

研究報告

蘇花公路沿線植群多樣性分析

朱恩良¹ 陳秀涓^{1,2} 廖冠茵² 蔡尚憲^{2,*}

【摘要】臺9線蘇花公路自開通以來，除區域性或針對保護(留)區之相關植群調查外，至今尚無較全面性之植物資源調查及多樣性分析；是故本研究進行蘇花公路沿線植群生態調查，並加以分析其植群組成、結構與分布的差異。2012~2014年共計設置88個植群樣區，並記錄維管束植物139科396屬661種；其中受威脅物種計有日本卷柏等23種。另利用矩陣群團分析，可將樣區分為樹杞-江某、澀葉榕-豬母乳、豬母乳-樹杞-菲律賓榕、豬母乳-澀葉榕、細葉鰻頭果-小葉桑、青剛櫟-血桐-白肉榕、血桐-構樹-蟲屎、木麻黃-海欖果等八類林型，其中豬母乳-樹杞-菲律賓榕、豬母乳-澀葉榕、細葉鰻頭果-小葉桑等三林型已趨於穩定之中後期演替階段，且亦以豬母乳-樹杞-菲律賓榕林型之多樣性最高；較多樣區符合幾何序列的木麻黃-海欖果林型，其種豐富度及豐富度亦皆最低，現場調查時發現此多分布於海岸較平緩區域，原因係較易受人為或自然干擾所致。此外，建議後續研究可再於楠櫛林帶(500~1,500 m)之東北近海區(NEC)的蘭陽溪下游(玉蘭~大元山以北)，以及東部區北段(EN)的立霧溪(中橫東段、清水山)設置樣區綜合比較之，期能更完整地瞭解蘇花公路全線之植群多樣性，供爾後公路總局、當地縣政府及其他單位於於公路邊坡管理、行道樹、育林及崩塌地之植生復育等的參考。

【關鍵詞】演替、植群多樣性、豐多度、豐富度、受威脅物種

Research paper

Vegetation Diversity Analysis along the Suhua Highway

En-Liang Chu¹ Hsiu-Chuan Chen^{1,2} Kuan-Yin Liao² Shang-Te Tsai^{2,*}

【Abstract】Suhua Highway (Provincial Highway No.9) had no complete floristic information since the highway was opened, but only some related vegetation investigations of the regional sites and protected areas. Hence the investigation of ecological vegetation along the Suhua Highway was carried out in this study, and the composition, structure and distribution of the vegetation variation was analyzed thoroughly. 88 plots of vegetation were set up along the Suhua Highway and the nearby areas during 2012 to 2014.

1. 特有生物研究保育中心

Endemic Species Research Institute.

2. 環球科技大學觀光與生態旅遊系暨環境資源管理研究所

Department of Sustainable Tourism, Graduate Institute of Environmental Resources Management, TransWorld University.

* 通訊作者，64063雲林縣斗六市嘉東里鎮南路1221號

Corresponding author, 1221, Zhennan Rd., Douliu City, Yunlin County 64063, Taiwan.

Tel: +886-973-913319, +886-5-5370988 ext.8239. Fax: +886-5-5371618.

E-mail: seahorse@seed.net.tw

661 species, 396 genera, and 139 families of vascular plants were recorded, including 23 species of the threatened species such as *Selaginella nipponica*. There were 8 forest types classified by the matrix cluster analysis: I. *Ardisia sieboldii*-*Schefflera octophylla* Type; II. *Ficus irisana*-*Ficus fistulosa* Type; III. *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type; IV. *Ficus fistulosa*-*Ficus irisana* Type; V. *Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type; VI. *Quercus glauca*-*Macaranga tanarius*-*Ficus virgata* Type; VII. *Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera*-*Melanolepis multiglandulosa* Type; and VIII. *Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type. Among them, the *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii* -*Ficus ampelas* Type, *Ficus fistulosa*-*Ficus irisana* Type, and *Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type were developed stably to climax gradually. The *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type had the highest diversity. More plots of the *Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type fitted to the geometric series and had the lowest abundance and richness. It was found that most of the plots stated above occurred on the gradual areas along the coast with more human and natural disturbances. Moreover, it was suggested to set more plots on the the broad-leaved *Machilus-Castanopsis* forest (500~1,500 m) of downstream Lanyang Stream (Yulan to northward Mt. Dayuan) in the northeast coastal region (NEC), and Liwu River (the middle Central Cross-Island Highway and Mt. Chinhshui) in the east region north section (EN). It would be helpful to understand the vegetation diversity along the whole area of Suhua Highway completely. It might provide a reference to the Directorate General of Highways (MOTC), County Governments, and other researchers for the phytoremediation on the side slope of road, shade trees, afforestation, and landslide restoration.

【Key words】 succession, vegetation biodiversity, richness, abundance, threatened species.

一、前言

蘇花公路為臺灣東海岸重要之聯外公路，1874年因牡丹社事件，清朝派遣羅大春進駐蘇澳，施行開山撫蕃工作，此為後山北路的起源；1895~1945年日治時期再行修築，並改稱北路為臨海道路；又1945年二次大戰後改名為蘇花公路，並持續修築新建(李瑞宗，2003)。蘇花公路沿線緊臨海岸，大部分斷崖地形於海潮線起以近90°直立至少1,000 m(張惠珠，2010)，而沿線較平緩區域多已被開墾，依山傍海的險峻地勢，使多數森林原貌得以保存。

蘇花公路沿線植物資源相關研究多針對區域性，如宜蘭海岸、南澳溪流域、觀音海岸、和平北溪流域、清水山、太魯閣國家公園區內之蘇花海岸(劉棠瑞、廖秋成，1979；黃增泉等，1991；陳子英，1995；陳子英、楊暄慧，2002；陳子英等，2002a；陳子英，2004；廖

茂州，2006；洪淑華，2007；賴俊仁、陳子英，2007；邱宗儀，2008；孫麗珠，2008；方偉宇，2011；張銘倉，2012)；以及宜蘭無尾港水鳥保護區、宜蘭烏石鼻海岸自然保留區、南澳闊葉樹林自然保留區等保護(留)區(林旭宏，1988；陳子英等，2002b；毛俊傑、陳子英，2009)，故尚無全面性之沿線植群資源調查，因此，本研究針對蘇花公路沿線天然原始林及次生林等進行植群生態調查，並進行生物多樣性(biodiversity)分析，期供公路總局、當地縣政府及其他單位未來於公路邊坡管理、行道樹、育林及崩場地之植生復育等的參考。

