

南山溪蝴蝶多樣性的相關因子分析

Butterfly Diversity and Abundance in Relation to Environmental Factors in the Nan-San River Basin

楊耀隆^{1,*} 楊平世²

Yaw-Long Yang^{1,*} and Ping-Shih Yang²

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 國立台灣大學昆蟲學系 台北市羅斯福路四段1號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘要

本研究應用地理資訊系統，探討南山溪流域蝶相與開發程度、蜜源植物、寄主植物及坡度、坡向等地形因子的相關性。結果顯示在南山溪流域地區，蝴蝶種類與數量在南向坡及坡度 11-20° 間之環境較多，且與林木鬱閉度、海拔高度、距住宅區距離有正相關 ($p < 0.01$)，而與路面的材質有負相關 ($p < 0.01$)，並與蜜源植物及寄主植物的數量沒有顯著相關性。本研究結果顯示，開發程度越高，越不利於蝴蝶多樣性保育。

Abstract

We used the geographic information system (GIS) to investigate the diversity and abundance of butterflies in relation to aspects and slopes of lands, abundance of nectar plants and host plants, and

disturbance of human activities in the Nan-San River Basin. The results showed that the butterflies preferred to the south aspect and the slopes at 11-20°. The species diversity and abundance were correlated significantly, positively with canopy covers, elevations, and distances to the rural areas ($p < 0.01$), but negatively with road types ($p < 0.01$). There was no significant correlation between the diversity and abundance of the butterflies and the abundance of their nectar-plants and host-plants ($p > 0.05$). The above results suggest that human disturbance was the most damaging factor and should be the primary concern in conservation of the butterflies in the basin.

關鍵詞：保育、蝴蝶、物種多樣性、地理資訊系統

Key words: conservation, butterflies, species diversity, GIS

收件日期：96年6月14日

接受日期：97年1月16日

Received: June 14, 2007

Accepted: January 16, 2008

緒 言

物種的保育措施已從單一物種的保護，逐漸轉為棲息地的保護(New 1998; Pulling 2002)。許多報告皆指出，要維持物種的生存必須有良好的棲息環境(陳 1996；方 2002)。世界自然保育聯盟(IUCN)的蝴蝶保護行動方案也建議，要保護蝴蝶的多樣性，必先得加強蝴蝶棲息地的保護(New and Collin 1991)。1992年在巴西訂定的生物多樣性公約(Convention on biological diversity)第七條建議世界各國應積極查明與監測境內生物多樣性的組成，將生物多樣性的保育和永續使用納入有關的部門或跨部門計畫、方案和政策內(IUCN 1992)。

台灣有蝴蝶王國的美稱，可惜因為環境開發的壓力，使得許多原本蝴蝶種類數量多的地區，蝶況大不如前(楊 1999)。南山河流域位於南投縣埔里鎮與仁愛鄉的交接處(圖 1)，海拔約 700-2,100m，在 1950-1960 年間，本區是台灣蝴蝶加工業材料-蝴蝶的主要來源。南山

溪長度約 2.5 km (平常期)，由北向南流入眉溪，上游處有幾處山谷，在豐水期時會出現 3-4 條小溪支流，長度可以延伸到 5.3 km。南山溪兩側主要為林班地，中上游地區仍留有部分森林，下游則為部落居住，以務農為主要生活方式，有部分農耕行為往中上游發展。南山溪上游以上主要為林班地，因道路稀少，尚維持良好林相，由於上游處有山谷溪流穿越，形成一處天然的蝶道，是蝴蝶聚集的場所，在南山河流域即可捕捉數量豐盛及多樣的蝴蝶。自 1970 年代起，該地區的蝴蝶銳減，需翻越北部的山頭，深入東眼山才能捕獲較多的蝴蝶。地方人士曾組成眉溪河川保護協會，進行河川的巡視及保護工作，可惜未能奏效(林務局 1999)。如何進行南山河流域的蝴蝶保育工作，尤其是對環境的維護，是許多研究台灣蝴蝶的人員認為重要的事務(方及楊 2006)。

地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)是處理、分析及展示地理空間資訊的電腦系統(Scott *et al.* 1993；Chang 2001)，

