

目錄

大彎嘴雄鳥的歌曲量及分享行為..... 林瑞興、蔣功國、許富雄	1
降雨、繁殖月份及雛數對台灣紫嘯鸚餵食雛鳥行為之影響..... 黃書彥、許詩涵、王穎	21
露脊鼠海豚在馬祖列島近岸水域之擱淺、誤捕與陸上觀察目擊紀錄所呈現的時間分布特性..... 姚秋如、顧芳祺、張沔、王志庭、郭偉望、周蓮香	33
馬祖南竿島新紀錄種蝙蝠—灰伏翼 <i>Hypsugo pulveratus</i> (Peters, 1871) 張簡琳玟、鄭錫奇、方引平	49
Occurrence of the Earthworm <i>Dendrodrilus rubidus</i> (Savigny, 1826) at High Elevations in Taiwan..... Huei-Ping Shen, Su-Chen Tsai and Chu-Fa Tsai	63
The Genus <i>Sagina</i> (Caryophyllaceae) from Mt. Hehuan of Taiwan..... Gwo-Ing Liao, Tzen-Yuh Chiang, Yu-Chung Chiang and Tsai-Wen Hsu	69
<i>Polytrias indica</i> (Houtt.) Veldkamp, a Newly Naturalized Grass in Taiwan..... Che-Yu Lin, Sheng-Zehn Yang and Chih-Hui Chen	77

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



GPN : 2009900002
定價：新台幣100元整

台灣生物多樣性研究

Taiwan Journal of Biodiversity

15卷
1期

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

第 15 卷第 1 期 | 中華民國102年1月
Vol.15, No.1 | January 2013





封面圖說／

大彎嘴(*Pomatorhinus erythrocnemis*)為台灣特有種，分布於海拔2,500m以下的森林下層，個性隱密，不容易觀察。
(大喬林 攝)

台灣生物多樣性研究

(原為《特有生物研究》半年刊，2010年元月起更名，並以季刊發行)

發行人／李訓煌
總編輯／李訓煌
主編／鄭錫奇、許再文

執行編輯／(依姓氏筆劃序)
何健銘、林瑞興、林春富、許再文
陳志輝、張和明、詹芳澤、蔡奇立
鄭錫奇、劉靜榆、薛美莉

編輯諮詢委員／(依姓氏筆劃序)
于宏燦、方力行、王 穎、王震哲
王 鑫、呂光洋、呂福原、李玲玲
汪靜明、周昌弘、吳忠宏、吳錫圭
吳繼光、邵廣昭、林幸助、林曜松
郭城孟、陳明義、陳章波、許建昌
張清風、黃 生、游祥平、彭鏡毅
楊平世、楊政川、廖一久、裴家騏
趙榮台、劉小如、蔡住發、鄭蕙燕
歐辰雄、蔣鎮宇

英文編輯／金恒鏢
助理編輯／李麗華

出版／農委會特有生物研究保育中心
住址／南投縣集集鎮552民生東路1號
電話／049-2761331 轉 315
網址／<http://tesri.coa.gov.tw>
印刷／綠凌興業社
出版日期／中華民國 102 年 01 月
創刊日期／中華民國 88 年元月
出版登記／局版台誌第 10207 號

定價／新台幣 100 元整
展售處／
五南文化廣場 04-22260330
台中市中山路2號
國家書店松江門市 02-25180207
台北市松江路209號1樓
國家網路書店
<http://www.govbooks.com.tw>
特有生物研究保育中心消費合作社
南投縣集集鎮民生東路1號
049-2762490

Taiwan Journal of Biodiversity

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

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

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

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

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

Published Date: January 2013

GPN: 2009900002
ISSN: 2076-6971

Contents

Repertoire Size and Song Sharing of Male Black-necklaced Scimitar-babblers (<i>Pomatorhinus erythrocnemis</i>).....	
.....Ruey-Shing Lin , Kung-Kuo Chiang and Fu-Hsiung Hsu	1
Effects of Rainfall, Breeding Month, and Brood Size on Food Provision in the Formosan Whistling Thrush (<i>Myiophoneus insularis</i>)	
.....Shu-Yen Huang, Shih-Han Hsu and Ying Wang	21
Chronological Distribution Pattern of Finless Porpoises along Coastal Matzu Islands Based on Stranding, Bycaught and Landbased Sighting Surveys.....	
.....Chiou-Ju Yao, Fang-Chi Ku, Mein Chang, Chih-Ting Wang, Wei-Wan Kuo and Lien-Siang Chou	33
A New record of <i>Hypsugo pulveratus</i> (Peters, 1871) (Chiroptera: Vespertilionidae) from Nangan Island of the Matsu Archipelago.....	
.....Lin-Wen Chang Chien, Hsi-Chi Cheng and Yin-Ping Fang	49
Occurrence of the Earthworm <i>Dendrodrilus rubidus</i> (Savigny, 1826) at High Elevations in Taiwan.....	
.....Huei-Ping Shen, Su-Chen Tsai and Chu-Fa Tsai	63
The Genus <i>Sagina</i> (Caryophyllaceae) from Mt. Hehuan of Taiwan.....	
..... Gwo-Ing Liao, Tzen-Yuh Chiang, Yu-Chung Chiang and Tsai-Wen Hsu	69
<i>Polytrias indica</i> (Houtt.) Veldkamp, a Newly Naturalized Grass in Taiwan.....	
.....Che-Yu Lin, Sheng-Zehn Yang and Chih-Hui Chen	77

大彎嘴雄鳥的歌曲量及分享行為

Repertoire Size and Song Sharing of Male Black-necklaced Scimitar-babblers (*Pomatorhinus erythrocnemis*)

林瑞興¹ 蔣功國^{2,3} 許富雄^{2,*}

Ruey-Shing Lin¹, Kung-Kuo Chiang^{2,3} and Fu-Hsiung Hsu^{2,*}

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集镇民生東路 1 號

² 國立嘉義大學生物資源學系 嘉義市學府路 300 號

³ 台北市野鳥學會 臺北市大安區復興南路二段 160 巷 3 號 1 樓

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Department of Biological Resources, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

³ Wild Bird Society of Taipei, Taipei, Taiwan

*通訊作者: richbear@mail.ncyu.edu.tw

*Corresponding author: richbear@mail.ncyu.edu.tw

摘 要

歌曲是燕雀目鳴禽個體間用來溝通的重要媒介。歌曲量(repertoire size)常被認為是性擇的結果，歌曲量愈多愈有利於吸引雌鳥及防禦領域，但另一類假說則認為歌曲量的主要功能是令雄鳥可與相鄰雄性個體間進行歌曲分享(sharing hypothesis)，並為彼此帶來好處。本研究以台灣特有且領域性強烈的大彎嘴(*Pomatorhinus erythrocnemis*)為對象，於 2008 年 3-10 月在雲林縣林內鄉湖本村蒐集領域相鄰雄鳥的歌曲，分析其歌型(song type)、歌曲量及歌曲特徵，並進一步探討鄰居間歌曲分享行為。結果顯示，在 12 隻雄鳥中共可分出 22 種歌型，各歌型以兩音節為主，歌曲音節頻率範圍在 1,166~1,852 Hz 之間，頻寬為 570 Hz，歌曲長度為 0.406 sec。每隻雄鳥的歌曲量在 4-10 首之間，平均為 7.17 首。12 隻雄鳥彼此間分享歌曲數在 2-7 首間，平均為 3.82 首。個體間歌曲分享程度與領域空間距離或間隔數皆呈顯著的弱負相關，結果符合分享假說的預測，但分享行為的空間變異，仍待未來透過更大時空範圍的研究來加以釐清。

Abstract

Song repertoires are thought to have evolved from sexual selection, with larger repertoires being advantageous in both female choice and territory defense. While an alternative hypothesis emphasizes that song repertoires evolved to allow song sharing with multiple neighboring males which could benefit from the signals being conveyed. In this study, we collected male songs of territorial black-necklaced scimitar-babblers (*Pomatorhinus erythrocnemis*) in Huben Village in central-west Taiwan from March to October 2008 to study their song characteristics, repertoires size and song sharing among neighbors. After sorting and examining all of the sonograms collected from 12 studied males, we identified 22 song types. The song characteristics ranged from 1,166-1,852 Hz in frequency and 0.406 ± 0.103 sec in duration. Each male had 7.17 song types on average and ranged from 4 to 10 song types. Furthermore, averagely each male shared 3.82 songs with other studied males and the number of shared songs ranged from 2 to 7. Moreover, the song type similarity between two males was weak but significantly inversely proportional to the distance between territories. According to the results listed above, the research evidenced the prediction of the sharing hypothesis, but further studies are needed to explore the larger spatial and temporal pattern of song sharing behavior in black-necklaced scimitar-babblers.

關鍵詞：歌曲分享假說、歌型、歌曲量、大彎嘴、台灣

Key words : song sharing hypothesis, song type, repertoire size, *Pomatorhinus erythrocnemis*, Taiwan

收件日期：2012 年 07 月 10 日

接受日期：2013 年 01 月 10 日

Received: July 10, 2012

Accepted: January 10, 2013

緒 言

雄鳥歌曲的功能，經常被認為與同性間的領域宣示及異性間的吸引雌鳥有關(Collins 2004; Kroodsma 2004; Catchpole and Slater 2008)。而無論歌曲是扮演何種功能，鳥類歌唱與其運用此類訊息相互溝通的能力，對於鳥類，特別是鳴禽(songbird)的長期適應(fitness)而言，勢必有相當的影響。當代探討鳥類歌曲

功能的研究，常著重在成鳥的歌唱能力與其適應的關係，而歌曲量(repertoire size)及其功能更常被研究探討。有關歌曲量的功能，目前常見的假說有兩大類，一類視歌曲量為天擇的標的(歌曲量假說, repertoire hypothesis)，主張鳴禽的歌曲數量越多，對雄鳥於雄性間的競爭越有利；另一類則認為鄰居間或群體間歌曲分享才是天擇的標的(分享假說, sharing hypothesis) (Beecher and Brenowitz 2005)。在歌曲量假說

中，雌鳥選擇(female choice)是歌曲數量增加的主要推力(Searcy and Yasukawa 1996)。一些研究發現，雌鳥會偏好選擇歌曲數量較多的雄鳥(Searcy and Andersson 1986; Kroodsma and Miller 1996; Catchpole 2000; Gil and Gahr 2002; Catchpole and Slater 2008)，這類型的雄鳥往往發展出數百首甚至上千首的歌曲，所得的研究結果均高度支持歌曲量假說(Forstmeier and Leisler 2004)。然而多數鳴禽的歌曲量並不多，其中 30%的種類僅有 1 種歌曲，另 50%在 5 種以下(Beecher and Brenowitz 2005)，顯示歌曲量在天擇的作用上有其限制。

歌曲量假說和分享假說雖不完全互相排斥，但分享假說並不需要大量的歌曲量(Beecher and Brenowitz 2005)，且相對於歌曲量假說，分享假說較能應用在歌曲量少之鳴禽的歌曲演化探討。分享假說強調鄰居間彼此分享歌曲的優點(Brown and Farabaugh 1997)，該假說已在許多領域性鳥種(territorial bird)的研究中獲得支持，而且在一些共同繁殖(communal breeders)和群集求偶(lekking species)的鳥種中亦有發現紀錄(Brown and Farabaugh 1997; Payne and Payne 1997; Trainer 1989)。

歌曲分享有助於鳴禽領域的建立、維持及防禦(Hill *et al.* 1999; Lachlan *et al.* 2004; Beecher and Brenowitz 2005)。親敵假說(dear enemy hypothesis)推測領域占有者對鄰居的攻擊性會比陌生入侵者低(Temeles 1994)，穩定的鄰居關係會使他們對彼此的領域界線有一定認知，而建立穩定的領域關係。許多鳴禽會藉由鳴唱來辨識彼此的身分，Wilson and Vehrencamp (2001)發現 song sparrow *Melospiza melodia* 對分享歌曲少之鄰居的攻擊性會比分享歌曲多之鄰居高，Beecher *et al.* (2000)則發現領域占有者與鄰居的歌曲分享比例越高，則

可擁有較長的領域占有時間。而與鄰居的歌曲分享行為也有助於鳴禽的繁殖利益(McGregor *et al.* 1981; Beletsky and Orians 1989; Wilson *et al.* 2000)。Payne *et al.* (1988)發現第一次繁殖的 indigo bunting *Passerina cyanea* 若與鄰居間具有較多的分享歌曲，則會擁有較高的配對繁殖機會。此外，有許多的研究發現，歌曲分享行為往往會隨著地理距離的增加而下降(Bertram 1970; Thompson 1970; Harris and Lemon 1972; Howard 1974; Kroodsma 1974; Hultsch and Todt 1981)，顯示歌曲分享行為的主要對象是周圍的鄰居，這也符合分享假說的推測。

分類上屬雀形目(Order Passeriformes)、畫眉科(Family Timaliidae)的大彎嘴(*Pomatorhinus erythrocnemis*)為台灣特有種(Collar and Robson 2007; 阮等 2012)，分布於海拔2,500 m以下的森林下層(Yen 1990; 柯等 2012)，族群量尚稱普遍，但因個性隱密並不易觀察，目前對其基礎生態所知不多(劉等 2010)。雄性大彎嘴的歌曲結構並不複雜，主要是由兩個音節所組成，雌性則只有單音的鳴叫，且有雌雄二重唱(duet)的現象(Kumar 2003)。大彎嘴的領域性強烈，在一個地區往往僅有一對大彎嘴出現，且在特定個體開始鳴唱後，常可聽見鄰近的大彎嘴回應鳴唱。由於大彎嘴符合留鳥、領域性強及利用聲音進行溝通等特性，是探討鳥類歌曲功能相關假說的理想物種。本研究利用棲息在雲林縣林內鄉湖本村的大彎嘴，以錄音方式記錄雄鳥的鳴唱歌曲來探討雄鳥間歌曲分享行為。除了希望能建立各雄鳥的所有歌型(song type)及歌曲量外，並利用聲譜軟體分析各歌型的特徵，進一步比較鄰居間雄鳥的歌曲分享程度及與領域空間的相關性。

材料與方法

一、研究樣地

本研究在台灣中部的雲林縣林內鄉湖本村進行(圖 1(a))，研究樣地在大埔溪上游的丘陵地，樣地面積約 1 km²，海拔 70-250 m。樣地內有數條溪流，平坦地區多種植麻竹(*Dentrocalamus latiflorus*)及柳丁(*Citrus sinensis*)，但在地勢陡峭的山坡和溪谷仍保有部分次生闊葉林，水同木(*Ficus fistulosa*)、稜果榕(*F. septica*)、九丁榕(*F. nervosa*)、糙葉榕(*F. irisana*)、大葉楠(*Machilus kusanoi*)、香楠(*M. zuihoensis*)、大葉釣樟(*Lindera meagaphylla*)、山黃麻(*Trema orientalis*)及無患子(*Sapindus mukorossii*)等為林中主要的樹種。

二、繫放

為辨識錄音對象，在 2007 年 7 月至 2008 年 8 月於研究範圍內，以霧網(mist net)配合聲音回播來捕捉研究樣地內的大彎嘴。研究期間共捕獲 27 隻個體，所捕獲的大彎嘴會於跗蹠繫上金屬環(1 只，右跗蹠上方，上帶流水編號)及具有唯一編碼的色環(右跗蹠下方 1 只、左跗蹠 2 只)，以供後續錄音時辨識。性別則以鳴唱方式、泄殖腔突起(cloacal protuberance)程度及形狀來加以判別(林 2010)，少數無法確認性別的個體則標示為未知(U)。大彎嘴的雌、雄鳥羽色相似，但本研究藉由所標誌個體的形態測量、泄殖腔突起與後續鳴唱行為的追蹤發現，可確認之雄性個體的鳴唱聲大都由兩個音節所組成，而雌性個體則以單音的鳴叫為主，其鳴唱情形與 Kumar (2003)的陳述相似。

三、錄音

本研究自 2008 年 3~10 月，對 12 隻(編號

A-L)各自擁有領域的大彎嘴雄鳥進行錄音(圖 1(b))。這 12 隻個體中僅有 B 及 I 兩隻個體未曾被捕捉上標，研究期間也曾對 A, C, D, F, H, L 等 6 隻雄鳥與 E, G 的配對雌鳥進行無線電追蹤，發報器重 2.9 g (PD-2, Holohil Systems Ltd., Ottawa, Canada)，其重量小於大彎嘴體重的 5%，在一般發報器標誌的容許重量範圍內(Caccamise and Hedin 1985)。因此，本研究除 B 及 I 兩隻個體在其活動最為頻繁的區域進行錄音之外，其它個體均可藉由色環與發報器來確認錄音來源。錄音工作於每日分為早晨及下午兩個時段進行，早晨時段是日出後的 4 個小時內，下午時段則為日落前 3 個小時，每次錄音時依設定的錄音對象依序搜尋。在錄音過程中，若發現有雌鳥跟隨鳴叫形成二重唱，或其它個體在鄰近區域回唱而影響錄音品質時，則捨棄該次的錄音資料。鳥音是以 Marantz PMD-617 數位錄音機(Marantz Inc.)搭配 Telinga twin-science 麥克風及 Telinga 集音盤(Telinga Microphones Inc.)來蒐集。除了大彎嘴主動鳴唱外，均以預錄的歌曲回播來刺激大彎嘴回唱，由於不同的回播歌型可能會影響大彎嘴的回唱，因此本研究分別使用錄自嘉義及新竹地區大彎嘴的歌曲(視為陌生歌曲)、錄自研究地區但為錄音對象不會鳴唱的歌曲及錄音對象會鳴唱的歌曲來進行回播，以避免因使用單一種回播歌曲造成大彎嘴特定回唱反應。一旦大彎嘴開始回唱則立即關閉回播以免干擾錄音，並設法接近以獲得最佳錄音訊號，錄音距離一般在 10-25 m 的範圍內。開始錄音後則持續進行至大彎嘴停止鳴唱為止，每次錄音長度在數十秒到數分鐘之間，以記錄單次鳴唱的聲音變化。當大彎嘴停止鳴唱的時間達 1min，則將前面所錄的鳴唱定義為一次錄音，若 1min 後大彎嘴又主動鳴唱，則將後續所錄到的聲音

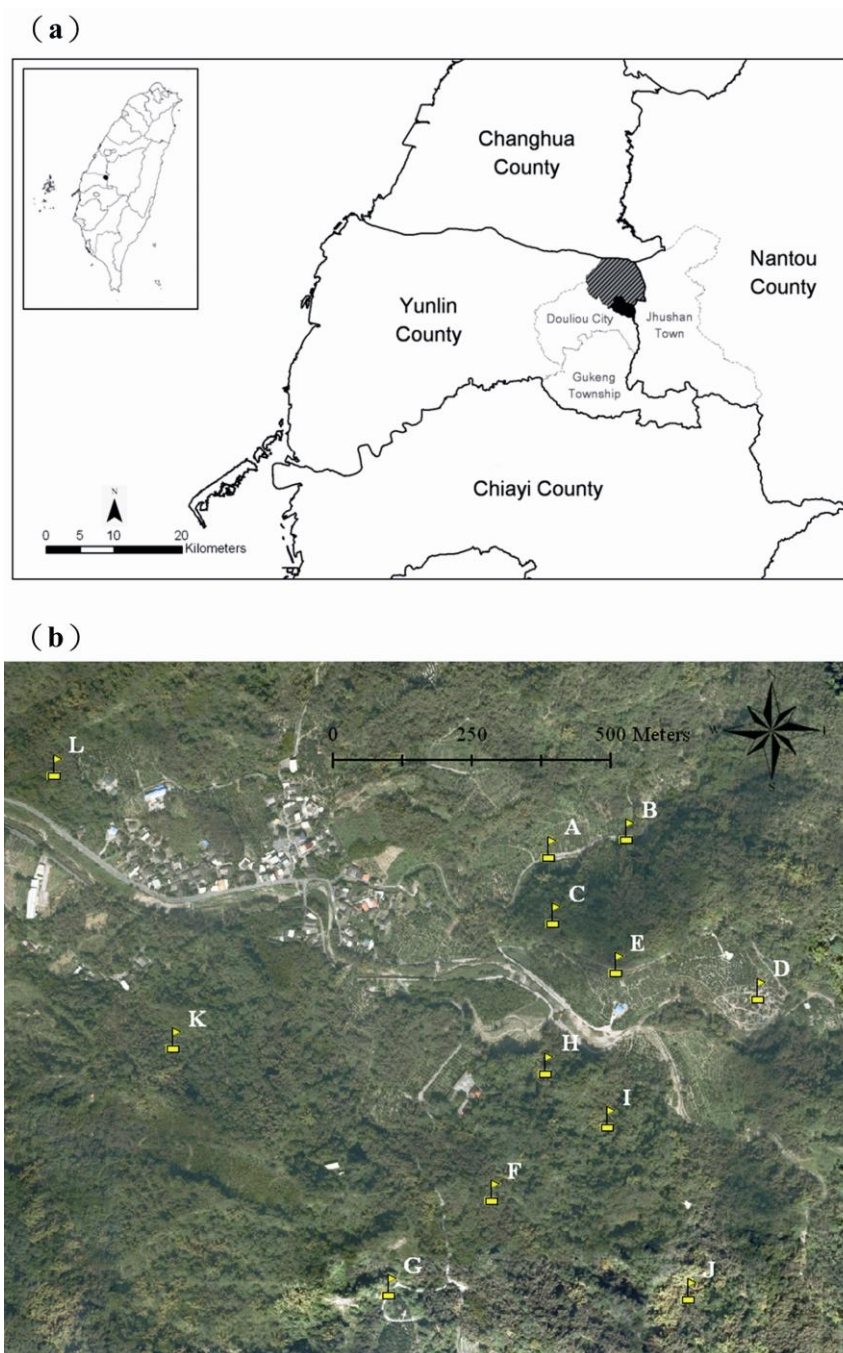


圖 1. 研究樣地位置圖。(a)雲林縣林內鄉(▨)及湖本村(■)地理位置圖。(b)研究樣地各大彎嘴雄鳥的位置(A-L)，圖中黃色旗子為錄音地點。

Fig. 1. (a) Map of Huben Village (■), Linei Township (▨), Yunlin County. (b) Recording locations (yellow flag) of each male black-necklaced scimitar-babbler.

定義為第二次錄音，以此類推。若無主動鳴唱則再以回播短暫誘引，直到大彎嘴不再鳴唱或離開為止。

四、資料分析

為分析不同個體間擁有歌型的分享程度，應盡量蒐集每一隻個體所有能鳴唱的歌曲類型，若比例過低，則容易造成分析上的偏差。而製作歌曲累積曲線(accumulation curve)是檢視是否充分蒐集特定個體於特定時間內之所有歌曲的一種方式(Wildenthal 1965)。本研究利用 EstimateS Win 8.0.0 (Colwell 2006)程式重複 1,000 次隨機取樣，來製作累積曲線，以評估個體所錄音次數的效能。

各次錄音所得資料均以 Avisoft-SAS Lab Pro software (Specht 2002)轉成聲譜圖 (Sampling frequency = 8 kHz; FFT Length = 512; sample size = 16 bits)，再分別測量下列特徵值，包含各音節的持續時間(duration, DU)、起始到最大音量所需時間(duration to maximum amplitude, DMA)、起始頻率(peak frequency of start, PFS)、結束頻率(peak frequency of end, PFE)、最高頻率(highest frequency, HF)、最低頻率(lowest frequency, LF)、頻寬(band width, BW)、最大音量頻率(peak frequency of maximum amplitude, PFMA)及兩音節的間隔時間(interval, IN)，因大彎嘴的歌曲皆可分為第一及第二音節，因此除了間隔時間外，其餘測值皆分第一及第二音節測量。由於大彎嘴雄鳥的歌曲結構並不複雜，且不同歌曲間的結構特色明確穩定，故採用視覺判斷(visual discrimination)的方式進行歌型分類(Catchpole and Slater 2008)。視覺判斷主要參考依據為各錄音的音譜形狀、頻率、時間模式與音節數(Wilson 2001)。由於鳥類所鳴唱之不同歌型間

的變異會大於歌型內的變異 (Kroodsma 1982)。為了檢測視覺判斷之歌型的可靠性，本研究利用上述所測得之歌曲特徵值進行判別分析(discriminant functional analysis)，來檢視主要的分群特徵，並分析視覺判斷歌型的正確率。

在獲取各領域雄鳥擁有的歌型後，以 Jaccard 相似度(Jaccard's similarity coefficient)計算雄鳥兩兩間的歌曲組成相似度(Krebs 1998)，並以其相似度值代表兩個體間的分享係數，其計算公式如下：

$$S_j = \frac{a}{a + b + c}$$

其中 S_j = Jaccard's similarity coefficient ; a = 兩雄鳥(甲、乙)共有的歌曲數 ; b = 甲雄鳥獨有的歌曲數 ; c = 乙雄鳥獨有的歌曲數。利用歌曲相似度矩陣，以 Mann-Whitney U test 單尾檢定比較相鄰個體與非相鄰個體的歌曲分享係數，假設相鄰個體間分享係數大於不相鄰個體。

此外，為計算各雄鳥之領域間的距離，本研究對具有無線電追蹤資料的個體，以最小凸多邊形法(minimum convex polygon)面積的中心點為定點(林瑞興，未發表資料)，沒有無線電追蹤資料的個體則以錄音點作為定點(B、I、J、K 等 4 隻個體)，以 ArcGIS 9.0 (ESRI Inc.) 計算各雄鳥的領域距離，單位測量至 m。同時利用各雄鳥的領域分布圖，除了距離較遠的 K 及 L 個體，未能確認中間是否有存在其他雄性大彎嘴，而不納入計算外，分別計算其餘 10 隻個體間的領域間隔數。若領域彼此直接相臨，則定義領域間隔數為 1，若是兩領域中間還隔有 1 個其它雄鳥領域，則定義領域間隔數為 2，以此類推。本研究利用歌曲相似度矩陣分別與領域距離及領域間

隔數進行相關性分析。其中領域距離及歌曲相似度矩陣皆為連續變數，且符合常態分布檢定(Kolmogorov-Smirnov test, $p > 0.05$)，故採用 Pearson's product-moment correlation 分析。而領域間隔數則為不連續變數，且不符合常態分布，故領域間隔數及歌曲相似度矩陣採 Spearman's rank correlation 進行分析。所有檢定均以 STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc.) 統計軟體進行分析。

結 果

研究期間針對 12 隻擁有領域的大彎嘴雄鳥共蒐集 327 次鳴唱錄音，各個體錄音次數由 14~47 次不等(附錄 1)，平均為 27.25 次。所有個體中以編號「D」共錄音 47 次為最多，將其錄音次數與歌曲量製作累積曲線，顯示錄音 13 次即可獲得 75%以上的歌曲量，錄音 32 次則可獲得 95%以上的歌曲量，其歌曲量的增加有逐漸平緩的趨勢。而本研究除編號 E 個體僅錄音 14 次之外，其它個體至少都有 21 次以上的錄音紀錄，藉由這些個體的歌曲累積曲線分析也發現，所有個體的歌曲累積曲線均有減緩增加的趨勢，顯示本研究的錄音紀錄應可包含錄音個體的大部分歌曲類型。

327 次的鳴唱錄音依視覺判斷共可區分成 22 種歌型，2 音節為多數歌型的基本型態，其中僅歌型 8 為單音節，歌型 11、13、20 及 21 則因在第 1 或 2 音節有短暫中斷，形成近似 3 音節的情形(圖 2)。各大彎嘴雄鳥所擁有的歌曲量及歌型組合並不相同，每隻雄鳥擁有的歌曲量在 4-10 首間(附錄 1)，平均為 7.17 首($SD = 1.99$)。327 次的錄音中部分因錄音背景較雜亂或聲音較小，採用 262 次錄音來測量各歌曲特徵，綜合各歌型特徵之平均值如表 1，

音節最高及最低頻率在 1,166~1,852 Hz 之間，頻寬為 570 Hz，歌曲長度為 0.406 秒。在判別分析中，前 5 軸的累積解釋變異量達 88.4%，各軸 Wilks' Lambda 經 X^2 檢定皆具顯著性($p < 0.001$)。第一及第二軸主要受到第一音節之起始頻率(PFS_1)、最高頻率(HF_1)、及第二音節之持續時間(DU_2)、最高頻率(HF_2)、最低頻率(LF_2)與最大音量頻率(PFMA_2)的影響(表 2)。22 種歌型之分類矩陣(classification matrix)的總和正確率為 82.4%。

12 隻雄鳥彼此間至少皆有 2 首相同歌曲，最多為 7 首(附錄 2(a))，平均為 3.82 首($SD = 1.11$)，領域相鄰的 A-I 個體各自擁有的歌曲及分享的歌型如圖 3，以位於研究範圍中間的編號 E 個體為例，其擁有的所有歌型均與相鄰的 B、C、D、H 及 I 個體分享，但對各鄰居的組合不完全相同。在所劃分的 22 種歌型中，編號 4 及 9 歌型為 11 隻(92%)個體所擁有，是最普遍的共有歌型，但有 10 種歌型是特定雄鳥所獨有的歌型，皆未跟其他雄鳥分享(附錄 1)。

12 隻大彎嘴雄鳥鄰居間歌型的 Jaccard 相似度，即歌曲分享係數從 0.11 到 0.78 不等，平均值為 0.385 ($SD = 0.142$) (附錄 2(b))。比較 12 隻個體鄰居與非鄰居間歌曲分享係數，鄰居間分享係數為 0.443 ($SD = 0.156$, $n = 15$)，非鄰居間分享係數則為 0.368 ($SD = 0.135$, $n = 51$)，兩者具顯著性的差異(U test, $p = 0.034$)。另若扣除距離較遠個體 K、L 時，以距離較為相近的 10 隻個體計算，則鄰居間歌曲分享係數為 0.443 ($SD = 0.156$, $n = 15$)仍顯著大於非鄰居個體的歌曲分享係數 0.356 ($SD = 0.133$, $n = 30$) (U test, $p = 0.018$)。而利用個體彼此間的歌曲分享係數與領域距離進行相關性分析，顯

