



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Insect Diversity Survey for Terrestrial Habitats in the Sun Moon Lake National Scenic Area 【Research report】

日月潭地區陸域昆蟲多樣性調查【研究報告】

Mei-Hwa Kuo*, Yih-Lin Hsieh, and Ming-Chin Chiu
郭美華*、謝易霖、丘明智

*通訊作者E-mail: mhkuo@dragon.nchu.edu.tw

Received: 2006/1/13 Accepted: 2006/3/4 Available online: 2006/06/01

Abstract

Seasonal insect surveys were conducted from July 2002 to October 2004. All insects were collected using yellow sticky paper at four sites, namely, Maolan Hill, the Youth Activity Center, Songbolun Hiking Trails, and Tsi An Pagoda in the Sun Moon Lake tourist area in central Taiwan. Four sample plots were set up at each site for 10 days of trapping. In total, 49,018 insect individuals were collected, belonging to 159 families in 17 orders. Among them 87.41% were Diptera. Homoptera (5.75%) was the second dominant order. Four community indices, namely, family richness index, Simpson's index, Shannon-Wiener's index, and Pielou's evenness index, were calculated for each site. In general, all four indices increased in the winter and spring, and decreased in the summer and autumn. Based on a percentage similarity analysis, all four sample plots at each site were grouped together, and the Maolan Hill and the Songbolun Hiking Trails formed a group. Using multidimensional scaling plots to analyze the composition similarity of abundances among sampling plots indicated significant differences among the four sites.

摘要

本研究於日月潭周圍選定四個調查站，包括貓蘭山、青年活動中心、松柏崙步道以及慈恩塔，自2002年7月起至2004年10月為止，每季調查一次，以黃色黏蟲紙於各調查站設置4個採樣點，10天後收回實驗室進鑑定，統計並分析昆蟲科數及數量。共計誘得17目159科49,018隻，以雙翅目佔87.41%為最多，同翅目佔5.75%次之。四種多樣性指數分析 (Family richness index, Simpson's index, Shannon-Wiener's index, 及Pielou's evenness index) 結果顯示呈現冬、春季指數上升，夏、秋季指數下降之趨勢。將四個調查站各科昆蟲數量進行百分比相異分析，四站之各重複取樣點各自歸為一群，可再將貓蘭山及松柏崙步道歸為一群。進行多元尺度分析顯示四站彼此間有顯著差異。

Key words:

關鍵詞: 日月潭、昆蟲多樣性、黃色黏蟲紙

Full Text: [PDF\(0.93 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

日月潭地區陸域昆蟲多樣性調查

郭美華* 謝易霖 丘明智 國立中興大學昆蟲學系 台中市國光路 250 號

摘要

本研究於日月潭周圍選定四個調查站，包括貓囓山、青年活動中心、松柏崙步道以及慈恩塔，自 2002 年 7 月起至 2004 年 10 月為止，每季調查一次，以黃色黏蟲紙於各調查站設置 4 個採樣點，10 天後收回實驗室進行鑑定，統計並分析昆蟲科數及數量。共計誘得 17 目 159 科 49,018 隻，以雙翅目佔 87.41% 為最多，同翅目佔 5.75% 次之。四種多樣性指數分析 (Family richness index, Simpson's index, Shannon-Wiener's index, 及 Pielou's evenness index) 結果顯示呈現冬、春季指數上升，夏、秋季指數下降之趨勢。將四個調查站各科昆蟲數量進行百分比相異度分析，四站之各重複取樣點各自歸為一群，可再將貓囓山及松柏崙步道歸為一群。進行多元尺度分析顯示四站彼此間有顯著差異。

關鍵詞：日月潭、昆蟲多樣性、黃色黏蟲紙。

前言

日月潭位於南投縣魚池鄉，位處台灣中部中海拔山區，原為台灣最大天然湖泊，現今將濁水溪引入做為集水以供水力發電用。由於此地具有獨特的湖泊生態環境與特殊原住民文化，一直為台灣極富盛名的觀光勝地。但自 1999 年 921 大地震後，日月潭地區受到嚴重創傷，政府於此地成立日月潭國家風景區，以積極推動當地各項環境修復及觀光產業的復興。

在當地環境重建及觀光資源開發同時，應同時考量環境是否受到重大破壞。以往在日月

潭周邊之自然生態資源相關研究報告相當稀少，關於昆蟲研究更少，大多調查水棲昆蟲為主，如 Takahashi (1930) 於日月潭周圍記錄水棲及半水棲昆蟲種類，共得 9 目 33 科 71 屬 82 種，而對於陸域昆蟲資源研究則闕如。在當地資源的利用與觀光產業不斷的開發壓力下，對於當地之生態資源的了解，更為殷切。

昆蟲與其他動植物之相互關係密切，例如在海島國巴布亞紐新幾內亞 (Papua New Guinea) 研究雨林中無花果樹榕屬 (*Ficus* spp.) 植物與植食性昆蟲間之相互關係呈現專一且保守，進而可以植物葉片的美味、樹的密度和葉片擴大程度來預測生態系中咀嚼葉片

*論文聯繫人
e-mail: mhkuo@dragon.nchu.edu.tw

的昆蟲及吸食汁液的昆蟲種類變化 (Basset and Novotny, 1999), 且昆蟲因敏感度及移動性較高, 能夠快速選擇適當環境、反映環境變化 (Moore, 1991), 適合做為監測環境變化的對象。

就調查多樣性 (inventory diversity) 而言, Whittaker (1977) 將多樣性區分為四種尺度: 1. 點多樣性 (point diversity) – 主要描述一微棲地或自一均質棲地取樣點所得之樣本多樣性, 2. α 多樣性 (alpha diversity) – 描述某一均質棲地裡的種多樣性, 3. γ 多樣性 (gamma diversity) – 描述一包含多種棲地地景之多樣性, 4. ϵ 多樣性 (epsilon diversity) – 亦稱為區域多樣性 (regional diversity), 描述一大型地理區包含許多類型地景之種多樣性。本研究主要調查均質棲地裡之昆蟲組成與結構, 使用 α 多樣性。 α 多樣性計算主要分成三部分: 1. 物種豐富度指數 (species richness indices); 2. 物種豐度模式 (species abundance models); 3. 物種豐度指數 (species abundance indices) (Magurran, 1988)。物種豐富度指數最簡單的概念即計算群聚中的物種數, 然而在自然界中往往很難將群聚中所有物種列舉出來。以往研究植物物種豐度 (species richness) 的方法為每平方公尺內之物種數 (species/m²), 這樣的研究法常為植物學家使用 (Bunce and Shaw, 1973)。其他領域例如水域生態研究, Homer (1976) 調查核能發電廠排放之廢熱對河口與海岸交接處魚類生態研究中, 則是計算一千尾魚中有多少種魚。物種豐度指數即多樣性指數的計算, 主要歸為兩類, 一類為訊息統計指數 (information statistical index), 另一類為優勢度計算 (dominance measure)。訊息統計指數裡最常為生態學家使用的就是夏農-威納多樣性指數 (Shannon-Wiener's diversity

index), 其次有豐富度指數 (richness index)、辛普森多樣性指數 (Simpson's index of diversity) 及均勻度指數 (Pielou's evenness index) (Magurran, 1988; Krebs, 1999)。本研究選取以上四個指數表示日月潭周圍四個地點的 α 多樣性。

