

# 目 錄

影響赫氏角鷹空間分布之環境因子.....何錦尚、陳朝圳	235
菊池氏細鯽 <i>Aphyocypris kikuchii</i> (Oshima, 1919)人工繁養殖及幼苗發育..... .....賴弘智、林翰揚、熊文俊、施志昫	251
應用無線網路感測技術於紅樹林環境中招潮蟹數量之研究..... .....陳桂嘉、陳建文、郭瓊雯、吳守從、龔旭陽、陳朝圳	261
澎湖章魚( <i>Octopus</i> sp.)的生物學研究.....城振誠、蔡萬生	269
台灣產淚毛刺蟹科蟹類.....李政璋、何平合、李展榮	283
台灣產薯蕷屬植物親緣關係之研究.....徐光明、蔡進來、陳明義	291
Three Newly Naturalized Species of the Genus <i>Ludwigia</i> (Onagraceae) to Taiwan.... .....Tsai-Wen Hsu, Ching-I Peng, Tzen-Yuh Chiang and Chao-Ching Huang	303
台中市大坑地區蝴蝶標本採集紀錄.....李大維	309

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 編印  
Published by Endemic Species Research Institute,  
Council of Agriculture, Taiwan, R. O. C.



GPN : 2009900002  
定價：新台幣100元整

# 台灣生物多樣性研究 Taiwan Journal of Biodiversity

原為《特有生物研究》期刊  
Continuation of former journal  
of "Endemic Species Research"

第12卷第3期  
Vol. 12, No. 3

中華民國99年7月  
July 2010





封面圖說／

赫氏角鷹 (*Spizaetus nipalensis nipalensis*) 中名俗稱熊鷹或鷹鵄，活動領域以森林為主，對於人為干擾極為敏感，為典型的森林猛禽。  
(蔡偉勛 攝)

## 台灣生物多樣性研究

(原為《特有生物研究》半年刊，2010年元月起更名，並以季刊發行)

發行人／湯曉虞  
總編輯／李訓煌  
主編／鄭錫奇、許再文

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

何健鎔、林瑞興、許再文、陳志輝  
陳榮宗、張和明、詹芳澤、蔡奇立  
鄭錫奇、劉靜榆、薛美莉

編輯諮詢委員／(依姓氏筆劃序)

于宏燦、方力行、王穎、王震哲  
王鑫、呂光洋、呂福原、李玲玲  
汪靜明、周昌弘、吳忠宏、吳錫圭  
吳繼光、邵廣昭、林幸助、林曜松  
郭城孟、陳明義、陳章波、許建昌  
張清風、黃生、游祥平、彭鏡毅  
楊平世、楊政川、廖一久、裴家騏  
趙榮台、劉小如、蔡住發、鄭蕙燕  
歐辰雄、蔣鎮宇

英文編輯／蔡住發  
助理編輯／羅華娟

出版／農委會特有生物研究保育中心  
住址／南投縣集集鎮 552 民生東路 1 號  
電話／049-2761331 轉 315  
網址／<http://tesri.coa.gov.tw>  
印刷／財政部印刷廠  
出版日期／中華民國 99 年 7 月  
創刊日期／中華民國 88 年元月  
出版登記／局版台誌第 10207 號

定價／新台幣 100 元整  
展售處／  
五南文化廣場 04-22260330  
台中市中山路 2 號  
國家書店松江門市 02-25180207  
台北市松江路 209 號 1 樓  
國家網路書店  
<http://www.govbooks.com.tw>

特有生物研究保育中心消費合作社  
南投縣集集鎮民生東路 1 號  
049-2762490

## Taiwan Journal of Biodiversity

(Continuation of former journal of "Endemic Species Research", 1999-2009)

Publisher / Hsiao-Yu Tang  
Editor-in-chief / Hsun-Hwang Lee  
Editors / Hsi-Chi Cheng and Tsai-Wen Hsu

Executive Editors /

Jen-Zon Ho, Ruey-Shing Lin,  
Tsai-Wen Hsu, Chih-Hui Chen,  
Rung-Tsung Chen, Ho-Ming Chang,  
Fang-Tse Chan, Chi-Li Tsai,  
Hsi-Chi Cheng, Ching-Yu Liou,  
May-Li Hshiu

Editorial Board /

Hon-Tsen Yu, Lee-Shing Fang,  
Ying Wang, Jenn-Che Wang,  
Shin Wang, Kuang-Yang Lue,  
Fu-Yuan Lue, Ling-Ling Lee,  
Ching-Ming Wang, Chang-Hung Chou,  
Homer C. Wu, Shi-Kuei Wu,  
Chi-Guang Wu, Kwang-Tsao Shao,  
Hsing-Juh Lin, Yao-Sung Lin,  
Chen-Meng Kuo, Ming-Yih Chen,  
Chang-Po Chen, Chien-Chang Hsu,  
Ching-Fong Chang, Shong Huang,  
Hsiang-Ping Yu, Ching-I Peng,  
Ping-Shih Yang, Jeng-Chuan Yang,  
I-Chiu Liao, Kurtis Jai-Chyi Pei,  
Jung-Tai Chao, Lucia Liu Severinghaus,  
Chu-Fa Tsai, Huei-Yann Joann Jeng,  
Chern-Hsiung Ou, Tzen-Yuh Chiang

English Editor / Chu-Fa Tsai  
Assistant Editor / Hua-Chuan Lo  
Published by Endemic Species Research Institute  
1 Ming-Shen E. Road, Jiji, Nantou 552,  
Taiwan, R.O.C.  
Tel: 886-49-2761331 ext. 315  
<http://tesri.coa.gov.tw>

Published Date: July 2010

GPN: 2009900002  
ISSN: 2076-6971

# Contents

Environmental Factors Affecting Spatial Distribution of the Mountain Hawk Eagle ( <i>Spizaetus nipalensis nipalensis</i> ).....	Chin-Shang Ho and Chaur-Tzuhn Chen	235
Induced Spawning and Larval Development of <i>Aphyocypris kikuchii</i> (Oshima, 1919) .....	Hong-Thih Lai, Han-Yang Lin, Wen-Chun Hsiung and Jhy-Yun Shy	251
Using a Wireless Sensor Network Technology to Investigate the Fiddler Crab Population in Relation to Environmental Conditions in Mangrove.....	Kuei-Chia Chen, Chien-Wen Chen, Chiung-Wen Kuo, Shou-Tsung Wu, Hsu-Yang Kung and Chaur-Tzuhn Chen	261
A Study on Biology of the Penghu Octopus ( <i>Octopus</i> sp.).....	Chen-Cheng Cheng and Wann-Sheng Tsai	269
Crabs of the Family Dacryopilumnidae (Decapoda: Brachyura) from Taiwan.....	Jheng-Jhang Li, Ping-Ho Ho and Jan-Jung Li	283
Phylogenetic Relationship of the Genus <i>Dioscorea</i> L. (Dioscoreaceae) of Taiwan .....	Kuang-Ming Hsu, Jinn-Lai Tsai and Ming-Yih Chen	291
Three Newly Naturalized Species of the Genus <i>Ludwigia</i> (Onagraceae) to Taiwan .....	Tsai-Wen Hsu, Ching-I Peng, Tzen-Yuh Chiang and Chao-Ching Huang	303
Butterflies from the Dakeng Area of Taichung City, Central Taiwan.....	Dah-Wei Li	309

## 影響赫氏角鷹空間分布之環境因子

# Environmental Factors Affecting Spatial Distribution of the Mountain Hawk Eagle (*Spizaetus nipalensis nipalensis*)

何錦尚<sup>1</sup> 陳朝圳<sup>2,\*</sup>

Chin-Shang Ho<sup>1</sup> and Chaur-Tzuhn Chen<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學生物資源研究所 屏東縣內埔鄉學府路1號

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路1號

<sup>1</sup> Graduate Institute of Bioresources, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

\* 通訊作者: cct@gisfore.npust.edu.tw

\* Corresponding author: cct@gisfore.npust.edu.tw

## 摘要

赫氏角鷹(*Spizaetus nipalensis nipalensis*)為瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)所保護之物種。本研究以2004年1月至2006年12月於台東縣所記錄的猛禽調查資料,配合人類開發程度、數值地形模型(digital terrain model, DTM)、植被與土地利用的數位圖層資料,運用地理資訊系統(geographic information system, GIS)探討赫氏角鷹分布與環境因子之關聯性。研究結果顯示,赫氏角鷹的出現頻度與人口密度、道路開發、城鎮區開發、海拔高、坡度、植群及土地利用類型和常態化植生指標(normalized difference vegetation index, NDVI)等因子皆有極顯著關聯性。在人口密度低、距離道路與開發城鎮較遠處,赫氏角鷹有較高出現頻度。赫氏角鷹最高出現頻度在海拔1,001-2,000m、坡度25-45°之間與中、高NDVI之森林覆蓋山區。

## Abstract

The mountain hawk eagle (*Spizaetus nipalensis nipalensis*) is an endangered raptor protected by the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). We conducted a survey on its occurrence in the Taitung Prefecture of Southeast Taiwan from Jan. 2004 to Dec. 2006. Digital coverage of human activities, digital terrain model (DTM), vegetation pattern, and land-use pattern were used as the environmental factors. The relationships between the occurrence frequency and the environmental factors were analyzed with the geographic information system (GIS). The results showed that the occurrence frequency of the eagle was significantly related to human population, road development, urban development, elevation and slope of land, vegetation coverage pattern, and land use pattern. The frequency was higher in areas with lower human population and farther away from road and urban developments. The highest frequency was found in mountains that were covered with forests and had moderate to high normalized difference vegetation indices (NDVI) at elevations of 1,001 to 2,000m and the slopes of 25° to 45°.

**關鍵詞：**赫氏角鷹、地理資訊系統、空間分析、數值地形模型、破碎化

**Key words:** mountain hawk eagle, geographic information system, spatial analysis, digital terrain model, fragmentation

收件日期：98年10月1日

接受日期：99年2月23日

Received: October 1, 2009

Accepted: February 23, 2010

## 緒 言

傳統的生物保育工作，常以拯救受到威脅之個別物種為重點，往往忽略了真正需要保育的是整體的生態系統，若要維繫遺傳及物種的多樣性，則非要保育它們所賴以生存的棲地不可。因此，維持物種棲地環境的完整與多樣性，正是生態系多樣性所著重的方向。

瀕危物種分布的研究是許多生態與保育議題的基礎，但此類資訊卻相當難以取得，特別是對於分布範圍廣大的物種而言，通常它們的分布都處於人類難以到達的偏僻地區，資料取

得相對困難。以物種調查資料配合環境特徵因子，建立其間的關聯性及預測物種棲地的適宜性模型，利用預測模型可以推測未來土地利用改變對於物種棲地可能產生的效應，以及建立物種潛在棲地分布的狀態。為快速有效的掌握物種之空間分布，利用具有空間資料處理能力的地理資訊系統(GIS)及有效提供空間資料的遙感探測(remote sensing, RS)，已成為近來在自然資源管理及分析研究之重要工具與資料來源(Austin *et al.* 1996)。陳(1993)指出，國外很多以GIS配合遙測衛星影像進行野生動物棲地分析的研究，其在資料提供方面除了野外調查

之外，空間性資料大部分以遙測影像取得生物因子中之林相類別及林冠密度，而以GIS提供物理環境因子中之坡度、坡向、海拔高、水系及其他經營管理有關圖層。對於猛禽的分布情形、活動範圍或棲地利用分析，也有許多國內外研究使用GIS做為分析工具，應用GIS可以在有限的田野調查之下，以數位高程(digital elevation model, DEM)為材料，利用GIS空間分析法，測計物種調查分布地點的環境變量，推估出某特定物種分布之潛在指標，可準確的建立物種分布的預測模式或分布圖(Austin *et al.* 1996; Guisan *et al.* 1998; He *et al.* 1998; Whitfield *et al.* 2001; Bustamante and Seoane 2004; Sergio *et al.* 2004; 何 2006)。

猛禽位居食物鏈高層，牠們的族群量變化可做為區域生態環境變化的指標，可用來監測生態系的狀態。猛禽類在自然界中占據較大的生育領域，對於環境棲地的要求相當高(許 1995; 高 2001)。以其他動物為食的猛禽，控制著獵物的族群量及一個棲地的多樣性，為維

持一地區生態系穩定的關鍵物種，也是一個地區的生態指標，故猛禽在維持生態系統的平衡，占有十分重要的地位(Newton 1979; Ferguson-Lees and Christie 2001)。

赫氏角鷹(*Spizaetus nipalensis nipalensis*) 俗稱熊鷹或鷹鵬(mountain hawk eagle)，為本島體型最大的居留性猛禽(沙 1989)，已依野生動物保育法公告為「瀕臨絕種野生動物」，在國際上赫氏角鷹更受到CITES名錄II保護(中華民國野鳥學會 1997; 方 2005)。

本研究的目的在於了解台東縣境內赫氏角鷹的分布狀況；以GIS為分析工具，探討赫氏角鷹分布與環境因子間的關係，提供瀕危物種研究資料，做為森林資源經營管理之參考。

## 材料與方法

### 一、研究區域概述

研究區位於台東縣(不包括蘭嶼和綠島)， $120^{\circ}44'-121^{\circ}37'E$ 及 $21^{\circ}56'-23^{\circ}26'N$ 之間(圖1)。

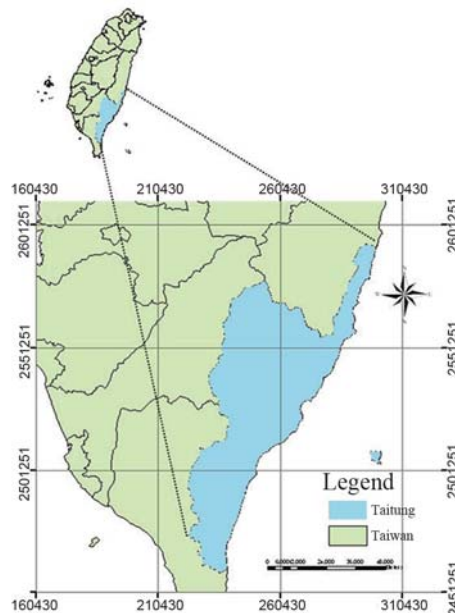


圖 1. 台東縣地理位置圖。

Fig. 1. The location of Taitung Prefecture in Taiwan.

## 二、研究材料

### (一) 數值地形模型

DTM 之地形屬性包括數值高程、坡度和坡向等。本研究使用林務局農林航空測量所提供之解析力為  $40 \times 40\text{m}$  的數位高程(DEM)，經由 ArcGIS 或 Erdas Imagine 軟體分析，推導研究範圍內之坡度及高程等 DTM 屬性資料。

### (二) 福衛二號衛星影像

購買 2005 年之彩色多光譜(multi-spectral) 福衛二號(Formosat-II)衛星影像，供為分析土地利用現況。彩色多光譜影像有 4 個波段，即藍光段、綠光段、紅光段及近紅外光段，空間解析度為 8m。

## 三、調查方法

赫氏角鷹早先的野外調查資料十分稀少，因此針對台東縣各鄉鎮均進行調查。研究期間自 2004 年 1 月至 2006 年 12 月共進行 406 次的調查。受限於各鄉鎮面積差異頗大，且部分地區車輛不易到達，故各鄉鎮樣區調查次數不同，海端鄉主要調查地點為霧鹿林道、錦屏林道及南橫公路台東段沿線等共 89 次；卑南鄉為利嘉林道等計 75 次；延平鄉為延平林道及鸞山等計 60 次；台東市有知本溼地及卑南文化公園等共 54 次；池上鄉主要為大坡池及山棕寮等共 28 次；東河鄉為泰源等地共 25 次；達仁鄉有新興社等計 19 次；太麻里鄉與金峰鄉分別為藥山與依麻林道等各有 18 次；鹿野鄉為永安等地區計 10 次；關山鎮為電光地區計 4 次；另外大武鄉、長濱鄉與成功鎮皆各有 2 次，調查位置分布如圖 2。

由於赫氏角鷹覓食方式主要採伏擊方式，先停於視野遼闊之枝椏上，當獵物出現時，即低空飛近接近獵物，再急速俯衝撲擊(沙 1989; 林 1992; 姚及許 2004)。日本以翼標(wigmarkers)和無線電(transmitter)針對日本亞種的研究指出，其活動範圍每日飛行時間的比例小於 10%，

大部分時間都待在森林邊緣或內部，而飛行主要是為了獵食與展示(Ichinose 2003)。本研究調查方法採用定點計數法(point count)及道路沿線調查法(road count)，前者以在固定樣區地點固定時間內記錄所目擊之猛禽，後者為選擇林道或其他調查路線，以約 2 km/hr 速度步行前進，調查人員為具有野外調查及猛禽辨認能力的台東縣野鳥學會調查人員，每日調查時間主要為日行性猛禽飛行活動能力較高之 8-15 時，先以目擊尋找活動或停棲之猛禽，再以 8-10 倍雙筒望遠鏡，輔以 20 倍高倍單筒望遠鏡，進行猛禽辨識工作。記錄內容包括調查地點、日期、天氣、目擊時間、鳥種、年齡和行為等，並以衛星定位儀(Garmin eTrex Vista T)獲得調查地點的地理座標。

## 四、資料分析

### (一) 人為干擾因子對赫氏角鷹出現頻度之影響

#### 1. 人口密度

本研究收集 2006 年台東縣各鄉鎮市人口統計資料，將各鄉鎮市人口密度分為高( $>100$  人/ $\text{km}^2$ )、中(20-100 人/ $\text{km}^2$ )、低( $<20$  人/ $\text{km}^2$ )等 3 個等級，並統計出各鄉鎮市不同人口密度等級中赫氏角鷹的出現次數進行交叉表分析(cross table analysis)，以卡方檢定(chi-square test)，探討各鄉鎮市人口密度與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

#### 2. 道路環域分析

本研究利用全國道路地理圖層，用 ArcGIS 的環域分析(buffer analysis)，將赫氏角鷹出現位置離道路的距離分為 3 級，第 1 級為距道路 2 km 以內，第 2 級為距道路 2-4 km，第 3 級為距道路 4 km 以上。以 GIS 的套疊分析(overlay analysis)萃取道路環域內之調查樣點的屬性資料，統計不同道路環域等級中赫氏角鷹之出現次數，以交叉表之卡方檢定，探討各道路環域等級與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

#### 3. 城鎮位置之環域分析

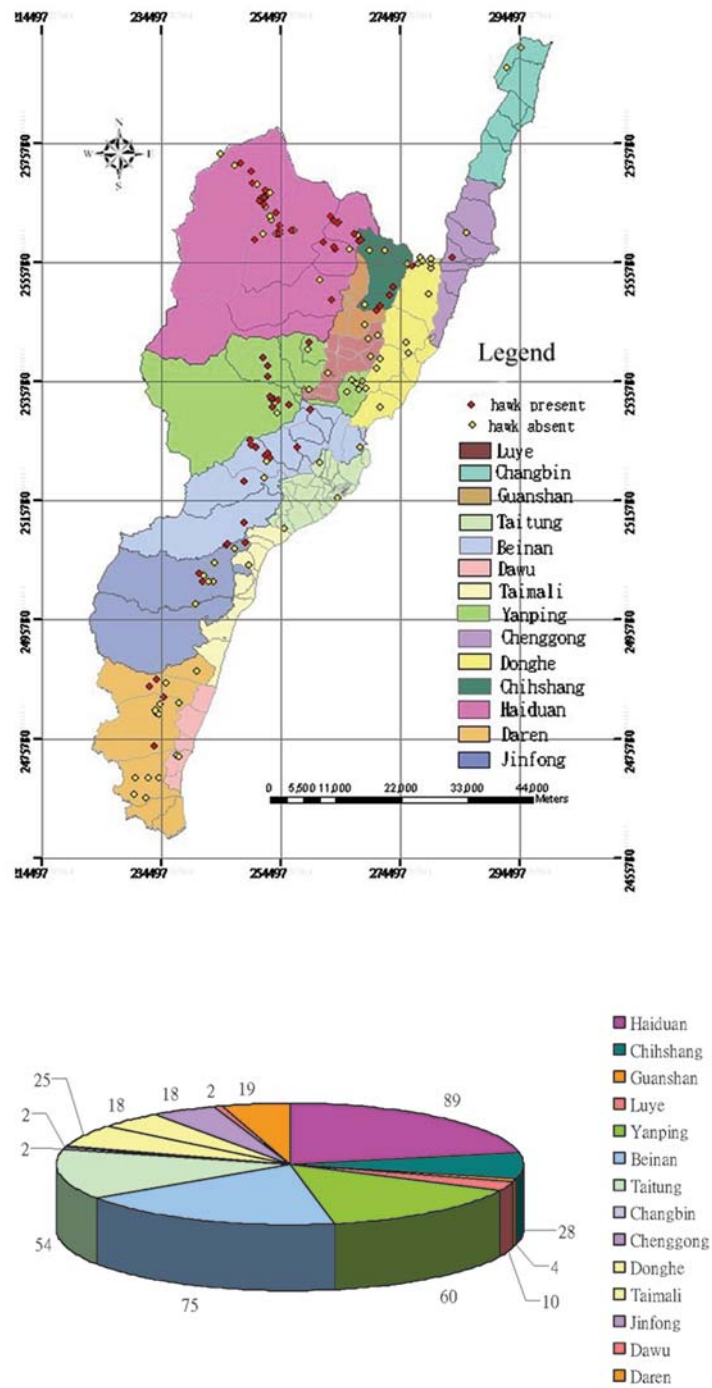


圖 2. 台東縣各鄉鎮赫氏角鷹調查位置及次數分布圖。

Fig. 2. The survey locations of the mountain hawk eagle (upper figure) and its survey numbers (lower figure) in 14 civic administrative restricts of Taitung Prefecture.

本研究以 ArcGIS 的環域分析將城鎮位置與赫氏角鷹出現位置之距離，分為 3 級，分別是第 1 級為距離 5 km 以內，第 2 級為 5-10 km，第 3 級為 10 km 以上。以套疊分析萃取城鎮環域內調查樣區之屬性資料，統計不同城鎮環域等級中赫氏角鷹出現次數，以交叉表之卡方檢定，探討各城鎮環域等級與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

## (二) 地形因子對赫氏角鷹出現之影響

### 1. 地形分析

以 ArcGIS 的地形分析，利用 DEM 建立高程、坡度等 DTM 資料，並以套疊分析萃取調查樣區之地形地貌因子的屬性資料。

### 2. 出現頻度與地形因子之關聯性分析

在獲得調查樣區之地形地貌屬性資料表後，給予分級。高程區分為 5 級，分別是第 1 級(<500m)、第 2 級(501-1,000m)、第 3 級(1,001-1,500m)、第 4 級(1,501-2,000m)與第 5 級(>2,000m 以上)；坡度區分為 6 級，分別是 1 級坡( $0^\circ \leq 1$  級坡 <  $5^\circ$ )、2 級坡( $5^\circ \leq 2$  級坡 <  $15^\circ$ )、3 級坡( $15^\circ \leq 3$  級坡 <  $25^\circ$ )、4 級坡( $25^\circ \leq 4$  級坡 <  $35^\circ$ )、5 級坡( $35^\circ \leq 5$  級坡 <  $45^\circ$ )與 6 級坡( $\geq 45^\circ$ )，並分別統計不同地形地貌因子中赫氏角鷹有無出現和各個地形地貌因子之交叉表，以卡方檢定探討各個地形地貌因子與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

## (三) 土地利用類型與 NDVI 對赫氏角鷹出現之影響

### 1. 出現頻度與土地利用之關聯性分析

本研究係以福衛二號衛星影像，以 Erdas Imagine 軟體進行監督性分類(supervised classification)，將土地利用分類為森林(3)、草生農耕地(2)、崩塌裸露建成地(1)與流水水體(0)四類。影像分類完成後，以逢機取樣方式每個類別選取 60 個檢核點，進行精確度評估(accuracy assessment)。計算其生產者精確度(producer's accuracy)、使用者精確度(user's accuracy)、總體精確度(overall accuracy)與 kappa 值，若總

體精確度達 80% 以上，即可提供為土地利用類型之圖層。以套疊分析萃取調查樣區之植群土地利用因子之屬性資料，並統計赫氏角鷹有無出現和各個土地利用類型之交叉表，以卡方檢定探討各個土地利用類型與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

### 2. 出現頻度與 NDVI 之關聯性分析

本研究使用近紅外光波段與紅光波段數值之差與這兩個波段數值之和的比值定義為 NDVI，其為植物生長狀態及植被空間分布密度的最佳指標。其計算公式為：

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

其中  $\rho_{nir}$  為近紅外光反射值， $\rho_{red}$  為紅光反射值，其值介於 -1.0 至 +1.0 間。NDVI 小於 0 的像元值通常為非植生的雲層、水域、道路和建築物等像元。大於 0 時，表示有植被覆蓋於地表，數值愈大表示綠色生物量之增加，並將 NDVI 分為 3 個等級，低於 0.3 以下為等級 1，介於 0.3-0.6 之間為等級 2，大於 0.6 以上是為等級 3。再萃取調查樣區之 NDVI 等級之屬性資料，並統計赫氏角鷹有無出現與 NDVI 等級之交叉表，以卡方檢定探討 NDVI 等級與赫氏角鷹出現頻度的關聯性。

## 結 果

### 一、人為干擾因子對赫氏角鷹出現頻度的影響

#### (一) 人口密度

本研究在 406 次的調查紀錄中，目擊赫氏角鷹紀錄有 148 次，占 36%；無赫氏角鷹紀錄有 258 次，占 64%。以卡方檢定探討各鄉鎮市人口密度與赫氏角鷹出現頻度的關聯性，所得結果得知赫氏角鷹的出現頻度與各鄉鎮市人口密度具有極顯著的關聯性( $\chi^2 = 55.287, p < 0.01$ )，進行事後檢定(posteriori comparison)，得知赫氏角鷹的有紀錄出現頻度與在人口密度低的鄉鎮市關聯性大於人口密度中、高的鄉鎮市(表 1)。

(二) 道路開發

由卡方檢定結果得知赫氏角鷹的出現與調查樣區至道路的距離有極顯著關聯性( $\chi^2=43.285$ ,  $p<0.01$ ) (表 2)。進行事後檢定，得知有赫氏角

鷹出現頻度依序為距離最遠的第 3 級(>4 km) 最高(59.6%)、第 2 級(39.5%)和距離最近的第 1 級(23.1%)。

表 1. 鄉鎮市人口密度等級與有無赫氏角鷹出現之關聯

Table 1. Relationships between occurrence frequencies of the mountain hawk eagle and human population densities

Human population density <sup>a</sup>	Hawk eagle		Total	$\chi^2$ - value	Posteriori comparison	
	Presence	Absence			Presence	Absence
High (H)	14 (11.9%)	104 (88.1%)	118 (100.0%)	55.287**	L>M, H	H>M, L
Moderate (M)	34 (33.3%)	68 (66.7%)	102 (100.0%)			
Low (L)	100 (53.8%)	86 (46.2%)	186 (100.0%)			

<sup>a</sup> High, >100 people/km<sup>2</sup>; Moderate, 20-100/km<sup>2</sup>; and Low, <20/km<sup>2</sup>.  
\*\*  $p<0.01$ ,  $df = 2$ .

表 2. 各調查樣區至道路環域等級與有無赫氏角鷹出現之關聯

Table 2. Relationships between occurrence frequencies of the mountain hawk eagle and road buffer

Road buffer <sup>a</sup>	Hawk eagle		Total	$\chi^2$ - value	Posteriori comparison	
	Presence	Absence			Presence	Absence
1	50 (23.1%)	166 (76.9%)	216 (100.0%)	43.285**	3>1, 2	1>2, 3
2	30 (39.5%)	46 (60.5%)	76 (100.0%)			
3	68 (59.6%)	46 (40.4%)	114 (100.0%)			

<sup>a</sup> 1, <2 km; 2, 2-4 km; 3, >4 km.  
\*\*  $p<0.01$ ,  $df = 2$ .

(三) 城鎮區開發

以卡方檢定統計結果(表 3)，得知赫氏角鷹的出現與調查樣區至開發城鎮的距離有極顯著關聯性( $\chi^2 = 55.723$ ,  $p<0.01$ )。進行事後檢

定，得知有赫氏角鷹出現的頻度，依序為距離最遠的第 3 級最高(54.0%)、第 2 級(45.8%)和距離最近的第 1 級(8.6%)。

表 3. 各調查樣區至開發城鎮環域等級與有無赫氏角鷹出現交叉表

Table 3. Relationships between occurrence frequencies of the mountain hawk eagle and urban buffer

Urban buffer <sup>a</sup>	Hawk eagle		Total	$\chi^2$ - value	Posteriori comparison	
	Presence	Absence			Presence	Absence
1	10 (8.6%)	106 (91.4%)	116 (100.0%)	55.723 **	3, 2>1	1>2, 3
2	104 (45.8%)	123 (54.2%)	227 (100.0%)			
3	34 (54.0%)	29 (46.0%)	63 (100.0%)			

<sup>a</sup> 1, <5 km; 2, 5-10 km; 3, >10 km.  
\*\*  $p<0.01$ ,  $df = 2$ .

## 二、地形因子對赫氏角鷹出現率的影響

### (一) 海拔高度

本研究調查地區的海拔高程係將所收到的GPS座標串入數值地形模型。有目擊區域海拔最低在達仁鄉的加羅板(115m)，最高位於向陽(2,419m)。以卡方檢定探討赫氏角鷹有無出現的頻度與調查樣區的海拔高度的關聯性，所得

的結果顯示，赫氏角鷹的出現頻度與海拔高程有極顯著關聯性( $\chi^2 = 96.640, p < 0.01$ )，並進行事後檢定，結果顯示赫氏角鷹出現頻度最高的海拔範圍為1,501-2,000m (71.0%)及1,001-1,500m (68.5%)，出現頻度最低的海拔為<500m (11.6%)；相對之下，無赫氏角鷹出現頻度最高的海拔範圍500m 以下(88.4%) (表 4)。

表 4. 各調查樣區海拔高度與有無赫氏角鷹出現交叉表

Table 4. Relationships between occurrence frequencies of the mountain hawk eagle and elevation

Elevation <sup>a</sup>	Hawk eagle		Total	$\chi^2$ - value	Posteriori comparison	
	Presence	Absence			Presence	Absence
1	17 (11.6%)	129 (88.4%)	146 (100.0%)	96.640 **	3, 4>1, 2, 5	1>2, 3, 4, 5
2	43 (34.7%)	81 (65.3%)	124 (100.0%)			
3	63 (68.5%)	29 (31.5%)	92 (100.0%)			
4	22 (71.0%)	9 (29.0%)	31 (100.0%)			
5	3 (23.1%)	10 (76.9%)	13 (100.0%)			

<sup>a</sup> 1, <500m; 2, 501-1,000m; 3, 1,001-1,500m; 4, 1,501-2,000m; 5, >2,000m.

\*\*  $p < 0.01, df = 4$ .

### (二) 坡度

以卡方檢定所得的結果顯示赫氏角鷹出現的頻度與調查樣區的坡度有極顯著關聯性

( $\chi^2 = 67.951, p < 0.01$ ) (表 5)。結果發現赫氏角鷹出現頻度最高的坡度為4級坡(55.6%)和5級坡(54.9%)，最低為1級坡(1.9%)。

表 5. 赫氏角鷹出現頻度與坡度交叉表

Table 5. Relationships between occurrence frequencies of the mountain hawk eagle and slope of lands

Slope <sup>a</sup>	Hawk eagle		Total	$\chi^2$ - value	Posteriori comparison	
	Presence	Absence			Presence	Absence
1	1 (1.9%)	52 (98.1%)	53 (100.0%)	61.951 **	5, 4>1, 2, 3, 6	1>2, 3, 4, 5
2	9 (20.0%)	36 (80.0%)	45 (100.0%)			
3	37 (30.3%)	85 (69.7%)	122 (100.0%)			
4	70 (55.6%)	56 (44.4%)	126 (100.0%)			
5	28 (54.9%)	23 (45.1%)	51 (100.0%)			
6	3 (33.3%)	6 (66.7%)	9 (100.0%)			

<sup>a</sup> 1, <5°; 2, 5-15°; 3, 15-25°; 4, 25-35°; 5, 35-45°; 6, >45°.

\*\*  $p < 0.01, df = 5$ .

三、土地利用類型及植生量對赫氏角鷹出現率之影響

(一) 土地利用類型及 NDVI 空間分布之建立

本研究利用監督性分類之最大概似法(maximum likelihood)，針對台東縣福衛二號衛星影像進行土地利用類型分類，依本研究之研究目的，共選取四類土地利用類型，分別是森林(3)、草生農耕地(2)、裸露建成地(1)及水體

(0)。訓練樣區之選取以地面現場調查與航空照片為地真資料，每種類型選取 40-60 個訓練樣區。影像分類完成後，每個類別至少選取 60 個檢核點進行精確度評估，並計算出每個類別的生產者精度與使用者精度，所得總體精確度達 83.83%，kappa 值為 0.7846 (表 6)。此外本研究以 Erdas Imagine 軟體計算台東縣 NDVI 之分布，做為關聯分析之依據。

表 6. 福衛二號衛星影像監督性分類誤差矩陣表

Table 6. The matrix of errors between the ground truth and supervised classification of Formosat-II satellite images

		Ground truth					User's accuracy
		Grass	Forest	Water	Urban	Total	
Supervised classification	Grass	48	16	0	2	66	72.73%
	Forest	6	59	0	0	65	90.77%
	Water	3	2	59	1	65	90.77%
	Urban	8	4	1	57	70	81.43%
	Total	65	81	60	60	266	
Producer's accuracy		73.85%	72.84%	98.33%	95.00%		
Overall accuracy		83.83%					
Kappa		0.7846					

(二) 土地利用類型

本研究以卡方檢定所得的結果顯示土地利用與赫氏角鷹的出現頻度有極顯著關聯性( $\chi^2 = 44.477, p < 0.01$ ) (表 7)。結果發現赫氏角鷹有出現的頻度以森林(44.10%)和草生農耕地(35.5%)為最高，得知赫氏角鷹在森林類型的環境有最高的出現頻度。

(三) 植生指標

本研究以卡方檢定所得的結果顯示植生指標因子與赫氏角鷹的出現頻度有極顯著關聯性( $\chi^2 = 26.318, p < 0.01$ ) (表 8)。赫氏角鷹出現在 NDVI 等級高 (45.3%)與中 (34.10%)之樣區，而在低植生指標樣區的次數為 0。

表 7. 赫氏角鷹出現頻度與土地利用類型交叉表

Table 7. Relationships between occurrence frequencies of the mountain hawk eagle and vegetation-landuse types

Vegetation-landuse types <sup>a</sup>	Hawk eagle		Total	$\chi^2$ - value	Posteriori comparison	
	Presence	Absence			Presence	Absence
1	0 (0.0%)	64 (100.0%)	64 (100.0%)	44.477**	3>1, 2	1>2, 3
2	11 (35.5%)	20 (64.5%)	31 (100.0%)			
3	137 (44.1%)	174 (55.9%)	311 (100.0%)			

<sup>a</sup> 1, forest; 2, grass; 3, urban.

\*\*  $p < 0.01, df = 2$ .

表 8. 赫氏角鷹出現頻度與植生指標等級交叉表

Table 8. Relationships between occurrence frequencies of the mountain hawk eagle and NDVI

NDVI <sup>a</sup>	Hawk eagle		Total	$\chi^2$ - value	Posteriori comparison	
	Presence	Absence			Presence	Absence
Low	0 (0.0%)	34 (100.0%)	34 (100.0%)	26.318**		1>2, 3
Moderate	62 (34.1%)	120 (65.9%)	182 (100.0%)			
High	86 (45.3%)	104 (54.7%)	190 (100.0%)			

<sup>a</sup> Low, <0.3; moderate, 0.3-0.6; high, >0.6.

\*\*  $p < 0.01$ ,  $df = 2$ .

