蔽之天空範圍百分率，作為全天光空域(whole light sky, WLS)(夏禹九、王文賢, 1985)，並取隨機在樣區內採取3個點之土樣進行土壤含水率(Soil-M)、土壤有機質(Soil-C)及pH值(Soil-pH)之測定(胡弘道, 1993)。

(三) 分析方法

1. 植群分類

首先針對野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區、植物種類代碼、各株之胸徑或覆蓋度並計算樣區中各植物之重要值指數(importance value index, IVI)，其意義代表某種植物在樣區所佔有之重要性，進而決定該植物社會之優勢種(劉棠瑞、蘇鴻傑, 1983)。計算方法如下：

$$\text{密度(density)} = \frac{\text{某種植物株數之總和}}{\text{所調查之總樣區數}} \quad (1)$$

$$\text{頻度(frequency)} = \frac{\text{某種植物出現之總樣區數}}{\text{所調查之總樣區數}} \quad (2)$$

$$\text{優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物胸高斷面積或地被覆蓋面積之總和}}{\text{所調查之總樣區數}} \quad (3)$$

$$\text{相對密度(relative density)\%} = \frac{\text{某種植物之密度}}{\text{所有植物密度之總和}} \times 100\% \quad (4)$$



$$\text{相對頻度(relative frequency)\%} = \frac{\text{某種植物之頻度}}{\text{所有植物頻度之總和}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{相對優勢度(relative dominance)\%} = \frac{\text{某種植物優勢度}}{\text{所有植物優勢度之總和}} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{喬木層重要值指數} = \text{相對密度} + \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 300 \quad (7)$$

$$\text{地被層重要值指數} = \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 200 \quad (8)$$

將植物社會分成上下兩層(喬木層及地被層)，計算各種植物在各樣區中之密度、頻度及優勢度，再轉換成相對值；上層植物社會重要值為相對密度、相對頻度與優勢度之總和，下層植物社會重要值即相對頻度和相對優勢度之總和。依植物社會的型態可分為森林、灌叢及草本植物社會，森林植物社會之各樣區物種重要值經Excel計算，並以PC-ORD 5.0 (McCune and Mefford, 1999)進行歸群分析，採用Sorensen相似性指數進行分析並繪製樹形圖(dendrogram)，以探討各樣區之關係和植群的分類及組成，灌叢及草本社會以主優勢之物種與次優勢種劃分。

2. 分布序列法

森林植物社會及灌叢-草本植物社會之各樣區物種重要值經Excel計算後，以重要值矩陣代入PC-ORD 5.0分析軟體進行降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)運算分析，再加入各樣區4個環境因子矩陣，進行典型對應分析(canonical correspondence analysis, CCA)的運算分析，得出DCA及CCA之分析報表及排序圖後，佐以植群分類的結果及實際調查樣區之生育地環境，探討馬祖植群之分布趨勢及植群與環境因子間的關係。

III、結果與討論

(一) 植物資源清單

本研究除路線踏勘與植物社會調查記錄之植物種類外，並彙整前人研究(黃瑜齡，2002；郭城孟，2004)，共計原生、歸化與栽培之維管束植物種類清單有131科、472屬、677種，其中蕨類植物有20科、30屬、51種，裸子植物全部種類皆為栽培種，共計5科、5屬6種，雙子葉植物有88科、344屬、475種，單子葉植物有18科、93屬、145種。馬祖地區原生蕨類植物計有20科29屬50種，雙子葉植物有75科、224屬、285種，單子葉植物有13科、974屬、119種；歸化植物計28科、60屬、80種。原生植物之生活型以半地中植物為主(39.4%)，喬木僅佔7.5% (表1)，蕨類商數(2.75)較澎湖(0.38；王志強等，2007)、金門(2.26；蔡家銘，2005)來得高(表1)。

馬祖地區種數較多的科中，前五名依次為禾本科(Poaceae) (64種)、菊科(Asteraceae) (61種)、豆科(Fabaceae) (39種)、莎草科(Cyperaceae) (26種)、薔薇科(Rosaceae) (17種)、大戟科(Euphorbiaceae) (17種) (圖2)。馬祖地區前10名的科所含種數幾乎佔馬祖植物種數(原生和歸化植物)的50%；此結果與馬祖地區因植被生育地



表1 馬祖地區與澎湖、金門地區之原生植物生活型譜比較表

Table 1 Comparison of native plant life form spectrums between Matsu and Penghu, Kinmen Islands

地點	資料來源	蕨類商數	種數*	MM	M	N	V	S	Ph	Ch	H	C	HH	T
澎湖	王志強等(2007)	0.38	265	5.7	2.3	17.0	0.0	0.0	25.0	52.1	1.9	1.1	0.0	20.0
金門	蔡家銘(2005)	2.26	476	1.7	6.7	10.9	10.5	3.3	33.1	33.6	5.0	0.2	8.0	20.0
馬祖	本研究	2.75	432	4.6	2.9	18.3	6.9	0.5	33.2	39.4	6.0	2.5	0.0	19.0

種數*：種子植物種數 Ph=MM+M+N+V+S

各生活型符號說明：MM：大、中喬木植物(mega- and mesophanerophytes)；M：小喬木植物(microphanerophytes)；N：灌木植物(nanophanerophytes)；V：藤本植物(vine)；S：肉質莖植物(Succulent-stemmed)；Ph：地上植物(phanerophytes)；Ch：地表植物(chamaephytes)；H：半地中植物(hemicryptophytes)；C：地中植物(cryptophytes)；HH：水中植物(Hydrophytes)及喜水植物(Heliophytes)；Th：一年生植物(therophytes)

