

ENDEMIC SPECIES RESEARCH

Vol. 10, No. 1
January 2008

特有生物研究

特有生物研究

第十卷第一期
中華民國九十七年元月

Contents

Diet of Eastern Grass Owl (<i>Tyto longimembris</i>) Nestlings in Southern Taiwan.....	1
.....Yi-Shuo Tseng, Cheng-Te Yao, Chih-Cheng Tseng and Shih-Chung Lin	
Breeding Traits of Three Species of Birds in Nest Boxes at Guan-Yuan in the Taroko National Park.....	7
.....Ming-Tang Shiao, Mei-Chen Chuang and Ying Wang	
Furled Banana Leaves as Roost for the Formosan Tube-nosed Bat (<i>Murina puta</i>).....	19
.....Cheng-Han Chou, Chao-Lung Hsu, Meng-Hsien Chuang and Ling-Ling Lee	
Identification of Chipmunks Sold in Pet Shops of Taiwan.....	25
.....Shih-Wei Chang	
Induced Spawning and Larval Development of the Half-striped Barb <i>Puntius semifasciolatus</i> (Günther, 1868).....	35
.....Hong-Thih Lai, Shao-Ju Weng, Jui-Tsung Chang, Cherng-Chung Tsay and Jhy-Yun Shy	
Butterfly Diversity and Abundance in Relation to Environmental Factors in the Nan-San River Basin.....	45
.....Yaw-Long Yang and Ping-Shih Yang	
Spectrum Reflectance of an Exotic Plant <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit in the Kenting National Park.....	73
.....Yu-Chu Feng and Chaur-Tzuhn Chen	
A New Record of the Exotic Ocnodrilid Earthworm <i>Eukerria saltensis</i> (Beddard, 1895) from Taiwan.....	85
.....Huei-Ping Shen, Su-Chen Tsai and Chu-Fa Tsai	

第十卷第一期

行政院農業委員會特有生物研究保育中心

編印

目錄

台灣南部地區東方草鴞在育雛期間的食性分析	1
.....曾翌碩、姚正得、曾志成、林世忠	
太魯閣國家公園關原地區三種利用巢箱鳥類之繁殖特徵.....	7
.....蕭明堂、莊美真、王穎	
台灣管鼻蝠 (<i>Murina puta</i>) 棲居於香蕉葉之發現紀錄	19
.....周政翰、徐昭龍、莊孟憲、李玲玲	
台灣寵物店花栗鼠的物種鑑定.....	25
.....張仕緯	
條紋小鯽 <i>Puntius semifasciolatus</i> (Günther, 1868) 人工繁養殖及幼苗發育	35
.....賴弘智、翁紹儒、張瑞宗、蔡澄崇、施志昫	
南山溪蝴蝶多樣性的相關因子分析.....	45
.....楊耀隆、楊平世	
墾丁國家公園銀合歡植群之光譜反射特徵研究.....	73
.....馮郁筑、陳朝圳	
A New Record of the Exotic Ocnodrilid Earthworm <i>Eukerria saltensis</i> (Beddard, 1895) from Taiwan.....	85
.....Huei-Ping Shen, Su-Chen Tsai and Chu-Fa Tsai	

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



GPN : 2009000545
定價：新台幣100元整

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 編印
南投、集集

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／中華民國九十七年元月
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／

五南文化廣場 04-22260330

台中市中山路 2 號

特有生物研究保育中心員工消費合作社

集集鎮民生東路 1 號

049-2762490

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 2008

GPN: 2009000545

ISSN: 1561-3771

台灣南部地區東方草鴉在育雛期間的食性分析

Diet of Eastern Grass Owl (*Tyto longimembris*) Nestlings in Southern Taiwan

曾翌碩¹ 姚正得^{2, 3, *} 曾志成⁴ 林世忠⁴

Yi-Shuo Tseng¹, Cheng-Te Yao^{2, 3, *}, Chih-Cheng Tseng⁴ and Shih-Chung Lin⁴

¹ 民翔環境生態研究有限公司 台中市南區仁和路 129 巷 18 號

² 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

³ 國立成功大學生命科學系 台南市大學路 1 號

⁴ 高雄市野鳥學會 高雄市新興區林森一路 189 號 12 樓

¹ Minshiang Environmental & Ecological Research Co., Ltd., Taichung, Taiwan

² Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

³ Department of Life Science, National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

⁴ Kaohsiung Wild Bird Society, Kaohsiung, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘要

東方草鴉(*Tyto longimembris* Jerdon 1839)在台灣地區為稀有的留鳥，主要分布在台灣西南部低海拔地區。2003-2005 年間在高雄縣旗山鎮中寮山地區記錄到 3 個草鴉所使用的繁殖巢區。巢位出入口由植株高度較低(60-80 cm)的白茅(*Imperata cylindrica*)所組成，通道高度約為 30 cm，後方連接較高大(2-3m)之甜根子草(*Saccharum spontaneum*)、五節芒(*Miscanthus floridulus*)等禾本科植物所組成的巢室，面積約為 180 cm×130 cm。每窩幼雛數為 2-4 隻(n=3)。從巢區所拾獲的 43 顆食繭(2003-2004年)分析結果，旗山地區東方草鴉育雛期間的獵物組成以小型獸類為主，可辨識的種類及數量共計有 6 種 77 隻，包括鬼鼠(*Bandicota indica*) 26 隻、月鼠(*Mus caroli*) 25 隻、小黃腹鼠(*Rattus losea*) 17 隻、赤背條鼠(*Apodemus agrarius*) 4 隻和白齒鼯(*Crocidura* spp.) 4 隻，鳥類有

1 種 1 隻紅鳩(*Streptopelia tranquebarica*)，另外在巢區曾發現台灣野兔(*Lepus sinensis formosus*)幼體殘骸。

Abstract

The eastern grass owl (*Tyto longimembris* Jerdon 1839) is a rare species of the birds belonging to the family Tytonidae in Taiwan. It is scatteringly found in the low-land areas of the south-western Taiwan, and its biology and feeding ecology have been little investigated. We found three nests of this owl in the Chung-liao-san area of Kaohsiung in 2003 to 2005. They were built on the ground and covered by dense tall grasses with a tunnel-like entrance made of short grasses. The brood sizes were 2 to 4. We collected and examined 43 owl pellets from the nests, and identified 77 prey items in the pellets. They were 26 items of *Bandicota indica*, 25 of *Mus caroli*, 17 of *Rattus losea*, 4 of *Apodemus agrarius*, 4 of *Crocidura* spp. and 1 of *Streptopelia tranquebarica*. Also, partial remains of the Formosan hare (*Lepus sinensis formosus*) were found near one of the nests.

關鍵詞：東方草鴞、食性、食繭、幼雛期

Key words: eastern grass owl, *Tyto longimembris*, diet, pellet, nestling stage

收件日期：96年5月10日

接受日期：96年9月11日

Received: May 10, 2007

Accepted: September 11, 2007

東方草鴞(*Tyto longimembris* Jerdon 1839)是華盛頓公約(CITES)中附錄II及我國野生動物保育法列為珍貴稀有的保育類野生動物。本種分布於東亞和澳洲，台灣地區的族群為特有亞種(*T. l. pithecopis*) (del Hoyo *et al.* 1999；方 2005)，屬於相當罕見的稀有留鳥(方 2005)。自 1996-2005 年間僅有 49 筆野外的發現紀錄(曾翌碩，未發表資料)。其中 44 筆出現於嘉義縣以南至屏東縣之間的西南部低海拔地區，大部分紀錄來自於空軍基地內為防範鳥撞擊航空器所架設的霧網意外捕獲。研究期間分別於台南和高雄縣境內丘陵地區發現的 7 筆繁殖紀

錄，顯示草鴞在台灣繁殖期間為 10 月至隔年 3 月(曾翌碩，未發表資料)。本研究 2003-2005 年在高雄縣旗山鎮中寮山地區連續記錄到 3 個草鴞所使用的繁殖巢，現場環境為泥火山惡地形地質，地表植被幾乎均為白茅(*Imperata cylindrica*)、甜根子草(*Saccharum spontaneum*)和五節芒(*Miscanthus floridulus*)等優勢種類所組成的大片草生地。不同年間所發現的築巢位置雖略有變動，但是巢位周邊的植被環境特徵則大致相同，巢位出入口均為由植株高度較低(60-80 cm)的白茅所組成，通道高度約為 30 cm，後方連接較高大(2-3m)之甜根子草、



圖 1. 草鴞巢區環境分別由高度較低的白茅和高大的甜根子草等草種組成。

Fig. 1. A nest of the eastern grass owl on the ground covered by tall grasses.



圖 2. 離巢後的巢室近攝，地面散落食糞和不明原因死亡的幼雛屍體。

Fig. 2. The pellets and remains of a dead nestling found near the nest of the eastern grass owl.



圖 3. 自巢區探出洞口張望的草鴞幼雛(李文化攝)。

Fig. 3. A fledgling of the eastern grass owl (photographed by Mr. Wen-Hwa Li).



圖 4. 處理後的草鴞食糞，根據殘留的頭骨和上下顎等構造可以作為物種及數量的估算。

Fig. 4. The skull and skeleton remains of small mammalian preys in pellets of the eastern grass owl.

五節芒等禾本科植物所組成的巢室。實際測量 2003 年所發現的巢室面積約為 180 cm×130 cm。曾於繁殖期間觀察到雄鳥日間在出入洞口擔任警戒。2003 年量測巢內 1 枚未受精卵的大小為 42.77 mm×33.38 mm。2003、2004 及 2005 年觀察之每窩幼雛數分別為 3、4 及 2 隻。

以 2003-2004 年於東方草鴉巢區所拾獲的 43 顆食糞進行內容物分析，於拆解前測量結構完整的 39 個食糞，其平均長度、長徑、短徑分別為 51.5±10.8 mm、39.0±5.2 mm 及 22.7±4.1 mm。拆解後利用獵物所殘留的頭骨、上下顎、鳥喙、昆蟲大顎等無法消化的構造作為種類鑑定和數量計算依據(Clark 1975; Yalden 2003)，每個食糞內可分辨的個體數從 1-5 隻不等，獵物種數則為 1-3 種。東方草鴉於育雛期間的食物組成以囓齒類為主，可辨識的種類及數量共計有 6 種 77 隻，其獵物組成分別為鬼鼠(*Bandicota indica*) 26 隻(33.8%)、月鼠(*Mus caroli*) 25 隻(32.5%)、小黃腹鼠(*Rattus losea*) 17 隻(22.1%)、赤背條鼠(*Apodemus agrarius*) 4 隻(5.2%)和白齒鼯(*Crocidura* spp.) 4 隻(5.2%)，鳥類只有紅鳩(*Streptopelia tranquebarica*) 1 隻(1.2%)，另外 2004 年在巢區曾發現台灣野兔(*Lepus sinensis formosus*)幼體殘骸。Lin *et al.* (2007)分析台南地區草鴉巢區食糞內獵物組成以小黃腹鼠的出現數量最多，本研究的獵物組成則以鬼鼠的數量最優勢。一般而言，體型較大的獵物能提供的能量也較多，Bellocq (1998)發現倉鴉(*Tyto alba*)在繁殖期間為了滿足育雛期間的能量需求，會傾向捕捉體型較大的獵物種類。分析不同種類獵物在 43 顆食糞內的出現頻度，以鬼鼠(51.2%)和小黃腹鼠(37.2%) 2 種體型較大的鼠類於食糞中出現的頻度較高，而體型較小的月鼠和赤背條鼠在食糞內的出現頻度分別為 25.6%和 7.0%。進一步檢視從食糞內找到的鬼鼠下顎骨(n=12)中，有 91.7%判定為未成熟個體，此與 Lay (1974)的研究結果類似，顯示環境中經驗不足或發育尚未成熟的亞成鼠和幼鼠

較容易遭到天敵的捕捉。另一方面，由於成熟鬼鼠的體重可達 885g (鄭 1990)，遠高於東方草鴉體重(507.4±50.1g; n=7)(曾翌碩，未發表資料)，獵物的體重會成為獵食者捕捉能力的限制因子(Rohner *et al.* 1995)，但是未成熟的個體則仍然可能成為掠食者捕食的對象。東方草鴉的繁殖區內，還有另外 1 種共域的短耳鴉(*Asio flammeus*)，短耳鴉在台灣地區屬於冬候鳥(沙 1998)，出現時間為 9 月至隔年 4 月，其平均體重為 353.8±36.7g (林及葉 2002)；經由食糞分析探討其獵物組成，發現其獵物以體型較小的月鼠和赤背條鼠占大部分(曾 2005)。推測草鴉和短耳鴉這兩種夜行性猛禽在秋、冬季共域期間，可能具有食性偏好上的差異。類似的食性區隔現象，也發生在非洲草鴉(*Tyto capensis*)與倉鴉這兩種共域的貓頭鷹，兩種共域的環境下，體型較大的鼠類只在非洲草鴉的食糞內出現，兩者所捕捉的獵物組成差異極大(Happold and Happold 1986)。草鴉和短耳鴉這兩種共域物種是否也以食性區隔的機制，以避免彼此在食物資源上可能產生的重疊競爭，則有待進一步探討。

引用文獻

- 方偉宏。2005。台灣受脅鳥種圖鑑。貓頭鷹出版社。台北。164 頁。
- 沙謙中。1998。台灣溼地鳥的辨識。台北市野鳥學會。台北。356 頁。
- 林文隆、葉金彰。2002。大肚溪口與鰲鼓渡冬短耳鴉(*Asio flammeus*)食性初探。特有生物研究 4: 63-71。
- 曾翌碩。2005。福寶與鰲鼓地區台灣渡冬短耳鴉食性選擇。屏東科技大學碩士論文。
- 鄭錫奇。1990。鬼鼠之生殖與生態研究。國立台灣大學碩士論文。
- Bellocq, M. I. 1998. Prey selection by breeding and nonbreeding barn owls in Argentina. The

- Auk 115: 224-229.
- Clark, R. J. 1975. A field study of the short-eared owl (*Asio flammeus*) in North America. Wildlife Monographs 47: 1-67.
- 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.
- Happold, D. C. D. and M. Happold. 1986. Small mammals of Zomba Plateau, Malawi, as assessed by their presence in pellets of the grass owl, *Tyto capensis*, and by live-trapping. African Journal of Ecology 24: 77-87.
- Lay, D. M. 1974. Differential predation on gerbils (*Meriones*) by the little owl, *Athene brahma*. Journal of Mammalogy 55: 608-614.
- Lin, W. L., Y. Wang and H. Y. Tseng. 2007. Initial investigation on the diet of eastern grass owl (*Tyto longimembris*) in southern Taiwan. Taiwaniana 52: 100-105.
- Rohner, C., N. James, M. Joyce, F. I. Doyle and R. Boonstra. 1995. Northern hawk-owls in the nearctic boreal forest: Prey selection and population consequences of multiple prey cycles. The Condor 97: 208-220.
- Yalden, D. W. 2003. The analysis of owl pellets. Occasional Publication of Mammal Society, London.

太魯閣國家公園關原地區三種利用巢箱鳥類之繁殖特徵

Breeding Traits of Three Species of Birds in Nest Boxes at Guan-Yuan in the Taroko National Park

蕭明堂* 莊美真 王 穎

Ming-Tang Shiao*, Mei-Chen Chuang and Ying Wang

國立台灣師範大學生命科學系 台北市汀州路四段 88 號

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

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

自 2004 年 1 月至 2005 年 8 月於太魯閣國家公園關原地區進行巢箱監測，比較兩個生殖季間鳥類繁殖特徵之差異。於春天溫度較早回升的 2005 年中，青背山雀(*Parus monticolus*)、煤山雀(*P. ater*)與普通鵲(*Sitta europaea*)築巢活動與產卵時間均較 2004 年為早，在雌鳥產卵、雛鳥孵化的時間同步性及窩卵數方面，則無一致趨勢；2005 年 4 月中旬至 5 月中旬間為明顯降水季，該時期因親鳥棄巢導致繁殖失敗之巢數亦相對較高，且繁殖失敗皆發生於孵卵期至育雛早期間；而其後山雀科鳥類第二波繁殖期之築巢活動較 2004 年為高。另外，遭捕食者捕食則為育雛中期後鳥巢繁殖失敗之主要原因。

Abstract

Breeding activities of the three species of birds, green-backed tit (*Parus monticolus*), coal tit (*P. ater*) and Eurasian nuthatch (*Sitta europaea*), in nest boxes were examined in association with temperature and precipitation at Guan-Yuan in the Taroko National Park, 2004 and 2005. In the warmer early spring

of 2005, the nest building date and egg laying date of the first clutch were earlier as compared to those in 2004, yet the same trend was not found in term of synchronization of egg laying date, hatching date and clutch size among three species. Due to heavier and more frequent raining in mid-April to mid-May of that year, the number of the nests deserted by the birds was higher. The desertion occurred either in the incubation stage or in the early nestling stage. However, the nest building of the second clutch of the two species of tits in 2005 was higher. Also, predation was found to be one of the main causes for the nesting failure after the mid-nestling stage.

關鍵詞：青背山雀、煤山雀、普通鵙、繁殖特徵、氣象因子

Key words: green-backed tit (*Parus monticolus*), coal tit (*Parus ater*), Eurasian nuthatch (*Sitta europaea*), breeding traits, weather factor

收件日期：96年10月17日

接受日期：96年12月11日

Received: October 17, 2007

Accepted: December 11, 2007

緒 言

設置人工巢箱以吸引鳥類築巢已有兩百多年的歷史，巢箱的設置在鳥類研究上兼具樣本集中與方便觀察操作之優點，可對普遍性鳥種進行繁殖動態監測，或對稀有性鳥種進行繁殖行為觀察。近年來，氣候變遷之議題備受關注，全球暖化使得高緯度地區的植物生長季於過去10年間向前提早(Myneni *et al.* 1997)，節肢動物於春天中族群量增加的時間亦受其影響(Ellis *et al.* 1997)。另外，春天的暖化亦造成北美20多種鳥類於過去的25年間，雌鳥繁殖產卵的時間平均提早8.8天(Crick *et al.* 1997)。因此，利用人工巢箱進行鳥類築巢與繁殖時間之監測，以探討其與氣象因子間的關聯更顯得重要。

在台灣已有許多地方進行巢箱之設置與研究，包括：奧萬大森林遊樂區(簡等 1991，

1994；姚 2005a)、八仙山森林遊樂區(姚 2005b)及太魯閣國家公園之關原地區(黃 1996；林 1999；王及王 2000)，並成功吸引多種山雀科鳥類、普通鵙(*Sitta europaea*)與棕面鵙(*Abroscopus albobularis*)利用巢箱進行繁殖，然而目前相關研究多為單年之繁殖窩卵數紀錄、親鳥餵食頻率與食物種類，或為雛鳥乞食行為與親鳥餵食雛鳥等演化策略之探討(莊 2006；蕭 2006)，尚缺乏在時間軸上，鳥類築巢與繁殖之開始時間及使用頻率之變化等相關研究。本研究沿用前人(黃 1996；林 1999；王及王 2000)於太魯閣國家公園所設置之樣區，進行為期兩年(2004-2005)之巢箱監測，針對利用巢箱頻率較高之青背山雀(*Parus monticolus*)、煤山雀(*P. ater*)與普通鵙等鳥種，探討在不同年中，鳥類築巢、繁殖時間與繁殖特徵之變化，以及其與氣象因子之可能關連。

材料與方法

一、研究地點與巢箱設置

研究地點位於太魯閣國家公園關原地區，本研究沿用黃(1996)與林(1999)於中橫公路 116-117k 上下的二葉松林中所設置的樣區，並在既有舊巢箱之下方或旁邊重新釘置 120 個新巢箱，另於樣區附近之觀雲山莊旁和關原加油站對面的步道上亦增設 20 個新巢箱。於 2005 年 2 月在觀雲山莊旁又再增設 8 個新巢箱。由於部分巢箱會隨著時間而逐漸腐朽，或遭嚙齒目動物啃咬而無法使用，在巢箱使用率的計算上，均以新、舊巢箱之有效巢箱總數合計之，2004 年有效巢箱數為 219 個；2005 年有效巢箱數為 206 個。

二、巢箱監測

分別於 2004 年 2 月與 2005 年 1 月將前年鳥類築巢使用的舊巢材自巢箱中清除乾淨。自 2004 年 1 月 22 日起，至 2005 年 8 月 9 日止，於繁殖季(2-8 月)，每隔 5-9 天巡視樣區中巢箱 1 次，在非繁殖季(9 月至隔年 1 月)，每月巡視巢箱 1 次，巡巢時記錄巢箱中有無巢材及巢材的多寡，並用數位相機拍照記錄。由於山雀科之青背山雀與煤山雀皆使用苔蘚植物進行築巢，在親鳥產卵育雛前，無法直接由巢材來判斷利用巢箱的鳥種，故所記錄的資料分為山雀科鳥類使用之苔蘚巢材與普通鳴使用之樹皮巢材兩類。若巢箱中同時出現兩種以上巢材，則在兩種巢材的項目中都給予記錄。

對於進行繁殖的巢，記錄各巢窩卵數與雛鳥數，並計算雌鳥產卵日(egg laying date，以產第一枚卵之日期為準)與雛鳥孵化日(hatching date，以第一枚卵孵化之日期為準)，其中產卵日為假設雌鳥每天產 1 枚卵，由觀察發現卵日往回推算；雛鳥孵化日則以開始觀察雛鳥日之雛鳥生長狀況及體重，依據黃(1996)與蕭(2006)之雛鳥生長曲線來進行推估。

三、資料分析與統計

(一) 各月份巢材占用率之變化

由於受限於天候與人力，各月巡巢工作無法以固定天數間隔，並準確地控制在某一天中完成，且繁殖季與非繁殖季巡巢頻度不同，為將不同年間及繁殖季與非繁殖季的資料進行比較，故在繁殖季的各月中，每月亦僅選擇 1 次與上個月巡巢日期間隔約略 30 天之巡巢紀錄(各月平均間隔天數 29.8 ± 5.01 天)，比對連續兩次巡巢紀錄中，巢箱照片中巢材量有無增加。計算各月份中，苔蘚(或樹皮)巢材使用增加的巢箱個數，並將其除以不同年中之有效巢箱數，以苔蘚(或樹皮)巢材占用率(moss or bark flake occupancy rate)表示。另亦計算各月份間，各繁殖鳥種之雌鳥產卵巢數與雛鳥孵化巢數，並比較各月份巢材出現時間、巢材占用率高峰與雌鳥產卵巢數、雛鳥孵化巢數之關聯。

(二) 雌鳥產卵日、孵化日與窩卵數

計算各鳥種於兩年繁殖季中，平均產卵日與平均雛鳥孵化日，以 4 月 1 日作為起始日(Perrins and McCleery 1989)；由於山雀科之青背山雀與煤山雀，在一個繁殖季中可能繁殖兩窩雛鳥(1 年 2 巢)(王及王 2000)，故以該年繁殖季中，最早進行繁殖的巢之產卵日為基準，往後 30 天內皆算為該年第一波繁殖期，而其後進行繁殖的巢則記為第二波繁殖期(van Noordwijk *et al.* 1995)，分別計算兩波繁殖期中之平均產卵日與平均雛鳥孵化日，並檢視其變異係數(coefficient of variation, CV)來判斷雌鳥產卵時間、雛鳥孵化時間於不同年中的同步程度。另亦比較各鳥種在兩年同一波繁殖期及同年不同波繁殖期中，繁殖巢之窩卵數差異。上述分析以 Mann-Whitney U test 進行統計檢測。

(三) 氣象資料

本研究採用中央氣象局距關原地區最近之大禹嶺自動測站(COT790, $121^{\circ}18'29''\text{E}$, $24^{\circ}11'16''\text{N}$)所提供之逐日降水量與氣溫資料，依據各月巡巢日期，將巡巢間隔中的逐日氣象資

料予以平均，以代表該段時間之氣候狀況(圖 1)。於 2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日研究期間，平均每日降水量(average precipitation)在 0.25-25.77 mm 之間，2004 年因受敏督利颱風(6/28-7/3)影響，降水量高峰出現在 6-7 月，2005 年因受到 3 月寒流降雪、梅雨季、海棠颱風(7/16-7/20)與馬莎颱風(8/3-8/6)的影響，降水量在 2/18-3/19、4/17-5/18 及 7/6-8/9 間分別

有 1 個高峰。平均氣溫(average temperature)介於 3.8-13.8 °C 之間，然 2005 年 1/25-2/17 之平均氣溫(6.6 °C)高於 2004 年同時期之平均氣溫(3.8 °C)，而接近 2004 年 2/25-3/19 之平均氣溫(7.1 °C)，但因受到 2005 年 3 月寒流降雪的影響，使得 2005 年 2/18-3/19 之平均氣溫(4.4 °C)降低，而後又再回升。

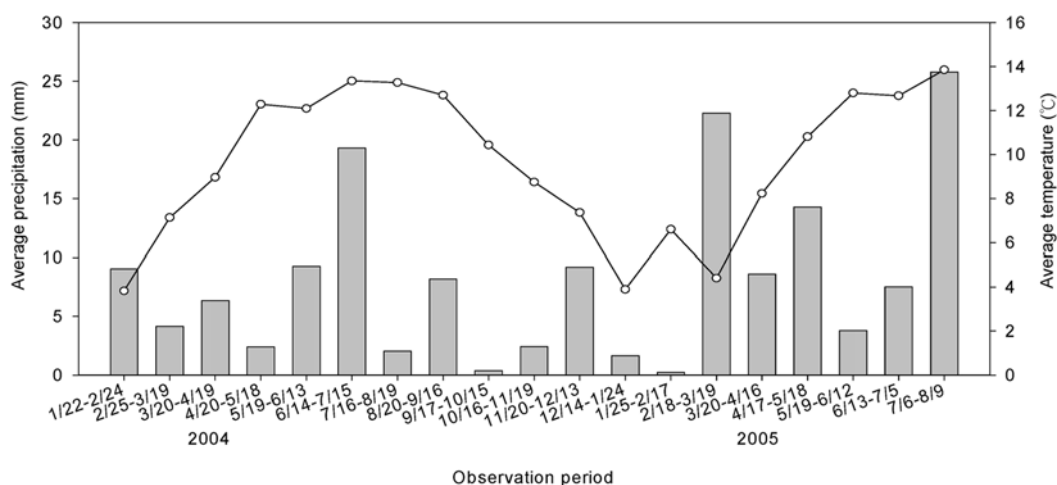


圖 1. 關原地區各月巡巢期間相對應之平均溫度(實線空心圓)與降水量(柱狀)(2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日)。

Fig. 1. Average temperatures (open circles with solid line) and average precipitations (solid columns) at Guan-Yuan from 22 January 2004 to 9 August 2005.