## 討 論

### 一、人為干擾與開發因子是否影響赫氏角鷹的出現頻度

由飯田及森本(1995)的研究得知，赫氏角鷹的棲息環境以森林為主，且築巢環境也適合小型動物棲息以做為食物來源，加上人類所干擾不到的殘留天然林。同時赫氏角鷹在繁殖時期，也會因為在繁殖棲地附近人類的活動，而導致繁殖行為的中斷(藤田 1996)。Endo (2003)指出，蒼鷹(*Accipter gentils*)繁殖失敗的原因主要有人類侵擾、盜獵、被掠食及巢樹毀壞等因素。陳等(2001)認為，人為干擾對地景直接的影響，是增加地景類型的多樣性，地景多樣性增加也表示地景系統的不安定較大，相對的地景生態系統較不穩定。葛與李(2003)指出，人類活動的干擾會造成地表植被及地景的改變，進而影響鳥類的分布範圍，如平地及低海拔的鳥類可能因為開發，而造成其鳥種豐富度的降低。徐等(1998)指出，中國野生綠孔雀(*Pavo muticus imperator*)瀕危的主要原因是人類活動的破壞和干擾所造成的適宜棲息地的喪失或因農業活動所造成的人為捕殺。人類活動所帶來的干擾，包括交通、農牧及土地開發及利用等，對赫氏角鷹產生極大的影響。

道路開發不但對於地棲動物的棲息會產生影響，如美洲小灰狐(*Vulpes macrotis mutica*)，造成族群遷移障礙(Gerrard *et al.* 2001)，且對

於非生物環境亦產生衝擊，直接對於棲地環境造成影響，將使得完整的大嵌塊體被切割成為許多小嵌塊體(鄭等 2001)，造成棲地破碎化(fragmentation)。而棲地減少與破碎化正是許多物種瀕臨絕滅的主要原因(Harris 1984; Ehrlich 1986)。Mörberg 及 Wallentinus (2000)針對瀕危物種進行研究，指出大部分被列在紅皮書(red-list)上的森林鳥種，都需要大且有適當連結的棲地，例如鵬頭鷹(*Pernis apivorus*)需要大片的落葉森林；黑啄木鳥(*Dryocopus martius*)需要大範圍、成熟的針葉林，這些鳥類都需要有成熟林相的大片棲地，所以一旦森林面積縮小，這些有著棲地面積以及植群型需求的鳥類會最先受到生存威脅，而地景破碎後造成棲地間距離的遠近，對於生物的遷移行為會造成影響，在某些地區的零碎棲地間即使僅有短距離分隔，其生物族群的豐富度和物種的豐富度仍會有明顯的降低(Stouffer and Bierregaard 1995)，而需要多樣棲地形態的鳥種，棲地間的不連續會使牠們不易在棲地間移動。破碎的嵌塊體愈小，族群的密度降低程度愈大，滅絕的速率愈大(趙等 2003)，雖沒有直接證據指出道路的開發危害到赫氏角鷹的生存，但道路開發對森林而言的直接影響是森林的破碎化，這將使得外部干擾對於森林內部生態的影響增大，對於被認為是森林猛禽的赫氏角鷹有相當程度的影響。

Setiadi *et al.* (2000) 指出對於與赫氏角鷹

同屬之爪哇鷹鵑(*Spizaetus bartelsi*)而言, 砍伐森林是威脅族群量的主要干擾原因之一, 包含非法砍伐、擴張農業種植用地、公共建設與觀光旅遊的發展等。藤田(1996)認為, 森林的砍伐、觀光與開發等行爲, 將使得赫氏角鷹繁殖築巢棲地周邊環境的惡化。鳥類生物多樣性最大的威脅之一, 是來自於人類對於自然棲息地永無休止的入侵, 將土地占爲己有以供建築、工業和農牧等用途(劉等 1997)。

本研究結果指出赫氏角鷹出現頻度隨人口密度上升而下降, 最高爲低密度人口之鄉鎮, 最低爲高密度人口之鄉鎮, 符合前人研究有關人類干擾因素對赫氏角鷹會產生嚴重威脅之論點。距離開發城鎮越近, 赫氏角鷹的出現頻度越低, 顯示赫氏角鷹出現頻度, 明顯受到環境開發的因子影響, 結果可說明赫氏角鷹對人爲干擾相當敏感, 而開發確實對赫氏角鷹有不利之影響。

## 二、地形地貌因子對赫氏角鷹出現頻度的影響

### (一) 海拔高度是否影響赫氏角鷹的出現頻度

依據島嶼生物地理學說(island biogeography theory)的論點(MacArthur and Wilson 1967), 島嶼與大陸的距離越大, 遷入率越小; 物種的豐富度與島嶼面積有關, 越大的島嶼, 物種豐富度越高, 反之亦然。因此海拔較高地區相較於海拔較低之地區有較小的面積且有較大的地理隔離(isolation), 其物種豐富度一般被認爲較低。許等(2004)研究台灣南部地區的鳥種組成與海拔分布, 結果發現所記錄到的平均鳥種數均隨海拔上升而呈峰形分布, 而且均以 1,500-1,999m 海拔區間所記錄的鳥種數爲最高。葛與李(2003)指出, 台灣北部繁殖鳥類之海拔分布型態, 在平地至海拔高度 1,000m, 鳥種數沿海拔有線性遞增的趨勢, 但在海拔 1,000-2,000m 間達到高峰, 而往海拔 2,000m 以上則遞減, 呈現峰形分布。

海拔梯度的變化, 會使得氣溫及降水量等

環境因子的改變, 進而影響到植被及動物的分布(Terborgh 1971; Su 1984)。就台灣山區植群生態而言, 海拔因子是影響植群變異的主要環境因子(蘇 1987)。鹿(1991)指出, 北大武山自然保護區植群的分化最主要是受海拔梯度的影響, 其直接影響因子爲溫度, 其餘的影響因子爲坡向、全天空空域、直射光空域、地形位置及含石率。吳(1997)指出, 沙里仙地區植群社會之空間分布主要受海拔高、坡度、水分梯度及直射光空域等地理環境因子之影響。

本研究中赫氏角鷹出現頻度最高的海拔範圍是海拔 1,001-2,000m, 就台灣山區植群生態而言, 海拔因子是影響植群變異的主要環境因子(蘇 1987)。而台東縣原生植群在此海拔範圍包含有針闊葉混合林與常綠闊葉林(包含櫟林、楠櫟林帶與榕楠林帶), 次生植群主要有松林(*Pinus* spp.)與台灣赤楊(*Alnus formosana*), 上述植群帶仍可能爲赫氏角鷹分布出現頻度較高之植群帶。另外在海拔 1,000m 以下並非完全沒有赫氏角鷹的出現紀錄, 故分布於 600m 以下的榕楠林帶亦屬赫氏角鷹可能分布之植群。但本研究並未直接記錄赫氏角鷹在森林植群的直接棲地利用行爲如築巢或覓食等, 因此只能間接指出赫氏角鷹可能分布之植群帶。

### (二) 坡度爲何影響赫氏角鷹的出現頻度

國內對山坡地管制的條例中明定, 坡度大於 2.25°之土地, 其使用應受相關規定之限制。內政部在非都市土地開發審議作業規範第 16 條規定, 基地內之原始地形平均坡度在 18°以上之地區, 其面積之 80% 以上土地應維持原始地形地貌, 且爲不可開發區; 平均坡度 13.5-18°之地區, 不得作爲建築基地; 且第 18 條規定坡度陡峭地區, 即坡度在 18°以上之地區應優先列爲保育區。張(2004)針對坡度的開發利用情形也指出, 在 13.5°上下的山坡, 一般爲深度風化層, 山坡相對較爲穩定, 故常被開發利用; 而坡度大於 45°以上爲容易岩石崩落的極危險邊坡。日本赫氏角鷹的棲息環境被認爲是

在平均坡度 40° 以上的急陡坡面且複雜地形的地方(飯田及森本 1995)。本研究中赫氏角鷹出現頻度最高的坡度在 25-45° 間，無出現的趨勢以 1 級坡(0-5°)與 2 級坡(5-15°)的頻度最高，為現今法令規範容許開發之坡度範圍內。坡度對於赫氏角鷹出現頻度的影響，可能來自於開發因素，在可供開發利用之坡度地域，赫氏角鷹出現頻度小，也間接證實了開發對於赫氏角鷹有不利的影響。

### 三、植群與土地利用環境因子是否影響赫氏角鷹的出現頻度

植群對於鳥類群聚結構而言，是影響其變異的主要因素之一(許等 1997)。Ferguson-Lees and Christie (2001)認為，赫氏角鷹的棲息環境是原始常綠林或混合落葉林地，也會出現在次生林甚至在平原之林地。飯田及森本(1995)指出，關於赫氏角鷹的棲息環境，有廣大範圍且地形較為複雜的森林林地尤佳。山崎(1996)認為，主要棲息在東南亞熱帶森林的赫氏角鷹，幅度較寬的翅膀適合在空中迴轉和俯衝，有利牠在森林內部的飛行。高(2001)指出，本島同亞種的赫氏角鷹在中國大陸的分布情形是屬於森林的鳥類，在雲南多分布於海拔 2,000-2,600m 的高山森林中。本研究在所有有赫氏角鷹出現紀錄的植群土地利用類型中，統計結果以森林為最顯著。

Setiadi *et al.* (2000)指出，爪哇鷹鵬的主要棲地為天然的熱帶雨林，但野外調查中也在其他的棲地類型如松樹林、農耕地、茶園與合歡樹(*Calliandra* spp.)林中發現，但仍以森林為主要棲地。Thiollay 及 Rahman (2002)研究印尼 Sulawesi 的猛禽時指出在幾種森林猛禽中，蘇拉鷹鵬(*Spizaetus lanceolatus*)的數量隨森林面積增加而增加，在大面積連續的原始林中可達最大量，且容易受到森林破碎化和人為干擾的傷害。

森林對於許多鳥類尤其是猛禽之棲地使用

相當重要，一旦森林面積縮減，這些鳥類將大受威脅(Schmiegelow *et al.* 1997; Mörberg and Wallentinus 2000)。本研究赫氏角鷹出現頻度於統計上在森林類型達極顯著關聯性，符合赫氏角鷹為森林猛禽的論點，但值得注意的是，在草生農耕地類型的出現頻度(35.5%)雖未達統計上的極顯著關聯性，但與森林類型(44.1%)二者差異不大。這或許可以說明就森林棲地破碎化而言，破碎嵌塊體不同的基質(matrix)，可能對赫氏角鷹出現頻度有不同之影響，顯然基質為草生農耕地的環境更勝於裸露建成地。但值得注意的是 Forman (1995)的觀點，即破碎化嵌塊體的小棲地雖然有它的優點，但僅能視為大面積棲地的輔助，大面積棲地是無法被取代的。此結果和 Setiadi *et al.* (2000)對蘇拉鷹鵬的調查結果相同，我們或許可以在環境類型是草生地或農耕地觀察到赫氏角鷹，但不可否認的是森林才是赫氏角鷹族群的最主要分布環境。

植生指標與植物分布密度呈線性關係，因此又可稱為生物量指標。Oindo *et al.* (2000)提出，鳥種的豐富度和植生指標有強烈的正相關。本研究中赫氏角鷹僅出現於中高植生指標之地區，有赫氏角鷹分布地區必定生存著足以供給牠們食物來源的小型動物，也表示這個地區的生態體系相對穩定。

## 結 論

本研究在 2004 年 1 月至 2006 年 12 月的 406 次猛禽調查中發現，赫氏角鷹的出現頻度在人為干擾因子中與人口密度、道路開發和城鎮區開發的環境因子有極顯著關聯性。在人口密度等級最高之地區，赫氏角鷹出現頻度最低，反之人口密度等級最低之地區，赫氏角鷹出現頻度最高；在與道路距離最近等級出現頻度最低，最遠等級為最高；在與城鎮開發最近等級出現頻度最低，在最遠等級達最高。赫氏

角鷹的出現頻度明顯受到人類干擾與開發因子所影響。

在地形地貌因子中，赫氏角鷹的出現頻度與海拔高及坡度皆有顯著關聯性。赫氏角鷹的出現頻度隨海拔上升呈峰形分布，在海拔 1,001-1,500m 和 1,501-2,000m 有最高的出現頻度，在 500m 以下的無出現頻度最高。赫氏角鷹在地形較為陡峭之處如坡度 25-35° 與 35-45° 之間有較高之出現頻度，在人為開發程度高的較為平坦地區如坡度 5° 以下的無出現頻度最高。

植群土地利用類型與植生指標大小與赫氏角鷹出現頻度有極顯著關聯性，在植群土地利用類型方面，森林類型環境出現頻度最高，故赫氏角鷹在森林類型環境有較高出現的趨勢，證實赫氏角鷹為森林猛禽的論述；在植生指標以中、高等級的地方有較高出現之頻度，在植生指標最低等級的調查樣區沒有赫氏角鷹出現紀錄。

## 謝 誌

本研究承蒙行政院農業委員會林務局台東林區管理處經費補助，感謝董士良主任、黃群策課長、黃志堅技正及莊家欣小姐在行政上的支持，讓研究工作得以順利進行。研究期間台東縣野鳥學會王克孝、林澤經及方敏慎三位前任及現任理事長率會中資深猛禽調查員協助野外調查工作，十分辛勞地收集每一筆野外調查資料，在此致上十二萬分的謝忱。

## 引用文獻

- 方偉宏。2005。台灣受脅鳥類圖鑑。貓頭鷹出版社。164 頁。
- 中華民國野鳥學會編譯。Johannes Erritzoe 原著。1997。華盛頓公約鳥類名錄鳥種鑑定手冊。中華民國野鳥學會。206 頁。
- 吳守從。1997。森林植群生態資訊建立之研究。國立台灣大學森林學研究所碩士論文。
- 何錦尚。2006。以地理資訊系統探討台東縣赫氏角鷹之空間分布。國立屏東科技大學森林研究所碩士論文。
- 沙謙中。1989。忽影悠鳴隱山林—玉山國家公園鳥類資源。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 林文宏。1992。台灣地區猛禽調查(I)。80 年度生態研究報告第 33 號。行政院農業委員會。
- 姚正得、許富雄。2004。保育類野生動物圖鑑鳥類篇。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。第 77-205 頁。
- 高璋。2001。中國隼形目鳥類生態學。科學出版社。
- 徐延恭、魏天昊、施春明。1998。中國野生綠孔雀瀕危原因及保護對策。第三屆海峽兩岸鳥類學術研討會論文集。中央研究院等主辦。台北：台灣大學。第 111-118 頁。
- 許皓捷、李培芬、許嘉恩。1997。台灣中部海拔山區鳥類群聚與景觀之關係。第一屆鳥類研討會論文集。中華民國野鳥學會主辦。台北：台灣大學。第 27-145 頁。
- 許維樞。1995。中國猛禽鷹隼類。中國林業出版社。
- 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(2): 41-66。
- 陳朝圳。1993。地理資訊系統在森林經營管理上之應用—以自然保護區為例。國立中興大學森林研究所博士論文。
- 陳朝圳、陳正華、吳守從。2001。人為干擾對南仁山保護區地景之影響。林業研究季刊 23(2): 25-34。
- 張石角。2004。太魯閣國家公園大同、大禮聯外交通設施工程之工程地形和地質之調查分析與可行性評估。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。

- 鹿兒陽。1991。北大武山針闊葉樹自然保護區植群生態之研究。國立台灣大學森林研究所碩士論文。
- 葛兆年、李培芬。2003。台灣北部繁殖鳥類之海拔分布型態。台灣林業科學 18(4): 349-361。
- 趙羿、賴明洲、薛怡珍。2003。景觀生態學。地景企業股份有限公司。
- 劉小如、張蕙芬、陳奇祿譯著。Diamond, A. W. 原著。1997。救救我們—從鳥類存亡看人類未來。中華民國自然生態保育協會。
- 鄭祈全、許立達、賴玉菁。2001。應用地理資訊系統監測森林地景變遷之研究。台灣林業科學 14(4): 493-507。
- 蘇鴻傑。1987。植群生態多變數分析法之研究(III)：降趨對應分析及相關分布序列法。中華林學季刊 20: 45-68。
- 山崎亨。1996。赫氏角鷹的棲息條件—威脅赫氏角鷹棲息之主要因素。日本赫氏角鷹生態研討會論文集第2回。廣島赫氏角鷹生態研究會主辦。廣島市，日本。第 12-14 頁。(in Japanese)
- 飯田知彥、森本榮。1995。赫氏角鷹的築巢地形與植生。日本赫氏角鷹生態研討會論文集第1回。草津市，日本。第5頁。(in Japanese)
- 藤田雅彥。1996。關於日本阻礙赫氏角鷹繁殖案例。日本赫氏角鷹生態研討會論文集第2回。廣島赫氏角鷹生態研究會主辦。廣島市，日本。第 15-17 頁。(in Japanese)
- Austin, G. E., C. J. Thomas, D. C. Houston and D. B. A. Thompson. 1996. Predicting the spatial distribution of buzzard *Buteo buteo* nesting areas using a geographical information system and remote sensing. *Journal of Applied Ecology* 33: 1541-1550.
- Bustamante, J. and J. Seoane. 2004. Predicting the distribution of four species of raptors (Aves: Accipitridae) in southern Spain: Statistical models work better than existing maps. *Journal of Biogeography* 31: 295-306.
- Ehrlich, P. R. 1986. The loss of diversity. pp. 21-27. *In*: E. O. Wilson (ed.). *Biodiversity*. National Academic Press, Washington.
- Endo, K. 2003. Breeding Performance of the Goshawk (*Accipiter gentilis*) in Central Japan over the Last 10 Year. 3rd Symposium on Asian Raptor. Kenting, Taiwan. p. 34.
- Ferguson-Lees, J. and D. A. Christie. 2001. *Raptors of the World*. Houghton Mifflin Company Press, Boston. 992 pp.
- Forman, R. T. T. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge. 632 pp.
- Gerrard, R., P. Stine, R. Church and M. Gilpin. 2001. Habitat evaluation using GIS-A case study applied to the San Joaquin Kit Fox. *Landscape and Urban Planning* 52: 239-255.
- Guisan, A., J. P. Theurillat and F. Kienast. 1998. Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *Journal of Vegetation Science* 9: 65-74.
- Harris, L. D. 1984. *The Fragmented Forest*. The University of Chicago Press, Chicago. 230 pp.
- He, H. S., D. J. Mladenoff, V. C. Radeloff and T. R. Crow. 1998. Integration of GIS data and classified satellite imagery for regional forest assessment. *Ecological Applications* 8: 1072-1083.
- Ichinose, H. 2003. The Daily Activity Pattern and the Home Range of Japanese Mountain Hawk Eagle Male. 3rd Symposium on Asian Raptor. Kenting, Taiwan. p. 58.
- MacArthur, R. H. and E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton. 224 pp.

- Mörberg, U. and H. G. Wallentinus. 2000. Red-listed forest bird species in an urban environment—assessment of green space corridors. *Landscape and Urban Planning* 50: 215-226.
- Newton, I. 1979. *Population Ecology of Raptors*. T & AD Poyser. London. P. 38-149.
- Oindo, B., R. A. D. By and A. K. Skidmore. 2000. Interannual variability of NDVI and bird species diversity in Kenya. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 2: 172-180.
- Schmiegelow, F. K. A., C. S. Machtans and S. J. Hannon. 1997. Are boreal birds resilient to forest fragmentation? An experimental study of short-term community responses. *Ecology* 78: 1914-1932.
- Sergio, F., L. Marchesi and P. Pedrini. 2004. Integrating individual habitat choices and regional distribution of a biodiversity indicator and top predator. *Journal of Biogeography* 31: 619-628.
- Setiadi, A. P., Z. Raknman, M. Muchtar and W. Raharjaningtrah. 2000. Final report of Status, Distribution, Population, Ecology and Conservation Javan Hawk-eagle *Spizaetus bartelsi*, Stresemann 1924 on southern part of west Java. Gibbon Foundation, Bandung. 43 pp.
- Stouffer, P. C. and R. O. Bierregaard. 1995. Use of Amazonian forest fragments by understory insectivorous birds. *Ecology* 76: 2429-2445.
- 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: 57-73.
- Terborgh, J. 1971. Distribution on environmental gradients: Theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba. *Ecology* 52: 23-40.
- Thiollay, J. M. and Z. Rahman. 2002. The raptor community of central Sulawesi: Habitat selection and conservation status. *Biological Conservation* 107: 111-122.
- Whitfield, D. P., D. R. A. Mcleod, A. H. Fielding, R. A. Broad, R. J. Evans and P. F. Haworth. 2001. The effects of forestry on golden eagles on the island of Mull, western Scotland. *Journal of Applied Ecology* 38: 1208-1220.



## 菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919)

### 人工繁養殖及幼苗發育

## Induced Spawning and Larval Development of *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919)

賴弘智<sup>1</sup> 林翰揚<sup>1</sup> 熊文俊<sup>1</sup> 施志昀<sup>2,\*</sup>

Hong-Thih Lai<sup>1</sup>, Han-Yang Lin<sup>1</sup>, Wen-Chun Hsiung<sup>1</sup>  
and Jhy-Yun Shy<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立嘉義大學水生生物科學系 嘉義市學府路 300 號

<sup>2</sup> 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

<sup>1</sup> Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Aquaculture, National Penghu University, Penghu, Taiwan

\* 通訊作者: jyshy@npu.edu.tw

\* Corresponding author: jyshy@npu.edu.tw

## 摘 要

菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919) 為台灣特有種，主要分布於台灣的東部三縣，屬於小型淡水魚類，兼具生態與觀賞價值，由於近年來棲地的破壞及環境污染問題，使其族群分布範圍與數量逐漸減少，已逐漸成為罕見魚種。本研究採用成熟雌雄種魚各 10 隻，以人工 2 次注射腦下垂體(10  $\mu\text{g/g}$  wt)與 LRH-A (0.2  $\mu\text{g/g}$  wt) 研磨液進行催熟，並藉由種魚自然繁殖產卵與育苗試驗，以了解菊池氏細鯽之生殖習性與魚苗發育過程，期望逐步建立菊池氏細鯽之繁殖與幼苗發育的基礎生物學資料，並應用於種原庫建立或自然環境中之復育。菊池氏細鯽主要將卵產於沈水植物直立部分與浮水植物的根部，魚卵卵徑約 1.16 mm，透明且光滑，沈性且帶黏性，在水溫 25°C 的環境中，受精卵發育至 4 HAS (hours after spawning) 進入原腸期(gastrula stage)，約 12 HAS 可觀察到肌節(myotome)，約 13 HAS 觀察到心跳，約 29-30 HAS 孵化，初孵化魚苗全長平均為

3.3 mm，孵出第3天(days after hatch, DAH)可開始攝食餌料，13 DAH 已可觀察到背鰭與臀鰭發育完整；19 DAH尾鰭發育完整；30 DAH可觀察到鱗片發育完整，此時與成魚的外表形態類似。

## Abstract

The Kikuchi minnow *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919) is a small native freshwater fish inhabiting in streams, ponds, and small lakes in the eastern Taiwan. Due to over-fishing for fishing bait and to environmental deterioration from water pollution and habitat destruction, its population has been gradually declining, so that it has become rare or extinct in many parts of its original range. In this study, the mature male and female fish were injected twice with a mixed solution of LRH-A (0.2  $\mu\text{g/g}$  wt) and grounded pituitary glands of walking catfish (*Clarias* sp.) (10  $\mu\text{g/g}$  wt). Their spawning, developments of embryos and larvae were observed at 25°C in the laboratory. Fertilized eggs had an average diameter of 1.16 mm, developed to the gastrula stage around 4 HAS (hours after spawning) and to the formation of myotomes around 12 HAS. Heart started to beat at 13 HAS, and larvae hatched at 29-30 HAS. The yolk-sac larvae had an average total length of 3.3 mm and started to ingest food on 3 DAH (days after hatching). The dorsal and anal fins were well developed on 13 DAH, tail fin on 19 DAH, and scales on 30 DAH.

**關鍵詞：**菊池氏細鯽、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

**Key words:** Kikuchi minnow *Aphyocypris kikuchii*, induced spawning, embryonic development, larval development

收件日期：98年9月4日

接受日期：99年2月3日

Received: September 4, 2009

Accepted: February 3, 2010

## 緒 言

菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919) 屬鯉形目(Cypriniformes)、鯉科(Cyprinidae)、鮡亞科(Danioninae)，俗稱為美達卡、吉氏細鯽、台細鯽(沈 1993; 陳及方 1999; 陳及張 2005)。

菊池氏細鯽為台灣特有魚種(陳及張 2005)，屬於初級淡水魚種，主要棲息於緩水流之河渠

或池沼中，尤其是水生植物繁生之水域，喜歡成群活動，穿梭於水草與水底的障礙物間，以掉落水面之昆蟲和藻類為食。鰭式及鱗列特徵為背鰭 2, 7；臀鰭 2, 7；胸鰭 1, 13；腹鰭 1, 7；咽頭齒 5.3-4.4；側線鱗 10-11。體延長而扁，口端位，無鬚，吻鈍，口裂略大，向上斜走。體色土黃，體側有一暗藍色縱帶，邊緣清楚，時顯時隱。側線較短且不完全，僅延伸到腹鰭基部上方。奇鰭淡黃色，偶鰭透明無色。雌雄

間體型差異明顯：成年雄魚體約長 8 cm，發情期鰓蓋上及吻部有少數細小追星(nuptial tubercle)出現；雌魚體型較大，可達約 10 cm，腹部膨大(曾 1986; 沈 1993; 陳及方 1999; 陳及張 2005)。

菊池氏細鯽主要棲息地為台灣東部宜蘭、花蓮、台東地區，台北也有少部分野生族群(陳及張 2005)。早期在食物缺乏的時代，據傳擁有悠久歷史的池上便當中，便以當地菊池氏細鯽魚干為配菜(陳及張 2005)。自從粗首馬口鱮(*Opsariichthys pachycephalus*)與鰲條(*Hemiculter leucisculus*)引進東部後，其生態區位(ecological niche)與菊池氏細鯽重疊，且更具競爭優勢，造成菊池氏細鯽族群數量減少(陳及張 2005)。菊池氏細鯽除可做為觀賞魚外，近年來，更被利用成為釣魚活餌，造成過度撈捕，因此菊池氏細鯽族群數量銳減(曾 1986)，加上河川湖泊整治工程，常破壞原有棲地，而使該魚種族群更難恢復。

目前對菊池氏細鯽的研究多僅局限於分類及演化探討，較缺乏其生態或生殖習性的研究，因此本研究進行菊池氏細鯽人工繁殖、孵化與育苗等實驗，並探討其繁殖模式，期望能對菊池氏細鯽的基礎生物學、復育及種原保存建立基礎資料。

## 材料與方法

### 一、種魚採集與馴養

種魚為 2001 年 2 月以竿釣與籠具於台東縣卑南溪(22°43'42.63"N, 121°02'15.21"E)進行採集，共計採獲健康稚魚 25 尾，由於全長皆僅有 3-4 cm，尚未達成熟體型，因此估計應為一齡內的稚魚。將稚魚置於充氧的活魚袋中，並於 6-7 hr 內運送至嘉義大學水生生物科學系水族環境實驗室馴養。種魚馴養於玻璃水族箱中，以便觀察其棲息、活動與攝食等習性。蓄養水質條件為水溫 25-26°C，pH 6-8，溶氧 7-8

mg/L，每天光照 12 hr。菊池氏細鯽在馴養約 2-3 個月後，由外觀可觀察到母魚腹部有顯著之膨脹現象，而成熟雄魚並無明顯婚姻色，第二性徵亦不明顯，但輕壓腹部有白色精液流出，此時即開始進行人工繁殖試驗。

### 二、人工繁殖操作

挑選已成熟，但應仍為一齡內的雌雄種魚各 10 隻，平均體長為 4-5 cm (2.5-3.5g)，進行 2 劑注射催產，催產注射前先以 300 ppm 的二苯氧基乙醇(2-phenoxyethanol, Hayashi Pure Chemical, Osaka, Japan)進行約 3 min 的麻醉，直至種魚靜止不動時即開始注射。注射時間第一針在 7:00，第二針在 13:00，注射液為土虱(*Clarias sp.*)的腦下垂體研磨液和促黃體釋放激素類似物(luteinizing hormone releasing hormone analogue, LRH-A)混合液。平均每尾種魚每次注射劑量為腦下垂體 10  $\mu\text{g/g wt}$ ，LRH-A 為 0.2  $\mu\text{g/g wt}$  (劉及何 1992)，經過第 2 次注射的種魚，隨後移至 90L 產卵桶中待產，水質條件與種魚蓄養過程相同。

### 三、產卵嗜性試驗

產卵桶底部放置石塊與瓦片，此外，也置入水蘊藻(*Egeria densa*)、小毛蕨(*Cyclosurus parasiticus*)葉片、浮水性植物大萍(*Pistia stratiotes*)與塑膠繩等不同產卵基質供種魚產卵，以觀察比較其產卵嗜性。繁殖桶四周用黑布包覆，以防止種魚受到驚嚇。產卵後，將種魚移出產卵桶，留下受精卵進行卵發育階段之觀察。以萬能投影機(Topcon profile projector VP-300, Topcon Optical, Japan)測量卵徑外，並拍照記錄胚胎發育之變化及計算魚卵發育之積溫值(cumulative temperature) (Handeland *et al.* 2004)。魚苗孵化後蓄養於 40L (45×30×30 cm<sup>3</sup>)的玻璃水族缸中，水溫維持在 25±1°C，其餘水質條件與種魚蓄養條件相同。魚苗開口後，日間每隔 3 hr 餵食 1 次魚苗飼料(Trifish

BP, Omega, Taiwan)與水蚤幼苗，共計 5 次。

#### 四、魚苗成長紀錄與鱗片長出前成長模式

每日逢機取 3-6 尾魚苗測量全長(total length)，並觀察發育變化，拍照記錄，並將這些有顯著發育變化與特徵形成的魚苗標本浸泡於 3.5% 中性福馬林(formalin, Hayashi Pure Chemical, Osaka, Japan)保存。此外，爲了探討菊池氏細鯽魚苗在鱗片長出前的成長速度，並與其他研究比較，本研究計算其每日全長成長速率。各魚種間成長速度差異比較則先進行單因子變方分析(ANOVA)比較，若有差異則以鄧肯氏多變域檢定法(Duncan's multiple range)再進一步比較，顯著水準爲 5%。

## 結 果

### 一、種魚觀察

種魚在蓄養觀察過程中，發現菊池氏細鯽的成魚爲雜食偏肉食性，並無明顯的地域競爭性。在雌雄種魚外觀鑑別上無顯著的婚姻色等差異，其雄魚追星相當少且細小，主要只能依靠體型大小和腹部飽滿度來辨別。一般而言，體型較大而腹部飽滿者爲雌性，體型較小而修長者爲雄性。

### 二、產卵習性與產卵數

菊池氏細鯽種魚在注射第二次催產劑約 9 hr 後開始追尾，追尾後約 3 hr 產卵。平均每尾雌魚產下 200 顆卵，平均每克雌魚可產下 51 顆卵，產卵位置多集中附著於水蘊藻的水中組織部分或大萍的根系，亦有許多卵粒位於蕨類葉片上，部分在底部石塊上，少部分掉落於缸底。大部分附著的卵粒皆已受精且進行發育，孵化率約爲 70-80%。掉落缸底的卵粒，多數爲未受精卵，少數卵粒即使已受精，也因發霉或受沈積物覆蓋而無法孵出。

### 三、魚卵特徵

菊池氏細鯽的卵粒爲沉性帶黏性卵，卵徑平均約爲 1.16 mm，表面光滑透明，無色素，無油球(oil globule)，產出後開始分裂發育(圖 1A)。

### 四、魚卵發育

魚卵於水溫  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  下，約 4-5 HAS (hours after spawning)已經進入原腸期(gastrula stage)，至 12 HAS 出現肌節和眼點，13 HAS 心臟跳動明顯，耳石也已經出現，29-30 HAS 魚苗多已孵出(表 1)，其孵化積溫值爲 30.2-32.3 degree-days，平均積溫值爲 31 degree-days。

表 1. 菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919)受精卵胚胎發育過程

Table 1. The embryonic development of *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919)

HAS	Embryonic stages
3-4	Morula
4	Blastula
4-5	Gastrula
12-13	Myotome formation
13	Heart started to beat; otoliths observed
29-30	Hatching

## 五、孵化與發育

菊池氏細鯽魚苗在孵出後幾近於全透明，無色素點，全長平均 3.3 mm，卵黃囊相當大，前端可達頭部(圖 1B)。眼部在頭部前端偏下側，耳石位於卵黃囊上側。剛孵出之魚苗多靜止黏附於水草、桶壁與底部，但若受驚擾，則會進行短暫性的移位。

菊池氏細鯽魚苗發育過程全長與主要特徵如表 2。魚苗孵出 1 天後(days after hatching, DAH)，全長平均 4.1 mm，色素斑增多，眼部可轉動，眼部下方觀察到口裂，卵黃囊顯著縮小，囊部前端後縮至頭部耳石位置的後方，口部尚未發育完全，鰓弧與胸鰭開始發育。

表 2. 菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919) 魚苗發育過程

Table 2. The larval development of *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919)

DAH	Average total length (mm)	Larval stages
0	3.3±0.0	Otolithes observed; head occupied mainly by eyes
1	4.1±0.1	Pectoral fins developed
2	4.4±0.4	Swimming bladder appeared
3	4.9±0.2	Esophagus developed completely; feeding started; bud of tail fin appeared
8	5.7±0.7	Swimming bladder developed in two sections; buds of dorsal and anal fins present
13	6.0±1.3	Dorsal and anal fins well developed
19	8.8±0.7	Tail fin well developed with clear fork; buds of pelvic fins appeared
23	11.7±3.4	Pelvic fins well developed
27	12.7±3.8	Scales clearly observed
30	15.3±1.2	Scales well developed

魚苗日齡 2 DAH：平均全長增加為 4.4 mm，色素點持續增加，體色較前一天加深，鰓開始發育，胸鰭明顯。卵黃囊較前一天更小，消化道尚未發育完全，且未觀察到消化道有食物的跡象。尾鰭條已經漸漸形成。短暫游動時速度變快。

魚苗日齡 3 DAH：全長平均為 4.9 mm，卵黃囊已完全吸收，開始游動，已經可以開始攝食微細餌料。

魚苗日齡 8 DAH：全長平均為 5.7 mm，可觀察到背鰭褶、臀鰭褶開始出現，魚苗脊椎末端逐漸上揚，尾鰭開始出現分岔；鰓明顯發育成兩室。

魚苗日齡 19 DAH：全長平均為 8.8 mm，尾鰭分岔明顯且完全，腹鰭芽出現(圖 1C)。

魚苗日齡 23 DAH：全長平均為 11.7 mm，腹鰭發育完全(圖 1D)。

魚苗日齡 27 DAH：全長平均為 12.7 mm，開始長出鱗片。

魚苗日齡 30 DAH：全長平均為 15.3 mm，已可清楚觀察到魚鱗。

## 六、成長模式

菊池氏細鯽魚苗成長與時間變化如圖 2，此處 TL 代表魚體全長(total length, mm)、 $t$  為成長天數(days)，其成長曲線結果如下：

$$TL = 3.79 \exp(0.04 t)$$

其配適成長曲線模式的 Adjusted  $R^2$  值為 0.87。

## 討 論

菊池氏細鯽屬鯉科小型魚類，因此產卵習性相似，雄魚追逐雌魚，逐漸靠近水生植物，然後將卵產於沈水性或浮水性水生植物的水中部分，部分會產於石塊上，而沈降於底部者幾

乎都無法順利孵化。此生殖習性與其體型相近的台灣副細鯽(俗稱台灣白魚, *Pararasbora mol-trechti* Regan, 1908)、條紋小鯽 *Puntius semi-fasciolatus* (Günther, 1868)、飯島氏銀鯽 *Squalidus iijimae* (Oshima, 1919)、台灣梅氏鯽 *Metzia formosae* (Oshima, 1920) (賴等 2003; 賴等 2006; 賴等 2008; 賴等 2009b) 等魚種類似。此外，本種魚生殖時若缺乏水生植物，其受精卵的孵化成功率會大幅降低。

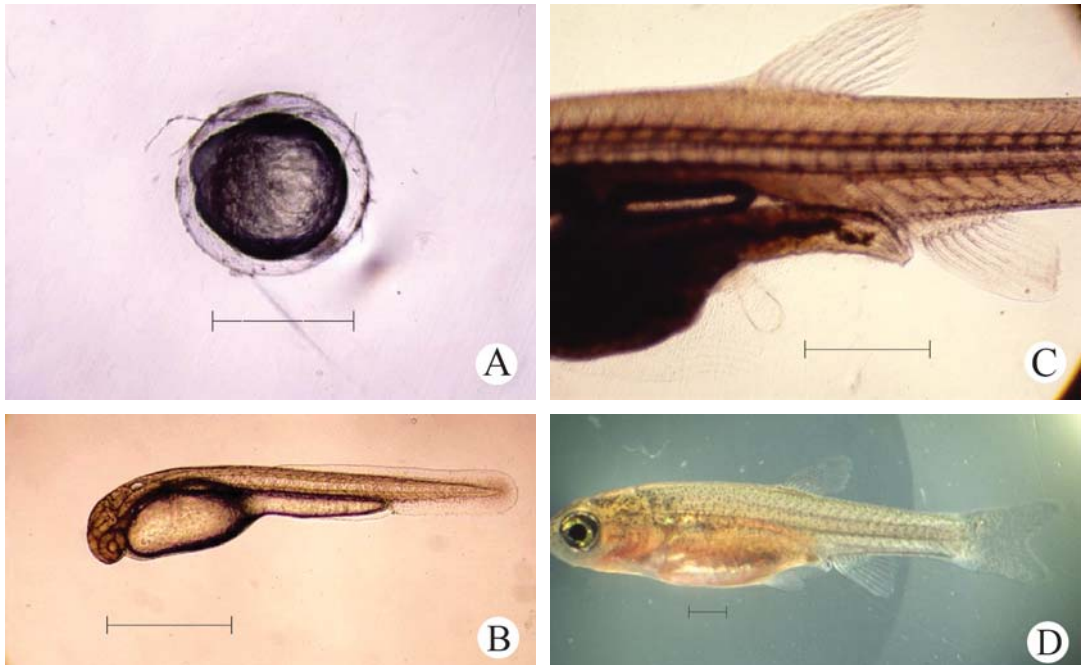


圖 1. 菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919) : A, 受精後並開始卵裂發育的卵 ; B, 剛孵出的魚苗，卵黃囊相當大，前端可達頭部 ; C, 孵出 19 天的魚苗可以觀察到腹鰭芽出現 ; D, 孵出 23 天的魚苗，腹鰭已經發育完全。比例尺 = 1 mm。

**Fig. 1.** *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919): A, embryo of beginning cleavage; B, newly hatched larva with a huge yolk adjacent to head; C, larva on 19 DAH with buds of pelvic fins; D, larva on 23 DAH with well developed pelvic fins (scale bar = 1 mm).