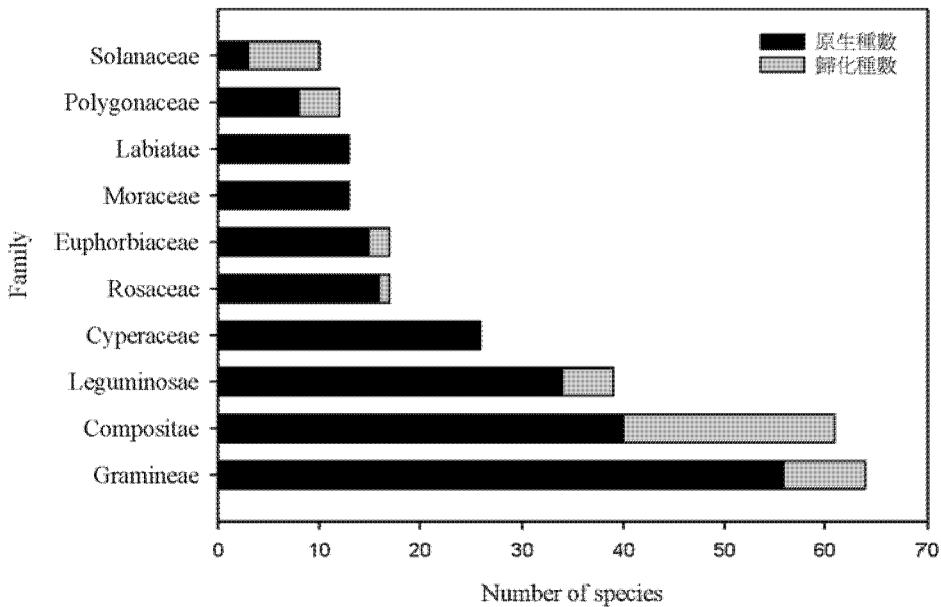


圖2 馬祖地區原生和歸化植物種類最多之前十科

Fig. 2 The top 10 families of native and naturalized plant species in Matsu Area.

多遭干擾，原生植被幾已不存，多為大面積的草生地與人工林有關。前10科中的禾本科、菊科、豆科、莎草科為世界雜草主要的科，多為陽性物種，非常容易藉由風或人為等因素入侵新的生育地(黃瑜齡，2002；蔣慕琰等，2003；Wu and Wang, 2005)；加上這些植物具有高繁殖力、生長

快速、生活週期短、適應性強等生物和生態學特性，因常形成優勢族群，部份種類的入侵性非常強，已威脅、壓迫原生物種生存空間(張芷熒等，2009)。

外來植物的入侵成功不只是生物和生態特性使然，人為干擾破壞原生植群後的生育地更是提供外來植物入侵成功的



最大因素(Kitayama and Mueller-Dombois, 1995), 而且干擾強度愈大入侵越容易發生(Duggin and Gentle, 1998)。在前10科中, 菊科、蓼科(Polygonaceae)和茄科(Solanaceae)的歸化種比例超過1/3 (圖2), 一方面顯示這些科的歸化種對於馬祖環境的適應, 另一方面亦反映出馬祖地區環境遭多樣干擾致使這些歸化種得以進入其生育地。馬祖位於亞熱帶, 臨近大陸地區, 熱帶與溫帶物種交匯地區, 雖然大戟科、桑科(Moraceae)等主要分布在熱帶地區, 但原生分布的種類多為可適應溫帶的物種, 薔薇科、唇形科(Labiaceae)、蓼科等主要為溫帶分布的科, 經由大陸地區分布至馬祖(黃瑜齡, 2002)。

(二) 植群分類

本研究共取樣調查60個樣區(圖3), 依據植物社會之外觀形相(physiognomy)劃成分森林植物社會與灌叢-草本植物社會, 並分別進行矩陣群團歸群分析(圖4)。39個森林植物社會樣區及21個灌叢-草本植物社會, 根據矩陣歸群分析之結果製成樹形圖, 以30%之訊息保持度, 可將森林植物社會劃分成6個優勢型, 灌叢-草本植物社會可劃分成5個優勢型。本研究對植群型命名之原則為以優勢種命名, 優勢種代表植物對環境資源之控制能力, 其生物量頗大, 故可達到控制環境資源方面的代表性, 本研究採用優勢種命名, 主要著眼優勢種佔據植物社會之主要資源之觀點(劉棠瑞、蘇鴻傑, 1983)。

森林植物社會

I 相思樹型(*Acacia confusa* Type)

相思樹型植物社會以相思樹(*Acacia*

confusa)為構成林冠之主要優勢種, 共計23個樣區屬之, 為馬祖地區最優勢的森林植物社會; 由於相思樹對土壤要求不高, 是生長快速、適應性強的固氮樹種, 加上材質堅重而硬, 適用於建材、農具、枕木及木炭的優良樹種, 為臺灣早期主要的造林樹種(徐寶琛, 2007; 杜炳賢等, 2008), 因而成為馬祖地區造林主要樹種; 再者, 因於相思樹的種子小、具厚種皮, 常為臺灣低海拔土壤種子庫主要組成之木本植物(張乃航等, 1998; 湯冠臻等, 2011), 為荒廢地常見的先趨樹種, 在開闢光線充足環境具有良好的生長(郭耀綸等, 2004; 陳書憲等, 2011)。相思樹林亦是臺灣低海拔主要林型之一, 林火發生頻繁, 經連續火燒情況下, 森林退化而形成以五節芒(*Miscanthus floridulus*)為優勢組成的草本植物社會(陳明義等, 1988); 火燒亦可能為馬祖地區的相思樹型優勢森林植物社會與五節芒優勢草本植物、濱柃木優勢灌叢植物社會等形成相鑲狀態的主要原因。

相思樹為本型上層林冠組成樹種, 海桐(*Pittosporum tobira*)、朝鮮紫珠(*Callicarpa japonica* var. *luxurians*)、日本黑松、假枇杷(*Ficus erecta*)等常為下層林冠或灌木層優勢之伴生樹種; 部份地區為軍事荒廢碉堡, 常留存木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)、榕樹(*Ficus microcarpa*)等植栽或造林樹種與相思樹形成上層林冠; 部份區域為日本黑松造林地, 唯因松材線蟲或其他因素而生長不良或多已枯死, 殘存的日本黑松零星分布於該植群型內; 在較背風、潮濕的谷地環境下, 假枇杷常成為優勢林冠, 林下環境相對較陰濕, 耐陰性