(四) 鳥類繁殖成功率計算

計算 2004-2005 年利用巢箱繁殖鳥種之繁殖巢數，並分析鳥巢繁殖失敗原因，將繁殖失敗原因歸類為：親鳥棄巢、捕食者捕食與人為干擾。其中，「親鳥棄巢」係為巡巢時僅見已死亡的雛鳥或卵，親鳥不再回巢之情況；而「捕食者捕食」則為目擊發現捕食者、巢中僅存個體之殘骸，或在未到正常離巢日前，巢中卵或雛鳥即消失之情形；另外，部分因人為操作與人為移除導致鳥巢失敗之情形，則歸類於「人為干擾」項目。

以 Mayfield 法(Mayfield 1961, 1975)計算各鳥種於孵卵期、育雛期之繁殖成功率與卵的孵化率。以每 1 天每 1 鳥巢為測量單位(nest days)，計算鳥巢觀察天數之總和(total number of observation days, OBS)與繁殖失敗巢數(number of nesting failure)，並以此來估算繁殖成功率，其中繁殖失敗係指整窩卵或雛鳥皆死亡之情形，只要巢中有 1 枚卵或 1 隻雛鳥存活，即算為繁殖成功。由於少數成功繁殖的巢，其有部分的卵或雛鳥在繁殖過程死亡(partial loss)，故進一步計算每 1 天每 1 枚卵(egg days)或每 1

天每 1 隻雛鳥之觀察天數(nestling days)，並求得卵或雛鳥於該階段之繁殖成功率，再將該數值乘以該階段之鳥巢繁殖成功率來進行校正

(adjusted survival probability in the stage, ASP)。對於平均天數 d 天之繁殖階段(孵卵期或育雛期)：

階段鳥巢單日死亡率：daily mortality rate (DMR) = number of nesting failure / OBS

階段鳥巢繁殖成功率：survival probability in the stage = (1-DMR)^d

孵化率：hatching rate = total number of hatching nestlings in all nests / total number of eggs in all successful nests in the incubation stage

總繁殖成功率：probability of breeding success = ASP_{incubation} × hatching rate × ASP_{nestling}

結 果

一、山雀科鳥類之繁殖特徵

於 2004 與 2005 年研究期間，巢箱之苔蘚巢材占用率主要集中在 3 月中旬至 7 月中旬間(圖2)，比較兩年繁殖季中，各月份苔蘚巢材占用率之差異，於 2005 年開始出現巢材時間為 2/18-3/19，巢材占用率為 0.49% (1 個已完成

巢)，而 2004 年之相近時期(2/25-3/19)尚未有巢材出現於巢箱中；兩年巢材出現高峰皆為 4 月份，且 3 月中旬至 5 月中旬之巢材占用率十分相近，然於 2005 年，5/19-6/12 間又出現另 1 個高峰，高於 2004 年相近時期(5/19-6/13)之巢材占用率，而其次月(6/13-7/5)之巢材占用率則略低於 2004 年相近時期。

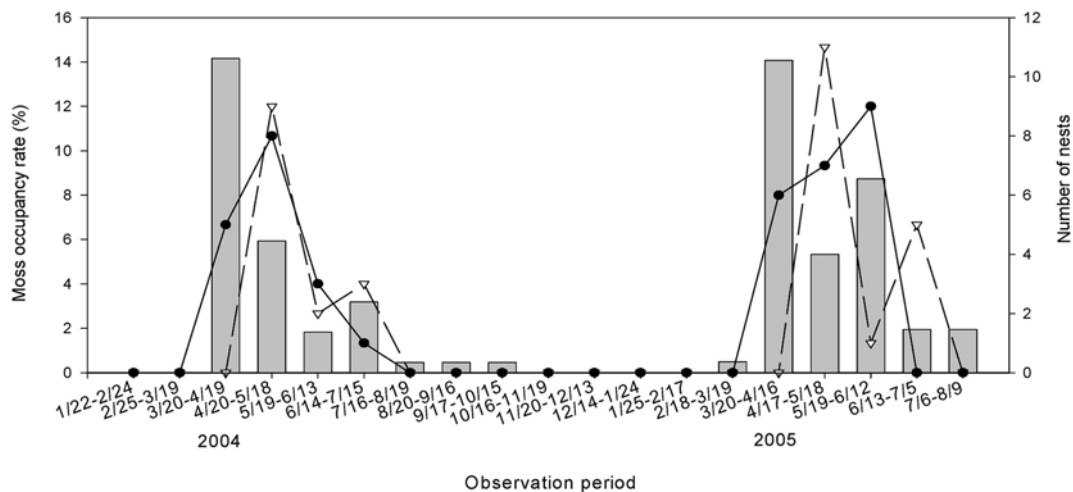


圖 2. 關原地區利用巢箱之山雀科鳥種巢材使用(柱狀)、產卵(實線實心圓)及孵化巢數(虛線空心三角形)之月變化(2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日)。

Fig. 2. Moss occupancy rates (solid columns), numbers of nests with the first egg (solid circles with solid line) and numbers of nests with the first nestling (open triangles with dashed line) of the two species of tits breeding in the nest boxes at Guan-Yuan from 22 January 2004 to 9 August 2005.

在繁殖巢數方面，於兩年研究期間，青背山雀皆有 1 年 2 巢之情形，煤山雀則僅觀察到 1 年 1 巢，而未有第二巢之紀錄，然由於兩種鳥類繁殖生態相近，故將兩者合計代表山雀科鳥類之繁殖情形。各月份雌鳥產卵巢數受巢材占用率多寡之影響，於 2004 年與 2005 年第一波繁殖期之產卵高峰皆在 4 月中旬至 5 月中旬之間，然於 2005 年之第二波繁殖期產卵集中於 5/19-6/12 間，2004 年則介在 5/19-7/15 間。在雛鳥孵化巢數之分布上，兩年皆於 4 月中旬至 5 月中旬與 6 月中旬至 7 月中旬兩段時間內各有 1 高峰。

在產卵日與孵化日方面，於 2004 年，青背山雀的第一波繁殖期與第二波繁殖期中，最

早進行繁殖的巢其產卵日分別為 4/14 與 5/27，於 2005 年則分別為 4/12 與 5/22；於煤山雀，2004 年最早進行繁殖的巢其產卵日為 4/17，2005 年則為 4/6。兩種山雀在平均產卵日與平均雛鳥孵化日上，皆為 2005 年早於 2004 年，但這些差異在統計上並未達顯著水準(表 1, all p value > 0.2)。在時間的同步性上，於青背山雀的兩波繁殖期中，平均產卵日與平均雛鳥孵化日的變異係數，皆為 2005 年小於 2004 年；相對地，於煤山雀則為 2005 年大於 2004 年，表示青背山雀之雌鳥產卵與雛鳥孵化在 2005 年有較高的同步性，於煤山雀則為 2004 年同步性較高。

在窩卵數方面(表 2)，不論是在青背山雀

表 1. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種之產卵與雛鳥孵化日期之分布(以 4/1 為起始日)
Table 1. Egg laying and hatching dates (the number of days counted from April 1) of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

Species	Clutch	Mean hatching date							Mean hatching date						
		2004			2005			p value*	2004			2005			p value*
		mean	CV (%)	n	mean	CV (%)	n		mean	CV (%)	n	mean	CV (%)	n	
GBT	1 st clutch	22.0	33.6	6	19.3	24.9	9	>0.2	36.4	15.9	5	35.7	14.4	6	>0.2
	2 nd clutch	62.8	18.6	4	59.2	10.3	6	>0.2	82.8	14.8	4	76.0	6.7	6	>0.2
COT	1 st clutch	23.0	27.0	6	16.0	53.8	4	>0.2	41.8	18.7	5	33.3	21.3	4	>0.2
EUN	1 st clutch	19.0	22.7	7	9.5	39.8	6	0.01	36.9	11.7	7	29.0	13.6	5	0.02

* Mann-Whitney U test.

第一波、第二波繁殖期或在煤山雀巢中，兩年繁殖季之窩卵數皆無顯著差異(all p value \geq 0.1)；於青背山雀同一年兩波繁殖期中，皆為第二波繁殖期之窩卵數大於第一波繁殖期，但僅於 2004 年的差異具統計顯著性(2004 : $p=0.01$; 2005 : $p>0.2$)。

二、普通鵲之繁殖特徵

於 2004 與 2005 年研究期間，普通鵲皆為

1 年繁殖 1 巢，巢箱之樹皮巢材占用率主要集中在 2 月中旬至 5 月中旬間。比較兩年繁殖季中，各月份樹皮巢材占用率之差異(圖 3)，2005 年開始出現樹皮巢材的時間(1/25-2/17)與巢材占用率高峰(2/18-3/19)均較 2004 年的開始時間(2/25-3/19)與占用率高峰(3/20-4/19)提早約 1 個月。在產卵巢數之分布上，2005 年普通鵲產卵時間(3/20-4/16)較 2004 年產卵時間(3/20-5/18)集中。在雛鳥孵化巢數之分布上，兩年皆集中

在 4 月中旬至 5 月中旬間。

在產卵日與孵化日方面，2005 年最早進行繁殖的巢其產卵日(4/6)早於 2004 年(4/14)，且各巢之平均產卵日與平均雛鳥孵化日，皆為 2005 年顯著早於 2004 年(表 1，mean egg laying date : $p=0.01$; mean hatching date : $p=0.02$)，

而各項目之變異係數則為 2005 年大於 2004 年，表示普通鳴雌鳥產卵與雛鳥孵化之同步程度為 2004 年高於 2005 年。在窩卵數方面(表 2)，2005 年平均窩卵數大於 2004 年，然未有顯著差異($0.1 < p < 0.2$)。

表 2. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種窩卵數之分布(平均值±1 標準差)

Table 2. Clutch sizes (mean ± 1 S.D.) of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

Species	Clutch	Clutch sizes		2004 vs. 2005 (<i>p value</i> *)
		2004	2005	
GBT	1 st clutch	6.0±0.21 (n=6)	5.8±0.17 (n=9)	>0.2
	2 nd clutch	4.8±0.50 (n=4)	5.7±0.52 (n=6)	0.1
	1 st vs. 2 nd clutch (<i>p value</i> *)	0.01	>0.2	
COT	1 st clutch	5.3±0.82 (n=6)	5.3±0.50 (n=4)	>0.2
EUN	1 st clutch	4.4±0.53 (n=7)	4.8±0.41 (n=6)	0.1 < <i>p</i> < 0.2

* Mann-Whitney U test.

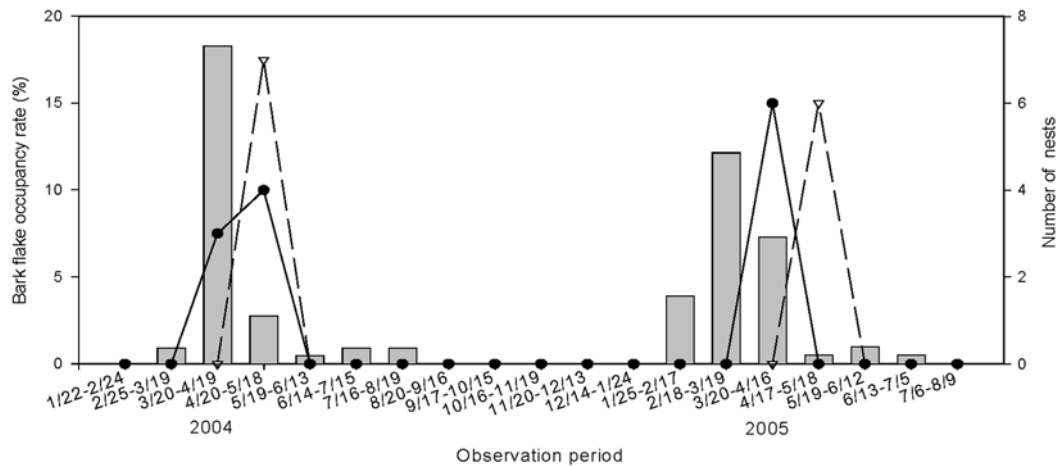


圖 3. 關原地區利用巢箱之普通鳴巢材使用(柱狀)、產卵(實線實心圓)及孵化巢數(虛線空心三角形)之月變化(2004 年 1 月 22 日至 2005 年 8 月 9 日)。

Fig 3. Bark flake occupancy rates (solid columns), numbers of nests with the first egg (solid circles with solid line) and numbers of nests with the first nestling (open triangles with dashed line) of the Eurasian nuthatch in the nest boxes at Guan-Yuan from 22 January 2004 to 9 August 2005.

三、利用巢箱鳥種之繁殖成功率

2004 及 2005 年 3 種鳥種之繁殖情形詳見表 3。檢視鳥巢繁殖失敗原因，2004 年因被捕食者捕食而繁殖失敗的巢數為 7 巢，因親鳥棄巢而失敗巢數為 2 巢，其中 1 巢發生於敏督利颱風來襲時期；2005 年因被捕食者捕食而繁殖失敗的巢數為 4 巢，因親鳥棄巢而失敗的巢數則為 5 巢，其皆發生於 4 月底至 5 月中旬的

梅雨季節。在被捕食者捕食的紀錄中，有 2 筆紀錄觀察到臭青公(*Elaphe carinata*)進到巢中捕食雛鳥，有 1 筆紀錄為小型食肉目動物多次進到巢箱中啣雛鳥出巢後，於樹下進食，另亦於巡巢時記錄到孵卵中雌鳥的殘骸、雛鳥的肉屑與羽鞘，以及巢中雛鳥消失，巢材被拖出至洞口等情形。

將兩年資料合併，「親鳥棄巢」導致 14.89%

表 3. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種繁殖成功巢數與失敗巢數

Table 3. Numbers of nesting success and failure of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

Species	Year	Nesting failure			Nesting success A/B*	Total nests A/B*
		Nests predated or disappearance A/B*	Nests deserted A/B*	Human interference A/B*		
GBT	2004	3/-	-/1	1/1	2/2	6/4
	2005	3/-	2/-	1/1	3/4	9/5
COT	2004	1	1	-	4	6
	2005	1	-	-	3	4
EUN	2004	3	-	1	3	7
	2005	-	3	-	3	6

* A, number of nests observed for 1st clutch; B, number of nests observed for 2nd clutch.

(n=7)的鳥巢繁殖失敗，其中有 6 巢發生於孵卵期至育雛早期(雛鳥孵出後 6 天)期間；「捕食者捕食」則導致 23.40% (n=11)的鳥巢繁殖失敗，其中有 9 巢發生於雛鳥孵出後 7 天至雛鳥離巢這段期間；「人為干擾」則造成 10.64% (n=5)的鳥巢繁殖失敗。以 Mayfield 法計算各鳥種繁殖成功率(表4)，結果顯示 3 種鳥種的孵化率、孵卵期及育雛期繁殖成功率之數值相近，以煤山雀之總繁殖成功率最高。在各鳥種中，育雛期的鳥巢單日死亡率皆高於孵卵期的鳥巢單日死亡率。

討 論

比較 2004 年與 2005 年，鳥類開始進行築

巢與繁殖的時間發現，2005 年山雀科鳥類與普通鳴築巢時間均較 2004 年提早，各鳥種最早進行繁殖巢之產卵日與平均產卵日亦呈現相同之趨勢，雖然僅部分結果在統計上達到顯著水準。比較兩年繁殖季前 1-3 月的氣候環境，2004 年 1/22-2/24 的氣候較為濕冷，2005 年同時期(1/25-2/17)的氣候則較為溫暖，其溫度已接近 2004 年 2/25-3/19 的溫度。由於在大多數的研究中都認為，暖冬與春天氣溫的提早回升有助於鳥類提早產卵的時間(Odum 1942; Perrins 1970; Perrins and McCleery 1989; Crick *et al.* 1997; McCleery and Perrins 1998; Dunn and Winkler 1999; Hussell 2003)，因此推測 2005 年山雀科鳥類與普通鳴提早繁殖之情形，可能是受春天氣溫提早回升所致。又因為普通鳴開始

繁殖的時間略早於山雀科鳥類(Edington and Edington 1972; Matthysen 1998)，因此在本研究之 2005 年中，普通鳴早於山雀科鳥類，在 1 月至 2 月中旬間即有巢材的出現。然而因鳥類無法預期在開始進入繁殖後，氣候環境的劇變，故在 2005 年 2/18-3/19 間的兩波寒流與降雪暫緩了原本已進行築巢的普通鳴個體之繁殖活動，於 2005 年，普通鳴之巢材占用率高峰

(2/18-3/19)與雌鳥開始產卵的時間(3/20-4/16)間有所區隔，而不似 2004 年，兩者皆出現在同一個月(3/20-4/19)。雖然無法得知這兩波寒流與降雪對鳥類開始繁殖時間之影響多寡，然而由 2005 年降雪後，各鳥種之雌鳥產卵日期仍較 2004 年提早的情形來看，儘管在鳥類築巢前後有短暫的低溫與降雪，春天氣溫的提早回升仍有助於鳥類提早產卵時間。

表 4. 2004 及 2005 年關原地區利用巢箱之各鳥種之繁殖成功率

Table 4. Probability of breeding success of green-backed tit (GBT), coal tit (COT) and Eurasian nuthatch (EUN) breeding in the nest boxes at Guan-Yuan, 2004 and 2005

	GBT		COT		EUN	
	Incubation stage	Nestling stage	Incubation stage	Nestling stage	Incubation stage	Nestling stage
Number of nests observed	23	19	10	9	13	10
Number of days in the stage	13	21	14	20	15	23*
Total number of observation days	225	335.5	132	146	168	181.5
Number of nesting failure	2	7	1	2	2	4
Daily mortality rate	0.009	0.021	0.008	0.014	0.012	0.022
Survival probability in the stage	0.890	0.642	0.899	0.759	0.836	0.599
Adjusted survival probability in the stage	0.890	0.625	0.881	0.736	0.836	0.599
Hatching rate	0.833 (n=21)		0.913 (n=9)		0.840 (n=11)	
Probability of breeding success	0.463		0.592		0.421	

* Data quote from Yao (2005a).

溫度可能為鳥類繁殖的限制因子(constraints)，或為其判斷食物資源高峰的近因(cues)。大多數的研究顯示在鳥類的繁殖過程中，有兩個關鍵時期，其一為雌鳥產卵時期，因在產卵期的雌鳥需要攝食比平常多 30-70%的蛋白質來形成卵(Robbins 1981)；在人為供給食物下，大山雀(*P. major*) (Kallander 1974)與褐頭山雀(*P. montanus*) (von Bromssen and Jansson 1980)會提早產卵的時間，而溫度上升有助於鳥類提早解除能量的限制，因而提早繁殖(Stevenson and Bryant 2000)；另一個耗能的時期則為雛鳥生長的時期，當雛鳥最需要能量的時期能與食物資源季節性變動的高峰重疊時，雛鳥會有最高的適存值(Perrins and McCleery 1989; van

Noordwijk *et al.* 1995)，因此春天溫度提早回升，可能使鳥類判斷並預期食物資源提早的到來，因而提早繁殖的時間。然於本研究之春天氣溫提早回升的 2005 年中，發現除了各鳥種之雌鳥產卵時間有提早之趨勢外，亦發現鳥類築巢之巢材於巢箱中出現的時間較為提早。由於築巢本身是個耗能且費時的過程(Conrad and Robertson 1993; Gauthier and Thomas 1993)，在山雀科與鳴科鳥類，通常需要數天至數個星期才能將巢完成(Odum 1941; Matthysen 1998)，因此巢材提早出現之情形是否代表築巢過程為限制鳥類開始繁殖的關鍵閾值？或僅單純為鳥類受溫度影響而反應在其他耗能時期(如：產卵期或育雛期)，而該時期又須待築巢完成後

方能進入，因而間接導致之結果？此為後續研究可探討之方向。

另一方面，由於溫度對於鳥類開始繁殖時間及食物資源高峰的影響程度可能有所不同，兩者同步程度的改變則會進一步影響到鳥類的其他繁殖特徵。Cresswell and McCleery (2003) 的長期研究發現：大山雀會策略性地調整窩卵數、開始進行全天孵卵(full incubation)的時間點與孵卵期的長短來控制雛鳥孵出的時間，使得雛鳥孵出後最需要能量的時期能與食物資源高峰重疊，因此當春天氣溫提早回升時，雌鳥在產卵時的能量限制減少，而能提早產卵，因而在食物資源到達高峰前，雌鳥具有較充裕的時間產下較多的窩卵數，雛鳥孵化之同步程度亦較高。於本研究中，雖尚未進行鳥類食物資源之調查，然而相較於 2004 年，在春天氣溫提早回升的 2005 年中，各鳥種之巢材出現時間、雌鳥產卵日皆有提早之趨勢。然在繁殖時間的同步性上，僅有青背山雀於 2005 年高於 2004 年，於煤山雀與普通鵲的趨勢則為相反，而 3 種鳥類繁殖的窩卵數在兩年繁殖季間亦無顯著差異，與 Cresswell and McCleery (2003) 有較高的同步性與較大窩卵數的預期不符。

除了溫度會影響鳥類開始繁殖的時間外，降水量多寡亦會對鳥類的繁殖過程造成影響。由於孵卵期的卵之溫度需控制在狹窄的範圍內，胚胎才可正常發育(Conway and Martin 2000)，育雛早期的雛鳥亦缺乏羽毛而無法自行保暖，因此降水量較高或較惡劣的天氣將增加雌鳥替卵或雛鳥保溫的需要(Tye 1992)，或減少鳥類的覓食時間(Foster 1974)，因而增加親鳥在繁殖上的能量消耗。在某些雨量特高的日子或持續大雨數天後，藍山雀(*P. caeruleus*) 和大山雀易出現繁殖失敗的巢(Blondel 1985)；DeSante and Geupel (1987) 針對 51 種地方性繁殖的鳥種進行長期捕捉繫放，發現在春季發生高降水量的該年，第一波繁殖之成功離巢雛鳥數相對較少。本研究亦呈現相同之趨勢，在

2005 年 4 月中旬至 5 月中旬間具明顯梅雨季，降水量較 2004 年來得高，而該時期因親鳥棄巢導致繁殖失敗之巢數亦相對較高，且繁殖失敗皆發生於孵卵期至育雛早期間。高降水量除導致鳥類的第一波繁殖失敗率增加(包括使用天然巢或巢箱繁殖的個體)，可能間接增加鳥類繁殖第二巢之頻率，而大量的降水亦會促進植物生長與昆蟲繁殖(Wingfield and Kenagy 1991)，使得鳥類預期將有食物高峰到來，增加其後的築巢意願。於本研究之 2005 年中，在梅雨季後的 5 月中旬至 6 月中旬間，苔蘚巢材占用率較 2004 年同時期來得高，與上述預期相符合。另一方面，高降水量將增加鳥類在自我維持上所需的能量，而減緩第二波的繁殖，待雨季結束後，才同時開始，故在 2005 年第二波繁殖期中，青背山雀產卵巢數之出現高峰較 2004 年集中，且雌鳥產卵時間與雛鳥孵化時間亦較同步。

此外，捕食者捕食對本研究利用巢箱鳥類的繁殖亦具重要影響。在育雛中期後，由於雛鳥已長出羽鞘或羽毛，雌鳥待在巢中孵雛之時間急遽減短(黃 1996)，然雛鳥的乞食行為與乞食聲逐漸變得更加明顯，因而提高鳥巢被捕食者發現之機率(Leech and Leonard 1996)，導致被捕食率增加。於本研究中，捕食者之捕食即為育雛中期後繁殖失敗的主要原因；捕食者的種類至少包括蛇類與小型食肉目動物。

結 論

本研究針對利用巢箱鳥類之築巢、產卵時間與其他繁殖特徵進行監測，發現在春天溫度較早回升的 2005 年中，鳥類開始進行繁殖的時間有較為提早之趨勢。於 4-5 月梅雨季中降水量的增加，則可能與該年鳥類第一波繁殖失敗巢數之增加有關，並可能影響山雀科鳥類第二波繁殖的築巢時間與巢數。然由於本研究僅比較兩個繁殖季的資料，尚無法確定繁殖特徵

與氣象因子間之絕對關聯。未來除需持續進行監測外，亦可針對繁殖鳥種之食物資源進行監測，以期瞭解在長時間尺度下，氣候變遷對於鳥類繁殖之影響。

謝 誌

本研究感謝太魯閣國家公園管理處在經費上的補助，師大野生動物實驗室在野外工作上的協助與行政上的支持，謹此一併誌謝。

引用文獻

- 王穎、王佳琪。2000。太魯閣國家公園關原地區鳥類資源及鳥類巢箱監測。太魯閣國家公園管理處。
- 林康曾。1999。太魯閣國家公園關原地區三種共域鳥種之巢箱位置選擇及其生殖表現。國立台灣師範大學碩士論文。
- 姚正得。2005a。奧萬大國家森林遊樂區利用鳥巢箱鳥類之生殖習性調查及監測。行政院農業委員會林務局。
- 姚正得。2005b。八仙山國家森林遊樂區利用鳥巢箱執行鳥類生殖習性調查及監測之研究。行政院農業委員會林務局。
- 莊美真。2006。關原地區青背山雀(*Parus monticolus*)雛鳥乞食行為之探討。國立台灣師範大學碩士論文。
- 黃正龍。1996。太魯閣國家公園關原地區利用巢箱鳥類生殖生物學。國立台灣師範大學碩士論文。
- 簡益章、沈瑞琛、陳立楨、楊秋霖。1991。青背山雀、棕面鶯使用鳥巢箱情形之研究。台灣林業 17 (7) : 7-18。
- 簡益章、黃水煙、蔡碧麗、吳燕齡、楊秋霖。1994。奧萬大森林遊樂區野鳥保育計畫—鳥巢箱使用情形之研究。台灣林業 20 (2) : 10-25。
- 蕭明堂。2006。關原地區青背山雀(*Parus monticolus*)親鳥育雛食物分配之探討。國立台灣師範大學碩士論文。
- Blondel, J. 1985. Breeding strategies of the Blue Tit and Coal Tit (*Parus*) in Mainland and Island Mediterranean habitats: A comparison. *The Journal of Animal Ecology* 54: 531-556.
- Conrad, K. F. and R. J. Robertson. 1993. Clutch size in eastern phoebes (*Sayornis phoebe*). I. The cost of nest building. *Canadian Journal of Zoology* 71: 1003-1007.
- Conway, C. J. and T. E. Martin. 2000. Effects of ambient temperature on avian incubation behavior. *Behavioral Ecology* 11: 178-188.
- Cresswell, W. and R. McCleery. 2003. How great tits maintain synchronization of their hatch date with food supply in response to long-term variability in temperature. *Journal of Animal Ecology* 72: 356-366.
- Crick, H. Q. P., C. Dudley, D. E. Glue and D. L. Thomson. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- DeSante, D. F. and R. G. Geupel. 1987. Landbird productivity in Central Coastal California: The relationship to annual rainfall, and a reproductive failure in 1986. *Condor* 89: 636-653.
- Dunn, P. O. and D. W. Winkler. 1999. Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proceeding of the Royal Society of London B* 266: 2487-2490.
- Edington, J. M. and M. A. Edington. 1972. Spatial patterns and habitat partition in the breeding birds of an upland wood. *Journal of Animal Ecology* 41: 331-357.
- Ellis, W. N., J. H. Donner and J. H. Kuchlein. 1997. Recent shifts in phenology of Microlepidoptera, related to climatic change (*Lepidoptera*). *Entomologische Berichten* 57: 66-72.