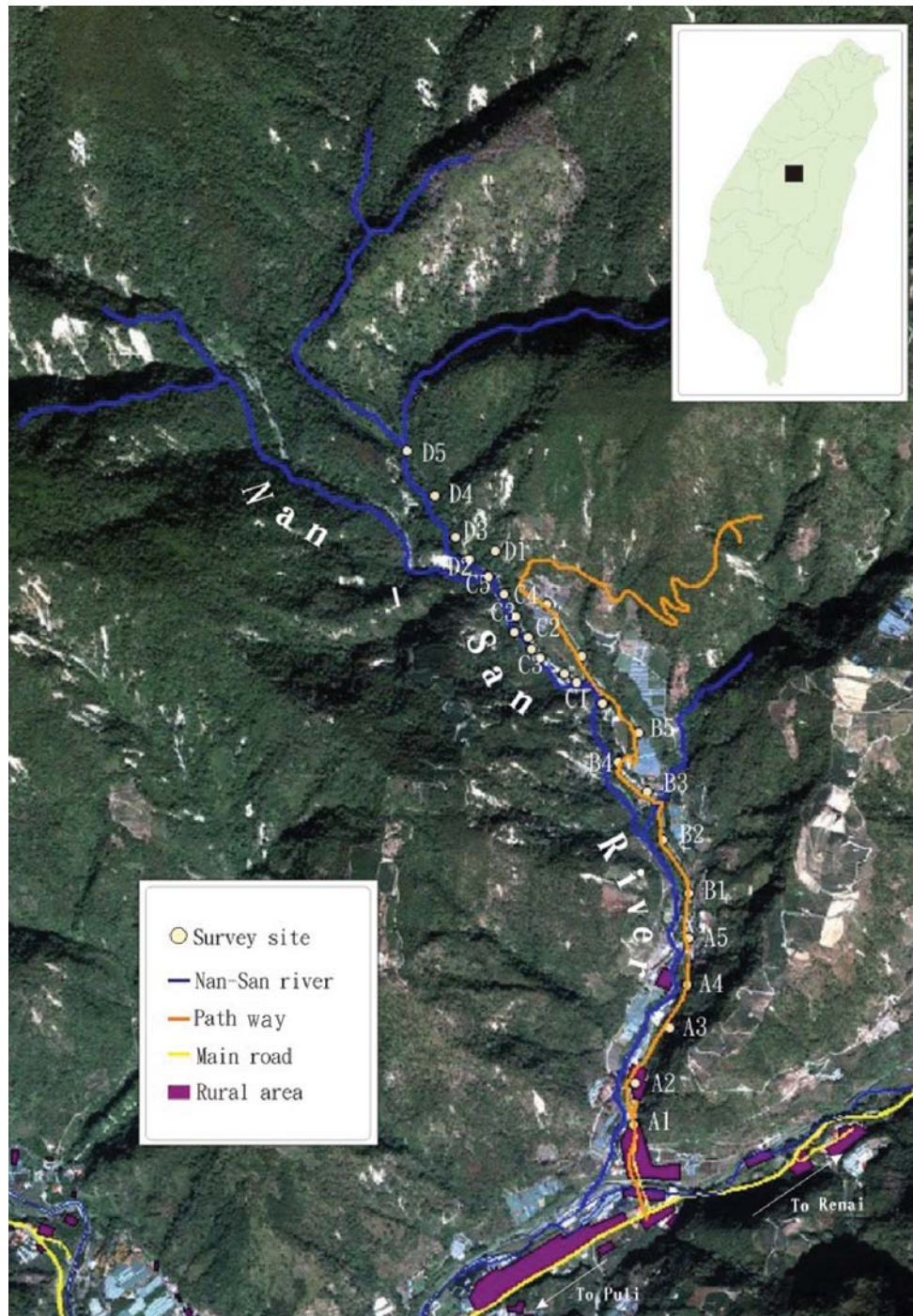


圖 1. 南山溪位置及調查樣點圖。

Fig. 1. Roads, rural areas and survey sites (A1 to D5) in the Nan-San River Basin (black square in the map of Taiwan at the upper right corner, the location of the Nan-San River Basin).

生態學是分析物種的分布與數量多寡的學科 (Krebs 2004)，而這些影響因子大多能以地圖或是以地理空間位置來表示，例如，物理因子中的山脈或河川的分布與位置；環境因子的等溫線或等雨線；生物因子的捕食者或競爭者的分布範圍。如果能將影響物種分布範圍或數量多寡的因子轉成圖層，則可以借用 GIS 的疊圖 (overlap)、環域 (buffer) 或疊切 (clip) 等分析功能，來研究物種的分布模式 (Wadsworth and Treweek 1999)。已有許多研究利用 GIS 來協助物種環境的需求及進行保護區環境的規劃，也有相當好的成效 (Pereira and Itami 1991; Scott *et al.* 1993; Dobson *et al.* 1997; Weiss and Weiss 1998; Amarnath *et al.* 2003; 楊及方 2006)。本研究應用 GIS 的空間分析，分析影響南山溪流域蝴蝶多樣性的因子。

材料與方法

一、調查方法

採用 Pollard and Yates (1993) 穿越線調查法，調查期間為 1999-2003 年，在沿南山溪旁的道路每隔 100m 設立一個調查樣點，共計 20 個樣點 (圖 1)，並以每個樣點為中心，前後各 20m 為調查範圍。每月至樣點調查 2 次，調查時間為上午 9 時至 12 時，調查並記錄各樣點範圍內的蝶種與數量。回程時並記錄樣點範圍內的蜜源植物與寄主植物的種類。為配合地理資訊資料處理，使用 Garmin® Summit 衛星定位儀標定各樣點的座標位置。

