

特有生物研究

第九卷第一期

中華民國九十六年元月

目 錄

| | |
|---|----|
| 台灣地區外來種緬甸小鼠的族群遺傳結構與生物地理起源..... | 1 |
|儲瑞華、曹又仁、莊媛茹、陳皇奇、林曜松、吳海音 | |
| 台灣中部中高海拔山區道路邊緣灰林鴉 (<i>Strix aluco</i>) 食性研究..... | 13 |
|林文隆、王穎、曾惠芸 | |
| 棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣在農田中繁殖生態之比較..... | 23 |
|羅柳墀、鄭峰茂 | |
| 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..... | 37 |
|李大維 | |
| 九二一地震後九九峰地區先驅樹種內生菌根菌調查研究..... | 51 |
|林子超、吳繼光 | |
| 比較三種無性繁殖法對烏心石舅發根之差異..... | 63 |
|洪昆源、李忠航、潘富俊 | |
| A New Record of the Octochaetine Earthworm <i>Dichogaster saliens</i> (Beddard, 1892) | |
| from the Centro-western Taiwan..... | 71 |
|Huei-Ping Shen and Chu-Fa Tsai | |
| 小冠薰—台灣一種稀少的唇形科植物..... | 75 |
|謝宗欣 | |

特有生物研究

(2002年起由年刊改為半年刊)

發行人／湯曉虞

總編輯／賴國祥

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

何健鎔、林瑞興、許再文、廖光正
鄭錫奇、劉靜榆、薛美莉

編輯諮詢委員／(依姓氏筆劃序)

方力行、王 穎、王 鑫、呂光洋
呂福原、汪靜明、周昌弘、吳忠宏
吳錫圭、吳繼光、林曜松、徐國士
郭幸榮、郭城孟、陳明義、陳章波
陳擎霞、陳鎮東、黃 生、游祥平
彭鏡毅、楊平世、楊政川、廖一久
裴家騏、趙榮台、蔡住發、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
網際網路網址／<http://www.tesri.gov.tw>

印刷／財政部印刷廠

出版日期／中華民國九十六年元月

創刊日期／中華民國八十八年元月

出版登記／局版台誌第一〇二〇七號

定價／新台幣一〇〇元整

展售處／

三民書局 02-23617511

台北市重慶南路一段 62 號

五南文化廣場 04-22260330

台中市中山路 2 號

新進圖書廣場 04-7252792

彰化市光復路 177 號

青年書局 07-3324910

高雄市青年一路 141 號

國家書坊台視總店 02-25787542

台北市八德路三段 10 號 B1

ENDEMIC SPECIES RESEARCH

Publisher / Hsiao-Yu Tang

Editor-in-chief / Kwo-Shang Lai

Executive Editors / (in alphabetic order)

Hsi-Chi Cheng, Jen-Zon Ho, May-Li Hshiu,
Tsai-Wen Hsu, Kuang-Jeng Liaw,
Scott Ruey-Shing Lin, Ching-Yu Liou

Advisory Board / (in alphabetic order)

Jung-Tai Chao, Chern-Hsiung Ou,
Ming-Yih Chen, Kurtis Jai-Chyi Pei,
Chang-Po Chen, Ching-I Peng,
Chen-Tung Chen, Kuo-Shih Shiu,
Ching-Shia Chen, Chu-Fa Tsai,
Tzen-Yuh Chiang, Shin Wang,
Chang-Hung Chou, Ying Wang,
Lee-Shing Fang, Ching-Ming Wang,
Shong Huang, Shi-Kuei Wu,
Shing-Rong Kuo, Homer C. Wu,
Chen-Meng Kuo, Chi-Guang Wu,
I-Chiu Liao, Jeng-Chuan Yang,
Yao-Sung Lin, Ping-Shih Yang,
Kuang-Yang Lue, Hsiang-Ping Yu,
Fu-Yuan Lue

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, ROC

Tel: 886-49-2761331

WWW URL: <http://www.tesri.gov.tw>

Printer / Printing Plant, Ministry of Finance

Published in January 2007

GPN: 2009000545

ISSN: 1561-3771

台灣地區外來種緬甸小鼠的族群遺傳結構與生物地理起源

Genetic Patterns and Biogeographic Origins of the Exotic Rodent (*Rattus exulans*) in Taiwan

儲瑞華¹ 曹又仁² 莊媛茹² 陳皇奇³ 林曜松¹ 吳海音^{3,*}

Jui-Hua Chu¹, Yu-Jen Tsao², Yuan-Ju Chuang², Huang-Chi Chen³,
Yao-Sung Lin¹ and Hai-Yin Wu^{3,*}

¹ 國立台灣大學生態與演化生物學研究所 台北市羅斯福路四段1號

² 天主教輔仁大學生命科學系 台北縣新莊市中正路510號

³ 國立東華大學自然資源管理研究所 花蓮縣壽豐鄉志學村大學路二段1號

¹ Institute of Evolutionary Biology and Ecology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

² Department of Life Science, Fu Jen Catholic University, Taipei, Taiwan

³ Institute of Natural Resources, National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘要

本研究利用 SSCP (single-strand conformation polymorphism) 技術，分析近年發現入侵台灣之外來種緬甸小鼠 (*Rattus exulans*) 粒線體 DNA 單倍體基因型 (haplotype) 的多型性，探尋其可能來源，並檢視各基因型在花蓮縣吉安鄉的分布狀況，以推論此外來種族群的擴散模式。在粒線體 DNA 控制區 (mtDNA control region) 中，以 SSCP 共判別出 4 種單倍體基因型 (Type I-IV)，其中 Type I 和 II 占大多數，且分布最廣；Type III 和 IV 則較少，皆僅見於單一捕捉點。經與 NCBI 資料庫中的序列比對，發現 Type I 與分布於泰國的序列相同，而 Type IV 則與蘇拉維西的序列相近，推測入侵台灣的緬甸小鼠來自東南亞大陸及週邊島嶼區域，而由各基因型間的遺傳變異程度判斷，緬甸小鼠可能至少有 2 次以上的入侵史。

Abstract

Mitochondria DNA (mtDNA) haplotypes were identified with single-strand conformation polymorphism (SSCP) for the exotic rodent (*Rattus exulans*) found in Jian Township, Hualien County, Taiwan. The objectives of this study were to examine distribution patterns of the haplotypes and to determine biogeographical origins of this exotic rat. We found four distinct SSCP haplotypes, Types I, II, III and IV, in a segment of 372 base-pairs in the mtDNA control region. Types I and II were dominant and occurred widely in the sampling area, while Types III and IV were restricted, each to a single sampling location. When the sequences of the four haplotypes obtained in this study were compared with the sequences of 32 *R. exulans* haplotypes available in NCBI, Type I was identical to the sequence from Thailand, Type IV differed to one sequence from Sulawesi by only one base pair. The results indicated that this species of exotic rat in Hualien might be originated from the Southeast Asia mainland and Malay Archipelago. The presence of four haplotypes suggested that there were at least two invasion events.

關鍵詞：緬甸小鼠、SSCP、外來種、粒線體 DNA 控制區域

Key words: *Rattus exulans*, SSCP, exotic species, mtDNA control region

收件日期：95 年 3 月 6 日 接受日期：95 年 7 月 27 日

Received: March 6, 2006 Accepted: July 27, 2006

緒 言

緬甸小鼠(*Rattus exulans*)是 1999 年 4、5 月間，始被發現入侵台灣的外來鼠種。是年，行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所協同花蓮區農業改良場，於花蓮縣吉安鄉(121°34'E, 23°57'N)休耕甘藷田監測田間鼠類組成時，捕獲此外來種(陳及高 2001)，而後經 Motokawa *et al.* (2001)確認其種類。緬甸小鼠在分類上屬於鼠科(Murinae)、家鼠屬(*Rattus*)，其全球分布範圍僅次於小家鼠(*Mus musculus*)、家鼠(*R. rattus*)與溝鼠(*R. norvegicus*)，是分布第四廣泛的鼠種(Wodzicki and Taylor 1984)，主要廣布

於東南亞及大洋洲上各島嶼之亞熱帶及熱帶地區(Wirtz 1973; Corbet and Hill 1992)，台灣及琉球(Ryukyus)則是在近幾年才確認有緬甸小鼠的蹤跡(陳及高 2001; Motokawa *et al.* 2001)。

成熟緬甸小鼠的頭軀幹長約 11.5- 15 cm，尾長約與頭軀幹長相等，後腳長約 23 mm，平均體重為 36-80g (Lekagul and McNeely 1988; Tobin 1994)。小鼠的生殖表現因地理區的不同而有變化(Wirtz 1972; Tobin 1994)，入侵台灣花蓮地區之緬甸小鼠則在春季與夏季時處生殖狀況之個體的比例較高(吳海音，未發表資料)，懷孕雌鼠的胚胎數在 1-7 隻間，以 4-5 個胚胎

較為常見(吳等 2003)。緬甸小鼠偏好人類活動造成與維持的多類環境,包括住家、穀倉、耕地、灌叢、林地邊緣(Musser and Newcomb 1983; Wodzicki and Taylor 1984; Corbet and Hill 1992)。其於台灣主要棲息於植被高度 1m 以下,且植被組成以非禾本科草本植物為主的休廢耕草地(吳等 2001)。

由田野調查中捕獲之緬甸小鼠數量及年齡判析,此種鼠類侵入花蓮縣吉安鄉已有一段時間,並已建立繁殖族群(盧及徐 2003)。後續相關單位的調查結果顯示,緬甸小鼠並未出現於台灣各主要港埠區的週邊,而其在花蓮的分布則局限在吉安溪、台九線、木瓜溪與花蓮海岸間,包括吉安鄉台九線以東的永興村、稻香村、仁和村、仁安村與干城村域內(吳等 2001)。2004 與 2005 年的監測調查則發現,緬甸小鼠的分布已擴展至吉安鄉台九線以西與壽豐鄉木瓜溪以南一帶(吳海音,未發表資料)。

在分子生態學的相關研究中,DNA 序列分析是目前常用的技術。大多數生物粒線體 DNA 具有母系遺傳的特性,且單一細胞內的分子套數為核 DNA 的 500-1,000 倍。配合 PCR 技術的使用,粒線體 DNA 序列成為研究族群結構、類緣關係、生物地理、生態保育等領域最適用的遺傳標幟之一(Avise and Walker 1998; Emerson 2002; Wan *et al.* 2004; Ballard and Rand 2005)。雖然目前取得 DNA 序列不再那樣昂貴和耗時,但這仍是大部分研究中的一個限制步驟。在採用 DNA 序列分析法來研究族群遺傳結構時,常需要較多的樣本數,然而在這種研究尺度下,大部分的個體可能攜帶相同的 DNA 序列,逐一定序的花費不貲。此時即可應用 DNA 單股構造多態性(single-strand conformation polymorphism, SSCP)此一簡單、便宜、且可靈敏的偵測出不同序列的技術,以有效減少需要定序的樣本數量(Sunnucks *et al.* 2000)。

簡單來說,SSCP 利用聚丙烯醯胺凝膠 (polyacrylamide gel, PAGE) 電泳,區分因鹼基序列不同而三級摺疊結構相異的單股 DNA,使之在膠體上呈現不同的片段模式(Hayashi 1991)。將 SSCP 應用於檢測 PCR 產物的序列變異,稱為 PCR-SSCP 分析,能進一步提升檢測的簡便性和靈敏性。PCR-SSCP 的敏感性與分析片段的長度大小成反比(Girman 1996),雖然過去研究結果顯示,SSCP 可區分出序列長度達 775 個鹼基之單股 DNA 小分子上的單一鹼基變異(Orti *et al.* 1997),但一般多應用於區分長度小於 400 個鹼基的單股 DNA 小分子上。配合一般族群層次之分子生態研究選擇的分子標幟多為變異程度大的短 DNA 片段來看,PCR-SSCP 可說是極適當的應用技術。

吳等(2001)曾利用捕獲到緬甸小鼠的組織,進行粒線體 DNA 控制區(control region) 276 個鹼基序列分析,並與 NCBI (National Center for Biotechnology Information) 核酸序列資料庫中的資料比對,結果除了肯定早先其他學者利用形態所做的分類鑑定(Motokawa *et al.* 2001),更在所定序的 35 隻個體中歸類出 7 種基因型,且最接近 NCBI 資料庫中採集自紐西蘭地區樣本的序列。由於該研究中所定序的樣本數量有限,且當時 NCBI 資料庫與相關文獻中可供比對的序列樣本多採樣於紐西蘭及大洋洲各島嶼(Matisoo-Smith *et al.* 1998),缺乏東南亞大陸及週邊島嶼區域的樣本,因此比較後所得之結果有限。本研究延續之前的研究,使用過往採集到的緬甸小鼠樣本,以 PCR-SSCP 技術普查粒線體 DNA 控制區域單倍基因型有多少種片段模式,針對不同的片段模式進行定序,並與 NCBI 序列資料庫中晚近增添之序列比對分析,以探尋台灣緬甸小鼠的可能來源。此外,將進一步分析採樣區域粒線體 DNA 基因型的歧異度及分布狀況,藉以探討此外來族群侵入台灣後的擴散模式。

材料與方法

一、研究材料

研究材料為 2001 年及 2003 年間，在花蓮縣吉安鄉進行緬甸小鼠捕捉監測時所捕獲的樣本。捕捉採樣的方法是先將樣區劃分為 95 個 500m×500m 的方格區塊，2001 年時在每一個方格內選擇一塊草地設置捕捉樣站，扣除中華紙漿廠與光榮砂石專業區等無法設置樣站的方格外，共計 91 處草地樣站，另於樣區內選擇 10 處的樹林樣站；2003 年時在各方格內選擇一樹林或草地設置樣站，共計 92 處。捕捉樣站的設置參考 Bowman *et al.* (2001)，在選取的樣站中心，以十字形放置薛門氏鼠籠(Sherman's Live Trap, 26 cm×8 cm×10 cm) 5 個，每站進行 1 次連續 3 晚的捕捉。2003 年中，在對全樣區系統取樣捕捉後，另對捕獲量較高的兩方格區塊及中華紙漿廠廠區分別進行 110 與 195 籠次的捕捉。兩年度的捕捉努力量分別為 1,515 與 1,685 籠次，兩年度的捕捉個體各為 100 及 80 隻，共計 180 隻。對捕獲的鼠隻樣本，依吳等(2003)建立的成幼體判別標準，將體重在 25g 以上的雄鼠，22g 以上的雌鼠判為成體。捕捉到的個體取肌肉組織樣本，以酒精及 STE 溶液保存，以備 DNA 萃取之用。

二、粒線體 DNA 控制區域基因型分析

本研究將採集到的緬甸小鼠組織樣本均質後萃取粗 DNA，並根據先前研究所定之粒線體 DNA 控制區域序列(吳等 2001)設計 PCR 引子組，以 LR-SSCP (5'-CCCCAAGCATATAAG-CATGT-3') 及 HR-SSCP (5'-CGTCCCTCTTA-AATAAG ACATCTCG-3') 進行 PCR，增幅出長度為 372 個鹼基對的 PCR 片段。PCR 產物經鹼解後，以濃度 8 % 的 PAGE 進行 13-16 hr 之單股 DNA 片段低溫直立式電泳。電泳後的 PAGE 膠體以銀染法呈現 SSCP 片段模式，並將膠體乾燥保存，以供資料判別。將不同的

SSCP 片段模式判定為不同的粒線體 DNA 控制區域單倍基因型，對出現個體數目較多的基因型，隨機挑選 15 - 20% 的個體，而出現個體數目較少的基因型，則選取全數個體，利用前述的引子組對這些個體的基因型進行定序，以檢視相同基因型的序列是否相同，藉此確認 SSCP 結果的可信度。

以 MEGA 3.1 軟體(Kumar *et al.* 2003)計算各基因型序列(長度為 372 個鹼基對)間的鹼基差異數目及遺傳距離(Tamura-Nei Distance)。為判別台灣外來種緬甸小鼠的可能來源，將本研究定序出的粒線體 DNA 控制區域序列與 NCBI 資料庫中 Matisoo-Smith and Robins (2004) 發表的 32 種緬甸小鼠序列(R1-R25 及 R27-R33, AY604202-AY604233)，經序列排列比對(alignment)後，選取落在粒線體 DNA 控制區域高變異區(hyper variable region I, HVR I)內長度為 174 個鹼基對的序列，利用 MEGA 3.1 軟體以鄰聚法(neighbor-joining method)建構關係樹型圖，並以 Bootstrap (1,000 次)檢驗分群的可信度，以觀察台灣外來種緬甸小鼠與這些序列間的相似程度，藉此推測其來源地。另外，依照 Matisoo-Smith and Robins (2004)對這些基因型區分出的分群模式，包括東南亞群(Southeast Asian Haplogroup)、東南亞及近大洋洲群(Southeast Asian & Near Oceanic Haplogroup)、遠大洋洲群(Remote Oceanic Haplogroup)及僅有一基因型的泰國分支，並將台灣的緬甸小鼠視為一群，計算 5 組資料的群內及群間平均鹼基差異數目及遺傳距離，以比對目前台灣外來緬甸小鼠的遺傳變異程度。

三、粒線體 DNA 控制區域基因型的空間分布

為檢視緬甸小鼠不同粒線體 DNA 控制區域基因型在研究區內的空間分布，以捕捉採樣之方格系統的方格為單位，將兩年間自同一方格不同樣站的捕捉資料加以合併，計算各方格內不同基因型的頻度。以吳逸華(2003)修改姜

聖華(2000)的研究區道路圖層為底圖，利用 ArcView 3.0 將各方格內不同基因型的頻度分布圓形圖套疊其上。

結 果

2001 年及 2003 年捕獲的 180 隻緬甸小鼠中，包括雄鼠 102 隻，雌鼠 78 隻，雄鼠數量略多於雌鼠，但性比未偏離 1:1 ($p = 0.074$)。其中雄性成鼠有 99 隻，最大體重為 67g，平均體重 41.1g (SD = 10.1g)，雌性成鼠有 68 隻，最大體重為 54g，平均體重 36g (SD = 6.8g)，成熟雄鼠的體重顯著大於成熟雌鼠($p < 0.01$)。

以 PCR-SSCP 分析 180 隻緬甸小鼠的粒線體 DNA 控制區域片段，共分辨出 4 種 SSCP 片段模式，分別有 123、53、2 及 2 隻樣本，取其中的 24、8、2 及 2 隻個體進行定序(共 36 隻個體)，經定序後確認為 4 種不同的粒線體 DNA 控制區域單倍基因型，且相同 SSCP 片段模式之樣本定序出的序列均相同。以發現的先後順序將之命名為 Type I、Type II、Type III 及 Type IV。在攜帶 Type I 基因型的 123 隻個體中有 74

隻雄鼠，49 隻雌鼠；攜帶 Type II 的 53 隻個體中有 25 隻雄鼠，28 隻雌鼠；攜帶 Type III 的 2 隻個體為 1 隻雄鼠及 1 隻雌鼠；攜帶 Type IV 的僅有 2 隻雄鼠。由所定序的 372 個鹼基對來看，各基因型間的鹼基差異數目介於 5-12 個鹼基對(表 1)，其中 Type III 和 Type IV 間的差異性最大(相差 12 個鹼基對)，而 Type I 和 Type II 間的差異性最小(相差 5 個鹼基對)。4 種基因型間以 Tamura-Nei 方法所計算出的遺傳距離介於 0.014-0.034 間(表 1)。

將本研究所發現的 4 種基因型與 NCBI 資料庫中的 32 種緬甸小鼠粒線體 DNA 控制區域單倍基因型重新建構樹型圖(圖 1)後發現，樹型圖的主要分群結構分為東南亞群、東南亞及近大洋洲群及遠大洋洲群 3 個有效分群(Bootstrap=84-96%)與泰國分支。在台灣緬甸小鼠的 4 個基因型中，Type I 與採樣自泰國的緬甸小鼠序列(R33)完全相同，Type IV 與採樣自蘇拉維西的小鼠序列(R5)僅相差 1 個鹼基對，而 Type II 及 III 則各自成單獨分支，但與東南亞區域的樣本序列較為接近。

表 1. 台灣地區緬甸小鼠粒線體 DNA 控制區域 4 種單倍基因型間的鹼基差異數目(左下)及以 Tamura-Nei 方法計算出來之遺傳距離(右上)

Table 1. Nucleotide differences (below diagonal) and Tamura-Nei genetic distances (above diagonal) among four mtDNA haplotypes (Types I-IV) of *Rattus exulans* in Taiwan

| Haplotypes | Type I | Type II | Type III | Type IV |
|------------|--------|---------|----------|---------|
| Type I | - | 0.014 | 0.022 | 0.028 |
| Type II | 5 | - | 0.025 | 0.025 |
| Type III | 8 | 9 | - | 0.034 |
| Type IV | 10 | 9 | 12 | - |

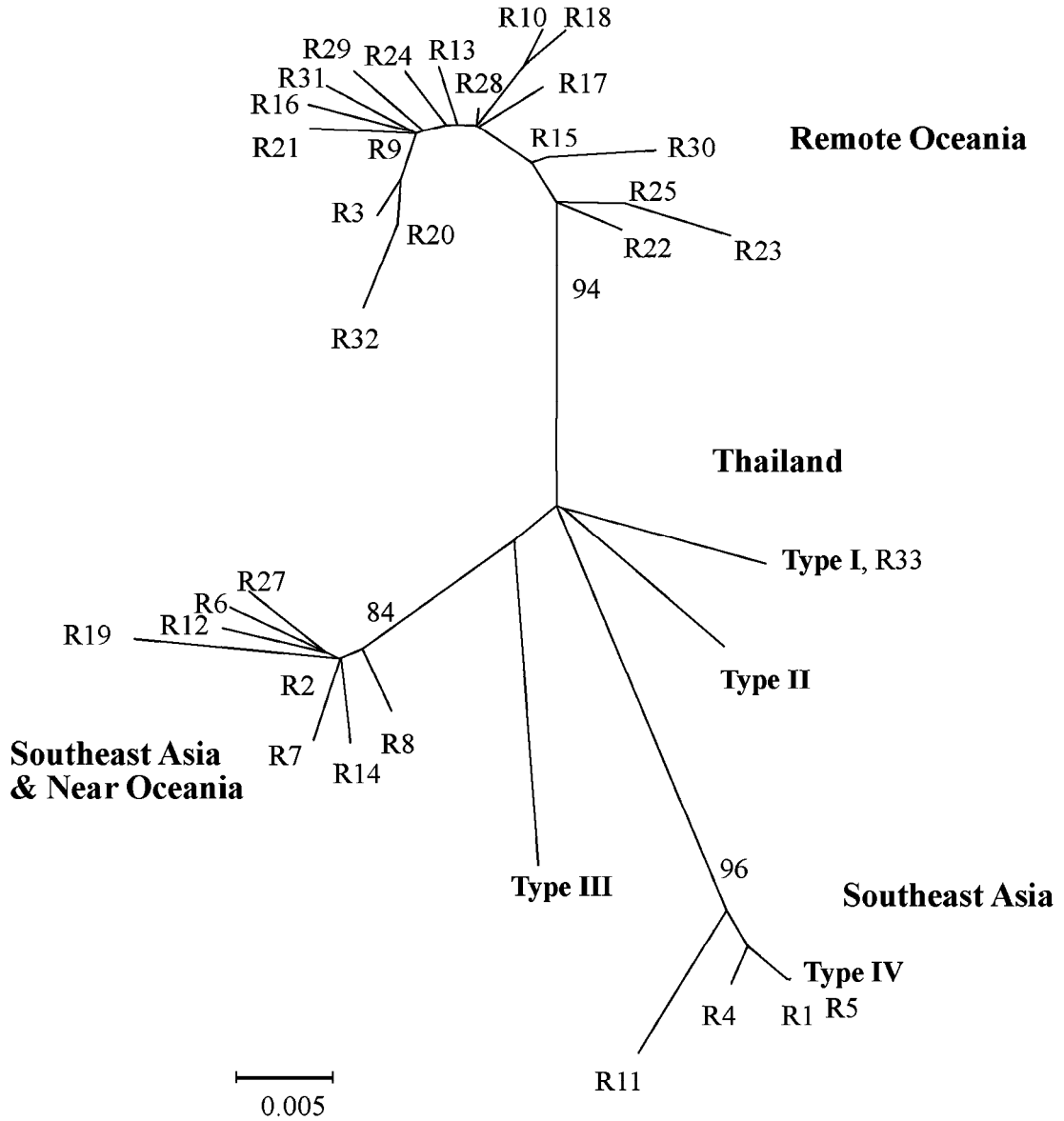


圖 1. 緬甸小鼠(*Rattus exulans*)粒線體 DNA 控制區域 4 種單倍基因型(Types I-IV)，與 NCBI 核酸序列資料庫中 32 種緬甸小鼠基因型(R1-R25 與 R27-R33)間以鄰聚法(neighbor-joining method)建構之親緣關係圖。

Fig. 1. Phylogenetic relationships expressed by a neighbor-joining network among four mtDNA haplotypes (Types I-IV) of *Rattus exulans* from Hualien, Taiwan and 32 haplotypes of those reported from Southeast Asia, Southeast Asia and Near Oceania, and Remote Oceania by NCBI (R1-R25 and R27-R33).

表 2. 台灣地區緬甸小鼠與 Matisoo-Smith and Robins (2004) 提出之緬甸小鼠粒線體 DNA 基因型分群間，群內與群間的平均鹼基差異 (左下) 及以 Tamura-Nei 方法計算出的遺傳距離 (右上)

Table 2. Mean nucleotide differences (below diagonal) and Tamura-Nei genetic distances (above diagonal) of mtDNA haplogroup of Taiwan and those from Southeast Asia, Southeast Asia and Near Oceania, Remote Oceania, and Thailand proposed by Matisoo-Smith and Robins (2004)

| Haplogroups | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 1. Taiwan | 6.8/0.043 | 0.039 | 0.040 | 0.052 | 0.026 |
| 2. Southeast Asia | 6.3 | 1.7/0.010 | 0.057 | 0.066 | 0.047 |
| 3. Southeast Asia & Near Oceania | 6.4 | 9.0 | 2.4/0.015 | 0.051 | 0.029 |
| 4. Remote Oceania | 8.5 | 10.7 | 8.2 | 2.0/0.012 | 0.045 |
| 5. Thailand | 4.3 | 7.5 | 4.8 | 7.3 | 0/0 |

計算 Matisoo-Smith and Robins (2004) 的基因型分群 (東南亞群、東南亞與近大洋洲群、遠大洋洲群及泰國)，及台灣緬甸小鼠群 5 組資料的群間及群內平均鹼基對差異數及遺傳距離，結果顯示台灣緬甸小鼠 4 個基因型的群內平均鹼基差異數 (6.8) 與遺傳距離 (0.043) 遠大於其他 3 群區域族群群內的差異 (鹼基差異數，1.7-2.4；遺傳距離，0.010-0.015)，而與這 3 個區域族群群間的差異 (鹼基差異數，8.2-10.7；遺傳距離，0.051-0.066) 較相似 (表 2)。

檢視小鼠各基因型在樣區的空間分布，可發現數量最多之基因型 Type I 和 Type II 的分布也最廣 (圖 2)。在總數 95 個採樣方格內，共有 44 個方格內捕捉到緬甸小鼠，而 Type I 及 Type II 分別出現於 40 及 14 個方格，且兩者的分布具重疊性，同時出現在 10 個方格中。若以中華紙漿廠為中心，則鄰近紙漿廠的採樣點多為兩基因型分布重疊區，而距離紙漿廠較遠的採樣點則多僅有 Type I 的分布。數量最少的 Type III 和 Type IV 基因型，則各自局限在單一方格，且與 Type I 或 Type I、II 共存。

討 論

由台灣及 NCBI 資料庫中緬甸小鼠序列比對結果顯示，台灣外來種緬甸小鼠與東南亞大陸以及鄰近大陸之島嶼區族群的類緣關係較為接近 (圖 1)。且台灣所發現的 4 種緬甸小鼠基因型，其群內平均鹼基差異數與遺傳距離遠大於其他 3 群區域族群群內的差異，而與這 3 個區域族群群間的差異較相似 (表 2)。由以上結果推測，目前在台灣所發現的緬甸小鼠，其來源可能並不僅止於單一族群，而是來自數個區域族群，或是來自一個擁有多重來源的混合族群。由於台灣常自東南亞各國進口原木或造紙用木料，因此緬甸小鼠可能是在運輸木材的過程中經貨船挾帶進入台灣。

本研究發現攜帶基因型 Type I 和 Type II 的小鼠隻數最多，且分布範圍相對來說較為廣泛，因此我們推測攜帶 Type I 和 Type II 之小鼠可能為較早入侵台灣之族群，其入侵後能適應台灣的棲地環境，因此逐步擴散範圍。由圖 2 可見攜帶基因型 Type II 小鼠的分布區域多與 Type I 重疊，顯示帶有兩種不同基因型的入侵者在進入台灣後，具有類似的播遷模式。這同時也顯示，攜帶這兩種基因型的小鼠可能侵入台灣的時間點很接近，有可能 Type I 先入侵，Type II 隨後入侵。但也不排除兩者同時入侵

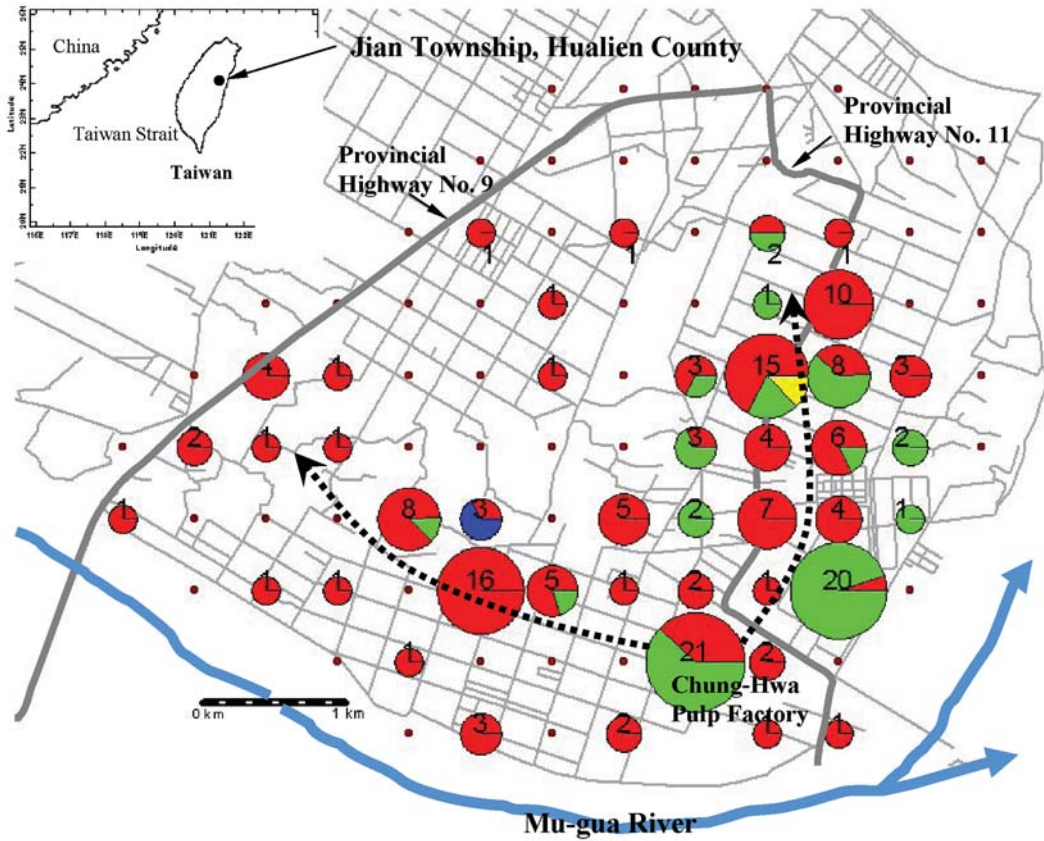


圖 2. 花蓮縣吉安鄉緬甸小鼠(*Rattus exulans*)粒線體DNA控制區域4種單倍基因型分布模式。圓形圖為在每個方格捕獲緬甸小鼠樣本中不同基因型的頻度分布，紅色為基因型 Type I、綠色為 Type II、深藍色為 Type III、黃色為 Type IV，數字代表各採樣區內的樣本數。未捕獲緬甸小鼠的方格以棕色點表示。由基因型分布模式推論，緬甸小鼠可能由中華紙漿廠逐漸向北及向西擴散至紙漿廠週邊(如虛線箭頭所示)。

Fig. 2. Distribution patterns of four mtDNA haplotypes (Types I-IV) of *Rattus exulans* in Jian Township, Hualien County (pies, haplotypic frequencies of rats captured at each of the sampling locations; red, green, blue, and yellow, respectively, Types I, II, III and IV; dotted lines with arrow heads, hypothesized directions of range expansion of the rats from the Chung-Hwa Pulp Factory).