- Foster, M. 1974. Rain, feeding behavior and clutch size in tropical birds. *Auk* 91: 722-726.
- Gauthier, M. and D. W. Thomas. 1993. Nest site selection and cost of nest building by cliff swallows (*Hirundo pyrrhonota*). *Canadian Journal of Zoology* 71: 1120-1123.
- Hussell, D. J. 2003. Climate change, spring temperatures, and timing of breeding of tree swallows (*Tachycineta bicolor*) in Southern Ontario. *Auk* 120: 607-618.
- Kallander, H. 1974. Advancement of laying of Great Tits by the provision of food. *Ibis* 116: 365-367.
- Leech, S. M. and M. L. Leonard. 1996. Begging and the risk of predation in nestling birds. *Behavioral Ecology* 8: 644-646.
- Matthysen, E. 1998. *The Nuthatches*. T. and AD Poyser, London.
- Mayfield, H. F. 1961. Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73: 255-261.
- Mayfield, H. F. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* 87: 456-466.
- McCleery, R. H. and C. M. Perrins. 1998. Temperature and egg-laying trends. *Nature* 391: 30-31.
- Myneni, R. B., C. D. Keeling, C. J. Tucker, G. Asrar and R. R. Nemani. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature* 386: 698-702.
- Odum, E. P. 1941. Annual cycle of the Black-capped Chickadee-2. *Auk* 58: 518-534.
- Odum, E. P. 1942. A comparison of two chickadee seasons. *Bird-Banding* 13: 154-159.
- Perrins, C. M. 1970. The timing of birds' breeding season. *Ibis* 112: 242-255.
- Perrins, C. M. and R. H. McCleery. 1989. Laying dates and clutch size in the great tit. *Wilson Bulletin* 101: 236-253.
- Robbins, C. T. 1981. Estimation of the relative protein cost of reproduction in birds. *Condor* 83: 177-179.
- Stevenson, I. R. and D. M. Bryant. 2000. Climate change and constraints on breeding. *Nature* 406: 366-367.
- Tye, H. 1992. Reversal of breeding season by lowland birds at higher altitudes in western Cameroon. *Ibis* 134: 154-163.
- van Noordwijk, A. J., R. H. McCleery and C. M. Perrins. 1995. Selection for the timing of great tit (*Parus major*) breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *Journal of Animal Ecology* 64: 451-458.
- von Bromssen, A. and C. Jansson. 1980. Effects of food addition to Willow Tit *Parus montanus* and Crested Tit *P. cristatus* at the timing of breeding. *Ornis Scandinavica* 11: 173-178.
- Wingfield, J. C. and G. J. Kenagy. 1991. Natural regulation of reproductive cycles. pp. 181-241. *In: Schreiberman M. P. and R. E. Jones (ed.). Vertebrate endocrinology: Fundamentals and biomedical implications*. Academic Press, New York.

台灣管鼻蝠(*Murina puta*)棲居於香蕉葉之發現紀錄

Furled Banana Leaves as Roost for the Formosan Tube-nosed Bat (*Murina puta*)

周政翰¹ 徐昭龍¹ 莊孟憲² 李玲玲^{3,*}

Cheng-Han Chou¹, Chao-Lung Hsu¹, Meng-Hsien Chuang² and Ling-Ling Lee^{3,*}

¹ 台灣蝙蝠學會 台北市漢口街二段 90 巷 2 號 2 樓

² 私立真理大學自然資源應用學系 台南縣麻豆鎮北勢里北勢寮 70-11 號

³ 國立台灣大學生態學與演化生物學研究所 台北市羅斯福路四段 1 號

¹ Bat Association of Taiwan, Taipei, Taiwan

² Department of Applied Natural Resources, Aletheia University, Tainan, Taiwan

³ Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

蝙蝠棲所類型多樣，包含洞穴、人工建物及植物等。台灣已知至少有 37 種蝙蝠，但僅發現 8 種蝙蝠利用洞穴型棲所，7 種利用人工建築物，8 種利用植物棲所。台灣管鼻蝠為台灣特有種，屬森林性蝙蝠，昔日對於其棲居何處並不清楚。本文描述 2006 年 6 月在台南縣大內鄉一處雜木林地，發現其使用位於約 2.5m 高的香蕉捲曲枯葉做為棲所，棲所內有 1 成體及 2 幼體棲息，此為台灣管鼻蝠香蕉葉棲所的首次發現紀錄。

Abstract

Bats use many types of roosts, such as caves, buildings and plants. For the 37 known species of

Taiwan, eight roosts in caves, seven in buildings, and another eight on plants. *Murina puta* is a forest-dweller and an endemic species to Taiwan. An adult and two juveniles of this bat were found to roost in furled leaves of a banana plant in a mixed forest at Danei Village, Tainan County. The leaves were 2.5m above the ground. This paper constitutes the first record of furled banana leaves as a roosting site for *Murina puta*.

關鍵詞：台灣管鼻蝠、棲所、香蕉、蜷曲葉、葉棲所

Key words: *Murina puta*, roost, banana plant, furled leaves, leaf roost

收件日期：96年5月21日

接受日期：96年11月23日

Received: May 21, 2007

Accepted: November 23, 2007

蝙蝠利用多樣的天然或人為環境作為其棲息之用，這些蝙蝠棲息的地方統稱為蝙蝠的棲所(roost)。蝙蝠在棲所中渡過一生大部分的時間，並且在棲所進行休息、交配、育幼與冬眠。此外，棲所還提供保護，保護蝙蝠不被惡劣天候與天敵的干擾與威脅(Kunz 1982)。蝙蝠的生存與繁殖和棲所優劣息息相關，是故環境中合適棲所的數量也是影響蝙蝠生存與繁殖最重要的因子之一(Humphrey 1975; Bell *et al.* 1986)。

蝙蝠棲所主要可分為3個類型，分述如下：

1. 洞穴型(泛指天然或人工引水渠道、隧道及天然洞穴…等)

一般而言，洞穴型棲所有較穩定之微氣候，其溫濕度較洞外環境穩定，被蝙蝠使用的期限也較其他類型長。在洞穴中棲息的蝙蝠群體數量一般較大，最多可超過千萬隻(Davis *et al.* 1962; Dwyer and Hamilton-Smith 1965)，不同季節與生長狀態的蝙蝠，也會有不同的洞穴選擇，因此蝙蝠的洞穴棲所又可區分為夏棲洞穴、冬眠洞穴或繁殖洞穴。

2. 人工建築物(指民宅、山屋、涼亭…等人為建築物)

蝙蝠會選擇利用建築物之裂縫或掩蔽物作為棲息之用，此種棲所使用年限亦屬長期，而棲息的群體數量從數十到百隻不等。

3. 植物(泛指枯葉、樹皮裂縫、倒木、樹洞…等植物體之任何構造)

此類型棲所可區分為蝙蝠自行選擇植物搭建棲所，或隨機尋找現成可利用之植物體或樹葉。自行建造棲所時，蝙蝠會將植物葉之基部或中央部位，稍稍的破壞，讓葉子下垂形成類似帳棚之構造，以便棲息(Rickart *et al.* 1989)。此種棲所一般使用年限較隨機選取者長，而群體數量從數百到千隻不等。蝙蝠使用隨機選擇現成的植物棲所時，會選擇植物葉基部，或植物所構成之穴狀物(樹洞或竹筒)，此種棲所使用時間短，而群體組成數量多半少於50隻個體(Mattson *et al.* 1996; Crampton and Barclay 1998; Menzel *et al.* 2001)。

目前台灣已知37種蝙蝠中(Hsu and Lee 2007)，利用洞穴型棲所的物種包含葉鼻蝠科

之台灣葉鼻蝠(*Hipposideros terasensis*)及無尾葉鼻蝠(*Coelops frithi formosanus*)，蹄鼻蝠科之台灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)及台灣大蹄鼻蝠(*Rhinolophus formosae*)，蝙蝠科之摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、台灣鼠耳蝠(*Myotis taiwanensis*)、高山鼠耳蝠(*Myotis* sp.1)及大足寬吻鼠耳蝠(*Myotis* sp.2)(周 2004)，共計 8 種。利用人工建築作為棲所的物種包含蝙蝠科之東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)、高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)、金黃鼠耳蝠(*Myotis flavus*)、高山鼠耳蝠，葉鼻蝠科之台灣葉鼻蝠，蹄鼻蝠科之台灣大蹄鼻蝠、台灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)共計 7 種。另台灣狐蝠(*Pteropus dasymallus formosus*)、金黃鼠耳蝠、渡瀨氏鼠耳蝠(*Myotis watasei*)、台灣彩蝠

(*Kerivoula* sp.)、棕蝠(*Eptesicus serotinus*)、高頭蝠、東亞家蝠(李等 2006)及長尾鼠耳蝠(*Myotis* sp.3)(張 2006)等 8 種蝙蝠曾被發現其利用植物做為棲所，其中僅金黃鼠耳蝠會利用樹葉作為棲息及繁殖育幼的場所(張 2007)。

台灣管鼻蝠(*Murina puta*)為台灣特有種，屬於中型管鼻蝠屬物種，前臂長為 33.5-38.6 mm，廣泛分布於台灣全島之山區森林，海拔範圍為 200-2,500m(郭 2004)。台灣蝙蝠學會於 2006 年在台南縣大內鄉二溪村進行蝙蝠調查，於一香蕉樹上發現 3 隻台灣管鼻蝠，包括 1 雌性成體與 2 雄性亞成體，利用枯黃捲曲的香蕉葉內側棲息(圖 1, 2)。此香蕉植株高度約為 6m，而蝙蝠棲息處約為 2.5m(圖 3)。



圖 1. 台灣管鼻蝠棲息之捲曲香蕉葉外觀。紅色箭頭處為蝙蝠棲息利用之捲曲葉。

Fig. 1. Furlled banana leaves (red arrow) as a roosting site for *Murina puta*.



圖 2. 台灣管鼻蝠利用捲曲葉狀況。毛色黃色為雌性成蝠，毛色棕灰色為幼蝠。

Fig. 2. An adult female (yellow fur) and two juveniles (gray fur) of *Murina puta* roosting in the furlled banana leaves.



圖 3. 台灣管鼻蝠捲曲香蕉葉棲所離地位置約 2.5m。

Fig. 3. The height of 2.5m above the ground for the furlled banana leaves roosted by *Murina puta*.

國外文獻曾記錄會利用捲曲葉(furled leaves) 棲息的蝙蝠種類包括數種鼠耳蝠屬的 *Myotis*

*bocagei*與 *M. mystacinus* (Broseet 1976; Medway 1983)和家蝠屬的 *Pipistrellus nanus* (Happold

and Happold 1990, 1996)。這些種類往往有著特化的身體構造(諸如膨大似吸盤的拇指基部或特化的腳掌結構)，以利棲息於香蕉葉上。但棲居於這類型棲所的蝙蝠，多是利用野生香蕉樹新生開口朝上的蜷曲葉，並棲息於蜷曲葉基部，因此一群棲息在一起的個體數目都局限在 10 隻以內(Findly and Wilson 1974; Medway 1983; Happold and Happold 1990)。此外，由於新生蜷曲葉存在的時間很短(約 1-3 天)，是故利用此類型棲所蝙蝠需時常更換其棲所(Findly and Wilson 1974; Brosset 1976; Happold and Happold 1990, 1996)。本文中所描述的香蕉葉棲所於發現此現象 1 週後檢視其利用狀態，發現已無蝙蝠利用此植株之蜷曲葉，此與文獻中所指僅會短暫利用此類型棲所的現象相同。

本文所記錄的台灣管鼻蝠其外部形態並無明顯特化適於棲息此類棲所的結構；而其所利用的為枯黃蜷曲的香蕉葉，棲息於蜷曲葉錐體端，開口朝下。香蕉葉中僅發現 3 隻台灣管鼻蝠棲息的現象與其他研究紀錄，蜷曲葉棲所中棲息的個體數通常不超過 10 隻的現象相符，並與家蝠屬物種 *P. nanus* 於繁殖季時，利用香蕉葉的群體主要為母蝠與幼蝠構成的現象類似(Happold and Happold 1990, 1996)。

此外，在此次調查紀錄中，利用豎琴網(Harptrap)捕捉，共計捕獲 6 隻台灣管鼻蝠，分別為 2 隻哺育後期的雌性成蝠與 4 隻雄性幼蝠，而郭(2004)之解剖資料也提出台灣管鼻蝠有雙胚胎，是故推測台灣管鼻蝠 1 胎可生育 2 幼蝠，且每年 6 月應為台灣管鼻蝠幼蝠離巢學飛的季節。本文所描述台灣管鼻蝠利用香蕉葉為棲所是台灣地區首次發現紀錄，推論台灣管鼻蝠與金黃鼠耳蝠有類似的棲所利用狀況，並利用香蕉葉作為棲息與繁殖育幼的處所。

謝 誌

感謝台南縣曲溪社區發展協會營造員金士

奐女士，協助當地調查及相關資料蒐集。

引用文獻

- 周政翰。2004。台灣地區鼠耳蝠屬分類地位。私立東海大學碩士論文。
- 郭浩志。2004。台灣地區管鼻蝠屬蝙蝠的系統分類學研究。國立台灣大學碩士論文。
- 張仕緯。2006。鼠耳蝠 *Myotis* sp. 3 日間棲所的發現紀錄。野生動物保育彙報及通訊 10: 14-15。
- 張恆嘉。2007。金黃鼠耳蝠在台灣西南部城鄉林地之棲所選擇與數量變動。私立靜宜大學碩士論文。
- 李玲玲、徐昭龍、周政翰、李秉容、胡伯齊。2006。金門地區蝙蝠相調查研究。金門國家公園管理處。
- Bell, G. P., G. A. Bartholomew and K. A. Nagy. 1986. The roles of energetics, water economy, foraging behavior, and geothermal refugia in the distribution of the bat, *Macrotis californicus*. *Journal of Biochemistry Physiology B* 156: 441-450.
- Brosset, A. 1976. Social organization in the African bat, *Myotis bocagei*. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 42: 50-56.
- Crampton, L. H. and R. M. R. Braclay. 1998. Selection of roosting and foraging habitat by bats in different-aged aspen mixed-wood stands. *Conservation Biology* 12: 1347-1358.
- Davis, R. B., C. F. Herreid and H. L. Short. 1962. Mexican free-tailed bats in Texas. *Ecological Monographs* 32: 311-346.
- Dwyer, P. D. and E. Hamilton-Smith. 1965. Breeding caves and maternity colonies of the bent-winged bat in south-eastern Australia. *Journal of Australasian Speleological Research* 4: 3-21

- Findley, J. S. and D. E. Wilson. 1974. Observations on Neotropical disk-winged bats, *Thyroptera tricolor* Spix. *Journal of Mammalogy* 55: 562-571.
- Humphrey, S. R. 1975. Nursery roosts and community diversity of Nearctic bats. *Journal of Mammalogy* 56: 321-346.
- Happold, D. C. D. and M. Happold. 1990. The domiciles, reproduction, social organization and sex ratios of the banana bat *Pipistrellus nanus* (Chiroptera, Vespertilionida) in Malawi. *Zeitschrift fur Saugetierkunde* 55: 145-160.
- Happold, D. C. D. and M. Happold. 1996. The social organization and population dynamics of leaf-roosting banana bats, *Pipistrellus nanus* (Chiroptera, Vespertilionida) in Malawi, east-central Africa. *Mammalia* 60: 517-544.
- Hsu, Chao-Lung and L. L. Lee. 2007. Bat diversity and conservation in Taiwan. Abstract of the plenary, symposium, poster and oral papers presented at First International South-East Asian Bat Conference: 98.
- Kunz, T. H. 1982. Roosting Ecology. pp.1-46. *In*: T. H. Kunz (ed.). *Ecology of Bats*. Plenum Publishing Corporation, New York, United States.
- Medway, L. 1983. *The Wild Mammals of Malays*. Second ed. Oxford University Press, Kuala Lumpur.
- Mattson, T. A., S. W. Buskirk and N. L. Stanton. 1996. Roost sites of the silver-haired bat (*Lasionycteris noctivagans*) in the Black Hills, South Dakota. *Great Basin Naturalist* 56: 247-253.
- Menzel, M. A., T. C. Carter, W. M. Ford and B. R. Chapman. 2001. Tree-roost characteristics of subadult and female adult evening bats (*Nycticeius humeralis*) in upper coastal plain of South Carolina. *American Midland Naturalist* 145: 112-119.
- Rickart, E. A., P. D. Heideman and R. C. B. Uzzurum. 1989. Tent-roosting by *Scotophilus kuhkii* (Chiroptera: Vespertilionidae) in the Philippines. *Journal of Tropical Ecology* 5: 433-436.

台灣寵物店花栗鼠的物種鑑定

Identification of Chipmunks Sold in Pet Shops of Taiwan

張仕緯

Shih-Wei Chang

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

摘 要

花栗鼠屬(*Tamias*)動物並非台灣原生的物種，卻於水族寵物店中普遍出現。為鑑定目前市售的花栗鼠種類，以粒線體 DNA 細胞色素 *b* 基因序列為標記，將從台灣北、中、南、東 6 縣市寵物店及飼主共取得的 13 隻花栗鼠與從 *GenBank* 下載分屬 23 種花栗鼠的 25 條序列資料進行比對。藉由鄰聚法與 K2P 分子取代模式的分析，花栗鼠屬動物在親緣關係上可區分為 3 大支系，來自台灣市售的花栗鼠與西伯利亞花栗鼠(*T. sibiricus*)的關係最為相近，屬同一支系。在遺傳距離比較上，台灣的樣本也與西伯利亞花栗鼠最近，與其他花栗鼠較遠，因此本研究所獲之台灣市售花栗鼠可視為西伯利亞花栗鼠。親緣關係樹中，台灣的樣本又可分為 3 群，代表台灣的花栗鼠可能至少有 3 個來源，其中 1 群與其他西伯利亞花栗鼠的遺傳距離(K2P)有 10.0%，顯示西伯利亞花栗鼠中可能有隱藏種的存在。

Abstract

Chipmunks belonging to the genus *Tamias* (Rodentia: Sciuridae) are not native to Taiwan, but are commonly found in the pet shops. In order to identify the species, I obtained 13 individuals from the shops in six counties and cities, and made mitochondrial cytochrome *b* sequence (1044 bp) analyses. Also, the sequences of 23 known species of *Tamias* were retrieved from *GenBank*. The neighbor-joining tree constructed with Kimura's 2 parameter (K2P) model showed that Taiwanese samples were closely affiliated to the Siberian chipmunk *T. sibiricus* and distinguishable from the lineages of the other chipmunk

species. Accordingly, the chipmunks in Taiwan were likely *Tamias sibiricus*. Three phylogenetic groups were identified within the Taiwan samples, implying that they had three biogeographic origins. One of the groups diverged greatly (genetic distance=10%) from *T. sibiricus*, suggesting the presence of cryptic species in the Siberian chipmunk.

關鍵詞：花栗鼠、外來種、細胞色素 *b* 序列、物種鑑定

Key words: Chipmunk, *Tamias sibiricus*, exotic species, mitochondrial cytochrome *b* sequence, identification

收件日期：96年9月19日

接受日期：96年12月7日

Received: September 19, 2007

Accepted: December 7, 2007

緒 言

花栗鼠(或稱金花鼠)屬(*Tamias*)動物在分類上歸屬於啮齒目(Rodentia)、松鼠科(Sciuridae)(Thorington and Hoffmann 2005)。花栗鼠並非台灣的原生種(Corbet and Hill 1992)，卻是目前市面上水族寵物店普遍販售的物種。全世界共有25種花栗鼠，其中24種分布於北美洲，僅1種分布於亞洲(Thorington and Hoffmann 2005)。目前有紀錄因人類行為而被引入非原生棲地的有3種，分別為西伯利亞花栗鼠(*T. sibiricus*)、美東花栗鼠(*T. striatus*)及湯森德氏花栗鼠(*T. townsendii*)。西伯利亞花栗鼠分布於亞洲的西伯利亞、中國北部、韓國及日本北海道，被引入西歐、日本本州等地；美東花栗鼠分布於北美洲東部，被引入英國與美、加部分非原生棲地；湯森德氏花栗鼠則分布於北美洲美國與加拿大洛磯山脈(Rocky Mountains)到海岸的範圍，被引入美、加其他非原生的部分地區(Long 2003)。西伯利亞花栗鼠是農林作物的重大危害者，美東花栗鼠與湯森德氏花栗鼠則是疫病的帶原者(Long 2003)。

至於在台灣寵物店販售及民間飼養的花栗鼠，究竟為何物種，並未經有系統的研究。林(2002)指出市售的花栗鼠為美東花栗鼠；范等(2006)將美東花栗鼠列為已引入台灣但尚未在野外建立族群的物種，並進行風險評估，但這兩篇文獻皆未描述物種鑑定的依據。梁等(2007)發現花栗鼠是寵物賣場販售的哺乳動物之一，但未指明為何物種。由於美東花栗鼠獨居性強，對同種其他個體攻擊性高，少見圈養的情形(Henwood 1998)；而西伯利亞花栗鼠則是花栗鼠中最常見的寵物種類(Henwood 1998)。另外，台灣與西伯利亞花栗鼠所在的東亞及西伯利亞較為接近，與美東花栗鼠所在的美國東部較遠，在地緣的引進關係上，是前者的可能性高於後者。因此，市面上的花栗鼠到底是美東花栗鼠或西伯利亞花栗鼠，尚需釐清。由於外來物種身分的確認是管理上重要的基礎，錯認物種將導致管理上的疏失與缺漏。在台灣過去曾有被政府公告禁養的美洲巨水鼠(*Myocastor coypus*)，因被誤認為其他物種，而導致大量飼養與繁殖的情形(盧 2004)。

外部形態是進行物種鑑定最容易、也最經

濟的方式。但在國內花栗鼠各物種皮毛標本不足的情形下，利用市面上少數有美東花栗鼠照片的書(如：「哺乳動物圖鑑」，克拉頓伯克 2003)，並無法輕易地由毛色形態來區分美東花栗鼠與西伯利亞花栗鼠。幸好目前分子遺傳技術的進步，使研究者能利用少量的 DNA 即能進行物種的初步鑑定。吳等(2001)與儲等(2007)即利用粒線體 DNA 控制區域的資訊，與 *GenBank* 的資料比對，確認台灣新記錄到的外來鼠類為緬甸小鼠(*Rattus exulans*)，提供形態鑑定(Motokawa *et al.* 2001)之外很好的佐證，並且利用分子資訊，推測入侵台灣的緬甸小鼠的可能來源地區。

在哺乳動物的物種鑑定上，粒線體細胞色素 *b* 基因序列是一廣泛被使用，且是有效的遺傳標記(Hsieh *et al.* 2001)。目前 *GenBank* 上已有充足的細胞色素 *b* 基因資訊可用來作為花栗鼠的物種比較(Piaggio and Spicer 2001)，因此本研究即利用此分子遺傳標記，透過與 *GenBank* 的序列資料比對，來鑑定目前出現在台灣的花栗鼠物種，並探討其可能的生物地理來源。

材料與方法

一、標本採集

從桃園縣龍潭鄉、新竹市、台中市、台南縣歸仁鄉及高雄市共 6 間水族寵物販售店，各取得 2 隻花栗鼠，另外由花蓮縣新城鄉一位飼主處取得 1 隻，共 13 隻花栗鼠。表 1 列出各花栗鼠樣本編號、性別與採集地點等資訊。動物攜回實驗室麻醉取其腳趾組織，死亡的個體則取肌肉組織，保存於 99 % 的酒精，並冰存於 -20°C 冷凍庫中，以備接續的分子分析。

二、DNA 萃取、PCR 與定序

DNA 萃取是以 MasterPure™ DNA Purification Kit (Epicentre, Madison, USA) 進行，萃取過程依原廠操作程序(protocol)進行，萃取出之 DNA

以 TE 緩衝溶液保存。為增幅粒線體細胞色素 *b* 基因序列，以引子組 cb1: 5' - GAC ATG AAA AAT CAT CGT TG- 3' (forward) 及 cb3: 5' - CAT TTT TGG TTT ACA AGA CCA AAG - 3' (reverse) 進行聚合酶連鎖反應(PCR)。此引子組是根據 Oshida *et al.* (2000) 所用引子，參考 Reyes *et al.* (2000) 發表的同為松鼠科的 *Sciurus vulgaris* 的粒線體 DNA 完整序列，分別由 Oshida (未發表資料) 與本文作者修改設計。每次 PCR 使用 50 µl 的反應溶液，其中包括 50-200 ng 的模版(template) DNA、各引子 12.5 pmole、*TaKaRa Taq*™ 1 unit、10×PCR buffer 5 µl、dNTP Mixture 4 µl (Takara Bio Inc., Shiga, Japan) 及 ddH₂O 加至 50 µl。PCR 增幅細胞色素 *b* 基因的過程起始於 94°C 加熱 5 min，然後進行 35 個熱循環反應，每一循環包括 94°C 1 min、55°C 1 min 及 72°C 2 min，最後再 72°C 加熱 10 min，便完成 PCR 反應。所有 PCR 產物皆經電泳法與 EtBr 染色檢視，確認增幅的基因片段符合預期的長度。後續基因定序的工作則交由明欣生物科技公司(台北，台灣)以 ABI Prism 3730 自動定序儀(Applied Biosystems, California, USA) 執行。定序時先利用與 PCR 反應相同的引子，若有必要，再用自行設計的兩個引子 cb4: 5' - GTA ATG ACG GTA GCT CCT C - 3' (reverse) 及 cb5: 5' - TAG GAG ACC CTG ATA ACT ATA-3' (forward) 讀出細胞色素 *b* 基因兩端的序列。

三、資料分析

定序所得之序列，以 BioEdit 軟體 (Version 7.0.1) (Hall 1999) 進行排列比對 (alignment)。為鑑定市售花栗鼠所屬物種，本研究採取二途徑，一是分析待鑑定對象與參考序列的親緣關係；二是比較待鑑定對象與參考序列的遺傳距離。本研究以鄰聚(neighbor-joining)法 (Saitou and Nei 1987) 來建構台灣市售花栗鼠與其他花栗鼠間的親緣關係，以 Kimura's 2 parameter

model (K2P) (Kimura 1980) 為分子取代 (substitution) 模式，並利用 bootstrap 法 (Felsenstein 1985) 重複 1,000 次運算來求親緣關係之可信度。遺傳距離亦是以 K2P 為模式來校正計算。鄰聚法、bootstrap 法及遺傳距離的計算皆是用軟體 MEGA 3.1 (Kumar *et al.* 2004) 來執行。作為比對參考的其他花栗鼠粒線體細胞色素 *b* 基因序列，則從 *GenBank* 下載，包含的序列、物種與其擷取碼 (accession number) 請參見表 2，共 23 個物種 25 條基因序列。

