

目錄

白尾鵲換羽模式與年齡性別之判斷.....	蘇美如、林瑞興	287
新歸化的臺灣禾草-大穗孔穎草.....	林哲宇、陳志輝	301
物件式影像分析技術應用於土地覆蓋分類之研究.....	呂明倫	307
臺灣原始觀音座蓮原生地叢枝菌根菌調查研究.....	林子超、朱恩良、翁韶良	321
非洲大蝸牛對東沙島皺紋陸寄居蟹族群結構的影響.....	陳瑞谷	331
臺灣產新紀錄種芒穗網苔.....	姚奎宇、林善雄、楊嘉棟	343
臺灣產芸香科月橘組(<i>sect. Murraya</i>)植物新見.....	許再文、何東輯	349

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

17卷
4期

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

第 17 卷第 4 期 | 中華民國104年10月
Vol.17, No.4 | October 2015





封面圖說／

白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)為臺灣常見留鳥，其外型雖具性別二型性，但其年齡與性別判斷仍有需要注意與釐清之處。(林瑞興 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／方國運
總編輯／許再文

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

何健銘、李麗華、林瑞興、林春富
許再文、陳志輝、張和明、范素璋
詹芳澤、鄭錫奇、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／金恒鏞
出版編輯／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55244民生東路1號
電話／049-2761331 轉 315
網址／<http://www.tesri.gov.tw>
印刷／綠凌興業社
出版日期／中華民國 104 年 10 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 / Kuo-Yun Fang
Editor-in-chief / Tsai-Wen Hsu

Executive Editors /

Jen-Zon Ho, Li-Hua Lee,
Ruey-Shing Lin, Chun-Fu Lin,
Tsai-Wen Hsu, Chih-Hui Chen,
Ho-Ming Chang, Su-Wei Fan,
Fang-Tse Chan, His-Chi Cheng,
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
Publication Editor / Li-Hua Lee
Published by Endemic Species Research Institute
1 Ming-Shen E. Road, Jiji, Nantou 55244,
Taiwan, R.O.C.
Tel: 886-49-2761331 ext. 315
<http://tesri.tesri.gov.tw>

Published Date: October 2015

GPN: 2009900002
ISSN: 2076-6971

Contents

Sexing, Aging and Molt Patterns of White-tailed Robin <i>Cinclidium leucurum montium</i> ...	287
.....Mei-Ru Su and Ruey-Shing Lin	
<i>Bothriochloa macera</i> (Steud.) S.T. Blake, a Newly Naturalized Grass (Poaceae) in Taiwan.....	301
Che-Yu Lin and Chih-Hui Chen	
Land-cover Classification Using Object-based Image Analysis Approach...Ming-Lun Lu	307
Arbuscular Mycorrhizal Fungi in <i>Archangiopteris Somai</i> Habitats.....	321
.....Tzu-Chao Lin, N-Lian Zu and Shau-Lian Wong	
Population Structure of <i>Coenobita rugosus</i> in Dongsha Island and Probable Role of the Invasive Species <i>Achatina fulica</i>	331
Ruei-Gu, Chen	
<i>Syrrhopodon aristifolius</i> Mitt. — a Newly Found Species Taiwan.....	343
.....Kuei-Yu Yao, Shan-Hsiung Lin, Jia-Dong Yang and James R. Shevock	
Notes on <i>Murraya</i> sect. <i>Murraya</i> (Rutaceae) in Taiwan.....	349
.....Jheng-Jhang Li and Ling-Kuang, Tseng	

白尾鵲換羽模式與年齡性別之判斷

Sexing, Aging and Molt Patterns of White-tailed Robin *Cinclidium leucurum montium*