的可能，只是入侵的起始族群攜帶兩種基因型的個體數量或入侵後的生殖成功率有差異，使得 Type I 母系族群成長較快而分布範圍較 Type II 母系群廣。此外，由兩種基因型間的差異來看(兩基因型差 5 個鹼基對，遺傳距離

為 0.014，表 1)，攜帶這兩種基因型的小鼠有可能皆來自東南亞鄰近泰國的區域。相對於 Type I 和 Type II 而言，攜帶基因型 Type III 和 Type IV 的小鼠個體數甚少(Type III & IV/Type I & II = 4 / 176)，僅於 2001 年採集到，且兩

種基因型分布均局限於單一採樣點。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局為防治此外來種的入侵，曾於 2002 年提撥經費在花蓮縣吉安鄉進行滅鼠活動。經過此滅鼠活動後，2003 年並未再採集到這兩種基因型，因此推測帶有這兩種基因型的個體可能為較晚近才入侵的小族群，族群尚未開始擴散即因滅鼠活動而降至極少數甚或滅絕。

從基因型分布的模式來看，中華紙漿廠週邊的住宅區或農地等採樣點，多為 Type I 及 II 分布的重疊區，而在距離紙漿廠較遠之區域採樣到的小鼠數量較少，基因型也減少為單一型，且多為 Type I (圖 2)。因此，我們推測中華紙漿廠可能為攜帶這兩種基因型之緬甸小鼠族群向外擴散的源頭。由於緬甸小鼠可能是在運送木材的過程中被挾帶入台灣，推測紙漿廠為小鼠族群擴散的源頭實屬合理。自基因型分布的模式也可發現，小鼠族群可能自紙漿廠分別向北及向西往紙漿廠週邊逐漸擴張，這兩個擴散方向的棲地具有較高比例的雜林及長期休耕的荒地，而雜林及荒地是緬甸小鼠較偏好的棲地型態(吳 2003)。至於攜帶 Type III 及 Type IV 的緬甸小鼠由於個體數量太少，難以判定兩種基因型的擴散來源是否即為其採樣點。

本研究採用 PCR-SSCP 技術檢測台灣外來種緬甸小鼠的遺傳結構，這個方法雖然簡易且便宜，但亦有不足之處，如只能作為一種變異檢測方法，要確定變異的位置和類型，還需進一步定序，且電泳條件要求較嚴格，及當某些位置的點突變對單鏈 DNA 分子架構的改變不起作用或作用很小時，有可能使 PAGE 無法偵測出基因型有差異。儘管如此，和其他方法相比，此方法在分子生態研究的應用領域上仍具優勢，能以低實驗耗費來普查大量樣本，並能偵測出族群中大部分的變異(通常>90%)(Girman 1996; Mitterski *et al.* 2000; Sunnucks *et al.* 2000)。偵測序列變異的敏感性能因為修改實驗上的一些細節而改善，必要時，可藉由改變溫度、膠

體組成、電泳緩衝液成分和跑膠狀態來改善實驗結果(Hayashi 1991; Hayashi and Yandell 1993; Liu *et al.* 1999; Nataraj *et al.* 1999; Yip *et al.* 1999; Sunnucks *et al.* 2000)。當實驗結果的敏感度提高後，SSCP 甚至可應用來重複檢驗定序結果的正確性。吳等(2001)依核酸定序後所發表的 7 種緬甸小鼠粒線體基因型(Type-1, Type-1', Type-1'', Type-2, Type-3, Type-3' 及 Type-4)，經 SSCP 重複檢驗後發現這 7 種基因型僅具有 3 種 SSCP 片段模式。經重複定序當時被判定為攜帶這些基因型的緬甸小鼠樣本後，發現有 4 種為電腦判別定序鹼基錯誤而誤判的基因型(Type-1', Type-1'', Type-3', Type-4)，其中 Type-1' 及 Type-1'' 與 Type-1 相同，Type-3' 與 Type-3 相同，而 Type-4 與 Type-2 相同。由上述情況可知，核酸定序未經多次的重複確認，結果不必然正確。但是敏感度高的 SSCP 技術，在判別大量樣本中具有幾種不同基因型上，錯誤率極低，例如在本研究中並未發現相同的 SSCP 片段模式具有不同的鹼基序列。因此在族群尺度的分子生態研究上，PCR-SSCP 可算是初步性普查的最佳技術，值得未來研究推廣使用。

謝 誌

本研究承蒙農業委員會動植物防疫檢疫局提供田野調查的研究經費，農業藥物毒物試驗所、花蓮區農業改良廠及花蓮港疾病管制局等單位，提供協助與指導，及國科會計畫(NSC-94-2313-B-002-06、92-2621-B-002-01)提供分子實驗之經費補助，在此一併致謝。

引用文獻

吳海音、吳逸華、儲瑞華、林曜松。2001。緬甸小鼠在台灣之發生與防治。植保會刊 43: 205-214。

- 吳海音、盧高宏、徐保雄、吳逸華。2003。緬甸小鼠之防治。入侵種生物管理研討會論文集。267-274 頁。
- 吳逸華。2003。外來種緬甸小鼠於兩種尺度中的棲地利用。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
- 姜聖華。2000。花蓮地區都市擴張行爲之研究。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
- 陳保良、高清文。2001。台灣地區野鼠之防治。農政與農情 105: 60-62。
- 盧高宏、徐保雄。2003。緬甸小鼠(*Rattus exulans* Peale)之棲群分布。植保會刊 45: 163-167。
- Avice, J. C. and D. Walker. 1998. Pleistocene phylogeographic effects on avian populations and the speciation process. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences 265: 457-463.
- Ballard, J. W. O. and D. M. Rand. 2005. The population biology of mitochondrial DNA and its phylogenetic implications. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 36: 621-642.
- Bowman, J., C. V. Corkum and G. J. Forbes. 2001. Spatial scales of trapping in small-mammal research. Canadian Field-Naturalist 115: 472-475.
- Corbet, G. B. and J. E. Hill. 1992. The mammals of the Indomalayan region. Oxford University Press, New York.
- Emerson, B. C. 2002. Evolution on oceanic islands: Molecular phylogenetic approaches to understanding pattern and process. Molecular Ecology 11: 951-966.
- Girman, D. 1996. The use of PCR-based single-stranded conformation polymorphism analysis (SSCP-PCR) in conservation genetics. pp. 167-182. In: Smith, T. B. and R. K. Wayne (eds.). Molecular Genetic Approaches in Conservation. Oxford University Press, Oxford.
- Hayashi, K. 1991. PCR-SSCP: A simple and sensitive method for detection of mutation in the genomic DNA. PCR Methods and Applications 1: 34-38.
- Hayashi, K. and D. W. Yandell. 1993. How sensitive is PCR-SSCP?. Human Mutation 2: 338-346.
- Kumar, S., K. Tamura and M. Nei. 2003. MEGA3: An integrated software for molecular evolutionary genetic analysis and sequence alignment. Integrative and Comparative Biology 43: 947-947.
- Lekagul, B. and J. A. McNeely. 1988. Mammals of Thailand. Darnsutha Press, Bangkok.
- Liu, Q., J. Feng, C. Buzin, C. Wen, G. Nozari, A. Mengos, V. Nguyen, J. Liu, L. Crawford, F. K. Fujimura and S. S. Sommer. 1999. Detection of virtually all mutations-SSCP (DOVAM-S): A rapid method for mutation scanning with virtually 100% sensitivity. Biotechniques 26: 932.
- Matisoo-Smith, E., R. M. Roberts, G. J. Irwin, J. S. Allen, D. Penny and D. M. Lambert. 1998. Patterns of prehistoric human mobility in Polynesia indicated by mtDNA from the Pacific rat. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 95: 15145-15150.
- Matisoo-Smith, E. and J. H. Robins. 2004. Origins and dispersals of Pacific peoples: Evidence from mtDNA phylogenies of the Pacific rat. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101: 9167-9172.
- Miterski, B., R. Kruger, P. Wintermeyer and J. T. Eppelen. 2000. PCR/SSCP detects reliably and efficiently DNA sequence variations in

- large scale screening projects. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening* 3: 211-218.
- Motokawa, M., K. H. Lu, M. Harada and L. K. Lin. 2001. New records of the Polynesian rat *Rattus exulans* (Mammalia : Rodentia) from Taiwan and the Ryukyus. *Zoological Studies* 40: 299-304.
- Musser, G. G. and C. Newcomb. 1983. Malaysian murids and the giant rat of Sumatra. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 174: 327-598.
- Nataraj, A. J., I. Olivos-Glander, N. Kusukawa and W. E. Highsmith. 1999. Single-strand conformation polymorphism and heteroduplex analysis for gel-based mutation detection. *Electrophoresis* 20: 1177-1185.
- Orti, G., M. P. Hare and J. C. Avise. 1997. Detection and isolation of nuclear haplotypes by PCR-SSCP. *Molecular Ecology* 6: 575-580.
- Sunnucks, P., A. C. C. Wilson, L. B. Beheregaray, K. Zenger, J. French and A. C. Taylor. 2000. SSCP is not so difficult: The application and utility of single-stranded conformation polymorphism in evolutionary biology and molecular ecology. *Molecular Ecology* 9: 1699-1710.
- Tobin, M. E. 1994. Polynesian rats. pp.121-124. *In: Hygnstrom, S. E., R. M. Timm and G. E. Larson (eds.). Prevention and control of wildlife damage. University of Nebraska, Lincoln.*
- Wan, Q. H., H. Wu, T. Fujihara and S. G. Fang. 2004. Which genetic marker for which conservation genetics issue?. *Electrophoresis* 25: 2165-2176.
- Wirtz, W. O. I. 1972. Population ecology of the Polynesian rat, *Rattus exulans*, on Kure Atoll, Hawaii. *Pacific Science* 26: 433-464.
- Wirtz, W. O. I. 1973. Growth and development of *Rattus exulans*. *Journal of Mammalogy* 54: 189-202.
- Wodzicki, K. and R. H. Taylor. 1984. Distribution and status of the Polynesian rat *Rattus exulans*. *Acta Zoolgica Fennica* 172: 99-101.
- Yip, S. P., D. A. Hopkinson and D. B. Whitehouse. 1999. Improvement of SSCP analysis by use of denaturants. *Biotechniques* 27: 20-24.

台灣中部中高海拔山區道路邊緣灰林鴉 (*Strix aluco*) 食性研究

The Diet of Tawny Owls (*Strix aluco*) Analyzed by Their Pellets on Roadsides in Mountain Areas of the Central Taiwan

林文隆¹ 王穎² 曾惠芸³

Wen-Loung Lin¹, Yin Wang² and Hui-Yun Tseng³

¹ 民翔環境生態研究有限公司 台中市仁和路 129 巷 18 號

² 國立台灣師範大學生命科學系 台北市汀州路四段 88 號

³ 台北市立動物園動物組 台北市新光路二段 30 號

¹ Minshiang Environment and Ecology Research Company, Taichung, Taiwan

² Department of Life Science, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

³ Taipei City Zoo, Taipei, Taiwan

摘要

2000-2005 年間，在台灣中部中高海拔山區道路邊緣總共蒐集了 180 枚灰林鴉(*Strix aluco*)的食糞。食糞長 5.87 ± 1.40 cm，寬 3.42 ± 0.72 cm，深 2.62 ± 0.42 cm。食糞內共發現 7 種哺乳類，包括台灣森鼠(*Apodemus semotus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*)、小麝鼩(*Crocidura horsfieldi*)、松鼠科(Sciuridae)、條紋松鼠(*Tamiops maritimus*)與小鼯鼠(*Belomys pearsoni*)。鳥類共記錄 6 類群，包括山雀科(Paridae)、畫眉科(Timaliidae)、鶯科(Sylviidae)、燕雀目(Passeriformes)、鴉形目中的黃嘴角鴉(*Otus spilocephalus*)與鵲鴝(*Glaucidium brodiei*)、鷹屬(*Accipiter* sp.)猛禽等。180 枚食糞中共發現 544 隻食餌動物，平均每枚食糞包含 3.02 ± 1.77 隻食餌動物。灰林鴉的食餌動物中，以台灣森鼠出現的比例最高(43.9%)，其次為山雀科鳥類(25.4%)與高山白腹鼠(10.8%)。生物量以台灣森鼠提供的最高(35.1%)，其次為高山白腹鼠(30.7%)，此兩種在 4 個季節間所占的生物量比例合計在 60-74.2%間，為灰林鴉重要的食物來源。灰林鴉在春、冬季每枚食糞內的食餌數明顯多於夏、秋兩季($p < 0.05$)。比較不同季節間灰林鴉的食性組成可以看出夏、秋兩季食物組成以哺乳類為主，而春季與冬季鳥類的比例增加。

Abstract

Pellets of tawny owls (*Strix aluco*) were collected on roadsides in the Central Mountain Range at elevations of 1,479m to 2,650m in the central Taiwan, 2000 and 2005. For 180 pellets collected, the sizes were 5.87 ± 1.40 (mean \pm SE) cm in length, 3.42 ± 0.72 cm in width, and 2.62 ± 0.42 cm in depth. A total of 544 prey items were identified from the pellets at 3.02 ± 1.77 per pellet. They were composed of seven taxa of mammals (*Apodemus semotu*, *Eothenomys melanogaster*, *Niviventer culturatus*, *Crocidura horsfieldi*, Sciuridae, *Tamiops maritimus*, *Belomys pearsoni*) and six taxa of birds (Paridae, Timaliidae, Sylviidae, Passeriformes, Strigiformes, *Accipiter* sp.). In terms of the number of the preys, *Apodemus semotus* was most abundant, composing 43.9% of the total, and then followed by Paridae (25.4%) and *N. culturatus* (10.8%). In terms of biomass, *A. semotus* contributed 35.1% and *N. culturatus* was 30.7%. These two species were the most important diet, contributing 60 to 74.2% of the total biomass of the preys in the pellets of the owl. The average number of prey items were 4.28 ± 1.90 per pellet and 3.58 ± 2.14 per pellet in spring and winter, significant higher than 2.48 ± 1.41 and 2.40 ± 1.38 in summer and fall (Tukey test, $p < 0.05$). The diet composition also differed among seasons; mammals were major food sources in summer and fall, while birds became more important in spring and winter.

關鍵詞：灰林鴉、食性、食繭、台灣

Key words: Tawny owl, *Strix aluco*, diet, pellets, Taiwan

收件日期：95年4月12日 接受日期：95年11月20日

Received: April 12, 2006 Accepted: November 20, 2006

緒 言

灰林鴉(*Strix aluco*)屬鴉形目(Strigiformes)、鴉科(Strigidae)、林鴉屬(*Strix*)貓頭鷹。其翼長 28-30 cm，尾長約 12 cm，體長大約 40-46 cm，重量約 350g (del Hoyo *et al.* 1999)，根據 König *et al.* (1999) “A guide to the owls of the world” 一書的分類標準，為中型的貓頭鷹。灰林鴉分布相當廣泛，主要在歐亞及北非，歐洲東部為其出現的最西邊，往南到非洲北部，

往北到俄羅斯，東邊則一直到中國東南沿海，台灣為其世界分布的東南邊陲(Burton 1973; Voous 1988; del Hoyo *et al.* 1999; König *et al.* 1999)。國外有關灰林鴉的研究報告相當多，如食性、繁殖、幼雛擴散、存活情形等(Southern 1954; Southern and Lowe 1968; Goszczynski 1981; Mikkola 1983; Kirk 1992; Jedrzejewski *et al.* 1994; Redpath 1995; Jedrzejewski *et al.* 1996; Overskaug and Bolstad 1999; Sasvári *et al.* 2000; Sunde *et al.* 2003; Balciauskiene 2005; Balciauskiene

et al. 2005; Sasvári and Nishiumi 2005)。而有關食性部分，多數研究描述灰林鴉對環境的適應力很強，會隨環境不同而捕食不同種類的動物，主食除了鼠類、鳥類外，偶爾亦會捕食爬蟲類、青蛙、昆蟲、魚，甚至是蚯蚓與蝸牛等其他較小型的獵物(del Hoyo et al. 1999; König et al. 1999; Balčiauskiene 2005; Balčiauskiene et al. 2005)。

在台灣，灰林鴉多棲息於海拔 1,800-3,000m 的山區，週遭林相多為由鐵杉(*Tsuga chinensis*)、台灣冷杉(*Abies kawakamii*)、巒大杉(*Cunninghamia lanceolata*)、台灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)等針葉樹與殼斗科(Fagaceae)為主之闊葉樹所組成的針闊葉林環境。求偶繁殖期始於 2 月，在鐵杉或其他針葉樹洞內繁殖，窩卵數 3-4 枚(n=4)，5-6 月可見幼雛離開樹洞(林文隆，未發表資料)。由於分布海拔較高，加上夜間觀察不易，使得灰林鴉在台灣的分佈情況與習性等相關研究仍非常缺乏。由研究者多年的觀察中發現灰林鴉會沿著山區道路邊緣活動，因此在國家公園、森林遊樂區及保護區的道路邊緣選擇了幾處灰林鴉長期的覓食位置蒐集食繭，本文即藉由食繭的分析，以了解灰林鴉的食性組成，並比較不同季節間的食性是否有差異及探討可能的原因。此外，另針對道路對灰林鴉覓食行為可能的影響進行探討。

材料與方法

2000-2005 年間，分別在台中大雪山森林遊樂區大雪山林道 42-46 km 處(24°16'59.8"N, 121°1'50.7"E; 海拔 2,520m)、南投紅香力行產業道路(24°9'41.1"N, 121°10'33.0"E; 海拔 1,478m)、梅峰台 14 甲線(24°5'8.9"N, 121°10'35.8"E; 海拔 2,180m)及玉山國家公園塔塔加台 21 線(23°29'26.2"N, 120°53'3.2"E; 海拔 2,520m)等地區觀察灰林鴉活動模式，同時蒐集食繭。

4 處研究區發現灰林鴉的數量在 1-4 隻之間，而以單隻的情況較為普遍。根據觀察，灰林鴉的獵食點通常位在路邊的路牌(標示里程數、警告標誌)或是較矮的獨立木上。另外，林道邊緣的低矮木或是電線桿支撐鐵線也是其慣常使用的獵食點。而日間休息點通常位在比較濃密的針葉林中，且距道路或是林道至少 50m 以上，大多停棲於針葉樹距頂端約 1/3 處。一般天候下，灰林鴉於夜間才開始活動，但如遇到飄細雨或是濃霧的白天，也可偶見其飛行或是鳴叫，但並未目擊獵食行為。食繭蒐集的時間依灰林鴉作息而有不同，日間休息點的食繭蒐集工作是在夜間灰林鴉飛離後進行，而夜間獵食點的食繭蒐集則是在白天進行。食繭約 1-2 週蒐集 1 次。

蒐集的食繭先用游標尺(精準度 0.05 mm)進行長、寬、深的測量，測量後將食繭自然風乾，再以鑷子撥開。先將內容物中骨頭、羽毛、毛等部分初步分離，再藉由頭骨、肢骨、羽毛等辨識出其所屬的種類。物種鑑定至“種”為原則，但如遇到存在可供鑑定的部分不足時，則鑑定至“科”或“目”的等級。有關數量回推的方法主要依循 Yalden (1977, 2003) 的程序進行。為避免標本脫水失重影響回推結果，本研究所使用的哺乳類生物量數值主要係由野外捕獲的個體秤重所得。鳥類部分則參考顏(1997)所列之生物量(畫眉科平均生物量為 37.6g; 山雀科 15.0g; 鶯科 6.4g)。此外，一些無法鑑定至“科”等級的小型燕雀類，本研究仍依顏(1997)之資料，選取體型較小的鵲科、畫眉科、鶯科、鶉科、鸚鵡科、長尾山雀科、山雀科與雀科等平均生物量(19.2g)，代表此部分的數值。鴉形目的黃嘴角鴉與鷹形目的小型鷹屬猛禽，則是由博物館標本資料取得，並取其平均值以作為回推的依據(Marti 1987; Holt et al. 1991; Holt 1993; Denver and Leroux 1996)。所有生物量均以濕重計算。

結 果

研究期間總共蒐集了 180 枚食繭，其中大雪山 42 枚，力行 23 枚，台 14 甲線 38 枚，台 21 線 77 枚。食繭長 5.87 ± 1.40 cm，寬 3.42 ± 0.72 cm，深 2.62 ± 0.42 cm。經鑑定共發現 7 種哺乳類，包括鼠科(Muridae)的台灣森鼠(*Apodemus semotus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*)；尖鼠科(Soricidae)的小麝鼩(*Crocidura horsfieldi*)與松鼠科(Sciuridae)的大型松鼠(未確定種)、條紋松鼠(*Tamiops maritimus*)、小鼯鼠(*Belomys pearsoni*)。鳥類共記錄 6 種類群，包括山雀科(Paridae)、畫眉科(Timaliidae)、鶯科(Sylviidae)、燕雀目(Passeriformes)、鴉形目(Strigiformes)中的黃嘴角鴉(*Otus spilocephalus*)與鵲鴝(*Glaucidium brodiei*)、鷹屬(*Accipiter* sp.)猛禽等。

180 枚食繭中共發現 544 隻食餌動物，平均每枚食繭包含 3.02 ± 1.77 隻食餌動物。而春(2-4 月)、夏(5-7 月)、秋(8-10 月)、冬(11-1 月)4 季分別蒐集到 32 枚、56 枚、52 枚及 40 枚食繭，各季每枚的食繭平均包含了 4.28 ± 1.90 隻、 2.48 ± 1.14 隻、 2.40 ± 1.38 隻與 3.58 ± 2.14 隻食餌動物，每枚食繭包含的平均食餌動物在各季間並不相同(one-way ANOVA, $F_{(3,176)}=12.68$, $p<0.001$)。在春季及冬季，灰林鴉每枚食繭內所包含的平均食餌動物數明顯多於夏、秋兩季(Tukey test; $p<0.05$)。

灰林鴉捕食的獵物中，以台灣森鼠所占的比例最高，共有 239 隻(43.9%)，其次為山雀科鳥類與高山白腹鼠，分別有 138 隻(25.4%)及 59 隻(10.8%)，其餘物種所占的比例均低於 10.0%。在生物量部分，以台灣森鼠提供的比例最高，占了 35.1%。高山白腹鼠雖然在出現的比例僅占了 10.8%，但生物量的比例卻占了 30.7%，僅次於台灣森鼠。山雀科鳥類雖然出現的比例高，但是由於個體生物量小，因此總

生物量僅占了 12.7%。

比較不同季節間的食性獵物數目組成可以看出，灰林鴉在夏、秋兩季的食性獵物數目組成以哺乳類為主，分別占了 79.1%及 62.4%，鳥類占了 20.9%及 37.6%。春季與冬季鳥類的比例增加，分別占了 57.0%與 46.8%，而哺乳類降低，占了 43.0%與 53.2%。灰林鴉在 4 季間捕食哺乳類與鳥類的情形並不相同($\chi^2=29.12$; $p<0.001$)。比較不同季節間生物量的組成發現，台灣森鼠及高山白腹鼠除了春季為 59.5%外，其餘各季的總生物量比例都超過 64%以上，最高可達 74.2%(夏季)，堪稱灰林鴉最重要的食物來源。而鳥類除了夏季 13.4%較少外，春與冬兩季的比例都超過 30%(表 1)(圖 1)。比較 4 個地點灰林鴉食餌組成中鳥類和哺乳類所占的比例，顯示 4 個地點並無顯著差異($\chi^2=6.46$; $df=3$; $p=0.091$)(表 2)。

討 論

台灣的灰林鴉捕食的獵物種類在夏季與秋季以鼠類為主，而春季與冬季時，鳥類的比例增加，此點與歐洲地區的研究結果相當類似(Southern 1954; Southern and Lowe 1968; Goszczynski 1981; Mikkola 1983; Kirk 1992; Jedrzejewski *et al.* 1994; Jedrzejewski *et al.* 1996; Sasvári *et al.* 2000)。在生物量部分，台灣森鼠和高山白腹鼠的總生物量不論在哪一個季節，都占了近或 60%以上的比例，顯示台灣森鼠與高山白腹鼠在灰林鴉的食性中扮演了相當重要的角色。歐洲地區灰林鴉捕食的獵物隨著棲地環境不同而有差異，但皆以當地族群密度最高的鼠類為主要食物，若是主要鼠類族群量下降，則灰林鴉會轉而捕食其他替代的獵物。例如在秋、冬季節，灰林鴉的食性組成中約有超過 50%為遷移性或漂盪性鳥類，如鵲屬(*Turdus*)等遷移性鳥類等(Jedrzejewski *et al.* 1996; Balciauskiene 2005)。

表 1. 台灣中部中海拔地區灰林鴉食糞內食物組成
Table 1. Seasonal compositions of prey items remained in the tawny owl's pellets in the mountain areas of the central Taiwan

| Prey items | Prey average (g) | Spring (n=32) | | Summer (n=56) | | Fall (n=52) | | Winter (n=40) | | Total (n=180) | |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|
| | | Number (%) | Biomass (%) | Number (%) | Biomass (%) | Number (%) | Biomass (%) | Number (%) | Biomass (%) | Number (%) | Biomass (%) |
| Mammals | | | | | | | | | | | |
| <i>Apodemus semotus</i> | 24 | 38 (27.7) | 912 (25.8) | 97 (69.8) | 2,328 (57.4) | 50 (40.0) | 1,200 (26.2) | 54 (37.8) | 1,296 (31.2) | 239 (43.9) | 5,736 (35.1) |
| <i>Eothenomys melanogaster</i> | 21.4 | 5 (3.6) | 107 (3.0) | 1 (0.7) | 21.4 (0.5) | 1 (0.8) | 21.4 (0.5) | 1 (0.7) | 21.4 (0.5) | 8 (1.5) | 171.2 (1.0) |
| <i>Niviventer culturatus</i> | 85 | 14 (10.2) | 1,190 (33.7) | 8 (5.8) | 680 (16.8) | 21 (16.8) | 1,785 (38.9) | 16 (11.2) | 1,360 (32.8) | 59 (10.8) | 5,015 (30.7) |
| <i>Crocidura horsfieldi</i> | 9 | 2 (1.5) | 18 (0.5) | 2 (1.4) | 18 (0.4) | 2 (1.6) | 18 (0.4) | 4 (2.8) | 36 (0.9) | 10 (1.8) | 90 (0.6) |
| Sciuridae | 250 | | | 1 (0.7) | 250 (6.2) | 1 (0.8) | 250 (5.5) | | | 2 (0.4) | 500 (3.1) |
| <i>Tamias maritimus</i> | 80 | | | | | 2 (1.6) | 160 (3.5) | 1 (0.7) | 80 (1.9) | 3 (0.6) | 240 (1.5) |
| <i>Belomys pearsoni</i> | 217 | | | 1 (0.7) | 217 (5.4) | 1 (0.8) | 217 (4.7) | | | 2 (0.4) | 434 (2.7) |
| Birds | | | | | | | | | | | |
| Paridae | 15 | 45 (32.8) | 675 (19.1) | 18 (12.9) | 270 (6.7) | 27 (21.6) | 405 (8.8) | 48 (33.6) | 720 (17.3) | 138 (25.4) | 2,070 (12.7) |
| Timaliidae | 37.6 | 6 (4.4) | 225.6 (6.4) | 4 (2.9) | 150.4 (3.7) | 8 (6.4) | 300.8 (6.6) | 10 (7.0) | 376 (9.1) | 28 (5.1) | 1,052.8 (6.4) |
| Sylviidae | 6.4 | 22 (16.1) | 140.8 (4.0) | 5 (3.6) | 32 (0.8) | 8 (6.4) | 51.2 (1.1) | 5 (3.5) | 32 (0.8) | 40 (7.4) | 256 (1.6) |
| Passeriformes | 19.2 | 3 (2.2) | 57.6 (1.6) | 1 (0.7) | 19.2 (0.5) | 2 (1.6) | 38.4 (0.8) | 1 (0.7) | 19.2 (0.5) | 7 (1.3) | 134.4 (0.8) |
| Strigidae | 70 | 1 (0.7) | 70 (2.0) | 1 (0.7) | 70 (1.7) | 2 (1.6) | 140 (3.1) | 3 (2.1) | 210 (5.1) | 7 (1.3) | 490 (3.0) |
| <i>Accipiter</i> sp. | 140 | 1 (0.7) | 140 (4.0) | | | | | | | 1 (0.2) | 140 (0.9) |
| Total | | 137 (100.0) | 3,556 (100.0) | 139 (100.0) | 4,056 (100.0) | 125 (100.0) | 4,586.8 (100.0) | 143 (100.0) | 4,150.6 (100.0) | 544 (100.0) | 16,329.4 (100.0) |

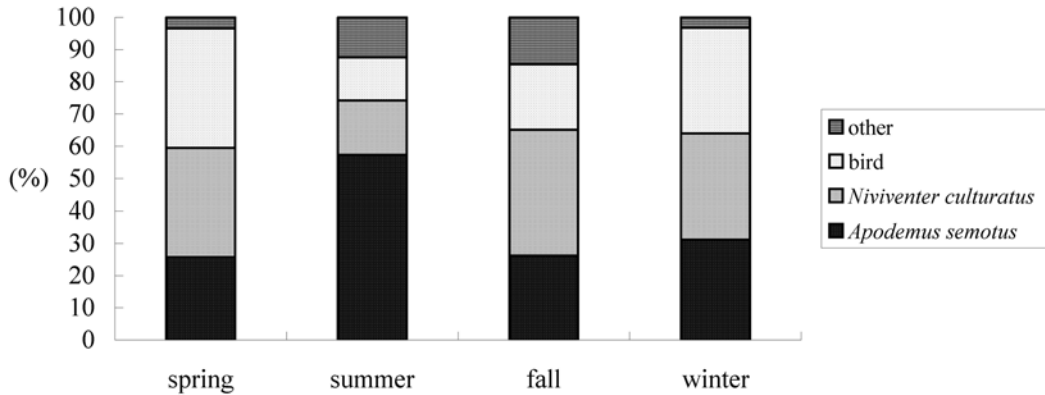


圖 1. 台灣中部中高海拔地區灰林鴉食糞中鳥類、高山白腹鼠與森鼠所占的生物量比例。

Fig. 1. Seasonal compositions of prey items in terms of biomass (%) for birds, mammals (*Apodemus semotus* and *Niviventer culturatus*), and others in the pellets of tawny owls in the mountain areas of the central Taiwan.