示大彎嘴歌曲分享係數與其領域距離呈現弱負相關(Pearson correlation, $r = -0.257$, $p < 0.05$) (圖 4)。個體間歌曲分享係數與領域間隔數的關係, 亦呈現同樣趨勢, 但相關係數略高於與領域距離的相關性(Spearman correlation, $r_s = -0.357$, $p < 0.05$) (圖 5)。

討 論

從聲譜圖的資料顯示, 雄性大彎嘴的歌曲聽似單調的兩音節, 事實上卻存在許多種變化。本研究由 12 隻個體蒐集而來的歌曲即可劃分為 22 種歌型, 各種歌型可藉由聲譜特徵或視覺判斷來加以區隔, 且合乎歌型間變異比歌型內變異大的界定(Beecher and Brenowitz 2005), 平均每隻雄鳥擁有 7.17 種歌型。根據 Beecher and Brenowitz (2005) 的統計, 30% 的鳴禽僅有 1 首歌曲, 另 50% 的少於 5 首, 顯示大彎嘴為歌曲量稍多的種類, 僅兩音節也能變化出許多歌型。

本研究支持大彎嘴雄鳥間具有歌曲分享的現象, 這也符合領域穩定之留鳥容易具有歌曲分享的推論(Beecher and Brenowitz 2005)。從歌曲分享矩陣可發現湖本地區的大彎嘴, 無論距離遠近皆有 2 首以上的分享歌曲, 有些個體甚至有到 7 首分享歌曲, 其中歌型 2、4、9 是最廣泛被個體所共同採用的歌曲。從緊鄰之 9 隻個體歌曲分享圖(圖 3)來看, 可以發現大彎嘴與鄰近個體的歌曲分享比率很高, 有 4 隻個體(A、C、E、I)自身所有的歌曲皆與周圍分享, 而擁有獨有歌曲的為另 5 隻個體(B、D、F、G、H), 皆處於研究樣地邊緣, 其獨有歌曲可能會與其他非本研究對象的大彎嘴分享。

本研究結果顯示大彎嘴雄鳥間會隨著地理距離增加而降低歌曲分享比例, 這與

國外多種鳥類的研究結果相似(Bertram 1970; Thompson 1970; Harris and Lemon 1972; Howard 1974; Kroodsma 1974; Hultsch and Todt 1981; Foote and Barber 2007)。大彎嘴的歌曲分享比例雖會隨著距離下降, 但在所研究的時空尺度內, 分享係數與領域距離及領域間隔數僅呈弱負相關(圖 4、5)。此點, 在領域位於研究範圍西側且空間距離與其餘 10 隻個體較遠的 K、L 個體(圖 1(b))與其他多隻大彎嘴雄鳥間仍存有高歌曲分享率的情形來看(附錄 2(b)), 尤為明顯。此結果有可能僅是單純的樣本數不足所致, 但 Williams and Slater (1990) 提出附帶現象假說(epiphenomenon hypothesis)來解釋, 認為歌曲分享是隨機出現的偶發現象, 並不具有特殊生態意義。在歌曲量不多的鳥種中, 歌型會在個體間呈現簡單馬賽克分布(simple mosaic distribution), 間接形成歌曲分享的現象。本研究之大彎嘴屬於歌曲量稍多之鳥種, 且從高歌曲分享的結果顯示, 大彎嘴的歌曲應存在與鄰居溝通的功能, 因此能否以附帶現象假說來解釋大彎嘴歌曲分享與地理距離無關的現象, 仍須有進一步的資料蒐集與驗證。

距離較遠的個體(K、L)依然存在高歌曲分享率, 也有可能跟大彎嘴歌曲分享的模式有關。Wilson *et al.* (2000) 提到兩種歌曲分享的空間變異模式, 一種是隨著距離增加, 歌曲分享率逐漸下降(gradual decline), 另一種則是在一定距離內皆維持高歌曲分享率, 而在跨越這個距離界線(boundaries)後, 分享率即迅速下降(rapid decline)。逐漸下降的鳥種如 Song Sparrow (Nordby *et al.* 1999); 迅速下降的鳥種則有 great tit *Parus major* (McGregor and Krebs 1982, 1989), village indigobird *Vidua chalybeata* (Payne 1985) 及 corn bunting *Emberiza calandra*

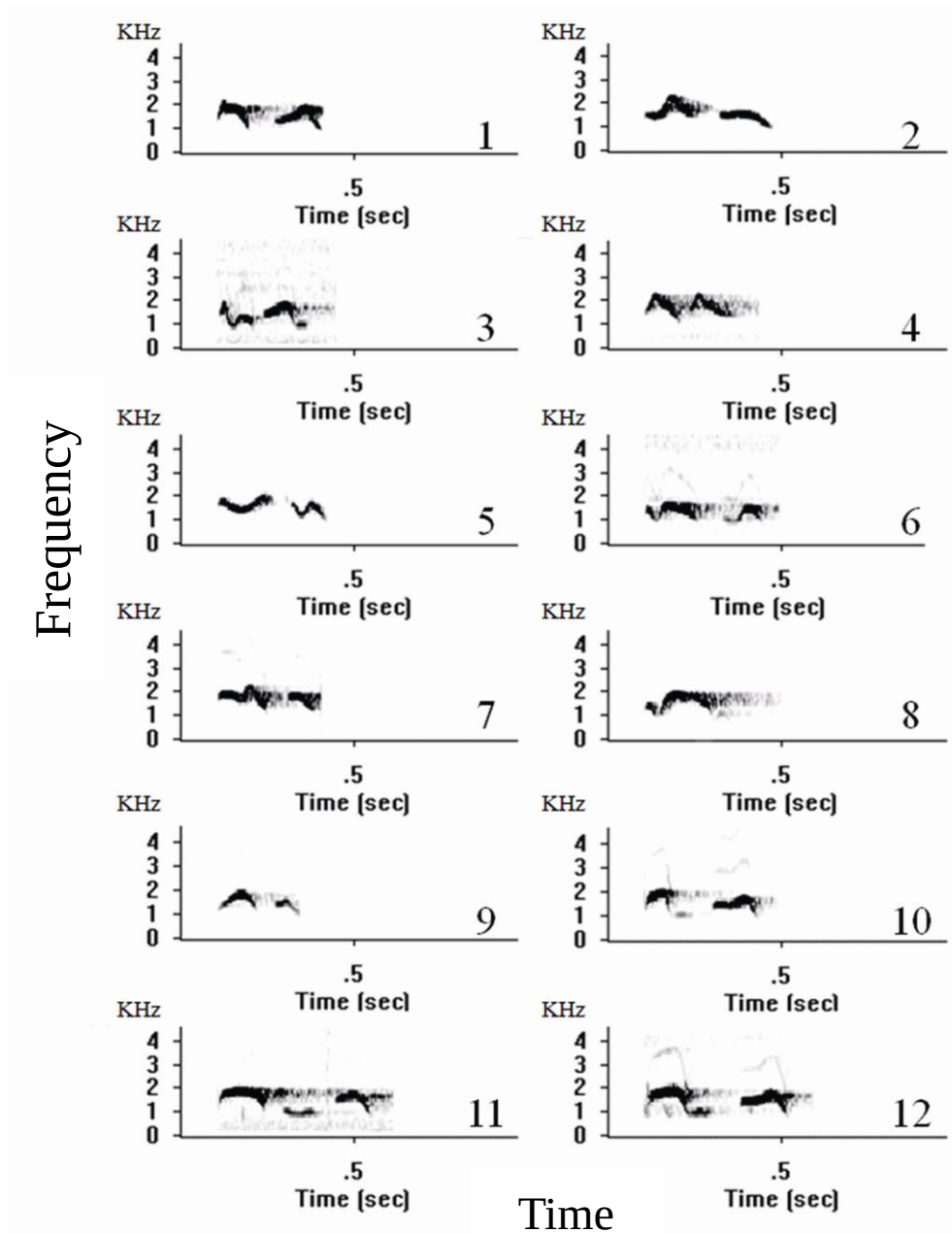


圖 2. 於 2008 年的 3 月到 10 月，在雲林縣林內鄉湖本村 12 隻大彎嘴雄鳥錄得的 22 種歌型。歌型係藉由視覺檢視音譜形狀、頻率、時間模式與音節數分類而來。

Fig. 2. Sonograms of 22 different song-types of the 12 studied black-necked scimitar-babblers in Huben Village, Linnei Township, Yunlin County from March to October, 2008. All of the original sonograms were visually examined and sorted into different song types according to shape, syllable number and acoustic frequency and temporal pattern.

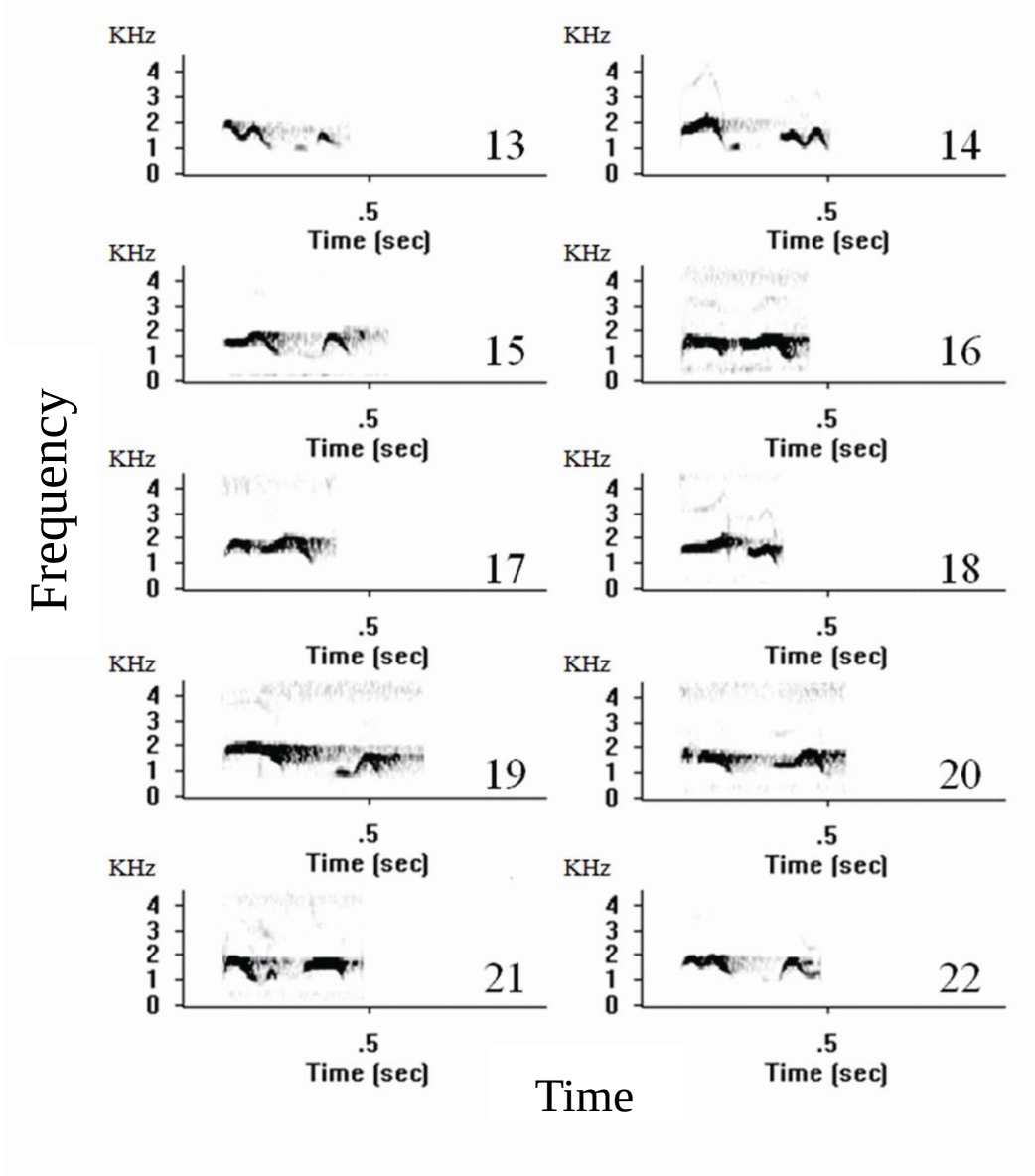


圖 2.(續) 於 2008 年的 3 月到 10 月，在雲林縣林內鄉湖本村 12 隻大彎嘴雄鳥錄得的 22 種歌型。歌型係藉由視覺檢視音譜形狀、頻率、時間模式與音節數分類而來。

Fig. 2. (continued) Sonograms of 22 different song-types of the 12 studied black-necked scimitar-babblers in Huben Village, Linnei Township, Yunlin County from March to October, 2008. All of the original sonograms were visually examined and sorted into different song types according to shape, syllable number and acoustic frequency and temporal pattern.

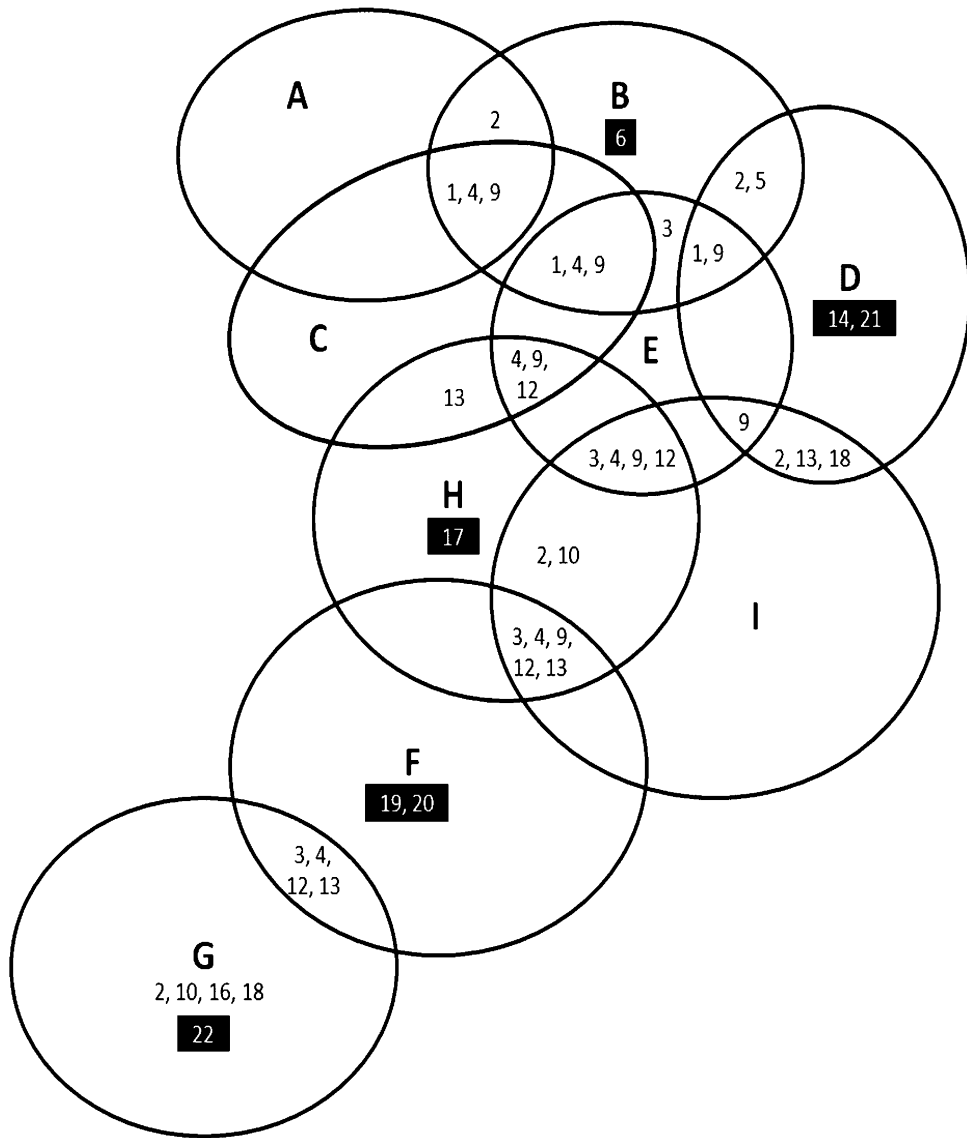


圖 3. 9 隻直接相鄰大彎嘴雄鳥的歌曲分享簡示圖。大寫英文字母為雄鳥代號，阿拉伯數字 1-22 表歌型代號，黑色數字表示非獨有歌曲，黑底白色數字表該雄鳥獨有歌曲，圓形交集處表相鄰個體的共有歌型。橢圓形圖框依照各雄鳥的領域間隔所繪製，並不代表實際領域的大小。

Fig. 3. The nine immediately neighboring male black-necked scimitar-babblers shared their song types with each other. A-I means number of males, 1-22 means number of song types, numbers in the intersections mean the shared song types and the black background with white words means the non-shared song types.

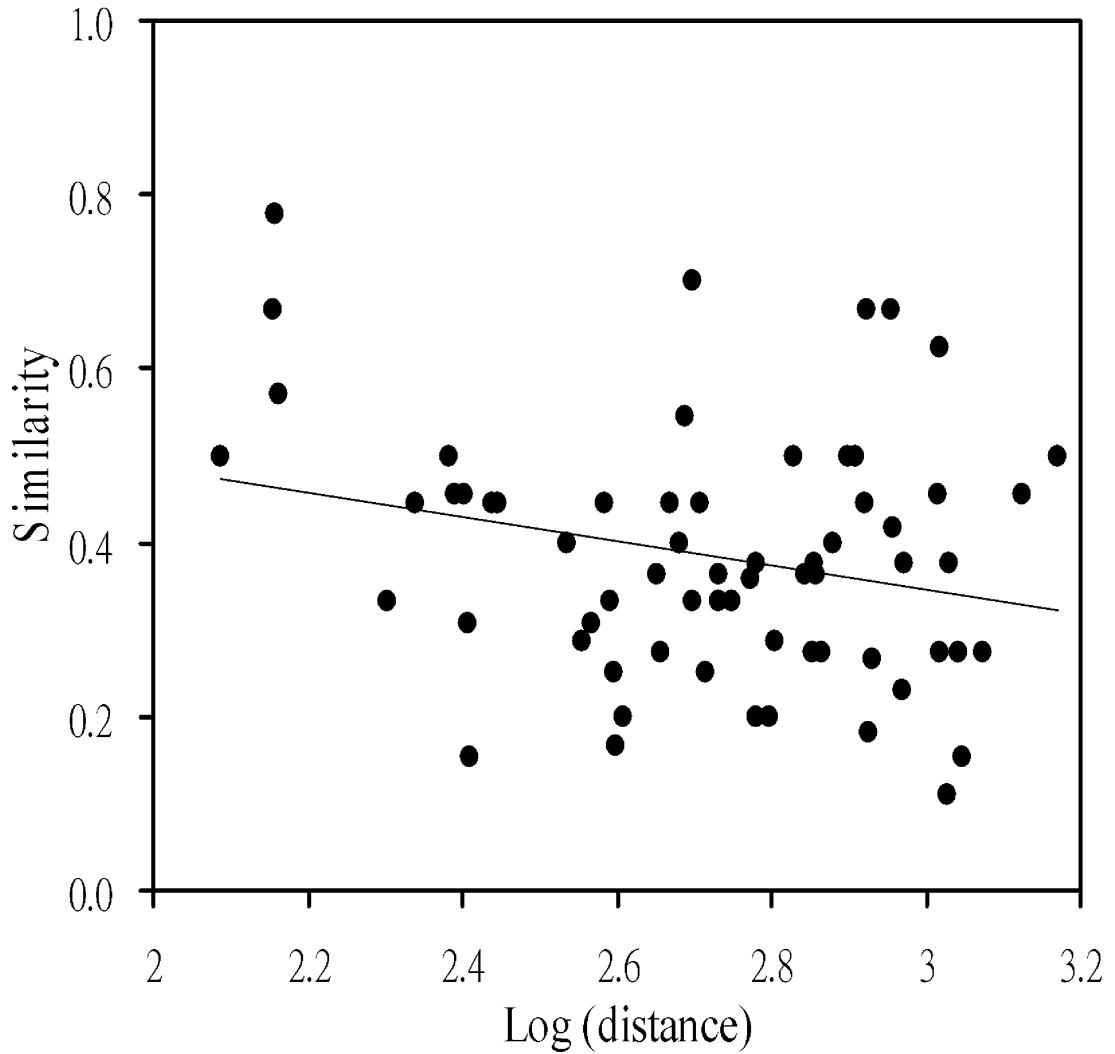


圖 4. 12 隻大彎嘴雄鳥個體間歌曲分享係數與空間距離(m)的相關性圖(Pearson correlation, $r = -0.257$, $n = 66$, $p < 0.05$)。

Fig. 4. Relationship between the paired repertoire similarities and log-distance (m) of the 12 studied male black-necklaced scimitar-babblers (Pearson correlation, $r = -0.257$, $n = 66$, $p < 0.05$).

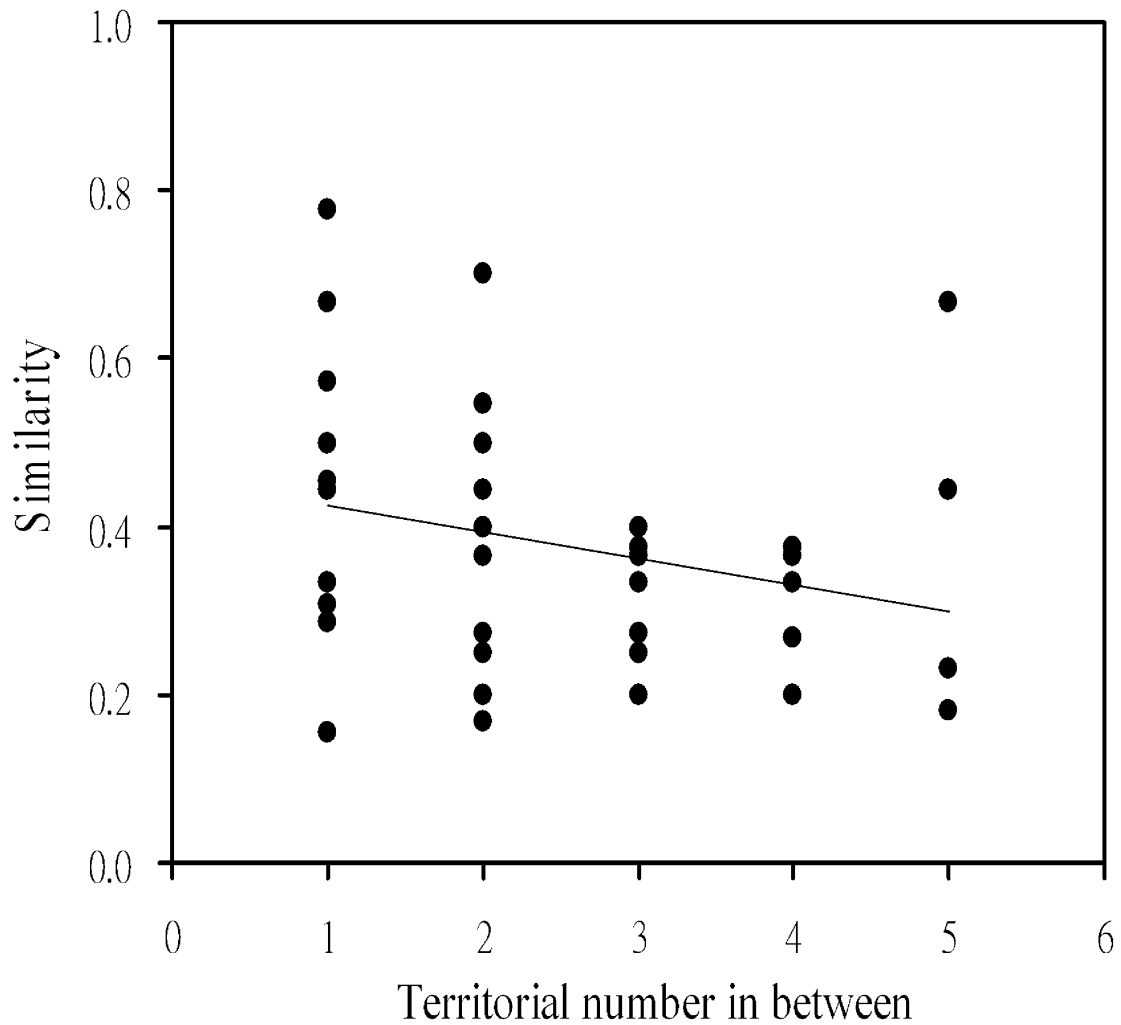


圖 5.10 隻大彎嘴雄鳥個體間歌曲分享係數與領域間隔數的相關性圖(Spearman correlation, $r = -0.357$, $n = 45$, $p < 0.05$)。

Fig. 5. Relationship between the distance number of territories and paired repertoire similarities of the 10 studied male black-necklaced scimitar-babblers (Spearman correlation, $r = -0.357$, $n = 45$, $p < 0.05$). The number of territories was calculated by the number of territories between the two targeted males. Territorial number was defined as 1 when they were immediately neighbored with each other and was defined as 2 when there was another territorial male between two males been compared, etc.

表 1. 大彎嘴雄鳥歌曲各特徵測量結果，所有測量值均以 Mean $\pm$ SD 表示(n = 262)**Table 1.** Measurements (mean $\pm$ SD) of song characteristics of the male black-necklaced scimitar-babblers (n = 262)

Characteristic	Syllable 1	Syllable 2
Duration to maximum amplitude (sec)	0.059 $\pm$ 0.03	0.05 $\pm$ 0.024
Peak frequency of start (Hz)	1525 $\pm$ 187	1405 $\pm$ 177
Peak frequency of end (Hz)	1438 $\pm$ 257	1308 $\pm$ 231
Peak frequency of maximum amplitude (Hz)	1667 $\pm$ 129	1581 $\pm$ 131
Lowest frequency (Hz)	1230 $\pm$ 180	1166 $\pm$ 140
Highest frequency (Hz)	1852 $\pm$ 170	1685 $\pm$ 164
Band width (Hz)	622 $\pm$ 237	519 $\pm$ 173
Duration (sec)	0.114 $\pm$ 0.038	0.1 $\pm$ 0.032
Interval (sec)	0.191 $\pm$ 0.06	
Time (sec)*	0.406 $\pm$ 0.103	

*Time 為音節 1 + 音節 2 + 間隔的總時間。

*Time = (Duration of Syllable 1 + Syllable 2) + Interval.