蘇美如 林瑞興*

Mei-Ru Su and Ruey-Shing Lin *

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者：rslin@tesri.gov.tw

* Corresponding author: rslin@tesri.gov.tw

摘 要

野外年齡、性別的判別對鳥類生活史、行為生態及族群動態等生態研究是非常重要的。本研究利用「臺灣鳥類生產力與存活率監測 (The Monitoring Avian Productivity and Survivorship program, Taiwan; MAPS Taiwan)」計畫及其相關活動於 2008-2014 年所蒐集之 178 隻白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)的繫放資料，探討其換羽模式及年齡、性別判斷標準。結果顯示白尾鵲的換羽模式屬「複雜基礎策略(complex basic strategy)」，離巢幼鳥之「後幼鳥換羽(preformative molt)」屬「部分換羽(partial molt)」，二齡鳥於繁殖季後進行一次完全換羽(complete molt)，之後每個換羽周期(一年)進行一次完全換羽。白尾鵲從離巢起即可以由羽色判斷性別。年齡則可以從羽色、頭骨氣室化程度、大覆羽幼鳥羽毛留存、尾長、飛羽及尾羽的色澤與形狀的輔助來分辨一齡、二齡與超過二齡。

Abstract

Sex and age identification in the field are important to the studies of avian ecology, including life history, behavioral ecology, and population dynamics. We used banding data from 178 white-tailed robins (*Cinclidium leucurum montium*) collected in the Monitoring Avian Productivity and Survivorship, Taiwan

(MAPS Taiwan) program and their relative banding activities from 2008 to 2014 to study molt patterns and criteria to determine their age and sex. The results showed that white-tailed robins followed complex basic molt strategy. In the first cycle, juveniles in their first basic plumage underwent a partial preformative molt within weeks after fledging. They entered a second prebasic molt after the breeding season in their second year. Their second and following prebasic molts were complete. Age can be reliably determined as hatch year, second year and after second year based on skull pneumatization, plumages, molt limits and the shape and condition of the great coverts, primaries and rectrices. Since their plumages are sexually dimorphic, individuals with blue in feathers are male. Otherwise, they are female.

關鍵詞：白尾鵪、換羽模式、年齡判斷、性別判斷、繫放

Key words: white-tailed robin, molt pattern, aging, sexing, banding

收件日期：2014 年 11 月 07 日 接受日期：2015 年 09 月 01 日

Received: November 07, 2014

Accepted: September 01, 2015

緒 言

鳥類的生活史、生殖生物學、行為生態及族群動態等研究往往需要年齡及性別的資料 (Limmer and Becker 2007; Reed *et al.* 2008; Swierk *et al.* 2014)，因此年齡與性別判定的資訊對鳥類研究是重要的基礎工作。羽色具性別二型性 (sexual dimorphism) 的鳥種由羽色即可輕易判斷性別，但雌雄羽色同型的鳥種要以目視來判斷性別相對困難。若兩性在形值間具有顯著差異，可藉由測量判定性別。另繁殖季期間，發育後的孵卵斑 (brooding patch) 與泄殖腔 (cloacal protuberance) 的大小與形狀是相當可靠的性別判別依據。鳥類的年齡在個體成熟之後，即很難由外觀明確地判斷，但由離巢至外觀穩定之前，可依據羽毛特徵與質地、頭骨氣室化 (skull pneumatization) 程度、孵卵斑與泄殖

腔形狀、嘴喙顏色、虹膜顏色、體型等特徵，將各鳥種區別為數個年齡層 (Svensson 1992; Pyle 1997; 林等 2014)。

鳥類的羽毛是死的組織，長成後會隨著時間磨損及劣化而失去功能，因此鳥類的羽毛必須周期性地進行更換；不同類別的鳥類更換羽毛的時間、頻率、範圍不盡相同，稱為換羽模式 (molt patterns) (Clark 2004)。由於不同換羽模式及過程產生的羽毛新舊差異及磨損狀態等特徵透露鳥類的年齡 (Froehlich 2009)，因此建立一個鳥種的換羽模式為釐清其年齡判定的基礎 (Broughton *et al.* 2008; Dunn *et al.* 2009; Froehlich 2009)。