表 2. 四個台灣中部中高海拔地區灰林鴉食糞組成比較

Table 2. The compositions of prey items (mammals and birds) remained in the tawny owl's pellets at the four study stations in the mountain areas of the central Taiwan

| Prey items | Dahsuenshan | Hongsiang | Mayfeng | Tatachia | Total |
|------------|-------------|-----------|---------|----------|-------|
| Mammals | 87 | 42 | 60 | 134 | 323 |
| Birds | 62 | 15 | 52 | 92 | 221 |
| Total | 149 | 57 | 112 | 226 | 544 |

根據研究，道路所導致的邊緣效應無意間會改變某些動物的行為，例如有些動物會沿著道路邊緣移動(Getz *et al.* 1978; Bennett 1991; Seabrook and Dettmann 1996)，或是以路邊的小片植被做為棲息環境(Way 1977; Bennett 1988)。這些現象也會造成某些物種獲得意外的好處，其中包括高階的掠食者(Page 1981; Mech *et al.* 1988; Corbett 1989)。研究者研究期間，也經常觀察到灰林鴉站在路旁水溝邊的路牌上，等待捕食利用排水溝作為活動路徑的小型

獸類，而此種非主動搜尋的獵食策略和 Southern (1954)所觀察的情況相似。道路邊緣對灰林鴉似乎是個不錯的新獵食場所，可以節省主動搜尋所花費的能量，被動的等待食物上門。Nishimura (1991)對同樣是林鴉屬的長尾林鴉(*S. uralensis*)所做的研究顯示，長尾林鴉會投注比較多的時間在獵物穩定出現，或是獵物個體生物量較大的狩獵位置，也就是林鴉屬貓頭鷹會憑藉經驗甚至是記憶來提高獵捕的效率。

在本研究中，灰林鴉的食性組成在夏、秋兩季以鼠類為主，在春、冬兩季則以鳥類所占的比例較高，但和過去研究比較顯示，中、高海拔小型哺乳類在夏、秋兩季數量並未較春、冬兩季多(林 1999)，而鳥類在春、冬兩季數量也並未較夏、秋兩季多(顏 1997)。為何春、冬兩季鼠類並未減少，而灰林鴉卻捕食高比例的鳥類，推測可能有以下的原因。一、根據研究，在貓頭鷹獵捕壓力下，鼠類往往會挑選庇護性較佳的環境棲息(Koivunen *et al.* 1998)。而由於灰林鴉多利用道路邊緣捕食沿道路活動的鼠類，但是冬季植物枯萎，道路邊緣的掩蔽度降低，可能會減少鼠類利用這種廊道，而向較茂密的森林內部活動，也因此使得灰林鴉捕食鼠類的機會降低。二、同樣地，冬季落葉的情況也使得夜棲休息的鳥類隱蔽度降低，而使灰林鴉更容易發現獵物，因而可能造成捕食鳥類的比例增高。

在國外，猛禽間互相捕殺的紀錄相當多，例如歐洲的灰林鴉曾有捕食長耳鴉(*Asio otus*)、倉鴉(*Tyto alba*)、鬼鴉(*Aegolius funereus*)、縱紋腹小鴉(*Athene noctua*)、歐洲角鴉(*Otus scops*)、花頭鵯鵒(*Glaucidium passerinum*)、蒼鷹(*Accipiter gentilis*)、北雀鷹(*Accipiter nisus*)、紅隼(*Falco tinnunculus*)與燕隼(*F. subbuteo*)的紀錄(Mikkola 1983)。而台灣地區灰林鴉的食性中，除了已知有捕食黃嘴角鴉與鵯鵒等兩種貓頭鷹的紀錄外(林 2004)，捕食鷹形目猛禽可說是首次紀錄。食繭中發現的鷹形目從跗趾長度(6.2 cm)推論，應為日本松雀鷹(*A. gularis*)或台灣松雀鷹(*A. virgatus*)等小型鷹屬猛禽。小型貓頭鷹及鷹屬猛禽在灰林鴉食性中所占的數量為 1.5%，生物量為 4.2%，比例並不高，但所代表的意義卻是清楚標示出彼此在台灣中高海拔山區生態金字塔內的相互關係。

謝 誌

本文得以完成，首先感謝兩位審查委員提供寶貴的意見。李木青、洪冠中、林秋煌等人協助野外食繭蒐集工作。翠峰果農黃世華與同富魏先生熱心提供灰林鴉繁殖消息，並協助繁殖期間的觀察。陳瑾瑛博士熱心提供統計上的協助。民翔環境生態研究有限公司提供部分研究經費與人力、器材的支援，也在此一併感謝。

引用文獻

- 林文隆。2004。灰林鴉與領角鴉捕食他種貓頭鷹之紀錄。台灣猛禽研究 3: 45-47。
- 林良恭。1999。全球變遷：塔塔加高山生態系長期生態研究—小型哺乳類族群生態及棲地選擇研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 顏重威。1997。台灣中部高山森林鳥類群聚組成比較。台灣省立博物館年刊 40: 15-52。
- Balčiauskienė, L. 2005. Analysis of Tawny owl (*Strix aluco*) food remains as a tool for long-term monitoring of small mammal. Acta Zoologica Lituanica 15: 85-89.
- Balčiauskienė, L., R. Juskaitis and O. Atkocaitis. 2005. The diet of the Tawny owl (*Strix aluco*) in south-western Lithuania during breeding period. Acta Zoologica Lituanica 15: 13-20.
- Bennett, A. F. 1988. Roadside vegetation: A habitat for mammals at Naringal, southwestern Victoria. Victoria Naturalist 105: 106-113.
- Bennett, A. F. 1991. Roads, roadsides and wildlife conservation: A review. In: Saunders, D. A. and R. J. Hobbs. (Eds.). Nature Conservation 2: The role of corridors. pp: 99-118. Chipping Norton: Surrey Beatty & Sons.

- Burton, J. A. 1973. Owls of the world: Their evolution, structure and ecology. Peter Lowe/Eurobook, New York.
- Corbett, L. C. 1989. Assessing the diet of dingos from faces: A comparison of three methods. *Journal of Wildlife Management* 53: 343-346.
- del Hoyo, J., A. Elliott and J. Sargatal. 1999. Handbook of the birds of the world. Vol. 5. Barn-owls to Hummingbirds. Lynx Edicions, Barcelona.
- Denver W. H. and L. A. Leroux. 1996. Diets of Northern Pygmy-Owls and Northern Saw-whet Owls in west-central Montana. *Wilson Bulletin* 108(1): 123-128.
- Getz, L. L., F. R. Cole and D. L. Gates. 1978. Interstate roadsides as dispersal routes for *Microtus pennsylvanicus*. *Journal of Mammalogy* 59: 208-212.
- Goszczynski, J. 1981. Comparative analysis of food of owls in agroecosystem. *Polish Journal of Ecology* 29: 431-439.
- Holt, D. W., E. Andrews and N. Claflin. 1991. Non-breeding season diet of Northern Saw-whet Owls (*Aegolius acadicus*) on Nantucket Island, Massachusetts. *Canadian Field-Naturalist* 105: 382-385.
- Holt, D. W. 1993. Trophic niche of nearctic Short-eared Owls. *Wilson Bulletin* 105: 497-503.
- Jedrzejewski, W., B. Jedrzejewska, A. Szymura, K. Zub, A. I. Ruprecht and C. Bystrowski. 1994. Resource use by Tawny owls *Strix aluco* in relation to rodent fluctuation in Bialowieza National Park. *Polish Journal of Avian Biology* 25: 308-318.
- Jedrzejewski, W., B. Jedrzejewska, A. Szymura and K. Zub. 1996. Tawny owl (*Strix aluco*) predation in a pristine deciduous forest (Bialowieza National Park, Poland). *Journal of Animal Ecology* 65(1): 105-120.
- Kirk, D. A. 1992. Diet changes in breeding tawny owls (*Strix aluco*). *Journal of Raptor Research* 26: 239-242.
- Koivunen, V., E. Korpimäki and H. Hakkarainen. 1998. Refuge sites of voles under owl predation risk: Priority of dominant individuals?. *Behavioral Ecology* 9(3): 261-266.
- König, C., F. Weick and J. H. Becking. 1999. A guide to the owls of the world. Pica Press, Sussex.
- Marti, C. D. 1987. Raptor food habits studies. Washington, DC: National Wildlife Federation Scientific and Technical Series 10: 67-80.
- Mech, L. D., S. H. Fritts, G. L. Radde and W. J. Paul. 1988. Wolf distribution and road density in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* 16: 85-87.
- Mikkola, H. 1983. Owls of Europe. Buteo Books, Vermillion, USA. pp. 277-286, 379-381.
- Nishimura, K. 1991. Utilization of different prey type patches in the Ural owl (*Strix uralensis*): A sit-and-wait predator. *Behavior Ecology* 2: 99-105.
- Overskaug, K. and J. P. Bolstad. 1999. Fledgling behavior and survival in northern tawny owls. *The Condor* 101: 169-174.
- Page, R. J. C. 1981. Dispersal and population density of the fox (*Vulpes vulpes*) in an area of London. *Journal of Zoology London* 194: 485-491.
- Redpath, S. M. 1995. Habitat fragmentation and the individual: Tawny owls *Strix aluco* in woodland patches. *Journal of Animal Ecology* 64: 652-661.
- Sasvári, L., Z. Hegyi, T. Csörgö and I. Hahn.

2000. Age-dependent diet change, parental care and reproductive cost in tawny owls *Strix aluco*. *Acta Oecologica* 21: 267-275.
- Sasvári, L. and I. Nishiumi. 2005. Environmental conditions affect offspring sex-ratio variation and adult survival in tawny owls. *The Condor* 107: 321-326.
- Seabrook, W. A. and E. B. Dettmann. 1996. Roads as activity corridors for cane toads in Australia. *Journal of Wildlife Management* 60: 363-368.
- Southern, H. N. 1954. Tawny owls and their prey. *Ibis* 96: 384-410.
- Southern H. N. and V. P. W. Lowe. 1968. The pattern of distribution of prey and predation in tawny owl territories. *Journal of Animal Ecology* 37: 75-97.
- Sunde, P., M. S. Bølstad and K. B. Desfor. 2003. Diurnal exposure as a risk sensitive behaviour in tawny owl *Strix aluco*?. *Journal of Avian Biology* 34: 409-418.
- Voous, K. H. 1988. Owls of the northern hemisphere. Collins, London.
- Way, J. M. 1977. Roadside verges and Conservation in Britain: A review. *Biological Conservation* 12: 65-74.
- Yalden, D. W. 1977. The Identification of Remains in Owl Pellets. Occasional Publication of Mammal Society, London.
- Yalden, D. W. 2003. The Analysis of Owl Pellets. Occasional Publication of Mammal Society, London.

棕扇尾鶯與褐頭鷓鶯在農田中繁殖生態之比較
Comparison of Breeding Ecology of Zitting Cisticola
(*Cisticola juncidis*) and Tawny-Flanked Prinia
(*Prinia subflava*) in the Rice Paddy

羅柳墀^{1,*} 鄭峰茂²

Liu-Chih Lo^{1,*} and Feng-Mao Cheng²

¹ 國立高雄師範大學地理學系 高雄市和平一路 116 號

² 樹德科技大學休閒事業管理系 高雄縣燕巢鄉橫山路 59 號

¹ Department of Geography, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan

² Department of Recreation and Tourism, Shu-Te University, Kaohsiung, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘要

棕扇尾鶯(*Cisticola juncidis*)與褐頭鷓鶯(*Prinia subflava*)均屬於雀形目(Passeriformes)鶯科(Sylviidae)的鳥類，在台灣低海拔及平原地區是很常見的鳥種，且同時繁殖於稻田中，為了解兩者間的繁殖行為與生態，及其與農業活動的關係，自 2004 年 2 月至 2005 年 5 月在台灣南部高雄地區的稻田中進行本研究，共觀察了 47 個棕扇尾鶯與 31 個褐頭鷓鶯繁殖巢位。棕扇尾鶯的繁殖自 3 月初即已開始，較褐頭鷓鶯的繁殖略早 1 個月，兩者在農田中的繁殖高峰均集中於 4 月中，且巢均築於未結穗的稻苗，在植株高度的 2/3 處(68.1%與 67.4%)。隨著稻苗的生長，先築巢的棕扇尾鶯的巢位高度顯著的較後築巢的褐頭鷓鶯為低(49.1±8.9 cm < 64.6±7.4 cm)，棕扇尾鶯的巢位距田埂的平均距離也較褐頭鷓鶯為短(124.3±86.6 cm < 353.4±176.3 cm)。棕扇尾鶯的巢身(6.4±0.7 cm 與 7.9±0.4 cm)與巢口的直徑(4.1±1.2 cm 與 4.5±0.9 cm)均較褐頭鷓鶯為小。兩者的平均產卵數(3.9±0.6 與 3.7±0.6 個)、孵化時間(16.0±0.6 天與 17.6±1.7 天)、孵化成功率(61.3% 與 65.9%)、剛孵出的雛鳥平均體重(0.74±0.10g 與 0.72±0.10g)、雛鳥的生長速率(0.45±0.20g / 天與 0.41±0.11g / 天)、在巢

時間(13.3 ± 0.8 天與 13.0 ± 0.6 天)、幼鳥離巢時的體重(6.1 ± 2.8 g 與 5.7 ± 2.4 g)與每巢平均成功離巢幼鳥數(2.5 ± 1.6 隻與 2.2 ± 1.7 隻)差異均不顯著。但棕扇尾鶯的繁殖成功率明顯的高於褐頭鷓鴣($62.1\% > 42.3\%$)，主要為兩種鳥類繁殖時間先後的的不同，受到5月初農田稻作開始收割、環境中梅雨季節的來臨並連續的降雨等重要因素，是造成較晚繁殖的褐頭鷓鴣與較早繁殖的棕扇尾鶯繁殖差異的主要原因。

Abstract

Zitting Cisticola (*Cisticola juncidis*) and Tawny-flanked Prinia (*Prinia subflava*) are birds belonging to the family Sylviidae. They are commonly found in lowlands and costal plains of Taiwan, and share rice paddies as breeding habitat and have fairly similar breeding season. In order to understand their breeding ecology and effects of agricultural activities, this study was conducted in the Kaohsiung area of the southern Taiwan in February 2004 to May 2005. A total of 47 nests of Zitting Cisticola and 31 nests of Tawny-flanked Prinia were observed. The breeding season of the two species were from March to November but with the peak months in March and April for the former and in April for the latter. As compared to the Tawny-flanked Prinia, the Zitting Cisticola had significantly lower nesting sites on rice stalks (Zitting Cisticola via Tawny-flanked Prinia: 49.1 ± 8.9 cm via 64.6 ± 7.4 cm), shorter distances from banks of paddy fields (124.3 ± 86.6 cm via 353.4 ± 176.3 cm), and smaller nests (6.4 ± 0.7 cm via 7.9 ± 0.4 cm in diameters) with narrower nest mounths (4.1 ± 1.2 cm via 4.5 ± 0.9 cm in diameters). No significant difference were found for egg sizes, clutch sizes, incubation periods, hatching rates, nestling and fledgling sizes, and their growth rates and nesting periods. However, breeding success of the Zitting Cisticola was significantly higher than that of the Tawny-flanked Prinia ($62.1\% > 42.3\%$). This difference might be due to different breeding sequence of the two species in relation to the rice harvest activies and high rainfalls in the month of May.

關鍵詞：繁殖成功率、繁殖生態、褐頭鷓鴣、棕扇尾鶯、稻田

Key words: breeding success, breeding ecology, *Cisticola juncidis*, *Prinia subflava*, paddy field

收件日期：95年4月17日 接受日期：95年9月29日

Received: April 17, 2006 Accepted: September 29, 2006

緒 言

在台灣農地中有 4 種同為鶯科的鳥類常在農地中繁殖，即棕扇尾鶯 *Cisticola juncidis tinabulans*、白頭扇尾鶯 *Cisticola exilis volitans*、褐頭鷓鴣 *Prinia subflava formosa* 和灰頭鷓鴣 *Prinia flaviventris sonitans*，其中又以棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣最為常見。在野外的觀察中，常發現棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣在同一農地上繁殖，兩者不論在繁殖環境或繁殖季節都很類似，也常因區域內農業活動如農民的犁田、巡田、引水、施肥、施藥、收割與附近居民的侵入等，造成兩者的繁殖受到干擾與破壞。

棕扇尾鶯又名「錦鷓」，屬於雀形目(Passeriformes)鶯科(Sylviidae)的鳥類，廣泛分布於歐亞大陸南部及日本、印度次大陸及非洲地區，1 月等溫線 3.5°C 以上的區域(Yeatman 1976)。在台灣繁殖的留鳥中，棕扇尾鶯的成鳥與常見的鳥種相比，有較高的繁殖能力，其為一夫一妻或一夫多妻的婚配制(Von Blotzheim and Bauer 2001)，而母鳥在 1 年中也有 2 次以上繁殖的能力，甚至當年生的幼鳥在離巢後的第 46 天以後，就擁有繁殖能力(Ueda 1985)，是一子代產量多的鳥種。在台灣常見於低海拔地區開闊的草原、稻田及開墾後的山坡地帶，為平原地區常見的種類。

褐頭鷓鴣又名台灣鷓鴣，與棕扇尾鶯同屬於鶯科鳥類，為台灣特有亞種，常出現在平地至中低海拔 1,200m 以下的山區(Severinghaus *et al.* 1976)，主要活動在農耕地、開闊灌木、雜草中。褐頭鷓鴣的婚配制屬一夫一妻制，雌鳥在 1 個繁殖季中可以有 1 個以上的繁殖巢位，有時甚至可達到 4 個(Lin 1985)，也是一子代產量多的鳥種。

過去針對這兩種鳥類的研究，在歐洲及日

本有多位學者對棕扇尾鶯的繁殖進行深入的探討(Motai 1973; Chartier 1981, 1989; Avery 1982; Ueda 1982, 1984, 1985; Kobayashi 1983)，但僅有少數的研究與文獻探討褐頭鷓鴣的繁殖(Hammer 1978; Earle 1981; Kobayashi 1983)。Lin (1985)曾針對褐頭鷓鴣與灰頭鷓鴣在台灣中部東海大學與台中工業區內進行繁殖生態學的研究，但到目前為止，尚未有學者針對稻田中這兩種最常見鳥類的繁殖進行深入探討。因此本文將對這兩種鳥類在台灣稻田中的繁殖進行比較，同時也探討農業活動對他們繁殖的影響。

對於人為活動衝擊強烈、環境狀況多變的農耕地中，這兩種鳥類的繁殖情況、人類農業活動對牠們繁殖所造成的影響，以及這兩種鳥類對人類衝擊所產生的適應行為等，均值得我們深入的研究，以了解在人類活動壓力強烈的農田生態系，鳥類如何生存。藉由本研究結果也可以使我們知道，如何保育我們農田中的鳥類。

材料與方法

一、研究區環境概況

研究地點位於高雄縣大寮鄉拷潭村(東西向 88 號高雄潮州快速道路鳳林路段旁農耕區)，面積約為 40 ha 的小型集水區(圖 1)，區域內的水源充沛終年有水。本區屬夏季潮濕高溫而冬季乾燥涼爽的氣候，在 2004 年平均溫度為 24.7°C，年降雨量為 1,515 mm，年平均相對濕度 86.7%；在 2005 年平均溫度 24.6°C，年降雨量為 4,008 mm，年平均相對濕度 79.3% (依據中央氣象局高雄農改場觀測站資料)，各月平均降雨量如圖 2。5 到 10 月份為台灣梅雨季與颱風好發期，1 日的豪雨或強風均會造成當地環境與農作物重大的損失。

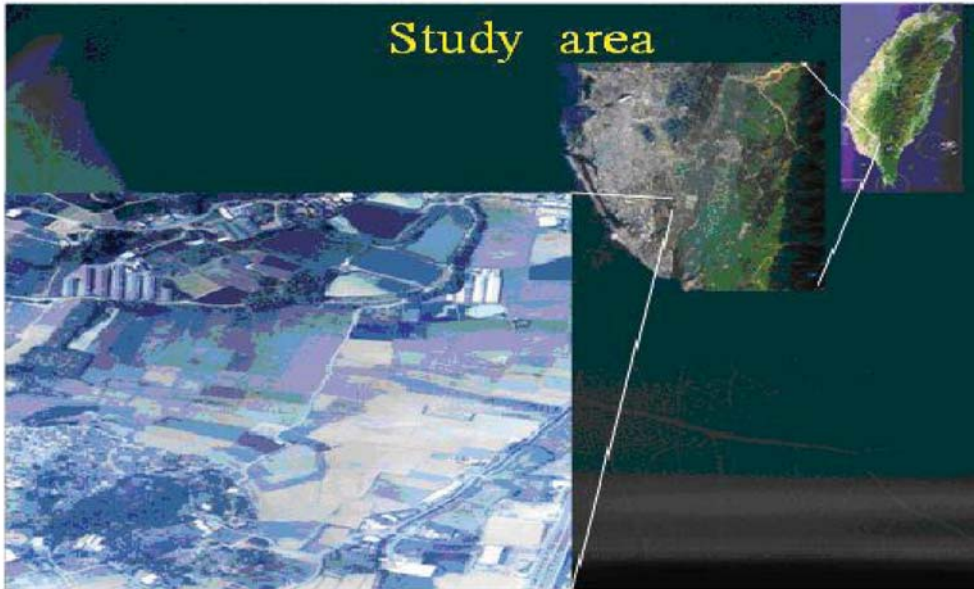


圖 1. 棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣在高雄地區研究地點之相對位置圖。

Fig. 1. The study area of Zitting Cisticola and the Tawny-flanked Prinia in the Kaohsiung area of Taiwan.

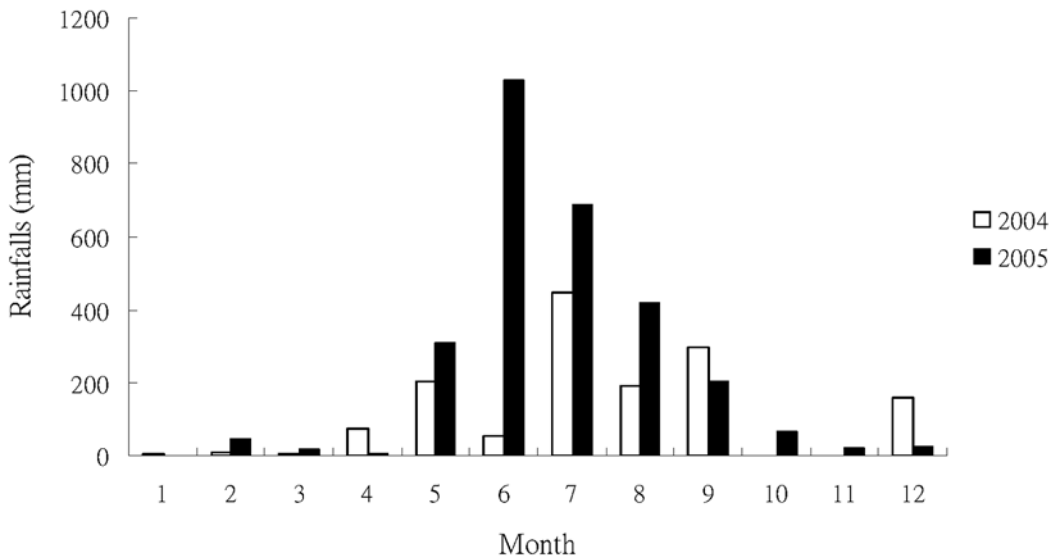


圖 2. 2004 與 2005 年高雄地區每月降雨量分布狀況。

Fig. 2. Monthly distribution of rainfalls in the Kaohsiung area, 2004 and 2005.

區域內的作物種類以水稻為主(75%)，另外也種植蕃茄、鳳梨和水生的菱角。區域邊緣的山坡地上長有榕樹(*Ficus retusa*)、構樹(*Broussonetia papyrifera*)、血桐(*Macaranga tanarius*)、五節芒(*Miscanthus floridulus*)、蘆葦(*Phragmites communis*)等植物。2004年在區域內共記錄79種鳥類，其中以紅冠水雞(*Gallinula chloropus*)、小白鷺(*Egretta garzetta*)及彩鷓(*Rostratula bengalensis*)最為常見，在冬季本區域也為冬候鳥重要的渡冬地。

本區內的稻作1年可收穫2次，另一季則種植雜糧作物，但很多農地在第1次稻作收割後，即進行休耕。休耕的農田先是將稻田中的稻草焚燒後，注入水並進行耕田，然後讓土地進入休耕沒有農耕活動，但也有部分農田在耕田之後加以播撒田菁(*Sesbania cannabiana* (Retz.) Poir)以作為綠肥。休耕中的農田常是許多鳥類重要的棲息地，同時也是許多候鳥渡冬的重要場所。

由於本區域緊臨高雄市的郊區，有很嚴重的開發壓力，在區域的北方已有新開挖的道路通過，而南邊也有新建的工廠，加以每天數以萬計的車輛經過區域東邊的東西向88號快速道路，這個區域承受人類活動帶來的強烈衝擊。

二、調查方法

自2004年2月至2005年5月進行野外的研究觀察，並針對棕扇尾鶯與褐頭鷓鶯的繁殖行為及習性進行記錄。研究期間除了下大雨無法進行野外的調查記錄外，每週調查4-5天，每次約4小時，總計研究時間242天，共計有968小時。調查的方法為：

巢位的尋找：先觀察親鳥鳴叫的地點及其宣示活動的領域，並利用親鳥唧巢材或食物回巢時，跟蹤活動的路線，直到尋到巢位。有時也利用親鳥由稻田中突然的出現，或親鳥常出現活動的區域，在附近尋找到繁殖的

巢位。

巢位的比較：繁殖巢位找到後，即記錄巢口方位、巢位高度、植株高度、植株距離地面20 cm高的直徑大小及巢位所繫的植株數量。也記錄巢身的高度、寬度與巢口直徑大小、巢位與田埂間最近的距離、田中的水位高低，所得數據以SigmaStat 3.1 (SYSTAT SOFTWARE, INC.)統計軟體分析，各項測量值以平均值加減標準偏差(Mean±SD)來呈現，並依據所得數據的分布狀況與偏斜(skew)的程度，分別以t-test 和 Mann-Whitney Rank Sum test 來比較棕扇尾鶯與褐頭鷓鶯間的差異。為了解繁殖巢位在稻田中的相對隱蔽度，我們利用光度計(Tomei TM 50000 Lux meter)分別記錄稻苗中巢位的巢口上方與稻苗最上方的光度，並以兩者的比值視為巢位對光的相對隱蔽度。

繁殖行為觀察：由於棕扇尾鶯繁殖前雄鳥先選定巢位，然後再由雌鳥決定是否接受，雌鳥接受後再完成築巢的工作(Ueda 1985)。但如果雄鳥築巢後，沒有和雌鳥配對成功，雄鳥有時會將巢毀壞後利用舊巢材，在另一地點重新築巢，以吸引另外的雌鳥前來配對(Motai 1973)，故以雌鳥在巢內下第1個蛋，視為繁殖的開始。築巢時間的計算是以親鳥開始置放巢材，到雌鳥產卵前為止。棕扇尾鶯與褐頭鷓鶯築巢時間的差異以Mann-Whitney Rank Sum test 來檢定。蛋的直徑大小以游標卡尺測量，而蛋與幼鳥的重量則以電子秤(精度0.1g)來測量，幼鳥的體重固定於每天早上開始觀察時記錄之。繁殖資料的蒐集包括產卵數、孵化時間、孵化成功率、幼鳥在巢時間、幼鳥體重變化和幼鳥繁殖成功率等，每個繁殖巢位每天至少觀察記錄1次，所得資料以t-test 與 Mann-Whitney Rank Sum test 來做差異性的比較。孵化時間的計算是以產下最後1個蛋到幼鳥完全孵出之期間為準。另以巢內最少有1隻幼鳥成功的飛離巢位，視為這對親鳥繁殖成功。

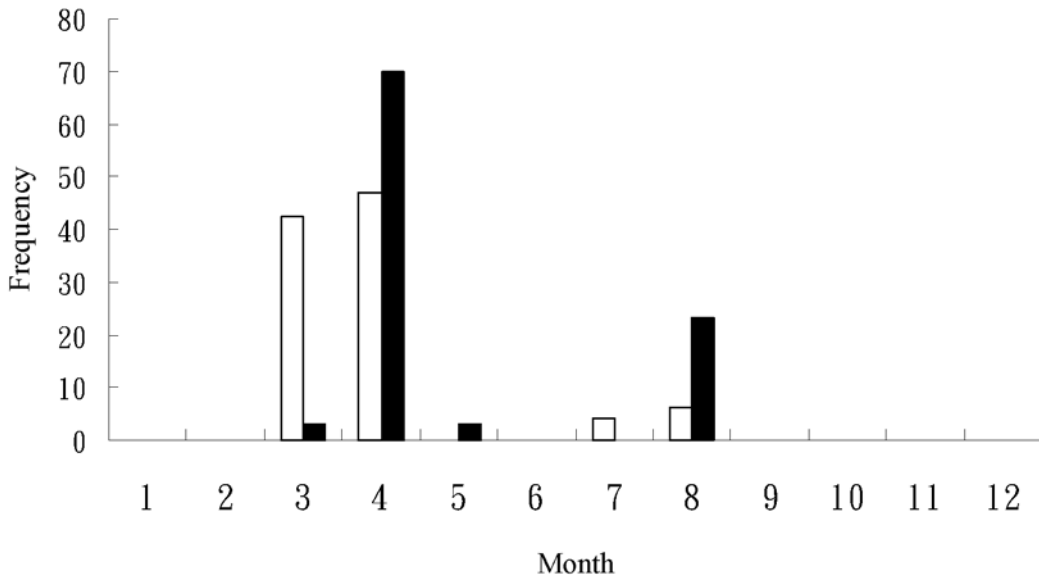


圖 3. 2004 年高雄地區農田中棕扇尾鶯(白色柱狀, n=47)與褐頭鷓鴣(黑色柱狀, n=30)每月繁殖頻率(%)分布狀況之比較。

Fig. 3. Monthly frequency (%) distributions of the nests of Zitting Cisticola (white columns, n=47) and Tawny-flanked Prinia (black columns, n=30) in the paddy fields in Kaohsiung area, 2004.