二、材料與方法

(一) 研究地區

蘇花公路北起宜蘭縣蘇澳鎮，南至花蓮市(省道臺9線104K+726~205K+250)，全長約100

km，海拔範圍為200~500 m (圖1)。可將蘇花公路沿線按地理位置區分為蘇澳~東澳、南澳~

和平、和中~大清水等三段，茲將之分述如下：

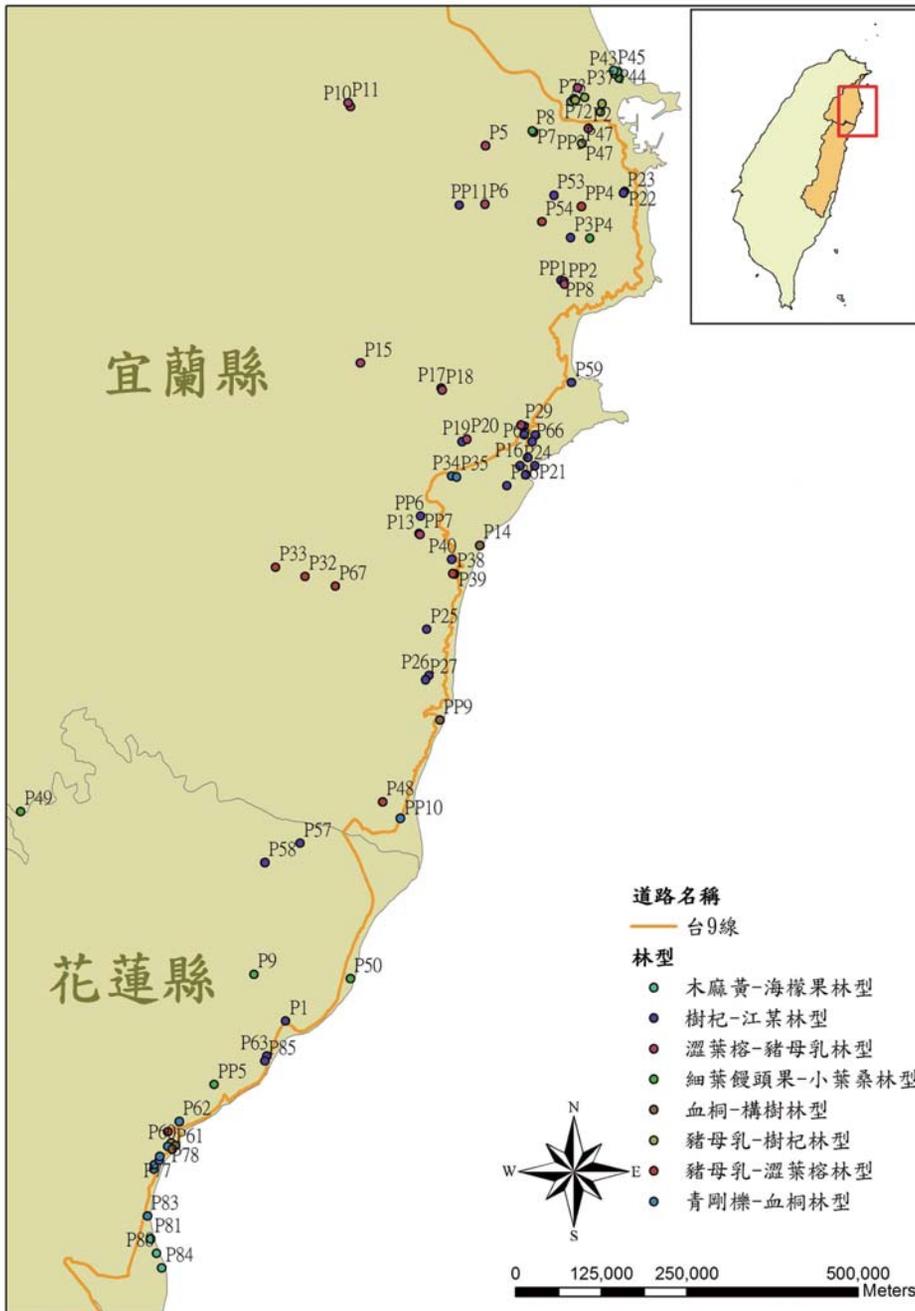


圖1. 蘇花公路沿線植群樣區位置圖

Fig. 1. The locations of the vegetation plots along the Suhua Highway.

註：PP表永久樣區；P表臨時樣區。

Note: PP for the permanent plot; P for the temporary plot.

1. 蘇澳～東澳段：起點為蘇澳鎮蘇港路，終點於南澳鄉東澳幸福水泥廠附近，全長約9.8 km；此路段多屬非都市土地之山坡地保育區及森林區，少部分為都市計畫區。
2. 南澳～和平段：起點為南澳鄉南澳都市計畫區界處，終點於秀林鄉和平工業區克林布東路，全長約20.0 km；此路段多屬非都市土地之山坡地保育區及森林區，少部分為經濟部工業局管轄之工業區。
3. 和中～大清水段：起點為秀林鄉和中社區北緣，終點於秀林鄉臺9線約171K+500附近，全長約8.6 km；此路段則多屬國家公園區、森林區及風景區。

蘇花公路沿線的岩層以變質岩為主，而土壤則以石質土、沖積土、崩積土為主。此外，依據研究區內附近中央氣象局測站之氣象資料紀錄得知，蘇澳測站（站號：46706，1982~2013年）最高溫28.6°C，年平均氣溫22.4°C，而最大雨量為703.9 mm，年降雨量約4,500 mm；另花蓮測站（站號：46699，1981~2013年）最高溫28.4°C，平均氣溫23.3°C，而最大雨量為367.5 mm，年降雨量約2,200 mm。

(二) 研究方法

1. 樣區設置及調查

本研究調查範圍主要以蘇花公路沿線二側可達之天然林及次生林，海拔高自蘇花公路東側濱海地區0 m，乃至西側原始林區約832 m，自2012年4月~2014年3月分別設置11個永久樣區 (permanent plot, PP)、77個臨時樣區 (plot, P)，共計88個植群調查樣區 (圖1)。研究中採用多樣區法 (multiple plot method) 之集落樣區設置法 (contagious quadrant method)，樣區之設置主要考慮海拔、地形等環境變化及植物組成，凡植物社會可能具差異之處儘量於環境及林相均勻之地點加以取樣。樣區大小為10 m × 25 m，由10個5 m × 5 m 之小區所組成，調查時凡胸徑大於1 cm者，列入喬木層 (overstory)，記錄植物種類、胸徑；其中植

物鑑定及使用之學名係依據臺灣植物誌第二版編輯委員會 (1993, 1994, 1998, 2000, 2003)。此外，所有樣區皆以全球衛星定位系統 (global position system, GPS) 測定樣區所在位置及海拔高度 (altitude)；並量測各樣區之坡度 (slope)、方位 (azimuth) 及水分梯度 (moisture gradient) 等相關環境因子。

2. 多樣性分析

(1) 矩陣群團分析

將野外調查原始資料進行編碼後，轉換為資料庫格式，再計算各樣區植物之密度、頻度及優勢度，再轉換成相對值，其中喬木層之重要值指數 (important value index, IVI) 即三者相對值的總和，用以代表該物種於樣區中所佔之重要性。矩陣群團分析法 (matrix cluster analysis, MCA) 係以各植物於各樣區中之重要值指數為運算基礎，首先計算樣區間的相似性指數 (similarity index, SI)，將相似性最高之二樣區合併為合成樣區，再計算合併後之合成樣區與其他樣區間的相似性指數，如此依次合併，直至所有樣區合併為一合成樣區。而上述運算係利用PC-ORD 6.08 (McCune & Mefford, 2011) 分析軟體，以Sørensen相似性指數 (Sørensen, 1948) 計算並製成相似性矩陣，再根據群團分析的結果，連結各樣區繪製樹形圖，並依適當之臨界值 (threshold) 加以劃分植物社會類型。

(2) 種豐富度模式及指數

為瞭解植群結構及多樣性，本研究如蔡尚憲等 (2007a) 使用幾何序列 (geometric series; Motomura, 1932)、對數序列 (logarithmic series, logarithmic series distribution, log series distribution; Fisher, Corbet, & Williams, 1943)、截斷對數常態分布 (truncated log normal distribution; Preston, 1962; Bulmer, 1974; Pielou, 1975; Cohen, 1959; 1961)，以及折枝模式 (broken stick model; MacArthur, 1957) 等種豐富度模式 (species abundance model, SAM) 分析之；其中並求解對數序列之 α 值 (α ; Magurran,

2004)、截斷對數常態分布之 λ 值 (λ ; Magurran, 2004) 等種豐富度指數 (species richness index, SRI)。此外, 並參蔡尚憲等 (2007b) 所使用之種豐富度指數 (species abundance index, SAI); 即藉由Shannon訊息統計指數 (H_{SW} ; Shannon & Weaver, 1949)、Shannon均勻度指數 (E_{SW} ; Pielou, 1966; 1985)、Berger豐富度指數 (D_{BP} ; Berger & Parker, 1970; May, 1975; Magurran, 2004)、Simpson豐富度指數 (D_{SM} ; Simpson, 1949; Greenberg, 1956; Hurlbert, 1971; Krebs, 1989), 將所調查之資料加以分析。上述分析係利用「生物歧異度分析系統」(biodiversity analysis system, BAS) 軟體 (蔡尚憲、呂金誠, 2008), 進行種豐富度模式及指數之求解。