魚卵方面，本種魚的卵粒屬於圓形沉性黏性卵，卵粒透明，卵徑約 1.16 mm，其卵徑與

其他小型鯉科相近，例如台灣副細鯽、條紋小鯽、飯島氏銀鯽及台灣梅氏鯽等魚類的卵徑也

都介於 1.1-1.2 mm 之間(賴等 2003; 賴等 2006; 賴等 2008; 賴等 2009b)。

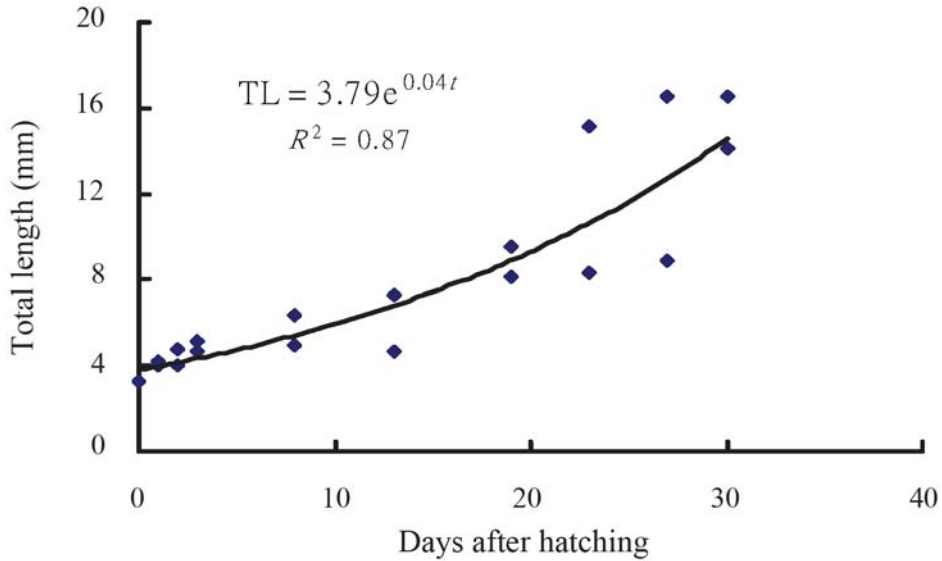


圖 2. 菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919) 孵化後魚苗成長模式。

Fig. 2. A growth in total length of the larvae of *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919).

菊池氏細鯽的孵化積溫值與其他小型溪流魚類相近。其受精卵在 25°C 的水溫下，約 29-30 hr 孵化，平均積溫值約為 31 degree-days，略高於台灣副細鯽的 27 degree-days (孵化溫度 26°C)、條紋小鯽的 23 degree-days (孵化溫度 27°C) 與台灣梅氏鯿的 26 degree-days (孵化溫度 26°C) (賴等 2003; 賴等 2006; 賴等 2008)，但與大鱗梅氏鯿 (*Metzia mesembrina*) 的 31 degree-days (孵化溫度 23°C) 相近(賴等 2009a)。此外，其孵化積溫值則低於飯島氏銀鮡的 47 degree-days (孵化溫度 26°C) 與鱸屬 (*Zacco*) 魚類 *Zacco temminckii* 的 52 degree-days (孵化溫度 26°C) (Sado and Kimura 2002; 賴等 2009b)。由以上各魚種比較的結果，我們推測孵化積溫值相異的原因，除了水溫等環境因素稍有影響外，主要應是這些魚類的生殖生態習性差異所導致。Nunn *et al.* (2007) 曾提出在流量變化大或流速快的河

川中，流量 (river discharge) 將會是影響孵化主要的因子，但在流量大而穩定的河川中，孵化則較容易被其他因子 (如水溫) 所影響。由於台灣河川屬於流量變化大的型態，上述本地數種小型魚類更多棲息於溪流中上游或連通水域，且有溯溪產卵習性，而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，可能有助於魚苗在水量變小或乾涸前進行小規模遷移，進而提昇其生存率，此可能是造成菊池氏細鯽等小型溪流魚類受精卵孵化積溫值較低的原因之一。

菊池氏細鯽剛孵化的魚苗全長約為 3.3 mm，高於台灣副細鯽的 3.0 mm ( $p < 0.05$ )，低於條紋小鯽的 3.5 mm、飯島氏銀鮡的 3.4 mm 及台灣梅氏鯿的 3.8 mm (賴等 2003; 賴等 2006; 賴等 2008; 賴等 2009b)。

菊池氏細鯽魚苗在本研究期間平均每天全長增加速率約為 0.4 mm/day，比較此魚種與台灣副細鯽魚苗的成長速度，後者魚苗的成長速度約為 0.65 mm/day (賴等 2003)，顯著高於菊池氏細鯽的魚苗成長速度 ( $p < 0.05$ )，可得知菊池氏細鯽不僅在成魚體型上較台灣副細鯽小，在魚苗成長速度上也低於台灣副細鯽。

經由本研究觀察發現，菊池氏細鯽的成魚屬雜食性偏肉食性，飼養容易，對水質並無特別需求。其繁殖環境與過程也與多數小型溪流魚類類似，魚苗飼育容易，成長過程也無特殊需求之條件。由於本魚種具有觀賞及海釣誘餌的價值，加上棲息地受到天然災害或溪流整治影響，造成河床水生植物減少，我們推論上述的這些原因應該是造成菊池氏細鯽數量近年來在原棲地數目逐漸減少的主因。因此未來若需進行菊池氏細鯽復育規劃與棲地營造時，棲地的水生植物相建立與維持，應是此魚種可否自然繁殖成功的關鍵因素之一。

此外，外來魚種的影響應也是造成菊池氏細鯽數量減少的原因之一。在本文所比較的數種鯽科魚類中，其生態區位都包含溪流及湖泊水域，但整體而言，鱸屬的魚種主要棲息地在溪流湍急的區域 (Kawanabe and Mizuno 1989)，其他種類多以緩流、溝渠或湖泊為主要棲息地，因此推測鱸屬需要孵出發育較為完全，足以抵抗水流的魚苗，因此其卵徑大、孵化時間長、孵出的魚苗體型也大。也可能因為如此，當鱸屬魚類進入台灣東部水域後，原棲息於此的菊池氏細鯽會因為生態區位的重疊、競爭，產生實際區位 (realized niche) 的縮減，而使其分布水域退縮到小支流、渠道及湖泊之中，而湖泊中的菊池氏細鯽族群又可能遭受到以湖泊為主要棲息地的外來種魚類—鰲條之競爭。此時若小支流與渠道的族群再因為溝渠化或水泥化使得產卵所需的水生植物消失而無法繁殖，則菊池氏細鯽將會面臨難以挽回的生存危機，此現象在進行該魚種復育或棲地生態評估時，

是值得特別注意之處。建議應對菊池氏細鯽棲地範圍進行調查，日後進行此魚種棲地範圍內的水域整治時，應將其棲息與繁殖習性列入規劃項目，在不影響安全前提下，妥善保留水域內水生植物與石塊，以利維護菊池氏細鯽的永續生存。

## 謝 誌

本研究感謝張詠青醫生與陳義雄教授在資料提供上的協助，潘宏裕教授統計上的協助，李柏諺同學協助資料統整，皆增加本實驗的完整性，在此一併感謝。

## 引用文獻

- 沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學動物學系。台北，台灣。
- 陳義雄、方力行。1999。台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館籌備處。屏東，台灣。
- 陳義雄、張詠青。2005。台灣淡水魚類原色圖鑑第(一)卷鯉形目。水產出版社。基隆，台灣。
- 曾晴賢。1986。台灣淡水魚類。台灣省政府教育廳。
- 劉健康、何碧梧。1992。中國淡水魚養殖學(第三版)。科學出版社。北京，中國。
- 賴弘智、王俊仁、吳純宏、施志昫。2003。台灣副細鯽 (*Pararashbora moltrechti* Regan) 之人工繁殖研究。中華生質能源學會會誌 22 (3-4): 123-128。
- 賴弘智、張瑞宗、施志昫。2006。台灣細鯽 *Rasbora formosae* (Oshima, 1920) 之人工繁殖及幼苗發育研究。特有生物研究 8 (2): 23-39。
- 賴弘智、翁紹儒、張瑞宗、蔡澄崇、施志昫。2008。條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus*

- (Günther, 1868)人工繁養殖及幼苗發育。  
特有生物研究 10(1): 35-44。
- 賴弘智、陳昱翔、林翰揚、潘宏裕、施志昀。  
2009a。大鱗梅氏鰻 *Metzia mesembrina*  
(Jordan and Evermann, 1902)人工繁養殖及  
幼苗發育。特有生物研究 11(1): 37-45。
- 賴弘智、熊文俊、林翰揚、施志昀。2009b。  
飯島氏銀鮠 *Squalidus ijimae* (Oshima, 1919)  
人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究 11  
(1): 27-36。
- Geisser, S. 1980. Growth curve analysis. In:  
Krishnaiah, P. R. (ed.). Handbook of Statistics.  
North-Holland, Amsterdam, Netherlands. p.  
89-115.
- Handeland, S. O., E. Wilkinson, B. Sveinsbo, S.  
D. McCormick and S. O. Stefansson. 2004.  
Temperature influence on the development  
and loss of seawater tolerance in two fast-  
growing strains of Atlantic salmon. Aquaculture  
233(1-4): 513-529.
- Kawanabe, H. and N. Mizuno. 1989. Freshwater  
Fishes of Japan. Yama-Kei Publishers Co.,  
Tokyo, Japan.
- Nunn, A. D., J. P. Harvey, J. R. Britton, P. A.  
Frear and I. G. Cowx. 2007. Fish, climate  
and the Gulf Stream: The influence of abiotic  
factors on the recruitment success of cyprinid  
fishes in lowland rivers. Freshwater Biology  
52(8): 1576-1586.
- Sado, T. and S. Kimura. 2002. Descriptive  
morphology of the eggs, larvae, and juveniles  
of two cyprinid fishes belonging to the *Zacco*  
*temminckii* species' group. Ichthyological  
Research 49(3): 245-252.



## 應用無線網路感測技術於紅樹林環境中招潮蟹數量之研究

# Using a Wireless Sensor Network Technology to Investigate the Fiddler Crab Population in Relation to Environmental Conditions in Mangrove

陳桂嘉<sup>1</sup> 陳建文<sup>1</sup> 郭瓊雯<sup>2</sup> 吳守從<sup>3</sup> 龔旭陽<sup>2</sup> 陳朝圳<sup>1,\*</sup>

Kuei-Chia Chen<sup>1</sup>, Chien-Wen Chen<sup>1</sup>, Chiung-Wen Kuo<sup>2</sup>, Shou-Tsung Wu<sup>3</sup>,  
Hsu-Yang Kung<sup>2</sup> and Chaur-Tzuhn Chen<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學資訊管理系 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

<sup>3</sup> 實踐大學觀光管理學系 高雄縣內門鄉大學路 200 號

<sup>1</sup> Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Management Information System, National Pingtung University of Science and Technology,  
Pingtung, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Tourism Management, Shih Chien University, Kaohsiung, Taiwan

\* 通訊作者：cct@gisfore.npust.edu.tw

\* Corresponding author: cct@gisfore.npust.edu.tw

## 摘 要

紅樹林為熱帶及亞熱帶海岸地區最特殊且重要的濕地生態系，故其棲地與指標物種監測有其必要性。本研究利用無線感測系統，收集淡水河紅樹林自然保留區之微氣候環境資料與招潮蟹數量之影像，探討潮汐時間、季節差異、溫濕度變化與招潮蟹數量之關係。研究結果顯示，招潮蟹出現數量與溫度(相關係數為 0.407,  $p < 0.01$ )呈正相關，而與濕度(相關係數為-0.376,  $p < 0.05$ )及潮汐(相關係數為-0.563,  $p < 0.01$ )呈現負相關。此外招潮蟹數量於季節間有顯著差異( $F_0 = 16.551$ )，其中夏季出現之數量明顯多於秋、冬季間，這表示招潮蟹於濕度較低、溫度略高之環境下的活動力較強。無線網路感測技術確實能提供紅樹林地區與其物種的長期環境監測資料，可作為生態資源保育之參考。

## Abstract

Mangrove is the most unique and important wetland ecosystem of the tropic and subtropic coastal forests. It is imperative to monitor its environmental conditions and index species. We used a wireless sensor network system to determine the relationships between the fiddler crab population and environmental variables, humidity, temperature, tidal levels, and seasons, at the Danshuei River Mangrove Nature Reserve in Taiwan. The results showed that the crab population was positively correlated with temperature ( $r = 0.407$ ,  $p < 0.01$ ) but negatively with humidity ( $r = -0.376$ ,  $p < 0.05$ ) and tidal level ( $r = -0.563$ ,  $p < 0.01$ ). Also the population changed significantly with seasons ( $F_0 = 16.551$ ); the population was larger in summer than in autumn and winter. In other words, the crabs were more active at low humidity and higher temperature. This wireless sensor network system was recommended as a long term monitoring system of coastal mangrove wetland habitat and the index species for the conservation purpose.

**關鍵詞：**無線感測網路、招潮蟹、紅樹林

**Key words:** wireless sensor network, fiddler crab, mangrove

收件日期：98年10月3日

接受日期：99年4月15日

Received: October 3, 2009

Accepted: April 15, 2010

## 緒 言

自1971年拉姆薩公約(Ramsar Convention)簽訂後，國際間均相當重視紅樹林之保護及復育工作，而台灣紅樹林為亞熱帶海岸最特殊且重要的溼地生態系之一(施2001)，故其保育工作自不容忽視。然人類在許多熱帶海岸地區所增加的都市開發和工商業活動，以及逐漸嚴重的河川、海岸污染，不僅會對原有的自然環境產生衝擊及影響，亦會破壞紅樹林的生態體系，使得原有豐富的生物資源逐漸喪失(Chou and Pi 1989)，因此對其進行生態監測實為刻不容緩之工作。

生態環境經過長期的演替，逐漸形成一個

動態的平衡系統。淡水河乃台灣重要河川之一，惟近年來河道受污染情況日益嚴重，而使其動態系統失衡，陳等(1976)指出，水質污染增加，雖未直接對紅樹林本身造成顯著影響，卻已破壞河口生物的平衡，而紅樹林面積的增加，則可能使生存於潮間帶的蟹類分布受到影響，假使面積持續擴大，未來可能會危害招潮蟹之棲地(郭2001; 施2006)；此外，一旦動態系統失去平衡之後，將會衝擊其原有的生態體系與生物的分布，屆時將影響生態系中之紅樹林與其他潮間生物(施2006)。

招潮蟹(fiddler crab)係以土壤中的有機質作為其營養來源，由於能夠加速水中的物質循環，堪稱與紅樹林相互依存(童及李1998)，因

此監測招潮蟹的族群數量變化應可作為當地環境監測之重要指標。無線感測網路為近來蓬勃發展的一種新技術，其具有無線、省電、遠距傳輸等功能，透過無線存取橋接器(access point, AP)可將資料傳送至後端伺服器以供分析應用(彭 2007)。朱等(2007)曾以無線網路感測技術監測招潮蟹數量之變化，其分析結果更確立了招潮蟹數量呈現於影像上之可信度，以及微氣候資料的可用性。因此本研究延續此一設備，持續以無線感測網路(wireless sensor network, WSN)收集紅樹林生態系內之微氣候資料與招潮蟹的影像資料，將所得之資訊即時傳送至生態監控系統(ecology sensing system, ESS)予以建檔，提供作為研究分析之資訊。本研究之主要目的分述如下：

- 一、了解紅樹林內招潮蟹數量於不同季節、不同時間之變化，並進行相關之分析與探討。
- 二、將招潮蟹監測影像與紅樹林內微環境資訊

進行統計分析，藉以了解微氣候環境與招潮蟹數量之關係，並提供作為棲地監測指標之資訊。

## 材料與方法

### 一、研究區概況

經由相關紅樹林生長地區之觀測調查發現，台灣紅樹林之分布面積有日漸趨少之現象(薛 1995)。為了能夠針對溼地生態系進行長時間與即時性之監測，進而取代部分的田野調查工作，本研究架設之無線存取橋接器(AP)、微氣候及影像監測點等相關設備係位於 1986 年 6 月經農委會依照文化資產保存法公告設置之「淡水河紅樹林自然保留區」—  $20^{\circ}09'-20^{\circ}10'N$ ， $121^{\circ}16'-121^{\circ}27'E$ ，保留區內共計分設近河口(A)與近捷運站(B)兩處共計 3 個監測樣點(圖 1)。保留區內之招潮蟹 80.47% 為台灣招潮蟹

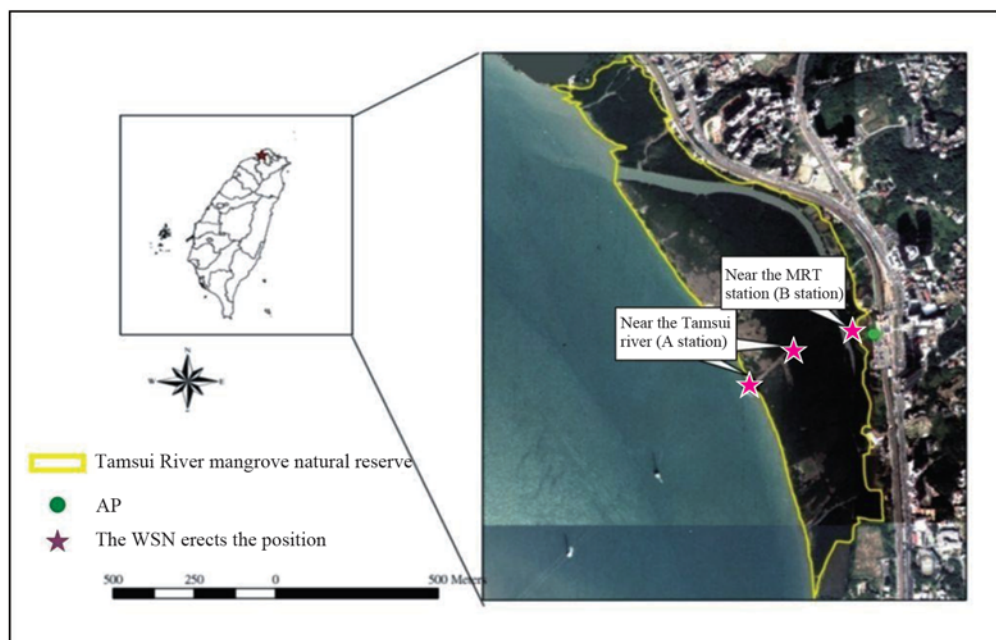


圖 1. 本研究設置之 3 個無線感測系統監測樣點。

Fig. 1. Three monitoring stations of the wireless sensor network system of this study.

(*Uca formosensis*), 通常分布於河口高潮線附近之泥灘地；19.32%為弧邊招潮蟹(*U. arcuata*), 棲息於河口沼澤地, 且分布於靠近低潮線附近區域；清白招潮蟹(*U. lactea*)僅占 0.21%, 主要棲息於低潮線至高潮線之泥灘地(朱等 2007)。

## 二、研究方法

本研究參考 Burrell *et al.* (2004) 及 Martinez *et al.* (2004) 之方法, 以環境感測器搭配 AP 之

IEEE 網路回傳即時資訊之理論架構, 於淡水河紅樹林自然保留區內建置一套環境保育監測系統(sensor surveillance system) (圖 2)。利用現場所架設的感測器(sensor), 定時自動量測環境中的溫溼度, 並經由無線網路或 GSM 行動電話快速地将遠端來源的生態保育感測資料匯集至後端資料庫, 同時傳送且廣播於網際網路, 提供保育人員一個具時間維度之生態監控資訊(龔等 2006)。

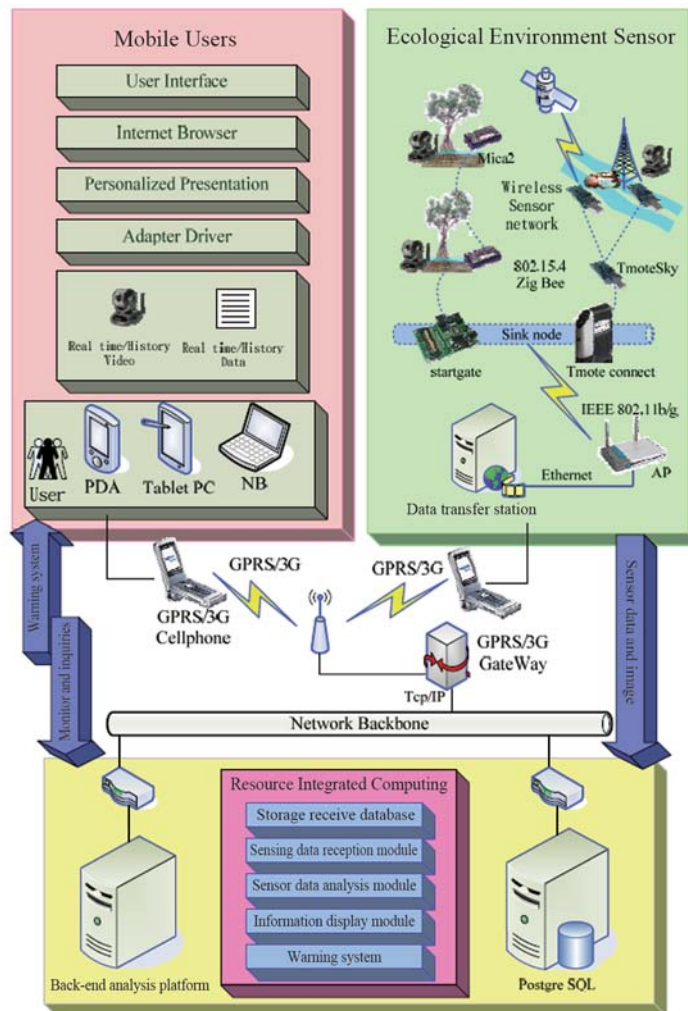


圖 2. 環境保育監測系統架構。

Fig. 2. The framework of the sensor surveillance system.

而透過棲地影像的回傳，除了能夠即時觀察地表活動招潮蟹的繞道行為與其他種蟹類對蟹洞的探洞行為(蘇 2007)之外，在招潮蟹出現數量與微棲地環境關係方面，陳等(2004)曾探討潮汐狀態與招潮蟹行為模式之關係，結果顯示招潮蟹的行為模式(如打鬥、競爭及生殖等相關行為)與漲、退潮狀態間的時間分配比例具有顯著差異；林等(2006)則於研究中加入潮汐因子進行招潮蟹棲地探討，該研究結果顯示，台灣招潮蟹之棲地植生覆蓋度為 2.20%，顯示棲地植物量相當少，故推論其喜好棲息於高潮位近乎裸露之灘地。

綜上所述可知，潮汐變化對招潮蟹具有影響性，因此除了進行微氣候資料之自動化收集作業外，本研究亦結合棲地影像監測之方式，設定拍攝時間自上午 5 點至下午 5 點，以每整點拍攝 1 張影像之方式記錄棲地的招潮蟹出現數量(隻/hr)，並分析出現數量與漲退潮時間之關係。再者，因 2008 年 4-6 月(春季)乃適逢維修儀器，為探討招潮蟹於不同季節之數量變化情形，本研究以 2008 年 1 月份(冬季)、7 月份(夏季)以及 10 月(秋季)之每月 1-25 日作為分析樣本，利用變異數分析(analysis of variance)探

討組間之差異。然而，棲地內微環境的改變對於招潮蟹活動週期與行為影響極大，因此於了解招潮蟹在不同季節活動狀況之餘，尚需更進一步探詢微環境與招潮蟹出現數量之關係，故本研究將所彙整之 ESS 資料庫，以 2007 年 10 月至 2008 年 1 月之逐時影像(共計 637 張有效樣本)，與微氣候之濕度、溫度資料進行相關分析，同時將結果提供作為後續保育工作之參考資料。

## 結果與討論

### 一、招潮蟹數量與潮汐之關係

本研究挑選 2007 年 12 月 16-18 日較完整的影像觀測資料(共計 39 張影像)作為樣本。經逐一判釋招潮蟹出現數量後與中央氣象局淡水氣象站之漲、退潮時間，以及逐時潮汐資料進行相關性分析，結果顯示招潮蟹出現數量與潮汐間呈現極顯著的負相關，相關係數為-0.563 ( $p < 0.01$ )。潮汐隨著引力的影響，每日漲潮時間略有不同，由圖 3 顯示招潮蟹每日出現時間與潮汐之發生有關，當越接近退潮的時候，在影像上的招潮蟹出現隻數也明顯較多(圖 4)。

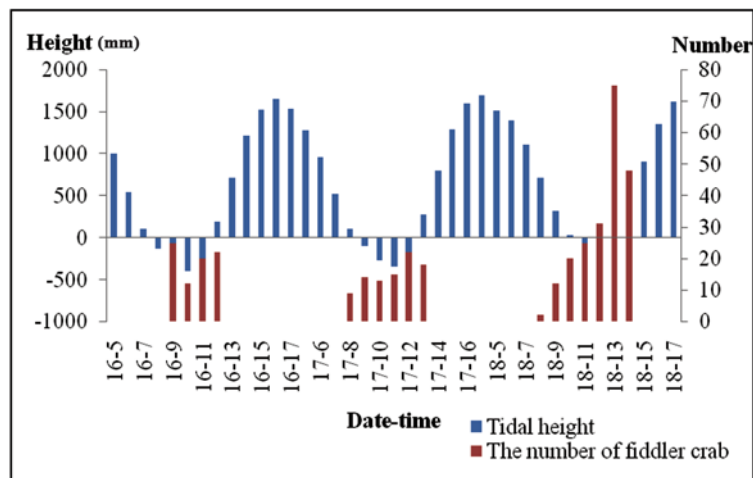


圖 3. 潮汐與招潮蟹出現數量之關係。

Fig. 3. The negative correlation between the fiddler crab population and the tidal level.

WSN 雖無法觀測招潮蟹於泥濘地表底下的生活行爲，但卻能證明潮汐時間確實與其出

現於地表活動之數量有明顯關係，顯見漲退潮會影響招潮蟹行爲模式的時間分配(陳等 2004)。

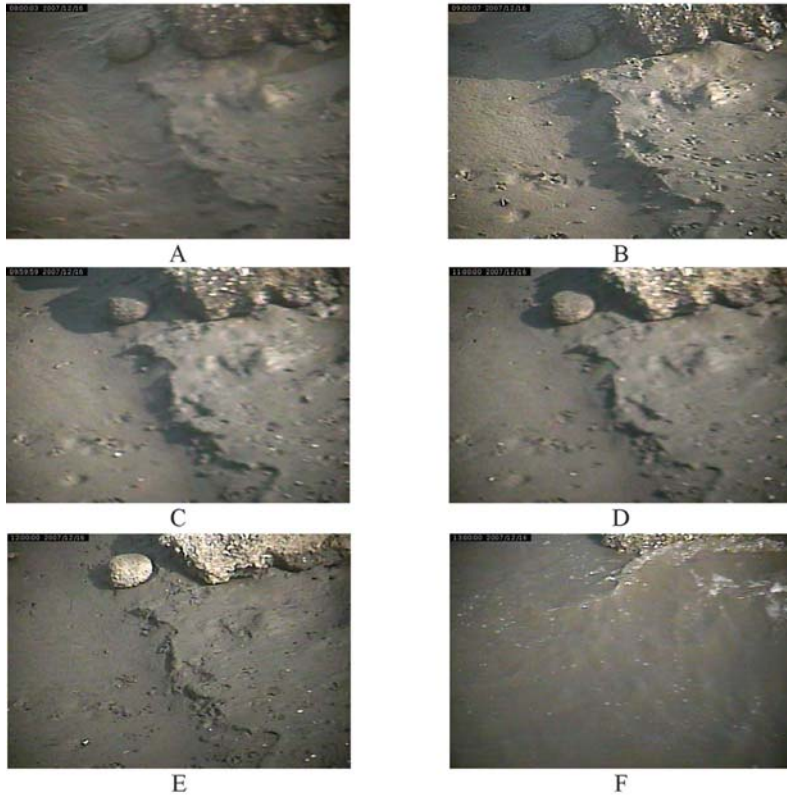


圖 4. 2007 年 12 月 16 日之招潮蟹觀測影像：A, 8:00 a.m. (漲潮)；B, 9:00 a.m. (退潮)；C, 10:00 a.m. (退潮)；D, 11:00 a.m. (退潮)；E, 12:00 p.m. (退潮)；F, 1:00 p.m. (漲潮)。

**Fig. 4.** The images of fiddler crabs on December 16, 2007 (A, 8:00 a.m. at flood tide; B, 9:00 a.m. at ebb tide; C, 10:00 a.m. at ebb tide; D, 11:00 a.m. at ebb tide; E, 12:00 p.m. at ebb tide; F, 1:00 p.m. at flood tide).

## 二、招潮蟹數量與季節之關係

根據上述結果，進一步分析出現招潮蟹數量與季節間之關係。該數據經變異數分析顯示在 99% 的信賴水準下 ( $F_0 = 16.551$ )，其組間確有顯著差異。進一步利用 Duncan 檢定比較不同季節之招潮蟹出現數量關係，其結果顯示，招潮蟹夏季出現之數量與秋、冬季間有明顯區別，而秋、冬兩季則無差異，顯示招潮蟹數量在不同季節仍有差別；對照三季之招潮蟹數量

可知，夏季之數量較多，秋、冬兩季則較少，顯示夏季招潮蟹之活動力較佳。

童及李(1998)於台南調查時發現，冬季由於受到強烈的東北季風吹襲，導致蟹種減少了於地表活動的時間，因此，此部分之研究結果與前人研究結果相互吻合。另施(1997)之研究指出，每年 3-10 月的炎熱季節，台灣招潮蟹棲地的地表上會出現由土壤所構成的大型煙囪(chimney)，而該煙囪構造物出現代表招潮蟹

已經完成配偶之行爲，然煙囪構造是否與保護雌蟹或受精卵有關，或許可於日後透過影像上所出現該構造之時間資訊配合現地調查加以探究。

### 三、招潮蟹數量與棲地微環境之關係

經由 2007 年 10 月至隔年 1 月逐時影像、微氣候之濕度與溫度資料的相關分析結果(表 1)可知，招潮蟹數量與濕度呈負相關，與溫度則呈正相關。

**表 1.** 棲地環境(濕度與溫度)與招潮蟹數量之相關矩陣

**Table 1.** The correlation matrix of the fiddle crabs numbers and environmental variables (humidity and temperature)

	Crab number	Humidity	Temperature
Crab number	1.000		
Humidity	-0.376*	1.000	
Temperature	0.407**	-0.932**	1.000

\* Significant at 5% level,  $p < 0.05$ .

\*\* Significant at 1% level,  $p < 0.01$ .

對照招潮蟹出現時間發現，接近乾潮時招潮蟹數量明顯增多，而這段時間濕度相對降低，溫度也略微升高；另由季節上溫度之差異也可了解，夏季溫度較其他季節高，而招潮蟹於夏季之活動力亦明顯較強。綜上所述，溫度與招潮蟹之活動力呈正比關係，而濕度則與招潮蟹數量呈反比關係；另施(1997)之研究指出，台灣招潮蟹的煙囪構造可能與其受精卵需要濕潤且低溫之環境才能孵育有關，因此透過招潮蟹數量變化與棲地環境進行探討，或可對招潮蟹之行爲模式有更進一步的了解。

## 結 論

以往利用自動照相設備進行動物族群調查，往往因底片限制與供電問題需定時更換(裴等 1997)。無線感測裝置隨著技術不斷的革新而越來越具實用性，除了透過太陽能板供電外，結合 ESS 即時回傳影像資訊，不僅無自動照相設備之缺點，亦可有效減少調查所花費之人力、物力與時間。因此以 WSN 搜集資料確

實有利於野生動物族群之長期監測研究，亦可於短時間內建立共棲物種之資料(裴及姜 2003)，故應用無線感測系統進行自然資源之調查與監測當指日可待。爰此，本研究透過無線感測技術收集淡水河紅樹林自然保留區內溫度、濕度與招潮蟹影像等資料，其目的除探討系統之可用性外，並試圖了解紅樹林內招潮蟹數量於不同季節、不同時間之變化情形，以及其與環境間之關係，所得結果希望能夠提供作為日後建立棲地監測指標之資訊。

研究結果顯示，透過無線感測裝置拍攝之招潮蟹影像，除可供作為招潮蟹種類、密度及活動力之研究參考外，亦於分析後證明其數量與潮汐、季節、溫度、溼度等參數間具有某種程度之關聯性。故以無線感測裝置配合必要之野外調查工作，確有助於提供環境長期監測或生態資源保育之相關資料。

由於淡水河排出之污水在流入保留區時，會受到潮汐等因素干擾，進而影響紅樹林之生理作用及其與招潮蟹之共生關係(王等 2006)，故未來如何透過無線感測裝置即時獲取資料之

優點，配合必要之調查工作，針對人為污染、天然災害等所導致紅樹林、招潮蟹於生理或生態方面之影響，並進一步進行分析與探討，應是後續研究所應努力之目標。

## 引用文獻

- 王慈憶、陳建璋、陳朝圳。2006。以SPOT衛星影像探討淡水河紅樹林自然保留區植生指標之變化。作物、環境與生物資訊 3(3): 229-238。
- 朱容君、李佳凌、王慈憶、吳守從、龔旭陽、陳朝圳。2007。應用無線感測系統監測淡水紅樹林招潮蟹之生態環境。第六屆數位地球國際研討會。343-355 頁。
- 林世偉、廖少威、張文亮。2006。香山濕地台灣招潮蟹棲地類型底質特性研究。農業工程學報 52(4): 1-14。
- 施月英。2006。彰化沿海種植“外來”紅樹林是復育?抑是保育生態破壞?!生態台灣 11: 31-34。
- 施習德。1997。屬於福爾摩莎的台灣招潮，何去何從?記台灣特有種招潮蟹的現況。台灣博物 54: 68-80。
- 施習德。2001。台灣的海岸生態。台灣博物 71: 58-69。
- 郭惠全。2001。淡水河口濕地蟹類分布之研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 陳明義、陳谷季、李遠慶。1976。淡水河口紅樹林之生態研究。中華林學季刊 9(3): 43-50。
- 陳薇云、蘇珊慧、蘇詠超、林惠真。2004。潮汐狀態與雌雄比例導致台灣招潮蟹(*Uca formosensis*)地表活動行為模式的變化。動物行為及生態研討會。
- 彭彥惇。2007。泛用型無線感測網路閘道器簡介。電腦與通訊 119: 36-41。
- 童淑珠、李榮祥。1998。台南縣市沿海地區蟹種之分布。第四屆海岸濕地生態及保育研討會論文集。56-66 頁。
- 裴家騏、姜博仁。2003。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(二)。行政院農委會林務局保育研究系列 91-20 號。
- 裴家騏、陳朝圳、吳守從、滕民強。1997。利用自動照相設備與地理資訊系統研究森林野生動物族群之空間分布。中華林學季刊 30(3): 279-289。
- 薛美莉。1995。消失中的濕地森林—記台灣的紅樹林。台灣省特有生物研究保育中心。
- 蘇國強。2007。弧邊招潮蟹煙囪功能之新假說。東海大學生命科學系碩士論文。
- 龔旭陽、鍾文凱、陳朝圳。2006。無線感測系統於紅樹林保育之應用。第 12 屆海峽兩岸信息管理發展策略研討會論文集。233-236 頁。
- Burrell, J., T. Brooke and R. Beckwith. 2004. Vineyard computing: Sensor networks in agricultural production. IEEE Pervasive Computing 3(1): 38-45.
- Chou, C. H. and T. C. Pi. 1989. The environment factor and nutrients change of mangrove in Tamsui Chuwei. Science monthly 20(12): 893-898. (in Chinese)
- Martinez, K., J. Hart and R. Ong. 2004. Environmental sensor networks. IEEE Journal on Computer 37(8): 50-56.

