

研究報告

屏東縣瓦魯斯溪至南大武山沿線植群生態之研究

陳璿宇¹ 戴湘瑩² 王志強^{2*}

【摘要】本研究於中央山脈南段之瓦魯斯溪至南大武山區調查木本植物社會85個250 m²樣區，並評估8項環境變數。目的為建立植物資源清單及植群資料，並瞭解影響植物社會分化之環境因子及各植群型之多樣性差異。結果共記錄維管束植物706種植物，其中46種為稀有植物。透過雙向指標種分析將木本植物社會劃分為四型；分別為水錦樹-白匏仔型、瓊楠-長葉木薑子型、紅淡比-長尾柯型及厚葉柃木-臺灣鐵杉型。木本植物社會之海拔分布在榕楠林帶呈現擴張現象，高海拔鐵杉林帶則有下降傾向，而使位於其中之楠櫛林帶及櫛林帶海拔呈壓縮現象。利用典型對應分析得出木本植物社會中，影響植物組成的環境變數係以海拔高度、土壤pH值、土壤含石率、地形位置、全天光空域、直射光空域及方位最重要。瓊楠-長葉木薑子型在Shannon、Simpson、Berger多樣性及均勻度指數經由單因子變異數分析後皆顯著高於其他植群型。本研究結果可供大武山自然保留區經營管理及保育利用之參考。

【關鍵詞】瓦魯斯溪、南大武山、植群、多樣性

Research paper

Vegetation Ecology along Varus River to Nantawushan in Pingtung County

Syuan-Yu Chen¹ Siang-Ying Dai² Chih-Chiang Wang^{2*}

【Abstract】There were 85 woody vegetation plots(250 m²) setting along Varus River on the southern Central Mountain Range to the Nantawushan area and 8 terms of environmental factors were evaluated in this study. The aims of this study was trying to establish a list of the plant resources, the vegetation data, and figuring out how the environmental factors differentiating the vegetation and the diversity among the different vegetation types. The result showed 706 species of vascular plants recorded, including 46 rare species. The vegetation community was classified into 4 types by the two way indicator species

1 國立屏東科技大學農學院生物資源博士班

Graduate Institute of Bioresources, National Pingtung University of Science and Technology.

2 國立屏東科技大學森林系

Department of forestry, National Pingtung University of Science and Technology.

* 通訊作者，91201 屏東縣內埔鄉學府路1號

Corresponding Author. 1, Shuefu Road, Neipu, Pingtung 91201, Taiwan ; E-mail:ccwang@mail.npust.edu.tw.

analysis(TWINSPAN), which were *Wendlandia uvariifolia* - *Mallotus paniculatus* type, *Beilschmiedia erythrophloia* - *Litsea acuminata* type, *Cleyera japonica* - *Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* type, and *Eurya glaberrima* - *Tsuga chinensis* var. *formosana* type. The subtropical broad-leaved forest formation on the low altitude expanded and the cold-temperate coniferous forest formation on the high altitude went down, so that the warm-temperate broad-leaved forest formation was compressed by altitude. Through the canonical correspondence analysis (CCA), altitude, soil pH, stoniness, topography, whole light sky space, direct light sky space, and aspect were significantly related to the composition of vegetation community. Besides, the Shannon, Simpson, and Berger diversity indices and evenness indices of the *Beilschmiedia erythrophloia* - *Litsea acuminata* type showed significant higher than other vegetation types by analysis of variance (ANOVA). The study result of this research could provide management and conservation for Tawushan Nature Preserve.

【Key words】 Varus River, Nantawushan, Vegetation, Diversity

一、前言

植群生態(Vegetation ecology)旨在探討植物群落形成、分布及分類，並進而推測或解釋植群分布與環境因子間之相關性，其中植群分布及森林生態系組成以溫度、雨量及水文收支為影響的主要因子(邱祈榮等，2004；蘇鴻傑，2004)，可以藉由植物社會的結構與功能，瞭解影響植物社會動態變化的因子，以評估該植物社會或生態系的現況(葉清旺等，2012)，並依植群組成的差異反應當地的地理氣候型態(邱祈榮等，2004；Chiou *et al.*, 2010；El-Sheikh *et al.*, 2010)。

臺灣為一高山島嶼，超過3,000 m以上高山多達兩百餘座，且以中央山脈為主，山地起伏劇烈、地形崎嶇，進而形成不同的棲地環境，顯示了臺灣島在地質上屬快速隆起的年輕島嶼(Hsieh, 2002; Argnani, 2012)。

南大武山為中央山脈南段最後一座超越3,000 m之北大武山向南延伸稜脈之山峰，且由此續向南之山峰則驟降至2,000 m餘，於地形上為中央山脈南端由高海拔地區至中低海拔山地之過渡帶。此外，中央山脈南段西側冬季東北季風受地形效應之阻隔，而產生雨蔭效應(Rain shadow)；東側則不見此影響，故使兩區域產生相異且特殊之氣候條件，亦造成植群組成之歧異(邱清安等，2008)。

綜合上述，本文擬補齊臺灣南部重要山區之植物資源資料，並藉由樣區分析資料評論南大武山植相之組成與植群之現況，並可將研究結果供後續大武山自然保留區之經營參考依據。

二、材料與方法

(一) 研究區域位置與環境概況

本研究區位於中央山脈南段，為金崙溪及瓦魯斯溪之分水嶺，北銜接北大武山(3,090 m)、南為茶仁山(2,139 m)；東側傍大武山自然保留區、西側則為佳興部落，山脈呈南北走向。境內海拔介於瓦魯斯溪(約200-300 m)至主峰南大武山(2,841 m)之間，事業區屬潮州事業區第6、7林班及大武事業區第8、15、16林班。行政區隸屬屏東縣泰武鄉及臺東縣金峰鄉。

本區地質屬第三紀變質岩始新世之新高層及中新世之廬山層，土壤屬佳義村土系，為玢質壤土、壤土、玢質黏壤土等三種，土壤層粒狀、易碎、強酸性。鄰近氣候站闕如，故利用臺灣各氣象站網格資料與地理資訊系統模擬本研究區不同海拔高度之氣象資料(Chiu *et al.*, 2009)，亦利用此氣象站網格資料推估各樣區之溫量指數值。結果顯示，氣候屬於夏雨型氣候，雨量呈現季節性變化，多集中於5-10月，冬季則乾旱。年平均降水量約為2,700 mm，年