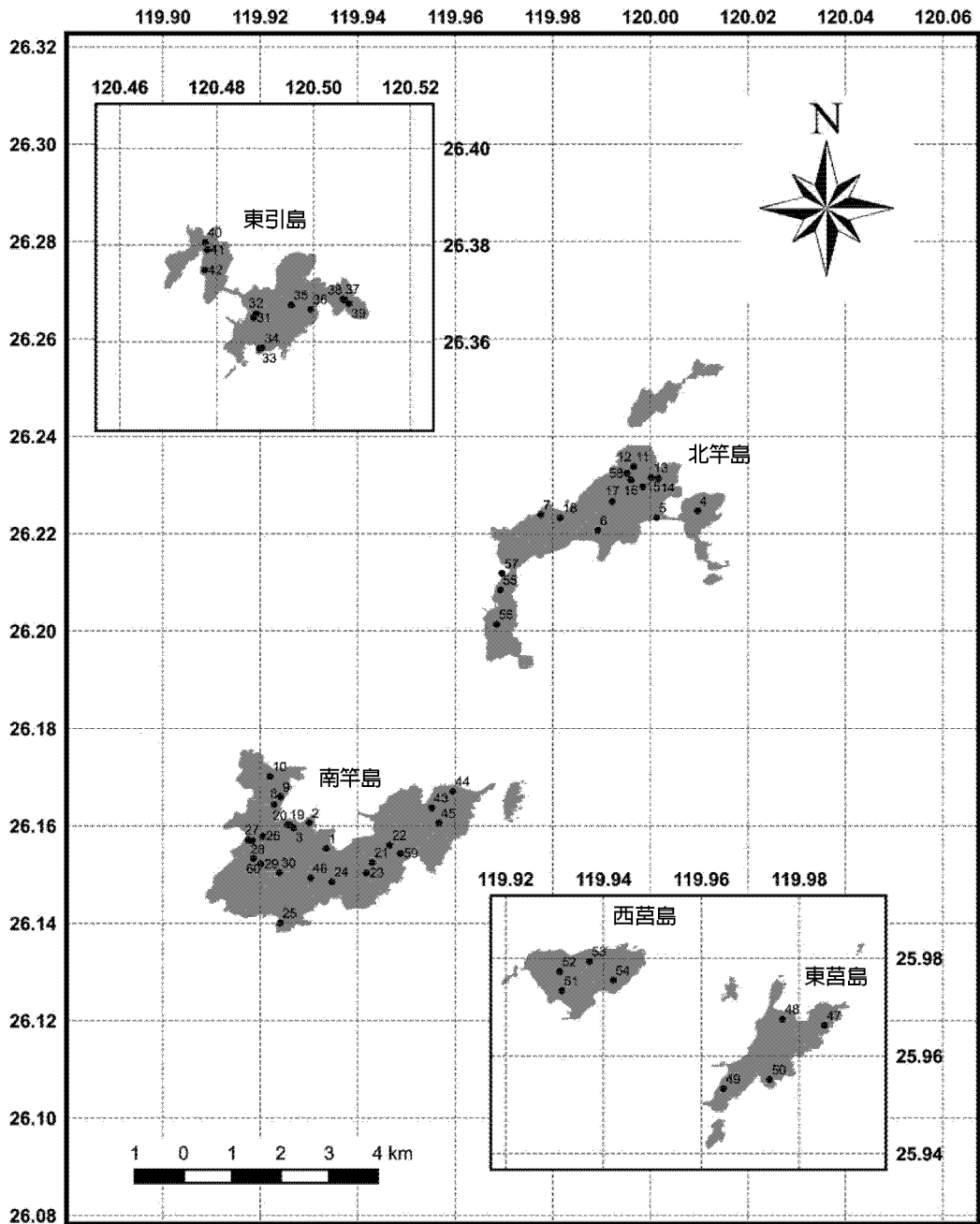


圖3 馬祖地區植群調查樣區位置圖。號碼為樣區編號。

Fig. 3 Location of vegetation plots in Matsu Area.



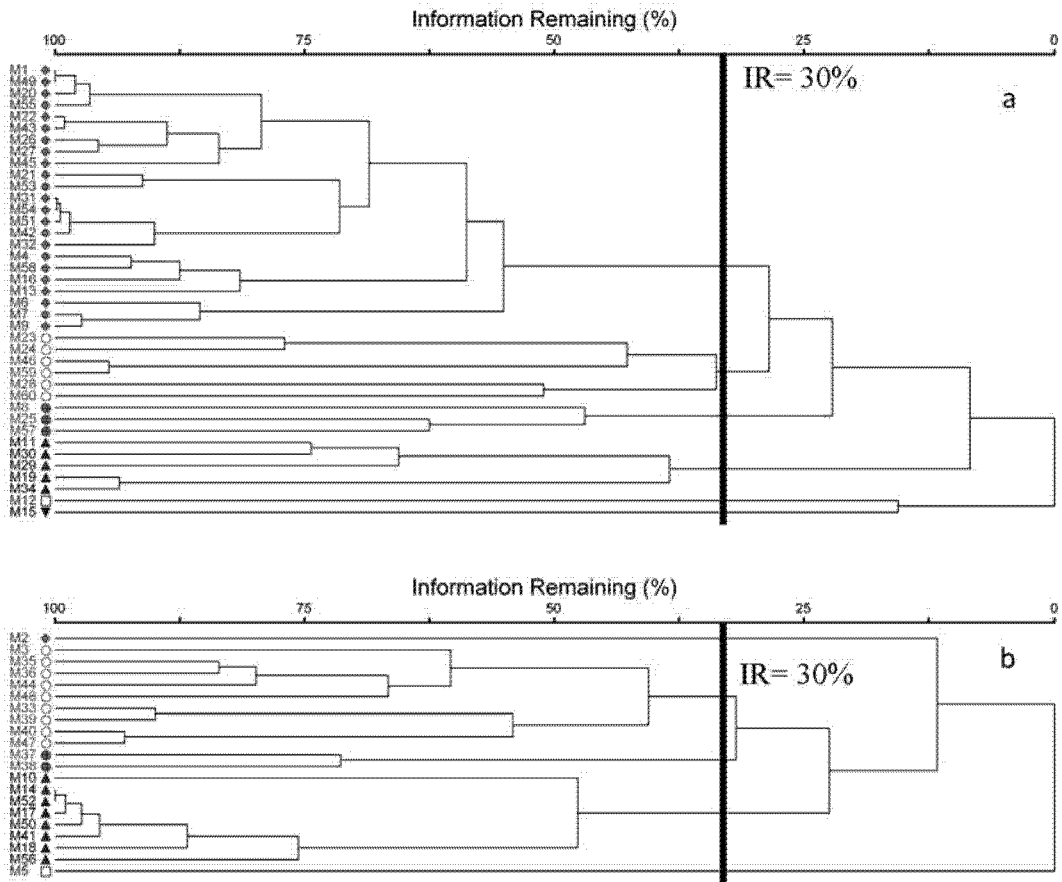


圖4 馬祖地區植物社會歸群分析結果。a. 森林樣區之樹形圖；實心菱形為相思樹型，空心圓為海桐型，實心圓為銀合歡型，正三角形為日本黑松型，空心正方形為樟樹型，倒三角形為木麻黃型。b. 灌叢及草本樣區之樹形圖；實心菱形為雞眼草型，空心圓為濱柃木型，實心圓為刺蓼型，正三角形為五節芒型，倒三角形為黃色飄拂草型。

Fig. 4 Cluster plots of plat communities in Matsu Area.