二、地理環境資料

本研究的地圖資料以農林航空測量所 1979 年出版之南山溪 1/10000 航空照片基本圖為底圖，進行 10m 等高線圖數化。使用 ESRI 公司 ArcView 3.2a 地理資訊系統為展示工具，並用其 Spatial Analyst 及 3D Analyst 模組求得各樣點範圍內的平均坡度及平均坡向 (ESRI 1996)。

為了解蝴蝶相關的棲地因子，另外也量測各樣點範圍內的林木鬱閉度 (canopy cover)、道路面材質、道路寬度及樣點中心離南山溪的距離、樣點離住宅區的距離。道路面的材質分為柏油路面、水泥路面及泥土路面 3 種；道路寬度則量取最短的道路寬度距離；鬱閉度的計算是使用魚眼鏡頭對空拍攝，用電腦估算 (Anderson 1964)，本研究採用 Nikon Coolpix 950 數位相機加上魚眼鏡頭 (Nikon FC-E8) 對空拍攝後，再量測漏空的面積比例而得，鬱閉度分為 0、25、50、75 及 100% 等 5 個等級，即 0% 表沒有任何遮蔽，而 100% 為該樣點完全被林木遮蔽；樣點中心距溪流的距離及樣點距住宅的距離，由向量圖層上以最短距離量測而得，單位為 m。

結果與討論

一、南山溪流域的地形地貌

南山溪流域的海拔高度，最高 2,100m，最低 700m (圖 4)。使用等高線資料轉換，計算南山溪流域的坡度與坡向。在坡度方面，0-10°、11-20°、21-30°、31-40°、41-50°、51-60°、61-70° 各占南山溪流域的 3.9、7.7、21.3、40.2、23.8、2.9 及 0.2% (圖 2)。在坡向，平坦、北向、東北向、東向、東南向、南向、西南向、西向、西北向各占 6.3、10.5、12.3、18.8、19.3、14.5、8.7、6.3、3.4% (圖 3)。

以南山溪左右各 50m 的環域內，坡度方面，0-10°、11-20°、21-30°、31-40°、41-50° 各占 4.5、3.9、11.0、62.9、17.9%。在坡向，平坦、北向、東北向、東向、東南向、南向、西南向、西向、西北向各占 1.7、5.0、2.1、3.5、9.5、40.3、23.0、13.5、1.4%。

二、南山溪地區的蝴蝶種類、寄主植物與蜜源植物

本研究在南山溪共計調查到 8 科 120 種蝴

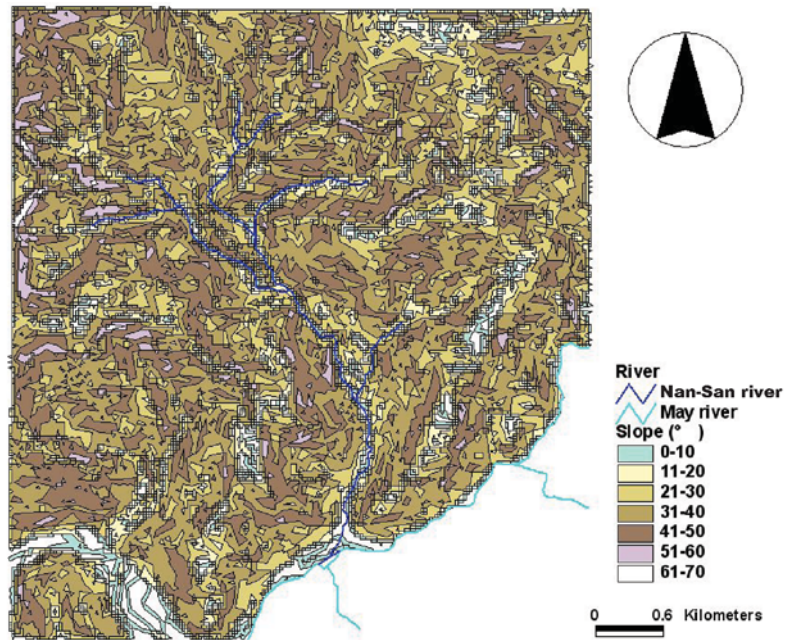


圖 2. 南山河流域坡度圖。

Fig. 2. Slopes of lands in the Nan-San River Basin.