均溫介於11.9-21.3°C間。

(二) 研究方法

1. 資料蒐集與踏勘

蒐集相關地形圖及環境資料，並研讀鄰近區域植群與植相報告，藉以對研究區作初步瞭解。此外，攀登南大武山須橫越瓦魯斯溪，故待汛期結束、溪水緩和之際進行樣區設置調查，並建立研究區中植物名錄。本研究期間自2013年2月至2014年4月止。

2. 植物社會取樣

本研究採用多樣區法，於均質之環境條件下主觀選擇樣區進行取樣。每一樣區大小為25×10 m²，其中包含10個5×5 m²小樣區。樣區內量測胸高直徑≥1cm 之木本植物，記錄其種類及胸高直徑，<1 cm則記錄種類及覆蓋度，並詳實記錄地被層組成以作為植物名錄與植物社會林型撰寫之用。沿著海拔及地形差異與植相類型共設置了85個木本樣區(圖1)。

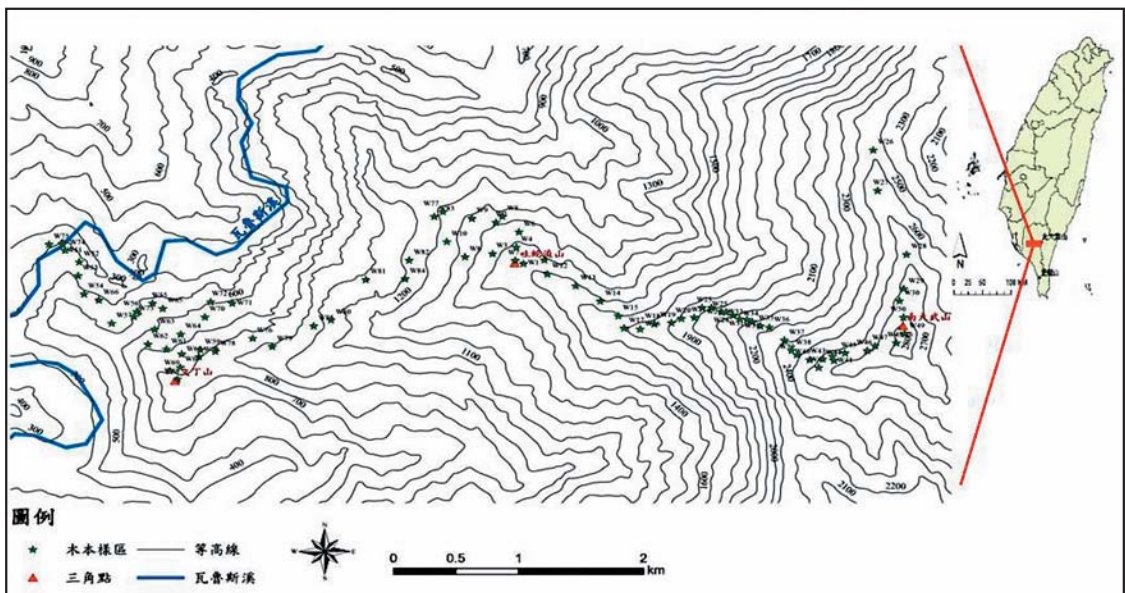


圖1 瓦魯斯溪至南大武山植物社會樣區位置圖

Fig. 1 Location of sample plots along Varus river to Nantawushan

3. 環境因子觀測

植群型在不同生育地之分布，以環境因子評估其相關性，作為解釋或研判之基礎(蘇鴻傑，1987)。環境因子計有海拔高度(Altitude)、坡度(Slope)、坡向(Aspect)、地形位置(Topographic position)、含石率(Stoniness)、全天光空域(Whole light sky space)、直射光空域(Direct light sky space)與土壤pH值(Soil pH)等8項，藉以檢視植群組成及分布與環境因子間之相關性，以便解釋環境因子之有效性。

4. 稀有植物評估

依據臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等，2012)，針對南大武山區所記錄之植物名錄加以評定，藉以明瞭此區物種之組成情形及保育等級。

5. 植群資料分析

本研究樣區記錄之物種，計算其密度、頻度及優勢度後，化為相對值，並得出重要值指數值，再依據Gauch (1982)所訂定之10級標準來簡化數據及建立原始矩陣。所有資料係用編輯程式Excel輸入電腦存檔，

環境因子則毋需轉換，直接以觀測值或評估值輸入電腦以備分佈序列之用。分析方法採用分類法與分布序列法，分類法採用雙向指標種分析(Two way indicator species analysis, TWINSPAN)；分布序列法則採用降趨對應分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)及典型對應分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)。爾後，尚須經由Monte Carlo顯著性測試來檢驗環境因子間哪一項達顯著，以找出影響物種組成變異之最佳環境因子。分析之軟體則包含PC-ORD 6.0版及CANOCO 4.5版等套裝軟體，相互配合對照以找出植群分化與重要環境因子影響之結果，藉以解釋南大武山植群組成之現況。

6. 植物社會型多樣性分析

由多樣性之計算結果，明瞭一植物社會之物種組成及分布狀況及各群落間其內物種的差異。本研究根據劃分出之林型，依

序計算各林型之種豐富度(Species richness, d)、Simpson多樣性指數(Simpson's index of diversity, DSM; Simpson, 1949)、Shannon多樣性指數(Shannon-Wiener index of diversity, HSW; Shannon & Weaver, 1949)、Berger豐富度指數(Burger abundance index, DBP; Magurran, 2004)及均勻度指數(Evenness index, ESW; Pielou, 1985)等，並利用單因子變異數分析檢視各林型間之差異。

三、結果

(一) 維管束植物資源

經由記錄樣區出現及實地踏勘之植物種類製成瓦魯斯溪至南大武山之維管束植物名錄，共記錄到145科418屬706種(表1)，包含蕨類植物103種，裸子植物11種，被子植物592種。研究區出現物種最多科依序為豆科(32種)、禾本科(31種)及樟科(28種)。

表1 瓦魯斯溪至南大武山維管束植物資源統計表

Table 1 Statistics of vascular plants along Varus river to Nantawushan

分類群	科	屬	種
蕨類植物	27	53	103
種子植物	118	365	603
裸子植物	6	10	10
被子植物	112	355	593
雙子葉植物	100	288	492
單子葉植物	12	67	101
合計	145	418	706