表 2. 大彎嘴雄鳥歌型之判別分析的前 5 軸正典係數值，各變數之英文代號參考內文說明**Table 2.** Standardized coefficients of the first five canonical variables for the song types of the male black-necklaced scimitar-babblers. See text for the character codes

Characters	Root1	Root2	Root3	Root4	Root5
DU_1	-0.212	-0.136	0.559	-0.567	-0.100
DMA_1	0.145	0.093	-0.174	-0.358	0.013
PFS_1	-0.467	0.518	0.314	-0.280	-0.206
PFE_1	-0.083	0.049	-0.254	0.128	0.143
HF_1	0.681	0.005	-0.539	0.064	0.304
LF_1	0.281	-0.186	-0.284	-0.902	0.030
PFMA_1	0.269	-0.035	-0.169	0.148	-0.881
IN	0.114	0.344	0.269	-0.070	-0.188
DU_2	1.009	0.742	-0.207	0.231	0.346
DMA_2	0.033	0.250	-0.034	0.232	-0.169
PFS_2	0.425	-0.308	-0.158	0.314	0.006
PFE_2	-0.306	-0.385	0.112	0.160	-0.166
HF_2	-0.965	-0.357	-0.376	-0.269	-0.246
LF_2	0.581	0.624	0.076	0.421	0.005
PFMA_2	-0.401	0.507	-0.036	-0.252	0.010
Eigen value	5.841	3.510	1.837	1.324	0.953
Cumulative % of variance explained	38.328	61.362	73.416	82.104	88.356

附錄 1. 雲林縣林內鄉湖本村研究範圍內 12 隻大彎嘴雄鳥所擁有的歌曲量、歌曲組合及錄音次數**Appendix 1.** The repertoire size, component of song types, and number of recordings of the 12 studied black-necked stilts in Huben Village, Linnei Township, Yunlin County

Male code	Code of song type																						Number of recordings
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
A	1	1		1					1														28
B	1	1	1	1	1	1			1														22
C	1			1					1			1	1										27
D	1	1			1				1				1	1		1		1	1		1		47
E	1		1	1					1			1											14
F			1	1	1				1			1	1			1		1	1				23
G		1	1	1						1		1	1			1		1				1	29
H		1	1	1					1	1		1	1				1						37
I		1	1	1					1	1		1	1					1					21
J	1	1		1					1	1						1							22
K	1	1	1	1				1	1	1	1	1			1								32
L	1	1		1	1	1	1		1														25
Total	8	9	7	11	4	1	1	1	11	5	1	7	6	1	1	3	1	3	1	2	1	1	327

附錄 2. 雲林縣林內鄉 12 隻大彎嘴雄鳥兩兩間歌曲分享數(a)及分享係數(Jaccard's similarity coefficient)(b)

Appendix 2. (a) Matrix of the number of shared song types and (b) matrix of the repertoire similarities among the 12 male black-necked scimitar-babblers. Repertoire similarities were calculated by Jaccard's similarity coefficient

(a)

Male code	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	K	L
A												
B	4											
C	3	3										
D	3	4	3									
E	3	4	4	2								
F	2	4	4	3	4							
G	2	3	3	4	3	4						
H	3	4	4	3	4	5	6					
I	3	3	4	4	4	5	7	7				
J	4	4	3	4	3	2	4	4	4			
K	4	5	4	2	5	4	5	6	6	5		
L	4	5	3	5	3	3	2	3	3	4	4	

(b)

Male code	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A												
B	0.571											
C	0.500	0.333										
D	0.273	0.308	0.250									
E	0.500	0.500	0.667	0.154								
F	0.200	0.364	0.444	0.200	0.444							
G	0.182	0.231	0.273	0.267	0.273	0.308						
H	0.333	0.364	0.444	0.200	0.444	0.455	0.545					
I	0.333	0.250	0.444	0.286	0.444	0.455	0.700	0.778				
J	0.667	0.444	0.375	0.333	0.375	0.167	0.364	0.400	0.400			
K	0.400	0.417	0.364	0.111	0.500	0.286	0.357	0.500	0.500	0.455		
L	0.667	0.625	0.375	0.455	0.375	0.273	0.154	0.273	0.273	0.500	0.333	

等(McGregor 1980)。迅速下降的界線距離會因種而異，如 song sparrow 距離在 100-200 m (McGregor and Krebs 1982)，black-capped chickadee *Poecile atricapillus* 距離在 4 km (Baker *et al.* 2000)，chowchilla *Orthonyx spaldingii* 的距離則在 1 km (Koetz *et al.* 2007)。在界線內之個體的歌曲變異小而分享率高，且易形成方言(dialect)的現象。

本研究結果初步顯示了大彎嘴雄鳥的歌曲量、歌曲特徵及鄰居間歌曲分享情形。然而對於歌曲分享的空間變異，受限於研究區域內之大彎嘴雄鳥和歌型蒐集的完備性，仍未能完全釐清其歌曲分享行為的變異模式，以及大彎嘴是否存在高歌曲分享率的界線。再者，為瞭解此種行為與適存度的關係，例如在亞成鳥擴散後，其建立領域之歌曲量及歌曲組合與鄰居雄鳥的關係、分享歌型在不同雄鳥間具有甚麼樣的溝通功能、獨有歌型是否具有特定的溝通意涵、生長發育對雄鳥鳴唱歌型的影響、雌鳥選擇雄鳥是否會受到曲目量或歌型的影響，以及大彎嘴的繁殖成功率是否與其歌曲分享行為有關，都是值得進一步探討的課題。

謝 誌

感謝農業委員會特有生物研究保育中心提供經費支持本研究。另衷心感謝陳嘉宏、張景開、史特龍及張心怡協助大彎嘴繫放工作，感謝嘉義大學生物資源學系劉于綾及陳章政對野外工作的協助，同時感謝兩位審查委員對初稿提供的建議。

引用文獻

阮錦松、丁宗蘇、吳森雄、林瑞興、楊玉祥、

蔡乙榮、潘志遠。2012。2012 年台灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會。

林瑞興。2010。鳥類繫放手冊(燕雀目強化版)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

柯智仁、范孟雯、謝仲甫、黃國維、張天佑、游智涵、葉建緯、林瑞興、程建中、李培芬。2012。台灣繁殖鳥類大調查 2011 年報。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2010。台灣鳥類誌(下)。行政院農業委員會林務局。

Baker, M. C., T. M. Howard and P. W. Sweet. 2000. Microgeographic variation and sharing of the gargle vocalization and its component syllables in black-capped chickadee (Aves, Paridae, *Poecile atricapillus*) population. *Ethology* 106: 819-838.

Beecher, M. D., S. E. Campbell and J. C. Nordby. 2000. Territory tenure in song sparrows is related to song sharing with neighbours, but not to repertoire size. *Animal Behaviour* 59: 29-37.

Beecher, M. D. and E. A. Brenowitz. 2005. Functional aspects of song learning in songbirds. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 143-149.

Beletsky, L. D. and G. H. Orians. 1989. Familiar neighbors enhance breeding success in birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 86: 7933-7936.

Bertram, B. 1970. The vocal behavior of the Indian hill mynah, *Gracula religiosa*. *Animal*

- Behaviour *Monographs* 3: 79-192.
- Brown, E. D. and S. M. Farabaugh. 1997. What birds with complex social relationships can tell us about vocal learning: Vocal sharing in avian groups. pp. 98-127 *In*: C. T. Snowdon and M. Hausberger (eds.). Social influences on vocal development. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Caccamise, D. F. and R. F. Hedin. 1985. An aerodynamic basis for selecting transmitter loads in birds. *Wilson Bulletin* 97: 306-318.
- Catchpole, C. K. 2000. Sexual selection and the evolution of song and brain structure in *Acrocephalus* warblers. *Advances in the Study of Behavior* 29: 45-97.
- Catchpole, C. K. and P. J. B. Slater. 2008. Bird song: Biological themes and variations. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Collar, N. J. and C. Robson. 2007. Family Timaliidae. pp. 70-291. *In*: del Hoyo, J., A. Elliott and D. A. Christie (eds.). Handbook of the Birds of the World. Vol. 12. Picathartes to Tits and Chickadees. Lynx Edicions, Barcelona.
- Collins, S. 2004. Vocal fighting and flirting: The functions of bird song. pp. 39-79. *In*: P. Marler and H. Slabbekoorn (eds.). Nature's music: The science of birdsong, Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA.
- Colwell, R. K. 2006. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.0.0. User's guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Foote, J. R. and C. A. Barber. 2007. High level of song sharing in an eastern population of song sparrow (*Melospiza melodia*). *Auk* 124: 53-62.
- Forstmeier, W. and B. Leisler. 2004. Repertoire size, sexual selection, and offspring viability in the great reed warbler: Changing patterns in space and time. *Behavioral Ecology* 15: 555-563.
- Gil, D. and M. Gahr. 2002. The honesty of bird song: Multiple constraints for multiple traits. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 133-141.
- Harris, A. M. and R. E. Lemon. 1972. Songs of song sparrow (*Melospiza melodia*) individual variation and dialects. *Canadian Journal of Zoology* 50: 301-309.
- Hill, C. E., S. E. Campbell, J. C. Nordby, J. Burt and M. D. Beecher. 1999. Song sharing in two populations of song sparrows (*Melospiza melodia*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 46: 341-349.
- Howard, R. D. 1974. The influence of sexual selection and interspecific competition on mockingbird song (*Mimus polyglottos*). *Evolution* 28: 428-438.
- Hultsch, H. and D. Todt. 1981. Repertoire sharing and song-post distance in nightingales (*Luscinia megarhynchos* B.). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 8: 183-188.
- Koetz, A. H., D. A. Westcott and B.C. Congdon. 2007. Spatial pattern of song element sharing and its implications for song learning in the chowchilla, *Orthonyx spaldingii*. *Animal*

- Behaviour 74: 1019-1028.
- Krebs, C. J. 1998. Ecological methodology (2nd Edition). Addison-Wesley Educational Publisher, Inc., Menlo Park, California, USA.
- Kroodsma, D. E. 1974. Song learning, dialects and dispersal in the Beckwick's wren. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 35: 352-380.
- Kroodsma, D. E. 1982. Song repertoires: Problems in their definition and use. pp. 125-145. *In*: D. E. Kroodsma and E. H. Miller (eds.). Acoustic communication in birds Volume 2. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Kroodsma, D. E. and E. H. Miller. 1996. Ecology and evolution of acoustic communication in birds. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Kroodsma, D. A. 2004. Vocal behavior. pp. 7-98 *In*: S. Podulka, R. W. Rohrbaugh, Jr. and R. Bonney (eds.). Handbook of bird biology (2nd edition), Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA.
- Kumar, A. 2003. Acoustic communication in birds: Differences in songs and calls, their production and biological significance. *Resonance* 6:44-55.
- Lachlan, R. F., B. M. Janik and P. J. B. Slater. 2004. The evolution of conformity-enforcing behavior in cultural communication systems. *Animal Behaviour* 68: 561-570.
- McGregor, P. K. 1980. Song dialects in the corn bunting (*Emberiza calandra*). *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 54: 285-297.
- McGregor, P. K., J. R. Krebs and C. M. Perrins 1981. Song repertoires and lifetime reproductive success in the great tit (*Parus major*). *American Naturalist* 118: 149-159.
- McGregor, P. K. and J. R. Krebs. 1982. Song types in a population of great tits (*Parus major*): Their distribution, abundance and acquisition by individuals. *Behaviour* 79: 126-152.
- McGregor, P. K. and J. R. Krebs. 1989. Song learning in adult great tits (*Parus major*): effects of neighbours. *Behaviour* 108: 139-159.
- Nordby, J. C., S. E. Campbell and M. D. Beecher. 1999. Ecological correlates of song learning in song sparrows. *Behavioral Ecology* 10: 287-297.
- Payne, R. B. 1985. Behavioral continuity and change in local song populations of village indigobirds *Vidua chalybeata*. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 70: 1-44.
- Payne, R. B., L. L. Payne and S. M. Doehlert. 1988. Biological and cultural success of song memes in indigo buntings. *Ecology* 69: 104-117.
- Payne, R. B. and L. L. Payne. 1997. Field observations, experimental design, and the time and place of learning bird songs. pp. 57-84 *In*: C. T. Snowdon and M. Hausberger (eds.). Social influences on vocal development. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Searcy, W. A. and M. Andersson. 1986. Sexual selection and the evolution of song. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 507-533.
- Searcy, W. A. and K. Yasukawa. 1996. Song and female choice. Vol. 2. pp. 454-473. *In*: D. E.

- Kroodsma and E. H. Miller (eds.). Ecology and evolution of acoustic communication in birds. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Specht, R. 2002. AVISOFT-SAS Lab Pro. Avisoft, Berlin, Germany.
- Temeles, E. J. 1994. The role of neighbours in territorial systems: When are they dear enemies? *Animal Behaviour* 47: 339-350.
- Thompson, W. L. 1970. Song variation in a population of indigo buntings. *Auk* 87: 58-71.
- Trainer, J. M. 1989. Cultural evolution in song dialects of yellow-rumped caciques in Panama. *Ethology* 80:190-204.
- Wildenthal, J. L. 1965. Structure in primary song of the mockingbird (*Mimus polyglottos*). *Auk* 82: 161-189.
- Williams, J. M. and P. J. B. Slater. 1990. Modelling bird song dialects: The influence of repertoire size and numbers of neighbours. *Journal of Theoretical Biology* 145: 487-496.
- Wilson, N. S. H. 2001. Song structure and syllable repertoires in the European sedge warbler, *Acrocephalus schoenobaenus*. MSc dissertation, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.
- Wilson, P. L., M. C. Towner and S. L. Vehrencamp. 2000. Survival and song-type sharing in a sedentary subspecies of the song sparrow. *Condor* 102: 355-363.
- Wilson, P. L. and S. L. Vehrencamp. 2001. A test of the deceptive mimicry hypothesis in song-sharing song sparrows. *Animal Behaviour* 62: 1197-1205.
- Yen, C. W. 1990. An ecology study of the Timaliinae (Muscicapidae) of Taiwan. *Bulletin of the National Museum of Natural Science* 2: 281-289.

降雨、繁殖月份及雛數對台灣紫嘯鶇餵食雛鳥行為之影響

Effects of Rainfall, Breeding Month, and Brood Size on Food Provision in the Formosan Whistling Thrush(*Myiophoneus insularis*)

黃書彥^{1,*} 許詩涵² 王穎³

Shu-Yen Huang^{1,*}, Shih-Han Hsu² and Ying Wang³

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 行政院農業委員會林業試驗所 台北市南海路 53 號

³ 國立台灣師範大學生命科學系 台北市汀州路四段 88 號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantao, Taiwan

² Taiwan Forest Research Institute, Taipei, Taiwan

³ Department of Life Science, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

*通訊作者：shuyung2001@tesri.gov.tw

*Corresponding author: shuyung2001@tesri.gov.tw

摘 要

本研究於 2006 年 3~8 月期間，針對新北市石碇區內的 9 巢台灣紫嘯鶇(*Myiophoneus insularis*) 進行錄影。共記錄了 468 次親鳥餵食，雛鳥食物的辨識率為 51.75%，以蚯蚓及鱗翅目幼蟲所占比例最高。雛鳥食物組成受降雨及繁殖月份影響。錄影時間內平均降雨量愈多的巢，親鳥帶回的蚯蚓比例愈高；但鱗翅目幼蟲則愈低。而於 3-4 月繁殖的親鳥帶回食物以蚯蚓為主；5-6 月則以鱗翅目幼蟲及蟬為主要。親鳥的餵食頻度及帶回食物大小於晴天及雨天之間沒有差別，但會受到巢中雛數影響。雛數較多的巢中，親鳥餵食每隻雛鳥的頻率顯著較低，但帶回較大的食物頻度較高。

Abstract

The study was carried out in Shiding District, New Taipei City from March to August in 2006. A total of 468 feeding trips were recorded from 9 broods of the Formosan Whistling Thrush (*Myiophoneus insularis*) by videotaping. The nestling diet was dominated by earthworms and caterpillars, and was affected by rainfall and breeding month. As the average precipitation per hour rose during taping, the proportion of earthworm brought by parents increased, while the proportion of caterpillar decreased. Earthworm was the main nestling diet in March-April, then switched to caterpillars and cicadas in May-June. Feeding rate and prey size were affected by brood size. Feeding rate for each nestling dropped as the brood size increased, but each nestling obtained larger prey more frequently.

關鍵詞：台灣紫嘯鶇、餵食行為、降雨、繁殖月份、雛數

Key words : *Myiophoneus insularis*, food provision, rainfall, breeding month, brood size

收件日期：2012 年 11 月 20 日

接受日期：2013 年 02 月 19 日

Received: November 20, 2012

Accepted: February 19, 2013

緒 言

在晚熟型的鳥類中，雛鳥需經由親代的餵養才能逐漸成長。因此親鳥提供的食物資源是影響雛鳥生長的重要關鍵，食物不足會造成雛鳥營養不良及體重過輕，進而降低了雛鳥的生長速率、免疫力及存活率(Magrath 1991; Birkhead *et al.* 1999; Hoi-Leitner *et al.* 2001)。

親鳥提供食物的多寡與品質可以表現在其餵食頻率(provisioning rate)及給予雛鳥食物組成(nestling diet)上，並受到親鳥性別、雛鳥日齡、雛數、氣候及季節影響(Royama 1966; Johnson and Best 1982; Goodbred and Holmes 1996; Hoset *et al.* 2004; Barba *et al.* 2009;

Conner *et al.* 2005; Bortolotti *et al.* 2011)。釐清這些因子與育雛行為的關係，有助於了解親鳥如何調整餵食行為，以適應不同的情況條件。

台灣紫嘯鶇(*Myiophoneus insularis*)屬於雀形目(Passeriformes)、鶇科(Muscicapidae)、鶇亞科(Turdinae)、嘯鶇屬(*Myiophoneus*)，為台灣特有種留鳥。王及裴(1984)曾於新北市石碇區，針對紫嘯鶇育雛行為進行初步研究。紫嘯鶇繁殖期為 3-9 月，配對的親鳥會沿著河岸選擇適當的岩壁、石穴、橋樑、屋簷等地方築巢。育雛行為除孵蛋及孵雛由雌鳥單獨擔任外，其他工作由雌雄共同分擔。雛鳥孵化至離巢約 21 天，期間雄鳥與雌鳥的餵食次數及帶回食物大小兩者無明顯差異。而隨著雛鳥成長至中後期，親鳥餵食的次數遞減，但食物的體積有逐

漸增加趨勢。雛鳥食物種類相當廣泛，以昆蟲及蚯蚓最為常見，蛙、蛇等大型食物偶亦可見。

上述研究提供了基礎的紫嘯鸚繁殖資訊，但就雛鳥食性的觀察上，係以目視觀察，食物可辨識率僅 22.7%，且只就親鳥性別及雛鳥日齡對於親鳥餵食頻率的影響進行探討。本研究係以錄影方式進行觀察，以提高觀察效率及食物辨識率，並針對降雨量、雛數及繁殖月份探討(1)雛鳥食物組成是否因降雨量及繁殖月份不同而有改變。(2)紫嘯鸚親鳥餵食頻率是否因降雨量、雛數及繁殖月份不同而有差異。

材料與方法

一、研究地點

實驗樣區為新北市石碇區的潭邊里、石碇里，以及烏塗里，海拔 100-150 公尺。樣區內植被以低海拔闊葉林為主，優勢植物為山黃麻(*Trema orientalis*)、雀榕(*Ficus superba*)、九重吹(*Pongamia pinnata*)、白袍子(*Mallotus paniculatus*)、紅楠(*Machilus thunbergii*)及筆筒樹(*Cyathea lepifera*)等。此外樣區內也有許多當地居民的墾地，種有蔬菜、竹子、茶樹、柚子等作物。

二、錄影及記錄方式

選擇河流附近住家、寺廟及橋墩的繁殖巢進行研究，以方便捕捉及觀察。攝影設備於孵卵期或育雛早期架設，以讓親鳥有適應時間，避免影響正常餵食行為。架設時將錄影機及麥克風固定於巢位附近適當的位置，再以同軸電纜線將訊號連接至掩蔽物內的錄影器材(Sony TRV340、Sony TRV740、JVC GR-D94U)。於雛鳥孵化後架設霧網捕捉親鳥，並在跗蹠骨套上色環，做為個體辨識之依據。

台灣北部低海拔山區的紫嘯鸚主要有兩個繁殖高峰，第一波於 3-4 月，第二波於 5-6 月(王 1984)。為使不同雛數樣本在不同時間能儘量分配平均，我們於 3-4 月中選擇 2 窩雛數為 2 隻及 2 窩雛數為 3 隻的巢進行觀察；於 5-6 月中選擇 3 窩雛數為 2 隻、1 窩雛數為 3 隻及 1 窩雛數為 4 隻的巢進行觀察。另為排除雛鳥日齡及雌鳥孵雛(孵化約一週後完全停止)對餵食頻率可能造成的影響，我們只選取雛鳥 7-8 及 9-10 日齡兩個階段的資料進行分析。由於晨昏時段為紫嘯鸚餵食高峰(王及裴 1984)，因此錄影時間選在 06:00-08:00 及 16:00-18:00 進行。每階段至少錄取 4 小時，每巢至少共 8 小時進行分析。

每趟餵食記錄回巢的親鳥個體、帶回食物大小及種類。親鳥個體以色環進行辨識。食物大小以親鳥嘴長做為估算依據，並分成較大食物及較小食物兩類。「較大食物」定義為長度超過親鳥嘴長(> 1 bill length)之獵物；「較小食物」定義為長度短於親鳥嘴長(< 1 bill length)之獵物。

三、資料分析

(一) 雛鳥食物組成

以 Pearson correlation 分析不同巢間的降雨量差異，是否與特定食物種類出現機會相關。降雨量差異以各巢錄影時間內平均降雨量(mm/hr)計算。食物種類出現機會，以該種類在各巢所占食物組成比例(%)計算。百分比資料以 arcsine 轉換後再進行統計分析。降雨資料根據中央氣象局石碇觀測站每小時累積降雨為準。

以 Chi-square 的同質性檢定分析雛鳥食物是否有月份上差異。將繁殖月份分為第一波繁殖(3-4 月)及第二波(5-6 月)兩組，分別檢定各巢食物組成於同一波之間及不同波之間有無

差異。

(二) 親鳥餵食頻率

以 t-test 分析雌鳥與雄鳥的餵食頻率(trips/hr)是否有差別。若無差別則將所有資料一起以 paired t-test 分析親鳥餵食頻率於晴天或雨天時是否有差異。將每巢錄影資料以小時單位，依各單位內有無累積降雨，區分為晴天及雨天兩組。降雨資料根據中央氣象局石碇觀測站每小時累積降雨為準。

以 Two-way ANOVA 分析雛數及繁殖月份是否影響(1)親鳥餵食整巢雛鳥頻率(trips/hr)、(2)餵食每隻雛鳥頻率(trips/hr/nestling)及(3)餵食每隻雛鳥較大食物頻率(> 1 bill trips/hr/nestling)。雛數分為雛數等於 2 及大於 2(3 或 4 隻)兩組。月份依據紫嘯鵯第一波及第二波繁殖時間，分為 3-4 月及 5-6 月兩組。

資料以 SPSS/Windows 13.0 統計軟體來進行資料分析，文中若無特別註明，平均值皆以 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示。

結 果

食物組成

在所有觀察的 9 個巢中，其中 1 巢因為角度及光線關係，只能區分出食物大小，而食物種類辨識出的比例只有 16.21%，因此不放入食物組成分析中。其餘 8 巢共記錄了 400 次親鳥餵食，其中 207 次能夠清楚辨別食物種類，整體辨識率為 51.75%。在所有餵食紀錄中，食物大於親鳥嘴長的有 184 次，占全部的 46%。將觀察紀錄分成食物大於或小於親鳥嘴長兩組來看，小於嘴長的紀錄中只能辨別出 71 次食物種類，辨識率為 33.49%；但就大於親鳥嘴長的紀錄中能辨別出 136 次，辨識率達 73.91%。

在所有可辨識的食物中，以蚯蚓比例最高

占 24.39%，鱗翅目幼蟲次之，為 19.27%(表 1)。直翅目昆蟲及螳螂在多數巢中都有出現，分別占 10.4%及 8.27%。蟬及蜘蛛則於少數巢中相當豐富，分別占 7.28%及 6.05%，其中蟬只在 5 月及 6 月的巢中出現。其他節肢動物包括竹節蟲、蝶、蛾、蜻蛉、白蟻、蜉蝣、蜚蠊及蜈蚣等，共占 18.18%。脊椎動物包含有蛙類、壁虎、草蜥及攀蜥，共占 5.08%。軟體動物最少，包含蛞蝓及蝸牛，只占 1.1%。

降雨對食物組成的影響

所有觀察錄影的巢中，每小時平均降雨量範圍於 0-1.67mm 之間。分析所有親鳥帶回的食物種類中，只有蚯蚓與鱗翅目幼蟲比例與降雨量間有顯著相關性。當錄影時間內平均降雨量愈多的巢，親鳥帶回食物中的蚯蚓比例也愈高($r^2=0.929$, $n=8$, $p<0.001$, 圖1)；但帶回鱗翅目幼蟲比例則愈低($r^2=0.68$, $n=8$, $p=0.012$, 圖1)。

繁殖月份對食物組成的影響

將紫嘯鵯的食物組成分為蚯蚓、鱗翅目幼蟲、蟬及其它 4 類。檢視紫嘯鵯第一波繁殖的 4 巢顯示，彼此間的食物組成無顯著差異($\chi^2=10.962$, $p=0.09$)；而第二波繁殖的 4 巢間也無顯著差異($\chi^2=13.962$, $p=0.124$)。分別將第一波 4 巢合併及第二波 4 巢合併後，比較第一波與第二波繁殖巢的食物組成，結果顯示兩者間的食物組成有顯著差異($\chi^2=36.469$, $p<0.001$)。檢視圖 2 可發現，早期的巢食物以蚯蚓為主，而後期以鱗翅目幼蟲及蟬為主，其中蟬只在 5 月後出現。

降雨對餵食頻率影響

由於研究樣本中有 1 巢錄影時間內皆無降雨，因此只對其餘 8 對親鳥進行分析。比較同

對親鳥餵食頻率顯示，不論在晴天(t-test, $n=16$, $p=0.945$)或是雨天(t-test, $n=16$, $p=0.42$)，雌雄親鳥間的餵食頻率皆無顯著差異。將所有親鳥不分性別一起分析，比較降雨對餵食頻率影響，結果顯示每隻親鳥於晴天每小時平均餵食 2.27 ± 0.7 次，與雨天的 2.74 ± 1.32 次無顯著差異(paired t-test, $n=16$, $p=0.083$)。此外親鳥於晴天每小時平均餵食較大食物 0.86 ± 0.49 次，與雨天的 0.88 ± 0.67 次亦無顯著差異(paired t-test, $n=16$, $p=0.919$)。

雛數及繁殖月份對餵食頻率影響

針對雛數及繁殖月份對親鳥(1)餵食整巢雛鳥頻率、(2)餵食每隻雛鳥頻率及(3)餵食每

隻雛鳥較大食物頻率的 Two-way ANOVA 分析結果如表 2，兩因子交互作用及繁殖月份對三種餵食表現皆無顯著影響。但在繁殖季早期親鳥對每隻雛鳥餵食頻率有較高的趨勢($n=18$, $p=0.058$)，於 3-4 月每隻雛鳥平均每小時獲得親鳥 1.14 ± 0.35 次餵食，高於 5-6 月的 0.92 ± 0.24 次。

雛數對於親鳥餵食整巢雛鳥頻率亦無顯著差異($p=0.2$)。然雛數大於 2 的巢，親鳥餵食每隻雛鳥的頻率為每小時 0.82 ± 0.14 次，顯著低於雛數為 2 的 1.15 ± 0.34 次($n=18$, $p=0.015$)；但餵食每隻雛鳥較大食物頻率為每小時 0.4 ± 0.08 次，顯著高於雛數為 2 的 0.25 ± 0.11 次($n=18$, $p=0.012$)。

表 1. 2006 年石碇地區 8 巢紫嘯鶇雛鳥(7-10 日齡)食物種類組成

Table 1. The diet of 8 Formosa Whistling Thrush broods with 7-10 day-old nestling in Shrding District in 2006. "-" means failure to identify a certain kind of food item

Food items	Percentage(%) of food items								average
	#1 ^{Mar.}	#2 ^{Apr.}	#3 ^{Apr.}	#4 ^{Apr.}	#5 ^{May.}	#6 ^{June.}	#7 ^{June.}	#8 ^{June.}	
Earthworm	22.86	56.26	28.56	49.78	28.99	-	5.55	3.13	24.39
Lepidopteran larvae	17.14	6.24	23.81	5.85	21.74	41.17	19.45	18.75	19.27
Cicadas	-	-	-	-	7.25	17.65	8.33	25.00	7.28
Praying mantis	5.72	-	4.76	17.57	14.50	5.87	8.33	9.38	8.27
Orthopteran	25.71	6.24	4.76	-	7.25	11.77	5.55	21.87	10.40
Spider	2.85	6.24	14.29	-	-	-	25.00	-	6.05
Other arthropods	14.29	25.01	23.81	11.72	20.27	11.77	16.67	21.87	18.18
Mollusks	-	-	-	8.79	-	-	-	-	1.10
Vertebrates	11.42	-	-	6.30	-	11.77	11.12	-	5.08

* 註：「-」表示資料中未辨別出該類食物

表 2. 雛數及繁殖月份對紫嘯鶇親鳥餵食整巢雛鳥、每隻雛鳥及較大食物頻率影響之二因子變異數分析 (*, $p < 0.05$)

Table 2. The results of two-way ANOVA for the effects of brood size and month on feeding rate (trips/hr), feeding rate per nestling (trips/hr/nestling) and larger food feeding rate per nestling (>1bill trips/hr/nestling) in the Formosa Whistling Thrush

	feeding rate		feeding rate per nestling		larger food feeding rate per nestling	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Brood	1.5	0.2	7.65	0.015*	8.23	0.012*
Month	1.21	0.3	4.28	0.058	0.66	0.4
Brood × Month	1.14	0.3	0.05	0.7	0.21	0.6

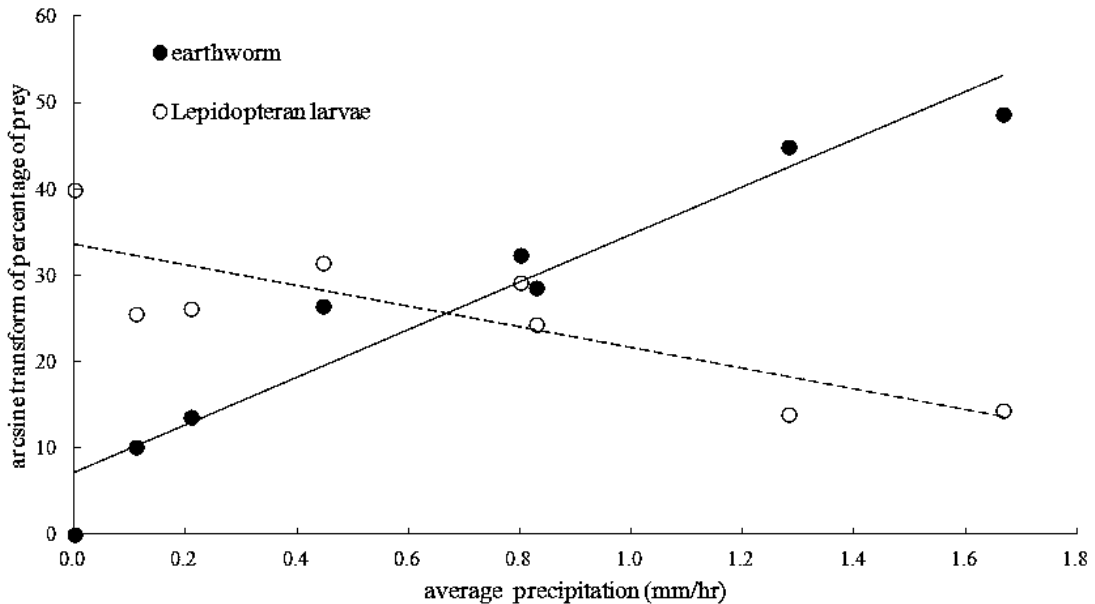


圖 1. 紫嘯鶇錄影時間內各巢平均降雨量與雛鳥食物中蚯蚓及鱗翅目幼蟲比例關係。

Fig.1. Relationship between average precipitation per hour and percentage of earthworm and Lepidopteran larvae in the diet of the Formosa Whistling Thrush nestling.