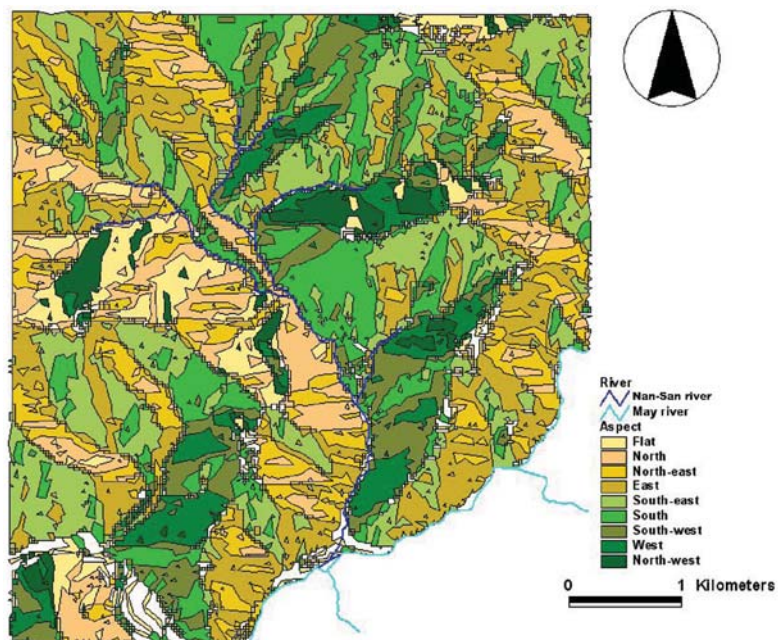


圖 3. 南山河流域坡向圖。

Fig. 3. Aspects of lands in the Nan-San River Basin.

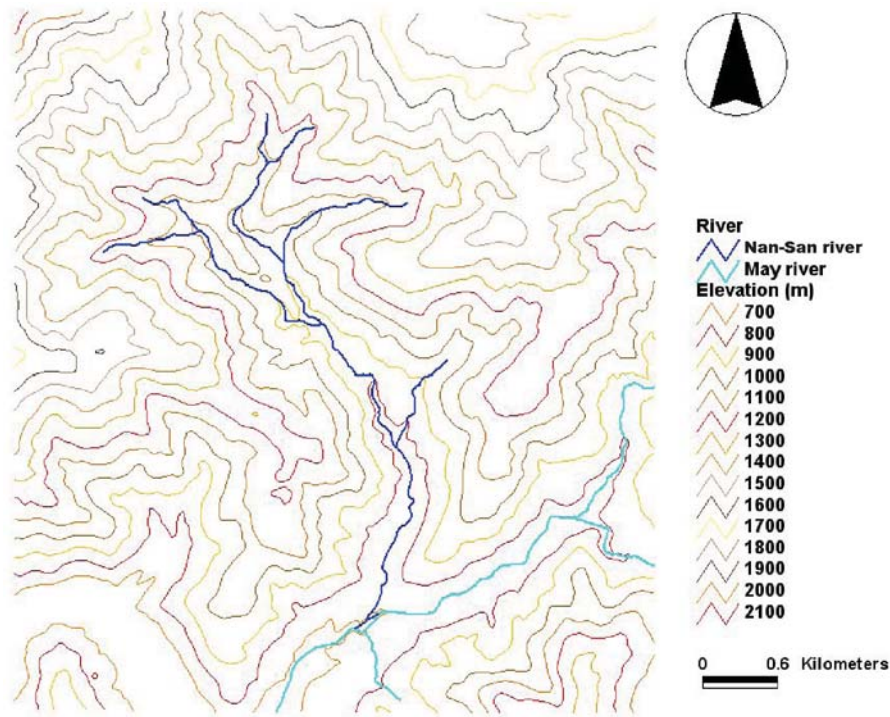


圖 4. 南山溪流域高度圖。

Fig. 4. Elevation contours of the Nan-San River Basin.

蝶，分別為弄蝶科 5 種、鳳蝶科 17 種、粉蝶科 17 種、小灰蝶科 23 種、長鬚蝶科 1 種、斑蝶科 7 種、蛺蝶科 34 種、蛇目蝶科 16 種(附錄 1)。而在寄主植物方面有 37 科 104 種(附錄 2)，蜜源植物則有 21 科 39 種(附錄 3)。

三、蝴蝶與生物因子的關係

本研究以蜜源植物、寄主植物的種數、數量及林木鬱閉度作為影響蝴蝶分布的生物因子。結果顯示南山溪流域的蝶相，無論是在蝶種數或是蝴蝶隻數上，皆與蜜源植物及寄主植物的種類數、數量沒有顯著相關性 ($p > 0.05$)；而與林木鬱閉度呈現正相關 ($p < 0.01$)，即林木鬱閉度越高的樣區，蝴蝶種類與數量越多。南山溪流域的蝴蝶對流域內的寄主植物及蜜源植物的關聯性不高，推測可能是南山溪流域地區