結 果

一、繁殖期間

台灣地區棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣的繁殖季，由 3 月開始到 11 月份尚有零星的繁殖個體，但在農田中因受到農作活動的影響，棕扇尾鶯的繁殖高峰期為 3-4 月，褐頭鷓鴣繁殖高峰期在 4 月，在總數棕扇尾鶯 47 個與褐頭鷓鴣 30 個巢，每月的繁殖頻率分布如圖 3。

二、稻苗植株的高度與巢位的高度

在 34 個棕扇尾鶯巢位中，築巢的稻苗植株平均高度為 73.4 ± 11.4 cm，巢位的離地高度為 49.9 ± 9.3 cm，巢位於稻苗全株高度的 68.0 % 處。隨著稻苗的長高，在較晚繁殖的 21 個褐頭鷓鴣巢位中，築巢的稻苗植株平均高度為

95.6 ± 12.6 cm，巢位離地高度為 64.4 ± 7.4 cm，巢位於稻苗全株的 67.4% 處。棕扇尾鶯選擇築巢的稻苗植株高度(t-test, $p < 0.05$)與築巢的高度(Mann-Whitney Rank Sum test, $p < 0.05$)均顯著的較褐頭鷓鴣為低。

三、巢位在稻田中的遮蔽度

在棕扇尾鶯 34 個巢位中，在巢口的光度與在稻苗植株頂端光度相對遮蔽度為 $63.3 \pm 10.6\%$ 。而在褐頭鷓鴣 21 個巢位中，光度相對遮蔽度為 $64.2 \pm 8.7\%$ 。兩種鳥類的巢位對光的遮蔽度差異不大。

四、巢身的高度、寬度與巢口直徑

棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣的巢為袋狀，且巢口均開口於巢身上方的一側，在測得的 45

個棕扇尾鶯的繁殖巢中，平均巢身高度 11.9 ± 1.4 cm，平均巢身直徑寬為 6.4 ± 0.7 cm，平均巢口直徑寬度 4.1 ± 1.2 cm。而在 31 個褐頭鷓鶯的繁殖巢中，平均巢身高度為 15.5 ± 1.2 cm，平均巢身直徑寬為 7.9 ± 0.4 cm，平均巢口直徑寬度為 4.5 ± 0.9 cm。棕扇尾鶯的巢身高度、巢身直徑寬與巢口直徑寬均顯著的較褐頭鷓鶯的為小(Mann-Whitney Rank Sum test, $p < 0.01$)。

五、與田埂的距離及田中的水位

棕扇尾鶯的繁殖巢位距離農民走動的田埂最近的平均距離為 124.3 ± 86.6 cm ($n = 36$)，顯著的小於褐頭鷓鶯 353.4 ± 176.3 cm ($n = 22$) (Mann-Whitney Rank Sum test, $p < 0.01$)。

隨著水稻的生長，農田中水的灌溉量也愈來愈少，在棕扇尾鶯 34 個被測量的繁殖巢位中，稻田中的平均水位為 2.1 ± 2.2 cm，其中有 38.2% (13/34) 的稻田中無積水。而在較晚繁殖的褐頭鷓鶯 21 個巢位中，平均水位為 0.8 ± 1.4 cm，其中有 71.4% (15/21) 的田中無積水。棕扇尾鶯繁殖時的稻田水位顯著的較褐頭鷓鶯為高(Mann-Whitney Rank Sum test, $p < 0.05$)，田中積水的比率也較高。

六、巢位的植株大小與數量

支撐棕扇尾鶯繁殖巢的水稻植株平均數目有 21.3 ± 1.9 棵($n = 34$)，而支撐褐頭鷓鶯的水稻平均植株數目為 21.0 ± 1.7 棵($n = 21$)，兩者繁殖巢的水稻植株數目無顯著的差異(t -test, $p > 0.05$)。而隨著水稻的生長，較晚繁殖的褐頭鷓鶯繁殖巢的平均水稻植株圓周大小為 2.8 ± 0.3 cm ($n = 21$)，顯著的大於較早繁殖的棕扇尾鶯支撐水稻植株圓周的平均大小 2.6 ± 0.3 cm ($n = 34$) (Mann-Whitney Rank Sum test, $p < 0.05$)。

七、繁殖行為

棕扇尾鶯的築巢時間需要 3 天($n = 4$)，在 47 對被觀察到有唧巢材築巢動作的親鳥中，僅有 4 對中途放棄，築巢成功率為 91.5%。褐頭鷓鶯築巢時間平均需要 4.4 ± 1.7 天($n = 5$)，與棕扇尾鶯築巢所需的時間長短並無顯著的差異(Mann-Whitney Rank Sum test, $p > 0.05$)。在 31 對被觀察到有築巢動作的親鳥中，僅有 1 巢中途放棄，築巢成功率為 96.8%。

八、產卵數比較

棕扇尾鶯蛋的顏色為乳白色，蛋殼上的塊斑呈赤褐色，在 26 個被測量的蛋中，平均重量為 0.75 ± 0.11 g；平均長度為 1.55 ± 0.06 cm；平均寬度為 1.13 ± 0.05 cm。在 29 個被觀察有產蛋的巢中，親鳥平均每巢的產卵數為 3.8 ± 0.8 個(圖 4)，但產卵後有 11 個巢(37.9%)被親鳥棄巢。

褐頭鷓鶯蛋的顏色為翠綠色，蛋殼上的塊斑呈棕色，在 17 個被測量的蛋中，平均重量為 0.71 ± 0.08 g；平均長度為 1.51 ± 0.07 cm；平均寬度為 1.08 ± 0.06 cm。在 26 個被觀察到有產蛋的巢中，發現平均每巢的產卵數為 3.7 ± 0.6 個(圖 4)，褐頭鷓鶯的產卵數並無顯著的少於棕扇尾鶯(Mann-Whitney Rank Sum test, $p > 0.05$)。褐頭鷓鶯有 14 個巢(53.9%)產卵後被親鳥放棄。棕扇尾鶯的蛋在重量與長寬上略大於褐頭鷓鶯的蛋，但未達到統計上的顯著差異(Mann-Whitney Rank Sum test, $p > 0.05$)。

棕扇尾鶯蛋的孵化時間為 16.0 ± 0.9 天($n = 6$)。在 29 個繁殖巢中有 9 個巢(31.0%)無幼鳥孵出，在總數 111 個被觀察到的蛋中，共孵出幼鳥 68 隻，孵化成功率為 61.3%。褐頭鷓鶯蛋的孵化時間為 17.6 ± 1.7 天($n = 5$)。棕扇尾鶯與褐頭鷓鶯兩者蛋的孵化時間並無顯著差異(Mann-Whitney Rank Sum test, $p > 0.05$)。在褐

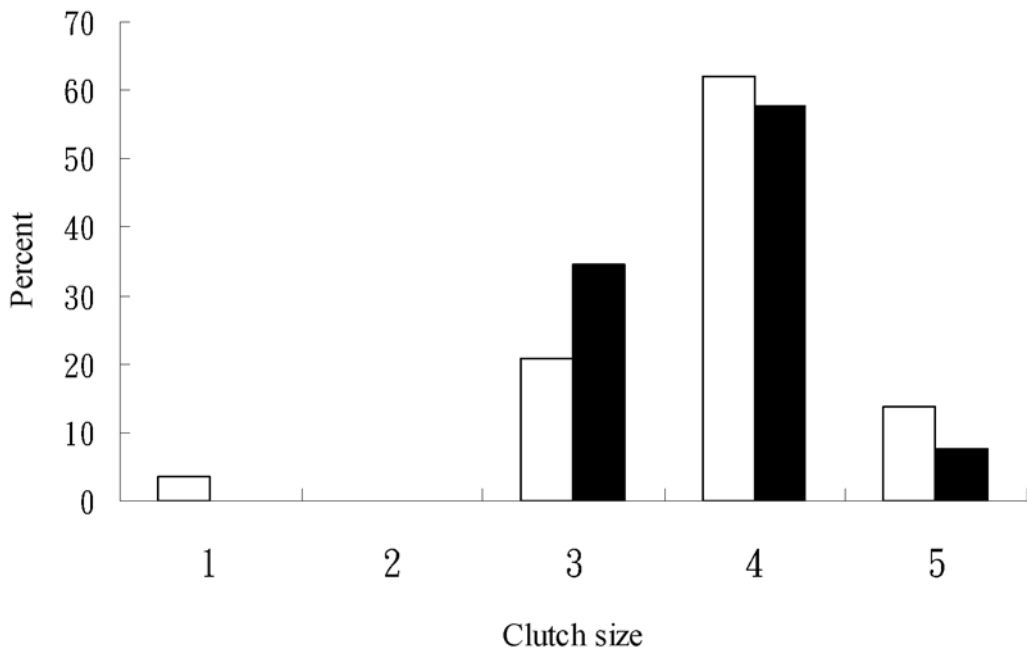


圖 4. 2004 與 2005 年在高雄地區農田中棕扇尾鶯(白色柱狀, n=29)與褐頭鷓鴣(黑色柱狀, n=26)產卵數百分比分布狀況之比較。

Fig. 4. Percentage distributions of clutch sizes of Zitting Cisticola (white columns, n=29) and Tawny-flanked Prinia (black columns, n=26) in the rice paddies in Kaohsiung area, 2004 and 2005.

頭鷓鴣 26 個繁殖巢中有 6 個巢(23.1%)無幼鳥孵出, 在總數 97 個蛋中, 共孵出幼鳥 64 隻, 孵化成功率為 66.0%。棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣兩者繁殖巢的幼鳥孵化成功率並無顯著差異(Mann-Whitney Rank Sum test, $p>0.05$)。

棕扇尾鶯雛鳥破殼第 1 天平均重量 $0.74\pm 0.10\text{g}$ (n=51), 雛鳥的生長速率平均為 $0.45\pm 0.20\text{g}/\text{天}$, 因受到天候與環境的影響, 幼鳥離巢的天數在 12 -15 天之間, 平均為 13.3 ± 0.8 天(n=49)。幼鳥在第 13 天離巢前的平均重量為 $6.1\pm 2.8\text{g}$ (n=18)。在 23 個被觀察到有幼鳥繁殖的巢中, 有 18 個巢(78%)有幼鳥成功離巢。每巢平均離巢幼鳥數為 2.5 ± 1.6 隻(圖 5)。而在 72 隻棕扇尾鶯的雛鳥中, 成功離巢

的幼鳥有 58 隻, 存活率 80.6%。

褐頭鷓鴣雛鳥破殼第 1 天平均重量 $0.72\pm 0.10\text{g}$ (n=50), 雛鳥的生長速率平均為 $0.41\pm 0.11\text{g}/\text{天}$, 剛出生的重量與生長速率與棕扇尾鶯的雛鳥相比較並無顯著的差異(t-test, $p>0.05$)。幼鳥離巢的天數在 12-14 天之間, 平均為 13.0 ± 0.6 天(n=38), 褐頭鷓鴣與棕扇尾鶯的幼鳥離巢時間無明顯的差異(Mann-Whitney Rank Sum test, $p=0.20$)。幼鳥在第 13 天離巢前的平均重量為 $5.7\pm 2.4\text{g}$ (n=7)。在 18 個被觀察到有幼鳥繁殖的巢中, 有 12 個(67%)巢有幼鳥成功離巢。每巢平均離巢幼鳥數為 2.2 ± 1.7 隻(圖 5)。褐頭鷓鴣與棕扇尾鶯每巢的離巢幼鳥數也無顯著的差異(Mann-Whitney Rank Sum

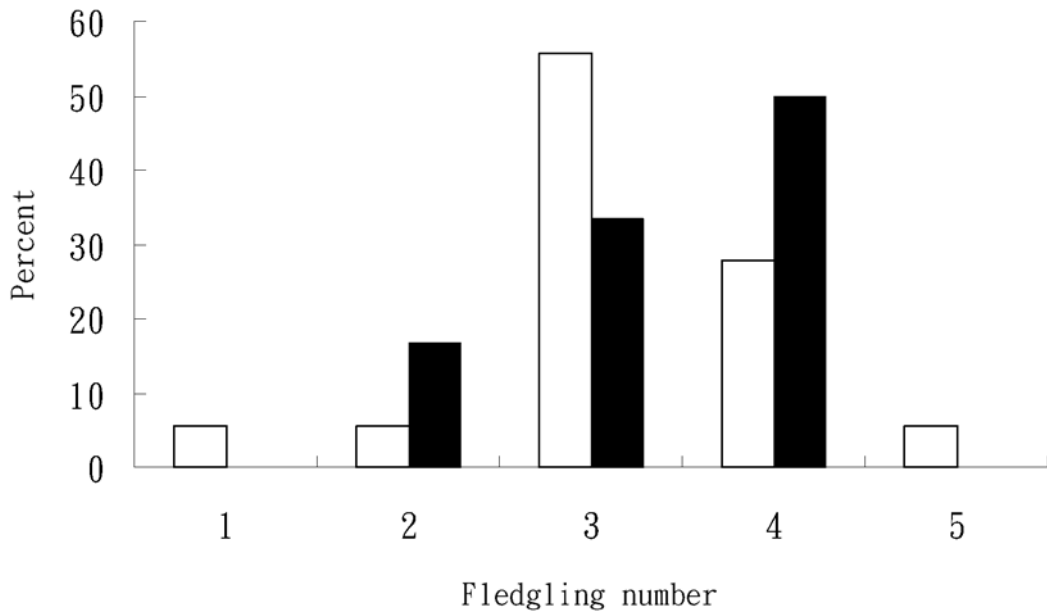


圖 5. 高雄地區棕扇尾鶯(白色柱狀, n=18)與褐頭鷓鴣(黑色柱狀, n=12)每巢成功離巢幼鳥數百分比分布狀況之比較。

Fig. 5. Percentage distributions of fledgling numbers in the nests of Zitting Cisticola (white columns, n=18) and Tawny-flanked Prinia (black columns, n=12) in the Kaohsiung area.

test, $p=0.72$)。在 58 隻褐頭鷓鴣被觀察的雛鳥中, 成功離巢的有 41 隻, 巢中幼鳥的存活率為 70.7%。棕扇尾鶯在 29 個繁殖巢中, 有 18 個巢繁殖成功, 繁殖成功率為 62.1%。褐頭鷓鴣在 26 個巢中有 11 個巢繁殖成功, 繁殖成功率為 42.3%。

討 論

棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣的繁殖受到環境中植被直接的影響, 繁殖期常依當地的植物發育狀況而定。在歐洲南部棕扇尾鶯自 2 月份就已經開始繁殖, 而最晚在 12 月初仍有看到幼鳥的紀錄(Blondel and Isenmann 1981), 而繁殖高峰依各地環境不同而在時間先後上略有差異, 但常集中在 4-6 月(Motai 1973; Chartier 1981;

Blondel and Isenmann 1981)。而在台灣農田中棕扇尾鶯的繁殖, 以本研究區的繁殖高峰較早, 在 3 月即已進入繁殖高峰, 可能與台灣南部地區一期稻作較早有關係, 在 3 月份農田中稻苗的生長高度已適合棕扇尾鶯築巢繁殖。

在繁殖時間序列上, 南部地區的農田在 1 月時整地插秧, 到 2 月份稻苗仍未長高, 此期間不適合棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣繁殖, 3 月時稻苗可以長到 70 cm 以上, 已有利於這兩種鳥類開始繁殖。4 月份稻子收割前是這兩種鳥類繁殖的高峰期, 農民為了避免田間活動影響稻子的結穗與稻穀的脫落, 因而對稻田的人為干擾較少, 這段期間最適合這兩種鳥類進行繁殖。5 月以後稻田陸續收割, 農田中鳥類的繁殖被中斷, 僅有少數的巢位殘留在尚未採收的稻田中。

由於台灣二期稻作的收成量常遠不如一期稻作，很多農地在二期稻作收割後，經常進行休耕以領取政府的補助金。而 6 和 7 月在未休耕的農地上，開始整地插秧的農田中沒有發現任何巢位，只在休耕的稻田中有少量的巢位分佈於重新抽穗的稻苗上。8 月可能又是在農田中另一次繁殖的高峰，但 8 月常是台灣颱風的好發生季節，較大的雨量常使繁殖成功的困難度增高。而 9 月以後又進入二期稻作的收割期，鳥類的繁殖又被迫中斷。10 月以後農田已轉種植較低矮的雜糧作物或水生的菱角，均無法使棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣在此繁殖。

棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣在農田中的繁殖高峰，均較非農田中繁殖的族群 4-8 月為短(Lin 1985; Ueda 1985)，主要的原因可能是受到農民收割水稻，及收割後農田中植被完全改變有關。稻苗收割消失後需要時間重新播種成長，在稻苗尚未長高之前，棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣均無法在農地上築巢繁殖。

褐頭鷓鴣的巢身高度、巢口直徑、巢內最大直徑之平均值顯著的比棕扇尾鶯為大，主要是褐頭鷓鴣在體長、尾羽長度均大於棕扇尾鶯(15>13 cm 與 6.5>5.5 cm)(Lin 1985; Von Blotzheim and Bauer 2001)，較大的空間有利於褐頭鷓鴣親鳥進行巢內的繁殖活動。

巢的離地高度常因地區與植被的不同而有很大的差異，在馬來西亞棕扇尾鶯的巢築於雜草叢中，巢的離地高度介於 30-75 cm 間(Avery 1982)，但在日本棕扇尾鶯的巢築於早生的稻田中，巢的離地高度介於 20-30 cm 間(Kobayashi 1983)，而在本研究中棕扇尾鶯的巢築於水田中的稻苗上，離地平均高度為 49.9 cm，明顯的高於日本地區，而與馬來西亞地區的高度相當。在稻田中褐頭鷓鴣在稻苗上築巢的位置較在野外的五節芒或其他農田上的作物如大黍為低(Lin 1985)，主要是由於稻苗本身的高度就遠較其他作物或野外的築巢植物矮小，且在稻田中僅有稻苗可供選擇，因此巢位遠比其他繁

殖地區的為低。

棕扇尾鶯與褐頭鷓鴣皆以捕食稻叢間的無脊椎動物為主，棕扇尾鶯的巢大量使用蜘蛛絲黏綁稻苗葉片來做巢，因此稻田中可利用的蜘蛛絲的量，可能是牠繁殖築巢時的重要影響因素(Ueda 1984)，且蜘蛛在棕扇尾鶯育雛的食物中，也占很大的比例(Ueda 1982)。但相對褐頭鷓鴣，巢材中蜘蛛絲的含量及雛鳥食物中蜘蛛所占的比例，均不及棕扇尾鶯。因此巢材與育雛食物的不同，可能降低兩種鳥類繁殖上的競爭，而可以在繁殖季節，先後或同時的在同一塊農地上繁殖。

田埂是農民田中活動時最常走動的路線，也是稻田中唯一空曠裸露的區域，在棕扇尾鶯的繁殖中是牠進出巢時常利用的空間。棕扇尾鶯築巢的時間較早，稻苗的高度較低也較稀疏，巢位較容易從田埂上被發現，因此巢口大部分皆朝向離巢址最近的田埂方向，且距離田埂也較近，有利於親鳥的活動與警戒，而褐頭鷓鴣築巢時間較晚，稻苗已經長高且也較密，較不易被天敵發現。在水稻開花結穗後，農民在田間的活動減少，田埂也大部分被植株所覆蓋，來自田埂方向的干擾也因植株的遮蔽，對親鳥的威脅降低，以致褐頭鷓鴣的巢口出現較不一致的方向，距離田埂也較遠。

由於棕扇尾鶯較早繁殖，稻苗的植株高度與巢的離地高度均明顯的較褐頭鷓鴣為低，但兩種鳥類的巢均在植株高度的 2/3 處，可能在這高度巢位可以獲得充分的支撐，水稻葉片也從此舒展開來，有利於親鳥繁殖進出的活動。另在這部位也適度的遠離地面，在潮濕積水的田中，可以保持巢位的乾燥，也可防止田中水位上升時淹到巢位，此外也避免受到地面活動的天敵如鬼鼠(*Bandicota indica*)或南蛇(*Ptyas mucosus*)的攻擊。而在上方 1/3 的植株，足以提供巢位的保護與掩蔽，使巢位不易被發現。

兩種鳥類支撐巢位的植株數目相差不大，均約為 21 棵，由於農民插秧時每叢秧苗約在

6-9 棵之間，因此每個巢位均需架築連結於 3-4 叢秧苗上。但由於稻苗的生長，較晚繁殖的褐頭鷓鴣巢位的植株也相對的長得較粗大。由於稻苗對水的需求量隨著稻苗的長高而減少，且愈接近收割時期，稻田中的積水也常被放乾，因此先繁殖的棕扇尾鷓鴣巢位所在的田中水位，常較晚繁殖的褐頭鷓鴣為高，且田中無積水的比例也較低(38.2% < 71.4%)。

在農田中繁殖的棕扇尾鷓鴣與褐頭鷓鴣蛋的長度及寬度與其他地區繁殖的大小差異不大(Muntaner *et. al.* 1983)，但重量較輕(0.75<1.08g)(Kobayashi 1983)，產卵數較少(3.8<4.7 個與 3.7<4.4 個)(Lin 1985; Chartier 1989)，平均孵化時間較長(16.0>13.0 天與 17.6>12.9 天)(Pringle 1968; Lin 1985; Ueda 1985; Chartier 1989)且幼鳥離巢時的體重也較輕(5.7<8.1g)(Lin 1985)，推測主要的原因可能是稻田中繁殖的環境，植被為單一的稻苗，受到稻田中常使用殺蟲劑的影響，以致食物的種類與數量均較農田外的地區為少，而使親鳥因養份不足而影響到蛋的重量與數量；也因食物的不足影響親鳥對幼鳥餵食的食物量，使離巢的幼鳥體重較輕。由於農民在稻田中的活動，造成經常性的干擾，使得親鳥常被迫離開巢位，以致影響蛋內胚胎的發育，而使得孵化的時間延長。

棕扇尾鷓鴣蛋的孵化成功率 63.1% 也較馬來西亞地區的 80% 為低(Avery 1982)。而棕扇尾鷓鴣平均每巢成功離巢幼鳥數為 2.5 隻，繁殖巢的繁殖成功率為 62.1%，與歐洲南部地區每巢 3.8 隻，繁殖成功率 72-78% 為低(Rambla and Rodriguez-Teijeiro 1988)。推測可能也肇因於本區中農業活動的干擾，影響到棕扇尾鷓鴣繁殖的結果。

在比較褐頭鷓鴣蛋的孵化成功率，台灣南部地區農田中的褐頭鷓鴣較台灣中部農田外繁殖的族群略高(65.9%>55.7%)(Lin 1985)，可能是在農田中繁殖的時間是在 5 月中稻子收割以前，較中部農田外繁殖的時間 4-8 月為早。在

5 月以後台灣已進入主要的降雨季節，連續的降雨常會造成褐頭鷓鴣繁殖的失敗。在產卵後親鳥的棄巢率上，褐頭鷓鴣高於棕扇尾鷓鴣(53.9%>37.9%)，推測可能的原因在於 4 月份以後逐漸進入梅雨季節，在下雨的天候下，食物減少且覓食也較困難，幼鳥淋雨後也易造成失溫死亡，迫使較晚繁殖的褐頭鷓鴣棄巢率較高。這種因環境中持續不斷的大雨，而使繁殖失敗的狀況，在其他地區也有類似的情形產生(Chartier 1989)。

農田中常因稻田的收割，而使鳥類繁殖失敗的機率較農田以外的環境為大，為了適應農田中多變的環境，推測棕扇尾鷓鴣與褐頭鷓鴣的親鳥可能是以產卵數與幼鳥數較少，但繁殖次數較多的方式來因應。親鳥在節省 1 次繁殖上所花費的能量，能使親鳥於適當時機來臨時再度的繁殖。在台灣中部褐頭鷓鴣的研究中顯示，雌鳥在 1 個繁殖季中有 1 個以上的繁殖巢位，有時甚至有能繁殖到 4 個(Lin 1985)。只是目前研究所得的資料尚不足以支持上述的假設，惟確實的情況仍有待進一步的觀察加以證實。

棕扇尾鷓鴣巢的繁殖成功率(62.1%>42.3%)與幼鳥成功離巢率(80.6%>70.7%)均大於褐頭鷓鴣，可能是因為 2005 年 5 月份梅雨季提早來臨，造成較晚繁殖的褐頭鷓鴣棄巢率攀高的原因。在野外棕扇尾鷓鴣與褐頭鷓鴣均可築巢在雜草叢中，繁殖高峰可以不受農業活動的影響由 3 月延伸到 8 月(Lin 1985)。但在本研究的稻田中，5 月上旬是台灣南部地區第一期稻作收割的時候，尚未繁殖成功且來不及離巢的褐頭鷓鴣和部分棕扇尾鷓鴣的繁殖巢位，均因水稻的收割被迫繁殖中斷，這也是造成較晚繁殖的褐頭鷓鴣繁殖失敗的主要原因之一。

由本研究結果顯示，依目前台灣的農業耕作方式，要能使棕扇尾鷓鴣與褐頭鷓鴣順利的在 5 月後的農耕地中繁殖是很困難的，只有在廢耕或休耕的農地上，牠們還有延續族群繁殖的

機會。因此改變國內的農業政策，尤其在獎勵農田休耕的方案上，對野生鳥類在農地中的繁殖有非常正面且直接的助益，或仿照歐洲國家的方法，在農業收入遠不如成本上的付出時，由農田中劃出 10% 以上的面積，提供野生動物及鳥類持續穩定的休養生息空間，是能兼顧農業生產與生態保育的永續經營方式。

謝 誌

本研究承蒙黃炯皓、黃博祥、曹薰憑、劉永照、吳登福與王姿今同學，在野外協助調查工作的進行，深致謝忱。

引用文獻

- Avery, M. L. 1982. Nesting biology, seasonality, and mating system of Malaysian Fantail Warblers. *Condor* 84: 106-109.
- Blondel, J. and P. Isenmann. 1981. *Guide des oiseaux de Camargue*. Delachaux & Niestle, Neuchâtel & Paris.
- Chartier, A. 1981. Nidification automnale de la *Cisticola*. Analyse de sa situation en Normandie. *Cormoran* 4: 177-182.
- Chartier, A. 1989. Biologie de reproduction du *Cisticola* en Normandie. *Cormoran* 6: 207-214.
- Earle, R. A. 1981. Factors governing avian breeding in Acacia Savana, Pietermaritzburg, part 3: Breeding success, recruitment and clutch size. *Ostrich* 52(4): 235-243.
- Hanmer, D. B. 1978. Incubation and nestling period in the tawny-flanked *Prinia*. *Ostrich* 49 (4): 205.
- Kobayashi, K. 1983. Breeding ecology of the fantail Warbler in Hyogo Prefecture. *Journal of Yamashina Institute Ornithology* 15: 72-86.
- Lin, L. S. 1985. Breeding ecology of two wren warblers (*Prinia subflava formosa* and *P. flaviventris sonitans*) in Central Taiwan. Master thesis of Tunghai University, Taichung, Taiwan.
- Motai, T. 1973. Male behavior and polygamy in *Cisticola jundis*. *Journal of Yamashina Institute Ornithology* 7: 87-103.
- Muntaner, J., X. Ferrer and A. Martinez-Vilalta. 1983. *Atlas de ocells nidificants de Catalunya i Andorra*. Ketres Editora S. A., Barcelona.
- Pringle, J. S. 1968. The Common Fantail *Cisticola*. *Bokmakierie* 20: 45-46.
- Rambla, J. and J. D. Rodriguez-Teijeiro. 1988. Parametros reproductivos del buitrón en Cataluña (N. E. España). *Publication of Department Zoology Barcelona* 14: 91-97.
- Severinghaus, S. R., P. H. Chen and C. W. Yen. 1975. Birds of the Tunghai University campus and vicinity, an annotated checklist. *Biology Bulletin* No. 44, Tunghai Univ., Taichung, Taiwan. 15 pp.
- Ueda, K. 1982. Food of the nestling Fan-tailed Warbler investigated by the collar method. *Strix* 1: 30-36.
- Ueda, K. 1984. Successive nest building and polygyny of Fan-tailed Warblers. *Ibis* 126: 221-229.
- Ueda, K. 1985. Juvenile female breeding of the Fan-tailed Warbler: Occurrence of two generations in the year. *Ibis* 127: 111-116.
- Von Blotzheim, U. G. and K. M. Bauer. 2001. *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Band 12-1, pp. 11-45. AULA-Verlage GmbH,

Wiesbaden.

Yeatman, L. 1976. Atlas des oiseaux nicheurs de France de à 1975. Société Ornithologique de France, Paris.

都市棲地之蝶相暨蜜源植物研究一
以台中市景賢生態公園為例

Butterfly Fauna and Nectar Plants at the Chingsien
Ecological Park, Taichung City, Central Taiwan

李大維

Dah-Wei Li

中台科技大學通識教育中心 台中市北屯區廬子巷 11 號

Center of General Education, Central Taiwan University of Science and Technology, Taichung, Taiwan

摘 要

本研究以位居台中市區，於 2003 年營造完成之景賢生態公園為研究區，探討其蝶相及蝴蝶與蜜源植物間之關係。在 2005 年 1-12 月間完成 36 次穿越線調查，共記錄蝴蝶 5 科、31 種、575 隻次；各科之種類數以蛺蝶科(Nymphalidae)之 9 種最多，數量則以粉蝶科(Pieridae)之 232 隻次最多。豐量指數列屬前五名之優勢種依序為沖繩小灰蝶 *Zizeeria maha okinawana* (Matsumura)、荷氏黃蝶 *Eurema hecabe* (Linnaeus)、紋白蝶 *Pieris rapae crucivora* Boisduval、孔雀蛺蝶 *Junonia almana* (Linnaeus)及淡黃蝶 *Catopsilia pomana* (Fabricius)。曾記錄訪花行為之蝴蝶有 5 科 25 種，所利用之蜜源植物含人為栽植及自生者共有 12 科 19 種，其中以菊科(Asteraceae)有 6 種最多。各科蜜源植物以馬鞭草科(Verbenaceae)所能誘引之蝴蝶科數最多；而誘引蝴蝶種類數最多之蜜源植物則為三葉蔓荊 *Vitex trifolia* L.。研究結果得知景賢生態公園之蝶相不若鄰近都市化程度較低地區之蝶相豐富，惟亦顯示在高度開發的都市環境仍具有營造蝶類棲地之潛力。文中並針對研究成果提出對本公園之棲地管理及植栽應用之建議。

Abstract

The butterflies and nectar plants were investigated at the Chingsien Ecological Park constructed in 2003 in downtown, Taichung City. During the study period from January to December 2005, we made 36 transect counts, and observed five families, 31 species, and 575 individuals of butterflies. In terms

of species diversity, Nymphalidae was the most dominant family with nine species collected, whereas in terms of abundance Pieridae was the most dominant family with 232 individuals observed. There were five dominant species with highest index of abundance: *Zizeeria maha okinawana* (Matsumura), *Eurema hecabe* (Linnaeus), *Pieris rapae crucivora* Boisduval, *Junonia almana* (Linnaeus) and *Catopsilia pomana* (Fabricius). The flower visiting behaviors of the butterflies were observed for the five families and 25 species. Also, 12 families and 19 species of nectar plants were observed at the park, for which Asteraceae was most dominant family comprising six species. Flowers of the family Verbenaceae attracted most of the families of butterflies while *Vitex trifolia* L. attracted most of the species. The results of this study showed that the butterfly fauna at the Chingsien Ecological Park was not as rich as those in the neighboring, less urbanized areas. However, there was a strong potential for a park like this to develop a butterfly habitat in a highly developed city. Some management strategy and tactics of butterfly habitat and nectar plants were proposed for the Chingsien Ecological Park.

關鍵詞：蝶相、蜜源植物、台中、都市棲地

Key words: butterfly fauna, nectar plants, Taichung, urban habitats

收件日期：95年5月3日

接受日期：95年7月25日

Received: May 3, 2006

Accepted: July 25, 2006

緒 言

台灣地區擁有豐富的生態環境與生物資源，然而在地狹人稠的情形下，持續的開發造成自然環境的破壞，尤其在平地及低海拔山區因人口成長與都市擴張而造成棲地喪失，不僅對本土生物多樣性造成威脅，亦使人與自然間之關係日漸疏離。然而，在人類活動頻繁的都市內部及周遭仍有可供野生動植物棲息的地方，如公園、校園、河川、湖泊、鐵道、公路、墓地、工業區、遊戲場、荒廢地等，這些都市棲地(urban habitats)若能予以適當保育與營造，將可有助於改善都市地區之生物多樣性(Gilbert 1989；陳 1995；陳 2004)。

近年來隨著國人環境意識提升及生態城市、永續發展等觀念的啓發，都市棲地所能發揮的生態保育、教育功能日益受到重視。政府及民間陸續嘗試採用棲地營造(habitat creation)的方式，在自然環境已遭人為干擾、破壞處重新創造出適合野生動植物棲息的環境。此類依循當地生態特性而營造的棲地不僅有助於提升都市地區之生物多樣性與環境品質，更因其可及性高而成爲都市居民親近自然以及進行生態教育的良好場所(Carr and Lane 1993; 陳 2004)，如台北市士林官邸生態園、高雄市左營洲子濕地公園及南投集集特有生物研究保育中心生態教育園均爲成功之案例(凌及吳 2002；林 2005)。

棲地營造完成後必須經營管理以確保達成

規劃設計之目標，因此應持續進行生物資源與環境因子之調查與監測，瞭解其現況及變化趨勢並建立資料庫。所蒐集之資料經評估後可瞭解棲地營造成效，並做為研擬或修正管理措施之參考(陳 1995；凌及吳 2002)。本研究以位居台中市區，設有「蝴蝶棲息地」並廣植蜜源植物之景賢生態公園為研究區，探討其蝶相及蝴蝶對園區中栽植及自生之蜜源植物的利用情形。研究結果期能瞭解都市棲地之蝶相與蝶類棲地營造之可行性，並建立蝴蝶及相關蜜源植物之資料庫，以提供蝶類棲地營造及植栽應用之參考。

材料與方法



圖 1. 研究區—台中市景賢生態公園(A)及園區中之生態池(B)。

Fig. 1. Chingsien Ecological Park, Taichung City (A, The study site; B, The ecological pond in the park).