三、結果

(一) 植物組成

本研究於蘇花公路沿線共記錄維管束植物139科396屬661種; 包括蕨類植物25科50屬98種、裸子植物3科3屬4種、被子植物111科343屬559種 (雙子葉植物95科274屬460種及單子葉植物16科69屬99種), 其中菊科 (Compositae) 32種、大戟科 (Euphorbiaceae) 26種、茜草科 (Rubiaceae) 25種、禾本科 (Poaceae) 23種、樟科 (Lauraceae) 23種等為種數最多之前五科。另優勢種以樹杞、澀葉榕、豬母乳、樟樹、大葉楠、血桐、構樹、蟲屎等植物為主, 此等可為爾後欲進行邊坡復育、育林及行道樹植栽時之參考樹種。

(二) 植群型

由圖2之植群矩陣群團分析結果得知, 以訊息維持度 (information remaining) =35%為臨界值, 可將蘇花公路沿線植群區分為I. 樹杞—江某林型 (*Ardisia sieboldii*-*Schefflera octophylla* Type)、II. 澀葉榕—豬母乳林型 (*Ficus irisanana*-*Ficus fistulosa* Type)、III. 豬母乳—樹杞—菲律賓榕林型 (*Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type)、IV. 豬母乳—澀葉榕林型 (*Ficus fistulosa*-*Ficus irisanana* Type)、V. 細

葉鰻頭果—小葉桑林型 (*Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type)、VI. 青剛櫟—血桐—白肉榕林型 (*Quercus glauca*-*Macaranga tanarius*-*Ficus virgata* Type)、VII. 血桐—構樹—蟲屎林型 (*Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera*-*Melanolepis multiglandulosa* Type)、VIII. 木麻黃—海欖果林型 (*Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type) 等八類植群型。

(三) 種豐富度模式

種豐富度模式的檢定中, 本研究即以虛無假設 (null hypothesis) — H_0 : 符合該種豐富度模式, 參如郭憲國等 (1995)、殷祚雲、廖文波 (1999) 以及石培禮等 (2000), 透過 (χ^2 -test of goodness of fit) 中之p值 (p value), 判定是否符合該分布模式。而由表1之喬木層種豐富度模式的分析結果得知, III. 豬母乳—樹杞—菲律賓榕林型之樣區皆最符合截斷對數常態分布, 顯示此植群型屬於中後期演替階段, 已趨於穩定朝極盛相 (climax) 發展; 而IV. 豬母乳—澀葉榕林型、V. 細葉鰻頭果—小葉桑林型之多數樣區最符合截斷對數常態分布, 其餘樣區則最符合對數序列, 意即此植群型朝向中後期演替階段發展。

I. 樹杞—江某林型、II. 澀葉榕—豬母乳林型較多樣區最符合截斷對數常態分布, 其次為最符合幾何序列, 少部份樣區最符合對數序列, 又VI. 青剛櫟—血桐—白肉榕林型、VIII. 木麻黃—海欖果林型較多樣區符合幾何序列, 其次為最符合截斷對數常態分布, 而VII. 血桐—構樹—蟲屎林型符合幾何序列、截斷對數常態分布之樣區各半, 顯示此五種植群型在朝向中後期演替階段發展過程中, 受人為或自然干擾影響。此外, 無任何樣區最符合折枝模式, 表示此等八種植群型之均勻度 (evenness) 皆不高。

(四) 多樣性指數

物種多樣性常以種豐富度與種豐富度加以呈現, 其中種豐富度僅以種數、總株數計算, 而種豐富度則更深一層考量各物種間數量

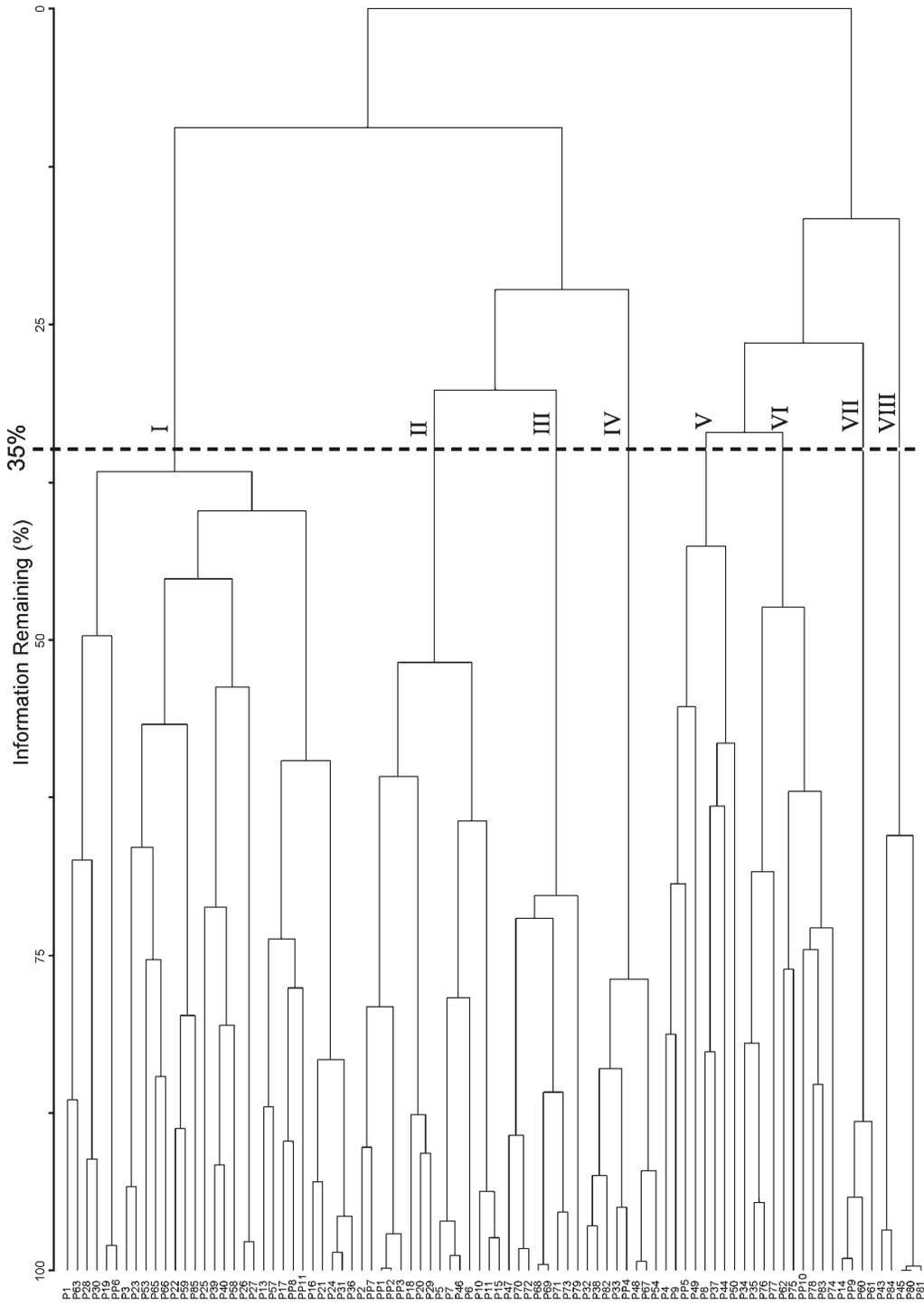


圖2. 蘇花公路沿線植群矩陣群團分析圖
Fig. 2. The matrix cluster analysis of the vegetation along the Suhua Highway.