並非是蝴蝶的主要繁殖地，而南山溪上游以上的原始森林才是蝴蝶的重要繁殖地區，南山溪流域因溪流的走向，只是成蝶飛行的主要蝶道，才會成為以往的蝴蝶主要捕捉生產區。

四、蝴蝶與環境因子的關係

分別使用蝴蝶種數與蝴蝶隻數對樣點的海拔高度、距住宅距離及距南山溪距離進行相關分析，結果顯示蝴蝶的種類與數量皆與樣點的海拔高度、距住宅距離有顯著正相關 ($p < 0.01$)，與南山溪距離無顯著差異 ($p > 0.01$) (圖 5、6)。路面材質方面，在路面無鋪設柏油或水泥的樣點上，無論是蝴蝶的種類或數量皆較高 ($p < 0.01$)。由於南山溪流域地區高度在 600-1,300m，700m 以下的區域與眉溪交會，附近有住宅區，路面會鋪設柏油；700-1,000m 有當地居民的

農耕行爲，道路屬產業道路，路面除少數路段有鋪設柏油外，主要爲水泥或碎石路面，而1,000m 以上爲原始林區域，是巡山員、原住民或獵人行走的步道，路面爲泥土。結果呈現

在南山流域地區，海拔高度越高，也代表開發越少，顯示開發越少的環境較有利蝴蝶的出現。

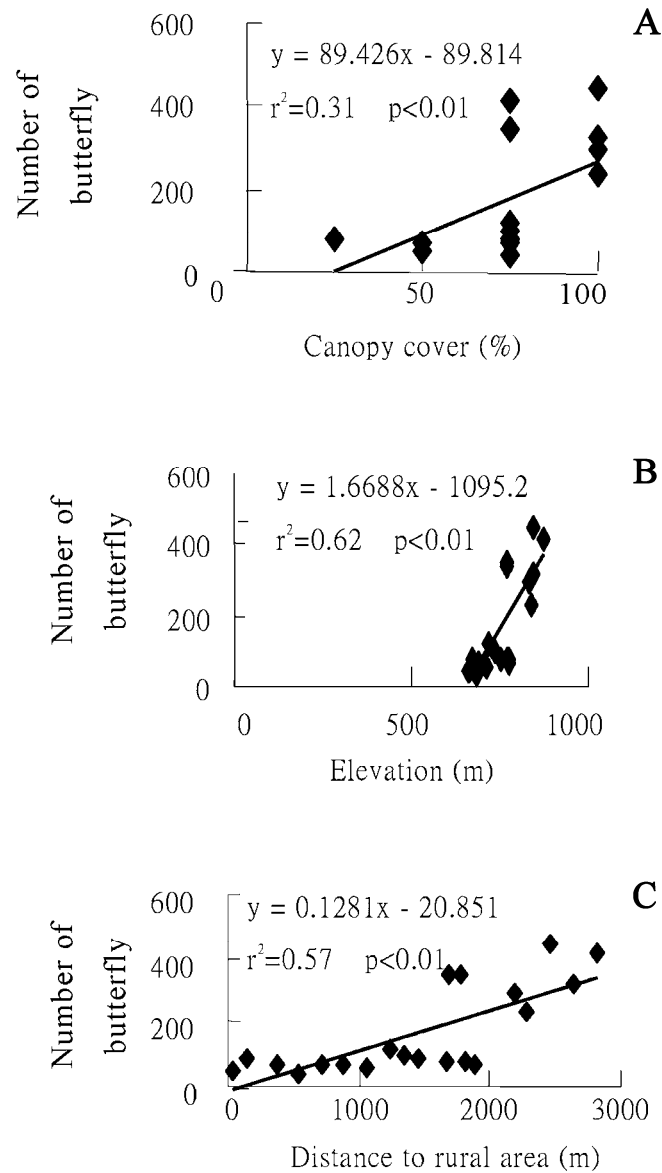


圖 5. 蝴蝶隻數與林木鬱閉度 (A)、海拔高度 (B) 及距住宅距離 (C) 的迴歸關係。

Fig. 5. Relationships between the total number of individual butterflies and environmental factors, canopy covers (A), elevations (B) and distances to rural areas (C) in the Nan-San River Basin.