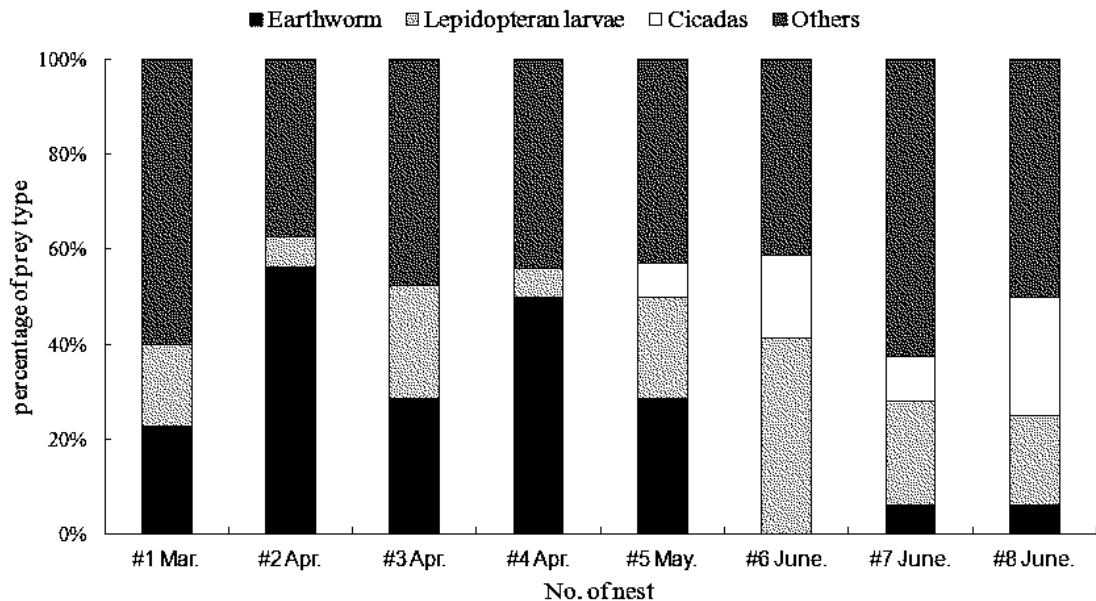


圖 2. 2006 年石碇地區 8 巢紫嘯鶯雛鳥(7-10 日齡)食物大之種類組成。

Fig.2. The diet of 8 broods with 7-10 day-old Formosa Whistling Thrush nestling in Shrding District in 2006.

討 論

王及裴(1984)曾以望遠鏡觀察 8 巢紫嘯鶯育雛行為，親鳥帶回食物的辨識度為 22.7%。相較於此，本研究運用錄影裝置觀察，食物的總辨識度提高為 51.75%。但在食物小於親鳥嘴長情況下，辨識度仍只有 33.49%，原因為樣本中的巢位上方大多難以架設錄影器材，而以側面攝影時，親鳥若由背對鏡頭方向進入，常只能拍到非常短暫含有嘴喙的畫面，再加上食物越小露出嘴喙的部分也越少，辨識的難度因此大為提高。

根據本研究及過去石碇地區(王及裴 1984)

與武陵地區(孫 2004、2005)的研究報告顯示，本種雛鳥的食物種類相當豐富，包含有環節動物(蚯蚓)、節肢動物(昆蟲、蜈蚣、蜘蛛、蝦、蟹)、脊椎動物(蜥蜴、蛇、蛙、蟾蜍、魚、老鼠、蝙蝠)及軟體動物(蝸牛、蛞蝓)。本研究與過去石碇研究相比，昆蟲雖皆為最主要食物，但王及裴(1984)研究中以小飛蟲(蚊子、瓢蟲、白蟻、蜉蝣等)為主；而本研究則以鱗翅目幼蟲、直翅目昆蟲、螳螂及蟬等較大昆蟲為主要。原因除了觀察方式造成的辨識度差異外，也與觀察的雛鳥日齡不同有關。王及裴(1984)研究包含雛鳥 0-21 日齡，並發現小飛蟲等小型獵物在雛鳥早期 0-6 日齡比例最高，晚期 14-21

日齡次之，中期 7-13 天最少。而本研究僅觀察雛鳥中期的 7-10 日齡，處於小飛蟲比例最低，大型食物較多時段，是以本研究小飛蟲比例低於上述 4 類主要昆蟲，僅包含在其它節肢動物類中呈現。

而在與武陵地區比較中，昆蟲亦為雛鳥最主要食物，但在兩生類的比例，武陵地區則明顯高於石碇地區。可能原因為武陵地區紫嘯鵯於 5-6 月進入繁殖期，而 6 月剛好是此區最優勢蛙類梭德氏赤蛙大量出現於河床的時間點(吳 2005)，青蛙可能因此成為相當容易獲得的食物來源。而在蚯蚓的比例上，兩地皆呈現有些巢高有些巢低的不穩定現象，這種情形可能與育雛期間的降雨情況有關，王及裴(1984)曾提出持續性的降雨可能增加鳥類捕捉蚯蚓的機會。

在雛鳥以蚯蚓為主食的烏鶇(*Turdus merula*)及八色鶇(*Pitta nympha*)研究中(Török and Ludvig 1988; Chamberlain *et al.* 1999; Lin *et al.* 2007)，於降雨較多的月份，蚯蚓在雛鳥食物中的比例較乾季時高。蚯蚓在潮濕的土壤中最為活躍，而當表面土壤乾燥時其會降低活動、進行休眠，或是鑽到較深的土壤中(Edwards and Bohlen 1996)。這樣的習性使得蚯蚓在下雨潮濕時較容易被鳥類捕捉。本研究有相似情形，平均降雨量愈高的巢，蚯蚓在紫嘯鵯雛鳥食物中的比例也愈高。但這樣的線性關係只能解釋樣本中最高 1.67mm/hr 範圍內的平均降雨量。鳥類捕捉蚯蚓應有一個最適的降雨量，超過或低於最適值蚯蚓在食物中的比例都會降低。未來可收集降雨量範圍更廣的資料，進一步釐清降雨量與鳥類捕捉蚯蚓之間的關係。

鱗翅目幼蟲是本種雛鳥另一項主要食物來源，但其出現時機與蚯蚓剛好相反。平均降雨量愈高的巢，鱗翅目幼蟲在食物中比例愈

低。有些鱗翅目幼蟲在下雨時會降低活動或停止取食(Kamata and Igarashi 2004)，因此可能直接增加了親鳥捕捉的困難。此外根據烏鶇的研究，親鳥捕捉蚯蚓效率要比其他無脊椎動物來的高(Török and Ludvig 1988)。因此也可能當降雨環境潮濕時，親鳥優先捕捉蚯蚓，而間接降低了捕捉鱗翅目幼蟲。

育雛期間的降雨會造成一些食蟲性鳥類餵食頻率下降(Johnson and Best 1982; Freitag *et al.* 2001; Conner *et al.* 2005)，進而影響雛鳥的成長或存活(Evans *et al.* 1997; Radford *et al.* 2001; Geiser *et al.* 2008)。但降雨對紫嘯鵯餵食頻度並無造成降低現象，可能因本種的食物種類相當多樣，親鳥能因應環境變化捕捉不同獵物，如雨天時昆蟲活動可能降低，但能轉以捕捉潮濕環境中較多的蚯蚓、蛙類等取代。

此外許多研究都顯示季節會影響親鳥餵食頻度(Goodbred and Holmes 1996; Naef-Daenzer *et al.* 2000; Barba *et al.* 2009; Bortolotti *et al.* 2011)，本研究結果也呈現出繁殖季早期餵食頻度較高的趨勢，但可能因樣本數不足未達統計上的顯著差異。結果中也顯示雛鳥食物種類在不同月份具有差異，3-4 月以蚯蚓為主要；5-6 月轉以鱗翅目幼蟲及蟬。未來除增加樣本數外，若配合監測環境中潛在獵物資源的族群變化，便能進一步探討季節與親鳥食物選擇間的關係。

鳥類的雛數愈多時，親鳥的餵食頻率也會愈高(Haggerty 1992; Wright *et al.* 1998; Chamberlain *et al.* 1999; Rauter *et al.* 2000; 莊 2006)。但在一些鳥類中，雖然親鳥餵食整巢雛鳥的頻率增加，但每隻雛鳥被餵食的頻率卻降低了(Johnson and Best 1982; Naef-Daenzer and Keller 1999; MacColl and Hatchwell 2003; Barba *et al.* 2009)。本種有相似情況，在雛數大

於 2 的巢中，親鳥餵食每隻雛鳥的頻率顯著較低。此外本研究也發現，雛數較多的巢中，親鳥給予每隻雛鳥較大食物的頻度也較高。這種現象可能顯示紫嘯鶇會以餵食較大的食物進行補償。當雛數愈多時，親鳥花在育雛的能量消耗也愈大，並造成親鳥體重減輕及免疫力下降(Merilä and Wiggins 1997; Nordling *et al.* 1998)。此外親鳥的餵食頻率愈高，也增加了巢位被天敵發現的機會(Martin *et al.* 2000)。因此選擇捕捉較大獵物而不顯著增加餵食頻率，能降低往返於巢位與覓食地間的能量消耗，也可相對減少被天敵掠食的風險。紫嘯鶇為燕雀目鳥類中體型較大型者，其有能力捕捉獵物的大小要比小型種類來得廣，因此對於以獵物大小調整餵食頻率應更具有彈性。

本研究僅利用親鳥嘴喙長度區分食物大小，因此只能粗略假設大於親鳥嘴長的食物，平均來說比小於嘴長的提供更多能量。但相同長度的不同生物，可能因形狀的差異有著不同的體積，且不同生物在相同重量下所能提供的養分也有差別(Wright *et al.* 1998)，因此本研究雖能掌握親鳥的餵食頻度，但對於實際提供雛鳥多少能量有分析上限制。本種雛鳥食物種類繁多，未來需將不同類型獵物的營養進行量化，並提高食物的辨識率及輔以雛鳥形值資料，才能更進一步探討親鳥餵食行為與繁殖成功率之間的關係。

謝 誌

本研究感謝蕭明堂學長給予撰寫上的寶貴意見，以及碩士班期間師大野生動物實驗室夥伴於野外工作的協助，謹此一併誌謝。

引用文獻

- 王穎。1984。台灣特有種紫嘯鶇的生態研究。國家科學委員會研究報告。
- 王穎、裴家騏。1984。紫嘯鶇育雛行為之初步研究。師大生物學報 19:83-92。
- 吳聲海。2005。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立：兩生類生活史及食性研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 莊美貞。2006。青背山雀雛鳥乞食行為之探討。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。
- 孫元勳。2004。櫻花鉤吻鮭天敵之研究(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳。2005。武陵地區長期生態監測暨生態模式建立—溪流鳥類群聚生態監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- Barba, E., F. Atiénzar, M. Marín, J. S. Monrós and J. A. Gil-Delgado. 2009. Patterns of nestling provisioning by a single-prey loader bird, Great Tit (*Parus major*). *Bird Study* 56: 187-197.
- Bortolotti, L. E., V. B. Harriman, R. G. Clark and R. D. Dawson. 2011. Can changes in provisioning by parent birds account for seasonally-declining patterns of offspring recruitment? *Canadian Journal of Zoology* 89: 921-928.
- Brickle, N.W. and D. G. C. Harper. 1999. Diet of nestling Corn Buntings *Miliaria calandra* in southern England examined by compositional analysis of faeces. *Bird Study* 46: 319 -329.
- Chamberlain, D. E., B. J. Hatchwell and C. M. Perrins. 1999. Importance of feeding ecology to the reproductive success of Blackbirds *Turdus merula* nesting in rural habitats. *Ibis* 141: 415-427.

- Conner, R. N., D. Saenz, R. R. Schaefer, J. R. McCormick, D. C. Rudolph and D. B. Burt. 2005. Rainfall, El Niño and reproduction of red-cockaded woodpeckers. *Southeastern Naturalist* 4(2): 347-354.
- Edwards, C. A. and P. J. Bohlen. 1996. *Biology and ecology of earthworms*. Third edition. Chapman & Hall, London.
- Evans, A. D., K. W. Smith, D. L. Buckingham and J. Evans. 1997. Seasonal variation in breeding performance and nestling diet of Cirl Buntings *Emberiza cirlus* in England. *Bird Study* 44: 66-79.
- Freitag, A., A. Martinoli and J. Urzelai. 2001. Monitoring the feeding activity of nesting birds with an autonomous system: Case study of the endangered Wryneck *Jynx torquilla*. *Bird Study* 48: 102-109.
- Geiser, S., R. Arlettaz and M. Schaub. 2008. Impact of weather variation on feeding behaviour, nestling growth and brood survival in Wrynecks *Jynx torquilla*. *Journal of Ornithology* 149: 597-606.
- Goodbred, C. O. and R. T. Holmes. 1996. Factors affecting food provisioning of nestling Black-throated Blue Warblers. *Wilson Bulletin* 108: 467-479.
- Haggerty, T. M. 1992. Effects of nestling age and brood size on nestling care in the Bachman's Sparrow (*Aimophila aestivalis*). *American Midland Naturalist* 128: 115-125.
- Hoi-Leitner, M., M. Romero-Pujante, H. Hoi and A. Pavlova. 2001. Food availability and immune capacity in serin (*Serinus serinus*) nestlings. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 49: 333-339.
- Hoset, K. S., Y. Espmark, A. Moksnes, T. Haugan, M. Ingebrigtsen and M. Lier. 2004. Effect of ambient temperature on food provisioning and reproductive success in snow bunting *Plectrophenax nivalis* in the high arctic. *Ardea* 92: 239-246.
- Johnson, E. J. and L. B. Best. 1982. Factors affecting feeding and brooding of gray catbird nestlings. *The Auk* 99: 148-156.
- Kamata, N. and Y. Igarashi. 2004. Influence of rainfall on feeding behavior, growth, and mortality of larvae of the beech caterpillar, *Quadricalcarifera punctatella* (Motschulsky) (Lep., Notodontidae). *Journal of Applied Entomology* 118: 347-353.
- Lin, R. S., C. T. Yao and P. F. Lee. 2007. The diet of Fairy Pitta *Pitta nympha* nestlings in Taiwan as revealed by videotaping. *Zoological Studies* 46: 355-361.
- MacColl, A. D. C. and B. J. Hatchwell. 2003. Sharing of caring: Nestling provisioning behaviour of long-tailedtit, *Aegithaloscaudatus*, parents and helpers. *Animal Behaviour* 66: 955-964.
- Magrath, R. D. 1991. Nestling weight and juvenile survival in the Blackbird, *Turdus merula*. *Journal of Animal Ecology* 60: 335-351.
- Martin, T. E., J. Scott and C. Menge. 2000. Nest predation increases with parental activity: Separating nest site and parental activity effects. *Proceeding of the Royal Society B* 267: 2287-2293.
- Merilä, J. and D. A. Wiggins. 1997. Mass loss in breeding Blue Tits: The role of energetic stress. *Journal of Animal Ecology* 66: 452-

460.

Naef-Daenzer, B. and L. Keller. 1999. The foraging performance of Great and Blue Tits (*Parus major*, *Parus caeruleus*) in relation to caterpillar development and its consequences for nestling growth and fledging weight. *Journal of Animal Ecology* 68: 708-718.

Naef-Daenzer, L., B. Naef-Daenzer and R. G. Nager. 2000. Prey selection and foraging performance of breeding Great Tits (*Parus major*) in relation to food availability. *Journal of Avian Biology* 31: 206-214.

Nordling, D., M. S. Andersson, S. Zohari and L. Gustafsson. 1998. Reproductive effort reduces specific immune response and parasite resistance. *Proceeding of the Royal Society B* 265: 1291-1298.

Radford, A. N., R. H. McCleery, R. J. W. Woodburn and M. D. Morecroft. 2001. Activity patterns of parent Great Tits *Parus major* feeding their young during rainfall. *Bird Study* 48: 214-220.

Rauter, C. M., P. A. Brodmann and H. U. Reyer. 2000. Provisioning behaviour in relation to food availability and nestling food demand in the Water Pipit *Anthus spinoletta*. *Ardea* 88: 81-90.

Royama, T. 1966. Factors governing feeding rate, food requirement and brood size of nestling Great Tits *Parus major*. *Ibis* 108: 313-347.

Török, J. and É. Ludvig. 1988. Seasonal changes in foraging strategies of nesting Blackbirds (*Turdus merula* L.). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 22: 329-333.

Wright, J., C. Both, P. A. Cotton and D. Bryant.

1998. Quality vs. quantity: Energetic and nutritional trade-offs in parental provisioning strategies. *Journal of Animal Ecology* 67: 620-634.

露脊鼠海豚在馬祖列島近岸水域之擱淺、誤捕與陸上觀察 目擊紀錄所呈現的時間分布特性

Chronological Distribution Pattern of Finless Porpoises along Coastal Matzu Islands Based on Stranding, Bycaught and Landbased Sighting Surveys

姚秋如^{1*} 顧芳祺² 張沔¹ 王志庭¹ 郭偉望¹ 周蓮香³

Chiou-Ju Yao^{1*}, Fang-Chi Ku², Mein Chang¹, Chih-Ting Wang¹, Wei-Wan Kuo¹
and Lien-Siang Chou³

¹ 國立自然科學博物館生物學組 台中市館前路 1 號

² 國立中山大學海洋生物研究所 高雄市鼓山區蓮海路 70 號

³ 國立台灣大學生態與演化生物研究所 台北市羅斯福路 1 號

¹ Department of Biology, National Museum of Natural Science, No. 1 Kuan-Chien Road, Taichung 404 Taiwan

² Institute of Marine Biology, National Sun Yat-sen University, No.70 Lienhai Road, Kaohsiung 804 Taiwan

³ Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University, No. 1, Sec. 4 Roosevelt Road, Taipei 106 Taiwan

*通訊作者: yaocj6502@gmail.com; yaocj@mail.nmns.edu.tw

*Corresponding author : yaocj6502@gmail.com; yaocj@mail.nmns.edu.tw

摘 要

露脊鼠海豚分布於亞洲近岸淺海與中國長江流域，是馬祖水域最常見的海豚。我們自 2003-2009 年在馬祖蒐集露脊鼠海豚擱淺或漁業致死個體資料，也於 2005-2008 年期間從事陸上鯨豚目擊調查，以了解其出現在馬祖的時間特性。結果共記錄 56 隻死亡個體，除 7-9 月份未發現紀錄，其他月份的累積數為 1-13 隻，牠們大多在馬祖列島北岸被發現，體長介於 71-170cm，涵蓋新生兒至性成熟個體，前者占總數 14%。陸上鯨豚目擊調查共 407 時次努力量，資料以季風期、四季、每日潮汐與日周期變化等因子進行統計分析，發現東北季風與西南季風期之目擊指數(以下稱 SI，Sighting Index, 目擊群數/小時)與每時海豚出現總數(以下稱 TRPP，Total Recorded Porpoise Presence,

海豚總出現隻數/小時)有顯著差異；夏季 SI 與 TRPP 亦與春、秋、冬季各有顯著差異；而每日不同潮汐時段與日周期變化期間之 SI 與 TRPP 無差異。從標本與活體記錄顯示，每年 10 月到隔年 5 月是露脊鼠海豚在馬祖近岸出現較頻繁之時節。IUCN 紅皮書將本種列為脆弱等級，牠們正面臨族群下降問題，建議未來就季節性差異做適當的保育及漁業管理，並持續監測其族群動態。

Abstract

Finless porpoises are small-sized toothed-whales inhabiting both in marine and freshwater areas. Their distribution is limited to Asian shallow coastal areas, river mouths, around some islands and the Yangtze River basin in China. They are the most commonly seen cetaceans in Matsu waters. During the years of 2003 - 2009, we collected the specimens of finless porpoises which had died due to stranding or fishing incident. Starting from the year 2005, we conducted a three-year landbased sighting surveys to monitor finless porpoises' occurrences near the coast of Matsu. Our survey results indicate that from October to the following April are the months when finless porpoises most frequently die due to stranding or fishing incident. The majority of the carcasses of the porpoises, with the body length ranging from 71 to 170 centimeters, were found in the northward shore. Some of them were young while others had reached sexual maturity, and 14% were neonatal calves. Two southward locations on Nangang Island where the environments were favorable to proceed the investigation were selected for the landbased observation. Sighting Index (hereafter SI, sighting/hour) and Total Recoded Porpoise Presence (hereafter TRPP, total porpoise presence /hour) were significantly higher in the period of north-east monsoon season than in the period of south-west monsoon. In addition, SI and TRPP for summer were lower than those of spring, fall and winter. In the Redlist issued by IUCN in 2011, finless porpoises were ranked as vulnerable. Consequently, appropriate conservational management will be an important task in the future. Both the records of the dead samples and the sighting of the live finless porpoises suggest that from autumn to the following spring are the seasons when finless porpoises constantly appear. Hence we propose that the conservation of finless porpoises in Matsu waters should be adjusted based on the seasonal differences. We also suggest that some measures on fishery control should be taken. Furthermore, continuous monitoring of the activities of finless porpoises is essential.

關鍵詞：露脊鼠海豚、馬祖列島、季節性分布

Key words : finless porpoise, Matsu Islands, seasonal distribution

收件日期：2012 年 11 月 20 日

接受日期：2013 年 02 月 25 日

Received: November 20, 2012

Accepted: February 25, 2013

緒 言

馬祖列島位於閩江口外，屬河口生態環境，適合近岸型鯨豚棲息，過去曾有露脊鼠海豚(*Neophocaena* sp.)、中華白海豚(*Suosa chinensis*)、瓶鼻海豚(*Tursiops* sp.)、鰓齒海豚(*Steno bredanensis*)、偽虎鯨(*Pseudorca crassidens*)、小抹香鯨(*Kogia* sp.)等在此被目擊或擱淺，而其中露脊鼠海豚被發現的次數最為頻繁，占本地所有鯨豚紀錄的 90%以上(姚等 2012)，顯示馬祖水域是牠們的重要活動地區。

露脊鼠海豚是同時棲息於海洋和淡水域的小型齒鯨類，分布棲地僅限於亞洲大陸沿岸、河口區、部分島嶼周圍與中國長江流域；其分布幅員西起於波斯灣，沿著亞洲大陸海岸，東止於日本九州及本州南端，呈近岸帶狀分布(Amano 2009)。因為牠們的棲地大致上與人類活動的區域相鄰或重疊，其生存也就與當地漁業狀態、工業污染與船舶活動息息相關。IUCN 在 2011 年所公布的紅皮書將露脊鼠海豚列為脆弱(vulnerable)等級，且認為牠們正面臨族群數下降問題。

露脊鼠海豚的分類一直是許多學者爭議的課題(Amano 2009, Jefferson and Wang 2011)。牠們最特殊的外型特徵是：不具背鰭，但在背部中脊的皮膚上具有顆粒狀突起，且在不同地理區之族群，其顆粒區面積大小有差異，而這些特徵長久以來被視為種內的形態變異。在東亞的近岸水域，包括長江、渤海、黃海至台灣海峽水域，就發現有背脊顆粒區形態不同的露脊鼠海豚。基於分布水域、外型與頭骨形態之比較，中國大陸學者王丕烈最早提出東亞水域應有 3 亞種(王 1984；1992a；1992b)，分別是位於黃、渤海的具中幅顆粒

背脊之北方亞種(*Neophocaena phocaenoides sunameri*)、僅分布於長江流域與其出海口水域之窄幅顆粒背脊之長江亞種(*N. p. asiaeorientalis*)，以及中國東海以南之寬幅顆粒背脊南方亞種(*N. p. phocaenoides*)。日本學者 Kasuya(1999)認為牠們是沿著亞洲大陸或部分島嶼邊緣呈線狀分布，且其遷移範圍不大，因此對於牠們的地理親緣提出漸進變異(clinal variation)之說。雖然不同的研究論述對其種類界定與其地理分布範圍的看法並不一致，但目前普遍都認為：露脊鼠海豚不論在外表形態、或是族群遺傳結構上均存在相當大的變異，目前應至少有 2 個以上極為相近的姐妹群存在，只是不同學者對物種命名與界定仍各有看法(Wang et al. 2008, Yang et al. 2008)。而馬祖海域發現有三種外表形態的露脊鼠海豚共域：包括寬幅、中幅與窄幅背脊等三個類型，突顯此水域是露脊鼠海豚的重要棲息處。在本文，我們將上述三種外型的露脊鼠海豚歸類為複合種(species complex)，希望藉由蒐集擱淺和漁業誤捕標本，以及目擊調查資料了解牠們在這個水域活動的生態習性及保育的需求。

我們在 2003-2009 年蒐集本地的海豚擱淺與漁業誤捕資料，並於 2005-2008 年選定適合地點進行以海岸為基地的陸上鯨豚活體目擊調查，以這兩個方式初步探討本地露脊鼠海豚的時間分布特色，並提出保育管理之建議。

材料與方法

一、露脊鼠海豚誤捕與擱淺記錄

(一) 資料蒐集

於 2003~2009 年間，我們由連江縣政府、當地居民、海巡、岸巡等途徑接獲海豚的誤捕與擱淺通報，獲得擱淺或誤捕的地點、日期等

資料；隨後在縣政府的協助下，對部分標本進行解剖，進一步獲得海豚的形態特徵、性別、體長等資料。

(二) 資料分析

將所獲得之露脊鼠海豚資料，分別依月份、體長、地點等特性繪製頻率分布圖。本資料之統計與繪圖是以 SYSTAT9 (SPSS, 1999)、Excel (Microsoft)與 ArcGIS 9 (ESRI)等軟體完成。

二、陸上目擊記錄

(一) 目擊調查方法

1. 調查時間：於調查日之 06:00-18:00 間，在光線足夠觀察動物行蹤之條件下，依中央氣象局網站公布之馬祖海域該日潮水漲退與日出日落資訊，規劃出以下觀測時段：乾潮時段 L(白天潮水最低之兩個小時)、漲潮中期 LTH(白天潮水由最低到最高期之中段的兩小時)、高潮時段 H(白天潮水最高之兩個小時)與退潮中期 HTL(白天潮水由最高到最低期之中段的兩小時)，共四個時段進行海豚目擊觀察及紀錄。因天候海況會影響觀察之結果，我們只選擇海況在蒲福浪級三級以下時才進行觀測，若遇雨天、濃霧等視線不佳之情形則停止觀測。
2. 觀察點的努力量分配：以四個潮汐時段努力量都相同為實驗設計原則。
3. 記錄方式：在每個潮汐調查時段，至少兩個觀察員，一位每十分鐘利用 8 倍雙筒望遠鏡掃描海域一次，另一位則裸視注視海面動靜，目擊到鯨豚群時，立刻填寫鯨豚紀錄表，記錄當時的潮汐時段、海豚種類、隻數等。當海豚不再出現在視野達 20min 後，該次目擊便結束，隨即接續觀察，直到下次目擊再行記錄。

(二) 觀察點之選取及目擊資料分析

進行正式調查之前，我們在 2005 年 10 月起，在馬祖的四個島嶼：北竿、南竿、東莒及西莒，選取 14 個候選觀察點進行四個季節的海豚觀察先期試驗，由這些資料我們發現：在東北季風時期，面向北方的觀察點的波浪過大(蒲福浪級超過 4 級)，且強風吹襲，調查人員無法順利進行觀察；反之在面向南方的觀察點，由於島上的高地緩阻了北面強風，即使在東北季風強勁的時期，近岸水域仍相當平緩，觀察條件良好。最後我們選定南竿島西南面的鐵堡(N26° 8'29.67"，E119°55'13.77")及津沙(N26° 8'33.60"，E119°54'46.11")這兩個適合全年調查且環境安全的觀察點(圖 1)，繼續執行陸上目擊調查，全程調查時期為 2005 年 10 月至 2008 年 5 月。在努力量的要求上，在計畫執行期間，每個月的觀察量至少要涵蓋前述四個潮汐時段各一次，藉由累積 2 年以上的資料估算此區的海豚出現的頻率。我們以兩個指數評估此區的海豚出現頻率，第一個是每小時目擊群數(Sighting Index 以下簡稱 SI, 定義為：每小時被觀察員目擊並記錄之海豚總群數)，第二個是每小時海豚出現總數(Total Recorded Porpoise Presence 以下簡稱 TRPP, 定義為：每小時被觀察員目擊並記錄之海豚總隻數)。每個潮汐時段之觀察時數為兩小時，當每個潮汐時段觀察完畢後，立即換算兩個小時各別的 SI 和 TRPP，亦即執行完每個潮汐時段觀察後，即可換算出第一小時和第二小時各自的 SI 和 TRPP，共計四個數值。最後我們將 2 年 8 個月所觀察累積之 SI 與 TRPP 指數資料庫，配合季節、潮汐變化趨勢、每日周期變化等分析因子，利用 Mann-Whitney U-test 兩兩比較各時間因子間，SI 與 TRPP 是否有差異。資料之統計分析以 SYSTAT 9.0 (SPSS 1999) 軟體執

