

雪山主峰東線步道維管束植物生活型之研究

鄭婷文¹，曾喜育¹，邱清安²，劉思謙³，王秋美⁴，曾彥學^{1,5}

¹國立中興大學森林學系；²國立中興大學實驗林管理處；³國立中興大學生命科學系；⁴國立自然科學博物館；⁵通訊作者 E-mail: tseng2005@nchu.edu.tw

[摘要] 本研究針對雪霸國家公園雪山主峰東線步道沿途之維管束植物進行調查，並將研究區域依 Su (1984)提出的臺灣植群帶劃分，沿海拔梯度向上依序為海拔 2,140-2,510 m (櫟林帶上層)、海拔 2,510-3,100 m (鐵杉雲杉林帶)、海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)及海拔 3,600-3,886 m (高山植群帶)等 4 個路段，進行不同海拔梯度的植物生活型分析比較。共記錄維管束植物 88 科 221 屬 399 種，依 Raunkiaer (1983)植物生活型分析，本研究區植物生活型比例以半地中植物 54.7% 最高，其他依序為挺空植物 23.1%、地表植物 10.8%、地中植物 8.6% 及一年生種子植物 2.8%。探討植物生活型與海拔之關係，結果顯示挺空植物隨著海拔上升，比例有下降之趨勢，依序為 31.8% (櫟林帶上層)、31.5% (鐵杉雲杉林帶)、11.0% (冷杉林帶)及 5.5% (高山植群帶)；半地中植物之比例隨著海拔上升，有上升之趨勢，依序為 47.9% (櫟林帶上層)、40.8% (鐵杉雲杉林帶)、66.3% (冷杉林帶)及 72.5% (高山植群帶)；主要是因為隨著海拔上升、溫度下降，使得植物生活型之組成有所改變。蕨類商數隨海拔梯度降低，數值呈現波動，依序為 3.02 (高山植群帶)、4.60 (冷杉林帶)、2.69 (鐵杉雲杉林帶)及 4.04 (櫟林帶上層)，數值受到調查的總物種與蕨類之數量影響，亦與生育地之環境及其多樣性有所關聯。

關鍵字：植物生活型、蕨類商數、植群帶、雪山、雪霸國家公園

Studies on the Life Form of Vascular Plants along the East Trail of Xue Mountain

Ting-Wen Cheng¹, Hsy-Yu Tseng¹, Ching-An Chiu², Si-Qian Liu³, Chiu-Mei Wang⁴ and Yen-Hsueh Tseng^{1,5}

¹Department of Forestry, National Chung Hsing University; ²Experimental Forest of National Chung Hsing University; ³Department of Life Sciences, National Chung Hsing University; ⁴Department of Botany, National Museum of Natural Science; ⁵Corresponding author E-mail: tseng2005@nchu.edu.tw

ABSTRACT The objective of this study was to analyze the flora of the east trail of Xue Mountain based on the resistance and adaptability of plants and the protection of survival buds. Based on Su's (1984) project vegetation zones in Taiwan, the study area was divided into four parts to analyze and compare plant life-form along different altitude gradients. The flora comprised 88 families, 221 genera, and 399 species. The plant life-forms, according to the Raunkiaer system, were 54.7% hemicryptophytes, 23.1% phanerophytes, 10.8% chamaephytes, 8.6% cryptophytes, and 2.8% therophytes.

The relationship between plant life-form and altitude distribution was that the proportion of phanerophytes decreased with increasing altitude. The *Abies* zone, *Quercus* upper zone, *Tsuga-Picea* zone, and alpine vegetation zone consisted of 31.8%, 31.5%, 11.0% and 5.5%, respectively. The distribution of hemicryptophytes, on the other hand, increased with increasing altitude and consisting of 47.9% in the *Quercus* upper zone, 40.8% in the *Tsuga-Picea* zone, 66.3% in the *Abies* zone, and 72.5% in the alpine vegetation zone. Precipitation increased and temperature decreased along the altitude gradient. These two are major factors controlling plant life-form composition. The highest pteridophyte-quotient was 4.60 in the *Abies* zone, and the lowest pteridophyte-quotient was 2.69 in the *Tsuga-Picea* zone. These quotients were determined by the number of species and the population of pteridophytes, as well as the environment and topographic complexity of the habitat.

Keywords: plant life-form, pteridophyte-quotient, vegetation zone, Xue Mountain, Shei-Pa National Park

前言

植物生活型(life-form)是植物在長期的演化過程中，適應特定地區自然條件所反映出的外貌形態(海鷹等 1995, Lande 1982, Galán de Mera *et al.* 1999)，可表現出植物和環境間的關係 (Raunkiaer 1934, Mueller-Dombois and Ellenberg 1974)；其主要根據植物對不良環境之抵抗力及適應性來分類，而以生存芽受保護程度為重點(Raunkiaer 1934)。植物生活型譜(life-form spectrum)是指某一地區植相中各植物生活型所佔之種數百分比(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983, Raunkiaer 1934)。不同地區由於環境條件差異形成不同的生活型譜，同一地區處於不同演替階段的群落，其生活型譜也有所差異(Batalha and Martins 2002)。因此，分析生活型譜可了解一群落對其生育地特定氣候的反應(Raunkiaer 1934)、族群對空間的利用以及群落內部種群間可能產生的競爭及其發展趨勢(雷寧菲等 2002)。