Humphrey and Parkes (1959) 將鳥類換羽模式歸納為四種策略：簡單基礎策略 (simple basic strategy, SBS)、複雜基礎策略 (complex basic strategy, CBS)、簡單交替策略 (simple alternate

strategy, SAS) 及複雜交替策略 (complex alternate strategy, CAS)。在 Humphrey and Parkes 換羽模式系統中不看羽色如何變化也不管在何時何地進行換羽，只看每個換羽周期中羽毛更換的次數。簡單地說，採取 SBS 及 CBS 的鳥類，每個換羽周期只換羽 1 次，而採取 SAS 及 CAS 的鳥類，每個周期有 2 次的換羽 (Humphrey and Parkes 1959)。簡單及複雜策略的差別在於有無出現「後幼鳥換羽 (preformative molt)」。「後幼鳥換羽」在鳥類一生中僅會出現 1 次，時間在離巢後數週內就會進行。離巢時幼鳥身上披覆的羽衣稱為「幼鳥羽衣 (juvenal plumage)」，是雛鳥出生後生長的第一套正式的羽衣。「幼鳥羽衣」生長相當快速，目的是讓幼鳥可以很快獲得飛行及保暖的功能，以盡快離巢脫離危險。由於快速長成在質地上較為鬆散脆弱，功能性也較差，因此在幼鳥離巢後幾個禮拜內就會開始進行「後幼鳥換羽」，更換成質地較好的「後幼鳥羽衣 (formative plumage)」 (Howell 2010)。

雀形目 (Passeriformes) 的鳥種多具備有「後幼鳥換羽」 (Howell 2010)，依羽毛全數更換或部分更換分為「完全換羽 (complete molt)」與「部分換羽 (partial molt)」。「部分換羽」通常只進行體羽的更換，尾羽、飛羽及部分翼覆羽不更換，要留存至隔年繁殖季後才進行更換 (Jenni and Winker 1994)。因此「後幼鳥羽衣」中留存之幼羽成為次年春夏季判斷是否為二齡鳥的重要線索。在北半球溫帶地區，多數雀形目鳥類的「後幼鳥換羽」為「部分換羽」，但在熱帶地區狀況則不盡相同 (Radley etc. 2011)。在臺灣雀形目鳥類的換羽模式至今仍未有完整的研究及文獻紀錄。

本研究利用「臺灣鳥類生產力與存活率監測 (The Monitoring Avian Productivity and

Survivorship program, Taiwan; MAPS Taiwan)」計畫 (林 2012) 及其相關活動所蒐集之繫放資料，探討臺灣常見留鳥白尾鵯 (*Cinclidium leucurum montium*) 的換羽模式及年齡性別判斷，以提供鳥類繫放及相關研究者更詳盡的年齡與性別判斷資訊。

材料與方法

物種介紹

繁殖於臺灣本島的白尾鵯 (*Cinclidium leucurum montium*) 為臺灣特有亞種，分布於海拔 2,300m 以下的森林，棲息於林下低枝間或濃密灌叢中，性隱密不易見。在島內有明顯的垂直遷移現象，於繁殖季時遷往較高海拔繁殖，冬季則降遷至低海拔度冬。雌雄鳥體色兩型性，雄鳥全身為藍黑色，前額、肩羽有寶藍光澤；飛羽黑色外緣藍色，尾羽除了中央尾羽全黑外，其他尾羽外瓣基部有面積不等的白斑。雌鳥體羽、飛羽及尾羽均為橄褐色，和雄鳥一樣尾羽基部也有白色斑塊。剛離巢幼鳥則全身覆蓋金黃色鱗斑 (劉等 2012)。

資料來源

本研究運用 MAPS Taiwan 計畫於雲林縣北勢坑、雲林縣湖山、雲林縣湖本、嘉義縣社口林場、台中市烏石坑及南投縣瑞岩等 6 個繫放站，在 2008 - 2014 年所捕獲的 178 隻白尾鵯個體的資料進行分析。樣本的性別、年齡組成、形值資料如附錄 1。

MAPS Taiwan 透過固定努力量繫放站的運作來收集特定地點常見繁殖鳥類族群的生產力與存活率 (宋等 2013)。繫放站運作主要於每年鳥類繁殖季期間，低海拔為 3~8 月，中高海拔為 4~9 月；以固定的週期、網道及捕捉網

時進行鳥類繫放，收集資料包括年齡、性別、繁殖狀態、換羽及各項形值。雲林北勢坑站的繫放週期不同於其他各站，是於 2 月及 9 月各進行一次連續 6 天的密集繫放，除此之外，操作方式與其餘各站相同。有關繫放站運作、年齡性別判別依據及形值測量方法的詳細內容另請參考「臺灣鳥類生產力與存活率監測 2012 工作手冊」(林 2012)。