## 澎湖章魚(*Octopus* sp.)的生物學研究

### A Study on Biology of the Penghu Octopus (*Octopus* sp.)

城振誠\* 蔡萬生

Chen-Cheng Cheng\* and Wann-Sheng Tsai

行政院農業委員會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心 澎湖縣馬公市蔴裡里 266 號

Penghu Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute, Penghu, Taiwan

\* 通訊作者：chengchencheng@mail.ph.tfrin.gov.tw

\* Corresponding author: chengchencheng@mail.ph.tfrin.gov.tw

## 摘 要

此種章魚為新種，目前尚未正式命名，先以地區之名稱為「澎湖章魚」以便記錄。澎湖章魚於 2 月在潮間帶出現；3 月時部分雄章魚已經成熟，可在陰莖內發現精筴；4 月初會有大量的章魚在潮間帶出現，並且可以發現已交配的雌章魚。4 月中旬後雌章魚的比例減少，5 月澎湖章魚逐漸在潮間帶消失。雌章魚的生殖腺在 3-4 月間有明顯成長的趨勢。章魚的孕卵數 17-118 顆，孕卵數與體重成正相關。7 月中旬以後發現章魚在實驗室的水槽內產卵，產卵數 10-30 顆，卵長 14.7-20.6 mm、卵寬 4.7-5.8 mm。在實驗室內雄章魚可以存活到 6 月下旬，雌章魚可以存活到 8 月下旬。2005-2008 年澎湖章魚的漁獲數量及大小皆有不同，但漁獲量則無明顯差異。

## Abstract

Penghu octopus (*Octopus* sp.) started to arrive at the inter-tidal zone of the Penghu islands in February. Males were already mature and had spermatophores in penis in March. Females had spermatophores in oviducts at the beginning of April when the octopus population reached a peak abundance. The females decreased in number after mid-April, and the octopus population vanished gradually from the inter-tidal zone in May. The female ovaries grew during the months of March to April. The fecundity was 17-118

eggs and correlated positively with the body weight. In the laboratory spawning activities of females were observed in mid-July, and a female laid 10-30 eggs, each 14.7-20.6 mm in length and 4.7-5.8 mm in width. The males lived to 21 June and the females to 26 August in the laboratory. The catch and body weight were significant different but the total landing was not significant different yearly from 2005 to 2008.

**關鍵詞：**澎湖章魚、章魚、生物學、潮間帶、澎湖群島

**Key words:** Penghu octopus, *Octopus* sp., biology, inter-tidal zone, Penghu islands

收件日期：98年9月24日

接受日期：99年3月17日

Received: September 24, 2009

Accepted: March 17, 2010

## 緒 言

此種章魚只出現於台灣的澎湖海域，與前人所記錄的地理分布(台灣海峽、東海及南中國海沿岸)不同(Lu 1998; Tsunemi and Lu 2002; Ho *et al.* 2006)，2006年發表為新種(Ho *et al.* 2006)，由於未正式命名，本文以地區名稱之為「澎湖章魚」，以便記錄。澎湖章魚(圖 1)是澎湖的特殊物種，在農曆的節氣上元宵後至媽祖生(約2月中旬至5月中旬)為主要產期(洪2000)，也是澎湖季節性主要的潮間帶漁業之一。其短暫的產季、傳統的人工採捕方式及獨特的風味，成了每年大量民眾參與的潮間帶活動。雖然澎湖章魚很早就被漁民所利用，卻沒有太多的紀錄。近年來進行繁養殖的試驗，也成功的在人為的環境下產卵(蔡等2005)，但並無對澎湖章魚的生物量進行調查研究。澎湖章魚在2月份時就會出現在潮間帶，但這時候的章魚較小，也較難發現，加上天候狀況不佳，能出海採集的日子不多，因此以3-4月這期間作為研究澎湖章魚生物量變動的採樣基準。本研究主要目的在進行澎湖章魚的基礎生

物學研究，包括漁獲的數量、大小、性比(sex ratio)及生殖腺指數(Gonado-somatic index, GSI)的變化，並將章魚蓄養在實驗室內觀察產卵行為，建立澎湖章魚的生物學資料，以探討澎湖章魚的生物量變化。

## 材料與方法

### 一、澎湖章魚的採集及記錄

#### (一) 採集時間

以每年3-4月份，作為研究澎湖章魚生物量變動的採樣時間基準。

#### (二) 採集地點及方法

採集地點在白沙鄉岐頭村東南方，離岐頭港約1.5 km的海域，以GARMIN Etrex Legend 配合 Taiwan BlueChart V5 海圖軟體，標示採集地點，其採集的範圍約為30 ha(圖2)。採集方法是在夜間退潮時，利用頭燈照明進行單人徒手採集。

#### (三) 記錄

在生物量上的研究則記錄2005-2008年間，每人每次採集之數量、大小及漁獲量；在



圖 1. 澎湖章魚。

Fig. 1. Penghu octopus (*Octopus* sp.).

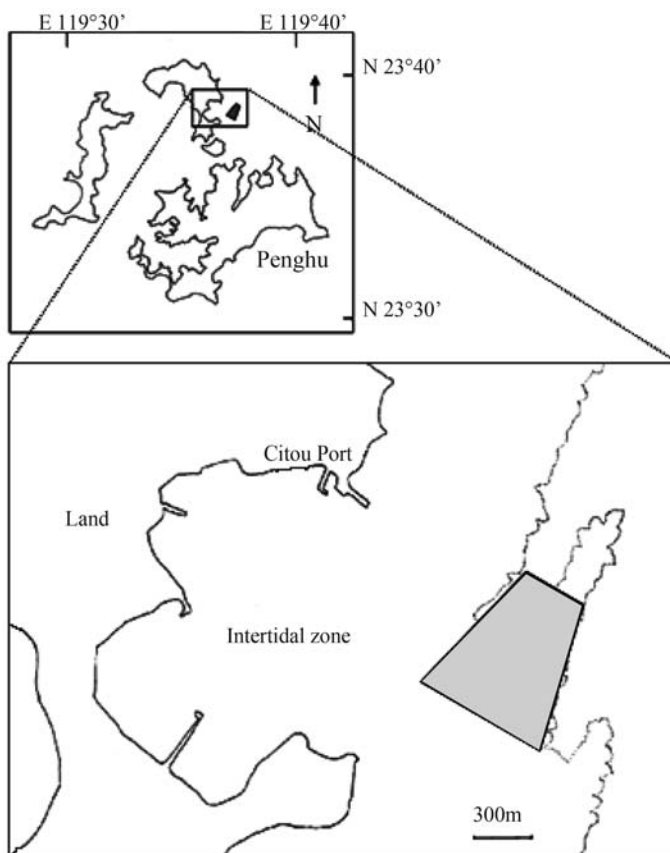


圖 2. 採樣地點(灰色標示)在澎湖東北方潮間帶。

Fig. 2. The sampling area (gray mark) of Penghu octopus in the intertidal zone of the northeast Penghu islands.

生物學上的研究則記錄生殖腺指數(2008年)、孕卵數量、卵粒大小、性比(2006、2008年)及檢視有無交配證據(雌章魚輸卵管內有無精筴)；此外，並將部分採捕的章魚飼養在人為的環境下，觀察其行為及產卵狀況(2005、2006年)。

## 二、生殖腺指數的計算

生殖腺指數% = (生殖腺重/體重) × 100%

式中生殖腺重是指卵巢或精巢重，並沒有包括輸卵管或輸精管或其他附屬器官；體重為生物體的總重量。

## 三、性比的計算

性比% = [雌性 / (雄性 + 雌性)] × 100%

因捕獲的次數及數量會受天候的影響導致

資料缺乏，因此性比以5天為一個計算單位，避免數據偏差過大。

## 四、澎湖章魚的飼養

2005年的澎湖章魚飼養在4×2×1m(長×寬×高)的水泥池，底部先鋪設塑膠格柵板(簡稱格柵板)90×30×5cm，再鋪上10cm的碎珊瑚骨骼，每池飼養50隻，共5池；2006年則飼養在2×2×1m的FRP桶內，並有2種不同的底部設置，2池底部先鋪設格柵板，再鋪上10cm的碎珊瑚骨骼。1池為放置透明塑膠圓桶15×20cm(直徑×高)(圖3)，並鋪上10cm的碎珊瑚骨骼，每池飼養50隻。投餵甲殼寬約3-5cm的光手滑面蟹*Etisus laevimanus*(蔡等2005)，並適時觀察產卵狀況。



圖3. 澎湖章魚在塑膠桶內的產卵痕跡。

Fig. 3. Spawn marks of the Penghu octopus on the inner wall of a PVC pot.

## 五、數據分析

調查數據以SAS軟體進行變異數分析(one way ANOVA)，比較年間漁獲數、平均體重，再由Duncan's多變異法進行差異比較。

## 結 果

### 一、漁獲數量

2005年總共進行27次採集，捕獲澎湖章魚計319隻，平均漁獲數量為 $11.8 \pm 5.6$ 隻/次(Mean ± SD)，平均漁獲量為 $780.4 \pm 419.3$ g/人次(Mean ± SD)，最大漁獲數量及最大漁獲量為該年4月6日的27隻及1884.9g/人次；2006年共進行25次採集，捕獲章魚355隻，

平均漁獲數量為  $14.2 \pm 12.4$  隻/次，平均漁獲量為  $759.7 \pm 816.3$  g/人次，最大漁獲數量及最大漁獲量為該年 4 月 9 日的 52 隻及 3353.0 g/人次；2007 年共進行 22 次採集，捕獲章魚 337 隻，平均漁獲數量為  $15.3 \pm 8.1$  隻/次，平均漁獲量為  $882.9 \pm 637.2$  g/人次，最大漁獲數量及

最大漁獲量為該年 4 月 12 日的 41 隻及 2739.0 g/人次；2008 年共進行 27 次採集，捕獲章魚 225 隻，平均漁獲數量為  $8.3 \pm 4.2$  隻/次，平均漁獲量為  $866.3 \pm 470.0$  g/人次，最大漁獲數量及最大漁獲量為該年 4 月 6 日的 17 隻(圖 4)及 1876.3 g/人次(圖 5)。

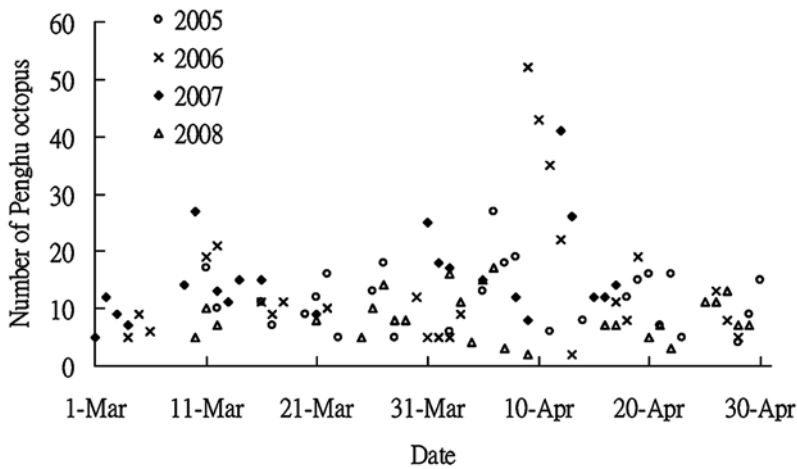


圖 4. 從 2005-2008 年 3-4 月間在澎湖潮間帶所捕獲澎湖章魚的數量。

Fig. 4. The number of Penghu octopus caught in the intertidal zone of the Penghu islands in March and April, 2005 to 2008.

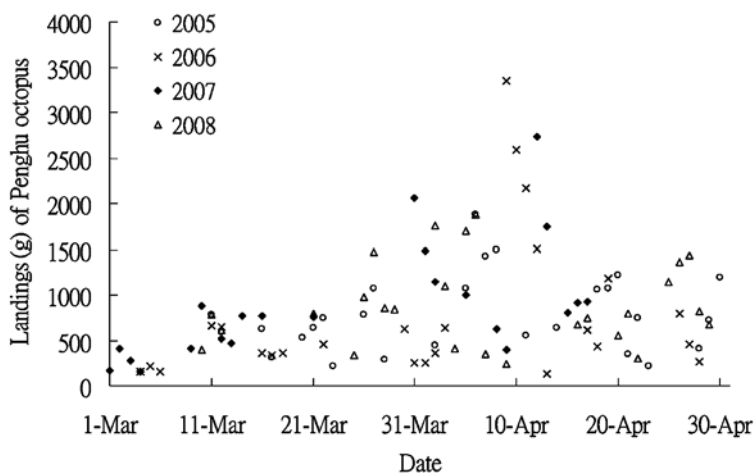


圖 5. 從 2005-2008 年 3-4 月間在澎湖潮間帶的澎湖章魚漁獲量。

Fig. 5. Total landings of Penghu octopus from the intertidal zone of the Penghu islands in March and April, 2005 to 2008.

## 二、大小

2005年的平均體重為  $66.1 \pm 21.2$  g/隻(Mean  $\pm$  SD)；2006年的平均體重為  $53.5 \pm 19.1$  g/隻；2007年的平均體重為  $57.6 \pm 23.9$  g/隻；2008

年的平均體重為  $104.4 \pm 24.4$  g/隻(圖 6)。比較 2005-2008 年的澎湖章魚體重，統計上皆有顯著差異( $p < 0.05$ ) (表 1)。

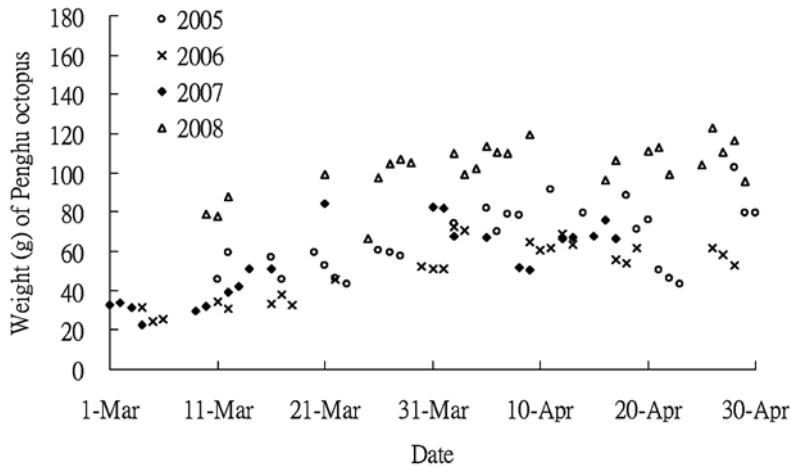


圖 6. 從 2005-2008 年 3-4 月間在澎湖潮間帶捕獲澎湖章魚的體重分布。

**Fig. 6.** Body weights of Penghu octopus caught in the intertidal zone of the Penghu islands in March and April, 2005 to 2008.

**表 1.** 2005-2008 年 3-4 月間在澎湖潮間帶所捕獲澎湖章魚的重量(不同字母表示差異顯著,  $p < 0.05$ )

**Table 1.** The body weight of Penghu octopus caught in the intertidal zone of Penghu islands in March and April, 2005 to 2008 (different superscripts a, b, c and d among years indicating the significant difference at 5% level)

Year	Body weight (g)
2005	$65.9 \pm 14.6^b$
2006	$51.3 \pm 14.9^d$
2007	$56.9 \pm 18.8^c$
2008	$104.0 \pm 24.4^a$

## 三、性比

2006 年 3 月份捕獲澎湖章魚雌 72 隻、雄 46 隻，性比為 61.0%，4 月份捕獲雌 107 隻、

雄 130 隻，性比為 45.1%；2008 年 3 月份捕獲雌 35 隻(體內有精筭的有 1 隻)、雄 40 隻，性比為 46.7%，4 月份捕獲雌 60 隻(體內有精筭的有 6 隻)、雄 90 隻，性比為 40.0%，顯示 4 月份以後在潮間帶，雌性澎湖章魚被捕獲的比例逐漸減少(圖 7)。

## 四、生殖腺指數

雄性的澎湖章魚生殖腺指數在 3 月中旬已有 1% 以上，大部分雄的澎湖章魚其體內的陰莖(輸精管末端)在此時皆可發現精筭(圖 8)；雌的澎湖章魚在 3 月中旬的 GSI 不到 1%，4 月底時則有些生殖腺指數已達到 3% 以上(圖 9)。2008 年最早發現雌的輸卵管內有精筭(圖 10)是在 3 月 29 日，體重為 105.7g，GSI 為 1.26%，孕卵數 91 顆，卵長及卵寬(圖 11)為  $10.6 \pm 1.2$  mm 及  $1.9 \pm 0.5$  mm；2006 年最早發現雌的輸卵管

內有精莖是在 4 月 7 日，體重為 60.3g，生殖腺指數為 0.5%，孕卵數 72 顆，卵長及卵寬為

$5.6 \pm 1.3$  mm 及  $1.4 \pm 0.3$  mm。所以在 4 月初以後就可以發現交配過的雌章魚。

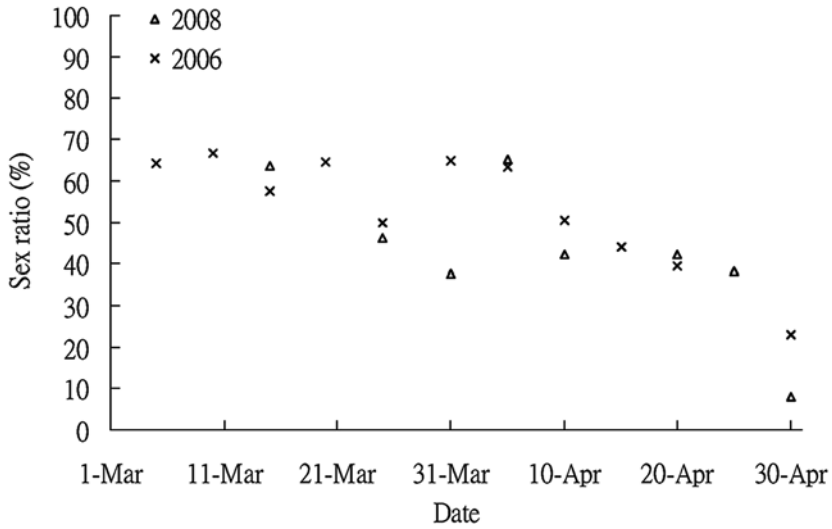


圖 7. 2006 及 2008 年的 3-4 月間澎湖章魚的性比%。

Fig. 7. Sex ratios (%) of Penghu octopus in March and April, 2006, 2008.

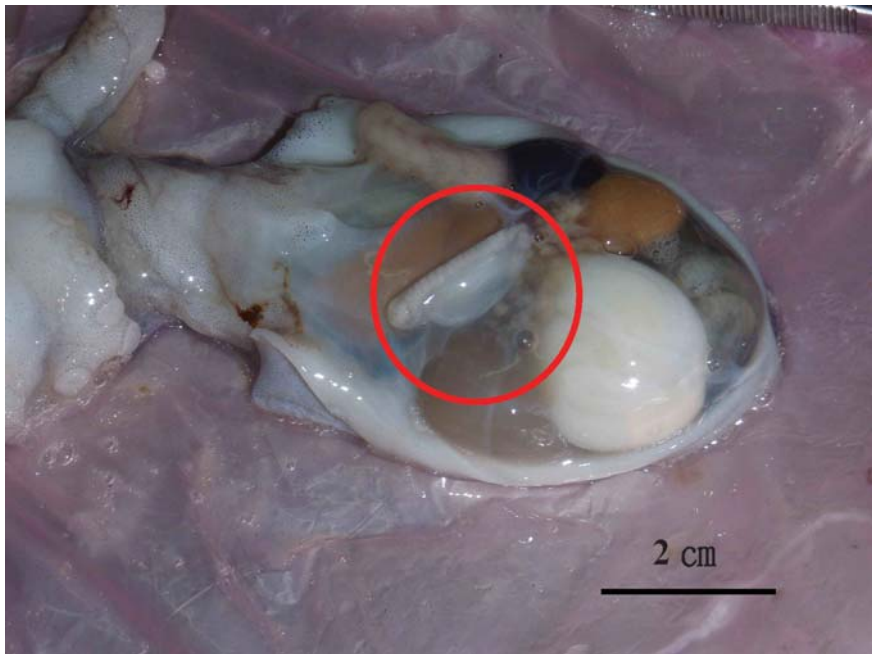


圖 8. 澎湖章魚陰莖內的精莖。

Fig. 8. Spermatophore in penis of Penghu octopus.

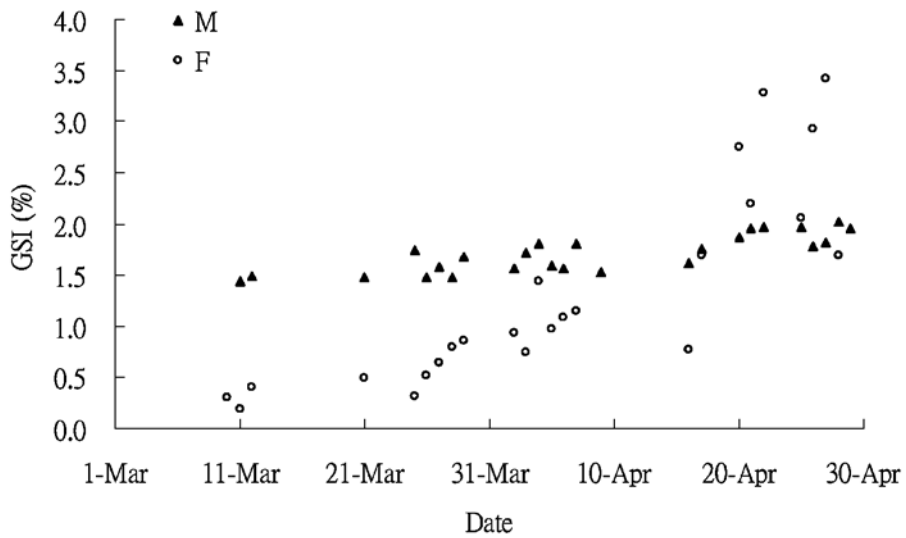


圖 9. 2008 年 3-4 月間澎湖章魚的生殖腺指數%變化。

Fig. 9. GSI (%) of Penghu octopus in March and April, 2008.

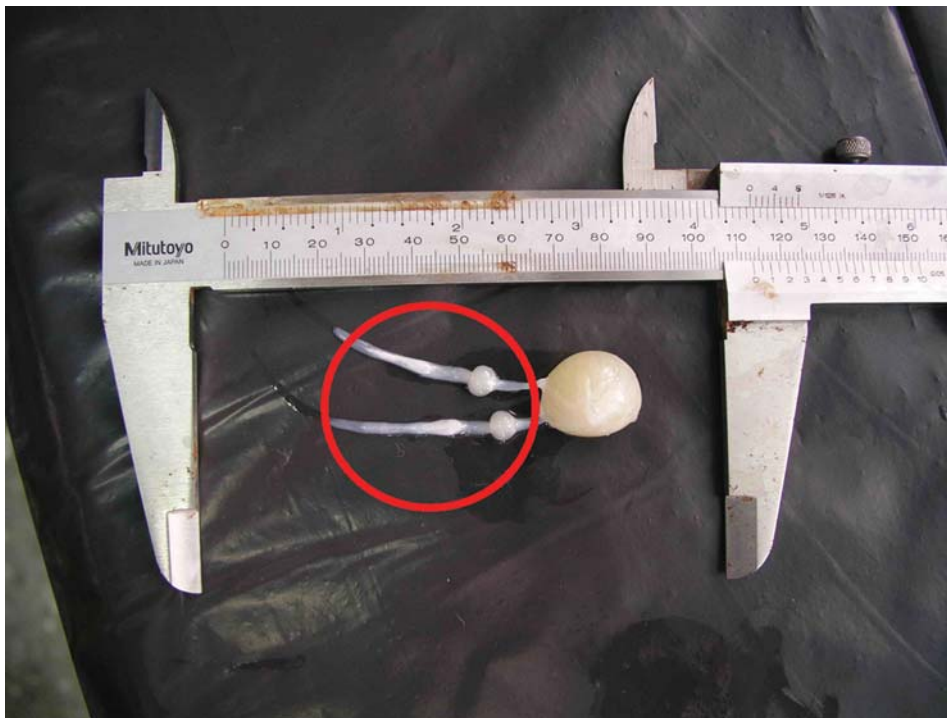


圖 10. 澎湖章魚輸卵管內的精筭。

Fig. 10. Spermatophores in oviduct of Penghu octopus.

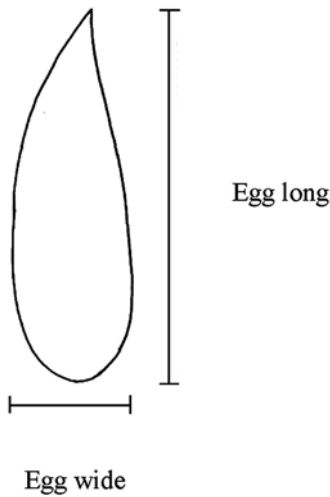


圖 11. 澎湖章魚卵的測量。

Fig. 11. Measurements of egg of Penghu octopus.

五、孕卵數量

2006 年雌的澎湖章魚的平均體重為  $60.9 \pm 18.0\text{g}$  (Mean  $\pm$  SD)，孕卵數  $59.3 \pm 23.6$  顆 (Mean  $\pm$  SD)；2007 年雌章魚的體重為  $71.1 \pm 20.4\text{g}$ ，孕卵數  $64.0 \pm 16.2$  顆；2008 年雌章魚的體重為  $100.9 \pm 20.3\text{g}$ ，孕卵數  $85.5 \pm 18.3$  顆；由上述資料顯示雌的孕卵數量有隨著體重增加的趨

勢(圖 12)，卵徑的大小亦會隨著 GSI 而成長(圖 13)。

六、澎湖章魚的飼養觀察

2005 年總共進行 5 次觀察，日期分別為 5 月 16 日、6 月 10 日、6 月 21 日、7 月 12 日及 8 月 26 日，迄 6 月 21 日的觀察還有活存的雄章魚，但 7 月 12 日的觀察已無雄章魚；7 月 12 日在同一池內不同的格柵板下方發現卵粒，分別為 10 顆及 17 顆卵(圖 14)，卵長為  $20.0 \pm 0.9\text{mm}$  (Mean  $\pm$  SD)、卵寬為  $5.7 \pm 0.2\text{mm}$ ；8 月 26 日並無發現產卵的跡象，僅發現 1 隻雌的澎湖章魚，經解剖發現體內有 3 顆卵，卵長、卵寬分別為(16.3 mm、5.3 mm)、(15.5 mm、5.1 mm)及(15.5 mm、4.8 mm)；2006 年共進行 3 次觀察，日期則分別為 7 月 18 日(底部鋪設格柵板)、8 月 3 日(透明塑膠圓桶)及 8 月 14 日(底部鋪設格柵板)。7 月 18 日發現格柵板下方 2 處產過卵的痕跡及 1 處有 30 顆卵，卵長為  $15.5 \pm 0.8\text{mm}$ 、卵寬為  $4.9 \pm 0.1\text{mm}$ ；8 月 3 日發現塑膠圓桶內有產過卵的痕跡，但無發現活存的章魚(圖 3)；8 月 14 日並無發現活存的章魚及產卵跡象。

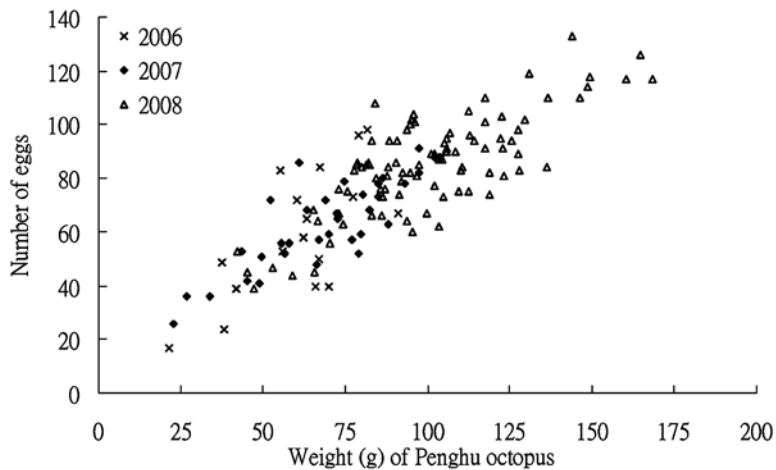


圖 12. 2006-2008 年澎湖章魚體重與孕卵數的關係。

Fig. 12. Relationship between body weight and number of eggs of Penghu octopus, 2006 to 2008.

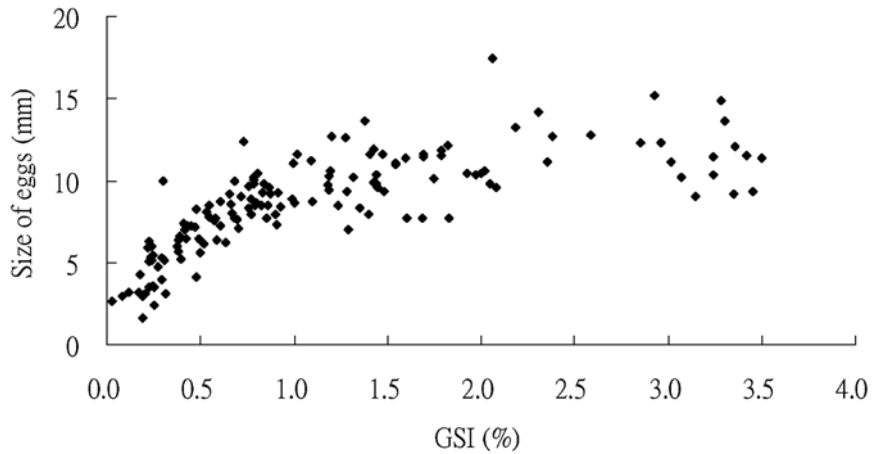


圖 13. 澎湖章魚生殖腺指數(%)與卵粒大小(卵長)的關係。

Fig. 13. Relationship between GSI (%) and egg length of Penghu octopus.

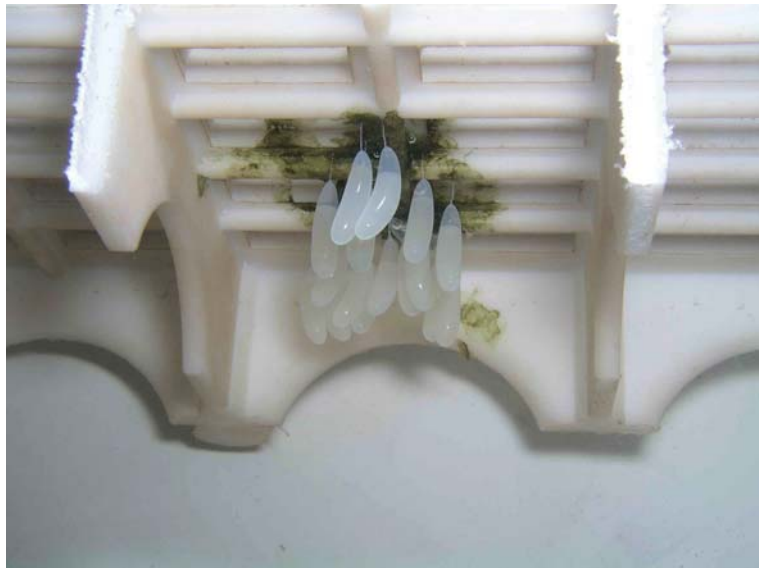


圖 14. 澎湖章魚的卵連著短絲垂掛在格柵板底下。

Fig. 14. Eggs of Penghu octopus attached on the bottom on PVC plank individually with a short stalk.

## 討 論

### 一、章魚的漁獲數量與大小

2008 年澎湖章魚的捕獲數量突然減少，而該年的 2 月澎湖發生持續低溫的氣候現象，有報告指出持續低溫對澎湖地區的底棲無脊椎

動物造成影響(鄭 2008)。2 月正是澎湖章魚開始出現在潮間帶的時候，且澎湖章魚是底棲性的生物，因此推測持續的低溫可能是造成澎湖章魚數量突然減少的原因。另一方面，在澎湖章魚數量減少的同時，活存下來的澎湖章魚卻獲得了較大的覓食空間及較少的食物競爭者，

所以平均體重較前 3 年(2005-2007 年)為重，且有統計上的明顯差異(表 1)。

澎湖章魚每年在 3 月初到 3 月底其體重皆有增加的趨勢，然而 4 月初到 4 月底的體重反而沒有增加，推斷這可能與攝食及生理上的變化有關。從蓄養在實驗室的澎湖章魚可以發現，4 月份的攝食量有大幅降低的現象(蔡等 2005)可以說明。

## 二、性比

章魚在交配時，雄章魚會以交接腕將精筭送到雌章魚的體內，在真章魚 *Octopus vulgaris* 身上發現精筭會由輸卵管進入並暫存在輸卵管線內(Froesch and Marthy 1975)，因此雌章魚交配後就可以在輸卵管內發現精筭。從 2005-2008 年採集澎湖章魚之紀錄顯示，每年在 3 月中旬時，就可以發現雄的澎湖章魚體內的陰莖(輸精管末端)內有精筭，這表示雄性大部分在這個時候都已經成熟，也有交配能力，但這個時候雌性生殖腺指數相對小，要一直等到 3 月下旬以後，方會在澎湖章魚的輸卵管內發現精筭，這顯示澎湖章魚每年此時來到潮間帶的目的，除了覓食及成長外，似乎還多了交配的任務。而另一方面，隨著交配行為的開始，採集數量在 4 月上、中旬會出現一年的數量高峰(圖 4)，2005-2008 年都有相同的結果，這樣的現象是否與生殖行為有關，值得再進一步研究解析。

3-4 月間澎湖章魚在潮間帶的性比變化，分析結果顯示出 4 月份通常比 3 月份為高，尤其是 4 月中旬以後雄性明顯比雌性多，雖然 2008 年的雄性比例尤其偏高，但性比的變化每年似都有相同的趨勢(圖 7)。4 月中旬以後雄性個體明顯比雌性多，加上在潮間帶捕獲有交配過的雌性澎湖章魚數量並不多的現象，推測是交配後的雌性澎湖章魚會先離開潮間帶，因為既不攝食又已交配完成，就失去留在潮間帶的意義，而且留在潮間帶活動反而會增加被捕

食的風險；另外，推測雄性比例增加的原因可能是為了增加散播基因的目的，儘可能的留在潮間帶尋找交配的機會。綜合這些結果顯示：澎湖章魚到潮間帶的目的應是為了攝食、成長及交配，而雌章魚完成交配後便會離開潮間帶。這種現象在真章魚也有類似的行為出現(Oosthuizen and Smale 2003)。5 月份以後在潮間帶捕獲的雄章魚數量也大幅減少，有可能自然死亡，也有可能藏匿在隱密的地方，因為這時的澎湖章魚幾乎不會再攝食，但蓄養在實驗室內的雄章魚則有活存至 6 月下旬的紀錄。

## 三、卵與生殖腺成熟指數

雄章魚的生殖腺指數在 3-4 月間變化不大，而雌章魚的生殖腺指數則有漸漸增加的趨勢。每年在 3 月中旬就可以發現大部分雄章魚的陰莖內已經有精筭，表示此時大部分的雄章魚都已經成熟，也有交配的能力。但雌章魚的生殖腺指數在 3 月上旬還只有 0.5%，卵的長度不到 6 mm，4 月下旬時其生殖腺指數有些已經超過 3%，有些卵長可達到 15 mm，卵會隨著生殖腺指數的增加而增大。雖然從 5 月份到產卵(7 月份)的這段時間，無法捕獲野外的澎湖章魚。所以，並沒有卵巢內卵粒數目的資料。但從澎湖章魚的產卵紀錄中發現最多只有產 30 顆卵(2006 年)，此數值僅是同年 3-4 月間野生捕獲雌章魚平均孕卵數 59.3 顆的一半。另一方面，同年剛交配後的澎湖章魚其卵粒大小為  $5.6 \times 1.4$  mm，而產出卵粒為  $15.5 \times 4.9$  mm，顯然比剛交配後的卵粒大。此符合卵在成熟的過程中，因為母體提供的營養及卵巢的空間有限，所以卵之間會互相排擠營養及空間，搶輸的卵便會發生解降現象(Boyle and Chevris 1991)，使得實際的產卵數量比 3-4 月間的孕卵數低很多。

短生命週期的物種，幾乎沒有世代重疊的現象。族群量的大小受補充量強度的影響，而補充量的強度就相當於生殖力，潛在的繁殖力

與母體內的孕卵數有關，所以母體的孕卵數會影響下一個世代的族群量。2008 年的澎湖章魚受天候影響導致數量減少，但相對的覓食空間增加、食物競爭較少，獲取的食物較多，體重皆較前幾年為重，孕卵數也同時增多，繁殖力相對較強，推測可以提升下一個世代的數量。所以隔年(2009 年)澎湖章魚的數量及體重的變化，值得進一步探究其結果是否吻合。

#### 四、產卵

澎湖章魚可以在人工環境下自然產卵，而產卵的地點通常是選擇在極其隱密且穩固的地方。本研究在鋪上碎珊瑚骨骼的格柵板下方，或是使用埋藏在碎珊瑚骨骼下的塑膠桶內，都可以發現產卵的蹤跡。澎湖章魚會在產卵的地點分泌一層墨綠色物質，然後再將卵一顆顆的掛在墨綠色物質下方，所以產過卵的地方就會留下那層墨綠色的物質，可以藉此判別產卵地點。澎湖章魚的體型不大，但卵粒不小，所以產卵數量不多，本研究記錄到最多的產量為 30 顆卵，而其他產大卵粒的章魚如溝章魚 *Octopus briareus*、麝香章魚 *Eledone moschata*、杓腕章魚 *Bathypolypus arcticus* 等其產卵數也均在 1,000 顆以下，這與真章魚產 10-50 萬顆卵(Boyle 1983)相比，顯然是各有不同的生殖策略。從觀察的結果發現澎湖章魚的產卵期大約從 7 月開始，但也有記錄到 6 月下旬就開始產卵(蔡等 2005)，同時在 8 月下旬還可發現有孕卵的雌章魚活存在實驗室內，因此推測主要產卵期應為 7-8 月間，而整個產卵期可能從 6 月底到 9 月初。在 2006 年 4 月初(4 月 7 日)記錄到已交配的澎湖章魚到 7 月中旬(7 月 18 日)發現產卵共經過了 103 天的時間，而粗糙章魚 *O. tetricus* 從交配到產卵也有 113 天的紀錄(Joll 1976)，此現象對短生命週期的物種來說，從交配到產卵似乎有一段不算短的時間。

綜觀澎湖章魚出現在潮間帶的生活史，以農曆的傳統節氣來看，似乎充滿了甚多的吻合

性。澎湖章魚於立春時會在潮間帶出現，驚蟄之後雄章魚已經成熟，可以在陰莖內發現精筭，清明前後會有大量的章魚在潮間帶出現，並且可以發現已交配的雌章魚，穀雨之後雌章魚的比例減少，立夏之後澎湖章魚逐漸在潮間帶消失，直到隔年的立春時分澎湖章魚再次出現在澎湖的潮間帶。

雖然本研究初步了解澎湖章魚來到潮間帶的目的，也粗估了數量與漁獲量的變化，但還有許多未探究的議題，如：交配會不會促進卵的成長？5-6 月份澎湖章魚的生殖腺指數及卵的成長變化如何？澎湖章魚完整的生活史？雖然在實驗室可以讓澎湖章魚產卵，但到目前為止仍未能尋覓野外的產卵紀錄，這些仍有待後續的研究。

## 謝 誌

本研究承蒙周田順、周田禧先生協助進行章魚的採捕，盧重成教授、何瓊紋小姐對章魚的鑑定及提供有關章魚的寶貴意見，還有農委會水產試驗所澎湖海洋生物研究中心高伸郁先生協助章魚的蓄養，方使本研究得以順利完成，謹此表達由衷謝意。

## 引用文獻

- 洪國雄。2000。澎湖海邊常見生物。澎湖縣文化局。
- 蔡萬生、林金榮、黃丁士、陳東本。2005。澎湖章魚繁養殖試驗。水產試驗所 93 年度年報。行政院農業委員會水產試驗所。
- 鄭明修。2008。無脊椎動物資源調查。澎湖海域寒災後海洋生態及漁業資源調查論文集。行政院農業委員會水產試驗所。238-294 頁。
- Boyle, P. R. (ed.). 1983. Cephalopod life cycles. Species Accounts. Vol. 1. London, New York,

Academic Press. 475 pp.