海拔梯度(elevation gradient)是影響生活型的重要因素，許多研究結果顯示生活型會隨著海拔梯度而有所改變(王國宏等 2001, Aiba and Kitayama 1999, Mark *et al.* 2001, Wang *et al.* 2002)，其中生活型多樣性在中海拔區域會形成一高峰(Wang *et al.* 2002)，某些生活型的物種會隨著海拔的增加而減少(Mark *et al.* 2001)，但也有特別的生活型能在高海拔區域

保持著優勢地位(Pavón *et al.* 2000, Georghiou and Delipetrou 2010)，因此不同的生活型可顯現不同的生長限制因子，進而形成特定的生活型譜，故可藉此推估其不同的生育地環境。

臺灣地區多高山，植群生態系主要是受到環境梯度中的海拔因子所影響(陳子英等 2008, 王偉等 2010, Hsieh 2003, Su 1984)。山地植被分布從山麓到山頂，隨著海拔升高，影響植物生長的氣溫、降水、太陽輻射強度、CO₂含量等生態因子也會隨之改變，因此形成了能反應山地自然環境特徵且具有一定排列順序和結構的植被垂直帶譜(張華等 2008, Su 1984)。本研究藉由調查雪山主峰東線步道不同植群帶與生活型譜之間的變化趨勢及蕨類商數分析、比較，進而了解當地的植群形相，亦可做為生育地指標，綜合分析有助於生物多樣性保護和自然資源的永續利用。

材料與方法

一、研究區概況

本研究地點為位於臺中市和平區雪霸國家公園境內之雪山主峰東線步道(24°23'-24°24'N, 121°13'-121°18'E)，從武陵農場內進入雪山登山口經由七卡山莊、哭坡、東峰、三六九山莊、黑森林、圈谷直至雪山主峰，海拔範圍從 2,140-3,886 m，海拔落差約為 1,746 m，研究區域內地形變化甚大(圖 1)。登



圖 1. 雪山主峰東線步道研究區範圍圖(雪霸國家公園提供)

山口—七卡山莊—哭坡頂端為以南向坡面為主要地形，哭坡頂端—三六九山莊前為嶺線路段，三六九山莊—黑森林—圈谷底部為北向坡面，圈谷底—雪山主峰為研究區顯著的冰河地形遺跡，尤其是主峰東北面的圈谷，為臺灣圈谷地形中最大規模的圈谷(楊建夫 2000)。氣候資料方面，據陳正祥(1957)對臺灣氣候分類，本研究區為寒帶重溼氣候(AC')，溫度低、溼度高，冬季有霧雪。此類型氣候又可分為二型，分別為：1. AC'₂ra'：涼而多溼，全年不缺水，分佈海拔 2,000 m 以上；2. AC'₁ra'：冷而多溼，僅限於玉山與雪山等高山峰及其附近，即海拔 3,000 m 以上，冬季寒冷有積雪(呂金誠 1999, 王偉 2010)。魏聰輝和林博雄(2010)在雪山主峰東線步道海拔 3,000 m 以上沿線設置氣象站(觀測時間為 2009 年 10 月至 2010 年 10 月)，其中三六九山莊(3,142 m)之氣象站觀測到相對溼度 67.5%及累積雨量約 1,277 mm；圈谷(3,584 m)之氣象站觀測到相對溼度 75.3%及累積雨量約 960 mm。

二、調查方法與資料分析

本研究採沿線調查法，主要沿雪山登山口至雪山主峰之東線步道，盡可能記錄研究區內所有維管束植物種類，並隨機進入步道外之區域調查，進行照片拍攝與植物標本採集；引證標本採集收藏於國立中興大學森林學系標本館(TCF)。此外，本研究另將雪山主峰東線步道不同路段之海拔對應至 Su (1984)所提出之臺灣天然林植群帶(表 1)(林鴻志 2005, 王偉等 2010)，調查所得之維管束植物資料，依 Raunkiaer (1934)植物生活型分類系統製作生活型譜及蕨類商數之分析。

1. 雪山主峰東線步道不同路段與臺灣植群帶之對應

研究區內海拔由低至高可劃分為 4 個部分：雪山登山口—七卡山莊(0.0-2.0 km)，海拔範圍約 2,140-2,510 m，是為櫟林帶上層(*Quercus upper zone*)，此路段為南向坡面，以臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、臺灣赤楊(*Alnus formosana*)伴以細葉杜鵑(*R. noriakianum*)為植物社會之主要組成物種。七卡山莊—哭坡頂(2-4.4 km)，海拔範圍約 2,510-3,100 m，為鐵杉雲杉林帶(*Tsuga-Picea*