年齡的定義

本研究年齡區別以新曆1月1日為界，各級年齡的定義分別為：(1)一齡(Hatch Year, HY)：當年出生且飛羽、尾羽羽鞘已完全脫落；(2)超過一齡(After Hatch Year, AHY)：捕捉當時至少已過第一個新曆1月1日(二齡或更老)；(3)二齡(Second Year, SY)：捕捉當時前一年出生的鳥；(4)超過二齡(After Second Year, ASY)：捕捉當時至少已過第二個新曆1月1日(三齡或更老)。

換羽模式判定

白尾鵪換羽模式的判定是利用 MAPS Taiwan 優先檢視項目的「體換羽」及「飛羽換羽」資料來審視其各年齡層的換羽週期、發生時間及換羽範圍，以歸納出其換羽模式及「後幼鳥換羽」為完全或部分換羽。如果離巢幼鳥的飛羽、大覆羽或尾羽在「後幼鳥換羽」結束後仍以幼鳥羽毛留存，則白尾鵪的「後幼鳥換羽」屬部分換羽，反之，則為完全換羽。由於白尾鵪剛離巢幼鳥的體羽、翼覆羽(包括大覆羽)末端密布金黃色斑點，因此在完成「後幼鳥換羽」後，大覆羽幼羽留存與否可以由羽毛末端是否有金黃色斑點來判斷。

性別及年齡間形值差異

形值差異有時可作為年齡與性別判定的

參考(林 2013)。本研究將白尾鵪依據性別與年齡分為以下 6 群：(1) 一齡雄鳥(HYM)；(2) 一齡雌鳥(HYF)；(3) 二齡雄鳥(SYM)；(4) 二齡雌鳥(SYF)；(5) 超過二齡雄鳥(ASYM)；(6) 超過二齡雌鳥(ASYF)，並以 ANOVA 檢定不同性別年齡群間，於自然翼長(wing length)、尾長(tail length)、體重(body weight)、全頭長(head length)與跗蹠長(tarsus length)等形值的平均數是否有顯著差異，具顯著差異者，再以 Tukey's test 進行兩兩群體間平均值差異顯著性的檢定。

結 果

換羽模式

在繁殖季初及中期(3-6月)絕大多數超過一齡白尾鵪並未進行換羽。7月份，即繁殖期中後期幼鳥開始離巢，則已有50%超過一齡個體在進行全身性的「繁殖後換羽(postbreeding molt)」(n=18)，飛羽換羽比例最高在8月(75.0%，n=8)，9月已有部分超過一齡個體完成飛羽換羽，故比例開始降低(35.3%，n=17)，另9月體換羽比例達到最高點(82.4%，n=17)(圖2)。幼鳥(一齡)於5月開始有捕捉紀錄，7月幼鳥出現明顯的「後幼鳥換羽」，57%的幼鳥有體換羽(n=7)，並同樣於9月達體換羽的高點(85.0%，n=20)(圖1)。由換羽紀錄發現幼鳥僅進行體換羽，並無更換飛羽與尾羽，因此確定白尾鵪的「後幼鳥換羽」為「部分換羽」。另由於在一年的週期中，幾乎所有的超過一齡的白尾鵪僅在繁殖後進行換羽，且為全身性，因此白尾鵪的換羽模式屬於CBS策略。