表1. 蘇花公路沿線不同植群型喬木層之四種豐富度模式的 χ^2 適合度檢定

Table 1. The χ^2 -test of goodness of fit on 4 species abundance models of the overstory of the vegetation along the Suhua Highway.

植群型	樣區	種豐富度模式			
		幾何序列	對數序列	截斷對數常態分布	折枝模式
I	P1	0.000	0.341	0.322	0.005
	P3	0.919	0.858	0.968	0.374
	P13	0.997	0.180	0.697	0.372
	P16	0.000	0.256	0.142	0.001
	P17	0.552	0.121	0.167	0.001
	P19	0.043	0.317	0.585	0.000
	P21	0.000	0.912	0.868	0.000
	P22	0.103	0.232	0.220	0.064
	P23	0.980	0.222	0.742	0.570
	P24	0.000	0.523	0.604	0.000
	P25	0.228	0.727	0.729	0.001
	P26	0.000	0.030	0.060	0.000
	P27	0.000	0.144	0.031	0.000
	P28	0.985	0.819	0.984	0.531
	P30	0.921	0.940	0.957	0.508
	P31	0.000	0.298	0.777	0.000
	P36	0.000	0.518	0.828	0.000
	P39	0.174	0.731	0.844	0.038
	P40	0.000	0.656	0.839	0.000
	P53	0.369	0.219	0.298	0.117
	P57	0.613	0.433	0.245	0.079
P58	0.992	0.992	0.903	0.215	
P59	1.000	0.243	0.806	0.508	
P63	0.821	0.810	0.909	0.340	
P65	0.999	0.420	0.914	0.680	
P66	0.969	0.775	0.933	0.789	
P85	0.000	0.000	0.012	0.000	
PP6	0.000	0.037	0.299	0.000	
PP8	0.000	0.624	0.488	0.000	
PP11	1.000	0.469	0.740	0.764	

註1：表中p值為粗體者，表示為最符合之種豐富度模式。

註2：I. 樹杞－江某林型、II. 澀葉榕－豬母乳林型、III. 豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型、IV. 豬母乳－澀葉榕林型、V. 細葉饅頭果－小葉桑林型、VI. 青剛櫟－血桐－白肉榕林型、VII. 血桐－構樹－蟲屎林型、VIII. 木麻黃－海欖果林型。

Note 1: The p-value in bold for the most fit to the species abundance model.

Note 2: I for *Ardisia sieboldii*-*Schefflera octophylla* Type; II for *Ficus irisana*-*Ficus fistulosa* Type; III for *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type; IV for *Ficus fistulosa*-*Ficus irisana* Type; V for *Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type; VI for *Quercus glauca*-*Macaranga tanarius*-*Ficus virgata* Type; VII for *Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera*-*Melanolepis multiglandulosa* Type; VIII for *Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type.

表1. 蘇花公路沿線不同植群型喬木層之四種豐富度模式的 χ^2 適合度檢定(續)Table 1. The χ^2 -test of goodness of fit on 4 species abundance models of the overstory of the vegetation along the Suhua Highway. (continued)

植群型	樣區	種豐富度模式			
		幾何序列	對數序列	截斷對數 常態分布	折枝模式
II	P2	0.531	0.980	0.993	0.559
	P5	0.000	0.717	0.804	0.001
	P6	0.875	0.557	0.943	0.744
	P7	0.000	0.123	0.347	0.000
	P10	0.992	0.066	0.475	0.154
	P11	1.000	0.759	0.910	0.718
	P15	0.051	0.946	0.997	0.563
	P18	0.998	0.607	0.866	0.296
	P20	0.004	0.333	0.283	0.000
	P29	0.009	0.677	0.865	0.000
	P46	0.000	0.171	0.505	0.000
	PP1	0.000	0.583	0.709	0.000
	PP2	0.000	0.641	0.727	0.000
	PP3	0.003	0.973	0.998	0.191
	PP7	0.999	0.794	0.999	0.789
III	P47	0.000	0.734	0.751	0.008
	P68	0.000	0.095	0.348	0.040
	P69	0.000	0.770	0.782	0.000
	P70	0.000	0.789	0.953	0.315
	P71	0.000	0.545	0.864	0.000
	P72	0.000	0.977	0.995	0.093
	P73	0.000	0.191	0.691	0.066
	P79	0.000	0.511	0.746	0.713
IV	P32	0.047	0.425	0.305	0.030
	P33	0.816	0.895	0.860	0.311
	P38	0.000	0.454	0.622	0.001
	P48	0.000	0.145	0.627	0.000
	P54	0.000	0.811	0.869	0.002
	P67	0.000	0.711	0.803	0.026
	P82	0.000	0.035	0.364	0.000
	PP4	0.000	0.712	0.860	0.000

註1：表中p值為粗體者，表示為最符合之種豐富度模式。

註2：I. 樹杞－江某林型、II. 澀葉榕－豬母乳林型、III. 豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型、IV. 豬母乳－澀葉榕林型、V. 細葉饅頭果－小葉桑林型、VI. 青剛櫟－血桐－白肉榕林型、VII. 血桐－構樹－蟲屎林型、VIII. 木麻黃－海欖果林型。

Note 1: The p-value in bold for the most fit to the species abundance model.

Note 2: I for *Ardisia sieboldii*-*Schefflera octophylla* Type; II for *Ficus irisana*-*Ficus fistulosa* Type; III for *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type; IV for *Ficus fistulosa*-*Ficus irisana* Type; V for *Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type; VI for *Quercus glauca*-*Macaranga tanarius*-*Ficus virgata* Type; VII for *Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera*-*Melanolepis multiglandulosa* Type; VIII for *Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type.

表1. 蘇花公路沿線不同植群型喬木層之四種豐富度模式的 χ^2 適合度檢定(續)

Table 1. The χ^2 -test of goodness of fit on 4 species abundance models of the overstory of the vegetation along the Suhua Highway. (continued)

植群型	樣區	種豐富度模式			
		幾何序列	對數序列	截斷對數常態分布	折枝模式
V	P4	0.000	0.055	0.409	0.000
	P8	0.000	0.827	0.934	0.355
	P9	0.000	0.803	0.732	0.248
	P37	0.000	0.731	0.925	0.712
	P44	0.000	0.867	0.951	0.056
	P49	0.000	0.881	0.797	0.200
	P50	0.000	0.015	0.239	0.075
	PP5	0.000	0.741	0.724	0.034
VI	P34	1.000	0.518	0.989	0.969
	P35	0.339	0.625	0.707	0.083
	P62	0.939	0.301	0.403	0.043
	P74	1.000	0.195	0.380	0.391
	P75	1.000	0.474	0.489	0.349
	P76	0.040	0.439	0.562	0.045
	P77	0.056	0.230	0.139	0.005
	P78	0.749	0.558	0.404	0.087
	P83	0.882	0.496	0.653	0.045
	PP10	0.446	0.377	0.526	0.003
VII	P14	0.968	0.333	0.658	0.503
	P60	0.977	0.095	0.215	0.115
	P61	0.943	0.447	0.964	0.883
	PP9	0.074	0.522	0.706	0.086
VIII	P43	0.092	0.315	0.425	0.000
	P45	0.996	0.369	0.539	0.108
	P80	0.920	0.230	0.413	0.044
	P81	0.956	0.249	0.493	0.632
	P84	0.283	0.268	0.456	0.096

註1：表中p值為粗體者，表示為最符合之種豐富度模式。

註2：I.樹杞－江某林型、II.澀葉榕－豬母乳林型、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型、IV.豬母乳－澀葉榕林型、V.細葉鰻頭果－小葉桑林型、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕林型、VII.血桐－構樹－蟲屎林型、VIII.木麻黃－海欖果林型。

Note 1: The p-value in bold for the most fit to the species abundance model.

Note 2: I for *Ardisia sieboldii*-*Schefflera octophylla* Type; II for *Ficus irisana*-*Ficus fistulosa* Type; III for *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type; IV for *Ficus fistulosa*-*Ficus irisana* Type; V for *Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type; VI for *Quercus glauca*-*Macaranga tanarius*-*Ficus virgata* Type; VII for *Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera*-*Melanolepis multiglandulosa* Type; VIII for *Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type.