表 1. 雪山主峰東線步道不同路段之植群帶劃分

植群帶	雪山主峰沿線之不同路段	里程碑(km)	海拔(m)	主要優勢物種
高山植群帶	圈谷底部至雪山主峰	9.8-10.9	3,600-3,886	玉山圓柏、玉山杜鵑
冷杉林帶	哭坡頂端至圈谷底部	4.4-9.8	3,100-3,600	臺灣冷杉、玉山箭竹、高山芒
鐵杉雲杉林帶	七卡山莊至哭坡頂端	2.0-4.4	2,510-3,100	臺灣鐵杉、高山櫟
櫟林帶上層	雪山登山口至七卡山莊	0.0-2.0	2,140-2,510	臺灣二葉松、臺灣赤楊

zone), 主要優勢物種為臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)、高山櫟(*Quercus spinosa*) (邱清安等 2008, 王偉 2010)。哭坡頂—三六九山莊—黑森林—圈谷底(4.4-9.8 km), 海拔範圍約 3,100-3,600 m, 植群帶劃分為冷杉林帶(*Abies* zone), 此區域之地形變化較大, 以玉山箭竹(*Yushania nitakayamensis*)與高山芒(*Miscanthus transmorrisonensis*)為優勢的草生地鑲嵌著臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)林為主要地景(王偉等 2010)。哭坡頂端至三六九山莊前之嶺線, 多為玉山箭竹和高山芒為主所組成之草生地(蘇鴻傑, 1992), 而臺灣冷杉分布於北面坡為主要優勢的黑森林, 林下潮濕陰涼, 常見之物種為玉山薔薇(*Rosa morrisonensis*)、巒大花楸(*Sorbus randaiensis*)、川上氏忍冬(*Lonicera kawakamii*)、玉山小檗(*Berberis morrisonensis*)、臺灣茶藨子(*Ribes formosana*)等(應紹舜 1976)。圈谷底—雪山主峰(9.8-10.9 km), 海拔範圍約 3,600-3,886 m, 此路段為高山植群帶(alpine vegetation zone), 主要優勢物種為玉山圓柏(*Juniperus squamata*)與玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)所構成之矮盤灌叢(邱清安等 2008, 王偉等 2010)。

2. 植物生活型

本研究依 Raunkiaer (1934)植物生活型主要分為以下 5 類(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983):

(1) 挺空植物(phanerophytes, P): 渡過不良環境之生存芽, 高挺入空中, 位於多年生且有背地性之莖或枝條頂端。此種植物多為喬木, 其生存芽所受之保護最少。

(2) 地表植物(chamaephytes, Ch): 生存芽位於地面甚近之枝上(通常不超過 25 cm), 可受冬雪或枯枝落葉層之保護, 如一般小灌木或亞灌木植物。

(3) 半地中植物(hemicryptophytes, H): 生存芽恰位於土表, 可受冬雪、落葉層及土壤之保護, 大多二年生及多年生之草本均屬此型。

(4) 地中植物(cryptophytes, Cr): 生存芽完全埋入土中或浸入水中, 可受土壤或水之保護。

(5) 一年生種子植物(therophytes, T): 無生存芽, 植物在極短之生長季中完成生活週期。

3. 蕨類商數

Raunkiaer (1934)依種子植物和蕨類植物之比例, 成立蕨類商數(pteridophyte-quotient, PtpH-Q), 計算公式為:

$$PtpH-Q = (B \times 25) / A$$

(B 為蕨類物種數, A 為種子植物種數)

在雨量稀少或有明顯乾季且以一年生種子植物為主要組成的地區, 數值較低, 常小於 1; 在冷溫帶以半地中植物盛行的氣候區, 此數值亦不會太高。而在溼熱地區, 此數值則相對較高(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983)。

結果

一、維管束植物組成

本研究調查之維管束植物共 88 科 221 屬 399 種, 包括原生種、外來種及造林樹種。原生的蕨類植物 17 科 27 屬 59 種, 種子植物共 69 科 182 屬 324 種, 分別為裸子植物 5 科 9 屬 12 種、被子植物中的雙子葉植物 57 科 141 屬 252 種、單子葉植物 7 科 32 屬 60 種; 外來物種(alien plant)共 7 科 13 屬 16 種(表 2)。

造林樹種有 3 科 5 屬 5 種分別為臺灣雲杉(*Picea morrisonicola*)、臺灣二葉松、杉木(*Cunninghamia lanceolata* var. *lanceolata*)、臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)及紅檜

(*Chamaecyparis formosensis*)，主要分佈於本研究區的海拔 2,140-2,510 m (櫟林帶上層)及海拔 2,510-3,100 m (鐵杉雲杉林帶)。這 5 種造林樹種於海拔 2,140-2,510 m (櫟林帶上層)皆有栽植，其中以臺灣二葉松的造林木遺留最多，有完整的林份，且能天然更新，其他物種的數量較少且分佈零星，更新狀況較差；海拔 2,510-3,100 m (鐵杉雲杉林帶)所栽植的有臺灣雲杉、臺灣二葉松及紅檜。在海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)有臺灣二葉松之分佈，但相當零星。

表 2. 雪山主峰東線步道維管束植物統計表

	原生種			外來種		
	科	屬	種	科	屬	種
蕨類植物	17	27	59	0	0	0
裸子植物	5	9	12	1	1	1
雙子葉植物	57	141	252	5	10	13
單子葉植物	7	32	60	1	2	2
總和	86	209	383	7	13	16

二、植物生活型

植物生活型分析結果顯示，半地中植物 54.7% 為最高比例，其次依序為挺空植物 23.1%、地表植物 10.8%、地中植物 8.6%，以及一年生種子植物 2.8% 最少。依照不同植群帶所記錄之植物名錄進行分析，海拔 2,140-2,510 m (櫟林帶上層)以半地中植物 47.9% 最多，一年生種子植物 2.1% 最少，其餘為挺空植物 31.8%、地表植物 13.5% 及地中植物 4.4% (圖 2)。海拔 2,510-3,100 m (鐵杉雲杉林帶)亦以半地中植物 40.8% 最多，一年生種子植物 2.3% 最少，其餘為挺空植物 31.5%、地表植物 13.9% 及地中植物 11.5% (圖 2)。

