

台灣鉛色水鶇海拔分布之季節性變化

Seasonal Variation in Altitudinal Distribution of Plumbeous Water Redstart (*Rhyacornis fuliginosus affinis*) in Taiwan

蘇美如 張世倉 林瑞興*

Mei-Ru Su, Shi-Tsang Chang and Ruey-Shing Lin*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

* 通訊作者

*Corresponding author

摘要

本研究利用泛布全台的86條穿越線調查資料說明台灣鉛色水鶇(*Rhyacornis fuliginosus affinis*)部分族群的季節性垂直遷移行為。資料分析發現冬季(11-2月)有鉛色水鶇紀錄的穿越線海拔(527±467m, n=77)低於非冬季(4-9月)有紀錄者(732±637m, n=43),但差異未達顯著水準(U-test, $p = 0.067$)；另由非冬季至冬季各穿越線鉛色水鶇數量有隨海拔下降而上升的趨勢。上述結果顯示雖然冬季與非冬季鉛色水鶇的海拔分布有相當程度的重疊,但至少有一部分鉛色水鶇會於冬季進行垂直遷徙,移向海拔較低的棲息地。

Abstract

Altitudinal distributions of the plumbeous water redstart (*Rhyacornis fuliginosus affinis*) in Taiwan were analyzed, using the data collected from 86 transects by the bird inventory survey conducted by the Endemic Species Research Institute, 1994 to 2004. They were compared between the winter season (November to February) and the non-winter seasons (April to September). The plumbeous water redstarts were observed from 77 transects at the elevations of 527 ± 467m (mean ± SD) in the winter season, and from 43 transects at 732 ± 637m in the non-winter seasons. There was no significant difference in the

elevations between the two seasons (U-test, $p = 0.067$). However, the number of the birds at each of the transects increased with the decrease in elevation from non-winter season to the winter season, suggesting that some of the plumbeous water redstarts did migrate to lower elevations in the winter season and to higher elevations in the non-winter seasons.

關鍵詞：鉛色水鵝、季節變化、海拔分布

Key words: plumbeous water redstart, seasonal migration, altitudinal distribution

收件日期：95年3月7日

接受日期：95年7月17日

Received: March 7, 2006

Accepted: July 17, 2006

某些山區鳥類為適應季節性氣候變化會在高低海拔間進行垂直遷徙 (altitudinal migration) (Berthold 1996)。台灣島海拔落差近4,000m，部分台灣山區留鳥的季節性海拔分布變化也早已被發現(翟 1977；沙 1986；王及孫 1989；王及陳 1992；許 2003)，惟研究者對於台灣山區留鳥是否會遷徙，看法並不相同。翟(1977)認為台灣山區留鳥並無方向性和季節性的大批遷移，但之後的研究者多認為台灣山區留鳥的季節性遷徙具海拔方向性(沙 1986；王及孫 1989；王及陳 1992)。另王及陳(1992)在觀察太魯閣國家公園海拔2,000-3,000m鳥類相的季節變化後，將中高海拔遷徙留鳥區分為「部分遷移部分遺留」、「整體遷移」及「反降遷」3類；許(2003)則在研究玉山西側海拔550-3,250m間4個海拔鳥類群聚的季節變化後，進一步將非生殖季山區留鳥遷徙形式區分為「不具海拔方向性之微幅遊蕩」、「不具海拔方向性之巨幅遊蕩」、「向上遷移」及「降遷」4類。

綜合目前台灣山區留鳥季節性遷徙研究，多以森林性鳥種為主，且結果常來自於單一地區的觀察。本研究利用林等(2003)與李及張(2005)於2003-2005年所執行之集水區生

態資源調查與特有生物研究保育中心於1994-2004年執行的台灣島鳥類資源調查(未含花蓮縣及台東縣)中的鉛色水鵝分布資料，以整個台灣島為空間尺度來呈現一溪流留鳥的季節性海拔分布變化。

鉛色水鵝廣泛分布於巴基斯坦、印度、中南半島、中國東南及台灣，其於各分布區域多屬留鳥，僅於緬甸南部及香港為冬候鳥(Viney *et al.* 1994；Robson 2000)。目前已知喜馬拉雅山區的鉛色水鵝會進行垂直遷徙，其夏季海拔分布上限達4,400m，冬季上限則下降至2,600m (Inskipp and Inskipp 1991)。鉛色水鵝在台灣主要分布於海拔2,600m以下的山區(翟 1977)。

林等(2003)與李及張(2005)所執行的集水區生態資源調查與特有生物研究保育中心執行的台灣島鳥類資源調查，所採用的調查方法為沿溪行進之穿越線法或與穿越線法相近的道路沿線調查法(許 2001；許等 2004)。各穿越線長度1-3 km不等，調查多於日出之後至10:30前或於下午15:30至日落之前，2個鳥類活動較頻繁的時段內進行。調查時由1-2人以雙筒望遠鏡或加上單筒望遠鏡沿途記錄調查樣線兩側見到及聽到的鳥種、數量、距離

及出現環境等。調查盡量避免於大雨及大風的情況下進行(Bibby *et al.* 1992)。調查頻度為每年2-12次不等，12次為每月進行，4次則分散於四季，若僅2次則分別於3-9月及10-2月進行。由於上述各調查並非針對鉛色水鵝，故本研究篩選曾記錄鉛色水鵝的穿越線來加以分析。有鉛色水鵝紀錄的穿越線共102條。

本研究將季節劃分為冬季與非冬季。季節區分係依據中央氣象局1971-2000年氣候統計資料(<http://www.cwb.gov.tw/V5/index.htm>)。冬季定義為台灣島台中地區全年月均溫最低的11-2月(16.2-21.4°C)，4-9月(23.0-28.5°C)則定義為非冬季。3月及10月為兩季節的過渡期，為避免此一時期有部分個體正在遷徙或尚未移動，本研究將3月及10月的資料去除，最後用於分析的穿越線有86條，分布於台灣全島24條主要溪流及其54條支流中，海拔範圍為50-2,500m。

為比較冬季與非冬季鉛色水鵝的季節性海拔分布變化，本研究依據鉛色水鵝季節性出現狀況，將穿越線分為冬季有紀錄者(n = 77)及非冬季有紀錄者(n = 43)，其中34條穿越線兩季均有紀錄(圖1)。穿越線海拔高度則取自穿越線中點或有鉛色水鵝出現樣點的海拔。穿越線的海拔分布以箱型圖呈現：箱型中間橫線代表資料中位數，箱型下上邊界分別代表第25%(Quartile I)與第75%(Quartile III)的資料數值，Quartile I至Quartile III的範圍稱為inter-quartile range (IQR)，由箱型邊界延伸的直線末端則代表資料在箱型上下邊界各加1.5倍IQR範圍內的最大及最小值，星號代表超出箱型邊界加1.5倍IQR範圍的離群值(outside value)。由於穿越線資料海拔分布不符合常態分布，故兩組間海拔差異比較以Mann-Whitney U-test檢測。此外，本研究亦以各穿越線兩季間鉛色水鵝數量增加或減少為依變數，海拔為自變數，利用logistic regression分析數量變化趨勢與海拔的關係。

各統計值之計算均以SYSTAT 11執行(SYSTAT Software Inc. 2004)。

結果顯示冬季有鉛色水鵝紀錄的穿越線平均海拔±SD為527±467m (median 400m, range 50-2,500m)，低於非冬季有鉛色水鵝紀錄的穿越線海拔(平均海拔±SD為732±637m, median 500m, range 100-2,500m)，但差異並未達顯著水準(Mann-Whitney U-test; U = 1990.5, df = 1, p = 0.067) (圖2)。不過若就各穿越線鉛色水鵝季節數量變化趨勢來看，顯示由非冬季至冬季海拔愈高數量有愈往下下降的趨勢，反之低海拔的穿越線冬季數量會上升(Logistic regression; B = -0.002, SE = 0.001, t ratio = -3.01, p = 0.003, odd ratio = 0.998, 95% boundary of odd ratio: 0.997-0.999)。雖然冬季與非冬季鉛色水鵝的海拔分布有相當程度的重疊，但上述分析結果仍清楚說明至少有部分鉛色水鵝確實會於冬季進行垂直遷徙，移向海拔較低的棲息地。

本研究除了發現部分鉛色水鵝會移往低海拔渡冬之外，也發現35%的穿越線在冬季與非冬季均記錄有鉛色水鵝，且其海拔範圍廣達100-2,500m，近似其於台灣的海拔分布幅度(翟 1977)，顯示冬季遷徙並非全面性向下移動，而是存在著棲地或地區性的變異。台灣留鳥部分垂直遷徙的現象，王及陳(1992)在合歡山區及許(2003)在玉山地區均有觀察報告；在國外亦曾在同為溪流鳥類的美洲河鳥(*Cinclus mexicanus*)發現(Morrissey *et al.* 2004)。Morrissey(2004)藉由大量繫放，發現不遷移的河鳥占有較好的棲地且較早開始繁殖，故在海拔分布範圍內，若棲地品質良好，居住在其中的鉛色水鵝也可能不進行遷移，這或許是王(1986)於低海拔的台北縣烏來鄉信賢研究鉛色水鵝時，未見其分布有明顯季節性變化的原因。

冬季鉛色水鵝的降遷雖然也可能為繁殖季後幼鳥擴散(natal dispersal)的結果，但蘇美

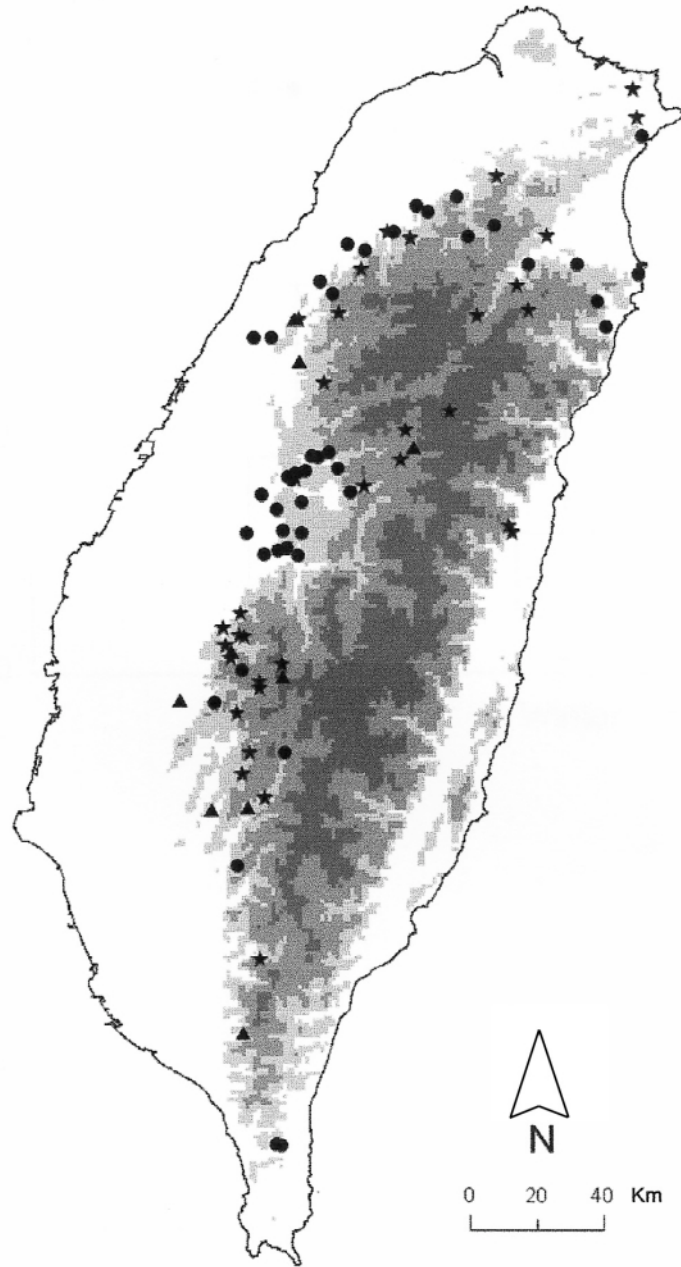


圖1. 僅冬季(圓形)、僅非冬季(三角形)及兩季(星形)有鉛色水鵝紀錄之穿越線的分布；灰階區域由淺灰至黑色分別代表海拔501-1,000m, 1,001-2,000m 和高於2,001m。

Fig. 1. Map of Taiwan showing the locations (transects) of plumbeous water redstarts sighted in the winter season (solid circles, November to February), non-winter seasons (solid triangles, April to September), and both winter and non-winter seasons (solid stars) (pale gray area, elevations at 501-1,000m; dark grey area, 1,001-2,000m; and black area, above 2,001m).

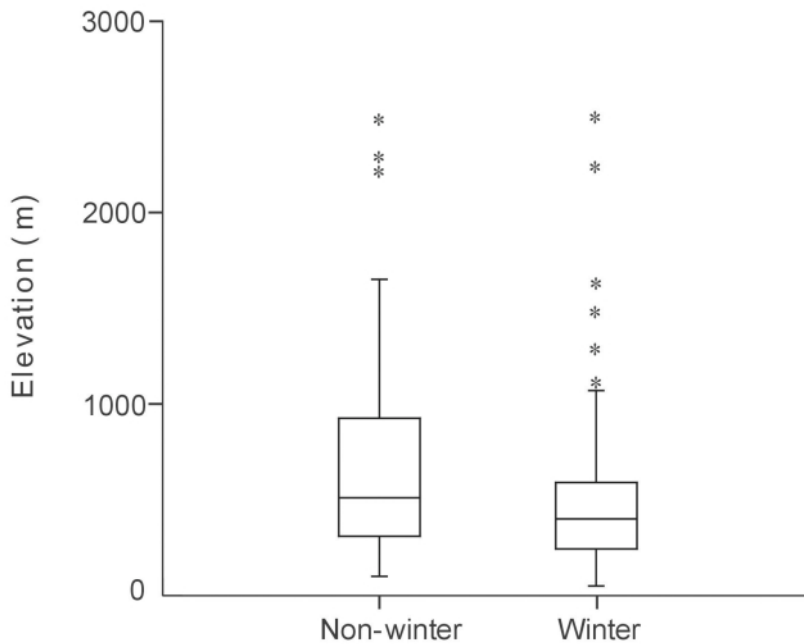


圖2. 冬季(n=77)與非冬季(n=43)有鉛色水鵝紀錄之穿越線(皆含兩季均有紀錄者)的海拔分布箱型圖。(箱型中間橫線代表海拔分布資料之中位數，箱型上下邊界分別代表資料中第25%(Quartile I)與第75%(Quartile III)的海拔值，Quartile I至Quartile III的範圍稱為inter-quartile range (IQR)，由箱型邊界向上下延伸的直線末端橫槓代表由箱型上下邊界數值各加1.5倍IQR範圍內的最大及最小海拔值，星號為離群值。)

Fig. 2. Boxplots of elevations of plumbeous water redstarts sighted in the winter season (n=77) and in the non-winter seasons (n=43) (horizontal center line in box, median elevation of the sample; vertical line between the upper border (75th percentile) and the lower border (25th percentile) of the box, the inter-quartile range (IQR) of elevations; short horizontal bars at the ends of the vertical line outside the box, maximum and minimum elevations within 1.5 times of the inter-quartile range, respectively; asterisks, outside values.) .

如(個人觀察)在嘉義縣番路鄉腦寮溪及南投縣國姓鄉北港溪部分支流，連續2年均僅在冬季記錄到鉛色水鵝，且常為一對成鳥占領一河段，並在繁殖季開始前即離開，故鉛色水鵝冬季海拔分布的下降確實與垂直遷徙行為有關。

翟(1977)認為台灣大部分的留鳥穩定分布於固定的高度範圍，並無方向性和季節性的

大批遷移，但本研究的結果證明台灣確實有留鳥會經常地進行季節性海拔遷移，只是遷移個體的比例可能不及高度落差更大的地區(Inskipp and Inskipp 1991)或氣候季節性變動劇烈的溫帶山區(Rabenold and Rabenold 1985; Laymon 1989)。山勢崎嶇、海拔變化大為台灣的地形特色，本研究初步說明台灣鉛色水鵝確實會進行季節性海拔遷移，期待未來能

有相關研究進一步探討該現象在種間、種內的變異及其對個體適應的影響等議題。

本研究感謝許富雄、姚正得及陳立禎執行台灣鳥類資源調查及黃秋鈺、郁沅翰與各地野鳥學會協助野外調查；另承蒙李訓煌、林旭宏提供集水區生態資源調查資料，在此一併致謝。

引用文獻

- 王穎。1986。台灣特有亞種鉛色水鷓的生態研究。師大生物學報21: 5-39。
- 王穎、孫元勳。1989。太魯閣國家公園「陶塞溪、蓮花池和神祕谷」鳥類生態研究。太魯閣國家公園管理處。
- 王穎、陳炤杰。1992。太魯閣國家公園中、高海拔鳥類資源之調查研究。太魯閣國家公園管理處。
- 李訓煌、張世倉。2005。烏溪河系河川情勢調查期末報告。經濟部水利署水利規劃試驗所。
- 沙謙中。1986。忽影悠鳴隱山林—玉山國家公園鳥類資源。玉山國家公園管理處。
- 林旭宏、張世倉、陳元龍。2003。自然生態工法示範集水區生態資源調查及復育規劃成果報告。農委會水土保持局。
- 許富雄。2001。鳥類資源的調查方法。特有生物研究 3: 81-90。
- 許皓捷。2003。台灣山區鳥類群聚的空間與季節變異。國立台灣大學動物學研究所博士論文。
- 許富雄、姚正得、林瑞興、楊吉宗、賴肅如。2004。台灣南部地區的鳥種組成與海拔分布。特有生物研究 6: 41-66。
- 翟鵬。1977。台灣鳥類生態隔離的研究。東海大學生物學研究所碩士論文。
- Berthold, P. 1996. Control of bird migration. Chapman & Hall, London, UK.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press, London, UK.
- Inskipp, C. and T. Inskipp. 1991. A guide to the birds of Nepal. Christopher Helm Ltd, London, UK.
- Laymon, S. A. 1989. Altitudinal migration movements of Spotted Owls in the Sierra Nevada, California. Condor 91: 837-841.
- Morrissey C. A., L. I. Bendell-Young and J. Elliott. 2004. Seasonal trends in population density, distribution, and movement of American Dippers within a watershed of southwestern British Columbia, Canada. Condor 106: 815-825.
- Morrissey, C. A. 2004. Effect of altitudinal migration within a watershed on the reproductive success of American Dippers. Canadian Journal of Zoology 82: 800-807.
- Rabenold, K. N. and P. P. Rabenold. 1985. Variation in altitudinal migration, winter segregation, and site tenacity in two subspecies of Dark-eyed Juncos in the southern Appalachians. Auk 102: 805-819.
- Robson, C. 2000. A field guide to the birds of South-east Asia. New Holland Publishers Ltd, London, UK.
- SYSTAT Software Inc. 2004. SYSTAT 11. Richmond, California, USA.
- Viney, C., K. Phillips and C. Y. Lam. 1994. The birds of Hong Kong and South China. Hong Kong Government Printer, Hong Kong.

台灣外來種陸域脊椎動物風險評估系統

A Risk Assessment System of Exotic Terrestrial Vertebrates for Taiwan

范孟雯¹ 林瑞興¹ 黃雅倫² 林德恩^{1,*}

Meng-Wen Fan¹, Ruey-Shing Lin¹, Ya-Lun Huang² and Te-En Lin^{1,*}

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立台灣大學生態學與演化生物學研究所 台北市羅斯福路四段1號

¹Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

²Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘要

相對於控制或滅除入侵種需投注的鉅額資源，預防外來種成功入侵的花費可謂相當低廉。風險評估系統具預警功能，可快速反應外來種的威脅性並協助決定後續研究與防治措施在資源支配上的優先性。本研究試圖建立一量化且適用於台灣的外來陸域脊椎動物風險評估系統。我們參考相關文獻，篩選出可能影響外來種在引入地點是否能成功建立族群的因子，及對入侵地的經濟、自然資源、社會健康造成危害的重要特性後，歸類出外來種的引入潛力、建立族群潛力和危害能力3項評估指標。經測試22種已引入台灣但尚未在野外建立族群和20種已入侵台灣的物種，發現二者的總分、建立族群潛力和危害能力皆有顯著差異，顯示此系統能界定外來種在台灣入侵能力和威脅程度的差異。對進口動物的申請審核方面，根據13種尚未引入台灣，但在其他入侵地點已造成危害的物種，其建立族群潛力和危害能力兩項指標分數都不低，此結果顯示本系統仍能定量顯示該物種的威脅性供管理單位參考。

Abstract

Preventing invasion of exotic animals is far less costly than control of their post-establishment. A risk assessment system plays an important role in prioritizing research and control efforts on exotic animals, and reduces their potentials of establishing viable populations in wild and to cause damaging effects. This study was intended to develop a quantitative system of risk assessment of exotic terrestrial vertebrates for Taiwan. We reviewed pertinent literature and identified traits of common exotic species that had successfully established viable populations outside their natural ranges. We also identified attributes of those exotic species that had become pests to economic, natural resources, or public health. The three assessment criteria were used: the likelihood of being introduced, likelihood of establishing viable population, and likelihood of species to cause damages. We tested this system with 22 exotic species that had not established natural populations in the wild in Taiwan and 20 species that had become invasive. Scores of the risk likelihood for the latter were significantly higher than those of the former, indicating that this system would provide a good predictor for assessing the threats of exotic species invasion and their pest status. Furthermore, 13 species that had not been introduced to Taiwan but had invaded other countries were also assessed. Their risk scores were also high for potentials to establish viable populations and to cause damage effects. The results of this study indicated that this risk assessment system is a useful qualifier for placing exotic species of terrestrial vertebrates under different threat categories, that enables us to set import restrictions and to prioritize research and control efforts of exotic species for Taiwan.

關鍵詞：風險評估系統、陸域脊椎動物、外來種、入侵種

Key words: risk assessment system, terrestrial vertebrates, exotic species, invasive species

收件日期：95年4月10日

接受日期：95年7月3日

Received：April 10, 2006

Accepted：July 3, 2006

緒 言

外來種(exotic species)係指由人爲主動或間接引入，出現在其自然分布與可能擴散範圍之外的物種；某些外來種，尙可在自然或半自然生態系建立能持續繁衍的族群，甚至改變或威脅入侵地的生物多樣性，此類物種稱之爲入侵種(invasive species)(IUCN 2000)。入侵種可能掠食、寄生在入侵地的原生物

種，或與之雜交、競爭，造成該地群聚結構和生態系運作過程的改變(Williamson 1996；Morse *et al.* 2004)。入侵種也是造成生物多樣性降低的主要原因之一，僅次於棲地喪失和零碎化(Hunter 1996；Stiling 2002)。在公共衛生與經濟方面，外來種可能因其所攜入的病原體而引發傳染病，或造成入侵地的經濟損失(Gebhardt 1996；Parkes 1996)。所以，不論在生態保育、公共衛生和經濟發展上，有效

管理外來種以降低其危害程度，是目前國際間的熱門議題。

入侵種已對許多國家帶來極大的負面影響。在北美分布極廣的外來歐椋鳥(*Sturnus vulgaris*)會與原生的東知更鳥(*Sialia sialis*)競爭巢洞，造成東知更鳥族群數量大減，同時因歐椋鳥導致的農作物損失至少達10億美金(Pimentel *et al.* 2000)。褐樹蛇(*Boiga irregularis*)入侵關島後，使當地13種原生鳥類中的10種滅絕，12種原生蜥蜴中的9種滅絕(Savidge 1987; Rodda *et al.* 1997)；褐樹蛇攀爬到變電箱上，造成當地電力系統故障的損失每年約100萬美元；另外，褐樹蛇攻擊人類，亦讓當地每年付出約25,000美元的醫療負擔(Pimentel *et al.* 2000)。爲了生物防治需求，於1903年被引入澳洲的蔗蟻(*Bufo marinus*)，亦對澳洲生態環境帶來極大威脅(Bomford and Hart 2002)。緬甸小鼠(*Rattus exulans*)是導致許多太平洋島嶼生態系改變的重要入侵種，其會捕食紐西蘭及其鄰近小島的鸚鵡、蝸牛或昆蟲，使得上述物種變得稀少或滅絕；另也會捕食珊瑚環礁上各種海鳥，並影響海岸植物的族群更新(吳等 2003)。在經濟上，緬甸小鼠會啃食農作物，對各地農業帶來顯著損失。Tobin (1994)曾估計，緬甸小鼠每年至少造成夏威夷甘蔗業600萬美元的損失。在公共衛生方面，緬甸小鼠是鼠疫(plague)、斑疹傷寒(murine typhus)等傳染病原體的寄主(Wodzicki and Taylor 1984)。

企圖控制或滅除已在野外建立族群的有害入侵生物，需投入相當鉅額的人力和物力資源(Bomford and Hart 2002)。相較之下，預防外來種動物成功入侵所需的花費則相當低廉(Mack *et al.* 2000)。因此，如能發展一套預防外來種入侵的評估系統，在入侵過程的最初階段便採取緊急應變措施，杜絕其未來入侵的可能性，將是更經濟、有效的管理方式。外來種風險評估系統係指客觀且有系統

地評估外來種的生物屬性、現況、可能導致的危害衝擊、可被控制的潛力後，來得到量化的結果。藉此界定外來種是否屬於入侵種，發現目前對入侵地有潛在嚴重威脅性，但尚未顯現影響力的物種，進而得到該外來種的整體風險等級(overall risk rating)(Smallwood and Salmon 1992; Hiebert and Stubbendieck 1993; 黃 2003; Morse *et al.* 2004)。上述結果，能協助外來種管理單位採用快速反應策略(quick-response strategy)來評估外來種威脅性，以設定後續投入相關研究與防治措施優先性的參考，俾運用有限的經費和人力等資源，採用經濟、有效且可行(cost-effective and feasible)的管理措施(Smallwood and Salmon 1992; 黃 2003)。

外來生物在台灣早已隨處可見，但有關外來種陸域脊椎動物的研究仍在起步中。目前的研究，大多爲物種在台灣的分佈調查、入侵性或生物屬性研究。在鳥類部分，劉(1999)分析中華民國野鳥學會1994至1999年外來鳥種資料庫的資料，發現台灣地區已有75種外來鳥類在野外被記錄，相較於原生留鳥的154種(王等 1991)，其種數比例已接近50%。外來鳥種中，種類最多的科分屬鸚鵡科(Psittacidae, 18種)、椋鳥科(Sturnidae, 11種)及梅花雀科(Estrildidae, 9種)(劉 1999)。其中，椋鳥科具高入侵性(林 2003)，而梅花雀科中的白頭文鳥(*Lonchura maja*)與印度銀嘴文鳥(*L. malabarica*)則已成功地在野外繁殖並建立穩定族群(李及謝 2005)。此外，印度銀嘴文鳥會與原生種斑文鳥(*L. punctulata*)共域繁殖，顯示兩者的生態棲位(niche)在時間及空間有相當程度的重疊現象(蘇 2000)。畫眉(*Garrulax canorus canorus*)與台灣畫眉(*G. c. taewanus*)在野外則出現雜交情形(李等 2005)。在哺乳類部分，1994年在花蓮被發現的緬甸小鼠(盧及徐 2003)，已成功入侵花蓮縣吉安鄉(吳等 2003)。在兩棲爬蟲類部分，目前僅有針對已入侵成功的多線南蜥(*Mabuya*

multifasciata)、紅耳泥龜(*Trachemys scripta*)及亞洲錦蛙(*Kaloula pulchra pulchra*)等物種進行的生物屬性與分布現況調查(陳及林 2003; 陳 2003; 梁 2005)。

在外來種生物風險評估研究方面,目前台灣僅有植物有害生物風險分析系統,用以評估有害植物是否應予以管制及所需的植物防疫檢疫措施強度(黃 2003)。故本研究期能:一、建立一套適用於台灣的外來種陸域脊椎動物風險評估系統,依據外來種的引入媒介、生物屬性、現況和其造成的危害衝擊,得到定量的評估結果資料,來界定台灣外來種陸域脊椎動物的整體風險等級;二、說明設計此評估表各選項與給分方式的理由、填列方法及注意事項;三、分別以3類可能或已成為外來種的情況,利用此評估表檢測本評估系統是否能反應出台灣外來種動物之入侵成功能力和威脅程度,以及是否能快速顯現出外來種動物的威脅性,以協助管理單位制定後續投入相關研究與防治措施優先性和對進口動物申請審核的參考,並建議此評估表適用的範疇及後續的應用性。此3類分別為(一)尚未引入台灣,但在其他國家已成功入侵並造成危害的A類物種;(二)已引入台灣但尚未在野外建立族群的B類物種;(三)已成功入侵台灣的C類物種等3類。

材料與方法

一、評估表的建立

本外來種陸域脊椎動物風險評估系統(附錄,也可由網路取得)¹,係根據物種在引入地區建立族群潛力和危害衝擊程度來評估其整體風險等級。外來種入侵的過程分別包括運輸、釋放、建立族群和族群擴張等4個階段(Williamson 1996)。影響物種成功度過每一階段的可能性因子各有數項(Kolar and Lodge 2001)。本研究之評估表包括外來種的(一)引入潛力;(二)建立族群潛力及(三)危害能力等

3類指標。每類指標分別包含3-7個評估項目(共計14個),每一評估項目下又有數個選項(共計31個)。其中,本評估表將物種被運輸與釋放到某一地點的可能性因子,歸類在「引入潛力」指標內;而推測物種成功建立族群與族群擴張的可能性,則歸在「建立族群潛力」指標。當一物種成功建立族群後,對入侵地造成的危害程度可從「危害能力」的結果顯現出。若物種的引入潛力、建立族群潛力及危害能力越高,則其整體風險等級將越高。每一類指標之評估項目、選項與分數變化趨勢代表的意義,綜述於下。

(一)引入潛力:外來種在野外建立族群的機率與釋放的頻度、數量及引入的次數具正相關(Kolar and Lodge 2001)。因此,本系統採用引入成功性、寵物交易、該物種的利用價值和可被察覺性作為評估項目。此項指標的分數變化代表的意義為,若某物種被引入的機會與媒介越多,表示其入侵成功性越高,且被察覺的可能性越低,則此物種的引入潛力就越高。

(二)建立族群潛力: Cassey *et al.* (2004)彙整4項外來種動物若逸出至野外後,影響其建立族群成功性的因子,包括動物的族群大小和分布範圍、生態適應性、藉由人類活動而流通的可能性、生活史特性等。此外,若針對特定地區進行評估時,引入地和物種來源地氣候的相似性、物種的地理分布範圍和成功入侵其他地區的紀錄也會影響其在引入地建立族群的可能性(Bomford 2003)。綜合上述資料,本系統在建立族群潛力的評估指標中,以動物的生活史特性、適應性和全球分布狀況來作為評估項目。此項指標的分數變化代表的意義為,若一物種繁衍的能力越強、壽命越長(Crawley 1986)、適應環境的能力越好且在台灣的野外有穩定繁殖紀錄,則此物種在本指標的得分將越高,這也表示此物種建立族群潛力越高,對引入地可能造

¹(http://wwwdb.tesri.gov.tw/protect/Client_L1_list.asp)

成的威脅性也越高。

(三)危害能力：所謂有害動物，係指某種動物對經濟、自然資源和社會健康產生負面效應。全球約有50%的外來種哺乳類和鳥類被歸為有害動物(Bomford 2003)。如果一物種在其他地區是有害動物，也可能會對另一入侵地造成危害，所以評估一物種在引入地的危害能力時，必須將其在其他地區造成的危害程度列入考量(Smallwood and Salmon 1992；Bomford 2003)。因此，本系統以在原生地或其他入侵地的經濟危害(僅考慮農產品)、在原生地或其他入侵地的經濟危害(非農產的經濟損失)、對台灣的農業危害、對台灣的經濟危害(非農產的經濟損失)、對台灣自然資源的危害、對台灣以外的其他入侵地自然資源的危害、對社會健康的危害(包含原生地與各入侵地)等7項作為評估項目。此項指標分數變化趨勢代表的意義為：若動物對經濟、自然資源和社會健康造成的負面效應越大，則該物種對引入地可能造成的危害便越高。其中，動物對台灣農業造成的危害部分，係參考行政院農業委員會2004年統計的農業生產指數，得到台灣各農產品的相對產值作為加權指數；然而，當一物種尚未造成危害，或未被引入台灣，而要推測其對台灣的危害潛力時，將有非常高的不確定性。這類不確定性，係肇因於推估動物在引入地能成功建立族群的偏差、動物在引入地可能發展出新的行為等(Bomford 2003)。因此，本評估系統僅針對各種動物的危害現況進行評估，至於尚未引入台灣的A類物種，則不需填列其在台灣造成的危害等項目。

給分時，係先給予各選項適當分數後，將隸屬於每一個評估項目內的各個選項分數加總，再除此評估項目可能達到的最高分數，得到該評估項目的分數。接著，加總各指標中每個評估項目的分數，

再除以其內含之評估項目個數後求得平均分數，則為各指標的分數。最後將各指標分數乘上對應之加權值後再加總，即得到該物種的評估總分。各指標分數係其內含各評估項目分數的平均值。再者，各評估項目之分數是其內含各選項分數加總後相對於此評估項目之最高分，因此，各評估項目之分數介於0分到1分之間。如此一來，每個評估項目對於其隸屬指標的分數權重相同，此外，在我們進行加權程序之前，每個指標對於總分的分數權重亦相同。在填列評估表時，若物種現有的資訊尚無法滿足回答選項的問題，則在進行評估時，毋須給予該選項分數並標示為未知。各指標對應之加權值，參考Smallwood and Salmon (1992)是以此指標的屬性，在界定外來種成功入侵可能性時所占的相對重要性而來。各指標加權值分別為：外來物種引入潛力為1、建立族群潛力為2、危害能力為3。

二、檢測評估表

為檢測本評估系統是否能反應出外來種動物在台灣入侵成功能力和威脅程度的差異。我們從已建立之進口寵物名單中，隨機挑選22種已經引入台灣，但尚未在野外建立族群的B類物種，和20種在學術研究資料紀錄中指出已成功入侵台灣的C類物種(表1)於此系統中測試。此外，為檢驗本評估系統是否能應用於未來進口動物的申請審核，參考國外的文獻資料後，帶入13種尚未引入台灣，但在其他國家已成功入侵並造成危害的A類物種(表2)進行評估，測試本系統是否能快速反應出其威脅性。A類物種的選取是以我們所能確切獲得較多資訊的物種為主，以確保評估表的準確性。在填寫各物種的評估表時，引入潛力和建立族群潛力2項指標的資料來源包括學術研究文獻、寵物飼養和流通資訊；危害能力指標之資料則來自學術研究紀錄或各

表1. 42種已經引入台灣的外來種陸域脊椎動物評估總分排序結果

Table 1. Ranking of 42 exotic terrestrial vertebrates in Taiwan based on scores obtained from the risk assessment system (I, likelihood of being introduced; P, likelihood of establishing viable population; D, likelihood of causing damages)

Ranks	Classes	Common names	Scientific names	I	P	D	Total scores ^a	Categories ^b
1	Aves	Jungle Myna	<i>Acridotheres fuscus</i>	0.88	0.81	0.57	4.21	C
2	Aves	Common Myna	<i>Acridotheres tristis</i>	0.88	0.81	0.57	4.21	C
3	Mammalia	Pacific Rat	<i>Rattus exulans</i>	0.38	0.76	0.69	3.97	C
4	Aves	White-vented Myna	<i>Acridotheres javanicus</i>	0.88	0.76	0.5	3.9	C
5	Aves	Hwamei	<i>Garrulax canorus canorus</i>	0.91	0.81	0.32	3.49	C
6	Mammalia	Coypu	<i>Myocastor coypus</i>	0.86	0.61	0.46	3.46	B
7	Aves	Black-collared Starling	<i>Gracupica nigricollis</i>	0.91	0.81	0.29	3.4	C
8	Mammalia	Fallow Deer	<i>Dama dama</i>	0.51	0.64	0.5	3.29	B
9	Mammalia	Red Deer	<i>Cervus elaphus</i>	0.48	0.64	0.5	3.26	B
10	Reptilia	Red-eared Slider	<i>Trachemys scripta elegans</i>	0.84	0.85	0.21	3.17	C
11	Aves	Tanimbar Cockatoo	<i>Cacatua goffini</i>	0.84	0.61	0.37	3.17	C
12	Aves	Sulphur-crested Cockatoo	<i>Cacatua galerita</i>	0.84	0.61	0.37	3.17	C
13	Amphibia	Bullfrog	<i>Rana catasbeiana</i>	0.66	0.81	0.24	3	C
14	Aves	Hill Myna	<i>Gracula religiosa</i>	0.81	0.72	0.25	3	C
15	Mammalia	Domestic Ferret	<i>Mustela putorius</i>	0.89	0.68	0.25	3	B
16	Aves	Rose-ringed Parakeet	<i>Psittacula krameri</i>	0.81	0.64	0.29	2.96	B
17	Aves	White-headed Munia	<i>Lonchura maja</i>	0.84	0.81	0.16	2.94	C
18	Aves	Indian Silverbill	<i>Lonchura malabarica</i>	0.84	0.81	0.16	2.94	C
19	Amphibia	Asian Painted Frog	<i>Kaloula pulchra pulchra</i>	0.66	0.89	0.14	2.86	C
20	Aves	Asian Glossy Starling	<i>Aplonis panayensis</i>	0.68	0.68	0.26	2.82	C
21	Reptilia	Brown Anole	<i>Anolis sagrei</i>	0.64	0.81	0.18	2.8	C
22	Reptilia	Indonesian Skink	<i>Mabuya multifasciata</i>	0.53	0.83	0.18	2.73	C
23	Aves	White-rumped Shama	<i>Copsychus malabaricus</i>	0.88	0.65	0.14	2.6	C
24	Reptilia	Burmese Python	<i>Python molurus bivittatus</i>	0.84	0.6	0.18	2.58	B
25	Mammalia	Eastern Chipmunk	<i>Tamias striatus</i>	0.83	0.71	0.11	2.58	B
26	Aves	Vinous-breasted Starling	<i>Sturnus burmannicus</i>	0.68	0.68	0.18	2.58	B
27	Aves	Sacred Ibis	<i>Threskiornis aethiopica</i>	0.61	0.68	0.18	2.51	C
28	Reptilia	Alligator Snapping-turtle	<i>Macroclmys temminckii</i>	0.71	0.39	0.3	2.39	C
29	Reptilia	Green Iguana	<i>Iguana iguana</i>	0.88	0.56	0.07	2.21	B
30	Mammalia	Sugar Glider	<i>Petaurus breviceps</i>	0.89	0.6	0.04	2.21	B
31	Aves	Red Avadavat	<i>Amandava amandava</i>	0.84	0.56	0.07	2.17	B

表1. 42種已經引入台灣的外來種陸域脊椎動物評估總分排序結果(續)

Table 1. Ranking of 42 exotic terrestrial vertebrates in Taiwan based on scores obtained from the risk assessment system (I, likelihood of being introduced; P, likelihood of establishing viable population; D, likelihood of species to cause damages) (Cont.)

Ranks	Classes	Common names	Scientific names	I	P	D	Total scores ^a	Category ^b
32	Aves	Black-rumped Waxbill	<i>Estrilda troglodytes</i>	0.88	0.44	0.07	1.97	B
33	Reptilia	Ball Python	<i>Python regius</i>	0.74	0.44	0.07	1.83	B
34	Reptilia	Veiled Chameleon	<i>Chamaeleo calyptoratus</i>	0.74	0.44	0.04	1.74	B
35	Mammalia	Russian Dwarf Hamster	<i>Phodopus sungorus</i>	0.77	0.47	0	1.71	B
36	Aves	Zebra Waxbill	<i>Amandava subflava</i>	0.84	0.31	0.07	1.67	B
37	Aves	Zebra Finch	<i>Taeniopygia guttata</i>	0.84	0.28	0.07	1.61	B
38	Aves	Gouldian Finch	<i>Chloebia gouldiae</i>	0.79	0.29	0.07	1.58	B
39	Reptilia	Indian Star Tortoise	<i>Geochelone elegans</i>	0.68	0.42	0	1.52	B
40	Aves	Long-tailed Finch	<i>Poephila acuticauda</i>	0.61	0.28	0.07	1.38	B
41	Amphibia	Cranwell's Horned Frog	<i>Ceratophrys cranwelli</i>	0.77	0.28	0	1.33	B
42	Amphibia	Tomato Frog	<i>Dyscophus guineti</i>	0.71	0.21	0	1.13	B

^a Total score = I + 2×P + 3×D.

^b Category B, exotic species that have not established viable populations in the wild in Taiwan; Category C, invasive species in Taiwan.