分配之情形。因此，為瞭解不同植群型之多樣性的差異與否，將所得之種數 (S)、總株數 (N)、對數序列的 α 值、截斷對數常態分布的 λ 值等豐富度指數，以及Shannon訊息統計指數 (H_{sw})、Shannon均勻度指數 (E_{sw})、Berger豐富度指數 (D_{BP})、Simpson種豐富度指數 (D_{SM})，分別使用SPSS 20統計軟體 (SPSS, 2011) 進行變異數分析 (analysis of variance, ANOVA) 及事後檢定 (post hoc test)；使用程序為一般線性模式 (general linear model, GLM) 之多變量 (multivariate)，並藉由非同質性假設 (equal variance not assumed) 之Dunnett's T3法進行事後檢定。茲將分析結果述明如下：

1. 種豐富度指數

由圖3蘇花公路沿線之喬木層種豐富度指數的分析結果得知，不同植群型之種豐富度具顯著差異 ($p < 0.001$)，其中I.樹杞－江某、II.澀葉榕－豬母乳、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕等林型之種數 (S)，皆多於VII.血桐－構樹－蟲屎林型 ($p = 0.007$ 、 $p < 0.001$ 、 $p = 0.036$ 、 $p = 0.008$)、VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p < 0.001$ 、 $p < 0.001$ 、 $p < 0.001$ 、 $p < 0.001$)；而III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型多於IV.豬母乳－澀葉榕林型 ($p = 0.048$)；另IV.豬母乳－澀葉榕林型多於VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p = 0.002$)；此外，III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型之總株數 (N) 多於II.澀葉榕－豬母乳林型 ($p = 0.022$)、V.細葉饅頭果－小葉桑林型 ($p = 0.046$)、VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p = 0.038$)。

I.樹杞－江某、II.澀葉榕－豬母乳、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕等林型之對數序列 α 值，皆高於VII.血桐－構樹－蟲屎林型 ($p = 0.005$ 、 $p = 0.020$ 、 $p = 0.017$ 、 $p = 0.022$)、VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p < 0.001$ 、 $p < 0.001$ 、 $p = 0.001$ 、 $p = 0.002$)；而IV.豬母乳－澀葉榕林型高於VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p = 0.001$)；此外，I.樹杞－江某、II.澀葉榕－豬母乳、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕、

VI.青剛櫟－血桐－白肉榕等林型之截斷對數常態分布的 λ 值，皆高於VII.血桐－構樹－蟲屎林型 ($p = 0.003$ 、 $p = 0.027$ 、 $p = 0.009$ 、 $p = 0.021$)、VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p < 0.001$ 、 $p < 0.001$ 、 $p < 0.001$ 、 $p = 0.001$)。

2. 種豐富度指數

由圖4蘇花公路沿線之喬木層種豐富度指數的分析結果得知，不同植群型之種豐富度具顯著差異 ($p < 0.001$)，其中I.樹杞－江某、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕等林型之Shannon訊息統計指數 (H_{sw})，皆高於IV.豬母乳－澀葉榕林型 ($p = 0.005$ 、 $p = 0.003$ 、 $p = 0.002$)、VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p = 0.003$ 、 $p = 0.001$ 、 $p = 0.001$)；而II.澀葉榕－豬母乳、IV.豬母乳－澀葉榕林型，皆高於VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p = 0.005$ 、 $p = 0.022$)；此外，VI.青剛櫟－血桐－白肉榕林型之Shannon均勻度指數 (E_{sw})，高於IV.豬母乳－澀葉榕林型 ($p = 0.008$)、VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p = 0.036$)。

IV.豬母乳－澀葉榕、VIII.木麻黃－海欖果林型之Berger豐富度指數 (D_{BP})，皆高於I.樹杞－江某林型 ($p = 0.035$ 、 $p = 0.041$)、II.澀葉榕－豬母乳林型 ($p = 0.031$ 、 $p = 0.038$)、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型 ($p = 0.005$ 、 $p = 0.019$)、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕林型 ($p < 0.001$ 、 $p = 0.019$)；此外，I.樹杞－江某、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕等林型之Simpson種豐富度指數 (D_{SM})，皆高於IV.豬母乳－澀葉榕林型 ($p = 0.034$ 、 $p = 0.004$ 、 $p = 0.002$)、VIII.木麻黃－海欖果林型 ($p = 0.050$ 、 $p = 0.038$ 、 $p = 0.036$)；而II.澀葉榕－豬母乳林型高於IV.豬母乳－澀葉榕林型 ($p = 0.039$)。

四、討論

(一) 物種保育

依據王震哲等 (2012) 之《臺灣維管束植物紅皮書初評名錄》及相關研究文獻，針對易

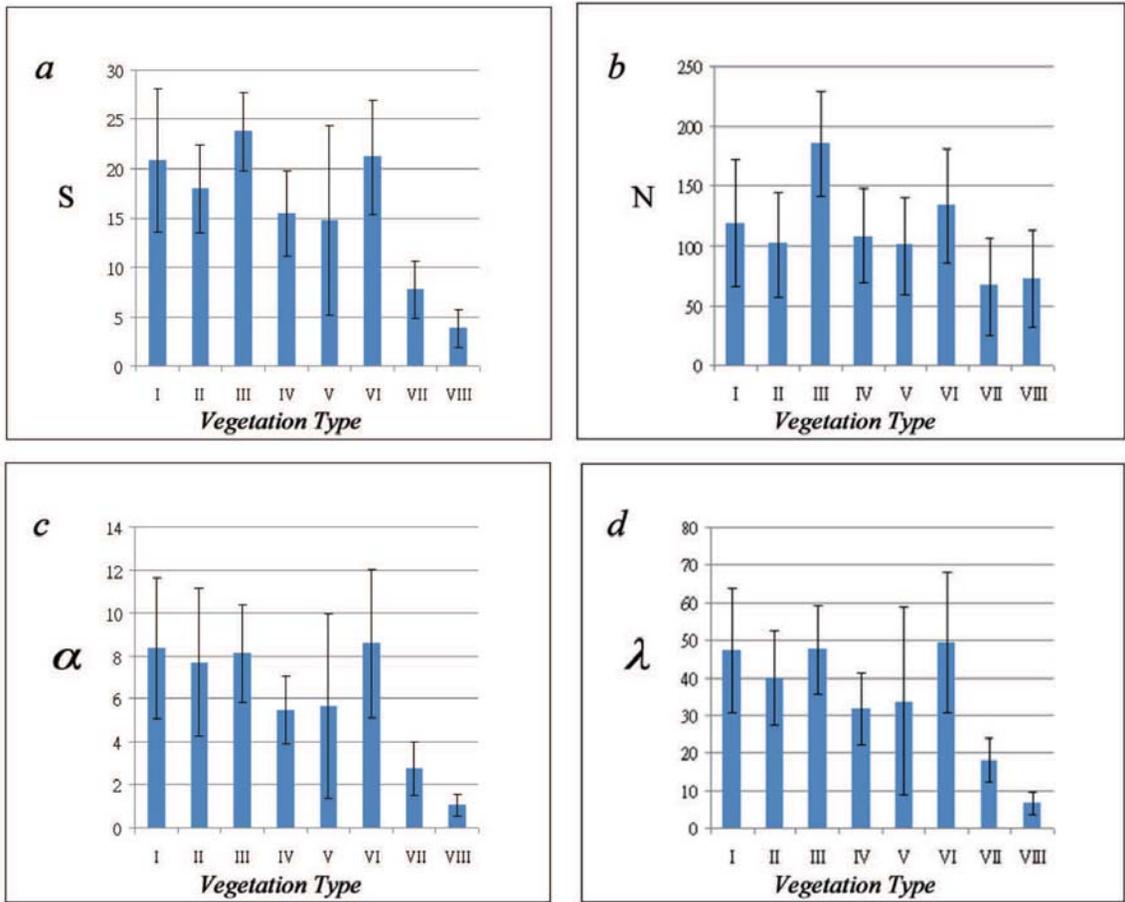


圖3. 蘇花公路沿線不同植群型之喬木層的種豐富度指數

Fig. 3. The species richness indices of the overstory of the vegetation along the Suhua Highway.