海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)植物生活型之組成以半地中植物 66.3% 最為優勢，其他生活型比例由高至低依序為地中植物 11.6%、挺空植物 11.0%、地表植物 8.0% 及一年生種子植物 3.1% (圖 2)。海拔 3,600-3,886 m (高山植群帶)植物生活型之比例由高至低依序為，半地中植物 72.5%、地中植物 12.1%、地表植物 6.6%、挺空植物 5.5% 及一年生種子植物 3.3%

(圖 2)。

由植物生活型譜分析與海拔梯度間之關係發現(圖 2)，挺空植物隨著不同路段之海拔升高，物種數有下降之趨勢；半地中植物普遍存在於本研究之各植群帶，隨著海拔增加，物種數亦隨之增加。

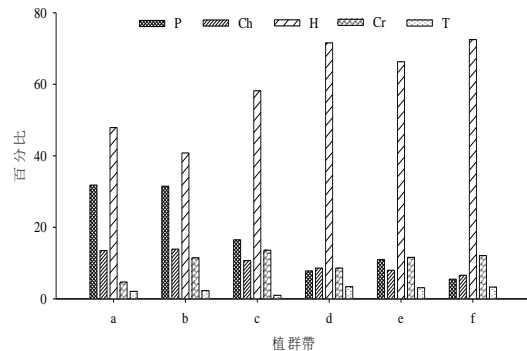


圖 2. 雪山主峰東線步道不同路段之維管束植物生活型譜(a: 登山口至七卡山莊(櫟林帶上層), b: 七卡山莊至哭坡頂(鐵杉雲杉林帶), c: 哭坡頂至圈谷底(冷杉林帶), d: 哭坡頂至圈谷底(冷杉林帶—玉山箭竹優勢型), e: 哭坡頂至圈谷底(冷杉林帶—臺灣冷杉優勢型), f: 圈谷底至主峰(高山植群帶)。P: 挺空植物, Ch: 地表植物, H: 半地中植物, Cr: 地中植物, T: 一年生種子植物)

三、蕨類商數

蕨類商數可與生活型譜相對照，以應證植物與氣候間之相關程度(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983)。本研究調查到原生蕨類植物共 59 種，佔全部原生維管束植物之 15.4%，蕨類商數為 4.68。

本研究區內不同植群帶之蕨類商數由海拔低至高依序為 4.04 (海拔 2,140-2,510 m, 櫟林帶上層)、2.69 (海拔 2,510-3,100 m, 鐵杉雲杉林帶)、4.60 (海拔 3,100-3,600 m, 冷杉林帶) 及 3.02 (海拔 3,600-3,886 m, 高山植群帶)。

討論

一、維管束植物組成

研究結果顯示，依照不同植群帶分別記錄其原生維管束植物物種數(表 3)，物種數有隨著海拔高升而下降之趨勢，但海拔 2,510-3,100

表 3. 雪山主峰東線步道各植群帶原生維管束植物統計表

植群帶	蕨類植物			裸子植物			雙子葉植物			單子葉植物			總和		
	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種	科	屬	種
高山植群帶	6	7	11	2	2	2	26	54	69	5	16	20	39	79	102
冷杉林帶	11	15	30	3	6	7	31	84	119	4	23	37	49	128	193
鐵杉雲杉林帶	9	9	14	2	4	6	32	73	103	6	14	21	49	100	144
櫟林帶上層	13	19	31	5	7	8	46	96	152	7	20	32	71	142	223

m (鐵杉雲杉林帶)之物種數 144 種，較海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)193 種少，其可能因前者之步道全長約 2.4 km，較後者之 5.4 km 為短所致；另一方面，植群帶之地形亦有可能影響調查之物種數，本研究區海拔 2,510-3,100 m (鐵杉雲杉林帶)之地形全為南向坡面，而海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)為稜線地形及北向坡面，所涵蓋之地形種類較為複雜，形成多樣的棲地，因此生育期間的物種數亦較多。

目前所調查到的外來植物，大多分佈於臺灣的中海拔地區，在本研究區物種多分佈於海拔 2,140 m 登山口附近，其中薺(*Capsella bursa-pastoris*)、貓兒菊(*Hypochaeris radicata*)及大扁雀麥(*Bromus catharticus*)之分佈範圍，已從海拔 2,140 m 附近擴展至海拔約 3,100 m 的三六九山莊。蔣慕琰和徐玲明(2000)統計臺灣歸化植物之研究指出，臺灣海拔 2,000 m 以上之地區出現的外來植物有大扁雀麥、歐洲黃菀及毛地黃(*Digitalis purpurea*)。在本研究區未調查到毛地黃，歐洲黃菀分佈於本研究區中櫟林帶上層，海拔範圍約 2,140-2,500 m，大扁雀麥則分佈於櫟林帶上層及冷杉林帶，最高分佈海拔已到達 3,100 m 以上的三六九山莊附近。孫麗珠(2008)研究太魯閣國家公園歸化植物分佈及入侵之報告顯示，已有 17 種歸化植物散佈至高海拔地區，其中菽草(*Trifolium repens*)、圓葉錦葵(*Malva neglecta*)及貓兒菊在本研究區亦有分佈，前述 2 主種僅侷限分佈於本研究區櫟林帶上層，但菽草於孫麗珠(2008)的研究區中分佈至海拔 3,000 m 以上，故推測此物種於本研究區中未來亦可能往高海拔散佈，而貓兒菊在本研究區中已散佈至海拔 3,000 m 以上。造成外來物種散佈的原因主要是人為擾動了自然環境，雪山主峰登山步道為