依據臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等, 2012)之評定，共計46種稀有植物。瀕臨絕滅(EN)為桃實百日青(*Podocarpus nakaii*)、南洋紅豆杉(*Taxus sumatrana*)、臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)、牛樟(*Cinnamomum kanehirai*)與恆春青牛膽(*Tinospora dentata*)等；易受害(VU)為臺灣粗榧(*Cephalotaxus wilsoniana*)、腺齒獼猴桃(*Actinidia rufa*)、線

花天南星(*Arisaema matsudae*)、大武蜘蛛抱蛋(*Aspidistra elatior* var. *attenuata*)、灰背葉紫珠(*Callicarpa hypoleucophylla*)、森氏薹(*Carex morii*)、高士佛澤蘭(*Eupatorium clematideum* var. *gracillimum*)、臺灣蚊子草(*Filipendula kiraishiensis*)、巨葉花遠志(*Polygala arcuata*)、櫻蓼(*Polygonum conspicuum*)、毛果珍珠茅(*Scleria levis*)、華參(*Sinopanax formosana*)、

密刺菝葜(*Smilax horridiramula*)與黃水茄(*Solanum undatum*)等；接近威魯(NT)為南洋杪欏(*Alsophila loheri*)、薄葉大陰地蕨(*Botrychium daucifolium*)、千層塔(*Huperzia serrata*)、連孢一條線蕨(*Vaginularia paradoxa*)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、綠花安蘭(*Ania hookeriana*)、臺灣金線蓮(*Anoectochilus formosanus*)、臺灣黃花茅(*Anthoxanthum horsfieldii* var. *formosanum*)、疏花紫珠(*Callicarpa remotiflora*)、臺灣山茶(*Camellia sinensis* f. *formosensis*)、柳葉山茶(*Camellia salicifolia*)、假淡竹葉(*Centotheca lappacea*)、土肉桂(*Cinnamomum osmophloeum*)、屏東鐵線蓮(*Clematis akoensis*)、森氏鐵線蓮(*Clematis henryi* var. *morii*)、蘭嶼落葉榕(*Ficus ruficaulis*)、花格斑葉蘭(*Goodyera kwangtungensis*)、犬黃楊(*Ilex crenata*)、柳葉鱗球花(*Lepidagathis stenophylla*)、林氏木薑子(*Litsea akoensis* var. *sasakii*)、大武新木薑子(*Neolitsea daibuensis*)、水蓼(*Polygonum hydropiper*)、唐杜鵑(*Rhododendron simsii*)、臺灣馬錢(*Strychnos cathayensis*)、臺灣鷓鴣(*Tylophora taiwanensis*)、榔榆(*Ulmus parvifolia*)及柿寄生(*Viscum angulatum*)等。南大武山區記錄之植物名錄中，不乏具有高海拔分布之玉山山肺形草(*Tripterispermum lanceolatum*)與玉山木薑子(*Litsea morrisonensis*)；以及局部分佈於恆春半島之蘭嶼落葉榕、高士佛澤蘭及南洋杪欏等等，顯見研究區內海拔不及高山區(曾彥學，2003)之標準、位置上亦不及恆春半島之範圍，但就植物組成而言，不僅承接高海拔植物、亦涵蓋臺灣南部東西兩氣候區與熱帶植物組成成分，呈現一過渡區域。

(二) 植物社會分類

本研究計算各樣區物種重要值指數後，再經由雙向指標種分析進行切分，並對應現地調查之情形進行各林型之劃分，最後則製作各林型之綜合表(表2)。植群型命名則採用特徵種在前、優勢種在後之方式命名。

林型分析之結果由低至高海拔依序可劃分為水錦樹-白匏仔林型(*Wendlandia uvariifolia* - *Mallotus paniculatus* type)、瓊楠-長葉木薑子林型(*Beilschmiedia erythrophloia* - *Litsea acuminata* type)、紅淡比-長尾柯林型(*Cleyera japonica* - *Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* type)與厚葉柃木-臺灣鐵杉林型(*Eurya glaberrima* - *Tsuga chinensis* var. *formosana* type)等四型。

1. 水錦樹-白匏仔林型

本林型包含樣區51-76、78-80及85等，共計30個樣區。海拔介於332 -1035 m，溫度指數介於175-218°，特徵種為水錦樹、江某(*Schefflera octophylla*)與香楠(*Machilus zuhoensis*)；優勢種為白匏仔，本型樣區位置涵蓋溪谷與稜線，許多物種有其分布之偏好，如咬人狗(*Dendrocnide meyeniana*)以溪谷為主，反之稜線則以三斗石櫟(*Pasania hancei* var. *ternaticupula*)為主。

2. 瓊楠-長葉木薑子林型

本林型包含樣區1-6、8-11、77、81-84等15個樣區。海拔介於1,080- 1,569 m，溫度指數介於142-173°，特徵種為瓊楠、川上氏石櫟(*Pasania kawakamii*)、小西氏楠(*Machilus konishii*)；優勢種為長葉木薑子、星刺栲(*Castanopsis fabri*)等。

3. 紅淡比-長尾柯林型

本林型包含樣區7、12-25、31、32、34等18個樣區。海拔介於1,589-2,280 m，溫度指數介於103-143°，特徵種為紅淡比、臺灣樹參(*Dendropanax dentiger*)、假長葉楠(*Machilus japonica*)；優勢種為長尾柯、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)等。本型樣區多位於臺灣雲霧帶之海拔，環境濕度高，且位於稜線風衝地之組成，則以茂密生長之臺灣杜鵑(*Rhododendron formosanum*)為單一優勢。此外，南大武山區過去造林之柳杉(*Cryptomeria japonica*)與紅檜亦多分布與本林型樣區中。