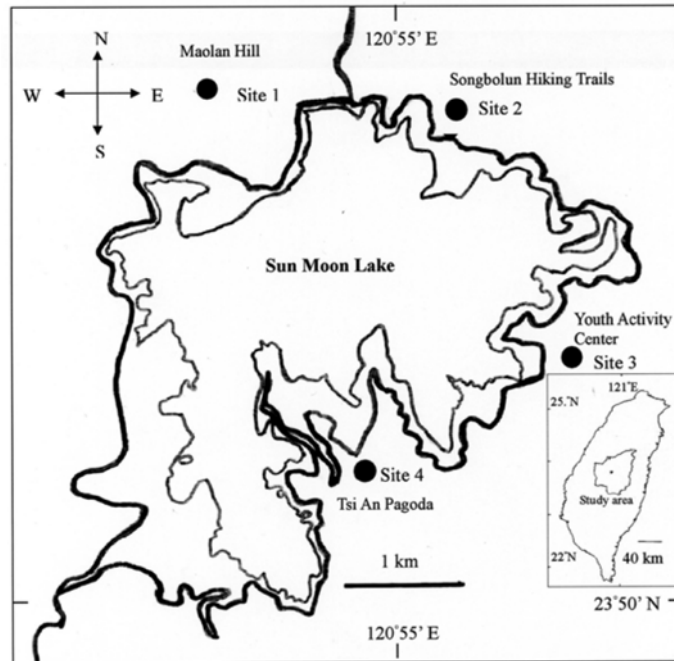
就一地景內兩不同棲地間之 β 多樣性而言, 可針對棲地間使用相似性係數的計算, 主要分為兩類: 1. 二元相似性係數 (binary similarity) – 只考慮群聚裡各物種的有無、2. 定量相似性係數 (quantitative similarity) – 除了計算各物種個體數外, 有些計算還需考慮到相對豐度 (Krebs, 1999), 二元係數在群聚間相似性計算上較為粗糙, 並未將普遍性及稀有性納入考慮, 在分析各樣區群聚間之相似性時, 利用相似性係數作歸群分析 (cluster analysis), 可以顯示各樣區群聚之相關性 (Krebs, 1999)。本研究將各站各樣點誘得之各科昆蟲豐度組成歸群及繪製 MDS (multidimensional scaling plots) 圖, 並比較各棲地間是否有顯著差異, 來表示日月潭的 β 多樣性。

本研究選取日月潭周圍四個地點, 利用黃色黏蟲紙季節性誘集植群間活動之陸域昆蟲約 3 年, 記錄日月潭地區之昆蟲資源種類及數量並分析當地昆蟲之多樣性, 藉此建立及瞭解當地昆蟲相、群聚變動, 進而長期監測該地區環境變遷, 供政府及相關單位經營管理所需之資訊及參考。

材料與方法

一、調查時間與樣區選定

於 2002 年 7 月起至 2004 年 10 月為止, 每季調查一次, 共計 10 次。選取日月潭周圍四個地點 (圖一), 分別為: 貓囃山 (第一站)、



圖一 日月潭地區及四個調查站於中臺灣之位置圖。

Fig. 1. Location of the Sun Moon Lake area and the four survey sites in central Taiwan.

松柏崙步道（第二站）、青年活動中心（第三站）、慈恩塔（第四站），各調查站選取四個固定採樣點，以全球衛星定位儀記錄經緯度及海拔高度（表一）。茲將各調查站描述如下：

第一站：貓囓山，本站位於於省道台 21 線之支線上，魚池茶改場位於此處，道路一旁種植大片茶園，另一邊則為人為干擾較少之林相，植物生長情形茂盛，樣區設置在此，其中蕨類植物以蔓芒蕨 *Dicranopteris linearis* var. *tetraphylla*、台灣金狗毛蕨 *Cibotium taiwanense*、鬼杪羅 *Alsophila podophylla*、烏毛蕨 *Blechnum orientale* 及腎蕨 *Nephrolepis auriculata* 居多，大型喬木則以杉木 *Cunninghamia lanceolata*、梅 *Prunus mume*、錫蘭橄欖 *Elaeocarpus serratus* 為主，少數台灣五葉松 *Pinus morrisonicola* 亦為大型樹種。由於本站具有少數孟宗竹

Phyllostachys pubescens 生長於此，因此竹筍採收為本站僅有的人為活動。

第二站：松柏崙步道，本站位於松柏崙廣場下方，離步道入口約 20 公尺，蕨類植物種類豐富且數量繁多，腎蕨、蔓芒其隨處可見，大型喬木仍以杉木為主，並具有少數龍柏 *Juniperus chinensis* var. *kaizuka*、台灣五葉松。樹冠為四站中最為稀疏者，陽光能透入。由於本站為著名旅遊景點，植物相較為一致，且常不定時進行環境整潔及疏枝行為，植被覆蓋程度為四站最低者，人為干擾較為嚴重。

第三站：青年活動中心，本站位於青年活動中心竹邨後方約 100 公尺，蕨類植物中以密毛小毛蕨 *Christella parasitica*、山蘇花 *Asplenium antiquum* 以及腎蕨居多，大型喬木以杉木、山麻黃 *Trema orientalis* 以及樟樹

表一 日月潭地區各調查站採樣點之全球衛星定位經緯度與海拔高度

Table 1. Location according to a Global Positioning System and elevation (H) of each survey site and sample plot in the Sun Moon Lake area

Sample plot	Site 1 ¹⁾	Site 2	Site 3	Site 4
1	23°52'40.2"N	23°52'7.2"N	23°51'12.7"N	23°50'48.7"N
	120°54'14.2"E	120°55'15.1"E	120°55'54.5"E	120°54'37.6"E
	H: 832 m	H: 802 m	H: 843 m	H: 851 m
2	23°52'40.4"N	23°52'6.5"N	23°51'13.5"N	23°50'48.0"N
	120°54'14.1"E	120°55'14.6"E	120°55'54.3"E	120°54'38.8"E
	H: 835 m	H: 790 m	H: 845 m	H: 855 m
3	23°52'40.4"N	23°52'5.4"N	23°51'12.94"N	23°50'47.8"N
	120°54'14.2"E	120°55'14.4"E	120°55'54.5"E	120°54'38.3"E
	H: 840 m	H: 805 m	H: 844 m	H: 855 m
4	23°52'40.2"N	23°52'4.4"N	23°51'14.1"N	23°50'47.6"N
	120°54'14.2"E	120°55'15.4"E	120°55'53.7"E	120°54'38.3"E
	H: 843 m	H: 794 m	H: 838 m	H: 859 m

¹⁾ Site 1, Maolan Hill (貓囓山); Site 2, Songbolun Hiking Trails (松柏崙步道); Site 3, Youth Activity Center (青年活動中心); Site 4, Tsi An Pagoda (慈恩塔).