行。繪圖以 Excel (Microsoft)執行。

結 果

一、露脊鼠海豚誤捕與擱淺記錄

自 2003-2009 年，馬祖地區共有 56 隻露脊鼠海豚的擱淺與誤捕記錄，首先在時間分布特性上，除了 7~9 月份之外，其他月份都有死亡動物的通報紀錄(圖 2)；從數量可看出從每年 10 月到隔年 5 月，發現死亡海豚的頻度相對較高。這些海豚的體長分布由 71~170cm。我們發現在這些擱淺個體中有 8 隻新生幼豚(判斷依據：體表有新生兒摺痕、上唇緣具捲曲毛髮、牙齒未露出牙齦、肚臍尚未癒合，只要符合上述條件兩項或以上即判斷為新生幼豚)，體長介於 71-82cm 之間，占全數海豚之 14%，而發現月份在 11 月至隔年 5 月之間。此外，我們以雌性個體之卵巢具有黃體或是白體作為性成熟之標準，發現共有 3 隻雌性達性成熟，體長範圍為 143.5-170cm。我們將標本體長分為五級(1 級：小於 82cm；2 級：82-100cm；3 級：100-120cm；4 級：120-140cm；5 級：140cm 以上)，將各級體長之頻度分布以圖 3 顯示。圖 4-圖 6 分別標示牠們在馬祖列島擱淺或被誤捕的地區，擱淺地點主要即集中在各島嶼的面向北方之海灘。這些地點在東北季風時期(約每年 10 月至隔年 4 月)，風勢非常強勁，同時亦常有海漂垃圾被推送至此，因此推測本地之擱淺頻度高可能與風向及地點方位有關聯。由上述的資料顯示：馬祖水域發現露脊鼠海豚擱淺或漁業致死個體，於秋天至隔年春季，在面北的海灘發現的頻度較高。

二、近岸水域露脊鼠海豚的目擊頻率之時間特性

我們的調查期間為 2005 年 10 月至 2008 年 5 月止，扣除掉因天候導致觀察條件不良、以及觀察點被軍方關閉而取消觀察的時數後，實際累計有效觀察時間為 407 hr，其中調查時數與目擊次數分別是津沙 253 hr、54 次目擊，鐵堡觀察點 154 hr、42 次目擊，種類都是露脊鼠海豚，每群隻為 1-5 隻。經 Mann-Whitney U test 檢驗兩個觀察點之 SI($p = 0.261$, Chi-square approximation = 1.264, $df = 1$)與 TRPP($p = 0.248$, Chi-square approximation = 1.332, $df = 1$)均無顯著差異，再因這兩點的地理位置及觀測條件非常接近，因此我們將 2005~2008 年間，津沙與鐵堡之觀察資料合併，隨後以季節、季風期、潮汐與日周期變化等時間因子檢驗海豚目擊率之分布模式。

(一) 季節與季風期變化

由於馬祖地處暖溫帶區域，四季變化相對地不如中、高緯度地區明顯，因此我們除了以春(3~5 月)、夏(6~8 月)、秋(9~11 月)與冬(12 月至次年 2 月)四季作為季節變化因子外，亦同時針對東北季風(10 月至次年 4 月)與西南季風(5~9 月)因子探討季節變化與海豚出現機率之關係。表 1 列出在不同季節與季風期，南竿南面近岸水域露脊鼠海豚的 SI 與 TRPP 的平均值。由各季節間兩兩比較之統計分析顯示，夏季與春季、秋季、冬季的 SI 與 TRPP 有顯著差異(Mann-Whitney U test SI：夏-春 $p = 0.012$ ，夏-秋 $p < 0.001$ ，夏-冬 $p < 0.001$ ；TRPP：夏-春 $p = 0.011$ ，夏-秋 $p < 0.001$ ，夏-冬 $p < 0.001$)；東北季風與西南季風亦顯著不同(Mann-Whitney U test SI： $p < 0.001$ ，TRPP： $P < 0.001$)。

表 1. 南竿島南岸陸上調查之露脊鼠海豚 SI(目擊指數,目擊群數/小時)與 TRPP(鼠海豚總出現隻數/小時)在各個季節與季風期的平均值

Table 1. Seasonal and monsoon SI (Sighting Index, Group sighted/Hour) and TRPP(Total Recorded Porpoise Presence, Number of Porpoises/Hour) of finless porpoise based on landbased sighting surveys along southern coast of Nangang Island

時間因子	累積觀察時數	SI 平均值 (目擊群數/小時)	TRPP 平均值 (鼠海豚出現隻數/小時)
四季			
春	118	0.169	0.305
夏	72	0.056	0.056
秋	102	0.314	0.657
冬	115	0.296	0.513
季風期			
東北季風	273	0.282	0.509
西南季風	134	0.097	0.201

(二) 潮汐與日周變化

由於不同季節的 SI 和 TRPP 有差異性存在,因此我們把不同季節的資料分別進行潮汐與日周期變化的分析。如材料與方法段落之定義,我們將每日白天的潮汐變化分為四個階段: H, HTL, L 和 LTH; 而白天日周期(06:00-18:00)則分為六段,其定義分別是 M1-06:00-08:00; M2-08:00-10:00; N1-10:00-12:00; N2-12:00-14:00; T1-14:00-16:00; T2-16:00-18:00。以潮汐變化為時間因子,利用 Mann-Whitney U test 檢驗每個季節內不同潮汐時段之間,海豚 SI 與 TRPP 是否存在差異,結果顯示,潮水最低時(L)雖有相

對較低的 SI(0.04-0.28)與 TRPP(0.08-0.38),但不同潮汐時段因子兩兩比較並無顯著差異(其他時段,SI 介於 0.088-0.41,TRPP 介於 0.17-0.68)。再以白天日周期變化為因子,利用 Mann-Whitney U test 檢驗每個季節內不同日周期時段之間,海豚 SI 與 TRPP 是否存在差異,結果亦發現:不同日周期因子兩兩比較並無顯著差異。

整體而言,陸地調查海豚之目擊頻率較高時期是在秋天到隔年春天,也約當於東北季風期;而在每天的潮汐變化與日照週期之兩兩比較,各時段間並無統計之顯著差異,但是潮水最低時(L)有較低的海豚目擊率與出現隻數。

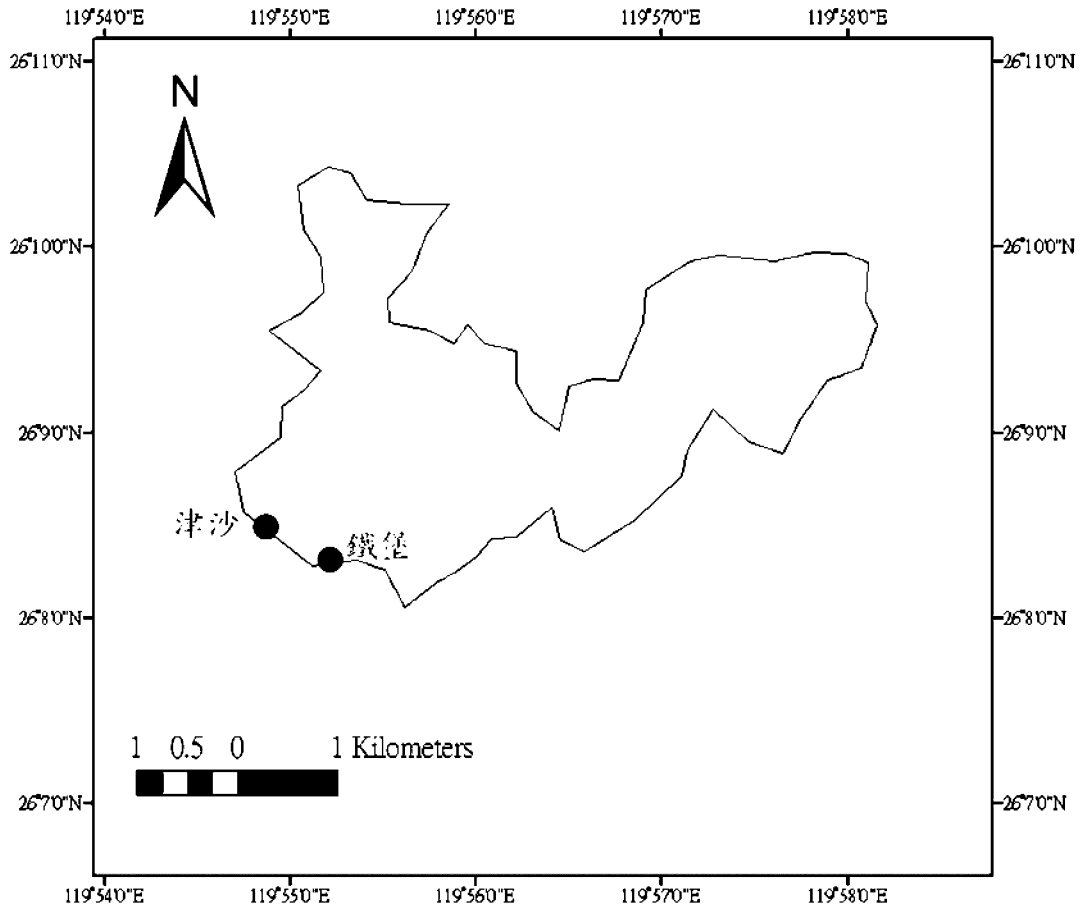


圖 1. 在南竿島的兩個陸地鯨豚目擊調查地點：鐵堡(N26° 8'29.67" , E119°55'13.77")及津沙(N26° 8'33.60" , E119°54'46.11")。

Fig 1. Two landbased survey sites on Nangang Island -Tiebao(N26° 8'29.67" , E119°55'13.77")and Jinsha(N26° 8'33.60" , E119°54'46.11").

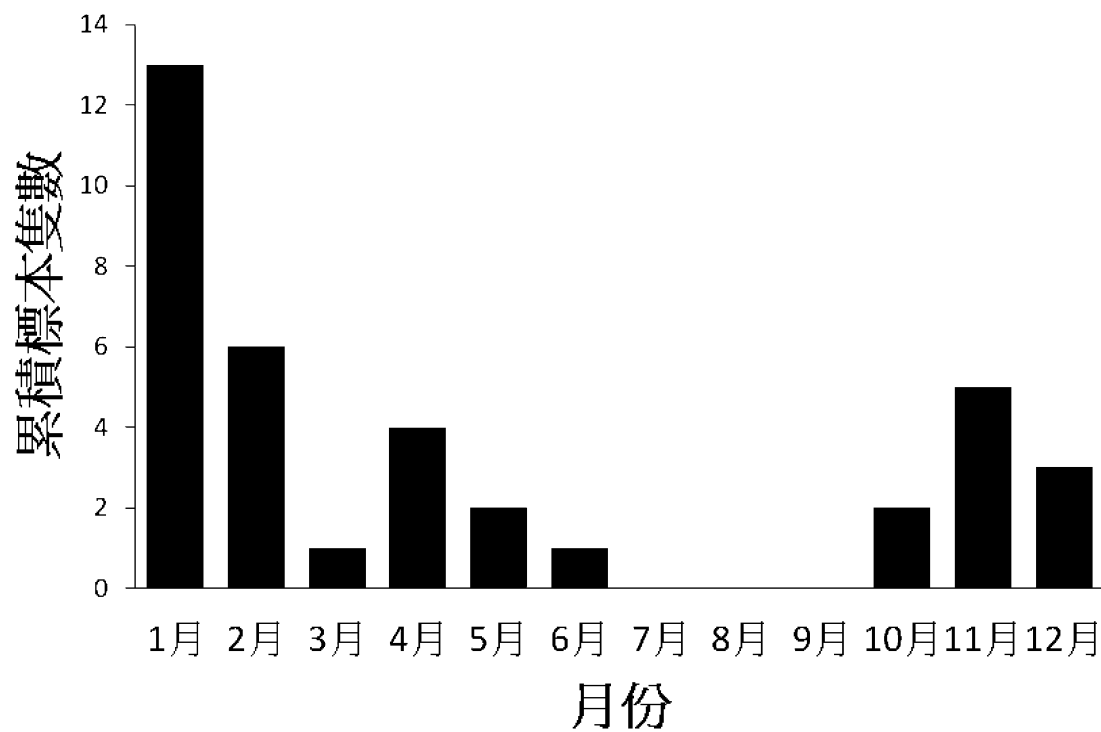


圖 2. 2003-2009 年馬祖列島之擱淺或漁業致死露脊鼠海豚在不同月份的分布數量。

Fig 2. Frequency distribution of stranded and bycaught finless porpoises among different months.

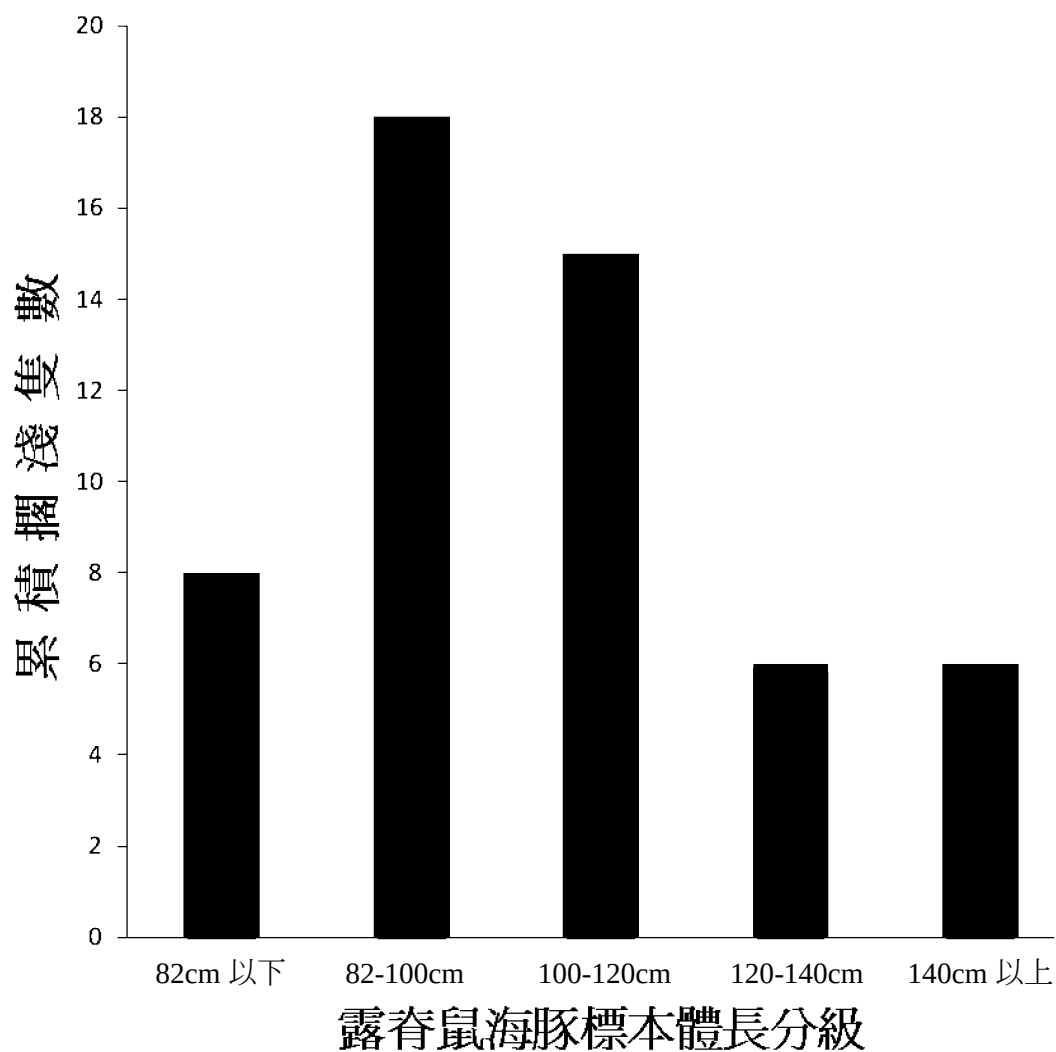


圖 3. 2003-2009 年馬祖列島之擱淺或漁業致死露脊鼠海豚標本體長分布。

Fig 3. Body length distribution of stranded and bycaught finless porpoises of Matsu Islands.

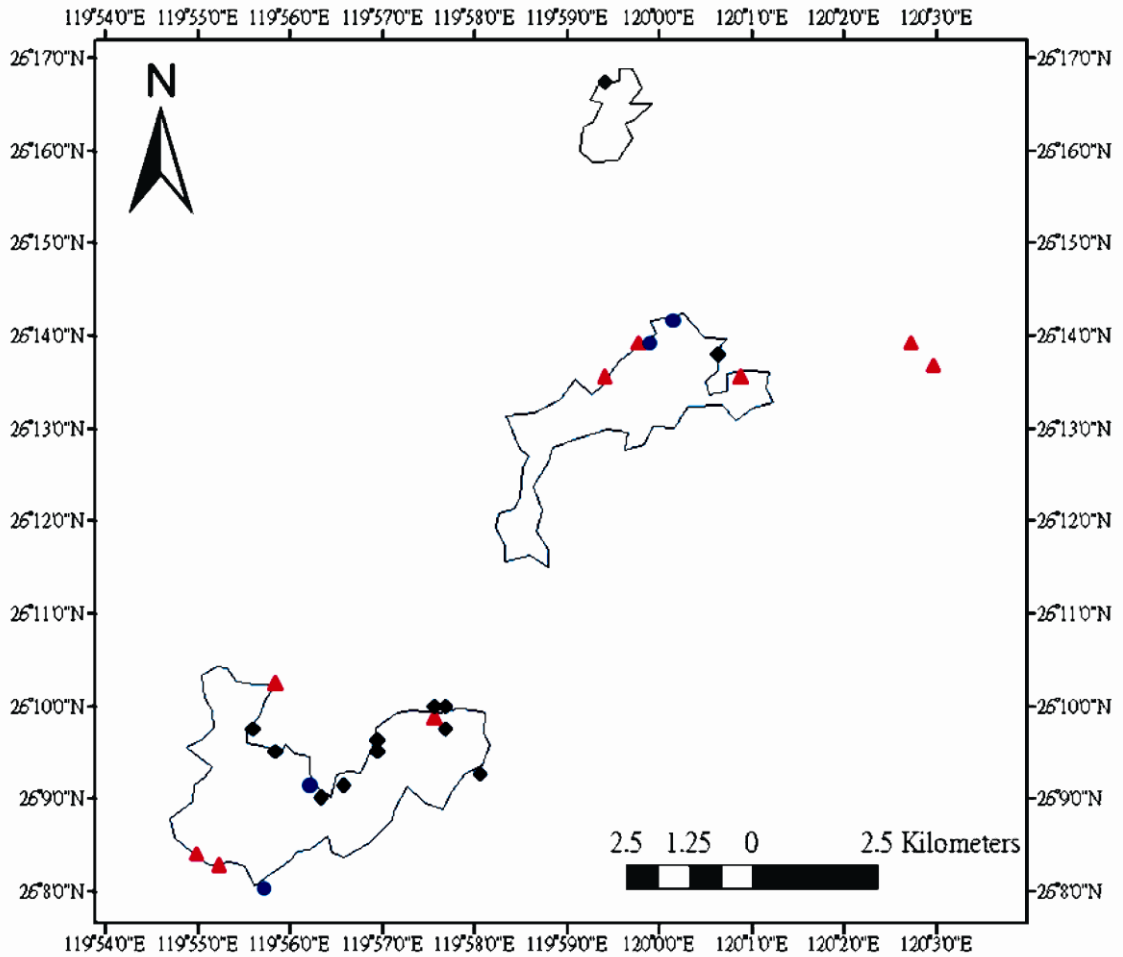


圖 4. 2003-2009 年南竿與北竿島之擱淺或漁業致死露脊鼠海豚發現地點。馬祖地區發現三種背脊型鼠海豚，代號說明如下：▲ 寬脊型 ◆ 窄脊型 ★ 中脊型 ● 未辨別。每個符號代表一隻個體。

Fig 4. Stranded and bycaught carcasses of three morphotypes of finless porpoises found in Nangang and Beigang Islands. ▲ wide dorsal-ridged, ◆ narrow dorsal-ridged, ★ middle dorsal-ridged, ● unidentified.

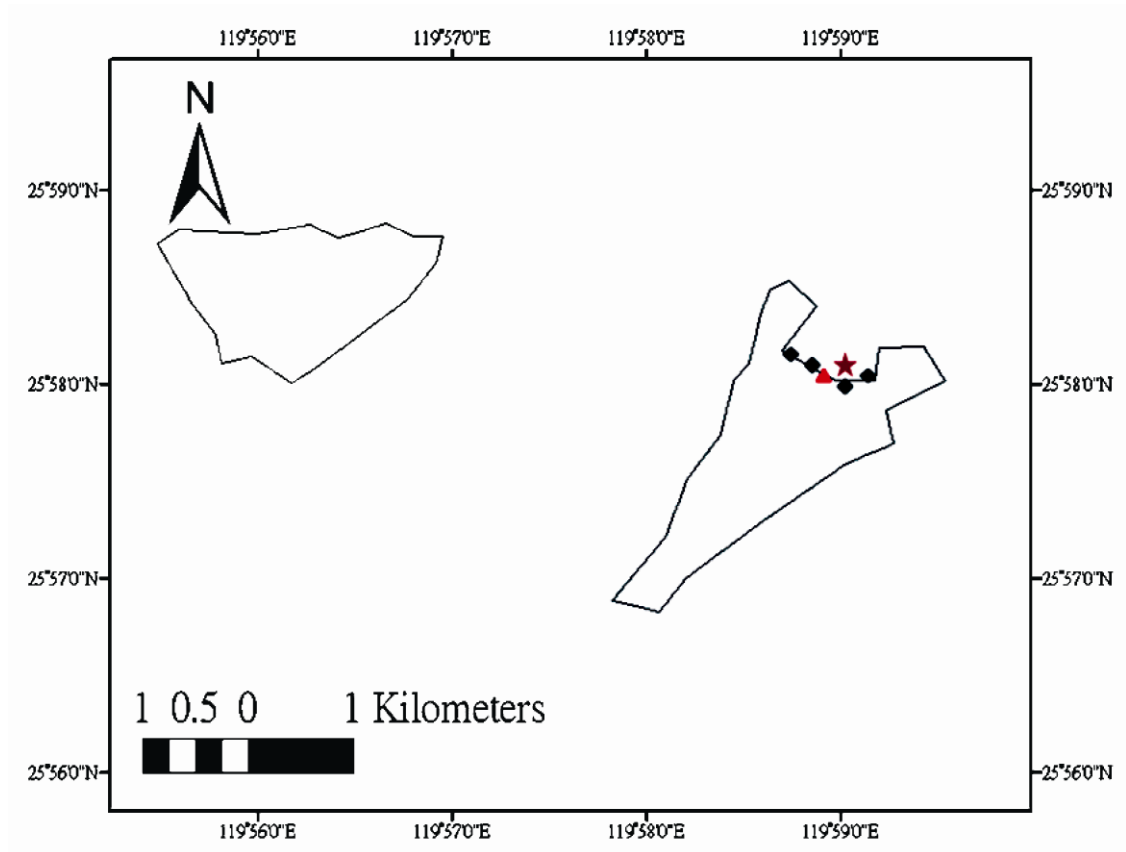


圖 5. 2003-2009 年東莒島之擱淺或漁業致死露脊鼠海豚發現地點。馬祖地區發現三種背脊型鼠海豚，代號說明如下：▲ 寬脊型 ◆ 窄脊型 ★ 中脊型 ● 未辨別。

Fig 5. Stranded and bycaught carcasses of three morphotypes of finless porpoises found in Dongjui Island. ▲ wide dorsal-ridged, ◆ narrow dorsal-ridged, ★ middle dorsal-ridged, ● unidentified.

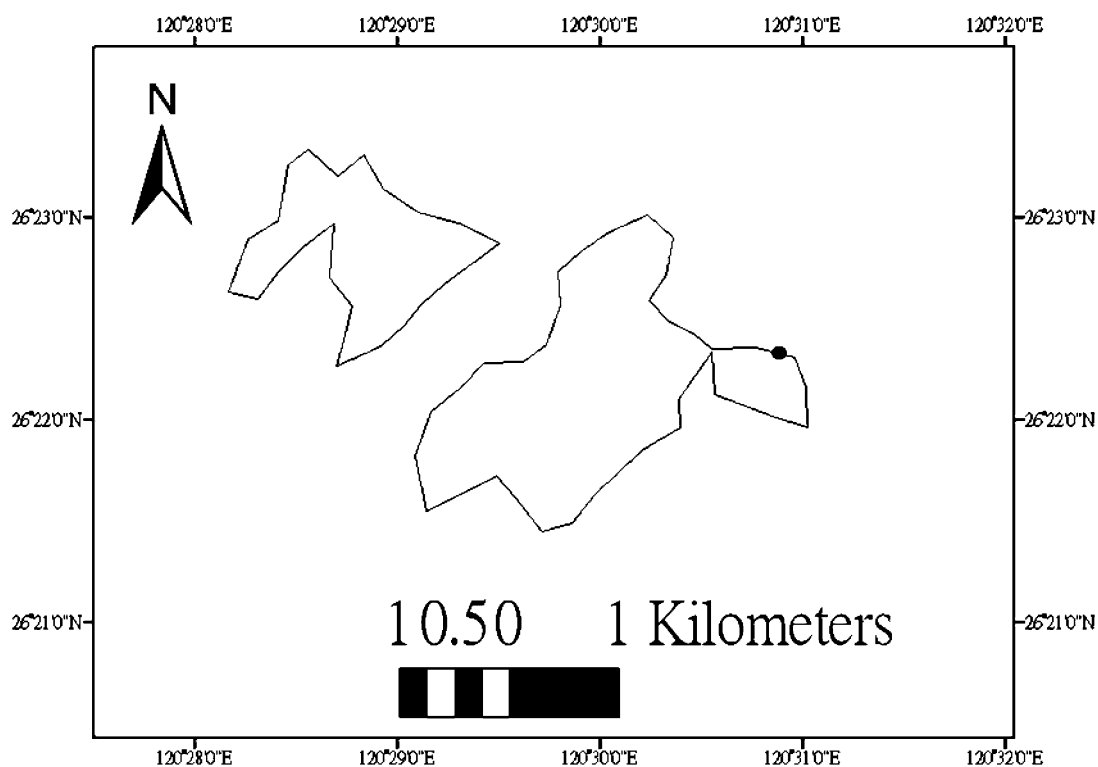


圖 6. 2003-2009 年東引島之擱淺或漁業致死露脊鼠海豚發現地點。馬祖地區發現三種背脊型鼠海豚，代號說明如下：▲ 寬脊型 ◆ 窄脊型 ★ 中脊型 ● 未辨別。

Fig 6. Stranded and bycaught carcasses of three morphotypes of finless porpoises found in Dongyin Island. ▲ wide dorsal-ridged, ◆ narrow dorsal-ridged, ★ middle dorsal-ridged, ● unidentified.