樹種或陰性之草本植物形成地被層。本植物社會中，樣區之喬木層組成相當單純，推測與相思樹之抑制性有關(Chou *et al.*, 1998)，低層林冠或灌木層組成尚有臺灣欒(*Zelkova serrata*)、苦楝(*Melia azedarach*)、沙楠子樹(*Celtis biondii*)、白背木薑子(*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)等樹種；地被層優勢組成物種有海桐、假枇杷、薜荔(*F. pumila*)、雀梅藤(*Sageretia thea*)、菝葜(*Smilax china*)、南華南蛇藤(*Celastrus*

hindsii)、細葉麥門冬(*Liriope graminifolia*)、海金沙(*Lygodium japonicum*)等。

II 海桐型(*Pittosporum tobira* Type)

本型植物社會以海桐為主要優勢種，皆位於南竿島。上層林冠以朴樹(*Celtis sinensis*)、臺灣欒、木麻黃等造林樹種較為優勢，低層林冠則以海桐最為優勢，假枇杷、白背木薑子零星分布。地被層以海桐、朴樹、白背木薑子等木本植物的稚樹外，尚有薜荔、箭葉鳳尾蕨



(*Pteris ensiformis*)、南海鱗毛蕨(*Dryopteris varia*)、海金沙、細葉麥門冬、火炭母草(*Polygonum chinense*)、南華南蛇藤等優勢地被。本優勢植群型多位於陽光充足、濕潤的生育地環境。海桐優勢型的在植群的外觀形相上變異相當大，此因上層林冠多為造林樹種組成，因海桐在第二層林冠形成幾近絕對優勢致使劃分成同一植群型。海桐在馬祖地區的森林植物社會低層林冠樹種組成中幾乎都有出現，是非常優勢的組成分子，一方面顯示出海桐在研究區森林植物社會的適應外，另一方面亦反應出馬祖地區在各種干擾後，木本植物組成相對單調造成的結果。

III 銀合歡型(*Leucaena leucocephala* Type)

銀合歡型分布於南、北竿島，生育地環境土層略深厚，土壤化育大致良好。銀合歡是全世界百大入侵性植物之一，亦是臺灣外來植物入侵危害最強之木本植物，嚴重衝擊臺灣本土生態系(呂福原、陳民安，2002；李昭宗，2003；蔣慕琰等，2003)。銀合歡的入侵改變植群的物種組成，降低原生物種的多樣性，改變植群社會的結構及整個生態系功能(李昭宗，2003)。本優勢型植物社會初期常以相思樹、柘樹(*Cudrania tricuspidata*)、烏桕(*Sapium sebiferum*)、沙楠子樹等樹種為優勢林冠組成，但因受到不等程度干擾，銀合歡(*Leucaena leucocephala*)、槭葉牽牛(*Ipomoea cairica*)、洋商陸(*Phytolacca americana*)等植物開始入侵而形成優勢。低層林冠及灌木組成樹種則以柘樹、海桐、銀合歡、日本衛矛(*Euonymus japonicus*)、小葉桑(*Morus australis*)、沙楠子樹等為

主，地被層較優勢的組成有海桐、銀合歡、日本衛矛、菲律賓胡頹子(*Elaeagnus philippinensis*)、雀梅藤、薜荔、月桃(*Alpinia speciosa*)、南華南蛇藤、日本金粉蕨(*Onychium japonicum*)等。

IV 日本黑松型(*Pinus thunbergii* Type)

日本黑松型皆為日本黑松造林地，南竿、北竿及東引島皆有分布。本優勢林型混合日本黑松不同發育時期的林分，上層林冠以日本黑松為主要優勢種，相思樹零星分布本型植物社會。由於松材腺蟲的危害，部分林分之日本黑松大多生長不良或枯死，造成林下開闊而光線充足，低層林冠及灌木組成樹種相對較多樣，常構成較鬱閉的第2層林冠，較優勢的種類有海桐、假枇杷、濱柃木(*Eurya emarginata*)、江某(*Schefflera octophylla*)、山黃梔(*Gardenia jasminoides*)、白背木薑子等。此外，尚有密花五月茶(*Antidesma japonicum* var. *densiflorum*)、唐杜鵑(*Rhododendron simsii*)、頷垂豆(*Archidendron lucidum*)、米飯花(*Vaccinium bracteatum*)、田代氏石斑木(*Rhaphiolepis indica* var. *tashiroi*)、繼木(*Loropetalum chinense*)等種類，其在數量、分布較少且在其他植物社會皆未出現的物種。地被層及草本植物優勢組成因不同生育而異，主要共同優勢組成有海桐、濱柃木、江某、雀梅藤、白背木薑子、菲律賓胡頹子、薜荔、菝葜、五節芒、海金沙等。

V 樟樹型(*Cinnamomum camphora* Type)

樟樹型位於北竿島小面積之造林地，位山麓凹地，環境略濕潤，土壤發育良好，土層深厚；林冠最優勢組成為樟樹，楓香(*Liquidambar formosana*)零星間雜



其中，低層林冠與灌木層為假枇杷、小葉桑等。地被層組成以小葉桑、青芋麻 (*Boehmeria nivea* var. *tenacissima*)、樟樹、五節芒、月桃、薜荔、海金沙、小毛蕨 (*Cyclosorus acuminata*) 等較優勢。

VI 木麻黃型 (*Casuarina equisetifolia* Type)

木麻黃型為木麻黃造林地，以木麻黃為林冠之最優勢組成，位於南竿島。相思樹偶出現於林冠層，常見低層林冠或灌木組成有假枇杷、朴樹、海桐、銀合歡等樹種。地被層最優勢的草本為五節芒、竹葉草 (*Oplismenus compositus*)、大花咸豐草 (*Bidens pilosa* var. *radiata*) 等，地被組成中的木本植物有假枇杷、海桐、朴樹的小苗，以及青芋麻等較優勢。

灌叢-草本植物社會

I 雞眼草型 (*Kummerowia striata* Type)

雞眼草型位南竿島精實堡邊之濱海草本植物社會，僅於南竿島有發現分布；其生育環境受人為活動影響甚劇 (如人為踐踏、刈草等)，為港口旁之空地，四周幾無遮蔽。物種組成多以陽性先趨植物為主，以雞眼草 (*Kummerowia striata*) 最為優勢，伴生植物有狗牙根 (*Cynodon dactylon*)、大花咸豐草與雀稗 (*Paspalum dilatatum*) 等物種。然本區外來植物入侵種類亦多，例如大花咸豐草、雀稗、銀合歡、銀膠菊 (*Parthenium hysterophorus*)、加拿大蓬 (*Conyza canadensis*)、野苧蒿 (*C. sumatrensis*) 等。