4. 厚葉柃木-臺灣鐵杉林型

表2 瓦魯斯溪至南大武山植物社會綜合表

Table 2 Summary table of community Varus river to Nantawushan

Type	I	II	III	IV
植群型	水錦樹- 白匏仔型	瓊楠- 長葉木薑子型	紅淡比- 長尾柯型	厚葉鈴木- 臺灣鐵杉型
樣區數	30	15	18	22
Alt. (m)	332-1,035	1,080-1,569	1,589-2,280	2,254-2,841
Slo. (°)	5-46	0-75	15-50	7-50
Asp.	2-16	2-16	2-16	2-15
Top.	5	4	4	2
Sto. (%)	5-100	10-90	30-90	30-90
Soil pH	3.34-6.15	3.26-4.17	3.17-5.27	2.98-4.51
WLS(%)	16-69	24-69	28-69	31-85
DLS(%)	24-95	56-89	56-89	60-96
WI(°)	175-218	142-173	103-143	67-105
燈稱花 <i>Ilex asprella</i>	79.8 *	---	---	---
千年桐 <i>Aleurites montana</i>	77.5 *	---	---	---
白匏仔 <i>Mallotus paniculatus</i>	75.8 **	---	---	---
水錦樹 <i>Wendlandia uvariifolia</i>	74.0 **	3.1	---	---
九節木 <i>Psychotria rubra</i>	70.8 *	---	---	---
山香圓 <i>Turpinia formosana</i>	67.0 *	---	---	---
山柚 <i>Champereia manillana</i>	62.9	---	---	---
細葉饅頭果 <i>Glochidion rubrum</i>	57.7	---	---	---
披針葉饅頭果 <i>Glochidion zeylanicum</i>	55	---	---	---
山刈葉 <i>Melicope semecarpifolia</i>	55	---	---	---
中國鈴木 <i>Eurya chinensis</i>	55.0 *	1.2	---	---
瓊楠 <i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	---	88.4 **	---	---
山龍眼 <i>Helicia formosana</i>	---	79.5 **	---	---
香桂 <i>Cinnamomum subavenium</i>	---	72.8 *	---	---
小西氏楠 <i>Machilus konishii</i>	---	69.9 *	---	---
臺灣山茶 <i>Camellia sinensis f. formosensis</i>	---	69.7 *	---	---
小芽新木薑子 <i>Neolitsea parvigemma</i>	---	68.0 *	---	---
厚殼桂 <i>Cryptocarya chinensis</i>	---	67.9 *	---	---
長葉木薑子 <i>Litsea acuminata</i>	---	63.1 **	37.3 *	---
星刺栲 <i>Castanopsis fabri</i>	---	62.9	---	---
墨點櫻桃 <i>Prunus phaeosticta</i>	14.7 *	61.7 **	---	---
小花鼠刺 <i>Itea parviflora</i>	---	61.0 **	9.6 *	---
大葉石櫟 <i>Pasania kawakamii</i>	---	60.4 *	1.1	---

Top.為眾數，其餘為範圍值；表中數字為忠誠度值，僅列出忠誠度>50之物種；*為頻度>50、**為頻度>80

續表2 瓦魯斯溪至南大武山植物社會綜合表

Table 2 Summary table of community Varus river to Nantawushan(Continue)

Type	I	II	III	IV
植群型	水錦樹- 白匏仔型	瓊楠- 長葉木薑子型	紅淡比- 長尾柯型	厚葉柃木- 臺灣鐵杉型
樣區數	30	15	18	22
Alt. (m)	332-1,035	1,080-1,569	1,589-2,280	2,254-2,841
Slo. (°)	5-46	0-75	15-50	7-50
Asp.	2-16	2-16	2-16	2-15
Top.	5	4	4	2
Sto. (%)	5-100	10-90	30-90	30-90
Soil pH	3.34-6.15	3.26-4.17	3.17-5.27	2.98-4.51
WLS(%)	16-69	24-69	28-69	31-85
DLS(%)	24-95	56-89	56-89	60-96
WI(°)	175-218	142-173	103-143	67-105
紅淡比 <i>Cleyera japonica</i>	---	---	84.1 **	---
橢圓葉赤楠 <i>Syzygium elliptifolium</i>	---	---	67.4 *	---
李氏木薑子 <i>Litsea lii</i>	---	---	67.4 *	---
長尾柯 <i>Castanopsis cuspidata var. carlesii</i>	---	26.4 *	65.2 **	---
薯豆 <i>Elaeocarpus japonicus</i>	---	---	63.6 *	---
臺灣樹參 <i>Dendropanax dentiger</i>	---	---	61.2	---
臺灣杜鵑 <i>Rhododendron formosanum</i>	---	---	61.2 *	---
大葉越橘 <i>Vaccinium wrightii</i>	---	---	61.2 *	---
紅楠 <i>Machilus thunbergii</i>	---	26.6 *	57.4 **	---
木荷 <i>Schima superba</i>	---	---	54.0 *	---
圓葉冬青 <i>Ilex goshiensis</i>	---	17.4	52.2 *	---
假長葉楠 <i>Machilus japonica</i>	---	---	52.2	---
福建賽衛矛 <i>Microtropis fokienensis</i>	---	---	50.9	---
錐果櫟 <i>Cyclobalanopsis longinux</i>	---	8.7	50.0 *	---
厚葉柃木 <i>Eurya glaberrima</i>	---	---	---	90.1 **
臺灣馬醉木 <i>Pieris taiwanensis</i>	---	---	---	78.5 *
臺灣鐵杉 <i>Tsuga chinensis var. formosana</i>	---	---	---	76.8 *
紅毛杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i>	---	---	---	68.8 *
白花八角 <i>Illicium anisatum</i>	---	---	---	62.8 *
雲南冬青 <i>Ilex yunnanensis v. parvifolia</i>	---	---	---	58.5
西施花 <i>Rhododendron leptosantherum</i>	---	---	49.6 **	57.2 **
巒大花楸 <i>Sorbus randaiensis</i>	---	---	---	50.9

Top.為眾數，其餘為範圍值；表中數字為忠誠度值，僅列出忠誠度>50之物種；*為頻度>50、**為頻度>80

本林型包含26-30、33、35-50等22個樣區。海拔介於2,254-2,841 m，溫量指數介於67-105°，特徵種為厚葉桫欏、森氏櫟(*Cyclobalanopsis morii*)、高山新木薑子(*Neolitsea acuminatissima*)；優勢種為臺灣鐵杉。本型樣區海拔約自2,600 m起，逐漸由臺灣鐵杉成為優勢種，且形成大面積之純林狀態，林下則伴隨厚葉桫欏、白花八角(*Illicium anisatum*)等植物生長。