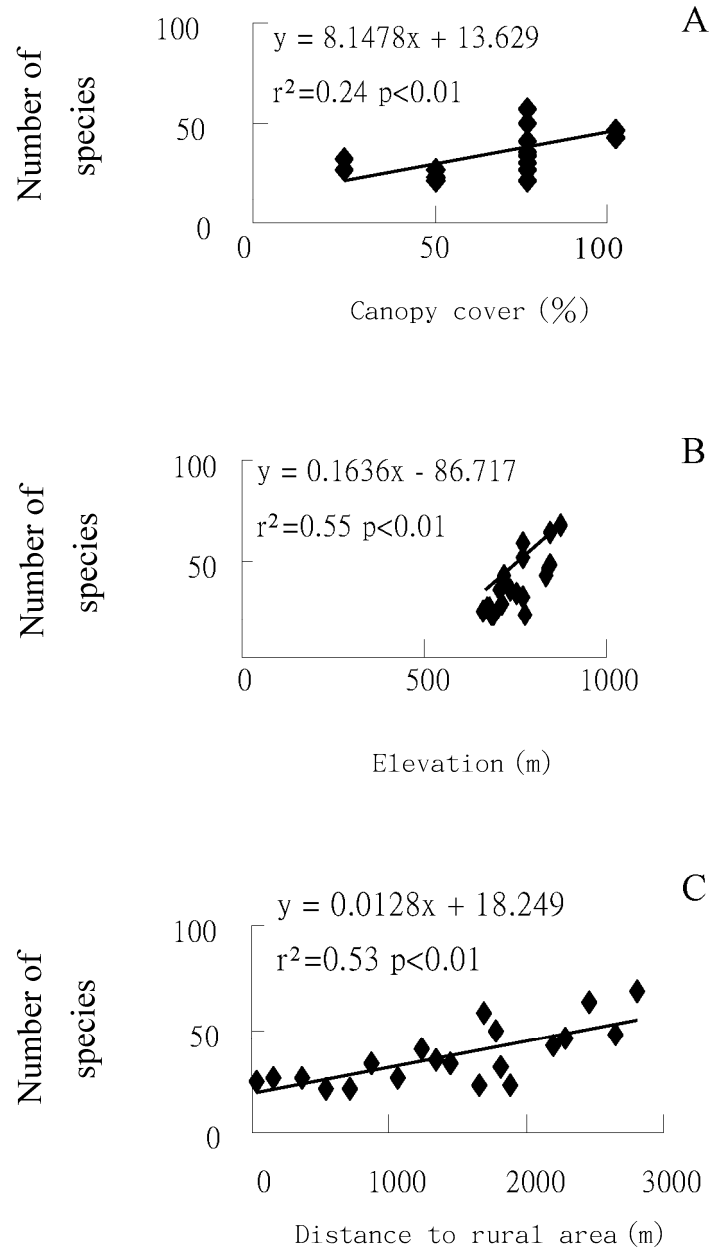


圖 6. 蝴蝶種數與林木鬱閉度 (A)、海拔高度 (B)、距住宅距離 (C) 之迴歸關係。

Fig. 6. Relationships between numbers of butterfly species and environmental factors, canopy covers (A), elevations (B) and distances to rural areas (C).

五、蝴蝶與地貌因子的關係

在地貌方面，結果顯示在坡向向南的區塊，蝴蝶的種類與數量最為豐富，其次是東南向及西南向，第三是東向及西向(圖 7)。蝴蝶喜歡南向的原因，可能的因為南向坡的日照較長，尤其是在冬季的時候，向南地區環境較為

溫暖，植被生長較佳，有利蝴蝶的生存環境。另在坡度方面，以 11-20° 時的蝴蝶種類最多，其次依序分別為 31-40°、41-50°、21-30° 及 0-10°；在蝴蝶數量上同樣是以 11-20° 時最多，其次依序分別為 41-50°、31-40°、21-30° 及 0-10° (圖 8)。