Cinnamomum camphora 爲主，植被較密且灌叢遮蔽程度高，終年陽光透入稀少，且爲四站中人爲干擾最少之一站。

第四站：慈恩塔，本站位於慈恩塔停車場下方約 50 公尺處，蕨類植物以腎蕨居多，大型植物則以杉木居多，麻竹 *Dendrocalamus latiflorus* 隨處可見，兼有少數小葉南洋杉 *Araucaria excelsa*、龍柏、圓柏 *Juniperus chinensis*，人爲活動僅有竹筍採收。

依據交通部中央氣象局農業氣象旬報資料，以往日月潭地區每年降雨量達 2404.6 mm，雨季爲每年 5 月至 8 月；年均溫爲 19.2 °C，5 月至 10 月平均溫度皆達 20°C 以上，其中最高溫可於 7 月達到 28°C，而 1、2 月平均溫則低於 15°C；年平均相對濕度爲 82% (交通部中央氣象局，1997~2002)。在進行調查期間，自 2002 年 5 月至 2003 年 4 月爲止，降雨量爲 1674.6 mm，年均溫爲 19.1°C，與以

往記錄差異不大，每年 7 月皆爲平均溫度最高之月份；自 2002 年 5 月至 2003 年 4 月爲止之平均相對濕度同樣爲 82%，5 月至 8 月降雨量較爲豐沛，2003 年與 2004 年 7 月同爲雨量豐沛之月份，值得注意的是 2004 年 7 月因爲經歷敏督利以及康伯斯颱風，雨量則高達 958.6 mm (交通部中央氣象局，2002~2004)。

二、採樣方法及樣本鑑定

將兩張 15 × 21.5 cm 之黃色黏蟲紙 (高冠牌誘蟲黏紙，KK insect adhesive trap, Kao-Kuan Limited Co., Nantou, Taiwan) 捲成圓筒狀，黏蟲的部份朝外，並以訂書針固定於離地高約 1.5 公尺之植物枝條上，每一樣區 4 樣點，設置 10 天後收回。

在探討生態特性時，由於同一科昆蟲除了形態之共同分類特徵外，大部分皆會表現出相似的生物學特性，且因鑑定人力之不足，往往

無法在短時間內將龐大標本鑑定至種。為研究生態之需，因此鑑定至科，是較為可行之法 (Blanche *et al.*, 2001)。昆蟲鑑定部分，主要參考 Chang (1965) 之分類系統及膜翅目昆蟲參考 Goulet and Huber (1993) 檢索表，依據外部形態將標本鑑定至科後，記錄各月及各樣區昆蟲數量，並將標本烘乾保存於中興大學昆蟲學系昆蟲生態研究室。除了昆蟲以外，本研究亦誘得其他節肢動物、兩棲類、爬蟲類與哺乳類動物，其數據未列入分析。

三、數據分析

1. 昆蟲群聚組成與指數分析

各月各樣區昆蟲組成以 OfficeXP Access 建立資料庫後加以彙整計算再將資料輸出到 Excel 製成表表示。各多樣性指數計算如下 (Ludwig and Reynolds, 1988; Krebs, 1999)：

科豐富度指數 (Family richness index)

$$d = (F-1) / \ln N$$

辛普森多樣性指數 (Simpson's index)

$$D = 1 - \sum [n_i (n_i - 1) / N (N - 1)]$$

夏農-威納多樣性指數 (Shannon-Wiener's diversity index)

$$H' = -\sum (P_i) \times (\ln P_i)$$

均勻度指數 (Pielou's evenness index)

$$e = [-\sum (P_i) \times (\ln P_i)] / \ln F$$

F = 種數 (本研究以科數代替)，

N = 總個體數， $P_i = n_i/N$ ， n_i = 第 i 科個體數
計算後之數值製成圖表示。

2. 各棲地群聚分析

以各科昆蟲豐富度為變數，利用 Bray-Curtis 相異係數及 UPGMA 方法，並利用 NTSYS-pc 2.1 軟體進行各樣區裡各個重複採樣點之昆蟲歸群分析 (Krebs, 1999)。

3. 多元尺度分析 (MDS) 各棲地內及棲地間之相似程度

將各採樣點之各科昆蟲數量計算 Bray-Curtis 相異係數後，繪製 MDS (multidimensional scaling plots) 圖，以二度空間顯示各採樣點彼此間之關係，並得到圖形之壓縮值 (stress)，Clark and Warwick (2001) 指出，stress 值大於 0.3 時，圖形各點的距離扭曲程度較嚴重，不宜採用。再使用程式 PRIMER 5 (Clark and Warwick, 2001) 進行 ANOSIM (analysis of similarities) 成對比較各棲地間是否有顯著差異。

結 果

一、昆蟲資源組成

誘得昆蟲共計 17 目 159 科 49,018 隻，以科數而言，雙翅目具 52 科最多，膜翅目 36 科次之，及鞘翅目 32 科佔前 3 大目，其中雙翅目以蚤蠅科 (Phoridae) 佔全數之 62.35% 最為優勢 (表二)。各站所誘到昆蟲資源組成不同，圖二為四個調查站誘得昆蟲數量波動情形，可發現 4 月至 7 月誘得昆蟲數量增加而 10 月至 1 月則數量減少。將雙翅目、同翅目、膜翅目及鞘翅目於各站所佔之相對豐富度以圖三表示，圖三得知各站之優勢昆蟲為雙翅目佔 81~93%，同翅目次之但僅佔 4~8%。

二、多樣性指數分析

圖四至圖七分別為四個調查站各月之多樣性指數分析變化情形。多樣性指數分析結果顯示呈現冬、春季指數上升，夏、秋季指數下降之趨勢。就科豐富度指數而言，四站數值落在 2.29 至 6.84 之間，2004 年 1 月於第一站貓囓山與第四站慈恩塔數值最高為 6.80 及 6.84 較第二站松柏崙步道與第三站青年活動中心之 3.56 及 4.10 為高。其它三個多樣性指數分析於四站之波動情形相似，分析結果：辛

表二 日月潭國家風景區以黃色黏蟲紙於各調查站誘得之昆蟲資源組成及其個體數

Table 2. Composition and number of individuals of insect fauna collected on yellow sticky paper at each site in the Sun Moon Lake National Scenic Area

Order	Family	Site 1 ¹⁾	Site 2	Site 3	Site 4	Total	
Blattaria	Blattidae				0.02	0.00	
Coleoptera	Anthicidae	0.01				0.00	
	Bostrichidae				0.01	0.00	
	Buprestidae			0.02	0.02	0.01	
	Cantharidae	0.15	0.03	0.19	0.03	0.11	
	Carabidae	0.09		0.01	0.01	0.02	
	Cerambycidae		0.03			0.01	
	Chrysomelidae	1.79	1.99	0.27	1.72	1.20	
	Cleridae				0.01	0.00	
	Coccinellidae	0.90	0.44	0.12	0.35	0.36	
	Cryptophagidae			0.02		0.01	
	Curculionidae	0.05	0.06	0.03	0.04	0.04	
	Elateridae		0.02	0.02	0.07	0.02	
	Endomychidae		0.01		0.04	0.01	
	Eucinetidae			0.01		0.00	
	Histeridae			0.01		0.00	
	Lampyridae			0.01		0.13	0.03
	Languriidae	0.01	0.01		0.04	0.01	
	Lathridiidae				0.03	0.01	
	Lycidae			0.02		0.15	0.04
	Meloidae			0.01		0.09	0.02
	Mordellidae	0.01	0.21	0.01	0.13	0.08	
	Oedemeridae				0.01	0.00	
	Platypodidae	0.01		0.01		0.01	
	Pselaphidae	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
	Ptiliidae			0.03		0.01	
	Ptinidae	0.04				0.01	0.01
	Scaphidiidae			0.03		0.02	0.01
	Scolytidae	0.05	0.08	0.08	0.14	0.09	
	Staphylinidae	0.15	0.20	0.13	0.20	0.16	
	Tenebrionidae				0.01	0.00	
Throscidae			0.01	0.02		0.01	
Trogossitidae	0.01				0.00		
Collembola	Entomobryidae	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
	Lachesillidae		0.03		0.02	0.01	
	Pseudocaeciliidae	0.04				0.01	
Corrodentia	Psocidae	0.15	0.10	0.01	0.47	0.15	
	Psyllipsocidae	0.02			0.01	0.01	
Dermaptera	Forficulidae				0.08	0.02	
	Pygidicranidae			0.01		0.00	