由於白尾鵪的「後幼鳥換羽」屬「部分換羽」，因此在「繁殖後換羽」開始前大覆羽是否有幼羽留存，即大覆羽末端是否有黃色斑點，成為判斷個體年齡的重要依據之一(圖 2)。

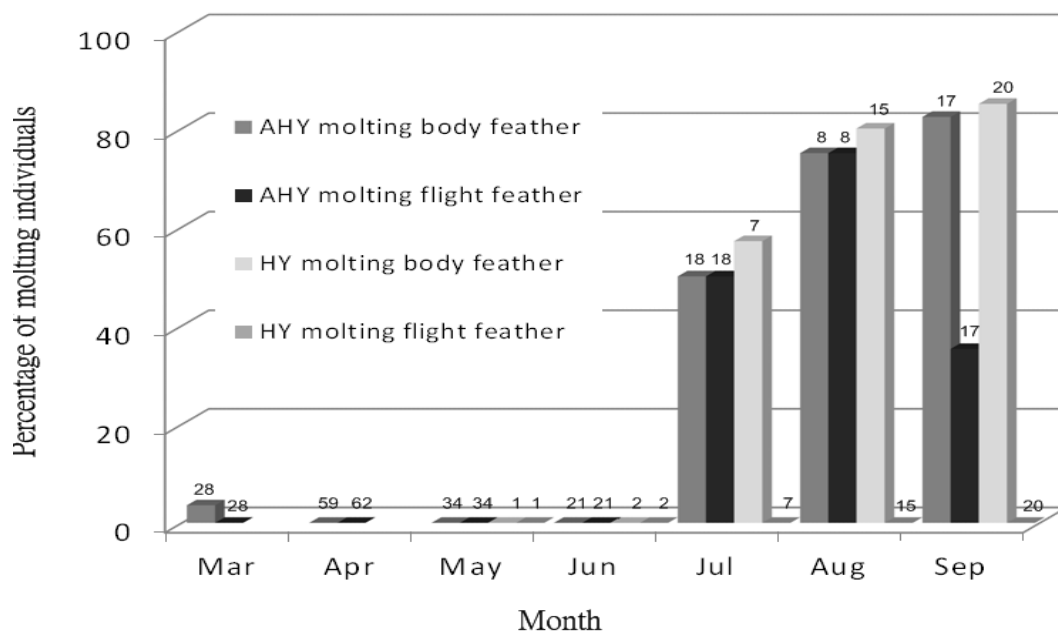


圖 1. 一齡(HY)及超過一齡(AHY)白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)進行體換羽、飛羽換羽個體數占當月繫放總捕捉個體數的百分比。柱狀圖上方數字為該月份各類別捕獲數量。

Fig. 1. The percentage of individuals with molting flight or body feathers in each month in hatch year (HY) and after-hatch year (AHY) white-tailed robins (*Cinclidium leucurum montium*). The numbers above the bars denote the total number of observations in each group.

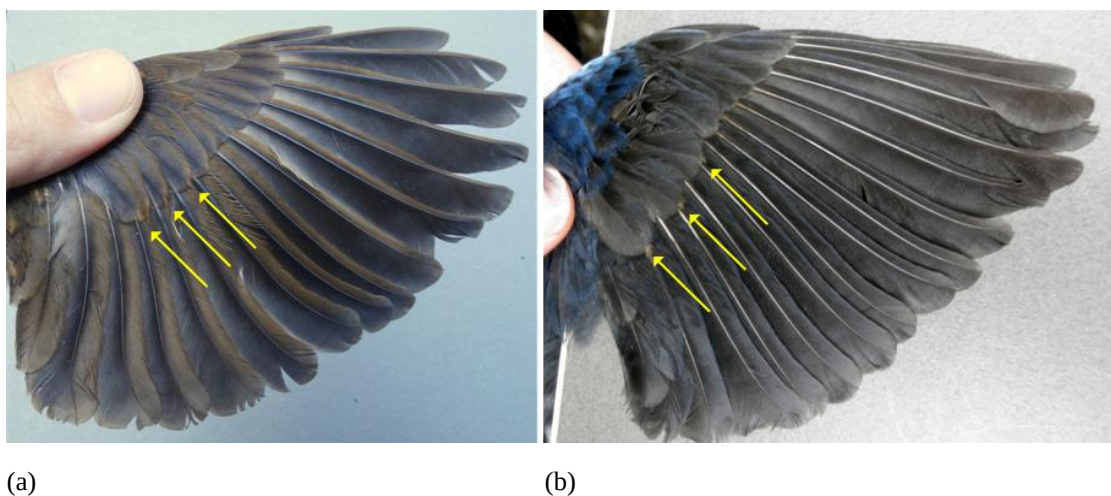


圖 2. 白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)經後幼鳥換羽後留存的大覆羽幼羽 (箭頭所示)。(a)雌鳥；(b)雄鳥。

Fig. 2. Retained juvenile greater coverts (arrow pointed) in individuals of white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*) after preformative molt. (a) female, (b) male.