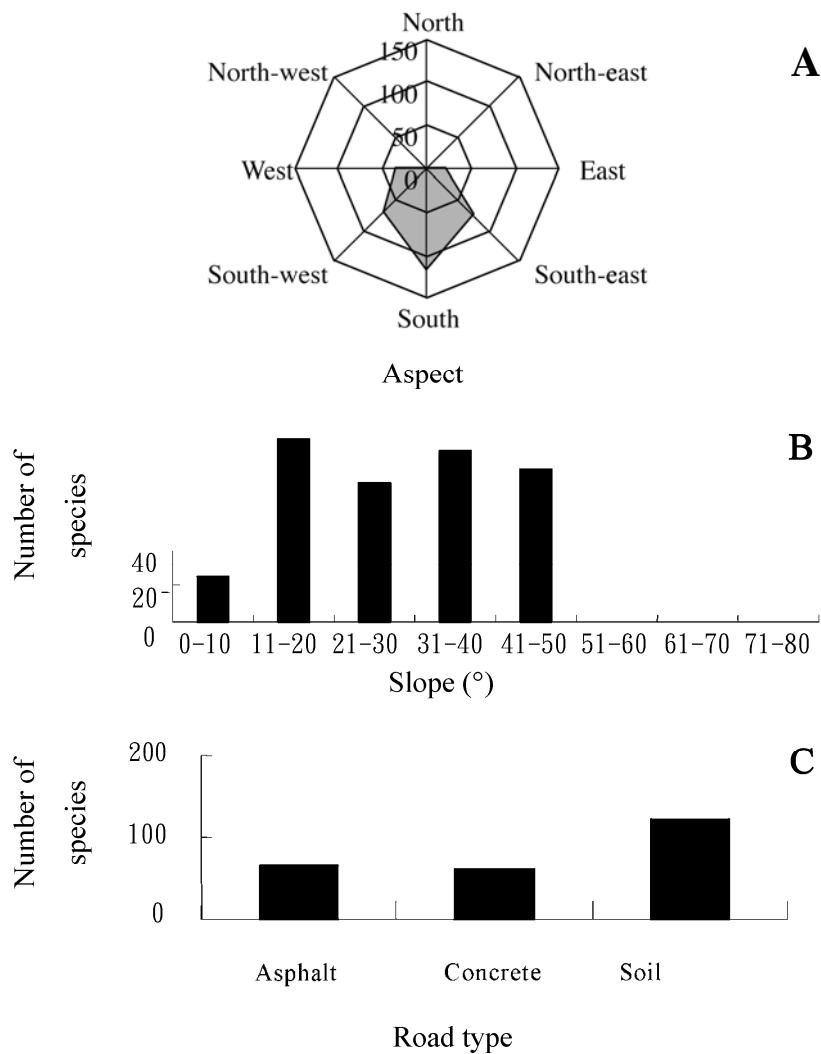


圖 7. 蝴蝶種數與坡向(A)、坡度(B)及路面材質(C)之關係。

Fig. 7. Relationships between numbers of butterfly species and the environmental factors, aspects of lands (A), slopes of lands (B) and road types (C).

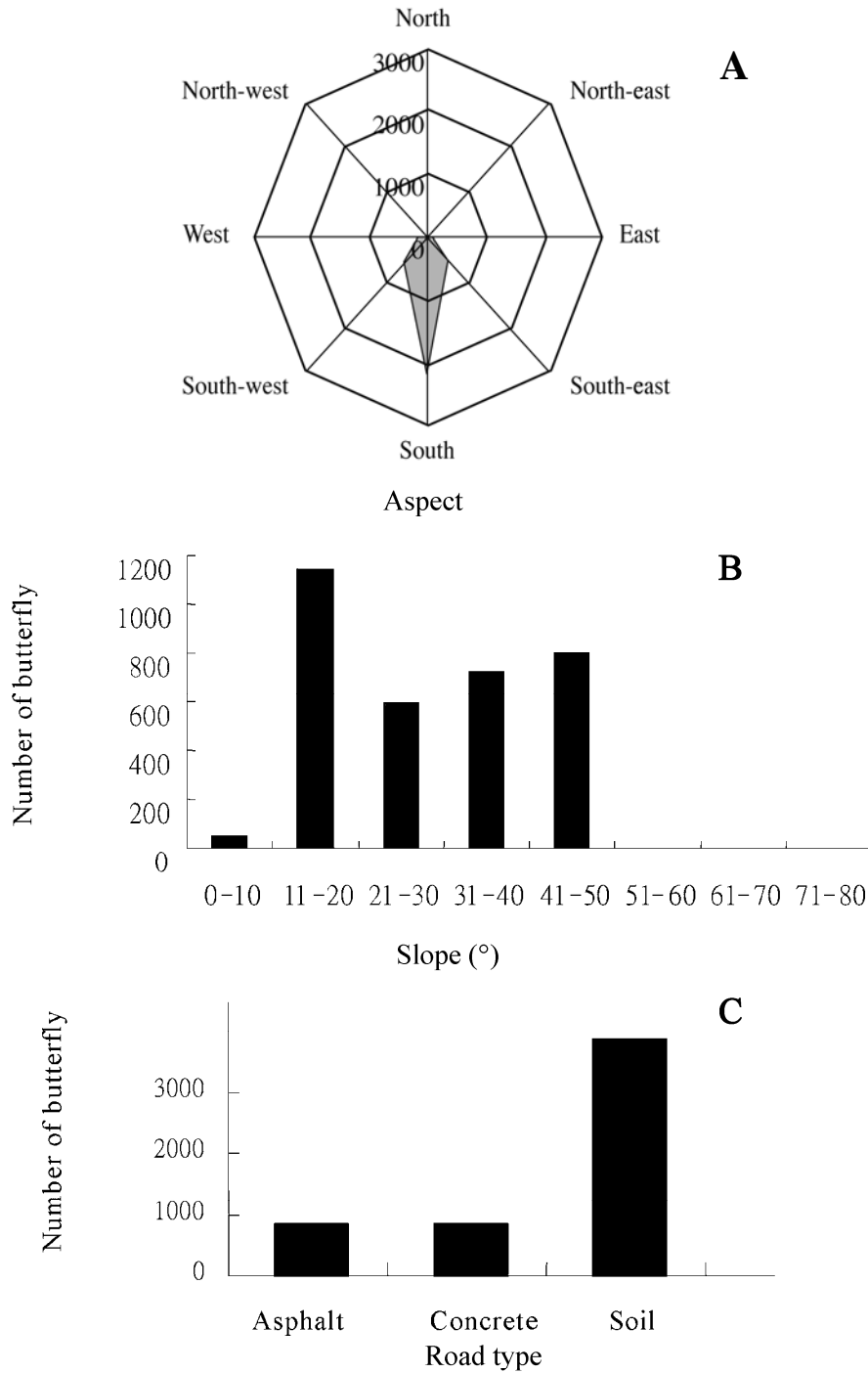


圖 8. 蝴蝶隻數與坡度 (A)、坡向 (B) 及路面材質 (C) 關係圖。

Fig. 8. Relationships between numbers of individual butterflies and the environmental factors, aspects of lands (A), slopes of lands (B) and road types (C).