表二 (續)
Table 2. (Continued)

Order	Family	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Total
Diptera	Acroceridae	0.04				0.01
	Agromyzidae	0.24	0.04	0.03	0.07	0.07
	Anthomyiidae	0.07				0.01
	Anthomyzidae	0.05	0.01			0.01
	Asilidae	0.04	0.02		0.01	0.01
	Aspeiidae	0.02		0.01		0.01
	Calliphoridae	0.24	0.22	0.14	0.08	0.16
	Cecidomyiidae	6.53	5.73	11.28	7.42	8.49
	Ceratopogonidae		0.61			0.13
	Chamaemyiidae			0.01	0.01	0.00
	Chironomidae	0.01	0.03			0.01
	Chloropidae	1.75	0.88	3.72	0.22	2.03
	Conopidae	0.01		0.03		0.01
	Culicidae		0.05			0.01
	Curtonotidae			0.01		0.01
	Diastatidae	0.04				0.02
	Didionidae					0.01
	Diopsidae	0.70	0.01	0.06	0.07	0.16
	Dolichopodidae	0.17	0.08	0.10		0.08
	Drosophilidae	0.09	0.10	0.04	0.06	0.06
	Dryomyzidae	0.04		0.01	0.01	0.01
	Empididae	0.06	0.71			0.16
	Ephydriidae	0.05			0.02	0.01
	Heleomyzidae	0.05	0.01	0.02		0.02
	Lauxaniidae	0.14	0.08	0.02	0.11	0.07
	Limoniidae	0.06	0.05	0.02	0.07	0.04
	Lonchaeidae	2.75	2.05	2.25	3.83	2.63
	Lonchopteridae	0.04		0.01		0.01
	Micropezidae			0.01		0.00
	Muscidae	4.14	9.46	2.57	7.06	5.26
	Mycetophilidae	0.26	0.22	0.07	1.13	0.37
	Mydidae			0.01		0.00
	Neriidae		0.03	0.21	0.02	0.10
	Phoridae	59.81	59.43	68.52	55.51	62.35
	Pipunculidae			0.01	0.01	0.01
	Psychodidae	0.04	0.04	0.03	1.23	0.30
	Rhagionidae	0.12			0.03	0.03
	Sarcophagidae	0.44	0.25	0.28	0.96	0.45
	Scatopsidae		0.01			0.00
	Sciaridae	2.31	2.43	0.66	1.39	1.46
	Sciomyzidae	0.16	0.08	0.02	0.04	0.06
	Sepsidae	0.01	0.57			0.12
Simuliidae				0.02	0.00	
Solvidae				0.09	0.02	
Sphaeroceridae	0.15	0.04	0.05	0.04	0.06	
Stratiomyidae				0.01	0.00	

表二 (續)
Table 2. (Continued)

Order	Family	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Total
	Syrphidae	0.05				0.01
	Tabanidae	0.09	0.01			0.02
	Tachinidae		0.01	0.01	0.06	0.02
	Tanyderidae				0.01	0.00
	Tephritidae	3.40	1.24	3.32	1.45	2.49
	Tipulidae	0.17	0.09	0.02	0.01	0.06
Hemiptera	Hydrometridae				0.01	0.00
	Isometopidae	0.15	0.01	0.01	0.01	0.03
	Miridae	0.02			0.01	0.01
	Nabidae	1.05	0.34	0.09	1.05	0.51
	Pentatomidae				0.03	0.01
	Tingidae	0.14	0.02	0.03	0.05	0.05
Homoptera	Aleyrodidae	0.04	0.08		0.04	0.03
	Aphididae	0.86	0.04	0.05	0.65	0.31
	Cercopidae	0.06	0.05	0.14	0.04	0.09
	Cicadellidae	4.76	7.50	3.75	6.09	5.21
	Cicadidae	0.04			0.01	0.01
	Derbidae			0.02		0.01
	Fulgoridae			0.01	0.17	0.04
	Membracidae			0.01		0.00
	Psyllidae		0.02	0.03	0.09	0.03
	Ricaniidae		0.02	0.01	0.02	0.01
Hymenoptera	Agaonidae	0.02			0.01	0.01
	Ampulicidae	0.07	0.02	0.03	0.07	0.04
	Aphelinidae	0.10	0.01	0.04	0.07	0.05
	Apidae	0.02				0.00
	Austroniidae	0.01	0.05	0.02	3.53	0.79
	Bethylidae				0.01	0.00
	Cephidae				0.02	0.00
	Ceraphronidae	0.16	0.10	0.05	0.31	0.13
	Chalcididae	0.59	0.30	0.06	0.44	0.28
	Chrysididae		0.02	0.01	0.03	0.01
	Diapriidae	0.04	0.01	0.04	0.07	0.04
	Draconidae	0.20	0.11	0.04	0.05	0.08
	Eulophidae	0.06	0.01	0.01	0.02	0.02
	Eupelmidae			0.01		0.00
	Evaniidae	0.06		0.01	0.01	0.01
	Formicidae	1.29	2.44	0.46	0.53	1.03
	Ichneumonidae	0.64	0.34	0.13	0.42	0.32
	Leucospidae		0.01	0.01	0.01	0.01
	Liopteridae				0.03	0.01
	Megalyridae	0.12	0.10	0.02	0.04	0.06
	Megaspilidae	0.01	0.01	0.03	0.04	0.02
	Mymaridae	0.26	0.05	0.05	0.16	0.11
	Platygastridae				0.01	0.00

表二 (續)
Table 2. (Continued)

Order	Family	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Total
	Pompilidae		0.02		0.02	0.01
	Prigonalidae			0.01	0.01	0.00
	Pteromalidae			0.01		0.00
	Rhopalosomatidae	0.01	0.01		0.02	0.01
	Scelionidae	0.04		0.04	0.04	0.03
	Signiphoridae	0.09		0.07	0.07	0.06
	Sphecidae	0.06			0.10	0.03
	Stephanidae	0.09	0.09	0.10	0.24	0.13
	Tanaostigmatidae	0.06		0.01	0.01	0.02
	Tiphidae	0.04				0.01
	Vanhorniidae		0.01			0.00
	Vespidae		0.02		0.05	0.01
	Xiphydriidae			0.01		0.00
Lepidoptera	Danaidae	0.01	0.01			0.00
	Noctuidae	0.09		0.01	0.02	0.02
	Pyralidae	0.07			0.01	0.01
	Tineidae	0.01			0.02	0.01
Mantodea	Mantidae	0.01	0.01			0.00
Mecoptera	Birracidae	0.01				0.00
	Panorpidae	0.29	0.21	0.23	0.13	0.21
Neuroptera	Chrysopidae		0.05	0.01	0.20	0.06
	Osmylidae				0.02	0.00
Orthoptera	Acrididae	0.01			0.01	0.00
	Gryllacridae	0.44				0.07
	Rhaphidophoridae		0.01			0.00
	Tetrigidae			0.01	0.01	0.00
Thysanoptera	Thripidae			0.01	0.02	0.01
Thysanura	Machilidae	0.01				0.00
	Order	12	12	13	14	17
	Family	97	90	89	115	159

¹⁾ Footnote is the same as Table 1.