物種專業研究人員之調查資料。

三、資料分析

資料以StatView 5軟體分析。利用無母數變方分析的Mann-Whitney U-test進行2組間的比較，所有測試都是雙尾(two-tailed)檢定，顯著水準為0.05。

結 果

根據22種已引入台灣但尚未在野外建立族群的B類物種和20種已成功入侵台灣的C類物種於本評估系統的測試結果，2類物種在總分、建立族群潛力和危害能力皆有顯著差異，B類物種的總分顯著低於C類(Mann-Whitney U-test, $U = 68, p < 0.01$) (圖1)，顯示此評估系統能分辨外來種動物在台灣入侵成

功能力和威脅程度的差異。C類物種在總分最高的前10名中，占了7種，且總分最低的末10名則全為B類物種(表1)。B類物種的建立穩定族群潛力和危害能力分數均顯著低於C類(Mann-Whitney U-test, $U = 36, p < 0.01$; $U = 81, p < 0.01$)，而此2類物種的引入潛力則無顯著差異(Mann-Whitney U-test, $U = 210, p > 0.05$) (圖1)。由本研究結果，可對照椋鳥科和梅花雀科等外來鳥種在台灣現況，林(2003)比較椋鳥科鳥種在寵物市場與野外出現的種數與數量結果，相較於梅花雀科與鸚鵡科兩類鳥種，顯示椋鳥科鳥類在野外的生存與繁殖率皆高，具有高入侵性。若以個別物種層次觀之，本研究評估已進入台灣的物種中，有7種屬於椋鳥科，其中家八哥(*Acridotheres tristis*)和林八哥(*A. fuscus*)的總分是所有物種中分數最高者，白尾八哥(*A. javanicus*)位居第四，總

表2. 13種尚未引入台灣但在其他入侵地造成危害的陸域脊椎動物評估排序結果

Table 2. Ranking of 13 exotic terrestrial vertebrates that had not been introduced into Taiwan but had invaded other countries based on scores obtained from the risk assessment system (I, likelihood of being introduced; P, likelihood of establishing viable population; D, likelihood of species to cause damages)

Ranks	Classes	Common names	Scientific names	I	P	D	Total scores ^a
1	Mammalia	Raccoon	<i>Procyon lotor</i>	0.59	0.64	0.6	3.67
2	Mammalia	European Brown Hare	<i>Lepus capensis</i>	0.51	0.75	0.5	3.51
3	Reptilia	Brown Tree Snake	<i>Boiga irregularis</i>	0.45	0.67	0.56	3.47
4	Aves	Red-vented Bulbul	<i>Pycnonotus cafer</i>	0.53	0.72	0.44	3.29
5	Mammalia	Hog Deer	<i>Axis porcinus</i>	0.48	0.53	0.54	3.16
6	Aves	European Greenfinch	<i>Carduelis chloris</i>	0.6	0.68	0.38	3.1
7	Mammalia	Gray Squirrel	<i>Sciurus carolinensis</i>	0.51	0.57	0.48	3.09
8	Aves	European Goldfinch	<i>Carduelis carduelis</i>	0.6	0.6	0.38	2.94
9	Mammalia	Small Indian Mongoose	<i>Herpestes javanicus</i>	0.51	0.61	0.29	2.6
10	Aves	Ruddy Duck	<i>Oxyura jamaicensis</i>	0.51	0.56	0.25	2.38
11	Reptilia	Green Anole	<i>Anolis carolinensis</i>	0.71	0.51	0.19	2.3
12	Amphibia	Puerto-rican Coqui	<i>Eleutherodactylus coqui</i>	0.48	0.68	0.13	2.23
13	Aves	Shiny Cowbird	<i>Molothrus bonariensis</i>	0.33	0.6	0.19	2.1

^a Total score = I + 2×P + 3×D.

分均接近4分(表1)。對照野外調查結果，顯示家八哥及白尾八哥已廣布全台各地海拔500m以下的平原，是目前最為普遍的外來鳥種(Lin 2001；林 2003)。此外，本研究評估已進入台灣的7種梅花雀科鳥類。白頭文鳥和印度銀嘴文鳥的總分均為2.94；總分分居倒數第三和第五的錦靜(*Poephila acuticauda*)和七彩文鳥(*Chloebia gouldiae*)，其總分分別僅1.38和1.58分(表1)。對照李及謝(2005)調查台灣地區外來梅花雀科鳥種販賣與野外分布的結果，顯示錦靜和七彩文鳥均全無野外活動與繁殖紀錄；白頭文鳥和印度銀嘴文鳥均可成功在野外繁殖並建立穩定族群，前者的野外族群廣布於台灣西半部，而後者則遍及整個大高雄地區。顯示此評估表能分辨外來種動物在台灣入侵成功能力和威脅程度的差異。

根據動物的建立族群潛力和在其他入侵地造成的危害結果，顯示本評估系統能顯現台灣外來種之潛在威脅性。評估42種已進入台灣的外來種動物，總分前十名的物種包括美洲巨水鼠、黃占鹿和紅鹿等3種已出現在台灣但尚未成功入侵的物種。上述3種動物在危害能力指標的分數為0.46和0.5分(表1)，均比平均值的0.23分還高(圖1)。其中，美洲巨水鼠雖有數次零星野外發現紀錄，但無繁殖紀錄；黃占鹿和紅鹿目前在台灣皆於圈養環境中。雖然這3種動物尚未在台灣野外建立族群，所以對台灣造成的各項危害分數均為0分，但在其他成功入侵地點造成的經濟、自然資源等危害評分均很高，再加上這3類物種建立族群潛力的分數也不低。評估結果顯示，此類物種具有極大的潛在威脅性。也就

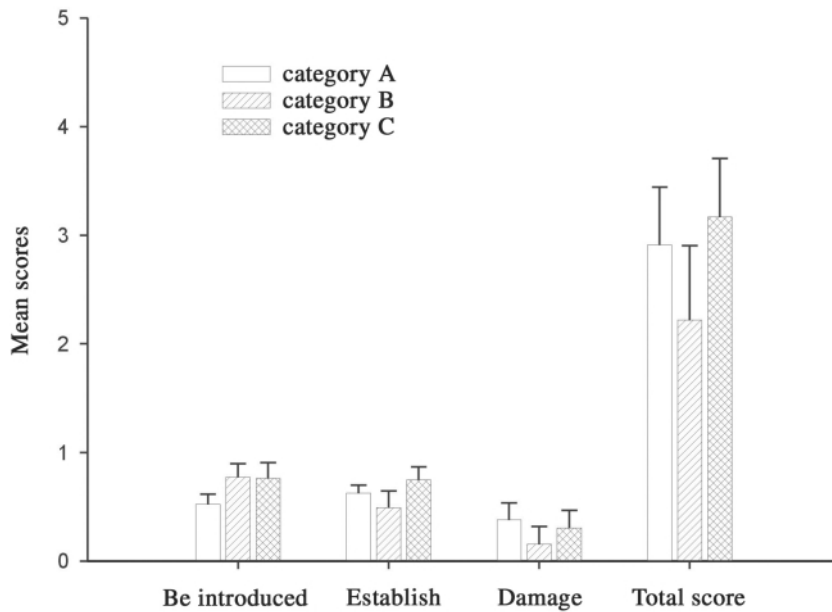


圖1. A、B、C等3類物種在引入潛力、建立族群潛力、危害能力和總分的平均分數。誤差線代表正向之標準差。

Fig. 1. The mean scores of likelihood of being introduced, likelihood of establishing viable population, and likelihood of species to cause damages, and their total scores for Categories A, B and C (vertical bars, +1 SD).

是說，此類物種若不慎逸散到野外，可能在野外成功建立族群，並對台灣造成嚴重危害。

對於進口動物的申請審核，由於無法對該類物種引入台灣後的情形作出確切的預測，但仍能根據動物建立族群潛力和在其他地點的危害能力，定量顯示該物種可能造成的風險程度，提供管理單位參考。本研究測試13種尚未引入台灣，但已在其他國家造成入侵危害的A類物種，顯示其危害能力的分數很高(0.38±0.16)，建立族群潛力的分數也不低(0.62±0.07)(圖1)；至於引入潛力的分數(0.52±0.09)則比B和C類物種低(圖1)，係因為A類物種沒有被引入台灣的紀錄。因此，若業者提出進口未曾在台灣記錄過的外來種申請，而此物種在其他國家已成功入侵並造成

危害，則本評估系統能快速反應出此類物種的威脅性，並提供定量的評估結果。

討 論

建構評估系統必須先設定對象和標的，依此規劃符合的評估選項。本評估系統主要運用在2種對象上，一為協助外來種管理單位採用快速反應的策略評估外來種的整體威脅性，作為設定後續投入相關研究與防治措施優先性的參考；另一則為建議日後對進口動物的申請審核應定量評估的項目。建構此定量式評估系統時，係參考許多科學回顧文獻及國外有關哺乳動物和鳥類入侵成功能力的研究，篩選出可能影響外來種在引入地點是否能成功建立族群及對入侵地造成危害的重

要因子作為評估選項(Smallwood and Salmon 1992; Bomford 2003)。Morse *et al.* (2004)為評估非原生植物對生物多樣性的衝擊研究中，評分項目僅集中在植物對入侵地點的生態環境、群聚和系統運作過程造成的危害上，而本研究為考量外來種的整體威脅性，所以在危害能力的評估指標中則含括動物對經濟、自然資源與社會健康等3面向。此外，Braysher and Saunders (2003)制定有害動物管控優先性和計畫可執行性的評估研究中，將社會對此經營管理計畫的支持度、計畫執行之成本效益等社經面考量進來，但本研究結果主要為提供外來種管理單位設定後續投入相關研究與防治措施優先性的參考，因此並未將社經面向納進本評估系統中。

考量可行性也是建構評估系統的必要工作，並依此篩選出尺度合宜、現況與實務能施行的評估選項。在引入潛力的評估指標中，本研究選定引入成功性、是否有寵物交易、該物種利用價值和可被察覺性等4個評估項目。雖然個體被釋放的數量、頻度與釋放地點的數目等更詳細的因子也會影響到物種的引入潛力(Kolar and Lodge 2001; Bomford 2003)。此外，在建立族群潛力評估指標中，Morse *et al.* (2004)評估非原生植物對生物多樣性衝擊的評估表中，包括物種在入侵地點分布範圍、入侵地區的棲地與生態系多樣性等詳細的評估項目。然而，台灣目前對這類資料的掌握度仍非常缺乏，若將這些項目納入此系統中，可能有許多的評分結果皆為未知，將削減此系統的可執行性。因此，本系統未將評估項目區分到如此詳細，而用其他較大尺度的項目進行評估，以反應各種動物的引入潛力和建立族群潛力。在危害能力的評估指標中，Bomford (2003)彙整入侵成功鳥類和哺乳類在澳洲危害能力的結果，發現有些特定科別的哺乳動物和鳥類對當地農產與生態造成較顯著的危害。另有部分鳥種較有可能和澳洲原生鳥種產生雜交問題(Ebenhard

1988)。綜合以上因子和背景資料的支持，Bomford (2003)將動物分類亦加入澳洲外來種脊椎動物進口和圈養的風險評估系統中的評估項目。台灣目前對於各分類群入侵種脊椎動物危害能力的調查與評估資料仍非常缺乏，在還無法明確界定各分類群危害的程度差異時，評估造成的偏差過大，會影響結果的參考價值，因此，亦未將Bomford (2003)項目列入本研究中。綜上所述，本評估系統可能缺乏其他系統包含的較詳細評估項目，但在考量可執行性後，篩選出目前評估系統採用的項目，應能有效協助外來種管理單位採用快速反應的策略，來評估外來種脊椎動物的整體威脅性。

Smallwood and Salmon (1992)針對美國加州地區建構的外來種鳥類和哺乳類風險評估系統中，除了物種引入潛力、建立族群潛力和危害潛力外，還有控制潛力這項評估指標，包含有：物種可被偵測到的程度、適用的控制方法和被根除潛力等評估項目。其實社會和政策面的因子也會影響根除有害動物工作的計畫與執行(Braysher and Saunders 2003)，但這類因子亦充滿不確定性。再者，Bomford (2003)對澳洲外來種脊椎動物的進口和圈養所作的風險評估系統，並未將物種被根除潛力的評估指標納入該系統中。由於動物逸散到野外的數目、分布範圍和位置皆會影響到其是否能成功被根除，而要確切預測各類脊椎動物的上述相關資料實在不可能，因此將物種的根除潛力納入評估系統中並不適當。以台灣現有資料為例，要個別預測緬甸小鼠、戈芬氏鳳頭鸚鵡(*Cacatua goffini*)、多線南蜥等少數已入侵成功脊椎動物的根除潛力，還屬可能，但是若要推估各個外來種脊椎動物被成功根除的可能性，在現有資料不足的情況下，評估結果之可執行性與不確定性會非常高而影響參考價值，因此本評估系統未將物種的控制潛力納入評估指標。

建構評估系統時，必須決定3項評估指

標，在物種整體危害風險程度上的相對權重，以及遭外來種危害的資源相對重要性，作出符合台灣特性的判斷，此項判斷的決定將影響到評估系統產出的分數(Bomford 2003)。本研究對於引入潛力、建立族群潛力和危害能力等3項評估指標分別給予1、2、3分的權重分數，此做法係參考Smallwood and Salmon (1992)針對美國加州地區建構的外來種鳥類和哺乳類風險評估系統所給的分配方式。該研究係根據Smallwood (1990)為評估北美鳥類和哺乳動物入侵成功可能性的預測模式結果和後續的研究實務經驗，規劃出上述權重配分方式。然而，若就外來種危害的資源所占的相對重要性配置而言，Smallwood and Salmon (1992)的評估系統在動物的危害能力評估指標設計中，動物在農業資源造成的危害能力相關評估項目較多，總計便占了此指標87%的配分。也就是說，如果某類動物雖然對入侵地點的自然資源造成重大危害但不會危害農產品，則在Smallwood and Salmon (1992)設計的評估系統中，此類物種的危害能力總分將不高。澳洲政府1993年在生物多樣性國際會議中作出決議，認為入侵成功的脊椎動物對澳洲與其他地區的原生物種和自然資源所造成的危害衝擊也很強烈，有些哺乳動物對人類健康的威脅亦不容小覷(Pimental *et al.* 2000；Bomford 2003)。因此Bomford (2003)對澳洲外來種脊椎動物的進口和圈養所作的風險評估系統，在物種的危害潛力部分便加重動物對自然資源和人類健康危害面向的配分比重，其中，動物對農產品、自然資源和人類健康危害的配分比重分別約為30%、27%和19%。反觀台灣，部分入侵成功物種對台灣自然資源的危害程度也不低，但是食肉目動物所占的種類較澳洲少。考量上述因子，本評估系統在危害能力指標中，將動物對農產品、非農產的經濟損失、自然資源和社會健康危害的分數比重配置為29%、29%、29%和14%，應屬台灣地區可接受且具

有參考價值的方式。

本外來種陸域脊椎動物風險評估系統奠基在科學知識上，並讓決策機制能透明化。然而，在實際使用此評估系統時，一方面受限於目前對各種動物的生物屬性或生態知識仍未周全，另一方面在隨機產生的族群或環境波動與偶發事件無法事先掌握等因素(Simberloff 1989)，均會導致評估結果產生無法避免的不確定性。而在評估各種動物的危害能力時，對於尚未引入台灣且在其他地點沒有入侵危害紀錄的物種，本系統可能會低估其若引入台灣會造成的危害衝擊。再者，決策者在使用此系統時必須了解，由定量或半定量系統評估出的分數，僅只提供具參考性的可能性推測數值，並非明確的預測結果(Bomford 2003)。而此等可能性推測結果卻是在現有外來種脊椎動物相關資料的基礎上，能夠達到的最佳狀況(Lodge 1993)。移除已成功建立族群的入侵動物需投入的花費，比預防外來種動物入侵的工作昂貴許多(Mack *et al.* 2000)，因此，即使此類評估系統的預測結果存在部分不確定性，在協助外來種管理單位採用快速反應的策略來評估外來種的整體威脅性，進而制定相關決策時，還是具有相當大的實用性、參考價值與經濟性。未來如果能加強比較入侵台灣成功與失敗的陸域脊椎動物特性差異研究，並累積外來種在台灣分布的相關資料，將可使此評估系統在實務執行上更臻完善。

謝 誌

本研究感謝許富雄、張仕緯、姚正得、林宗以和吳逸華先生協助蒐集資料、帶入物種測試評估系統工作，方偉先生協助資料整理。本研究承蒙農委會及特有生物研究保育中心提供經費(計畫編號：94農科-9.3.2-生-W1、95農科-11.3.3-生-W1)，謹致謝忱。

引用文獻

- 王嘉雄、吳森雄、黃光瀛、楊秀英、蔡仲晃、蔡牧起、蕭慶亮。1991。台灣野鳥圖鑑。亞舍圖書有限公司。
- 吳海音、盧高宏、徐保雄、吳逸華。2003。緬甸小鼠之防治。入侵種生物管理研討會論文集267-274頁。
- 李崇禕、謝寶森。2005。台灣地區外來梅花雀科(Estrildidae)鳥類販賣與野外分布之探討。特有生物研究7(2)：1-12。
- 李菁紋、姚正得、李岱芬、林容仟、李壽先。2005。畫眉與台灣畫眉間的遺傳滲漏。台灣野生生物遺傳多樣性與保育遺傳研究研討會論文集153-168頁。
- 林瑞興。2003。台灣入侵鳥種之現況與因應措施。入侵種生物管理研討會論文集120-127頁。
- 梁高賓。2005。台灣地區外來種亞洲錦蛙(*Kaloula pulchra*)族群來源與生態研究。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。42頁。
- 陳元龍、林德恩。2003。台灣地區外來種爬蟲現況-多線南蜥之生態學研究(1/2)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心九十二年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。
- 陳添喜。2003。外來龜鱉動物的現況與管理方法之建議—以巴西龜及中華鱉為例。入侵種生物管理研討會論文集111-119頁。
- 黃德昌。2003。植物有害生物風險分析。入侵種生物管理研討會論文集167-176頁。
- 劉小如。1999。台灣地區外來種鳥類之探討。野鳥7：45-58。
- 盧高宏、徐保雄。2003。緬甸小鼠(*Rattus exulans* Peale)之棲群分布。植物保護學會會刊45: 163-167頁。
- 蘇銘言。2000。外來種之印度銀嘴文鳥與本地種之斑文鳥共域繁殖記錄。鳥語233：18-20。
- Bombford, M. and Q. Hart. 2002. Non-indigenous vertebrates in Australia. In: D. Pimental (ed.). Biological invasion: Environmental and economic costs of alien plant, animal, and microbe invasions. pp. 25-44. CRC Press, New York.
- Bomford, M. 2003. Risk assessment for the import and keeping of exotic vertebrates in Australia. Bureau of Rural Sciences, Canberra.
- Braysher, M. and G. Saunders. 2003. Pestplan toolkit : A guide to setting priorities and developing a management plan for pest animals. Natural Heritage Trust, Canberra.
- Cassey, P., T. M. Blackburn, G. J. Russell, K. E. Jones and J. L. Lockwood. 2004. Influences on the transport and establishment of exotic bird species: An analysis of the parrots (Psittaciformes) of the world. Global Change Biology 10: 417-426.
- Crawley, M. J. 1986. The population biology of invaders. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 314: 711-731.
- Ebenhard, T. 1988. Introduced birds and mammals and their ecological effects. Swedish Wildlife Research Viltrevy 13: 1-107.
- Gebhardt, H. 1996. Ecological and economic consequences of introductions of exotic wildlife (birds and mammals) in Germany. Wildlife Biology 2: 205-211.
- Hiebert, R. D. and J. Stubbendieck. 1993. Handbook for ranking exotic plants for management and control. Natural Resources Report NPS/NRMWRO/NRR-93/08. US. National Park Service, Washington, DC. URL: <http://www.npwrc>.

- usgs.gov/resource/2000/aprs/aprs.htm.
- Hunter, M. L. Jr. 1996. *Fundamentals of conservation biology*. Blackwell Science, Cambridge, Massachusetts.
- IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group. 2000. *IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Kolar, C. S. and D. M. Lodge. 2001. Progress in invasion biology: Predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 199-204.
- Lin, R. S. 2001. The occurrence, distribution and relative abundance of exotic starlings and mynas in Taiwan. *Endemic Species Research* 3: 13-23.
- Lodge, D. M. 1993. Biological invasions: Lessons for ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 113-137.
- Mack, R. N., D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout and F. A. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.
- Morse, L. E., J. M. Randall, N. Benton, R. Hiebert and S. Lu. 2004. An invasive species assessment protocol: Evaluating non-native plants for their impact on biodiversity. Version 1. NatureServe, Arlington, Virginia.
- Parkes, J. P. 1996. Integrating the management of introduced mammal pests of conservation values in New Zealand. *Wildlife Biology* 2: 179-183.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga and D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience* 50: 53-65.
- Rodda, G. H., T. H. Fritts and D. Chiszar. 1997. The disappearance of Guam's wildlife. *Bioscience* 47: 565-574.
- Savidge, J. A. 1987. Extinction of an island forest avifauna by an introduced snake. *Ecology* 68: 660-668.
- Simberloff, D. 1989. Which insect introductions succeed and which fail? *In*: J. A. Drake, H. A. Monney, F. di Castri, R. H. Groves, F. J. Kruger, M. Rejmanek and M. W. Williamson (eds.). *Biological Invasion: A Global Perspective*. pp. 61-75. John Wiley and Sons, Chichester.
- Smallwood, K. S. 1990. *Turbulence and the ecology of invading species*. Ph. D. Dissertation, University of California, Davis.
- Smallwood, K. S. and T. P. Salmon. 1992. A rating system for potential exotic bird and mammal pests. *Biological conservation* 62: 149-159.
- Stiling, P. 2002. *Ecology: Theories and applications* (4th ed.). Prentice-Hall Publication, New Jersey.
- Tobin, M. E. 1994. Polynesian rats. *In*: S. E. Hygnstrom, R. M. Timm and G. E. Larson (eds). *Prevention and Control of Wildlife Damage*, Vol. B. pp. 121-124. University of Nebraska-Lincoln. URL: <http://wildthings.tamu.edu/publications/NebraskaExtension/CWDPDF/RODENTS/RO B121.PDF>.
- Williamson, M. and A. Fitter. 1996. The varying success of invaders. *Advances in Invasion Ecology* 77: 1651-1666.
- Wodzicki, K. and R. H. Taylor. 1984. Distribution and status of the Polynesian rat *Rattus exulans*. *Acta Zoologica Fennica* 172: 99-101.

附錄：台灣外來種陸域脊椎動物風險評估表

Appendix: Score sheet used for the risk assessment system of exotic terrestrial vertebrates in Taiwan

物種名稱(中文、英名和學名) _____

審查員 _____ 日期 _____

一、 引 入 潛 力	1. 引入成功性(最高5分)	最高分_____
	想要故意引入時，可能可以在航程中存活下來	(1)
	在進口貨物中發現(不小心被夾帶在貨物中，而非故意引入)	(2)
	在進口農產品中發現(不小心被夾帶在農產品中，而非故意引入)	(3)
	分布範圍經歷過擴張情形(自然或人為，無意或故意)	(4)
	該物種在台灣有野外紀錄	(5)
	2. 寵物交易(最高5分)	最高分_____
	從未聽說有人將其當作寵物	(0)
	有被關在籠子內的可靠消息	(1)
	被飼養在籠中作為寵物，但存活很困難	(2)
	在台灣以外的地區是常見寵物	(3)
	獲知在台灣有零星黑市交易	(4)
	在台灣可公然販售、交換，且常出現在寵物市場	(5)
	3. 該物種的利用價值(最高4分)	最高分_____
	沒有故意將該物種引出原生範圍外	(0)
	過去曾因試驗研究之需要，有故意將該物種引出原生範圍外的紀錄(例如有些老鼠或靈長類因藥物試驗研究所需，而被引入他處作為實驗動物，此等物種若管理不善，逸散出去，可能在引入地的野外建立族群。)	(1)
	普遍的試驗研究動物(此項說明同上)	(2)
	知道有經濟價值(狩獵/毛皮/肉/副產品)	(3)
	知道有故意因非研究所需將該物種引出原生範圍外	(3)
	在台灣動物園有該物種	(3)
知道過去有故意將該物種引入台灣	(4)	
有人要求要將該物種引入台灣	(4)	
4. 可被察覺性(最高8分)	總分_____	
體型：<3公斤 = 2, 3-15公斤 = 1, >15公斤 = 0	_____	
活動模式：夜行性 = 2, 晨昏活動(日夜皆會活動) = 1, 日行性 = 0	_____	
群居狀況：小群(<5隻) = 2, 中群(5-100隻) = 1, 大群(>100隻) = 0	_____	
發現該物種的方法：熟知 = 0, 一些 = 1, 很少 = 2	_____	
二、 建 立 族 群 潛 力	1. 生活史特性(最高8分)	總分_____
個體達性成熟所需時間：>2年 = 0, 1-2年 = 1, <1年 = 2	_____	
一胎仔數或窩卵數：1隻 = 0, 2-5隻 = 1, >5隻 = 2	_____	
一年可繁殖次數：1次 = 0, 2次 = 1, >2次 = 2	_____	
物種壽命：<1年 = 0, 1-5年 = 1, >5年 = 2	_____	
2. 適應性(最高3分)(是 = 1, 否 = 0)	總分_____	
適合生存於台灣之氣候環境	_____	
適合生存於人類高度利用之環境(例如：公園、學校、鄉村聚落週邊，有人為利用與活動的空間)	_____	
有特殊生理機制或行為適應，能度過不利環境或氣候條件達三個月以上	_____	
3. 全球分布現況(最高4分)	最高分_____	
物種分布僅侷限在原生地範圍內	(0)	
物種的分布範圍在自然狀態下有擴張的趨勢	(1)	
在一些引入地點成功建立族群	(2)	
普遍入侵原生範圍外的很多地區	(3)	
在台灣的野外有穩定的繁殖紀錄並成功建立族群	(4)	

附錄：台灣外來種陸域脊椎動物風險評估表(續)

Appendix: Score sheet used for the risk assessment system of exotic terrestrial vertebrates in Taiwan (Cont.)

物種名稱(中文、英名和學名) _____

審查員 _____ 日期 _____

三、危害能力	1. 在原生地或其他入侵地的經濟危害(僅考慮農產品)(最高4分)		最高分_____		
	很少/從未報導		(0)		
	罕見(有一種/少數幾種產品)		(1)		
	罕見(有很多種產品)		(2)		
	普遍(有一種/少數幾種產品)		(3)		
	普遍(有很多種產品)		(4)		
	2. 在原生地或其他入侵地的經濟危害(非農產的經濟損失)(最高2分)		最高分_____		
	該物種不會造成任何經濟上的損失		(0)		
	該物種會造成經濟上少量損失		(1)		
	該物種會造成經濟上嚴重損失(每年損失超過一百萬台幣)		(2)		
	3. 對台灣農業的危害(最高105.6分)			總分_____	
	將危害程度(高 = 2, 低 = 1, 沒有 = 0)填入下面第一欄的空格。加權指數參考			加權指數 (以2004年為例)	
	農委會農業生產指數, 將生產指數除以10, 為該項農產品加權指數。所有的加				
	權指數應依據台灣各項產品的相對產值做調整。				
	農產(糧食、蔬菜、水果等食用作物)	_____ ×	9.7 =	_____	
	畜牧類	_____ ×	9.6 =	_____	
	水產類	_____ ×	10.8 =	_____	
	觀賞植物	_____ ×	10.6 =	_____	
	林業	_____ ×	12.1 =	_____	
	4. 對台灣經濟的危害(非農產的經濟損失)(最高2分)		最高分_____		
	該物種不會造成任何經濟上的損失		(0)		
	該物種會造成經濟上少量損失		(1)		
	該物種會造成經濟上嚴重損失(每年損失超過一百萬台幣)		(2)		
	5. 對台灣自然資源的危害(最高4分)(是 = 1, 否 = 0)		總分_____		
	會掠食台灣本土的脊椎動物		_____		
	與台灣本土物種使用的生態資源具重疊性		_____		
	對台灣野生動物棲地、環境有負面影響		_____		
在國家公園、保護區或自然保留區有分布(有法令公告之區域)		_____			
6. 對台灣以外的其他入侵地自然資源的危害(最高4分)(是 = 1, 否 = 0)		總分_____			
會掠食入侵地點之原生脊椎動物		_____			
與入侵地點原生物種使用的生態資源具重疊性		_____			
對入侵地點野生動物的棲地、環境有負面影響		_____			
在國家公園、保護區或自然保留區有分布(有法令公告之區域)		_____			
7. 對社會健康的危害(包含原生地與各入侵地)(最高4分)(是 = 1, 否 = 0)		總分_____			
能居住在人類居所週邊(已知棲息在住宅內或周圍)(像壁虎、燕子、一些八哥, 這類動物才算。如果只是活動時會經過人類利用的環境, 則不算。)		_____			
已知或可能是人類疾病的媒介		_____			
已知或可能是家畜或家禽疾病的媒介		_____			
已知或可能會攻擊人類		_____			

註：各評估項目及選項之定義與給分說明等詳細資料，請由網站下載(http://www.db.tesri.gov.tw/protect/Client_L1_list.asp)。

附錄：台灣外來種陸域脊椎動物風險評估表(續)

Appendix: Score sheet used for the risk assessment system of exotic terrestrial vertebrates in Taiwan (Cont.)

物種名稱(中文、英名和學名) _____

審查員 _____ 日期 _____

評估項目		分數		和	
一、 引入潛力	1. 引入成功性	/5=		/4=	_____ ×1
	2. 寵物交易	/5=			
	3. 該物種的利用價值	/4=			
	4. 可被察覺性	/8=			
二、 建立族群潛力	1. 生活史特性	/8=		/3=	_____ ×2
	2. 適應性	/3=			
	3. 全球分布現況	/4=			
三、 危害能力	1. 在原生地或其他入侵地的經濟危害(僅考慮農產品)	/4=		/7=	_____ ×3
	2. 在原生地或其他入侵地的經濟危害(非農產的經濟損失)	/2=			
	3. 對台灣農業的危害	/105.6=			
	4. 對台灣經濟的危害(非農產的經濟損失)	/2=			
	5. 對台灣自然資源的危害	/4=			
	6. 對台灣以外的其他入侵地自然資源的危害	/4=			
	7. 對社會健康的危害(包含原生地與各入侵地)	/4=			
總分					

台灣細鰻 *Rasborinus formosae* (Oshima, 1920)
之人工繁殖及幼苗發育研究

Artificial Breeding and Larval Development of the
Taiwan Lesser-Bream *Rasborinus formosae*
(Oshima, 1920)

賴弘智¹ 張瑞宗¹ 施志昫^{2,*}

Hong-Thih Lai¹, Jui-Tsung Chang¹ and Jhy-Yun Shy^{2,*}

¹國立嘉義大學水產生物學系 嘉義市學府路 300 號

²國立澎湖科技大學水產養殖學系 澎湖縣馬公市六合路 300號

¹Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

²Department of Aquaculture, National Penghu University, Penghu, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

台灣細鰻 *Rasborinus formosae* (Oshima, 1920) 為原來普遍分布於淡水河水系緩流區及湖泊的小型魚類，由於棲地破壞、污染與外來種干擾等因素，使其族群面臨嚴重威脅，並有滅絕危機。本研究藉由人工催熟與自然產卵的方式進行台灣細鰻的繁殖試驗，並進行育苗觀察與記錄，以瞭解台灣細鰻之繁殖過程、生殖習性與魚苗成長過程，期望逐步建立台灣細鰻之基礎生物學資料，並應用於自然環境中之復育或人工繁養殖。由實驗得知，台灣細鰻的魚卵卵徑約 1.1 mm，為沈性帶黏性卵，在水溫 24-28°C 的環境中約 23-25 hr 孵化，初孵化的魚苗體長約為 3.8 mm，魚苗在孵出第 4 天開始攝食餌料。尾鰭於第 6 天開始發育，背鰭於第 10 天開始發育，腹鰭第 19 天發育，第 28 天可清楚觀察到鱗片長出。

Abstract

Taiwan lesser-bream *Rasborinus formosae* (Oshima, 1920) is an endemic freshwater fish, occurring in a few mountain ponds and brooks along tributaries of the upper Tanshui River in the northern Taiwan. It has been very rare in Taiwan, owing to its habitat destruction, water pollution, and irruption of exotic fishes. This study was the first step for the conservation of *R. formosae*. We conducted artificial breeding of the fish and observed its embryonic and larval development. Egg diameters were about 1.1 mm. Larval hatched at 23-25 hours after fertilization at water temperature of 24-28°C. Total length of newly hatched larvae was about 3.8 mm. The larvae began feeding on 4 dah (days after hatching). Caudal fin developed on 6 dah, dorsal fin on 10 dah, pelvic fins on 19 dah, and scales clearly observable on 28 dah.

關鍵詞：台灣細鰻、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

Key words: *Rasborinus formosae*, artificial breeding, embryonic development, larval development

收件日期：94年9月5日

接受日期：95年1月20日

Received: September 5, 2005

Accepted: January 20, 2006

緒 言

台灣的部分淡水魚類因為受到環境污染及棲地破壞等影響，目前數量正持續減少中，其中少數較稀有的種類，如果不積極的進行保護和復育，甚至有遭受滅種的可能。

台灣細鰻 *Rasborinus formosae* (Oshima, 1920) 俗稱尖嘴仔、車栓子或台灣黃鰻魚，在分類上屬於鯉形目 (Cypriniformes)、鯉科 (Cyprinidae)、鮎亞科 (Cultrinae)、細鰻屬 (*Rasborinus*)。台灣細鰻為台灣原生初級性淡水魚，主要棲息於平原河川中下游緩流的潭區以及湖沼水體中上層水域裡。其形態特徵為背鰭 2，8；臀鰭 2，14；胸鰭 1，13；腹鰭 1，7，腹鰭基部至肛門具有一明顯的肉稜 (陳及于 1986; 曾 1986, 1990; 沈 1993; Chen and Chang 2005)。體延長，頗側扁。頭小，眼小，吻短，無鬚。體被中大型的圓鱗，側

線完全，體側中央有一灰黑色的縱帶。成魚體長約 5-8 cm。雜食偏肉食性，以有機碎屑、昆蟲及浮游生物等為食 (曾 1986; Chen and Fang 1999; 陶 2004)，現有學者建議該魚種應更名為台灣梅氏鰻 (*Matzia formosae*) (Chen and Chang 2005)。

台灣細鰻多棲息在台北縣的小型湖沼，或河川中下游較淺的緩流潭區內。但近來由於水域環境遭受污染或破壞，造成棲息地銳減，再加上外來種的競爭迫害，使得其族群量大幅減少。目前台灣細鰻自然族群可能僅殘存於台北汐止山區的極少數小型天然湖泊。由於本魚種數量已經相當稀少，且有瀕臨滅絕危機，雖仍未被列入保育類魚種，但仍建議在台灣亦應加以適當保護，目前大陸地區已經將台灣細鰻(大陸稱台細鰻)列入瀕危魚類紅皮書中 (Yue and Chen 1998)。目前對台灣細鰻的生態或生殖習性研究相當缺乏，

且只限於介紹性報導，為避免這種稀有且具有觀賞性、經濟性與鄉土性之原生魚種於本地水域環境中消失，除應努力改善其棲息環境，也有必要持續進行其種原之保存研究，以維繫此種魚類在台灣之存續。

本研究嘗試進行台灣細鰻之人工繁殖，探討本魚種之繁殖條件與幼苗孵化成長過程，期望能為台灣細鰻的復育及種原保存建立初步資料。

材料與方法

種魚的採集地點為台北縣汐止鎮山區的小型湖泊，採集方法為使用竿釣與籠具。本研究共採獲約 40 尾種魚，採得的種魚運送回實驗室馴養。春季採集之種魚在馴養約 1-2 個月後，由外觀可以觀察到雌魚腹部有顯著之膨脹現象，此時 (2004年6月) 即開始進行人工繁殖試驗。

進行人工繁殖試驗時，挑選較成熟之雌雄魚各 5 隻，進行 2 劑注射催產後，一起蓄養在繁殖桶中待產，於注射前先以 250 ppm 的 2-phenoxyethanol 進行麻醉。注射時間第一劑為 12:00，第二劑為 18:00，注射液為鯉魚的腦下垂體研磨液和 LRH-A 混合液，平均每尾種魚每次注射劑量為腦下垂體研磨液 10 $\mu\text{g/g}$ ，LRH-A 為 0.2 $\mu\text{g/g}$ ，經過第二次注射的種魚隨後移至水族箱中待產 (Liu and He 1992)。

產卵的水族箱內放置黑色的隔離網，隔離網內放置種魚以及浮水性植物，水族箱四周用黑布包裹，以防止種魚受到驚嚇。

產卵後進行卵發育階段之觀察，除測量卵徑變化外，並觀察記錄發育過程之變化，仔魚孵化後每日取 3 尾進行體長測量與觀察，若發育階段有顯著之變化，則測量體長並拍照記錄後，浸泡於 3.5% 福馬林 (formalin) 中保存。

結果

一、產卵習性與產卵數

催產注射過的種魚約在當日 22:00-23:00 開始觀察到追尾現象。隔日計算共發現有 200 餘顆魚卵，卵粒多集中於水族箱底部。

二、魚卵特徵

魚卵大致呈圓形，卵徑平均 1.1 mm，為透明的沉性帶黏性卵。

三、魚卵發育

在次日上午 9:00 採得的受精卵已經進入原腸早期，可能已經受精約 3-4 hr，因此估計其產卵時間約於次日上午 5:00-6:00 產卵。在產卵後於水溫 24-28°C 的環境中，距受精 10 hr 可以清楚的看到肌節的出現，約 12 hr 可以觀察到尾芽出現，約 24 hr 魚苗開始孵出。詳細的魚卵發育過程如表 1。

四、魚苗孵化與發育

剛孵出的魚苗體長約 3.8 ± 0.3 mm，卵黃囊相當大，囊部前端可達頭部。眼部在頭部前端下側，且占頭部的大部分。剛孵出的魚苗游泳能力相當弱，且多靜止依附於水族箱底部以及四周壁上。

孵出後 1 天的魚苗，色素點增多，口部已經有小裂縫，然尚未發育完全。卵黃囊顯著縮小。

孵出後 2 天的魚苗色素點持續增加，體色明顯變深。眼部加大，且相對於頭部的比例增加。鰓開始發育，口也已發育成形，但尚未觀察到消化道與肛門的形成。此時期仍須靠卵黃囊提供發育所需營養，同時卵黃囊相對前一天有明顯變小的現象。

孵出後 3 天的魚苗可以看到食道的發育，但此時尚無法攝食。

表1. 台灣細鰻 (*Rasborinus formosae*) 受精卵發育過程Table 1. Embryonic development of *Rasborinus formosae*

Hours after fertilization	Developmental stages
5 (estimated)	Gastrula
10	Myotome observable
12	Tail observed
20	Heart beats, otolith observed
24	Fish larva hatched

孵出後4天的魚苗卵黃囊已經完全的吸收，口部與消化系統已經發育完全，可以開始攝食。此外，胸鰭及鰓也已發育完全。

孵出後6天的魚苗動作已經很敏捷，並且會在水表面活動，同時可以捕食水蚤幼體，尾鰭也開始發育。

孵出後10天的魚苗背鰭開始發育。

孵出後12天的魚苗，尾鰭鰭條發育完成。

孵出後19天的魚苗長出腹鰭。

孵出後28天的魚苗可以明顯觀察到鱗片。

詳細魚苗發育過程之日數、體長與主要特徵如表2。

討 論

台灣細鰻的受精卵卵徑約為 1.1 mm，與一般本地原生小型鯉科魚類的卵徑大致相近，例如與其體型約略相等的台灣副細鰻

表2. 台灣細鰻 (*Rasborinus formosae*) 魚苗發育過程Table 2. Larval development of *Rasborinus formosae*

Days after hatching (dah)	Body length (mm)	Developmental stages
0	3.8 ± 0.3	Head occupied mainly by eyes
1	4.0 ± 0.3	Pigment cells increased
2	4.1 ± 0.2	Gill and mouth developed
3	4.5 ± 0.2	Esophagus observed
4	4.7 ± 0.3	Pectoral fin developed and feeding began
6	5.0 ± 0.2	Caudal fin developed
10	5.2 ± 0.2	Dorsal fin emerged
12	6.0 ± 0.4	Caudal fin well developed
19	8.0 ± 0.2	Pelvic fins developed
28	10.2 ± 0.3	Scales clearly observable

(*Pararasbora moltrechti*, 俗稱白魚或肉魚) 以及條紋二鬚鯃(*Puntius semifasciolatus*, 俗稱紅目魮) 等魚類, 卵徑也大約為 1.1-1.2 mm (Lai *et al.* 2003)。體型中等的鯉魚 (*Cyprinus carpio*), 其卵徑範圍則約為 1.4-2.5 mm (呂 1996), 而鰱魚 (*Carassius auratus*) 卵徑範圍則約為 1.4-1.7 mm (Kawanabe and Mizuno 1989; Liu and He 1992; Lai *et al.* 2003)。體型更大的青魚、草魚、白鰱或黑鰱等魚類卵徑從 1.6-1.7 mm (Pan 1990) 到 4-6 mm (Liu and He 1992) 等皆有紀錄。由上述比較可推測得知, 不同種的鯉科魚類, 體型較大者, 其卵徑也有相對較大之傾向。

台灣細鰻受精卵於水溫 24-28°C 的環境中約 23-25 hr 開始孵化, 另一原生種魚類台灣副細鰻在 26°C 時, 孵化時間大約為 25 hr (Lai *et al.* 2003), 兩種魚類不論在體型、受精卵大小與孵化時間皆相當接近。本實驗室另一研究

中也發現, 條紋二鬚鯃的孵化條件也與前述兩種魚類相當接近。同屬台灣溪流魚類, 但體型較大的馬口魚 (*Zacco barbata*), 其受精卵同在約 26°C 時, 則需約 60 hr 才能孵化 (熊 1999)。其餘前述體型較大的鯉科魚類受精卵孵化大多需要較長的時間, 例如鯉魚或鰱魚受精卵在水溫約 25°C 時, 孵化時間約需 1.5-3 日, 草魚受精卵即使水溫達 26°C, 也需 24 hr 才能孵出 (Liu and He 1992)。推測孵化時間相異的原因, 除了因為魚卵較小, 能提供魚苗發育的能量較少外, 亦有可能是因為台灣細鰻與其他原生性小型鯉科魚類多有溯溪產卵的習性, 且產卵時間集中在春季與夏季等水位與水流量受雨量影響變化顯著的季節, 因此縮短受精卵孵化的時間, 可能有助於魚苗在溪流中移動, 進而提昇其存活率。本研究將產卵後的種魚另行蓄養後, 發現其生殖有再次發育的現象, 顯示此魚種應可進行多次

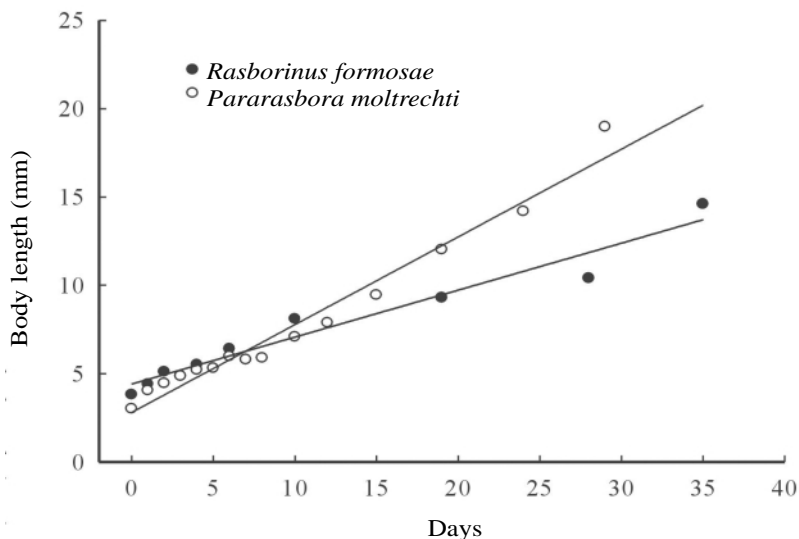


圖1. 台灣細鰻(*Rasborinus formosae*) 與台灣副細鰻 (*Pararasbora moltrechti*) 的魚苗成長變化比較。

Fig. 1. A comparison in larval growth between *Rasborinus formosae* and *Pararasbora moltrechti*.