台中市位於台灣中部之台中盆地，其東部之山地丘陵為海拔 150-800m 之大坑風景區，以頭嵙山(859m)為最高點，擁有豐富生態資源；中部之盆地地形平坦，都市發展集中而人口稠密；西部為大肚台地，海拔最高約 310m，以農業區及工業區為主(台中市政府 2002)。研究區所在之盆地中央市區由於歷經多年開發，原始植被早已消失，園區周邊除建物、道

一、研究區描述

景賢生態公園(圖 1A)位於 $24^{\circ}10'03''N$ ， $120^{\circ}42'46''E$ ，即台中市北屯區景賢路。本公園係由台中市政府以都市計畫「公 6」預定地，由 1.04 ha 荒廢地營造為台中市第一座生態主題公園，於 2003 年 12 月完工啓用。園區之規劃設計採用高比例原生植物植栽、高比例透水性鋪面以及建材以木材、石材為主而少用混凝土；此外，並設有生態池(圖 1B)、枕木草溝、架高木造平台等可供生物棲息藏匿之設施。「蝴蝶棲息地」位於園區東南側，其內種植若干蝶類蜜源植物及寄主植物，外圍以高約 50 cm 之木製欄杆環繞，為園區內唯一可隔絕人為干擾的區域。

路外，在若干閒置、荒廢地之植被以菊科(Asteraceae)、禾本科(Poaceae)及豆科(Fabaceae)之草本植物及灌木為主，並零星分布演替初期樹種如構樹 *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit ex Vent、血桐 *Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg. 等。園區周邊半徑 2 km 範圍內主要的河川、綠地系統有大里溪、旱溪及大坑山區等，這些地區均可能成為供應景賢生態公園中物種

之來源。

在氣候方面，引述中央氣象局台中氣象站之紀錄資料做為參考，其統計資料如表 1。2005 年之平均溫度為 23.3°C，以 7 月份之平均溫度 28.8°C 最高，1 月份之 16.1°C 最低。年平均相對濕度為 77%，以 2 月份之平均相對濕度

84% 最高，12 月份之 72% 最低。年降雨量為 2,574.5 mm，但季節變化頗大，主要降雨期為 5-8 月間，多為梅雨及颱風所帶來之降雨，其中以 5 月之降雨量 620.1 mm 最高。秋冬季本地受中央山脈阻隔而位於東北季風之背風面，因而雨量稀少。

表 1. 中央氣象局台中氣象站 2005 年部分氣象統計資料

Table 1. Weather statistics (monthly means) collected at the Taichung Observatory of Taiwan Central Weather Bureau in 2005

| Items | Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Mean or total |
|-----------------------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---------------|
| Temperature (°C) | 16.1 | 16.9 | 17.5 | 23.8 | 26.9 | 27.5 | 28.8 | 27.9 | 28.2 | 25.7 | 23.3 | 16.8 | 23.3 |
| Precipitation (mm) | 17.6 | 155.2 | 228.3 | 46.7 | 620.1 | 566.1 | 378.1 | 351.1 | 161.3 | 28.8 | 5.9 | 15.3 | 2574.5 |
| Relative humidity (%) | 77 | 84 | 76 | 76 | 79 | 80 | 76 | 82 | 77 | 73 | 73 | 72 | 77 |

二、蝶相及蜜源植物調查

自 2005 年 1-12 月間，每月上、中、下旬各 1 次於晴天上午 9-11 時間沿景賢生態公園內之步道以穿越線調查法記錄所見蝴蝶之種類、數量及蝴蝶對園區內人為栽植及自生之蜜源植物的利用情形。不易以目測辨識之蝶種以捕蟲網捕捉後鑑定。蝶種之鑑定及分類系統參考李及王(2002)、徐(2002)、趙及方(2002)等；植物之分類系統及學名主要參考楊及劉(2002)；Chen and Wu (2003)等。

三、資料分析

蝶類豐量指數(index of abundance)之計算方法：

以當月份調查數據平均值(平均每次穿越線調查紀錄隻次)做為該蝶種當月之豐量指數，將各月份之豐量指數相加即為總豐量指數。

依各蝶種當月份豐量指數而將蝴蝶發生之

豐盛程度分為 3 級：

A (Abundant)：當月份平均每次穿越線調查紀錄多於 5 隻次。

C (Common)：當月份平均每次穿越線調查紀錄介於 1 至 5 隻次。

U (Uncommon)：當月份平均每次穿越線調查紀錄少於 1 隻次。

結果與討論

一、景賢生態公園之蝶相組成

在 2005 年 1-12 月的研究期間完成 36 次有效穿越線調查，共記錄 5 科、31 種、575 隻次蝴蝶，包括鳳蝶科(Papilionidae) 6 種 30 隻次、粉蝶科(Pieridae) 6 種 232 隻次、蛺蝶科(Nymphalidae) 9 種 108 隻次、小灰蝶科(Lycaenidae) 5 種 173 隻次及弄蝶科(Hesperiidae) 5 種 32 隻次，如表 2。

表 2. 景賢生態公園各科蝴蝶之種類數及隻次(2005 年)

Table 2. Numbers of species and individuals of butterflies counted by families at the Chinghsien Ecological Park in 2005

| Families | Species | | Individuals | |
|--------------|---------|--------|-------------|--------|
| | Number | % | Number | % |
| Papilionidae | 6 | 19.35 | 30 | 5.22 |
| Pieridae | 6 | 19.35 | 232 | 40.35 |
| Nymphalidae | 9 | 29.03 | 108 | 18.78 |
| Lycaenidae | 5 | 16.13 | 173 | 30.09 |
| Hesperiidae | 5 | 16.13 | 32 | 5.57 |
| Total | 31 | 100.00 | 575 | 100.00 |

景賢生態公園蝴蝶名錄如表 3，其中所列之豐量指數為各月份平均每次穿越線調查紀錄隻次之總和。各蝶種之豐量指數列屬前 5 名者依序為沖繩小灰蝶 *Zizeeria maha okinawana* (Matsumura)、荷氏黃蝶 *Eurema hecabe* (Linnaeus)、紋白蝶 *Pieris rapae crucivora* Boisduval、孔雀蛺蝶 *Junonia almana* (Linnaeus) 及淡黃蝶 *Catopsilia pomana* (Fabricius)。上列優勢蝶種之豐盛原因研判均與該蝶種之寄主植物在園區或周邊地區之分布有關，如沖繩小灰蝶之寄主植物為園區中常見的酢漿草 *Oxalis corniculata* L.；荷氏黃蝶寄主植物之一的田菁 *Sesbania cannabiana* (Retz.) Poir 在園區及周邊荒廢地普遍分布。紋白蝶之寄主植物有十字花科(Brassicaceae)多種蔬菜以及園區中自生之平伏莖白花菜 *Cleome ruidosperma* DC. 等草本植物。孔雀蛺蝶利用栽植於生態池之大安水蓼衣 *Hypophila pegonocalyx* Hayata 繁殖。淡黃蝶之寄主植物中，在園區周邊可見者有鐵刀木 *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby、黃槐 *S. sulferea* (Collad.) Irwin & Barneby、阿勃勒 *S. fistula* L. 等觀賞花木，其中尤以阿勃勒在附近的道路、校園栽植最為普遍。此外，由於這 5 種優勢種中粉蝶科即占 3 種，因而在表 2 中所列粉蝶科之種類數雖僅占蝴蝶種類總數之 19.4%，但其

數量卻占總隻次之 40.4%，高於其他各科。

景賢生態公園之蝶相組成顯示所發現之蝴蝶多屬喜好活動於日照充足環境的蝶種(李及王 2002)。此現象應與棲地類型有關，由於園區屬新建棲地，樹木尚未成長且有面積草地，呈現開闊而明亮的環境，因而現階段出現在園區之蝶類以陽性蝶種為主。反之，傾向棲息於林地等較陰暗環境的蝶類，如鄰近大坑山區普遍分布的蛇目蝶亞科(Satyrinae，蛺蝶科)在本次調查即未發現。

本公園在規劃階段並未進行生物資源調查，因而無從得知棲地營造前後之蝶相變化。若將本研究的調查結果與台中市轄區內其他地區之蝶相比較，楊等(2002)在盆地西側大肚山的台中都會公園曾有 63 種蝴蝶之紀錄；李(2005, 2006)則在盆地東側之大坑一頭崙山區的中台科技大學及大坑蝴蝶生態教育區分別記錄了 42 種及 106 種蝴蝶(表 4)。相較之下，景賢生態公園所發現之蝶種均涵蓋於上列調查之範圍內，且無特有種或稀有種存在；而園區之蝶相亦不若大坑等位居山地丘陵地帶，都市化程度較低地區之蝶相豐富，由此可瞭解都市發展對蝴蝶生存之威脅以及維護自然棲地對蝴蝶生態保育之重要性。

表 3. 景賢生態公園蝴蝶名錄(2005 年)

Table 3. A list of butterflies recorded at the Chingsien Ecological Park in 2005

| Chinese names | Scientific names | Month | | | | | | | | | | | | Indices of abundance | |
|---------------|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|------|
| | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | | |
| 鳳蝶科 | Papilionidae | | | | | | | | | | | | | | |
| 綠斑鳳蝶 | <i>Graphium agamemnon</i> (Linnaeus) | | | | | | U | | | | | | | 0.3 | |
| 青斑鳳蝶 | <i>Graphium doson postianus</i> (Fruhstorfer) | | | | | | U | | U | | | | | 0.7 | |
| 青帶鳳蝶 | <i>Graphium sarpedon connectens</i> (Fruhstorfer) | | | | | | U | U | C | U | | | | 2.7 | |
| 玉帶鳳蝶 | <i>Papilio polytes pasikrates</i> Fruhstorfer | | | | | | U | | | | | | | 0.3 | |
| 黑鳳蝶 | <i>Papilio protenor</i> Cramer | | | | | | | | | U | | | | 0.3 | |
| 無尾鳳蝶 | <i>Papilio demoleus libanius</i> Fruhstorfer | | | | | | C | U | U | C | C | C | U | 5.7 | |
| 粉蝶科 | Pieridae | | | | | | | | | | | | | | |
| 台灣粉蝶 | <i>Appias lyncida formosana</i> (Wallace) | | | | | | | | U | | | | | 0.3 | |
| 淡黃蝶 | <i>Catopsilia pomona</i> (Fabricius) | | U | U | U | C | C | C | C | C | C | U | U | 13.3 | |
| 水青粉蝶 | <i>Catopsilia pyranthe</i> (Linnaeus) | | | | | | U | U | U | | | | | 1.3 | |
| 荷氏黃蝶 | <i>Eurema hecabe</i> (Linnaeus) | | | | | | U | C | C | C | C | A | A | C | 27.3 |
| 台灣紋白蝶 | <i>Pieris canidia</i> (Sparrman) | C | C | C | C | C | | | | | | U | C | 8.7 | |
| 紋白蝶 | <i>Pieris rapae crucivora</i> Boisduval | C | C | C | A | C | C | | | | | C | C | 26.3 | |
| 蛺蝶科 | Nymphalidae | | | | | | | | | | | | | | |
| 樺斑蝶 | <i>Danaus chrysippus</i> (Linnaeus) | | | | | | | | | U | | | | 0.3 | |
| 斯氏紫斑蝶 | <i>Euploea sylvester swinhoi</i> Wallace & Moore | | | | | U | | | | | | | | 0.3 | |
| 小紫斑蝶 | <i>Euploea tulliolus koxinga</i> Fruhstorfer | | | | | | | | | | U | U | | 1.0 | |
| 琉球紫蛺蝶 | <i>Hypolimnas bolina kezia</i> (Butler) | | | | | | | U | U | C | U | | | 4.0 | |
| 孔雀蛺蝶 | <i>Junonia almana</i> (Linnaeus) | | | | | | U | U | C | C | C | C | C | U | 16.3 |
| 琉球三線蝶 | <i>Neptis hylas luculenta</i> Fruhstorfer | | | | | | | U | U | | | | | 0.7 | |
| 紅擬豹斑蝶 | <i>Phalanta phalantha</i> (Drury) | | | | | | | | U | U | | A | C | C | 12.0 |
| 黃蛺蝶 | <i>Polygonia c-aureum lunulata</i> Esaki & Nakahara | | | | | | | U | U | U | | | | 1.0 | |
| 紅蛺蝶 | <i>Vanessa indica</i> (Herbst) | | | | | | | | | | | | U | 0.3 | |
| 小灰蝶科 | Lycaenidae | | | | | | | | | | | | | | |
| 白波紋小灰蝶 | <i>Jamides alecto dromicus</i> Fruhstorfer | | | | | | | | U | U | C | U | U | 3.0 | |
| 琉璃波紋小灰蝶 | <i>Jamides bochus formosanus</i> Fruhstorfer | | | | | | | U | | | | | C | 2.0 | |
| 波紋小灰蝶 | <i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus) | | | | | | U | U | U | | | | C | 3.0 | |
| 角紋小灰蝶 | <i>Syntarucus plinius</i> (Fabricius) | | | | | | | | | | | | U | 0.3 | |
| 沖繩小灰蝶 | <i>Zizeeria maha okinawana</i> (Matsumura) | C | C | A | A | C | C | C | C | C | A | A | C | 49.3 | |
| 弄蝶科 | Hesperiidae | | | | | | | | | | | | | | |
| 台灣單帶弄蝶 | <i>Borbo cinnara</i> (Wallace) | | | | | | | | C | | | U | | 1.7 | |
| 姬單帶弄蝶 | <i>Parnara bada</i> (Moore) | | | | | | | | C | | U | | | 1.7 | |
| 尖翅褐弄蝶 | <i>Pelopidas agna</i> (Moore) | | | | | | | U | C | C | | U | C | 4.3 | |
| 台灣黃斑弄蝶 | <i>Potanthus confucius angustatus</i> (Matsumura) | | | | | | | U | U | U | | U | | 2.3 | |
| 黑星弄蝶 | <i>Suastus gremius</i> (Fabricius) | | | | | | | | | | | U | | 0.7 | |

A: Abundant (Monthly mean per transect > 5 individuals).

C: Common (Monthly mean per transect between 1 and 5).

U: Uncommon (Monthly mean per transect < 1 individual).

表 4. 景賢生態公園之蝶相與台中市其他調查區之蝶相比較

Table 4. Comparison of the butterfly fauna of Chingsien Ecological Park and other survey areas in Taichung City

| Survey sites | Locations | Elevations (m) | Butterfly fauna (families/species) | References |
|---------------------------------|-----------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|
| Chingsien Ecological Park | Downtown | 100 | 5/31 | This study |
| University* | Dakeng hillside | 160-190 | 5/42 | Li (2005) |
| Taichung Metropolitan Park | Dadushan | 300 | 5/63 | Yang <i>et al.</i> (2002) |
| Dakeng Butterfly Education Area | Toukoshan | 460 | 5/106 | Li (2006) |

* Central Taiwan University of Science and Technology.

二、蝶相之季節變化

景賢生態公園 2005 年各月份蝴蝶種類及數量變化如圖 2，其中以 7、8、6 月份記錄到的種類數最多，分為 16、15、14 種；而以 1 月份的 3 種最少，次少者為 2 月份的 4 種。每次穿越線調查紀錄之蝴蝶隻次在 7 月份及 10 月份各有一高峯，而以 1 月份之紀錄隻次最少。

若以表 1 的氣象資料與蝶相之季節變化比較可發現，各月份蝴蝶發生種類數與氣象因素中各月份之平均溫度變化大致呈正相關性。在低溫期的冬季 1、2 月所記錄的蝴蝶種類數最少，春季隨平均溫度上升蝴蝶種類數亦漸增，而在夏季的 7 月前後達到高峯；秋季 9 月以後，隨著平均溫度遞降，蝴蝶之種類數亦逐漸減少。

各月份蝴蝶發生數量除了夏季 7 月的高峰期外，在秋季 10 月之發生數量出現另一次高峯期，而形成此現象之原因為數種蝴蝶在秋季發生數量大增所致。由表 3 可看出，在 10 月份包括沖繩小灰蝶、荷氏黃蝶及紅擬豹斑蝶 *Phalanta phalantha* (Drury) 之豐盛程度均達到最高之 A (Abundant) 級；其中沖繩小灰蝶、荷氏黃蝶在 11 月份之豐盛程度仍達 A 級。因此，10、11 月份所發生之蝴蝶種類數雖略少於夏季，但由於以上蝶種之豐盛而使園區中蝴蝶發生數量在秋季達到另一次高峯。

在個別蝶種之發生月份方面，園區全年可見的蝴蝶僅有沖繩小灰蝶 1 種；發生月份介於 6-11 個月之間者有無尾鳳蝶 *Papilio demoleus libanius* Fruhstorfer、淡黃蝶、荷氏黃蝶、紋白蝶、台灣紋白蝶 *Pieris canidia* (Sparrman) 及孔雀蛺蝶等 6 種。發生月份介於 3-5 個月之間者有青帶鳳蝶 *Graphium sarpedon connectens* (Fruhstorfer) 等 9 種；而綠斑鳳蝶 *Graphium agamemnon* (Linnaeus) 等 15 種蝴蝶在園區中之發生月份則不及 3 個月。

就賞蝶活動及生態教育而言，調查結果顯示景賢生態公園以夏、秋季蝶況較佳，而在嚴冬及早春之蝶況則不理想。此外，若干在園區中繁殖之蝶種可做為觀察蝶類生活史之素材，其中發生期較長者如荷氏黃蝶、孔雀蛺蝶、沖繩小灰蝶等。此外，紅擬豹斑蝶利用生態池旁之水柳 *Salix warburgii* O. Seem. 繁殖，於秋季大量發生，此時除可觀察成蟲之覓食、求偶、交尾、產卵等各種生態行為，其幼生期亦易在寄主植物間發現，是良好的教育題材。

三、蜜源植物調查

研究期間曾記錄到蝴蝶所造訪之蜜源植物含人為栽植及自生者共有 12 科 19 種，如表 5，其中以菊科有 6 種最多，其次為馬鞭草科 (Verbenaceae) 有 3 種。蜜源植物全年開花者有

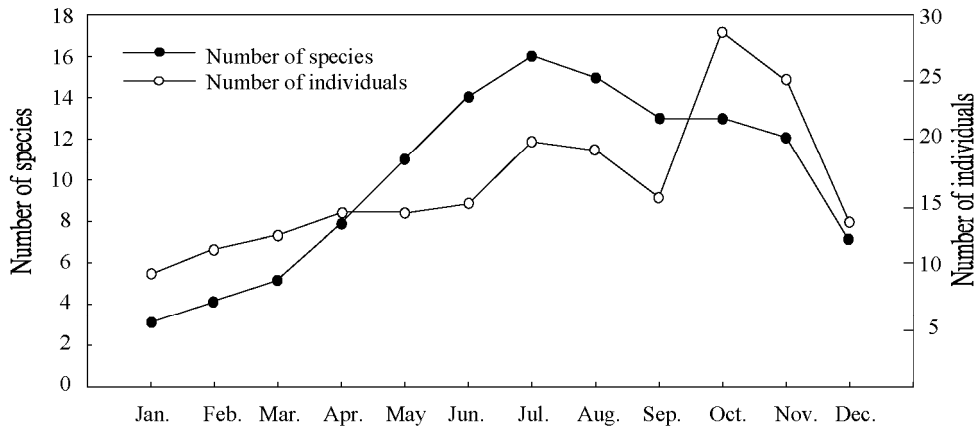


圖 2. 景賢生態公園 2005 年各月份蝴蝶種類及數量變化情形。

Fig. 2. The monthly variation in numbers of species and individuals of butterflies counted at the Chinghsien Ecological Park in 2005.

大花咸豐草 *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. Bip. 等 6 種，皆屬自生之菊科草本植物。開花期介於 6-11 個月之間者有蘿芙木 *Rauwolfia verticillata* (Lour.) Baill. 等 10 種。開花期較短而不及 3 個月者則有大安水蓑衣等 3 種，其中大安水蓑衣之開花期在秋、冬季；棟樹 *Melia azedarach* L. 之開花期在春季；而台灣欒樹 *Koeleruteria henryi* Dummer 則在秋季開花。研究期間之實地觀察發現，園區中人為栽植蜜源植物之開花期多集中於春至秋季，在 9 月以後蜜源植物之開花情形即趨於零星，以致難以吸引飛經園區的蝴蝶停留，未來可將此列為植栽改善的方向之一，選植花期可延伸至低溫期之蜜源植物，以提供蝴蝶生活資源及增加賞蝶機會。

蝴蝶對蜜源植物的利用情形如表 6，曾記錄到訪花吸蜜行為的蝴蝶有 5 科 25 種，占出現在園區蝴蝶種類總數的 80.6%。各蝶種中以荷氏黃蝶利用 8 種蜜源植物最多，其次為沖繩小灰蝶利用 6 種蜜源植物，再其次為青帶鳳蝶、淡黃蝶、紋白蝶及台灣黃斑弄蝶 *Potanthus*

confucius angustatus (Matsumura) 各利用 5 種蜜源植物。結果顯示蝴蝶所利用蜜源植物之多寡與蝴蝶之發生數量並非絕對相關，如孔雀蛺蝶與紅擬豹斑蝶在園區之發生數量頗為豐富，但彼等在研究期間均僅記錄到利用 3 種蜜源植物，未來可探討其覓食習性並適當提供蜜源植物以增加其生存機會。

就蜜源植物所能誘引的蝴蝶種類數而言，以三葉蔓荊 *Vitex trifolia* L. 可誘引 11 種蝴蝶最多，其次為大花咸豐草及長穗木 *Stachytarpheta urticaefolia* (Salisb.) Sims 分別可誘引 10 種及 9 種蝴蝶。其他可誘引 5 種以上蝴蝶之蜜源植物尚有台灣海桐 *Pittosporum pentandrum* (Blanco) Merr. 及火筒樹 *Leea guineensis* G. Don。以上數種除大花咸豐草外均屬人為栽植之蜜源植物，顯示本公園之經營管理所刻意選植之蜜源植物確能成為吸引蝴蝶來訪之重要誘因。

各科蝴蝶對各科蜜源植物之利用情形如表 7，其中以粉蝶科及蛺蝶科各利用 8 科蜜源植物最多，可能與此二科蝶類在園區中發生之種

表 5. 景賢生態公園蜜源植物名錄(2005 年)

Table 5. A list of nectar plants observed at the Chinghsien Ecological Park in 2005

| Chinese names | Scientific names | Blooming stages* | Habit | Notes # |
|---------------|--|------------------|-------|---------|
| 爵床科 | Acanthaceae | | | |
| 大安水蓑衣 | <i>Hygrophila pegonocalyx</i> Hayata | 1-2, 10-12 | Herb | E |
| 夾竹桃科 | Apocynaceae | | | |
| 羅芙木 | <i>Rauvolfia verticillata</i> (Lour.) Baill. | 5-10 | Shrub | N |
| 菊科 | Asteraceae | | | |
| 大花咸豐草 | <i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>radiata</i> Sch. Bip. | 1-12 | Herb | A |
| 鱧腸 | <i>Eclipta prostrata</i> L. | 1-12 | Herb | N |
| 紫背草 | <i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. var. <i>javanica</i> (Burm. f.) Mattfeld | 1-12 | Herb | N |
| 長柄菊 | <i>Tridax procumbens</i> L. | 1-12 | Herb | A |
| 一枝香 | <i>Vernonia cinerea</i> (L.) Less. var. <i>cinerea</i> | 1-12 | Herb | N |
| 黃鸝菜 | <i>Youngia japonica</i> (L.) DC. subsp. <i>japonica</i> | 1-12 | Herb | N |
| 火筒樹科 | Leeaceae | | | |
| 火筒樹 | <i>Leea guineensis</i> G. Don | 5-10 | Tree | N |
| 楝樹科 | Meliaceae | | | |
| 楝樹 | <i>Melia azedarach</i> L. | 3-4 | Tree | N |
| 柳葉菜科 | Onagraceae | | | |
| 水丁香 | <i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) Raven | 3-12 | Herb | N |
| 酢漿草科 | Oxalidaceae | | | |
| 酢漿草 | <i>Oxalis corniculata</i> L. | 3-12 | Herb | N |
| 海桐科 | Pittosporaceae | | | |
| 台灣海桐 | <i>Pittosporum pentandrum</i> (Blanco) Merr. | 5-12 | Tree | N |
| 無患子科 | Sapindaceae | | | |
| 台灣欒樹 | <i>Koelreuteria henryi</i> Dummer | 8-10 | Tree | E |
| 玄參科 | Scrophulariaceae | | | |
| 藍豬耳 | <i>Lindernia crustacea</i> (L.) F. Muell. | 7-12 | Herb | N |
| 馬鞭草科 | Verbenaceae | | | |
| 龍船花 | <i>Clerodendrum kaempferi</i> (Jacq.) Sieb. ex Steud | 3-12 | Shrub | N |
| 長穗木 | <i>Stachytarpheta urticaefolia</i> (Salisb.) Sims | 3-12 | Shrub | A |
| 三葉蔓荊 | <i>Vitex trifolia</i> L. | 5-10 | Shrub | N |
| 葡萄科 | Vitaceae | | | |
| 漢氏山葡萄 | <i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Maxim.) Traut var. <i>hancei</i> (Planch.) Rehder | 4-10 | Vine | N |

* Numbers 1-12 denote to January to December.

N, Native; A, Naturalized ; E, Endemic.

表 6. 景賢生態公園中蝴蝶利用蜜源植物情形(2005 年)

Table 6. Nectar plants visited by butterflies (solid circles) at the Chinghsien Ecological Park in 2005

| Butterflies | Nectar plants | | | | | | | | | | | | | No. of butterfly species | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|---|----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---|
| | <i>Hygrophila peganolalix</i> | <i>Rauwolfia verticillata</i> | <i>Bidens pilosa</i> var. <i>radiata</i> | <i>Eclipta prostrata</i> | <i>Emilia sonchifolia</i> var. <i>javanica</i> | <i>Tridax procumbens</i> | <i>Vernonia cinerea</i> var. <i>cinerea</i> | <i>Youngia japonica japonica</i> | <i>Leea guineensis</i> | <i>Melia azedarach</i> | <i>Ludwigia octovalvis</i> | <i>Oxalis corniculata</i> | <i>Pitiosporum pentandrum</i> | | <i>Koeleruteria henryi</i> | <i>Lindernia crustacea</i> | <i>Clerodendrum kaempferi</i> | <i>Stachytarpheta urticaefolia</i> | <i>Vitex trifolia</i> | <i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>hancei</i> |
| <i>Graphium doson postianus</i> | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | 1 |
| <i>Graphium sarpedon connectens</i> | | | | | | | | ● | | | | | ● | ● | | | | ● | ● | 5 |
| <i>Papilio protenor</i> | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | 1 |
| <i>Papilio demoleus libanius</i> | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | ● | | 2 |
| <i>Catopsilia pomana</i> | | | ● | | | | | ● | | | | | ● | ● | | | | ● | | 5 |
| <i>Catopsilia pyranthe</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | | | ● | | 2 | |
| <i>Eurema hecabe</i> | ● | | ● | | | ● | | ● | | | | | | ● | ● | ● | ● | ● | 8 | |
| <i>Pieris canidia</i> | | | ● | | | | | ● | | | | | | | | | | | 2 | |
| <i>Pieris rapae crucivora</i> | ● | | ● | | ● | ● | | | | | | | | | | | ● | | 5 | |
| <i>Euploea sylvester swinhoei</i> | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Euploea tulliolus koxinga</i> | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | 1 | |
| <i>Hypolimnas bolina kezia</i> | | | | | | | | ● | | | | | ● | | ● | | | | 3 | |
| <i>Junonia almana</i> | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | ● | | 3 | |
| <i>Phalanta phalantha</i> | | | ● | | | | | | | | | | | ● | | | | ● | 3 | |
| <i>Polygonia c-aureum lunulata</i> | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | 1 | |
| <i>Jamides alecto dromicus</i> | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | ● | 2 | |
| <i>Jamides bochus formosanus</i> | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | ● | 2 | |
| <i>Lampides boeticus</i> | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | ● | 2 | |
| <i>Syntarucus plinius</i> | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | |
| <i>Zizeeria maha okinawana</i> | | | | | ● | ● | ● | ● | | | | ● | | | | | | ● | 6 | |
| <i>Borbo cinnara</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | | | ● | | 2 | |
| <i>Parnara bada</i> | | ● | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | 3 | |
| <i>Polopidas agna</i> | ● | | | | | | | | | | | | ● | | | ● | ● | | 4 | |
| <i>Potanthus confucius angustatus</i> | | | ● | | | | | | | ● | | | ● | | | ● | ● | | 5 | |
| <i>Suastus gremius</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | 1 | |
| No. of butterfly species | 3 | 3 | 10 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 6 | 1 | 1 | 1 | 7 | 4 | 2 | 2 | 9 | 11 | 2 | |

表 7. 景賢生態公園中各科蝴蝶對各科蜜源植物之利用情形(2005 年)

Table 7. Families of nectar plants visited by families of butterflies (solid circles) at the Chinghsien Ecological Park, 2005

| | Acanthaceae | Apocynaceae | Asteraceae | Leeaceae | Meliaceae | Onagraceae | Oxalidaceae | Pittosporaceae | Sapindaceae | Scrophulariaceae | Verbenaceae | Viaceae | No. of nectar plant families |
|---------------------------|-------------|-------------|------------|----------|-----------|------------|-------------|----------------|-------------|------------------|-------------|---------|------------------------------|
| Papilionidae | | | | ● | | | | ● | ● | | ● | ● | 5 |
| Pieridae | ● | ● | ● | ● | | | | ● | ● | ● | ● | | 8 |
| Nymphalidae | | | ● | ● | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● | 8 |
| Lycaenidae | | | ● | ● | | | ● | | | | ● | | 4 |
| Hesperiidae | ● | ● | ● | | | ● | | ● | | | ● | | 6 |
| No. of butterfly families | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 5 | 2 | |

類與數量較多有關。就各科蜜源植物所能誘引的蝴蝶科數而言，則以馬鞭草科可誘引 5 科蝴蝶最多；其次為菊科、火筒樹科(Leeaceae)及海桐科(Pittosporaceae)各能誘引 4 科蝴蝶。在以上能廣泛誘引蝶類造訪的數科蜜源植物中，菊科皆為自生於園區之草本植物，僅需予以適當管理；而馬鞭草科、海桐科及火筒樹科則為灌木或喬木，在高度開發的都市環境中進行蝶類棲地營造時，通常需經由人為選植方式引入。

結 論

棲地的破壞是蝴蝶所面臨的最大生存威脅(Fetwell 1986；陳 2003)，而除了保護自然棲地以外，將人為干擾過的環境加以適當經營管理提供蝶類棲息亦為積極的保育策略(The Xerces Society 1990；陳及朱 1994)。本研究之研究區—景賢生態公園位居台中市區，於 2003 年底

營造完成；在 2005 年間之調查共發現 30 餘種蝴蝶，其蝶相雖不若鄰近都市化程度較低地區之蝶相豐富，惟亦顯示在高度開發之都市環境仍具有營造蝶類棲地之潛力，而都市棲地之蝶相組成及其變化亦可做為反映當地生態環境狀況之指標之一。

就本公園之棲地經營管理而言，由於園區占地有限，無法營造大面積樹林，但可在園區北側喬木密植區及有圍欄環繞的「蝴蝶棲息地」以複層植栽營造小規模樹林，使園區至少能維持樹林、低草地及水池等 3 種類型之棲地以滿足不同蝶種之需求。此外，由於園區目前仍屬新建棲地，所發現之蝴蝶以喜好活動於日照充足場所之蝶種為主。未來隨著樹木逐漸成長及植被演替，應持續調查並監測蝶相之變化以做為修正管理措施之參考。

在都會區進行蝴蝶棲地營造時，提供適當而充足的蜜源植物為必要之條件(Stokes *et al.*

1991；陳等 2002)；本研究的調查結果亦顯示園區中栽植之蜜源植物確為吸引蝴蝶來訪之重要誘因。惟本公園既定位為生態主題公園，即應以展現並維護本地生物多樣性與生態特色為宗旨，其蜜源植物之選植應以本地原生種為主，避免使用非本地生態系統或外來種植栽。以誘蝶效果不錯的台灣海桐及火筒樹為例，此二種雖屬原生種，但在台灣均主要分布於南部地區(彭等 1995；劉等 2001)。此外，「蝴蝶棲息地」中大量栽植之朱槿 *Hibiscus rosa-sinensis* L. 則屬外來種觀賞花木，亦不適用於本「生態」公園中。有鑒於此，日後園區之植栽規劃宜依「原生種」、「適地性」之原則，選植分布於台中盆地平地或周邊低海拔山區之蜜源植物。參酌文獻及鄰近大坑蝴蝶生態教育區之植栽(彭等 1995；陳等 2002；李 2006)，以下數種蜜源植物應適合本公園及中部都會區之栽植應用：大青 *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.、賊仔樹 *Tetradium glabrifolium* (Champ. ex Benth.) T. Hartley、月橘 *Murraya paniculata* (L.) Jack.、黃荊 *Vitex negundo* L.、羅氏鹽膚木 *Rhus semialata* Murr. var. *roxburghiana* DC.、冇骨消 *Sambucus chinensis* Lindl.及虎葛 *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep等。多樣化的蜜源植物不僅可供應廣泛的蜜源、分散開花期，更可提供本地民眾認識鄉土植物的機會。

調查結果亦顯示若干自生於園區之草本植物為蝶類之蜜源或寄主植物，惟目前園區之管理工作平均每個月進行一次全面除草，如此頻繁的除草、修剪工作已干擾了地被植物之生態功能。有關於野生植物可提供蝶類生活資源以及不當除草、修剪之負面影響，歷來已多有論述(Minno and Calhoun 2000；楊等 2002；林 2003)，而營造為生物棲地的都市公園綠地之植栽管理則應視其分區機能而定，在主要供人類使用的區域可採較精緻的管理以維持其整齊、美觀及安全；而營造為生物棲地的區域則可採較粗放管理，以維護野生動植物之棲息環

境為優先考量。以景賢生態公園為例，在入口區、涼亭及步道周邊可維持目前之除草頻度；然而在可供蝶類(及其他生物)棲息之水池、草地、樹叢則宜將除草工作之間隔延長或採分區實施，使未除草區域仍可提供生物棲息。

都市生態系統的重建是都市邁向永續發展的重要課題之一。台中市之東部為頭嵙山系之山地丘陵，西部為大肚台地；在市區中則有縱橫交錯的 13 條綠園道及 8 條河川水系，具備構成廊道(corridor)系統之條件(台中市政府 2002)。未來可繼續選擇適當地點營造生態公園等可供野生動植物生存之棲地，並強化河川、綠園道之生態廊道功能，將之由點、線、面逐步串聯成都市生態網絡(urban ecological network)。此網絡可連接盆地東西二側的生態敏感地區，使物種得以棲息、遷徙、繁衍乃至基因交流，如此將有助於維繫本區生態系統之多樣性與穩定性，創造人與自然和諧共存的永續都市環境。

引用文獻

- 台中市政府。2002。台中市城鄉風貌整體改造計畫。
- 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。
- 李俊延、王效岳。2002。台灣蝴蝶圖鑑。貓頭鷹出版社。
- 林信輝。2003。自然生態工法之應用植物。行政院農業委員會。
- 凌德麟、吳宗憲。2002。台灣低海拔地區生態教育園棲地規劃設計之研究。科學農業 50 (5, 6): 259-272。
- 林憲德。2005。城鄉生態。詹氏書局。
- 徐培峰。2002。台灣蝶圖鑑第二卷。國立鳳凰

- 谷鳥園。
- 陳建志、朱耀沂。1994。蝶類群聚之研究與棲地經營管理。動物園學報 6: 17-25。
- 陳建志。1995。生物園中蝶類棲地之經營管理。第三屆動物園經營管理研討會專輯。台北市立動物園。
- 陳建志、吳怡欣、朱耀沂。2002。蝴蝶公園中蝴蝶與蜜源植物之關係探討。動物園學報 14: 21-37。
- 陳建志。2003。台灣的蝴蝶保育與相關生態產業。吳怡欣、李春霖、何健銘、林斯正、陳建志、彭國棟、楊平世撰。921 重建區昆蟲資源開發與生態產業 44-65 頁。行政院九二一震災災後重建推動委員會。
- 陳琦維。2004。英國都市棲地經驗及其引入台灣空間規劃體系之探討。國立成功大學都市計劃研究所碩士論文。
- 彭仁傑、黃士元、曾彥學、許再文、黃朝慶、孫于卿。1995。台灣中部地區維管束植物之調查研究(3/5) III、台中地區維管束植物資源之調查研究。台灣省特有生物研究保育中心八十四年度試驗研究計畫執行成果(植物組)。
- 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。
- 楊遠波、劉和義。2002。台灣維管束植物簡誌第六卷。行政院農業委員會。
- 趙仁方、方懷聖。2002。台東縣蝴蝶。台東縣政府。
- 劉和義、楊遠波、施炳霖、呂勝由。2001。台灣維管束植物簡誌第三卷。行政院農業委員會。
- Carr, S. and A. Lane. 1993. Practical conservation urban habitats. The Open University, London.
- Chen, S. H. and M. J. Wu. 2003. Remarks on the species of *Stachytarpheta* (Verbenaceae) of Taiwan. Bot. Bull. Acad. Sin. 44: 167-174.
- Fetwell, J. 1986. The natural history of butterflies. Croom Helm, London.
- Gilbert, O. L. 1989. The ecology of urban habitats. Chapman & Hall, London.
- Minno, M. C. and J.V. Calhoun. 2000. Butterflies through binoculars: A field, finding, and gardening guide to butterflies in Florida. Oxford University Press, Inc., New York.
- Stokes, D. W., L. Q. Stokes and E. Williams. 1991. The butterfly book: An easy guide to butterfly gardening, identification, and behavior. Little, Brown & Company, Toronto.
- The Xerces Society. 1990. Butterfly gardening-creating summer magic in your garden. Sierra Club Books, San Francisco.