II 濱柃木型 (*Eurya emarginata* Type)

濱柃木型為馬祖地區典型的木本與草本組成之灌叢-草本植物社會，共調查 11 個樣區，多位於岩石裸露、土壤化育不

全且較淺薄的衝風地帶；本型優勢型為馬祖地區較典型的灌叢植物社會。因海風影響甚劇，木本植物多以矮盤冠叢之形式生長，優勢灌叢植物有白背木薑子、桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*)、濱柃木、相思樹、車桑子 (*Dodonaea viscosa*)、海桐等樹種，草本植物以山菅蘭 (*Dianella ensifolia*)、灰葉蕨 (*Caryopteris incana*) 等較為優勢。

III 刺蓼型 (*Polygonum senticosum* Type)

刺蓼型之樣區皆在東引島烈女石附近之凹地。本草本植物社會刺蓼 (*Polygonum senticosum*) 為地被絕對優勢之物種，伴生植物尚有油菊 (*Dendranthema indicum*)、雞屎藤 (*Paederia scandens*)、槭葉牽牛、火炭母草，以及紅花石蒜 (*Lycoris radiata*) 等。

IV 五節芒型 (*Miscanthus floridulus* Type)

五節芒型為馬祖地區最優勢的草本植物社會，為農耕荒廢或森林退化後最常見的草本植物社會，各島皆有分布。本植群型常位於路旁，常受火燒、刈草等干擾，外來種植物因而入侵，外來種的種類及數量於調查樣區中較為優勢。本植物社會常間雜著灌木有木麻黃、相思樹等木本植物，可能顯示出本植群型為造林失敗、火燒等干擾而形成。在五節芒草生地中，常見有朝鮮紫珠、小葉桑、青芋麻等木本植物；除五節芒外，常見伴生植物有熱帶葛藤 (*Pueraria phaseoloides*)、火炭母草、雞屎藤、油菊、大花咸豐草、菝葜、洋商陸、槭葉牽牛等。

V 黃色飄拂草型 (*Fimbristylis sericea* Type)

黃色飄拂草型為北竿馬鼻灣之砂岸草本植物社會；其生育環境為砂地，物種



組成以草本之海濱植物為主。物種組成單純，黃色飄浮草(*Fimbristylis sericea*)在此種生育地形成大小不一的草甸斑塊，成爲此植物社會最優勢的物種；伴生物種尚有小海米(*Carex pumila*)、海邊月見草(*Oenothera drummondii*)、裂葉月見草(*Oenothera laciniata*)、變葉藜(*Chenopodium acuminatum*)等。

(三) 植物社會與環境之關係

DCA分布序列法爲將生物社會之物種介量依加權平均法(weight average)演算後推得各植物社會之排序分數，藉此反映出各生育地之環境及物種組成之相關性或歧異性，因此可藉由排序圖之結果了解各植

物社會彼此之空間分布上的趨勢，進一步將相近之植物社會分類(Gauch, 1982；引自張金屯，2004)。本研究將39個森林植物樣區及21個灌叢-草本植物社會分別進行DCA分布序列法分析(圖5-6)，DCA排序結果顯示與矩陣歸群分析之樹形圖分群結果大致相符。DCA分布序列法無法使排序圖直觀了解生育地環境與植群間的關係，因此DCA排序圖須佐以實際的現況資料加以推論其於排序空間之意涵(劉棠瑞、蘇鴻傑，1983；張金屯，2004)。森林植物社會之DCA分布序列法之前三軸變異解釋率分別爲12.1%、8.3%及5.8%。森林植物社會之DCA排序圖第一軸由左至右大致可將樣區

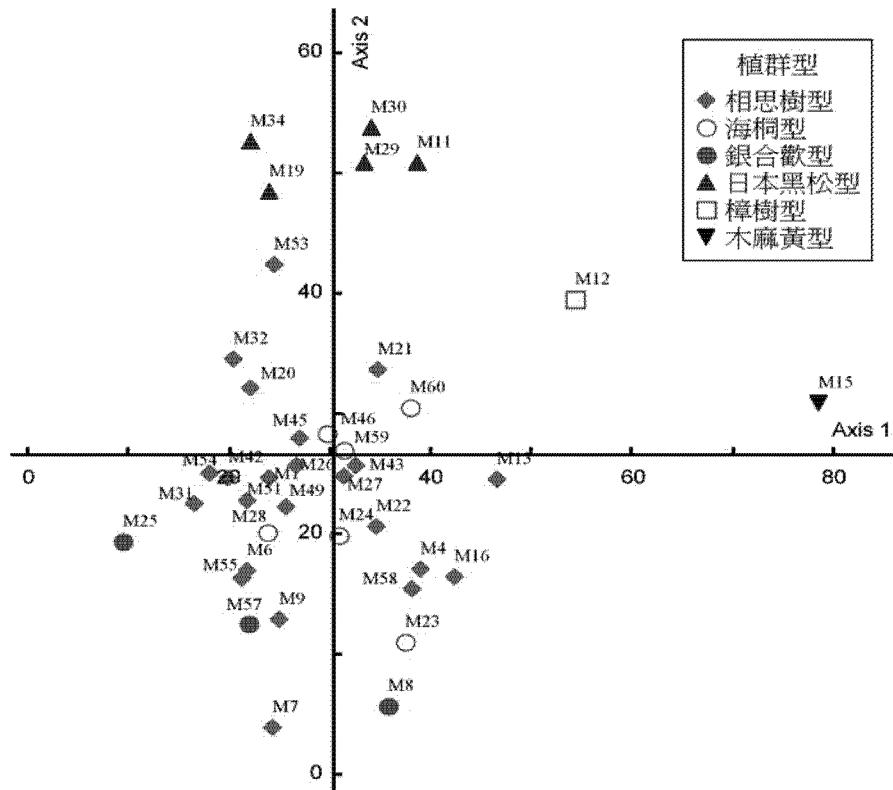


圖5 馬祖地區森林樣區DCA分布序列法之排序圖。

Fig. 5 DCA ordination of forest vegetation plots in Matsu Area.