產卵。

台灣細鰻魚苗成長體長變化如圖 1，其成長速度經統計分析後所得到的迴歸線為 $Y = 0.2659 X + 4.409$ ，其中 X 為成長天數， Y 為體長 (mm)。比較另一種台灣小型溪流魚類-台灣副細鰻的成長速度，台灣副細鰻魚苗的成長迴歸線為 $Y = 0.497 X + 2.802$ 。由結果可清楚看出，在孵化後10天內，兩種魚苗的成長速度相近，但經過10天之後，台灣細鰻魚苗的成長速度則顯著低於台灣副細鰻 (Lai *et al.* 2003)。此外，比較台灣細鰻與本研究室繁殖的其他溪流魚類魚苗成長速度，也發現台灣細鰻魚苗成長較為緩慢，顯示此魚種在自然界中的族群補充速度可能會因此受到限

制。台灣細鰻魚苗發育過程中，在孵化2週後有大量死亡的現象，死亡率高達 50%，出現的時間主要在背鰭發育的階段，其他溪流魚類的魚苗在人工孵育過程中，也經常會發生類似的現象 (Lai *et al.* 2003)。

孵出後19天的魚苗，會在繁殖缸中有集體群游的現象，並且游動的區域位在表層水域。此種行為與採集種魚時，觀察到野生的台灣細鰻會有集體群游的現象符合。

成熟的台灣細鰻在外觀上並不容易鑑別雌雄，不像大多數雄性鯉科魚類在成熟時，頭部或身體外表會有追星等第二性徵出現，此外，此魚也沒有明顯的婚姻色。因此，分辨成熟台灣細鰻性別的方法主要是藉著雌魚

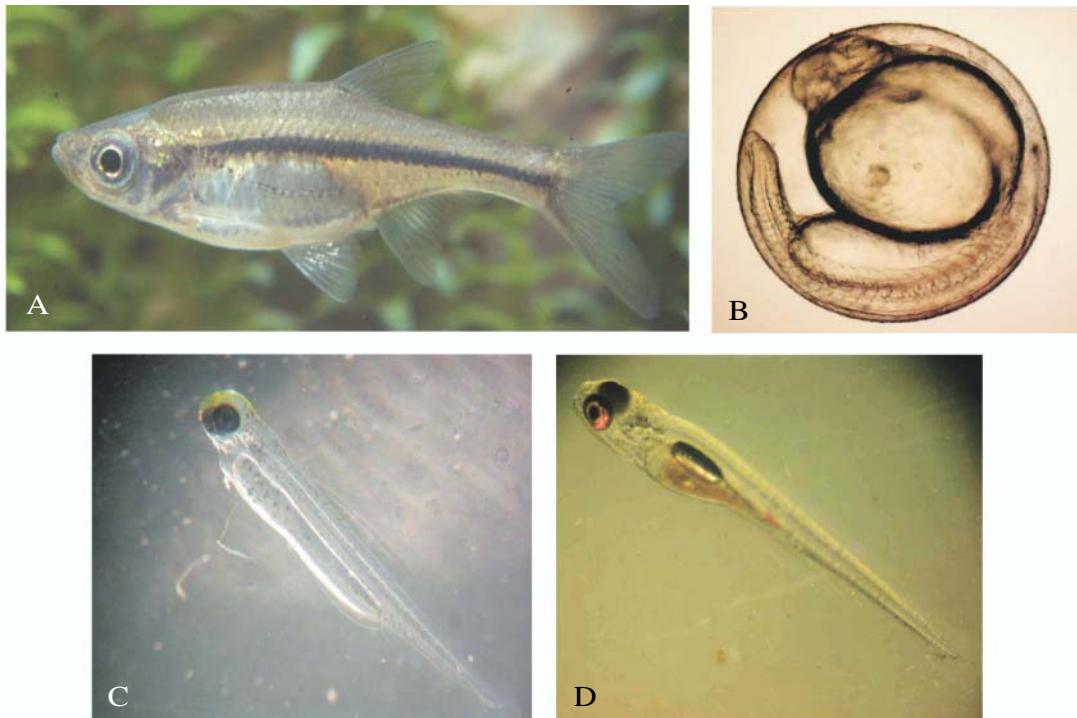


圖2. 台灣細鰻 (*Rasborinus formosae*) A,成熟母魚；B,受精且開始發育之胚胎；C,剛孵出的魚苗；D,孵出10天的魚苗。

Fig. 2. *Rasborinus formosae*: A, mature female; B, embryo in egg; C, newly hatched larva; D, larva on 10 days after hatching.

的體型會比雄魚稍大，且雌魚腹部也較雄魚膨大。

台灣細鰻目前僅存在台北縣汐止山區的少數湖泊中，因為棲地破壞等因素，導致自然族群數量持續減少中。由本研究的繁殖實驗發現，本魚種的繁殖與育苗技術雖不特別困難，產卵的數量也與一般小型魚種差異不大，但因為此魚種易受驚嚇，因此平時棲息與繁殖的場所偏好在多水草或多挺水植物等隱蔽性較高的水域，此點是進行棲地復育時須特別注意的地方。目前其天然棲地因為開發或旅遊等因素，正持續受到破壞，導致其自然族群數目一直在減少中。此外，台灣細鰻育苗成長速度較其他小型鯉科魚類緩慢，若棲地缺乏水生植物等隱蔽物，則會減低本種魚與其他魚種的競爭力或易受到天敵的攻擊，導致族群補充速度緩慢。因此天然棲地的適度保護營造與隔離，應該是台灣細鰻自然復育成功與否的關鍵。

謝 誌

本報告承蒙行政院農業委員會漁業署計畫(93農科-4.1.1-漁-F1)經費支持，實驗期間嘉義大學水產生物學系翁紹儒與蔡澄崇兩位同學在台灣細鰻繁殖、蓄養與觀察記錄上多方協助，使得本研究順利完成，特此一併致謝。

引用文獻

- 呂迅。1996。鯉魚精養高產技術問答。科學普及出版社。北京，中國。
- 沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學動物學系。台北，台灣。
- 陳兼善、于名振。1986。台灣脊椎動物誌(上冊)。台灣商務印書館。台北，台灣。
- 陶天麟。2004。台灣淡水魚地圖。晨星出版社。361頁。台北，台灣。
- 曾晴賢。1986。台灣淡水魚類。台灣省政府教育廳。183頁。
- 曾晴賢。1990。台灣淡水魚(I)，台灣野生動物資源調查-淡水魚資源調查手冊(3)。行政院農業委員會。台北，台灣。
- 熊文俊。1999。台灣馬口魚(*Zacco barbata*)之繁殖研究。國立台灣大學動物學研究所。台北，台灣。
- Chen, I. S. and L. S. Fang. 1999. The freshwater and estuarine fishes of Taiwan. National Museum of Marine Biology & Aquarium, Pingtung, Taiwan. 287 pp.
- Chen, I. S. and Y. C. Chang. 2005. A photographic guide to the inlandwater fishes of Taiwan, Vol. 1, Cypriniformes. The Sueichan Press, Keelung, Taiwan. 284 pp.
- Kawanabe, H. and N. Mizuno. 1989. Freshwater fishes of Japan. Yama-Kei Publishers Co., Tokyo, Japan. 719 pp.
- Lai, H. T., J. R. Wang, C. H. Wu and J. Y. Shy. 2003. Egg development and breeding of larva in Taiwan white fish, *Parasbora moltrechti* Regan. Journal of the Biomass Energy Society of China 22: 123-128.
- Liu, J. K. and B. W. He. 1992. Cultivation of the Chinese freshwater fishes. Science Press, Beijing, China. 750 pp.
- Pan, J. H. 1990. The freshwater fishes of Guangdong Province. Guangdong Science and Technology Press, Guangdong, China. 589 pp.
- Yue, P. and Y. Chen. 1998. Pisces. China red data book of endangered animals. Science Press, Beijing. 247 pp.

A New Species of the Gnaphosid Spider Belonging to the Genus *Aphantaulax* (Araneae: Gnaphosidae) from Taiwan

台灣產驚蛛科蜘蛛新種台南秘蛛 (*Aphantaulax tainanica* sp. nov.)

Yih-Tsong Ueng¹ and Tzu-Yang Weng²

翁義聰¹ 翁子洋²

¹Department of Environmental Engineering, Kun-Shan University of Technology, Tainan, Taiwan

²Department of Bioscience Technology, Chang-Jung Christian University, Tainan, Taiwan

¹崑山科技大學環境工程系 台南縣永康市大灣路949號

²長榮大學生物科技系 台南縣歸仁鄉長榮路一段396號

Abstract

This paper describes a new gnaphosid spider *Aphantaulax tainanica* sp. nov. from the Shihchu Wildlife Reserve, Tainan City, Taiwan. It is distinguishable from other congeners by having globular shaped spermathecae in female and a light yellow, awl-shaped tibial apophysis in male.

摘要

本文報導一種台灣產蜘蛛目(Araneae)驚蛛科(Gnaphosidae)之新種—台南秘蛛(*Aphantaulax tainanica* sp. nov.)。標本採集自台南市四草野生動物保護區的短草區。雌蛛的納精囊呈球形，雄蛛觸肢的脛節突淡黃色且逐漸縮成角錐狀。

Key words: Araneae, Gnaphosidae, *Aphantaulax tainanica*, new species, Taiwan

關鍵詞：蜘蛛目、驚蛛科、台南秘蛛、新種、台灣

Received: March 16, 2005

Accepted: February 21, 2006

收件日期：94年3月16日

接受日期：95年2月21日

Introduction

Gnaphosid spiders are free-living, nocturnal animals mainly found on the grounds and some on plants. Most of the ground-dwelling species build a silk retreat under stones or surface debris, in where they shelter themselves during non-active periods (Song *et al.* 1999). They belong to the family Gnaphosidae Pocock, 1898, a large family that comprises 113 genera and 1,955 species in the world (Song *et al.* 2004). In Northeast Asia, about 166 species in 34 genera have been reported from China, 59 species in 19 genera from Japan (Song *et al.* 1999; Kamura 2000, 2002; Tanikawa 2000, 2003; Song *et al.* 2004), but only two species *Zelotes asiaticus* (Bösenberg and Strand, 1906) and *Kishidaia albimaculata* (Saito, 1934) from Taiwan (Chu and Okuma 1975; Chen 1996, 2001; Chen 2002), and a single species *Aphantaulax trifasciata* (Pickard-Cambridge, 1872) from the Kinmen Island (Tso 2004).

This paper describes a new species *Aphantaulax tainanica* sp. nov. from the Shihchu Wildlife Reserve, Tainan City, Taiwan. It is a member of the genus *Aphantaulax* with chelicerae characterized by a denticle on retromargin and a saw-toothed ridge on the promargin of fang groove, rather than separate teeth and the carapace without a thoracic groove. Specimens were preserved in 75% ethanol-water solution and deposited at the National Museum of Natural Science (NMNS), Taichung City, Taiwan. Images of specimens were preformed using a stereo-zoom microscope (SZ-60, OLYMPUS). Abbreviations used in the paper are: ALE, anterior lateral eye; AME, anterior median eye; PLE, posterior lateral eye; PME,

posterior median eye. Eye size was measured as a length of its long axis but for PME it is along a horizontal plane.

Aphantaulax tainanica sp. nov.

(Figs. 1- 4)

Type material

Holotype: A female specimen collected from the Shihchu Wildlife Reserve, Tainan City, 29 July 2003 by Yih-Tsong Ueng (NMNS-4668-003).

Paratypes: A female specimen (NMNS-4185-001) and a male specimen (NMNS-4668-004) collected from the locality same to holotype, respectively, 28 July 2002 and 29 July 2003 by Yih-Tsong Ueng.

Other material

A sub-adult male collected 28 July 2002 (NMNS-4185-002); a sub-adult female and a juvenile 28 June 2003 (NMNS-4668-001, 002); two juveniles 1 April 2004 (NMNS-4668-005); a sub-adult female and three sub-adult males 7 April 2004 (NMNS-4668-006, 007). All of the above specimens were collected from the type locality by Yih-Tsong Ueng.

Characters

Female holotype (Figs. 1, 2): Body 4.6 mm in length. Carapace 2.0 mm in length and 1.2 mm in width. Abdomen 2.4 mm in length and 1.5 mm in width. Eye sizes: AME 0.06 mm, ALE 0.08 mm, PME 0.06 mm, PLE 0.04 mm in length. Distances between eyes: AME-AME 0.08 mm, AME-ALE 0.04 mm, PME-PME 0.16 mm, PME-PLE 0.10 mm, AME-PME 0.16 mm (Fig. 1A). Measurements of legs are listed in

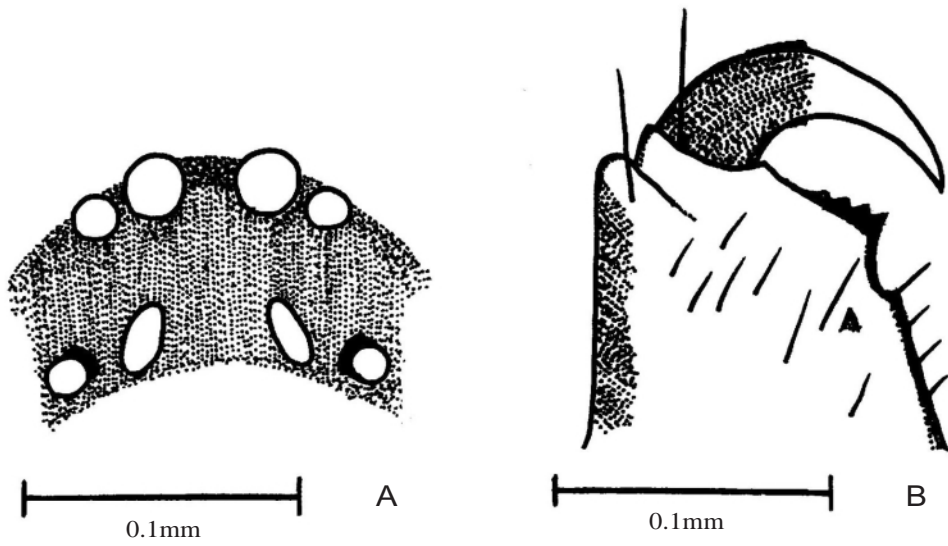


Fig. 1. Dorsal view of eyes (A) and right chelicera (B) of *Aphantaulax tainanica* sp. nov.

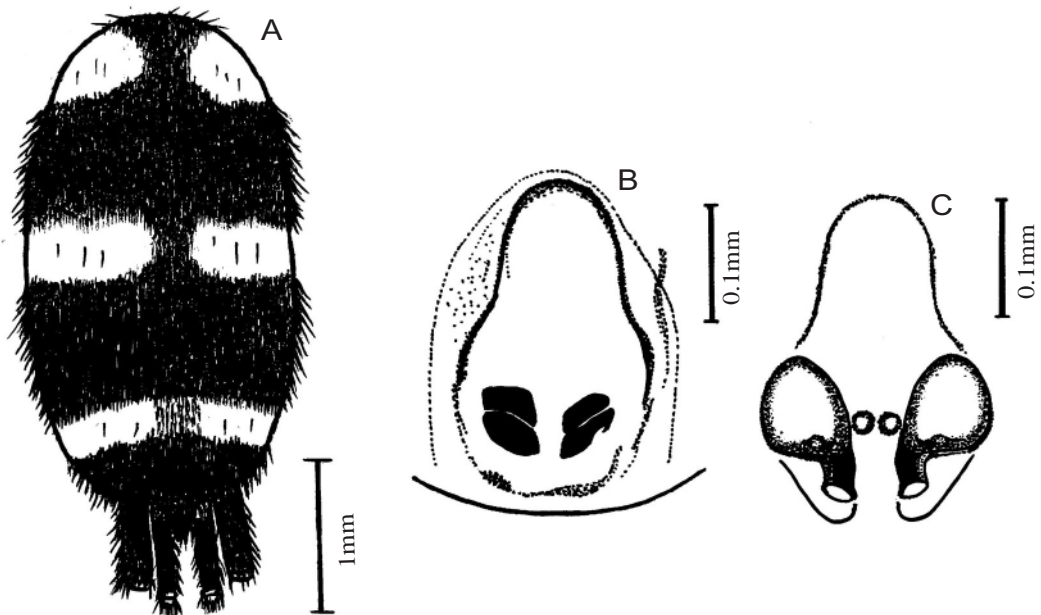


Fig. 2. Female genital organs of *Aphantaulax tainanica* sp. nov. (NMNS-4668-003, holotype): A, dorsal view of opisthosoma; B, ventral view of epigynum; C, dorsal view of vulva.

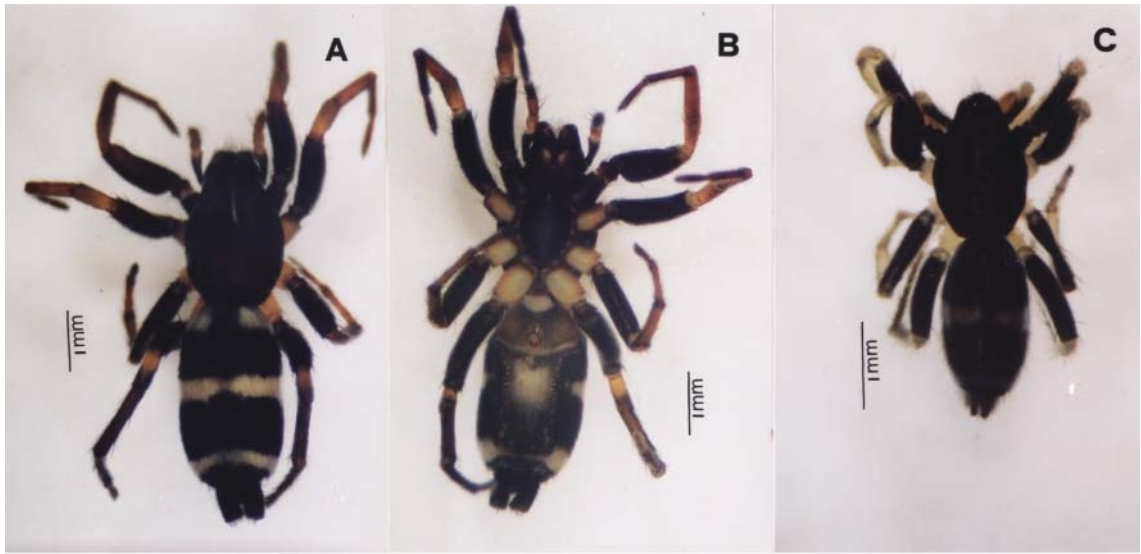


Fig. 3. External features of *Aphantaulax tainanica* sp. nov. A, dorsal view of female (NMNS-4185-001, paratype); B, ventral view of the same female; C, dorsal view of male (NMNS-4185-002, paratype).

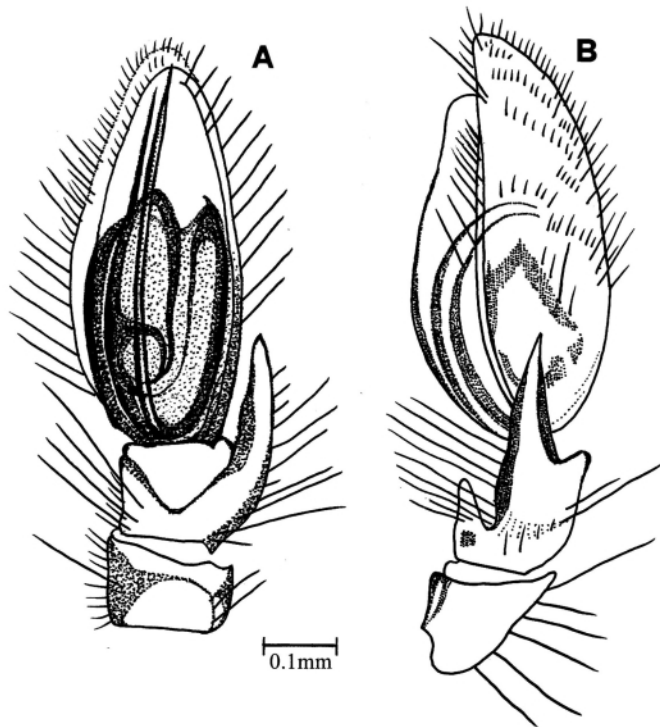


Fig. 4. Ventral view (A) and retrolateral view (B) of male palp of *Aphantaulax tainanica* sp. nov. (NMNS-4185-002, paratype).

Table 1. Chelicera brown in color; a denticle on retromargin; a wide saw-tooth on promargin (Fig. 1B). Carapace, chelicerae and sternum dark chestnut brown in color. Dorsal opisthosomal pattern is shown in Fig. 2A, abdomen black, dorsum with three broad transverse white bands of which anterior one is separated in the middle by a black bar, ventral side of abdomen black with a middle white transverse band, and a white spot on either side of black spinnerets. Color of legs: coxa I dark, coxae II-IV yellowish white, femur dark brown, patella and tibia III-IV dark brown, tarsus and metatarsus IV dark brown, other parts of legs pale brown. Epigynum (Fig. 2B) ovoid in shape, longer than width, with a brown rim anteriorly, and a pair of black spots behind with a cleft in the middle. Vulva with heavily sclerotized copulatory ducts and globular spermathecae (Fig. 2C).

Female paratype (NMNS-4185-001) (Figs. 3A, B) is larger in size than holotype. It has 6.6 mm in body length; carapace 2.6 mm in length and 1.7 mm in width; abdomen 3.2 mm in length and 1.8 mm in width. Ventrums of abdomen with lighter spots arranged in a U-shape over the three-fourths of abdomen length. Measurements of legs are shown in Table 1.

Male paratype (NMNS-4185-002) (Fig. 3C): Body 3.8 mm in length. Carapace 1.5 mm in length and 0.85 mm in width. Abdomen 1.9 mm in length and 1.0 mm in width. Opisthosoma black with three heavily constricted white bands on dorsum, of which the middle band is cleaner than others, as the bands are covered with black skin under white hairs and others stripes running sideward (Fig. 3C). Measurements of legs are shown in Table 1. Color of legs: coxa I dark, femur I-IV dark brown, rest of legs pale

yellowish white. Palpus: distal tip of embous black, reaching to the top of cymbium, tibial apophysis light yellow, awl-shaped and gradually tapering to tip (Figs. 4A, B).

Remarks:

Aphantaulax tainanica has awl-shaped tibial apophysis that differs from that with a small needle-tip or hook-tip of *A. australis*, *A. cincta*, *A. ensifera* and *A. trifasciata* (Simon 1893, 1907; Levy 2002; Song *et al.* 2004). Its light yellow tibial apophysis (retrolateral view) differs from dark tibial apophysis of *A. univittatus*, *A. seminigra*, *A. inornata* and *A. stationis* (Thorell 1897; Tucker 1923; Kamura 2000). *A. tainanica* is easily distinguishable from *A. signicollis*, *A. stationis* and *A. voiensis* by the shape of epigynum (Tucker 1923: figs. 51, 52A; Berland 1920: fig. 124). Although the epigynum of sub-adult *A. tainanica* is similar to that of *A. fasciata* (Deeleman-Reinhold 2001: fig. 877; Kulczyński 1911: fig. 27), globular shaped spermathecae of the former (Fig. 2C) is different from that of the latter. In other words, globular spermathecae in female and awl-shaped tibial apophysis in male are the characters of *A. tainanica* distinguishable from those of the other members of the genus *Aphantaulax*. The specific name is derived from the type locality, Tainan City, Taiwan.

Acknowledgments

We are very thankful for the sponsorship of this project in parts by the Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC and by the Tainan City Government (Grant number: 92-Nature Conservation foundation- 3.1(14)- 2).

Table 1. Measurements (mm) of legs of *Aphantaulax tainanica*

	Leg	Femur	Patella	Tibia	Metatarsus	Tarsus	Total
Female (holotype) (NMNS-4668-003)	I	1.10	0.65	0.95	0.60	0.50	3.80
	II	1.00	0.55	0.80	0.65	0.65	3.65
	II	1.00	0.50	0.70	0.70	0.55	3.45
	IV	1.40	0.70	0.95	1.10	0.55	4.70
Female (paratype) (NMNS-4185-001)	I	1.20	0.72	1.12	0.80	0.66	4.50
	II	1.20	0.60	1.12	0.88	0.68	4.48
	II	1.24	0.60	1.00	0.94	0.68	4.46
	IV	1.60	0.86	1.00	1.40	0.64	5.50
Male (paratype) (NMNS-4185-002)	I	0.90	0.42	0.60	0.54	0.44	2.90
	II	0.64	0.38	0.60	0.48	0.44	2.54
	III	0.80	0.36	0.50	0.60	0.48	2.74
	IV	1.10	0.32	0.76	0.58	0.36	3.12

Literature Cited

- Berland, L. 1920. Araneae (2^e partie), in Voyage de Ch. Allaud et R. Jeannel en Afrique Orientale (1911-1912). Résultats scientifiques. Arachnida 4: 95-180.
- Bösenberg, W. and E. Strand. 1906. Japanische Spinnen. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft 30: 93-422.
- Chen, S. H. 1996. A checklist of spiders in Taiwan. Annual of Taiwan Museum 39: 123-155.
- Chen, S. H. 2001. A guide to common spiders of Taiwan. Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
- Chen, Z. J. 2002. Spiders of Taiwan: An introduction. Tronman Company, Taiwan.
- Chu, Y. I. and C. Okuma. 1975. A checklist of spiders in Taiwan (II). Annual of Taiwan Museum 18: 101-119.
- Deeleman-Reinhold, C. L. 2001. Forest spiders of South East Asia with a revision of the sac and ground spiders (Araneae: Clubionidae, Corinnidae, Liocranidae, Gnaphosidae, Prodidomidae and Trochanteriidae). Koninklijke Brill NV, Leiden, The Netherlands.
- Kamura, T. 2000. Three species of the genera *Zelotes* and *Aphantaulax* (Araneae: Gnaphosidae) from Japan. Acta Arachnologica 49: 159-164.
- Kamura, T. 2002. Ganaphosidae (4). The Reports of Kansai Spider Society, Japan 32: 16-22.
- Kulczyński, W. 1911. Symbola ad faunam Aaraneorum Javae et Sumatrae cognoscendam. II. Sicariidae, Dysderidae, Drassodidae, Zodariidae. Bulletin de l'Academie des Sciences de Cracovie 1911: 451-496.
- Levy, G. 2002. Spiders of the Genera *Micaria*

- and *Aphantaulax* (Araneae, Gnaphosidae) from Israel. *Israel Journal of Zoology* 48: 111-134.
- Pickard-Cambridge, O. 1872. General list of the spiders of Palestine and Syria, with descriptions of numerous new species, and characters of two new genera. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1872: 212-354.
- Pocock, R. I. 1898. The arachnida from the province of Natal, South Africa, contained in the collection of the British Museum. *The Annals and Magazine of Natural History, Series 7*, 2: 197-226.
- Saito, S. 1934. Spiders from Hokkaido. *Journal of the Faculty Agriculture, Hokkaido Imperial University* 33: 267-362.
- Simon, E. 1893. *Etudes arachnologiques*. 25e Memoire. XL. Descriptions despeces et de genres nouveaux de lordre des Araneae. *Annales de la Societe Entomologique de France* 62: 299-330.
- Simon, E. 1907. Arachnides recueillis par L. Fea sur la côte occidentale d'Afrique. Ire partie. *Annali del museo civico di storia naturale di Genova* 43: 218-323.
- Song, D., M. Zhu and J. Chen. 1999. *The spiders of China*. Hebei Science and Technology Publishing House, China.
- Song, D., M. Zhu and F. Zhang. 2004. *Fauna Sinica: Invertebrata Vol. 39: Arachnida: Araneae: Gnaphosidae*. Science Press, China.
- Tanikawa, A. 2000. A check list of Japanese spiders. *Kishidaia* 78: 79-142.
- Tanikawa, A. 2003. A check list of Japanese spiders. *Shichirigahama Senior High School*, Japan.
- Thorell, T. 1897. Viaggio di Leonardi Fea in Birmania e regioni vicine. *Nel Museo Civico di Storia Naturale di Genova* 37: 161-267.
- Tso, I. M. 2004. Investigation of spider diversity in Kinmen. *The reports of Kinmen National Park, Construction and Planning Agency of Ministry of Interior, Taiwan*.
- Tucker, R. W. E. 1923. The Drassidae of South Africa. *Annals of the South African Museum* 19: 251-438.

武陵地區溪流石附生藻類時間及空間分布

Temporal and Spatial Variations of Epilithic Periphyta in the Upper Tachia River of the Wulin Area

于淑芬¹ 林幸助^{1,*} 陳伯中²

Shu-Fen Yu¹, Hsing-Juh Lin^{1,*} and Pei-Chung Chen²

¹國立中興大學生命科學系 台中市國光路250號

²弘光科技大學生物科技系 台中縣沙鹿鎮晉江里中棲路34號

¹Department of Life Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

²Department of Biotechnology, Hung-Kuang University, Taichung, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘要

武陵地區溪流是目前櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)重要的棲息環境，但目前數量稀少且瀕臨絕種。石附生藻類為溪流生態系內主要基礎生產者，本研究目的在探討溪流內石附生藻之豐度及群集變化。利用MDS空間排序分析，發現武陵地區溪流石附生藻類有顯著之季節性差異，其中春、冬季的豐度顯著多於夏季及秋季。藻類組成以矽藻為主，占藻種數量80%以上，優勢種以羽紋矽藻目之曲殼藻屬(*Achnanthes*)為主。藻類豐度以有勝溪最多，且七家灣溪、高山溪、桃山北溪及有勝溪之藻種群集有顯著不同。利用BIOENV分析，發現矽酸鹽及流速為影響藻類群集季節變化之主要因子，而水溫、pH值、導電度、無機氮鹽及矽酸鹽為影響藻類空間差異之主要因子。

Abstract

The landlocked Formosan salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) is an endangered species, that occurs only in the upper Tachia River of the Wulin area of Taiwan. As epilithic periphyta are the main primary producers of the river, this study was intended to determine their biomass and species composition, using the non-metric multi-dimensional scaling (MDS) analysis. The results showed that

there were significant seasonal differences in algal biomass: higher in spring and winter than in summer and fall. Diatoms were the most abundant species, contributing over 80% of the total number of the periphyta collected. Most of them belonged to pennatae, of which the genus *Achnanthes* was the most abundant at all sites. Values of chlorophyll-a were significantly higher in the Yeaushen Creek than other creeks. Algal communities also varied among the creeks. The results of BIOENV analyses suggested that water temperature, SiO₂ and current velocity were the major factors causing the seasonal variation of the periphyton community in the creeks of the Wulin area, while water temperature, pH, conductivity, DIN and SiO₂ were the causes for the spatial variation.

關鍵詞：武陵地區、石附生藻類、藻類群集

Key words: epilithic periphyta, algal community, Wulin, Taiwan

收件日期：95年4月4日

接受日期：95年7月3日

Received: April 4, 2006

Accepted: July 3, 2006

緒 言

武陵地區位於台中縣和平鄉，本區溪流有桃山北溪、七家灣溪、高山溪及有勝溪等，屬於大甲溪之上游。武陵地區溪流(除有勝溪外)存在有瀕臨滅絕之保育類魚類—櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)。此種鮭魚對於水質之要求高，生活水溫要低於16°C，棲地要有深潭等等，當然也要有豐富的水生昆蟲作為食物(林等 1988；汪 1994)。為了瞭解及復育櫻花鉤吻鮭，於本區所作之各種研究不勝枚舉，但對於本區溪流之藻類相則少有人探討，僅有汪靜明(1994)及陳弘成(2000)作種類的調查。

藻類是溪流生態系的初級生產者，影響藻類生長的因子有水溫、流速、流量、日照、營養鹽等(Rosemond *et al.* 1993；Pan *et al.* 1999；Soininen and Könönen 2004)，土地使用型態亦會影響溪流水質及沿岸狀況(Wilby *et al.* 1998)，因為農耕常會將沿岸植被

砍光，日光直接射入溪水中使得水溫上升，高的水溫常導致藻類豐度增加(Dodds *et al.* 2002)；在夏季，鬱閉且較小的上游溪流，日光常是影響附生藻類豐度的首要限制因子(Hill and Knight 1988；Kiffney and Bull 2000)，群集也有可能跟著改變，當然農業亦會使得營養鹽輸入溪流增加，並使溪流藻類大量增生，除了降低藻類的歧異度外對於藻類群集亦直接影響。

附生藻類對於水質能立即反應，常被用來作生物指標(Wu 1986；Tang *et al.* 1998；Sushil *et al.* 1999)，且在食物鏈之關係上是許多水生昆蟲如毛翅目、蜉蝣目及部分雙翅目的食物(津田 1962)，而水生昆蟲為櫻花鉤吻鮭主要的食物(汪 1994)。所以，附生藻類在食物鏈的關係上是很重要的一環，於探討櫻花鉤吻鮭生態之前，有必要先探討本區之藻類生物相。本研究之目的即為探討武陵地區溪流附生藻類之時空變異，並希望能瞭解影響藻類群集之重要環境因子。

材料與方法

一、樣區位置與概況

樣區位於台中縣和平鄉武陵地區，屬大甲溪上游，海拔高約1,720-2,100m，年平均溫度為13-15°C，岸邊植物多為台灣原生物種，主要為台灣二葉松、台灣胡桃、栓皮櫟、水麻等。七家灣溪下游距溪岸50m外有種植水果及蔬菜，高山溪沿岸為原始森林無耕作情

形，而有勝溪為重度農耕地，沿岸無植被，蔬菜沿著溪岸種植。取樣點共計12點，七家灣溪上游桃山北溪設1樣點(A)、七家灣溪設4樣點(B-E)、高山溪3樣點(G-I)、七家灣溪及高山溪匯流後1樣點(F)及有勝溪3樣點(J-L) (圖1)，取樣時期自2003年3月至2004年3月。

二、環境理化性質測定

環境因子每月測定，利用攜帶式水質測

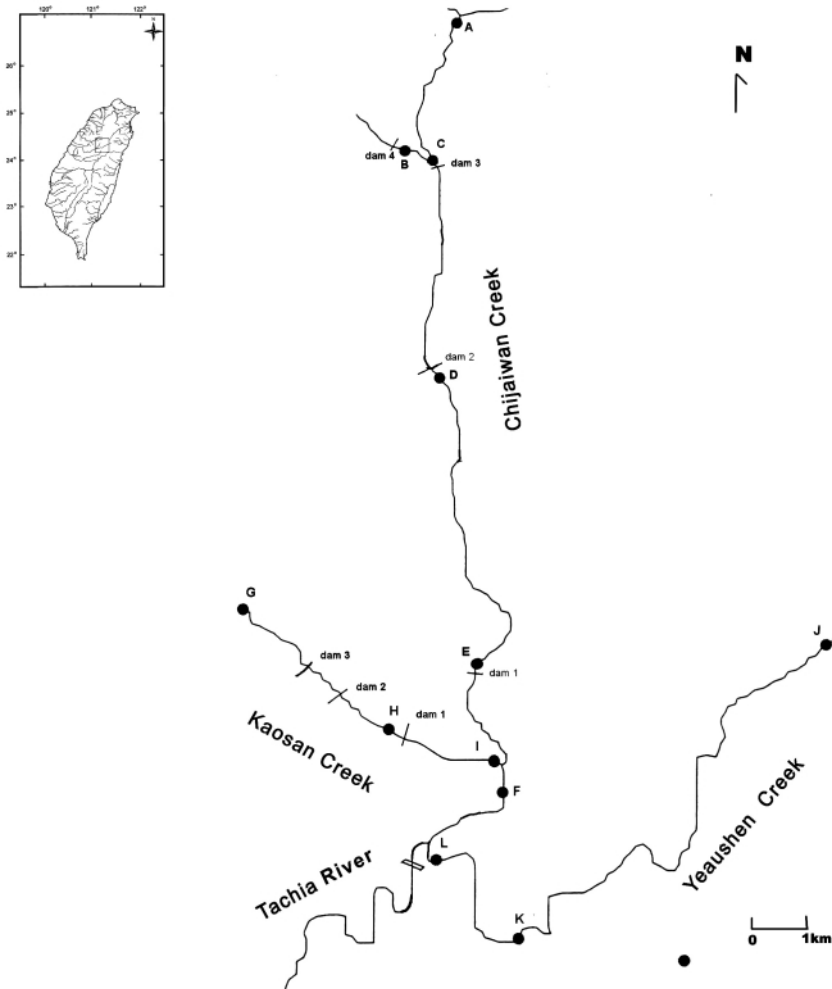


圖1. 樣區位置圖。

Fig. 1. Sampling sites (A-L) at the four creeks of Upper Tachia River in the Wulin area.