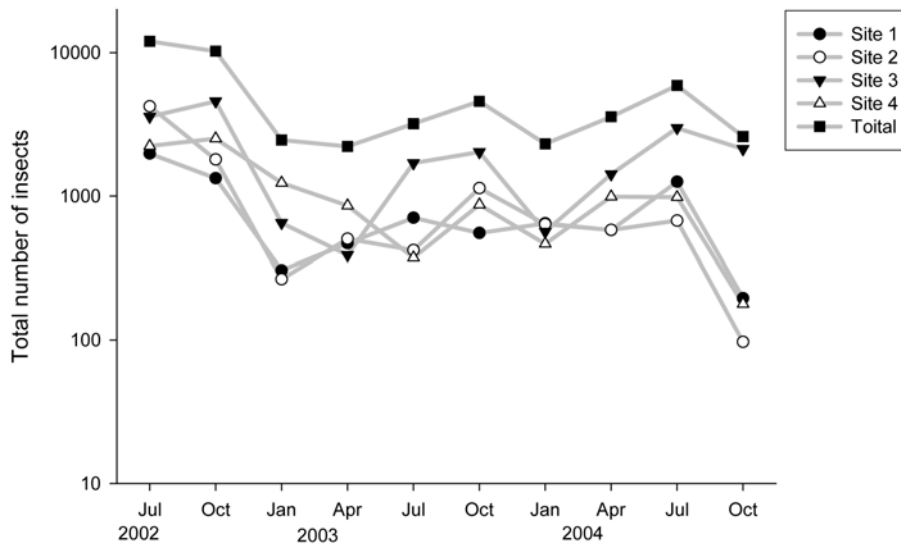
普森多樣性指數數值落在 0.10 至 0.90 之間；
夏農-威納多樣性指數數值落在 0.31 至 2.86 之
間；均勻度指數數值落在 0.19 至 0.84 之間。

三、棲地歸群分析

圖八為各採樣點誘得之各科昆蟲豐度組成歸群結果，可將第一站、第二站、第三站及第四站內各採樣點各自歸為一群，各站各採樣點之相似性依序為 69、68、73、66%。第一站

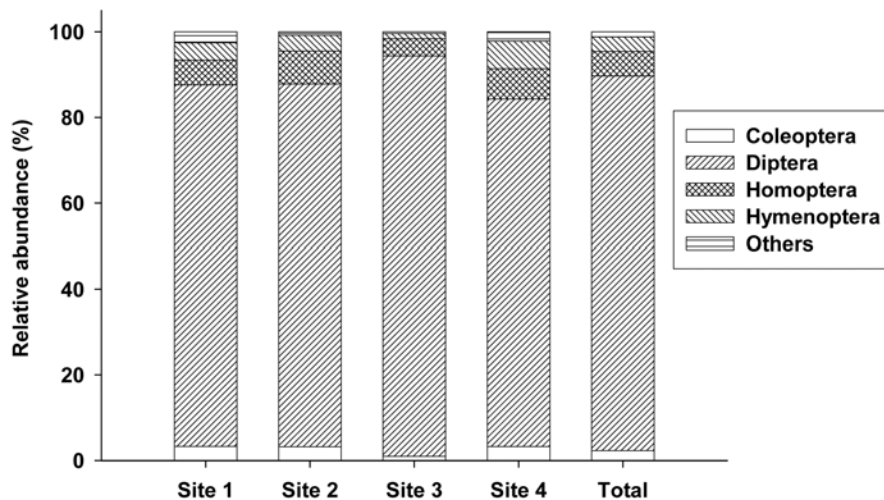
貓囓山與第二站松柏崙步道又歸為一群，相似度約達 66%，而後再與第四站慈恩塔歸為一群，相似度約達 65%。

圖九為各採樣點誘得之各科昆蟲豐度組成 MDS 圖，stress 值為 0.16，小於 0.3，為適合詮釋樣本之圖形。圖中顯示各調查站內之採樣點可各自歸為一群，且由表三可得知四站彼此間皆有顯著差異 ($p < 0.05$)。



圖二 調查期間日月潭地區以黃色黏蟲紙於各調查站誘得昆蟲總個體數之變化 (Site 1: 貓囑山, Site 2: 松柏崙步道, Site 3: 青年活動中心, Site 4: 慈恩塔)。

Fig. 2. Total number of insects at each site trapped by yellow sticky paper in the Sun Moon Lake area (Site 1, Maolan Hill; Site 2, Songbolun Hiking Trails; Site 3, Youth Activity Center; Site 4, Tsi An Pagoda).

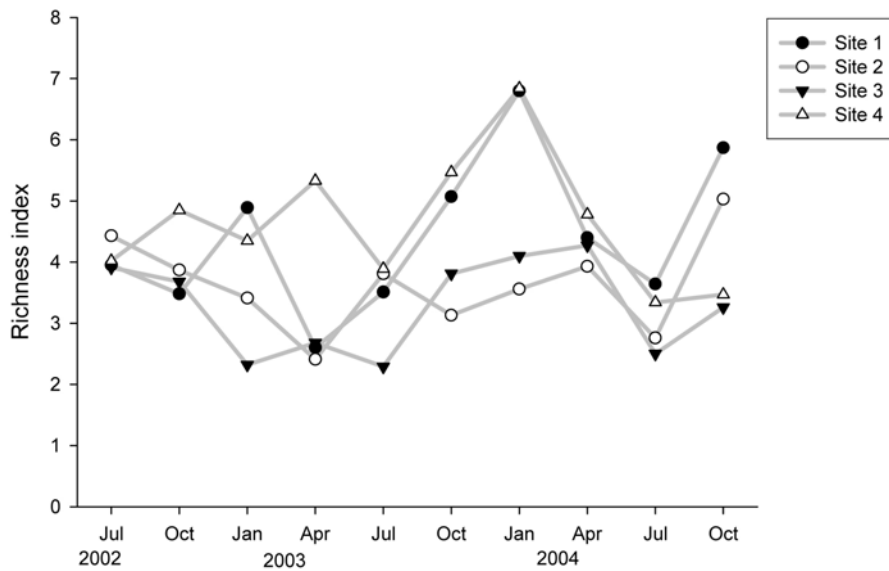


圖三 日月潭地區以黃色黏蟲紙於各調查站誘得昆蟲各目相對組成百分比 (Site 1 至 4, 同圖二)。

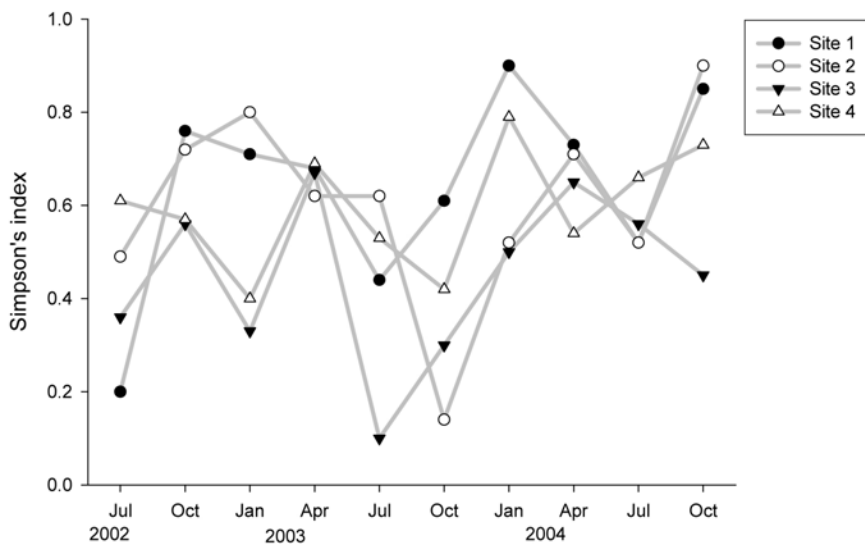
Fig. 3. Relative composition (%) of insect orders at each site trapped by yellow sticky paper in the Sun Moon Lake area (Sites 1 to 4 are the same as those in Fig. 2).