(三) 植物社會與環境因子之關係

1. 降趨對應分析

本研究共設置85個樣區，樣區資料經由降趨對應分析結果顯示，軸長依序為8.248、3.075、2.811及2.35，總解釋變異量為8.647(表3)。然而，研究區海拔範圍介於300-2,841 m間，落差大且橫跨不同植物社會，降趨對應分析顯示第一軸8.248已使分析結果轉換2次(4轉換乙次)，即樣區間物種組成差異性高。因此，為求縮小此差異性及後續探究影響植物社會組成之重要環境變數，由研究

區域海拔中段(約1,600 m)處，將此海拔帶上(以下簡稱中段以上)下(以下簡稱中段以下)兩部分樣區作一區隔，此海拔帶乃各包含由雙向指標種分析出之各二林型，分別進行降趨對應分析，藉以縮小因海拔梯度而造成分析結果之差異，並檢視不同植物社會與環境因子間之關係。

重新進行降趨對應分析之後，結果顯示中段以上植物社會軸長依序為4.518、2.585、1.973及1.692，總解釋變異量為3.975；而中段以下植物社會軸長依序為4.335、2.839、2.604及1.968，總解釋變異量為5.444(表3)。劃分之結果顯示兩部分差異不大，但已有縮小之情形。軸長縮小後能避免因海拔梯度橫跨大所引起之壓縮現象，亦較能探究物種分布之正確性。故此，當軸長大於4時，顯示物種於環境梯度上呈現單峰反應，應使用典型對應分析測試物種與環境因子間之相關性，以利找出重要之環境變數(Lepš & Šmilauer, 2003)。

表3 瓦魯斯溪至南大武山區植物社會降趨對應分析結果

Table 3 Results of analysis data by DCA alone Varus river to Nantawushan

全區	軸1	軸2	軸3	軸4	總解釋變異量
特徵值	0.853	0.297	0.214	0.158	8.647
梯度軸長	8.248	3.075	2.811	2.35	
物種資料累積百分比	9.9	13.3	15.8	17.6	
所有特徵值總和					8.647
中段以上	軸1	軸2	軸3	軸4	總解釋變異量
特徵值	0.749	0.251	0.156	0.108	3.975
梯度軸長	4.518	2.585	1.973	1.692	
物種資料累積百分比	18.8	25.1	29.1	31.8	
所有特徵值總和					3.975
中段以下	軸1	軸2	軸3	軸4	總解釋變異量
特徵值	0.667	0.286	0.204	0.15	5.444
梯度軸長	4.335	2.839	2.604	1.968	
物種資料累積百分比	12.3	17.5	21.3	24	
所有特徵值總和					5.444

2. 典型對應分析

將設置之85個樣區經由典型對應分析後，其結果顯示特徵值依序為0.823、0.318、0.212及0.153，此值高低乃表示各軸對於所有相對變異的解釋能力。此外，將記錄之8項環境因子，經由Monte Carlo顯著性測試共有6項環境因子達顯著，其中海拔、土壤pH值及地形位置達極顯著，全天光空域、直射光空域及土壤含率達顯著(表4)。此外，由樣區與顯著環境因子所繪製之雙序圖而言，樣區由左至右即隨著海拔增加而向右排序，且為低海拔至高海拔分析之四林型(圖2)。

另一方面，亦將劃分之中段上下兩部分樣區與環境因子進行分析，結果顯示，中段以上結果以海拔、土壤pH及地形位置達極顯著，其餘則未顯著，特徵值依序為0.711、0.276、0.196及0.138；中段以下則以海拔、土壤pH及方位達極顯著，直射光空域及全天光空域為顯著，特徵值依序為0.634、0.296、0.178及0.171。此兩部分皆以軸1與軸2之解釋力較大，分別達到61.8與53.7%(表5、表6)。

(四) 植物社會多樣性分析

本研究依序計算總種數、總株數、種豐富度、Shannon、Simpson、Berger多樣性及均勻度指數等7項數值。對應四林型

而言，總種數以瓊楠-長葉木薑子型最高(28.667±4.497)，以厚葉柃木-臺灣鐵杉

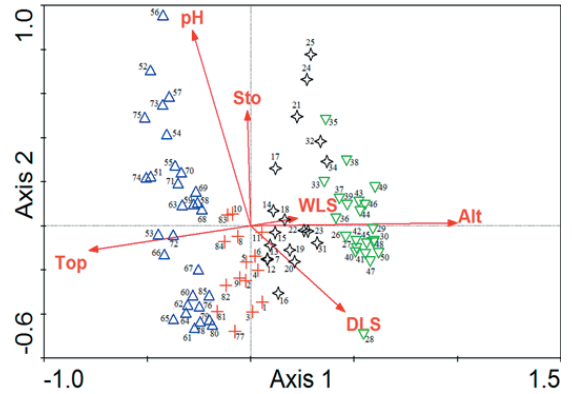


圖2 植物社會樣區及環境因子於典型對應分析第1、2軸雙序圖

△：I. 水錦樹-白匏仔型；+：II、瓊楠-長葉木薑子型；☆：III、紅淡比-長尾柯型；▽：IV、厚葉柃木-臺灣鐵杉型。Alt.：海拔；WLS：全天光空域；DLS：直射光空域；pH：土壤pH；Sto.：土壤含率；Top.：地形位置。

Fig. 2 The first, second axis of community plots and environment factors by CCA

Note: △: I. *Wendlandia uvariifolia* - *Mallotus paniculatus* type; +: II. *Beilschmiedia erythrophloia* - *Litsea acuminata* type; ☆: III. *Cleyera japonica* - *Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* type; ▽: IV. *Eurya glaberrima* - *Tsuga chinensis* var. *formosana* type

Alt.: Altitude, WLS: Whole light sky space, DLS: Direct light sky space, pH: Soil pH, Sto.: Stoniness, Top.: Topographic position

表4瓦魯斯溪至南大武山植物社會環境因子顯著性測試結果

Table 4 Results of environment factors of community along Virus river to Nantawushan by significant test

環境變數	lambdaA	P	F
Alt.	0.82	0.002**	8.71
pH	0.29	0.002**	3.18
Top.	0.17	0.004**	1.87
WLS	0.15	0.010*	1.63
DLS	0.13	0.02*	1.44
Sto.	0.12	0.022*	1.40
Slo.	0.11	0.118	1.25
Asp.	0.11	0.072	1.26