- Boyle, P. R. and D. Chevis. 1991. Changes in follicle cell epithelium nuclei at the onset of vitellogenesis in the octopus *Eledone cirrhosa*. *Bulletin of Marine Science* 49: 372-378.
- Froesch, D. and H. J. Marthy. 1975. The structure and function of the oviducal gland in octopus (Cephalopoda). *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 188: 95-101.
- Ho, C. W., C. C. Cheng and C. C. Lu. 2006. Species complex of *Octopus minor* (Cephalopoda: Octopodidae) from Taiwan waters, including two new species. *Cephalopod International Advisory Council Symposium*, 7 Feb. 2006, Hobart, Australia.
- Joll, L. M. 1976. Mating, egg-laying and hatching of *Octopus tetricus* (Mollusca: Cephalopoda) in the laboratory. *Marine biology* 36: 327-333.
- Lu, C. C. 1998. Diversity of Cephalopod from the waters around Taiwan. *Phuket Marine Biological Center Special Publication* 18(2): 331-340.
- Oosthuizen, A. and M. J. Smale. 2003. Population biology of *Octopus vulgaris* on the temperate south-eastern coast of South Africa. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83(3): 535-541.
- Tsunemi, K. and C. C. Lu. 2002. A review of Cephalopod fauna in Chinese-Japanese subtropical region. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Symposium on Collection Building and Natural History in Asia and the Pacific Rim* 22: 159-171.



## 台灣產淚毛刺蟹科蟹類

# Crabs of the Family Dacryopilumnidae (Decapoda: Brachyura) from Taiwan

李政璋<sup>1</sup> 何平合<sup>2</sup> 李展榮<sup>1,\*</sup>

Jheng-Jhang Li<sup>1</sup>, Ping-Ho Ho<sup>2</sup> and Jan-Jung Li<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立海洋生物博物館 屏東縣車城鄉後灣村後灣路2號

<sup>2</sup> 國立台灣海洋大學環境生物與漁業科學學系 基隆市中正區北寧路2號

<sup>1</sup> National Museum of Marine Biology and Aquarium, Pingtung, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Environmental Biology and Fisheries Science, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan

\* 通訊作者: jjli@nmmba.gov.tw

\* Corresponding author: jjli@nmmba.gov.tw

## 摘要

本文報導淚毛刺蟹科(Dacryopilumnidae) 1屬2種: 芮氏淚毛刺蟹 *Dacryopilumnus rathbunae* Balss, 1932 與隱士淚毛刺蟹 *Dacryopilumnus eremita* Nobili, 1906。兩者皆採集自台灣的離島小蘭嶼, 後者為台灣海域新紀錄, 且是目前東亞島弧最南端之分布。本文記述這兩種之形態與生態, 提供檢索表, 並附彩色生態照片, 以及頭胸甲、蟹足與步足之特徵線繪圖。

## Abstract

This paper reports 2 species of the dacryopilumnid crabs *Dacryopilumnus rathbunae* Balss, 1932 and *Dacryopilumnus eremita* Nobili, 1906 from Xiaolanyu, a remote island adjacent to Taiwan. *D. eremita* was a new record, and the island was its southernmost range of its distribution along the Festoon islands of Southeast Asia. Morphology and ecology of the two species are described, color pictures of their

natural habitat, drawings of the carapace, and cheliped and ambulatory leg are provided, and a species identification key is presented.

**關鍵詞：**芮氏淚毛刺蟹、隱士淚毛刺蟹、淚毛刺蟹科、新紀錄、台灣

**Key words:** *Dacryopilumnus rathbunae*, *Dacryopilumnus eremita*, Dacryopilumnidae, new record, Taiwan

收件日期：98年12月21日

接受日期：99年4月1日

Received: December 21, 2009

Accepted: April 1, 2010

## 緒 言

淚毛刺蟹科(Dacryopilumnidae)的分類地位在近年由酋婦蟹科(Eriphiidae)下的淚毛刺蟹亞科(Dacryopilumninae) (Ng *et al.* 2001)被提升為科的層級(Ng *et al.* 2008)。本科目前僅有淚毛刺蟹屬(*Dacryopilumnus*) 1 屬，包含芮氏淚毛刺蟹 *Dacryopilumnus rathbunae* Balss, 1932 與隱士淚毛刺蟹 *Dacryopilumnus eremita* Nobili, 1906 等 2 種，皆為小型的潮間帶蟹類，廣泛分布於印度—西太平洋，以往在台灣海域僅有 *D. rathbunae* 的 1 筆紀錄於蘭嶼(Suzuki 1985)。

本研究在 2009 年夏季開始於小蘭嶼的潮間帶生物調查中，於該島北岸(21°57'10.53N, 121°36'27.75E)同時發現這 2 種淚毛刺蟹，皆穴居於中高潮帶的珊瑚礁洞穴中，數量豐富，日夜均可見，極少有遠離洞口活動的個體，受人為侵擾也不會立即往洞穴躲藏。其中 *D. eremita* 是首度發現於台灣海域，亦為東亞島弧最南端之紀錄。調查期間於 7、8 月份，可發現許多抱卵母蟹，懷抱的卵粒已達發眼階段，10 月可見許多甲寬 2 mm 左右的年輕個體，推測這兩種主要於夏季交配，秋季族群入添(recruitment)。

## 材料與方法

在日間與夜間退潮時間前往小蘭嶼各潮間帶徒手採集。檢視之標本個體利用游標尺量測頭胸甲寬(carapace width, cw, 即頭胸甲左右最寬之距離)與頭胸甲長(carapace length, cl, 即頭胸甲額緣中央至後緣中央之距離)，以 mm 為單位。標本存放於國立海洋生物博物館(National Museum of Marine Biology and Aquarium, NMMBA)與國立台灣海洋大學(National Taiwan Ocean University, NTOU)。

## 結果與討論

經鑑定結果，這兩種的形態特徵可容易區分，檢索如下：

1. 頭胸甲顆粒粗，具短剛毛，眼窩至額區表面平坦無下凹，蟹足掌節外側面為較疏的短剛毛，可見於甲殼表面，體色偏紅褐色.....  
.....芮氏淚毛刺蟹(*Dacryopilumnus rathbunae*)
- 頭胸甲顆粒細，光裸無毛，眼窩至額區表面明顯下凹，蟹足掌節外側面覆以短絨毛或剛毛，不易見到甲殼表面，體色偏灰白色.....  
.....隱士淚毛刺蟹(*Dacryopilumnus eremita*)

淚毛刺蟹科

Family Dacryopilumnidae Serène, 1984

淚毛刺蟹屬

Genus *Dacryopilumnus* Nobili, 1906

芮氏淚毛刺蟹

*Dacryopilumnus rathbunae* Balss, 1932

圖 1A; 2A; 3A

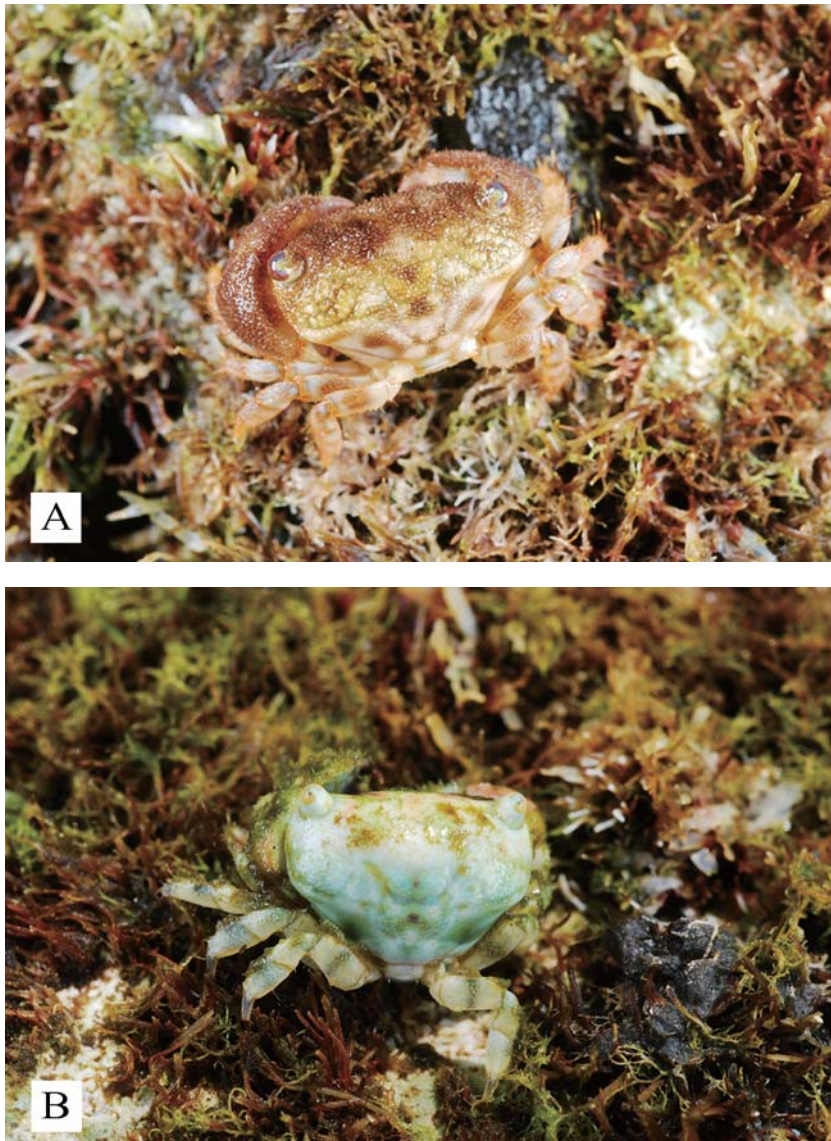


圖 1. 淚毛刺蟹屬(*Dacryopilumnus*)蟹類生態照：A, 芮氏淚毛刺蟹(*D. rathbunae*), 甲長約 5 mm, 甲寬約 10 mm；B, 隱士淚毛刺蟹(*D. eremita*), 甲長約 4 mm, 甲寬約 7 mm。

**Fig. 1.** *D. rathbunae* (A, cl 5 mm, cw 10 mm) and *D. eremita* (B, cl 4 mm, cw 7 mm) in natural habitat.

*Nullicrinis amplifron* Edmondson, 1935: 32, pl. 2, figs. 10a-c.

*Dacryopilumnus rathbunae* Balss, 1932: 515; Sakai, 1939: 525, pl. 99, fig. 2; 1976: 482, pl. 173, fig. 3, text-fig. 257; Seréne, 1984: 313, pl. XLVII (F); Suzuki, 1985: 56; 戴愛雲等, 1986: 336, fig. 176 (1), pl. 48 (6); Ng *et al.*, 2001: 23; 2008: 57; Davie, 2002: 173.

檢視標本：7♂♂, cl 3.5-4.8, cw 5.2-7.6; 3♀♀, cl 4.7-7.0, cw 6.4-10.1, NMMBCDA3115, 小蘭嶼, 2009.8.24, 李政璋採集。

形態特徵：頭胸甲橫卵圓形，前寬後窄，寬約為長的1.4倍，表面拱起，具粗顆粒，前1/2-2/3處密覆短毛，分區明顯，前側區與胃區後之顆粒較細。額寬，下彎，額緣中央稍凹，兩眼間距約為甲寬的3/5-4/5。眼窩橢圓形，位於背面，眼可完全收入。雙螯同型，左右略不等大，兩指黑色，除末端光滑外具細小顆粒，咬合緣具鈍齒，指端圓鈍，略呈匙形，掌部與腕節內外均有顆粒，外側面皆覆短絨毛；長節三稜形，大致光滑，具細小顆粒。第1至第4步足依次漸短，各節背緣具少量剛毛與顆粒，第4步足長節腹緣近基部亦有較大顆粒。

體色：頭胸甲與螯、步足背面紅褐色，頭胸甲前2/3處帶綠色；後1/3與步足顏色較淡，螯指褐色，步足長節上緣中央與前節、腕節上緣基部略具較深色的環帶，眼紅褐色或藍色。

棲地：珊瑚礁中高潮線之洞穴，近高潮線處較為乾燥、無海藻覆生。

分布：印度—西太平洋之聖誕島(Christmas Island)、可可斯島(Cocos Islands)、哥斯群島(Chagos Islands)、日本、海南島、台灣。

備註：本種蟹隱身硬質洞穴中，不易採獲，所得的個體中以雄性居多，雌性較少。

#### 隱士淚毛刺蟹

*Dacryopilumnus eremita* Nobili, 1906

圖 1B; 2B; 3B; 4

*Dacryopilumnus eremita* Nobili, 1906a: 264; 1906b: 400, pl. 2, figs. 4, 4a; Edmondson, 1925: 42; Sakai, 1939: 524, text-figs. 50a-c; 1976: 481, text-figs. 256a-c; Seréne, 1984: 313, pl. XLVII (E); Davie, 2002: 173; Ng *et al.*, 2008: 57.

檢視標本：1♂, cl 3.7, cw 5.0; 4♀♀ (2 ovig. ♀♀), cl 4.0-6.0, cw 5.8-8.0, NMMBCDA3116, 小蘭嶼, 2009.7.10, 李政璋採集。1♂, cl 4.8, cw 5.9; 7♀♀ (1 ovig. ♀), cl 3.9-5.5, cw 6.4-9.9, NTOU980712, 小蘭嶼, 2009.7.12, 李政璋採集。3♂♂, cl 3.9-4.8, cw 5.6-6.2; 10♀♀ (3 ovig. ♀♀), cl 4.1-5.7, cw 6.1-7.5, NMMBCDA3117, 小蘭嶼, 2009.8.18, 李政璋採集。

形態特徵：頭胸甲橫卵圓形，前寬後窄，寬約為長的1.4倍，表面拱起，具細顆粒，前1/2-2/3處密覆短毛，胃區的H形溝紋較明顯，其餘不清楚。額寬，下彎，甚內凹，兩眼間距約甲寬的3/5-4/5。眼窩橢圓形，位於背面，眼可完全收入。雙螯同型，左右略不等大，兩指黑色，除末端光滑外具細小顆粒，咬合緣具鈍齒，指端圓鈍，略呈匙形，掌部與腕節內外均有顆粒，此兩節外側在雌性密覆絨毛，掩蓋住甲殼表面，在雄性則為較長之剛毛，去毛後可見背緣至腹緣皆有粗顆粒；長節三稜形，大致光滑，具細小顆粒。第1至第4步足依次漸短，各節背緣具少量剛毛與顆粒，第4步足長節腹緣近基部亦有較大顆粒。

體色：頭胸甲與螯、步足背面灰白色，部分個體在頭胸甲前1/3處以及額區凹陷處呈深褐色；兩螯指為褐色，雌性不動指由末端至基部為褐色，雄性則可延伸至掌節腹側。步足長節上緣中央與前節、腕節上緣基部略具模糊的灰色環帶，指端角質褐色，眼白色或帶淺黃或淺藍色。

棲地：珊瑚礁洞穴之中高潮線，在潮水可及且密生海藻的中潮線洞穴數量較多。

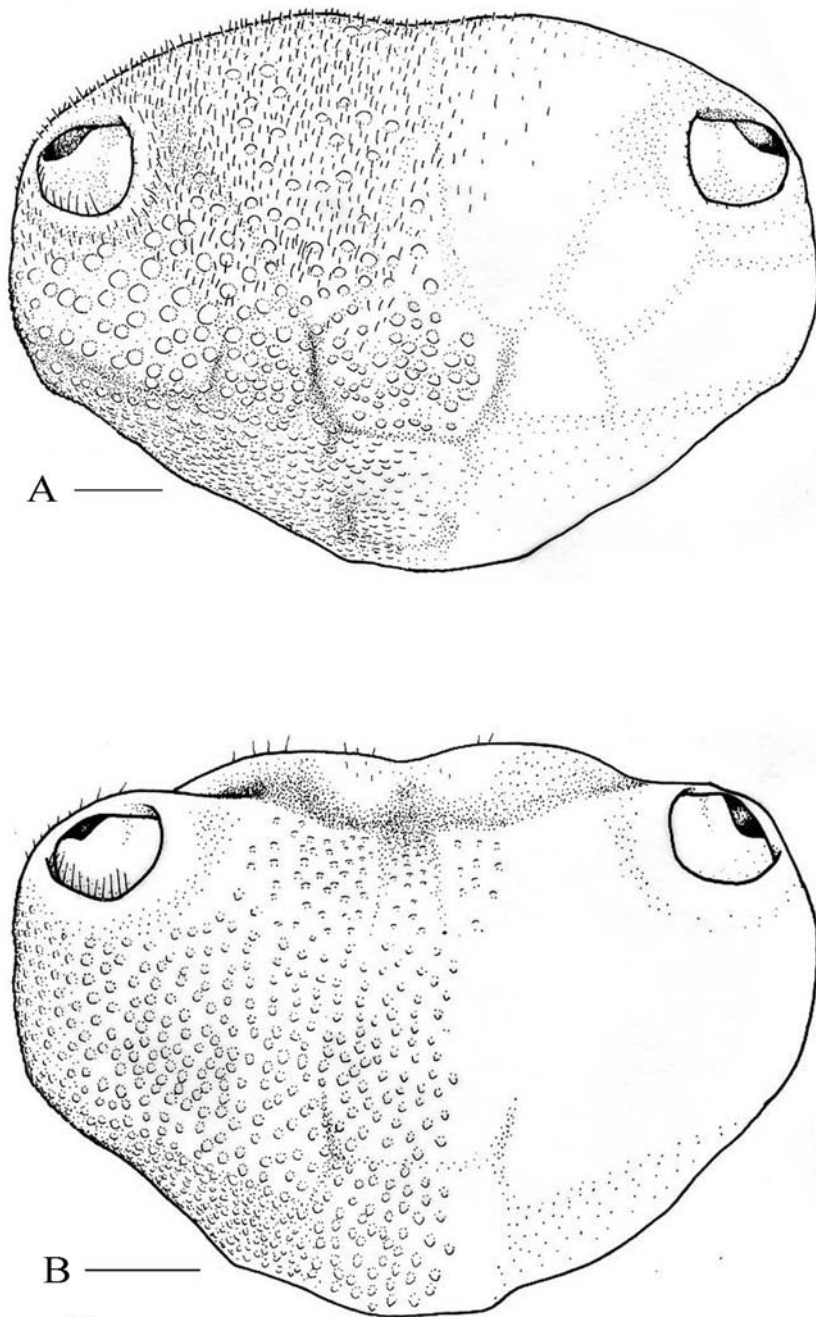


圖 2. 淚毛刺蟹屬(*Dacryopilumnus*)頭胸甲背面觀(只畫出左半部顆粒)：A, 芮氏淚毛刺蟹(*D. rathbunae*)；B, 隱士淚毛刺蟹(*D. eremita*)。比例尺 1 mm。

**Fig. 2.** Dorsal views of carapace of *D. rathbunae* (A) and *D. eremita*. (B) (scale bar = 1 mm; granules drawn on the left side).

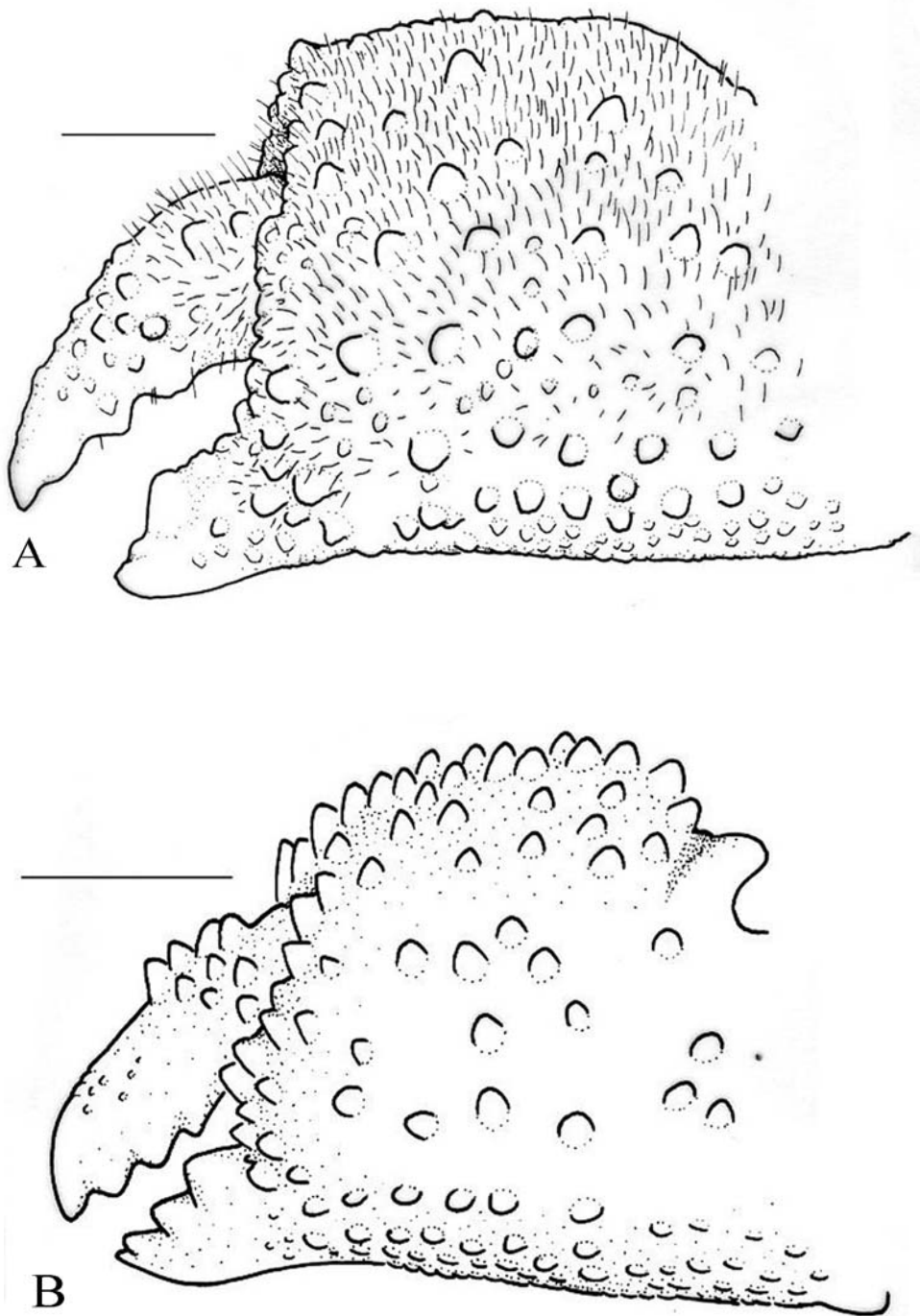


圖 3. 淚毛刺蟹屬(*Dacryopilumnus*)左側螯足。A, 芮氏淚毛刺蟹(*D. rathbunae*)；B, 隱士淚毛刺蟹(*D. eremita*) (去除絨毛)。比例尺 1 mm。

**Fig. 3.** Left cheliped of *D. rathbunae* (A) and *D. eremita* (B) without setose (scale bar = 1 mm).

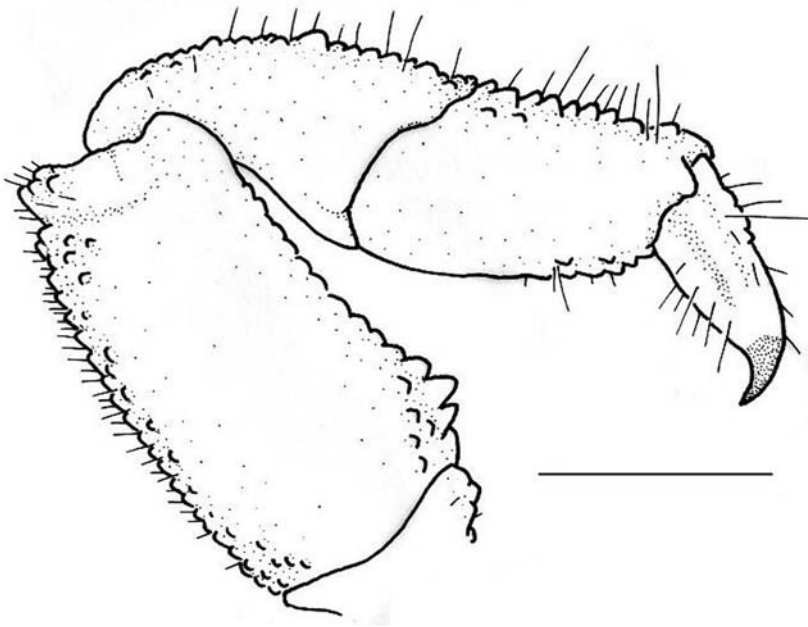


圖 4. 隱士淚毛刺蟹(*D. eremita*)右側第 4 步足背面觀。比例尺 1 mm。

Fig. 4. Dorsal view of the right fourth ambulatory leg of *D. eremita* (scale bar = 1 mm).

分布：歐羅巴島(Europa Island)、日本北大東島(Kita-Daitōjima)、密克羅尼西亞群島之威克島(Wake Island)與波里尼西亞之土阿莫圖群島(Tuamotu Islands)等。台灣為首次紀錄。

備註：棲息硬質洞穴中不易採集，採獲的個體中以雌性居多且體型較大，雄性則較少且體型也較小。

## 謝 誌

本研究承蒙內政部營建署海洋國家公園管理處之「小蘭嶼自然資源調查」(案號 98404)提供經費，謹申謝忱。

## 引用文獻

戴愛雲、楊思諒、宋玉枝、陳國孝。1986。中國海洋蟹類。海洋出版社。北京。  
Balss, H. 1932. Ueber einige systematisch

interessante Xanthidae (Crustacea, Decapoda Brachyura) der Harmschen Reisen nach dem Sundaarchipel. Zeitschrift wissenschaften Zoologische 102(4): 510-519.

Davie, P. J. F. 2002. Crustacea: Malacostraca: Eucarida (Part 2): Decapoda- Anomura, Brachyura. In: A. Wells and W. W. K. Houston (eds.). Zoological Catalogue of Australia. Vol. 19.3B. Melbourne: CSIRO Publishing. Australia. 1-641.

Edmondson, C. H. 1925. Crustacea of tropical central Pacific. Bernice P. Bishop Museum Bulletin 27: 3-62.

Edmondson, C. H. 1935. New and rear Polynesian Crustacea. Occasional Papers of the Bernice P. Bishop Museum 10(24): 1-40.

Ng, P. K. L., C. H. Wang, P. H. Ho and H. T. Shih. 2001. An annotated checklist of brachyuran crabs from Taiwan (Crustacea: Decapoda).

National Taiwan Museum Special Publication  
Series 11: 1-86.

Ng, P. K. L., D. Guinot and P. J. F. Davie. 2008.  
Systema brachyurorum: Part I. An annotated  
checklist of extant brachyuran crabs of the  
world. *The Raffles Bulletin of Zoology* 17:  
1-286.

Nobili, G. 1906a. Diagnoses préliminaires de  
Crustacés Décapodes et Isopodes nouveaux  
recueillis par M. le Dr G. Seurat aux îles  
Touamotou. *Bulletin du Muséum d'Histoire  
naturelle* 12(5): 256-270.

Nobili, G. 1906b. Ricerche sui Crostacei della  
Polinesia. Decapodi, Stomatopodi, Anisopodi  
e Isopodi. *Memori della Reale Accademia  
delle Scienze di Torino, sér. 2*, 57: 351-430.  
pl. 1-3.

Sakai, T. 1939. Studies on the crabs of Japan. IV.  
Brachygnatha, Brachyrhyncha. Yokendo,  
Tokyo, Japan. 365-741.

Sakai, T. 1976. Crabs of Japan and the adjacent  
seas. Kodansha. Tokyo, Japan. 1-379. pl. 1-251.

Séréne, R. 1984. Crustaces Decapodes Brachyours  
de l'Océan Indien occidental et de la Mer  
Rouge. Xanthoidea: Xanthidae et Trapeziidae.  
Addendum Carpiliidae et Menippidae-A.  
Crosnier. *Faune Tropicale*. 1-400. pl. 1-48.

Suzuki, H. 1985. A list of the macro-crustaceans  
collected from Formosa. Report on the ocean  
environment of the southern Ryukyu Islands  
2: 49-59.

## 台灣產薯蕷屬植物親緣關係之研究

# Phylogenetic Relationship of the Genus *Dioscorea* L. (Dioscoreaceae) of Taiwan

徐光明<sup>1,2</sup> 蔡進來<sup>1,\*</sup> 陳明義<sup>1</sup>

Kuang-Ming Hsu<sup>1,2</sup>, Jinn-Lai Tsai<sup>1,\*</sup> and Ming-Yih Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國立中興大學生命科學系 台中市國光路 250 號

<sup>2</sup> 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

<sup>1</sup> Department of Life Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

<sup>2</sup> Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

\* 通訊作者: jltsai@dragon.nchu.edu.tw

\* Corresponding author: jltsai@dragon.nchu.edu.tw

## 摘 要

多種薯蕷屬植物為經濟作物。為探討台灣產薯蕷屬植物之親緣關係，本研究以 *matK* 與 *rbcL* 二段葉綠體基因片段作為遺傳標誌，自台灣本島及離島採集 16 種薯蕷屬植物，並從 GenBank 下載 8 種薯蕷屬植物序列進行比對，使用 PAUP 軟體進行 neighbor joining、maximum parsimony 及 maximum likelihood 親緣關係分析，並與 Bayesian 樹狀圖整合呈現。結果顯示台灣產薯蕷屬植物主要分為二大分支，一為根狀莖節(section *Stenophora*)；另一分支包含丁字形毛節(section *Combilium*)、基生翅節(section *Opsophyton*)、複葉節(section *Botryosicyos*)、白薯榔節(section *Lasiophyton*)及周生翅節(section *Enantiophyllum*) 5 節，這 5 節之親緣關係在此分支中亦可明確區分開來。本研究之分子數據演算結果與形態分類相吻合，支持台灣產薯蕷屬植物，在屬階層之下分屬 6 節的分類架構。

## Abstract

Several species of the genus *Dioscorea* (Dioscoreaceae) are commercially important cultivated plants. We used DNA sequences of the chloroplast genes *rbcL* and *matK* to conduct phylogenetic analysis of 16 species of *Dioscorea* from Taiwan with 8 species of China, Thailand and Madagascar retrieved from GenBank as the referent species. The phylogenetic trees were constructed with the neighbor joining, maximum parsimony, maximum likelihood, and Bayesian methods. The phylogenetic tree reconstructed revealed that Taiwan's *Dioscorea* were divided into two clades; clade A is the section *Stenophora* and clade B is composed of the sections *Combilium*, *Opsophyton*, *Botryosicyos*, *Lasiophyton* and *Enantiophyllum*. The phylogenetic relationship of the *Dioscorea* in Taiwan based on the cpDNA sequences agreed with that derived from the morphological characters. The datasets also supported the infrageneric structure.