討 論

Takahashi (1930) 提到日月潭水溫及氣溫變化不大, 水溫 16~23°C, 氣溫 14~23°C,



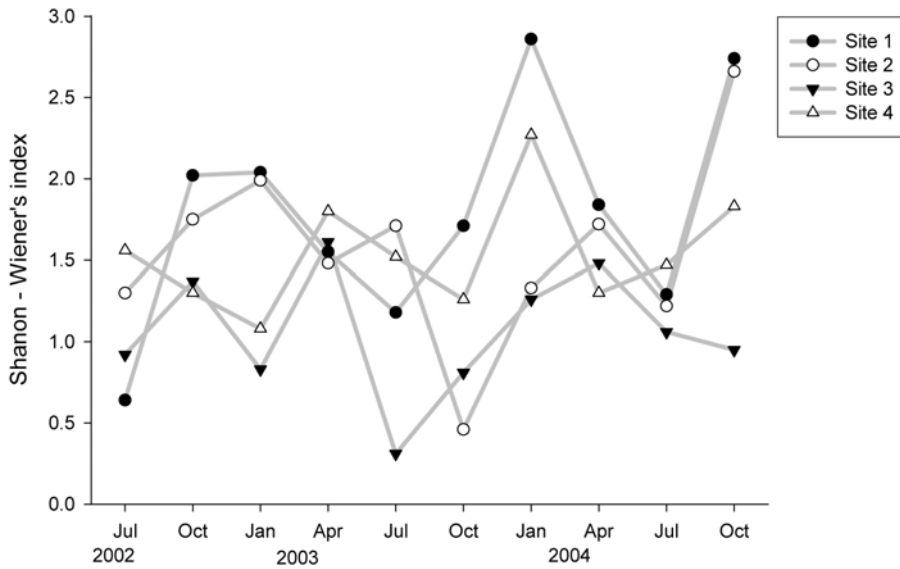
圖四 日月潭地區以黃色黏蟲紙於各調查站誘得昆蟲之科豐富度指數 (Site 1 至 4，同圖二)。
 Fig. 4. Family richness index of insects trapped on yellow sticky paper at each site in the Sun Moon Lake area (Sites 1 to 4 are the same as those in Fig. 2).



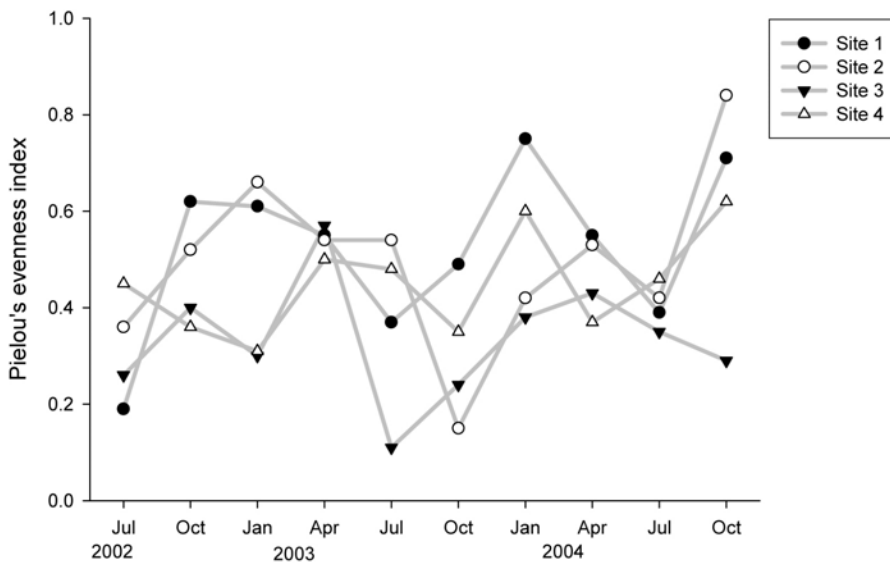
圖五 日月潭地區以黃色黏蟲紙於各調查站誘得昆蟲之辛普森多樣性指數 (Site 1 至 4，同圖二)。
 Fig. 5. Simpson's index of insects trapped on yellow sticky paper at each site in the Sun Moon Lake area (Sites 1 to 4 are the same as those in Fig. 2).

屬熱帶湖適合水棲及半水棲昆蟲生長，且可同時看到同種各蟲期的出現，所記錄到的昆蟲相有：彈尾目 3 種、直翅目 6 種、蜉蝣目 1 種、

蜻蛉目 18 種、半翅目 27 種、鱗翅目 2 種、毛翅目 1 種、雙翅目 13 種及鞘翅目 11 種，顯見潭區與陸域昆蟲相不同。



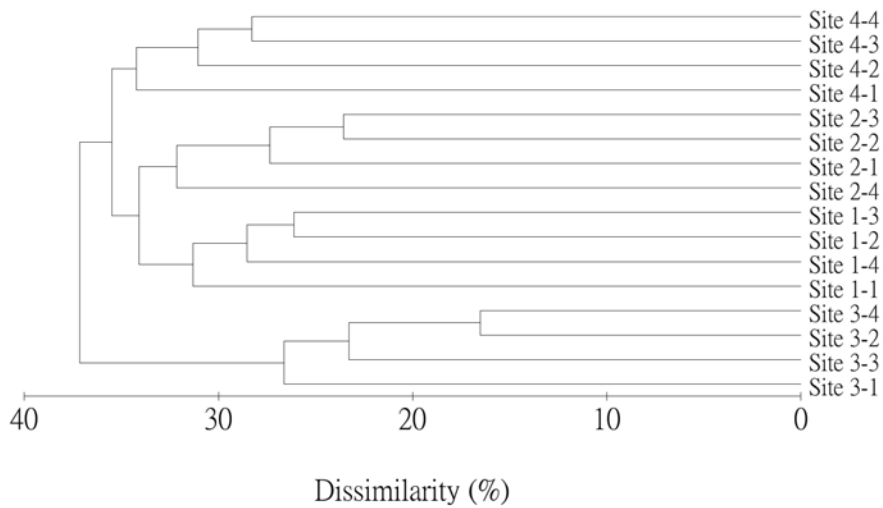
圖六 日月潭地區以黃色黏蟲紙於各調查站誘得昆蟲之夏農-威納多樣性指數 (Site 1 至 4, 同圖二)。
 Fig. 6. Shannon-Wiener's index of insects trapped on yellow sticky paper at each site in the Sun Moon Lake area (Sites 1 to 4 are the same as those in Fig. 2).



圖七 日月潭地區以黃色黏蟲紙於各調查站誘得昆蟲之均勻度指數 (Site 1 至 4, 同圖二)。
 Fig. 7. Pielou's evenness index of insects trapped on yellow sticky paper at each site in the Sun Moon Lake area (Sites 1 to 4 are the same as those in Fig. 2).