定儀(YSI 500XLM-O)測定水溫(temperature)、pH值、導電度(conductivity)及溶氧(DO)，而流速(current velocity)則利用流速計(SonTek Flow Tracker Handheld ADV)測定。其他如濁度(turbidity)、生化需氧量(BOD)、總磷(TP)、矽酸鹽(SiO₂)以及無機氮鹽(DIN，亞硝酸鹽+硝酸鹽+氨氮)等性質，則將水樣帶回實驗室，以環保署公告檢測方法測定。濱溪植被鬱閉度以球面樹冠覆蓋密度計測定。

三、附生藻類之採集

每月於每測點急流處、緩流處及有遮蔽處、無遮蔽處隨機選擇溪底面積約205-400 cm²之石塊，以刮刀及牙刷採集附生溪底石塊上之黃褐色或深褐色的附生藻類，每石塊取樣面積為25-50 cm²，置入冰桶中，低溫保存帶回實驗室處理。附生藻類葉綠素a以90%丙酮萃取，以分光光度計測定(Lobban *et al.* 1988)。附生藻類種類鑑定則利用干擾相差顯微鏡(differential interference contrast)，接物鏡100倍油鏡鑑定藻之分類群(Bennion 1995)，矽藻並以硫酸處理(賴 1997)。

四、資料分析

因藻類優勢種及稀有種數量差異大，故藻類原始資料均取log₁₀轉換(Krebs 1999)，並利用統計軟體PRIMER (vers. 5.2) 進行MDS (non-metric multidimensional scaling)空間排序分析藻類群集的時間及空間型態。分析時藻類資料為各測站或各月份的平均值。各群集代表種以SIMPER來分析。影響附生藻類群集空間及時間差異之環境因子則以BIOENV分析。SIMPER及BIOENV分析時之藻類資料為相對豐度。利用SAS統計軟體(vers. 8)作雙向變方分析(2-way ANOVA)檢視地點及時間之效應是否顯著，以及是否有交互作用。

結果

一、水質理化性質

所有樣點的水溫在冬季均低於10°C(表1)，夏天的水溫除了有勝溪的中下游樣點K及L高達18.5°C外，其餘均低於16.5°C。而溶氧在各樣點均高於6.8 mg/L以上，所以本區之水生物溶氧並不是生長限制因素。導電度各樣點平均在200 μs/cm以下，但有勝溪中下游樣點K及L平均均超過250 μs/cm，在冬季則甚至高達390 μs/cm。流速以高山溪為最快，其次為七家灣溪及有勝溪，其他如pH值、濁度、BOD等各樣點差異不大；營養鹽部分則發現有勝溪各樣點之無機氮鹽均高於其他在高山溪及七家灣溪之樣點，濃度有2.584-6.586 mg/L，與其他樣點差異達3-60倍。矽酸鹽以桃山北溪最大為6.14±0.74 mg/L，其他樣點則在4 mg/L左右。而總磷部分各樣點差異並不大，平均為0.010-0.034 mg/L，以雙向變方分析發現，夏、秋季較春、冬季高。

二、附生藻類

MDS分析各溪流石附生藻類群集組成，發現武陵地區溪流藻種組成可清楚分成4群(圖2)，即桃山北溪(I)、七家灣溪(II)、高山溪(III)及有勝溪(IV)4地區；而石附生藻類在季節性分布上亦有明顯季節變化，12、1及2月出現的附生藻類代表冬季的藻類群集、3月出現的附生藻類代表春季的藻類群集、4-10月出現的藻類則代表夏季的藻類群集，而11月為秋季(圖3)。

武陵地區溪流石附生藻類藻種以矽藻為最優勢，佔所有細胞數85%，其次為藍綠菌(Cyanobacteria)；矽藻中以曲殼藻屬(*Achnanthes*)為最優勢屬，全年均出現且在各樣點均有，佔所有藻種50%以上，其中*Achnanthes atomus*, *Achnanthes lanceolata* 和

表1. 武陵地區溪流理化性質；樣點 A：桃山北溪；樣點B、C、D、E、F：七家灣溪；樣點G、H、I：高山溪；樣點J、K、L：有勝溪

Table 1. Water qualities (mean±SD) at 12 sites (A-K) on the Upper Tachia River in the Wulin area, March 2003 to March 2004 (A : Taosan North Creek; B, C, D, E and F: Chijaiwan Creek; G, H and I: Kaoshan Creek; J, K and L: Yeaushen Creek)

	Taosan North Creek		Chijaiwan Creek				Kaoshan Creek			Yeaushen Creek		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Temperature (°C)	11.8±2.4 7.4-15.5	11.4±3.0 7.3-16.5	11.4±2.9 7.3-15.5	11.7±2.1 8.5-15.0	12.2±1.8 9.6-15.0	12.4±2.3 9.8-16.0	10.8±3.1 5.1-15.0	11.3±2.9 6.6-15.2	11.6±2.7 7.9-15.2	11.6±2.5 8.0-15.0	13.4±3.6 8.6-18.5	13.5±3.6 8.3-18.5
DO (mg/L)	9.8±1.2 7.5-11.4	10.1±1.4 8.2-13.2	9.9±1.6 8.1-13.1	10.0±1.2 8.3-12.1	10.0±1.4 6.9-12.3	9.7±1.7 7.4-12.3	10.4±1.0 8.2-11.3	10.3±1.4 7.0-13.0	10.4±1.3 7.0-12.5	10.2±1.3 6.8-12.1	9.9±1.3 7.3-12.2	10.1±1.1 8.0-11.2
Turbidity(NTU)	0.14±0.11 0.01-0.35	0.14±0.12 0.01-0.39	0.12±0.11 0.02-0.30	0.14±0.13 0.02-0.37	0.25±0.17 0.07-0.58	0.29±0.23 0.05-0.67	0.26±0.20 0.01-0.62	0.25±0.17 0.01-0.52	0.22±0.18 0.05-0.53	0.21±0.18 0.02-0.54	0.42±0.26 0.05-0.63	0.39±0.21 0.10-0.68
BOD (mg/L)	0.60±0.39 0.03-1.40	0.63±0.27 0.15-1.08	0.57±0.25 0.02-1.04	0.64±0.35 0.05-1.21	0.60±0.44 0.00-1.23	0.60±0.39 0.15-1.32	0.63±0.48 0.13-1.63	0.55±0.45 0.05-1.70	0.69±0.26 0.21-1.00	0.47±0.35 0.01-1.11	0.77±0.44 0.01-1.55	0.83±0.43 0.73-1.59
pH	8.46±0.28 8.12-9.07	8.22±0.25 7.96-8.56	8.36±0.43 7.85-9.14	8.25±0.37 7.95-9.20	8.39±0.28 8.09-9.10	8.43±0.31 7.68-8.99	8.31±0.24 7.90-8.54	8.33±0.20 8.07-8.66	8.32±0.23 8.13-8.86	7.72±0.64 7.09-8.82	8.50±0.33 8.05-9.05	8.63±0.28 8.15-8.99
Conductivity (µs/cm)	233±45.3 200-350	124±19.4 90-170	134±28.4 90-190	163±34.5 110-230	176±36.6 130-250	165±32.0 130-230	149±26.3 125-200	152±27.9 130-200	155±28.8 130-210	165±34.5 130-220	264±55.5 210-390	289±54.5 230-320
SiO ₂ (mg/L)	6.14±0.74 5.00-7.01	3.90±0.66 3.05-5.07	3.97±1.01 2.88-6.43	4.21±0.74 3.33-5.46	4.44±0.98 2.70-6.27	4.37±0.60 3.384-5.34	4.83±0.45 4.22-5.63	4.99±0.75 3.96-5.93	5.15±0.92 3.66-6.61	4.64±0.66 3.68-6.02	4.38±0.80 3.09-6.04	4.56±1.15 2.80-5.63
DIN (mg/L)	0.237±0.146 0.115-0.620	0.173±0.083 0.069-0.368	0.190±0.079 0.010-0.337	1.295±1.039 0.231-4.011	1.189±0.650 0.469-2.912	1.172±0.731 0.361-2.915	0.811±0.989 0.093-2.212	0.420±0.657 0.093-2.212	0.153±0.064 0.064-0.270	2.584±2.401 0.039-7.574	5.955±5.396 2.820-18.620	6.586±3.393 0.263-11.928
Current velocity (cm/s)	33.21±14.84 15.00-60.14	59.04±22.15 18.12-97.82	28.82±21.08 7.24-69.09	76.48±30.52 14.33-122.69	76.53±22.41 33.48-117.55	76.71±23.77 55.91-118.15	75.09±8.96 65.99-88.50	87.47±20.50 55.34-122.03	85.20±14.27 64.00-110.90	34.91±10.23 15.93-55.10	53.33±23.87 24.00-94.29	42.69±15.33 31.75-66.67
Total P (mg/L)	0.016±0.020 0.000-0.056	0.034±0.040 0.000-0.116	0.015±0.015 0.000-0.040	0.021±0.047 0.000-0.173	0.010±0.014 0.000-0.049	0.014±0.030 0.000-0.108	0.041±0.054 0.000-0.146	0.027±0.051 0.000-0.188	0.014±0.018 0.000-0.051	0.016±0.020 0.000-0.047	0.028±0.032 0.000-0.111	0.011±0.016 0.000-0.049

*Achnanthes minutissima*為武陵地區溪流之優勢藻種。

SIMPER分析優勢藻種在空間分布上，各區皆以曲殼藻屬、卵形藻屬 (*Cocconeis*)及異極藻屬(*Gomphonema*)此3屬為優勢，其中最優勢的是曲殼藻屬，占各地區50%以上，尤以高山溪最高約占64.82%。在桃山北溪卵形藻屬數量為其他區的2倍左右；有勝溪次優勢種類較不明顯。高山溪無藍綠菌，但七家灣溪藍綠菌卻占了25.28%(表2)。

優勢附生藻在時間分布上，發現有6類藻在全年均是優勢，約占70%，它們是

Achnanthes atomus, *Cocconeis placentula*, *Achnanthes minutissima*, *Achnanthes lanceolata*, *Oscillatoria* spp., *Achnanthes* spp. (表3)，其中 *A. atomus*是最優勢種，且有季節消長變化，其在春季時達到最高42.88%，夏、秋季時則下降到23.51%及21.90%，但是到了冬季時又上升為30.63%。同樣的季節消長情形也發生在*Oscillatoria* spp.。武陵地區第二種優勢種為 *C. placentula*，在夏、秋季時 *A. atomus* 減少後，則*C. placentula* 增加，但是到了冬季卻幾乎消失，取代的是約占20.81%的藍綠菌。

時間及空間交叉分析發現*A. atomus*為全

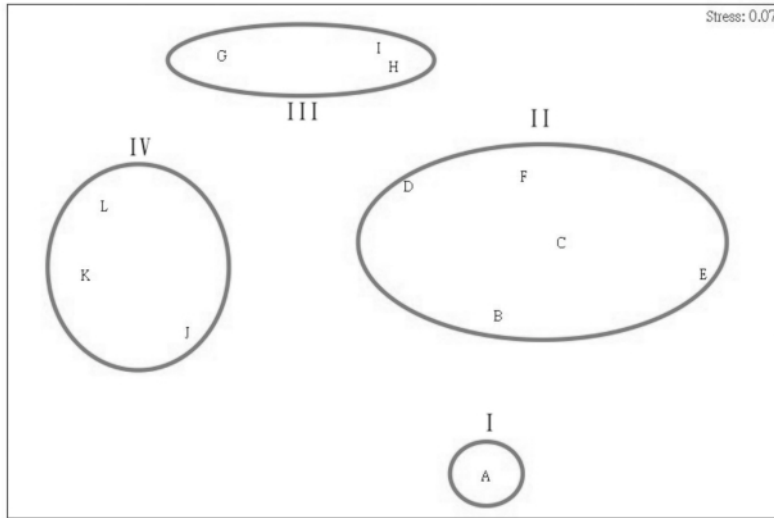


圖2. MDS分析武陵地區石附生藻類空間分布歸群圖(第 I 區:樣點A; 第II區:樣點B-F; 第III區:樣點G-I; 第IV區:樣點J-L)。

Fig. 2. Groupings of periphyton communities by sites (A-L) on the Upper Tachia River of the Wulin area based on the Bray-Curtis similarities in the logarithms of species abundance data from the MDS analyses (Group I, Site A; Group II, Sites B-F; Group III, Sites G-I; Group IV, Sites J-L).

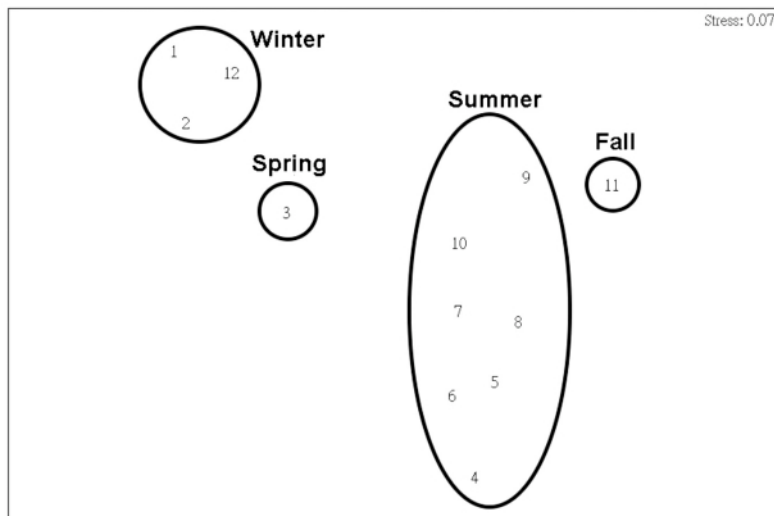


圖3. MDS分析武陵地區石附生藻類季節分布歸群圖(春季: 3月; 夏季:4-10月;秋季:11月; 冬季:12-2月)。

Fig. 3. Groupings of periphyton communities by months (1-12) on the Upper Tachia River of the Wulin area based on the Bray-Curtis similarities in the logarithms of number of species abundance data from the MDS analyses (Spring, March; Summer, April-October; Fall, November; Winter, December-February).

表2. 武陵地區各分區優勢藻種種類

Table 2. Percentage contributions of microalgal species to average spatial similarity of periphyton communities in the Upper Tachia River of the Wulin area (I, Taosan North Creek; II, Chijaiwan Creek; III, Kaoshan Creek; IV, Yeaushen Creek)

	I	II	III	IV
Average similarity within each site	39.88	38.37	41.64	34.59
Species				
Bacillariophyta				
<i>Achnanthes atomus</i> Hustedt	16.13	18.18	17.57	15.52
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	9.76	5.55	11.38	6.65
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	6.88	5.04	7.57	12.51
<i>Achnanthes</i> spp.	18.26	18.48	28.30	17.82
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg var. <i>pediculus</i>	5.23	1.48	1.33	3.26
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	15.11	9.22	7.53	6.07
<i>Cymbella cymbiformis</i> var. <i>nonpunctata</i>				0.91
<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh var. <i>minuta</i>				1.99
<i>Cymbella sinuata</i> Gregory var. <i>sinuate</i>		2.48	1.25	2.08
<i>Cymbella</i> spp.				1.66
<i>Diatoma hiemale</i> Heiberg var. <i>mesodon</i> (Ehrenberg) Grunow	2.64	1.01		0.60
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i>				3.99
<i>Fragilaria pseudogaillonii</i>				2.53
<i>Gomphonema dichotomum</i> Kützing var. <i>dichotomum</i>			1.80	
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) var. <i>subcapitata</i>			1.25	0.61
<i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke var. <i>tergestinum</i>			3.40	1.72
<i>Gomphonema</i> spp.			7.77	2.12
<i>Navicula angusta</i> Grunow.	1.43			0.98
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	1.07			
<i>Navicula</i> spp.	4.31	1.30	1.33	0.72
<i>Nitzschia</i> spp.				3.86
Cyanobacteria				
<i>Chroococcus</i> spp.		4.71		
<i>Lyngbya</i> spp.		5.70		
<i>Nostoc</i> spp.				0.93
<i>Oscillatoria</i> spp.	8.62	14.87		2.22
Total	89.44	88.02	90.48	88.75

表3. 武陵地區溪流石附生藻類不同季節優勢藻種種類

Table 3. Percentage contributions of microalgal species to average seasonal similarity of periphyton communities in the Upper Tachia River of the Wulin area

	Spring	Summer	Fall	Winter
Average similarity within each season	18.30	16.82	24.39	14.47
Species				
Bacillariophyta				
<i>Achnanthes atomus</i> Hustedt	42.88	23.51	21.90	30.63
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow	2.78	4.09	5.72	4.49
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing	5.21	3.67	3.68	3.63
<i>Achnanthes</i> spp.	10.57	13.32	17.14	18.11
<i>Calonis</i> sp.				6.34
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg var. <i>pediculus</i>	4.35			
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	10.64	27.93	33.67	
<i>Cymbella</i> spp.	1.27			6.97
<i>Fragilaria pseudogaillonii</i>			2.09	
<i>Gomphonema</i> sp.		2.12		
<i>Navicula</i> sp.	1.11			
Cyanobacteria				
<i>Chroococcus</i> spp.	1.20	2.67		3.39
<i>Lyngbya</i> sp.				2.63
<i>Oscillatoria</i> spp.	9.04	8.30	5.93	14.79
Chlorophyta				
<i>Cladophora</i> sp.				0.9
Total	90.81	90.31	90.13	91.87

年全區均出現之優勢種(表4)，桃山北溪全年優勢藻屬為曲殼藻屬及卵形藻屬，而七家灣溪優勢藻屬除曲殼藻屬外，在春、夏及冬季則出現較多之*Oscillatoria* spp.，且冬季出現較其他區更多之*Calonis* sp.。高山溪在春、秋季主要優勢藻屬為曲殼藻屬，在夏季則卵形藻屬增加，冬季優勢藻屬則為曲殼藻屬及橋彎藻屬(*Cymbella*)。有勝溪春、秋季優勢藻屬與高山溪相同均為曲殼藻屬，但除*A. atomus*為共同優勢種外，在春天高山溪另一優勢種為*A. lanceolata*，有勝溪則為*A. minutissima*，但有勝溪及高山溪在秋、冬季的優勢藻屬是相同的。

藻類豐度經雙向變方分析，發現武陵地區石附生藻類豐度以有勝溪(IV)明顯較桃山北溪上游(I)、七家灣溪(II)及高山溪(III)來得大(表5)；而在季節變化部分，則發現春、冬季時藻類豐度比夏、秋季來得大；在此分析中時間及空間產生交感，其原因是：有勝溪的附生藻類豐度在春、冬時大量暴增較其他區來得高許多，但是在夏季時有勝溪的藻類豐度與其他區域的藻類豐度差異不大。

利用Spearman Correlation 分析影響藻類豐度的環境因子，發現葉綠素a與pH值($r=0.261$, $p=0.001$)、導電度($r=0.394$, $p=0.000$)及無機氮鹽($r=0.308$, $p=0.000$)成正相

表4. 武陵地區溪流石附生藻類時間及空間分布優勢藻種種類

Table 4. Percentage contributions of microalgal species to average spatial and temporal similarity of periphyton communities in the Upper Tachia River of the Wulin area

Site \ Season	Taosan North Creek A	Chijaiwan Creek B-F	Kaoshan Creek G-I	Yeashen Creek J-L
Spring	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>
	<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.
Summer	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes minutissima</i>
	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Cocconeis placentula</i>
Fall	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes lanceolata</i>	<i>Achnanthes lanceolata</i>
	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.
Winter	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>	<i>Achnanthes atomus</i>
	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Calonis</i> sp.	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Achnanthes</i> spp.
	<i>Cocconeis pediculus</i>	<i>Oscillatoria</i> spp.	<i>Cymbella</i> spp.	<i>Cymbella</i> spp.

表5. 武陵地區藻類生物量空間及時間雙向變方分析表

Table 5. Two-way ANOVA of periphyton biomass expressed by chlorophyll-a among four seasons at the four creeks in the Upper Tachia River of the Wulin area (I, Taosan North Creek; II, Chijaiwan Creek; III, Kaoshan Creek; IV, Yeashen Creek)

Sources	DF	F- value	P-value	Separation
Sites	3	23.43	<.0001	IV ^a III ^b II ^b I ^b
Seasons	3	3.43	0.017	Spring ^a Winter ^{ab} Summer ^b Fall ^b
Site x seasons	9	2.64	0.006	

a and b: significantly different between those with superscript a and those with b (least square means test, $p < 0.05$).

關，與水溫($r = -0.238$, $p = 0.003$)成負相關；利用BIOENV來分析武陵地區石附生藻種組成與環境的關係，則發現矽酸鹽及流速為影響藻類群集季節變化之主要因子($\rho_w = 0.609$)，而水溫、pH值、導電度、無機氮鹽及矽酸鹽為影響藻類空間分布之主要因子($\rho_w = 0.548$)。

討 論

本研究樣區內之溪流為大甲溪上游，且溪岸有森林覆蓋，溪中有櫻花鉤吻鮭，溪流中石附生藻類有85%為矽藻，與國外有鮭魚的森林溪流類似，石附生藻類優勢種均為矽藻(Johnston *et al.* 2004)。但本研究發現的矽藻種類較1989年以後各學者所做的調查來得多(Wang 1989；陳 2000)。在矽藻藻種部分，武陵地區溪流藻種以較小型之曲殼藻屬及卵形藻屬為最優勢屬，這對於常受暴雨影響，水量迅速上漲且沖刷增加之上游河川來說是屬於典型的藻屬，因為體型較小的曲殼藻及卵形藻較可以抵抗水流強力的沖刷(Leland and Porter 2000)。

藻類種豐富度及組成會受到許多因子影響，諸如溪流大小、型態、營養鹽、農耕干擾、基質以及植被狀態等(Soininen and Könönen 2004)。桃山北溪雖然為植被良好無任何開發行為地區，但也是桃山登山口，登山行為對於溪流影響尚不清楚；而七家灣溪畔為中度開墾地區，最近幾年各單位將溪東岸之果園廢除，進行原生樹種之人工造林工作；高山溪為完全無開發地區，植被完整且為原始林；有勝溪為重度開墾區，兩岸種植蔬菜；本研究之藻類群集經由MDS分析後，清楚地把這4條溪流分開，表示溪流週邊之人為干擾對於溪流狀況有一定的影響程度。

藻類組成最常受到水中營養鹽之影響(Soininen and Könönen 2004)，不同的藻種對營養鹽類的需求及忍受程度不同，例如曲

殼藻屬大部分對於營養鹽之忍受程度很小，但*A. minutissima*這種曲殼藻卻例外的可忍受高營養鹽環境，屬於優養藻種(Krstic' *et al.* 1997；Kwandrans *et al.* 1997)；在有勝溪有較其他溪流高比例的*A. minutissima* (12.51%)，雖然無法以單一藻種說明水質狀態，但是此結果亦可說明有勝溪是營養鹽較高的溪流。*Oscillatoria*通常出現在營養鹽較多且水流較緩的溪流中，且屬於洪水干擾後會出現之先驅藻屬(Denicola and McIntire 1990a；Stevenson *et al.* 1996)，然而其在營養鹽最高且流速最緩之有勝溪並不是優勢種，反而在七家灣溪之春、夏、冬季出現較多之*Oscillatoria* spp.，原因可能是有勝溪溪流沿岸植被已被砍除，屬開闊溪流，光照強烈，*Oscillatoria* spp.在光照强度高時生長較差(Denicola and McIntire 1990b)，而七家灣溪溪岸仍有植被，鬱閉度較有勝溪高，光強度較弱，且營養鹽濃度又適合*Oscillatoria* spp.生長。總磷濃度愈高則*Cocconeis* sp.增長速度越快(Chételat *et al.* 1999)，本研究由雙向變方分析結果得知，夏、秋季時總磷濃度最高，所以*C. placentula*數量增加，在秋季的桃山北溪及七家灣溪*C. placentula*甚至取代*A. atomus*成為武陵地區溪流最優勢種，但冬天總磷濃度下降後則反而迅速減少。

無機氮鹽升高則藻類豐度亦升高(Rosemond *et al.* 1993；Dodds *et al.* 2002)，且在鬱閉度較低之溪流所測出的葉綠素a含量往往較具完整植被溪流來得高，甚至差異可達到4倍(Hill and Knight 1988；Kiffney and Bull 2000)。在有勝溪畔，因為強度開墾種植蔬菜的原因，使得溪兩岸非常開闊，僅在西岸距溪約50m左右之處有台灣二葉松林，溪東岸則為台七甲線，是以有勝溪之鬱閉度僅52%，明顯較七家灣溪61%及高山溪94%來得低，且有勝溪溪畔大部分為種植蔬菜，保肥力最差且土壤含有較高之可溶性氮肥，經降

雨或灌溉後，營養鹽就沖入溪流中，使得溪中營養鹽增高(陳 1996)。根據本研究測定結果，有勝溪的無機氮鹽濃度明顯較其他溪流高，且石附生藻類生物量亦明顯較高山溪及七家灣溪大，為高山溪及七家灣溪的1-3倍，且在台灣的冬季及梅雨來臨前之3月，有勝溪水量最小且冬季水溫又低，低溫及低水量會使得附生藻類大量增生(Kishi *et al.* 2004)。本區藻類群集組成以矽藻為主，占了85%，藍綠菌10%、綠藻占5%；石附生矽藻群聚組成在空間及時間均有差異，環境因子如導電度、水溫、DIN、水流速在3條溪流間均有明顯差異，與前人研究矽藻種類分布受導電度、水溫、流速等影響類似(Pan *et al.* 1999；Soininen *et al.* 2004；Soininen and Könönen 2004)。

結 論

武陵地區各溪流石附生藻類有顯著空間及時間之差異，而藻類組成以矽藻為主，占藻種數量組成80%以上，曲殼藻屬為主要藻屬，且七家灣溪、高山溪、桃山北溪及有勝溪之藻種群集有顯著不同。藻類豐度中以有勝溪最高，且營養鹽含量、水溫亦為最高，與其他溪流有顯著差異。主要影響藻種之時間分布的環境因子是矽酸鹽及流速，而影響藻類空間分布的環境因子主要為水溫、pH值、導電度、無機氮鹽及矽酸鹽。

引用文獻

- 汪靜明。1994。子遺的國寶—台灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 林曜松、張崑雄、曹先紹、楊平世。1988。櫻花鉤吻鮭生態之研究(二)族群分布與環境因子間關係之研究。行政院農業委員會。
- 津田松苗。1962。水生昆蟲學。北隆館。
- 陳亮谷。1996。台灣中度高山土壤中施肥對養分流失之研究。中興大學土壤系碩士論文。
- 陳弘成。2000。武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 賴雪端。1997。台灣本土性底棲藻類作為河川水質生物指標之研究。中興大學植物系博士論文。
- Bennion, H. 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow artificial, enriched ponds, and implications for reconstructing trophic status. *Diatom Research* 10(1) : 1-19.
- Chételat, J., F. R. Pick, A. Morin and P. B. Hamilton. 1999. Periphyton biomass and community composition in rivers of different nutrient status. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 560-569.
- Denicola, D. M. and C. D. McIntire. 1990a. Effects of substrate relief on the distribution of periphyton in laboratory streams : I . Hydrology. *Journal of Phycology* 26: 624-633.
- Denicola, D. M. and C. D. McIntire. 1990b. Effects of substrate relief on the distribution of periphyton in laboratory streams : II . Interactions with irradiance. *Journal of Phycology* 26: 634-641.
- Dodds, W. K., V. H. Smith and K. Lohman. 2002. Nitrogen and phosphorus relationships to benthic algal biomass in temperate streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 865-

- 874.
- Hill, W. R. and A. W. Knight. 1988. Nutrient and light limitation of algae in two northern California streams. *Journal of Phycology* 24: 125-132.
- Johnston, N. T., E. A. MacIsaac., P. J. Tschaplinski and K. J. Hall. 2004. Effects of the abundance of spawning sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) on nutrients and algal biomass in forested streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 384-403.
- Kiffney, P. M. and J. P. Bull. 2000. Factors controlling periphyton accrual during summer in headwater streams of southwestern British Columbia, Canada. *Journal of Freshwater Ecology* 15: 339-351.
- Kishi, D., M. Murakami, S. Nakano and Y. Taniguchi. 2004. Effects of forestry on the thermal uabitat of Dolly Varden. *Ecological Research* 19: 283-290.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc.
- Krstic', S., Z. Levkov and P. Stojanovski. 1997. Saprobiological characteristics of diatom microflora in river ecosystems in the Republic of Macedonia as a parameter for determination of the intensity of anthropogenic influence. pp. 145-153. *In*: J. Prygiel (ed.). Use of algae for monitoring rivers III. Agence. De. l'Eau. Artois-Picardie.
- Kwandrans, J., P. Eloranta, B. Kawecka and K. Wojtan. 1997. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. pp. 154-164. *In*: J. Prygiel (ed.). Use of algae for monitoring rivers III. Agence. De. l'Eau. Artois-Picardie.
- Leland, H. V. and S. D. Porter. 2000. Distribution of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use. *Freshwater Biology* 44: 279-301.
- Lobban, C. S., D. J. Chapman and B. P. Kremer. 1988. *Experimental phycology : A laboratory manual*. Cambridge University Press.
- Pan, Y., R. J. Stevenson, B. H. Hill, P. R. Kaufmann and A. T. Herlihy. 1999. Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages , stream slope, TP, TN and riparian canopy coverage. *Journey of Phycology* 35: 460-468.
- Rosemond, A. D., P. J. Mulholland and J. W. Elwood. 1993. Top-down and bottom-up control of stream periphyton: Effects of nutrients and herbivores. *Ecology* 74: 1264-1280.
- Soininen, J., R. Paavola and T. Muotka. 2004. Benthic diatom communities in boreal streams: Community structure in relation to environmental and spatial gradients. *Ecography* 27: 330-342.
- Soininen, J. and K. Könönen. 2004. Comparative study of monitoring South-Finnish rivers and streams using macroinvertebrate and benthic diatom community structure. *Aquatic Ecology* 38: 63-75.
- Stevenson, R. J., M. L. Bothwell and R. L. Lowe. 1996. *Algal ecology: Freshwater benthic ecosystem*. Academic Press.
- Sushil, S. D., A. S. Dixit and J. P. Smol. 1999. Lake sediment Chrysophyte scales from the northeastern USA and their relationship to

environmental variables. *Journal of Phycology* 35: 903-918.

Tang, T., K. D. Hoagland and B. D. Eiegfried. 1998. Uptake and bioconcentration of atrazine by selected freshwater. *Environment Toxicol and Chemistry* 17(6): 1085-1090.

Wang, C. M. 1989. Environmental quality and community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph. D. Dissertation Iowa State University Ames Iowa USA. pp. 138.

Wilby, R. L., L. E. Cranston and E. J. Darby. 1998. Factors governing macrophyte status in Hampshire Chalk stream; implications for catchment management. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management* 12: 179-187.

Wu, J. T. 1986. Relation of change in river diatom assemblages to water pollution. *Botanical bulletin of Academia Sinica* 27: 237-245.

台灣中西部氣候區楠櫛林帶植群分類系統之研究

Vegetation Classification System of the *Machilus-Castanopsis* Zone in the Central-West Climatic Region of Taiwan

劉靜榆¹ 蘇鴻傑² 曾彥學^{3,*}

Ching-Yu Liou¹, Horng-Jye Su² and Yen-Hsueh Tseng^{3,*}

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立台灣大學森林環境暨資源學系 台北市羅斯福路四段1號

³國立中興大學森林系 台中市國光路250號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

³ Department of Forestry, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

* 通訊作者

*Corresponding author

摘要

本研究針對台灣中西部氣候區海拔500-1,500m之楠櫛林帶，蒐集有關植群分析之文獻及新調查的樣區，將有定量紀錄之樣區資料進行整合，共314種木本植物進入分析，利用雙向指標種分析法，再參考群團分析之相似性水準，依據歐陸學派列表比較法之原則，將樣區與物種進行排序上的調整，製成植群分化表。本研究仿照美國自然植群分類系統，採用形相來區分高階單位—群系，並根據歐陸學派之植相社會學研究法，以植相區分低階單位—群團及群叢，共區分出大有榕、台灣雅楠、油葉石櫟、火燒柯、奧氏虎皮楠、鬼石櫟、台灣杜鵑、山黃麻、櫟、野核桃、阿里山千金榆、栓皮櫟、台灣赤楊及台灣二葉松等14個群團，以下計分出31群叢。

Abstract

Sample stands from the *Machilus-Castanopsis* forest zone in the central-west climatic region of Taiwan were collected for the synthesis of a regional vegetation classification system. The upper level of

the classification hierarchy is delimited by the physiognomy of forests, following the treatment of the US National Vegetation Classification (USNVC) System. The lower two levels of the hierarchy, alliance and association, were based on floristic composition according to the concept of diagnostic species and floristic-sociological classification of the Braun-Blanquet approach. The original data were subjected to cluster analysis and two-way indicator species analysis (TWINSPAN) for grouping the stands into composite samples and summarization of species abundance. The matrix of the composite samples was re-arranged by the tabular comparison method for developing a hierarchy of the forest vegetation system. The resultant system consisted of 3 formations and 14 alliances, characterized respectively by *Ficus septica*, *Phoebe formosana*, *Pasania konishii*, *Castanopsis fargesii*, *Daphniphyllum glaucescens* subsp. *oldhamii*, *Lithocarpus lepidocarpus*, *Rhododendron formosanum*, *Trema orientalis*, *Zelkova serrata*, *Juglans cathayensis*, *Carpinus kawakamii*, *Quercus variabilis*, *Alnus formosana*, and *Pinus taiwanensis*. A total of 31 associations were proposed under the alliances.

關鍵詞：台灣、中西部氣候區、楠櫛林帶、植群分類系統

Key words: Taiwan, central-west climatic region, *Machilus-Castanopsis* zone, vegetation classification system.

收件日期：94年10月27日

接受日期：95年3月20日

Received: October 27, 2005

Accepted: March 20, 2006

緒 言

台灣之植群分類研究始於1805年之德國分類學者Humboldt，後日籍學者工藤祐舜(1931)、佐佐木舜一(1932)、正宗嚴敬(1935)、鈴木時夫(1938, 1952)、鈴木時夫等(1939)、照屋全治(1980)等發表有關台灣植物社會及植物區系(floristic region)之劃分。現階段台灣植群分析之研究成果，有許多調查主要是地區性或針對特殊植群之研究，對於植群形相(physiognomy)及林型之研判，高海拔地區的針葉林因組成較為單純，優勢種明顯，大抵上有一致的看法，如高山植群帶(Alpine vegetation)、冷杉林帶(*Abies* zone)、鐵杉-雲杉林帶(*Tsuga-Picea* zone)，其植群型

之分類結果較為一致。但對物種歧異度高之中低海拔闊葉林，包括櫟林帶(*Quercus* zone)、楠櫛林帶(*Machilus-Castanopsis* zone)及榕櫛林帶(*Ficus-Machilus* zone)，由於樹種繁多，優勢種的判定不易，加上地區性植群分析之命名方式不同，因此分類結果差異頗大。一般常歸入以氣候為基礎之植群帶，如亞熱帶雨林，暖溫帶闊葉林等高階單位(柳等1961；章1965；柳1968)，其判斷之基礎常以海拔高度為準，而忽略形相、組成與氣候帶之相關，至於低階單位則罕有共識的分類(蘇1992)。

植群分類的描述和植被類型的概念，可分為兩種主要的研究法，即以植群之外貌形象為分類依據的形相，和以植物組成種類為

分類準則的植相(floristics)，植群分類系統及學派的不同導致植群有許多不同的分類單位(蘇 1995, 2003 ; 劉 2003)。近期的研究中，有關地區性的植群研究仍陸續進行，然學者已漸漸重視資料整合的必要性(Su 1984, 1985 ; 蘇 1988, 1992, 1995 ; 賴 2000 ; 徐及宋 2001 ; 俞 2003 ; 劉 2003 ; 邱等 2005)。美國自然植群分類系統(US National Vegetation Classification, USNVC) (Grossman *et al.* 1998) 依據聯合國教科文組織(UNESCO)之植群形相分類法(UNESCO 1973)，以形相區分高層級的植群型。依據形相之分類，並不需要經過定量的分析及運算過程。據此，台灣中西部氣候區之森林可區分為常綠闊葉林群系群(evergreen broadleaved forest formation group)、常綠針葉林群系群(evergreen coniferous forest formation group)與落葉闊葉林群系群(deciduous broadleaved forest formation group)等3個群系群(formation group)。常綠闊葉林群系群又稱照葉樹林(laurisilvae)，為台灣植物種類最豐富之群落，不易劃分出具有少數優勢種之群叢。高層級的基本單位稱之群系(formation)，可根據優勢層的生活型或樹冠形來分類，具有均質的形相，在地景上有一定之位置，水文特徵一致。台灣中部山區之櫟林帶位於海拔1,500-2,500m之處，有明顯的盛行雲霧，此帶之下方依地形及太陽輻射特性可分兩種主要林型，一為楠木型，位於溪谷陰濕之地，太陽輻射以漫射光(diffused light)為主，樹冠多呈圓筒型，樹葉質軟而大型；一為櫟木型，位於稜脊乾旱之地，太陽輻射以直射光為主，樹冠多呈降落傘型，此兩型即形成所謂的楠櫟林帶，地形上可稱山地下層帶(submontane zone)，在中西部山區約為海拔500-1,500m。在台灣全島普遍出現的楠櫟林帶，其樹種組成及雨量變域遠較其他各林帶為大，可作為地理氣候區分化之典型帶(Su 1984, 1985,

1994 ; 蘇 1992, 2005)。

植群的組成種類會因為環境的差異而有所不同，在某植群型的植物組成種類中，可能會有一些物種對該型之親和性較其他種更為敏感，因此可利用這些在生態關係上具有明顯指示性的植物，來進行植群分類，並作為環境的指標。這些植物包括特徵種(character species)、分化種(differential species)和恆存伴生種(constant companion species)，通稱為鑑別種群或診判種群(diagnostic species)，其作用正如植物分類之鑑別特徵(diagnostic character)，而藉由這些鑑別種群可將植物社會歸入分類系統的基本單位及更高階之單位。本研究主要採用歐陸學派—植相社會學研究法(floristic-sociological approach)之分類原理(蘇及劉 2004)，以植物組成種類或植相作為植群分類之惟一準則，強調用植相組成中之特徵種作為劃分植群及命名之依據(Westhoff and Maarel 1978)，目前許多歐洲大陸的國家已建立此系統之正式植群分類與命名。本研究並配合美國自然植群分類系統之層級系統與命名方式，選擇以中西部氣候區楠櫟林帶為材料，蒐集資料較為完整的原始樣區，再加上作者新調查的樣區，依據歐美之分類原理與命名方式，重新整合分類單位，並將相同植群之名稱整理合併為異名(synonym)，期能將各植群分類單位處理成為全國性的正式分類系統。

材料與方法

一、中西部氣候區植群資料整合分析

本研究以森林為主，蒐集有關中西部氣候區植群分析之文獻及原始樣區資料，由於部分文獻樣區之草本資料不甚完整，本研究只處理森林之梯度。因蒐集的資料及重新調查資料之格式大多不一致，如有用重要值指數或豐富度等植物介量，其間沒有一般的數

量關係，且資料轉換方式亦不相同。就資料分析的精密度及其參考價值，可區分為4類：第1類有樣區定量的資料，可以直接加入分析；第2類有樣區定性的資料，可供定性分析；第3類只有植群型描述，無法納入分析，但仍可以依其所區分的植群資料，提供分類結果的參考；第4類資料僅有植物名錄，未區分植群型，也無法納入分析(Grossman *et al.* 1998)。

首先將所蒐集資料中的物種加以核對，統一採用第二版植物誌之名稱，並將原始資料表中重複的物種資料合併。造成資料重複的原因有二，一為該研究者的疏失，將相同的植物名稱在表中分別列出2次或2次以上，或同一種植物因採用不同的異名，而被分別列出；另一為所使用的分類系統不同，在物種的認定上亦有差異，或因植物誌的重新修訂，造成某些物種被歸併為一種，這些同物異名的資料必須加以整合。

所蒐集之資料中，多數樣區之資料包括有樣區內木本植物之密度(株數)及優勢度(胸高斷面積之和)，即重要值指數(important value index, IVI)(劉及蘇 1983)。本研究將其化為相對值(百分率)後，再以八分制級值(octave scale)轉化為0-9級(Gauch 1982)，部分樣區資料已是八分制級值，可直接採用。所有樣區資料化為相同格式，經分析後，即可進行合併。

物種核對完成後即可決定樣區合併的方式，連續的樣區若無明顯分群的現象，則視為一個樣區，而樣區較小之研究資料，則參考該植群分型的結果，將各型所含若干樣區的資料合併為一個樣區資料。合併資料的原則是將各樣區八分制的值平均後，採無條件進位為整數。並非所有的群叢都需要依樣區資料的運算來分類，有些已分類的植群型資料正確且詳細者即可直接歸併。而且即使利用程式分析的結果，仍需要依研究者本身的

經驗來判斷所分類之植群型可信度如何(蘇 2003)。

將第1類之樣區資料(劉及柳 1975；劉 1980；黃 1984；沈 1984；劉 1991；廖 1992；羅 1992；李 1993；陳 1993；胡 1994；黃 1994；賴及林 1997；林 1999；傅 2002)，先按集水區的範圍進行第一階段分析與植群型之合併。由於是區域性的資料整合，需運用龐大的資料組，因此第一階段先以電腦之分類軟體計算樣區間及物種間之相關趨勢，研究中先利用雙向指標種分析法(two-way indicator species analysis, TWINSpan) (Hill 1979；Gauch and Whittaker 1981；Belbin and McDonald 1993)來了解樣區間及物種間之相關趨勢，並參考群團分析(cluster)之相似性水準，其結果可作為列表比較法的參考(蘇 1996)，進而將樣區及植物種資料進行排序。第一階段是檢測前人分為同一型之樣區是否合理無誤，並將同一集水區但不同文獻的資料整合，相似性30%即可合併為組合樣區。

第二階段將所有集水區之基本單位合併分析，如不同集水區之間有相同之群叢可合併之，並將相關之群叢組成群團。這階段是將有實體樣品之群叢，組成沒有實體之抽象高階單位，即把沒有實際出現在一起的植物群，組成一個超實際之高階單位，但其內含之許多低階單位，具有若干共同之物種，即很多低階之伴生種變成上一階之特徵種，群叢及以上之高單位均如此構成。