**關鍵詞：**薯蕷屬、葉綠體基因片段、親緣關係、台灣

**Key words:** *Dioscorea*, chloroplast genes, phylogeny, Taiwan

收件日期：98年12月17日

接受日期：99年2月24日

Received: December 17, 2009

Accepted: February 24, 2010

## 緒 言

薯蕷科(Dioscoreaceae)為纏繞草質或木質藤本之單子葉植物。本科在全球分類處理上為3-20屬，約650種(Huber 1998)。2003年被子植物APG II (Angiosperm Phylogeny Group)分類法將 Taccaceae 和 Trichopodaceae 二科併入薯蕷科。薯蕷屬(*Dioscorea*)為本科中種類最多且分布最廣泛的1屬，全球約600種，大多分布在熱帶及亞熱帶地區，以中南美洲最多，其次為東南亞及非洲。

薯蕷俗稱山藥，為全球10大根莖類作物之一，其根莖或塊莖除可供食用，亦為重要之保健藥用植物。薯蕷富含蛋白質、氨基酸、礦物質、酵素及粘質多糖體，另含有薯蕷皂苷(diosgenin)等成分，具有抗氧化及增強免疫功能，

另可消除蛋白尿、抑制細胞突變及降低膽固醇等藥效，極具研發價值(劉等 1999; 曾 2005; 郭 2008; Xie *et al.* 2009; Zhang *et al.* 2010)。

本屬植物在台灣的分類研究，最早可追溯到1861年，Swinhoe所採的*Dioscorea doryphora* Hance 標本(Hance 1866)。Henry (1896)列述台灣原生本屬植物共有5種及1未知種；之後多位日本學者列述到薯蕷屬植物的有 Matsumura and Hayata (1906)的6種1變種；Kawakami (1910)6種1變種；Hayata (1921)10種；Yamamoto (1927)9種2變種及 Masamune (1954)發表的13種5變種。台灣學者 Liu and Huang (1962)列出14種4變種；第一版《台灣植物誌》中列出13種4變種(Liu and Huang 1978)；《台灣植物誌》第二版共記載14種4變種(Huang and Hsiao 2000)。近年來雖有廖俊奎

(2000)、蕭錦隆(2001)、陳慧婷(2003)及謝寰羽(2008)針對台灣產薯蕷屬植物作分類處理，但仍有不同的見解。

薯蕷屬下的分類系統，Knuth (1924)共記錄 603 種，以種翅與根莖或塊莖的形態將本屬分為 *Helmia* (Knuth) Benth.、*Eudioscora* Pax.、*Stenophora* (Uline) R. Knuth 及 *Testudinaria* (Salisb.) Uline 等 4 亞屬(subgenus)及 58 節(section)；後來 Huber (1998)將本屬分為 25 節。Ding and Gilbert (2000)依照植物體毛、種翅、地下部形態及單複葉，將產於中國地區的本屬區分為 8 節。若依照 Ding and Gilbert (2000)的分類處理，台灣產薯蕷屬植物可細分為 6 節：根狀莖節(*Stenophora* Uline)、丁字形毛節(*Combilium* Prain & Burkill)、基生翅節(*Opsophyton* Uline)、複葉節(*Botryosicyos* (Hochstetter) Uline)、白薯榔節(*Lasiophyton* Uline)及周生翅節(*Enantiophyllum* Uline)。

本屬部分分類群的外部形態特徵相近，枝葉特徵變異範圍重疊，若缺少花、果或地下塊莖等加入比對，難確定分類群。近年來，DNA 序列資料的獲得比以往更加快速，並大量地被使用在重新探討植物的親緣關係(Soltis and Soltis 1995)。位於葉綠體 DNA 單拷貝區之非轉錄區 DNA (noncoding region of chloroplast DNA)，由於其演化速率較快，常應用於屬內種間之親緣關係探討(Wolfe *et al.* 1987)。Caddick *et al.* (2002)曾利用 *rbcL* 序列探討薯蕷科植物之親緣，Wilkin *et al.* (2005)以 *matK* 與 *rbcL* 序列探討本屬的親緣關係。本研究試以 *matK* 與 *rbcL* 二段葉綠體 DNA 作為遺傳標誌，探討台灣產薯蕷屬植物的親緣關係。

## 材料與方法

本研究自台灣本島及離島採集 16 種薯蕷屬植物(表 1)，並從 NCBI GenBank 下載 8 種薯蕷屬植物序列作為比對參考(表 2)；另外，

選用百部科(Stemonaceae)百部屬(*Stemona*)的百部(*S. tuberosa*)及 2 種隸屬於蒟蒻薯科(Taccaceae)蒟蒻薯屬(*Tacca*)的植物：蒟蒻薯(*T. leontopetaloides*)、箭根薯(*T. chantieri*)為外群材料。DNA 萃取樣本取用新鮮葉片或以矽膠進行快速乾燥之材料，葉組織以液態氮研磨，依 Doyle and Doyle (1987) CTAB 的萃取方式將 DNA 萃取出，並定量。使用的引子參考 Wilkin *et al.* (2005)所定序之 *Dioscorea*、*Tacca* 與 *Burmanna* 的 *matK* 與 *rbcL* 序列，以 Bioedit 軟體排序後，分別設計長度 24 核苷酸之引子 *matK*-F (5' ACCCATCCCATCCATCTGGAAAT 3')、24 核苷酸引子 *matK*-R (5' TATCCAAATACCAAATGCGTCCTG 3')、27 核苷酸引子 *rbcL*-F (5' GTTGGATTCAAAGCTGGTGTAAAGAT 3')及 20 核苷酸引子 *rbcL*-R (5' CGTCCCTCATTACGAGCTTG 3')。聚合酶鏈鎖反應(PCR)的條件設定為：94°C 5 min 變性後，進行 94°C 變性 1 min、50°C 黏合 45 sec、72°C 延伸反應 1 min，重複 40 個循環，最後 72°C 進行完全的延伸聚合 10 min。25 ul 反應體積中加入 0.5 ng 的模板 DNA，2.5 ul 的 10x buffer，2.5 ul MgCl<sub>2</sub> (25 mM)，2.5 ul dNTP mix (8 mM)，0.1 uM 的 primer 及 0.7 U 的 *Taq* polymerase (Promega, Madison, USA)。以 1% 瓊脂凝膠，內含溴化乙啶螢光染劑(ethidium bromide, 0.5 mg/ml)，取 5 ul PCR 反應溶液加上 1 ul 6 倍的染色溶液(6x loadingdye)，進行電泳分析。使用 *Taq* Dye Deoxy Terminator Cycle Sequencing Kit (Applied biosystems)之方法，並以自動核酸分析儀(ABI 3730 DNA Sequencer)進行定序。

葉綠體 DNA 序列以 BioEdit 軟體 7.0.5.3 版 ClustalW (Hall 1999)進行排序，並經由人工校正，再使用軟體 MEGA 4.0 版(Tamura *et al.* 2007)套裝軟體，估算出核苷酸百分比組成、核苷酸變異數目及遺傳距離，而遺傳距離矩陣是採 Kimura two-parameter 模式估算(Kimura 1980)，去除 gap 將序列進行兩兩比較，計

算序列間發生鹼基取代變異的比例，以比例不同加以演算遺傳距離。使用 PAUP v. 4.0 b10 (Swofford 1998) 軟體進行 ILD test，P 值為 0.15，經由序列分子演化統計檢測結果，可將 *matK* 與 *rbcL* 序列合併分析，以鄰近連接法(neighbor joining, NJ) (Saitou and Nei 1987)、最大簡約法(maximum parsimony, MP)、最大似然法(maximum likelihood, ML)等 3 種方法建構親緣樹。以 Bayesian 3.1.2 (Huelsenbeck and Ronquist 2001) 程式建構貝氏親緣樹(Bayesian tree)。為

求最佳化親緣樹，利用 Modeltest 3.7 程式得到最佳模式參數，作為建構親緣樹之參考，經 hLRTs test 建議最佳模式為 TVM + G。樹狀圖中每一個分支之可信度利用靴帶分析法(bootstrap)，進行 1,000 次的隨機取樣測試，以計算建構親緣樹狀圖的可信度(Felsenstein 1985)。同時也計算一致指數(consistency index, CI) (Kluge and Farris 1969)與保留指數(retention index, RI) (Farris 1989)用以評估親緣關係圖與數據矩陣的吻合程度。

表 1. 薯蕷屬植物採集地點

Table 1. Sampling locations of the *Dioscorea* plants used in this study

Species	Chinese names	Locations	Longitudes	Latitudes
Section <i>Stenophora</i> 根狀莖節				
<i>D. colletii</i> Hook. f.	華南薯蕷	Dongpu, Nantou	120°55'50"E	23°33'40"N
<i>D. futschauensis</i> Uline ex R. Knuth	福州薯蕷	Mazu Nangan, Lienchiang	119°54'20"E	26°09'40"N
Section <i>Combilium</i> 丁字形毛節				
<i>D. esculenta</i> var. <i>spinosa</i> R. Knuth	刺薯蕷	Lanyu Yeyin, Taitung	121°33'10"E	22°02'14"N
Section <i>Opsophyton</i> 基生翅節				
<i>D. bulbifera</i> L.	黃獨	Baiguo Mountain, Changhua	120°36'24"E	23°56'58"N
Section <i>Botryosicyos</i> 複葉節				
<i>D. cumingii</i> Prain & Burkill	蘭嶼田薯	Lanyu Hongtong, Taitung	121°34'05"E	22°01'00"N
Section <i>Lasiophyton</i> 白薯榔節				
<i>D. hispida</i> Dennst.	大苦薯	Sun Moon Lake, Nantou	120°54'37"E	23°51'58"N
Section <i>Enantiophyllum</i> 周生翅節				
<i>D. alata</i> L.	大薯	Datong, Nantou	121°09'35"E	24°03'54"N
<i>D. batatas</i> Decne.	家山藥	Yangmingshan, Taipei	121°32'37"E	25°09'28"N
<i>D. benthamii</i> Prain & Burk.	大青薯	Saikung, Hong Kong	114°16'01"E	22°22'29"N
<i>D. cirrhosa</i> Lour.	裏白葉薯榔	Caoling, Yunlin	120°43'10"E	23°36'50"N
<i>D. doryphora</i> Hance	戟葉田薯	Bagua Mountains, Changhua	120°36'50"E	23°53'10"N
<i>D. formosana</i> Knuth	台灣薯蕷	Manyueyuan, Taipei	121°26'36"E	24°49'11"N
<i>D. japonica</i> Thunb.	日本薯蕷	Tengzhi, Kaohsiung	120°44'20"E	23°03'35"N
<i>D. persimilis</i> Prain & Burk.	假山藥薯	Shilin, Taipei	121°32'42"E	25°06'12"N
<i>D. polystachya</i> Turcz.	淮山	Mazu Nangan, Lienchiang	119°54'20"E	26°09'40"N
<i>D. sp.</i>		Dahu, Miaoli	120°51'11"E	24°25'40"N

表 2. 從 GenBank 下載與本研究相關類群之葉綠體基因 *matK* 與 *rbcL* DNA 序列分子資料Table 2. Chloroplast genome *matK* and *rbcL* DNA sequences of the *Dioscorea* species retrieved from GenBank

No	Taxon	Accession No. of NCBI		Country
		<i>matK</i>	<i>rbcL</i>	
	Section <i>Stenophora</i>			
1	<i>D. tokoro</i>	<u>DQ974186</u>	<u>DQ408180</u>	China
	Section <i>Combilium</i>			
2	<i>D. esculenta</i>	<u>AY956497</u>	<u>AY904794</u>	Thailand
	Section <i>Opsophyton</i>			
3	<i>D. bulbifera</i>	<u>AY956488</u>	<u>AY904791</u>	Madagascar
	Section <i>Botryosicyos</i>			
4	<i>D. melanophyma</i>	<u>EF614210</u>	<u>DQ408176</u>	China
5	<i>D. pentaphylla</i>	<u>AY972483</u>	<u>AF307470</u>	Thailand
	Section <i>Lasiophyton</i>			
6	<i>D. hispida</i>	<u>AY957589</u>	<u>AF307463</u>	Thailand
	Section <i>Enantiophyllum</i>			
7	<i>D. polystachya</i>	<u>EF028331</u>	<u>DQ408181</u>	China
	Section <i>Opsophyton</i>			
8	<i>D. sansibarensis</i>	<u>AY972489</u>	<u>AY939883</u>	Madagascar

## 結果與討論

為確定本研究之 DNA 序列是否具個體或族群間的明顯差異，進行不同族群及個體的序列檢測，發現除了華南薯蕷在蘭嶼的族群與台灣其他族群在 *matK* 序列上有 1 個鹼基的差異，其餘類群之族群及個體均無差異，故下述葉綠體基因序列之研究均以單一個體的資料作為代表。

本研究之 16 種台灣產薯蕷屬植物，其 *matK* 序列長度介於 895-901 鹼基之間，除華南薯蕷為 901 鹼基，其餘皆為 895 鹼基；而 *rbcL* 序列片段皆為 1097 鹼基，顯示這二段葉綠體基因序列 *matK* 與 *rbcL* 的長度，在各類群間頗為一致。至於鹼基 G + C 組成百分比，*matK* 序列片段介於 31.4-32.0% 之間，*rbcL* 序列片段 G + C 組成百分比則較高，為 44.2-44.6%。*matK* 與 *rbcL* 這二段序列排序結果顯示，各物種間

核酸長度的差異，僅有一小片段(6 個鹼基)在 *matK* 序列片段出現缺失或插入，其餘的變異全為鹼基取代(substitutions)之情形。這二段序列的鹼基對替換(transition)與鹼基對顛換(transversion)比值為 2.025 (表 3)，此值若是大於期望值 0.5，顯示此段 DNA 序列仍持續演化中，尚未飽和(Graur and Li 2000)。依據 Kimura two-parameter 模式估算之遺傳距離(表 3)，台灣 16 種薯蕷屬植物之遺傳距離範圍由 0-0.042。遺傳距離最大的是華南薯蕷與大薯(0.042)及蘭嶼田薯(0.042)，其核苷酸變異數目均為 81；遺傳距離最小的是家山藥與淮山，距離值與核苷酸變異數目皆為 0。台灣文獻紀錄將家山藥的學名處理為 *D. batatas* Decne.，然而 Ding and Gilbert (2000)將 *D. batatas* Decne. 處理成 *D. polystachya* Turcz. 的同物異名；究竟家山藥與淮山是否為同一栽培種？若根據植物命名法規及分子序列之研究結果(家山藥與淮山之 *matK*

表 3. 遺傳距離矩陣採 K2P 模式估算台灣產薯蕷屬植物葉綠體基因 *matK* 與 *rbcl* 整合後序列之遺傳距離及核苷酸變異數目  
**Table 3.** Genetic distances calculated using the Kimura two-parameter model of base substitution (above the diagonal) and the number of base differences (below the diagonal) in the combined chloroplast *matK* and *rbcl* sequences among *Dioscorea* species of Taiwan

Species	<i>D. alata</i>	<i>D. batatas</i>	<i>D. bentha-mii</i>	<i>D. bulbifera cirrhosa</i>	<i>D. collettii cumingii</i>	<i>D. dory-phora</i>	<i>D. esculenta var. spinosa</i>	<i>D. formo-sana</i>	<i>D. futschauensis</i>	<i>D. hispida japonica persimilis</i>	<i>D. polystachya</i>	<i>D. sp.</i>			
<i>D. alata</i>	0.004	0.005	0.017	0.004	0.042	0.020	0.005	0.012	0.004	0.039	0.017	0.005	0.001	0.004	0.014
<i>D. batatas</i>	8	0.003	0.014	0.002	0.040	0.018	0.002	0.010	0.002	0.037	0.015	0.001	0.004	0.000	0.012
<i>D. benthamii</i>	9	5	0.015	0.002	0.040	0.018	0.003	0.011	0.003	0.038	0.016	0.003	0.004	0.003	0.013
<i>D. bulbifera</i>	33	27	30	0.014	0.039	0.017	0.015	0.013	0.014	0.037	0.017	0.014	0.016	0.014	0.015
<i>D. cirrhosa</i>	7	3	4	28	0.039	0.017	0.002	0.010	0.001	0.037	0.015	0.002	0.003	0.002	0.011
<i>D. collettii</i>	81	77	78	76	76	0.042	0.040	0.035	0.040	0.005	0.039	0.040	0.041	0.040	0.038
<i>D. cumingii</i>	39	35	36	34	34	81	0.018	0.014	0.018	0.040	0.014	0.018	0.019	0.018	0.014
<i>D. doryphora</i>	9	3	6	30	4	77	36	0.011	0.003	0.037	0.016	0.002	0.004	0.002	0.013
<i>D. esculenta</i> var. <i>spinosa</i>	24	20	21	25	19	68	27	21	0.010	0.033	0.012	0.011	0.012	0.010	0.009
<i>D. formosana</i>	8	4	5	27	1	77	35	5	20	0.037	0.015	0.002	0.004	0.002	0.011
<i>D. futschauensis</i>	76	72	73	71	71	10	78	72	65	72	0.037	0.038	0.039	0.037	0.036
<i>D. hispida</i>	34	30	31	33	29	76	27	31	24	30	72	0.016	0.017	0.015	0.012
<i>D. japonica</i>	9	1	6	27	4	78	36	4	21	4	73	31	0.004	0.001	0.012
<i>D. persimilis</i>	1	7	8	32	6	80	38	8	23	7	75	33	8	0.004	0.014
<i>D. polystachya</i>	8	0	5	27	3	77	35	3	20	4	72	30	1	7	0.012
<i>D. sp.</i>	28	23	25	30	21	73	27	25	18	22	70	23	24	27	23

(Transition/transversion R=2.025)

與 *rbcL* 二段序列完全相同)，本研究擬採用 Ding and Gilbert (2000) 之分類處理，將家山藥與淮山視為同一栽培種；那麼在台灣產薯蕷屬植物中，遺傳距離最小的則應改為大薯與假山藥薯、裏白葉薯榔與台灣薯蕷、日本山藥與家山藥(或淮山)等 3 組，其遺傳距離均為 0.001，核苷酸變異數目也都只有 1 個變異。

依照 Ding and Gilbert (2000) 的分類處理，台灣的薯蕷屬植物可在屬的階層之下再細分為 6 節(表 1)：根狀莖節 2 種、丁字形毛節 1 種、基生翅節 1 種、複葉節 1 種、白薯榔節 1 種及周生翅節 9 種。為驗證這幾節之層級親緣關係，另外從 GenBank 下載 8 種薯蕷屬植物序列作為比對參考，加上台灣這 16 種薯蕷屬植物及 3 種外群植物，以 27 個分類單元(operational taxonomic units, OTUs)一併進行排序演算，據此建立之 NJ、MP、ML 及 Bayesian 親緣關係樹狀圖；由於各樹狀圖差異不大，僅少數幾個分支因 bootstrap 值低於 50% 而有所差異，故將 NJ、MP、ML 及 Bayesian 之樹狀圖整合後，薯蕷屬植物之親緣關係以 Bayesian 樹狀圖呈現(圖 1)。此樹狀圖統計資料如表 4 所列，*matK* 與 *rbcL* 二段序列合併後排序，包含 gaps 長度為 2005 characters，計有 342 個變異位點(variable sites)及 209 個有效的訊息位點(parsimony informative sites)， $R=1.9$ ，樹長為 457， $CI=0.84$ ， $RI=0.88$ 。*matK* 序列排序後在 907 個鹼基長度中有 129 個訊息位點可辨識，*rbcL* 序列在 1098 個鹼基長度中卻只有 80 個訊息位點；就葉綠體基因所提供的遺傳變異訊息而言，本研究以 *matK* 序列所提供的遺傳訊息較多。

從圖 1 所示，無論是 NJ、MP、ML 或 Bayesian 親緣關係樹狀圖，均支持薯蕷屬植物為一單系群，與外群 *Tacca* 屬植物成為姊妹群(sister group)。薯蕷屬植物親緣關係分為二大分支(clade-A 及 clade-B)，此二大分支的支持度均相當高(bootstrap value > 99%)；clade-A 為根狀莖節，clade-B 包含：丁字形毛節、基

生翅節、複葉節、白薯榔節及周生翅節等。從分子親緣樹，可看出 clade-A 根狀莖節為薯蕷屬植物中最先獨立的一群，與 clade-B 其他薯蕷屬植物類群明顯有所區隔，此分子證據與 Wilkin *et al.* (2005) 的結果相吻合。就遺傳分化的相對距離而言，clade-B 的薯蕷屬植物在親緣樹狀圖中，顯示出彼此的關係較親近；雖然如此，clade-B 中各節所屬的植物類群依然可獨自歸在同一群，形成許多側分支(subclade)，其 bootstrap 值分別為：丁字形毛節的 96-100% (node 4)、基生翅節為 99-100% (node 13)、複葉節為 95-100% (node 11)、白薯榔節為 100% (node 10) 及周生翅節為 97-100% (node 15)，分支的可信度都很高。

在形態分類上，丁字形毛節的形態特徵為莖左旋，被丁字形毛，種類只有甘薯(*D. esculenta* var. *esculenta*)一原變種及其變種刺薯蕷(*D. esculenta* var. *spinosa*)，在親緣樹狀圖中，此分支的 bootstrap 值都高於 96%。複葉節與白薯榔節在 clade-B 中被視為彼此關係較近緣的一群(node 9)，其形態特徵均為複葉；丁等(1985)的分類處理，原本將白薯榔節的薯蕷類群放在複葉節內，後來 Ding and Gilbert (2000) 將複葉只有 3 片小葉的白薯榔節與複葉通常超過 3 片小葉的複葉節，分成二個不同的節。從分子遺傳的證據，再次驗證複葉節與白薯榔節的親緣關係確實較近緣，但仍可將其區分開來。

本研究於苗栗縣大湖鄉山溝邊坡採集到 1 種在台灣植物文獻未曾記載描述的薯蕷屬植物，其形態為左旋莖、2 形葉、具零餘子表皮紫色，但花與果實特徵未見，暫時處理成 *Dioscorea* sp.。此樣本經 DNA 定序比對後，發現無論是分子序列或莖葉外部形態，均與產於東非馬達加斯佳島(Madagascar)的 *D. sansibarensis* 完全相似。Knuth (1924) 將本屬植物區分為 58 節，其中的 section *Opsophyton* (基生翅節) 又可細分成：subsections *Macroureae*、*Euopsophyton* 及 *Isocantha* 等 3 個亞節(subsection)，依該分

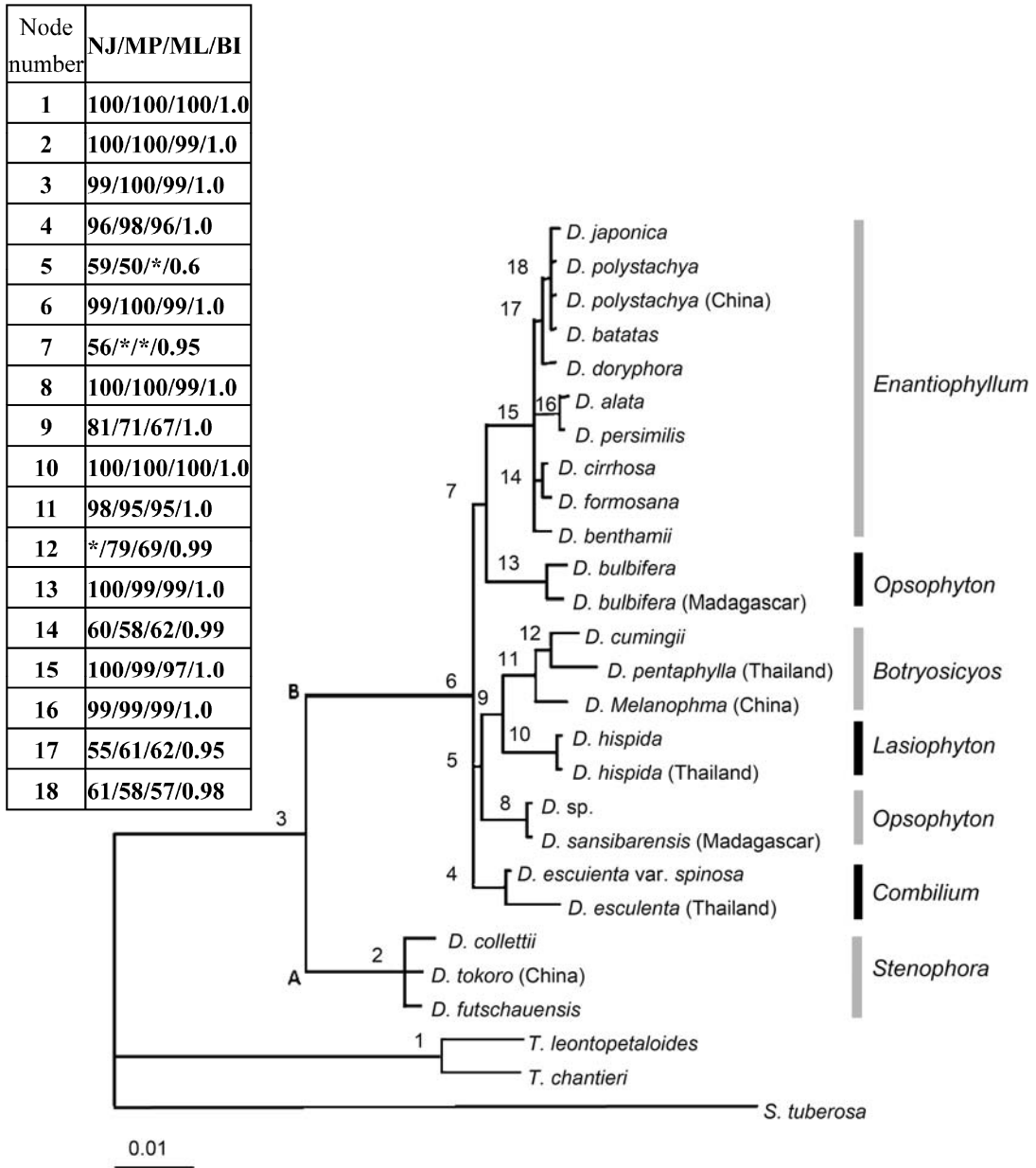


圖 1. 合併葉綠體基因片段(matK + rbcL)所建立薯蕷屬類群之 Bayesian 親緣關係樹狀圖。分支上的代號為(NJ/MP/ML/BI) bootstrap value 數值，僅顯示 50% 以上之數值，(\*)號表示此方法不具該分支。左下方 bar 代表類群間 DNA 序列置換的比率。

Fig. 1. Phylogenetic tree of the *Dioscorea* species reconstructed from the Bayesian method with combined chloroplast genome *matK* and *rbcL* DNA sequences ( the upper left corner table, bootstrap values of NJ, MP, ML and BI for each node (node numbers on the branches of the tree); \*, bootstrap value < 50%, indicating the collapse of the nodes in the phylogenetic tree.

表 4. 葉綠體基因樹狀圖統計資訊

Table 4. Tree statistics for analyses of the chloroplast genome

	<i>matK</i>	<i>rbcL</i>	Combined dataset
Total alignment length (bp) (including gaps)	907	1098	2005
Variable sites (bp)	220	122	342
Parsimony informative sites (bp)	129	80	209
A%	30.2	26.9	28.4
T%	37.9	28.8	32.9
C%	15.5	19.4	17.7
G%	16.3	24.9	21.1
Transitions (ts)	23	17	40
Transversions (tv)	15	6	21
Transition/transversion (R)	1.53	2.83	1.90
Tree length	287	173	457
Consistency index (CI)	0.87	0.69	0.84
Retention index (RI)	0.89	0.84	0.88

類處理意見，*D. sansibarensis* 屬於 *Macroureae* 亞節，黃獨(*D. bulbifera*)屬於 *Euopsophyton* 亞節；雖然黃獨與 *D. sansibarensis* 在形態分類上同屬於基生翅節，但從分子樹狀圖所示，它們卻隸屬於不同的分支(node 8 & 13)，此結果與傳統形態分類法稍有不同；若從分子親緣的資料研判，這 3 個不同亞節的分類階層似乎可以提升到不同節這階層。至於新發現的 *Dioscorea* sp. 究竟是否與 *D. sansibarensis* 為同一種，有待收集到更完整的分類資訊，再進一步確認。

上述各節的薯蕷植物其形態全部為左旋莖，僅有周生翅節的薯蕷為右旋莖；周生翅節薯蕷種類繁多，全世界估計超過 120 種(Ding and Gilbert 2000)，這節薯蕷的分類處理，長久以來一直有許多紛爭，主要問題在於部分分類群形態特徵相近，且兼具中間型，進而影響類群間區別的準確性。例如，大青薯(*D. benthamii*)的模式標本採集於香港，台灣最早的採集紀錄為 1906 年，由 Matsumura 與 Hayata 所記錄，當時鑑定為 *D. oppositifolia* L.，至 1921 年才於台灣植物圖譜中出現大青薯的學名；同時，Hayata (1921)於花蓮太魯閣所採的一份標本，發表為新種 *D. tarokoensis* Hayata，

至 1927 年 Yamamoto 將上述分類群併入大青薯中，一直沿用至今。作者參考香港植物標本館提供(館藏於屏東科技大學植物標本館，館號 69613)的大青薯標本後，發現台灣各標本館的大青薯採集紀錄〔例如，林業試驗所標本館(TAIF)，館號 75368、91577；國立自然科學博物館植物標本館(TNM)，館號 S12984、S12985、S53619；國立台灣大學植物標本館(TAI)，館號 31200；國立中興大學生命科學系植物標本館(TCB)，TC147、TC196〕，此物種在鑑定上有許多問題存在，絕大部分應更正為裏白薯榔，另一部分則是與日本薯蕷混淆，少部分標本由於枝葉毀損嚴重，難以檢視。研究期間並未於野外採集到大青薯標本，僅有 2 份日本薯蕷標本其枝條頂端的葉子或部分葉形與大青薯極為相似；但經分子序列比對後，證實這些疑似的標本都不是大青薯；究竟台灣是否有大青薯的分布，值得更進一步探究。

利用葉綠體基因片段(*matK* + *rbcL*)所建立薯蕷屬類群之親緣關係樹狀圖中，雖然周生翅節的分支有很高的支持度(bootstrap 值 97-100%)；然而在此分支內許多類群間的遺傳距離及變異卻很小，例如大薯的莖為四方形或多邊形且莖

上具有翅，與形態差異頗大的假山藥薯，其遺傳距離為 0.001，核苷酸變異數目也只有 1 個變異；同樣地，裏白葉薯榔與台灣薯蕷、日本山藥與家山藥(或淮山)，其遺傳距離也是 0.001、核苷酸也都只有 1 個變異。從分子資料研判，這群薯蕷應該是近期才快速種化(rapid speciation)的一群相關種，Wilkin *et al.* (2005)也曾對周生翅節的分類群提出此論證。

綜合以上分子資訊，可獲得以下結論，藉由葉綠體基因片段(*matK* + *rbcL*)序列所建立台灣產薯蕷屬植物之親緣關係，支持 Ding and Gilbert (2000)對本屬的形態分類處理，也就是台灣產薯蕷屬植物在屬階層之下，可更進一步細分為：根狀莖節(*Stenophora* Uline)、丁字形毛節(*Combilium* Prain & Burkill)、基生翅節(*Opsophyton* Uline)、複葉節(*Botryosicyos* (Hochstetter) Uline)、白薯榔節(*Lasiophyton* Uline)及周生翅節(*Enantiophyllum* Uline)等 6 節的分類架構。

## 謝 誌

感謝二位審查委員提供寶貴修改意見；實驗期間承蒙蔡奇立先生在實驗設備與數據分析上的協助；陳頤靜小姐協助實驗室工作；王秋美、呂碧鳳小姐、梁珣碩、謝寰羽及廖俊奎先生協助標本之蒐集。

## 引用文獻

- 丁志遵、張美珍、凌萍萍。1985。薯蕷科。斐鑑、丁志遵編。中國植物誌第 16 卷第 1 分冊。54-120 頁。科學出版社。
- 郭政峰。2008。台灣栽培山藥之免疫促進作用活性研究。高雄醫學大學天然藥物研究所碩士論文。
- 陳蕙婷。2003。台灣產薯蕷科植物核酸多形性與形態表現之研究。國立中興大學生命科學系碩士論文。
- 曾千容。2005。台灣栽培數種山藥之降血糖活性研究。高雄醫學大學天然藥物研究所碩士論文。
- 廖俊奎。2000。台灣產薯蕷屬(薯蕷科)之分類研究。國立中山大學生物科學系碩士論文。
- 劉新裕、張同吳、林義恭、陳淑芬、王昭月、朱戩良、王順成。1999。山藥之品種特性、生產潛力、物化性質與抗氧化研究。中華農業研究 48: 1-22。
- 蕭錦隆。2001。台灣產薯蕷屬植物之分類研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。
- 謝寰羽。2008。台灣產薯蕷屬(薯蕷科)數值分類研究。國立屏東科技大學森林系碩士論文。
- Caddick, L. R., P. Wilkin, P. J. Rudall, T. A. J. Hedderson and M. W. Chase. 2002. Yams reclassified: A recircumscription of Dioscoreaceae and Dioscoreales. *Taxon* 51: 103-114.
- Ding, Z. and M. G. Gilbert. 2000. Dioscoreaceae. In: Z. Wu and P. H. Raven (eds.). *Flora of China* 24: 276-296. Missouri Botanical Garden Press (St. Louis) and Science Press (Beijing).
- Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19: 11-15.
- Farris, J. S. 1989. The retention index and the rescaled consistency index. *Cladistics* 5: 417-419.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using bootstrap. *Evolution* 39: 783-791.
- Graur, D. and W. H. Li. 2000. *Fundamentals of Molecular Evolution*. Sinauer Association, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
- Hall, T. A. 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic*

- Acids Symposium Series 41: 95-98.
- Hance, F. 1866. Dioscoreaceae. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique Series 5*: 244.
- Hayata, B. 1921. *Icones Plantarum Formosanarum X*. pp. 335. Bureau of Productive Industries, Taihoku.
- Henry, A. 1896. A List of Plants from Formosa. *Transactions of the Asiatic Society of Japan* 24: 1-118.
- Huang, T. C. and J. L. Hsiao. 2000. Dioscoreaceae. pp. 87-98. *In: Huang et al.* (ed.). *Flora of Taiwan*. 2nd ed. Vol. 5: 87-98. Department of Botany, National Taiwan University, Taipei.
- Huber, H. 1998. Dioscoreaceae. pp. 216-235. *In: K. Kubitzki* (ed.). *The Families and Genera of Vascular plants*, Vol. III. Springer-Verlag, Berlin Germany.
- Huelsenbeck, J. P. and F. Ronquist. 2001. MrBayes: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics* 17: 754-755.
- Kawakami, T. 1910. A List of Plants of Formosa. pp.121-122. Bureau of Productive Industries, Taihoku.
- Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 16: 111-120.
- Kluge, A. G. and J. S. Farris. 1969. Quantitative phyletics and the evolution of anurans. *Systematic Zoology* 18: 1-32.
- Knuth, R. G. P. 1924. Dioscoreaceae. *In: A. Engler* (ed.). *Das Pflanzenreich IV*. 43: 1-387.
- Liu, T. S. and T. C. Huang. 1962. On the Taiwan species of *Dioscorea*. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 3: 133-149.
- Liu, T. S. and T. C. Huang. 1978. Dioscoreaceae. pp. 99-109. *In: Li et al.* (ed.). *Flora of Taiwan*. Vol. V. Epoch Publishing Cooperation, Taiwan.
- Masamune, G. 1954. A List of Vascular Plants of Taiwan. pp.137.
- Matsumura, J. and B. Hayata. 1906. *Enumeratio Plantarum Formosanarum*. *Journal College of Science, Imperial University of Tokyo* 22: 432-433.
- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4: 406-425.
- Soltis, P. S. and D. E. Soltis. 1995. Alternative genes for phylogenetic reconstruction in plant: Introduction. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 82: 147-148.
- Swofford, D. L. 1998. PAUP. Phylogenetic analysis using parsimony version 4.0. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Tamura, K., J. Dudley, M. Nei and S. Kumar. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution* 24: 1596-1599.
- Wilkin, P., P. Schols, M. W. Chase, K. Chayamarit, C. A. Furness, S. Huysmans, F. Rakotonasolo, E. Smets and C. Thapayai. 2005. A plastid gene phylogeny of the yam genus, *Dioscorea*: roots, fruits and Madagascar. *Systematic Botany* 30: 736-749.
- Wolfe, K. H., W. H. Li and P. M. Sharp. 1987. Rates of nucleotide substitution vary greatly among plant mitochondria, chloroplast, and nuclear DNAs. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 84: 9054-9058.
- Xie, C. X., C. M. Dong, S. L. Gao, H. Z. Qin and Y. Bai. 2009. Analysis of biochemical indices and efficient ingredients in autotetraploid of *Dioscorea zingibierensis*. *Zhong Yao Cai* 32: 840-843.

- Yamamoto, Y. 1927. Supplement a Iconum Plantarum Formosanarum 3: 5-9.
- Zhang, X. Y., C. G. Hu and J. L. Yao. 2010. Tetraploidization of diploid *Dioscorea* results in activation of the antioxidant defense system and increased heat tolerance. *Journal of Plant Physiology* 167: 88-94.

# Three Newly Naturalized Species of the Genus *Ludwigia* (Onagraceae) to Taiwan

## 台灣新歸化水丁香屬(柳葉菜科)植物

Tsai-Wen Hsu<sup>1, 2</sup>, Ching-I Peng<sup>3</sup>, Tzen-Yuh Chiang<sup>2</sup> and Chao-Ching Huang<sup>1, 2, \*</sup>

許再文<sup>1, 2</sup> 彭鏡毅<sup>3</sup> 蔣鎮宇<sup>2</sup> 黃朝慶<sup>1, 2, \*</sup>

<sup>1</sup> Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

<sup>2</sup> Department of Life Sciences, Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

<sup>3</sup> Biodiversity Research Center, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 國立成功大學生命科學系 台南市大學路1號

<sup>3</sup> 中央研究院生物多樣性研究中心 台北市南港區研究院路二段128號

\* Corresponding author: [huang@tesri.gov.tw](mailto:huang@tesri.gov.tw)

\* 通訊作者: [huang@tesri.gov.tw](mailto:huang@tesri.gov.tw)

## Abstract

The genus *Ludwigia* comprises about 80 species. It is one of the largest genera of the family Onagraceae. Six species and one natural hybrid of *Ludwigia* have been recorded from Taiwan. In our recent plant inventory surveys, three species were found to be new records from Taiwan. They are *Ludwigia palustris* (L.) Elliott in the northern region, *Ludwigia decurrens* Walt. in the northern and central regions, and *Ludwigia erecta* (L.) Hara in the central region of the island. This paper describes these species of *Ludwigia* with photos and distribution, and provides a key to all ten naturally occurring species of *Ludwigia* in Taiwan for identification.

## 摘要

水丁香屬植物為柳葉菜科的一個大屬約共有 80 種。《台灣植物誌》第二版記載了 6 種及 1 天然雜交種。本研究報導 3 新歸化種，分別是歸化於台灣北部地區的沼生水丁香；歸化於台灣北部及中部地區的翼莖水丁香；以及歸化於台灣中部地區的美洲水丁香。本文提供台灣所產野生水丁香屬植物的檢索表，3 種新歸化植物的描述、分布及彩色照片。

**關鍵詞：**柳葉菜科、翼莖水丁香、美洲水丁香、沼生水丁香、台灣

**Key words:** Onagraceae, *Ludwigia decurrens*, *Ludwigia erecta*, *Ludwigia palustris*, Taiwan

Received: November 20, 2009

Accepted: April 12, 2010

收件日期：98 年 11 月 20 日

接受日期：99 年 4 月 12 日

## Introduction

Onagraceae is a well-defined family of flowering plants, which comprises seven tribes, 16 genera, and approximately 652 species with worldwide distribution (Raven 1979, 1988). Most of its genera are present in the western North America. Four genera, namely *Circaea*, *Epilobium*, *Ludwigia*, and *Oenothera*, are native to the Old World, with 22 species represented in Taiwan (Raven and Peng 1993). They have been revised respectively by Boufford (1983: *Circaea*); Chen *et al.* (1992: *Epilobium*); Raven (1963: *Ludwigia*), Chao (1966: *Ludwigia*) and Peng (1983, 1990: *Ludwigia*); and Peng and Huang (1986: *Oenothera*) in the past few decades.