註1：a為種數 (S)、b為總株數 (N)、c為對數序列的 α 值、d為截斷對數常態分布的 λ 值。

註2：I.樹杞－江某林型、II.澀葉榕－豬母乳林型、III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型、IV.豬母乳－澀葉榕林型、V.細葉鰻頭果－小葉桑林型、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕林型、VII.血桐－構樹－蟲屎林型、VIII.木麻黃－海欖果林型。

Note 1: a for species (S); b for numbers of individuals (N); c for α -value of the logarithmic series; d for λ -value of the truncated log normal distribution.

Note 2: I for *Ardisia sieboldii*-*Schefflera octophylla* Type; II for *Ficus irisana*-*Ficus fistulosa* Type; III for *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type; IV for *Ficus fistulosa*-*Ficus irisana* Type; V for *Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type; VI for *Quercus glauca*-*Macaranga tanarius*-*Ficus virgata* Type; VII for *Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera*-*Melanolepis multiglandulosa* Type; VIII for *Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type.

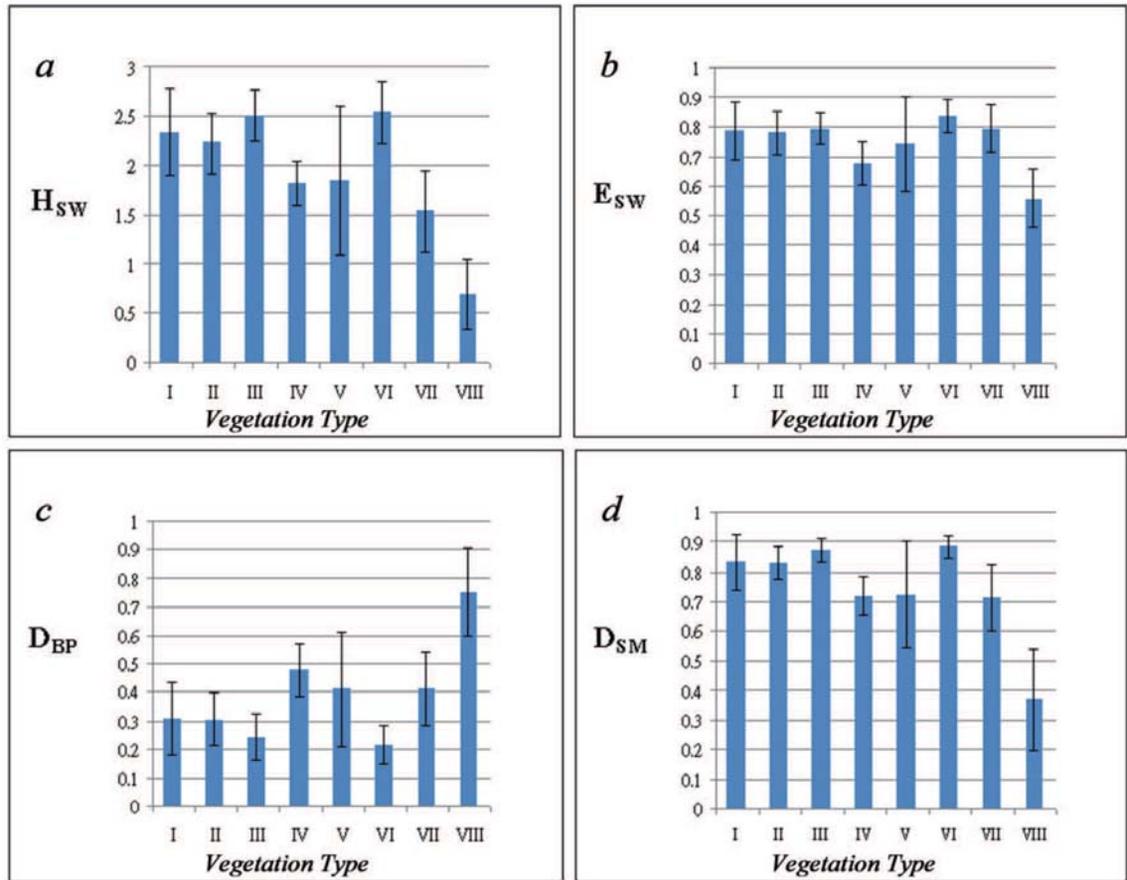


圖4. 蘇花公路沿線不同植群型之喬木層的種豐富度指數變化

Fig. 4. The species abundance indices of the tree strata of the vegetation along the Suhua Highway.

註1：a為Shannon訊息統計指數 (H_{SW})、b為Shannon均勻度指數 (E_{SW})、c為Berger種豐富度指數 (D_{BP})、d為Simpson種豐富度指數 (D_{SM})。

註2：I.樹杞—江某林型、II.澀葉榕—豬母乳林型、III.豬母乳—樹杞—菲律賓榕林型、IV.豬母乳—澀葉榕林型、V.細葉饅頭果—小葉桑林型、VI.青剛櫟—血桐—白肉榕林型、VII.血桐—構樹—蟲屎林型、VIII.木麻黃—海欖果林型。

Note 1: a for Shannon information stastic index (H_{SW}); b for Shannon evenness index (E_{SW}); c for Berger species abundance index (D_{BP}); d for Simpson species abundance index (D_{SM}).

Note 2: I for *Ardisia sieboldii*-*Schefflera octophylla* Type; II for *Ficus irisana*-*Ficus fistulosa* Type; III for *Ficus fistulosa*-*Ardisia sieboldii*-*Ficus ampelas* Type; IV for *Ficus fistulosa*-*Ficus irisana* Type; V for *Glochidion rubrum*-*Morus australis* Type; VI for *Quercus glauca*-*Macaranga tanarius*-*Ficus virgata* Type; VII for *Macaranga tanarius*-*Broussonetia papyrifera*-*Melanolepis multiglandulosa* Type; VIII for *Casuarina equisetifolia*-*Cerbera manghas* Type.

受害 (vulnerable, VU) 等級 (含) 以上之稀有植物，篩選本研究所記錄之661種維管束植物的保育等級，茲臚列如下：

1. 嚴重瀕絕 (critically endangered, CR)：日本卷柏 (*Selaginella nipponica*)、臺灣黃蘗 (*Phellodendron amurense* var. *wilsonii*) 等2種。
2. 瀕臨絕滅 (endangered, EN)：七星山蹄蓋蕨 (*Athyrium minimum*)、桃實百日青 (*Podocarpus nakaii*)、清水馬蘭 (*Aster chingsuiensis*)、苦檻藍 (*Myoporum bontioides*)、柯麗白蘭 (*Collabium chinense*)、雙花石斛 (*Dendrobium furcatopedicellatum*)、繖楊 (*Thespesia populnea*)、漢防己 (*Sinomenium acutum*) 等8種。
3. 易受害 (VU)：小葉羅漢松 (*Podocarpus macrophyllus*)、鵝掌藤 (*Schefflera odorata*)、瓜葉馬兜鈴 (*Aristolochia cucurbitifolia*)、島田氏雞兒腸 (*Aster shimadae*)、臺灣羅漢果 (*Siraitia taiwaniana*)、細葉蚊母樹 (*Distylium gracile*)、日本山茶 (*Camellia japonica*)、日本冷水麻 (*Pilea japonica*)、臺灣疏花薑 (*Carex taiwanensis*)、毛果珍珠茅 (*Scleria levis*)、小雙花石斛 (*Dendrobium somai*)、小軟葉蘭 (*Malaxis microtatantha*)、早田氏爵床 (*Justicia procumbens* var. *hayatae*) 等13種。