一熱門的登山路線，隨著山友之造訪，植物種子也因此被帶往較高海拔之區域，故某些外來物種現雖侷限分佈於本研究區之櫟林帶上層，未來仍可能往高海拔散佈。

二、植物生活型

Raunkiaer (1934)研究報告提出半地中植物氣候可以反映出植物處於高海拔地區或寒冷潮濕之環境，Daubenmire (1968)藉 Raunkiaer 植物生活型分類系統，整理世界各地的植物生活型譜，結果亦顯示半地中植物於冷溫帶氣候中，所佔比例最高，主要是因半地中植物之生存芽長期受冬雪及枯落物保護(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983)；再者，半地中植物的生長期雖短，但受到季節變換的影響，可藉此預測環境中的光線、溫度和水分(Illa *et al.* 2006)，因此本研究結果半地中植物所佔之比例較高，可藉此結果和陳正祥(1957)所提本研究區屬於寒帶重濕氣候之論點相呼應。

海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)可依外觀形相(physiognomy)大致區分為玉山箭竹和高山芒優勢之草生地，與臺灣冷杉優勢之森林兩類，前者為後者火燒後形成演替初期之植物社會(曾喜育等 2010)。Mantovani (1983)指出在相同的氣候環境下，不同地貌會造就不同的植物生活型譜；Batalha and Martins (2002)在巴西的研究報告指出同一地區處於不同演替階段的群落，其生活型譜也有所差異。然而本研究區域內，玉山箭竹和高山芒之草生地與臺灣冷杉為不同形相之植物社會，地被之主要優勢物種有所差異，但植物生活型譜之組成卻非常相近(圖 2)，推測是因高海拔地區之生育地環境較為嚴苛，雖演替階段及形相不同，但仍以半地中植物佔大多數。

比較海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)臺灣冷杉優勢型和中國地區冷杉林群落(朱秀紅等 2007, 于倩等 2008)之植物生活型譜(表 4), 本研究半地中植物與挺空植物之比例與其差異最大; 在中國神農架與秦嶺的冷杉林植群植物生活型譜中, 皆以挺空植物佔有比例最高, 半地中植物所佔比例較少, 但在本研究中則是半地中植物佔大多數。朱秀紅等(2007)在中國河南省秦嶺冷杉林及于倩等(2008)在中國神農架巴山冷杉林之植群研究報告中, 冷杉林群落的優勢物種除了冷杉外, 另有松科(Pinaceae)、杜鵑花科(Ericaceae)、薔薇科(Rosaceae)和樺木科(Betulaceae)為伴生的挺空植物。本研究區的冷杉林帶中, 亦有松科的華山松(*P. armandii* var. *masteriana*)及臺灣二葉松、杜鵑花科的玉山杜鵑及臺灣高山杜鵑(*R. rubropilosum* var. *taiwanalpinum*)、薔薇科的玉山薔薇及繸大花楸等伴生的挺空植物, 卻缺乏了樺木科的物種。比較中國其他研究亦發現, 樺木科植物常成為冷杉林或林木界線的樹種組成(樊金拴 2006), 而臺灣產樺木科植物如臺灣赤楊等, 難以生長至此海拔高度。曾文彬(1993)研究指出冷杉屬植物在冰河時期從中國大陸西南緣經閩臺陸橋遷移至臺灣, 但至間冰期時, 由於氣溫回升, 喜性溼冷的冷杉又逐漸向高山或高海拔地區遷移, 僅小部分存活下來。藉此推測臺灣在數次冰河期與間冰期交替過程中, 進入高山地區的挺空植物相對較大陸地區同海拔高度之冷杉林帶少, 致使半地中植物之比例較高。

海拔 3,600-3,886 m (高山植群帶)的研究

結果與王國宏等(2001)於中國河西祁連山北坡研究結果相似, 其於海拔 3,200-4,000 m 之高山灌叢帶, 生活型組成以生存芽可受到土壤及枯落物保護的半地中植物佔較高比例; 亞灌木植物、地表植物等種數比例, 雖不佔有優勢, 但構成灌叢景觀的主要組成成分。Georghiou and Delipetrou (2010)研究發現高海拔地區以半地中植物和地表植物所佔之種數較多; Wang *et al.* (2002)在中國祁連山的研究顯示在海拔 3,600-4,000 m 以半地中植物所佔比例最高。此研究區域內半地中植物比例高的原因, 可能為太陽輻射較強、氣溫較低(王國宏等 2001), Wang *et al.* (2002)亦認為高山低溫環境會影響水的供應, 並限制了生長週期, 加上本區含石率高, 且土壤呈極酸性(顏江河 2009), 生育地環境之限制因子較多, 故以生存芽可受到冬雪、枯落物覆蓋之保護, 以渡過此不良環境的半地中植物較為適應(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983, Wang *et al.* 2002)。挺空植物在此降到整個研究區內的最小值 5.5%, 因其生存芽高挺入空中, 位於多年生且有背地性之莖或枝條頂端所受保護較少, 較不適應此生育地環境, 且其忍耐低溫的能力較差(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983, 郭柯等 1998)。本路段物種數最少之植物生活型為一年生種子植物, 此和多數前人研究(Bliss 1971, Gómez *et al.* 1997, Körner 1999)提出在高海拔地區一年生種子植物佔據極小的比例之論點相符, 此因絕大多數一年生種子植物不能適應此生育地環境的低溫, 或無法在短暫的生長季完成生活史所致(Körner 1999)。