九二一地震後九九峰地區先驅樹種內生菌根菌調查研究

Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi (VAMF) Symbiotic with Pioneer Plants at Mt. Jiujiufong after the 921 Earthquakes

林子超¹ 吳繼光²

Tzy-Chau Lin¹ and Chi-Guang Wu²

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

² 亞洲大學生物科技與生物資訊學系 台中縣霧峰鄉柳豐路500號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Department of Biotechnology and Bioinformatics, Asia University, Taichung, Taiwan

摘要

九二一地震造成九九峰地區嚴重山崩，形成極為特殊之地理景觀，多處崩塌跡地植群重新進行演替。本研究藉由調查演替初期先驅樹種根系之內生菌根菌，以了解這群與植物關係極為密切之土壤微生物的變化。研究中發現土壤條件較差之稜線樣區較崖下樣區有較高的菌根菌多樣性。初期內生菌根菌的種類及土壤中孢子數皆較多，然而隨著植群演替的進行有逐漸下降的趨勢，後期台灣二葉松成為稜線上的優勢種，並於其根系土壤發現大量的 *Scutellospora nigra* 孢子。

Abstract

Mt. Jiujiufong experienced a series of extensive landslides after the 921 Earthquake occurred on September 21, 1999. A unique geographic feature and active plant succession have been observed at several landslide locations. This study found that the soil condition was worse but the species diversity of VAMF was higher at the study plots of the crest line than those at the valley. Numbers of VAMF species and their spores decreased progressively with decreasing in the pioneer plants during the study period. Eventually, *Pinus taiwanensis* became the predominant pioneer plant in the crest line, and VAMF's *Scutellospora nigra* spores were found in its rhizosphere.

關鍵詞：九九峰、先驅樹種、內生菌根菌、921 地震

Key words: Mt. Jiujiufong, pioneer plants, vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (VAMF), 921 Earthquakes

收件日期：95 年 6 月 20 日

接受日期：95 年 10 月 24 日

Received: June 20, 2006

Accepted: October 24, 2006

緒 言

九九峰位於台中縣東南隅與南投縣交界處之烏溪北岸，其地質屬更新世頭斜山層上部的礫石層(廖 1992)，長久以來一直是群峰林立，山脊陡削，遇雨易形成崩塌及土石流。九二一地震後造成嚴重山崩，估計崩塌裸露面積超過 1,000 ha (賴等 2003)，形成極為特殊之地理景觀，多處崩塌跡地植群重新進行演替。據推測約 40-46 億年前的陸生植物即與囊叢枝菌根菌(vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi; VAMF)形成共生的關係(Remy *et al.* 1994; Redecker *et al.* 2000)，因此菌根菌被列為是現今陸生植物演化的基礎，且有學者認為囊叢枝菌根菌與植物形態改變之間具有協同演化的關係(Smith and Read 1997)。本研究擬藉由調查演替初期入侵先驅樹種(pioneer plant)根系的囊叢枝內生菌根菌，進而了解與植物關係極為密切之囊叢枝內生菌根菌隨著植群演替的過程是否產生族群變化。調查期間我們得以看見一處處光禿禿的崩塌跡地，隨著先驅植物建立，緩慢地朝著重建舊有植群的方向前進，這種難得的大自然現象對於觀察植群的建立與菌根菌的關係更是不可多得。

材料與方法

一、研究區域氣候環境概述

九九峰地區年平均降雨量為 1,795.65 mm，每年 4-9 月累積降雨量占全年總降雨量之 86-91%，雨季及旱季差異明顯(陳 2003)；另依陳(2003)設置於崩塌地之水文觀測站結合雙冬及草屯兩雨量站之分析結果，2000 年及 2001 年之降雨量皆與往年平均降雨量差異不大，但 2002 年及 2003 年之降雨量較往年少，分別約減少 628 mm 及 840 mm，占年降雨量之 34.8%與 41.3%，且每年雨季 4-9 月之總雨量約占年總雨量之 86.1-91.7%，雨量集中情形明顯。年均溫 23.3°C，一年中以 7-8 月溫度最高(月均溫 29°C)，以 12-2 月溫度最低(月均溫 16.6°C)。

二、野外土壤樣本採集

自 2001 年 8 月起持續 2 年於九九峰地區地震崩塌跡地上，每季採集稜線及崖下之特定陽性樹種根圈土壤進行菌根菌孢子分離鑑定。本研究選定南投縣草屯鎮乾溪流域西北方 2 處稜線及 2 處崖下進行調查(圖 1)。稜線上由於地形陡峭，土石容易崩塌或流失，土層淺薄為布滿礫石之壤質砂土，pH 值 4-4.6；而崖下有較厚之土壤化育，為砂質壤土，pH 值 4.5-4.9。樹種則選定白柏(*Sapium discolor*)、烏柏(*Sapium sebiferum*)、血桐(*Macaranga tanarius*)、白匏子(*Mallotus paniculatus*)、山黃麻(*Trema orientalis*)、山鹽青(*Rhus chinensis* var. *roxburghii*)、台灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)等 7 種先驅植

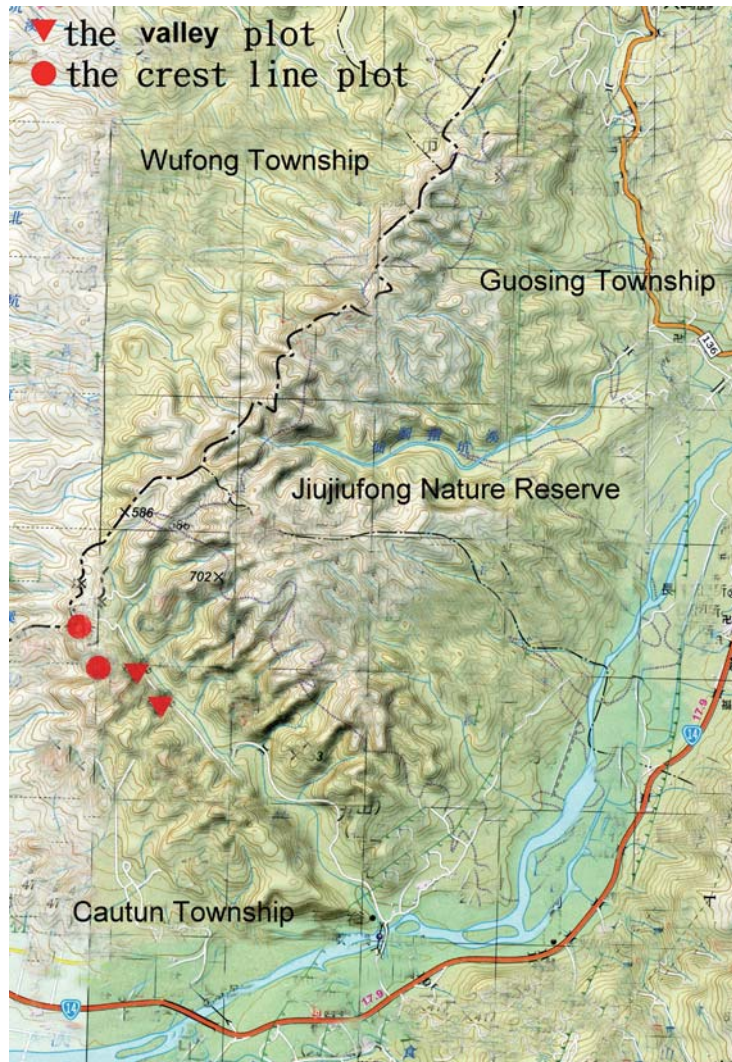


圖 1. 稜線及崖下樣區於九九峰地區位置圖。

Fig. 1. A map showing the study plots at the crest line and valley of Mt. Jiujiufong.

物，稜線與崖下樣木皆包含前 6 種植物，而台灣二葉松則僅出現於稜線樣區。每次土壤取樣每 1 樹種取 3 株樣木，樣木之選擇以 1-2 年生的苗木為主，採取 5-15 cm 貼近根系的土壤。

三、孢子分離鑑定

野外採集的土壤樣本，秤取 100g 土樣後，以濕篩傾倒法(Gerdeman and Trappe 1974)和糖液離心法(Daniels and Skipper 1982)分離孢子後，在解剖顯微鏡下計算孢子數量並挑取孢子，以 Polyvinyl alcohol lactophenol glycerol (PVLG)(Koske and Tessier 1983)包埋劑製作成半永久玻片，以利於孢子的鑑定與標本之保

存。孢子的鑑定與資料之記錄則採 Schenck and Perez (1990) 所建議的步驟進行。

結果與討論

一、九九峰地區內生菌根菌組成

本研究調查期間共發現內生菌根菌 3 科 6

屬 13 種，分別為 *Acaulospora mellea*, *A. morrowiae*, *A. tuberculata*, *A. scrobiculata*, *A. koskei*, *A. foveata*, *Entrophospora columbiana*, *Glomus constrictum*, *G. clarum*, *Gigaspora margarita*, *Paraglomus occultum*, *Scutellispora pellucida*, *S. nigra*, 其共生樹種如表 1。以下針對各菌種之性狀予以描述：

表 1. 菌根菌與樹種間之共生關係

Table 1. Symbiosis between the VAMF and pioneer plant species

| VAMF species | Plant with VAMF spores |
|---------------------------------|--|
| <i>Acaulospora mellea</i> | <i>Sapium discolor</i> , <i>Macaranga tanarius</i> , <i>Mallotus paniculatus</i> , <i>Sapium sebiferum</i> , <i>Trema orientalis</i> |
| <i>Acaulospora morrowiae</i> | <i>Sapium discolor</i> , <i>Mallotus paniculatus</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Acaulospora tuberculata</i> | <i>Sapium discolor</i> , <i>Mallotus paniculatus</i> |
| <i>Acaulospora scrobiculata</i> | <i>Mallotus paniculatus</i> , <i>Macaranga tanarius</i> , <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Acaulospora koskei</i> | <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Acaulospora foveata</i> | <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Entrophospora columbiana</i> | <i>Pinus taiwanensis</i> |
| <i>Glomus constrictum</i> | <i>Sapium discolor</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Glomus clarum</i> | <i>Trema orientalis</i> |
| <i>Gigaspora margarita</i> | <i>Mallotus paniculatus</i> , <i>Macaranga tanarius</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Glomus occultum</i> | <i>Trema orientalis</i> , <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Scutellispora pellucida</i> | <i>Trema orientalis</i> , <i>Rhus chinensis</i> var. <i>roxburghii</i> |
| <i>Scutellispora nigra</i> | <i>Pinus taiwanensis</i> |

(一) *Acaulospora mellea*

厚壁孢子單生於土壤中，顏色為金黃色至棕黃色，呈圓球形至近圓球形，罕呈橢圓形或不規則形，直徑 90-110 μm ，孢子壁厚 4-10 μm ，破裂後成 3 壁群，最外層黃棕色，厚 2-6 μm ，與第 2 層壁不易分離，第 3 層壁呈透明至淺黃色，厚 0.5-1 μm ，第 4 層壁於孢子破裂後呈皺褶狀，厚 0.5 μm ，第 5 層壁與 Melzer

染劑反應後呈淡紫色。

(二) *Acaulospora morrowiae*

厚壁孢子單生於土壤中，顏色為半透明至淡黃色，呈圓球形至近圓球形，直徑 70-100 μm ，孢子壁厚 2-4 μm ，最外層壁 0.5-1 μm ，呈透明，第 2 層壁呈淡黃色，厚 1.5-3 μm ，第 3 層壁呈透明，厚 0.5 μm ，最內層壁呈透明膜狀，厚 0.5 μm ，與 Melzer 染劑反應後呈褐紫色。

(三) *Acaulospora tuberculata*

厚壁孢子單生於土壤中，圓球形至半圓球形，直徑 260-320×260-340 μm，初期的孢子呈亮黃色至深黃色，而較成熟的孢子則呈黃棕色至深褐色，至完全成熟時則呈紅褐色，孢子表面均勻散布著圓錐狀突起，每個突起 0.7-1.5 μm，基部直徑 1.5 μm，孢子壁 3 層，最外層表面平滑呈黃色，厚 7-12 μm，第 2 層壁厚 1.5-3 μm，呈淡黃色，最內層壁呈透明，厚 1.5-3 μm。

(四) *Acaulospora scrobiculata*

厚壁孢子單生於土壤中，初期的孢子呈半透明狀，隨著成熟逐漸呈橄欖色至亮棕色，呈圓球形至橢圓形，直徑 110-200 μm，孢子表面均勻散布著凹洞紋路，凹洞呈圓形至橢圓形，或有時呈 Y 字型，洞與洞間具有隆起物隔離，最外層孢壁堅硬、有凹洞，呈半透明至淡黃綠色，厚 3-6 μm，第 2、3 層壁光滑、透明，第 4 層壁呈透明，厚 0.2-1 μm，與 Melzer 染劑反應後立即呈深紅色。

(五) *Acaulospora koskei*

厚壁孢子單生於土壤中，橘黃色，呈圓球形至近圓球形，直徑 150-250 μm，產孢菌絲脫落痕(cicatrix)直徑 15-30 μm，孢子表面光滑，最外層壁透明，厚 1-2 μm，易剝落，第 2 層壁淡黃色，厚 1-3 μm，第 3 層壁透明，厚 1.5-3 μm，與 Melzer 染劑反應後呈粉色至淡紅色。第 4 層壁透明，厚 1-1.5 μm，最內層壁透明，厚 1-1.5 μm，與 Melzer 染劑反應後呈粉紅色。

(六) *Acaulospora foveata*

厚壁孢子單生於土壤中，初期呈橘紅色，較成熟之孢子則呈棕褐色，呈圓球形至橢圓形，直徑 190-350×200-400 μm，孢子表面均勻散布圓形至不規則形凹洞，凹洞直徑 5-10×6-15 μm，最外層孢壁厚 10-15 μm，呈黃色至紅棕色。第 2 層壁透明，厚 3-5 μm。第 3 層壁厚 3-5 μm，與 Melzer 染劑反應後呈深紅棕色。

(七) *Entrophospora Columbiana*

厚壁孢子單生於土壤中，初期呈半透明至白色，較成熟之孢子則呈淡黃色至金黃色，直徑 100-120 μm，孢子偶爾與產孢菌絲及殘存的產孢囊泡形成啞鈴形結構。孢壁厚 3-7 μm，最外層壁透明，厚 0.5-2 μm，隨孢子成熟而脫落。第 2 層壁黃色，厚 2-3 μm，第 3 層壁透明，厚 1 μm，第 4 層壁透明，厚 0.5 μm，孢子破裂後呈皺縮狀，第 5 層壁透明，厚 1 μm，與 Melzer 染劑反應後呈深紫色。

(八) *Glomus constrictum*

厚壁孢子單生或鬆散聚生於土壤中，圓球形至近圓球形，直徑 150-280 μm，呈亮棕褐色至亮黑色，孢壁僅 1 層 5-15 μm，棕褐色。產孢菌絲直生或偶爾彎曲，直徑 15-25 μm，連接孢子處常呈收縮狀，收縮處直徑 10-15 μm。

(九) *Glomus clarum*

厚壁孢子單生或鬆散聚生於土壤中，圓球形至近圓球形，直徑 180-250 μm，孢子內含物透明呈多數小油滴狀，孢壁 7-25 μm，初期孢子為透明，老熟孢子則為淡黃色，老熟孢子最外層壁常皺縮狀，第 2 層壁厚 10-15 μm，與 Melzer 染劑反應後呈淡紅紫色，最內層壁厚 5-10 μm。產孢菌絲直徑 15-25 μm，與孢子連接之孔道直徑 3-5 μm。

(十) *Gigaspora margarita*

厚壁孢子單生於土壤中，球形罕不規則形，直徑 250-500 μm，孢子外觀光滑透明，孢壁厚 5-24 μm，隨孢子成熟而增厚，孢子內含物白色呈多數小油滴狀，最外層壁淡黃色，厚 1.5-2.5 μm，內層壁黃色，厚 13-30 μm，隨孢子成熟而增厚，與 Melzer 染劑反應後呈深紅棕色。產孢菌絲末端囊泡淡黃色，直徑 30-60 μm。

(十一) *Paraglomus occultum*

厚壁孢子單生或鬆散聚生，但不形成孢子果，孢子卵圓形或近球形，罕不規則形，直徑 50-100×60-120 μm，外觀呈透明至白色。末端

菌絲單生，長 10-40 μm ，直生偶爾向後彎曲，菌絲與孢子接著處有時有隔板。孢壁 2 層，外層壁厚 2 μm ，隨孢子成熟逐漸變粗糙、加厚，最後表面剝落，內層壁薄膜狀，厚 1.5-3 μm ，不與 Melzer 染劑反應。

(十二) *Scutellospora pellucida*

厚壁孢子單生於土壤中，近球形或不規則狀，孢子大小變異大，直徑 60-220 μm 。孢子壁光滑，厚約 6-12 μm ，最外層壁易碎，厚 3-8 μm ，內層壁則具柔軟性，厚 1.5-5 μm ，孢子外觀呈透明，內含物呈氣泡油滴狀。產孢菌絲末端膨大附屬物亦呈透明狀，直徑 10-29 μm ，產孢菌絲亦是透明，內有許多隔板。孢子未經壓破，外表即會與 Melzer 染劑逐漸反應成紅色，為此菌種重要的鑑定特徵。

(十三) *Scutellospora nigra*

厚壁孢子單生於土壤中，直徑 300-500 μm ，顏色暗棕至黑色，大多為圓球形，孢壁 2 層，外層壁黑色至暗棕色，表層密布大型紋孔，孔徑 7-10 μm ，內層壁呈透明淺棕色。產孢菌絲末端與孢子接著處膨大呈橢圓形，直徑 40-60 \times 80-120 μm ，棕色，表面光滑常有瘤狀突起。

二、稜線及崖下菌根菌消長

崖下樣區之崩塌情形不如稜線樣區嚴重，尚有多數殘存林木供遮蔭，避免陽光直射，使得崖下樣區之環境及植群狀況較無重大變化。調查期間針對崖下與稜線上菌根菌孢子之種類及數量進行比較，崖下樣木根系土壤中，菌根菌孢子之數量及種數明顯少於稜線上之樣木，每 100 g 土壤中孢子平均數量少於 40 個，且種數僅有 4 屬 10 種。2 年的調查期間崖下樣木根系所發現的菌根菌數量並無明顯的變化，反觀稜線上的菌根菌則隨著植群改變而產生種類組成及孢子數量的變化(圖 2)。因此本文即著重於稜線上植群與菌根菌間的消長關係予以論述。

三、稜線上植生狀況與菌根菌孢子數量之消長

於 2001 年 8 月起進行野外土壤採樣及孢子分離鑑定，調查之初由於陽性先驅樹種快速入侵且生長良好，共生的內生菌根菌亦蓬勃發展，當年共發現 5 屬 11 種的菌根菌，其中以無柄孢子屬(*Acaulospora*)形成優勢屬(共計 6 種)，孢子之單位密度最高達 350 個 / 100g 土以上(圖 2)，山鹽青根系土壤菌種歧異度最高，單一樣木根系土壤均可發現 5 種以上菌種。而台灣二葉松根系土壤菌種數則最少(表 1)。

於 2002 年之調查期間，由於當年旱季較長，致使之前於稜線發現的山黃麻、血桐、老荊藤(*Millettia reticulata*)等幼苗大量死亡，而由禾本科的紅毛草(*Rhynchelytrum repens*)取代，此時採集植物根系土壤進行分離後，發現菌根菌孢子數量有明顯減少的趨勢，由原本 350 個 / 100g 土減少為 200 個 / 100g 土(圖 2)，這種現象有可能是在棲地遭到嚴重破壞後，草本植物通常最早入侵，由於它們通常都有較短的生活史，並且對水分、養分的競爭力較強，且它們大多不形成菌根，而使得土壤中的菌根菌產生缺乏宿主共生的空窗期，間接造成菌根菌數量減少(Skujins and Allen 1986)，但有關本項推測仍有待後續更多的數據支持。本調查期間發現人工造林的樹種如烏心石(*Michelia formosana*)、台灣欒(*Zelkova serrata*)等的根系亦有形成菌根。而先前(第一年調查)僅發現於崖下的菌種 *Acaulospora tuberculata* 已可在稜線上發現，曾於台灣二葉松根系發現的菌種 *Entrophospora columbiana* 已不復見，然而卻發現另一菌種 *Scutellospora nigra*。

2003 年的調查中我們發現九九峰的原生樹種台灣二葉松在稜線上生長狀況良好，有的甚至已高達 160 cm，成為稜線上的優勢種，而 2002 年於其根系發現的菌種 *S. nigra*，在每一株台灣二葉松樣木根系均可發現。然而我們也發現菌根菌豐富度呈現下降(圖 3)，2001 年隨處可見的 *A. morrowiae* 及 *P. occutum* 等菌種，

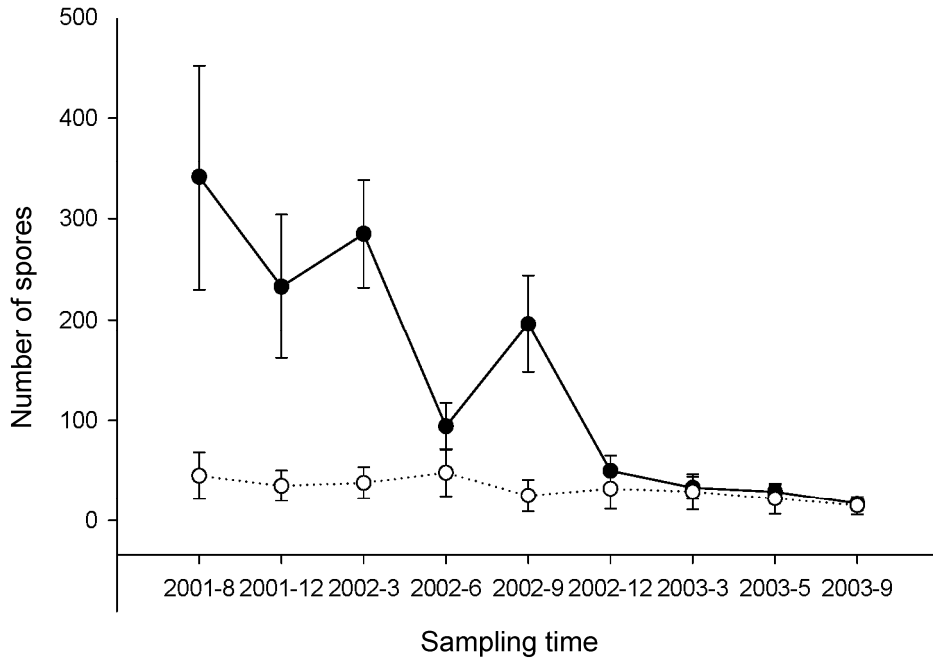


圖 2. 稜線及崖下樣區每 100g 土壤之孢子數量。

Fig. 2. The number of spores per 100g soil at the study plots of the crest line (solid circles and solid line) and of the valley (open circles and dotted line)(vertical lines, ranges of the number) at Mt. Jiujiufong, August 2001 to September 2003.

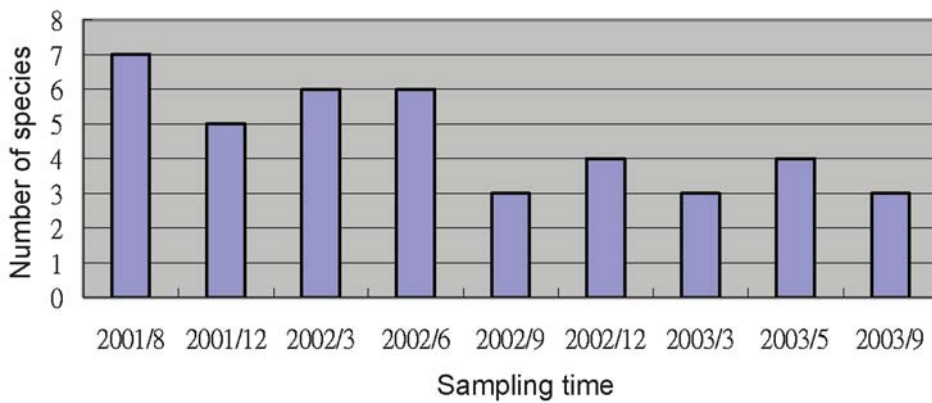


圖 3. 調查期間稜線樣區發現之菌根菌種數。

Fig. 3. The number of VAMF species at the study plots of the crest line of Mt. Jiujiufong, August 2001 to September 2003.

2003 年已鮮少發現，即使發現，其數量也由 2001 年的 350 個 / 100 g 土下降至 2003 年的不到 50 個 / 100 g 土(圖 2)。稜線上的優勢種也由 *A. morrowiae*, *P. occutum* 與 *A. mellea* 轉變為 *S. nigra*。從台灣二葉松根部外圍可見的菌氈(fungus mantle)，以及經由染根所見的根內囊泡(intraradical vesicles)及土生囊泡(soil-borne vesicles) (圖 4)等證據看來，本樹種有可能可以同時形成外生與內生菌根。

部分學者認為植群組成決定了土壤微生物的組成與活力(Wardle *et al.* 1997)，另一派學者則認為某些微生物如內生菌根菌決定植群的組成(Hartnett and Wilson 1999 ; Marler *et al.* 1999)。雖然在本研究中我們無法確認何種理論才是正確的，然而從研究中我們見證了植群與內生菌根菌依存變化的情形。

四、降雨量與內生菌根菌之關係

於本研究中發現稜線上樣區土壤中內生菌根菌孢子數量於 2002-2003 年間呈明顯減少趨勢(圖 2)，而陳(2003)亦指出 2002-2003 年之降雨量較往年分別減少 628 mm 及 840 mm，約占年降雨量之 34.8%與 41.3%，為探討二者間是否互為影響，本研究以距離樣區較近之氣象局草屯雙冬測候站降雨量與當月土壤中孢子數量(表 2)進行相關係數(Pearson's correlation coefficient)分析，得到 r 值為 0.239，並未達到顯著水準，故初步排除內生菌根菌孢子數量受到降雨量之影響。

內生菌根菌孢子數量隨著植群演替而逐漸減少的現象，推測可能因植物隨著植群演替而對內生菌根菌的依賴性逐漸降低有關(Zangaro *et al.* 2000)。

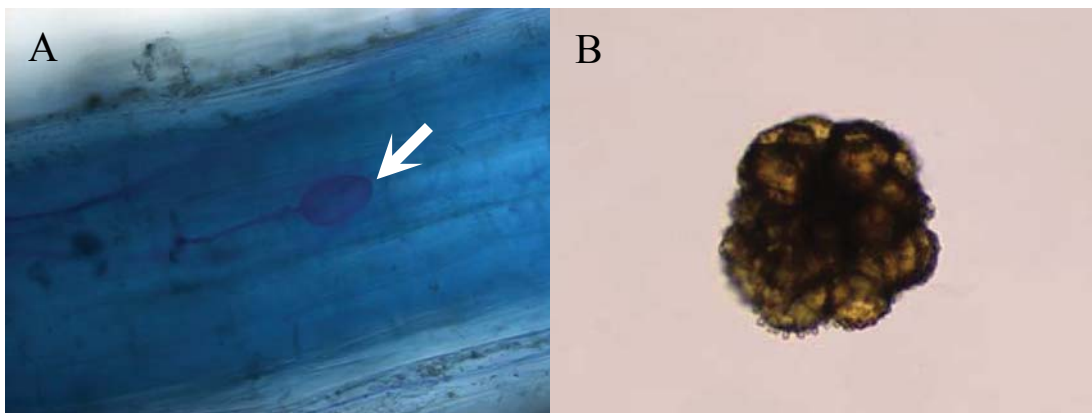


圖 4. 台灣二葉松之根內囊泡(A) 及根系土壤發現之土生囊泡(B)。

Fig. 4. The intraradical vesicles (A) and soil-borne vesicles (B) of *Pinus taiwanensis*.