討論與建議

一、季節性變化

許多區域研究顯示，露脊鼠海豚有季節性的遷移。在巴基斯坦的印度河三角洲河口區，露脊鼠海豚在春天往外海移動，秋天時逐漸移至河口附近(Pilleri and Gühr 1972; Pilleri and Pilleri 1979)。在日本，位於日本瀨戶內海的族群，春天的數量較大，而冬季初期最低(Kasuya and Kureha 1979)；而九州近海族群之數量則是從每年 4 月開始增加，至夏天達到最高，到 8 月則下降至最低(Shirakihara *et al.* 1994)；Yoshida *et al.* (1998)則發現長崎附近的 Omura 灣的露脊鼠海豚在春天會遷移到遠洋的水域。在中國大陸水域，渤海灣與黃海的鼠海豚數量在春季至秋季最高，而冬季最低(王 1992a；1992b)；長江中、下游水域的鼠海豚密度則是在冬季最高，而夏季最低(Zhang *et al.* 1993)。而與馬祖同樣屬於中國大陸南方水域的香港，其露脊鼠海豚數量在春天最高，至秋天達最低(Parsons 1998；Jefferson and Braulik 1999；Jefferson *et al.* 2002)。根據 Parsons(1997)的陸地定點觀察結果，香港水域的露脊鼠海豚有季節性的分布趨勢，其冬季的目擊群次(等同於本研究之 SI)低於 0.1 群/小時，而夏季則更低，幾乎接近於 0。

對於各區域露脊鼠海豚數量的季節性變化，學者提出其可能與覓食或繁殖育幼有關。在印度河三角洲水域，露脊鼠海豚在秋天開始由較深水的地區移到河口區，冬季是數量最多的季節，Pilleri and Gühr(1972)推測可能與跟隨其主要食物(蝦類)做季節性遷移。王(1984)提出中國大陸的渤海水域在夏秋時期有較多數量露脊鼠海豚而冬季數量最少，黃海的露脊鼠海豚亦在冬季由淺處游往較為深水區域，因為

春季是中國大陸北方海域之幼豚出生率較高的時節，因此他認為春季的黃渤海水域是露脊鼠海豚繁殖的重要地區，海豚停留在此度過夏季與秋季，至冬季期間海豚數量銳減，可能與遷移至其他水域覓食有關。

由擱淺與陸上目擊調查得知，馬祖近岸水域的露脊鼠海豚出現頻率具季節性變化，其變異是否由季節性遷移造成，而遷移方向與分布範圍、與相近水域的族群之關係等有待後續研究。因新生幼豚大多在東北季風期被發現，顯示這段時間是幼豚出生的高峰期，凸顯其為保育管理的重要時節。此外，東北季風期有較多擱淺及漁業誤捕事件，我們亦須考量此現象是否為人類活動所造成的海豚死亡率上升，如漁業活動的季節性變化所造成的誤捕或擱淺事件增多。根據我們在馬祖漁港所做訪談與觀察，本地從事漁業工作的船隻數量日漸減少，但是因地緣關係，大陸漁船經常出現在馬祖近岸作業，而我們在進行陸地目擊調查時亦發現大陸船隻在馬祖海域從事漁業行為。漁業誤捕致死是目前全世界造成鯨豚死亡最大的原因之一(Read *et al.* 2006)，馬祖地區也同樣存在漁業誤捕問題，需要未來持續監測管理。而本地因位處兩岸交界水域，亟需兩岸漁政單位共同合作以執行漁業管理與監測。

二、露脊鼠海豚的行為與監測調查方法

在大多數的文獻中，露脊鼠海豚都被描述成害羞、行蹤難以捉摸的小型齒鯨。不同於其他小型海豚，牠們鮮少躍出水面、靠近船隻或是在船首及船尾乘浪，且在船隻靠近時迴避。牠們每群的動物隻數算是鯨豚動物中數量較小的，因此更增加目擊調查的困難：在長江，一般是 3-6 隻/群，偶爾會出現 20 隻左右的聚集，而在中國大陸沿岸的海域，

曾發現有 50 隻以上的聚集，但屬稀有紀錄(陳等 1980；周等 1980)。香港海域，在 202 次的目擊資料中，每群隻數介於 1-35 隻，大多數是 3-6 隻/群，而群數有些許季節性差異(Jefferson and Braulik 1999；Parsons 1998)。在日本的 Inland Sea，每群大約 2-3 隻，最多達 15 隻左右(Kasuya and Kuhera 1979)。而根據我們在馬祖水域的陸上觀察則是每群 1-8 隻(包含南竿與北竿島水域)，與上述研究相似。就我們在馬祖水域從事陸地觀察及船上調查(資料未在本文呈現)的經驗發現，當我們在從事海上調查時發現露脊鼠海豚後，牠們幾乎都是立即遠離船隻或是下潛，隨後便難以觀察其蹤跡；反倒是陸上觀察時，因人類位於岸上，且無船隻引擎聲干擾，我們可觀察海豚最長達 30min 以上，是相當合適且友善的觀察方式。陸地觀測的調查從 1972 年開始由大型鯨發展，1978 年開始嘗試觀測小型鯨豚，目前已有系統性的調查記錄方式，香港於 1995-2000 年亦是使用此方法進行該海域的露脊鼠海豚的生態及行為的調查(Jefferson and Braulik 2001)。由文獻及我們的觀察經驗都顯示，露脊鼠海豚的棲息環境雖然與人類活動區域重疊性大，但是其可親近性並不高，而由陸地上觀察牠們是最不干擾其作息的方式。而近年來，水下聲學監測的技術日趨進步，已證實應用在露脊鼠海豚生態研究如覓食、潛水行為等均有相當好的成果，且不干擾其正常活動(Akamatsu *et al.* 1998；Akamatsu *et al.* 2002)，也是未來可發展的監測方法。此外，長期蒐集擱淺或漁業誤捕的鯨豚標本並確實記錄生物與時間、地點等資料，並利用蒐集的樣本從事如分類、生活史、食性與族群遺傳研究等，將有助於我們了解其生態習性，進而有效監測其族群現況與管理。保育類物種如鯨豚類，其資料與樣本的蒐集，

非常仰賴當地人員與地方保育主管機關的支持與協助，因此建立暢通的聯繫網路與長期的官學合作夥伴關係十分重要。

結 語

相較於中國、香港與日本水域研究之蓬勃，其他水域露脊鼠海豚的分布研究報告相當少，僅有擱淺，漁業致死與樣本蒐集紀錄(周 1996；Yamada and Okamoto *et al.* 2000)。台灣島西岸常發現擱淺或因沿近海漁撈作業致死的露脊鼠海豚，但由於未有系統性的資料彙整，故其時空分布尚不清楚。馬祖位於閩江口外，是露脊鼠海豚喜好棲息的河口區域，也是台灣海峽中目前已知的露脊鼠海豚最穩定的棲息水域，人們除了可在岸邊發現擱淺的露脊鼠海豚，也能從陸地觀察到牠們在海裡的蹤跡，且其發現次數遠高於其他鯨豚物種，因此馬祖是研究露脊鼠海豚生態習性之環境條件非常優越的地區，尤其沿海多為岩岸地形及許多視野遼闊的高地，得天獨厚擁有陸地觀察鯨豚所需要的優勢條件，非常適合從事這種經濟有效且不干擾鯨豚的調查方法；若再加上長期系統性的其他調查如標本蒐集研究與水下聲學監測行為生態，將有利於露脊鼠海豚的研究與保育經營管理。

由我們這幾年來的目擊觀察與擱淺或誤捕記錄顯示，露脊鼠海豚在馬祖出現的時間傾向在東北季風時期及季風季節交換之際，夏天較不容易發現牠們。而東北季風期有較多新生幼豚在馬祖地區擱淺或誤捕，顯示此時本區極可能是牠們的繁殖育幼的重要地點；由於牠們可能具有遷移習性，在未來更需要兩岸或國際間的共同研究與保育合作。此外，本地發現有三個背脊型態之露脊鼠海豚，突顯馬祖水域在

這個複合種的分類研究與族群保育均具有相當重要的意義。

謝 誌

我們感謝馬祖地區的朋友李俊賢、林碧文、陳治龍、陳治強熱情協助我們熟悉環境與蒐集資料，使我們的調查得以順利完成；中華鯨豚協會及黑潮海洋文教基金會的朋友參與野外工作，特別感謝廖煥彰與邱百合兩位在陸上調查的幫助；中央研究院生物多樣性中心邵廣昭研究員及成功大學生科系王建平教授對我們的野外工作及標本蒐集的支持與協助；謝謝台大醫學院蔡佩妤小姐對資料分析法的建議，台灣海洋大學環漁系黃祥麟博士在繪製分布圖上的指導與協助；感謝兩位審查委員對文稿的建議與修改，使文章架構更趨完善。本研究承連江縣政府與農委會林務局(101 林管-02.1-保-16(3))經費之支持，深表謝意。

引用文獻

- 王丕烈。1984。中國近海江豚的分布、生態和資源研究。遼寧動物學會會刊 5(1): 105-110。
- 王丕烈。1992a。中國江豚的分類。水產科學 11(6): 10-14。
- 王丕烈。1992b。江豚的形態特徵和亞種劃分問題。水產科學 11(11): 4-9。
- 周開亞。G. Pilleri。李銳民。1980。長江下游南京至太陽洲江段白鱗豚和長江江豚的觀察，兼論白鱗豚對環境的某些生理適應。中國科學 1980(4) 365-369。
- 周蓮香。1996。台灣鯨豚簡介與擱淺處理。第四屆鯨類生態與保育研討會。1-11 頁。
- 姚秋如。張沔。王志庭。2012。台灣鯨豚擱淺模式分析。行政院農業委員會林務局。26 頁。
- 陳佩薰。劉沛霖。劉仁俊。林克杰。G. Pilleri。1980。長江中游（武漢—岳陽江段）豚類的分布、生態、行為和保護。海洋與湖沼 11(1) 73-84。
- Akamatsu, T., D. Wang, K. Nakamura and K. Wang. 1998. Echolocation range of captive and free-ranging baiji (*Lipotes vexillifer*), finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*), and bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). The Journal of the Acoustical Society of America 104: 2511-2516.
- Akamatsu, T., D. Wang, K. Wang, Z. Wei, Q. Zhao and Y. Naito. 2002. Diving behaviour of freshwater finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in an oxbow of the Yangtze River, China. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil 59: 438-443.
- Amano, M. 2009. Finless porpoise *Neophocaena phocaenoides*. PP. 437-439. In: Encyclopedia of Marine Mammals (Second Edition) (W. F. Perrin, B. Wursig and J. G. M. Thewissen). Academic Press, London, United Kingdom.
- Jefferson, T. A. and G. T. Braulik. 1999. Preliminary report on the ecology of the finless porpoise in Hong Kong waters. IBI Reports 9: 41-54.
- Jefferson, T. A. and G. T. Braulik. 2001. Report on the ecology of the finless porpoise in Hong Kong waters. IBI Reports 9: 41-54.
- Jefferson, T. A. and J. Y. Wang. 2011. Revision of the taxonomy of the finless porpoises (genus *Neophocaena*): The existence of two species.

- Journal of Marine Animals and Their Ecology 4(1): 3-16.
- Jefferson, T. A., K. M. Robertson and J. Y. Wang. 2002. Growth and reproduction of the finless porpoise in southern China, The Raffles Bulletin of Zoology Supplement 10: 105-113.
- Kasuya, T. and K. Kureha. 1979. The population of finless porpoise in the Inland sea of Japan. The Scientific Reports of the Whales Research Institute 31: 1-44.
- Parsons, E. C. M. 1997. Hongkong's cetaceans: The biology, socioecology and behaviour of *Sousa chinensis* and *Neophocaena phocaenoides*. Ph.D. dissertation, University of Hong Kong.
- Parsons, E. C. M. 1998. The behaviour of Hong Kong's resident cetaceans: The Indo-Pacific hump-backed dolphin and the finless porpoise. Aquatic Mammals 24: 91-110.
- Pilleri, G. and M. Gühr. 1972. Contribution to the knowledge of the cetaceans of Pakistan with particular reference to the genera *Neomeris*, *Sousa*, *Delphinus* and *Tursiops* and description of a new Chinese porpoise (*Neomeris asiaeorientalis*). Investigation on Cetacea 4: 107-157.
- Pilleri, G. and O. Pilleri. 1979. Observations on the dolphins in the Indus Delta (*Sousa plumbea* and *Neophocaena phocaenoides*) in winter 1978-1979. Investigations on Cetacea 10: 129-135.
- Read, A. J., P. Drinker and S. Northridge. 2006. Bycatch of marine mammals in US and global fisheries. Conservation Biology 20:163-169.
- Shirakihara, M., K. Shirakihara and A. Takemura. 1994. Distribution and seasonal density of the finless porpoise *Neophocaena phocaenoides* in the coastal waters of western Kyushu, Japan. Fisheries Science 60: 41-46.
- Wang, J. Y., T. R. Frasier, S. C. Yang and B. N. White. 2008. Detecting recent speciation events: The case of the finless porpoise (genus *Neophocaena*). Heredity 101: 145-155.
- Yamada, T. K. and M. Okamoto. 2000. Distribution survey of finless porpoise in the Inland Sea of Japan. Memoirs of the National Science Museum (Tokyo) 32: 157-165.
- Yang, G., G. Li, M.W. Bruford, F. Wei and K. Zhou. 2008. Mitochondrial phylogeography and population history of finless porpoises in Sino Japanese waters. Biological Journal of the Linnean Society 95: 193-204.
- Yoshida, H., K. Shirakihara, H. Kishino, M. Shirakihara and A. Takemura. 1998. Finless porpoise abundance in Omura Bay, Japan: Estimation from aerial sighting surveys. The Journal of Wildlife Management 62: 286-291.
- Zhang, X., R. Liu, Q. Zhao, G. Zhang, Z. Wei, X. Wang and J. Yang. 1993. The population of finless porpoise in the middle and lower reaches of Yangtze River. Acta Theriologica Sinica 13: 260-270.

馬祖南竿島新紀錄種蝙蝠—灰伏翼 *Hypsugo pulveratus* (Peters, 1871)

A New record of *Hypsugo pulveratus* (Peters, 1871) (Chiroptera:
Vespertilionidae) from Nangan Island of the Matsu Archipelago

張簡琳玟¹ 鄭錫奇¹ 方引平^{2,*}

Lin-Wen Chang Chien¹, Hsi-Chi Cheng¹ and Yin-Ping Fang^{2,*}

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 國立嘉義大學生物資源學系 嘉義市學府路 300 號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Department of Biological Resources, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan

*通訊作者: ypfang@mail.ncyu.edu.tw

*Corresponding author: ypfang@mail.ncyu.edu.tw

摘 要

本文所描述的台灣馬祖島新紀錄屬、新紀錄種蝙蝠灰伏翼 *Hypsugo pulveratus* (Peters, 1871) 為 2007 年 5 月 6 日捕獲於連江縣的南竿鄉(馬祖)，以 8 個外部形態與 25 個頭骨(含齒列)測量值，以及粒線體 DNA (mtDNA) 的細胞色素氧化次單位 I (COI) 基因序列作為分子標記進行比對，以確定物種分類。這隻台灣地區第一次發現的灰伏翼為雌性個體，在當年 7 月 8 日產仔，一胎生產 2 仔蝠。此外，2007 年在馬祖所發現的摺翅蝠、東亞家蝠、絨山蝠等 3 種蝙蝠亦為當地的新紀錄種。

Abstract

Hypsugo pulveratus, common name Chinese Pipistrelles, described in this paper was first caught by mist net in Nangan Township, Lienchiang County Matsu Island on the date of May 6, 2007. It is a newly recorded species as well as a newly recorded genus from Taiwan area according to evidences of 8 external

morphologic characteristics, 25 skull characteristics and the partial sequence of cytochrome oxidase subunit I (COI) of mitochondria DNA. A female, the individual gave birth to two pups on the date of July 8 of the same year. In addition, we also report 3 other newly recorded local species (ie. *Miniopterus schreibersii*, *Pipistrellus abramus* and *Nyctalus plancyi velutinus*) on Matsu Island.

關鍵詞：灰伏翼、新紀錄種、馬祖島、台灣

Key words : *Hypsugo pulveratus*, newly recorded species, Matsu Island, Taiwan

收件日期：2012 年 10 月 30 日

接受日期：2013 年 02 月 19 日

Received: October 30, 2012

Accepted: February 19, 2013

緒 言

從 1990 年台灣長耳蝠(*Plecotus taivanus*) (Yoshiyuki 1991)被發現以來，台灣地區又陸續發表了多種新種或新紀錄種蝙蝠，包括 1999 年的黃頸蝠(*Arielulus torquatus*) (Csorba and Lee 1999)、2002 年的東方寬耳蝠(*Barbastella leucomelas*) (Lin et al. 2002)、2006 年的金芒管鼻蝠(*Harpiola isodon*) (Kuo et al. 2006)、2009 年的黃胸管鼻蝠(*Murina bicolor*)、姬管鼻蝠(*M. gracilis*)和隱姬管鼻蝠(*M. recondita*) (Kuo et al. 2009)，以及 2010 年的哈氏彩蝠(*Kerivoula hardwickii*) (Yoshiyuki et al. 2010) (註：Wu et al. 於 2012 年將本種再以新紀錄種報導為泰坦妮雅彩蝠 *K. titania*)。

2007 年為執行「台灣地區野生動物多樣性資源調查研究－澎湖縣及其他離島」計畫，我們在馬祖(連江縣)進行蝙蝠類調查(鄭等 2007)，總計發現蝙蝠科 4 種蝙蝠，其中摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)，以及 1 隻無法確定種類

的蝙蝠(即本文報導之新紀錄種蝙蝠－灰伏翼 *Hypsugo pulveratus* (Peters, 1871)，圖 1)為霧網(mist net)所捕獲，而絨山蝠(*Nyctalus plancyi velutinus*)則以超音波偵測器 AnaBat system (Titley Electronics, Ballina, New South Wales, Australia)測得其音頻資料(屬於調頻 FM 音頻，範圍 20-125 kHz，峰值音頻 50-110 kHz)。

材料與方法

2007 年 5 月 6 日，這隻蝙蝠捕獲於馬祖(連江縣)南竿島西邊的勝天水庫(海拔 101m，東經 119°55'6.2"、北緯 26°9'11.7")旁，上網時間約在夜間 20 時 30 分。攜回研究室後進行外部形態的檢視與測量，並取翼膜組織進行分子鑑定。當時捕獲的這隻雌性個體並無明顯懷孕特徵；但飼養於實驗室約兩個月後，在 7 月 8 日分次產下兩仔蝠。當時第一仔產出即死亡，第二仔頭部卡在母蝠的陰道內。協助取出死胎後，母蝠仍於數小時後死亡。經測量外部形態值後，製成皮毛標本與骨骼標本(現存放於行政

院農業委員會特有生物研究保育中心，標本編號：TESRI-B1206)。標本測量共選取了 8 個外部形態測量值與 25 個頭骨(含齒列)測量值，分別以電子游標尺(Mitutoyo Corporation)測量至 ± 0.01 mm。

此外，爲了進行序列比對，將取得之翼膜組織以濃度 99.9%之酒精固定保存，存放於攝氏-20°C 冰箱中。之後，藉由 phenol/ chloroform/ isoamyl alcohol method 萃取保存組織之粗 DNA，透過聚合酶連鎖反應 (Polymerase Chain Reaction, PCR) 增幅粒線體 DNA 的細胞色素氧化次單位 I (cytochrome oxidase subunit I, COI) 基因部分片段。用於擴增的引子參照 Francis *et al.* (2010) 所使用之引子 VF1 (5'-TTC TCA ACC AAC CAC AAA GAC ATT GG -3') 與 VR1 (5'-TAG ACT TCT GGG TGG CCA AAG AAT CA-3')。本引子對可以擴增粒線體 DNA 的 COI 部分基因序列(約 650 bp)。擴增片段的 PCR 參數設定分別如下：(1) predenature：94°C，10 min。(2) denature：94°C，40 sec；annealing：40°C，45 sec；extension：72°C，1 min，共 38 個循環。(3) final extension：72°C，10 min。反應產物以 1.3% agarose gel 確認增幅成功後，即委由生物科技公司進行自動定序。將所得之序列與已於 NCBI 資料庫發表之相關物種的 mtDNA COI 基因序列(附錄)進行初步對齊 (alignment)，再利用 MEGA 軟體 (ver. 5; Tamura *et al.* 2011) 進行序列間的比較與分析，計算序列間的鹼基差異。而後，利用距離法(Kimura 2 parameter model, Kimura 1980)估算遺傳距離，並以鄰接法 (neighbor-joining method, NJ method) 進行親緣關係重建，以確認該樣本與各物種間的關係。

結果與討論

該隻蝙蝠所測量的外部形態值如下：頭體長(吻肛長) 爲 49.95 mm，尾長(肛尾長) 36.68 mm，前臂長 36.34 mm (左側)，腳脛長 14.72 mm，後腳掌長 7.00 mm，耳長 12.59 mm，耳珠長 5.93 mm；體重於 5 月 6 日野外捕獲時量測爲 7.50g，7 月 8 日產子死亡後體重則爲 5.35g(表 1)。

頭骨部分(圖 2)，頭骨顱全長(含門齒) (greatest length of skull including incisors, GLS) 14.47 mm，髁犬齒長 (condylo-canine length, CCL) 13.32 mm，頭顱高 (breadth of height, BH) 6.39 mm，顱骨弓幅 (zygomatic width, ZW) 9.13 mm，頭顱寬 (breadth of braincase, BBC) 6.68 mm，乳突間幅 (mastoid breadth, MB) 7.62 mm，眼眶間距 (interorbital width, IOW) 5.15 mm，眶後縊縮 (postorbital constriction, POC) 3.77 mm，吻突長 (rostrum length, ROL) 6.13 mm，後顱骨弓長 (postzygomatic length, PZL) 9.42 mm，頭蓋骨底長 (basicranial length, BAL) 6.07 mm，上顎長 (palatal length, PL) 6.27 mm，後上顎長 (postpalatal length, PPL) 5.04 mm，上顎門齒－臼齒徑 (upper incisor-molar length, I-M3) 6.18 mm，上顎犬齒－臼齒徑 (upper canine-molar length, C-M3) 5.16 mm，上顎臼齒－臼齒徑 (upper molar-row length, M1-M3) 3.42 mm，上顎齒列長：第四前臼齒－臼齒徑 (upper toothrow length: premolar-molar length, P4-M3) 4.09 mm，上顎犬齒徑 (upper canine length, CW) 0.88 mm，上顎後臼齒間幅 (breadth across last upper molars, M3-M3) 6.22 mm，上顎犬齒間幅 (breadth across upper canines, C-C) 4.33 mm，上顎後臼齒內緣間幅 (breadth across inner last upper molars, M3B) 3.19 mm，下顎骨

長(含門齒) (mandible length including incisors, MDL) 10.83mm, 下顎門齒—臼齒徑 (incisor-molar length, i-m3) 6.35 mm, 下顎犬齒—臼齒徑 (canine-molar length, c-m3) 5.42 mm, 喙狀突高 (ramus height, RAH) 3.02 mm(表 1)。

分子序列分析與比對的結果顯示, 馬祖所捕獲的蝙蝠應為灰伏翼(*Hypsugo pulveratus*), 與中國大陸貴州灰伏翼個體的 mtDNA COI (657 bp) 基因序列 (HM540652, Francis *et al.* 2010) 僅有不到 1% 的差異 (0.009), 而與寮國灰伏翼個體序列 (HM540648, Francis *et al.* 2010) 也只有 2% 的差異 (表 2、圖 3、附錄)。相較於同屬 (genus *Hypsugo*) 不同種的序列, 種間的差異介於 10%~15.7%; 本屬與家蝠屬 (genus *Pipistrellus*) 的差異則介於 16.8%~21.2% (表 2)。

灰伏翼屬於翼手目 (Chiroptera)、蝙蝠科 (Vespertilionidae)、*Hypsugo* 屬 (Kolenati, 1856; Smith and 解 (2009) 稱之為高級伏翼屬)。*Hypsugo* 屬曾被視為家蝠屬 (*Pipistrellus*) 的一個亞屬 (subgenus), 然而 Simmons (2005) 採納 Volleth and Heller (1994) 針對蝙蝠科蝙蝠的系統分類與核型資料, 將 *Hypsugo* 屬視為有效的屬別, 並歸於蝙蝠亞科 (Vespertilioninae)、蝙蝠族 (tribe Vespertilionini); 而分子親緣分析的資料也顯示, *Hypsugo* 屬與家蝠屬的親緣關係較遠 (Hoofer and Van Den Bussche 2003; Hoofer *et al.* 2006)。然而亦有學者仍持續沿用 *Pipistrellus* 做為本屬物種的屬名 (Bates *et al.* 2005)。*Hypsugo* 屬現已命名發表的物種有 18 種 (Simmons 2005), 與現今家蝠屬在形態上的差異主要在上顎第二前臼齒, 前者極小或甚至沒有, 其雄性個體的陰莖骨也明顯較小 (Corbet and Hill 1992)。

灰伏翼英名為 Chinese Pipistrelles, 目前所知亦分布於中國南部、香港、泰國、越南、寮國與緬甸 (Smith and 解 2009; 石 2006; Bates *et al.* 2005, Simmon 2005; Corbet and Hill 1992)。本種為小型蝙蝠, 前臂長 34~36 mm (表 1), 體型大約與東亞家蝠相等或稍大; 身體背部為灰黑色, 腹部顏色較淡, 眼睛較大、鼻部單純, 耳殼修長略呈三角形, 耳珠較短、呈拇指狀。台灣地區及周邊離島以往並無分布紀錄 (林等 2004; Simmon 2005), 因此馬祖所捕獲的灰伏翼為台灣地區的新紀錄屬、新紀錄種蝙蝠。



圖 1. 2007 年 5 月 6 日夜間於連江縣馬祖南竿島所捕獲的灰伏翼 *Hypsugo pulveratus* (Peters, 1871) 雌性個體。

Fig. 1. Photo of a female *Hypsugo pulveratus* (Peters, 1871) captured in Mastu on May 6, 2007.

分類

灰伏翼

***Hypsugo pulveratus* (Peters, 1871)**

Vesperugo pulveratus Peters, 1871b:618; Amoy, Fujian, China

Pipistrellus pulveratus Corbet and Hill, 1992

檢視標本：

雌性成體，TESRI-B1206，2007 年 5 月 6 日由鄭錫奇、張簡琳玟、劉嘉顯與張鈞翔採於馬祖南竿島西側的勝天水庫(海拔 101m，東經 119°55'6.2"、北緯 26°9'11.7")。標本包括皮毛與頭骨標本。

描述：

外觀特徵：體型屬於小型蝙蝠，大約與東亞家蝠相等或稍大；前臂長(FA)36.34 mm，頭體長(SV) 49.95 mm，尾長(VT)36.68 mm。身體背部為灰黑色，腹部顏色較淡。眼睛較東亞家蝠大，鼻部單純，耳殼較大且修長、略呈三角

形，耳珠則較短呈拇指狀。

頭骨特徵：顱全長(GLS)14.47 mm，髁犬齒長(CCL)13.32 mm，顱骨弓幅 (或稱顱寬，ZW) 9.13 mm。

齒列特徵：齒式為 $\frac{2,1,2,3}{3,1,2,3} = 34$ 。上顎犬齒大型，高度明顯高於上顎其餘牙齒。上顎第四前臼齒(P4)明顯大於第二前臼齒(P2)；第二前臼齒小，貼於犬齒後側內緣，頰面側不易觀察，此亦為本屬與家蝠屬齒列特徵的差異。下顎三門齒大小形狀相似，下顎犬齒細長，高度明顯超過下顎其他牙齒。下顎兩前臼齒後者明顯大於前者；下顎三臼齒的齒錐結構完整。

比較：

石(2006)所描述之香港地區灰伏翼的前臂長為 34-36 mm，體長(軀幹長) 41-49 mm，尾長 35-40 mm，體重 4-7g。Smith and 解(2009)則描述灰伏翼的前臂長 33-36 mm，體長(頭體長) 44-47 mm，尾長 37-38 mm，後足長 7-8 mm，耳長 12-14mm，顱全長 14-15mm，顱寬 7-9 mm。馬祖樣本的外部形態值皆近似於大陸與香港樣本，僅前臂長(36.34 mm)略大於這兩個地區個體的測量值。另與緬甸的樣本比較(皆為雄性個體, Bates *et al.* 2005)，馬祖樣本的形態值亦與其相當，惟在前臂長、腳脛長、髁犬齒長略大於緬甸的樣本。因此灰伏翼在形態上是否有明顯的地區性或性別上的差異，尚待樣本數增加以進一步探討。

本研究所使用的分子標記為粒線體 DNA 的細胞色素氧化次單位 I (COI) 基因序列，此標記常作為基因條碼(gene barcode) (Francis *et al.* 2010)，並應用於物種鑑定。然而這個基因的序列變異在物種間不盡相同，亦常被質疑做為物種鑑定或親緣(系統發育)關係的正確性。此外，物種分類地位正確與否，也會影響到基因條碼的應用。本研究所使用的序列來自

NCBI 資料庫，檢視其原始文獻出處(附錄)可確認其樣本之採集地。分析的結果顯示馬祖樣本的確與大陸貴州樣本的序列近似，應為同一種類；不過兩者皆與寮國樣本有較大的遺傳距離。本種廣泛分布於大陸南部與東南部，沿伸至中南半島，是否存在明顯的地理遺傳差異或分化，則有待未來增加樣本數，以進行分析。

分布及生活史：

本文所描述的灰伏翼捕獲於連江縣的馬祖，捕獲地點為水庫旁，周邊為次生闊葉林，為台灣地區第一次發現的資料，亦為目前唯一一筆紀錄。根據目前資料僅瞭解其在夜間活動，捕獲的雌性個體於 5 月份時可能已懷孕，7 月份產仔，一胎可生產 2 仔蝠，其餘生態習性則不詳。石(2006)指出灰伏翼在香港為稀有種類，有記錄該種棲息於岩洞和人工建築物中，並會在空中捕食蚊、蛾和飛蟻等小昆蟲。Smith and 解(2009)則表示該種在中國普遍分布於華南地區，棲息在森林地區，但也發現在房屋內棲息；然其自然史所知甚少。然而，特有生物研究保育中心曾於 1992~2006 年在台灣本島進行台灣地區各縣市的野生動物多樣性調查計畫(鄭等 2006、2005、2004；楊等 2003、2001、2000、1999、1998；林等 2002；廖等 1997；簡等 1995、1994、1993)，2002~2005 年執行「台灣山區蝙蝠的物種分布與族群生態學研究」計畫(鄭及張簡 2004；2003；2002)，但均無發現灰伏翼分布在台灣本島的證據。惟依據當地出現物種，如絨山蝠、摺翅蝠的地理分布型式，不排除在台灣本島低海拔洞穴周邊也有灰伏翼存在的可能。

最後，本文特別提出，由於馬祖從未有文獻報導蝙蝠相資料，當年在馬祖所發現的摺翅蝠、東亞家蝠、絨山蝠與灰伏翼等 4 種蝙蝠實為當地的新紀錄種，其中灰伏翼更是台灣地區

的首次發現紀錄。

謝 誌

我們感謝劉嘉顯與張鈞翔協助野外調查，楊智安與張育華協助分子實驗操作，周政翰協助蝙蝠超音波資料分析。計畫執行經費來自行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

引用文獻

石仲堂。2006。香港陸上哺乳動物圖鑑。香港特別行政區漁農自然護理署發行。403 頁。
林良恭、李玲玲、鄭錫奇。2004。台灣的蝙蝠(再版)。國立台中科學博物館。177 頁。
林春富、方懷聖、張簡琳玟、李德旺、陳元龍、姚正得、林春富、賴肅如、林德恩。2002。台灣北部地區野生動物多樣性之調查研究 (2/4) II. 桃園縣野生動物多樣性之調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心九十一年度試驗研究計畫執行成果。
楊吉宗、方懷聖、張簡琳玟、李德旺、陳元龍、姚正得、林春富、賴肅如、林德恩。2003。台灣北部地區野生動物多樣性之調查研究(3/4)－III. 台北縣市與基隆市野生動物多樣性之調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心九十二年度試驗研究計畫執行成果。
楊吉宗、張簡琳玟、許富雄、蔡昕皓、陳元龍、林春富、楊耀隆。2001。臺灣北部地區野生動物多樣性之調查研究(1/4)－I、新竹縣、市野生動物多樣性之調查研究。九十年年度試驗研究計畫執行成果(I)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

楊吉宗、張簡琳玟、許富雄、洪典戊、朱賢斌、林春富、蔡昕皓、方懷聖。2000。台灣南部地區野生動物之調查研究(3/3)－II、屏東縣野生動物之調查研究。八十八年下半年及八十九年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

楊吉宗、洪典戊、許富雄、張簡琳玟、朱賢斌、林春富、蔡昕皓、方懷聖。1999。台灣南部地區野生動物之調查研究(2/3)－II、高雄縣市野生動物之調查研究(2)。八十八年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

楊吉宗、許富雄、張簡琳玟、陳元龍、姚正得、洪典戊、朱賢斌、林春富、蔡昕皓、賴肅如。1998。台灣南部地區野生動物之調查研究(1/4)－I、嘉義縣市野生動物之調查研究。八十七年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。台灣省特有生物研究保育中心。

廖光正、許富雄、張簡琳玟、陳元龍、陳立楨、姚正得、洪典戊、朱賢斌、蔡昕皓、林春富、楊耀隆。1997。台灣中部地區野生動物之調查(5/5)。八十六年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。台灣省特有生物研究保育中心。

鄭錫奇、張簡琳玟、謝仲甫、陳元龍、林春富、李德旺、方懷聖。2007。台灣地區野生動物多樣性資源調查研究－澎湖縣及其他離島。行政院農業委員會特有生物研究保育中心九十六年度試驗研究計畫執行成果。

鄭錫奇、張簡琳玟、李德旺、陳元龍、范孟雯、蔡雅芬、方懷聖、陳榮宗。2006。台灣地區野生動物多樣性資源之調查研究－花蓮縣野生動物及台灣中部與北部淡水蝦蟹類。行政院農業委員會特有生物研究保育

中心九十五年度試驗研究計畫執行成果。
鄭錫奇、方懷聖、李德旺、陳元龍、林春富、
陳榮宗、林瑞興、姚正得、蔡雅芬、張簡
琳玟。2005。台灣地區野生動物多樣性資
源之調查研究—台東縣野生動物及台灣
中部與北部淡水蝦蟹類。行政院農業委員
會特有生物研究保育中心九十四年度試
驗研究計畫執行成果。

鄭錫奇、陳元龍、方懷聖、張簡琳玟、李德旺、
林瑞興、林春富、方引平。2004。台灣北
部地區野生動物多樣性之調查研究—宜
蘭縣的野生動物及花東地區的翼手目。行
政院農業委員會特有生物研究保育中心
九十三年度試驗研究計畫執行成果。

鄭錫奇、張簡琳玟。2004。台灣山區蝙蝠物種
分布與族群的生態學研究 (3/3)。九十二
年度試驗研究計畫執行成果(I)。行政院農
業委員會特有生物研究保育中心。

鄭錫奇、張簡琳玟。2003。台灣山區蝙蝠物種
分布與族群的生態學研究 (2/3)。九十一
年度試驗研究計畫執行成果(I)。行政院農
業委員會特有生物研究保育中心。

鄭錫奇、張簡琳玟。2002。台灣山區蝙蝠物種
分布與族群的生態學研究 (1/3)。九十年
度試驗研究計畫執行成果(I)。行政院農
業委員會特有生物研究保育中心。

簡明龍、林春基、鄭錫奇、張簡琳玟、張仕緯。
1995。台灣中部地區哺乳類動物之調查
(3/5)。八十四年度試驗研究計畫執行成果
(動物組)。台灣省特有生物研究保育中心。
簡明龍、林春基、鄭錫奇、張簡琳玟、林雲龍、
張仕緯。1994。台灣中部地區哺乳類動物
之調查(2/5)。八十三年度試驗研究計畫執
行成果(動物組)。台灣省特有生物研究保
育中心。

簡明龍、鄭錫奇、張簡琳玟、林雲龍。1993。
台灣中部地區哺乳類動物之調查(1/5)。八
十二年度試驗研究計畫執行成果(動物
組)。台灣省特有生物研究保育中心。

Bates, P.J.J., T. Nwe, S.S.H. Bu, K.M. Mie,
K.M. Swe, N. Nyo, A.A. Khaing, N.N.
Aye, Y.Y. Toke, N.N. Aung, M.M. Thi,
and L. Mackie. 2005. A review of the genera
Myotis, *Ia*, *Pipistrellus*, *Hypsugo*, and
Arielulus (Chiroptera: Vespertilionidae) from
Myanmar (Burma), including three species
new to the country. *Acta Chiropterologica*
7(2): 205-236.