第二階段主要以歐陸學派列表比較法進行比對，進行合併的過程參考群團分析之相似性水準。將樣區資料進行物種及樣區之重新排列及比對，配合野外經驗之累積，可逐漸形成整個層級架構，也可以逐漸整合出分類系統。用群團分析之相似性水準可幫助判斷社會單位層級之高低，有助於系統之建構，再用列表比較法之原則，找出社會單位

及其特徵種。本研究列入分析之對象以現存植群為主，因此資料變異除了海拔梯度外，還有演替變化梯度。

二、聚落群分類單位處理

前人文獻中的樣區資料經物種校對及格式統一後，即可據此來研析各植群之特徵，進而將樣區及植物種資料進行排序。研究中所用之雙向指標種分析法，是爲了導出分類的層級，並排出類似歐陸學派之植群分化表。當資料編入植群聚落表後，即形成高低不等的聚落群(syntaxa)，可針對階層的高低加以處理，並予以命名。

歐陸學派植群分類的原則是透過模式法的概念，植群可根據其植物組成種類而加以辨別，並劃分爲各種植被類型，且依照重覆出現的物種組合與重覆出現的環境因子組合相符的作爲模式。群叢(association)可組合爲更高的系統單位，群叢往上歸納爲群團(alliance)；群團往上歸納爲群集(order)；群集往上歸納爲群級(class)；群級往上歸納爲區系(division)。群叢亦可再區分爲亞群叢(subassociation)、簡叢(facies)等較低階的單位(Westhoff and Maarel 1978)。本系統先採用形相區分高單位，再依據植相區分較低的2個層級，第一個層級爲群團，其形相一致，內含1至數個群叢。

群叢具有明確的植相及群聚學的組織特徵，並藉由獨特的特徵種(獨占種、選擇種及偏好種)來引證植群的特徵(Braun-Blanquet 1932)。所謂特徵種是指相對侷限在一個特定的植群聚落之實體或樣區中的種，因而可以代表或識別該聚落，並指示其環境。然而有別於優勢種，特徵種在植群實體中未必是體型或數量上占優勢的種，小型或數量少的種也可能具有鑑別的價值。

三、植群型正式命名及描述

命名方式是依據美國自然植群分類系統(USNVC)直接採用植物的學名，暫不予拉丁語化，命名所使用的學名參考台灣植物誌(Flora of Taiwan)。本研究將每一群叢採用2種的植物種類來命名，即群叢特徵種列前，群團特徵種列後，加註association；群團僅列1種，即群團特徵種，加註alliance。

每個植群型採用統一方式命名後，仍需將所有的異名列出，異名的處理包括：實際參與分析樣區之原文獻中之植群型名稱，及只有定性資料，而未參與分析，但經由比對物種組成及生育地狀況，認定爲同一型之植群型名稱。所有異名採用原文獻之中名及學名，而非依照第二版的台灣植物誌。本研究並描述每個群叢的特徵種、伴生種、植群形相、生育地、稀有及保育物種，並舉證分布地點。植群形相的描述包括：冠層樹種、樹冠高度、徑級分布、林內垂直構造、水平空間分布等；群叢生育地的描述包括：海拔高度、坡度、坡向、水分梯度、土壤含石率以及四周遮蔽地形之高度角等環境因子。

結果與討論

一、中西部氣候區楠櫟林帶之植群分類系統

本研究共262筆資料，314種木本植物進入分析。植群分類系統根據形相區分爲山地下層常綠闊葉林群系、山地下層落葉闊葉林群系與山地下層常綠針葉林群系等3個群系，以下再依植相劃分群團及群叢(表1)。

(一) 山地下層常綠闊葉林群系(Submontane evergreen broadleaved forest)

山地下層常綠闊葉林又稱亞熱帶雨林(subtropical rain forest)，年平均溫度在17-23°C，其喬木層之組成以樟科楠木類及殼斗科之櫟木類爲主，下可區分爲7個群團，分別爲分布在溪谷的大有榕群團、台灣雅楠群團，以及分布在下坡、中坡、上坡及稜線的

表1. 台灣中西部氣候區楠櫛林帶植群分類系統

Table 1. Vegetation classification system of *Machilus-Castanopsis* zone in central-west climatic region of Taiwan

Association No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Numbers of sample stands	1	4	7	1	5	2	5	11	8	3	21	15	9	6	19	1	35	7	70	6	2	1	8	2	1	2	1	3	2	3	1	
A-1 <i>Ficus septica</i> alliance																																
<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i> - <i>Ficus septica</i> association																																
<i>Ficus septica</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Machilus zuihoensis</i>	6	2	3	-	-	3	3	-	2	1	1	2	4	1	1	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-
<i>Ficus nervosa</i>	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus variegata</i> var. <i>garciae</i>	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus virgata</i>	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus fistulosa</i> f. <i>fistulosa</i> .	5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bischofia javanica</i>	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>	8	1	1	6	3	-	-	-	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dendrocnide meyeniana</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus superba</i> var. <i>japonica</i>	5	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cinnamomum camphora</i>	5	1	-	-	4	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-2 <i>Phoebe formosana</i> alliance																																
<i>Ardisia virens</i> - <i>Phoebe formosana</i> association																																
<i>Ardisia virens</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i>	-	5	-	1	-	4	-	2	-	1	1	2	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
<i>Radermachia sinica</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neolitsea konishii</i> - <i>Phoebe formosana</i> association																																
<i>Neolitsea konishii</i>	-	3	5	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Citrus tachibana</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus zippeliana</i>	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Murraya euchrestifolia</i>	-	1	2	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Saurauia tristyla</i> var. <i>oldhamii</i> - <i>Phoebe formosana</i> association																																
<i>Machilus japonica</i> var. <i>kusanoi</i>	8	1	1	6	3	-	-	-	1	-	2	-	1	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Saurauia tristyla</i> var. <i>oldhamii</i>	3	1	-	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eurya strigillosa</i>	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aralia bipinnata</i>	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pasania kawakamii</i> - <i>Phoebe formosana</i> association																																
<i>Pasania kawakamii</i>	-	-	-	7	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	4	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
<i>Perrottetia arisanensis</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sloanea formosana</i>	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Character species of <i>Phoebe formosana</i> alliance																																
<i>Phoebe formosana</i>	4	4	6	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
<i>Turpinia formosana</i>	-	6	6	6	4	-	-	2	2	1	1	-	4	1	5	5	-	6	-	4	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-
<i>Lindera communis</i>	-	-	2	5	2	-	1	-	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Lagerstroemia subcostata</i>	4	4	6	3	2	4	-	3	3	3	1	-	-	-	-	-	1	-	3	-	1	-	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oreocnide pedunculata</i>	3	4	1	4	3	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	5	-	4	-	-	-	-	6	-	2	-	-	-	-	-	-
A-3 <i>Pasania konishii</i> alliance																																
<i>Ormosia formosana</i> - <i>Pasania konishii</i> association																																
<i>Ormosia formosana</i>	-	-	-	-	6	2	-	1	-	3	2	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gordonia axillaris</i>	-	-	-	-	6	3	3	1	-	2	2	-	-	1	-	1	6	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sapium discolor</i> - <i>Pasania konishii</i> association																																
<i>Sapium discolor</i>	-	1	-	-	3	7	4	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
<i>Randia cochinchinensis</i>	-	-	3	-	-	4	-	1	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptocarya concinna</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nageia nagi</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schefflera arboricola</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicia cochinchinensis</i>	-	-	1	-	-	3	-	1	-	1	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclobalanopsis globosa</i> - <i>Pasania konishii</i> association																																
<i>Cyclobalanopsis globosa</i>	-	-	-	-	3	2	7	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	
<i>Rhododendron ovatum</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus campanulata</i>	-	-	-	-	1	-	3	1	1	-	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus insularis</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	1	-	-	-

表1. 台灣中西部氣候區楠櫛林帶植群分類系統(續)

Table 1. Vegetation classification system of *Machilus-Castanopsis* zone in central-west climatic region of Taiwan (Cont.)

Association No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
<i>Melicope peleiifolia</i> - <i>Pasania konishii</i> association																																				
<i>Melicope peleiifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Calocedrus macrolepis</i> var. <i>formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Homalium cochinchinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Litsea cubeba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Broussonetia kazinoki</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Melanolepis multiglandulosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Lindera aggregata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Champereaia manillana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Croton cascarilloides</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ardisia crenata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Damnananthus angustifolius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyclobalanopsis pachyloma</i> - <i>Pasania konishii</i> association																																				
<i>Cyclobalanopsis pachyloma</i>	-	-	3	-	-	-	-	1	7	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Camellia japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhaphiolepis indica</i> var. <i>tashiroi</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	2	1	1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pasania glabra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhododendron oldhamii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	1	1	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Character species of <i>Pasania konishii</i> alliance																																				
<i>Pasania konishii</i>	-	-	-	-	4	6	6	3	4	3	1	2	-	-	-	5	-	1	-	-	-	-	4	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Psychotria rubra</i>	3	2	2	-	4	5	4	5	3	2	2	1	2	1	3	-	-	-	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Mallotus paniculatus</i>	-	3	-	4	4	5	5	5	-	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	-	-	-	-	5	3	4	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pinus morrisonicola</i>	-	-	-	-	5	5	3	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	-	-	2	-	-	3	4	4	5	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	5	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Styrax suberifolia</i>	-	3	-	-	3	4	3	1	5	2	2	3	2	1	4	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhododendron breviperulatum</i>	-	-	-	-	4	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gardenia jasminoides</i>	-	1	-	-	2	2	2	3	2	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diospyros eriantha</i>	-	-	-	-	-	3	3	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ardisia sieboldii</i>	-	1	-	-	-	4	1	2	-	1	2	-	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Wendlandia uvatifolia</i>	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Viburnum formosanum</i>	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A-4 <i>Castanopsis fargesii</i> alliance																																				
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>carlesii</i> f. <i>sessilis</i> - <i>Castanopsis fargesii</i> association																																				
<i>Pasania synbalanos</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	-	4	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>carlesii</i> f. <i>sessilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Castanopsis kawakamii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Limlia uraiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pasania nantoensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Podocarpus nakaii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Antidesma japonicum</i> var. <i>acutisepalum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camellia furfuracea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camellia salicifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euonymus tashiroi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilex pubescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilex rotunda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Distyliopsis dunnii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicia rengetiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Castanopsis eyrei</i> - <i>Castanopsis fargesii</i> association																																				
<i>Castanopsis eyrei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Embelia laeta</i> var. <i>papilligera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus wallichii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Litsea acutivena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pachycentria formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lasianthus curtisii</i>	1	-	-	-	-	-																														

表1. 台灣中西部氣候區楠櫛林帶植群分類系統(續)

Table 1. Vegetation classification system of *Machilus-Castanopsis* zone in central-west climatic region of Taiwan (Cont.)

Association No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<i>Rhododendron mariesii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos nokoensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Eurya nitida</i> var. <i>nitida</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Ilex micrococca</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>Chamaecyparis obtusa</i> var. <i>formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cunninghamia konishii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos congesta - Castanopsis fargesii</i> association																															
<i>Symplocos congesta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diospyros oldhamii</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Lasianthus fordii - Castanopsis fargesii</i> association																															
<i>Lasianthus fordii</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ilex ficoidea</i>	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Myrsine sequinii - Castanopsis fargesii</i> association																															
<i>Myrsine sequinii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Dendropanax dentiger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	1	5	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Lasianthus japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Microtropis japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Podocarpus fasciculus</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Vaccinium randaiense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos wikstroemifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Viburnum betulifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Skimmia reevesiana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos caudata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Tsuga chinensis</i> var. <i>formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Character species of <i>Castanopsis fargesii</i> alliance																															
<i>Euonymus laxiflorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	2	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Castanopsis fargesii</i>	-	-	1	4	-	3	2	-	1	-	3	2	3	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cryptocarya chinensis</i>	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	5	1	1	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Syzygium buxifolium</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	2	2	4	3	5	2	3	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Engelhardtia roxburghiana</i>	4	-	-	-	-	4	1	1	2	3	6	5	5	4	4	3	-	5	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-		
<i>Meliosma squimulata</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	4	2	1	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ilex goshiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2	2	4	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Tricalysia dubia</i>	-	1	1	-	-	3	3	-	1	4	3	4	5	5	2	4	1	4	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyclobalanopsis longinux</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4	4	2	4	6	5	-	5	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pasania harlandii</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	3	3	1	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cinnamomum subavenium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	5	6	5	5	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Neolitsea aciculata</i> var. <i>variabilissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	5	4	4	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	
<i>Eustigma oblongifolium</i>	-	-	1	-	-	-	-	1	2	-	1	1	1	3	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Schima superba</i>	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	4	3	2	3	3	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ilex ficoidea</i>	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ilex formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ardisia cornudentata</i>	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	3	-	3	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>Helicia formosana</i>	3	-	2	1	2	-	-	-	-	1	3	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos sonoharae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pyrenaria shinkoensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ilex lonicerifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
<i>Ficus formosana</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Blastus cochinchinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Osmanthus matsumuranus</i>	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-	2	1	2	2	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	
<i>Daphniphyllum himalaense</i> ssp. <i>macropodum</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A-5 <i>Daphniphyllum glaucescens</i> subsp. <i>oldhamii</i> var. <i>oldhamii</i> alliance																															
<i>Cyclobalanopsis stenophylloides - Daphniphyllum glaucescens</i> subsp. <i>oldhamii</i> association																															
<i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	8	-	1	3	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	
<i>Tetradium ruticarpum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Machilus zuihoensis</i> var. <i>mushaensis - Daphniphyllum glaucescens</i> subsp. <i>oldhamii</i> association																															

表1. 台灣中西部氣候區楠櫛林帶植群分類系統(續)

Table 1. Vegetation classification system of *Machilus-Castanopsis* zone in central-west climatic region of Taiwan (Cont.)

Association No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
<i>Machilus zuihoensis</i> var. <i>mushaensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Fraxinus griffithii</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4	5	1	-	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cinnamomum insulari-montanum</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	
<i>Itea parviflora</i>	-	-	-	-	-	3	3	1	-	-	-	-	-	-	1	6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Adinandra formosana</i> - <i>Daphniphyllum glaucescens</i> subsp. <i>oldhamii</i> association																																	
<i>Adinandra formosana</i>	-	-	-	-	-	-	1	2	1	1	3	2	-	-	-	5	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Liquidambar formosana</i>	-	-	-	-	3	3	1	1	-	-	1	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	-	1	1	-	2	-	-	2	2	1	1	1	-	-	1	5	-	-	2	-	-	4	-	-	-	-	-	6	6	-	-	-	
Character species of <i>Daphniphyllum glaucescens</i> subsp. <i>oldhamii</i> alliance																																	
<i>Daphniphyllum glaucescens</i> subsp. <i>oldhamii</i>	-	1	3	-	3	5	1	3	-	1	2	1	-	-	5	6	6	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
<i>Litsea akoensis</i>	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	2	1	-	-	5	4	-	2	-	-	-	-	5	-	4	-	-	-	-	-	-	-	
A-6 <i>Lithocarpus lepidocarpus</i> alliance																																	
<i>Beilschmiedia erythrophloia</i> - <i>Lithocarpus lepidocarpus</i> association																																	
<i>Lithocarpus lepidocarpus</i>	-	1	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	3	-	5	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	
<i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	5	4	3	-	4	-	1	-	1	2	1	1	1	2	-	5	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	
<i>Machilus japonica</i>	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cinnamomum micranthum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetrapanax papyriferus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elaeagnus formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symplocos modesta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hydrangea angustipetala</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acer morrisonense</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hydrangea paniculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum parvifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus rankanensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Callicarpa randaiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Photinia serratifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pourthiaea beauverdiana</i> var. <i>notabilis</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Idesia polycarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sinopanax formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Litsea morrisonensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-7 <i>Rhododendron formosanum</i> alliance																																	
<i>Vaccinium wrightii</i> - <i>Rhododendron formosanum</i> association																																	
<i>Rhododendron formosanum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	5	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	-	1	4	-	-	-	1	1	4	5	4	1	4	-	1	5	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	2	2	-	2	3	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vaccinium wrightii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lyonia ovalifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myrica rubra</i>	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Viburnum propinquum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pieris taiwanensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myrica rubra</i>	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Vaccinium dunalianum</i> var. <i>caudatifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Character Species of Submontane Evergreen Broadleaved Forest																																	
<i>Beilschmiedia erythrophloia</i>	5	4	3	-	4	-	1	-	1	2	1	1	1	2	-	5	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	
<i>Machilus thunbergii</i>	6	1	1	-	2	-	1	-	1	-	-	3	1	4	6	-	-	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schefflera octophylla</i>	5	2	2	6	5	1	4	-	3	1	5	3	1	6	2	3	5	5	-	-	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	-	-	
<i>Machilus zuihoensis</i>	6	2	3	-	-	3	3	-	2	1	1	2	4	1	1	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	
<i>Psychotria rubra</i>	3	2	2	-	-	4	5	4	5	3	2	2	1	2	1	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	
<i>Engelhardia roxburghiana</i>	4	-	-	-	-	4	1	1	2	3	6	5	5	4	4	3	-	5	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	
<i>Diospyros morrisoniana</i>	-	-	3	-	-	2	4	-	2	3	3	4	2	3	2	3	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Litsea acuminata</i>	-	3	2	6	5	-	-	2	1	4	4	4	6	1	5	5	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	
<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	-	-	1	-	-	3	4	1	3	-	2	2	1	2	1	-	4	5	2	1	-	3	1	-	4	-	3	4	-	-	-	-	
<i>Turpinia formosana</i>	-	6	6	6	4	-	-	2	2	1	1	-	4	1	5	5	-	6	-	-	4	-	-	-	-	-	5	1	-	-	-	-	

表1. 台灣中西部氣候區楠櫛林帶植群分類系統(續)

Table 1. Vegetation classification system of *Machilus-Castanopsis* zone in central-west climatic region of Taiwan (Cont.)

Association No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
<i>Maesa perlaria</i> var. <i>formosana</i>	-	3	-	4	-	-	-	2	2	-	-	2	-	1	-	3	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tricalysia dubia</i>	-	1	1	-	-	3	3	-	1	4	3	4	5	5	2	4	1	4	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gordonia axillarlis</i>	-	-	-	-	-	6	3	3	1	-	2	2	-	-	1	-	1	6	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ardisia quinquegona</i>	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Wendlandia formosana</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Malus doumeri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Photinia serratifolia</i> var. <i>lasiopetala</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Neolitsea acuminatissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ilex asprella</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Casearia membranacea</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Capparis acutifolia</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos heishanensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Alniphyllum pterospermum</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Embelia lenticellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Quercus tatakaensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A-8 <i>Trema orientalis</i> alliance																																
<i>Macaranga tanarius</i> - <i>Trema orientalis</i> association																																
<i>Macaranga tanarius</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	7	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Paulownia</i> × <i>taiwaniana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Adina racemosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ficus irisana</i> - <i>Trema orientalis</i> association																																
<i>Ficus irisana</i>	6	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glochidion acuminatum</i>	-	2	-	-	-	-	-	3	-	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glochidion zeylanicum</i>	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Broussonetia papyrifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Zanthoxylum nitidum</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Meliosma rhoifolia</i>	-	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Character species of <i>Trema orientalis</i> alliance																																
<i>Trema orientalis</i>	-	3	-	5	-	-	1	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	3	5	-	-	5	4	-	-	-	-	-	
<i>Macaranga tanarius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	7	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	
<i>Aphananthe aspera</i>	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	4	1	2	-	-	-	-	-	-	-	
A-9 <i>Zelkova serrata</i> alliance																																
<i>Pistacia chinensis</i> - <i>Zelkova serrata</i> association																																
<i>Pistacia chinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	
<i>Murraya paniculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ulmus parvifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Koelreuteria henryi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhamnus parvifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhamnus formosana</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Symplocos konishii</i> - <i>Zelkova serrata</i> association																																
<i>Symplocos konishii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Acacia confusa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	7	5	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Aralia decaisneana</i>	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>Acer albopurpurascens</i> - <i>Zelkova serrata</i> association																																
<i>Acer albopurpurascens</i>	-	1	1	-	-	-	2	-	1	1	-	-	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-	2	4	-	-	-	-	
<i>Ligustrum pricei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	
<i>Camellia nokoensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rhamnus nakaharai</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Osmanthus lanceolatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glycosmis citrifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Melia azedarach</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Bridelia balansae</i> - <i>Zelkova serrata</i> association																																
<i>Bridelia balansae</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Fraxinus insularis</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	3	-	-	-	-	-	
<i>Pourthiaea lucida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	

表1. 台灣中西部氣候區楠櫨林帶植群分類系統(續)

Table 1. Vegetation classification system of *Machilus-Castanopsis* zone in central-west climatic region of Taiwan (Cont.)

Association No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<i>Vaccinium bracteatum</i>	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	
<i>Scolopia oldhamii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
Character species of <i>Zelkova serrata</i> alliance																															
<i>Zelkova serrata</i>	-	2	-	-	1	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	2	6	3	5	8	-	6	-	-	-	
<i>Sapindus mukorossii</i>	-	-	1	-	3	1	1	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	4	-	4	5	-	4	-	-	
<i>Vitex quinata</i>	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	3	6	3	-	-	-	-	-	
<i>Celtis sinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	2	-	3	-	-	-	-	-	
A-10 <i>Juglans cathayensis</i> alliance																															
<i>Juglans cathayensis</i> association																															
<i>Juglans cathayensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	
<i>Lindera megaphylla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	
<i>Helwingia japonica</i> ssp. <i>formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	
<i>Ulmus uyematsui</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	
<i>Hydrangea aspera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	
<i>Fatsia polycarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	
<i>Trichodesma calycosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	
<i>Ehretia acuminata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	
<i>Ficus erecta</i> var. <i>beeheyana</i>	-	3	1	-	-	-	-	2	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	2	2	1	-	2	1	-	4	2	2	-	-	
A-11 <i>Carpinus kawakamii</i> alliance																															
<i>Carpinus kawakamii</i> association																															
<i>Carpinus kawakamii</i>	-	-	-	-	-	1	4	-	3	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	4	-	7	3	-	-		
<i>Platycarya strobilacea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4	2	-	-	
<i>Cinnamomum insulari-montanum</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	6	-	-		
<i>Celtis biondii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-		
<i>Hydrangea chinensis</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-		
A-12 <i>Quercus variabilis</i> alliance																															
<i>Quercus variabilis</i> association																															
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	8	-	-		
<i>Pouzolzia elegans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-		
<i>Coriaria japonica</i> ssp. <i>intermedia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-		
<i>Elaeagnus thunbergii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-		
<i>Stachyurus himalaicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-		
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-		
A-13 <i>Alnus formosana</i> alliance																															
<i>Alnus formosana</i> association																															
<i>Alnus formosana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9		
<i>Debregeasia orientalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-		
<i>Boehmeria densiflora</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3		
<i>Clerodendrum trichotomum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-		
A-14 <i>Pinus taiwanensis</i> alliance																															
<i>Pinus taiwanensis</i> association																															
<i>Pinus taiwanensis</i>	-	-	-	-	7	3	6	3	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8		
<i>Deutzia pulchra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2	-	3	4	4	3	5		
<i>Tetradium glabrifolium</i>	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5	-		
<i>Callicarpa formosana</i>	-	2	-	-	2	-	2	2	1	2	-	1	-	-	-	1	-	2	-	2	-	2	-	-	3	1	4	5	7		
<i>Celtis formosana</i>	-	4	-	-	-	2	1	-	-	1	-	-	2	-	-	2	-	2	2	4	-	1	5	4	-	5	4	-	2		
Constant companion species of <i>Machilus - Castanopsis</i> Zone																															
<i>Glochidion rubrum</i>	-	2	-	-	1	1	2	2	1	-	1	-	3	4	-	1	-	-	-	3	-	4	-	-	4	6	2	5	-		
<i>Litsea hypophaea</i>	-	3	2	-	1	2	3	5	1	1	-	1	-	-	-	-	1	5	3	4	2	4	4	-	3	-	-	-	-		
<i>Lagerstroemia subcostata</i>	4	4	6	3	2	4	-	3	3	1	-	-	-	-	-	1	-	3	-	1	-	6	6	-	-	-	-	-	-		
<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	-	1	1	-	2	-	2	2	1	1	1	-	-	1	5	-	2	-	4	-	-	-	-	-	6	6	-	-	-		
<i>Styrax suberifolia</i>	-	3	-	-	3	4	3	1	5	2	2	3	2	1	4	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	1	-	-	-		
<i>Syzygium formosanum</i>	-	2	1	-	-	3	3	1	1	1	-	1	-	1	-	1	2	-	2	-	-	4	-	-	2	-	-	-	-		
<i>Mallotus japonicus</i>	-	1	-	2	4	-	3	2	1	2	2	-	1	-	-	-	-	-	2	1	3	-	-	5	-	-	-	4	-		
<i>Rhus succedanea</i>	-	3	-	-	1	3	1	2	2	1	2	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-		

油葉石櫛群團、火燒柯群團、鬼石櫛群團、奧氏虎皮楠群團、台灣杜鵑群團。

A-1 大有榕群團 (*Ficus septica* alliance)

本群團分布約在海拔800m以下，於台灣中部之低地 (lowland) 與山地下層的交會，屬榕櫛林帶與楠櫛林帶之過渡帶(ecotone)。由於分布在較易到達之處，受到砍伐及混植麻竹等人為因素破壞，原始之熱帶雨林極為罕見，目前大多為次生林 (secondary forest)。本群團有1個群叢。

1. 大葉楠-大有榕群叢 (*Machilus japonica* var. *kusanoi* - *Ficus septica* association)

群叢的主要特徵種：大葉楠 (*Machilus japonica* var. *kusanoi*)、大有榕 (*Ficus septica*)、香楠 (*Machilus zuihoensis*)、九重吹 (*Ficus nervosa*)、豬母乳 (*Ficus fistulosa*)、白肉榕 (*Ficus virgata*)、幹花榕 (*Ficus variegata* var. *garciae*)、澀葉榕 (*Ficus irisana*)、茄冬 (*Bischofia javanica*)、咬人狗 (*Dendrocnide meyeniana*)、雀榕 (*Ficus superba* var. *japonica*)、樟樹 (*Cinnamomum camphora*)。

前人文獻之植群型名稱：

大葉楠-白肉榕群叢 (*Machilus kusanoi* - *Ficus vasculosa* association) (劉 1980)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔800m以下，土壤較深厚之陰濕溪谷，為台灣熱帶雨林之北限，由於開發及農耕活動，林分多遭破壞。較為原始的森林內，垂直構造之層次多，呈複層林景觀，垂直剖面大致可分4個層次，樹冠層高15-20m，也有達30m，胸徑多在20-60 cm之間，以白肉榕、大葉楠為最主要之優勢種，另有豬腳楠 (*Machilus thunbergii*)、香楠、樟樹、瓊楠 (*Beilschmiedia erythrophloia*)、台灣雅楠 (*Phoebe formosana*)等樟科植物，幹花榕、澀葉榕、雀榕等桑科榕樹類及鵝掌柴

(*Schefflera octophylla*)，均為構成第一層樹冠之主要樹種，主要冠層樹種之徑級呈反J型分布；第二層樹冠為小喬木，最高約為10m，多在6-8m之間，以豬母乳、九重吹、大有榕等榕樹類為主；第三層灌木類有九節木 (*Psychotria rubra*)、山龍眼 (*Helicia formosana*)、山桂花 (*Maesa japonica*)、玉山紫金牛 (*Ardisia cornudentata* subsp. *cornudentata*) 等；第四層以陰性草本及蕨類為主。本群叢之景觀特徵為木質藤本及著生植物多，有幹花現象。在水平空間上，老樹為縫隙分布，而部分中性樹種因需要孔隙(gap)才可以產生更新小苗，所以小樹多呈塊集(patch)分布。

分布地點舉證：竹山坪頂瑞龍瀑布、石炭湖及梯子嶺附近及外獅頭山一帶，海拔800m以下之陰濕溪谷。

A-2 台灣雅楠群團 (*Phoebe formosana* alliance)

本群團可為台灣亞熱帶雨林之代表，分布於烏石坑、北港溪、日月潭、溪頭一帶，本群團可分為4個群叢，分別為黑星紫金牛-台灣雅楠群叢、五掌楠-台灣雅楠群叢、水冬瓜-台灣雅楠群叢、大葉石櫛-台灣雅楠群叢，亦可稱為楠木林，為典型的溪谷植群，太陽輻射以漫射光為主，樹冠多呈圓筒型，樹葉質軟而大型。

群團的特徵種：台灣雅楠、山香圓 (*Turpinia formosana*)、香葉樹 (*Lindera communis*)、九芎 (*Lagerstroemia subcostata*)、長梗紫麻 (*Oreocnide pedunculata*)。

群團的分化種：黑星紫金牛 (*Ardisia virens*)、三斗石櫛 (*Pasania hancei* var. *ternaticupula*)、山菜豆 (*Radermachia sinica*)；五掌楠 (*Neolitsea konishii*)、橘柑 (*Citrus tachibana*)、黃土樹 (*Prunus zippeliana*)、山黃皮 (*Murraya euchrestifolia*)；大葉楠、水冬瓜 (*Saurauia tristyla* var. *oldhamii*)、粗毛柃木 (*Eurya strigillosa*)；大葉石櫛 (*Pasania kawakamii*)、

佩羅特木(*Perrottetia arisanensis*)。

2.黑星紫金牛-台灣雅楠群叢 (*Ardisia virens* - *Phoebe formosana* association)

群叢的主要特徵種：黑星紫金牛、三斗石櫟、山菜豆。

群叢的伴生種：台灣雅楠、九芎、鵝掌柴、山香圓、白匏子(*Mallotus paniculatus*)、長梗紫麻。

前人文獻之植群型名稱：

山香圓-白匏子林型 (*Turpinia formosana* - *Mallotus paniculatus* type) (賴及林 1997)。

山黃麻-長梗紫麻亞型(賴及林 1997)。

山香圓-白匏子亞型(賴及林 1997)。

生育地及植群形相：

本群叢分布海拔700-1,200m，西及西北向坡，上層除有白匏子外，以鵝掌柴、台灣雅楠、九芎、木蠟樹(*Rhus succedanea*)、山黃麻(*Trema orientalis*)、五掌楠、厚殼桂(*Cryptocarya chinensis*)、三斗石櫟、木荷(*Schima superba*)、欒(*Zelkova serrata*)為主，樹冠層高15-20m，下層為山香圓、長梗紫麻，以中小徑木為主，於中下層占有絕大優勢。以三斗石櫟之徑級分配比例推測其更新可維持一良好狀況，且有能達於上層，為本群叢之潛在優勢種。白匏子及欒僅存中、大徑木，鵝掌柴、台灣雅楠、五掌楠更新狀況較為穩定，九芎及木荷則類似白匏子有漸漸被排除之趨勢。冠層殘存少數陽性先驅樹種之大徑木，屬演替中後期。

稀有及保育物種：叢花百日青(*Podocarpus fasciculus*)。

分布地點舉證：烏石坑溪，海拔700-1,100m。

3.五掌楠-台灣雅楠群叢 (*Neolitsea konishii*-*Phoebe formosana* association)

群叢的主要特徵種：五掌楠、橘柑。

群叢的伴生種：台灣雅楠、九芎、鵝掌柴、

山香圓。

前人文獻之植群型名稱：

台灣雅楠-台灣山香圓林型 (*Phoebe formosana* - *Turpinia formosana* type) (羅 1992)

生育地及植群形相：

本群叢分布海拔500-1,000m，緊臨溪谷邊之沖積平台上，林地多細石，排水良好，環境陰濕，全天光空域在55%以下。本群叢樹冠僅1層，且林木均已非常大，主要以台灣雅楠、山香圓、九芎為主，樹冠呈圓筒型，冠層已鬱閉，高15-20m。山豬肉(*Meliosma rhoifolia*)之徑級呈不連續分布，且未發現小苗，其他各樹種之徑級多呈反J型分布。

稀有及保育物種：橘柑、秀桂花(*Eustigma oblongifolium*)。

分布地點舉證：惠蓀實驗林場東峰溪下游，海拔760-880m。

4.水冬瓜-台灣雅楠群叢 (*Saurauja tristyla* var. *oldhamii*-*Phoebe formosana* association)

群叢的主要特徵種：水冬瓜、大葉楠、香葉樹、粗毛柃木、裡白椴木(*Aralia bipinnata*)。群叢的伴生種：台灣雅楠、九芎、鵝掌柴、山香圓、長葉木薑子(*Litsea acuminata*)。

前人文獻之植群型名稱：

大葉楠-山香圓-長葉木薑子優勢型 (*Machilus kusanoi*-*Turpinia formosana*-*Litsea acuminata* dominance type) (黃 1984)。

江某-楠木類群叢 (*Schefflera octophylla* - *Machilus* association) (劉 1980)。

生育地及植群形相：

本群叢分布海拔700-1,200m，溪谷兩側，環境極為濕潤，喬木層以山香圓、長葉木薑子、大葉楠較占優勢，下層有台灣雅楠、黑星櫻(*Prunus phaeosticta*)、長梗紫麻、山龍眼、水冬瓜、裡白椴木等。林內垂直構造之層次多，呈複層林景觀。

分布地點舉證：魚池鄉水源地溪谷兩側海拔

900m；竹山布袋窟一帶之陰濕溪谷，為竹林或造林地附近殘存之天然林群落。

5. 大葉石櫟-台灣雅楠群叢 (*Pasania kawakamii* - *Phoebe formosana* association)

群叢的主要特徵種：大葉石櫟、佩羅特木。

群叢的伴生種：台灣雅楠、九芎、鵝掌柴、杏葉石櫟、長葉木薑子、假長葉楠(*Machilus japonica*)。

前人文獻之植群型名稱：

大葉校力-台灣雅楠群叢 (*Pasania kawakamii*-*Phoebe formosana* association) (劉及柳 1975)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔1,000-1,500m之間，地形較平坦處，因附近居民墾植竹類或採取森林副產物破壞，下層林相甚不完整。冠層以大葉石櫟、台灣雅楠為主，尚有瓊楠、鬼石櫟(*Lithocarpus lepidocarpus*)、九芎、杏葉石櫟(*Lithocarpus amygdalifolius*)、狹葉櫟(*Cyclobalanopsis stenophylloides*)、三斗石櫟、無患子(*Sapindus mukorossii*)、樟樹、昆欄樹(*Trochodendron aralioides*)、大葉楠、長葉木薑子、猴歡喜(*Sloanea formosana*)、野桐(*Mallotus japonicus*)、山香圓等；灌木層以長梗紫麻為最主要組成份子。本群叢為次生林，冠層殘存少數陽性先驅樹種之大徑木，主要冠層及次冠層樹種之徑級呈反J型分布，顯示將可持續更新。

分布地點舉證：鳳凰山西側，海拔1,000-1,500m。

A-3 油葉石櫟群團 (*Pasania konishii* alliance)

本群團代表山地下層稍乾旱之生育地，或演替中期之林分，分布於雙冬、北港溪一帶。本群團可分為5個群叢，分別為台灣紅豆樹-油葉石櫟群叢、白柏-油葉石櫟群叢、圓果青剛櫟-油葉石櫟群叢、三腳鼈-油葉石櫟群叢及捲斗櫟-油葉石櫟群叢。

群團的特徵種：油葉石櫟(*Pasania konishii*)、九節木、白匏子、橢圓葉木薑子(*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)、台灣五葉松(*Pinus morrisonicola*)、土肉桂(*Cinnamomum osmophloeum*)、紅皮(*Styrax suberifolia*)、南澳杜鵑(*Rhododendron breviperulatum*)、黃肉樹(*Litsea hypophaea*)、山黃梔(*Gardenia jasminoides*)、軟毛柿(*Diospyros eriantha*)、台灣赤楠(*Syzygium formosanum*)、樹杞(*Ardisia sieboldii*)、水錦樹(*Wendlandia uvariifolia*)、紅子莢迷(*Viburnum formosanum*)。

群團的分化種：台灣紅豆樹(*Ormosia formosana*)、南澳杜鵑；白柏(*Sapium discolor*)、茜草樹(*Randia cochinchinensis*)、土楠(*Cryptocarya concinna*)、竹柏(*Nageia nagi*)、鵝掌藥(*Schefflera arboricola*)；圓果青剛櫟(*Cyclobalanopsis globosa*)、馬銀花(*Rhododendron ovatum*)、山櫻花(*Prunus campanulata*)、台灣栲(*Fraxinus insularis*)；三腳鼈(*Melicope pteleifolia*)、台灣肖楠(*Calocedrus macrolepis* var. *formosana*)、天料木(*Homalium cochinchinensis*)、山胡椒(*Litsea cubeba*)、小構樹(*Broussonetia kazinoki*)、蟲屎(*Melanolepis multiglandulosa*)、天台烏藥(*Lindera aggregata*)、山柚(*Champereia manillana*)；捲斗櫟(*Cyclobalanopsis pachyloma*)、日本山茶(*Camellia japonica*)。

6. 台灣紅豆樹-油葉石櫟群叢 (*Ormosia formosana*-*Pasania konishii* association)

群叢的主要特徵種：台灣紅豆樹、南澳杜鵑。

群叢的伴生種：油葉石櫟、九節木、白柏、白匏子、橢圓葉木薑子、圓果青剛櫟、土肉桂、紅皮、木蠟樹、台灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、台灣五葉松、大頭茶(*Gordonia axillaris*)。

前人文獻之植群型名稱：

台灣二葉松-台灣紅豆-大頭茶型 (*Pinus taiwanensis-Ormosia formosana- Gordonia axillaris* type) (廖 1992)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔500-800m，西或西北向，上坡。植群上層由高聳之台灣二葉松及台灣五葉松之大喬木構成不連續樹冠層，其間夾雜白匏子、野桐、白柏、楓香、紅皮、木蠟樹等演替初期陽性樹種之大喬木。下層以台灣紅豆樹、大頭茶占優勢，並有油葉石櫟、九芎、黃杞、圓果青剛櫟、香楠、杜英 (*Elaeocarpus sylvestris*)、奧氏虎皮楠 (*Daphniphyllum glaucescens* ssp. *oldhamii*)、山紅柿 (*Diospyros morrisiana*)、山櫻花等中性或耐陰性樹種與之伴生，其下灌木稀疏，有橢圓葉木薑子、南澳杜鵑、九節木、小花鼠刺 (*Itea parviflora*)、狗骨仔 (*Tricalysia dubia*)、杜虹花 (*Callicarpa formosana*)、小葉赤楠 (*Syzygium buxifolium*)、鵝掌柴、水錦樹等較耐陰之木本植物。由於林分已達鬱閉、土層漸厚，地被層之植物種類尚多。主要冠層為陽性先驅樹種，下層為耐陰性之常綠闊葉樹苗木，冠層樹種因無法產生足夠的更新小苗，將會漸漸被下層樹種所取代。

稀有及保育物種：台灣紅豆樹。

分布地點舉證：雙冬火炎山主脈，海拔530-580m。

7. 白柏-油葉石櫟群叢 (*Sapium discolor - Pasania konishii* association)

群叢的主要特徵種：白柏、茜草樹、土楠、竹柏。

群叢的伴生種：油葉石櫟、九節木、白匏子、橢圓葉木薑子、圓果青剛櫟、紅皮、木蠟樹。

前人文獻之植群型名稱：

白柏-小西氏石櫟型 (*Sapium discolor - Pasania konishii* type) (廖 1992)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔400-700m，坡度緩和之嶺線或中、下坡，土層堆積厚、生育良好之中生環境。喬木層明顯分化成上下二層，其上層樹冠以白柏占優勢，下層優勢種為油葉石櫟，上層除白柏外，另有台灣五葉松、白匏子、台灣二葉松、楓香、木蠟樹、山黃麻、假赤楊 (*Alniphyllum pterospermum*) 等演替初期之陽性樹種與之伴生，下層喬木除以油葉石櫟為主外，並有多種之中性樹種，如奧氏虎皮楠、杜英、山紅柿、三斗石櫟、雀榕、大頭茶、軟毛柿、香楠、紅葉樹 (*Helicia cochichinensis*)、土肉桂、短尾葉石櫟、圓果青剛櫟、台灣紅豆樹、火燒柯 (*Castanopsis fargesii*)、黑星櫻、枇杷葉灰木 (*Symplocos stellaris*)、黃杞 (*Engelhardia roxburghiana*)、香葉樹、豬腳楠。主要冠層為陽性先驅樹種，下層為耐陰性之常綠闊葉樹苗木。

稀有及保育物種：台灣紅豆樹。

分布地點舉證：雙冬火炎山，海拔400-590m。

8. 圓果青剛櫟-油葉石櫟群叢 (*Cyclobalanopsis globosa - Pasania konishii* association)