緣因2012年起交通部公路總局之蘇花公路道路改善工程已開始施作，調查期間雖未於施工範圍發現屬嚴重瀕絕 (CR)、瀕臨絕滅 (EN)、易受害 (VU) 等生存受威脅植物，然位於施工區範圍內之P1樣區曾發現屬接近威脅 (near threatened, NT) 物種—東亞脈葉蘭 (*Nervilia aragoana*) 6株，已建議交通部蘇花公路改善工程處進行移地復育 (ex-situ)。

(二) 植群型

對照Su (1984ab, 1985, 1992)、曾彥學 (2003) 的12處地理氣候區，本研究區屬於恒濕型氣候 (everwet climate) 東北氣候區之近海區 (northeast coastal region, NEC)、內陸區 (northeast island region, NEI)，以及夏雨型氣

候 (summer rain climate) 的東部區北段 (east region north section, EN)；而樣區屬47個生態小區 (ecological subregion) 中，位於東北近海區 (NEC) 之3.蘭陽溪下游 (玉蘭～大元山以北)、東北內陸區 (NEI) 之7.南澳溪 (金巢山、神秘湖北側)、東部區北段 (EN) 之15.和平溪 (南北二溪、澳花溪、和平林道) 及16.立霧溪 (中橫東段、清水山)；再將本研究區區分之八類植群型，依據206個生育地單位 (habitat units, HUs) 探討如下：

1. 東北近海區 (NEC) 之3.蘭陽溪下游 (玉蘭～大元山以北)

本研究主要調查此區之楠榕林帶 (<500 m)，即除濱海區外，並擴充至山區地帶 (海拔約3~451 m)；包含I.樹杞—江某、II.澀葉榕—豬母乳、III.豬母乳—樹杞—菲律賓榕、IV.澀葉榕—豬母乳、V.細葉饅頭果—小葉桑、VIII.木麻黃—海欖果等林型。其植物組成與陳子英等 (2002ab)、俞秋豐 (2003)、張銘倉 (2012) 之北、中部地區等相關研究結果大致符合。

2. 東北內陸區 (NEI) 之7.南澳溪 (金巢山、神秘湖北側)

此區楠榕林帶 (<500 m) 係相關研究濱海地區最為密集之處，諸如黃增泉等 (1991)、陳子英 (1995)、陳子英 (2002a)、俞秋豐 (2003)、邱宗儀 (2008)、毛俊傑、陳子英 (2009)、張銘倉 (2012) 之南部地區。而本研究除於濱海地區設置樣區，並調查海拔100~300 m之山地區；包含I.樹杞—江某、II.澀葉榕—豬母乳、IV.豬母乳—澀葉榕、VI.青剛櫟—血桐—白肉榕、VII.血桐—構樹—蟲屎等林型。另此區楠櫛林帶 (500~1,500 m) 之相關研究如陳子英 (1995)、俞秋豐 (2003)、邱宗儀 (2008)。而本研究調查為I.樹杞—江某林型。上述植物組成多與相關研究結果符合，惟陳子英等 (2002a) 所區分之白肉榕—大葉楠林型中，其喬木層伴生的臺灣赤楊於本研究中未發現，推測此陽性 (先驅) 樹種已於自然演替中被耐陰性樹種所取代。

3. 東部區北段 (EN) 之15.和平溪 (南北二溪、澳

花溪、和平林道)

此區係調查中樣區設置最少之處，其因係和平～和仁一帶多為礦區，除進入該區調查不易，且山區多已被大面積破壞。而其楠榕林帶 (<500 m) 之相關研究如洪淑華 (2007)。本研究則包含I.樹杞－江某、IV.豬母乳－澀葉榕、V.細葉鰻頭果－小葉桑等林型。另此區之楠櫛林帶 (500~1,500 m) 的相關研究如洪淑華 (2007)，以和平北溪流域為主 (海拔500~1,500 m)。而本研究之樣區設置則以和平溪下游鄰近蘇花公路為主；包含I.樹杞－江某、V.細葉鰻頭果－小葉桑林型。洪淑華 (2007) 與本研究相似之植群型為茄苳－大葉楠林型，而此區之IV.豬母乳－澀葉榕、V.細葉鰻頭果－小葉桑等林型屬較穩定發展的植物社會，推測茄苳已於自然演替中漸被取代。

4.東部區北段 (EN) 之16.立霧溪 (中橫東段、清水山)

此區楠榕林帶 (<500 m) 之相關研究諸如李瑞宗 (2002)、廖茂州 (2006)、張惠珠 (2010)。而本研究除調查太魯閣國家公園區域外，另調查和仁～和中之區域 (海拔11~337 m)；除II.澀葉榕－豬母乳林型外，餘六植群型皆可發現分布於此區。其中劉棠瑞、廖秋成 (1979) 指出清水山之植群演替；於低海拔地區將形成以三葉山香圓、九芎，以及桑科植物為主的典型亞熱帶雨林，此符合於其鄰近地區區分之I.樹杞－江某、V.細葉鰻頭果－小葉桑等林型的植物組成。而太魯閣國家公園的調查範圍則以海岸地區為主，相關前人研究如李瑞宗 (2002)、廖茂州 (2006)、張惠珠 (2010)、方偉宇 (2011) 等，其主要植物以樟屬、榕屬等低海拔森林植物為主要優勢，此與本研究之分析結果相符。另廖茂州 (2006) 所區分的構樹－血桐群團與木麻黃群團，可相比照本研究之VII.血桐－構樹－蟲屎、VIII.木麻黃－海欖果等林型。

(三) 植群多樣性

喬木層之種豐富度及種豐富度指數分析結果得知；I.樹杞－江某、III.豬母乳－樹杞－

菲律賓榕、VI.青剛櫟－血桐－白肉榕等林型較高，而VIII.木麻黃－海欖果林型之豐富度較低。綜合參照種豐富度模式及多樣性指數之分析結果得知，III.豬母乳－樹杞－菲律賓榕林型亦屬中後期演替階段，趨於穩定發展的植群型。另I.樹杞－江某林型之樣區多處於地勢較平緩且已被開發處，然其植物組成仍以大葉榕、樹杞、澀葉榕、樟樹等為主，顯示雖受干擾但有機會逐漸復原。此外，IV.豬母乳－澀葉榕林型之樣區雖多分布於人為開墾地，然其多數樣區最符合截斷對數常態分布，其餘樣區則最符合對數序列，表示此型逐漸朝向中後期演替階段發展，顯示相關人為干擾壓力已減緩。

VII.血桐－構樹－蟲屎林型之樣區多屬崩塌地及開墾後環境，雖喬木層以血桐、構樹、蟲屎等陽性樹種 (先驅植物) 為主，然亦具豬母乳、廣東油桐等伴生植物，故此型亦具自我修復的能力。另較多樣區符合幾何序列之VIII.木麻黃－海欖果林型，其種豐富度及豐富度亦皆最低，現場調查時發現此多分布於海岸較平緩區域，原因係較易受人為或自然干擾所致。此外，東北近海區 (NEC) 之3.蘭陽溪下游 (玉蘭～大元山以北) 的楠櫛林帶 (500~1,500 m)，本研究及相關前人研究皆無設置樣區；而東部區北段 (EN) 之16.立霧溪 (中橫東段、清水山) 的楠櫛林帶 (500~1,500 m)，其相關研究多以太魯閣國家公園及清水山區域為主，諸如劉棠瑞、廖秋成 (1979)、賴俊仁、陳子英 (2007)、方偉宇 (2011)。而本研究並無設置樣區；職是之故，後續研究可再針對此二區設置樣區加以綜合比較之，使能更為完整瞭解蘇花公路全線之植群多樣性。