結 果

本研究蒐集 13 隻台灣市售花栗鼠，得到 13 條粒線體細胞色素 *b* 基因的完整序列，基因全長 1140 bp，在 *GenBank* 的擷取碼列於表 1。13 隻花栗鼠中僅兩隻的單套基因型 (haplotype) 相同，故共有 12 個單套基因型 (表 1)。將這 12 個基因序列與從 *GenBank* 下載的其他花栗鼠序列進行親緣關係分析，其關係樹如圖 1。由圖 1 可見，花栗鼠的物種可分為 3 大支系，每個支系皆有 100% 的 bootstrap 值支持。第一個支系是分布於北美洲西部的花栗鼠，共涵蓋 21 個種類；第二個支系僅有 1 種，為分布於北美洲東部的美東花栗鼠 (*T. striatus*)；第三個支系為採自台灣的樣本與西伯利亞花栗鼠 (*T. sibiricus*)。台灣的樣本又可分為 3 個親緣群 (phylogroup)，分別為 TW1、TW2 及 TW3 (表 1、圖 1)。TW1 群有 9 個個體、8 個單套基因型，來源地點包括桃園縣、新竹市、台中市、台南縣及高雄市；TW2 群有 3 個個體、3 個單套基因型，來源地點包括台中市與花蓮縣；TW3 群僅 1 個個體、1 個單套基因型，來源地為台中市。*GenBank* 中的西伯利亞花栗鼠序列與 TW1 群的關係最接近。

在遺傳距離方面，以 3 個台灣的親緣群分別與花栗鼠各物種進行計算，結果如表 3。對 TW1 群、TW2 群及 TW3 群而言，距離最近的

都是西伯利亞花栗鼠，距離分別為 1.2%、3.6% 及 9.8%，遠小於台灣樣本與其他花栗鼠物種間的遺傳距離 (17.0-22.1%)，TW1 群、TW2 群及 TW3 群應皆可視為西伯利亞花栗鼠。西伯利亞花栗鼠支系中，TW3 群是與其他個體 (包括 *GenBank* 中西伯利亞花栗鼠的序列及 TW1 群、TW2 群) 關係最遠的 1 群 (圖 1)，遺傳距離達 10.0%。

討 論

一、台灣市售花栗鼠的物種鑑定

台灣的花栗鼠樣本與西伯利亞花栗鼠在親緣關係樹上屬同一支系，該支系中目前並無其他花栗鼠物種，亦即與台灣樣本親緣關係最近的是西伯利亞花栗鼠。再者，台灣樣本與西伯利亞花栗鼠的遺傳距離比起與其他花栗鼠的遺傳距離也近了不少，顯示台灣市售的花栗鼠應該屬於西伯利亞花栗鼠類群，而非先前部分文獻所列的美東花栗鼠。本研究在台灣的採樣數量不多，並無法完全排除其他花栗鼠物種亦被引入台灣的可能性，但樣本來源涵蓋台灣北、中、南、東各區，若真有其他花栗鼠物種，相對數量必然少很多。美東花栗鼠因獨居性強，少有圈養作為寵物的情形，而西伯利亞花栗鼠則是花栗鼠中最常見的寵物種類 (Henwood 1998)，也是花栗鼠中唯一原生於亞洲的成員 (Thorington and Hoffmann 2005)。後者雖未分布於台灣，但在地緣上，確實是最可能引進台灣的種類。因此，台灣市售的花栗鼠應以西伯利亞花栗鼠為主，至於是否有其他物種，則尚待個案的報導。

二、花栗鼠中可能存在的隱藏種

花栗鼠屬動物可分為 3 大支系 (圖 1)，其中分布於北美西部的美西花栗鼠支系內種類最多，Piaggio and Spicer (2001) 依分子研究將其分為 5 群，以細胞色素 *b* 基因序列為標記，群

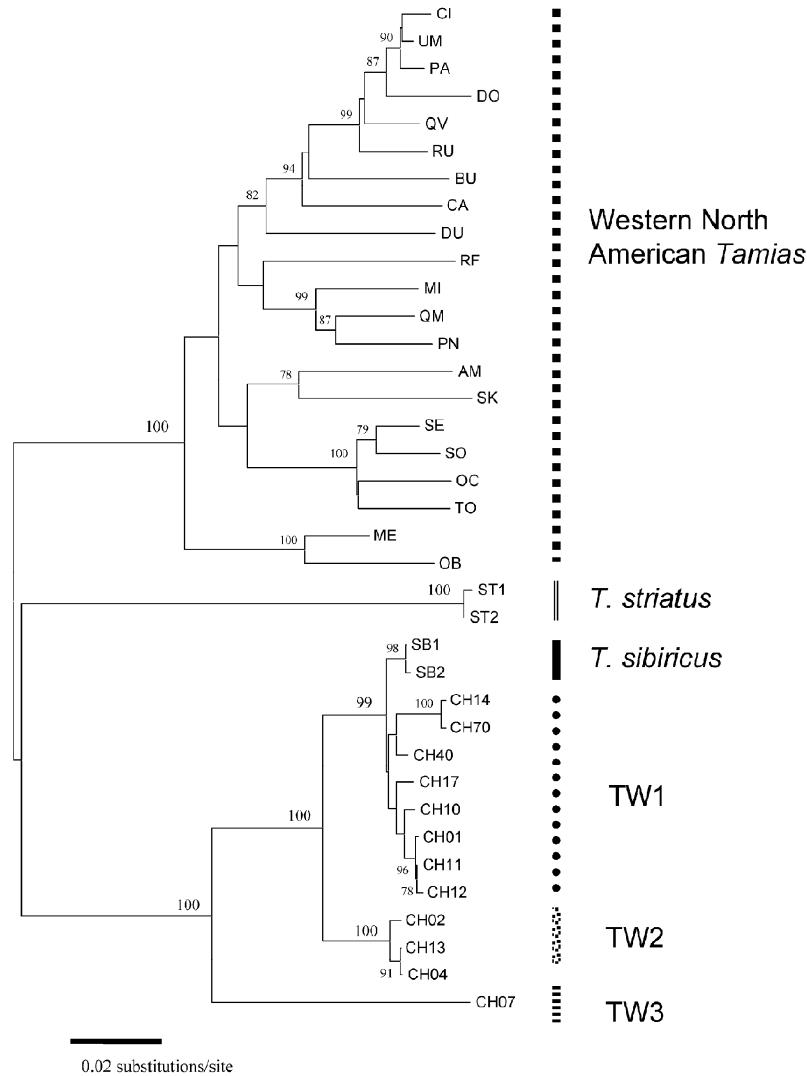


圖 1. 以鄰聚法分析粒線體細胞色素 *b* 基因部分片段序列(1044 bp)建構的台灣市售花栗鼠與花栗鼠屬(*Tamias*)其他物種的親緣關係。結果顯示台灣市售花栗鼠與西伯利亞花栗鼠的關係最近。各分歧點旁的數值為以bootstrap法重複運算 1,000 次所得到的可信度百分比，僅列出其中大於 75 的部分。台灣樣本的序列代碼請參見表 1；北美西部花栗鼠的序列代碼請參見表 2。TW1、TW2 及 TW3 為採自台灣的花栗鼠親緣群。

Fig. 1. The phylogenetic tree constructed with Kimura's 2 parameter model and partial mitochondrial cytochrome *b* sequences (1044 bp) for chipmunks obtained from the pet shops in Taiwan and for 23 species obtained from *GenBank* (numbers beside nodes, bootstrap values calculated from 1,000 replicates with values >75; sequence codes, Taiwan samples in Table 1, and those for Western North American *Tamias* in Table 2; TW1, TW2 and TW3, three phylogenetic groups of Taiwan samples).

表 1. 從台灣各地寵物店蒐集的花栗鼠樣本(TW1、TW2 與 TW3 是 3 個主要親緣群，三者之關係請參見圖 1)

Table 1. *Tamias* specimens obtained from the pet shops in Taiwan (TW1, TW2 and TW3, three major phylogenetic groups in Fig. 1)

Specimen number	Sex	Sources	MtDNA cyt <i>b</i> haplotypes	MtDNA cyt <i>b</i> phylogroups	<i>GenBank</i> accession number
CH01	♀	Taichung City	CH01	TW1	EU050992
CH02	♂	Taichung City	CH02	TW2	EU050993
CH04	♂	Taichung City	CH04	TW2	EU050994
CH07	♂	Taichung City	CH07	TW3	EU050995
CH10	♂	Tainan County	CH10	TW1	EU050996
CH11	♀	Taoyuan County	CH11	TW1	EU050997
CH12	♂	Taoyuan County	CH12	TW1	EU050998
CH13	♂	Hualien County	CH13	TW2	EU050999
CH14	♂	Hsinchu City	CH14	TW1	EU051000
CH17	♂	Hsinchu City	CH17	TW1	EU051001
CH20	♀	Tainan County	CH14	TW1	EU051002
CH40	♀	Kaohsiung City	CH40	TW1	EU051003
CH70	♂	Kaohsiung City	CH70	TW1	EU051004

表 2. 從 *GenBank* 下載的花栗鼠(*Tamias*)各物種粒線體細胞色素 *b* 基因序列

Table 2. Mitochondrial cytochrome *b* sequences of the *Tamias* species retrieved from *GenBank*

Sequence	Species	Accession number
CI	<i>Tamias cinericollis</i>	AF147636
UM	<i>Tamias umbrinus</i>	AF147677
PA	<i>Tamias palmeri</i>	AF147655
DO	<i>Tamias dorsalis</i>	AF147641
QV	<i>Tamias quadrivittatus</i>	AF147660
RU	<i>Tamias rufus</i>	AF147663
BU	<i>Tamias bulleri</i>	AF147634
CA	<i>Tamias canipes</i>	AF147635
DU	<i>Tamias durangae</i>	AF147642
RF	<i>Tamias ruficaudus</i>	AF147661
MI	<i>Tamias minimus</i>	AF147649
QM	<i>Tamias quadrimaculatus</i>	AF147657
PN	<i>Tamias panamintinus</i>	AF147656
AM	<i>Tamias amoenus</i>	AF147631
SK	<i>Tamias siskiyou</i>	AF147668
SE	<i>Tamias senex</i>	AF147665
SO	<i>Tamias sonomae</i>	AF147669
OC	<i>Tamias ochrogenys</i>	AF147654
TO	<i>Tamias townsendii</i>	AF147674
ME	<i>Tamias merriami</i>	AF147644
OB	<i>Tamias obscurus</i>	AF147652
ST1	<i>Tamias striatus</i>	AF147671
ST2	<i>Tamias striatus</i>	AF147672
SB1	<i>Tamias sibiricus</i>	AF147666
SB2	<i>Tamias sibiricus</i>	AF147667

表 3. 台灣市售的花栗鼠親緣群 TW1、TW2 及 TW3 與各花栗鼠物種的 K2P 遺傳距離(%). 所有的台灣親緣群皆與西伯利亞花栗鼠的遺傳距離最近

Table 3. Genetic distances (%) based on Kimura's 2 parameter model among three *Tamias* phylogenetic groups (TW1, TW2 and TW3) of the chipmunks obtained from the pet shops in Taiwan, and 23 *Tamias* species from *GenBank*

Species	Phylogenetic groups		
	TW1	TW2	TW3
<i>Tamias amoenus</i>	18.1	18.6	18.7
<i>Tamias bulleri</i>	17.3	17.6	19.3
<i>Tamias canipes</i>	17.3	16.8	18.2
<i>Tamias cinericollis</i>	17.0	16.7	19.1
<i>Tamias dorsalis</i>	18.3	17.8	20.8
<i>Tamias durangae</i>	17.5	16.4	18.5
<i>Tamias merriami</i>	18.4	17.6	18.3
<i>Tamias minimus</i>	19.0	18.8	19.4
<i>Tamias obscurus</i>	18.2	17.5	18.4
<i>Tamias ochrogenys</i>	20.2	19.2	20.0
<i>Tamias palmeri</i>	17.1	16.8	19.5
<i>Tamias panamintinus</i>	17.4	16.3	18.1
<i>Tamias quadrimaculatus</i>	18.0	17.4	18.6
<i>Tamias quadrivittatus</i>	18.4	17.9	19.6
<i>Tamias ruficaudus</i>	18.6	18.5	19.3
<i>Tamias rufus</i>	17.4	16.9	19.6
<i>Tamias senex</i>	19.7	18.3	19.8
<i>Tamias sibiricus</i>	1.2	3.6	9.8
<i>Tamias siskiyou</i>	18.3	18.5	19.5
<i>Tamias sonomae</i>	20.3	19.6	20.3
<i>Tamias striatus</i>	19.3	19.0	19.2
<i>Tamias townsendii</i>	20.7	19.2	22.1
<i>Tamias umbrinus</i>	17.4	17.1	19.6

間的遺傳距離(K2P)為 7.9-10.9%，群內種間的遺傳距離則為 4.3-5.9%。台灣市售的花栗鼠加上 *GenBank* 中西伯利亞花栗鼠 2 序列共 14 個單套基因型的樹形關係可明顯區分為 3 大親緣群(圖 1)，3 群間的遺傳距離為 3.8-10.3%，其中 TW3 與其他兩群的遺傳距離達 10%以上，不但超過美西花栗鼠的群內種間差異值，還達到群間的差異水準，顯示分布於亞洲的花栗鼠物種多樣性可能被低估。Bradley and Baker

(2001)歸納多種齧齒類與蝙蝠類的分子親緣研究後發現，以細胞色素*b*基因序列估算的種間遺傳距離(K2P)，若大於 11%，則為不同物種；若小於 2%，則為同種；若介於 2-11%間，則需要進一步確認。Baker and Bradley (2006)在倡議 Genetic Species Concept 時，提議對哺乳動物而言，若種內兩親緣群間遺傳距離達 5%以上，就值得以此作為搜尋隱藏種的起點。

本研究發現的西伯利亞花栗鼠有 3 親緣

群，其中的 TW3 群很可能與 TW1 加 TW2 群是不同物種，亦即西伯利亞花栗鼠中有隱藏種的存在。雖 TW3 群僅有 1 個樣本，且單以遺傳距離，尚難論斷種的地位，但相關的分類學研究，卻值得就此展開。根據初步外形觀察(個人未發表資料)，TW3 群個體的背部條紋較短，背部前、中段顏色偏灰色，後段則偏紅棕色，腹部顏色較黃；TW1 加 TW2 群的背部條紋較長，背部前、中、後段顏色較一致，無明顯差別，腹部較白。目前西伯利亞花栗鼠雖被分為 9 亞種(Thorington and Hoffmann 2005)，在 *GenBank* 中西伯利亞花栗鼠資料有限(細胞色素 *b* 基因僅 2 序列，且皆來自西伯利亞遠東近海地區)，且未進行大規模標本比對的情形下，尚無法將本研究發現的 3 個親緣群與亞種名作對應連結。而此 3 親緣群究竟是 3 亞種，或是有 2 種以上，則還有待未來更進一步的研究。

三、市售花栗鼠的可能地理來源

前述台灣市售花栗鼠可區分為 3 群，由其彼此間不小的遺傳差異推斷，很可能台灣水族寵物店中販售的花栗鼠來源不只一處。西伯利亞花栗鼠分布區域廣泛，涵蓋西伯利亞、中國北方、韓國、日本北海道等地(Thorington and Hoffmann 2005)。圖 1 顯示 TW1 群與 *GenBank* 上的 2 隻西伯利亞花栗鼠的親緣關係最近，但彼此間的平均遺傳距離尚有 1.2%，可能西伯利亞遠東近海地區並非台灣市售花栗鼠的直接種原產地。TW1 群在本研究取樣中共有 9 個個體，占全部取樣的 69%，是主要的成員，其種原產地可能是西伯利亞遠東範圍的鄰近地區。TW2 群、TW3 群與 TW1 群有相當之遺傳差異，種原可能是來自較遠的地區(如：韓國或中國大陸華北地區)或被海洋隔離的島嶼(如：日本北海道)。Henwood (1998)曾表示韓國、日本北海道皆是寵物花栗鼠的種原產地，因此來自韓國、日本北海道及中國大陸華北地區的

花栗鼠野外樣本，將是解開台灣市售花栗鼠種原產地的關鍵。另外，從西伯利亞花栗鼠(含台灣樣本)種內的高遺傳多樣性，顯見花栗鼠寵物馴化的過程是多次發生且來自不同地區。

四、花栗鼠在台灣의流通情形

本研究在台中市取樣 4 個體，但單套基因型涵蓋 TW1、TW2、TW3 三群；台中市以外地區的取樣共 9 個體，除花蓮縣有 1 個 TW2 群個體外，不論北台灣或南台灣，皆屬 TW1 群個體(表 1)。來自台中的花栗鼠有最高的遺傳多樣性，似乎代表台中或鄰近的中台灣地區可能是台灣市售花栗鼠不同來源的流通匯集地。

五、花栗鼠對台灣生態的可能影響

在台灣，花栗鼠是水族寵物店常見的動物之一，因飼養不慎而逃逸的例子容易發生並有所耳聞，然而目前尚無在野外建立存續族群之報導，對台灣生態之衝擊尚無紀錄。不過，西伯利亞花栗鼠已名列全球外來引入種的名單中(Long 2003)，文獻記載十九世紀時就開始由亞洲往西拓展，近來已分布至芬蘭。人為引入寵物飼養後逃脫至野外，並成功建立野生族群的國家包括：法國、德國、奧地利、義大利、荷蘭、瑞士及日本(部分非原生地區)(Long 2003; Thorington and Ferrell 2006)。其中在日本，來自亞洲大陸的西伯利亞花栗鼠已因野放或逃脫而在野外建立族群，甚至在北海道可能與當地原生的西伯利亞花栗鼠亞種 *T. s. lineatus* 產生雜交與競爭(Abe *et al.* 2005)。

林(1991)曾歸納引入種對生態的影響可分為 5 類：植物及棲地的改變、掠食、競爭、疾病和寄生蟲、雜交。林(1991)同時指出，樹棲者的危害較地棲者為大，因為樹棲者可同時捕捉樹棲與地棲的獵物；另外，食肉目、齧齒目、偶蹄目的引進最易造成原生物種因被捕食而豐度降低、甚至滅絕。西伯利亞花栗鼠是齧齒目動物，雜食性，會吃堅果、種子、昆蟲、

蝸牛、鳥蛋、雛鳥；主要在地上活動，但也會上樹棲息 (Abe *et al.* 2005)，似乎是相當有潛在風險的引入種。范等 (2006) 設計一套台灣外來種陸域脊椎動物風險評估系統，並依此評估 42 種已經引入台灣的外來種陸域脊椎動物，西伯利亞花栗鼠並不在其評估中。若將 Abe *et al.* (2005) 及 Long (2003) 所載的西伯利亞花栗鼠相關參數帶入范等 (2006) 的評估表，得到總分 3.09，放入原有被評估的 42 物種中比較，居第 13 位，比牛蛙 (*Rana catasbeiana*) 的分數還高一些。因此，西伯利亞花栗鼠可算是潛在風險高的引入物種。

在對生態環境的可能影響方面，由於其體型、形態、習性等特性與台灣原生的條紋松鼠 (*Tamias maritimus*) 極為相近，若在野外建立族群，很可能與條紋松鼠發生競爭的關係，對原生條紋松鼠的生存恐有不利影響。至於雜交可能性，則由於花栗鼠與條紋松鼠的親緣關係相當遠 (Mercer and Roth 2003)，這個機率並不高。除了對生態環境的可能影響，西伯利亞花栗鼠也會造成農作物受害，牠在原生地是森林附近農地主要的有害動物之一，危害對象包括種子類、瓜果類及根莖類作物 (Long 2003)。由於花栗鼠會儲存種子、堅果在地下洞穴中 (Abe *et al.* 2005)，因此其危害的數量可能遠超過生存繁殖需求。所以一旦西伯利亞花栗鼠在野外建立族群並繁衍增長，將可能形成嚴重的外來種衝擊問題，因此須提防寵物花栗鼠入侵台灣的自然生態。

謝 誌

感謝兩位審查者提供寶貴的修改意見；Dr. Oshida 提供引子資訊；許善理小姐、劉嘉顯、黃光隆先生協助樣本採集；蔡奇立先生協助實驗室工作；Dr. Cara Lin Bridgman 與蔡佳發博士協助文稿英文部分的修訂。本研究由農委會特有生物研究保育中心提供經費。

引用文獻

- 林俊義。1991。台灣引進野生動物對生態體系的影響：鳥獸部分。私立東海大學生物學系。
- 吳海音、吳逸華、儲瑞華、林曜松。2001。緬甸小鼠在台灣之發生及防治。植物保護學會會刊 43: 205-214。
- 林良恭。2002。台灣外來種脊椎動物之現況。全球變遷通訊 33: 9-14。
- 克拉頓伯克。2003。哺乳動物圖鑑 (黃小萍譯)。貓頭鷹出版社。台北。
- 范孟雯、林瑞興、黃雅倫、林德恩。2006。台灣外來種陸域脊椎動物風險評估系統。特有生物研究 8: 7-22。
- 盧高宏。2004。麝香鼠、河狸鼠還是美洲巨水鼠？植物保護通報 11: 1-3。
- 梁世雄、陳俊宏、杜銘章、王渭賢、侯平君、謝寶森。2007。外來觀賞與寵物物種入侵潛力評估及分級管理制度之建立。國立高雄師範大學生物科技系。
- 儲瑞華、曹又仁、莊媛茹、陳皇奇、林曜松、吳海音。2007。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。特有生物研究 9: 1-11。
- Abe, H., N. Ishii, T. Ito, Y. Kaneko, K. Maeda, S. Miura and M. Yoneda. 2005. A guide to the mammals of Japan. Tokai University Press, Kanagawa, Japan.
- Baker, R. J. and R. D. Bradley. 2006. Speciation in mammals and the Genetic Species Concept. *Journal of Mammalogy* 87: 643-662.
- Bradley, R. D. and R. J. Baker. 2001. A test of the Genetic Species Concept: Cytochrome-*b* sequences and mammals. *Journal of Mammalogy* 82: 960-973.
- Corbet, G. B. and J. E. Hill. 1992. The mammals of the Indomalayan region: A systematic

- review. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* 39: 783-791.
- Hall, T. A. 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41: 95-98.
- Henwood, C. 1998. The guide to owning chipmunks and similar species. T. F. H. Publications, Inc., Neptune City, New Jersey, USA.
- Hsieh, H. M., H. L. Chiang, L. C. Tsai, S. Y. Lai, N. E. Huang, A. Linacre and J. C. Lee. 2001. Cytochrome *b* gene for species identification of the conservation animals. *Forensic Science International* 122: 7-18.
- Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 16: 111-120.
- Kumar, S., K. Tamura and M. Nei. 2004. MEGA3: Integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics* 5: 150-163.
- Long, J. L. 2003. Introduced mammals of the world: Their history, distribution and influence. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Mercer, J. M. and V. L. Roth. 2003. The effects of Cenozoic global change on squirrel phylogeny. *Science* 299: 1568-1572.
- Motokawa, M., K. H. Lu, M. Harada and L. K. Ling. 2001. New records of the Polynesian Rat *Rattus exulans* (Mammalia: Rodentia) from Taiwan and the Ryukyus. *Zoological Studies* 40: 299-304.
- Oshida, T., L. K. Lin, R. Masuda and M. C. Yoshida. 2000. Phylogenetic relationships among Asian species of *Petaurista* (Rodentia, Sciuridae), inferred from mitochondrial cytochrome *b* gene sequences. *Zoological Science* 17: 123-128.
- Piaggio, A. J. and G. S. Spicer. 2001. Molecular phylogeny of the chipmunks inferred from mitochondrial cytochrome *b* and cytochrome oxidase II gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 20: 335-350.
- Reyes, A., C. Gissi, G. Pesole, F. M. Catzeflis and C. Saccone. 2000. Where do rodents fit? Evidence from the complete mitochondrial genome of *Sciurus vulgaris*. *Molecular Biology and Evolution* 17: 979-983.
- Saitou, N. and M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4: 406-425.
- Thorington, R. W. Jr. and K. Ferrell. 2006. Squirrels: The animal answer guide. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- Thorington, R. W. Jr. and R. S. Hoffmann. 2005. Family Sciuridae. pp. 754-818. *In*: D. E. Wilson and D. M. Reeder (ed.). *Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference*. The John Hopkins University Press, Baltimore, USA.

條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)
人工繁養殖及幼苗發育

Induced Spawning and Larval Development of the
Half-striped Barb *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)

賴弘智¹ 翁紹儒¹ 張瑞宗¹ 蔡澄崇¹ 施志昫^{2,*}

Hong-Thih Lai¹, Shao-Ju Weng¹, Jui-Tsung Chang¹, Cherng-Chung Tsay¹
and Jhy-Yun Shy^{2,*}

¹ 國立嘉義大學水生生物科學系 嘉義市學府路 300 號

² 國立澎湖科技大學水產養殖學系 澎湖縣馬公市六合路 300 號

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

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

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 為台灣西部常見之小型淡水魚類，兼具生態與觀賞之價值，但近年來由於棲地破壞與環境污染等問題，使其族群量日益減少。本實驗藉由人工催熟與自然產卵的方式進行條紋小鯽繁殖試驗，並進行育苗觀察與記錄，以瞭解條紋小鯽之繁殖過程、生殖習性與魚苗成長過程，期望逐步建立條紋小鯽之基礎生物學資料，並應用於自然環境中之復育或人工繁養殖。條紋小鯽大部分將卵產於水生植物根系，魚卵卵徑約 1.2 mm，屬於沈性帶黏性卵，在水溫 26-28 °C 的環境中約 19-22 hr 孵化，初孵化魚苗全長約為 3.5 mm，孵出第 3 天可開始攝食餌料；第 10 天已可清楚觀察到背鰭，臀鰭也開始發育；第 20 天腹鰭開始發育；第 30 天可清楚觀察到鱗片，此時與成魚的外表形態類似。

Abstract

The half-striped Barb *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) is a small native freshwater fish inhabiting in brooks and small lakes of the western Taiwan. Due to environmental deterioration resulted from water pollution, habitat destruction, and introduction of exotic fishes, its population has been gradually declining and becoming rare or extinct in many parts of its original ranges. We induced spawning of the fish in the laboratory with injecting a mixed solution of grounded carp's pituitary glands and LRH-A, and then, observed its spawning habit and examined its embryonic and larval developments at water temperatures of 26-28 °C. The fertilized eggs had diameters of 1.2 mm in average. They developed to the stages of gastrula at 4-5 HAS (hours after spawning) and of embryos with myotome at 8-9 HAS and with heart beats and otoliths at 10-11 HAS. The larvae were hatched at 19-22 HAS. Newly hatched yolk-sac larvae had total lengths at an average of about 3.5 mm. The larvae started feeding on 3 DAH (days after hatching), and had well developed dorsal and anal fins on 10 DAH, pelvic fins on 20 DAH, and scales on 30 DAH.