群叢的主要特徵種：圓果青剛櫟、台灣栲。

群叢的伴生種：油葉石櫟、九節木、白柏、白匏子、橢圓葉木薑子、土肉桂、紅皮、木蠟樹。

前人文獻之植群型名稱：

圓果青剛櫟-小西氏石櫟型 (*Cyclobalanopsis globosa - Pasania konishii* type) (廖 1992)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔400-900m，山頂、稜脊或接近稜脊之上坡，人為干擾較少之地區，喬木層以圓果青剛櫟與油葉石櫟占優勢，並遺留少數演替初期之台灣二葉松或台灣五葉松、白匏子、野桐之大喬木，其餘主要伴生種為無患子、台灣栲、白柏、土肉

桂、阿里山千金榆(*Carpinus kawakamii*)、大頭茶、九芎、小芽新木薑子(*Neolitsea parvigemma*)、山櫻花、青剛櫟(*Cyclobalanopsis glauca*)，並偶有出現木蠟樹、黃杞、土密樹、梧桐(*Firmiana simplex*)、台灣楊桐(*Adinandra formosana*)、楓香(*Liquidambar formosana*)、粗糠柴(*Mallotus philippensis*)、奧氏虎皮楠、厚皮香(*Ternstroemia gymnanthera*)、杜英、裡白椴木等樹種，其下灌木稀疏，有九節木、橢圓葉木薑子、日本女貞(*Ligustrum liukiuense*)、黃肉樹、台灣赤楠、紅子莢迷、南澳杜鵑、山黃梔、細葉鰻頭果、馬銀花、台灣山桂花(*Maesa perlaria* var. *formosana*)、小花鼠刺、米飯花(*Vaccinium bracteatum*)等。由於喬木層之伴生樹種以落葉性闊葉樹種為主，冬季呈半落葉闊葉樹林景象。

分布地點舉證：雙冬火炎山，海拔485-770m。

9. 三腳龜-油葉石櫟群叢 (*Melicope pteleifolia* - *Pasania konishii* association)

群叢的主要特徵種：三腳龜、台灣肖楠、天料木、山胡椒、小構樹、蟲屎、天台烏藥、山柚。

群叢的伴生種：油葉石櫟、九節木、白栢、白匏子、橢圓葉木薑子、土肉桂、紅皮、木蠟樹。

前人文獻之植群型名稱：

樟樹-五蕊虎皮楠林型 (*Cinnamomum camphora*-*Daphniphyllum pentandrum* type) (李 1993)。

菱果石櫟-台灣二葉松林型 (*Pasania rhombocarpa*-*Pinus taiwanensis* type) (李 1993)
白匏子-小梗黃肉楠林型 (*Mallotus paniculatus*-*Litsea kostermansii* type) (李 1993)

山黃麻-白匏子過渡群叢 (*Trema orientalis*-*Mallotus paniculatus* association) (劉 1980)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔500-1,000m之林道旁或溪流兩岸，包括河谷沖積地、開路或伐木等因素所引起之次生林。生育地之坡度0-40°，含石率1-5級，全天光空域50-70%，直射光空域25-60%，上層主要樹種有白匏子、台灣二葉松、白栢、青剛櫟、軟毛柿、樟樹、菱果石櫟(*Pasania synbalanos*)，下層以九節木、黃肉樹、土肉桂、三腳龜、天台烏藥為主。白匏子、台灣二葉松、白栢及椴皮櫟之徑級呈鐘型分布，下層幾不見有其幼苗或稚樹。菱果石櫟、黃肉樹、裡白鰻頭果、青剛櫟、三斗石櫟、台灣赤楠則呈明顯之反J型分布。

稀有及保育物種：天台烏藥、天料木、秀柱花、台灣蘋果(*Malus doumeri*)、台灣紅豆樹、台灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)。

分布地點舉證：惠蓀實驗林場，海拔700-810m。

10. 捲斗櫟-油葉石櫟群叢 (*Cyclobalanopsis pachyloma* - *Pasania konishii* association)

群叢的主要特徵種：捲斗櫟、日本山茶。

群叢的伴生種：油葉石櫟、九節木、橢圓葉木薑子、圓果青剛櫟、土肉桂、紅皮、木蠟樹、青楓。

前人文獻之植群型名稱：

捲斗櫟-紅皮林型 (*Cyclobalanopsis pachyloma* - *Styrax suberifolia* type) (羅 1992)

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔800-1,100m，近河谷之陡峭山坡上，土壤適潤，含多量細石之向陽地，坡度約30°，全天光空域50-80%，直射光空域約60%。因多位於陡峭之坡面上，所以樹木常有偏倚生長之現象。上層木以捲斗櫟、土肉桂、紅皮及青楓(*Acer serrulatum*)為主，下層木則以油葉石櫟、狗骨仔為主。本群叢分布於陡峭稜線，主要組成樹種為陽性

先驅種，但生育地坡度太大，不斷因小型崩塌而產生孔隙，足以提供上層陽性樹種之種子發芽，而可維持本群叢的組成。

稀有及保育物種：日本山茶、秀桂花、台灣蘋果。

分布地點舉證：惠蓀實驗林場有勝山支稜，海拔820-1,080m。

A-4 火燒柯群團 (*Castanopsis fargesii* alliance)

本群團分布於日月潭、北港溪、烏石坑一帶，代表山地下層常綠闊葉林中較為乾旱生育地的群團，可分為5個群叢，分別為單刺苦槠-火燒柯群叢、反刺苦槠-火燒柯群叢、楊桐葉灰木-火燒柯群叢、琉球雞屎樹-火燒柯群叢、大明橘-火燒柯群叢，太陽輻射以直射光為主，樹冠多呈降落傘型，樹葉硬質，為典型之槠木林，物種組成有許多分布侷限在中西區之樹種。

群團的特徵種：大丁黃 (*Euonymus laxiflorus*)、火燒柯、厚殼桂、小葉赤楠、黃杞、綠樟 (*Meliosma squimulata*)、圓葉冬青 (*Ilex goshiensis*)、狗骨仔、錐果櫟 (*Cyclobalanopsis longinux*)、短尾葉石櫟 (*Pasania harlandii*)、香桂 (*Cinnamomum subavenium*)、變葉新木薑子 (*Neolitsea aciculata* var. *variabilissima*)、秀桂花、糊樗 (*Ilex formosana*)、玉山紫金牛、山龍眼、南嶺灰木 (*Symplocos sonoharae*)、紅葉樹、烏皮茶 (*Pyrenaria shinkoensis*)、小葉樹杞 (*Ardisia quinquegona*)、忍冬葉冬青 (*Ilex lonicerifolia*)、天仙果 (*Ficus formosana*)、柏拉木 (*Blastus cochinchinensis*)、大葉木犀 (*Osmanthus matsumuranus*)。

群團的分化種：菱果石櫟、單刺苦槠 (*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* f. *sessilis*)、大葉苦槠 (*Castanopsis kawakamii*)、烏來柯 (*Limlia uraiana*)、南投石櫟 (*Pasania nantoensis*)、桃實百日青 (*Podocarpus*

nakaii)、南投五月茶 (*Antidesma japonicum* var. *acutisepalum*)、垢果山茶 (*Camellia furfuracea*)、柳葉山茶 (*Camellia salicifolia*)、菱葉衛矛 (*Euonymus tashiroi*)、密毛假黃楊 (*Ilex pubescens*)、鐵冬青 (*Ilex rotunda*)、蓮花池山龍眼 (*Helicia rengetiensis*)；反刺苦槠 (*Castanopsis eyrei*)、藤毛木櫟 (*Embelia laeta* var. *papilligera*)、圓葉雞屎樹 (*Lasianthus wallichii*)、銳脈木薑子 (*Litsea acutivena*)、台灣厚距花 (*Pachycentria formosana*)、柯氏雞屎樹 (*Lasianthus curtisii*)；楊桐葉灰木 (*Symplocos congesta*)；琉球雞屎樹 (*Lasianthus fordii*)、台灣糊樗 (*Ilex ficoidea*)；大明橘 (*Myrsine seguinii*)、台灣樹參 (*Dendropanax dentiger*)、日本雞屎樹 (*Lasianthus japonicus*)、日本賽衛矛 (*Microtropis japonica*)、叢花百日青、巒大越橘 (*Vaccinium randaiense*)。

11. 單刺苦槠-火燒柯群叢 (*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* f. *sessilis*-*Castanopsis fargesii* association)

群叢的主要特徵種：單刺苦槠、大葉苦槠、菱果石櫟、烏來柯、南投石櫟、桃實百日青、南投五月茶、垢果山茶、柳葉山茶、菱葉衛矛、密毛假黃楊、鐵冬青、蓮花池山龍眼。

群叢的伴生種：香桂、楊桐葉灰木、小葉赤楠、黃杞、變葉新木薑子、綠樟、圓葉冬青、狗骨仔、錐果櫟、大丁黃、火燒柯。

前人文獻之植群型名稱：

黃杞-大葉苦槠-單刺苦槠優勢型 (*Engelhardtia roxburghiana*-*Castanopsis borneensis*-*Castanopsis carlesii* var. *sessilis* dominance type) (黃 1984)。

單刺苦槠-厚殼桂-捲斗櫟-菱果石櫟亞型 (*Castanopsis carlesii* var. *sessilis*-*Beilschmiedia chinensis*-*Cyclobalanopsis pachyloma*-*Pasania*

rhomboarpa subtype) (黃 1984)。

紅楠-西施花-大頭茶-杜英亞型 (*Machilus thunbergii* - *Rhododendron ellipticum* - *Gordonia axillaris* - *Elaeocarpus sylvestris* subtype) (黃 1984)。

單刺栲-火燒柯-山龍眼-小西氏石櫟亞型 (*Castanopsis carlesii* var. *sessilis* - *Castanopsis hystrix* - *Helicia formosana* - *Pasania konishii* subtype) (黃 1984)。

生育地及植群形相：

本群叢主要分布於海拔500-1,500m，地勢較為平緩之沖積平原及山脈較緩坡處，類似生育地多已闢為農耕地，僅稜線兩側陡坡及蓮華池尚保留部分之天然植群。上層由黃杞、大葉苦櫛、厚殼桂、香桂、單刺苦櫛、長葉木薑子、薯豆(*Elaeocarpus japonicus*)、捲斗櫟、木荷、錐果櫟、綠樟、小葉赤楠、菱果石櫟、變葉新木薑子等共同組成，冠層高度15-25m。而南投石櫟、杏葉石櫟、火燒柯、油葉石櫟、三斗石櫟及短尾葉石櫟等常於近稜線處或向陽坡面成局部優勢。下層以鵝掌柴、山紅柿、台灣八角(*Illicium arborescens*)、山龍眼、台灣紅豆樹、狗骨仔、西施花(*Rhododendron ellipticum*)、黑星櫻、茜草樹較為優勢。林內垂直構造之層次多，呈複層林景觀。

稀有及保育物種：尖葉水絲梨(*Distyliopsis dunnii*)、蓮華池柃木(*Eurya rengechiensis*)、秀桂花、桃實百日青、南投石櫟、柳葉山茶、垢果山茶。

分布地點舉證：集集山脈、蓮華池附近丘陵及日月潭周邊之埔里盆地群，海拔700-1,400m。

12. 反刺苦櫛-火燒柯群叢 (*Castanopsis eyrei* - *Castanopsis fargesii* association)

群叢的主要特徵種：反刺苦櫛、藤毛木櫟、圓葉雞屎樹、銳脈木薑子、台灣厚距花、柯

氏雞屎樹、能高山灰木(*Symplocos nokoensis*)、守城滿山紅(*Rhododendron mariesii*)、朱紅水木(*Ilex micrococca*)。

群叢的伴生種：香桂、厚殼桂、小葉赤楠、黃杞、變葉新木薑子、綠樟、圓葉冬青、狗骨仔、錐果櫟、大丁黃、火燒柯。

前人文獻之植群型名稱：

香桂-白匏子林型 (*Cinnamomum randaiense* - *Mallotus paniculatus* type) (李 1993)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔800-1,600m，坡度5-40°，各坡向皆有，含石率2-5級，全天光空域50-90%，直射光空域45-85%。本群叢上層之優勢樹種有黃杞、香桂、薯豆、白匏子、長葉木薑子、反刺苦櫛、變葉新木薑子、錐果櫟、山紅柿、台灣八角，下層木則以狗骨仔、九節木、小葉赤楠、玉山紫金牛為主。薯豆、白匏子等樹種之徑級已趨向於鐘型分布，香桂、變葉新木薑子、錐果櫟等之徑級則是明顯之反J型分布。

稀有及保育物種：巒大杉(*Cunninghamia konishii*)、蓮華池柃木、天台烏藥、秀桂花、天料木、台灣紅豆樹、桃實百日青、南投石櫟、台灣蘋果、台灣杉。

分布地點舉證：惠蓀實驗林場海拔800-1,600m。

13. 楊桐葉灰木-火燒柯群叢 (*Symplocos congesta* - *Castanopsis fargesii* association)

群叢的主要特徵種：楊桐葉灰木、俄氏柿(*Diospyros oldhamii*)。

群叢的伴生種：香桂、厚殼桂、小葉赤楠、黃杞、變葉新木薑子、綠樟、圓葉冬青、狗骨仔、錐果櫟、大丁黃、火燒柯。

前人文獻之植群型名稱：

香桂-薯豆林型 (*Cinnamomum randaiense* - *Elaeocarpus japonicus* type) (羅 1992)。

香桂-烏心石亞型 (*Cinnamomum*

randaiense-Michelia compressa subtype) (羅 1992)。

薯豆-台灣杜鵑亞型 (*Elaeocarpus japonicus-Rhododendron formosanum* subtype) (羅 1992)。

變葉新木薑子-卡氏櫛亞型 (*Neolitsea acuminatissima-Castanopsis carlesii* subtype) (羅 1992)。

紅柿-卡氏櫛林型 (*Diospyros oldhamii-Castanopsis carlesii* type) (羅 1992)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔1,000-1,600m之山坡地，坡度5-20°，土壤含石率1-3級，全天光空域60-90%及直射光空域為60-80%。上層以香桂、黃杞、變葉新木薑子、薯豆、長葉木薑子、台灣紅豆樹、香楠、木荷、長尾尖葉櫛 (*Castanopsis cuspidata* var. *carlesii*) 為主，冠層高度約12-18m，下層木則以狗骨仔、小葉赤楠、楊桐葉灰木、台灣八角、台灣樹參、黑星櫻、大丁黃及台灣楊桐為主。主要冠層樹種之徑級呈反J型分布，顯示可持續更新，為極盛相(climax)植群。

稀有及保育物種：秀柱花、台灣紅豆樹。

分布地點舉證：惠蓀林場海拔1,000-1,550m。

14. 琉球雞屎樹-火燒柯群叢 (*Lasianthus fordii* -*Castanopsis fargesii* association)

群叢的主要特徵種：琉球雞屎樹、台灣糊樗。

群叢的伴生種：香桂、楊桐葉灰木、小葉赤楠、黃杞、變葉新木薑子、綠樟、圓葉冬青、狗骨仔、錐果櫟、大丁黃、火燒柯、長葉木薑子、鵝掌柴。

前人文獻之植群型名稱：

長葉木薑子-江某林型 (*Litsea acuminata* -*Schefflera octophylla* type) (賴及林 1997)。

厚殼桂-江某亞型 (賴及林 1997)。

長葉木薑子-香桂亞型 (賴及林 1997)。

長葉木薑子-紫珠葉泡花樹亞型 (賴及林 1997)。

生育地及植群形相：

本群叢海拔分布從1,000-1,500m，為楠櫛林帶之中上層。冠層樹種有長葉木薑子、鵝掌柴、錐果櫟、豬腳楠、厚殼桂、香桂、黃杞、紫珠葉泡花樹 (*Meliosma callicarpaefolia*)、烏心石、山香圓、木荷、火燒柯等，樹冠層高15 - 20m，林下灌木以玉山紫金牛、琉球雞屎樹較為常見。長葉木薑子、鵝掌柴、厚殼桂，屬反J型分布，顯示林下更新良好，紫珠葉泡花樹及山香圓以小徑木為主，黃杞、豬腳楠、烏心石 (*Michelia compressa*)、錐果櫟、木荷、火燒柯及香桂徑級分布不連續，雖有小苗更新，但其或小苗死亡率高，或大徑木比例偏高，或需有孔隙小苗才得以更新，若無孔隙發生，有逐漸減少或被淘汰之趨勢。

稀有及保育物種：秀柱花、台灣紅豆樹。

分布地點舉證：烏石坑地區海拔1,100-1,400m。

15. 大明橘-火燒柯群叢 (*Myrsine seguinii* -*Castanopsis fargesii* association)

群叢的主要特徵種：大明橘、台灣樹參、日本雞屎樹、日本賽衛矛、叢花百日青、巒大越橘、深紅茵芋 (*Skimmia reevesiana*)、尾葉灰木 (*Symplocos caudata*)。

群叢的伴生種：香桂、楊桐葉灰木、厚殼桂、小葉赤楠、黃杞、變葉新木薑子、圓葉冬青 (*Ilex goshiensis*)、狗骨仔、錐果櫟、大丁黃、火燒柯、台灣杜鵑 (*Rhododendron formosanum*)。

前人文獻之植群型名稱：

錐果櫟-台灣杜鵑林型 (*Cyclobalanopsis longinix* -*Rhododendron formosanum* type) (賴及林 1997)。

錐果櫟-豬腳楠-大明橘-綠樟亞型 (賴及林

1997)。

台灣杜鵑-錐果櫛亞型(賴及林 1997)。

台灣杜鵑亞型(賴及林 1997)。

生育地及植群形相：

本群叢分布山腹至稜線間，海拔1,200-1,800m，上層樹種錐果櫛、豬腳楠、香桂、大明橘、黃杞、綠樟、薄葉虎皮楠(*Daphniphyllum himalaense* subsp. *macro-podum*)，林下灌木以琉球雞屎樹、玉山紫金牛、無刺伏牛花(*Damnacanthus angustifolius*)、台灣杜鵑、日本雞屎樹為主，屬楠櫛林帶上層及櫛林帶下層。錐果櫛、豬腳楠、香桂、黃杞、台灣杜鵑為反J型分布，其中錐果櫛及台灣杜鵑於上中下層皆是最優勢；豬腳楠、香桂小苗特多，為極具潛在優勢之陰性樹種；大明橘、綠樟只有零星幾棵占於上層，多數為中、小徑木，為次冠層優勢。上層偶混生有少量之台灣鐵杉及台灣五葉松，然中下層其小苗甚少。

稀有及保育物種：叢花百日青、秀柱花、台灣蘋果。

分布地點舉證：烏石坑地區，海拔1,300m至最高點之1,834m。

A-5 奧氏虎皮楠群團 (*Daphniphyllum glaucescens* subsp. *oldhamii* alliance)

本群團分布於日月潭、春陽一帶，屬於山地下層常綠闊葉林，本群團可分為3個群叢，分別為狹葉櫛-奧氏虎皮楠群叢、青葉楠-奧氏虎皮楠群叢、台灣楊桐-奧氏虎皮楠群叢。本群團為演替中期之植群，部分上層林冠的樹種，只存有中或大徑級，而無小苗或稚樹。

群團的特徵種：奧氏虎皮楠、屏東木薑子(*Litsea akoensis*)。

群團的分化種：狹葉櫛、吳茱萸(*Tetradium ruticarpum*)；青葉楠(*Machilus zuihoensis* var. *mushaensis*)；台灣楊桐。

16. 狹葉櫛-奧氏虎皮楠群叢 (*Cyclobalanopsis stenophylloides* - *Daphniphyllum glaucescens* subsp. *oldhamii* association)

群叢的主要特徵種：狹葉櫛、吳茱萸。

群叢的伴生種：奧氏虎皮楠、山香圓、長葉木薑子、瓊楠、錐果櫛、屏東木薑子。

前人文獻之植群型名稱：

狹葉櫛-奧氏虎皮楠-長葉木薑子優勢型(*Cyclobalanopsis stenophylloides* var. *stenophylloides* - *Daphniphyllum glaucescens* var. *oldhamii* - *Litsea acuminata* dominance type)(黃 1984)。

生育地及植群形相：

本群叢分布海拔1,100-1,500m，地勢陡峭之碎石礫地，林地濕潤。上層林冠以狹葉櫛占絕對優勢，另有山香圓、長葉木薑子、奧氏虎皮楠、樟葉槭(*Acer albopurpurascens*)、山紅柿等伴生；第二層喬木主要由瓊楠、屏東木薑子、大明橘、疏果海桐(*Pittosporum illicioides*)組成；第三層有台灣山桂花、九節木等。本群叢分布於陡峭稜線，主要組成樹種為陽性先驅種，但生育地坡度太大，不斷因小型崩塌而產生孔隙，足以提供上層陽性樹種之種子發芽，而可維持本群叢的組成。

稀有及保育物種：秀柱花。

分布地點舉證：魚池鄉水源地溪谷上側，海拔1,200m。

17. 青葉楠-奧氏虎皮楠群叢 (*Machilus zuihoensis* - *Daphniphyllum glaucescens* subsp. *oldhamii* association)

群叢的主要特徵種：青葉楠、白雞油(*Fraxinus griffithii*)。

群叢的伴生種：奧氏虎皮楠、細葉饅頭果(*Glochidion rubrum*)、小花鼠刺、台灣肉桂(*Cinnamomum insulari-montanum*)。

前人文獻之植群型名稱：

霧社楨楠林型 (*Machilus zuihoensis* forest type)

(林 1999)。

小花鼠刺亞型 (林 1999)。

山肉桂-大葉柯亞型 (林 1999)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔1,000-1,700m之各種坡向，坡度3-30°，主要冠層優勢種為青葉楠、奧氏虎皮楠、長葉木薑子、鵝掌柴、台灣肉桂等，冠層高度15-20m，第二層喬木及灌木層則以小花鼠刺、長葉木薑子、山紅柿、屏東木薑子、山香圓、細葉饅頭果、鬼石櫟、狗骨仔、玉山紫金牛、台灣山桂花等較為常見。本群叢為演替中後期，台灣赤楊(*Alnus formosana*)、尖葉槭(*Acer kawakamii*)、木蠟樹只發現少量中、大徑級木，無更新之小苗及稚樹，將會被取代。本群叢青葉楠之徑級分布呈現極明顯的L型分布，小苗的數量遠遠超過其他徑級的數量，小樹之數量雖未特別多，應仍可持續其優勢度；而大葉石櫟、台灣肉桂、長葉木薑子、三斗石櫟、鬼石櫟及屏東木薑子之徑級分布呈反J型分布，可為將來冠層的共同優勢種；山香圓、山紅柿、鵝掌柴、小花鼠刺及狗骨仔之徑級分布皆呈反J型，小苗及稚樹之數量較多。

分布地點舉證：春陽地區，海拔1,165-1,670m。

18. 台灣楊桐-奧氏虎皮楠群叢 (*Adinandra formosana-Daphniphyllum glaucescens* subsp. *oldhamii* association)

群叢的主要特徵種：台灣楊桐。

群叢的伴生種：奧氏虎皮楠、大頭茶、黃杞、錐果櫟。

前人文獻之植群型名稱：大頭茶型 (*Gordonia axillaris* forest type) (林 1999)。

生育地及植群形相：

本群叢位於濁水溪北源海拔高度1,000-1,700m，主要優勢種為奧氏虎皮楠、大頭茶、楓香、黃杞、狹葉櫟，小喬木及灌層主

要為台灣楊桐、狗骨仔、長葉木薑子。本群叢主要優勢種大頭茶，各徑級間數量差異不大，小苗補充上並未看出有可以順利自然更新的趨勢。楓香小樹的數量亦不多，奧氏虎皮楠、黃杞、長葉木薑子、薯豆、台灣楊桐目前更新情況頗為順利，應屬於演替中期之社會，其主要優勢種大頭茶、楓香等，將為其他樹種所取代，薯豆萌蘖苗的數量相對於種子苗的比例少了許多。

分布地點舉證：春陽地區，海拔1,145-1,175m。

A-6 鬼石櫟群團 (*Lithocarpus lepidocarpus* alliance)

本群團分布約在海拔1,100-1,800m之山地，於台灣中部之山地帶(montane)與山地下層之交會，年雨量較為豐富。因位於山腰陰濕坡面又加上雲霧經常瀰漫，故喜好漫射光之植物頗多，喬木層之組成以殼斗科之櫟木類為主，本群團可歸為楠櫟林帶過渡到櫟林帶之植群，有1個群叢。

19. 瓊楠-鬼石櫟群叢 (*Beilschmiedia erythrophloia* - *Lithocarpus lepidocarpus* association)

群叢的主要特徵種：瓊楠、鬼石櫟、假長葉楠、狹葉櫟、大葉石櫟、山香圓、牛樟 (*Cinnamomum kanehirae*)、通脫木 (*Tetrapanax papyriferus*)、珍珠花 (*Vaccinium dunalianum* var. *caudatifolium*)、山桐子 (*Idesia polycarpa*)。

前人文獻之植群型名稱：

瓊楠、假長葉楠、鬼石櫟、山香圓優勢型 (*Beilschmiedia erythrophloia* - *Machilus japonica* - *Lithocarpus lepidocarpus* - *Turpinia formosana* dominance type) (沈 1984)。

瓊楠、假長葉楠、山香圓、南投木薑子亞型 (*Beilschmiedia erythrophloia* - *Machilus*

japonica-Turpinia formosana-Litsea nantoensis subtype) (沈 1984)。

假肉桂、大葉楠、屏東木薑子、山香圓亞型 (*Cinnamomum osmophloia-Machilus kusanoi - Litsea akoensis-Turpinia formosana* subtype) (沈 1984)。

瓊楠-台灣山香圓林型 (*Beilschmiedia erythrophloia-Turpinia formosana* forest type) (劉 1991；鍾 1995)。

鬼櫟-屏東木薑子亞型 (*Lithocarpus lepidocarpus-Litsea akoensis* subtype) (劉 1991)。

鬼櫟-瓊楠林型 (*Lithocarpus lepidocarpus - Beilschmiedia erythrophloia* forest type) (胡 1994)。

鬼櫟-瓊楠亞型 (*Lithocarpus lepidocarpus - Beilschmiedia erythrophloia* subtype) (胡 1994)。

糙葉樹-屏東木薑子亞型 (*Aphananthe aspera - Litsea akoensis* subtype) (胡 1994)。

鬼櫟-台灣山香圓林型 (*Lithocarpus lepidocarpus - Turpinia formosana* type) (陳 1993)。

香楠-南投黃肉楠植群型 (*Machilus zuihoensis - Litsea acuminata* vegetation type) (黃 1994)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於較蔽蔭之山谷或溪畔，海拔1,000-2,000m，方位為西北向，土壤含水率較高，且土壤發育良好，腐植質層厚，含石率1-3級，坡度10-45°，全天光空域35-70%，直射光空域40-80%。本群叢之組成樹種較高大，胸徑常可達1m以上，但無明顯的優勢種，物種歧異度高。本群叢之木質藤本及著生植物皆多，地被植物豐富。冠層喬木主要為楠木類的瓊楠、假長葉楠、豬腳楠、香楠、長葉木薑子，以及殼斗科的大葉石櫟、狹葉櫟、鬼石櫟等共同組成。中層樹種以山香圓及長梗紫麻最為優勢，而上層喬木之稚

樹亦占相當之量。灌木層則有小花鼠刺、玉山紫金牛及小葉白筆(*Symplocos modesta*)等。主要冠層樹種之徑級呈反J型分布，顯示可持續更新，為極盛相植群，林內垂直構造之層次多，呈複層林景觀。本群叢因物種組成複雜，在合併的過程中，由於樣區資料連續變異而難以劃分，共合併70個樣區。

稀有及保育物種：賽山椒 (*Embelia lenticellata*)、台灣青莢葉(*Helwingia japonica* subsp. *formosana*)、台灣蘋果、華參(*Sinopanax formosana*)、牛樟。

分布地點舉證：東埔、沙里仙溪、和社溪之北向及西北向坡面。

A-7 台灣杜鵑群團 (*Rhododendron formosanum* alliance)

本群團可歸為楠櫛林帶過渡到櫟林帶之植群，典型之台灣杜鵑純林則在櫟林帶。楠櫛林帶分布面積並不大，本群團分布於北港溪一帶，有1個群叢：大葉越橘-台灣杜鵑群叢。本群團分布於山頂或稜線衝風處，然依其下層組成推論應可視為極盛相。

群團的特徵種：台灣杜鵑、厚皮香、薯豆、大葉越橘(*Vaccinium wrightii*)、南燭(*Lyonia ovalifolia*)。

20. 大葉越橘-台灣杜鵑群叢 (*Vaccinium wrightii-Rhododendron formosanum* association)

群叢的主要特徵種：台灣杜鵑、大葉越橘、南燭、厚皮香、薯豆、台灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*)。

前人文獻之植群型名稱：

台灣杜鵑-南燭林型 (*Rhododendron formosanum - Lyonia ovalifolia* var. *lanceolata* type) (羅 1992)。

香桂-薯豆林型 (*Cinnamomum randaiense - Elaeocarpus japonicus* type) (羅 1992)。

薯豆-台灣杜鵑亞型 (*Elaeocarpus japonicus* - *Rhododendron formosanum* subtype) (羅 1992)。

生育地及植群形相：

分布北港溪南源海拔1,300-2,050m，均位於稜脊上，直射光空域及全天光空域均大於80%，土壤乾燥，土層淺薄多石礫，且樣區下方坡面或附近有崩塌干擾處。冠層高度不高，約5-10m，上層木以薯豆、台灣樹參、厚皮香、南燭及台灣杜鵑為主，下層木以金毛杜鵑 (*Rhododendron oldhamii*) 出現較多。本群叢分布於陡峭稜線，主要組成樹種為陽性先驅種，崩塌產生之孔隙足以提供上層陽性樹種之種子發芽。

稀有及保育物種：賽山椒。

分布地點舉證：惠蓀實驗林場北東眼山、有勝山。

(二) 山地下層落葉闊葉林群系 (Submontane deciduous broadleaved forest formation)

喬木層以落葉性喬木為主，冬季呈落葉樹林景相。通常分布於陡峭的稜線或河床地，為一演替中期之過渡帶群落，非極盛相，將來之演替情況亦視當地環境而定。在演替初期之陽性落葉林中，亦有少數之裸子植物巨木留存於林內，如黃杉、肖楠、台灣五葉松、台灣二葉松及馬尾松等。

A-8 山黃麻群團 (*Trema orientalis* alliance)

本群團分布在眉溪、北港溪及濁水溪南源等地，海拔800m以下，為低地與山地下層的交會。本群團可分為2個群叢，分別為血桐-山黃麻群叢、澀葉榕-山黃麻群叢。

群團的特徵種：山黃麻、黃肉樹、血桐 (*Macaranga tanarius*)、糙葉樹 (*Aphananthe aspera*)。

群團的分化種：血桐、台灣泡桐 (*Paulownia* × *taiwaniana*)、水團花 (*Adina racemosa*)；澀葉

榕、錫蘭饅頭果 (*Glochidion zeylanicum*)、裏白饅頭果 (*Glochidion acuminatum*)、構樹 (*Broussonetia papyrifera*)。

21. 血桐-山黃麻群叢 (*Macaranga tanarius* - *Trema orientalis* association)

群叢的主要特徵種：血桐、台灣泡桐、水團花。

群叢的伴生種：山黃麻、無患子、朴樹 (*Celtis sinensis*)。

前人文獻之植群型名稱：

血桐-山黃麻林型 (*Macaranga tanarius* - *Trema orientalis* forest type) (傅 2002)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於濁水溪南源海拔600-800m，坡向南向，坡度20-30°，土壤含石率4-5級，全天光空域50%，直射光空域75%左右，單位面積株數1,500株/ha。血桐與山黃麻組成共同優勢，冠層高度約7m，血桐胸徑5-20cm，山黃麻胸徑10-35cm，上層常見伴生樹種有山埔姜 (*Vitex quinata*)、九芎等，下層則為黃肉樹、糙葉樹、青剛櫟等樹種。主要冠層為陽性先驅樹種，下層為中性之常綠闊葉樹之幼苗，冠層樹種因無法產生足夠的更新小苗，將會漸漸被下層樹種所取代，而形成另一種林相。

分布地點舉證：丹大地區，丹大孫海橋至三分所，海拔675m、810m。

22. 澀葉榕-山黃麻群叢 (*Ficus irisana* - *Trema orientalis* association)

群叢的主要特徵種：澀葉榕、錫蘭饅頭果、裏白饅頭果。

群叢的伴生種：血桐、山黃麻、糙葉樹。

前人文獻之植群型名稱：

山黃麻-澀葉榕林型 (*Trema orientalis*-*Ficus irisana* type) (李 1993)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔500m之河床沖刷地，坡度10°，土壤含石率5級，全天光空域及直射光空域為50%。上層以山黃麻為主要優勢，冠層高度約7-8m，胸徑以25-45 cm為主；下層木則以澀葉榕為主，其他有小葉桑、黃肉樹、山香圓、糙葉樹等。山黃麻之林分結構已漸趨於J型分布，顯示老樹多，小苗少，更新狀況欠佳，在演替序列中將漸被其他樹種取代，但山黃麻常因本身木材性質易受風倒及生理年齡限制而枯死，造成孔隙，而使小苗得以生長。山香圓及糙葉樹則偏向鐘型分布，顯示其性質介於陽性及耐陰性樹之間，應為演替中途出現之優勢種。澀葉榕則成明顯之反J型分布，表示其下種更新良好，將可能取代山黃麻為下一階段之優勢種。

分布地點舉證：惠蓀林場蘭島溪旁，海拔500m之河床沖刷地。

A-9 櫟群團 (*Zelkova serrata* alliance)

本群團分布於丹大、日月潭、雙冬一帶，可分為4個群叢，分別為黃連木-櫟群叢、小西氏灰木-櫟群叢、樟葉槭-櫟群叢、刺杜密-櫟群叢。

群團的特徵種：櫟、無患子、山埔姜。

群團的分化種：黃連木(*Pistacia chinensis*)、榔榆(*Ulmus parvifolia*)、台灣欒樹(*Koelreuteria henryi*)、小葉鼠李(*Rhamnus parvifolia*)；小西氏灰木(*Symplocos konishii*)、相思樹(*Acacia confusa*)；樟葉槭、阿里山女貞(*Ligustrum pricei*)、能高山茶(*Camellia nokoensis*)、石荅舅(*Glycosmis citrifolia*)、楝(*Melia azedarach*)、中原氏鼠李(*Rhamnus nakaharae*)、銳葉木犀(*Osmanthus lanceolatus*)；刺杜密(*Bridelia balansae*)、台灣椴、魯花樹(*Scolopia oldhamii*)、台灣石楠(*Pourthiaea lucida*)。

23. 黃連木-櫟群叢 (*Pistacia chinensis* - *Zelkova serrata* association)

群叢的主要特徵種：黃連木、榔榆、台灣欒樹、小葉鼠李。

群叢的伴生種：櫟、無患子、青剛櫟。

前人文獻之植群型名稱：

青剛櫟-黃連木-台灣櫟林型 (*Cyclobalanopsis glauca* - *Pistacia chinensis* - *Zelkova serrata* forest type) (傅 2002)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔500-1,200m，坡向多為南向，坡度15-45°，生育地略乾燥，含石率3-5級，水分指數5-12，全天光空域40-80%，直射光空域60-90%，單位面積株數1,000株/ha。喬木層青剛櫟、黃連木、櫟、榔榆為優勢，冠層高度10-15m，徑級以5-20 cm者最多。梧桐、阿里山千金榆僅局部地區優勢，如出現於近溪谷峭壁崩積處。下層則以黃肉樹、細葉鰻頭果、小葉鼠李、月橘(*Murraya paniculata*)等樹種較為優勢。

稀有及保育物種：沙楠子樹(*Celtis biondii*)。

演替地位或歷史：

主要冠層樹種為陽性及中性樹種之中小徑級，如青剛櫟、黃連木、櫟，下層仍以上層之幼苗為主，冠層殘存少數陽性先驅樹種之大徑木，如阿里山千金榆。依樹種之反應及更新行為，此樹種須大孔隙才可發芽生長，因此推測長期將會被取代。

分布地點舉證：丹大地區三分所附近，海拔725-1,195m，多為南向坡。

24. 小西氏灰木-櫟群叢 (*Symplocos konishii* - *Zelkova serrata* association)

群叢的主要特徵種：小西氏灰木、相思樹。

群叢的伴生種：山埔姜、土密樹(*Bridelia tomentosa*)、野桐、小葉桑(*Morus australis*)。

前人文獻之植群型名稱：

相思樹林型 (*Acacia confusa* forest type) (傅

2002)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔500-1,000m之西南坡向，坡度20-40°，土壤含石率3級，全天光空域30-50%，直射光空域50-70%，單位面積株數1,280株/ha。本群叢為相思樹分布海拔上限，海拔750m左右，其喬木層以相思樹為主，冠層高度約7m，胸徑10-30cm，其他伴生優勢樹種有石朴(*Celtis formosana*)、山埔姜、土密樹、黃連木、小葉桑等偏陽性植群組成。主要冠層為陽性先驅樹種，下層出現中性之常綠闊葉樹之幼苗。

分布地點舉證：丹大地區，孫海橋至三分所，海拔750m、818m。

25. 樟葉槭 - 欖群叢 (*Acer albopurpurascens* - *Zelkova serrata* association)

群叢的主要特徵種：樟葉槭、阿里山女貞、能高山茶、石荅舅、棟、中原氏鼠李、銳葉木犀。

群叢的伴生種：欖、無患子、土肉桂、九芎、相思樹、屏東木薑子。

前人文獻之植群型名稱：

九芎-相思樹-樟葉槭-欖樹優勢型 (*Lagerstroemia subcostata* - *Acacia confusa* - *Acer albopurpurascens* - *Zelkova serrata* var. *serrata* dominance type) (黃 1984)。

台灣欖-九芎群叢 (*Zelkova serrata*-*Lagerstroemia subcostata* association) (劉 1980)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔800-900m稜線之向陽風衝坡面，土壤淺薄，土壤含水量偏低。冠層高度約6-10m，以陽性樹種居多，喬木層以九芎、相思樹、樟葉槭、欖、山黃麻、油葉石櫟、紅皮、無患子、棟、屏東木薑子、黃肉樹為主，下層主要有中原氏鼠李、阿里山女貞、山埔姜、羅氏鹽膚木(*Rhus javanica* var. *roxburghiana*)等。

稀有及保育物種：能高山茶。

分布地點舉證：九份二山海拔800-900m稜線之東面及西面坡；竹山坪頂瑞龍瀑布、梯子嶺至番子田一帶，加走寮溪兩岸峽谷之峭壁斷崖或土層極淺之陡坡及山稜。

26. 刺杜密-欖群叢 (*Bridelia balansae*-*Zelkova serrata* association)

群叢的主要特徵種：刺杜密、台灣欖、魯花樹、台灣石楠。

群叢的伴生種：欖、無患子、白栢、土肉桂、九芎。

前人文獻之植群型名稱：

台灣欖型 (*Zelkova serrata* type) (廖 1992)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於烏溪北岸海拔400-600m之稜脊及地形陡峭上坡處，方位南至西南向，坡度約50°，林分層次構造簡單，僅具單一喬木層及林下灌木層。喬木層以欖占最優勢，主要伴生樹種為土肉桂、白栢、九芎、無患子等，另有台灣欖、紅皮、魯花樹、石朴、圓果青剛櫟等點綴其間，並留有少數山黃麻、血桐、粗糠柴等陽性樹種，林下灌木有黃杞之小苗及九節木、刺杜密、台灣石楠、米飯花等。因喬木層以落葉性喬木為主，冬季呈落葉樹林景相。主要冠層為陽性及中性樹種所組成，下層仍以上層之幼苗為主，如無重大干擾，本群叢的組成短期尚可維持。分布地點舉證：雙冬火炎山之稜脊，海拔420-550m。

A-10 野核桃群團 (*Juglans cathayensis* alliance)

本群團分布於陳有蘭溪一帶，屬於山地層過渡到山地下層之落葉闊葉林，本群團有1個群叢。

27. 野核桃群叢 (*Juglans cathayensis* association)

群叢的主要特徵種：野核桃 (*Juglans*

cathayensis)、大香葉樹(*Lindera megaphylla*)、高山藤繡球(*Hydrangea aspera*)、台灣青莢葉、阿里山榆(*Ulmus uyematsui*)、假酸漿(*Trichodesma calycosum*)、厚殼樹(*Ehretia acuminata*)、牛奶榕(*Ficus erecta* var. *beeheyana*)、台灣八角金盤(*Fatsia polycarpa*)。

群叢的伴生種：石朴。

前人文獻之植群型名稱：

台灣胡桃林型 (*Juglans cathayensis* forest type) (劉 1991)。

生育地及植群形相：

本群叢位於河床之石礫地，海拔約1,500m，含石率4級，坡度15°，全天空域僅31%，直射光空域43%，為典型之溪谷型生育地。林內組成多為中小徑級，野核桃為本群叢的優勢種，其他有長梗紫麻、大香葉樹、野桐、石朴、阿里山榆、木蠟樹、台灣雅楠、屏東木薑子、小葉桑、厚殼樹、牛奶榕、香楠等。主要冠層為中小徑級陽性先驅樹種，下層為耐陰性之常綠闊葉樹苗木。本群叢之樹種組成複雜，演替速度快。