五、參考文獻

- 方偉宇 (2011) 清水山區維管束植物區系組成之研究。國立東華大學自然資源與環境學系碩士論文，花蓮縣。
- 毛俊傑、陳子英 (2009) 烏石鼻海岸自然保留區動、植物資源與群聚之研究。農業委員會

- 林務局，臺北市。
- 王震哲、邱文良、張和明 (2012) 臺灣維管束植物紅皮書初評名錄。特有生物研究保育中心，南投縣。
- 石培禮、李文華、王金錫、劉興良 (2000) 四川臥龍亞高山林線生態交錯帶群落的種－多度關係。生態學報 20(3): 384-389。
- 李瑞宗 (2002) 蘇花公路沿線植物資源調查暨植物解說文稿。太魯閣國家公園管理處，花蓮縣。
- 李瑞宗 (2003) 蘇花道今昔。太魯閣國家公園管理處，花蓮縣。
- 林旭宏 (1988) 南澳闊葉樹保護區植群生態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文，臺北市。
- 邱宗儀 (2008) 宜蘭縣南澳河流域之植群分類與製圖。國立宜蘭大學自然資源學系碩士論文，宜蘭市。
- 洪淑華 (2007) 和平北溪森林植物社會沿海拔梯度之物種多樣性研究。國立宜蘭大學自然資源學系碩士論文，宜蘭市。
- 孫麗珠 (2008) 太魯閣國家公園歸化植物分布與入侵之調查研究。國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所碩士論文，花蓮市。
- 殷祚雲、廖文波 (1999) 南亞熱帶森林群落種－多度的對數正態分佈模型研究。廣西植物 19(3): 221-224。
- 張惠珠 (2010) 代表性生態系經營管理之蘇花海岸生態系長期生態網計畫 (二)－稀有及瀕危植物保育措施評估。太魯閣國家公園管理處，花蓮縣。
- 張銘倉 (2012) 宜蘭海岸植群與入侵性之研究。國立宜蘭大學森林暨自然資源學系碩士論文，宜蘭市。
- 郭憲國、葉炳輝、顧以銘、陳淵民 (1995) 雲南西部小獸體表革蟻群落種多度分布。寄生蟲與醫學昆蟲學報 2(1): 56-61。
- 陳子英 (1995) 南澳南溪之植物資源調查。宜蘭縣政府，宜蘭縣。
- 陳子英 (2004) 蘭陽溪的植群分類系統之研究。臺大實驗林研究報告 18(3): 171-206。
- 陳子英、俞秋豐、宋梧魁、程宗德 (2002a) 宜蘭東北區之山地植群多變數分析。臺大實驗林研究報告 16(3): 201-214。
- 陳子英、俞秋豐、李智群、戚永年 (2002b) 宜蘭縣無尾港水鳥保護區之植群調查。宜蘭技術學報 9: 175-189。
- 陳子英、楊暄慧 (2002) 宜蘭縣南部海岸植群調查。宜蘭技術學報 9: 243-257。
- 曾彥學 (2003) 臺灣特有植物之分布與保育。國立臺灣大學森林研究所博士論文，臺北市。
- 俞秋豐 (2003) 臺灣東北氣候區植群分類系統之研究。國立臺灣大學森林研究所博士論文，臺北市。
- 黃增泉、謝長富、謝宗欣 (1991) 觀音海岸自然保護區之植物相調查。臺灣省農林廳林務局保育研究系列-80-05號。
- 廖茂州 (2006) 太魯閣國家公園海濱植被之研究。國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所碩士論文，花蓮市。
- 臺灣植物誌第二版編輯委員會 (1993) 臺灣植物誌，Vol. 3 被子植物雙子葉類，第二版。中華民國國家科學委員會，臺北市。
- 臺灣植物誌第二版編輯委員會 (1994) 臺灣植物誌，Vol. 1 蕨類植物、裸子植物，第二版。中華民國國家科學委員會，臺北市。
- 臺灣植物誌第二版編輯委員會 (1998) 臺灣植物誌，Vol. 4 被子植物，第二版。中華民國國家科學委員會，臺北市。
- 臺灣植物誌第二版編輯委員會 (2000) 臺灣植物誌，Vol. 5 被子植物，第二版。中華民國國家科學委員會，臺北市。
- 臺灣植物誌第二版編輯委員會 (2003) 臺灣植物誌，Vol. 6 總目錄，第二版。中華民國國家科學委員會，臺北市。
- 劉棠瑞、廖秋成 (1979) 臺灣天然林之群落生態研究 (6)－清水山石灰岩地區植群生

- 態之研究。臺灣省立博物館科學年刊 22: 1-64。
- 蔡尙憲、呂金誠 (2008) 生物歧異度分析系統，第二版。環球技術學院，雲林縣。
- 蔡尙憲、林志銓、黃立彥、呂金誠、歐辰雄 (2007a) 惠蓀林場紅檜人工林與闊葉樹次生林之種豐富度模式分析。台灣林業科學 22(2): 193-204。
- 蔡尙憲、林志銓、黃立彥、呂金誠、歐辰雄、吳聲海 (2007b) 惠蓀林場紅檜人工林與闊葉樹次生林之種豐富度指數分析。中華林學季刊 40(3): 287-300。
- 賴俊仁、陳子英 (2007) 廢棄石灰石礦區植群演替調查－以和平地區為例。臺灣林業 33(4): 46-58。
- Berger, W. H. and Parker, F. L. (1970) Diversity of planktonic Foraminifera in deep sea sediments. *Science*, 168, 1345-1347.
- Bulmer, M. G. (1974) On fitting the Poisson lognormal distribution species abundance data. *Biometrics*, 30, 101-110.
- Cohen, A. C. J. (1959) Simplified estimators for the normal distribution when samples are singly censored or truncated. *Technometrics*, 1, 217-237.
- Cohen, A. C. J. (1961) Tables for maximum likelihood estimates: singly truncated and singly censored samples. *Technometrics*, 3, 535-541.
- Fisher, R. A., Corbet, A. S. and Williams, C. B. (1943) The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, 12, 42-58.
- Greenberg, S. H. (1956) The measurement of linguistic diversity. *Language*, 32, 109-115.
- Hurlbert, S. H. (1971) The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52, 577-586.
- Krebs, C. J. (1989) *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers, New York.
- MacArthur, R. H. (1957) On the relative abundance of bird species. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 43, 293-295.
- Magurran, A. E. (2004) *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.
- May, R. M. (1975) Patterns of Species Abundance and Diversity. In Lody, M.L. and J.M. Diamond, eds. *Ecology and Evolution of Communities*. Harvard University Press, Cambridge.
- McCune, B. and Mefford, M. J. (2011) PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Ver. 6.08. MjM Software, Oregon.
- Motomura, I. (1932) A statistical treatment of associations (In Japanese). *Jap. J. Zool.*, 44, 379-383.
- Pielou, E. C. (1975) *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Pielou, E. C. (1966) Species-diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.*, 13, 131-144.
- Pielou, E. C. (1985) *Mathematical Ecology*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Preston, F. W. (1962) The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, 61(1), 88-97.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson, E. H. (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Sørensen, T. A. (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *K. Dan. Bidensk. Selsk. Biol. Skr.*, 5, 1-34.

SPSS. (2011) IBM SPSS Statistics, Ver. 20. IBM Corp, Armonk, New York.

Su, H. J. (1984) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (I). Analysis of the variation in climatic factors. *Quart. J. Chin. For.*, 17(3), 1-14.

Su, H. J. (1984) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II). Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quart. J.*

Chin. For., 17(4), 57-73.

Su, H. J. (1985) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (III). A scheme of geographical climatic regions. *Quart. J. Chin. For.*, 18(3), 33-44.

Su, H. J. (1992) A geographical data organization system for the botanical inventory of Taiwan. *Institute of Botany, Academia Sinica. Monogr. Ser.*, 12, 23-36.