表 2. 稜線樣區土壤中內生菌根菌孢子數與當月降雨量

Table 2. Amounts of precipitation and VAMF spores at the study plots of the crest line of Mt. Jiujiufong, August 2001 to September 2003

| | 2001/8 | 2001/12 | 2002/3 | 2002/6 | 2002/9 | 2002/12 | 2003/3 | 2003/5 | 2003/9 |
|-----------------------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Precipitation (mm) | 374.00 | 11.00 | 18.50 | 250.50 | 180.50 | 64.50 | 55.00 | 153.50 | 147.00 |
| Amount of VAMF spores | 341.00 | 233.00 | 285.00 | 94.00 | 196.00 | 50.00 | 33.00 | 29.00 | 17.00 |

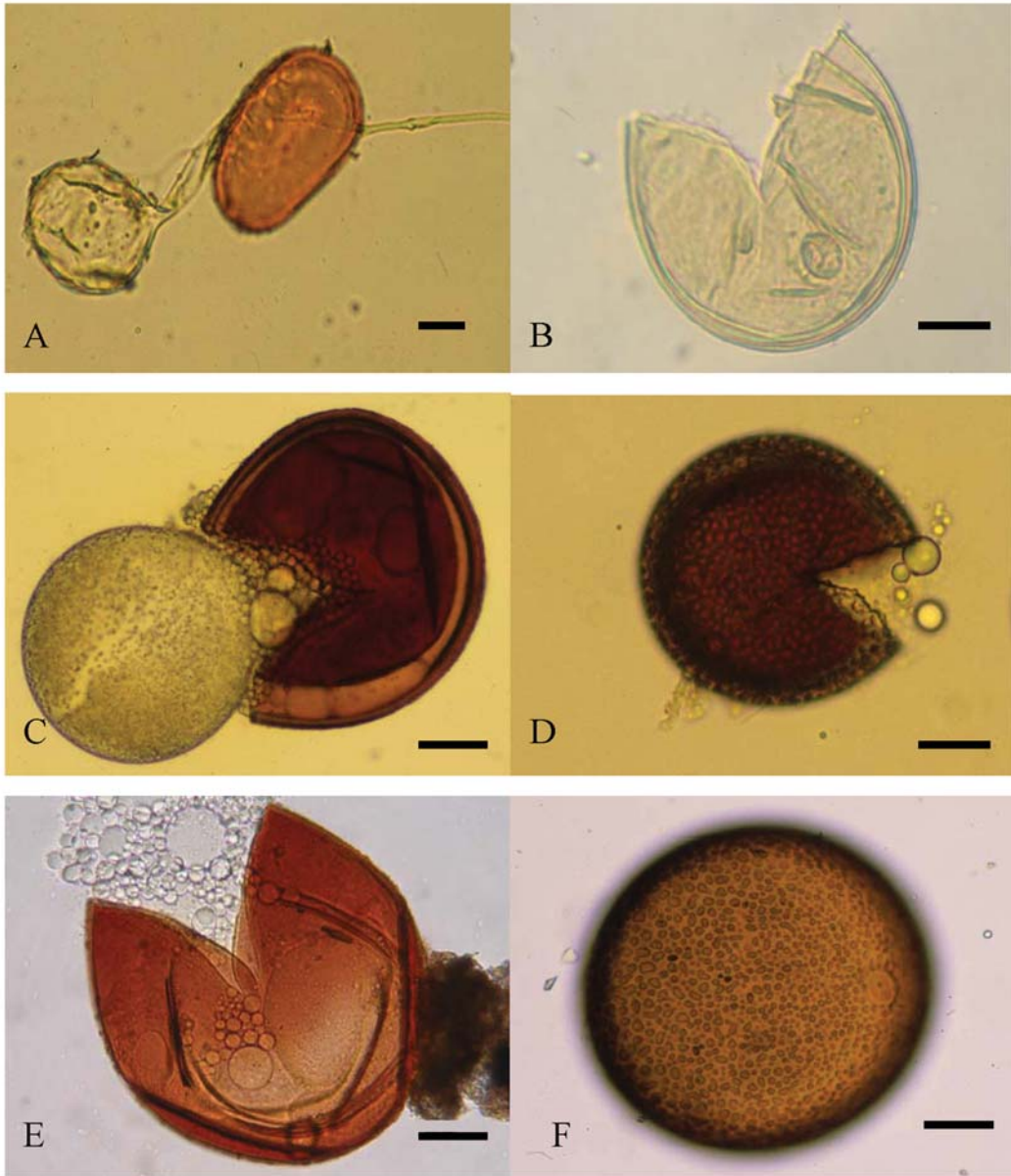


圖 5A-F. 九九峰地區發現之內生菌根菌。

Fig. 5A-F. The VAMF species at Mt. Jiujiufong (A, *Acaulospora mellea*, bar=25 μm ; B, *A. morrowiae*, bar=25 μm ; C, *A. tuberculata*, bar=80 μm ; D, *A. scrobiculata*, bar=40 μm ; E, *A. koskei*, bar=50 μm ; F, *A. foveata*, bar=70 μm).

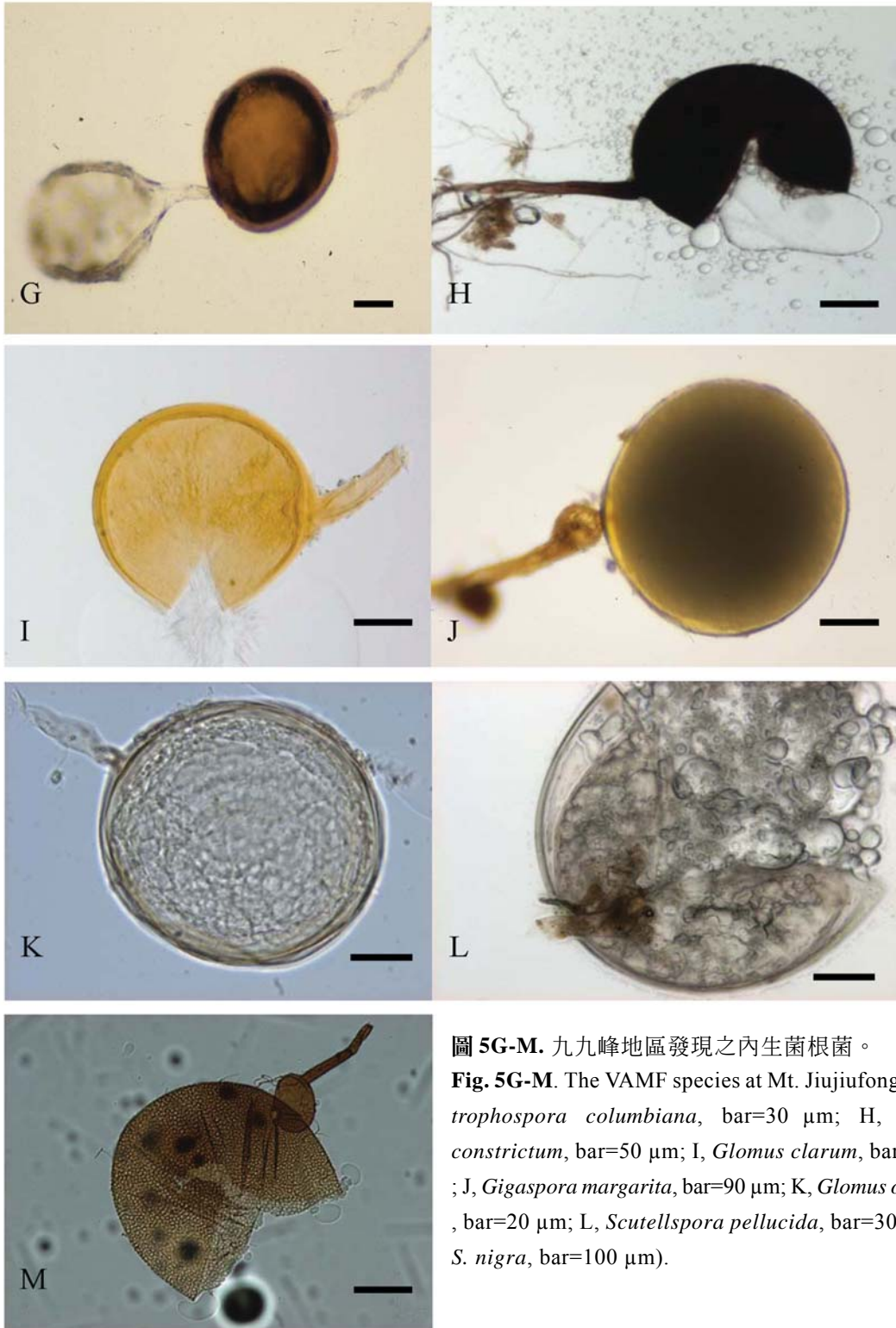


圖 5G-M. 九九峰地區發現之內生菌根菌。

Fig. 5G-M. The VAMF species at Mt. Jiujiufong (G, *Entrophospora columbiana*, bar=30 μm ; H, *Glomus constrictum*, bar=50 μm ; I, *Glomus clarum*, bar=60 μm ; J, *Gigaspora margarita*, bar=90 μm ; K, *Glomus occultum*, bar=20 μm ; L, *Scutellispora pellucida*, bar=30 μm ; M, *S. nigra*, bar=100 μm).

結 論

當原本有植群覆蓋之土地受到干擾時，原來之生物社會，可能部分或全部遭到毀滅，在此種地區發生之演替現象，稱為次級演替或二次演替(劉及蘇 1989)。九二一地震後，台灣中部九九峰地區產生嚴重的大規模崩塌即是典型的例子。原有植群因土層崩落而連根拔起或遭到掩埋，新形成的裸化土壤，因陽光直曬，且缺乏遮蔽物，使得土壤含水率驟降，土壤結構也變得不適合植物生長。所幸先驅植物藉由與菌根菌共生，幫助植物吸收不易獲取的養分及水分，使得它能够在惡劣的環境中存活下來(Read 1991)。

植物生長的變化以及植群的組成受到土壤微生物族群動態變化及生態系統機能，如有機質含量及養分循環等影響(Donnison *et al.* 2000)，內生菌根菌是土壤中普遍存在的微生物，它可以和大多數的陸生植物形成共生關係。菌根菌對早期入侵的先驅植物有著關鍵性的影響，它會促進其根系的發展並藉由增加根毛吸收面積來提昇微量元素及水的吸收能力，然而之後的次級演替樹種(secondary successional species)則對菌根菌的依賴性較低，因為這時菌根菌對促進植物之生長能力已較有限(Zangaro *et al.* 2000)。在本研究中我們亦發現了內生菌根菌的種類及數量有隨著植群演替進行而減少的趨勢。

從本研究中我們發現劣化跡地之植生復育不僅在於植生的建立與管理，土壤中微生物與植物間的作用機制也應一併考量。Van der Heijden *et al.* (1998)曾提出內生菌根菌多樣性對於植生復育的重要性。他們認為藉由增加內生菌根菌之多樣性，有助於增加當地植物之種數，他們更認為營造一多樣性的生態系，菌根菌是個不可或缺的重要元素。

引用文獻

- 陳樹群。2003。九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測—棲地環境監測。九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集。75-101 頁。
- 廖秋成。1992。南投雙冬火炎山地區植群生態與植物區系之研究。中興大學實驗林研究報告 14(1) : 1-60。
- 劉榮瑞、蘇鴻傑。1989。森林植物生態學。台灣商務印書館。
- 賴國祥、陳添水、林旭宏。2003。應用遙測與地理資訊系統於九九峰植生復舊監測。九九峰地震崩坍區棲地及生物多樣性變化之監測成果論文集。1-10 頁。
- Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. pp. 20-45. *In*: Schenck, N. C. (ed.). *Methods and principles of mycorrhizal research*. The American Phytopathological Society. St. Paul.
- Donnison, L. M., G. S. Griffith, J. Hedger, P. J. Hobbs and R. D. Bardgett. 2000. Management influences on soil microbial communities and their function in botanically diverse haymeadows of northern England and Wales. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 253-263.
- Gerdemann, J. W. and J. M. Trappe. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* 5: 76.
- Hartnett, D. C. and G. W. T. Wilson. 1999. Mycorrhizae influence plant community structure and diversity in tallgrass prairie. *Ecology* 80: 1187-1195.
- Koske, R. E. and B. Tessier. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. *Newsletter Mycological Society of America* 34: 59.

- Marler, M. J., C. A. Zabinski and R. M. Callaway. 1999. Mycorrhizae indirectly enhance competitive effects of an invasive forb on native bunchgrass. *Ecology* 80: 1180-1186.
- Read, D. J. 1991. Mycorrhizas in ecosystems. *Experientia* 47: 376-409.
- Redecker, D., J. B. Morton and T. D. Bruns. 2000. Molecular phylogeny of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus sinuosum* and *Sclerocystis coremioides*. *Mycologia* 92: 282-285.
- Remy, W., T. N. Taylor, H. Hass and H. Kerp. 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy Sciences* 91: 11841-11843.
- Schenck, N. C. and Y. Perez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville, Florida.
- Skujins, J. J. and M. F. Allen. 1986. Use of mycorrhizae for land rehabilitation. *MIRCEN Journal* 2: 161-176.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. Mycorrhizal symbiosis, 2nd edn. Academic press, London, UK.
- Van der Heijden, M., J. N. Klironomos, M. Ursic, P. Moutoglis, R. Streitwolfengell, T. Boller, A. Wiemken and I. R. Sanders. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396: 69-72.
- Wardle, D. A., K. I. Bonner and K. S. Nicholson. 1997. Biodiversity and plant litter: Experimental evidence which does not support the view enhanced species richness improves ecosystem function. *Oikos* 79: 247-258.
- Zangaro, W., V. R. L. Bononi and S. B. Trufen. 2000. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in south Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 16: 603-622.

比較三種無性繁殖法對烏心石舅發根之差異

A Comparison of Three Agamic Methods on Rooting of *Magnolia kachirachirai* Seedling Plants

洪昆源¹ 李忠舫¹ 潘富俊^{2,*}

Kun-Yun Hong¹, Zong-Fang Lee¹ and Fuh-Jiunn Pan^{2,*}

¹ 行政院農業委員會林業試驗所 台北市南海路 53 號

² 行政院農業委員會林業試驗所恆春研究中心 屏東縣恆春鎮墾丁里公園路 203 號

¹ Division of Forest Biology, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan

² Branch of Hengchun Research Center, Taiwan Forestry Research Institute, Hengchun, Pingtung, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

本研究以烏心石舅(*Magnolia kachirachirai*)實生苗木作為試驗材料，分別進行嫁接、扦插及高壓試驗，單株間之嫁接及扦插試驗皆無法培育出發根之植株，以高空壓條試驗配合萘乙酸(1-naphthylacetic acid, NAA)藥劑處理，在不同處理間之變異數分析之 F 值是 10.41 ($p < 0.001$)，相同處理不同單株間 $F = 14.66$ ($p < 0.001$)皆呈現極顯著差異，顯示不同處理及個別單株皆會顯著影響高壓試驗後根之生長，在 3,000 ppm 濃度時具有最顯著之發根效果；單株編號 4-3，經過 3 個月後，發根數目可達到 45 根，根平均長度 6.88 cm，較其他單株為佳，相較於扦插及嫁接的方式，本研究以高空壓條配合藥劑處理，可以成功培育出較完整根系的植株，且有效縮短 3 個月發根時間。

Abstract

Rooting experiments were conducted on seedling plants of *Magnolia kachirachirai* with three agamic methods: stem-grafting, stem-cutting and air laying marrot. Both stem cutting and grafting methods failed

to produce rooting plants. The air laying marrot method was processed with four treatments of 1-naphthylacetic acid (NAA) at 0 (control), 2,000, 3,000 and 5,000 ppm, each with 10 seedling plants. All three doses successfully induced rooting but with significant differences among the treatments (ANOVA, F-value=10.41, $p<0.001$) and also among the plants within the treatments (F-value=14.66, $p<0.001$). The optimum dosage was found to be 3,000 ppm. After three months, one of the plants (No.4-3) had 45 roots with an average length of 6.88 cm. The results suggested that the air laying method with the NAA treatment is a useful method for seedling plant propagation for *Magnolia kachirachirai* and perhaps also for other plants.

關鍵詞：高壓、嫁接、扦插、烏心石舅

Key words: air laying marrot, stem-grafting, stem-cutting, *Magnolia kachirachirai*

收件日期：95年9月13日

接受日期：95年11月23日

Received: September 13, 2006

Accepted: November 23, 2006

緒 言

進行無性繁殖時，扦插一直是優先做為考量的方法，主要是扦插方式並不需要提供高水平的技術，並且是效率高且花費低的(Hartmann *et al.* 1997)。其中根插法可視為有競爭力，且可替代微體繁殖技術之一種方法(Stenvall *et al.* 2004)。通常在較高溫之介質中進行扦插繁殖，約 30°C 可以比在 20°C 之介質環境中有較佳之發根結果(Stenvall *et al.* 2005)。光度並不影響地上部之發芽，但強光對於發根卻是有負面之影響。

Sharma *et al.* (2006) 針對木蘭屬植物 *Magnolia acuminata* 進行扦插繁殖研究，發現此木蘭屬植物之枝條難以用扦插進行繁殖，抽芽展葉後 5-7 週取得插條試驗，比 7 週以後取得之插條，可以提高發根率；另使用 Indole-3-butyric acid (IBA) 藥劑處理也可以增加發根率 12-34 %。烏心石舅屬於木蘭科木蘭屬，是台灣的特有種

植物，主要分布地區北從浸水營，南到恆春半島南仁山，東到太麻里(圖 1)。其族群稀少，被列為珍稀植物(柳及徐 1971；蘇 1980；徐及呂 1984；徐等 1985；賴 1991；楊等 1998)。其天然更新不易，隔離且能繁殖之個體少於 250 株，在 10 年或 3 個世代內將可能會絕滅到 50 % 以上(呂及邱 1996)。蔣(2000)研究胞器間之親緣關係，發現粒線體與葉綠體二胞器 DNA 之分子親緣不一致，推測遺傳變異型式主要受冰河歷史影響。過去有關烏心石舅之繁殖研究不多，由於未成熟果實容易落果，果實成熟不易，因此採種困難，其結實具豐欠年，利用豐年之種子可成功培育出苗木，但豐年之周期未定，且可資採種之母株通常是高約 10m 以上之喬木(楊正鈞，私人通訊)。扦插研究方面，在南部恆春半島以全新介質進行，需經過 6 個月後可成功長根；但在北部雖進行 10 個月的扦插及嫁接，並未有癒合組織發生(洪昆源，未發表)。簡慶德及洪昆源(私人通訊)曾利用白玉蘭(*Michelia*

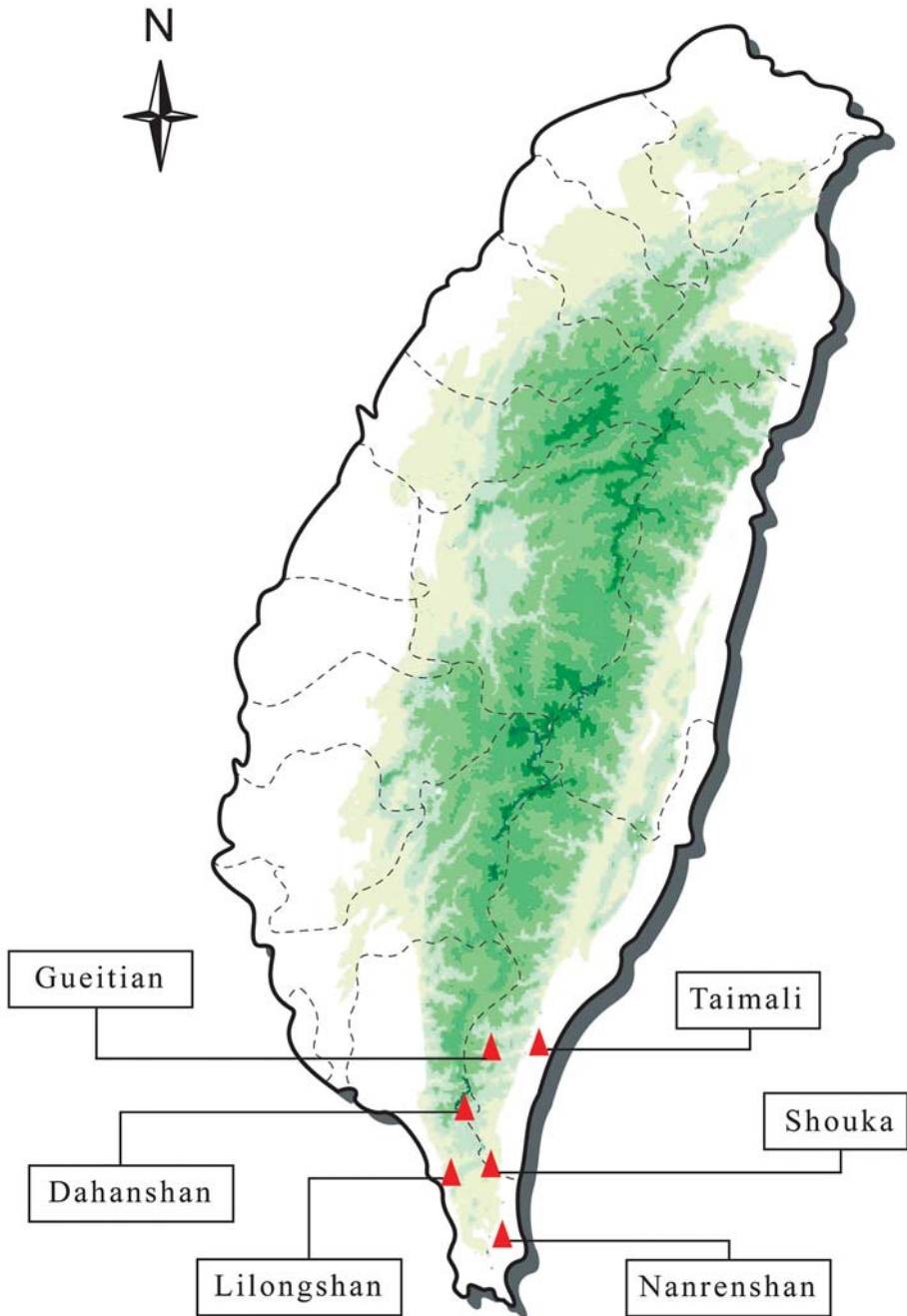


圖 1. 台灣產烏心石舅之主要分布區域。

Fig. 1. Main distribution areas of *Magnolia kachirachirai* in the southern Taiwan.

alba)和黃玉蘭(*M. champaca*)為砧木，分別於春、秋季各嫁接 1 次，皆未能成功發育成單株，更顯示該物種可能有潛在遺傳發根障礙。嫁接無法成功可能原因包括其親合性差、傷口面積太大，或甚至環境因子所致。稀有植物之有性繁殖常受到遺傳的影響，以台灣油杉而言，會產生 99%不孕性種子(何等 2000)；就烏心石舅開花結果物候而言，果實常在未成熟時，產生大量落果，少量發育之果實亦是鳥類及松鼠取食之對象。以林業試驗所太麻里試驗地為例，目前烏心石舅可供採種的單株，其樹高通常超過 10m，需僱用專業之爬樹人員方能得到寶貴的種子，使種子採集之障礙除遺傳因子外，還包括採種之危險性及經費的增加。有性繁殖雖可提高基因多樣性解決遺傳窄化之問題，但對於具有繁殖困境或遺傳障礙的種類，利用無性繁殖是快速且有效率繁殖珍稀植物的方式之一。基於烏心石舅是台灣特有且是瀕臨絕滅的種類，也是木蘭科木蘭屬中分布最南端的一個種類，瞭解烏心石舅最佳的繁殖方法極

具保育上的意義。本研究目的在於利用扦插、嫁接及高壓的方式，配合不同濃度的藥劑處理，解決烏心石舅發根障礙的問題，同時確保此物種繁殖方法之多樣性，降低物種滅絕之風險。

材料與方法

研究試材取自林業試驗所太麻里研究中心之 4 年生種子苗，為增加親和性，砧木及接穗之嫁接試驗採用不同單株間互接方式進行或自體接(將單株上半部切下，取頂端一年生枝條的部分作為接穗，下端部分作為砧木)。嫁接法一律採用側接法(圖 2)，同一批苗木接穗長度為 15-17 cm，嫁接完後以尼龍繩將接點處綁實，分別再用紙袋及塑膠袋套上並用尼龍繩綁緊。嫁接試驗於 3 月施行，每 2 週觀察記錄乙次。扦插取同一批生理年齡之苗木，採取其 1-2 年之枝條，插條長度約 13-15 cm，於 2 月間完成扦插試驗設置，每 2 週觀察記錄乙次。

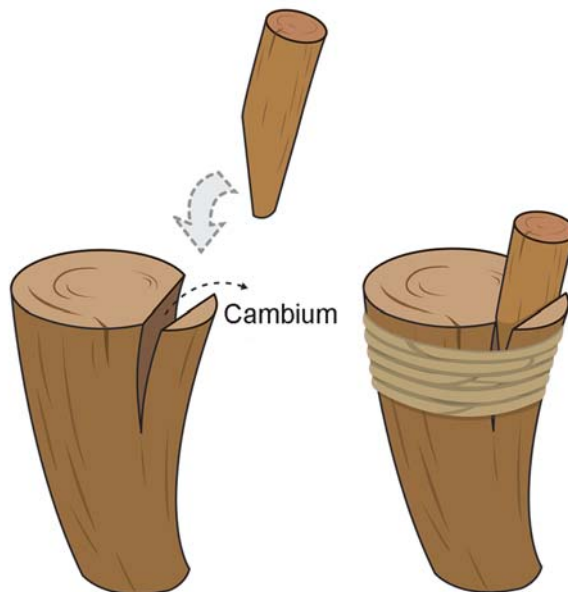


圖 2. 採用側接法進行嫁接研究。

Fig. 2. The stem-grafting with side-grafting method used in the rooting experiments of *Magnolia kachirachirai* seedling plants.

高空壓條試驗，選健壯苗木在距離表土高 30-40 cm 處進行樹皮環剝，再用濕潤水草及不同濃度生長藥劑 NAA 2,000\ 3,000\ 5,000 ppm 塗布及包覆於環剝處，每一處理進行 10 個樣本之試驗，最後將塑膠袋以環狀包覆方式包裹創傷處理之莖、水草，使其彼此間牢靠緊密貼合，不致因重力而滑落，再於包裹處上下兩端分別用尼龍繩綁緊，以上試驗皆在台北植物園溫室進行，試驗環境之日均溫為 25°C，相對濕度維持在 85% 以上。高空壓條試驗分別於 93 年 5 月及 9 月分別實施乙次，每個月觀察並記錄其根系生長情形。

結果與討論

從表 1 得知嘗試不同種類之砧木進行嫁接試驗皆無法成功；以扦插方式繁殖，將砂床介質完全換成全新之後，最快發根時間也必須達到 6 個月；高空壓條自 1.5 個月起即陸續發根，3 個月即可達到健全的根系，顯示高空壓條法，是烏心石舅無性繁殖最有效方法。以 NAA 2,000\ 3,000 及 5,000 ppm 處理在經過 1 個月後，可以促進發根(圖 3)，對照組(control)只長出癒合組織(圖 3A)，利用 SAS 統計軟體進行變異數分析(ANOVA)得如表 2 所示，處理間 F 值是 10.41 ($p < 0.001$)，表示以 NAA 2,000\ 3,000 及 5,000 ppm 不同濃度處理後，會造成根系有

顯著的差異；對於相同處理不同個體間，亦發現具有顯著差異 ($F = 14.66, p < 0.001$)，顯示出個體之間的內在因子，對於環境的影響和藥劑的處理，亦有顯著不同的表現方式。

表 3 中發現不同 NAA 濃度，除了 2,000 和 5,000 ppm 的處理對於根系的發展影響較小之外，2,000 ppm 對照 3,000 ppm 及 3,000 ppm 對照 5,000 ppm 的處理，分別都有非常顯著及極顯著的差異，F 值分別是 7.01 ($p < 0.01$) 及 13.88 ($p < 0.001$)，顯示 3,000 ppm 與另外兩種濃度的處理就其根系長度皆有明顯差異。

表 4 中所示，以存活率來講，控制組的存活率可以達到 50%，但是只長癒合組織；5,000 及 3,000 ppm 的存活率為 30%，2,000 ppm 的存活率為 20%；發根率以 5,000 ppm 最佳，發根數目以 3,000 ppm 為最多。其中以編號 4-3 的個體，經過 3 個月之後，它的發根數可達到 45 根，而且平均根的長度可達到 6.88 cm，此單株根系生長特別旺盛，可以對應表 2 統計上所顯示的，單株之間確具有顯著的差異。本研究主要探討高空壓條配合藥劑處理方式可增加發根並縮短發根時間，相較於 Sharma *et al.* (2006) 之方法和結果，採用之藥劑為 NAA 但研究種類與其不同，另高空壓條試驗該文章並未探討，是為本文的特殊性。

表 1. 烏心石舅不同無性繁殖方法發根時間

Table 1. A comparison of time (months) required for rooting of *Magnolia kachirachirai* seedling plants by the three agamic methods

| | Stem cutting | Stem grafting | Air laying marrot |
|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Time (months) | 6 | No rooting | 3 |

表 2. 不同處理間及單株間根系長度之變方分析

Table 2. Analyses of variance on root lengths of seedling plants of *Magnolia kachirachirai* among four NAA treatments in the air laying marrot experiments

| Source | Mean square | F-value | p-value |
|--------------------|-------------|---------|----------|
| Between treatments | 63.33 | 10.41 | < 0.0001 |
| Within treatments | 89.15 | 14.66 | < 0.0001 |

表 3. 不同處理間之差異性檢定

Table 3. Analyses of variance of root lengths of seedling plants of *Magnolia kachirachirai* between two different NAA treatments in the air laying marrot experiments

| Between treatments | Mean square | F-value | p-value |
|------------------------|-------------|---------|---------|
| 2,000 ppm vs 3,000 ppm | 54.28 | 7.01 | 0.0094 |
| 2,000 ppm vs 5,000 ppm | 0.06 | 0.01 | 0.9299 |
| 3,000 ppm vs 5,000 ppm | 107.50 | 13.88 | 0.0003 |

表 4. 烏心石舅壓條不同濃度藥劑處理之生長狀態、平均發根數、存活率、發根率

Table 4. Rooting and survival rates of seedling plants of *Magnolia kachirachirai* in the air laying marrot experiments with four NAA treatments

| Concentrations | Rooting condition | Number of roots | Survival rate (%) | Rooting rate (%) |
|-----------------|---|-----------------|-------------------|------------------|
| 5,000 ppm | Improperly Rooting | 19 | 30 | 30 |
| 3,000 ppm | Well rooting | 26 | 30 | 20 |
| 2,000 ppm | Poorly Rooting | 15 | 20 | 20 |
| Control (0 ppm) | Growth of connective tissues but no rooting | 0 | 50 | 0 |



圖 3. 利用 4 種不同濃度 NAA 處理烏心石舅高壓試驗苗木之發根型態：A, 控制組僅生長癒合組織，無長根；B, 2,000 ppm 處理後有少量根系；C, 3,000 ppm 處理後可生長多量的側根；D, 5,000 ppm 處理後可生長主根並且有少量的側根。

Fig. 3. Rooting formation of *Magnolia kachirachirai* seedling plants in the air laying marrot experiments with four dosages of NAA treatments: A, at 0 ppm (control) little growth of the connective tissues without root formation; B, at 2,000 ppm some root formation; C, at 3,000 ppm formation of well branched root system; D, at 5,000 ppm formation of a large root stem but poor root branching.

結 論

以高空壓條無性繁殖的方式，配合 NAA 藥劑處理，相較於扦插及嫁接的方式，可以成功培育出具完整根系的植株，且有效縮短發根時間，其中以 NAA 3,000 ppm 的處理，可得到發

根數最多且根系平均長度最長的單株。烏心石舅是台灣特有的植物，此結果可提供研究者，當研究具發根障礙及種子採收不易之植物種類時，作為繁殖復育方法之參考，可為台灣建立更多稀有植物繁殖復育的資料庫。

謝 誌

本研究承行政院農業委員會 93 農科-4.1.1-森-G1(09)之經費補助，林業試驗所邱文良、簡慶德、羅傳壽、江貞儀、楊正釧、陳銘瑄(繪圖)及行政院農業委員會特有生物研究保育中心編輯委員等悉心協助，使本文更加完善，謹此一併致謝。

引用文獻

- 何政坤、張淑華、葉錦瑩。2000。台灣油杉空粒種子形成原因的探討。台灣林業科學 15 (2) : 209-227。
- 呂勝由、邱文良。1996。台灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑(I)。行政院農委會印行。
- 柳檣、徐國士。1971。台灣稀有及有滅絕危機之動植物種類。中華林學季刊4(4): 89-96。
- 徐國士、呂勝由。1984。台灣的稀有植物。渡假出版有限公司。191 頁。
- 徐國士、林則桐、呂勝由、邱文良。1985。墾丁國家公園稀有植物調查報告。墾丁國家公園管理處。101 頁。
- 楊國禎、陳永修、潘富俊。1998。由台灣高士佛試驗地稀有植物論恆春半島的植物區系。海峽兩岸植物多樣性與保育學術研討會論文集。國立自然科學博物館。27-45 頁。
- 蔣鎮宇。2000。烏心石舅的演化與冰河歷史的相關研究。國科會補助專題研究計畫報告。
- 賴明洲。1991。台灣地區植物紅皮書--稀有及瀕危植物種類之認定與保護等級之評定。行政院農委會八十年生態研究第 12 號。
- 蘇鴻傑。1980。台灣稀有及有滅絕危機森林植物之研究。台大實驗林研究報告 125: 165-205。
- Hartmann, H. T., D. E. Kester, F. T. Davies and R. L. Geneve. 1997. Plant propagation: Principles and practices. 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. p. 239-391.
- Sharma, J., G. Knox and M. L. Ishida. 2006. Adventitious rooting of stem cuttings of yellow-flowered magnolia cultivars is influenced by time after budbreak and indole-3-butyric acid. HortScience 41(1): 202-206.
- Stenvall, N., T. Haapala and P. Pulkkinen. 2004. Effect of genotype, age and treatment of stock plants on propagation of hybrid aspen (*Populus tremula*×*Populus tremuloides*) by root cuttings. Scandinavian Journal of Forest Research 19: 1-9.
- Stenvall, N., T. Haapala, S. Aarlahti and P. Pulkkinen. 2005. The effect of soil temperature and light on sprouting and rooting of root cuttings of hybrid aspen clones. Canadian Journal of Forest Research 35: 2671-2678.