多位學者(Brown 2001, Lomolino 2001)曾

表 4. 比較雪山主峰東線步道與中國其他地區冷杉林之植物生活型譜

研究區域	植物群落	經緯度	海拔(m)	植物生活型(%)					資料來源
				P	Ch	H	Cr	T	
湖北省神農架自然保護區	巴山冷杉 (<i>Abies fargesii</i>)	31°21'20"-31°36'20"N, 110°03'05"-110°33'50"E	2,570	56.8	1.2	22.2	18.5	1.2	于倩等 (2008)
河南省石人山自然保護區	秦嶺冷杉 (<i>A. chensiensis</i>)	33°42'-33°45'N, 112°14'-112°17'E	1,063-2,153	65.5	0.0	22.9	11.5	0.0	朱秀紅等 (2007)
雪山主峰東線步道	臺灣冷杉 (<i>A. kawakamii</i>)	24°23'-24°24'N, 121°13'-121°18'E	3,000-3,600	7.8	8.6	71.6	8.6	3.4	本研究

表 5. 比較本研究區與相同區域之蕨類商數(Ptph-Q)

研究地點	海拔(m)	面積(ha)	原生維管束植物種數	Ptph-Q	資料來源
臺灣全島	0-3,952	3,576,000	4,339	4.25	Hsieh (2003)
雪霸國家公園	800-3,884	76,850	870	5.62	林鴻志 (2005)
武陵地區	1,600-3,000	7,125	592	4.31	王志強 (2008)
雪山主峰線	2,150-3,886	—	204	4.14	呂金誠 (1999)
雪山主峰線	1,682-3,886	—	383	4.55	王偉 (2010)
雪山主峰東線步道	2,150-3,886	—	374	4.68	本研究

提出環境中各項生態條件會影響植物生活型譜的組成。而海拔梯度為一個複雜的環境因子, 隨著海拔變化溫度、降雨量、太陽輻射等皆會有所差異。其中年均溫與海拔密切的相關性, 對於各植物生活型之物種數更是有顯著的影響(Bhattarai and Vetaas 2003)。Danin 和 Orshan (1990)研究以色列(Israel)植物生活型之分布和環境間之關聯性, 其結果顯示植物生活型之分布會受到雨量及溫度之影響, 當雨量增加時, 挺空植物的比例會減少; 當溫度上升時, 地中植物及半地中植物的比例會下降。Wang *et al.* (2002)在中國祁連山的研究提出高山低溫環境會影響水的供應, 並限制了生長週期, 故在此種環境中以半地中植物較能適應。本研究結果亦與前人研究相似, 挺空植物隨著不同路段之海拔升高, 物種數有下降之趨勢; 半地中植物則隨著海拔增加, 物種數亦隨之增加(圖 2)。

藉由比較本研究和其他學者之研究結果可知, 不同地區的植相中, 植物生活型譜可做為生育地形態(Leoš 2003)、植群形相(Mark *et al.* 2001, Batalha and Martins 2002)、植群結構(Adamson 1931, Box 1981)和植物社會(王偉 2010, Pavón *et al.* 2000)的指標。

三、蕨類商數

本研究區之蕨類商數相較於臺灣全島之 4.25 為高, 而將相同區域研究結果(呂金誠 1999, 林鴻志 2005, 王志強 2008, 王偉 2010)做蕨類商數分析, 並和本研究相比較, 數值並無太大的差異(表 5), 皆可顯示本研究區整體的生育地環境相對較潮濕且生育地複雜, 致使蕨類種數較多樣; 此結果亦可呼應陳

正祥(1957)所提本研究區域為潮濕氣候。

其中以海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)的 4.60 為全研究區內最高值, 因此區域的 2 種地被環境(玉山箭竹草生地及冷杉林), 其林下可提供相對溼度較高之生育地, 適合蕨類植物之生長; 另一方面, 此區域生育地多樣, 物種調查較為完整, 故物種數多寡對蕨類商數之計算亦有所影響。海拔 2,140-2,510 m (櫟林帶上層)之蕨類商數為 4.04, 是本研究區內次高值, 蕨類植物數量為整個研究區最多, 總物種數亦多, 故在蕨類商數方面與海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)是較為相近的; 此路段生育地環境多被森林所覆蓋, 林下環境相對溼度較高, 且部分區域有溪流流經, 皆提供蕨類生長所需之環境, 唯物種調查方面, 因此段僅一種地被環境, 故種類相對較少。