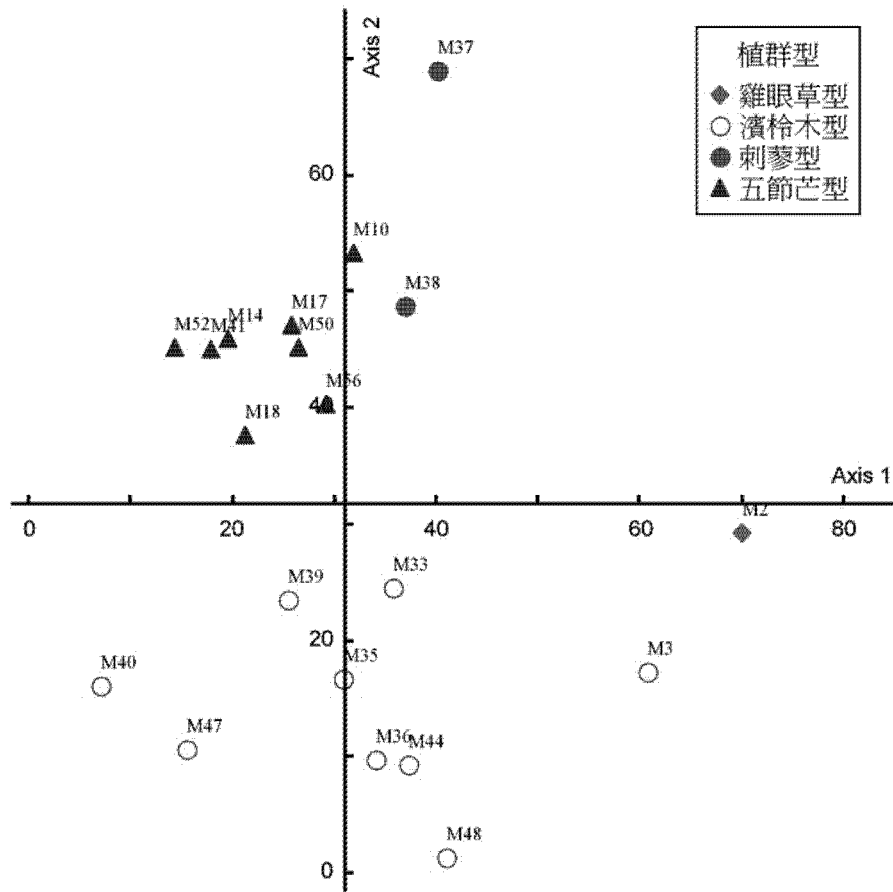


圖6 馬祖地區灌叢及草本樣區移除極端值後DCA分布序列法之排序圖。

Fig. 6 DCA ordination of grassland vegetation plots in Matsu Area (Removed the extreme plots).

由低海拔排列至高海拔，最左邊為銀合歡型(圖5)，最右為木麻黃型；第二軸由上至下可大致顯示樣區分布由凹谷地至嶺線，反映出濕潤與乾燥的生育地，一端為日本黑松型，另一端為海桐型、相思樹型及銀合歡型，森林植物社會之DCA分析結果顯示，造成本區森林植物社會分佈變異，主要為海拔梯度及地形位置的分布影響。

灌叢-草本植物社會之DCA分布序列法顯示前三軸變異解釋率為14.1%、10.1%、7.4%，軸長分別為4.5、3.3、3.2。因黃色

飄拂草型生育地環境較特殊，物種組成與其他植物社會不同，而與其他植物社會明顯分開，致使其他4個灌叢-草本植物社會混合而區分不明顯。灌叢-草本植物社會之DCA排序圖第一軸由左至右大致可將樣區由坡度較傾斜至平緩，最左邊為濱柃木型，最右為黃色飄拂草型；第二軸可反映草本樣區之土壤性質之變異，上端為刺藜型，下端則為五節芒型。為更清楚了解其他植物社會間之關係，剷除黃色飄拂草型後之DCA排序圖(圖6；前三軸變異解釋率

為10.2%、9.6%、4.3%)，各植群型可明顯區別，前述各軸所反映之環境因子仍具影響力。

本研究環境因子之相關性分析顯示，土壤含水率與海拔高有顯著正相關($p < 0.01$)，與全天光空域及土壤pH值則為負相關($p < 0.05$)，全天光空域與土壤pH值為正相關($p < 0.01$)，坡度與全天光空域有顯著負相關($p < 0.05$)，土壤含水率與有機質含量為正相關($p < 0.01$)。由環境因子代入CCA分布序列之迭代(回歸式)可了解環境與排序軸之關係；森林植物社會第一軸與海拔高及全天光空域呈正相關，第二軸則與坡度相關

性較高，灌叢-草本植物社會第一軸與坡度及土壤含水率呈正相關，第二軸則與土壤pH值及有機質含量相關性較高，可能顯示灌叢-草本植物社會對土壤條件的敏感性大於森林植物社會。

由CCA之特徵根與總變異量(total inertia)比值，可了解各軸對樣區資料之變異量的解釋程度，森林植物社會及灌叢-草本植物社會經CCA分析前三個排序軸之變異量解釋率分別為5.9%，5.0%，3.8%及10.5%，7.9%，7.0%，呈現遞減趨勢。CCA雙序圖反映森林植群型分布變異主要受為海拔梯度及坡度影響(圖7)，左端為日