A New Record of the Octochaetine Earthworm *Dichogaster saliens* (Beddard, 1892) from the Centro-western Taiwan

台灣新紀錄種蚯蚓 *Dichogaster saliens* (Beddard, 1892)

Huei-Ping Shen and Chu-Fa Tsai

沈慧萍 蔡住發

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

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

Abstract

This paper describes the octochaetine earthworm *Dichogaster saliens* (Beddard, 1892) as a new record from the centro-western Taiwan. It is a small earthworm with two gizzards, belonging to the family Octochaetidae, and widely distributed in the tropical and subtropical zones.

摘要

本文描述一台灣新紀錄種蚯蚓 *Dichogaster saliens* (Beddard, 1892)。其為小型蚯蚓，屬於八毛蚓科 (Octochaetidae) 重胃蚓屬 (*Dichogaster*)，廣泛分布於全球熱帶與副熱帶地區。

Key words: *Dichogaster saliens*, earthworm, Taiwan

關鍵詞：*Dichogaster saliens*、蚯蚓、台灣

Received: October 2, 2006

Accepted: November 24, 2006

收件日期：95年10月2日

接受日期：95年11月24日

Introduction

Microdrilus saliens is a small earthworm with two gizzards. It was described by Beddard (1892) as a new species based on specimens picked out from earth arrived at Kew Gardens, London, England from Singapore, Java and Penang of Malaysia. Eisen (1900) described another new species *Dichogaster crawi* found among roots of plants transported from Honolulu, Hawaii to San Francisco, California. These two species differ slightly in the structure of prostomium and first segment, shape of penial setae and the connection between posterior and anterior calciferous diverticles (Eisen 1900). Later Stephenson (1931a) found *Microdrilus saliens* Beddard, 1892 and *Dichogaster crawi* Eisen, 1900 are synonymous and placed them under *Dichogaster saliens* (Beddard), after examining specimens from Burma and India with characters intermediate between the two species.

Dichogaster saliens is widely distributed in the tropical and subtropical zones. It has been reported from Burma (Stephenson 1931b; Gates 1972), India, Ceylon, Malay Peninsula, Java, Christmas Island, Australia (Michaelsen 1935; Gates 1972; Blakemore 2002), California, El Salvador, Panama, and Africa (Gates 1972). Its discontinuous and transoceanic distribution suggests it to have been widely transported by man. Gates (1958) considered that the Asiatic *Dichogaster* species are presumably all peregrine and distributed by man.

We collected *D. saliens* from bark of rotten dead trees in the yard beside Changyuku Temple in Shengkang, Changhua County of the centrowestern Taiwan, where ten specimens of *Dichogaster bolau* (Michaelsen, 1891) were also collected.

The following description is based on these specimens deposited at the Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan. They were fixed in a 10% formalin-water solution and preserved in a 70% ethyl alcohol-water solution.

Dichogaster saliens (Beddard, 1892)

Microdrilus saliens Beddard, 1892: 683.

Dichogaster crawi Eisen, 1900: 228. -Stephenson, 1920: 258.

Dichogaster saliens -Michaelsen, 1900: 343; 1935: 102. -Stephenson, 1931a: 65; 1931b: 199. -Gates, 1935: 93; 1938: 220; 1942: 134; 1958: 620; 1961: 57; 1972: 281.

Materials examined. -Eight mature (clitellate, one dissected) and two immature (acitellate) specimens collected from Shengkang, Changhua County, Taiwan on 19 June 2003 by M. H. Shen, R. C. Jang and H. P. Shen (coll. no. 2003-22-Shen).

Description. -Length (mature) 25-40 mm, weight 0.05-0.15g, diameter 1.7-2.7 mm. Segment number 103-125. Prostomium epilobous. First dorsal pore in 4/5 or 5/6. Setae lumbricin (eight setae per segment), small and closely paired on ventrum, aa:ab:bc:cd=3:1:3:1, ab modified as penial setae in XVII and usually lacking in XVIII. Clitellum XIII-XIX (Fig. 1A), annular but thinner in aa, 1.7-3.2 mm in length, 1.4-2.3 mm in width. Spermathecal pores two pairs in 7/8 and 8/9, medio-ventral, in line with seta a (Fig. 1B). Female pores paired in XIV, each medial to seta a. Genital marking medio-ventral, round, across 15/16. Male pores at posterior ends of grooves within closely paired, transversely diamond-shaped porophores in XVII (Fig. 1A). Specimens brown in color on

anterior dorsum and yellow around clitellum.

Septa thick from 1/2; 5/6-7/8 missing. Crop large in VI. Two muscular gizzards in VII and VIII, yellowish, barrel-shaped, displaced posteriorly to IX and X. Intestine enlarged in XVII. Esophageal hearts in X-XII. Calciferous glands three pairs in XV-XVII, digiform; the first two pairs white in color, the last pair yellowish without external lamellae. Nephridia meroic, saccular, four rows

on each side. Spermathecae small, two pairs in VIII and IX (Fig. 1C). Ampulla oval about 0.25 mm long, with a twist stalk bearing small, spherical, shiny diverticulum. Ovaries flowery in XIII.

Holandry: testes paired in X and XI, small, round. Seminal vesicles lacking or very small in XI, XII or XIII. Prostate glands single pair in XVII, long, tubular to tapered, twist duct with penial setae at the end (Fig. 1D).

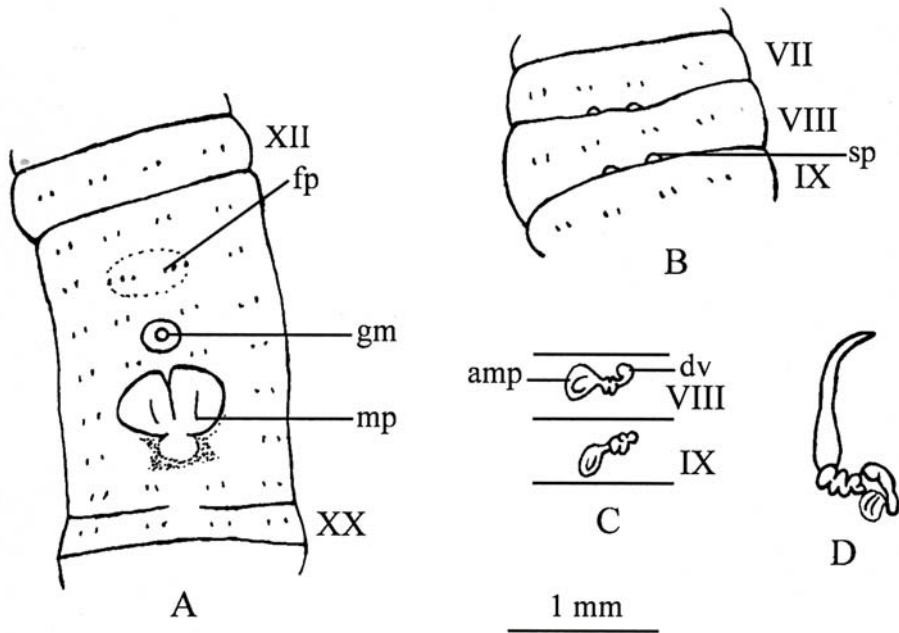


Fig. 1. *Dichogaster saliens* (Beddard): A, ventral view of clitellum and male pore region (fp, female pore; mp, male pore; gm, genital marking); B, ventral view of spermathecal pore region (sp, spermathecal pore); C, dorsal view of left spermathecae (amp, ampulla; dv, diverticulum); D, dorsal view of left prostate gland.

Remarks. -Ohfuchi (1957) described *Dichogaster hatomaana* as a new species from Hatoma-jima near Iriomote. It is also a small earthworm with body length of 40-60 mm and diameter of 1.5 mm. Easton (1981) considered that the description

of *D. hatomaana* provided by Ohfuchi (1957) is indistinguishable from that of *D. saliens*. Although most characters between these two species look similar, the narrow genital zone commenced from segment XV and ended in segment XVII described

and illustrated by Ohfuchi (1957) distinctively differ from that of *D. saliens*. Therefore, *D. hatomaana* is retained as a valid species in this study.

Acknowledgements

We are grateful to Messrs. M. H. Shen and R. C. Jang who assisted in field collections.

Literature Cited

- Beddard, F. E. 1892. On some new species of earthworms from various parts of the world. Proceedings of the Zoological Society of London 1892: 666-706.
- Blakemore, R. J. 2002. Cosmopolitan earthworms—an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world. CD-ROM. VermEcology, Australia.
- Easton, E. G. 1981. Japanese earthworms: A synopsis of the Megadrile species (Oligochaeta). Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology) 40(2): 33-65.
- Eisen, G. 1900. Researches on American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific Coast and adjacent islands. Proceedings of the California Academy of Sciences 2: 85-276.
- Gates, G. E. 1935. On some earthworms from East Perak and Christmas Island. Bulletin of the Raffles Museum 10: 80-95.
- Gates, G. E. 1938. Earthworms from the Malay Peninsula. Bulletin of the Raffles Museum 14: 206-222.
- Gates, G. E. 1942. Notes on various peregrine earthworms. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College 89(3): 63-144.
- Gates, G. E. 1958. On Burmese earthworms of the megascolecid subfamily Octochaetinae. Annals and Magazine of Natural History, Series 13, 1: 609-624.
- Gates, G. E. 1961. Earthworms of Burma. Burma Research Society Fiftieth Anniversary Publications No. 1: 51-58.
- Gates, G. E. 1972. Burmese earthworms: An introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. Transactions of the American Philosophical Society 62(7): 1-326.
- Michaelsen, W. 1900. Oligochaeta. Das Tierreich 10: 1-575.
- Michaelsen, W. 1935. Oligochaeta from Christmas Island, south of Java. Annals and Magazine of Natural History, Series 10, 15: 100-108.
- Ohfuchi, S. 1957. On a collection of the terrestrial Oligochaeta obtained from the various localities in Riu-Kiu islands, together with the consideration of their geographic distribution (Part II). Journal of Agricultural Science Tokyo Nogyo Daigaku 3(2): 243-261.
- Stephenson, J. 1920. On a collection of Oligochaeta from the lesser known parts of India and from eastern Persia. Memoirs of the Indian Museum 7(3): 191-261.
- Stephenson, J. 1931a. Oligochaeta from Burma, Kenya, and other parts of the world. Proceedings of the Zoological Society of London 1931: 33-92.
- Stephenson, J. 1931b. Descriptions of Indian Oligochaeta. II. Records of the Indian Museum 33: 173-202.

小冠薰—台灣一種稀少的唇形科植物

Basilicum polystachyon (L.) Moench a Rare Mint in Taiwan

謝宗欣

Tsung-Hsin Hsieh

台南大學生物科技學系 台南市樹林街二段 33 號

Department of Biological Sciences and Technology, National University of Tainan, Tainan, Taiwan

摘 要

小冠薰(*Basilicum polystachyon* (L.) Moench)為唇形科(Lamiaceae)小冠薰屬植物，廣泛分布於熱帶非洲、亞洲和澳大利亞。本種日治時期被發現分布於台灣的南部，光復後未見採集紀錄，根據最近野外採集資料指出本種分布於台灣南部開闢荒廢地。本文描述其分類特徵、照片和分布，並首次報導其為 6 溝花粉，表面具網狀紋飾且染色體 $2n=60$ 。

Abstract

Basilicum polystachyon (L.) Moench belonging to the mint family Lamiaceae is widely distributed in tropical regions of Africa, Asia and Australia. It was first reported from Taiwan in 1929, but because of its rarity, very few specimens have been collected. This paper describes *B. polystachyon* with color photographs and SEM microphotographs of its pollen grains and nutlets, and provides its chromosome number ($2n=60$), taxonomic notes, and distribution in Taiwan.

關鍵詞：小冠薰、唇形科、分類學、台灣

Key words: *Basilicum polystachyon*, Lamiaceae, taxonomy, Taiwan

收件日期：95 年 5 月 10 日

接受日期：95 年 11 月 6 日

Received: May 10, 2006

Accepted: November 6, 2006

緒 言

小冠薰屬(*Basilicum* Moench) (唇形科; Lamiaceae)約有 7 種, 分布於熱帶非洲、亞洲和澳大利亞(Huang *et al.* 1998)。但僅有小冠薰(*Basilicum polystachyon* (L.) Moench)一種廣泛分布於熱帶非洲、亞洲和澳大利亞; 在東南亞地區, 本種廣泛分布於蘇門達臘、馬來半島、爪哇、小巽他群島、婆羅洲、菲律賓賓、西里伯島、摩鹿加島和新幾內亞(Keng 1969)。

本種植物在台灣最早被英人 Henry 採自台灣的南部, 但僅加以編號為唇形科植物(No. 816 & 817)而未加以鑑定(Henry 1896); 日人 Kudo 首先發表本種分布於台灣地區和海南島, 但並未記載詳細分布地點(Kudo 1929), 其後 Yamamoto 檢視英人 Henry 採自台灣的標本(鵝鸞鼻, Henry 362; 屏東, Henry 544, 1194), 確認上述標本為小冠薰, 分布於台灣南部地區(Yamamoto 1934); Mori 記載本種植物分布於高雄(Mori 1936); 光復後則少有採集紀錄, 由於本種植物十分少見, 台灣植物誌第一版(Huang and Cheng 1978)和第二版(Huang *et al.* 1998)的唇形科中皆引證日治時期 Hosokawa 採自屏東縣小琉球嶼(Hosokawa 1831)的標本, 此標本並被用來繪圖(pl. 190)(Huang *et al.* 1998)。但目前作者在台灣大學生命科學系植物標本館(TAI)和林業試驗所植物標本館(TAIF)皆未找到此標本。中國植物志也記錄本種分布於廣東海南和台灣地區, 但是並未引證標本(Li 1977)。因此本種植物在台灣地區可以說十分少見。

作者近年來於台灣南部地區採獲此種植物(圖 1), 本文根據文獻、標本和野外實地調查說明本種分布於台灣地區及其相關特性。

材料與方法

採自高雄縣湖內的新鮮植物(*T. H. Hsieh 2410*)移植於台南大學蔭棚中栽種, 待植株長出新根後, 切取根尖約 1 cm 置於 70 ppm cycloheximide 和 250 ppm 8-hydroxyquinone (1:1)混合液中在 18-20°C 下前處理 3-4 hr, 接著移至 45% acetic acid 和 absolute ethanol (1:3)混合液中固定 1-3 hr 後, 存放於 -20°C 之 70% ethanol 中; 根尖在 60°C 的 1N HCl 浸泡 1-3 min, 在 4% pectinase 溶液中解離 1-2 hr; 使用 Sharma 溶液染色 8-10 min (Sharma 1982), 壓片後置於光學顯微鏡(Eclipse E400, Nikon)觀察和照相。

花粉取自新鮮花藥, 乾燥後置於離心管中, 使用 Erdtman 的酸分解法(Erdtman 1952); 酸化處理後的花粉粒使用酒精系列脫水, 經氣乾後貼於鋁台上鍍金, 置於掃描式電子顯微鏡下(3000N, Hitachi)觀察和照相。小堅果置於乾燥櫃內 24 h, 貼於鋁台上鍍金, 置於前述電子顯微鏡下觀察和照相。

性狀描述

小冠薰

Basilicum polystachyon (L.) Moench, Suppl. Meth. Pl. 143. 1802; Li, Fl. Reipubl. Popul. Sin. 66: 555. 1977; Huang *et* Cheng, Fl. Taiwan 4: 451. 1978; Li *et* Hedge, Fl. China 17: 295. 1994; Huang *et al.*, Fl. Taiwan 2nd ed. 4: 445. pl. 190. 1998.

Ocimum polystachyon L., Mant. 2: 567. 1771.

Moschosma polystachyon (L.) Benth. in Wall., Pl. Asiat. Rar. 2: 13. 1831; Kudo in Mem. Fac. Sci. Agric. Taihoko Univ. 2: 111. 1929; Yamamoto, J. Soc. Trop. Agr. 6: 557. 1934; Mori in Masamune, Short Fl. Formos. 184. 1936.

(以下描述根據台灣的標本)



圖 1. 小冠薰植株形態(A)和花序(B)。箭頭所示之花，其花冠下唇不均等 2 裂。

Fig. 1. Habit (A) and inflorescence (B) of *Basilicum polystachyon* (L.) Moench from Taiwan (arrowheads, flowers with unequally 2-lobed lower lip).

一年或多年生草本，直立，高可達 100 cm。莖方形，多分枝，平滑或疏披逆向柔毛，節上有柔毛。葉三角狀卵圓形或卵圓狀披針形，長 3-7 cm，寬 1.2-3 cm，先端銳尖，基部楔形，邊緣鋸齒狀，膜質，兩面光滑，披金黃色腺點，側脈 4-5 對；葉柄光滑，或散生稀疏毛，1.5-3.5 cm 長。輪繖花序每節 6-10 朵花，單側生長，再組成總狀花序，頂生於側枝上，長 3-6 cm (果期可延長至 10 cm)，苞片細小，卵形，長約 1.5 mm，先端銳尖，披微柔毛；花萼長約 1.5 mm，卵圓狀鐘形，基部外側有剛毛，散生金黃色腺

點，5 裂，形成上下 2 唇形，上唇中裂片最大，寬卵形，先端鈍，兩側裂片較小，三角形，銳尖，下唇 2 裂，裂片狹長三角形；花冠白色或粉紅色，管狀，2.5 mm 長，上下 2 唇形，上唇 3 裂，中裂片較大，卵圓形，全緣，或中裂片前端有時微凹，外面散生金黃色腺點，內側具粉紅色斑點，下唇單一，長卵形，與上唇略等長；雄蕊 4 枚，約與花冠等長，二強，下傾；花藥 2 室；花柱棍棒狀，柱頭淺 2 裂。小堅果縱橢球形，褐色，背腹稍扁，長約 7 mm，表面具圓形網狀突起條紋。

花期：4-9月。

果期：5-10月。

分布：台灣南部地區和小琉球嶼，生於開闊地上陽光充足處。

觀察標本：台南縣：鹽水，28 Oct 1987, *M. T. Kao 10659* (TAI, 台灣大學生命科學系標本館)；林鳳營，1 Oct 2004, *C. L. Huang s. n.* (NUTN, 台南大學生物科技系標本室)；高雄縣：湖內，10 Apr 2000, *T. H. Hsieh 2410* (NUTN)。

註：本種植物花冠上下2唇形，上唇裂片數目有不同描述，有描述為4裂片(Kudo 1929; Paton 2003)，有描述為3裂片(Keng 1969; Li 1977; Li and Hedge 1994)，台灣的植物上唇為3裂片，此結果與海南島及南洋群島相同；下唇單一，但是有少數花下唇呈現不均等2裂(如圖1B箭頭所示之花)。

Huang (1972)曾經研究台灣被子植物之花粉，但並未報導本種(Huang 1972)。本種花粉球狀縱橢圓形，具6溝，溝細長，表面具網狀紋飾，其下有明顯之圓柱層(圖2A-D)。

本文並首次報導小冠薰根尖細胞染色體數目為 $2n=60$ (圖3)。

小冠薰在熱帶亞洲地區分布於開闊的荒廢地或稻田中，成爲一種雜草(Keng 1969)；在中國境內生於荒地、溪旁灌叢及谷地中，海拔達800m (Li 1977; Li and Hedge 1994)。台灣爲本種在亞洲最北的分布區，日本植物誌中並無本種之紀錄(Murata and Yamazaki 1993)。台灣地區分布於南部地區和小琉球嶼，生於開闊地上陽光充足處。可能因爲氣候較熱帶地區冷，族群不易擴張，或是低海拔地區大量被開發，生育地消失，以致目前甚爲少見。

謝 誌

感謝台灣大學生命科學系植物標本館楊綉玉小姐在查閱標本上的協助；二位審查委員費心審閱文章並提供寶貴意見，使本文更加完

善，謹此致上無限謝意。

引用文獻

- Erdtman, G. 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. The Chronica Botanica Co. Waltham, Mass., USA. pp. 539.
- Henry, A. 1896. A list of the plants from Formosa with some preliminary remarks on the geography, nature of the flora and economic botany of the island. Transactions of the Asiatic Society Japan 24 (Suppl.): 1-118.
- Huang, T. C. 1972. Pollen Flora of Taiwan. National Taiwan University Botany Department Press, Taipei, Taiwan. pp. 297.
- Huang, T. C. and W. T. Cheng. 1978. Labiatae. In: H. L. Li *et al.* (eds.). Flora of Taiwan 4: 439-529. Epoch Publishing Co., Ltd., Taipei, Taiwan.
- Huang, T. C., T. H. Hsieh and W. T. Cheng. 1998. Labiatae. In: T. C. Huang *et al.* (eds.). Flora of Taiwan, 2nd ed. 4: 432-548. Editorial Committee, Dept. Bot., NTU, Taipei, Taiwan.
- Keng, H. 1969. Flora Malesianae Procursores XLVIII. A revision of Malesian Labiatae. Gardens' Bulletin, Singapore 24: 13-180.
- Kudo, Y. 1929. Labiatarum Sino-Japonicarum Prodrum. Memorial of Faculty of Science and Agriculture, Taihoku Imperial University 2(2): 37- 332.
- Li, H. W. 1977. *Basilicum*. In: C. Y. Wu and H. W. Li (eds.). Flora Reipublicae Popularis Sinicae 66: 555-559. Science Press, Beijing.
- Li, X. and I. C. Hedge. 1994. Lamiaceae. In: Wu, Z. and P. H. Raven (eds.). Flora of China 17: 50-299. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA.
- Mori, K. 1936. Labiatae. In: G. Masamune (eds.).

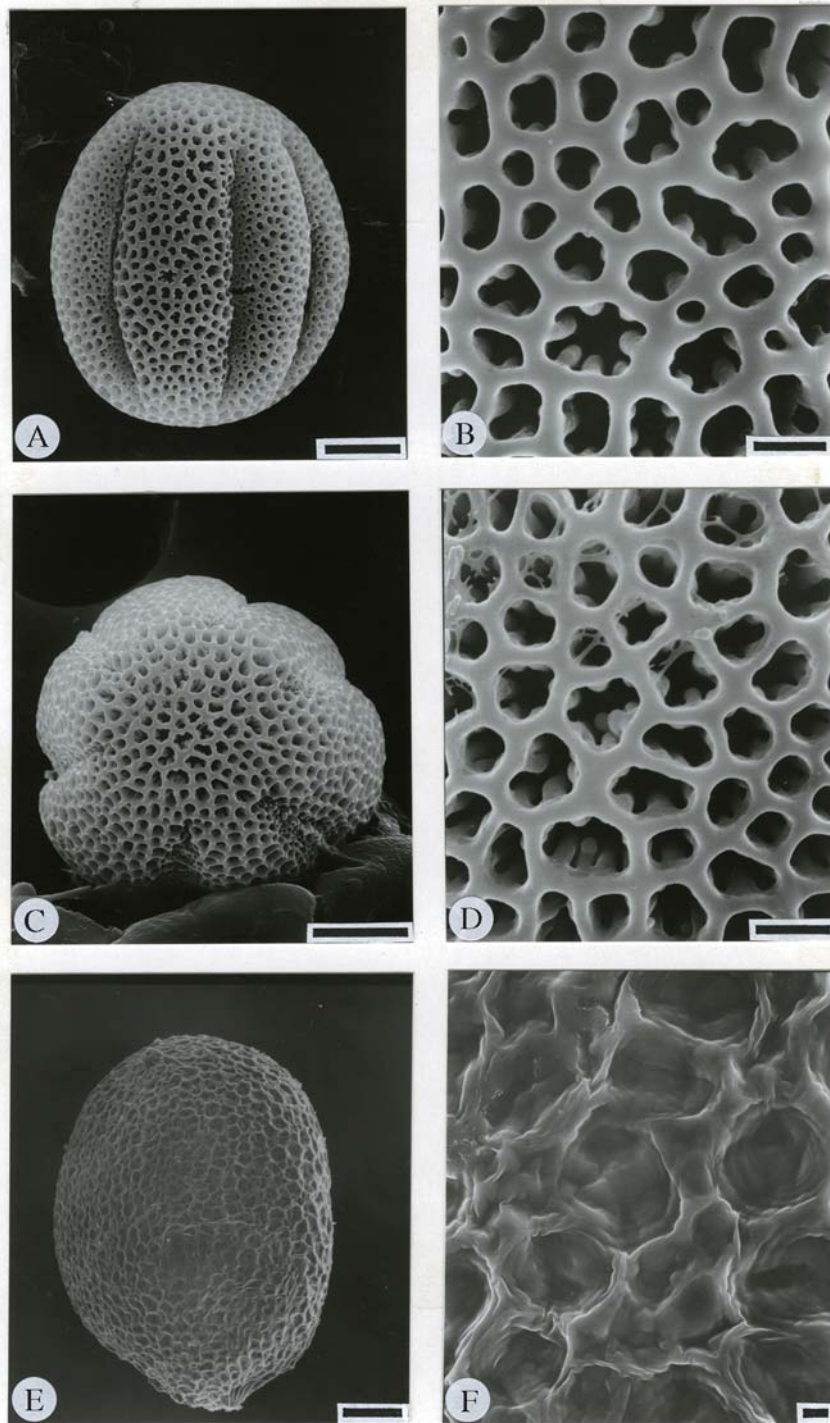


圖 2. 小冠薰花粉和小堅果掃描式電子顯微鏡照相圖。A 和 B：花粉赤道面和網狀的外壁紋飾；C 和 D：花粉極面 6 溝和網狀的外壁紋飾；E 和 F：小堅果表面具網狀突起條紋。A, C 和 F 之比例尺=5 μm ，B 和 D 之比例尺=1 μm ，E 比例尺=100 μm 。

Fig. 2. SEM micrographs of pollen grains and nutlet of *Basilicum polystachyon* (L.) Moench from Taiwan. A and B, equatorial view of a pollen grain with reticulate tectum; C and D, polar view of 6-colpate pollen grain with reticulate tectum; E and F, nutlet with reticulate surface (bars=5 μm for A, C and F; 1 μm for B and D, and 100 μm for E).

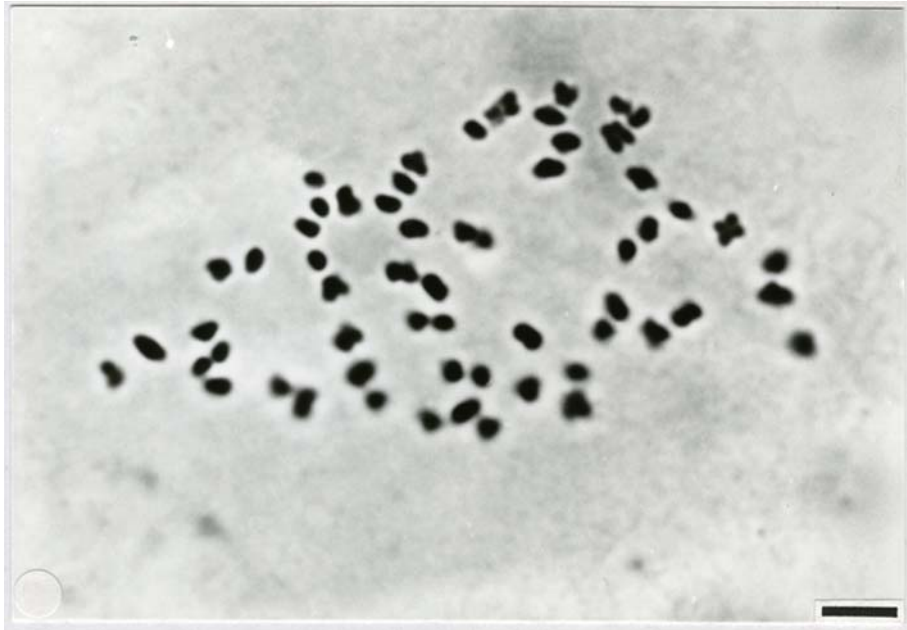


圖 3. 小冠薰染色體。根尖細胞染色體數目為 $2n=60$ 。比例尺=5 μm 。

Fig. 3. Somatic chromosomes ($2n=60$) of *Basilicum polystachyon* (L.) Moench from Taiwan (bar=5 μm).

Short Flora of Formosa. pp. 182-187.

Murata, J. and T. Yamazaki. 1993. Lamiaceae. *In*: K. Iwatsuki, T. Yamazaki, D. E. Boufford and H. Ohba (eds.). Flora of Japan, Vol. 3 (a), Kodansha, Tokyo. pp. 272-321.

Paton, A. 2003. Ociminae. *In*: K. Kubitzki (eds.). The Family and Genera of Vascular Plants 7: 259-263. Springer-Verlag, Berlin.

Sharma, H. C. 1982. A technique for somatic counts from root tips of cereal seedlings raised by embryo culture. *Current Science* 51: 143-144.

Yamamoto, Y. 1934. Observations Floram Formosanum. X. *Journal of the Society of Tropical Agriculture* 6(3): 549-564.

「特有生物研究」稿約

壹、一般說明

- 一、「特有生物研究」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自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表者為限。
- 二、本刊為半年刊，每年元月及七月出版，隨時接受投稿。
- 三、刊登稿件分四類：
 - (一) 研究報告(Research article)：學理或事實探討之原始研究報告，需分章節。
 - (二) 研究短報(Research note)：試驗技術發展與改進之摘要報告，或正在進行而有初步結果者，不需分章節。
 - (三) 學術論述(Review)：針對某一專題就已發表之研究成果加以綜合性評論。
 - (四) 專論(Monograph)：針對專門議題之論著或分析探討。
- 四、撰稿中、英文均可，來稿請寄送完整文稿一式三份。原圖、表及電腦磁片俟審查通過後再通知寄送。
- 五、經本刊接受刊登之稿件，作者即自動放棄著作權，版權歸行政院農業委員會特有生物研究保育中心所有。
- 六、稿件無稿酬，但經刊登之文稿贈送抽印本 50 冊，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。
- 七、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽注意見或修改，如需修改者再送請作者自行補充修正，作者應於收稿二週內完成修正，如於收稿二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。
- 八、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「特有生物研究」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. 摘要，4. 關鍵詞，5. 緒言，6. 材料與方法，7. 結果與討論(可分列)，8. 結論(可省略)，9. 謝誌(可省略)，10. 引用文獻等順序撰寫；其中 1. 至 4. 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。

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、題目以三十字為限。
- 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；作者若為兩名，姓名間以“and”連接；若為三名或以上，除最後一名與其前一名間以“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。

五、稿件全部內容包括文字、圖、表、相片及引用文獻等，研究報告以不超過 10 印刷頁(約 18,000 字)為原則；學術論述及專論以不超過 15 印刷頁(約 27,000 字)為原則；研究短報則以不超過 4 印刷頁(約 7,200 字)為原則。

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 3 公分，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，標題需中英文並列，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、發表刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

例：1. 中、日文期刊：柳檜、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.

ENDEMIC SPECIES RESEARCH

Vol. 9, No. 1

January 2007

Contents

| | |
|---|----|
| Genetic Patterns and Biogeographic Origins of the Exotic Rodent (<i>Rattus exulans</i>) in Taiwan.....Jui-Hua Chu, Yu-Jen Tsao, Yuan-Ju Chuang, Huang-Chi Chen, Yao-Sung Lin and Hai-Yin Wu | 1 |
| The Diet of Tawny Owls (<i>Strix aluco</i>) Analyzed by Their Pellets on Roadsides in Mountain Areas of the Central Taiwan.....Wen-Loung Lin, Yin Wang and Hui-Yun Tseng | 13 |
| Comparison of Breeding Ecology of Zitting Cisticola (<i>Cisticola juncidis</i>) and Tawny-Flanked Prinia (<i>Prinia subflava</i>) in the Rice Paddy.....Liu-Chih Lo and Feng-Mao Cheng | 23 |
| Butterfly Fauna and Nectar Plants at the Chinghsien Ecological Park, Taichung City, Central Taiwan.....Dah-Wei Li | 37 |
| Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi (VAMF) Symbiotic with Pioneer Plants at Mt. Jiujiufong after the 921 Earthquakes.....Tzy-Chau Lin and Chi-Guang Wu | 51 |
| A Comparison of Three Agamic Methods on Rooting of <i>Magnolia kachirachirai</i> Seedling Plants.....Kun-Yun Hong, Zong-Fang Lee and Fuh-Jiunn Pan | 63 |
| A New Record of the Octochaetine Earthworm <i>Dichogaster saliens</i> (Beddard, 1892) from the Centro-western Taiwan.....Huei-Ping Shen and Chu-Fa Tsai | 71 |
| <i>Basilicum polystachyon</i> (L.) Moench a Rare Mint in Taiwan.....Tsung-Hsin Hsieh | 75 |

Published by Endemic Species Research Institute,
Council of Agriculture, Jiji, Nantou, Taiwan, ROC

ISSN 1561-3771



9 771561 377009

GPN 2009000545
定價：新台幣100元整