海拔 3,600-3,886 m (高山植群帶)之蕨類商數為 3.02, 在此路段中之植物生活型是以半地中植物最為優勢, 所佔之比例為整個研究區中最高達 72.5%, 此與劉棠瑞和蘇鴻傑(1983)所提之在半地中植物氣候環境下, 蕨類商數之數值不會太高之論點相符; 此區域生育地環境單純, 且調查長度為 4 個路段中最短者, 皆會影響蕨類商數之數值。海拔 2,510-3,100 m (鐵杉雲杉林帶)之蕨類商數 2.69 為整個研究區中最低值, 可能是因此路段生育地環境單純, 且為南向坡面地形, 林分隨著海拔增加越趨疏開, 致使環境較裸露無遮蔽, 影響蕨類生長。

結論

本研究區中之原生種子植物生活型分析結果以半地中植物所佔比例 54.7% 為最高值,

主要是因其生存芽能受冬雪及枯落物之保護。沿著海拔梯度分析植物生活型，可看出半地中植物所佔之比例有隨海拔高升而增加之趨勢，因在高海拔地區的生育地環境有著較多的限制因子影響著植物生長，故以生存芽能受到較多保護的半地中植物為主要優勢物種；而挺空植物所佔之比例則隨著海拔高升而下降，因其生存芽暴露於空中，無法受到保護，故較不能適應高海拔之生育地環境。本研究區整體的蕨類商數為 4.68，顯示本研究區整體是為較潮濕的環境。

誌謝

本研究承雪霸國家公園管理處「雪山地區高山生態系整合研究」研究計畫資助經費(計畫編號 SP981210)，及雪管處鍾副處長銘山、楊主任秘書金臻、保育課于課長淑芬、潘技士振彰、蕭技士明堂及吳小姐宜玲等，在行政事務上多方協助，特此致謝。

引用文獻

- 于倩、謝宗強、熊高明、陳志剛、楊敬元。2008。神農架巴山冷杉(*Abies fargesii*)林群落特徵及其優勢種群結構。生態學報 28(5):1931-1941。
- 王志強。2008。武陵地區原生植栽應用名錄調查分析及評選研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處，共 148 頁。
- 王偉。2010。雪山主峰沿線植群生態之研究。國立中興大學森林學系碩士論文，共 108 頁。
- 王偉、邱清安、蔡尚惠、許俊凱、曾喜育、呂金誠。2010。雪山主峰沿線植物社會調查研究。林業研究季刊 32(3):1-20。
- 王國宏、任繼周、張自和。2001。河西山地綠洲荒漠植物群落種群多樣性研究。草業學報 10(1):1-12。
- 朱秀紅、劉光武、茹廣欣、杜堯東、陳晨。2007。

瀕危植物秦嶺冷杉群落數量特徵及其動態。生態學雜誌 26(12):1942-1946。

- 呂金誠。1999。武陵地區雪山主峰線植群調查與植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處，共 90 頁。
- 林鴻志。2005。雪霸國家公園植群分類之研究。國立中興大學森林學系碩士論文，共 109 頁。
- 邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育。2008。臺灣潛在植群形相分類方案。林業研究季刊 30(4):89-112。
- 孫麗珠。(2008)。太魯閣國家公園歸化植物分佈與入侵之調查研究。國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所碩士論文，共 110 頁。
- 海鷹、張洪江、崔大方。1995。新源山地草甸類草地自然保護區植物生活型研究。新疆師範大學學報自然科學版 14(1):81-85。
- 張華、馬延新、武晶、祝業平、張寶財、孫衛東、馬明軍、蘭玉波。2008。遼東山地老禿頂子北坡植被類型及垂直帶譜。地理研究 27(6):1261-1270。
- 陳子英、吳欣玲、劉啟斌、葉清旺、林哲榮。2008。臺灣東北部蘭陽溪流域物種多樣性及物種群沿海拔梯度之分布。第六屆臺灣群多樣性研討會論文集，78-99 頁。
- 陳正祥。1957。臺灣之氣候與氣候分區。臺大實驗林林學叢刊第 7 號，174 頁。
- 郭柯、鄭度、李渤生。1998。喀喇崑崙山—崑崙山地區植物的生活型組成。植物生態學報 22(1):51-59。
- 曾文彬。1993。更新世臺灣海峽兩岸植物區系遷移的通道。雲南植物研究 16(2):107-110。
- 曾喜育、蔡尚惠、賴國祥、王偉、呂金誠。2010。高山生態系火燒與植群動態研究。雪霸國家公園委託研究報告—雪山地區高山生態系整合研究，共 43 頁。
- 楊建夫。2000。雪山主峰圈谷群末次冰期的冰