The genus *Ludwigia* L. comprises about 80

species (Raven and Peng 1993) in pantropical distribution but mostly in the New World and in the temperate region. In Taiwan six species and one natural hybrid of *Ludwigia* have been reported (Raven and Peng 1993). In our recent inventory survey of the flora of Taiwan, three newly naturalized species of *Ludwigia* were found. They are *Ludwigia palustris* (L.) Elliott from the northern region; *Ludwigia decurrens* Walt. from the northern and central regions, and *Ludwigia erecta* (L.) Hara from the central region of the island. The above three newly recorded species make Taiwan to have nine known species and one hybrid of the genus *Ludwigia*. They are easily distinguishable by the following key to the species of the genus *Ludwigia* of Taiwan:

1. Plant prostrate or ascending; rooting freely at nodes.
2. Leaves to 7.5 cm long, narrowly elliptic to spatulate-oblong; petals 5; stamens 10.
3. Petals creamy white with a yellow base; ovaries mature into capsules..... *L. adscendens*

- 3. Petals yellow; ovaries abortive ..... *L. x taiwanensis*
- 2. Leaves to 2.5 cm long, ovate to elliptic ovate; petals 0; stamens 4.
  - 4. Leaves alternate; seed with an inflated raphe..... *L. ovalis*
  - 4. Leaves opposite; seed without an inflated raphe..... *L. palustris*
- 1. Plant erect; rooting at stem base.
  - 5. Stamens twice as many as sepals.
    - 6. Stem and fruits conspicuously winged..... *L. decurrens*
    - 6. Stem and fruits not winged.
      - 7. Petals elliptic, apex acute.
        - 8. Capsules oblanceolate-obconic, 4-angled; seeds all free..... *L. erecta*
        - 8. Capsules subcylindric, nearly terete; seeds free in upper half of the capsule, embedded in chunks of endocarp in lower half of the capsule..... *L. hyssopifolia*
      - 7. Petals broadly obovate and emarginate..... *L. octovalvis*
  - 5. Stamens as many as sepals.
    - 9. Capsules oblanceolate; seeds 0.3-0.5 mm long, all free..... *L. perennis*
    - 9. Capsules linear or narrowly elliptic-lanceolate; seeds 0.7-1 mm long, all embedded in chunks of endocarp..... *L. epilobioides*

1. *Ludwigia decurrens* Walt., Fl. Carol. 89. 1788;  
 Raven, Reinwardtia 6: 347. 1963; Ramamoorthy  
 & Zardini, Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot.

Gard. 19: 88, fig. 41. 1987.

翼莖水丁香 Figs. 1

*Jussiaea decurrens* (Walt.) DC. Prod. 3: 56. 1828.



Fig. 1. *Ludwigia decurrens* Walt. A, habit; B, flower; C, crosssection of fruit.

Erect glabrous herbs up to 2m tall. Stems 4-winged from the decurrent leaf-bases. Stipules 2, minute, red. Leaves alternate, lanceolate to elliptical, 2-10 cm long, 1-3 cm wide, acute or acuminate at tip, acute or rounded at base, sessile and continuing on the stem as decurrent base, entire. Flowers solitary in upper axils. Pedicels 0.2-0.4 cm long. Sepals 4, lanceolate, acuminate at tip, 0.7-1 cm long, 3-4 mm wide. Petals 4, orbicular-obovate, yellow, 7-10 mm long, 7-10 mm wide. Stamens 8, filaments 1.5-2.5 mm long, light yellow. Ovary 4-cells, about 1 cm long, 4-5 mm thick, sharply 4-angled and 4-winged, obconic. Style short, stigma globose, light yellow. Capsule 1-2 cm long, 4-5 mm thick, 4-angled and 4-winged. Seeds pluriseriate in each locule of the capsule, free, elongate-obovoid, 4-5 mm long, pale brown.

*Specimen examined:* Taiwan. Taoyuan County: Luchu, about 100m, *Peng 17673* (HAST), *Wang & Lin 1643* (HAST, TNM); Yangmei, 250m alt., *Peng 17703* (HAST). Taichung County, Taan near Tachia Hsi, *Li 489* (HAST), *Huang 2253*. Nantou City: wet fallow paddy, *Hsu 10035* (TAIE).

*Distribution and notes:* *Ludwigia decurrens* is native to the New World and introduced to the Old World: Cameroon, Gambia and Nigeria in Africa, Honshu and Shikoku in Japan (Raven 1963), the Philippines and France (Ramamoorthy and Zardini 1987), and recently to Taiwan. It is found in wet lands, such as wet fallow paddies, taro fields, waste swampy grounds, and banks around fish ponds or reservoirs in lowlands of the northern and central regions of the island. It is often intermixed with other aquatic weeds such as *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven, *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell, and *Typha* sp.

*Ludwigia decurrens* is robust in shape, well branched, sometimes woody at the base and

becoming shrubby, and has showy flowers resembling to those of *L. octovalvis*. However *L. decurrens* is thoroughly glabrous and has conspicuously winged stems and fruits, and cuneate leaf base, while *L. octovalvis* has densely villous, square stem but not winged fruits and acute leaf bases.

**2. *Ludwigia erecta* (L.) Hara, J. Jap. Bot. 28: 292. 1953; Raven, Reinwardtia 6: 348. 1963; Ramamoorthy & Zardini, Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 19: 96. f. 44. 1987.**

美洲水丁香 Figs. 2  
*Jussiaea erecta* L., Sp. Pl. 1: 388. 1753.

Erect glabrous herbs up to 3m tall. Stems reddish, 4-6-angled from the decurrent leaf-bases. Stipules 2, minute. Leaves alternate, narrowly lanceolate to elliptical, 5-10 cm long, 1-3 cm wide, acute at tip and base, with 15-20 veins on each side of midrib, entire, petioles 2-10 mm long and continuing on the stem as decurrent base. Flowers solitary in upper axils, subsessile. Sepals 4, lanceolate, 4-5 mm long, 1.5-2 mm wide, acuminate at tip. Petals 4, elliptical or obovate, yellow, 3-5 mm long, 1.5-3 mm wide, acute at tip. Stamens 8, subequal, filaments about 1.5 mm long, light yellow. Ovary 4-cell, 5-7 mm long, about 1 mm thick, 4-angled, obconic, style short, 1 mm long, stigma globose, yellow. Capsule, 1.5-2.5 cm long, about 3 mm thick, 4-angled. Seeds pluriseriate in each locule of the capsule, free, elongate-ovoid, 0.3-0.5 mm long, brown.

*Specimen examined:* Taiwan. Changhua County: Tianwei, wet sandy ditches, *Hsu 10022* (HAST). Nantou City, wet fallow paddy, *Hsu 10036* (TAIE).

*Distribution and notes:* *L. erecta* is native to Central and Southern America (Ramamoorthy and Zardini 1987). It is naturalized to Taiwan in

wet lands, such as banks of ponds and wet sandy ditches in the central region of the island. It is often intermixed with weeds like *Ipomoea aquatica*

Forsk., *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell, *Ipomoea triloba* L., and *Bidens chilensis* DC.



**Fig. 2.** *Ludwigia erecta* (L.) Hara: A, habit; B, flower; C, fruits.

It is an erect annual herb with acute petals at apex and 8 stamens. This species is similar to *L. hyssopifolia* but easily distinguishable from the latter by 4-angled oblanceolate-obconic capsules and free seeds. *Ludwigia hyssopifolia* has subterete capsules, and seeds in upper portion of the capsule free, but embedded in endocarp in

lower part of the capsule.

**3. *Ludwigia palustris*** (L.) Elliott, Sketch Bot. S. Carolina 1(3): 211. 1817; Raven, Reinwardtia 6: 399. 1963.

沼生水丁香 Figs. 3

*Isnardia palustris* L., Sp. Pl. 1: 120. 1753.



**Fig. 3.** *Ludwigia palustris* (L.) Elliott: A, habit; B, fruits.

Glabrous herbs, creeping and rooting at the nodes. Leaves opposite, elliptical, 0.7-1 cm long, 0.5-0.7 cm wide, acute at tip, broadly cuneate at base, and abruptly narrowed to a broadly winged petiole, petioles about 5 mm long, with 3-4 veins on each side of midrib, entire. Flowers solitary and usually paired, sessile. Sepals 4, deltoid, 1.4-1.6 mm long, 1.4-1.6 mm wide, usually minute, strigillose along margin. Petals 0. Stamens 4-5, filaments short, pale green. Ovary 3-4 loculose, obconic, style short, stigma globose, pale green. Capsule, 3-4 mm long, 2-3 mm thick. Seeds pluriseriate in each of the capsule, free, elongate-ovoid.

*Specimen examined:* Taiwan. Taipei City: Nankang, campus of Academia Sinica, about 50m alt. *Peng 18163* (HAST), *Hsu 10076* (TAIE).

*Distribution and notes:* *L. palustris* is native to tropical America. It is naturalized to Taiwan in wet lands like fallow and rice paddies in lowlands in the northern region of the island, often intermixed with other aquatic weeds such as *Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex Roem. & Schultes, *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) Raven, *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell, *Lindernia antipoda* (L.) Alston, and *Lindernia crustacea* (L.) F. Muell.

*Ludwigia palustris* is prostrate with ascending tips, rooting freely at nodes, and its flowers are apetalous with stamens. Its habit and appearance are fairly similar to those of *L. ovalis* Miq. of the eastern Asia, but it is distinguishable from the latter by having opposite leaves and seed without enlarged raphe.

## Literature Cited

- Boufford, D. E. 1983. The systematics and evolution of *Circaea* (Onagraceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 804-994.
- Chao, J. M. 1966. The *Ludwigia* of Taiwan. *Biological Bulletin of National Taiwan Normal University* 11: 289-296.
- Chen, C. J., P. C. Hoch and P. H. Raven. 1992. Systematics of *Epilobium* (Onagraceae) in China. *Systematic Botany Monographs* 34: 1-209.
- Peng, C. I. 1983. Triploidy in *Ludwigia* in Taiwan, and the discovery of *Ludwigia adscendens* (Onagraceae). *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 24: 129-134.
- Peng, C. I. 1990. *Ludwigia* × *taiwanensis* (Onagraceae), a new species from Taiwan, and its origin. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 31: 343-349.
- Peng, C. I and S. Huang. 1986. *Oenothera laciniata* Hill (Onagraceae), a previously unrecorded species in Taiwan. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 27: 45-51.
- Ramamoorthy, T. P. and E. M. Zardini. 1987. The systematics and evolution of *Ludwigia* sect. *Myrtocarpus sensu lato* (Onagraceae). *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 19: 1-120.
- Raven, P. H. 1963. The old world species of *Ludwigia* (including *Jussiaea*), with a synopsis of the genus (Onagraceae). *Reinwardtia* 6: 327-427.
- Raven, P. H. 1979. A survey of reproductive biology in Onagraceae. *New Zealand Journal of Botany* 17: 575-593.
- Raven, P. H. 1988. Onagraceae as a model of plant evolution. pp. 85-107. *In:* L. D. Gottlieb and S. K. Jain (eds.). *Plant Evolutionary Biology*. Chapman and Hall, London, UK.
- Raven, P. H. and C. I Peng. 1993. Onagraceae. pp. 937-967. *In:* Huang, T. C. *et al.* (eds.). *Flora of Taiwan*, 2nd. ed. Vol. III. Editorial Committee of the Flora of Taiwan. Taipei.

## 台中市大坑地區蝴蝶標本採集紀錄

# Butterflies from the Dakeng Area of Taichung City, Central Taiwan

李大維

Dah-Wei Li

中台科技大學醫學影像暨放射科學系 台中市廍子路 666 號

Department of Medical Imaging and Radiological Sciences, Central Taiwan University  
of Science and Technology, Taichung, Taiwan

\* 通訊作者：dwlee@ctust.edu.tw

\* Corresponding author: dwlee@ctust.edu.tw

### 摘 要

大坑地區為台灣中部台中市東側之山地丘陵，海拔最高處為頭嵙山(859m)。本研究自 2007 年 6 月至 2009 年 5 月間以標本採集方式調查本區之蝴蝶資源，結果共記錄蝴蝶 5 科 169 種，約占台灣地區蝴蝶種數之 40%，含弄蝶科(Hesperiidae) 27 種、鳳蝶科(Papilionidae) 21 種、粉蝶科(Pieridae) 19 種、灰蝶科(Lycaenidae) 36 種及蛺蝶科(Nymphalidae) 66 種；其中大黑星弄蝶(*Seseria formosana*)、台灣鳳蝶(*Papilio taiwanus*)、埔里三線蝶(*Neptis taiwana*)及大波紋蛇目蝶(*Ypthima formosana*)等 4 種為台灣特有種。以往被認為在台灣僅分布於北部的大琉璃紋鳳蝶(*P. paris*)在本研究亦有採集紀錄。本文列出大坑地區蝴蝶標本採集紀錄。

### Abstract

A survey of butterflies was conducted in the Dakeng area in the northeastern part of Taichung City, Central Taiwan, June 2007 to May 2009. The highest mountain in the area is Toukoshan with an elevation

of 859m. A total of 169 species of butterflies were collected, occupying 40% of the total butterfly species known in Taiwan. They belonged to 5 families: Hesperidae (27 species), Papilionidae (21 species), Pieridae (19 species), Lycaenidae (36 species), and Nymphalidae (66 species). Among them, four species were endemic to Taiwan: *Seseria formosana*, *Papilio taiwanus*, *Neptis taiwana*, and *Ypthima formosana*. Also, *Papilio paris* that had been known only from the northern Taiwan was first recorded in this area of the central Taiwan. A list of the butterflies collected is provided.

**關鍵詞：**蝴蝶、大坑、台中市、大琉璃紋鳳蝶

**Key words:** butterflies, Dakeng, Taichung City, *Papilio paris*

收件日期：98年8月11日

接受日期：99年4月15日

Received: August 11, 2009

Accepted: April 15, 2010

## 緒 言

大坑地區位於台灣中部的台中市東側山區，即約 120°45'E, 24°10'N，行政上隸屬於台中市北屯區，在地理上則為台中盆地中段東側之山地丘陵，其周圍分別與台中縣潭子鄉、豐原市、新社鄉及太平市毗鄰。本區之海拔高度約由 120m 遞升至縣、市交界處的頭嵙山 (859m) 為最高點，面積約 3,300 hr，屬於台中市都市計畫中之「大坑風景區」(台中市政府 2003)。大坑之植被屬榕楠林帶(*Ficus-Machilus* zone) 與楠櫛林帶(*Machilus-Castanopsis* zone)，惟海拔 450m 以下之平緩山麓大多已開墾為竹林、相思樹林、廣東油桐林、檳榔園、菜圃、花卉栽培區及香蕉、枇杷、龍眼、荔枝、柑橘類果園等。在本區最東側的頭嵙山區，其地質屬於頭嵙山層露出的標準地點，由於巨厚塊狀的礫石在頭嵙山層上部比較發達，常形成峻峭懸崖和鋸齒狀的山嶺而不利於農林開發，因而保留了原生植被，為台中市自然度最高之處，亦為台灣中部低海拔地區少數僅存天然植群分

布地區之一(廖等 1987; 沈等 1996)。本區之氣候參考中央氣象局全球資訊網(<http://www.cwb.gov.tw/>)所載之台中氣象站(120°40'E, 24°08'N, 海拔 84m) 2004-2008 年之氣候統計資料，年平均雨量為 2,383.1 mm，各月份平均雨量以 7 月份之 540.3 mm 最多，1 月份之 27.7 mm 最少；降雨主要集中於梅雨季、颱風季的 5-9 月間，此期間之雨量約占全年之八成，秋冬季則雨量稀少。年平均溫度為 23.6°C，最冷月份 1 月之平均溫度為 17.0°C；最熱月份 7 月之平均溫度為 28.7°C。

除極少數例外，蝴蝶的幼蟲皆需攝食植物而成長，羽化為成蟲後則要吸食植物的花蜜、樹液或果汁以維持生命，因此蝴蝶的生活史和植物間具有密切的關係，而某地的植物群落亦直接影響當地蝴蝶的種類及數量。大坑地區之植被以闊葉林、竹林、檳榔園、果園及相思樹林為主，因此孕育出農業生態系及森林生態系之蝴蝶。本區過去之蝴蝶資源調查有鄭等(1997)在大坑記錄 5 科 49 種蝴蝶；李(2005)在中台科技大學記錄 5 科 42 種蝴蝶；李(2006)在中正露

營區記錄 5 科 106 種蝴蝶及李(2007)在大坑一頭崙山區記錄 5 科 103 種蝴蝶等。為了解本區之蝴蝶分布現況，本研究採用標本採集方式進

行大坑地區蝴蝶資源調查，並將研究結果和文獻紀錄比對，俾以建立本區之蝴蝶資源資料庫，並提供研究、保育及教育之參考。

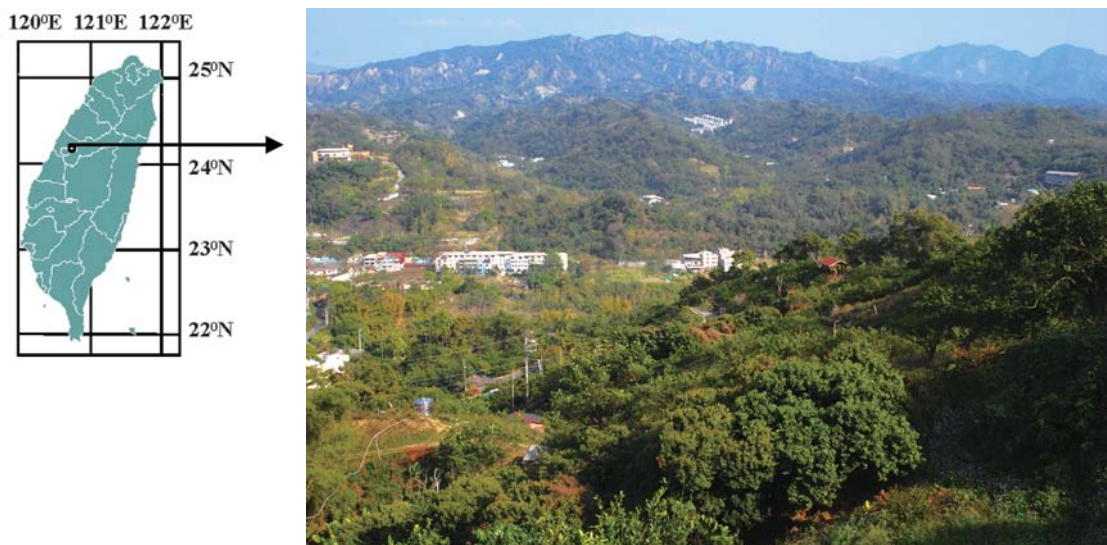


圖 1. 研究區—台中市大坑地區。

Fig. 1. The survey area: Dakeng, Taichung City.

## 材料與方法

### 一、標本採集

本調查自 2007 年 6 月至 2009 年 5 月間止，在台中市北屯區大坑地區(圖 1)，即包含民德里、民政里、大坑里、東山里之全境及和平里、廍子里東半部之「大坑風景區」範圍內，沿各主要道路與產業道路，以東山路、光西巷、大湖巷、竹坑巷、連坑巷、濁水巷、清水巷、橫坑巷、苧園巷、北坑巷、民興巷及斜頭巷(協中街)為主，採取步行及汽、機車等交通工具之方式，以捕蟲網採集蝴蝶輔以生態攝影紀錄；若發現依「野生動物保育法」規定之保育類蝴蝶則以目擊紀錄(含攝影紀錄)取代採集，原則上每月至少進行 3 次採集。

### 二、標本製作與保存

採集之蝴蝶製作展翅標本，乾燥後插上標籤，註明採集時間、地點、採集者。蝴蝶標本保存於中台科技大學生物資源室以供研究引證。

### 三、分類與鑑定

本研究之蝴蝶分類系統與學名依徐(2006)，蝴蝶之中名及蝶種鑑定參考李及王(1999, 2002)及徐(2006)等。

## 結果與討論

經 2007 年 6 月至 2009 年 5 月間在大坑地區共歷經 2 年之標本採集，共記錄蝴蝶 5 科 169 種，含弄蝶科(Hesperiidae) 27 種、鳳蝶科(Papilionidae) 21 種、粉蝶科(Pieridae) 19 種、灰蝶科(Lycaenidae) 36 種及蛺蝶科(Nymphalidae) 66 種，標本採集紀錄暨蝴蝶名錄如附錄。所

採集之蝴蝶中含台灣特有種 4 種：大黑星弄蝶 (*Seseria formosana*)、台灣鳳蝶 (*Papilio taiwanus*)、埔里三線蝶 (*Neptis taiwana*) 及大波紋蛇目蝶 (*Ypthima formosana*)，特有種比例為 2.4%，相較於台灣地區的蝴蝶中約有 1/10 為特有種 (徐 2001)，本區蝴蝶之特有種所占比例不高。若就蝴蝶在 1 年中發生之世代數而言，所採集的 169 種蝴蝶絕大多數屬於多世代蝶種，1 年 1 世代蝶種則僅有黃星鳳蝶 (*Chilasa epycides*)、蓬萊烏小灰蝶 (*Satyrium formosanum*) 及環紋蝶 (*Stichophthalma howqua*) 等 3 種。

本研究在大坑地區並未發現保育類蝴蝶。在稀有蝶種方面，由於國內尚未有針對蝴蝶所訂定之評估系統，茲參考李及王 (2002)、徐 (1999, 2002, 2006) 及林 (2008) 等之記述或評估，在本調查所記錄的蝴蝶中可列屬稀有種者有無紋弄蝶 (*Caltoris bromus*) (圖 2A)、棋石小灰蝶 (*Taraka hamada*) (圖 2B)、姬三尾小灰蝶 (*Horaga albimacula*) (圖 2C)、三尾小灰蝶 (*Horaga onyx*) (圖 2D)、金三線蝶 (*Pantoporia hordonia*) (圖

2E) 及白蛺蝶 (*Helcyra superba*) (圖 2F) 等 6 種。根據初步野外觀察，以上 6 種在本區以棋石小灰蝶之數量較多且具特色，本種之幼蟲為肉食性，以危害竹葉之蚜蟲及其分泌物為食 (徐 2006)。實地觀察此蝶，其活動範圍小，棲息於林緣或森林中，不出現於開闊地；停棲在植物葉面時常收起前足，而僅以中、後足站立。未見此蝶訪花吸蜜，曾觀察其在密生蚜蟲的麻竹葉裏吸吮。雄蝶具領域性，會駐守於喬木或灌木之葉片上，並驅趕飛經的同種雄蝶，常與對方互成螺旋狀上升纏飛後再返回原處守候；亦曾觀察本種雄蝶驅趕台灣琉璃小灰蝶 (*Acytolepis puspa*)、埔里波紋小灰蝶 (*Nacaduba kurava*) 及琉璃波紋小灰蝶 (*Jamides bochus*) 等各蝶種。在大坑地區，棋石小灰蝶出現較頻繁之棲地為殘留麻竹的次生林或廢耕地，自海拔 200m 的橫坑巷至約 800m 的頭崙山區皆有發現，全年各月份均有觀察紀錄，但其發生地點及族群數量並不穩定。

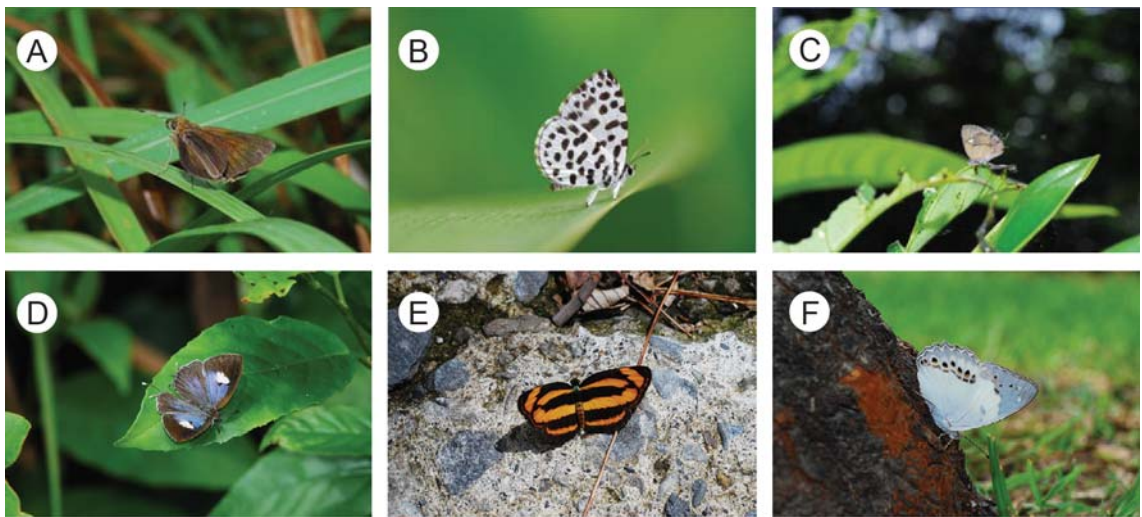


圖 2. A, 無紋弄蝶；B, 棋石小灰蝶；C, 姬三尾小灰蝶；D, 三尾小灰蝶；E, 金三線蝶；F, 白蛺蝶。

**Fig. 2.** A, *Caltoris bromus*; B, *Taraka hamada*; C, *Horaga albimacula*; D, *Horaga onyx*; E, *Pantoporia hordonia*; F, *Helcyra superba*.

表 1. 大坑與台灣地區各科蝴蝶種數之比較

Table 1. Comparison of the numbers of species of butterflies by families between Dakeng area and Taiwan

Family	Number of species		% *
	Dakeng	Taiwan	
Hesperiidae	27	67	40.3
Papilionidae	21	41	51.2
Pieridae	19	38	50.0
Lycaenidae	36	123	29.3
Nymphalidae	66	159	41.5
Total	169	428	39.5

\* % = (number of species of Dakeng / number of species of Taiwan) × 100

台灣地區有紀錄之蝴蝶有 5 科 428 種(徐 2006)，本研究在大坑所採集的 5 科 169 種蝴蝶包含台灣地區已知之 5 科，而種數則占台灣蝴蝶種數之 39.5% (表 1)；若將台灣產蝴蝶中之偶產種及疑問種扣除，實際上定居於台灣的蝴蝶約有 380 種(徐 2006)，依此推估則大坑之蝴蝶種數占台灣蝴蝶種數之比例即提升至 44%。表 1 亦顯示大坑與台灣之各科蝴蝶種數及其比較，可看出大坑地區鳳蝶科及粉蝶科之種數均約占該科在台灣之種數的五成，顯示大坑地區之植被與環境適合該 2 科蝴蝶棲息繁衍。此外，鳳蝶與粉蝶屬於中、大型蝶種，且喜訪花，亦較易採集。在另一方面，本研究所記錄的灰蝶科種數占台灣之種數比例則相對偏低，僅達 29.3%，研判其可能原因有二，其一為本科蝴蝶體型小，且若干森林性蝶種採集較為困難；其二為台灣之灰蝶科中有許多種類僅分布於中、高海拔山區(濱野 1986; 李及王 1999)，而大坑係屬於海拔不及 900m 之低山區，致使所能採集到之灰蝶科蝶種有所限制。

綜合前人研究成果，鄭等(1997)及李(2005, 2006, 2007)的調查在台中市大坑地區總共記錄了 5 科 132 種蝴蝶，若與本研究之結果相比對，文獻紀錄的 132 種蝴蝶中在本研究未曾有採集紀錄者有曙鳳蝶(*Atrophaneura horishana*)

(特有種)、寬青帶鳳蝶(*Graphium cloanthus*)、深山白條蔭蝶(*Lethe insana*)及泰雅三線蝶(*Neptis soma*)等 4 種，若加入該 4 種潛在種，則大坑地區之蝴蝶資源可達 5 科 173 種(含特有種 5 種)。

參考李及王(1999)及徐(1999, 2002, 2006)等關於台灣地區蝴蝶地理分布的記述，在蝴蝶之垂直分布方面，大坑地區之海拔高度範圍與所記錄的 169 種蝴蝶之垂直分布範圍均符合；在蝴蝶之水平分布方面則對於大琉璃紋鳳蝶(圖 3)在本區之分布提出討論。

大琉璃紋鳳蝶分為 11 亞種，分布於印度、尼泊爾、錫金、不丹、西藏、大部分中南半島、華西、華南、華東、海南及台灣北部，向南至蘇門答臘及爪哇；台灣的亞種 *Papilio paris nakaharai* Shirôzu 被視為特有亞種，分布於宜蘭、新竹以北的北部淺山丘陵帶(濱野 1986; 徐 1999)。本研究於 2007、2008 及 2009 年連續三個年度在位居中部的大坑地區均有大琉璃紋鳳蝶之採集紀錄，且可採獲鱗粉完整之新鮮個體。初步觀察顯示，本種之成蟲在大坑主要出現於春至秋季，6-9 月間在頭崙山區頗為常見；活動於林緣、開闊地，並與其他蝶類包括其近似種琉璃紋鳳蝶(*Papilio hermosanus*)混棲。喜訪花吸蜜，常利用的蜜源植物有大花豐草(*Bidens pilosa* var. *radiata*)、冇骨消(*Sambucus*

*chinensis*)及栽培種繁星花(*Pentas lanceolata*)、馬纓丹(*Lantana camara*)、金露花(*Duranta repens*)等，雄蝶則會在溪流邊或產業道路的潮濕地面吸水。大琉璃紋鳳蝶在台灣已知之寄主植物為芸香科(Rutaceae)之三腳龜(*Melicope pteleifolia*)及山刈葉(*M. semecarpifolia*) (李及王 2002)，此 2 種植物在大坑一頭崙山區之森林地帶均有分布，尤以前者為普遍(陳 2001)，

故此蝶出現於大坑，不論係經由自然擴散或人工養殖逸出(或二者皆是)，由在野外常可觀察到新鮮個體研判，本種可能已在大坑繁殖、定居。因此，以往被認為僅分布於北部的大琉璃紋鳳蝶現今在大坑，乃至台灣中部地區之來源、分布、發生情形及與其他物種間之相互關係，值得進一步探討。

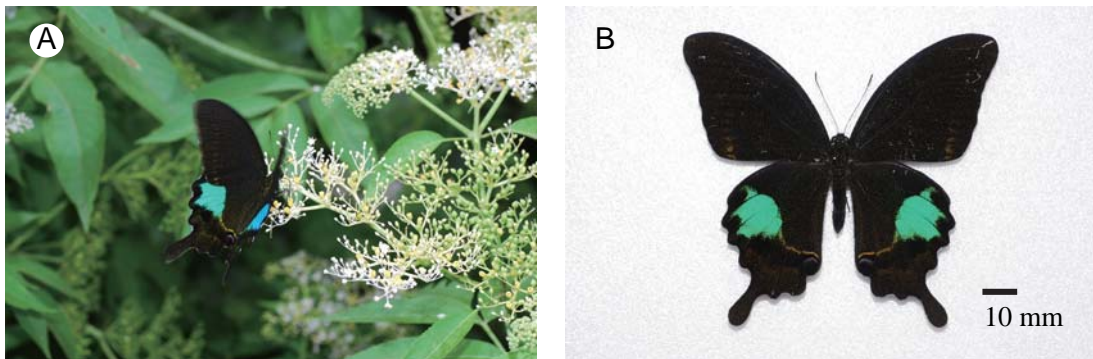


圖 3. 大琉璃紋鳳蝶。A, 雄蝶背面照；B, 雄蝶標本背面照。

Fig. 3. Dorsal views of two males of *Papilio paris nakaharai* Shirôzu.

關於大坑地區與台中市轄區內其他地點蝶類調查結果之比較，楊等(2002)在台中盆地西側大肚山的台中都會公園曾記錄 5 科 63 種蝴蝶；李(2007)則在盆地中央台中市區的景賢生態公園記錄 5 科 31 種蝴蝶。若不考慮研究區大小、調查方法等因素，以上述研究與本研究結果相對照可以初步看出，在高度人工化市區中的蝶相最為貧乏(31 種)，而同樣位於郊區的大坑之蝴蝶種數(169 種)則遠多於台中都會公園(63 種)。由蝴蝶與植物間之密切關係推測，此等蝶相差異之主因，為盆地西側之大肚山地區墾殖歷史悠久，人為開發顯著；位於盆地東側的大坑一頭崙山區則與廣袤的雪山山脈西南緣相連，地形變化大而開發程度低，植被豐富多樣，故蝴蝶資源亦較為豐富。

## 謝 誌

研究期間承蒙國立自然科學博物館動物學組及國立台灣師範大學生命科學系蝴蝶研究室協助鑑定部分蝴蝶標本，謹此致謝。

## 引用文獻

- 台中市政府。2003。台中市大坑風景區森林公園開發建設第一期計畫。
- 李大維。2005。大坑山坡地校園之蝶相與其寄主及蜜源植物初探。中台學報 17(1): 47-58。
- 李大維。2006。大坑蝴蝶生態教育區蝶相調查研究。特有生物研究 8(1): 13-25。
- 李大維。2007。大坑一頭崙山區之蝶類蜜源植物調查暨原生種蜜源植物之植栽應用探

- 討。台灣人文生態研究 9(1): 81-120。
- 李大維。2007。都市棲地之蝶相暨蜜源植物研究—以台中市景賢生態公園為例。特有生物研究 9(1): 37-49。
- 李俊延、王效岳。1999。台灣蝴蝶寶鑑。宜蘭縣自然史教育館。
- 李俊延、王效岳。2002。台灣蝴蝶圖鑑。貓頭鷹出版社。
- 沈明雅、許再文、陳志輝、彭仁傑、黃士元、黃朝慶、曾彥學、楊嘉棟。1996。台中縣市植物資源。台灣省特有生物研究保育中心。
- 林春吉。2008。台灣蝴蝶食草與蜜源植物大圖鑑(下)。天下遠見出版股份有限公司。
- 徐培峰。1999。台灣蝶圖鑑第一卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 徐培峰。2001。台灣蝶類多樣性與保育。謝豐國、林政行、顧世紅編。跨世紀台灣昆蟲研究之進展研討會論文集 259-262 頁。國立自然科學博物館。
- 徐培峰。2002。台灣蝶圖鑑第二卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 徐培峰。2006。台灣蝶圖鑑第三卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 陳玉峰。2001。大坑頭崙山系植被生態調查報告。台灣人文生態研究 3(1): 111-163。
- 楊平世、李信德、林衍德、葉耕帆、李惠永。2002。台中都會公園生物調查與環境監測期末報告(第三期)。內政部營建署台中都會公園。
- 廖秋成、呂福原、歐辰雄。1987。頭崙山地區植群生態與植物區系之研究。國立中興大學農學院實驗林研究報告第八號, 43-65 頁。
- 鄭錫奇、陳立楨、林華慶、林麗紅、蔡昕皓、楊耀隆。1997。台灣中部地區野生動物之調查(4/5) 85 年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。台灣省特有生物研究保育中心。
- 濱野榮次。1986。台灣蝶類生態大圖鑑。牛頓出版社。

附錄. 台中市大坑地區之蝴蝶標本採集紀錄

Appendix. A list of butterflies collected from Dakeng area, Taichung City

### Hesperiidae 弄蝶科

#### Coeliadinae 大弄蝶亞科

1. *Badamia exclamationis* (Fabricius) 淡綠弄蝶(長翅弄蝶)  
1 ♀, 1.VIII.2007.
2. *Burara jaina formosana* (Fruhstorfer) 鸞褐弄蝶(橙翅傘弄蝶)  
1 ♀, 4.VII.2007.
3. *Choaspes benjaminii formosanus* (Fruhstorfer) 大綠弄蝶(綠弄蝶)  
1 ♂, 15.VIII.2008.
4. *Hasora badra* (Moore) 鐵色絨毛弄蝶(鐵色絨弄蝶)  
1 ♀, 19.IX.2008; 1 ♂, 26.IX.2008.
5. *Hasora taminatus vairacana* Fruhstorfer 台灣絨毛弄蝶(圓翅絨弄蝶)  
1 ♀, 4.VII.2007; 1 ♂, 11.IX.2008.

#### Pyrginae 花弄蝶亞科

6. *Abraximorpha davidii ermasis* Fruhstorfer 白弄蝶  
1 ♀, 20.VI.2007.
7. *Daimio tethys niitakana* Matsumura 玉帶弄蝶  
1 ♂, 5.IX.2008.
8. *Seseria formosana* (Fruhstorfer) 大黑星弄蝶(台灣瑟弄蝶) <Endemic>  
1 ♂, 12.III.2009.
9. *Tagiades cohaerens* Mabille 白裙弄蝶  
1 ♂, 28.VII.2007.