關鍵詞：條紋小鯮、人工繁殖、胚胎發育、魚苗發育

Key words: *Puntius semifasciolatus*, induced spawning, embryonic development, larval development

收件日期：96年6月14日

接受日期：97年1月2日

Received: June 14, 2007

Accepted: January 2, 2008

緒 言

條紋小鯮 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 屬鯉形目(Cypriniformes)、鯉科(Cyprinidae)、鯮亞科(Barbinae)，本種成熟個體不論雌雄，在眼眶上半部皆具紅色光澤，因此俗稱紅目鯮仔、紅目狗貓仔、花肚或紅目猴(陳及方 1999；陳及張 2005)(圖1A)。

條紋小鯮為台灣原生初級性淡水魚，主要棲息於河川下游緩流處及潭區，田間灌溉溝渠中也常可發現。鰭式及鱗列特徵為背鰭 III，

8；臀鰭 2，5；側線鱗 23-25；背鰭前鱗 8-10；咽喉齒為 5.3.2-2.3.5。體延長而側扁稍高，雄魚體高略低。口小，斜裂，呈馬蹄形，上頷比下頷略長。具有頷鬚 1 對(陳及于 1986；曾 1986, 1990；沈 1993；陳及方 1999；陳及張 2005)。雄魚未成熟前，身體體背呈現青灰色，體側為淡金黃灰色並具數條黑色垂直條紋，雄魚在成熟後，背鰭邊緣與尾鰭會呈現淡橘紅色，體側上半部呈現綠色金屬光澤，腹部兩側則呈現鮮豔的橘紅色；成熟雌魚個體通常較大，體側無色澤。成魚體型約 5-8 cm，游動和

食性都偏向水域中下層，多在水中石塊和水中植物間游動，主要以水生植物、水生昆蟲和底棲生物或有機碎屑等為食(陳及張 2005)。

條紋小鯽早期分布範圍在台灣西部各地平原或接近山區的水域中，棲息水域多為水生植物豐富的溪流、水圳與埤塘中。早期條紋小鯽數量相當多，但由於近年來台灣水域環境遭受破壞或污染，造成適合的棲息地銳減，再加上外來種的競爭迫害，使其族群量大幅減少。因此生存在野外水域的條紋小鯽族群日益減少，許多原分布水域已無法再採獲。條紋小鯽除了分類演化與生態上的價值外，其體型適中，飼養容易，且雄魚體色鮮豔，相當適合做為觀賞魚類飼養(張等 2005)，是一具有觀賞性與經濟性潛力的原生魚種。

由於目前對條紋小鯽的研究多僅局限於分類及演化探討(張等 2005)，本研究則著重對其生態或生殖習性的研究，因此進行條紋小鯽人工繁殖、孵化與育苗等實驗，期望能為條紋小鯽的復育及種原保存建立基礎資料。

材料與方法

條紋小鯽採集地點為屏東縣萬巒鄉五溝水(120°37'19.8"E, 22°35'4.4"N)，採集方法使用竿釣與籠具，自 2004 年 1 月至 5 月間，共採集 3 次，計採獲健康種魚約 80-100 尾，採得之種魚置於充氧的活魚袋中，並於 6 hr 內運送回實驗室馴養，種魚馴養於容量為 500l 的玻璃纖維桶中，蓄養水質條件為水溫 26-28 °C，pH 值 6-8，採用自然光照週期。春季採集之條紋小鯽在馴養約 1-2 月後，由外觀可觀察到母魚腹部有顯著之膨脹現象，輕壓雄魚腹部有白色精液流出，此時即開始進行人工繁殖試驗(2004 年 7 月)。

進行人工繁殖試驗時，挑選成熟雌雄種魚各 10 尾，進行 2 劑注射催產後蓄養在 20l 繁殖桶中待產，催產注射前以 250 ppm 的 2-

phenoxyethanol 進行麻醉。注射時間第 1 劑為 12:00 注射，第 2 劑為 18:00 注射。注射液為鯉魚 (*Cyprinus carpio*) 的腦下垂體研磨液和促黃體釋放激素類似物(luteinizing hormone releasing hormone analogue, LRH-A)混合液，平均每尾種魚每次注射劑量為腦下垂體研磨液 10 µg/g，LRH-A 0.2 µg/g，經過第 2 次注射的種魚，隨後移至繁殖桶中待產(劉及何 1992；賴等 2006)。

繁殖桶內放置黑色的隔離網，隔離網內放置注射後種魚，並布置浮水性植物大萍(*Pistia stratiotes*)、石塊與瓦片等產卵基質，以測試本種魚之產卵嗜性。繁殖桶四周用黑布包覆，以防止種魚受到驚嚇。在此條件下同時進行觀察並記錄條紋小鯽的產卵習性。

產卵後將種魚和隔離網移出產卵的繁殖桶，留下受精卵進行卵發育階段之觀察。除以萬能投影機(Topcon, VP-300)測量卵徑之外，同時也記錄胚胎發育之變化。孵化後之魚苗蓄養於室內，水溫保持 26-28 °C，並於 3 日後開始可以攝食時，於日間每日餵食魚苗飼料 5 次，約每隔 3 hr 餵食 1 次。每日取樣 3-5 尾測量全長與體寬，並觀察記錄外表形態的變化。若發育階段外形有顯著變化與特徵形成，則拍照並記錄，並將魚苗標本浸泡於 3.5% 中性福馬林(formalin)中保存。另計算魚卵發育之積溫值(cumulative temperature)(Handeland *et al.* 2004)。

結 果

一、產卵習性與產卵數

經過催產注射的條紋小鯽種魚，約於第 1 劑後 4 hr 即可觀察到開始追尾，第 2 劑注射後約 6 hr 即發現有產卵現象，但在清晨 6:00 前後才達到產卵高峰。經計數後發現 10 尾雌魚共產下約 150 餘顆卵，產卵位置多數集中於大萍的根系上，由此可知其繁殖嗜性應為嗜植物性。此外，在繁殖桶底部的石塊與瓦片也發現

有部分受精卵，推測應該是未能即時黏附於大萍根系而掉落者。

二、魚卵特徵

條紋小鯽的魚卵為圓形，卵徑約 1.2 mm，為透明的沈性帶黏性卵(圖1B)。黏附於大萍根系上的卵粒多能正常發育，而掉落至底部者，可能因為受到沈積物覆蓋的影響，多有發黴現象而無法孵出。

三、魚卵發育

在次日上午 10:55 採得的大部分受精卵已經進入原腸期，估計此時約為產卵後 4-5 hr (hours after spawning, HAS)，至 8-9 HAS，已可觀察到肌節和眼點，10-11 HAS 可觀察到明顯的心臟跳動，耳石也已經出現，19-22 HAS 魚苗多已孵出(表 1)。其孵化積溫值約為 23 degree-days。

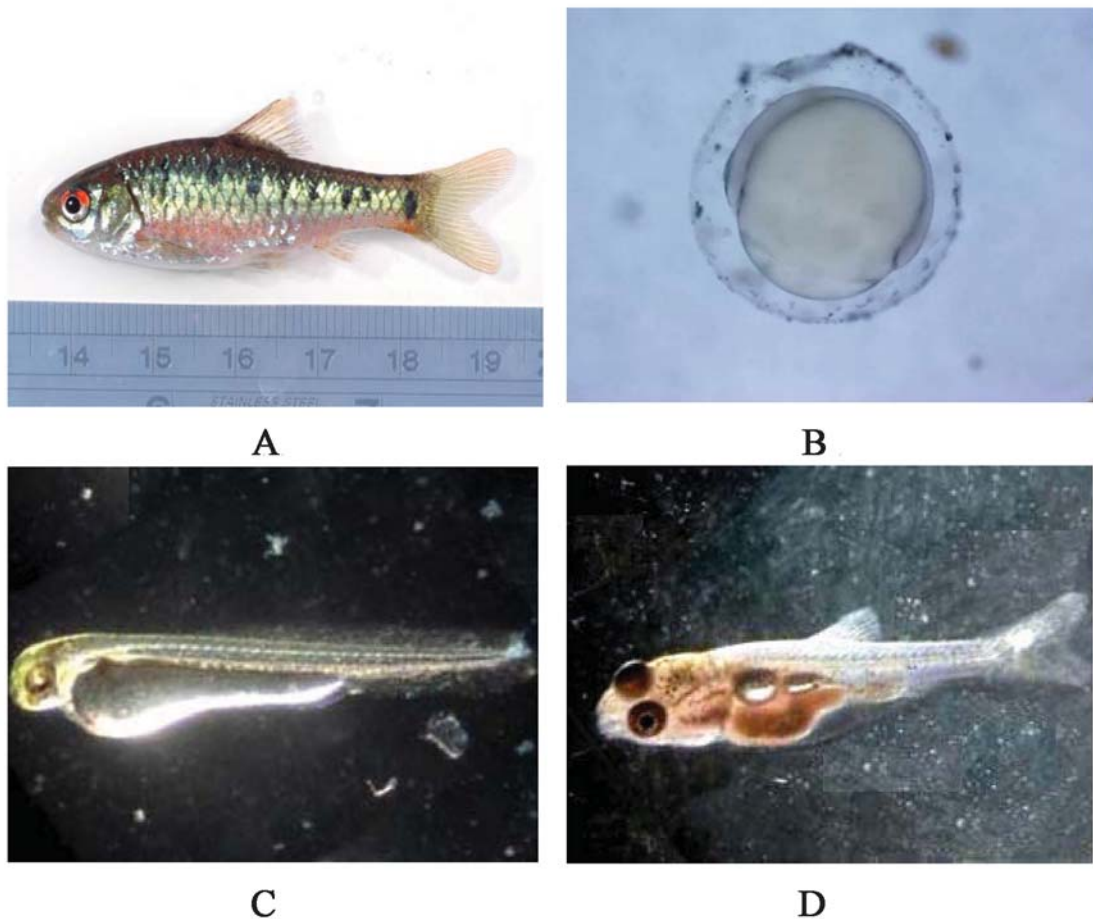


圖 1. 條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) : A, 成熟雄魚 ; B, 受精且開始發育之胚胎 ; C, 剛孵出的魚苗 ; D, 孵出 10 天的魚苗，腹部因進食而膨脹。

Fig. 1. *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868): A, mature male; B, embryo in egg; C, newly hatched larva; D, larva on 10 DAH (days after hatching).

表 1. 條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 受精卵發育過程Table 1. The embryonic development of *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)

Hours after spawning (HAS)	Development stages
4-5	Gastrula
8-9	Myotome observable
10-11	Heart beats, otolith observed
19-22	Larvae hatched

四、魚苗孵化與發育

剛孵出的條紋小鯽魚苗長度約 3.5 ± 0.3 mm，卵黃囊相當大，其前端可達頭部(圖 1C)。眼部在頭部前端偏下側，耳石位於卵黃囊上側。剛孵出之魚苗幾乎沒有游泳能力，多靜止黏附於底部、水草與壁上。

孵出後 1 天(Days after hatching, DAH)的魚苗，色素點增多，眼部可轉動，卵黃囊顯著縮小，口部尚未發育完全，囊部前端後縮至頭部耳石位置的後方，已可觀察到鰾出現，胸鰭也開始發育。

2 DAH 的魚苗，色素點持續增加，因而可觀察到體色加深，眼部更大且占頭部大小的比例增加，鰓蓋與鰓已發育，口部已發育成形，但尚未觀察到進食或消化系統進行消化的跡象。卵黃囊較前一天更小，囊部前端已後縮至鰾的下方後部。可清楚觀察到呈袋型的鰾，胸鰭持續成長，且胸鰭後端約可達鰾後端。此階段仍黏附在周邊物體上。

3 DAH 的魚苗卵黃囊已完全吸收，開始游動，且已經可以開始攝食初生魚苗飼料；尾鰭開始發育。

5 DAH 的魚苗可開始捕食水蚤幼生，動作變靈活，尾椎伸長且上彎，尾鰭變得較明顯，鰾發育為兩室，背鰭開始分化。

10 DAH 的魚苗，背鰭已發育完成，臀鰭開始長出，鰾明顯的分裂成兩室(圖 1D)。

13 DAH 的魚苗，尾鰭已發育完成，臀鰭開始形成發育且明顯，腹鰭芽也開始長出。

20 DAH 的魚苗，可見到黑色橫條紋路，臀鰭和腹鰭成形。

30 DAH 的魚苗，已經可觀察到長出的鱗片。

37 DAH 的魚苗，可清楚觀察到魚鱗紋路。

條紋小鯽魚苗發育過程全長與主要特徵如表 2。

討 論

在種魚蓄養期間，可觀察到其食性與繁殖過程等數項特徵，其中在食性方面，經餵食各類餌料的攝食結果比較，發現本魚種的食性為雜食偏肉食。在領域性方面，本魚種即使第二性徵已出現，在蓄養期間，並未發現有明顯領域行為。在種魚性別鑑別上，本魚種主要依靠體色來區別，繁殖期雄魚頭部雖會有追星出現，但並不明顯(陳及張 2005)，尚未成熟的魚體則色澤不明顯，整體而言，雌雄並不容易區分，也造成最小繁殖體型不易判別。此外，本研究中發現，體型小於 4-5 cm 的成魚，在蓄養過程中雖然也可觀察到有婚姻色，但並未觀察到有產卵現象。

在條紋小鯽產卵過程中，亦發現一些產卵習性。如本魚種在產卵時，雌、雄會先追逐後同時靠近水生植物，然後將卵直接產於沈水性水生植物的直立部分或浮水性植物的根系，僅有少部分可能因未能即時黏附於水生植物而沈降於底部，並附著在底部的石塊或其他底質

上。其生殖習性與另外 3 種也被混稱為「牛屎鯽仔」或「紅目鯽仔」的台灣石鯽 (*Tanakia himantegus* Günther 1868)、齊氏石鯽 (*Tanakia chii* Miao 1934) 或高體鯽 (*Rhodeus ocellatus* Kner 1867) 等魚類並不相同，石鯽或鯽等魚類產卵時通常會藉由產卵管將受精卵產於淡水

二枚貝內 (Kawanabe and Mizuno 1989；陳及張 2005)，如水域中沒有二枚貝類，則無法完成其生活史。而本魚種雖不需要二枚貝的共存，但如果因棲地水泥化而缺乏水生植物，本種魚可能也將無法繁衍其後代。此外，本魚種的雌魚產卵時，無產卵管。

表 2. 條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868) 魚苗發育過程全長與主要特徵

Table 2. The larval development of *Puntius semifasciolatus* (Günther, 1868)

Days after hatching (DAH)	Total length (mm)	Development stages
0	3.5±0.3	Otolith observed, head occupied mainly by eyes
1	4.2±0.2	Pectoral fin developed
2	4.8±0.3	Gill and mouth developed
3	5.1±0.5	Esophagus observed and starting feeding
5	6.1±0.6	Dorsal fin emerged, swimming bladder developed to two sections
10	7.2±0.3	Dorsal fin well developed, anal fin emerged
13	7.6±0.1	Anal fin well developed and pelvic fins emerged
20	8.9 ± 0.3	Black lines observed
30	10.1 ± 0.3	Scales clearly observable
37	14.3 ± 0.4	Scales well developed

本研究中 10 尾雌魚僅產下 150 餘顆卵，雖無法得知本魚種在自然環境下的個體產卵數，但整體而言，其產卵量似並不多；另外，產卵後的雌魚在蓄養後，發現其生殖腺有再次發育的現象，顯示此魚種應可在同一繁殖季中，進行多次產卵。由此可推測，本魚種在繁

殖季中，以少量多次的產卵策略進行繁衍，這樣的策略，對於族群而言，可分散其幼苗面對天災(如颱風)的風險；對個體而言，不論雌雄，應該都可以使自己的子代，產生有更多樣的遺傳基因組合，增加每一個個體的基因組有延續的機會，進而也維繫族群較高的基因多樣

性。

本魚種的受精卵特徵與一般溪流小型魚類似，為圓形的沈性帶黏性卵。受精卵卵徑約為 1.2 mm，與本地一般原生小型鯉科魚類的卵徑大致相近，例如與其棲息環境和體型大小均相近的台灣副細鯽(*Pararasbora moltrechti* Regan, 1908, 俗稱肉魚)及台灣梅氏鰱(*Metzia formosae* Oshima, 1920, 俗稱尖嘴仔)等魚類，其受精卵卵徑也大約為 1.1-1.2 mm (賴等 2003; 賴等 2006)。

條紋小鯽受精卵孵化積溫值約為 23 degree-days，與另外兩種小型原生溪流魚類比較，台灣副細鯽的受精卵在 26 °C 時，孵化時間大約為 25 hr (賴等 2003)，積溫值約為 27 degree-days，台灣梅氏鰱受精卵於水溫 24-28 °C 的環境中約 23-25 hr 開始孵化(賴等 2006)，積溫值約為 26 degree-days。上述 3 種魚類不論在受精卵卵徑、孵化時間與孵化積溫值等各項因子上，皆相當接近。同屬於台灣溪流魚類，但體型較大的臺灣縱紋鱸(*Candidia barbata* Regan, 1908)在 26 °C 時，受精卵則需約 60 hr 才能孵化(熊 1999)。另外幾種體型較大的鯉科魚類受精卵孵化時間則需要稍長的時間，積溫值也都高於前述 3 種小型魚類，例如鯉魚或鯽魚(*Carrasius auratus*)受精卵在水溫約 25 °C 時，孵化時間約需 1.5-3 日，草魚(*Ctenopharyngodon idellus*)受精卵在水溫達 26 °C，需 24 hr 才能孵出(劉及何 1992; Snik *et al.* 1997)。另有報告指出，在水溫 18-24 °C 時，青魚(*Mylopharyngodon piceus*)、草魚、白鰱(*Hypophthalmichthys molitrix*)與黑鰱(*Aristichthys nobilis*)等大型魚類的受精卵孵化約需 33-34 hr (Chapman and Wang 2006)。推算上述幾種大型魚類的受精卵孵化積溫值約介於 25-75 degree-days 之間，大多高於條紋小鯽的受精卵孵化積溫值結果。推測孵化時間相異的原因，除了環境因素影響之外(Nunn *et al.* 2007)，也有可能因為各種魚種卵徑不同，能提供魚苗發育的營養也各異，因

而造成魚苗在卵內發育時間不同。此外，實驗中也觀察到本魚種受精卵雖然在 1 天內便孵化，但是孵出的魚苗皆黏附在周邊物體上，僅在受驚擾時才進行短距離移動，待第 3 天卵黃囊吸收完畢，且鰾與消化系統發育後，才開始游動攝食，並未觀察到有浮游期階段。因此就生態上而言，有可能是因為條紋小鯽與其他前述小型魚類多有溯溪產卵的習性，而且產卵時間集中在春季與夏季等水位與水流量受雨量影響變化顯著的季節，因此縮短受精卵孵化的時間，可能有助於魚苗在溪流乾涸前進行小規模遷移，進而提升其生存率。

剛孵化的條紋小鯽魚苗全長(TL)約為 3.5±0.3 mm，稍大於台灣副細鯽的 2.6-3.4 mm (賴等 2003)，但小於台灣梅氏鰱的 3.5-4.1 mm (賴等 2006)與同屬溪流魚類的 *Zacco temminckii* 的 4.9-5.3 mm (Sado and Kimura 2002)。3 DAH 的條紋小鯽魚苗(5.1 mm TL)卵黃囊已吸收，且已經開始游動攝食餌料，此發育時間與台灣副細鯽相近(3 DAH, 4.9 mm TL) (賴等 2003)，稍快於台灣梅氏鰱(4 DAH, 4.7 mm TL) (賴等 2006)。另 *Z. temminckii* 則需發育到 8.3 mm TL 時，卵黃囊才會完全吸收 (Sado and Kimura 2002)。發育過程中，1 DAH 的條紋小鯽魚苗即可觀察到鰾開始發育，Snik *et al.* (1997)的報告中也提到鯉魚在約 1.5 DAH 即可觀察到鰾。條紋小鯽魚苗在第 3-10 DAH 之間有成長較為遲緩的現象，在水溫 24 °C 時，鯉魚魚苗在第 2-4 DAH 也會開始有類似現象(Snik *et al.* 1997; Osse and Boogaart 1999)。條紋小鯽魚苗在此時正值魚苗尾鰭、背鰭與臀鰭發育成長的階段，通常在人工育苗的過程中，此階段和魚卵進入原腸期同為魚苗死亡率最高的一個階段。

條紋小鯽魚苗成長全長變化如圖 2，其成長速度經統計分析後所得到的迴歸式為 $Y = 0.243 X + 4.265$ ($R^2 = 0.9474$, $p < 0.05$)，其中 X 為成長天數(days)，Y 為全長(mm)。此成長

速度與另一種台灣小型魚類-台灣梅氏鯿魚苗成長速度無顯著差異($p>0.05$) (賴等 2006), 但若與台灣副細鯽的成長速度(賴等 2003)比較, 由結果可清楚看出, 在孵化後 10 天內, 2 種魚苗的成長速度雖相近, 但經過 10 天之後, 條紋小鯽魚苗的成長速度則逐漸低於台灣副細鯽, 並呈現顯著差異($p\leq 0.05$)。由以上 3 種魚類的魚苗成長結果比較可得知, 即使是體型與棲息環境皆類似的小型魚類, 其成長速度仍會有所差異。

由本研究的數次繁殖實驗中發現, 本魚種的繁殖與育苗技術、產卵習性和多種緩流區的小型溪流魚種相近, 但棲息與繁殖的場所偏好

在多水生植物的水域, 亦即本地原有的沼澤、溝渠、湖泊等環境, 此點是進行棲地復育時須特別注意的地方, 但目前其天然棲地因為人為因素正持續受到破壞, 水質透明度下降、水草難以生長, 導致其自然族群數目一直在減少當中(張等 2005)。此外, 本研究中也發現, 條紋小鯽的繁殖與成長, 雖無特殊環境條件需求, 但若棲地缺乏水生植物等天然隱蔽物, 則會減低受精卵成功孵化的機率或易受到天敵的攻擊, 導致族群補充速度緩慢。因此天然棲地的適度保護營造與隔離(Nagata and Hosoya 1998), 應該是此魚種自然復育成功與否的關鍵。

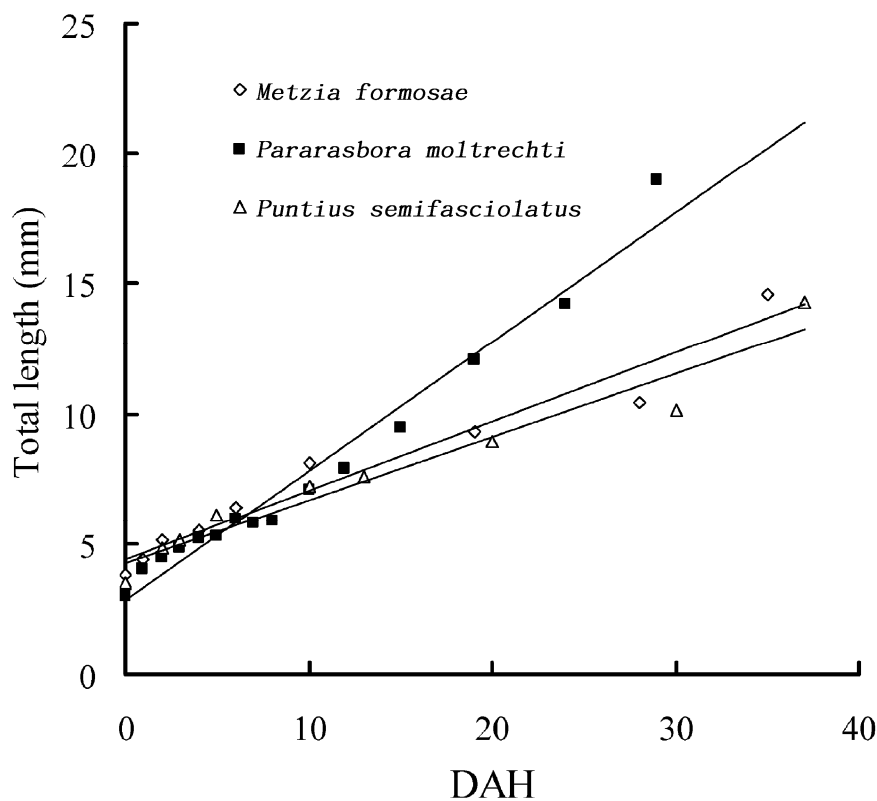


圖 2. 條紋小鯽 *Puntius semifasciolatus* (Günther)、台灣梅氏鯿 *Metzia formosae* (Oshima) 與台灣副細鯽 *Pararasbora moltrechti* Regan 的幼苗成長變化比較(DAH: days after hatching)。

Fig. 2. A comparison in growth of larvae after hatching among *Puntius semifasciolatus* (Günther), *Metzia formosae* (Oshima) and *Pararasbora moltrechti* Regan (DAH: days after hatching).