* : P<0.05 ; ** : P<0.01

型最低(10.409 ± 5.237)；總株數則以紅淡比-長尾柯型最高(318.556 ± 93.877)；物種豐富度方面，以瓊楠-長葉木薑子型最高(0.166 ± 0.037)，而厚葉柃木-臺灣鐵杉型最低(0.055 ± 0.012)。另一方面，無論於Shannon、Simpson多樣性或均勻度指數皆以瓊楠-長葉木薑子型最高。

經由單因子變異數分析之Duncan事後檢定之下；種數、豐富度、Shannon、Simpson、Berger多樣性皆以瓊楠-長葉木薑子型最高，且與其他各型有顯著差異，而以厚葉柃木-臺灣鐵杉型最低(表7)。

四、討論

(一) 植物社會組成

本研究共劃分出四種不同林型，亦利

用氣象資料推估各樣區溫量指數(Chiu *et al.*, 2009)，因溫度的提升與降水型態的差異，將導致植群組成及分布產生歧異(邱清安、林博雄，2004)。將四種不同林型之溫量指數值及海拔高度與臺灣中部山地植群垂直分帶(蘇鴻傑，1992)及氣候-植群分類模型(邱清安，2006)之各植群帶結果作一比較(表8)。結果呈現研究區中榕楠林帶海拔達900 m，相較於北大武山之研究(葉慶龍、廖家宏，2008)，顯示臨近1,100 m，始進入楠櫛林帶之範圍。呈現低海拔之榕楠林帶於臺灣南部之海拔有擴張趨勢，且模擬之溫量指數值亦不如前二研究來的高。復往上之楠櫛林帶，樹種組成相似北大武山，但此林帶受限榕楠林帶之海拔延

表5 中段以上(海拔1,600 m以上)及中段以下(海拔1,600 m以下)植物社會環境因子顯著性測試結果
Table 5 The environment factors of community by significant test above the middle (Altitude of 1,600 m above) and below the middle(Altitude of 1,600 m below)

環境變數		lambdaA	P	F
中段以上	Alt.	0.7	0.002**	8.18
	pH	0.27	0.002**	3.25
	Top.	0.16	0.002**	2.07
	Slo.	0.12	0.054	1.52
	Sto.	0.10	0.086	1.33
	DLS	0.10	0.108	1.25
	WLS	0.08	0.374	1.07
	Asp.	0.07	0.656	0.88
中段以下	Alt.	0.63	0.002**	5.59
	pH	0.25	0.002**	2.37
	Asp.	0.18	0.002**	1.66
	DLS	0.16	0.010*	1.54
	WLS.	0.14	0.030*	1.32
	Top.	0.14	0.052	1.30
	Slo.	0.12	0.198	1.17
	Sto.	0.11	0.258	1.12

* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$

表6 中段以上(海拔1,600 m以上)及中段以下(海拔1,600 m以下)植物社會典型對應分析結果

Table 6 The results of CCA above the middle (Altitude of 1,600 m above) and below the middle(Altitude of 1,600 m below)

中段以上	軸1	軸2	軸3	軸4	總解釋變異量
特徵值	0.711	0.276	0.196	0.138	3.975
物種-環境相關性係數	0.98	0.896	0.9	0.813	
累積百分比					
物種資料	17.9	24.8	29.8	33.3	
物種-環境相關性	44.5	61.8	74.1	82.8	
所有特徵值總合					3.975
所有典型特徵值總合					1.598
中段以下	軸1	軸2	軸3	軸4	總解釋變異量
特徵值	0.634	0.296	0.178	0.171	5.444
物種-環境相關性係數	0.979	0.885	0.894	0.908	
累積百分比					
物種資料	11.6	17.1	20.4	23.5	
物種-環境相關性	36.6	53.7	64	73.9	
所有特徵值總合					5.444
所有典型特徵值總合					1.733

表7 瓦魯斯溪至南大武山各植物社會總種數、總株數及不同多樣性值

Table 7 The species richness, number of species, and different diversity of community alone Varus river to Nantawushan

分析項目	植群型			
	I	II	III	IV
總種數	20.133±3.471 ^b	28.667±4.497 ^c	28.444±5.698 ^c	10.409±5.237 ^a
總株數	220.567±86.331 ^a	180±44.514 ^a	318.556±93.877 ^b	195.545±102.515 ^a
d	0.104±0.036 ^{bc}	0.166±0.037 ^d	0.096±0.03 ^b	0.055±0.012 ^a
Hsw	2.288±0.233 ^b	2.846±0.226 ^d	2.591±0.273 ^c	1.668±0.449 ^a
Esw	0.766±0.061 ^a	0.851±0.045 ^b	0.779±0.065 ^a	0.754±0.128 ^a
DBP	0.294±0.085 ^{bc}	0.175±0.051 ^a	0.265±0.104 ^b	0.383±0.157 ^c
DSM	0.842±0.045 ^b	0.915±0.026 ^c	0.87±0.055 ^{bc}	0.734±0.129 ^a

表8 本研究各植群帶海拔範圍與溫濕指數與蘇鴻傑(1992)及邱清安(2006)研究之比較

Table 8 The altitude range and warmth index of different vegetation zone among this study, Su (1992) and Chiu(2006) research

Altitude zone		Vegetation zone		蘇鴻傑(1992)		邱清安(2006)		本研究	
海拔帶	植群帶	海拔高度 Alt. (m)	溫濕指數 WI(°C)	海拔高度 Alt. (m)	溫濕指數 WI(°C)	海拔高度 Alt. (m)	溫濕指數 WI(°C)	海拔高度 Alt. (m)	溫濕指數 WI(°C)
Alpine 高山帶	Alpine vegetation 高山植群帶	>3,600	<12	>3,600	0-15				
Subalpine 亞高山帶	Abies zone 冷杉林帶	3,100-3,600	12-36	3,100-3,600	15-40				
Upper montane 山地上層帶	Tsuga-Picea zone 鐵杉雲杉林帶	2,500-3,100	36-72	2,500-3,100	40-70	2,280-2,841	67-103		
Montane 山地帶	Quercus (upper) zone 櫟林帶(上層)	2,000-2,500	72-108	1,800-2,500	70-115	1,569-2,280	103-142		
	Quercus (lower) zone 櫟林帶(下層)	1,500-2,500	108-144	1,200-1,800	115-150				
Submontane 山地下層帶	Machilus-Castanopsis zone 楠櫟林帶	500-1,500	144-216	500-1,200	150-195	900-1,569	142-180		
Foothill 山麓帶	Ficus-Machilus zone 榕楠林帶	<500	>216	<500	195-240	332-900	180-218		