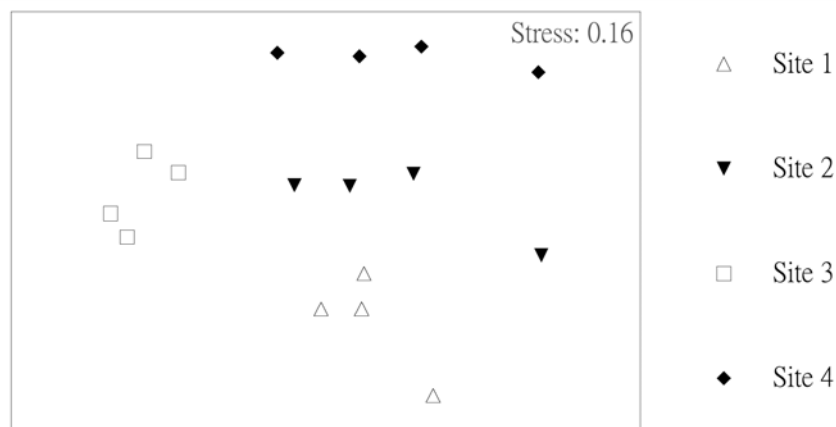
昆蟲種類與數量繁多，且對環境改變具高感受性，因此可藉由長期監測昆蟲的種類與數

量的變化，用以預測干擾對環境影響的結果 (Didham *et al.*, 1996)。陸域昆蟲多樣性調查



圖八 日月潭地區以黃色黏蟲紙誘得之各科昆蟲豐度進行分析4個調查站採樣點間的百分比相異度 (Site 1至4，同圖二)。

Fig. 8. Percent dissimilarity of family-level insect abundances among the four sites by yellow sticky paper in the Sun Moon Lake area (Sites 1 to 4 are the same as those in Fig. 2).



圖九 日月潭地區以黃色黏蟲紙誘得之各科昆蟲豐度所得之 MDS 圖 (Stress 值為圖形壓縮值) (△Site 1: 貓囓山, ▼Site 2: 松柏崙步道, □Site 3: 青年活動中心, ◆Site 4: 慈恩塔)。

Fig. 9. Multidimensional scaling plot of the family-level insect abundance trapped on yellow sticky paper in the Sun Moon Lake area (△Site 1, Maolan Hill; ▼Site 2, Songbolun Hiking Trails; □Site 3, Youth Activity Center; ◆Site 4, Tsi An Pagoda).

中，有許多不同採集方式，例如 Yang (1995) 利用黃色黏蟲紙調查台灣中部惠蓀林場內之昆蟲資源，Feng *et al.* (1998) 利用攔截網、性費洛蒙誘蟲器、黃色黏紙以及吊網在東北角

海岸國家風景特定區進行昆蟲調查，以其提供生態系經營管理所需之資訊。例如 Hoback *et al.* (1999) 於美國 Nebraska 內陸鹽澤針對不同顏色黏蟲紙 (黃、藍色) 與植物遮蔽造成之

表三 日月潭地區各調查站誘得之昆蟲組成進行成對 ANOSIM 比較各站間的差異

Table 3. Results of pair-wise ANOSIM tests comparing insect family compositions among sites in the Sun Moon Lake area

	R	Significance Level ²⁾
Global R	0.847	0.001***
Site 1 vs. site 2 ¹⁾	0.740	0.029*
Site 1 vs. site 3	1.000	0.029*
Site 1 vs. site 4	0.854	0.029*
Site 2 vs. site 3	0.917	0.029*
Site 2 vs. site 4	0.646	0.029*
Site 3 vs. site 4	0.927	0.029*

¹⁾ Footnote is the same as Table 1.

²⁾ * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; NS, non significant.

陰影有無，對誘得之昆蟲科級豐富度與多樣性的影響進行研究，針對昆蟲科級數及各科豐富度，利用馬可列夫指數 (Margalef index) 及夏農-威納多樣性指數計算結果皆顯示不同顏色的黏蟲紙對多樣性的結果沒有顯著的影響，然而植物陰影的有無，則會顯著的影響多樣性以及群聚結構 (Hoback *et al.*, 1999)。黃色黏蟲紙其使用原理為昆蟲在活動時主動或被動靠近而黏上，其優點為可長期使用、所有天候皆適用以及攜帶方便，然而其缺點為蟲體不易處理、收取後不易保存，且某些昆蟲對顏色有不同的偏好，因此使用上需多加考慮 (Yang, 1995)。

黃色黏蟲紙以雙翅目及同翅目昆蟲為主要誘引對象 (Hoback *et al.*, 1999)，本研究以黃色黏紙所誘得昆蟲有 17 目 159 科，數量上則以雙翅目佔 87.41% 為最多，同翅目佔 5.75% 次之。由各站昆蟲數量變化來看，夏、秋兩季昆蟲數量較為豐富、冬季昆蟲數量較少，隨著季節而有所變動，第三站青年活動中心在大多數月份數量最為豐富，且總數量為其他各站的

兩倍，此站植物遮蔽較良好，終年陽光透入稀少，與 Hoback *et al.* (1999) 認為昆蟲多樣性及群聚結構受植物遮蔽有無顯著影響雷同。黃色黏蟲紙所誘引之蚤蠅科、家蠅科、果實蠅科、瘦蝨科及葉蟬科於各站幾乎終年可見，除此之外，膜翅目昆蟲如蟻科及幼蟲主要寄生於鱗翅目、鞘翅目等幼蟲體內之姬蜂科，也屬常見之類群，其中植食性的葉蟬科及幼蟲寄生於植物的瘦蝨科因為與植物的關係最為密切，未來可針對這兩種類群昆蟲進一步進行研究，將可反映出當地植被變化的情形。

各站昆蟲相對組成比較中發現，雙翅目最多，同時具有最多的科數。四站皆以蚤蠅科 (Phoridae) 最為優勢，佔全數 60% 以上，其數量於各站亦呈現夏、秋兩季數量較為豐富。在生態系中，蚤蠅往往易於較潮濕之環境中可見，尤其喜好腐敗之有機質繁殖，數量繁多且繁殖快，易於各種環境下存活。Lue and Lin (2000) 提到蚤蠅具多樣化的生活史，從有翅自由活動至無翅個體寄生於螞蟻、白蟻、蝸牛、腐敗的植物體或動物屍體等都有。*Pseudacteon curvatus* 是一種寄生於紅火蟻 *Solenopsis invicta* 的蚤蠅，具明顯的寄主專一性，已在美國佛羅里達州研究大量飼養寄生蚤蠅的技術及進行防治紅火蟻試驗 (Thead *et al.*, 2005)。

Margalef (1972) 認為夏農-威納多樣性指數對群聚中擁有稀有物種之組成變化具較高敏感性，其值通常介於 1.5 至 3.5 之間，很少高於 4.5 或 5 (Magurran, 1988; Krebs, 1999)，本研究此指數顯示各站最高可達 1.48 至 2.86 之間，但第二站松柏崙步道因於 2003 年至 2004 年進行整修，指數由 2003 年 1 月之 1.99 下降至 2003 年 10 月之 0.46 最低，2004 年 1 月至 7 月指數皆落在 1.5 上下波動，直到 2004 年 10 月上升至 2.66，顯示此站昆

蟲群聚組成受步道整修干擾影響，尤其是稀有物種。四站四數值中除科豐富度外，波動情形相似，呈現上下波動的趨勢，尤其 2003 年 7 月至 10 月是受夏季雨量及颱風干擾而下降明顯，第三站青年活動中心指數落在 0.31 及 0.81，顯示氣象因子對昆蟲多樣性具干擾作用。

本研究由各站重複採樣點誘得之各科昆蟲豐度組成歸群結果及 MDS 圖來看不同棲地間之 β 多樣性，以第一站貓囓山與第二站松柏崙步道最為相似，第三站青年活動中心則與其他三站相似度最低，前述已知第三站青年活動中心昆蟲數量最多，植物遮蔽較良好，顯示不同棲地間具有差異，而設置不同永久樣區，利用黃色黏蟲紙採樣，並以昆蟲各科豐度為代表，進一步分析探討棲地間之 β 多樣性似乎具可行性。