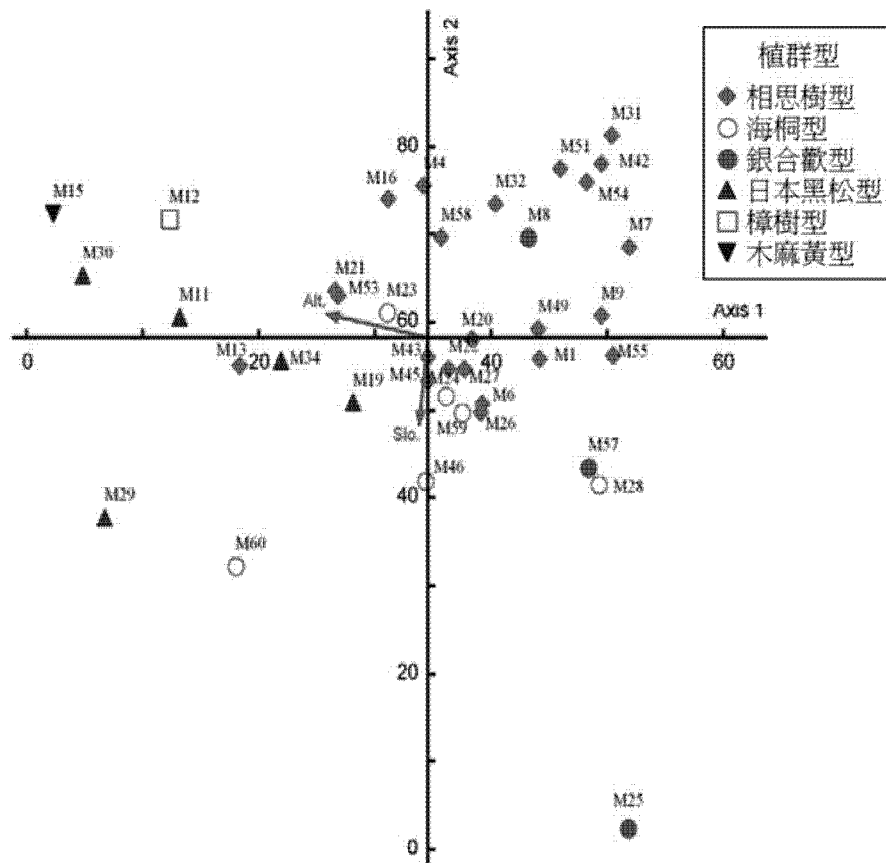


圖7 馬祖地區森林樣區CCA分布序列法之雙序圖。Alt.：海拔；Slope：坡度。
Fig. 7 CCA ordination of forest vegetation plots in Matsu Area.



本黑松及樟樹優勢型，右端則為海桐型，其中相思樹型於雙序圖分布範圍最大，顯示其對於棲息環境可適性高，反映出相思樹在歧異環境中仍可建構其族群。影響草本植群型分布之因子為土壤因子(圖8)，可藉雙序圖明顯區別植群型，不論CCA及DCA之結果皆顯示黃色飄拂草型之生育地環境及物種組成於本區有別於其他植群型(圖7)。

(四) 馬祖地區植群復育之樹種建議

由於工業化過程造成環境大規模破壞，人類開始重視劣化環境之生態自然復原與人為方式介入進行生態復育(ecological restoration)，使退化土地之森林復育與生態系服務功能得以重建(Chazdon, 2008; Holl and Aide, 2011)。馬祖地區早期因薪炭材缺乏以及戰火波及所致，森林多退化成灌叢-草本植物社會，然在農復(發、委)會以及林務局之協助下亦曾大力進行造林等工作，雖具成效但多為單一樹種之人工林為

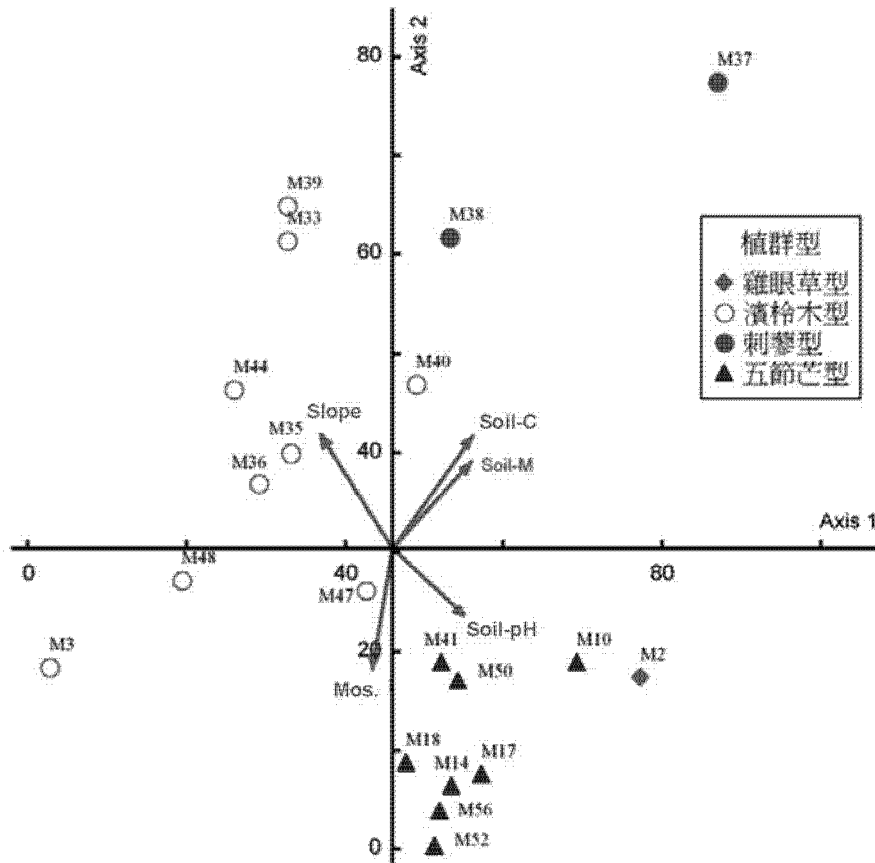


圖8 馬祖地區灌叢及草本樣區移除極端值後CCA分布序列法之雙序圖。Slope：坡度； Soil-pH：土壤pH值； Soil-M：土壤含水率； Soil-C：土壤有機質含量； Mos.：水分度梯。

Fig. 8 CCA ordination of grassland vegetation plots in Matsu Area (Removed the extreme plots).



多，樹種以相思樹、日本黑松、臺灣檫、樟樹、木麻黃等爲主，其中尤以相思樹爲最。

對於馬祖地區退化土地之森林復育而言，消除入侵的外來植物或控制其發展，並重新引入當地消失的原生種(native species) (SERI, 2006)，參酌當地植物與植群調查資料，以適地適木方式選擇鄉土樹種進行人工生態造林來減少森林生態復育時間(Miyawaki, 2004；邱清安, 2012；邱清安等, 2012)。結合本研究植相與植群調查結果，除了上述造林樹種外，尚有黃楨(*Dalbergia hupeana*)、朴樹、沙楠子樹、榔榆(*Ulmus parvifolia*)、楓香、小葉桑、柘樹、野桐(*Mallotus japonicus*)、烏柏、江某、魯花樹(*Scolopia oldhamii*)、俄氏柿(*Diospyros oldhamii*)、薄葉嘉賜木(*Casearia membranacea*)、九芎(*Lagerstroemia subcostata*)、檜梧(*Elaeagnus oldhamii*)、苦楝、黃連木(*Pistacia chinensis*)等上層樹種可供選擇，佐以海桐、月橘、山黃梔等灌木，考量生育地環境，培育不同演替階段之苗木予以混植，以期快速達成森林覆蓋並加速自然演替至後期森林。