謝 誌

本研究承蒙行政院農委會漁業署計畫 (92 農科-4.1.5-漁-F1(2)與 93 農科-4.1.1-漁-F1) 經費支持，實驗期間承蒙張詠青先生在採樣與觀察記錄上的協助與寶貴建議，使得本研究順利完成，特此一併致謝。

引用文獻

- 呂迅。1996。鯉魚精養高產技術問答。科學普及出版社。北京，中國。
- 沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學動物學系。
- 張家豪、邵奕達、高孝偉。2005。重新再認定-史尼氏小鯽。自然保育季刊 50: 59-65。
- 陳兼善、于名振。1986。台灣脊椎動物誌(上冊)。台灣商務印書館。
- 陳義雄、方力行。1999。台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館籌備處。
- 陳義雄、張詠青。2005。台灣淡水魚類原色圖鑑。水產出版社。
- 曾晴賢。1986。台灣淡水魚類。台灣省政府教育廳。
- 曾晴賢。1990。台灣淡水魚(I)。台灣野生動物資源調查-淡水魚資源調查手冊(3)。行政院農業委員會。
- 熊文俊。1999。台灣馬口魚(*Zacco barbata*)之繁殖研究。國立台灣大學博士論文。
- 劉建康、何碧梧。1992。中國淡水魚類養殖學(第三版)。科學出版社。北京，中國。
- 賴弘智、王俊仁、吳純宏、施志昫。2003。台灣副細鯽 (*Pararasbora moltrechti* Regan) 之人工繁殖研究。生質能源 22: 123-128。
- 賴弘智、張瑞宗、施志昫。2006。台灣細鯽 *Rasbora formosae* (Oshima, 1920) 之人工繁殖及幼苗發育研究。特有生物研究 8 (2): 23-39。
- 潘炯華(編)。1990。廣東淡水魚類誌。廣東科技出版社。廣東，中國。
- Chapman, D. C. and N. Wang. (eds.). 2006. Early Development of Four Cyprinids Native to the Yangtze River, China. US Geological Survey, Reston, Virginia, USA.
- Günther, A. 1868. Catalogue of the Fishes in the British Museum. Vol. 7. London.
- Handeland, S. O., E. Wilkinson, B. Sveinsbo, S. D. McCormick and S. O. Stefansson. 2004. Temperature influence on the development and loss of seawater tolerance in two fast-growing strains of Atlantic salmon. Aquaculture 233: 513-529.
- Kawanabe, H. and N. Mizuno. 1989. Freshwater Fishes of Japan. Yama-Kei Publishers Co., Tokyo, Japan.
- Kner, R. 1867. Fische. Reise der österreichischen Fregatte "Novara" um die Erde in den Jahren 1857-1859, unter den Befehlen des Commodore B. von Wüllerstorff-Urbain. Wien. Zool. Theil. Fische Novara Exped., pp. 275-433.
- Miao, C. P. 1934. Notes on the freshwater fishes of the southern part of Kiangsu, I. Chinkiang. Contribution from the Biological Laboratory of the Science Society of China. pp. 111-244.
- Nagata, Y. and K. Hosoya. (eds.). 1998. Circumstances in endangered Japanese freshwater fishes and their protection. Midori Shobo Co. Ltd., Tokyo, Japan.
- Nunn, A. D., J. P. Harvey, J. R. Britton, P. A. Frear and I. G. Cowx. 2007. Fish, climate and the Gulf Stream: The influence of abiotic factors on the recruitment success of cyprinid fishes in lowland rivers. Freshwater Biology 52: 1576-1586.
- Oshima, M. 1920. Notes on freshwater fishes of Formosa, with descriptions of new genera

- and species. Proceedings Academy of Natural Science of Philadelphia. pp. 120-135.
- Osse, J. W. M. and J. G. M. Boogaart. 1999. Dynamic morphology of fish larvae, structural implications of friction forces in swimming, feeding and ventilation. *Journal of Fish Biology* 55: 156-174.
- Regan, C. T. 1908. Descriptions of new freshwater fishes from China and Japan. *Annals and Magazine of Natural History*. pp. 149-153.
- Richardson, J. 1846. Report on the Ichthyology of the seas of China and Japan. Report of the British Association for the Advancement of Science for 1845. pp. 187-320.
- Sado, T. and S. Kimura. 2002. Descriptive morphology of the eggs, larvae, and juveniles of two cyprinid fishes belonging to the *Zacco temminckii* species' group. *Ichthyological Research* 49: 245-252.
- Snik, G. M. J., J. G. M. Boogaart and J. W. M. Osse. 1997. Larval growth patterns in *Cyprinus carpio* and *Clarias gariepinus* with attention to the finfold. *Journal of Fish Biology* 50: 1339-1352.

南山溪蝴蝶多樣性的相關因子分析

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

楊耀隆^{1,*} 楊平世²

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

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

² 國立台灣大學昆蟲學系 台北市羅斯福路四段1號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

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

* 通訊作者

* Corresponding author

摘要

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

Abstract

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

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

關鍵詞：保育、蝴蝶、物種多樣性、地理資訊系統

Key words: conservation, butterflies, species diversity, GIS

收件日期：96年6月14日

接受日期：97年1月16日

Received: June 14, 2007

Accepted: January 16, 2008

緒 言

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

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

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

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

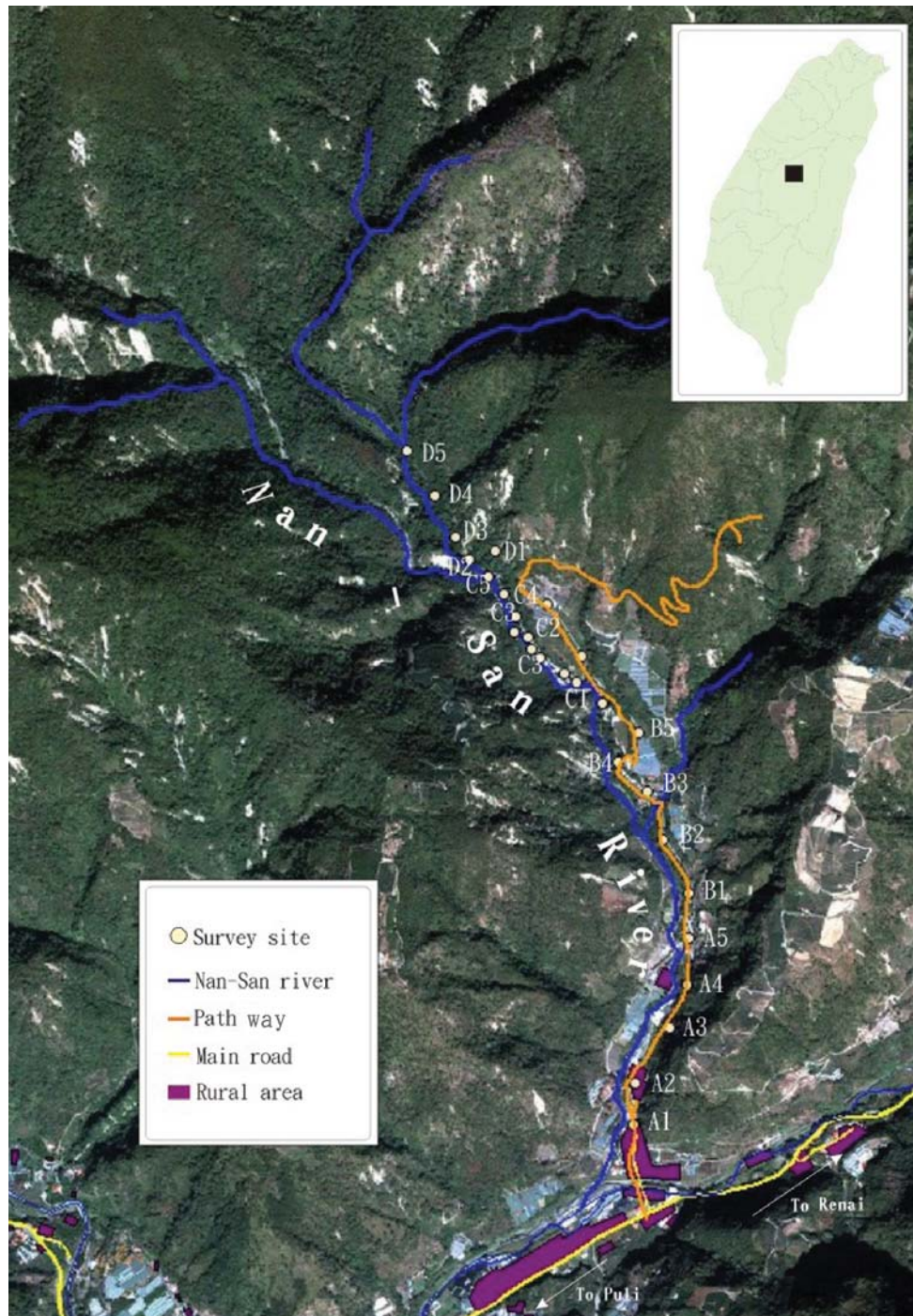


圖 1. 南山溪位置及調查樣點圖。

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

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

材料與方法

一、調查方法

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

二、地理環境資料

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

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

結果與討論

一、南山溪流域的地形地貌

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

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

二、南山溪地區的蝴蝶種類、寄主植物與蜜源植物

本研究在南山溪共計調查到 8 科 120 種蝴

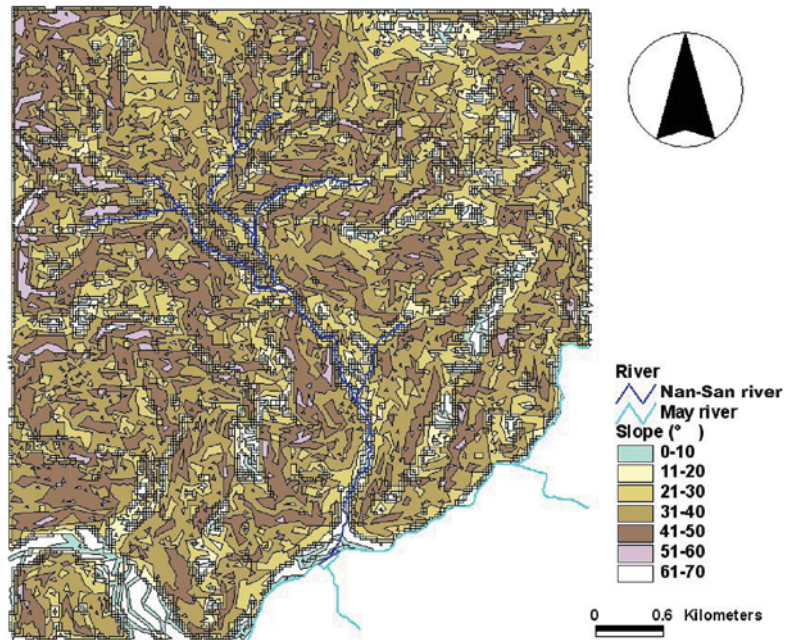


圖 2. 南山河流域坡度圖。

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

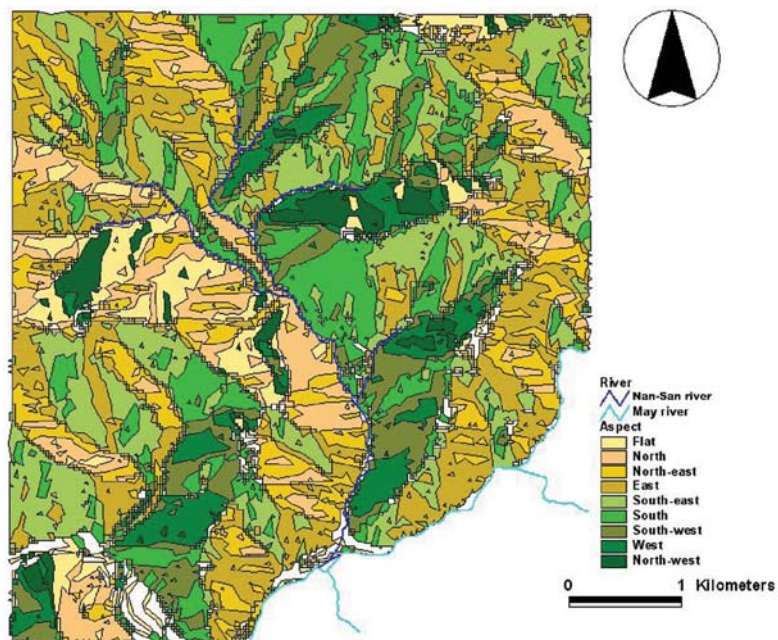


圖 3. 南山河流域坡向圖。

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

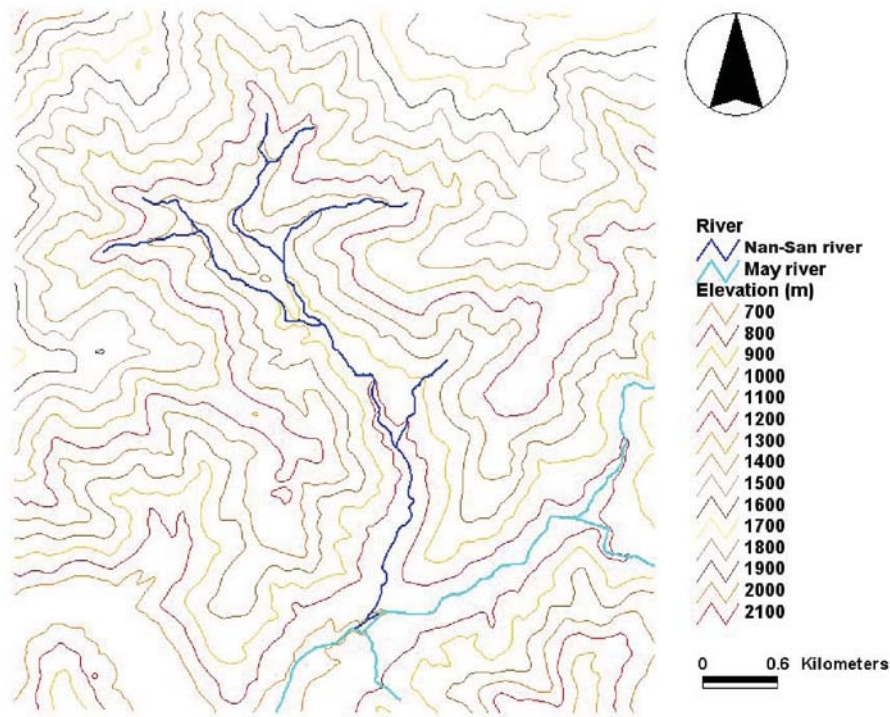


圖 4. 南山溪流域高度圖。

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

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

三、蝴蝶與生物因子的關係

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

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

四、蝴蝶與環境因子的關係

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

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

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

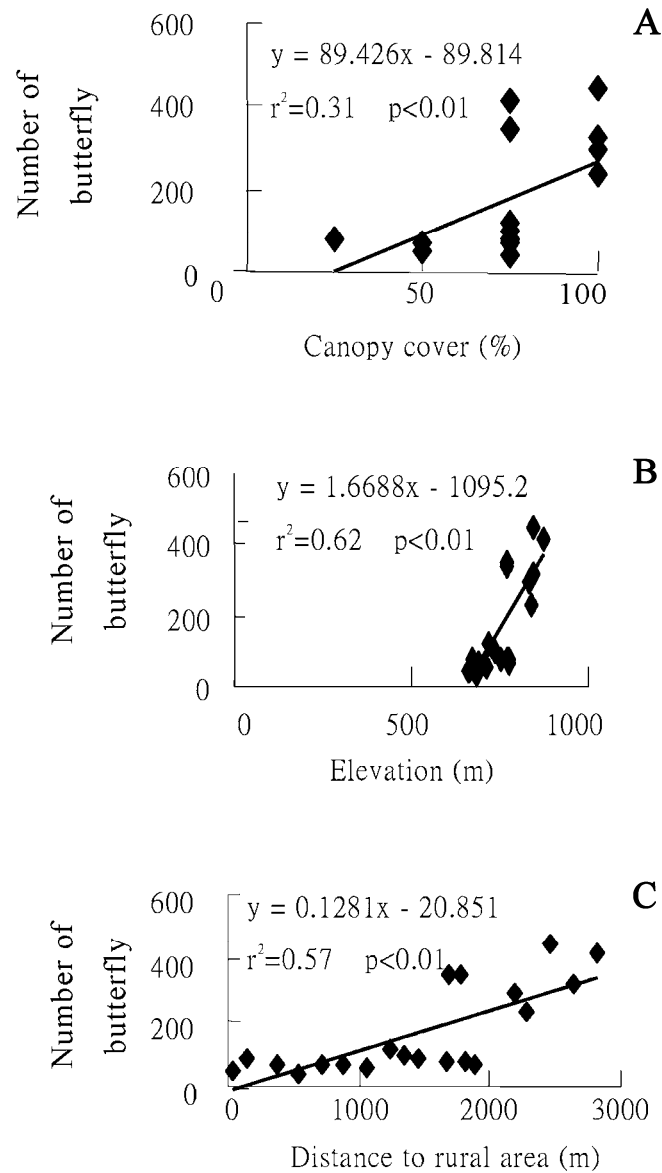


圖 5. 蝴蝶隻數與林木鬱閉度 (A)、海拔高度 (B) 及距住宅距離 (C) 的迴歸關係。

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

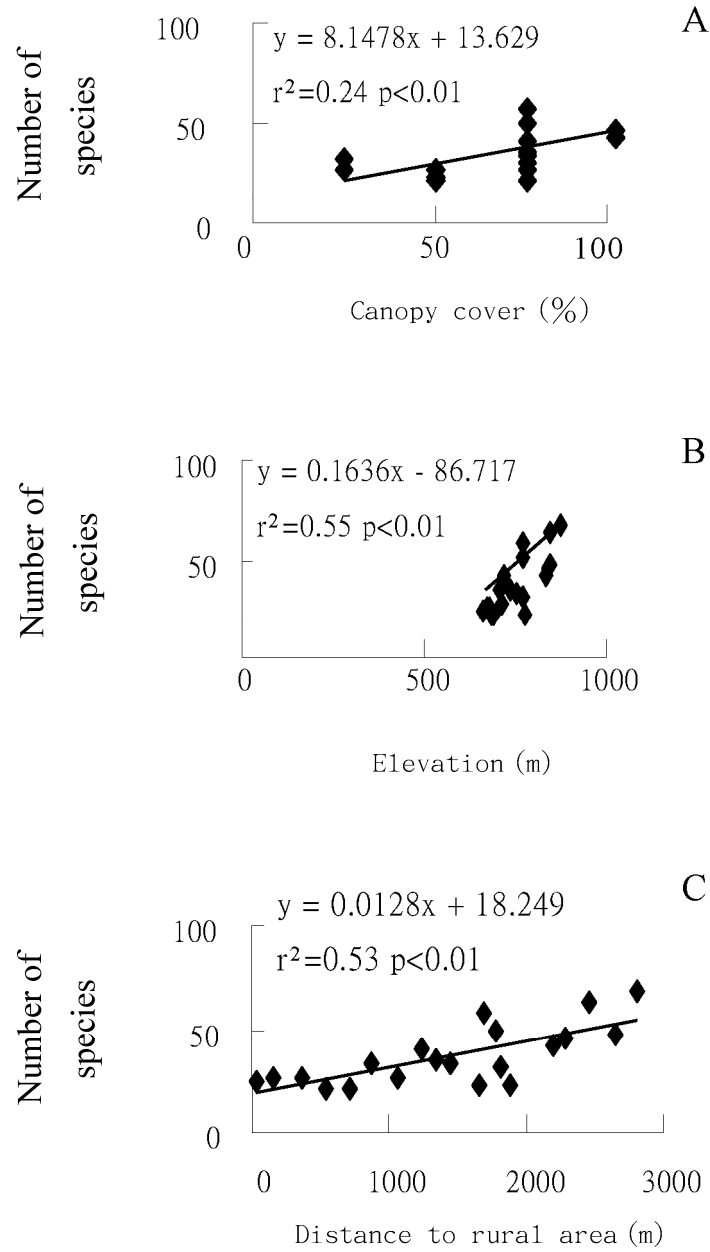


圖 6. 蝴蝶種數與林木鬱閉度 (A)、海拔高度 (B)、距住宅距離 (C) 之迴歸關係。

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

五、蝴蝶與地貌因子的關係

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

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

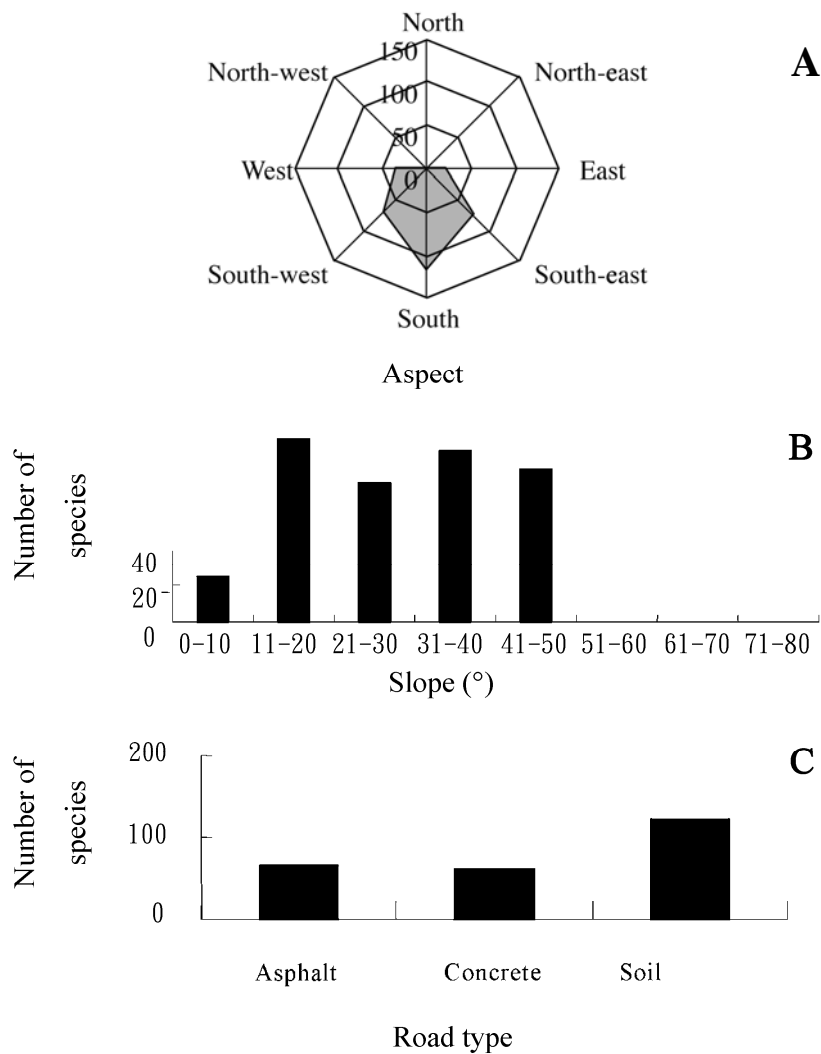


圖 7. 蝴蝶種數與坡向(A)、坡度(B)及路面材質(C)之關係。

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

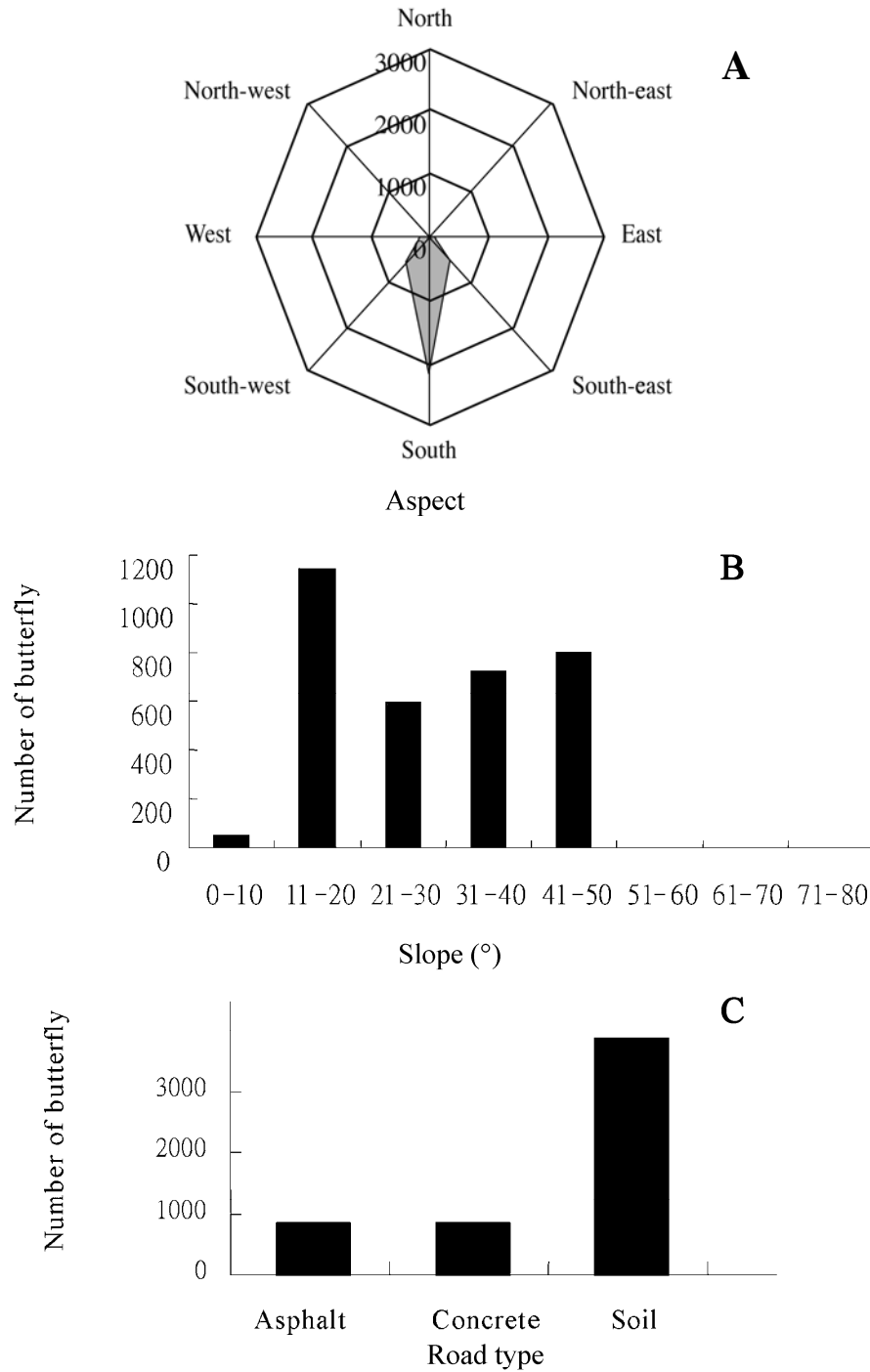


圖 8. 蝴蝶隻數與坡度 (A)、坡向 (B) 及路面材質 (C) 關係圖。

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

結 論

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

引用文獻

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

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

附錄 4. 各調查樣點生物與非生物因子表

Appendix 4. Physical and biological variants at the survey sites in the Nan-San Basin

Survey sitest	Canopy covers ^a	Elevations (m)	Slopes ^b	Aspects ^c	Distances to river (m)	Distances to rural areas (m)	Road types ^d	Species number of nectar plants	Species number of host plants	Species number of butterflies	Total number of butterflies
A1	2	660	1	6	35	28	1	10	19	24	48
A2	1	670	4	7	63	151	1	13	26	26	79
A3	3	678	5	8	91	372	1	9	26	26	65
A4	3	682	3	8	42	545	1	9	21	21	38
A5	2	690	3	7	59	711	1	20	17	21	65
B1	3	706	3	7	48	878	1	8	19	34	67
B2	2	715	2	6	49	1058	2	10	26	27	50
B3	3	720	2	6	58	1234	2	9	26	41	116
B4	3	735	2	6	34	1350	2	11	25	35	97
B5	1	750	2	6	138	1455	2	10	19	33	81
C1	3	775	3	6	19	1661	3	8	17	22	72
C2	3	770	3	6	44	1696	3	9	18	58	347
C3	3	768	2	6	14	1771	3	6	18	50	342
C4	3	770	2	5	4	1812	3	6	18	31	73
C5	3	778	2	4	1	1886	3	10	21	22	62
D1	4	833	5	6	101	2200	3	10	13	42	292
D2	4	840	4	6	37	2289	3	11	20	46	233
D3	4	843	5	6	39	2457	3	8	15	63	443
D4	4	845	2	7	14	2648	3	12	27	47	321
D5	3	876	4	5	29	2813	3	10	21	68	410

a: 1, 0-25%; 2, 26-50%; 3, 51-75%; 4, 76-100%.

b: 1, 0-10°; 2, 11-20°; 3, 21-30°; 4, 31-40°; 5, 41-50°; 6, 51-60°; 7, 61-70°; 8, 71-80°.

c: 1, flat; 2, north; 3, north-east; 4, east; 5, south-east; 6, south; 7, south-west; 8, west; 9, north-west.

d: 1, asphalt; 2, concrete; 3, soil.