#### Hesperiinae 弄蝶亞科

10. *Ampittia virgata myakei* Matsumura 狹翅黃星弄蝶(黃星弄蝶)  
1 ♂, 4.VII.2007.
11. *Borbo cinnarra* (Wallace) 台灣單帶弄蝶(禾弄蝶)  
1 ♀, 13.VII.2007.
12. *Caltoris bromus yanuca* (Fruhstorfer) 無紋弄蝶(變紋黯弄蝶)  
1 ♂, 27.V.2009 ; 1 ♀, 29.V.2009.

13. *Caltores cahira austeni* (Moore) 黑紋弄蝶(黯弄蝶)  
1 ♂, 20.VII.2008.
14. *Erionota torus* Evans 香蕉弄蝶(蕉弄蝶)  
1 ♀, 29.IV.2009.
15. *Isoteinon lamprospilus formosanus* Fruhstorfer 狹翅弄蝶(白斑弄蝶)  
1 ♂, 4.VIII.2008 ; 1 ♀, 12.V.2009.
16. *Notocrypta curvifascia* (C.& R.Felder) 黑弄蝶(袖弄蝶)  
1 ♀, 12.VII.2007 ; 1 ♂, 6.VIII.2008.
17. *Parnara bada* (Moore) 姬單帶弄蝶(小稻弄蝶)  
1 ♂, 27.VII.2008.
18. *Parnara guttata* (Bremer & Grey) 單帶弄蝶(稻弄蝶)  
1 ♂, 1. X.2008.
19. *Pelopidas agna* (Moore) 尖翅褐弄蝶  
1 ♂, 4.XII.2007 ; 1 ♀, 20.VI.2008.
20. *Pelopidas conjuncta* (Herrich-Schäffer) 台灣大褐弄蝶(巨褐弄蝶)  
1 ♀, 4.VII.2007.
21. *Polytremis lubricans kuyaniana* (Matsumura) 黃紋褐弄蝶(黃紋孔弄蝶)  
1 ♂, 10.VI.2008.
22. *Potanthus confucius angustatus* (Matsumura) 台灣黃斑弄蝶(黃斑弄蝶)  
1 ♀, 26.V.2009.
23. *Pseudoborbo bevani* (Moore) 小紋褐弄蝶(假禾弄蝶)  
1 ♂, 9.V.2009.
24. *Suastus gremius* (Fabricius) 黑星弄蝶  
1 ♂, 13.VII.2007.
25. *Telicota bambusae horisha* Evans 埔里紅弄蝶(竹橙斑弄蝶)  
1 ♂, 28.VII.2007 ; 1 ♀, 30.VII.2008.
26. *Telicota ohara formosana* Fruhstorfer 竹紅弄蝶(寬邊橙斑弄蝶)  
1 ♀, 4.VII.2007 ; 1 ♂, 19.XII.2007.
27. *Udaspes folus* (Cramer) 大白紋弄蝶(薑弄蝶)  
1 ♀, 23.IX.2008.

### Papilionidae 鳳蝶科

#### Papilioninae 鳳蝶亞科

28. *Byasa alcinous mansonensis* (Fruhstorfer) 麝香鳳蝶(麝鳳蝶)  
1 ♀, 4.VII.2007.

29. *Byasa impediens febanus* (Fruhstorfer) 台灣麝香鳳蝶(長尾麝香鳳蝶)  
1 ♀, 18.IX.2008 ; 1 ♂, 28.III.2009.
30. *Byasa polyeuctes termessus* (Fruhstorfer) 大紅紋鳳蝶(多姿麝香鳳蝶)  
1 ♀, 4.VII.2007.
31. *Chilasa epycides melanoleucus* (Ney) 黃星鳳蝶(黃星斑鳳蝶)  
1 ♂, 10.III.2009.
32. *Graphium agamemnon* (Linnaeus) 綠斑鳳蝶(翠斑青鳳蝶)  
1 ♀, 27.VI.2007.
33. *Graphium doson postianus* (Fruhstorfer) 青斑鳳蝶(木蘭青鳳蝶)  
1 ♀, 18.VI.2007 ; 1 ♂, 5.III.2009.
34. *Graphium sarpedon connectens* (Fruhstorfer) 青帶鳳蝶(青鳳蝶)  
1 ♂, 10.VI.2008 ; 1 ♀, 9.II.2009.
35. *Pachliopta aristolochiae interposita* (Fruhstorfer) 紅紋鳳蝶(紅珠鳳蝶)  
1 ♂, 1.VIII.2007 ; 1 ♀, 27.V.2009.
36. *Papilio bianor thrasymedes* Fruhstorfer 烏鴉鳳蝶(翠鳳蝶)  
1 ♂, 4.VII.2007 ; 1 ♀, 27.II.2009.
37. *Papilio castor formosanus* Rothschild 無尾白紋鳳蝶  
1 ♂, 27.VI.2007 ; 1 ♀, 13.V.2009.
38. *Papilio demoleus* Linnaeus 無尾鳳蝶(花鳳蝶)  
1 ♂, 23.VI.2008.
39. *Papilio dialis tatsuta* Murayama 台灣烏鴉鳳蝶(穹翠鳳蝶)  
1 ♂, 7.VIII.2008.
40. *Papilio helenus fortunius* Fruhstorfer 白紋鳳蝶  
1 ♂, 17.II.2009.
41. *Papilio hermosanus* Rebel 琉璃紋鳳蝶(台灣琉璃翠鳳蝶)  
1 ♀, 18.VI.2007 ; 1 ♂, 17.II.2009.
42. *Papilio memnon heronus* Fruhstorfer 大鳳蝶  
1 ♀, 18.VI.2007 ; 1 ♂ 1 ♀, 24.VI.2007 ; 1 ♀, 28.VII.2007.
43. *Papilio nephelus chaonulus* Fruhstorfer 台灣白紋鳳蝶(大白紋鳳蝶)  
1 ♂, 7.VIII.2008.
44. *Papilio paris nakaharai* Shirôzu 大琉璃紋鳳蝶(琉璃翠鳳蝶)  
1 ♂, 4.VII.2007 ; 1 ♀, 4.X.2008 ; 1 ♀, 11.II.2009 ; 1 ♂, 24.V.2009.
45. *Papilio polytes polytes* Linnaeus 玉帶鳳蝶  
1 ♀, 27.VI.2007 ; 1 ♂, 17.II.2009.
46. *Papilio protenor protenor* Cramer 黑鳳蝶  
1 ♀, 24.VI.2007 ; 1 ♂, 22.II.2009.
47. *Papilio taiwanus* Rothschild 台灣鳳蝶 <Endemic>  
1 ♀, 28.VIII.2008 ; 1 ♂, 17.II.2009.

48. *Papilio xuthus* Linnaeus 柑橘鳳蝶

1 ♀, 24.VI.2007 ; 1 ♂, 25.II.2009.

### Pieridae 粉蝶科

#### Pierinae 粉蝶亞科

49. *Appias albina semperi* (Moore) 尖翅粉蝶(尖粉蝶)

1 ♀, 28.VII.2007.

50. *Appias indra aristoxemus* Fruhstorfer 雲紋粉蝶(雲紋尖粉蝶)

1 ♂, 1.IV.2009.

51. *Appias lyncida eleonora* (Boisduval) 台灣粉蝶(異色尖粉蝶)

1 ♂, 20.VI.2008 ; 1 ♀, 28.XI.2008.

52. *Cepora nadina eunama* (Fruhstorfer) 淡紫粉蝶(淡褐脈粉蝶)

1 ♂, 19.XI.2008 ; 1 ♀, 22.II.2009.

53. *Delias hyparete luzonensis* C.& R.Felder 紅紋粉蝶(白艷粉蝶)

1 ♀, 19.VIII.2008.

54. *Delias pasithoe curasena* Fruhstorfer 紅肩粉蝶(艷粉蝶)

1 ♀, 26.XI.2007.

55. *Hebomoia glaucippe formosana* Fruhstorfer 端紅蝶(橙端粉蝶)

1 ♂ 1 ♀, 20.VI.2007.

56. *Ixias pyrene insignis* Butler 雌白黃蝶(異粉蝶)

1 ♂, 20.VIII.2007 ; 1 ♀, 5.IX.2008 ; 1 ♂, 9.II.2009.

57. *Leptosia nina niobe* (Wallace) 黑點粉蝶(纖粉蝶)

1 ♂, 20.II.2008 ; 1 ♀, 31.III.2009.

58. *Pieris canidia* (Sparrman) 台灣紋白蝶(緣點白粉蝶)

1 ♂ 1 ♀, 4.XII.2007.

59. *Pieris rapae crucivora* (Boisduval) 紋白蝶(白粉蝶)

1 ♂, 14.XI.2007 ; 1 ♀, 20.XI.2007.

60. *Prioneris thestylis formosana* Fruhstorfer 斑粉蝶(鋸粉蝶)

1 ♀, 14.V.2008.

#### Coliadinae 黃粉蝶亞科

61. *Catopsilia pomona* (Fabricius) 淡黃蝶(遷粉蝶)

1 ♂, 20.VI.2008 ; 1 ♀, 20.VIII.2008 ; 1 ♀, 1.IX.2008.

62. *Catopsilia pyranthe* (Linnaeus) 水青粉蝶(細波遷粉蝶)

1 ♀, 30.IX.2008 ; 1 ♂, 12.XI.2008.

63. *Eurema andersoni godana* (Fruhstorfer) 淡色黃蝶  
1 ♂, 26.IX.2008.
64. *Eurema blanda arsakia* (Fruhstorfer) 台灣黃蝶(亮色黃蝶)  
1 ♂, 20.VI.2008 ; 1 ♀, 14. II .2009.
65. *Eurema brigitta hainana* (Moore) 星黃蝶  
1 ♂, 10.XII.2008.
66. *Eurema hecabe* (Linnaeus) 荷氏黃蝶(黃蝶)  
1 ♂, 20.VI.2008 ; 1 ♀, 17. II .2009.
67. *Gonepteryx amintha formosana* (Fruhstorfer) 紅點粉蝶(圓翅鉤粉蝶)  
1 ♂, 27. X .2008 ; 1 ♀, 5.XII.2008.

### Lycaenidae 灰蝶科

#### Miletinae 雲灰蝶亞科

68. *Taraka hamada thalaba* Fruhstorfer 棋石小灰蝶(蚬灰蝶)  
1 ♂, 27.V.2008 ; 1 ♀, 3. II .2009 ; 1 ♀, 3.III.2009.

#### Curetinae 銀灰蝶亞科

69. *Curetis acuta formosana* Fruhstorfer 銀斑小灰蝶(銀灰蝶)  
1 ♂, 4.VII.2007 ; 1 ♀, 2.V.2009.

#### Lycaeninae 灰蝶亞科

70. *Heliophorus ila matsumurae* (Fruhstorfer) 紅邊黃小灰蝶(紫日灰蝶)  
1 ♀, 16. II .2008 ; 1 ♂, 9.VIII.2008.

#### Theclinae 翠灰蝶亞科

71. *Arhopala bazalus turbata* Butler 紫燕蝶(燕尾紫灰蝶)  
1 ♀, 17. II .2009.
72. *Arhopala birmana asakurae* (Matsumura) 朝倉小灰蝶(小紫灰蝶)  
1 ♀, 13.XII.2008 ; 1 ♂, 24. II .2009.
73. *Arhopala japonica* (Murray) 紫小灰蝶(日本紫灰蝶)  
1 ♀, 21.VIII.2008 ; 1 ♂, 11. II .2009.
74. *Artipe eryx horiella* (Matsumura) 綠底小灰蝶(綠灰蝶)  
1 ♂, 11.IX.2008.

75. *Deudorix epijarbas menesicles* Fruhstorfer 恆春小灰蝶(玳灰蝶)  
1 ♂, 28.VII.2007 ; 1 ♀, 27.V.2009.
76. *Horaga albimacula triumphalis* Murayama & Shibatani 姬三尾小灰蝶(小鑽灰蝶)  
1 ♂, 27.V.2009.
77. *Horaga onyx moltrechti* Matsumura 三尾小灰蝶(鑽灰蝶)  
1 ♀, 19.XII.2007 ; 1 ♂, 16.XII.2008.
78. *Mahathala ameria hainani* Bethune-Baker 凹翅紫小灰蝶(凹翅紫灰蝶)  
1 ♀, 9.II.2009.
79. *Rapala varuna formosana* Fruhstorfer 墾丁小灰蝶(燕灰蝶)  
1 ♂, 1.VIII.2007 ; 1 ♀, 11.II.2009.
80. *Rapala nissa hirayamana* Matsumura 平山小灰蝶(霓彩燕灰蝶)  
1 ♂, 23.VI.2008.
81. *Satyrrium formosanum* (Matsumura) 蓬萊烏小灰蝶(台灣洒灰蝶)  
1 ♀, 28.IV.2009.
82. *Sinthusia chandrana kuyaniana* (Matsumura) 嘉義小灰蝶(閃灰蝶)  
1 ♂, 15.VIII.2008 ; 1 ♀, 5.II.2009.
83. *Spindasis lohita formosana* (Moore) 台灣雙尾燕蝶(虎灰蝶)  
1 ♀, 15.VII.2008.
84. *Spindasis syama* (Horsfield) 三星雙尾燕蝶(三斑虎灰蝶)  
1 ♂, 4.VII.2007.

Polyommatainae 藍灰蝶亞科

85. *Acytolepis puspa myla* (Fruhstorfer) 台灣琉璃小灰蝶(靛色琉灰蝶)  
1 ♀, 19.XII.2007 ; 1 ♂, 14.II.2009.
86. *Catochrysops panormus exiguus* (Distant) 淡青長尾波紋小灰蝶(青珈波灰蝶)  
1 ♀, 12.XI.2007 ; 1 ♂, 27.XI.2008.
87. *Celastrina lavendularis himilcon* (Fruhstorfer) 埔里琉璃小灰蝶(細邊琉灰蝶)  
1 ♀, 31.XI.2008 ; 1 ♂, 12.V.2009.
88. *Chilades pandava peripatria* Hsu 黑斑蘇鐵小灰蝶(蘇鐵綺灰蝶)  
1 ♂, 29.VII.2008.
89. *Jamides alecto dromicus* Fruhstorfer 白波紋小灰蝶(淡青雅波灰蝶)  
1 ♀, 13.VII.2007 ; 1 ♂, 11.VIII.2008.
90. *Jamides bochus formosanus* Fruhstorfer 琉璃波紋小灰蝶(雅波灰蝶)  
1 ♀, 15.II.2008 ; 1 ♂, 21.VIII.2008.
91. *Jamides celeno* (Cramer) 小白波紋小灰蝶(白雅波灰蝶)  
1 ♂, 10.XI.2007 ; 1 ♀, 14.XI.2008.

92. *Lampides boeticus* (Linnaeus) 波紋小灰蝶(豆波灰蝶)  
1 ♂, 7.VIII.2008 ; 1 ♀, 17. II .2009.
93. *Leptotes plinius* (Fabricius) 角紋小灰蝶(細灰蝶)  
1 ♀, 11.IX.2008.
94. *Megisba malaya sikkima* Moore 台灣黑星小灰蝶(黑星灰蝶)  
1 ♂, 4.VIII.2008.
95. *Nacaduba kurava therasia* Fruhstorfer 埔里波紋小灰蝶(大娜波灰蝶)  
1 ♂, 15.IV.2009 ; 1 ♀, 27.V.2009.
96. *Nacaduba pactolus hainani* Bethune-Baker 黑波紋小灰蝶(暗色娜波灰蝶)  
1 ♂, 17.XI.2008.
97. *Neopithecops zalmora* (Butler) 姬黑星小灰蝶(黑點灰蝶)  
1 ♀, 29. I .2008.
98. *Prosotas nora formosana* (Fruhstorfer) 姬波紋小灰蝶(波灰蝶)  
1 ♀, 30.VII.2008.
99. *Udara dilecta* (Moore) 達邦琉璃小灰蝶(嫵琉灰蝶)  
1 ♀, 6.V.2009.
100. *Zizeeria karsandra* (Moore) 台灣小灰蝶(萹藍灰蝶)  
1 ♂, 7.IV.2009.
101. *Zizeeria maha okinawana* (Matsumura) 沖繩小灰蝶(藍灰蝶)  
1 ♂, 28.VII.2007 ; 1 ♀, 8. II .2008 ; 1 ♂, 16. II .2008.
102. *Zizina otis riukuensis* (Matsumura) 小小灰蝶(折列藍灰蝶)  
1 ♂, 23.X.2008.
103. *Zizula hylax* (Fabricius) 迷你小灰蝶(迷你藍灰蝶)  
1 ♂, 16.VII.2008 ; 1 ♀, 15. I .2009.

### Nymphalidae 蛺蝶科

#### Libytheinae 喙蝶亞科

104. *Libythea lepita formosana* Fruhstorfer 長鬚蝶(東方喙蝶)  
1 ♀, 5.V.2008.

#### Danainae 斑蝶亞科

105. *Danaus chrysippus* (Linnaeus) 樺斑蝶(金斑蝶)  
1 ♀, 16. II .2008 ; 1 ♂, 14.VIII.2008.
106. *Danaus genutia* (Cramer) 黑脈樺斑蝶(虎斑蝶)  
1 ♂, 14.VIII.2008.

107. *Euploea eunice hobsoni* (Butler) 圓翅紫斑蝶  
1 ♂ 1 ♀, 11.IX.2008.
108. *Euploea tulliolus koxinga* Fruhstorfer 小紫斑蝶  
1 ♂, 20.VI.2008 ; 1 ♀, 23.II.2009.
109. *Euploea mulciber barsine* Fruhstorfer 端紫斑蝶(異紋紫斑蝶)  
1 ♂, 20.VI.2008 ; 1 ♀, 3.VII.2008.
110. *Euploea sylvester swinhoei* Wallace & Moore 斯氏紫斑蝶(雙標紫斑蝶)  
1 ♂, 20.VI.2008.
111. *Ideopsis similis* (Linnaeus) 琉球青斑蝶(旖斑蝶)  
1 ♂, 29.VII.2008 ; 1 ♀, 21.II.2009.
112. *Parantica aglea maghaba* (Fruhstorfer) 姬小紋青斑蝶(絹斑蝶)  
1 ♂, 15.II.2008 ; 1 ♀, 30.VII.2008.
113. *Parantica sita nipponica* (Moore) 青斑蝶(大絹斑蝶)  
1 ♂, 25.IX.2008 ; 1 ♀, 9.II.2009.
114. *Parantica swinhoei* (Moore) 小青斑蝶(斯氏絹斑蝶)  
1 ♀, 29.X.2008 ; 1 ♂, 27.V.2009.
115. *Tirumala limniace limniace* (Cramer) 淡紋青斑蝶  
1 ♂, 29.VII.2008 ; 1 ♀, 14.XI.2008.
116. *Tirumala septentrionis* (Butler) 小紋青斑蝶  
1 ♂, 29.VII.2008 ; 1 ♀, 1.III.2009.

#### Heliconiinae 毒蝶亞科

117. *Acraea issoria formosana* (Fruhstorfer) 細蝶(苧麻珍蝶)  
1 ♀, 24.IV.2009 ; 1 ♂, 29.IV.2009.
118. *Argyreus hyperbius* (Linnaeus) 黑端豹斑蝶(斐豹蛺蝶)  
1 ♂, 30.VII.2008.
119. *Cupha erymanthis* (Drury) 台灣黃斑蛺蝶(黃襟蛺蝶)  
1 ♀, 3.II.2009 ; 1 ♂, 12.III.2009.
120. *Phalanta phalantha* (Drury) 紅擬豹斑蝶(砵蛺蝶)  
1 ♂, 15.XI.2007 ; 1 ♀, 27.V.2009.

#### Nymphalinae 蛺蝶亞科

121. *Hypolimnas bolina kezia* (Butler) 琉球紫蛺蝶(幻蛺蝶)  
1 ♂, 4.VII.2007 ; 1 ♀, 28.VII.2007.
122. *Hypolimnas misippus* (Linnaeus) 雌紅紫蛺蝶(雌擬幻蛺蝶)  
1 ♂, 4.VII.2007 ; 1 ♀, 2.VII.2008.

123. *Junonia almana* (Linnaeus) 孔雀蛺蝶(眼蛺蝶)  
1 ♀, 28. II. 2008 ; 1 ♂, 28. III. 2009.
124. *Junonia iphita* (Cramer) 黑擬蛺蝶(黯眼蛺蝶)  
1 ♀, 1. X. 2008.
125. *Junonia lemonias aenaria* Fruhstorfer 眼紋擬蛺蝶(鱗紋眼蛺蝶)  
1 ♀, 8. II. 2009.
126. *Junonia orithya* (Linnaeus) 青擬蛺蝶(青眼蛺蝶)  
1 ♂, 18. IX. 2008.
127. *Kallima inachus formosana* Fruhstorfer 枯葉蝶  
1 ♀, 4. VII. 2007 ; 1 ♂, 1. XI. 2008.
128. *Kaniska canace canace* (Linnaeus) 琉璃蛺蝶  
1 ♀, 18. VI. 2007.
129. *Polygonia c-aureum lunulata* Esaki & Nakahara 黃蛺蝶(黃鉤蛺蝶)  
1 ♀, 22. VIII. 2007 ; 1 ♂, 28. VIII. 2007.
130. *Symbrenthia hypselis scatinia* Fruhstorfer 姬黃三線蝶(花豹盛蛺蝶)  
1 ♀, 1. IX. 2008.
131. *Symbrenthia lilaea formosanus* Fruhstorfer 黃三線蝶(散紋盛蛺蝶)  
1 ♀, 27. XII. 2008 ; 1 ♂, 13. II. 2009.
132. *Vanessa cardui* (Linnaeus) 姬紅蛺蝶(小紅蛺蝶)  
1 ♀, 27. IX. 2007.
133. *Vanessa indica* (Herbst) 紅蛺蝶(大紅蛺蝶)  
1 ♀, 29. X. 2008.

#### Limnitiinae 線蛺蝶亞科

134. *Ariadne ariadne pallidior* (Fruhstorfer) 樺蛺蝶(波蛺蝶)  
1 ♂, 18. VI. 2007 ; 1 ♀, 22. II. 2009.
135. *Athyma cama zoroastes* (Butler) 台灣單帶蛺蝶(雙色帶蛺蝶)  
1 ♂, 24. VI. 2007 ; 1 ♀, 1. VIII. 2007.
136. *Athyma perius* (Linnaeus) 白三線蝶(玄珠帶蛺蝶)  
1 ♀, 28. VII. 2007 ; 1 ♂, 20. VII. 2008.
137. *Athyma selenophora laela* (Fruhstorfer) 小單帶蛺蝶(異紋帶蛺蝶)  
1 ♀, 24. VI. 2007 ; 1 ♂, 26. IX. 2008.
138. *Limnitis sulphitia tricola* (Fruhstorfer) 台灣星三線蝶(殘眉線蛺蝶)  
1 ♂, 4. VII. 2007 ; 1 ♀, 21. III. 2009.
139. *Neptis hylas luculenta* Fruhstorfer 琉球三線蝶(豆環蛺蝶)  
1 ♂ 1 ♀, 17. II. 2009.

140. *Neptis nata lutatia* Fruhstorfer 台灣三線蝶(細帶環蛺蝶)  
1 ♀, 23.VI.2008 ; 1 ♂, 17.II.2009.
141. *Neptis sappho formosana* Fruhstorfer 小三線蝶(小環蛺蝶)  
1 ♂, 13.II.2009 ; 1 ♀, 6.V.2009.
142. *Neptis taiwana* Fruhstorfer 埔里三線蝶(蓬萊環蛺蝶) <Endemic>  
1 ♀, 28.VII.2007 ; 1 ♂, 5.III.2009.
143. *Pantoporia hordonia rihodona* (Moore) 金三線蝶(金環蛺蝶)  
1 ♂, 7.IX.2007.
144. *Parasarpa dudu jinamitra* (Fruhstorfer) 紫單帶蛺蝶(紫俳蛺蝶)  
1 ♀, 2.XII.2007 ; 1 ♂, 3.III.2009.

#### Cyrestinae 絲蛺蝶亞科

145. *Cyrestis thyodamas formosana* Fruhstorfer 石牆蝶(網絲蛺蝶)  
1 ♀, 3.II.2009.

#### Apaturinae 閃蛺蝶亞科

146. *Chitoria chrysolora* (Fruhstorfer) 台灣小紫蛺蝶(金鎧蛺蝶)  
1 ♀, 4.VII.2007 ; 1 ♂, 1.VIII.2007.
147. *Helcyra superba takamukai* Matsumura 白蛺蝶  
1 ♀, 21.VII.2008.
148. *Hestina assimilis formosana* (Moore) 紅星斑蛺蝶(紅斑脈蛺蝶)  
1 ♀, 11.VIII.2008.
149. *Sephisia chandra androdamas* Fruhstorfer 黃斑蛺蝶(燦蛺蝶)  
1 ♂, 28.VII.2007.
150. *Timelaea albescens formosana* Fruhstorfer 豹紋蝶(白裳貓蛺蝶)  
1 ♂, 22.VIII.2007.

#### Charaxinae 螯蛺蝶亞科

151. *Polyura eudamippus formosana* (Rothschild) 雙尾蝶(雙尾蛺蝶)  
1 ♂, 27.V.2009.
152. *Polyura narcaea meghaduta* (Fruhstorfer) 姬雙尾蝶(小雙尾蛺蝶)  
1 ♂, 27.V.2009.

#### Morphinae 摩爾浮蝶亞科

153. *Stichopthalma howqua formosana* Fruhstorfer 環紋蝶(箭環蝶)  
1 ♂, 16.VIII.2008.

Satyrinae 眼蝶亞科

154. *Elymnias hypermnestra hainana* Moore 紫蛇目蝶(藍紋鋸眼蝶)  
1 ♀, 28.VIII.2008.
155. *Lethe chandica ratnacri* Fruhstorfer 雌褐蔭蝶(曲紋黛眼蝶)  
1 ♀, 20.VI.2008 ; 1 ♂, 16.VIII.2008.
156. *Lethe europa pavidata* Fruhstorfer 白條蔭蝶(長紋黛眼蝶)  
1 ♀, 28.VIII.2008.
157. *Lethe rohria daemniaca* Fruhstorfer 波紋白條蔭蝶(波紋黛眼蝶)  
1 ♂, 20.XI.2008.
158. *Lethe verma cintamani* Fruhstorfer 白條黑蔭蝶(玉帶黛眼蝶)  
1 ♂, 5.VIII.2008.
159. *Melanitis leda* (Linnaeus) 樹蔭蝶(暮眼蝶)  
1 ♂, 1.VIII.2007.
160. *Melanitis phedima polishana* Fruhstorfer 黑樹蔭蝶(森林暮眼蝶)  
1 ♀, 14.VIII.2008.
161. *Mycalesis francisca formosana* Fruhstorfer 小蛇目蝶(眉眼蝶)  
1 ♂, 8.VIII.2008.
162. *Mycalesis gotama nanda* Fruhstorfer 姬蛇目蝶(稻眉眼蝶)  
2 ♂, 9.III.2009.
163. *Mycalesis sangaica mara* Fruhstorfer 單環蝶(淺色眉眼蝶)  
1 ♂, 5.IX.2008.
164. *Mycalesis zonata* Matsumura 切翅單環蝶(切翅眉眼蝶)  
1 ♂, 4.VIII.2008 ; 1 ♂, 17.X.2008.
165. *Neope muirheadi nagasawae* Matsumura 永澤黃斑蔭蝶(褐翅蔭眼蝶)  
1 ♂, 4.IX.2008 ; 1 ♀, 3.III.2009.
166. *Penthema formosanum* (Rothschild) 白條斑蔭蝶(台灣斑眼蝶)  
1 ♂, 11.VIII.2008 ; 1 ♂, 10.III.2009.
167. *Ypthima baldus zodina* Fruhstorfer 小波紋蛇目蝶(小波眼蝶)  
1 ♀, 7.XI.2008 ; 1 ♂, 3.II.2009.
168. *Ypthima formosana* Fruhstorfer 大波紋蛇目蝶(寶島波眼蝶) <Endemic>  
1 ♂, 20.VI.2008 ; 1 ♀, 3.III.2009.
169. *Ypthima multistriata* Butler 台灣波紋蛇目蝶(密紋波眼蝶)  
1 ♂, 20.VI.2008.

# 《台灣生物多樣性研究》稿約

## 壹、一般說明

- 一、《台灣生物多樣性研究》為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關生物多樣性或自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表之原創研究為限。
- 二、本刊為季刊，每年 1 月、4 月、7 月及 10 月出版，隨時接受投稿。
- 三、撰稿中、英文均可，來稿請寄送完整文稿紙本 1 式 3 份或以電子檔案傳送(e-mail: tjbd@tesri.gov.tw)。原圖、表及以紙本投稿者之電子檔案俟審查通過後再通知寄送。
- 四、經本刊接受刊登之稿件，投稿著作所有列名作者皆同意授權本刊單位以非專屬授權之方式再授權，並得為重製、公開傳輸、授權用戶下載、列印等行為。為符合資料庫之需求，並得進行格式之變更。
- 五、稿件無稿酬，但經刊登之文稿贈送抽印本 50 份，作者如需額外的抽印本，可於校稿時登記份數，並負擔其費用。
- 六、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽註意見或修改，如須修改者再送請作者自行補充修正，作者應於收稿 2 週內完成修正，如於收稿 2 個月後仍未將修正稿件寄回者，視同放棄投稿。稿件付印前作者應負責校對。
- 七、來稿請寄：南投縣集集鎮(郵遞區號 552)民生東路 1 號特有生物研究保育中心「台灣生物多樣性研究」期刊編輯委員會收。

## 貳、文稿章節順序

依照 1. 題目，2. 作者姓名、服務單位、地址，3. 通訊作者之 e-mail，4. 摘要，5. 關鍵詞，6. 緒言，7. 材料與方法，8. 結果與討論(可分列)，9. 結論(可省略)，10. 謝誌(可省略)，11. 引用文獻等順序撰寫；其中 1 至 5 項請中英文並列，本文為中文撰寫者，依先中文後英文順序；本文為英文撰寫者，則先英文後中文。

文章若屬於研究短報(Note)者可不分章節。

另附標題頁(cover page)，註明簡題(short running title)及作者或聯絡人之姓名、電話、傳真、住址、e-mail 位址。

## 參、文稿結構

- 一、題目以 30 字為限。
- 二、作者中英文姓名之右上角以縮小數字標示服務單位註記。作者的英文姓名需列全名，名在前姓在後；複姓複名者，二字間用“-”相連；作者若為兩人，姓名間以“and”連接；若為三人或以上，除最後一人與其前一人間以“and”連接外，其餘之間以半形逗號連接。
- 三、中英文摘要以 500 字為限，摘要內容應以結果及結論為主，目的及方法可簡潔敘述或省略。避免使用條列式的摘要。

四、中英文關鍵詞以 5 個為限。

## 肆、文稿書寫應注意事項

一、文稿須以 Microsoft Word 可讀取之軟體編輯，以 A4 (30cm × 21cm) 白紙單面雙空行(double spaces)列印，文稿之天、地、左、右須留白 3cm，於每頁正下方註記頁碼。

二、本文敘述，應用數字編號時，其層次：

中文用：一、(一)、1、(1)、①...

英文用：I、(I)、1、(1)、A、a、(a)...

三、中英文單位請用公制之符號，例如：kg、mg、ml、ppm、pH、cm 等，數值請以阿拉伯數字表示之，年代一律採用西元。

四、插圖請用白紙(或繪圖紙)以黑墨水精繪，亦可採電腦製圖，惟須以雷射印表機列印；照片限原始攝影採光面相紙沖印者，幻燈片限用原片；未按規定之插圖致圖片模糊無法製版者不予受理。

五、圖片之標題在下方，表格標題在上方，標題須中英文並列，圖的說明應中英文對照另頁繕打，不可附在繪圖及相片上面。本文中圖表順序以圖 1，圖 2，表 1，表 2...，Fig. 1，Fig. 2，Table 1，Table 2，...等表示。

六、圖表內容請用英文，表格不加縱線。圖、表均以 A4 大小列印，定稿後圖、表請送原稿。

七、引用文獻以確經引用者為限，文中提到之文獻，請列出姓氏、年代。

八、引用文獻書寫方式：先列中、日、韓文，次列西文，其書寫方法按作者、年份、題目、發刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

例：1. 中、日文期刊：柳樞、徐國士。1971。台灣稀有及有絕滅危機之動植物種類。中華林學季刊 4 (4): 89-96。

2. 中、日文書籍：徐國士。1980。台灣稀有及有絕滅危機之植物。台灣省教育廳。

3. 中、日文彙編書籍：徐國士。1987。台灣的稀有植物。周昌弘、彭鏡毅、趙淑妙撰(編)。台灣植物資源與保育 139-157 頁。中華民國自然生態保育協會。

4. 英文期刊：Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.

5. 英文期刊：Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity: Where is it? *Science* 255: 940.

6. 英文期刊：Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification for whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.

7. 英文書籍：Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological, approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

8. 英文彙編書籍：Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed.). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, People's Republic of China.

# Notice to Contributors

## **I. General Guides:**

1. The Taiwan Journal of Biodiversity is published quarterly (January, April, July and October) by the Endemic Species Research Institute, Council of Agriculture. The journal is an academic publication that welcomes the submission of manuscripts of various biological disciplines in the field of biodiversity. The manuscripts are limited to original work previously unpublished in any other journal.
2. The journal accepts manuscripts written in either Chinese or English. Submit 3 copies of manuscript by mail to the Editor-in Chief, Endemic Species Research Institute, No.1, Ming-Shen East Road, Jiji, Nantou 552, Taiwan, or by online in WORD format to the e-mail address: tjbd@tesri.gov.tw. However, the original high quality photos should be sent by mail.
3. Manuscript submitted will be sent to at least two referees in the field of its specialty for peer review and comments. Revised manuscript will be reexamined by the Editorial Board. Author(s) are responsible for proof correction of the printer's copy to ensure accuracy.
4. Corresponding author is required to sign a Copyright Transfer Agreement for the paper accepted for publication to the journal publisher, the Endemic Species Research Institute.
5. Fifty reprints will be supplied free of charge to corresponding author once at the time of publication.

## **II. Manuscript Preparation:**

1. Manuscript should be written in a sequence of 1) Title, 2) Authors' full name, 3) Author(s) affiliations(s) and address(es), 4) Abstract, 5) Key words, 6) Introduction, 7) Materials and methods, 8) Results, 9) Discussion, 10) Conclusions, 11) Acknowledgements, 12) Literature Cited. Of them 1 to 5 should be written in dual languages, Chinese and English.
2. Cover page should contain title of manuscript, author name(s), author's(s') affiliation(s), corresponding author's name, telephone number, fax number and e-mail address, and a short running title.
3. Title should be less than 30 words. Capitalize the first letter of each word except articles, conjunctions and prepositions.
4. Author's name should be first name first followed by surname. For multiple authors, use comma to separate the names but the last two names by "and" .
5. Running title should be less than 50 letters including spaces.
6. Abstract must be a single paragraph not exceeding 500 words.
7. Key words should be no more than 5 words.

## **III. Manuscript Format:**

1. Manuscript must be typed using standard software (Microsoft Word) with top, bottom, left and right. Mark page numbers on the bottom.

2. Manuscript should be typed in a uniform character size. There is no need to differentiate paragraph, title, subtitle or contents by using large or small characters.
3. Measurements should use International System of Units (kg, mg, km, m, cm... etc.). All numerals or quantities should be expressed in Arabic numbers. Years in the text should use A. D. universally.
4. Figures and tables in the text should be sequenced by Arabic numbers (e. g. Fig. 1 and Table 1). Both graphs and photos use same "Fig." designation.
5. Common name of an animal or plant that appears in title and first appears in abstract and text should be accompanied with scientific name. All scientific names in manuscript should be italic.
6. When citing a reference in text, use surname and year, e. g. (Clough 1998) for single author, use "and" to link authors, e. g. (Pimm and Gittleman 1992) for double authors, and use "*et al.*" e. g. (Baker *et al.* 1996) for multiple authors. When citing multiple references, separate them with semi-colons in a chronological order.
7. Using the following system for arranging references in literature cited.

For journals:

Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.

Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity: Where is it? *Science* 255: 910-940.

Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification of whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.

For books and symposiums:

Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed.). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, China.

8. Table should be typed on a separate sheet and be headed by a title of dual languages (Chinese and English). It consists of only horizontal lines and typed with English terms (if possible) and Arabic numerals. If foot notes are required, mark with superscripts <sup>1</sup>, <sup>2</sup>, \*, #, etc.
9. Figure should be drawn with black ink on a separate white tracing paper with a figure legend of the dual languages below. Computer graph made from laser printer is acceptable.
10. Photograph should be a glossy black and white shot with sufficient resolution to be clearly legible after reduction. When multiple photos are employed, the author should arrange them in plates. Micrographs should include bars indicating scales of magnification. Photos should be pasted on white A4 paper loosely with the figure legend below.