性別、年齡間的形值差異

自然翼長在性別年齡群間有顯著差異 (ANOVA, $p < 0.05$)，不管在哪個年齡層，雄鳥翼長均顯著大於雌鳥 (Turkey's test, $p < 0.001$)，另超過二齡雄鳥的翼長顯著長於二齡雌鳥 (Turkey's test, $p < 0.05$) (圖 3)。尾長在性別年齡群間也有顯著差異 (ANOVA, $p < 0.05$)，不管哪個年齡層雄鳥尾長均顯著大於雌鳥 (Turkey's test, $p < 0.001$)，另超過二齡雄鳥的尾長則顯著比一齡及二齡雌鳥的尾長要長 (Turkey's test, $p < 0.01$) (圖 4)。體重部份，在性別年齡群間亦有顯著差異 (ANOVA, $p < 0.05$)，兩兩比較發現一齡雄鳥平均體重最重，顯著大於各年齡層雌鳥 (Turkey's test, $p < 0.05$)；二齡雌鳥體重最輕，顯著小於各年齡層雄鳥 (Turkey's test, $p < 0.05$) (圖 5)。全頭長

及跗蹠長的形值在性別年齡群間則沒有顯著差異。

由前述結果來看，雄鳥尾長為一可供年齡判斷參考的形值。一齡與尚未進行「繁殖後換羽」的二齡雌鳥的尾羽均為幼鳥羽毛，其長度分別為 67.0 ± 2.1 mm 及 65.7 ± 2.6 mm，且最大值均在 70mm 以下。而判斷為超過二齡的雄鳥，其尾羽為至少完成第 2 次基礎換羽 (second prebasic molt) 後的羽毛，其平均長度為 71.0 ± 4.1 mm，且 77% 的個體長度超過 70mm。故雄白尾鵯的尾羽長度可以 70mm 為分界，在「繁殖後換羽」之前超過 70 mm 非常可能為超過二齡，小於 70mm 則有可能為一齡或二齡。因此在繁殖季前期判斷雄鳥年齡時 (二齡或超過二齡)，除了大覆羽的幼羽留存線索，尾長可為輔助依據。

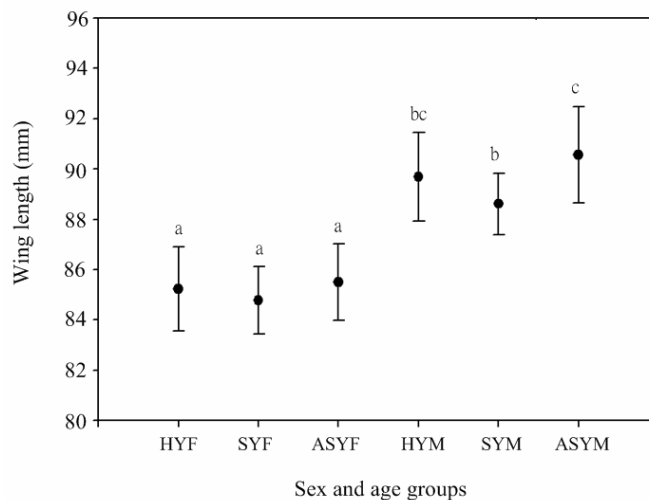


圖 3. 白尾鵯 (*Cinclidium leucurum montium*) 不同性別、年齡群的平均翼長與標準差。HYF = 一齡雌鳥；SYF = 二齡雌鳥；ASYF = 超過二齡雌鳥；HYM = 一齡雄鳥；SYM = 二齡雄鳥；ASYM = 超過二齡雄鳥。不同年齡、性別群無相同小寫字母表示兩兩平均值差異顯著 (Turkey's test, $p < 0.05$)。

Fig. 3. Mean and standard deviation of wing length of white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*) in different sex and age groups. HYF, SYF, ASYF, HYM, SYM, and ASYM represent hatch year female, second year female, after second year female, hatch year male, second year male and after second year male group, respectively. The groups with different characters indicate that there was a significant difference from each other in mean values using Turkey's test.