墾丁國家公園銀合歡植群之光譜反射特徵研究

Spectrum Reflectance of an Exotic Plant *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit in the Kenting National Park

馮郁筑 陳朝圳*

Yu-Chu Feng and Chaur-Tzuhn Chen*

國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路1號

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

* 通訊作者

* Corresponding author

摘 要

銀合歡(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)自引進台灣後，由於生長優勢，逐漸影響本土植群，危害本土生態環境。本研究主要以墾丁國家公園內銀合歡植群為研究對象，於2005年3月至12月間，以GER 1500手持光譜儀，進行銀合歡植群與其伴生樹種間之光譜反射特徵的量測，並進行差異性比較；另以雙光譜分析法，進行銀合歡植群光譜反射特徵之季節性變化研究。研究結果得知，銀合歡與其伴生樹種間(相思樹、血桐、木麻黃、構樹)之反射光譜有顯著性差異；在銀合歡雙光譜分析結果得知，季節變化對於光譜反射特徵曲線形態影響不大，但是不同生長季節的光譜反射特徵有顯著性差異，秋季及冬季是區分銀合歡與其他伴生樹種最佳之季節，研究結果可供銀合歡入侵之衛星影像監測研究參考。

Abstract

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit is an exotic plant that has caused devastating damages on native plants in Taiwan. Using the GER 1500 spectroradiometer, we measured the spectrum reflectance of the species and its adsorbing plants, *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit ex Vent., *Macaranga tanarius* (L.) Müll. Arg., *Acacia confusa* Merr. and *Casuarina equisetifolia* Forst. in the Kenting National Park,

March to December, 2005. The spectrum reflectance was examined with the bi-spectral analysis. The results showed that there were significant seasonal differences in the spectrum reflectance but not in the spectrum patterns between *L. leucocephala* and its adsorbing plants. The fall and winter, the growth seasons of *L. leucocephala*, were the best time of the year for the distinction. Accordingly, the spectrum reflectance is suggested as a guideline for monitoring the invasion of *L. leucocephala* in the satellite remote sensing program.

關鍵詞：墾丁國家公園、銀合歡、雙光譜分析、光譜反射特徵

Key words: Kenting National Park, *Leucaena leucocephala*, bi-spectral analysis, reflection spectrum

收件日期：96年11月8日

接受日期：97年1月16日

Received: November 8, 2007

Accepted: January 16, 2008

緒 言

銀合歡(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)是台灣唯一一種外來入侵之木本植物，且危害力位居最高之前20名內(蔣等2003)。至今墾丁國家公園銀合歡已大量分布，其中入侵之銀合歡除薩爾瓦多型(giant type)外，夏威夷型銀合歡亦占有相當的面積比例，已形成大面積的混生林。另因東北季風之影響，冬季會有落葉現象。植物生長隨季節有不同之生長特徵，藉由綠色植物葉片及樹冠之光譜(spectrum)特徵差異性及動態變化，進行光譜反射特徵分析(analysis of spectrum reflectance properties)及植生綠度分析(analysis of vegetation greenness)，可瞭解植群生長之季節變化(Fuchs 1990；Atkinson 1997；陳1999；林1999)。近年來以衛星多光譜遙測(multispectral remote sensing)資料，分析地面植被覆蓋及發展植被外觀徵狀模式之研究蓬勃進展，許多應用遙測影像光譜(spectrum of remote sensing image)特徵於入侵植物之研究上(李2003)。本研究藉由瞭解銀合

歡與其他伴生樹種(adsorbing plants)之光譜特徵差異性，有助於銀合歡於衛星影像上入侵程度的判定，對於未來銀合歡植物群落之消長監測，可提供參考資料，以判定銀合歡入侵對於生態系之影響。

材料與方法

一、研究區概況

本研究以墾丁國家公園為範圍。地形以低山、丘陵及台地為主，最高峰老佛山海拔高度為674m，屬於熱帶性氣候區，年溫差不大，年平均溫度約25.0℃，年平均降雨量2,018mm，平均降雨量以7月最多，為704mm；4月最少，為5mm。

二、研究方法

(一) 樣區調查與樣木之選取

本研究所採用的分析軟體包括ESRI ArcGIS地理資訊系統，並用SPSS 10.0進行統計分析處理。利用反射光譜量測儀器(spectroradiometer

model GER 1500)量測樣本葉片，其光譜範圍(spectral range)為 350-1,050 nm；每段長約 14.7-19.3 nm，波長(wavelength)越長間距越短，具有 8°視角(field of view, FOV)，測定植被之光輻射(radiance)。試驗材料採取自墾丁國家公園銀合歡林及其伴生樹種之葉樣本，於不同生長季節進行光譜分析。

(二) 選取銀合歡與其伴生樹種之葉片樣本

在墾丁國家公園與銀合歡伴生的樹種最常見的有相思樹(*Acacia confusa* Merr.)、血桐(*Macaranga tanarius* (L.) Müll. Arg.)、構樹(*Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit ex Vent.)及木麻黃(*Casuarina equisetifolia* Forst.)，本研究隨機抽取分散於墾丁國家公園內銀合歡純林，以及銀合歡與伴生樹種混生林的高大健康之立木為樣本，每一樹種取 20 片葉片(或枝條)當樣本，因葉片大小會影響光譜反射值，故以顏色深綠及大小類似之葉片為取樣標準。每兩個月進行 1 次調查，共進行 5 次調查，取得四季之銀合歡與其伴生樹種的光譜資料。

(三) 量測銀合歡與其伴生樹種不同生長季節之光譜特徵

Atkinson (1997) 指出對於植物辨識與監測，可以透過不同植物之反射光譜(spectrum reflectance)特性，包括不同生長期、不同植物健康度之光譜反射特徵來表現。本研究利用 GER 1500 野外光譜儀，操作方式為先量測標準反射板(spectrum reflectance standard board)的反射量，再量測葉片的光輻射反射量(radiance of sample, rad_t)，取得太陽輻射能入射至物體表面的輻射量(radiance of solar incident surface, $irrad_{solar}$)，利用公式(1)求得物體的反射量(reflectance of sample, R_s)即葉片的反射量。

$$R_s (\%) = \frac{rad_t}{irrad_{solar}} \times 100 \% \quad (1)$$

(四) 銀合歡與其伴生樹種於不同生長季節之光譜反射特徵

植被及物體皆可描繪出反射光譜特徵曲

線，不同的植物其光譜曲線亦有所差異(Fuchs 1990)。光譜數據可提供各項指數計算，利用銀合歡與其伴生樹種之紅光(red region, R)及近紅外光(nearinfrared, NIR)波段計算常態差異植生指標值(normalized difference vegetation index, NDVI)並做雙光譜分析(bi-spectral analysis)，再進行不同生長季節之光譜反射特徵比較。植生指標(NDVI)是一種反應地表植被種類、分布與密度的指數(Lillesand and Kiefer 2000)，植生指標資料可提供生物圈植被生長分布狀態與生長異常狀態，可用來估算植被之季節性變化和變遷，因此可對肇因於人為或自然環境變遷，提供長期研究的基礎指標。本研究利用實測之光譜反射資料，進行NDVI之計算，NDVI公式如下所示：

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

1. 雙光譜圖

衛星影像上之紅光及近紅外光波段可表現出地表植生的特性，用以繪製成雙光譜圖(bi-spectral plot) (Bauer 1975 ; Jensen 2000)。應用此雙光譜圖及植生指標進行光譜分析，可有效觀測植生量及不同生長季節狀態之變化。本研究運用 GER 1500 所測的光譜反射資料，分別以 600-700 nm (紅光)、700-1,100 nm (近紅外光)繪製紅光與近紅外光波段的雙光譜圖，進行雙光譜分析。於雙光譜分析時，以紅光為X軸，近紅外光為Y軸，將光譜樣點與紅光軸夾角定義為 θ ，稱為光譜夾角(incident angle, θ)，光譜樣點與原點的距離定義為 ρ ，稱為光譜向量長度(radius vector length, ρ)，亦稱之為亮度指數(brightness index, BRI)，其數學式為代表光譜樣點在雙光譜圖之光譜向量長度(ρ)，公式如下所示：

$$\rho = BRI = \sqrt{R^2 + NIR^2}$$

$$0 < R, NIR < 255, 0 < BRI < 360.62$$

亦可利用簡單比植生指標 (simple ratio vegetation index, SR) 與 NDVI 進行雙光譜圖

分析，分別與樣點之光譜夾角 θ 具有關係，其關係式為：

$$SR = \frac{NIR}{R} = \tan\theta ; \theta = \tan^{-1}\left(\frac{NIR}{R}\right)$$

以 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ 而言，則 $0 < SR < \infty$ ，應用上述公式，計算出表 3 之各項數值，以進行雙光譜分析如圖 4。

表 1. 2005 年恆春氣象站各月份之平均氣溫及總降雨量資料

Table 1. Monthly average temperatures and monthly total precipitations at the Hengchun Weather Station in 2005

Month	Jan	Feb	Mar	Apl	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Temperature (°C)	19.8	21.8	21.1	25.3	27.6	27.5	28.5	28.2	27.9	26.8	25	20.9
Precipitation (mm)	8.5	7	24	5	155.5	494	704.5	280.5	492	27.5	85.5	55.1

Data source: Taiwan Central Weather Bureau.

表 2. 試驗樹種四季之光譜夾角(θ)、亮度指數(BRI)及常態化差異植生指標(NDVI)值

Table 2. Seasonal average values of incident angle (θ), brightness indices (BRI), normalized difference vegetation index (NDVI) of *L. leucocephala*, and its adsorbing plants, *B. papyrifera*, *M. tanarius*, *A. confusa* and *C. equisetifolia* from the Kenting National Park

Season	Species	θ	BRI	NDVI
Spring	<i>L. leucocephala</i>	61.24°	84.09	0.28
	<i>B. papyrifera</i>	80.23°	82.05	0.68
	<i>C. equisetifolia</i>	57.67°	109.00	0.22
	<i>A. confusa</i>	62.93°	85.30	0.31
	<i>M. tanarius</i>	82.96°	85.48	0.72
Summer	<i>L. leucocephala</i>	79.10°	86.63	0.66
	<i>B. papyrifera</i>	82.89°	75.73	0.72
	<i>C. equisetifolia</i>	72.18°	89.58	0.38
	<i>A. confusa</i>	66.41°	81.27	0.49
	<i>M. tanarius</i>	85.11°	88.33	0.84
Autumn	<i>L. leucocephala</i>	60.96°	94.98	0.28
	<i>B. papyrifera</i>	78.38°	91.41	0.65
	<i>C. equisetifolia</i>	55.08°	111.29	0.18
	<i>A. confusa</i>	63.35°	97.05	0.33
	<i>M. tanarius</i>	83.43°	88.09	0.77
Winter	<i>L. leucocephala</i>	69.47°	97.19	0.43
	<i>B. papyrifera</i>	84.15°	88.49	0.80
	<i>C. equisetifolia</i>	69.73°	56.25	0.45
	<i>A. confusa</i>	74.15°	78.13	0.54
	<i>M. tanarius</i>	85.61°	84.76	0.85

表 3. 試驗樹種在紅光(R)、近紅外光(NIR)波段光譜反射特徵之變異數分析表

Table 3. The results of ANOVA of red region (R) bands and nearinfrared (NIR) bands of reflection spectra of *L. leucocephala*, and its adsorbing plants, *B. papyrifera*, *M. tanarius*, *A. confusa* and *C. equisetifolia* from Kenting National Park

Season	Band	Source	SS	dF	MS	F-value	Duncan test
Spring	R	Between	33664.55	4	8416.14	105.28**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	7594.35	95	79.94		
		Total	41258.91	99			
	NIR	Between	4346.45	4	1086.61	20.48**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	5039.58	95	53.05		
		Total	9386.04	99			
Summer	R	Between	10988.93	4	2747.23	48.05**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	5431.91	95	57.18		
		Total	16420.84	99			
	NIR	Between	2556.97	4	639.24	7.22**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	8409.49	95	88.52		
		Total	10966.46	99			
Autumn	R	Between	36546.34	4	9136.59	451.76**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	1921.34	95	20.22		
		Total	38467.68	99			
	NIR	Between	801.58	4	200.40	15.45**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	1232.07	95	12.97		
		Total	2033.65	99			
Winter	R	Between	10985.91	4	2746.48	66.79**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	3906.56	95	41.12		
		Total	14892.47	99			
	NIR	Between	18952.69	4	4738.17	87.91**	<i>L. leucocephala</i> ^a <i>A. confusa</i> ^a <i>B. papyrifera</i> ^b <i>M. tanarius</i> ^b <i>C. equisetifolia</i> ^c
		Error	5119.78	95	53.89		
		Total	24072.46	99			

**Significant level $p < 0.01$

2. 變異數分析

本研究依據紅光、近紅外光波段進行變異數分析(ANOVA)，是以紅光或近紅外光波段為依變量，以不同樹種銀合歡、構樹、相思

樹、木麻黃及血桐等 5 種為自變量，分析不同樹種之各組均質是否具有顯著差異。探討各變項是否具有區分不同樹種之能力。此變異數分析的結果，若拒絕接受虛無假設，並不表示所

有樹種間皆能透過此變項加以區分。因此需要進行多重比較法，以求得各樹種之間區分結果，本研究利用 Duncan 的多重比較統計方法 (Swallow 1984)，以確實找出解釋各樹種間各種變量是否具有差異。

結果與討論

一、銀合歡與伴生樹種於不同生長季節之光譜反射特徵

(一) 銀合歡之不同生長季節光譜反射特徵

本研究為瞭解恆春墾丁國家公園銀合歡，於不同季節間反射光譜之變化情形，分別於 2005 年 3 月、5 月、8 月、10 月與 12 月，以 GER 1500 進行量測 (350 -1,050 nm)，以實測

之資料製作銀合歡之四季光譜反射特徵如圖 1。

由於植物在不同生長環境下葉片之色素及植物生理發生改變，進而在植物反射光譜上可觀察到葉綠素含量的改變與光合作用的差異 (Collins 1978)，圖 1 中，曲線在綠光波段 (Green region, G : 500-600 nm) 有 1 高峰 (peak)，紅光波段反射值變低，在近紅外光波段，其反射值為最高，這些都是綠色植物的特徵所造成。銀合歡於不同生長季節光譜反射曲線形狀相似，在近紅外光波段較難區分，銀合歡光譜反射特徵中以綠光波段易於區分不同生長季節之波譜，比較銀合歡於不同生長季節之中，綠光波段以秋季的反射量為最高，最低則為夏季，可知銀合歡於不同生長季節之光譜反射特徵有差異性。

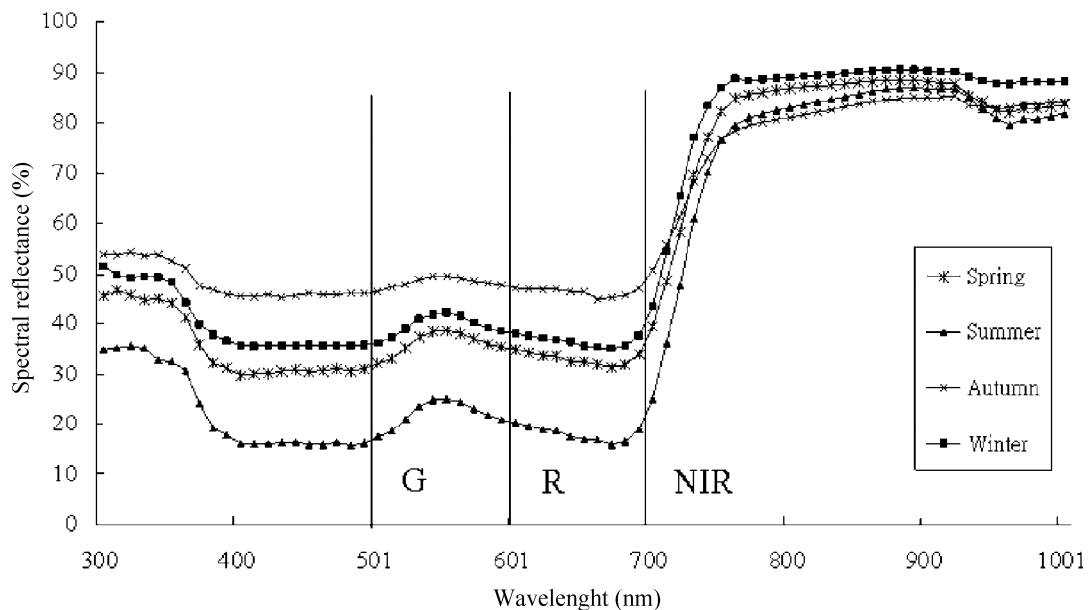


圖 1. 銀合歡四季之光譜反射特徵值。

Fig. 1. The average values of seasonal reflection spectra of *L. leucocephala* (G, green region; R, red region; NIR, nearinfrared region).

(二) 銀合歡與伴生樹種光譜反射特徵曲線型態之比較

藉由本研究樣區選擇與調查發現，銀合歡

主要有以下數個伴生樹種，包括相思樹、血桐、構樹及木麻黃，為瞭解上述伴生樹種與銀合歡在不同生長季節之光譜反射特徵曲線，針

對伴生樹種進行反射光譜量測，結果如圖 2。比較不同生長季節的 5 種植物光譜反射特徵曲線之型態，發現銀合歡、相思樹、血桐、構樹、木麻黃型態相似，在綠光波段輻射亮度均高於藍光與紅光波段，在可見光區形成一個波峰分布，加上近紅外光區的輻射亮度高峰，這種雙峰型態光譜反射特性曲線與典型的植生光譜反射特徵曲線是完全相似的，且與焦國模 (1994) 以四波段輻射儀測定台灣杉(*Taiwania cryptomerioides* Hay.)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis* Matsum.)、柳杉(*Cryptomeria japonica*

(L. f.) D. Don)、小葉南洋杉(*Araucaria excelsa* (Lamb.) R. Br.)、樟樹(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl) 5 種樹種之光譜反射值之結果相似，即綠光和近紅外光波段有偏高的反射值，但在可見光波段很難分辨出 5 種樹種之差別，而在近紅外光波段不同樹種反射值的差異卻甚明顯。光譜反射特徵曲線受季節性變化之影響不大，而且植物光譜反射特徵具有某種程度的穩定性。運用不同樹種在不同波段中所具有之不同反射值，可作為區別樹種之有力指標。

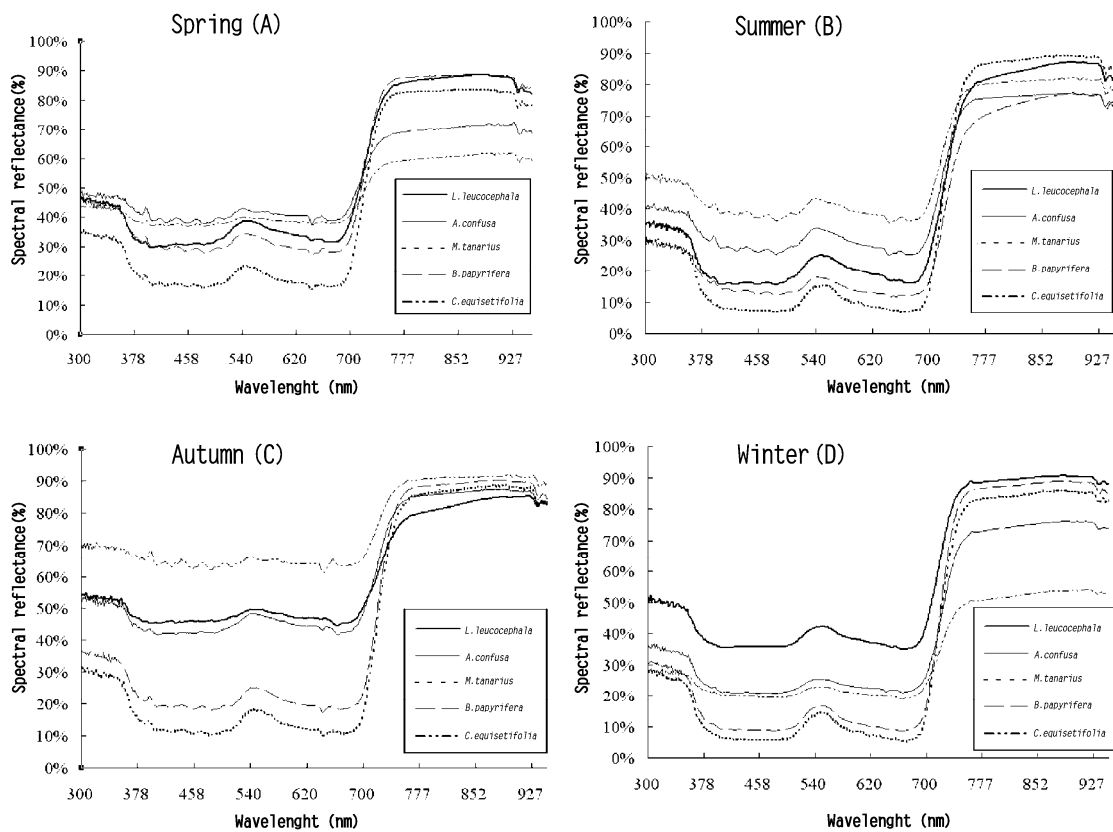


圖 2. 銀合歡與伴生樹種四季光譜反射特徵曲線。

Fig. 2. Seasonal averaged values of reflection spectra of *L. leucocephala* and its adsorbing species from the Kenting National Park.

二、銀合歡與伴生樹種光譜反射特徵異質性比較

春季時期，銀合歡與伴生樹種在綠光與紅光兩波段的光譜反射量(圖2A)，由高至低順序為相思樹、木麻黃、銀合歡、構樹、血桐；其中近紅外光波段，以構樹為最高，其次是銀合歡、血桐、相思樹，最低為木麻黃。夏季時期(圖2B)，紅光及近紅外光波段的反射率皆增加，銀合歡、相思樹、血桐、構樹、木麻黃5種植物的光譜反射量在綠光與紅光兩個可見光波段差異特別明顯，5種植物反射光譜大小依序為木麻黃、相思樹、銀合歡、構樹、血桐，但在近紅外光波段則以血桐的反射量最高，其次是銀合歡、木麻黃和相思樹，構樹最低。秋季時期(圖2C)，5種植物對紅光及綠光波段的反射量，以木麻黃最高，其次是銀合歡與血桐、構樹兩者相近，而以血桐為最低；在近紅外光波段由高至低順序為木麻黃、構樹、相思樹、血桐、銀合歡，但之間的差異不明顯，無法明確的區分5種樹種。冬季時期(圖2D)，光譜值介於春季與夏季之間，且植物的光譜反射量差異較春季明顯，特別是近紅外光波段，在綠光及紅光波段的反射量高低依序為銀合歡、相思樹、木麻黃、構樹、血桐；在近紅外光波段的反射量由高至低順序為銀合歡、構樹、血桐、相思樹、木麻黃。就各波段的光譜反射量而言，不同植物彼此間有不同的相對變異量。在春天時，植物開始其新的生長季節，生理活動轉趨旺盛，葉綠素濃度增加，光合作用能力增強，開始增生新葉部組織，因此植物對可見光區和紅外光區的反射量與秋冬時期不同(林1999)。整體而言，本研究在可見光兩波段，各樹種在不同生長季節的變換並沒有一定的規律，只有構樹及血桐兩種樹種皆是居於最低的，原因應該是此兩種樹種葉面積較大，會吸收較多紅光以進行光合作用；但在近紅外光波段，則看不出較明顯的變化規律。不同物種間的光譜反射特徵具有差異性，若是直接運用單

波段或者以光譜反射特徵曲線，較不易明顯的區分出銀合歡與其伴生樹種，故本研究再採取雙光譜分析，運用紅光及近紅外光兩波段進行分析。

三、銀合歡與其伴生樹種之雙光譜分析

(一) 各樹種於季節變化之 NDVI 值

本研究以2005年之氣候變化(表1)，解釋各樹種與季節生長週期性變化情形。運用實際計算之NDVI值資料製成圖3，結果顯示3-5月間，除了銀合歡及木麻黃呈現上升(銀合歡上升幅度較大)外，其他樹種有下降趨勢，乃因2-4月為2005年之乾季，5-7月則為當年之雨季，NDVI值快速上升，各樹種之NDVI值皆達到最大值，10月末進入冬季後NDVI值已經有下降之情形，12月呈現上升的狀態，乃是因為11、12月份雨量高於10月，雨量較多造成生長較10月份佳。

(二) 銀合歡與其伴生樹種之雙光譜分析

本研究以3月的數據代表春季，8月代表夏季，10月代表秋季，12月代表冬季，利用表2之運算結果及量測的反射光譜數據，進行雙光譜分析，以圖4表示。

春季不同樹種之雙光譜分析結果顯示(圖4A)，以反射紅光而言，木麻黃最高，血桐最低，並且可以區分成3個群落，木麻黃、血桐及構樹，而相思樹及銀合歡則沒有明顯之群落分布；以反射近紅外光來看，則以相思樹及銀合歡較低，與其他3者差異不大。夏季不同樹種之雙光譜分析結果(圖4B)，並沒有明顯之群落區分，故銀合歡與其伴生樹種之雙光譜分析在季節的選擇上，不宜選在夏季進行。秋季不同樹種之雙光譜分析結果(圖4C)，則可區分成5個群落，在反射紅光上可以分別這5種樹種，依序是木麻黃、銀合歡、相思樹、構樹、血桐；反射近紅外光的部分，可以區分相思樹及銀合歡，相思樹的反射值較高。冬季不同樹種之雙光譜分析(圖4D)亦可區分成5個群落，在

反射紅光的部分，區分 5 個樹種依序是銀合歡、相思樹、木麻黃、構樹、血桐；反射近紅外光的部分，變化較大，試驗樹種以木麻黃最低。

曾仁鍵(2004)曾利用雙光譜圖探討植被反射光譜在圖上之變化結果顯示，植被光譜會隨

著季節循環而有週期性之改變，因此若植被反射光譜非隨著正常之季節變化循環，而出現異常之現象，即可由雙光譜圖觀察。根據上述結果，若要進行雙光譜分析，區分銀合歡與其伴生樹種，秋季及冬季是較佳的季節。

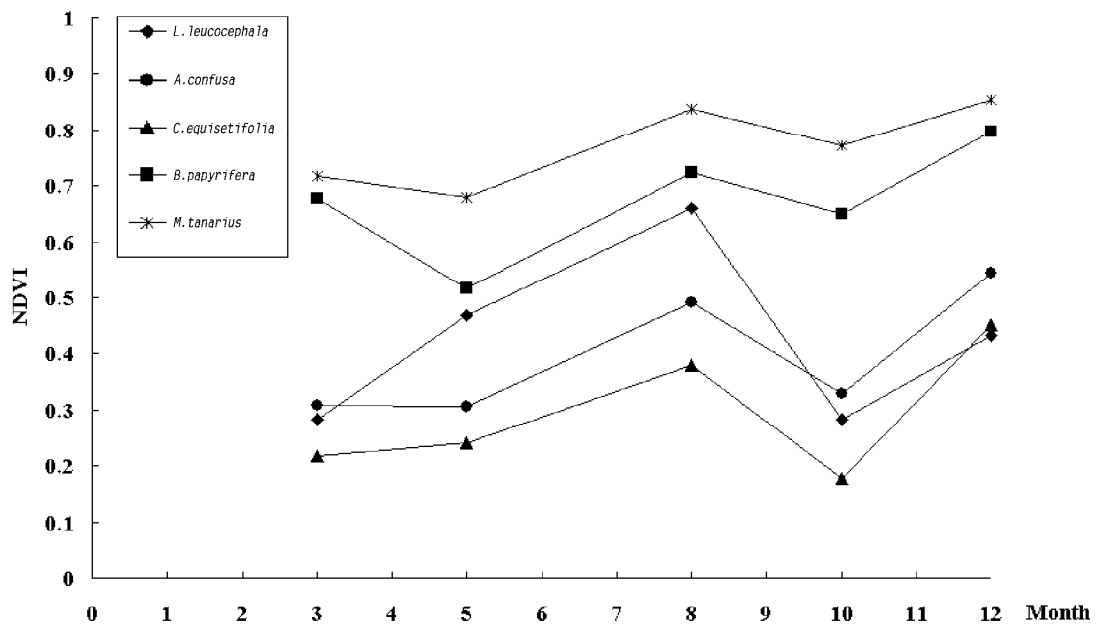


圖 3. 銀合歡與伴生樹種於四季變化之 NDVI 值。

Fig. 3. Seasonal averaged values of normalized difference vegetation index (NDVI) of *L. leucocephala* and its adsorbing species from the Kenting National Park.