稀有及保育物種：台灣青莢葉。

分布地點舉證：郡大溪及其支流兩側向陽坡面，海拔800-1,500m，沙里仙溪河床之石礫地，海拔1,300-1,500m。

A-11 阿里山千金榆群團 (*Carpinus kawakamii* alliance)

本群團分布於丹大、陳有蘭溪一帶，屬於山地層過渡到山地下層之落葉闊葉林。

28. 阿里山千金榆群叢 (*Carpinus kawakamii* association)

群叢的主要特徵種：阿里山千金榆、化香樹(*Platycarya strobilacea*)、沙楠子樹。

群叢的伴生種：青剛櫟、櫟、台灣肉桂、樟葉槭、鵝掌柴、台灣肉桂。

前人文獻之植群型名稱：無

生育地及植群形相：

本群叢分布海拔900-1,100m，坡向東、南、西南向，坡度25-36°，含石率4級，水分指數2-11，全天空域40-80%，直射光空域60-90%。上層喬木以阿里山千金榆、青剛櫟、櫟、化香樹、樟葉槭、杜英、無患子等為優勢，冠層高度15-20m；下層有鵝掌柴、細葉饅頭果、大葉溲疏(*Deutzia pulchra*)、台灣肉桂、石朴、杜虹花、台灣椴、鯽魚膽(*Pluchea indica*)、華八角楓(*Alangium chinense*)、橢圓葉木薑子、油葉石櫟、三斗石櫟、細葉饅頭果等。本群叢分布於陡峭稜線，主要組成樹種為各種徑級之陽性先驅種，下層為中性樹種之幼苗，偶見上層種之幼苗。

稀有及保育物種：鹿皮斑木薑子(*Litsea coreana*)。

分布地點舉證：丹大地區三分所至加年端社，海拔975、982、1,090m。

A-12 栓皮櫟群團 (*Quercus variabilis* alliance)

本群團分布於八通關越嶺道、丹大一帶，屬於山地下層跨越山地層之落葉闊葉林。

29. 栓皮櫟群叢 (*Quercus variabilis* association)

群叢的主要特徵種：栓皮櫟(*Quercus variabilis*)、鄧氏胡頹子(*Elaeagnus thunbergii*)、台灣馬桑(*Coriaria japonica* subsp. *intermedia*)、水雞油(*Pouzolzia elegans*)、食茱萸(*Zanthoxylum ailanthoides*)、通條木(*Stachyurus himalaicus*)。

群叢的伴生種：青剛櫟、阿里山千金榆、細葉饅頭果、賊仔樹(*Tetradium glabrifolium*)、羅氏鹽膚木。

前人文獻之植群型名稱：

青剛櫟-栓皮櫟植群型 (*Cyclobalanopsis glauca*

-*Quercus variabilis* vegetation type) (黃 1994)。

生育地及植群形相：

本群叢分布於海拔1,000-1,700m，多位於環境乾旱之南向坡，坡度30-40°，含石率3-5級，水分指數3-9，全天光空域、直射光空域40-60%。上層喬木以栓皮櫟最為優勢，與阿里山千金榆、青剛櫟共同形成上層林冠，冠層高度10-20m；下層優勢種有細葉鰻頭果、賊仔樹、杜虹花、大葉溲疏、羅氏鹽膚木、車桑子(*Dodonea viscosa*)、小葉桑、通條木。主要冠層樹種為陽性先驅種，下層仍以上層之幼苗為主，本群叢分布於火燒容易發生之生育地，屬二次演替，為受火燒因子控制之植群。

分布地點舉證：八通關越嶺道，東埔登山口至樂樂一帶，海拔1,300m、1,430m。

A-13 台灣赤楊群團 (*Alnus formosana* alliance)

本群團分布於北港溪、丹大、陳有蘭溪、八通關越嶺道一帶，生態幅度大，可跨越整個楠櫛林帶及櫟林帶。

30.台灣赤楊群叢 (*Alnus formosana* association)

群叢的主要特徵種：台灣赤楊、水麻 (*Debregeasia orientalis*)、密花苧麻(*Boehmeria densiflora*)。

群叢的伴生種：杜虹花、大葉溲疏、細葉鰻頭果。

前人文獻之植群型名稱：

台灣赤楊林型 (*Alnus japonica* forest type) (傅 2002)。

生育地及植群形相：

多分布於溪床沖積地、林道兩旁或崩塌地，海拔1,100-1,800m，坡向為東、東南向，坡度約為0-40°，含石率3-4級，水分指數3-11，全天光空域30-60%，直射光空域40-80%，單位面積株數3,000 株/ha。上層喬木幾

乎以台灣赤楊為單一優勢之純林，冠層高度10-20m，徑級以5-15 cm者最多，林下偶出現杜虹花、大葉溲疏、細葉鰻頭果、石朴、密花苧麻等灌叢。主要冠層樹種為中小徑級之台灣赤楊，下層為中性樹種之幼苗，預測將可維持一段時間。

分布地點舉證：丹大地區加年端社一帶，海拔1,190m、1,135m及1,780m。

(三) 山地下層常綠針葉林群系 (Submontane evergreen coniferous forest formation)

A-14 台灣二葉松群團 (*Pinus taiwanensis* alliance)

本群團分布於丹大、陳有蘭溪一帶，本群團分布跨越海拔幅度極廣，海拔較低處，物種組成較複雜，演替速度快。

31.台灣二葉松群叢 (*Pinus taiwanensis* associaton)

群叢的特徵種：台灣二葉松。

群叢的伴生種：杜虹花、賊仔樹、石朴、細葉鰻頭果、大葉溲疏、野桐。

前人文獻之植群型名稱：

台灣二葉松-台灣赤楊林型 (*Pinus taiwanensis-Alnus japonica* forest type) (傅 2002)。

生育地及植群形相：

本群叢分布海拔800-1,200m，坡向多為西南向，坡度15-45°，生育地略乾燥，含石率3-5級，水分指數4，全天光空域40%，直射光空域60%。樹冠層以台灣二葉松為單一優勢之樹種，另有少數之賊仔樹、石朴、野桐等闊葉樹夾雜其間；灌木層主要植物有杜虹花、細葉鰻頭果、大葉溲疏。主要冠層為台灣二葉松，下層為闊葉樹之幼苗。

分布地點舉證：丹大溪，海拔1,175m。

二、分類的層級系統與影響梯度之探討

植群可依據層次、複雜度、從屬社會的存在、物種豐富度、生長型之多樣性及對物種相互作用強度之假設等特性來進行排序。依據群聚學的演化論(sociological progression)(Braun-Blanquet 1964)，可在調查時排列聚落群的順序，作為層級分類體系中各層級排序之參考，而所謂親緣關係(affinity)則是指它們之間具有共同的特徵種，而非演替階段間的關聯。經由計算和比較相關群之間的特徵分類群(和分化分類群)之重要值(或其他定量、定性資料)來確認要歸併的高階單位。

本研究之主要影響環境梯度為海拔，跨越幅度為500-1,500m，因研究區域之限定，導致環境梯度之長度亦被限制，位於梯度兩端之樹種，其出現之數量或樣區數均較少，其型量可能不在研究之梯度範圍內。因而本研究可能取得海拔500m左右之榕櫛林帶或海拔1,500m左右之櫛林帶的推移帶，其型量在研究梯度之範圍內則較不顯著。本研究常綠闊葉林所區分之群團中，屬於典型楠櫛林帶僅有台灣雅楠、油葉石櫛、火燒柯群團，而大冇榕群團為榕櫛林帶之部分。鬼石櫛群團可跨越至櫛林帶，典型台灣杜鵑群團分布在櫛林帶，因此這兩群團在本研究範圍內都各只有1個群叢。植群有連續變異的現象，如大葉越橘 - 台灣杜鵑群叢與大明橘-火燒柯群叢親緣關係相當近，瓊楠-鬼石櫛群叢與大葉石櫛 - 台灣雅楠群叢親緣關係亦近，大葉楠 - 大冇榕群叢與水冬瓜-台灣雅楠群叢親緣關係密切。屬於推移帶之群叢雖可併入本文楠櫛林帶之群團，然為建立植群分類的層級架構，原則上在梯度兩端之榕櫛林帶及櫛林帶所劃分之群團(劉 2003)中，本研究亦抽出若干推移帶之植群型，依照主要特徵種，成立另一個獨立群團。若將海拔之梯度向兩端延伸，這些群團將與兩端之群團合併，其內之群叢不但會增加，也更符合該群團之模式特徵。

本研究另一個影響梯度為演替，樣區列入分析之對象以現存植群為主，包括極盛相與演替階段，有些屬於生物多樣性要保護的對象，只存在演替階段，故本研究均納入分析，而且根據現有植群之更新動態趨勢來推測極盛相潛在植群。然而要呈現所有之演替階段有其困難性，由於演替早期的樣區資料有不連續的現象，尤其是屬初級演替的接替植相，這類樣區屬於植群內的多樣性(α 多樣性)雖低，但植群間的物種轉換程度(β 多樣性)則很高。調查之樣區不齊全，因此群團分析之相似性水準很低，加上樣區重複少，在合併的過程經常面臨少數樣區成立一個群叢的現象。相對的，屬於極盛相之常綠闊葉林中因組成複雜， α 多樣性高， β 多樣性則偏低，群團分析之相似性水準相當高，在合併的過程經常難以劃分，即使劃分為不同的社會單位仍可看出其連續變異的現象。某些樣區因組成連續變異，致使在第一階段即合併龐大數量的樣區，如瓊楠-鬼石櫛群叢共合併70個樣區，其中雖有些變異，卻不足以成為分群的依據。

演替早期或中途之植群與接近極盛相之植群，由於森林形相與組成均不同而必須分開處理為不同單位，如常綠林、落葉林及其所含之群團。本研究區分之14個群團，其中屬演替早期階段之群團有7個，此等群團之共同特徵種少，在植群分類層級體系中親緣關係弱，但生態幅度大。栓皮櫛、台灣赤楊、野核桃、阿里山千金榆及台灣二葉松等5個群團可跨越至整個櫛林帶；山黃麻、櫛群團可下延至榕櫛林帶。因此若將本研究範圍之海拔向兩端延伸，僅會增加常綠闊葉林群系之群團數(劉 2003)，落葉林之群團數不會增加。

同一海拔區段或山區森林帶之不同演替階段社會，若演替持續進行，有可能趨同於某一極盛相。然而按植相社會學之原理，演

替早期之物种組成，若與極盛相有很大差異，亦可成立不同之社會單位，若從下層樹種之組成，判斷演替之進行方向，便可推測後續之轉換單位(圖1)，如此可藉由植群動態的概念，將極盛相及演替階段進行發育趨勢的整合。

三、植群型之演替動態

海拔1,500m以下之地區因接鄰人口頗多的鄉村，林地多已被開發，處處果園或竹林，原始森林少，只有位於兩條沖蝕溝渠之間陡峭的小支稜或溪流兩岸才有殘存演替早期的植被。雙冬火炎山、北港溪、眉溪、陳有蘭溪流域、東埔至樂樂一帶、瑞岩、丹大地區、郡大溪及水社大山等，因為地形陡峭，常產生崩塌之生育地，因持續干擾而產

生之孔隙，足以提供上層陽性樹種之種子發芽，而可暫時維持演替早期的物种組成。這種演替早期的落葉林包括有山黃麻、櫟、野核桃、阿里山千金榆、栓皮櫟、台灣赤楊等群團。

海拔500-700m之低海拔地區，其落葉林因演替進行速度較快，故較少純林出現。主要分布於雙冬火炎山、丹大地區、北港溪、眉溪流域，以刺杜密-櫟群叢、血桐-山黃麻群叢、澀葉榕-山黃麻群叢為代表，伴生樹種有台灣石楠、米飯花、九芎、台灣栲、白栢。

濁水溪南源之丹大溪、郡大溪流域，海拔700-1,200m範圍多為稜線，或地勢陡峭且乾燥之生育地，因此常綠的楠櫟林在丹大地區不多，反而常見落葉林。本區可由多處早

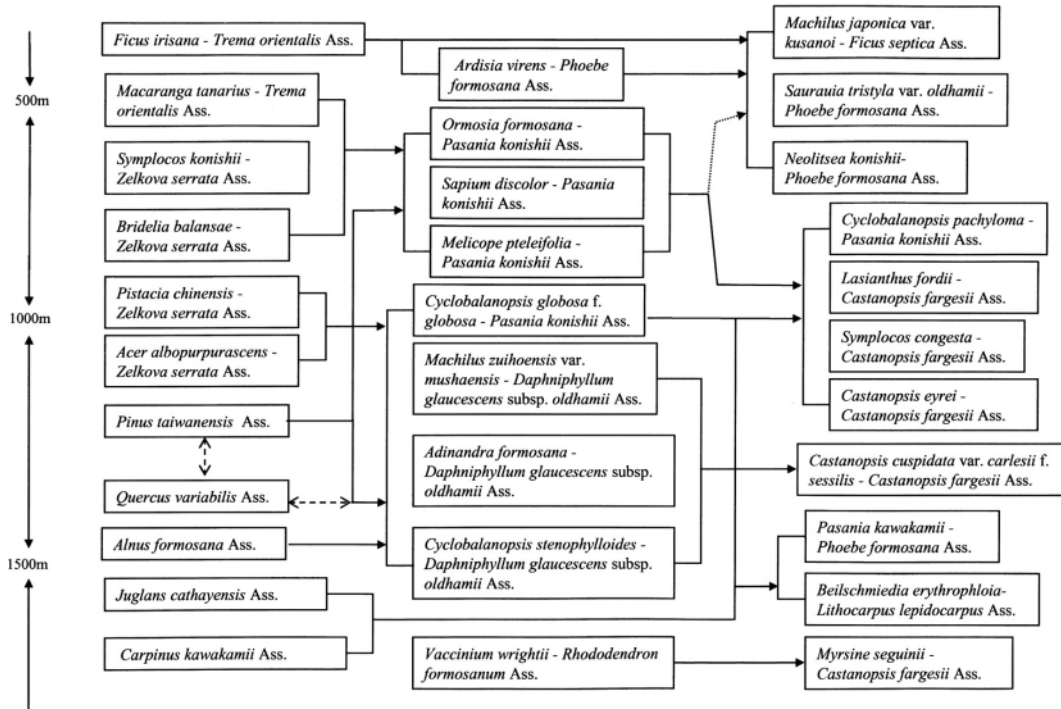


圖1. 台灣中西部氣候區楠櫟林帶群叢演替圖。

Fig. 1. Succession of associations of *Machilus-Castanopsis* zone in central-west climatic region of Taiwan.

期原住民部落的遺址推論為人類活動干擾後之次生林，其主要樹種為野核桃、栓皮櫟，以郡大河流域為代表。丹大溪南岸分布約從孫海橋至六分所，包括小西氏灰木-櫟群叢、黃連木-櫟群叢、血桐-山黃麻群叢、阿里山千金榆群叢、台灣赤楊群叢等5個群叢；水社大山主要落葉樹種為櫟，以樟葉槭-櫟群叢為代表，樹種以相思樹、山黃麻、台灣赤楊、栓皮櫟、化香樹、阿里山千金榆、櫟、黃連木、石朴、梧桐、血桐等為主要優勢種，其他伴生樹種有黃肉樹、糙葉樹、構樹、山埔姜、伏牛花(*Damnacanthus indicus*)、山豬肉、錫蘭饅頭果、雙面刺(*Zanthoxylum nitidum*)、無患子、黃連木、小葉桑、月橘、朴樹、土密樹、小西氏灰木、台灣泡桐、水團花、桶鉤藤(*Rhamnus formosana*)、中原氏鼠李、榔榆、石荅舅、粗糠柴、梧桐、棟、魯花樹等。

海拔1,200m以上之溪流上游，如東埔玉山區之沙里仙溪、陳有蘭溪，常見落葉樹種有台灣赤楊、化香樹、阿里山千金榆、野核桃。一般而言，崩塌地以台灣赤楊林為主，而溪旁之石礫地常見野核桃；化香樹、阿里山千金榆則多出現在風衝的稜線；東埔至樂樂一帶主要落葉樹種為栓皮櫟，以青剛櫟-栓皮櫟群叢為代表；瑞岩主要落葉樹種有台灣赤楊及野核桃。這類群叢之主要優勢種明確，常呈現單一優勢，伴生樹種之種類及數量皆少，有大葉溲疏、賊仔樹、杜虹花、石朴等。當其分布跨至櫟林帶，伴生植物之種類將會轉變，此時宜依據伴生種來區別不同的群叢。

上述之落葉林依據各群叢樹種組成，若干擾得以停止，海拔較低處(1,000m以下)很快就會有大葉楠、台灣雅楠、白肉榕、香楠、澀葉榕、幹花榕、大冇榕、雀榕、豬母乳、茄冬、屏東木薑子等侵入；海拔較高處(1,000m以上)會有假長葉楠、瓊楠、長葉木薑

子、大香葉樹、大葉校櫟、鬼櫟、木荷、烏心石、猴歡喜等定殖，並取代早期之落葉性樹種，而下層之草本亦被曲莖馬藍(*Strobilanthes flexicaulis*)或蕁麻科之植物所取代，最後形成安定之楠櫛林型，如台灣雅楠群團、火燒柯群團及瓊楠-鬼石櫟群叢(圖1)。

四、台灣中西部與東北部氣候區植群分類系統比對

台灣山區森林的環境依照冬季降雨和全年降雨量的比率可分為2個氣候區，即恆濕性氣候(東北部、蘭嶼)及夏雨型氣候(東北部以外)(Su 1985)。台灣中西部為夏雨型氣候之代表，因此可與東北區(俞 2003)比對相當林帶之聚落群或代表樹種。首先進行群團階層的比較，由於群團係合併群叢所構成之上一級單位，其形相與結構具有獨特性，特徵種也較明顯，因此更適合代表不同的地理區。東北區之楠櫛林帶(山地下層常綠闊葉林)包括大葉楠、大明橘兩群團，分布在溪谷的大葉楠群團，大致上相當於中西區代表溪谷型的大冇榕群團之大葉楠-大冇榕群叢，以及台灣雅楠群團中之水冬瓜-台灣雅楠群叢及五掌楠-台灣雅楠群叢，兩者組成樹種類似。但代表山地型的大明橘群團所包括的白校欖(單刺苦楮)亞群團及豬腳楠亞群團則與中西區的群團有很大的差異。中西區分布在下坡、中坡、上坡及稜線的有油葉石櫟群團、火燒柯群團、奧氏虎皮楠群團，其中火燒柯在東北區並沒有分布，油葉石櫟則僅分布在東北區之邊界處。此2群團之物種組成有許多分布侷限在中西區之樹種，如：台灣紅豆樹、天台烏藥、桃實百日青、叢花百日青、南投石櫟、大葉苦楮、菱果石櫟、垢果山茶、柳葉山茶、菱葉衛矛、蓮華池枥木、能高山灰木、守城滿山紅、圓果青剛櫟等。而東北區普遍出現的白校欖亞群團，在中西區僅有單刺苦楮-火燒柯群叢，此群叢主要分布於日月潭至

蓮華池一帶，是本研究中特徵種最多的群叢。東北區出現的台灣油杉-白校欖群叢，白背欖(*Cyclobalanopsis salicina*)-豬腳楠群叢、鐘萼木-豬腳楠群叢皆為東北區之特有植群型。昆欄樹-豬腳楠群叢在東北區分布海拔較低，主要分布在楠櫛林帶，而中西區主要分布在櫟林帶(劉 2003)。此外，奧氏虎皮楠群團中之青葉楠亦是分布侷限在中西區之樹種。落葉林方面，東北區有獨特的台灣水青岡(俞 2003)，中西區及台灣其他地區都沒有分布。

結 論

綜觀東北區與中西區兩區之聚落群，確實差異頗大，即使有部分用來命名的特徵種相同的群團，檢視其組成物種仍有很大的差異。由於東北區係恆濕性氣候，全年無明顯乾季，因此屬於稜線或乾旱生育地之聚落群甚少，如中西區常見之油葉石櫟群團、火燒柯群團等，與東北區就大不相同。而中西區溪谷型之聚落群，因生育地濕潤，其組成樹種就與東北區有些雷同。

假設一種植物構成一個地區A群叢的特徵種，也可能在另一個地區又成為B群叢的特徵種，如A、B兩群叢之組成極為相似，應可合併，即同一群叢的重現，特徵種的地位自然沒有問題，否則A與B即屬不同群叢，此植物便不能視為A或B群叢的特徵種。將來對台灣所有氣候區之植群型進行整合時，若相當生育地之群團物種差異頗大，而處理為不同單位時，原採用同一特徵種命名之兩個群團，整合訂正後之特徵種就有必要替換，故在各氣候區內進行植群型整合時，若特徵種很多，應選擇該氣候區內之狹窄特有種(narrow endemic species)來命名(曾 2003)，如此可避免後續之訂正。

引用文獻

- 李明益。1993。惠蓀實驗林場楠櫛帶次生林植群生態之研究。國立中興大學森林研究所碩士論文。98頁。
- 沈勇強。1984。台大實驗林天然保護區植群生態之研究。國立台灣大學森林學研究所樹木學組碩士論文。80頁。
- 林忠毅。1999。春陽地區楠櫛林植群結構與森林演替趨勢之研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。79頁。
- 邱祈榮、謝長富、陳明義、魯丁慧。2005。「國家植群多樣性調查及製圖計畫」之規劃與現況。第三屆台灣植群多樣性研討會論文集。1-22頁。
- 胡元璋。1994。台灣中部和社地區神木保護林植群生態與樹種更新之研究。國立台灣大學森林學研究所資源保育組碩士論文。108頁。
- 俞秋豐。2003。台灣東北部氣候區森林植群分類系統之研究。國立台灣大學森林學研究所資源保育組博士論文。195頁。
- 柳楮。1968。台灣植物群落分類之研究(I)－台灣植物群系之分類。台灣省林業試驗所報告第166號。25頁。
- 柳楮、葛錦昭、楊炳炎。1961。台灣主要林型生態之調查。台灣省林業試驗所報告第72號。64頁。
- 徐國士、宋永昌。2001。台灣植被類型圖說。國立台灣科學教育館出版。167頁。
- 章樂民。1965。台灣熱帶降雨林生態之研究(一)環境因子與植物型態之研究。台灣省林業試驗所報告111: 1-18。
- 陳信佑。1993。瑞岩溪自然保護區植群之研究。國立中興大學植物學研究所碩士論文。95頁。
- 黃明通。1994。玉山國家公園八通關越道之森林植群調查與分析。國立中興大學森

- 林研究所碩士論文。142頁。
- 黃獻文。1984。日月潭鄰近地區植群生態之研究。國立台灣大學森林學研究所樹木學組碩士論文。76頁。
- 曾彥學。2003。台灣特有植物之分布與保育。國立台灣大學森林研究所博士論文。170頁。
- 傅國銘。2002。丹大地區植群生態之研究。國立中興大學森林研究所碩士論文。145頁。
- 廖秋成。1992。南投雙冬火炎山地區植群生態與植物區系之研究。中興大學實驗林研究報告 14(1): 1-60。
- 劉棠瑞、柳重勝。1975。台灣天然林之群落生態研究(一)國立台灣大學實驗林溪頭之森林植群。省立博物館科學年刊 18: 1-56。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。台灣商務印書館。462頁。
- 劉靜榆。1991。台灣中部沙里仙溪集水區植群生態之研究(I)植群分析與森林演替之研究。國立台灣大學森林研究所碩士論文。131頁。
- 劉靜榆。2003。台灣中西部氣候區森林植群分類系統之研究。國立台灣大學森林研究所博士論文。228頁。
- 劉儒淵。1980。竹山竹林森林遊樂區植群景觀之調查分析。中華林學季刊 13(4): 129-154。
- 賴明洲。2000。台灣植被生態學研究現況與發展。國家永續論壇--東部論壇。植被生態學與生物多樣性研討會論文集。1-104頁。
- 賴國祥、林旭宏。1997。烏石坑森林植群型及其優勢樹種演替趨勢之探討。中華林學季刊 30(3): 257-268。
- 鍾年鈞。1995。台大實驗林沙里仙區植群生態之研究(一)植群分析之研究。台大實驗林研究報告 9(2): 1-19。
- 羅南璋。1992。惠蓀實驗林場東峰溪集水區植群分析。國立中興大學森林研究所碩士論文。74頁。
- 蘇鴻傑。1988。台灣之生態系及保育一初評保護區系統。生態原則下的林業經營研討會論文集。165-176頁。
- 蘇鴻傑。1992。台灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。彭鏡毅編。中央研究院植物研究所專刊第11號。台灣生物資源調查及資訊管理研習會論文集。39-54頁。
- 蘇鴻傑。1995。台灣森林植群研究之回顧與展望。林業試驗所百週年學術研討會論文集。23-27頁。
- 蘇鴻傑。1996。植群生態多變數分析法之研究(IV)－植群分類法及相關環境因子之分析。台灣省立博物館年刊39: 249-268。
- 蘇鴻傑。2003。植群之多樣性與多樣化之分類法。森林植群多樣性研討會論文集。2-16頁。
- 蘇鴻傑。2005。台灣森林之棲地多樣系統。森林與溼地生態研討會論文集。1-17頁。
- 蘇鴻傑、劉靜榆。2004。論植相社會學之植群分類法。台大實驗林研究報告19(1): 129-151。
- 工藤祐舜。1931。台灣之植物。岩波講座。正宗嚴敬。1935。植物地理學。東京養賢堂。
- 佐佐木舜一。1932。台灣之植物。台灣時報。
- 鈴木時夫。1938。台灣北部桶後溪地域の照葉喬木林を形成する群叢に就て。生態學研究4(4): 297-314。
- 鈴木時夫。1952。東亞的森林植生。古今書院。137頁。
- 鈴木時夫、福山伯明、島田秀太郎。1939。

- 台灣の高山植物群落に就いて。日本生物地理學會報9: 99-131。
- 照屋全治。1980。自木本植物觀點論琉球群島與台灣之植物地理。國立台灣大學森林學研究所樹木組碩士論文。121頁。
- Belbin, L. and C. McDonald. 1993. Comparing three classification strategies for use in ecology. *Journal of Vegetation Science* 4: 341-348.
- Braun-Blanquet, J. 1932. *Plant Sociology*. (Transl. by G. D. Fuller and H. S. Conad). New York. xviii 439 pp. Reprint 1966.
- Braun-Blanquet, J. 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3rd ed. Springer, Wien-New York. 865 pp.
- Gauch, H. G. and R. H. Whittaker. 1981. Hierarchical classification of community data. *Journal of Ecology* 69: 135-152.
- Gauch, G. H. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 298 pp.
- Grossman, D. H., D. Faber-Langendoen, A. S. Weakley, M. Anderson, P. Bourgeron, R. Crawford, K. Goodin, S. Landaal, K. Metzler, K. Patterson, M. Pyne, M. Reid and L. Sneddon. 1998. *Terrestrial vegetation of the United States, vol. I. The natural vegetation classification system: Development, status and application*. The Nature Conservancy, Virginia. 119 pp.
- Hill, M. O. 1979. *TWINSPAN—A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Ecology and Systematics, Cornell University. Ithaca, New York. 90 pp.
- 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. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 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. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 18(3): 33-44.
- Su, H. J. 1994. *Species diversity of forest plants in Taiwan*. Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No.14: 87-98.
- UNESCO. 1973. *International classification and mapping of vegetation. Series 6. Ecology and conservation*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France.
- Westhoff, V. and E. van der Maarel. 1978. The Braun-Blanquet Approach. In: Whittaker, R. H. (eds.). *Classification of plant communities*. Dr. W. Junk by Pub. The Hague, Boston. pp. 287-399.

綠島地景動態之研究

Landscape Dynamics of the Lutao Island of Taiwan

鍾玉龍 呂明倫*

Yuh-Lurng Chung and Ming-Lun Lu*

國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路1號

Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘要

綠島因地理環境特殊使其具豐富的自然資源，惟經數十年的開墾與砍伐，原始林已遭到嚴重的破壞。本研究以綠島為研究區，整合航空照片材料、地理資訊系統與馬可夫模式，進行該區地景動態之探討。研究結果顯示，1979-1989年間，天然闊葉樹林的面積有明顯的增加，反觀木麻黃造林地面積有明顯的減少現象，由兩時期的轉移機率矩陣表可知，因森林生態系產生自然演替之現象，綠島原生植群有自然回復的趨勢。利用Markov模式預測未來地景動態之結果顯示，綠島之植群生態隨著長期間的演替，終將形成以天然闊葉樹林為主之植物社會，從地景穩定性指標分析結果顯示，於30-60年後，地景系統的演變情況應可形成穩定的現象。

Abstract

The Lutao Island situated offshore from the southeast coast of Taiwan has unique natural environments with abundance in natural resources, but its native forests was nearly devastated few decades ago. We used aerial photographs, geographic information systems (GIS), and Markov modeling technique to study the landscape dynamics of the island. The results indicated that during the period between 1979 and 1989, the hardwood forests increased rapidly, while the *Causuarina qutiferra* forests decreased. The transition probability indices of these two types of the forests suggested that the forest

ecosystem of the island has been in the process of a temporal succession toward the native hardwood forests, and will be stabilized in 30 to 60 years later.

關鍵詞：航空照片、馬可夫模式、演替、地景穩定性指標

Key words: aerial photograph, Markov model, forest succession, landscape stability index

收件日期：95年2月9日

接受日期：95年6月27日

Received：February 9, 2006

Accepted：June 27, 2006

緒 言

綠島係懸宕於太平洋上之孤島，距離台東18浬，早期因交通不便且居民生活困苦，所需燃料全仰賴砍伐原生林木供應。經過數十年的開墾與砍伐，除少數之山溝仍保有原始林相外(桑科榕屬植物居多)，島上之原始林已遭到嚴重的破壞。目前因原始之林相已所剩無幾，林務局曾於1979-1981年間陸續實施造林計畫(面積合計約576 ha)，有助綠化及水土保持之效用，故綠島林相大多被先驅樹種木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)之人工造林地所取代(蘇及何 1982)，島上之動植物因而缺乏其原有之特性，甚至部分物種已面臨絕種狀態，例如綠島特有的台灣狐蝠(*Pteropus dasymallus formosus*)，族群減少的原因雖尚未明瞭，惟其棲地及食物的減少是可見的，這與地景變遷的現象應有著某一程度的相關性。從島嶼生態學的觀念可知，在海島上通常環境單純，生物群落貧乏，特別是中大型動物之族群數量較少，其分布區域狹窄常局限於較小的棲地，在人為干擾下，它們無法承受生態災難或難以適應生境劇變，致使數量不斷下降，最終在島上消失(諸葛 1989)。

除人工造林復育外，生態體系本身在受到自然或人為的干擾時，亦有自生復原的能力，即所謂的復原性(resilience)，其所肇致群

落之變遷即是一種演替(succession)的現象(鄭 1992)，因此瞭解綠島地景變遷與未來發展之動態趨勢，對保育的課題具正面之效。由於航空照片屬於解析度高之影像資料，並於不同的地景類型上會呈現影像性質的差異性，故常被廣泛應用於多時期地景變遷之研究，此基礎藉由以往的變遷資料，可更進一步應用數學運算模式來進行動態趨勢的預測。在大尺度的地景研究中，馬可夫(Markov)模式於國內外研究的應用已相當普遍，且大多以航空照片做為地景類型建置之依據，例如Boerner (1996)研究美國俄亥俄州區域受人為干擾與未受干擾區之土地利用變遷，並以Markov模式分析未來土地利用型分布狀況的差異性；Lopez *et al.* (2001)為監測墨西哥過去35年來都市發展所造成的地景變遷，利用Markov模式之轉移矩陣機率，預測都市擴張之趨勢；陳及吳(2001)曾應用Markov模式探討南仁山生態保護區之土地利用型與林分鬱閉度之動態；Hathout (2002)探討長期間都市化對於農村地景所造成之衝擊，並以Markov模式預測周圍都市之成長速率；鄭等(2005)則以Markov與Logit模式，預測林試所蓮華池試驗林民墾地位置之空間分布。

本研究旨在瞭解綠島之地景動態，利用1979與1989年兩時期航空照片，以航照判釋技術與地理資訊系統(geographic information

system, GIS)為工具，進行該區植群與土地利用基本資料之建立，藉此探討此10年間變遷之情形，並嘗試以Markov模式，預測未來動態發展趨勢，以供生物多樣性維持與生態系經營管理之參考。

材料與方法

一、研究區環境概述

綠島又稱火燒島、雞心嶼、火山島或青仔嶼，為台東縣的一個離島鄉，亦為台灣的第四大離島，其地理位置如圖1所示，地處東經121° 29'，北緯22° 40'，位在台東市東南方約33 km之太平洋中，距離南方蘭嶼約75 km，全島外形約略為一不整之三角形，漲潮時面積約15.1 km²，退潮時約有17.3 km²，東西寬約3 km，南北長約4 km，周圍長約20.3 km。島上丘陵縱橫，並有多數的海蝕階及海崖景觀，島之最中央為阿眉山(276m)，

西南方之火燒山為最高點(281m)，河流主要由此二山輻射而出，形成陡峭狹小之溪溝，全島內土地坡度超過30° 以上者高達40%。綠島正當太平洋暖流行經地區，屬熱帶濕潤型之氣候區，全年平均溫在23°C左右，且降雨分布平均，沒有乾季妨礙植物生長。土壤為肥力中等之紅棕壤土，因此對於植物的生長應是非常適宜的條件，惟每年10月至翌年4月之東北季風侵襲外，海上所帶來之鹽霧，皆會阻礙植物的生長。島上植群自海岸至山區大致可分為海岸植群、栽培植群、草原、灌叢和樹叢等6大植群型(蘇及何1982)。

二、研究材料

本研究之主要材料係蒐集林務局農林航空測量所出版之航空照片，拍攝日期為1979與1989年(表1)，用以判釋與建立綠島之植群與土地利用型圖層資料。

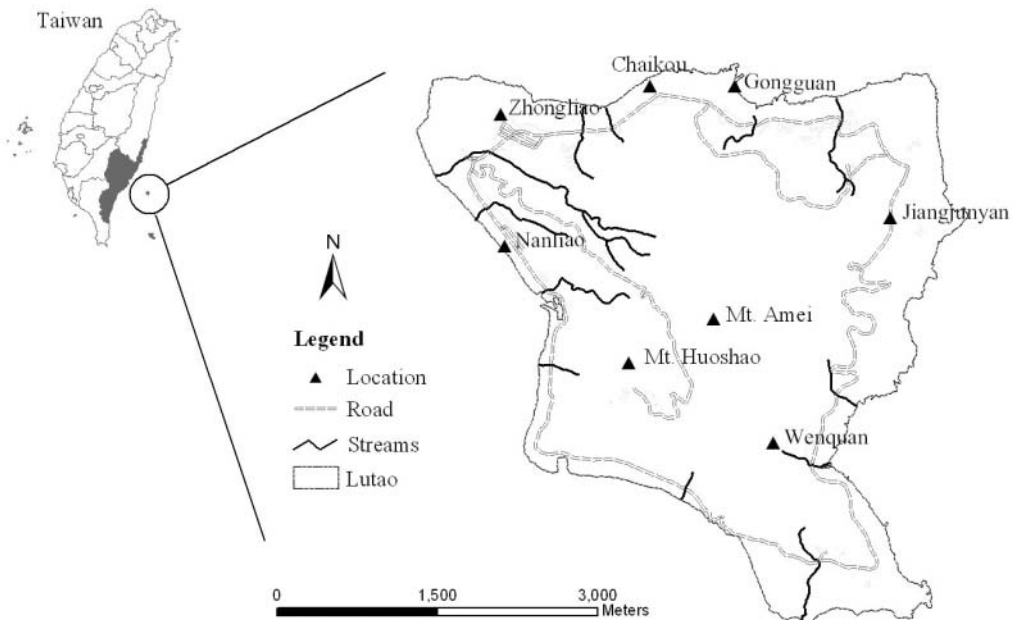


圖1. 研究區—綠島。

Fig. 1. The Lutaotai Island showing the general geographical features.

表1. 本研究所採用之航空照片基本資料

Table 1. The aerial photographs used in this study

Year	Date	Mission	Number
1979	12/15	68p85	53-80
			81-108
			109-131
			132-153
			6605-6616
1989	06/29	78p48	6592-6604
			6627-6635
			6617-6625

三、研究方法

(一) 地景分類

綠島之地景狀況可利用航照判釋技術予以達成，以立體鏡進行判釋，並將土地利用狀況分類描繪之，若對判釋結果有疑慮之處，則進行野外校對與GPS定位復勘修正，並利用垂直單像轉繪儀進行轉繪，以GIS軟體進行數化及建立位相關係，製作兩時期之地景類型圖層資料。地景分類之類別乃依據蘇及何(1982)、第三次全省森林資源與土地利用調查工作手冊為準則，藉由航空照片之立體像對，參照影像之大小、形狀、陰影、色調、結構與型態等6項因子判釋之(吳 1986)，依據立體鏡中所見之不同性質影像區分，將島上植群型分為天然闊葉樹林(hardwood forest, HF)、木麻黃造林地(*Casuarina equisetifolia*, CE)、木麻黃闊葉樹混淆林(CE and HF, CH)、海岸植生(seashore vegetation, SV)、灌木林(shrub, S)與草生地(grassland, G)等6種，並將建築用地、道路、墓地等歸類成建成地(building, B)，另建立旱作地(dry cropland, DC)、沙灘或礁岸(beach or reef, BR)、裸露地(bare soil, BS)。各時期分別建立10種地景類型，並以10×10m之GIS網格式資料建檔，藉由空間套疊(overlay)功能，可產生地景類型的轉移機率矩陣表，瞭解1979-1989

年之間各類型的變遷程度。

(二) Markov模式預測地景動態

Markov模式係假設某一時期地景類型發生的機率是隨前一時期所存在的地景類型而變，需先求算轉移量矩陣、轉移機率矩陣，並測定轉移量矩陣是否具有Markov特性，一般常用的方法為Goodman (1968)提出的卡方檢定(χ^2 -test)，其計算方式如下：

$$\chi^2 = \left\{ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m [T_{ij} \times \ln(p_{ij} / A_j)]^2 \right\}; df = (m-1)^2$$

式中 T_{ij} =轉移量矩陣； p_{ij} =轉移機率矩陣； A_j =轉移量矩陣第 j 行(column)像元數合計與全地景總像元數之比率； m =組類數； df =自由度。

本研究採用卡方檢定法驗證研究區不同年度之地景類型變遷是否具Markov特性，檢定結果若卡方統計值大於理論卡方值，表示轉移量矩陣具有Markov特性，反之則無。

各種轉移機率是根據某一時期事物各種狀態的分布求得，因此其數學表示式為：

$$p_{ij} = n_{ij} / \sum_{j=1}^m n_{ij}$$

式中 m =事物的狀態數， p_{ij} =轉移機率； n_{ij} =事物從狀態 i 轉變成狀態 j 的量。

整理事物所有狀態的轉移機率，以矩陣形態表示，可得轉移機率矩陣(transitional

probability matrix)。假定 p_{ij} 為轉移機率矩陣，則：

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mm} \end{bmatrix} \text{ 爲一 } m \times m \text{ 矩陣}$$

式中每一列的總和為1，矩陣內各數值均大於或等於0。依據轉移機率矩陣，可得Markov的一個重要的性質，即：

$$L = \lim_{m \rightarrow \infty} P_{ij}$$

L稱為平衡矩陣(equilibrium matrix)或會合矩陣(convergence matrix)，當該矩陣重複自乘無限多次後，矩陣內各個數值將達到穩定狀態。

運算結果如符合該模式時，兩期間之地景變遷式可以 $n_{t+1} = P \times n_t$ 表示，其中 n_{t+1} 與 n_t 分別為兩期之地景類型之面積，而P則為轉移機率，利用此式可有效進行地景的動態趨勢預測。

(三) 地景動態趨勢分析

植群社會生長於生態系中並非一成不變，其族群間會隨著時間產生演替的取代作用，整體生態系發展終期將形成穩定的極盛相。本研究嘗試利用Markov模式所預測之地景類型面積，發展地景穩定性指標(landscape stability index, LSI)，用以量化整體地景系統於不同時間階段之動態情形，藉此瞭解地景動態是否達到穩定的發展趨勢，其計算方式如下：

$$LSI = \sum_{j=1}^m |X_{t+1} - X_t|$$

式中 m = 地景組類數； X_{t+1} 、 X_t 分別代表 t 時期與 $t+1$ 時期某一地景類型所占之面積。

LSI之運算結果值愈大代表地景動態明顯，相對整體地景系統的發展趨勢較不穩定；值愈小代表地景動態不明顯，相對整體地景系統的發展趨勢較為穩定。

結果與討論

一、綠島之地景變遷

綠島於1979與1989年之地景類型，經航空照片判釋與GIS數化結果如圖2所示，並經面積統計得知10年間整體地景變遷情形，由表2統計結果顯示，各植群型中1979年占最大的面積為木麻黃造林地，共425.91 ha，約占全島面積的26.37%，至1989年則以天然闊葉樹林為主，共578.04 ha，約占全島面積的35.78%。綠島於1979-1989年期間，建成地、天然闊葉樹林、木麻黃闊葉樹混淆林與草地之面積為增加之狀況；旱作地、沙灘或礁岸、裸露地、木麻黃造林地、海岸植生與灌木林等，皆呈現減少的狀況，其中變化較大者為天然闊葉樹林增加263.56 ha，反觀木麻黃造林地減少178.79 ha，主因應為部分木麻黃造林失敗，或原生植群恢復的因素，使得天然闊葉樹林的面積增加。據羅(1983)指出，木麻黃生長速度極快，惟在海岸地區之林分卻極早發生衰退的現象；甘及陳(1987)指出，台灣海岸林在栽植成活後即採放任措施，致使林分衰退提早發生，且易罹患病蟲害，導致抗風力減弱。綜合前人研究回顧，再加上綠島沿海環境之鹽霧、東北季風與颱風季節的強風等諸多不良生育環境逆壓的影響條件下，木麻黃造林地面積於10年間呈現衰退的情形。另旱作地減少163.64 ha，由圖2可知1979年東北方區域之旱作地至1989年轉變為草地，主因應為旱作地的廢耕使得多年後該區逐漸由草地所取代。

為瞭解1979-1989年間各地景類型間彼此轉變之情形，將圖2中兩時期之圖層資料進行GIS的空間套疊，並建構地景變遷之轉移機率矩陣表，結果如表3所示，至1989年止，綠島大部分之地景類型並未大幅改變，惟仍有少數類型有較大的轉變，如裸露地有73.33%、木麻黃闊葉樹混淆林有91.40%係由木麻黃造林地轉變而來，轉變情形最為明顯，由此推

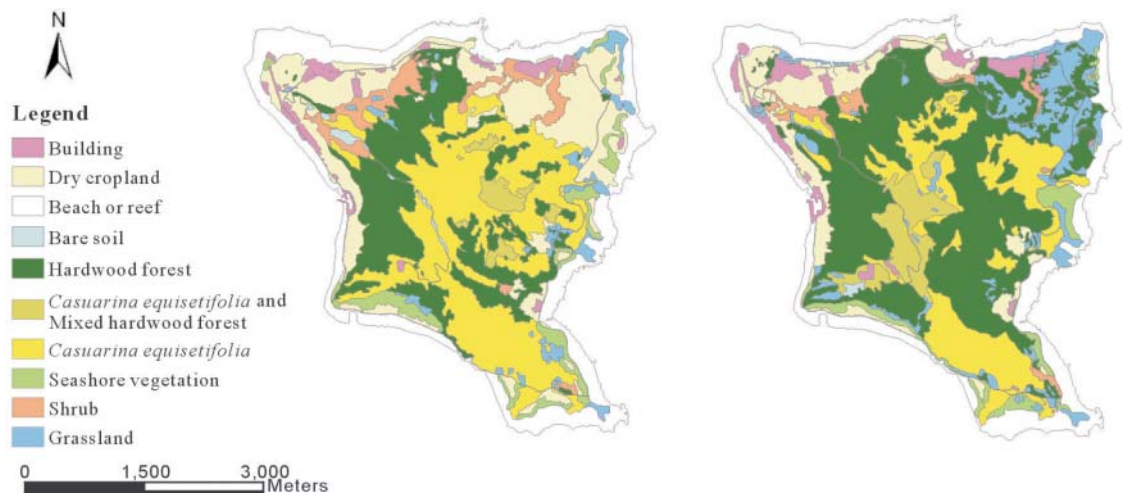


圖2. 綠島1979(左)與1989(右)年之地景類型圖。

Fig. 2. Landscapes of the Lutao Island in 1979 (left) and 1989 (right).