展下，略呈現縮小跡象，且溫量指數結果亦顯示臨近前二研究之櫟林帶範圍。

此外，研究結果之紅淡比-長尾柯林型，已屬櫟林帶之範圍，且前二研究明確劃分櫟林帶上下層之海拔與溫量指數範圍，但於研究區中櫟林帶海拔並無明顯之上下層區別，且溫量指數甚已臨近楠櫟林帶範圍；研究區中最高海拔之厚葉桉木-臺灣鐵杉林型屬鐵杉、雲杉林帶，研究區已不復見臺灣雲杉(*Picea morrissonicola*)，臺灣雲杉其南界應當屬大鬼湖一帶(曹立松，2007)，且北大武山(葉慶龍、廖家宏，2008)與大武山自然保留區生物資源研究亦無調查到臺灣雲杉之分布(王震哲等，2003)。故由臺灣鐵杉為優勢，且於海拔2,600 m處呈現大面積純林之分布，由研究區向南，受限海拔驟降而使臺灣鐵杉呈零散分布而至茶仁山東稜止(王震哲等，2003)。此海拔分布與中北部鐵杉雲杉林帶海拔略有差異，呈現下降之趨勢，且溫量指數亦臨近櫟林帶之值。經由緯度及海拔模擬出臺灣鐵杉林帶分布範圍確實受制於大山塊加熱效應影響而呈現壓縮現象，尤其以臺灣南部更屬明顯(顏士閔等，2007)，與本研究鐵杉之分布有相似之情形。

因此，由研究區各林型海拔與溫量指數值之差異，相較於前二研究而言，於低海拔榕楠林帶具擴展、高海拔鐵杉林帶具下降之趨勢，進而造成之間楠櫟林帶與櫟林帶具有壓縮之現象。緯度之差異與中央山脈南段山體小，溫度積聚快且散失亦快之因素，使研究區內各林型分布與前二研究有別。此外，年降水量之不均勻及東北季風影響而使西南與東南區之溫度遞減率差異所致(Chiu *et al.*, 2014)，亦造成物種沉降現象雖不及東南區來的明顯(林建融，2009)，卻仍具有相似之現象。

(二) 植物社會與環境因子間之關係

本研究進行全區之環境因子顯著性測試以及為減小因海拔跨度大而造成結果難以探究環境因子造成之影響，故區隔兩部分植物社會。藉以找出影響植物社會之重要環境因子。將8項環境因子與植物社會進行分析，結果顯示全區具有海拔、土壤pH值與地形位置達極顯著；全天光空域、直射光空域及土壤含石率達顯著。

海拔將直接反應溫度改變，而溫度之差異亦將直接影響植群組成與分布之差異(邱清安、林博雄，2004)，且模擬物種分布與溫量指數值時皆多以海拔為一變數(Chiu *et al.*, 2009；顏士閔等，2007)，顯見海拔對於植群組成與分布的重要影響。土壤pH值高低受降水量多寡影響(Chytrý *et al.*, 2007)，且物種的豐富度受制於降水量及土壤pH值的相互影響。而土壤pH值隨著海拔增加而逐漸下降之現象(Bharali *et al.*, 2014)。

南大武山的總輻射量 18.77 mj/m^2 ，遠低於北大武山(25.13 mj/m^2)及大里力山(33.59 mj/m^2)(陳朝圳，1997)。顯見南大武山受太陽輻射量不及此兩座山峰，推測南大武山在中低海拔常受到山脈地形遮蔽影響，但當海拔提升，周遭的遮蔽效應將逐漸降低。另一方面，劃分兩部分之結果而言，中段以下以海拔、土壤pH值、方位、全天光空域與直射光空域具顯著；中段以上則以海拔、土壤pH值及地形位置具顯著。

(三) 植物社會多樣性探討

水錦樹-白匏仔林型於物種數上低於中海拔林型，但高於最高海拔厚葉桉木-臺灣鐵杉型，呈現隨海拔增加而逐漸增加趨勢；種豐富度、Shannon多樣性、Simpson多樣性及均勻度指數皆以瓊楠-長葉木薑子型最高，Berger多樣性亦以本型最為豐富，顯示出本林型所處之楠櫟林帶物種組成較其他林帶來的複雜。相較於北

大武山研究而言，多樣性亦以楠櫛林帶之假長葉楠-長葉木薑子林型最高、種數最多；反之，厚葉柃木-臺灣鐵杉林型種數及多樣性最低。沙里仙溪集水區海拔1,370-3,500 m之研究顯示，物種多樣性隨著海拔增加而逐漸降低(Su, 1994)。因此，由低海拔至高海拔之多樣性曲線在均質環境條件下應呈現常態分布。

(四) 物種分布之特殊性

南大武山海拔2,841 m，雖不及3,000 m，但承接北大武山以來的植物分布，且復往南海拔則陡降至2,139m餘之茶仁山。使南大武山於物種及地理位置上具其特殊性。經由記錄之植物名錄，比較鄰近大武山自然保留區生物資源研究(王震哲等，2003)、北大武山植群生態研究(葉慶龍、廖家宏，2008)與大里力山植群生態研究(陳君傑，2008)，結果顯示玉山針蘭(*Trichophorum subcapitatum*)、巒大花楸(*Sorbus randaiensis*)、刺柏(*Juniperus formosana*)等物種於北大武山有記錄，往南之大里力山海拔低於2,000 m則無記錄。而刺柏更僅見於北大武山與南大武山，由南大武山往南則不復見，且研究區中僅見於三角點旁，顯見海拔不足及溫度之差異限制此些物種之分布，造成此些高海拔物種分布南界推測應當位於南大武山。此外，南洋杪欏及蘭嶼落葉榕等熱帶性植物亦出現於研究區中，顯見南大武山承接了北大武山以來的植物，亦趨向熱帶植物元素組成，使得南大武山於物種分布及地理位置上具其特殊性。

五、結論

本研究沿瓦魯斯溪至南大武山共記錄145科418屬706種植物，分別為蕨類植物103種、裸子植物10種與被子植物593種，其中不乏記錄到分布侷限之南洋杪欏、大武新木薑子與林氏木薑子等46種稀有植物。經由雙向指標種分析之下，研究區中共可劃分出四林型，為水錦