IV、致謝

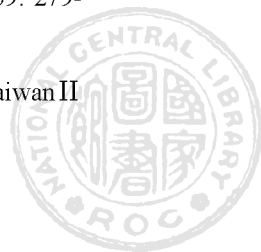
本文承林務局提供研究經費(計畫編號：林務局委託研究計畫系列97-00-5-05)，以及野外調查期間馬祖縣政府、馬祖風景管理處的協助，科學博物館王秋美博士協助植物鑑定，江冠緯科長、蔡錫鍊先生於調查協助，特此誌謝。

V、引用文獻

- 中國科學院植物研究所 (2014) 中國植物誌。http://fips.eflora.cn/zongl。
- 王志強、陳一正、邱清安、林志銓、曾彥學、歐辰雄、呂金誠 (2007) 澎湖植相與植群之研究。林業研究季刊 29(2)：1-18。
- 行政院農業委員會 (1997) 臺灣地區野生動物保護區。行政院農業委員會。
- 呂光洋、林思民、向高世、吳孟修、賴俊祥、鄭振寬 (2000) 馬祖地區兩棲爬蟲動物相調查。連江縣政府馬祖農業改良場。
- 呂福原、陳民安 (2002) 墾丁國家公園外來種植物對原生植群之影響以銀合歡爲例。墾丁國家公園管理處研究報告第112號。
- 李俊延 (2000) 馬祖彩蝶圖鑑。福建省連江縣政府。馬祖。
- 李昭宗 (2003) 恆春地區銀合歡入侵及擴散之研究。國立屏東科技大學森林學系研究所碩士論文。
- 杜炳賢、張書睿、陳彥碩、徐寶琛 (2008) 陽明山地區相思樹人工林自然演替之研究。華岡農科學報 21：85-96。
- 邱清安 (2012) 復育生態學之初探。中華林學季刊 45(2)：287-296。
- 邱清安、曾喜育、王俊閔、吳侑鴻、曾彥學 (2012) 東勢林場植物資源調查及其生態復育芻議。林業研究季刊 34(1)：13-38。
- 邵廣昭 (2000) 藍色運動—尋回臺灣的海洋生物。中央研究院動物研究所。



- 胡弘道 (1993) 森林土壤學。國立編譯館主編。茂昌圖書有限公司印行。
- 夏禹九、王文賢 (1985) 坡地日輻射潛能的計算。台灣省林業試驗所試驗簡報第1號。
- 徐寶琛 (2007) 本省北部陽明山、內湖地區相思樹人工林放任後自然演替之研究。華岡農科學報 19 : 67-80。
- 張乃航、馬復京、游漢明、許原瑞 (1998) 福山地區次生闊葉林土壤種子庫及幼苗動態。臺灣林業科學 13(4) : 279-289。
- 張芷熒、曾喜育、呂金誠、曾彥學 (2009) 臺灣歸化植物入侵評估系統之建立。林業研究季刊 30(4) : 29-40。
- 張金屯 (2004) 數量生態學。科學出版社，北京市。
- 張長義 (1998) 金門、馬祖列島環境敏感地區之調查研究與環境基本資料庫之建立。行政院環境保護署。
- 連江縣文獻委員會 (1986) 福建省連江縣誌。連江縣文獻委員會。3 : 1-288。
- 郭城孟 (2004) 馬祖植物誌。福建省連江縣政府。
- 郭耀綸、范開翔、黃慈薇、李彥屏、吳惠綸、蔡瑞芬 (2004) 臺灣30種闊葉樹陽葉氣體交換潛力之研究。臺灣林業科學 19(4) : 375-386。
- 陳明義、呂金誠、劉思謙 (1988) 相思樹林火燒後植群演替之探討。生態原則下的森林經營研討會。臺灣省林業試驗所。
- 陳書憲、蔡佳彬、劉瓊霖 (2011) 不同光度處理對臺灣三種原生闊葉樹苗木碳水化合物累積和分配的影響。林業研究季刊 33(1) : 65-76。
- 陳培源 (1974) 馬祖群島地質，附帶討論福建沿海之火成活動及地殼運動。臺灣地質調查所彙刊 24 : 89-98。
- 湯冠臻、曾彥學、曾喜育、呂金誠 (2011) 臺中大坑地區次生林土壤種子庫組成之研究。林業研究季刊 33(1) : 35-48。
- 黃瑜齡 (2002) 馬祖列島植物地理之研究。國立臺灣大學植物學研究所。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。
- 蔡家銘 (2005) 金門地區植群生態之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 蔣慕琰、徐玲明、袁秋英、陳富永、蔣永正 (2003) 台灣外來植物之危害與生態。小花蔓澤蘭危害與管理研討會專刊。
- Chazdon, R. L. (2008) Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* 320: 1458-1456.
- Chou, C. H., C. Y. Fu, S. Y. Li and Y. F. Wang (1998) Allelopathic potential of *Acacia confusa* and related species in Taiwan. *Journal of Chemical Ecology* 24(12): 2131-2150.
- Day, F. P. and C. D. Monk (1974) Vegetation pattern on a southern Appalachian watershed. *Ecology* 55: 1064-1072.
- Duggin, J. A. and C. B. Gentle (1998) Experimental evidence on the importance of disturbance intensity for invasion of *Lantana camara* L. in dry rainforest-open forest ecotones in north-eastern NSW. *Forest Ecology and Management* 109: 279-292.
- Editorial Committee of the Flora of Taiwan II



- (2003) Flora of Taiwan (6). Department of Botany, National Taiwan University.
- Gauch, H. G. (1982) Multivariate Analysis in Community Ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Holl, K. D. and T. M. Aide (2011) When and where to actively restore ecosystems? Forest Ecology and Management 261: 1558-1563.
- IUCN (2001) IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- McCune, B. and M. J. Mefford (1999) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, vers. 4. Glenden Beach, OR, MjM Software Design.
- Kitayama K. and D. Mueller-Dombois (1995) Vegetation changes along gradients of long-term soil development in the Hawaiian montane rainforest zone. Vegetatio 120: 1-20.
- Miyawaki, A. (2004) Restoration of living environment based on vegetation ecology: theory and practice. Ecological Research 19: 83-90.
- Miyawaki, A. (2004) Restoration of living environment based on vegetation ecology: theory and practice. Ecological Research 19: 83-90.
- Ota, H. and J. Lin (1997) On the herpetofauna of the Matsu Group -I. Reptiles and amphibians recorded from Nankan and Peikan Islands. Journal of Taiwan Museum 50: 93-105.
- SERI (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Writing Group) (2006) The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, AZ. URL <http://www.ser.org>.
- Wu, S. H. and H. H. Wang (2005) Potential Asteraceae invaders in Taiwan: Insights from flora and herbarium records of casual and naturalized alien species. Taiwania 50: 62-70.