表2. 綠島1979與1989年地景類型面積(ha)統計表

Table 2. Landscape categories and areas of the Lutao Island in 1979 and 1989

Landscape categories	1979		1989		Changes (ha)
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)	
B	56.43	3.49	72.78	4.51	+16.35
DC	304.93	18.88	141.29	8.75	-163.64
BR	288.00	17.83	278.63	17.25	-9.37
BS	7.61	0.47	3.02	0.19	-4.59
HF	314.48	19.47	578.04	35.78	+263.56
CH	33.43	2.07	85.97	5.32	+52.54
CE	425.91	26.37	247.12	15.30	-178.79
SV	64.41	3.99	50.37	3.12	-14.04
S	70.71	4.38	27.77	1.72	-42.94
G	49.47	3.06	130.38	8.07	+80.91
Total	1615.37	100.00	1615.37	100.00	

表3. 綠島1979-1989年地景面積之轉移矩陣機率(%)

Table 3. Landscape transition probability matrix (%) of the Lutao Island from 1979 to 1989

Year	1979										
	B	DC	BR	BS	HF	CH	CE	SV	S	G	
B	51.57	22.18	8.63	0.63	3.22	0.00	7.36	2.41	2.94	1.05	
DC	4.32	80.85	3.37	0.14	4.46	0.00	0.06	1.70	3.66	1.44	
BR	1.14	1.84	92.88	0.00	0.20	0.00	0.21	2.12	0.01	1.60	
BS	0.00	0.00	0.00	0.00	16.33	0.00	73.33	10.33	0.00	0.00	
1989	HF	0.45	13.31	0.16	0.73	47.04	5.30	20.03	3.46	7.45	2.07
	CH	1.06	0.00	0.00	1.50	5.26	0.41	91.40	0.00	0.37	0.00
	CE	0.61	3.10	0.58	0.26	7.67	0.98	80.98	0.96	0.69	4.18
	SV	2.25	21.74	10.88	0.00	2.31	0.00	8.05	48.31	0.00	6.46
	S	0.25	16.18	0.00	0.90	11.24	0.00	13.66	5.59	46.09	6.09
	G	3.15	53.19	7.43	0.40	3.95	0.00	11.48	4.47	4.20	11.72

測木麻黃林分之少數地區因造林失敗，使得樹木枯萎，因而形成土地裸露的現象，且木麻黃闊葉樹混淆林類型中天然闊葉樹林逐漸產生自然演替，並占據原本木麻黃造林地的空間，因此綠島森林生態系有自然回復之趨勢。林及裴(1999)指出，綠島早期因木麻黃大量造林之結果，破壞一些殘存的原始林，導致林相的改變，使台灣狐蝠的食物來源樹種(榕樹屬*Ficus*為主)減少，亦影響狐蝠的生存狀況。天然闊葉樹林在生態系內所能提供之食物、棲息環境、歧異度等各方面都遠優於人工木麻黃林，對野生動物或整體生態系而言，應屬正面之影響，未來如何維持綠島森林生態系的穩定狀態，將是經營者在生物多樣性的保育工作上需重視之課題。

表3轉移機率矩陣之分析結果發現有部分疑慮之處，如CH(木麻黃闊葉樹混淆林)有5.26%、CE(木麻黃造林地)有7.67%由HF(天

然闊葉樹林)轉移而來，經查證造林紀錄後發現綠島主要造林作業係於1979至1981年間，往後並無進行大規模之造林工作。至於是否為木麻黃入侵的問題，依據國內長期經營海岸防風林經驗累積發現，木麻黃林生長快速，惟其壽命短且不易天然下種更新，在育林方式上係以木麻黃為先驅樹種，爾後再混植原生海岸樹種，並透過生態營造及相關育林技術來改善林相，誘導天然更新而形成複層混合林，因此本研究疑慮之處，應為航照判釋、轉繪與GIS數化、套疊過程中產生的誤差所導致。

二、綠島之地景動態

為評估Markov模式是否適用於預測綠島地景動態之可行性，本研究於研究區內隨機選取1,000個樣點，進行Markov特性之卡方檢定，檢定結果顯示，在自由度等於6和顯著水

準等於0.01時，其卡方統計值($\chi^2=146.05$)大於查表之理論卡方值($\chi^2=16.81$)，由此可知，綠島於1979-1989年間之地景變遷情形確實具有Markov特性。

由卡方檢定結果可瞭解，Markov模式適用於本研究區未來地景動態之預測，因此利用10年為間距，依序進行各地景類型於1999、2009、2019、2029、2039與2049年之動態預測，其結果如圖3所示，建成地(圖3a)與天然闊葉樹林(圖3e)之面積顯現增加的情形，其中天然闊葉樹林之面積至2049年止增加約200 ha左右，為所有地景類型中變動量最大者；旱作地(圖3b)、木麻黃造林地(圖3g)與草地(圖3j)之面積顯現減少的情形，其中旱作地與木麻黃造林地之面積至2049年止減少約35 ha左右，草地之面積減少約50 ha左右，另沙灘或礁岸(圖3c)、裸露地(圖3d)、木麻黃闊葉樹混淆林(圖3f)、海岸植生(圖3h)與灌木林(圖3i)之面積雖亦有減少，惟其變化較不明顯。由此結果推斷，綠島之植群生態隨著長期間的演替，未來旱作地、木麻黃造林地與草地面積漸次縮減，天然闊葉樹林進而成為較具優勢之植物社會，而建成地的增加雖可反映出綠島地區仍有人為干擾的存在，惟本研究採用之Markov模式係假設對於自然界中，環境條件在穩定的情況下，且不受人為外力干擾之區域較為適用(Acevedo *et al.* 1996; 陳及吳 2001)，因此本研究預測人為土地利用型之動態趨勢適當與否，有待未來持續追蹤探討。針對人為干擾之問題，需先考慮到各種層面的影響因子，例如地形、環境、社會、經濟、政策面…等，惟受限於資料取得問題，難以完備的掌握各項因子，建議應先配合經營管理之實施策略，加以評估因子的選擇是否合乎需求，俾以提升研究成果之可信度。

為瞭解綠島的地景動態是否達到穩定的發展趨勢，經LSI計算5種階段之結果如圖4所示，LSI隨著時間的增加而減少，至2019-

2029年階段起，關係曲線趨於平坦，由此可知，島上地景動態的發展趨勢已略呈穩定狀態。Boerner (1996)指出，Markov模式對於預測所採用時間間距較長者，易遮掩掉短時間內造成地景轉變的影響因子；朱(1994)指出，Markov模式發展至頂點或底點時，演變機率會產生結構性變化，因而僅適用於中期發展階段。有鑑於此，本研究以10年為間距，推測綠島於30-60年後，地景系統的演變情況應可達到趨於穩定的現象，惟近年來管理單位正積極發展台東縣離島之交通建設，因此在追求文明進步的同時，宜做好妥善規劃，以確保自然生態環境之保存。

結 論

有效的經營管理策略，除須瞭解生態系的現況與其在時間序列上的變動情形外，尚須設法預測未來趨勢的演變，故探討地景動態的發展，可謂重要之研究課題。本研究以綠島1979與1989年度之航空照片做為材料，利用航照判釋建立兩時期之10種地景類型圖層資料，並進行地景之變遷程度與未來動態的探討。研究結果顯示，天然闊葉樹林的面積有明顯的增加，反觀木麻黃林分因衰退提早發生，使得面積有明顯的減少，且由兩時期的轉移機率矩陣表可知，因原生植群產生自然演替之現象，綠島森林生態系有自然回復的趨勢。經Markov模式預測結果發現，綠島之植群生態隨著長期間的演替，終將形成以天然闊葉樹林為主之植物社會，經過LSI檢視地景動態情形可知，綠島之整體地景系統將於30-60年後趨於穩定的狀態。

謝 誌

本研究承行政院農業委員會科技計畫「94農科-9.2.1-務-e2(1)」之部分經費補助，特此致謝。

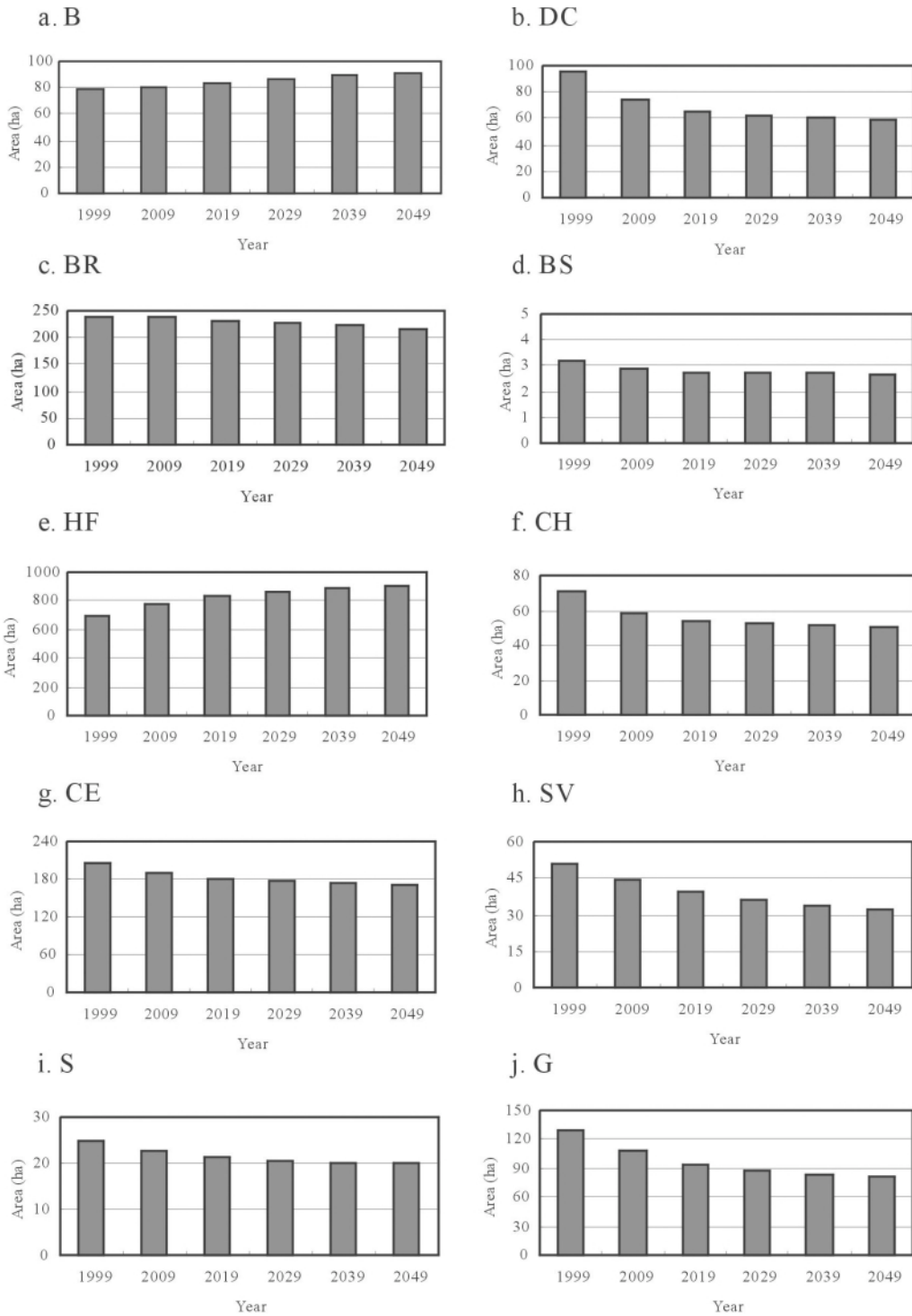


圖3. Markov模式應用於綠島地景動態之預測結果。

Fig. 3. Predictions of landscape dynamics of the Lutao Island using Markov model.

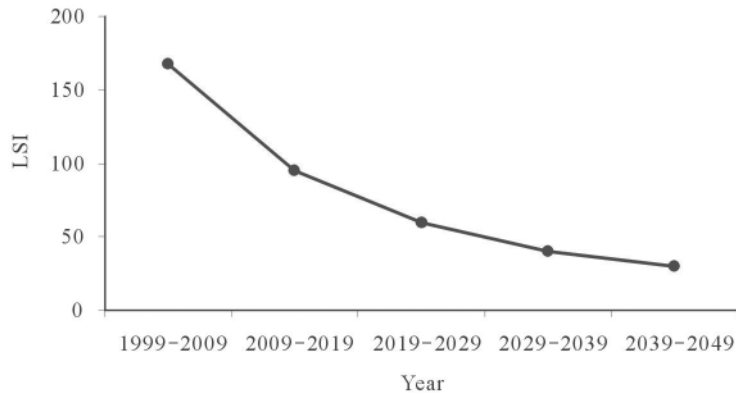


圖4. 綠島於不同階段之地景穩定性指標計算結果。

Fig. 4. A predicted trend of LSI for the Lutao Island.

引用文獻

- 甘偉航、陳財輝。1987。台灣防風林之經營。現代育林3(1): 3-25。
- 朱子豪。1994。新店溪流域土地利用變遷之調查分析。行政院國家科學委員會計畫成果報告。
- 吳英陵。1986。林木資源航測調查及其規劃之探討。航空測量及遙感探測 6-20頁。
- 林良恭、裴家騏。1999。台灣狐蝠的野外族群現況。特有生物研究1(1): 12-19。
- 陳永寬、吳守從。2001。應用馬可夫模式預測南仁山生態保護區地景變遷。台大實驗林研究報告15(4): 318-328。
- 諸葛陽。1989。生態平衡與自然保護。淑馨出版社。
- 鄭先祐。1992。生態環境影響評估學。徐氏基金會。
- 鄭祈全、吳治達、王素芬。2005。應用Markov和Logit模式監測地景變遷之研究。台灣林業科學20(1): 29-36。
- 羅紹麟。1983。台灣海岸防風林經濟效益之研究。中華林學季刊16(1): 25-34。
- 蘇鴻傑、何孟基。1982。蘭嶼、綠島風景特定區植物生態資源之調查與分析。國立

台灣大學研究報告。

- Acevedo, M. F., D. L. Urban and H. H. Shugart. 1996. Models of forest dynamics based on roles of tree species. *Ecological Modeling* 87: 267-284.
- Boerner, R. E. J. 1996. Markov models of inertia and dynamism on two contiguous Ohio landscapes. *Geographical Analysis* 28(1): 56-66.
- Goodman, L. A. 1968. The analysis of crossclassified data: Independence, quasi-independence, and interactions in contingency tables with or without missing entries. *Journal American Statistics Association* 63: 1031-1091.
- Hathout, S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Environmental Management* 66: 229-238.
- Lopez, E., B. Gerardo, M. Manuel and D. Emilio. 2001. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: A case in Morelia city, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 55: 271-285.

A New Record of *Haptosquilla glyptocerus* (Wood-Mason, 1875) (Stomatopoda: Protosquillidae)
from Taiwan

台灣產原蝦蛄科新紀錄種雕尾定蝦蛄

Jung-Fu Huang¹ and Pan-Wen Hsueh^{2,*}

黃榮富¹ 薛攀文^{2,*}

¹Department of Aquaculture, National Kaohsiung Marine University, Kaohsiung, Taiwan

²Department of Life Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

¹國立高雄海洋科技大學水產養殖系 高雄市楠梓區海專路142號

²國立中興大學生命科學系 台中市國光路250號

* Corresponding author

* 通訊作者

Abstract

Haptosquilla glyptocerus (Wood-Mason, 1875) (Stomatopoda: Protosquillidae) was collected from a tide pool of the Little Liuqiu Island off the coast of southwestern Taiwan. It is a new record not only for the species but also for the genus and the family to Taiwan. In this paper its characters are briefly described and compared with those of related congeners, and its distribution is also noted.

摘要

本文記述一種採於台灣西南部小琉球潮間帶潮池，屬原蝦蛄科定蝦蛄屬之雕尾定蝦蛄。這是台灣水域首次記錄此一科別與屬別之種類。有關此屬現知種類數、雕尾定蝦蛄與同屬近似種間之形態差異及分布情形，一併於本文中述及。

Key words: Protosquillidae, *Haptosquilla glyptocerus*, new record, Taiwan

關鍵詞：原蝦蛄科、雕尾定蝦蛄、台灣新紀錄

Received: October 25, 2005

Accepted: January 9, 2006

收件日期：94年10月25日

接受日期：95年1月9日

Introduction

Taxonomy on the stomatopod crustacea of Taiwan has been extensively studied for a century (Fukuda 1909; Balss 1910; Kemp 1913; Komai 1927; Lee and Wang 1966; Liao 1997). There were a total of seven families, 27 genera and 53 species that have been reported so far from Taiwan, of which 30 species were new records and two new species. Recently, we collected *Haptosquilla glyptocerus* (Wood-Mason, 1875) (Protosquillidae) from a tide pool of the Little Liuqiu Island off the coast of southwestern Taiwan. It was a new record not only for the species but also for the genus and the family to Taiwan. The specimen is deposited at the National Kaohsiung Marine University (NKMU), Kaohsiung, Taiwan.

Family Protosquillidae Manning, 1980

Genus *Haptosquilla* Manning, 1969

Haptosquilla glyptocerus (Wood-Mason, 1875)

Fig. 1A-E

Haptosquilla glyptocerus Moosa, 1986: 384; Manning, 1995: 102-104, pl. 18, figs. 52, 53; Ahyong, 2001: 104, fig. 50; Schram & Muller, 2004: 70-71.

Materials examined: A female specimen; total length (tip of rostral spine to posterior margin of the telson) 38.3 mm (NKMU 940605-

01), collected from a tide pool of rock flat, lower intertidal zone, Little Liuqiu Island (22° 20.1' N, 120° 21.5' E) off southwest Taiwan, 5 June, 2005.

Description: Small size, body subcylindrical in shape (Fig. 1A). Rostral plate trispinous (Fig. 1B). Cornea cylindrical. Propodi of posterior three maxillipeds slender not beaded or ribbed ventrally. Ischiomerar articulation of claw subterminal, and dactylus of claw pointed, swollen at base, strongly bolstered, without movable proximal spine on propodus. Articulated anterolateral plates of abdomen well developed, surface of fifth abdominal somites wrinkled longitudinally, surface of sixth abdominal somites wrinkled irregularly with knoblike protrusions (Fig. 1C). Median carina of telson distinctive, three pairs of marginal teeth, and submedian bosses of telson reaching posterior margin. Outer margin of exopodite of uropod with eight spines; anterior spines smaller and gradually increased in size posteriorly, last spine the largest (Fig. 1D). Tip of protopod exceeding posterior margin of endopodite when uropod extending out laterally. Margins of the last segment of endopodite and exopodite of uropod with fine serration and long setae.

Remarks: There is no consensus on the number of currently known species in the genus

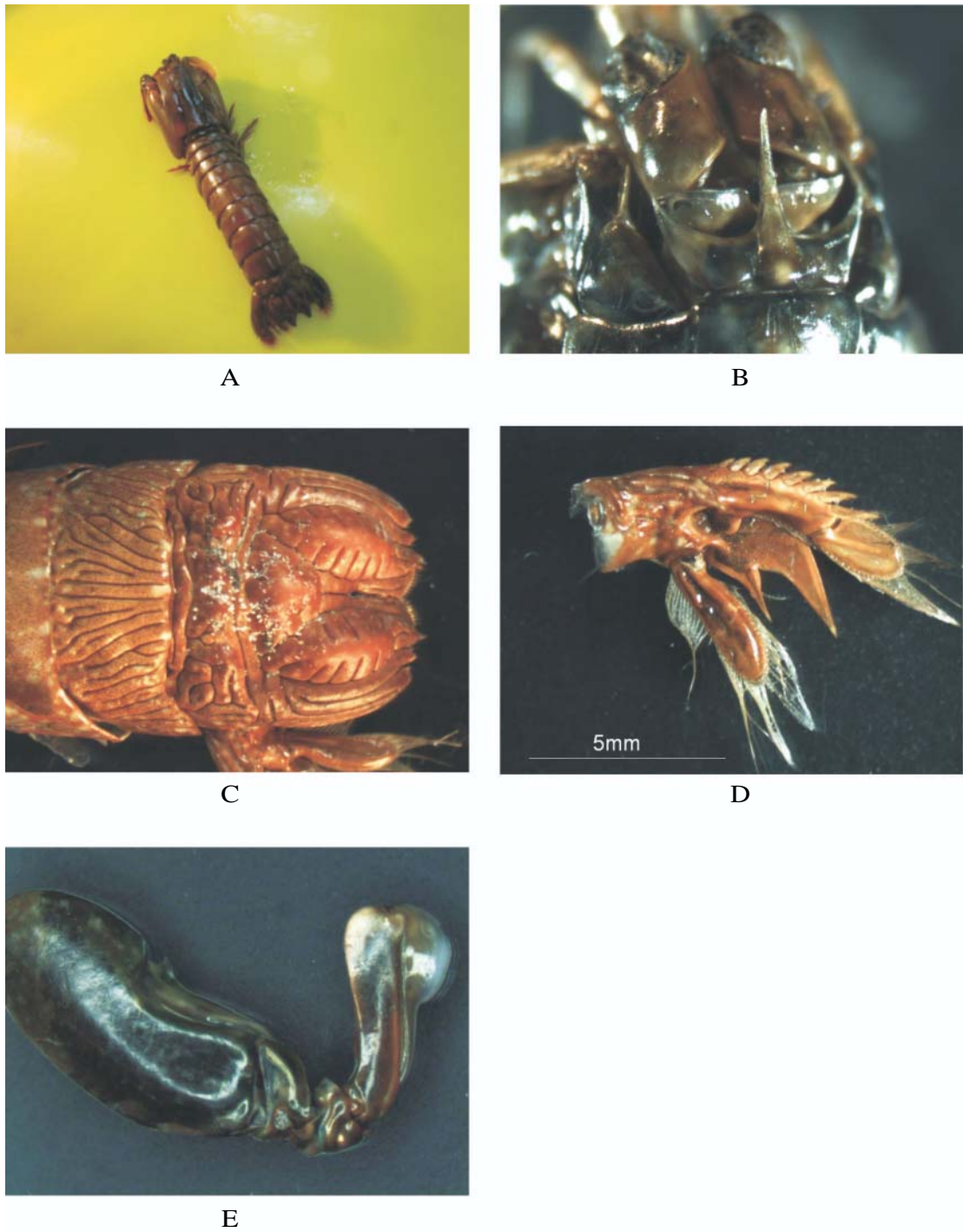


Fig. 1. *Haptosquilla glyptocerus*, female specimen, total length 38.3 mm (NKMU 940605-01): A, dorsal view of the animal; B, magnified dorsal view of head region; C, telson and fifth and sixth abdominal somites; D, uropod; E, right raptorial claw.

Haptosquilla. Two most recent reviews yield different counts. Ah Yong (2001) list 14 species by placing *H. philippinensis* Garcia & Manning, 1982 and *H. setifera* Manning, 1969 as synonyms of *H. pulchella* (Miers, 1880), and *H. nefanda* (Kemp, 1911) as synonym of *H. tuberosa* (Pocock, 1893). However, he suggested that *H. philippinensis* and *H. setifera* might regard as "*species inquirenda*", after reviewing genetic studies by Barber *et al.* (2000). On the other hand, Schram and Muller (2004) re-erected *H. philippinensis* and *H. setifera* as valid species on the basis of Ah Yong's (2001) above mentioned remarks, so that 16 species are consequently counted for the genus of *Haptosquilla*.

Haptosquilla glyptocerus is readily distinguishable from the other congeners by possessing distinct longitudinal corrugations on the mid-dorsal surface of fifth abdominal somite (Manning 1995; Ah Yong 2001). The specimen from Taiwan has no movable proximal spine on the propodus of raptorial claw (Fig. 1E), similar to that of specimens from Queensland (Ah Yong 2001: 105, Fig. 50). Ah Yong (2001) comments that morphological differences of the Pacific (Queensland) specimens from the Indian Ocean (Western Australia and Andaman Sea) specimens, that have raptorial claw propodus with a movable spine proximally and fewer telson tubercles or spinules, may indicate the presence of two or more species in the *H. glyptocerus* group.

Haptosquilla glyptocerus is widely distributed from Japan to Andaman Sea, Indonesia, as well as in New Caledonia, Australia, Philippines and Vietnam (Manning 1995). It is not surprised to find this species in Taiwanese waters.

Acknowledgments

We thank Mr. Cheng-Jui Hsieh and Po-Hsin Hsu for their assistance in field collection. This study is supported in part by a grant (NSC92-2621-005-002) from the National Science Council to the corresponding author.

Literature Cited

- Ah Yong, S. T. 2001. Revision of the Australian Stomatopod Crustacea. Records of the Australian Museum. Supplement 26: 1-326.
- Balss, H. 1910. Ostasiatische Stomatopoden. Beiträge zur Naturgeschichte Doflein. Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche, Klasse, Munich, supplement 2, 2: 1-11.
- Barber, P. H., S. R. Palumbi, M. V. Erdmann and M. K. Moosa. 2000. A marine Wallace's line? Nature 406: 692-693.
- Fukuda, T. 1909. Japanese Stomatopoda. Dobutsugaku Zasshi 21: 54-62, 167-174. (in Japanese)
- Fukuda, T. 1913. Two Japanese stomatopods, with the list of stomatopods in the Japanese waters. Dobutsugaku Zasshi 25: 69-72. (in Japanese)
- Kemp, S. 1913. An account of the Crustacea Stomatopoda of the Indo-Pacific region, based on the collection in the Indian Museum. Memoirs of the Indian Museum 4: 1-217, pls. 1-10.
- Komai, T. 1927. Stomatopoda of Japan and adjacent localities. Memoirs of the College of Sciences, Kyoto Imperial University, Series B3: 307-354, pls. 13, 14.
- Lee, S. C. and S. K. Wang. 1966. The

- Stomatopod Crustacean of Taiwan. Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica 5: 41-58.
- Liao, U. C. 1997. Taxonomic studies of the Stomatopoda (Crustacea: Hoplocardia) of Taiwan. Master's Thesis, National Taiwan Ocean University. (in Chinese)
- Manning, R. B. 1969. Notes on the *Gonodactylus* section of the family Gonodactylidae (Crustacea: Stomatopoda), with descriptions of four new genera and a new species. Proceedings of the Biological Society of Washington 82: 143-166.
- Manning, R. B. 1980. The superfamilies, families, and genera of recent stomatopod Crustacea, with diagnoses of six new families. Proceedings of the Biological Society of Washington 93: 362-372.
- Manning, R. B. 1995. Stomatopod Crustacea of Vietnam: The legacy of Raoul Seréne. Crustacean Research, special number 4: 1-337.
- Moosa, M. K. 1986. Stomatopod Crustacea. Résultats du Campagnes MUSORSTOM I & II Philippines, 2. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, series A, Zoologie, 133 [for 1985]: 367-414, pl. 1.
- Schram, F. R. and H. G. Muller. 2004. Catalog and Bibliography of the Fossil and Recent Stomatopoda. Backhuys Publishers, Leiden. The Netherlands.

台灣旋花科的新歸化植物—毛果薯

Ipomoea eriocarpa R. Br. (Convolvulaceae) Newly Naturalized to Taiwan

許再文^{1,2} 蔣鎮宇² 蔡昆展² 黃朝慶^{1,2,*}

Tsai-Wen Hsu^{1,2}, Tzen-Yuh Chiang², Kun-Chan Tsai² and Chao-Ching Huang^{1,2,*}

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立成功大學生命科學系 台南市大學路1號

¹Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

²Department of Life Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘要

近年來有許多的外來植物在台灣歸化，本研究提出另一種歸化於台灣中南部，原產於熱帶亞洲與非洲的旋花科植物—毛果薯(*Ipomoea eriocarpa* R. Br.)。本種以其花序幾近無梗且蒴果密披毛而不同於台灣所產的該屬其他物種，本文提供其分類性狀描述與彩色照片。

Abstract

For the past decade we have witnessed many alien species of plants that have been naturalized to the island of Taiwan. This paper describes *Ipomoea eriocarpa* R. Br. (Convolvulaceae) with photos as a newly naturalized species to the island. It is native to the tropical Asia and Africa, and now has been found in the central region of Taiwan. This plant is easily distinguishable from other species of the genus *Ipomoea* by its unique characters of sessile inflorescences and pubescent capsular.

關鍵詞：毛果薯、旋花科、歸化植物、台灣、分類

Key words: *Ipomoea eriocarpa*, Convolvulaceae, naturalized plant, Taiwan, taxon

收件日期：95年5月3日

接受日期：95年7月3日

Received：May 3, 2006

Accepted：July 3, 2006

緒 言

旋花科(Convolvulaceae)植物有58屬約2,000種(Staples and Yang 1998)，泛分布於熱

帶、亞熱帶與溫帶地區(Fang and Staples 1995)，以亞洲與美洲為主要代表區域。台灣植物誌第二版記載有14屬44種(Staples and Yang 1998)，近年來針對台灣旋花科植物相關



圖1. 毛果薯 A, 習性； B, 花序； C, 果序。

Fig. 1. *Ipomoea eriocarpa* R. Br. A, habit; B, inflorescences; C, infructescence.

研究的有葉修珍與蔡進來(Yeh and Tsai 2000)、廖國嫻與郭長生(Liao *et al.* 2000)、陳世輝與吳明州(Chen and Wu 2001)等人。

牽牛花屬(*Ipomoea*)植物全球約有650種(Mabberley 1997),是熱帶與亞熱帶地區的一個大屬(Wilson 1960),大多數種類產於美洲與非洲(Austin 1980),有超過一半的種類(約有500種)集中在美洲(Austin and Huaman 1996)。台灣植物誌第二版記載有21種(Staples and Yang 1998),最近陳世輝與吳明州發表心葉蔦蘿(*Ipomoea hederifolia* L.)歸化於台灣(Chen and Wu 2001)。筆者等人近年進行植物資源調查,於雲林縣發現另一歸化種植物,經資料比對為原產於熱帶亞洲與非洲之毛果薯,本文提供其分類性狀描述與彩色照片。

分類處理

Ipomoea eriocarpa R. Br., Prodr. Fl. Nov. Holl. 484. 1810; Chen and Zhao, Fl. Sichuanica 4: 404. *f.102:1-3*. 1988. 毛果薯 Fig. 1.

Convolvulus eriocarpus (R. Br.) Spreng., Systema Vegetabilium 1. 1824.

纏繞性草本植物。莖圓柱形,纖細,被貼伏性或稍開展的毛。葉柄長1.3-2.7 cm,被貼伏性毛;葉長披針形,長4-6 cm,寬1-2.5 cm,先端尾狀尖,基部心形,全緣,兩面被毛,葉脈兩面凸起,側脈5-6對。聚繖花序腋生成簇,無總花梗或具很短的總花梗,有1至多朵的花;花梗極短或無;苞片2,線狀披針形,長約3 mm,外表面被長毛,內面光滑;萼片5,外側2片稍大,基部卵形,中部以上漸尖,長6-8 mm,寬4-5 mm,內側3片比外側者稍狹,外面密被長毛,結果時宿存,稍增大;花冠小,淡紅色或淡紫色或白色,合生成鐘狀,冠筒6-8 mm,冠簷裂片三角形,被毛;雄蕊5,2長3短,生於冠筒基部,花絲白色,絲狀,長3-4 mm,光滑,基

部被毛,花藥淡紫色,長三角形,長約1 mm,2室,外向;花柱長約2 mm,柱頭2裂,頭狀,子房上位,圓錐形,密被長毛,2室,胚珠4枚。蒴果圓錐球形,徑約6-8 mm,被長毛,內有4種子。

引證標本: 台灣(TAIWAN): 雲林縣(Yunlin County): 虎尾鎮(Huweil Town), 建國一村, 1, December 2005, T. H. Hsu 11996 (TESRI).

台灣已記錄的牽牛花屬植物有22種,本植物以其花序幾乎無梗且蒴果密披毛而不同於台灣所產的該屬其他物種。毛果薯原產於熱帶非洲至馬達加斯加、巴基斯坦、熱帶亞洲與澳洲之北部(Austin 1980);中國大陸產於雲南及四川(Fang and Staples 1995)。台灣目前歸化於中部低海拔,為乾旱草地與太陽麻(*Crotalaria juncea* L.)田之雜草,其伴生植物為青莧(*Amaranthus patulus* Betoloni)、野莧(*Amaranthus viridis* L.)、牛筋草(*Eleusine indica* (L.) Gaertn.)、九爪藤(*Ipomoea pes-tigridis* L.)與苦蕒(*Physalis angulata* L.)等,推測其可能因進口綠肥植物太陽麻種子,不小心混入的。

外來植物在台灣歸化近2年被發表的有17種(陳 2004; Chen and Kuoh 2004; Chen and Wu 2004; Chou *et al.* 2004; Hsu *et al.* 2004a; Hsu *et al.* 2004b; Tseng and Peng 2004; Chen and Wang 2005; Chen and Wu 2005; Hsieh 2005; Hsu *et al.* 2005a; Hsu *et al.* 2005b; Yang *et al.* 2005; Jung *et al.* 2005),皆為草本植物,且零星分散於不同的10科,分析結果雙子葉植物有14種,以菊科3種最多;單子葉植物有3種,皆為禾本科植物。

謝 誌

本研究由行政院農業委員會提供經費補助。

引用文獻

- 陳運造。2004。近年新入侵苗栗地區之兩種外來植物。苗栗區農業專訊28。
- Austin, D. F. 1980. Convolvulaceae. In: Dassanayake, M. D. and F. R. Fosberg (eds.). A revised handbook to the flora of Ceylon 1: 288-363. Oxonian Press Pvt. Ltd., Faridabad, India.
- Austin, D. F. and Z. Huaman. 1996. A synopsis of *Ipomoea* (Convolvulaceae) in the Americas. *Taxon* 45: 3-38.
- Chen, C. H. and C. M. Wang. 2005. *Geranium molle* L. (Geraniaceae), a newly naturalized plant in Taiwan. *Collection and Research* 18: 11-14.
- Chen, C. H. and C. S. Kuoh. 2004. *Cenchrus ciliaris* L., a newly naturalized grass in Taiwan. *Taiwania* 49: 232-236.
- Chen, S. H. and M. J. Wu. 2001. Notes on two newly naturalized plants in Taiwan. *Taiwania* 46: 85-92.
- Chen, S. H. and M. J. Wu. 2004. *Chamaesyce hypericifolia* (L.) Millsp. (Euphorbiaceae), a newly naturalized spurge species in Taiwan. *Taiwania* 49: 102-108.
- Chen, S. H. and M. J. Wu. 2005. Notes on three newly naturalized plants in Taiwan. *Taiwania* 50: 29-39.
- Chou, F. S., H. Y. Liu and C. R. Sheue. 2004. *Boerhavia erecta* L. (Nyctaginaceae), a new adventive plant in Taiwan. *Taiwania* 49: 39-43.
- Fang, R. C. and G. Staples. 1995. Convolvulaceae. In: Wu, Z. Y. and P. T. Raven (eds.). *Flora of China* 16: 271-325.
- Hsieh, T. H. 2005. *Rorippa sylvestris* (L.) Besser, a newly naturalized mustard species in Taiwan. *Taiwania* 50: 297-301.
- Hsu, T. W., S. M. Ku and C. I Peng. 2004a. *Persicaria capitata* (Ham. ex D. Don) H. Gross (Polygonaceae), a newly naturalized plant in Taiwan. *Taiwania* 49: 183-187.
- Hsu, T. W., T. Y. Chiang and C. I Peng. 2005a. *Lepidium bonariense* L. (Brassicaceae), a naturalized species in Taiwan. *Endemic Species Research* 7: 89-94.
- Hsu, T. W., T. Y. Chiang and J. J. Peng. 2004b. *Semiaquilegia adoxoides* (DC.) Makino (Ranunculaceae), a newly naturalized plant in Taiwan. *Taiwania* 49: 44-48.
- Hsu, T. W., T. Y. Chiang and J. J. Peng. 2005b. *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson subsp. *micrantha* (Nees) Ensermu (Acanthaceae), a newly naturalized plant in Taiwan. *Taiwania* 50: 117-122.
- Jung, M. J., S. Z. Yang and C. S. Kuoh. 2005. Notes on Two Newly Naturalized Plants in Taiwan. *Taiwania* 50: 191-199.
- Liao, G. I., M. Y. Chen and C. S. Kuoh. 2000. *Cuscuta* (Convolvulaceae) in Taiwan. *Taiwania* 45: 226-234.
- Mabberley, D. J. 1997. *The Plant Book*. 2nd. ed. Cambridge University Press. pp. 858.
- Staples, G. W. and S. Z. Yang. 1998. Convolvulaceae. In: Huang, T. C. (eds.). *Flora of Taiwan* 4: 341-384. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd. edn., Taipei.
- Tseng, Y. H. and C. I Peng. 2004. *Ambrosia psilostachya* DC. (Asteraceae) a newly naturalized plant in Taiwan. *Endemic Species Research* 6 (1): 49-52.
- Wilson, K. A. 1960. The genera of Convolvulaceae in the southeastern United State. *Journal of the Arnold Arboretum* 41: 298-317.
- Yang, S. Z., C. F. Chen, K. P. Lo and G. P. Hsieh.

2005. *Euphorbia graminea* Jacquin (Euphorbiaceae), a newly naturalized plant in Taiwan. *Taiwania* 50: 131-136.

Yeh, H. J. and J. L. Tsai. 2000. A new variety of *Evolvulus alsinoides* L. in Taiwan. *Quarterly Journal of Forest Research* 22 (4): 23-28.