Corbet, G. B. and J. E. Hill. 1992. The mammals of
the Indomalayan region: A systematic review.
Natural History Museum Publications, Oxford
University Press.

Csorba, G. and L. L. Lee. 1999. A new species
of Vespertilionid bat from Taiwan and a
revision of the taxonomic status of *Arielulus*
and *Thainycteris*. *Journal of Zoology, the
Zoological society of London* 248: 361-367.

Francis, C. M., A. V. Borisenko, N. V. Ivanova, J.
L. Eger, B. K. Lim, A. Guillén-Servent, S. V.
Kruskop, I. Mackie and P. D. N. Hebert. 2010.
The role of DNA barcodes in understanding
and conservation of mammal diversity in
Southeast Asia. *PLoS ONE* 5(9): e12575.

Galimberti, A., M. Spada, D. Russo, M. Mucedda,
P. Agnelli, A. Crottini, E. Ferri, A. Martinoli
and M. Casiraghi. 2012. Integrated Operational
Taxonomic Units (IOTUs) in Echolocating
Bats: A bridge between molecular and
traditional taxonomy. *PLoS ONE* 7 (6):
e40122.

- Hoofer, R. S. and R. A. Van Den Bussche. 2003. Molecular phylogenetics of the chiropteran family Vespertilionidae. *Acta Chiropterologica* 5(Supplemental):1-63.
- Hoofer, S. R., R. A. Van Den Bussche and H. Ivan. 2006. Generic status of the American Pipistrelles (Vespertilionidae) with description of a new genus. *Journal of Mammalogy* 87 (5):981-992.
- Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 16: 111-120.
- Kolenati, F. A. 1856. Europa's Chiroptern. I. Synopsis der Europäischen Chiroptern. *Allgemeine Deutsche Naturhistorische Zeitung*. N. F., 2(4): 121-133.
- Kuo, H. C., Y. P. Fang, G. Csorba and L. L. Lee. 2006. The definition of *Harpiola* (Vespertilionidae: Murinae) and the description of a new species from Taiwan. *Acta Chiropterology* 8(1): 11-19.
- Kuo, H. C., Y. P. Fang and L. L. Lee. 2009. Three new *Murina* species from Taiwan. *Journal of Mammalogy* 90(4): 980-991.
- Lin, L. K., M. Motokawa, M. Harada and H. C. Cheng. 2002. New record of *Barbastella leucomelas* (Chiroptera: Vespertilionidae) from Taiwan. *Mammalian Biology* 67:315-319.
- Peters, W. 1871. In Swinhoe, R. 1871. Catalogue of mammals of the China (south of the Yangtsue) and of the island of Formosa. *Proceedings of the Zoological Society of London* pp. 616-653.
- Smith, A. T., 解焱。2009。中國獸類野外手冊。湖南教育出版社。671 頁。
- Simmon, N. B. 2005. Order Chiroptera. pp.312-529. *In*: D. E. Wilson and D. M. Reed (eds). *Mammal Species of the World*, Third edition. Johns Hopkins University Press.
- Tamura, K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei and S. Kumar. 2011. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution* 28:2731-2739.
- Volleth, M. and K. G. Heller. 1994. Phylogenetic relationships of Vespertilionid genera (Mammalia: Chiroptera) as revealed by karyological analysis. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 32: 11-34.
- Wu, Y., Y. Li, L. K. Lin, M. Harada, Z. Chen and M. Motokawa. 2012. New records of *Kerivoula titania* (Chiroptera: Vespertilionidae) from Hainan Island and Taiwan. *Mammal Study* 37:69-72.
- Yoshiyuki, M. 1991. A new species of *plecotus* from Taiwan. *Bulletin of the National Science Museum, Series A Zoology* 1(4): 189-195.
- Yoshiyuki, M., L. K. Lin, T. Mizusawa and N. Honda. 2010. New record of Hardwicke's forest bat, *Kerivoula hardwickii* (Horsfield, 1824) (Chiroptera, Vespertilionidae, Kerivoulinae) from Taiwan. *Animale* 8: 1-10.

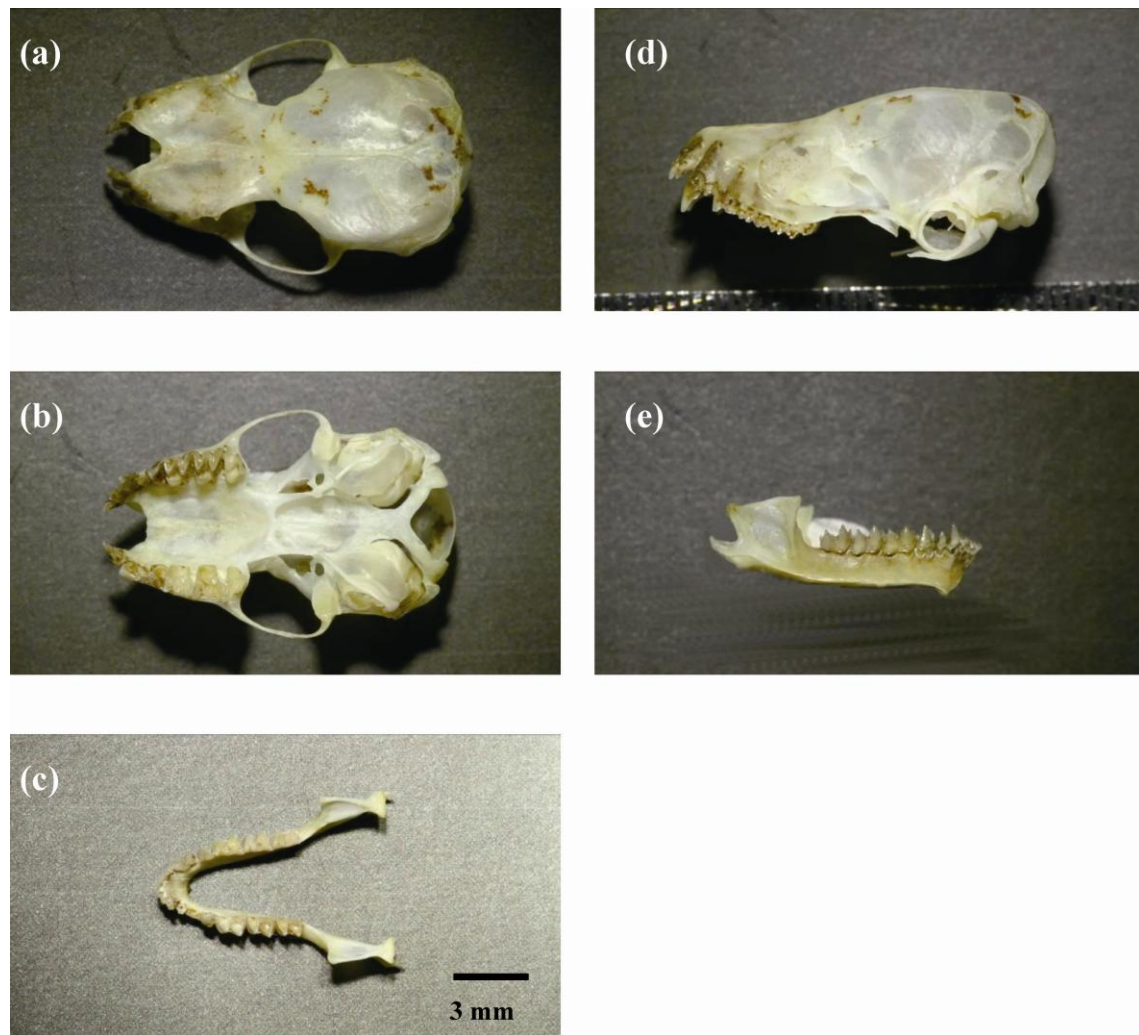


圖 2. 灰蝠翼 (*Hypsugo pulveratus*) (TESRI-B1206)頭骨與下顎外觀圖。(a)顱骨頂面觀；(b)顱骨底面觀；(c)下顎骨齒面觀；(d)顱骨側面觀；(e)下顎骨側面觀(右側前臼齒缺損，以左側完整齒列呈現)。

Fig. 2. Photo showing the skull and mandibles of the *Hypsugo pulveratus* (TESRI-B1206). (a) Top view of skull, (b) basal view of skull, (c) occlusal view of mandibles, (d) lateral view of skull, (e) lateral view of mandibles.

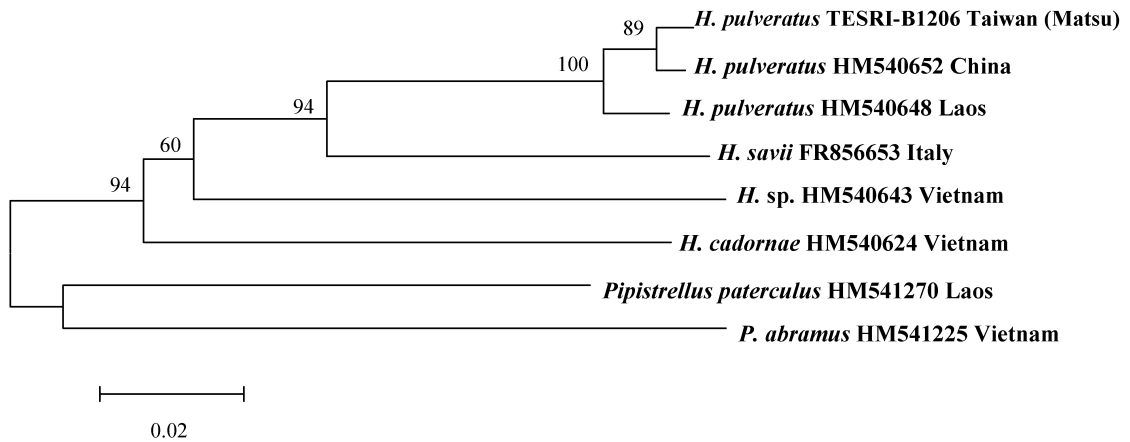


圖 3. 利用粒線體 DNA COI 基因部分片段(cytochrome oxidase subunit 1(COI) gene, partial codes) (657 bp) , 以 neighbor-joining method (K2P model)所建構出馬祖捕獲之灰蝠翼(TESRI-B1206)與周邊地區出現之 *Hypsugo* 屬與外群 *Pipistrellus* 屬的親緣關係圖。圖上節點數字為 bootstrap 值(1000 次重複)。

Fig. 3. Phylogenetic relationships among 8 partial sequences of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit 1 gene (657 bp) of *Hypsugo pulveratus* from Mastu (Taiwan) and other areas and the related species. The tree was constructed using Kimura's distance and the neighbor-joining (NJ) method. Numerical values associated with node are those supported by bootstrap values (1000 replicates).

表 1. 馬祖所捕獲之灰伏翼(*H. pulveratus*)與文獻樣本之外部形值與頭骨測值比較，其體重 W(g) 於野外剛捕獲時為 7.50g，然而產子死亡後為 5.35g；頭體長為吻肛長，其餘測量值縮寫之全稱詳見內文，單位 mm(a: 石 2006；b: Smith and 解 2009；c: Bates 2005)

Table 1. External and skull measurements (in mm) and body mass (in g) of *Hypsugo pulveratus* from Mastu (Taiwan) and other areas (mean value in parentheses)

測量值 Measurements	馬祖(台灣)標本 Taiwan (Mastu)	香港標本 ^a Hong Kong	大陸標本 ^b China	緬甸樣本 ^{c,*} Burma
體重 W	7.50	4-7	-	4.3-5.8 (5.0)
頭體長 SV	49.95	41-49	44-47	38.2-49.4 (43.7)
尾長 VT	36.68	35-40	37-38	32.0-38.0 (34.4)
前臂長 FA	36.34	34-36	33-36	32.0-35.2 (35.0)
後腳掌長 HF	7.00	-	7-8	5.5-8.0 (6.4)
耳長 E	12.59	-	12-14	

表 1. (續)馬祖所捕獲之灰伏翼(*H. pulveratus*)與文獻樣本之外部形值與頭骨測值比較，其體重 W(g) 於野外剛捕獲時為 7.50g，然而產子死亡後為 5.35g；頭體長為吻肛長，其餘測量值縮寫之全稱詳見內文，單位 mm(a: 石 2006；b: Smith and 解 2009；c: Bates 2005)

Table 1. (Continued) External and skull measurements (in mm) and body mass (in g) of *Hypsugo pulveratus* from Mastu (Taiwan) and other areas (mean value in parentheses)

測量值 Measurements	馬祖(台灣)標本 Taiwan (Mastu)	香港標本 ^a Hong Kong	大陸標本 ^b China	緬甸樣本 ^{c,*} Burma
耳珠長 TRA	5.93	-	-	
腳脛長 TIB	14.72	-	-	13.4-14.1 (13.8)
頭骨顱全長 GLS	14.47	-	14-15	
髁犬齒長 CCL	13.32	-	-	12.4-12.9
頭顱高 BH	6.39	-	-	
乳突間幅 MB	7.62	-	-	
顱骨弓幅 ZW	9.13	-	7-9	
頭顱寬 BBC	6.68	-	-	
眶後縊縮 POC	3.77	-	-	
眼眶間距 IOW	5.15	-	-	
吻突長 ROL	6.13	-	-	
後顱骨弓長 PZL	9.42	-	-	
頭蓋骨底長 BAL	6.07	-	-	
上顎長 PL	6.27	-	-	
後上顎長 PPL	5.04	-	-	
上顎犬齒間幅 C-C	4.33	-	-	
上顎犬齒徑 CW	0.88	-	-	
上顎臼齒—臼齒徑 M1-M3	3.42	-	-	
上顎後臼齒間幅 M3-M3	6.22	-	-	
上顎後臼齒內緣間幅 M3B	3.19	-	-	
上顎門齒—臼齒徑 I-M3	6.18	-	-	
上顎犬齒—臼齒徑 C-M3	5.16	-	-	4.7-5.3
第四前臼齒—臼齒徑 P4-M3	4.09	-	-	
下顎門齒—臼齒徑 i-m3	6.35	-	-	
下顎犬齒—臼齒徑 c-m3	5.42	-	-	
下顎骨長 MDL	10.83	-	-	
喙狀突高 RAH	3.02	-	-	

表 2. 藉由粒線體 DNA cytochrome oxidase subunit I (COI)部分序列(657 bp)以 K2P 模式估算臺灣(馬祖)灰伏翼與鄰近地區相關種類之遺傳距離

Table 2. Genetic distance (based on Kimura two parameter model) between the *Hypsugo pulveratus* from Mastu (Taiwan) and other areas and the related species using the data of Francis *et al.* (2010) and Galimberti *et al.* (2012)

樣本 代號	物種 Taxon	編號 Number	地點 Locality	A	B	C	D	E	F	G
A	<i>H. pulveratus</i>	TESRI-B1206	Taiwan							
B	<i>H. pulveratus</i>	HM540652	China	0.009						
C	<i>H. pulveratus</i>	HM540648	Laos	0.020	0.022					
D	<i>H. savii</i>	FR856653	Italy	0.139	0.139	0.139				
E	<i>H. sp.</i>	HM540643	Vietnam	0.104	0.104	0.100	0.147			
F	<i>H. cadornae</i>	HM540624	Vietnam	0.157	0.152	0.148	0.157	0.140		
G	<i>P. paterculus</i>	HM541270	Laos	0.168	0.168	0.168	0.189	0.180	0.176	
H	<i>P. abramus</i>	HM541225	Vietnam	0.197	0.192	0.193	0.181	0.212	0.187	0.165

附錄、由 NCBI 資料庫所下載之灰伏翼與相關種類序列資料

Appendix. Sequence data of different taxon referencing from NCBI GenBank

編號 No.	物種 Taxon	編號 Accession No. of NCBI	地點 Locality	參考文獻 Reference
1	<i>H. pulveratus</i>	HM540652	China	Francis, <i>et al.</i> 2010
2	<i>H. pulveratus</i>	HM540648	Laos	Francis, <i>et al.</i> 2010
3	<i>H. savii</i>	FR856653	Italy	Galimberti, <i>et al.</i> 2012
4	<i>H. sp.</i>	HM540643	Vietnam	Francis, <i>et al.</i> 2010
5	<i>H. cadornae</i>	HM540624	Vietnam	Francis, <i>et al.</i> 2010
6	<i>P. paterculus</i>	HM541270	Laos	Francis, <i>et al.</i> 2010
7	<i>P. abramus</i>	HM541225	Vietnam	Francis, <i>et al.</i> 2010

Occurrence of the Earthworm *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826) at High Elevations in Taiwan

台灣高海拔山區新紀錄種蚯蚓[紅叢林蚓] *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826)

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

* Corresponding author: shenhp@tesri.gov.tw

*通訊作者: shenhp@tesri.gov.tw

Abstract

This paper describes the lumbricid earthworm *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826) as a newly recorded species in Taiwan. It was collected at the elevations of 2600–3000 m in the Central Mountain Range. It is originated from Europe and its cosmopolitan distribution is largely due to human transportation.

摘要

本文描述一採自台灣高海拔山區之新紀錄種蚯蚓紅叢林蚓 *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826)。其為原產於歐洲之蚯蚓，屬於正蚓科 (Lumbricidae) 叢林蚓屬 (*Dendrodrilus*)。此種蚯蚓廣泛分布於全球寒帶及溫帶地區，熱帶及亞熱帶地區之分布紀錄多為人為夾帶所致。

Key words: *Dendrodrilus rubidus*, earthworm, Taiwan

關鍵詞：紅叢林蚓、蚯蚓、台灣

收件日期：2012 年 09 月 12 日

接受日期：2013 年 01 月 14 日

Received: September 12, 2012

Accepted: January 14, 2013

Introduction

Dendrodrilus rubidus (Savigny, 1826) is a Palearctic earthworm originated from Europe and is globally distributed except in tropical lowlands (Blakemore 2002). According to Gates (1972), the presence of this wide-ranging species on some oceanic islands such as Hawaii obviously resulted from human introduction, and man has been transporting *D. rubidus* together with plants or soils probably for many years. All tropical localities for which elevations were recorded are above 4000 ft (Gates 1972). The optimal temperature for its growth is 18°C; mortality is high at 25°C (Gates 1972). To date on the subtropical island of Taiwan, this earthworm was found at elevations higher than 2500 m.

According to Lee (1985) and Hale *et al.* (2005), *D. rubidus* is a litter dwelling (epigeic) earthworm that deposits its cocoon near the soil surface. Individuals of *D. rubidus* reared in isolation can produce viable cocoons (Evans and Guild 1947; Cluzeau *et al.* 1992). Its reproductive organs show various stages of degeneration with spermathecae varying from two pairs in IX–X (quadrithecal) to absence (athecal) (Gates 1972; Blakemore 2002),

and seminal vesicles from poorly developed with abortive spermatogenesis to well-developed showing all stages of spermatogenesis (Casellato and Rodighiero 1972). Polyploidy, male sterility and absence of spermathecae are common (Gates 1972). Chromosome numbers range from 34 (diploid) to 120 (hypo-octoploid) (Gates 1972). For most parthenogenetic oligochaetes reported so far, their eggs are produced through premeiotic doubling of chromosomes (Christensen 1980, 1984, 1994). To date, only *Dendrobaena octaedra* (Savigny) reported by Omodeo (1955) and *D. rubidus* by Jaenike *et al.* (1982) are known to be ameiotic parthenogens. Due to parthenogenetic polymorphism, morphs are numerous with *rubidus*, *tenuis*, *norvegicus*, and *subrubicundus* recognized as four major morphs or subspecies (Blakemore 2002). Parthenogenesis is commonly recorded in widely distributed peregrine species (Lee 1985). It is a trait that may enhance the establishment of new populations (Hendrix and Bohlen 2002). This trait may facilitate reproduction at very low densities, and may also contribute to the rapid expansion of a population once a well-adapted morph arrives in a particular location (Tiunov *et al.* 2006).

The following description is based on 139 preserved specimens deposited at the Taiwan Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan. Soil pH of the collection sites was

measured with a pH meter (Multi 350i, WTW GmbH, Weilheim, Germany) after shaking 30 g of soil suspended in 30 ml of ddH₂O for 12 h.

Dendrodrilus rubidus (Savigny, 1826)

Enterion rubidum Savigny, 1826: 182.

Allolobophora tenuis Eisen, 1873: 44.

Allolobophora norvegica Eisen, 1873: 48.

Allolobophora subrubicunda Eisen, 1873: 51.

Helodrilus (Dendrobaena) rubidus – Michaelsen, 1900: 490.

Dendrobaena rubida – Gates, 1958: 6; 1972: 92; – Reynolds, 1973: 108; 1974: 94.

Dendrodrilus rubidus rubidus – Easton, 1983: 479.

Materials examined.—One mature (clitellate) specimen (dissected) collected 20 October 1999 from Mt. Hohuan (elev. 3000 m) along Rt. 14A near the border between Nantou and Hualien counties by C. F. Tsai, S. C. Tsai, H. P. Shen, T. J. Lin, and C. Y. Chang (coll. no. 1999-17-Shen); 115 mature specimens collected 14 September 2005 at Yakou Lodge (elev. 2700 m), Taitung County by H. P. Chen and H. S. Fang (coll. no. 2005-31-Shen); four mature and three immature specimens collected 16 March 2006 from the High Altitude Experimental Station of Endemic Species Research Institute at Mt. Hohuan by H. H. Lin, and H. L. Chang (coll. no. 2006-1-Shen); six mature and an immature specimens collected 17 January 2008 at the entrance of a hiking trail to the East Peak of Mt. Hohuan (elev. 3000 m) by T. J. Lin, R. C. Jang and M. H. Shen (coll. no. 2008-1-Shen); eight mature (one dissected) and

an immature specimens collected 27 June 2011 at Sungyuan Lodge (elev. 2600 m), Hualien County by D. H. Chen and C. Y. Chang (coll. no. 2011-21).

Description.—Length (clitellates) 21–43 mm, diameter 2.02–2.89 mm. Segment number 78–111. Prostomium epilobous. First dorsal pore 5/6. Clitellum XXV–XXXI, XXVI–XXXI or XXVI–XXXII, saddle-shaped, setae present. Tubercula pubertatis XXVII–XXIX, XXVIII–XXX or XXIX–XXX, occasionally absent. Setae lumbricin (eight setae per segment), widely paired, aa: ab: bc: cd = 2: 1: 2: 1. Male clefts paired in lateral margin of XV (Fig. 1A). Female pores in XIV, each lateral to seta b. Spermathecal pores absent. Live worms with dark red dorsum, pale ventrum and orange clitellum.

Septa 5/6–9/10 and 11/12 slightly thickened. Calciferous sacs in X. Gizzard large in XVII.

Intestine origin in XV. Esophageal hearts VII–XI. Nephridia holoic. Spermathecae absent. Accessory glands absent. Holandric. Seminal vesicles paired in XI and XII, the last pair extending to XIII (Fig. 1B), small, follicular. Ovaries in XIII. Prostate glands absent.

Remarks.— According to Gates (1972), *D. rubidus* inhabits in soil with pH of 5.0–6.2. It is an acid-tolerant (pH range: 3.7–4.7) and also an ubiquitous species (pH range: 3.7–>7.0) (reviewed by Lee 1985). In this study, the soil pH values of Mt. Hohuan areas where this species was collected were 6.33–7.48.

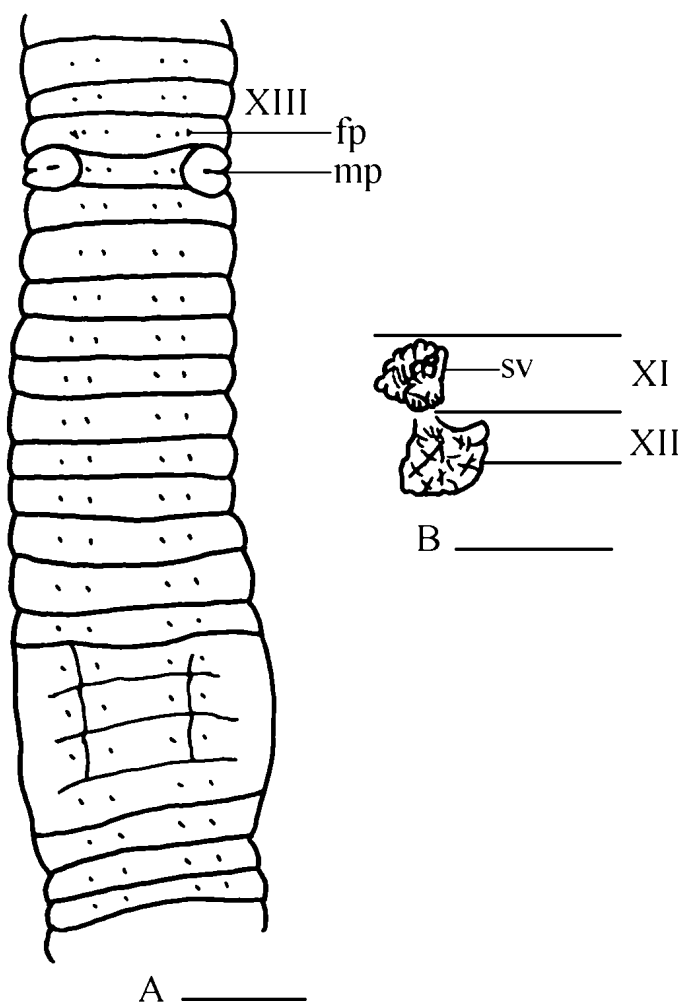


Fig. 1. *Dendrodrilus rubidus* (Savigny): A, ventral view of preclitellar and clitellar region (fp, female pore; mp, male pore); B, dorsal view of right seminal vesicles (sv); scale bar 1 mm.