結 論

棲地改善或是棲地營造是保護蝴蝶最重要的方法之一 (陳 1996 ; New 1998 ; Pulling 2002 ; 方 2002) 。影響蝴蝶棲息環境的因子是多方面的 (Grill and Dadia 2003 ; Kitahara and Watanabe 2003 ; Kitahara 2004) , 本研究的結果也支持這個論點。此外, 本研究也發現, 如果能配合當地環境的坡度與坡向, 會有助於蝴蝶的保護, 同時, 本研究也顯示, 人爲的開發, 不利於蝴蝶的多樣性保育。

引用文獻

- 方懷聖。2002。蘭嶼珠光鳳蝶保育之現況。瀕臨絕種生物的保育生物學研習會論文集。野生動物保護基金會編。69-80 頁。
- 方懷聖、楊耀隆。2006。蝴蝶資源永續利用及重要棲息地保育研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心 95 年度試驗研究計畫執行成果。283-300 頁。
- 林務局。1999。森林昆蟲-導讀手冊。155 頁。林務局。
- 陳建志。1996。台北動物園蝴蝶公園之蝶類群聚研究。國立台灣大學植物病蟲害學研究所博士論文。150 頁。
- 楊耀隆。1999。台灣中部地區蝴蝶資源。特有生物研究 1 (1): 28-48。
- 楊耀隆、方懷聖。2006。蘭嶼地區港口馬兜鈴環境需求及重要種植區域初探。特有生物研究 8 (1): 27-34。
- Amarnath, G., M. S. R. Murthy, S. J. Ritto, G. Rajashekar and C. B. S. Dutt. 2003. Diagnostic analysis of conservation zones using remote sensing and GIS techniques in wet evergreen forest of the Western Ghats- An ecological hotspot, Tamil Nadu, India. *Biodiversity and Conservation* 12: 2331-2359.
- Anderson, M. C. 1964. Studies in woodland light climate. I. The photographic computation of light conditions. *Journal of Ecology* 54: 27-41.
- Chang, K. T. 2001. Introduction to geographic information system. McGraw-Hill Science.
- Dobson, A. P., J. P. Rodriguez, W. M. Roberts and D. S. Wilcove. 1997. Geographic Distribution of endangered species in the United States. *Science* 275: 550-553.
- ESRI 1996. Using ArcView 3.2. ESRI Press.
- Grill, A. and D. F. R. Dadia. 2003. Diversity patterns in butterfly communities of the Greek nature reserve Dadia. *Biological Conservation* 114: 427-436.
- IUCN. 1992. Convention on Biological Diversity.
- Krebs, C. J. 2004. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Benjamin Cummings.
- Kitahara, M. and M. Watanabe. 2003. Diversity and rarity hotspots and conservation of butterfly communities in and around the Aokigahara woodland of Mount Fuji, central Japan. *Ecological Research* 18: 503-522.
- Kitahara, M. 2004. Butterfly community composition and conservation in and around a primary woodland of Mount Fuji, central Japan. *Biodiversity and Conservation* 13: 917-942.
- New, T. R. and N. M. Collins. 1991. Swallowtail Butterflies: An Action Plan for Their Conservation. IUCN, Gland, Switzerland.
- New, T. R. 1998. Butterfly conservation. Oxford University Press.
- Pereira, J. M. C. and R. M. Itami. 1991. GIS-based habitat modeling using logistic multiple regression: A study of the Mt. Graham red squirrel. *PE & RS* 57 (11): 1475-1486.
- Pollard, E. and T. J. Yates. 1993. Monitoring butterflies for ecology and conservation. pp.

274. Chapman & Hall.
- Pulling, A. S. 2002. Conservation Biology. Cambridge University Press.
- Scott, J. M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterflied and C. Groves. 1993. Gap analysis: A graphical approach to protection of biological diversity. Wildlife Monograph 123.
- Theobald, D. M., N. T. Hobbs, T. Bearly, J. A. Zack, T. Shenk and W. E. Riebsame. 2000. Incorporating biological information in local land-use decision making: Designing a system for conservation planning. Landscape Ecology 15: 35-45.
- Wadsworth, R. and J. Treweek. 1999. Geographical information systems for ecology. Addison Wesley Longman, England.
- Weiss, S. B. and A. D. Weiss 1998. Landscape-level phenology of a threatened butterfly: A GIS-based modeling approach. Ecosystems 1: 299-309.