四、紅光(R)及近紅外光(NIR)波段之光譜反射特徵於不同生長季節的變異數分析

不同生長季節之各樹種在紅光及近紅外光波段光譜反射特徵之變異數分析結果顯示(表 3)，不同樹種於不同生長季節之均數，皆呈顯著差異。在反射紅光部分，春、秋兩季不同樹種均數，呈現極顯著差異，變異也較大；反射近紅外光部分，春、冬兩季不同樹種均數，則呈現顯著差異。因此，必需要進行多重比較統計方法，以進行各樹種間各變量是否具有差異。

本研究運用 Duncan 的多重比較統計方法，

針對紅光、近紅外光來做檢定，結果顯示(表 3)，春季紅光波段部分，銀合歡與相思樹、構樹與血桐及木麻黃 3 者之間，有顯著差異，表示可以區分。銀合歡與相思樹，則無顯著差異；構樹與血桐之間無顯著差異，表示具同質性且較難區分。春季近紅外光波段部分，銀合歡與相思樹、構樹與血桐及木麻黃 3 者之間有顯著差異，同於紅光波段。

夏季紅光波段部分，構樹與血桐、銀合歡、木麻黃、相思樹 4 者之間有顯著差異，表示能被區分，但構樹與血桐之間則無顯著差

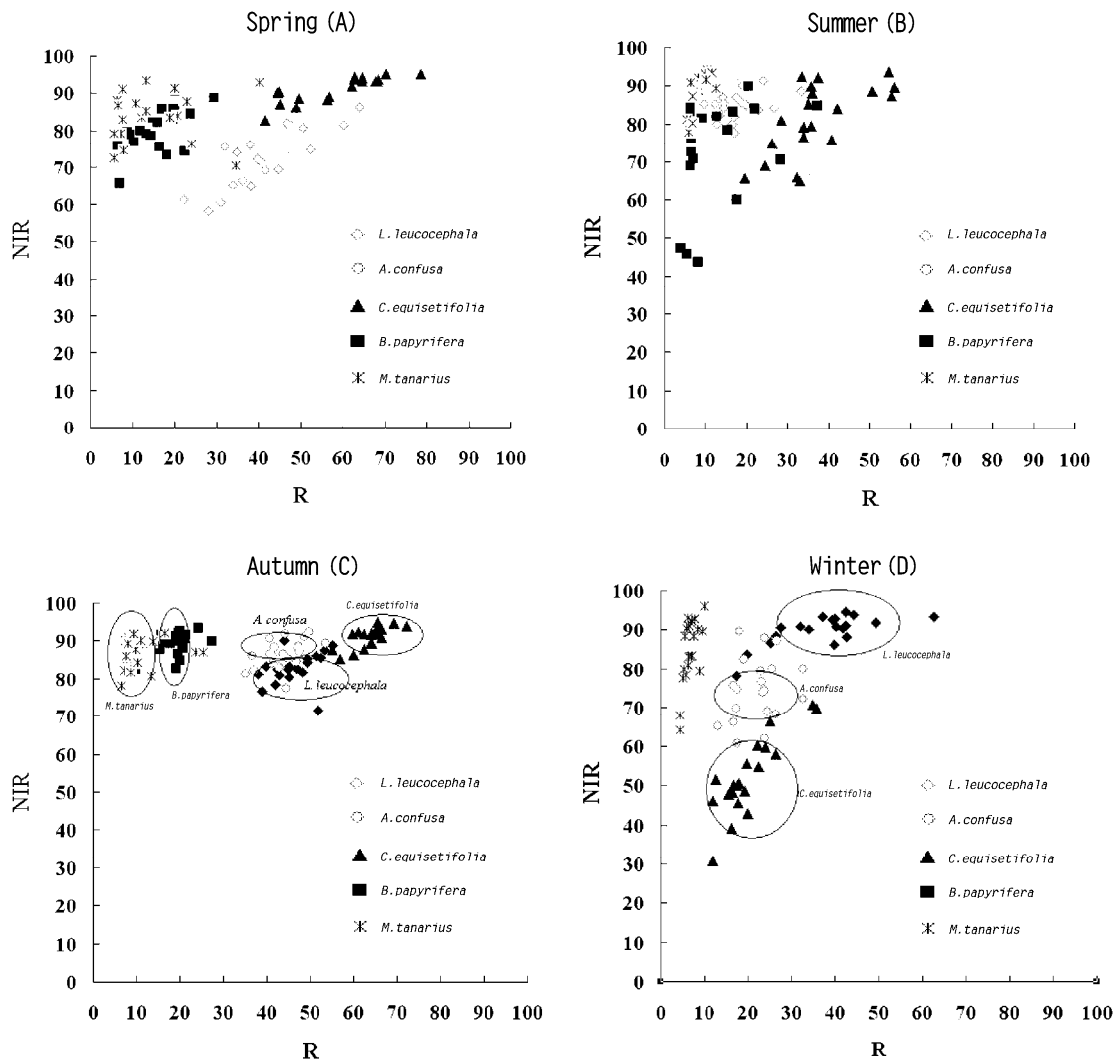


圖 4. 銀合歡與其伴生樹種四季之雙光譜分析。

Fig. 4. Seasonal relationships between nearinfrared (NIR) and red region (R) for *L. leucocephala* and its adsorbing species from the Kenting National Park.

異；夏季近紅外光波段部分，各樹種呈現混淆的狀態，故並不適合作為區分。

秋季紅光波段部分，血桐、構樹、銀合歡與相思樹、木麻黃 4 者之間有顯著差異，表示能被區分，銀合歡與相思樹之間則無顯著差異性；秋季近紅外光波段部分，各樹種之間除了可以明顯區分銀合歡與其伴生樹種外，各伴生

樹種之間則較難區分。

冬季紅光波段部分，血桐與構樹、木麻黃與相思樹、銀合歡 3 者之間有顯著差異；在冬季近紅外光波段，除了可以明顯區分木麻黃之外，其他樹種則較難區分。綜合上述，我們得知在秋季近紅外光波段及冬季紅光波段，是區分銀合歡與其伴生樹種較佳的時期。

結 論

本研究運用實測之葉片光譜特徵資料，經由運算後直接呈現其光譜反射特徵曲線，另計算 NDVI 值，並進行雙光譜分析及紅光(R)與近紅外光(NIR)波段之光譜反射特徵於不同生長季節之變異數分析。

銀合歡與伴生樹種於不同生長季節之光譜反射特徵，在綠光波段以秋季的反射量為最高，最低則為夏季，反應出同一物種因生長季節不同，光譜反射特徵也會有所差異，且不同物種間也會有不同之反射特徵。雙光譜分析部分，秋季是區分銀合歡及其伴生樹種較佳時期。紅光及近紅外光波段之光譜反射特徵於不同生長季節之變異數分析結果顯示，秋季及冬季之紅光波段是區分銀合歡與其伴生樹種較佳時期，配合雙光譜分析結果，秋季之雙光譜圖能明顯的區分成 5 個群落。變異數分析之結果，更能支持秋季是可以區分銀合歡與其伴生樹種最佳季節。綜合本研究結果建議，秋季或冬季進行銀合歡與其伴生樹種之光譜感測效果應為最佳。

中、大尺度的遙測資料應用，常因缺乏地面光譜遙測資訊的配合，使得解析之精確度與準確度稍嫌不足，如果能由地面尺度的觀察做起，充分掌握觀察對象對於光譜反應的特性，則可以更有效妥善的應用中、大尺度之遙測資料。本研究實測之資料雖為小尺度的分析資料，但期能為外來入侵植物銀合歡的研究，提供一基礎資料予中、高解析之衛星影像應用於中、大尺度之分析參考。

引用文獻

林金樹。1999。森林植生季節性光譜特性之研究。台灣林業科學 14(3) : 289-306。
李昭宗。2003。恆春地區銀合歡入侵及擴散之研究。國立屏東科技大學森林學系研究所

碩士論文。70 頁。

- 陳朝圳。1999。南仁山森林生態系植生綠度之季節性變化。中華林學季刊 32(1) : 53-66。
焦國模。1994。森林測定上最適光譜波段選用之研究。航空測量及遙感探測 25 : 53-72。
曾仁鍵。2004。衛星影像於大肚山地區植被光譜變遷之監測。國立台灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文。92 頁。
蔣慕琰、徐玲明、袁秋英、陳富永、蔣永正。2003。台灣外來植物之危害與生態。小花蔓澤蘭危害與管理研討會專刊。97-109 頁。
Atkinson, P. M. 1997. Scale and spatial dependence. pp. 35-60. *In*: P. R. Van Gardingen, G. M. Foody and P. J. Curran (ed.). *Scaling up. From cell to landscape.*
Bauer, M. E. 1975. The role of remote sensing in determining the distribution and yield of crops. *Advances in Agronomy* 27: 271-304.
Collins, W. 1978. Remote sensing of crop type and maturity. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 44(1): 43-55.
Fuchs, M. 1990. Canopy thermal infrared observations. pp. 323-333. *In*: N. S. Goel and J. M. Norman (ed.). *Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions.* *Remote Sensing Reviews.*
Jensen, J. R. 2000. *Remote sensing of the environment. An Earth Resource Perspective.* Saddle River, NJ: Prentice-Hall 333-377.
Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 2000. *Remote sensing and image interpretation.* 3rd ed. John Wiley and Sons.
Swallow, W. H. 1984. Those overworked and oft-misused mean separation procedures-Duncan's, LSD, etc. *Plant Disease.* 68: 919-921.

A New Record of the Exotic Ocnerodrilid Earthworm
Eukerria saltensis (Beddard, 1895) from Taiwan

台灣新紀錄外來種蚯蚓
Eukerria saltensis (Beddard, 1895)

Huei-Ping Shen, Su-Chen Tsai and Chu-Fa Tsai

沈慧萍 蔡素蟾 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 exotic ocnerodrilid earthworm *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895) as a new record from Taiwan. This also constitutes the first time for a member of the family Ocnerodrilidae to be reported from this island. *E. saltensis* is a small, slender earthworm, and its native home is likely in South America. It has been recorded from Nantou, Taitung, Ilan, Taoyuan and Yunlin counties since 1999. It is peregrine and has been found in the United States, South Africa, India, Myanmar (Burma), Laos, Cambodia, Vietnam, Australia and New Caledonia, and recently in Japan.

摘要

本文描述一台灣新紀錄外來種蚯蚓 *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895)。其為小型蚯蚓，屬於寒蟪蚓科 (Ocnerodrilidae)，此為該科物種首次於台灣發現的紀錄，自 1999 年起於南投、台東、宜蘭、桃園、雲林等地陸續有採集紀錄。其原產地應為南美，於美國、南非、印度、緬甸、寮國、柬埔寨、越南、澳洲、新喀里多尼亞有分布紀錄，近來於日本亦為一新紀錄外來種蚯蚓。

Key words: *Eukerria saltensis*, Ocnerodrilidae, earthworm, Taiwan

關鍵詞: *Eukerria saltensis*、寒蟪蚓科、蚯蚓、台灣

Received: May 7, 2007

Accepted: August 7, 2007

收件日期：96年5月7日

接受日期：96年8月7日

Introduction

Eukerria saltensis is a small, thread-like earthworm belonging to the family Ocnerodrilidae (Oligochaeta: Annelida). It was first described as *Kerria saltensis* by Beddard (1895), based on the specimens collected from Salto, Valparaiso, Chile. Michaelsen (1935b) replaced the generic name with *Eukerria*, because *Kerria* was preoccupied by a Coccidian. Beddard (1895) states that *Eukerria* appears to be a tropical genus or at least a native of the warmer parts of the American continent. Michaelsen (1935a) further states that this genus has endemic species only in the warmer regions of America. There are about a dozen species belonging to the genus *Eukerria* (Blakemore 2006), of which two species, *Eukerria kuekenthali* (Michaelsen, 1908) and *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895), are possibly natives of South America, and are peregrine (Michaelsen 1935b; Gates 1972; Blakemore 2002).

Eukerria saltensis has been transported presumably by man since 1500 A. D. (Gates 1972). It has been reported from Chile, Argentina, Brazil, United States, South Africa, India, Myanmar (Burma), Laos, Cambodia, Vietnam, Australia and New Caledonia (Gates 1972; Blakemore 2002, 2006), and recently in Japan (Blakemore 2006).

According to Gates (1972), it is presumably biparental, but four generations of uniparental offspring were obtained by isolation experiments by Gavrilov in Argentina, and also male sterile individuals were collected in America. Apparently, *E. saltensis* is an animal of biparental reproduction but with optional and obligatory parthenogenesis. Flexibility in the reproductive modes might be one of the reasons for this species to be peregrine.

The following description is based on 126 specimens of *E. saltensis* 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.

Eukerria saltensis (Beddard, 1895)

Kerria saltensis Beddard, 1895: 225. - Michaelsen, 1900: 371; 1935a: 40.

Kerria gunningi - Michaelsen, 1913: 276. - Gates, 1942: 67.

Kerria nichollsi Jackson, 1931: 121. - Michaelsen, 1935a: 40.

Acanthodrilus sydneyensis - Michaelsen, 1935a: 40.

Eukerria saltensis - Michaelsen, 1935b: 103.

-Gates, 1942: 67, 73; 1961: 57; 1972: 270.

Materials examined. - One mature (clitellate)

and one immature (acitellate) specimens collected from Benbuhsi (elevation about 750m), Nantou County, Taiwan on 10 Nov. 1999 by C. F. Tsai, S. C. Tsai, M. H. Shen, J. L. Lai, C. Y. Chang and H. P. Shen (coll. no. 1999-21-Shen); 12 mature specimens collected from mud dropped from the truck on the Yenping Forest Road (elevation 1,000 m), Taitung County, Taiwan on 16 Mar. 2000 by C. F. Tsai, S. C. Tsai, H. S. Fang, S. T. Chang, H. P. Yang, T. J. Lin and H. P. Shen (coll. no. 2000-27-Shen); 12 mature and 22 immature specimens collected from clay soil along the No. 100 Forest Road (elevation 1,190m), Chilun, Ilan County, Taiwan on 17 Oct. 2002 by C. F. Tsai, S. C. Tsai, H. P. Shen, S. T. Chang, R. C. Jang, B. H. Lin and C. Y. Chang (coll. no. 2002-24-Shen); two mature specimens collected from grass roots tangled with soil inhabited by beetle larvae along the No. 100 Forest Road (elevation 1,325m), Chilun, Ilan County, Taiwan on 17 Oct. 2002 by C. F. Tsai, S. C. Tsai, H. P. Shen, S. T. Chang, R. C. Jang, B. H. Lin and C. Y. Chang (coll. no. 2002-25-Shen); 15 mature and 12 immature specimens collected from grass roots tangled with soil along the Taipingshan Road (elevation 1,130m), Ilan County, Taiwan on 18 Oct. 2002 by C. F. Tsai, S. C. Tsai, H. P. Shen, S. T. Chang, R. C. Jang, B. H. Lin and C. Y. Chang (coll. no. 2002-28-Shen); one mature and one immature specimens collected from grass roots tangled with soil inhabited by beetle larvae along the Taipingshan Road (elevation 1,770m), Ilan County, Taiwan on 18 Oct. 2002 by C. F. Tsai, S. C. Tsai, H. P. Shen, S. T. Chang, R. C. Jang, B. H. Lin and C. Y. Chang (coll. no. 2002-29-Shen); 28 mature and 17 immature specimens collected along the Balin Road (elevation 1,520 m), Taoyuan County, Taiwan on 30 Aug. 2005 by H. P. Chen, S. T. Chang, T. J. Lin and H. P. Shen

(coll. no. 2005-14-Shen); two mature specimens collected from roadside grass roots tangled with soil near Yuching Valley (elevation 228m), Douliou, Yunlin County, Taiwan on 28 Jun. 2007 by T. J. Lin, Y. P. Lee and H. P. Shen (coll. no. 2007-29-Shen).

Description. - Thin, slender worm. Length (mature) 33-85 mm, diameter 1.0-1.7 mm. Segments numbering 87-129. Prostomium epilobous. Dorsal pores absent. Setae lumbricin (eight setae per segment), small and closely paired, aa: ab: bc: cd = 3: 1: 3: 1, b absent on XVII-XIX. Clitellum XIII-XX (Fig. 1A), annular, thinner ventrally, 1.0-1.5 mm in width. Spermathecal pores two pairs in 7/8 and 8/9, lateral, closer to seta c (Fig. 1A). Female pores paired in XIV, each anterior to seta a and close to 13/14 inter-segmental furrow. Genital markings absent. Male pores paired in XVIII in longitudinal grooves, and prostatic pores two pairs at the anterior and posterior ends of the grooves in XVII and XIX (Fig. 1A). Specimens unpigmented with clitellum yellow in color.

Septa present from 5/6, 6/7-8/9 thick. Gizzard in VII. Intestine enlarged from XII. Esophageal hearts in IX-XI. Calciferous glands one pair in IX, thick-walled with numerous capillaries. Nephridia avesculate. Spermathecae small, adiverticulate, two pairs in VIII and IX (Fig. 1B). Ampulla round or oval, yellowish, duct slender, white, twist near ampulla. Ovaries small, paired in XIII. Oviducts connected to female pores in XIV.

Proandry: testes small, flowery, shiny, paired in X. Seminal vesicles paired in IX and XI, each small, yellowish in color. Prostate glands two pairs with prostatic pores in XVII and XIX, each

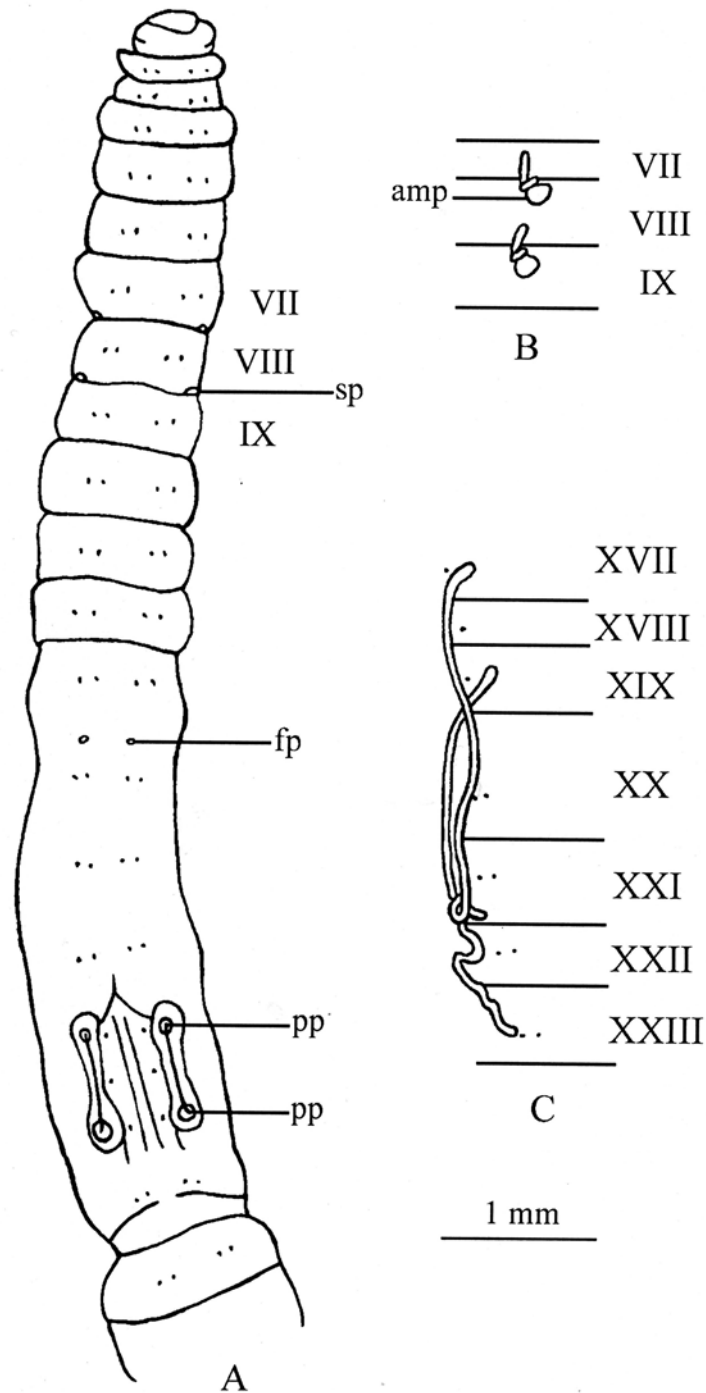


Fig. 1. *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895): A, ventral view of preclitellar and clitellar regions (sp, spermathecal pore; fp, female pore; pp, prostatic pore); B, dorsal view of right spermathecae (amp, ampulla); C, dorsal view of right prostate glands.

thin, elongate, tubular, extending four to five segments (Fig. 1C).

Remarks. - Occurrence of *E. saltensis* in Taiwan reported herein constitutes the first time for a member of the family Ocnerodrilidae to be found on this island. Unlike the exotic *Pontoscolex cor-ethrurus* (Müller, 1856) that is endemic to tropical America and dominant in Taiwan from coastal plain to mountains at elevation up to about 1,000 m (Tsai *et al.* 2000), *E. saltensis* was collected mostly along the sides of forest roads in hills and mountains at elevations of 750-1,770m. Recently, it was collected near a small valley at an elevation of 228m in Yunlin County in June, 2007, the first time for it to be seen in the coastal plain in Taiwan. The reason for *E. saltensis* not to be collected in the coastal plain in Taiwan in the past was that it might be easily missed in collection because of its small size, or it has adapted to the local climate and environment at low elevations since its first appearance in 1999 here in Taiwan.

According to Stevens and Warren (2000), in southern New South Wales, Australia, *E. saltensis* has colonized the rice-growing areas for more than 10-20 years and has become one of the major pests affecting rice production. The most pronounced effect of dense *E. saltensis* infestation in the rice fields is the dramatic increase of water turbidity, that causes reduced photosynthesis, resulting in high mortality of the seedlings if they cannot break through the water surface before their seed reserves are exhausted, or the seedlings to produce disproportionately long shoots relative to the size of their root systems, vulnerable to uprooting through wind damage. Chemical treatments suppress most of the sediment-dwelling invertebrates in the rice fields, but have no discernible impact on *E. saltensis* populations. It still remains in

question what are the impacts of this exotic earthworm on soil, agriculture, environments, and earthworm fauna in Taiwan.

Acknowledgements

We are grateful to Messrs. R. C. Jang, H. S. Fang, S. T. Chang, H. P. Yang, T. J. Lin, H. P. Chen, B. H. Lin, C. Y. Chang, M. H. Shen, J. L. Lai and Y. P. Lee who assisted in field collections. Valuable advice and comments made by two anonymous reviewers are acknowledged.

Literature Cited

- Beddard, F. E. 1895. Preliminary account of new species of earthworms belonging to the Hamburg Museum. Proceedings of the Zoological Society of London 1895: 210-239.
- Blakemore, R. J. 2002. Cosmopolitan earthworms - An eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world. CD-ROM. VermEcology, Australia.
- Blakemore, R. J. 2006. A series of searchable texts on earthworm biodiversity, ecology and systematics from various regions of the world. 2nd Edition and Supplement. M. T. Ito and N. Kaneko (eds.). CD-ROM. COE Soil Ecology Research Group, Yokohama National University, Japan.
- 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. 1961. Earthworms of Burma. Burma Research Society Fiftieth Anniversary Publications No. 1: 51-58.
- Gates, G. E. 1972. Burmese earthworms: An in-

- roduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. Transactions of the American Philosophical Society 62(7): 1-326.
- Jackson, A. 1931. The Oligochaeta of South-Western Australia. Journal of the Royal Society of Western Australia 17: 71-136.
- Michaelsen, W. 1900. Oligochaeta. Das Tierreich 10: 1-575.
- Michaelsen, W. 1913. Die Oligochäten von Neu-Caledonien und den benachbarten Inselgruppen. Nova Caledonia, Zoologie 1: 173-280.
- Michaelsen, W. 1935a. Earthworms from South-Western Australia. Journal of the Royal Society of Western Australia 21: 39-43.
- Michaelsen, W. 1935b. Oligochaeta from Christmas Island, south of Java. Annals and Magazine of Natural History, Series 10, 15: 100-108.
- Stevens, M. M. and G. N. Warren. 2000. Laboratory studies on the influence of the earthworm *Eukerria saltensis* (Beddard) (Oligochaeta: Ocneroдрilidae) on overlying water quality and rice plant establishment. International Journal of Pest Management 46(4): 303-310.
- Tsai, C. F., H. P. Shen and S. C. Tsai. 2000. Occurrence of the exotic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller) (Glossoscolecidae: Oligochaeta) in Taiwan. Endemic Species Research 2: 68-73.

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.