- 河遺跡研究。國立臺灣大學地理學研究所
博士論文, 共 256 頁。
- 雷寧菲、蘇智先、宋會興、張焱。2002。縉雲
山常綠闊葉林不同演替階段植物生活型
譜比較研究。應用生態學報
13(3):267-270。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。臺
灣商務印書館, 238-248 頁。
- 樊金拴。2006。中國冷杉林。北京—中國林業
出版社, 共 494 頁。
- 蔣慕琰、徐玲明。2000。外來植物在臺灣之野
化、影響及管理。2000 年海峽兩岸生物
多樣性與保育研討會論文集, 399-412 頁。
- 應紹舜。1976。雪山地區高山植群的研究。中
華林學季刊 9(3):119-136。
- 顏江河。2009。高山地區土壤性質研究。雪霸
國家公園委託研究報告-雪山地區高山生
態系整合研究, 共 22 頁。
- 魏聰輝、林博雄。2010。高山微氣象與熱量收
支之研究。雪霸國家公園委託研究報告-
雪山地區高山生態系整合研究, 共 79 頁。
- 蘇鴻傑。1992。臺灣之植群：山地植群帶與地
理氣候區。中央研究院植物研究所專刊第
十一號, 39-53 頁。
- Adamson RS. 1931. The Plant Communities of Table
Mountain: ii. Life-Form Dominance and
Succession. *Journal of Ecology* 19(2):304-320.
- Aiba S and K Kitayama. 1999. Structure, Composition
and Species Diversity in an Altitude-Substrate
Matrix of Rain Forest Tree Communities on
Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology*
140:139-157.
- Batalha MA and FR Martins. 2002. Life-Form Spectra
of Brazilian Cerrado Sites. *Flora* 197:452-460.
- Bhattarai KR and OR Vetaas. 2003. Variation in Plant
Species Richness of Different Life Forms Along
a Subtropical Elevation Gradient in The
Himalayas, East Nepal. *Global Ecology and
Biogeography* 12:327-340.
- Bliss LC. 1971. Arctic and Alpine Plant Life Cycles.
Annual Review of Ecology and Systematics
2:405-438.
- Box EU. 1981. Macroclimate and Plant Forms: an
Introduction to Predictive Modeling in
Phytogeography. Dr. W. Junk Publishers, The
Hague. pp. 285.
- Brown JH. 2001. Mammals on Mountainsides:
Elevational Patterns of Diversity. *Global Ecology
and Biogeography* 10:101-109.
- Danin A and G Orshan. 1990. The Distribution of
Raunkiaer Life Forms in Israel in Relation to The
Environment. *Journal of Vegetation Science*
1:41-48.
- Daubenmire R. 1968. Plant Communities: A Textbook
of Plant Synecology. Harper & Row. Inc, New
York. pp. 300.
- Galán de Mera A, MA Hagen and JA Vicente Orellana.
1999. Aerophyte, a New Life Form in
Raunkiaer's Classification? *Journal of Vegetation
Science* 10:65-68.
- Georghiou K and P Delipetrou. 2010. Patterns and
Traits of The Endemic Plants of Greece.
Botanical Journal of the Linnean Society
162:130-422.
- Gómez D, JA Sesé, JV Ferrández and A Aldezábal.
1997. Altitudinal Variation of Floristic Features
and Species Richness in The Spanish Pyrenees
Alpine Belt. In: 36th IAVS Symposium, Ser.
Informes, 40, pp. 113-123. Universitat La Laguna,
Tenerife.
- Hsieh CF. 2003. Composition, Endemism and
Phytogeographical Affinities of The Taiwan flora.
Flora of Taiwan, 2nd edition 6:1-14. Department
of Botany, National Taiwan University, Taipei.
- Illa E, E Carrillo and JM Ninot. 2006. Patterns of
Plant Traits in Pyrenean Alpine Vegetation. *Flora*
201:528-546.
- Körner C. 1999. Alpine Plant Life: Functional Plant
Ecology of High Mountain Ecosystems. Springer,
Berlin. pp. 338.
- Lande R. 1982. A Quantitative Genetic Theory of Life
History Evolution. *Ecology* 63:607-615.
- Leoš K. 2003. Life-Forms and Clonality of Vascular
Plants Along an Altitudinal Gradient in E Ladakh
(NW Himalayas). *Basic and Applied Ecology*
4:317-328.
- Lomolino MV. 2001. Elevation Gradients of
Species-Density: Historical and Prospective
Views. *Global Ecology and Biogeography*
10:3-13.
- Mantovani W. 1983. Composição e Similaridade
Florística, Fenologia e Espectro Biológico do
Cerrado da reserva Biológica de Moji Guaçu,
Estado de São Paulo. MSc. Dissertation. State
University of Campinas, Campinas. pp. 147.
- Mark AF, KJM Dickinson, J Allen, R Smith and CJ
West. 2001. Vegetation Patterns, Plant
Distribution and Life Forms Across The Alpine
Zone in Southern Tierra del Fuego. *Austral
Ecology* 26:423-440.
- Mueller-Dombois D and H Ellenberg. 1974. Aims and
Methods of Vegetation ecology. John Wiley and
Sons, New York. pp.547.
- Pavón NP, HT, Humberto and RG Víctor. 2000.
Distribution of Plant Life Forms Along an
Altitudinal Gradient in The Semi-Arid Valley of
Zapotitlán, Mexico. *Journal of Vegetation
Science* 11:39-42.
- Raunkiaer C. 1934. Life-Forms of Plants and

- Statistical Plant Geography. Clarendon Press, Oxford. pp. 632.
- Su HJ. 1984. Studies on The Climate and Vegetation Types of The Natural Forests in Taiwan (II) Altitudinal Vegetation Zones in Relation to Temperature Gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4):57-73.
- Wang G, G Zhou, L Yang and Z Li. 2002. Distribution, Species Diversity and Life-Form Spectra of Plant Communities Along an Altitudinal Gradient in The Northern Slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology* 165:169-181.