樹-白匏仔林型、瓊楠-長葉木薑子林型、紅淡比-長尾柯林型與厚葉柃木-臺灣鐵杉林型。環境因子經Monte Carlo顯著性測試下則以海拔、土壤pH值、土壤含石率、地形位置、全天光空域及直射光空域達顯著，而為求縮小因軸長過大而呈現軸壓縮之現象，且探究影響植物社會之重要環境因子，故另以海拔約1,600 m處區隔上下兩部分植物社會，中段以上以海拔、土壤pH值及地形位置具顯著；中段以下以海拔、土壤pH值、方位、全天光空域與直射光空域具顯著。另一方面，比較四林型之多樣性而言，皆以瓊楠-長葉木薑子林型之各項多樣性數值為高，且總種數及豐富度亦高，經由單因子變異數分析及Duncan事後檢定，呈現與其他林型有顯著差異之現象；反之，則以厚葉柃木-臺灣鐵杉林型最低。本研究提供臺灣南部重要山峰之基礎植相與植群資料，另可作為大武山自然保留區未來範圍劃分及經營管理保育之參考。

六、參考文獻

- 王震哲、黃生、呂光洋、徐培峰、陳世煌 (2003) 大武山自然保留區生物資源調查研究-金崙溪。行政院農委會林務局保育研究系列91-19號。行政院農委會林務局臺東林區管理處。
- 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及臺灣植物分類學會出版。
- 林建融 (2009) 臺灣植群多樣性組成及分布之探討。國立台灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系碩士論文。
- 邱祈榮、梁玉琦、賴彥任、黃名媛 (2004) 臺灣地區氣候分區與應用之研究。*臺灣地理資訊學刊* 1: 41-62。
- 邱清安、林博雄 (2004) 由測站資料推估臺灣之氣溫與降水之空間分布。*大氣科學* 32(4): 329-350。
- 邱清安 (2006) 應用生態氣候指標預測臺灣潛在自然植群之研究。國立中興大學森林學系博士班博士學位論文。

- 邱清安、王志強、呂金誠、林博雄、曾喜育 (2008) 臺灣半乾旱區域與潛在疏林植群之探討。 *臺灣林業科學* 23 : 23-36。
- 陳朝圳 (1997) 數值高程模型應用於日輻射潛能之推估-以大武山自然保留區為例。 *中華林學季刊* 30(1) : 93-104。
- 陳君傑 (2008) 臺灣東南部大里力山植群生態之研究。國立屏東科技大學森林系碩士學位論文。
- 曹立松 (2007) 應用廣義加法模式建構六種臺灣針葉樹物種分布範圍與氣候因子之關係。國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系碩士論文。
- 曾彥學 (2003) 臺灣特有植物之分布與保育。國立臺灣大學森林學研究所博士論文。
- 葉清旺、謝思怡、陳子英、葉慶龍、李祈德 (2012) 里龍山區植群多樣性之研究。 *中華林學季刊* 45(4) : 451-470。
- 葉慶龍、廖家宏 (2008) 屏東縣北大武山區植群生態研究。 *中華林學季刊* 41(2) : 165-179。
- 顏士閔、邱祈榮、張康聰、林建融 (2007) 臺灣鐵杉全島分布模式建立與評估。 *中華林學季刊* 40(3) : 377-390。
- 蘇鴻傑 (1987) 森林生育地因子及其定量評估。 *中華林學季刊* 20(1) : 1-14。
- 蘇鴻傑 (1992) 臺灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。臺灣生物資源調查及資訊管理研習會論文集第39-53頁，彭鏡毅編，中央研究院植物研究所專刊第十一號。
- 蘇鴻傑 (2004) 植群之多樣性及多樣化之分類法。 *臺大實驗林研究報告* 18(3) : 207-220。
- Argnani, A. (2012). Plate motion and the evolution of Alpine Corsica and Northern Apennines. *Tectonophysics* 579, 207-219.
- Bharali, S., Paul, A., & Khan, M. L. (2014). Soil nutrient status and its impact on the growth of three *Rhododendron* species in a temperate forest of the Eastern Himalayas, India. *Taiwan Journal of Forest Science* 29(1), 33-51.
- Chiou, C. R., Song, G. Z. M., Chien, J. H., Hsieh, C. F., Wang, J. C., Chen, M. Y., Liu, H. Y., Yeh, C. L., Hsia, Y. J., & Chen, T. Y. (2010). Altitudinal distribution patterns of plant species in Taiwan are mainly determined by the northeast monsoon rather than the heat retention mechanism of massenerhebung. *Botanical Studies* 51, 89-97.
- Chiu, C. A., Lin, P. H., & Lu, K. C. (2009). GIS-based tests for quality control of meteorological data and spatial interpolation of climate data. *Mountain Research and Development* 29(4), 339-349.
- Chiu, C. A., Lin, P. H., & Tsai, C. Y. (2014). Spatio-Temporal variation and monsoon effect on the Temperature Lapse Rate of a subtropical island. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences* 20(2), 203-217.
- Chytrý, M., Danihelka, J., Ermakov, N., Hájek, M., Hájková, P., Kocí, M., Kubešová, S., Lustyk, P., Otýpková, Z., Popov, D., Rolecek, J., Rezníčková, M., Šmarda, P., & Valachovic, M. (2007). Plant species richness in continental southern Siberia: effects of pH and climate in the context of the species pool hypothesis. *Global Ecology and Biogeography* 16, 668-678.
- El-Sheikh, M. A., Abbadi, G. A., & Bianco, P. M. (2010). Vegetation ecology of phytogenic hillocks (nabkhas) in coastal habitats of Jal Az-Zor National Park, Kuwait: role of patches and edaphic factors. *Flora* 205, 832-840.
- Gauch, H. G. (1982). *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 298pp.

- Hsieh, C. F. (2002). Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. *Taiwania* 47(4), 298-310.
- Lepš, J., & Šmilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 269 pp.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford.
- Pielou, E. C. (1985). *Mathematical Ecology*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Shannon, C. E. & Weaver., W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana and Chicago.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature* 163, 688.
- Su, H. J. (1994). Species diversity of forest plants in Taiwan. p. 87-98. In: Peng, C. I., & Chou, C. H. (eds) *Biodiversity and Terrestrial Ecosystem*. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No. 14, Taipei.