Acknowledgements

We are grateful to Messrs. H. P. Chen, C. Y. Chang, R. C. Jang, H. S. Fang, T. J. Lin, H. H. Lin, H. L. Chang, D. H. Chen, and M. H. Shen who assisted in field collections.

Literature Cited

- Blakemore, R. J. 2002. Cosmopolitan earthworms -an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world. CD-ROM. VermEcology, Australia.
- Casellato, S. and R. Rodighiero. 1972. Karyology of Lumbricidae. III. Contribution. Caryologia 25: 513-524.
- Christensen, B. 1980. Annelida. In: B. John (ed.). Animal Cytogenetics. vol. 2. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- Christensen, B. 1984. Asexual propagation and reproductive strategies in aquatic Oligochaeta. Hydrobiologia 115: 91-95.
- Christensen, B. 1994. Annelida-Clitellata. pp. 1-23. In: K.G. Adiyodi and R.G. Adiyodi (eds.). Reproductive Biology of Invertebrates. vol. VI, Part B. John Wiley & Sons, England.
- Cluzeau, D., L. Fayolle and M. Hubert. 1992. The adaptation value of reproductive strategy and mode in three epigeous earthworm species. Soil Biology and Biochemistry 24: 1309-1315.
- Easton, E. G. 1983. A guide to the valid names of Lumbricidae (Oligochaeta). pp. 475-487. In: J. E. Satchell (ed.). Earthworm Ecology - From Darwin to Vermiculture. Chapman and Hall, London.
- Eisen, G. 1873. Om Skandinaviens Lumbricider. Ö fversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 30: 43-56.
- Evans, A. C. and W. J. McL. Guild. 1947. Some notes on reproduction in British earthworms. Annals and Magazine of Natural History, Series 11, 14: 654-659.
- Gates, G. E. 1958. Contribution to a revision of the earthworm family Lumbricidae. II. Indian species. Breviora, Museum of Comparative Zoology, Cambridge, 91: 1-15.
- Gates, G. E. 1972. Burmese earthworms: An introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. Transactions of the American Philosophical Society 62: 1-326.
- Hale, C. M., L. E. Frelich and P. B. Reich. 2005. Exotic European earthworm invasion dynamics in northern hardwood forests of Minnesota, USA. Ecological Applications 15: 848-860.
- Hendrix, P. F. and P. J. Bohlen. 2002. Exotic earthworm invasions in North America: Ecological and policy implications. BioScience 52: 1-11.
- Jaenike, J., S. Ausubel and D. A. Grimaldi. 1982. On the evolution of clonal diversity in parthenogenetic earthworms. Pedobiologia 23: 304-310.
- Lee, K. E. 1985. Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, Sydney.
- Michaelsen, W. 1900. Oligochaeta. Das Tierreich

10: 1-575.

Omodeo, P. 1955. Cariologia dei Lumbricidae. II.

Contributo. Caryologia 8: 135-178.

Reynolds, J. W. 1973. Earthworm (Annelida:

Oligochaeta) ecology and systematics. pp.

95-120. *In*: D. L. Dindal (ed.). Proceedings

of the first soil microcommunities conference.

National Technical Information Service, U.S.

Department of Commerce.

Reynolds, J. W. 1974. Are oligochaetes really

hermaphroditic amphimictic organisms? *The*

Biologist 56: 90-99.

Savigny, J. C. 1826. Analyses des travaux de

l'Academie Royale des Sciences pendant

l'annee 1821, partie physique. *Mémoires*

d'Académie Royale des Sciences Institute

de France 5: 176-184.

Tiunov, A. V., C. M. Hale, A. R. Holdsworth and

T. S. Vsevolodova-Perel. 2006. Invasion

patterns of Lumbricidae into the previously

earthworm-free areas of northeastern Europe

and the western Great Lakes region of North

America. *Biological Invasions* 8: 1223-1234.

The Genus *Sagina* (Caryophyllaceae) from Mt. Hehuan of Taiwan

合歡山地區漆姑草屬(石竹科)植物之分類

Gwo-Ing Liao¹, Tzen-Yuh Chiang¹, Yu-Chung Chiang² and Tsai-Wen Hsu^{3,*}

廖國嫻¹ 蔣鎮宇¹ 江友中² 許再文^{3,*}

¹ Department of Life Sciences, National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

² Department of Life Sciences, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan

³ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

¹ 國立成功大學生命科學系 台南市大學路 1 號

² 國立中山大學生命科學系 高雄市鼓山區蓮海路 70 號

³ 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

* Corresponding author: twhsu@tesri.gov.tw

*通訊作者: twhsu@tesri.gov.tw

Abstract

The genus *Sagina* (Caryophyllaceae) comprises 25 species worldwide, of which two have been recorded from Taiwan. They are *S. japonica* (Sw.) Ohwi, a common weed found from low to high elevations throughout the island, and *S. maxima* A.Gray found from medium to low elevations as well as in coastal regions in the northern and central parts of the island. We conducted a field survey on *Sagina* at Mt. Hehuan of Taiwan at elevations between 2,500 m and 3,000 m. Two weedy species were found, namely *S. japonica* (Sw.) Ohwi, and *S. procumbens* L., the latter of which was recently naturalized in Taiwan. This paper is a briefly description of the two species with a key to the species and their photographs to aid identification.

摘 要

漆姑草屬植物爲石竹科的一個屬共有 25 種。台灣植物誌第二版記載了 2 種，分別爲漆姑草 (*Sagina japonica* (Sw.) Ohwi) 與大漆姑草 (*S. maxima* A.Gray)。本研究報導合歡山區海拔 2,500~3,000 m 的漆姑草屬植物，共記錄有 2 種，分別爲漆姑草與仰臥漆姑草 (*S. procumbens* L.)，其中仰臥漆姑草爲台灣新歸化種。本文提供台灣產漆姑草屬的檢索表，合歡山區所產 2 種的描述、分布及彩色照片。

Key words: Caryophyllaceae, naturalized plant, *Sagina*, *Sagina japonica*, *Sagina procumbens*, Taiwan

關鍵詞：石竹科、歸化植物、漆姑草屬、漆姑草、仰臥漆姑草、台灣

Received: August 11, 2012

Accepted: February 01, 2013

收件日期：2012 年 08 月 11 日

接受日期：2013 年 02 月 01 日

Introduction

The family Caryophyllaceae comprise 86 genera and about 2,200 species worldwide (Bittrich 1993). Most of them are found in the temperate regions of the northern hemisphere with center in the Mediterranean and Iran-Turanian regions (Bittrich 1993).

Sagina L. was first described based on the type of *S. procumbens* in *Linnaeus' Genera Plantarum* (1737) and later in *Species Plantarum* (Linnaeus 1753). *Sagina* comprises approximately 25 herbaceous species in northern temperate regions, arctic, and mountains from S to E Africa,

Himalayas, New Guinea, and the Andes (Bittrich 1993).

In Taiwan two *Sagina* species have been reported (Ying 1996). They are *S. japonica* (Sw.) Ohwi and *S. maxima* A.Gray. We conducted a field survey of *Sagina* at Mt. Hehuan at elevations of 2,500 m to 3,000 m. Two weedy species were found, namely *S. japonica* (Sw.) Ohwi and *S. procumbens* L., the latter of which was recently naturalized in Taiwan. This paper is a brief taxonomic account of the species *Sagina* from Mt. Hehuan, and provides a key to the species and color field photographs to aid identification.

Taxonomic Treatment

Sagina L. 漆姑草屬

Sagina L., Sp. Pl 1: 128. 1753.

Type: *Sagina procumbens* L.

key to the species of the genus *Sagina* of Taiwan

1a. Flowers 4-merous; seeds grooved, not tuberculate *S. procumbens*

1b. Flowers 5-merous; seeds not grooved

2a. Seeds sharply tuberculate *S. japonica*

2b. Seeds with linear striae, not tuberculate *S. maxima* (Fig. 3: C)

1. *Sagina japonica* (Sw.) Ohwi, J. Jap. Bot. 13: 438. 1937; Crow, Rhodora 80: 82. f.28. 1978; Ying, Fl. Taiwan, ed. 2. 2: 362. pl.168. 1996. 漆姑草(瓜蒴草) Fig. 1.

Spergula japonica Sw., Ges. Naturf. Freunde Berlin Neue Schriften 3: 164-167. t.1:f. 2. 1801.

Sagina echinosperma Hayata, Icon. Pl. Formosan. 3: 39. 1913.

Description: Small herbs, perennial, plants ca 9 cm tall. Stems cylindric, ca. 1.6 mm across, green, glabrous. Leaves simple, opposite, sessile, exstipulate. Blades linear, 4-12 mm long, ca. 1mm wide, green on both surfaces, glabrous, apex acute, base of leaf pairs fused and amplexicaul; margin entire, veins inconspicuous. Inflorescence axillary, solitary. Pedicels cylindric, green, slender, ca. 3-10 mm long, 0.4 mm across, the apical 1/3 white glandular hairy. Flower buds ovoid, green, ca. 2.3 mm long, 1.3 mm across. Flowers bisexual, rotate, white, ca. 2.5 mm across. Calyx cupulate, green, ca. 1mm high, 1 mm across, sparsely white glandular hairy; lobes 5, elongate-ovate, green, 2-2.5 mm long, ca. 1.2 mm wide. Petals 5, broadly elliptic, white, ca. 2.5 mm long, 0.8 mm wide. Stamens 10, epipetalous. Filaments white translucent, slender, ca. 1.2 mm long. Anthers 2-celled, light yellow, basifixed, longitudinally dehiscing. Ovary 1, hypogynous, ellipsoid, green, ca. 2 mm long, 1 mm across. Style sessile, stigma

5-forked, plumose. Ovules many, white, subglobose. Fruit solitary, axillary. Carpodium cylindric, green, slender, ca. 11-17 mm long, lengthened gradually, the apical 1/2 white glandular hairy. Capsule ca. 3 mm long, 2.5 mm across; apically 5-lobed, lobes reflexed at maturity; calyx persistent, stamens and petals persistent. Seeds many, subglobose, ca. 0.4 mm across, blackish brown, shining, densely tuberculate on surface (Fig. 3: A, B).

Specimen examined:

TAIWAN. Nantou County: Renai Township, Mt. Hehuan, skiing field, 11 July 2012, *T. W. Hsu* 17545 (TAIE); Hualien County: Hsiulin Township, Mt. Hehuan, 6 August 2006, *C. H. Chen* 7385 (TNM).

Distribution and notes: East Asia. A common weed from low to high elevations throughout the island (Ying 1996).

2. *Sagina procumbens* L., Sp. Pl. 1: 128. 1753; Mizushima, J. Jap. Bot. 35: 193. 1960; Crow, Rhodora 80: 42. f. 11. 1978. 仰臥漆姑草 Fig. 2.

Alsine procumbens (L.) Crantz, Inst. Rei Herb. 2: 404. 1766.

Description: Small herbs, perennial, plants ca. 7 cm tall. Stems ascending or procumbent, cylindric, green, slender and glabrous. Leaves simple, opposite, sessile, estipulate. Blades linear, ca. 5–7 mm long, ca. 0.8 mm wide, green and glabrous on both surfaces, apex acute, base amplexicaul, margin entire, nerves inconspicuous. Inflorescences solitary, terminal or axillary. Pedicels cylindric, ca. 7 mm long, green, slender, glabrous, ebracteate. Flower buds ellipsoid, green, ca. 1.6 mm long, 0.9 mm across. Flowers bisexual, cruciform. Calyx 4-lobed, lobes elliptic, green, ca. 1.6 mm long, 0.9 mm wide. Petals absent or 1–3, elliptic, minute, white translucent, ca. 0.5 mm long, 0.3 mm wide. Stamens 4. Filaments white translucent, slender, ca. 0.7 mm long. Anthers 2-celled, whitish, longitudinally dehiscent, basifixed. Pedicel recurved after anthesis, erect in fruit, slender. Ovary 1, globose, hypogynous. Style sessile. Stigma 4-forked, plumose. Placentation free-central, Ovules numerous. Capsules ovoid, ca. 2 mm high, 1.6 mm across; calyx, stamens and stigma persistent. Carpogonium cylindric, green, glabrous, slender. Seeds numerous, irregularly, blackish brown, ca. 4 mm long, 3 mm across, irregularly reticulately revulose (Fig. 3: D-F).

Specimen examined:

TAIWAN. Nantou County: Renai Township,

Mt. Hehuan, Provincial Road 14A, 36.5 Km, 11 July 2012, T. W. Hsu 17552 (TAIE).

Distribution and notes: Nearly cosmopolitan; entire Europe northwards reaching the northernmost Norway and Iceland east to the central Siberia and the Himalayas, north Africa, North America, south Greenland (Mizushima 1960); widely introduced in the southern hemisphere, eastern Asia (Crow 1978), and in north Japan (Mizushima 1960). It has become naturalised in temperate regions and is invasive in some sub-Antarctic islands. It forms dense mats, threatening the integrity of terrestrial ecosystems. Once it becomes established it can be difficult to eradicate due to its persistence in the seed bank (Global Invasive Species Database 2008). In Mt. Hehuan it was found around parking areas. The finding of the species represents a new addition to the naturalized plant list in Taiwan.

Acknowledgments

We thank to Mr. M. I. Weng and Ms. S. C. Yen for polishing the manuscript. We are also thankful to Miss. Y. S. Lin, and F. W. Chou for their assistance in field work. This study was supported by the grants from National Science Council (NSC 98-2621-B-329 -001-MY3) and Council of Agriculture, Taiwan.

Literature Cited

- Bittrich, V. 1993. Caryophyllaceae. *In*: K. Kubitzki *et al.* (eds.). The families and genera of vascular plants, 2: 206-236. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Crow, G. E. 1978. A taxonomic revision of *Sagina* (Caryophyllaceae) in North America. *Rhodora* 80: 1-91.
- Global Invasive Species Database. 2008. Available from: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1394&fr=1&sts=&lang=EN>. [Accessed, 23 June, 2008].
- Linnaeus, C. 1737. Genera plantarum: Eorumque characteres naturales secundum numerum, figuram, situm, & proportionem omnium fructificationis partium. p. 118. Leiden: Wishoff.
- Linnaeus, C. 1753. Species Plantarum, ed. 1. p.128. Laurentii Salvi, Holmiae.
- Mizushima, M. 1960. A preliminary revision of the genus *Sagina* of Japan and its adjacent regions 1-5. *Journal of Japanese Botany* 35: 77-82, 103-107, 193-204, 257-260, 335-340.
- Ying, S. S. 1996. Caryophyllaceae. *In*: Editionrial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd ed. (ed.). *Flora of Taiwan* 3: 342-381. Editionrial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd ed., Taipei, Taiwan.



Fig. 1. *Sagina japonica* (Sw.) Ohwi (A, habit; B, branches and flower; C, seeds).



Fig. 2. *Sagina procumbens* L. (A, habit; B, branches; C, flower).

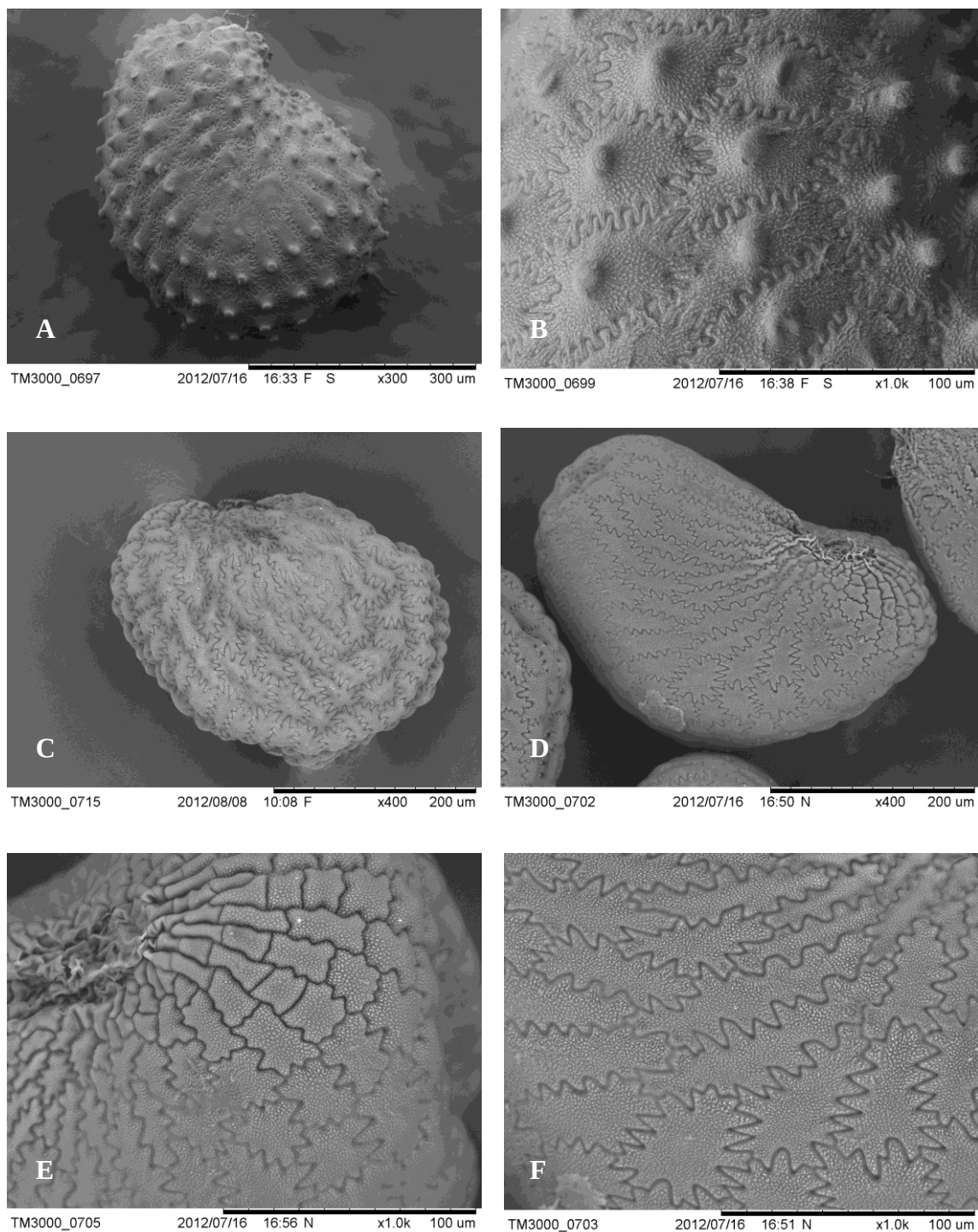


Fig. 3. SEM photographs of *Sagina* seeds. (A, B, *S. japonica* (Sw.) Ohwi; C, *S. maxima* A.Gray; D, E, F, *S. procumbens* L.).

Polytrias indica (Houtt.) Veldkamp, a Newly Naturalized Grass in Taiwan

新歸化的台灣禾草—單序草

Che-Yu Lin¹, Sheng-Zehn Yang² and Chih-Hui Chen^{1, *}

林哲宇¹ 楊勝任² 陳志輝^{1, *}

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan

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 國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路1號

* Corresponding author: chchen@tesri.gov.tw

*通訊作者: chchen@tesri.gov.tw

Abstract

A newly naturalized species, *Polytrias indica* (Houtt.) Veldkamp, was found in southern Taiwan with the earliest collection made in 2002. It is closely related to the genus *Eulalia* Kunth. Several specimens of *P. indica* in Taiwan's herbaria were misidentified as *Eulalia leschenaultiana* (Decne.) Ohwi. Nevertheless, *P. indica* is distinguishable by its unusual arrangement of three spikelets, two of which are sessile and one pedicellate on the node. This paper provides a description of this newly naturalized species with a line drawing for identification.

摘要

單序草(*Polytria indica*)是近年來在台灣南部新歸化的禾草，最早的標本館紀錄採自2002年。

此屬與金茅屬關係密切，事實上單序草的標本常被誤認為是細稈金茅。然而我們可以根據單序草小穗的特殊排列方式來加以區別，單序草在花序軸的每個節上，長有 2 個無柄及 1 個有柄共 3 個小穗。本文增補此種為新歸化之台灣產禾本科植物，並提供其物種描述及手繪圖供鑑定參考。

Key words: Andropogoneae, *Polytrias indica*, Poaceae, Taiwan

關鍵詞：蜀黍族、單序草、禾本科、台灣

Received: January 02, 2013

Accepted: March 04, 2013

收件日期：2013 年 01 月 02 日

接受日期：2013 年 03 月 04 日

Introduction

Poaceae is one of the largest families of vascular plants in Taiwan as well as the world. According to the second edition of *Flora of Taiwan* (Hsu 2000), the species of Andropogoneae of Poaceae in Taiwan have spikelets paired on the nodes of inflorescence axis with the exception of *Chrysopogon aciculatus* (Retz.) Trin., which has three spikelets, one sessile and two pedicellate on a node. Recently, a newly naturalized species of Andropogoneae, *Polytrias indica* (Houtt.) Veldkamp, was found in southern Taiwan, and the earliest collection was made in 2002. The genus *Polytrias* Hack. is monotypic and is widely distributed throughout Myanmar,

Vietnam, Indonesia, Malaysia, southern China, the Philippines, New Guinea, tropical North and East Australia (Clayton and Renvoize 1986; Watson and Dallwitz 1992; Chen and Phillips 2006). It is closely related to the genus *Eulalia* Kunth (Clayton and Renvoize 1986; Veldkamp 1991). In fact, some specimens of *P. indica* preserved in Taiwan's herbaria were usually misidentified as *Eulalia leschenaultiana* (Decne.) Ohwi. Nevertheless, we can easily distinguish them by the diagnostic characters of spikelet arrangement of *P. indica* (Clayton and Renvoize 1986), which has three spikelets on one node. Specifically, two spikelets are sessile and one pedicellate. This paper provides a description of *P. indica* with its line drawing for identification.

Taxonomic Treatment

Polytrias indica (Houtt.) Veldkamp, Blumea 36: 180. 1991; Chen & Phillips in Chen *et al.* (eds.), Fl. China 22: 593. 2006.

單序草(Figure 1)

Phleum indicum Houtt., Nat. Hist. II, 13: 198. t. 90, f. 2. 1782. --- Type: *Hb. Houttuyn s.n.* (G, holo)

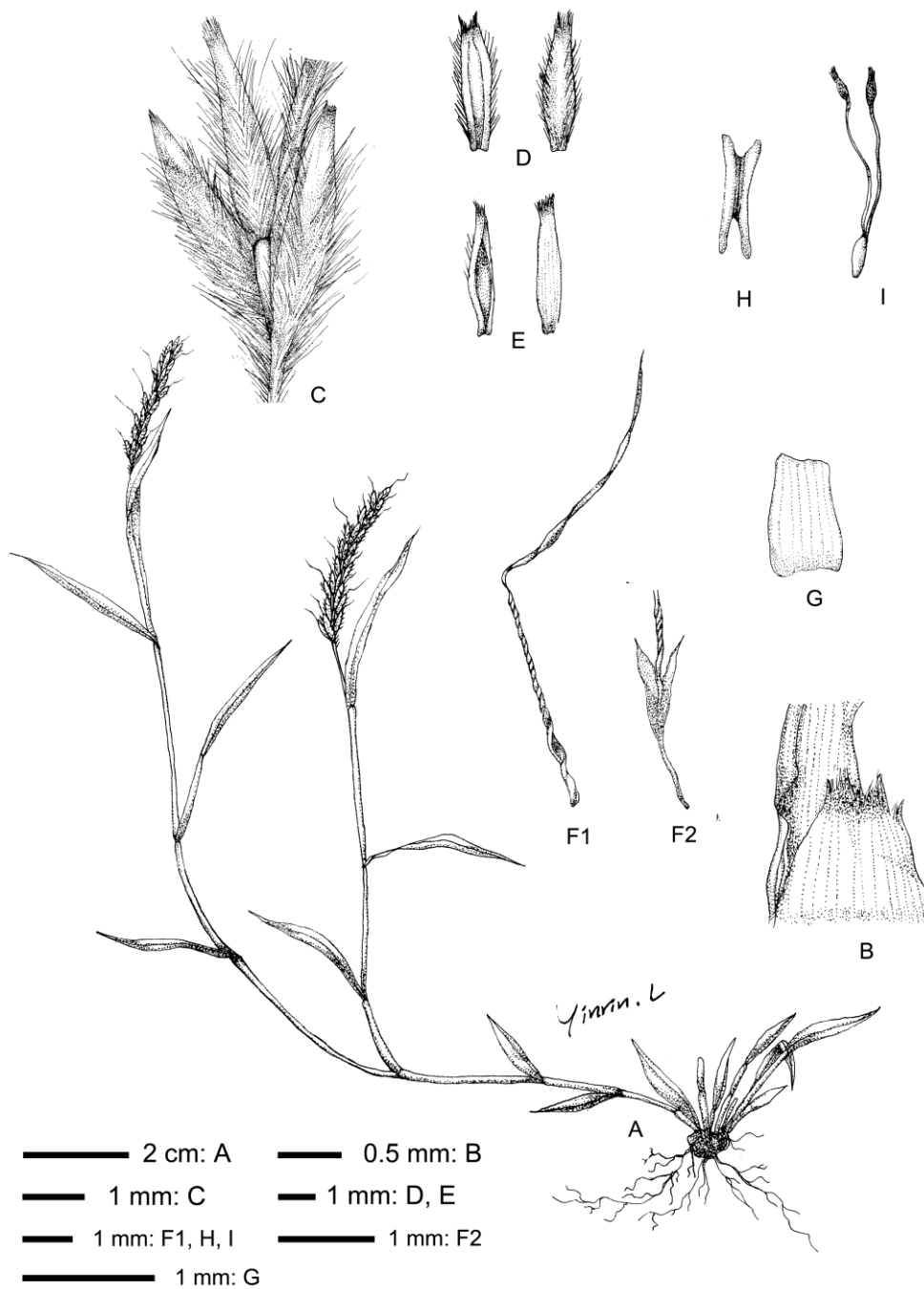


Fig.1. A, habit; B, joint of leaf sheath and leaf blade; C, part of raceme; D, lower glume; E, upper glume; F, upper lemma with awn; G, upper palea; H, anther; I, pistil.

Perennials, mat-forming or stoloniferous, culms decumbent, rooting from lower nodes, slender, 10-30 cm tall, glabrous, culm nodes glabrous. Leaf sheaths shorter than internodes, surface glabrous, outer margins glabrous; joint between sheath and blade glabrous; ligule a ciliolate membrane, 0.5-1 mm long; blades linear, flat, 2-5 cm long, 2-4 mm wide, margins scabrous, apex acuminate, surface moderately pilose on both sides. Inflorescence a single raceme, 2-5 cm long; rachis fragile, internodes linear, 2-2.5 mm long, pedicels linear, flattened, 2 mm long, shorter than spikelets, ciliate. Spikelets bisexual, grouped, 2 sessile and 1 pedicellate at each node, pedicellate one subequal to the sessile ones, dorsally compressed, oblong, 3-3.5 mm long. Lower floret absent, upper floret fertile. Lower glume oblong, 3-3.5 mm long, chartaceous, dorsally flat; 4-veined, 2-keeled, surface pilose below the middle, usually extending slightly beyond apex; apex truncate, ciliate; awnless. Upper glume oblong, 3-3.5 mm long, chartaceous, 1 to 3-veined, midvein keeled, surface pubescent below the middle, apex truncate, ciliate, awnless. Upper lemma ovate or oblong, 1 mm long, surface smooth, apex 2-toothed, tipped with hairs, awned, awn from a sinus, 8-12 mm long, column twisted. Upper palea oblong, 1-1.2 mm long, hyaline. Anthers 3, 2-2.5 mm long.

Distribution: Myanmar, Vietnam, Indonesia, Malaysia, southeastern China, the Philippines, New Guinea, tropical North and East Australia.

Habitat: Grassy places on mountain slopes,

grassy spaces, lawns, wastelands, roadsides; introduced in many other countries as lawn grass.

Taiwan specimen examined:

KAOHSIUNG: Niaosung Wetland Park, *Ku* 1672, *Dec. 24, 2002* (TNM); Niaosung, *Jung* 2321, *Feb. 04, 2008* (TAIF). **PINGTUNG:** Chienfeng Park, *Yang* 42767, *Jan. 4, 2009* (PPI); Juikuang Park, *Chen* 6930, *Dec. 22, 2011* (TAIE).

Acknowledgements

The authors are grateful to the curators of herbaria HAST, TAI, TAIF and TNM for their kind assistance and allowing us to examine the specimens. This study was sponsored in part by Ministry of Education and Council of Agriculture, R.O.C.

Literature Cited

- Chen, S. L. and S. M. Phillips. 2006. *Polytrias* Hack. In: Z. Y. Wu and P. R. Raven (eds.), *Flora of China*, 22: 592-593. Science Press, Beijing.
- Clayton, W. D. and S. A. Renvoize. 1986. *Genera Graminum, Grasses of the World*. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Hsu, C. C. 2000. *Andropogoneae*. pp. 521-589. In: D. E. Boufford, C. F. Hsieh, T. C. Huang, C. S. Kuoh, H. Ohashi and H. J. Su (eds.), *Flora of Taiwan*. Vol. 5, 2nd edition. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Dept. Bot. National Taiwan University, Taipei.
- Veldkamp, J. F. 1991. *Miscellaneous notes on*

Southeast Asian Gramineae. VI. *Blumea* 36:
179–181.

Watson, L. and M. J. Dallwitz. 1992. *The Grass
Genera of the World*. Cab International,
Wallingford.