目前約有 95% 的陸域環境受到人類活動影響，其中主要包含了農業活動，而高達 98% 以上的糧食則由這些農業棲地提供 (Paoletti, 1995)，無脊椎動物作為反映環境的指標生物具有相當的潛力 (Paoletti *et al.*, 1991)，尤其地棲性無脊椎動物如螞蟥、昆蟲幼蟲以及彈尾目、總尾目昆蟲等等，更可以反應出土地耕作與植被覆蓋的情形 (Paoletti, 1995)。

自然界中，昆蟲與植物物種組成與棲地有密切關係，而棲地裡的植物作為提供植食性昆蟲的生產者以及提供昆蟲棲所，若是受到天災或是人力干擾（土地利用方式：耕作、施肥以及人造林等等）而改變了整個植物相，由於生產者的改變，導致初級消費者以及更高階消費者受到影響，最終使得整個昆蟲群聚結構也隨之改變 (Kim, 1993; Greenberg and McGrane, 1996; Humphrey *et al.*, 1999)。因此建議相關單位經營管理時應設立不同永久樣區，長期監測該地區環境重建、觀光資源開發及天災等

因素對自然生態資源生態之影響。

誌謝

本研究承蒙交通部觀光局日月潭國家風景區管理處之經費資助，特此致謝。感謝審查委員對本論文提供寶貴意見及指正。昆蟲生態室的成員李志銳、陳佳郁協助調查及整理資料，在此一併致謝。

引用文獻

- Basset, T., and V. Novotny. 1999. Species richness of insect herbivore communities on *Ficus* in Papua New Guinea. *Biol. J. Linn. Soc.* 67: 477-499.
- Blanche, K. R., A. N. Andersen, and J. A. Ludwig. 2001. Rainfall-contingent detection of fire impacts: responses of beetles to experimental fire regimes. *Ecol. Appl.* 11: 86-96.
- Bunce, R. G., and M. W. Shaw. 1973. A standardized procedure for ecological survey. *J. Environ. Manage.* 1: 239-285.
- Chang, S. C. 1965a. *Insect Entomology* (1). National Chung Hsing University Educational Publishers, Taichung, Taiwan. 248 pp. (in Chinese)
- Chang, S. C. 1965b. *Insect Entomology* (2). National Chung Hsing University Educational Publishers, Taichung, Taiwan. 292 pp. (in Chinese)
- Clark, K. R., and R. M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and

- interpretation. 2nd ed. Technical Report, PRIMER-E, Plymouth, UK. 172 pp.
- Didham, R. K., J. Ghazoul, N. E. Stork, and A. J. Davis.** 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends Ecol. Evol.* 11: 255-260.
- Feng, F. L., J. T. Yang, and S. D. Tsai.** 1998. Vegetation and insect survey of the Northeast Coast National Scenic Area illustrating integrated forest resource inventory and monitoring system. *J. Agric. For.* 47: 67-87. (in Chinese)
- Goulet, H., and J. T. Huber.** 1993. Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families. Agriculture Canada Research Branch Monograph, Canada. 668 pp.
- Greenberg, C. H., and A. McGrane.** 1996. A comparison of relative abundance and biomass of ground-dwelling arthropods under different forest management practices. *For. Ecol. Manage.* 89: 31-41.
- Hoback, W. W., T. M. Svatos, S. M. Spomer, and L. G. Higley.** 1999. Trap color and placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh. *Entomol. Exp. Appl.* 91: 393-402.
- Homer, M.** 1976. Seasonal abundance, biomass, diversity, and trophic structure of fish in a salt-marsh tidal creek affected by a coastal power plant. pp. 259-267. *In:* G. W. Esch, and R. W. McFarlane, eds. *Thermal Ecology II*. US Energy Research and Development Administration, Washington, DC.
- Humphrey, J. W., C. Hawes, A. J. Peace, R. Ferris-Kaan, and M. R. Jukes.** 1999. Relationships between insect diversity and habitat complexity in plantation forests. *For. Ecol. Manage.* 113: 11-21.
- Kim, K. E.** 1993. Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter. *Biodiv. Conserv.* 2: 191-214.
- Krebs, C. J.** 1999. *Ecological methodology*. 2nd ed. Addison-Welsey Educational Publishers, Menlo Park, CA. 620 pp.
- Lue, K. Y., and S. S. Lin.** 2000. Investigation of foam nests (Rhacophoridae) infested by frogflies (Diptera) in Taiwan. *Chinese J. Entomol.* 20: 267-280. (in Chinese)
- Ludwig, J. A., and J. F. Reynolds.** 1988. *Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing*. Wiley, New York. 337 pp.
- Margalef, R.** 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Trans. Connect. Acad. Arts. Sci.* 44: 211-235.
- Magurran, A. E.** 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey. 179 pp.
- Moore, N. W.** 1991. Observe extinction or conserve diversity? pp. 1-8. *In:* N. M. Collins, and J. A. Thomas, eds. *The Conservation of Insects and Their*

- Habitats. Academic Press, London.
- Paoletti, M. G.** 1995. Biodiversity, traditional landscapes and agroecosystem management. *Landsc. Urban Plann.* 31: 117-128.
- Paoletti, M. G., M. R. Favretto, B. R. Stinner, F. F. Purrington, and J. E. Bater.** 1991. Invertebrates as bioindicators of soil use. *Agric. Ecosyst. Environ.* 34: 341-362.
- Takahashi, R.** 1930. A general consideration on the insects of Jitsugetsutan (Lake Candidius). *Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa* 20: 145-156.
- Thead, L. G., J. T. Vogt, and D. A. Streett.** 2005. Dispersal of the fire ant decapitating fly, *Pseudateon curvatus* (Diptera: Phoridae) in northeast Mississippi. *Florida Entomol.* 88: 214-216.
- Whittaker, R. H.** 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evol. Biol.* 10: 1-67.
- Yang, J. T.** 1995. Studying the insect resources of the third compartment of Hue-Sun experimental forest station using yellow sticky papers. *Bull. Exp. For. Nat. Chung Hsing Univ.* 17: 77-91. (in Chinese)

收件日期：2006年1月13日

接受日期：2006年3月4日

Insect Diversity Survey for Terrestrial Habitats in the Sun Moon Lake National Scenic Area

Mei-Hwa Kuo*, Yih-Lin Hsieh, and Ming-Chin Chiu

Department of Entomology, National Chung Hsing University, No. 250 Kuo Kuang Rd., Taichung 402, Taiwan

ABSTRACT

Seasonal insect surveys were conducted from July 2002 to October 2004. All insects were collected using yellow sticky paper at four sites, namely, Maolan Hill, the Youth Activity Center, Songbolun Hiking Trails, and Tsi An Pagoda in the Sun Moon Lake tourist area in central Taiwan. Four sample plots were set up at each site for 10 days of trapping. In total, 49,018 insect individuals were collected, belonging to 159 families in 17 orders. Among them 87.41% were Diptera. Homoptera (5.75%) was the second dominant order. Four community indices, namely, family richness index, Simpson's index, Shannon-Wiener's index, and Pielou's evenness index, were calculated for each site. In general, all four indices increased in the winter and spring, and decreased in the summer and autumn. Based on a percentage similarity analysis, all four sample plots at each site were grouped together, and the Maolan Hill and the Songbolun Hiking Trails formed a group. Using multidimensional scaling plots to analyze the composition similarity of abundances among sampling plots indicated significant differences among the four sites.

Key words: Sun Moon Lake, insect diversity, yellow sticky paper