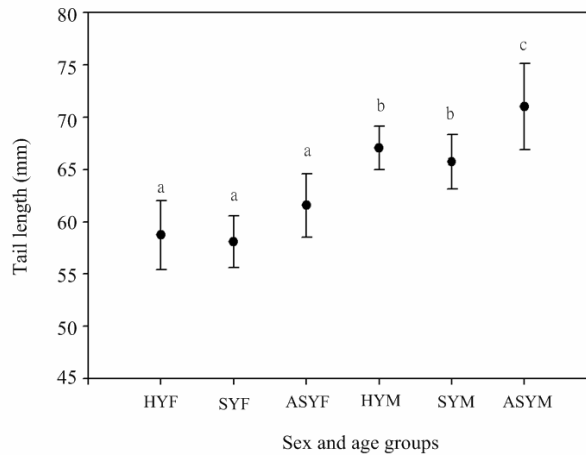


圖 4. 白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)不同性別、年齡群的平均尾長與標準差。HYF = 一齡雌鳥；SYF = 二齡雌鳥；ASYF = 超過二齡雌鳥；HYM = 一齡雄鳥；SYM = 二齡雄鳥；ASYM = 超過二齡雄鳥。不同年齡、性別群無相同小寫字母表示兩兩平均值差異顯著(Turkey's test, $p < 0.05$)。

Fig. 4. Mean and standard deviation of tail length of white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*) in different sex and age groups. HYF, SYF, ASYF, HYM, SYM, and ASYM represent hatch year female, second year female, after second year female, hatch year male, second year male and after second year male group, respectively. The groups with different characters indicate that there was a significant difference from each other in mean values using Turkey's test.

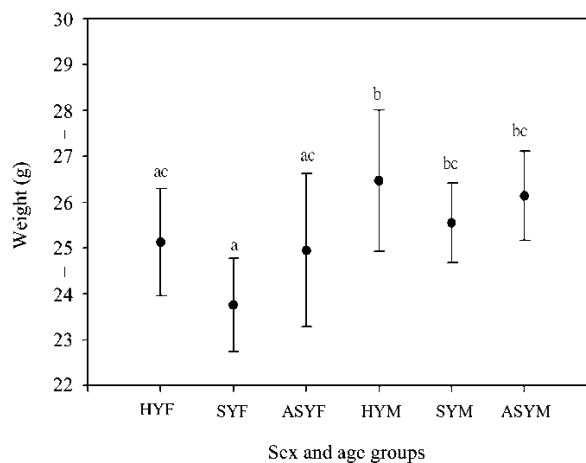


圖 5. 白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)不同性別、年齡群的平均體重與標準差。HYF = 一齡雌鳥；SYF = 二齡雌鳥；ASYF = 超過二齡雌鳥；HYM = 一齡雄鳥；SYM = 二齡雄鳥；ASYM = 超過二齡雄鳥。不同年齡、性別群無相同小寫字母表示兩兩平均值差異顯著(Turkey's test, $p < 0.05$)。

Fig. 5. Mean and standard deviation of body weight of white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*) in different sex and age groups. HYF, SYF, ASYF, HYM, SYM, and ASYM represent hatch year female, second year female, after second year female, hatch year male, second year male and after second year male group, respectively. The groups with different characters indicate that there was a significant difference from each other in mean values using Turkey's test.

年齡判別

依據前述資料，白尾鵪年齡可區別為一齡、二齡及超過二齡。各個年齡層判斷依據及方式如下：

一齡

主要判斷依據：幼鳥羽色、頭骨未完全氣室化、大覆羽幼羽留存。

指出生到當年 12 月 31 日。白尾鵪的幼鳥體羽及翼覆羽密布金黃色斑點，與經「後幼鳥換羽」後的個體截然不同。針對已完成「後幼鳥換羽」的個體，可由頭骨氣室化程度及大覆羽是否有幼羽留存來判別。頭骨氣室化不完全及大覆羽有幼羽留存均可明確判斷為一齡。在年末部分幼鳥頭骨氣室化已經完成，若發現大覆羽有幼羽留存的現象，則仍屬一齡。

二齡

主要判斷依據：大覆羽幼羽留存、尾羽長度<70mm(雄鳥)。

二齡是指出生年的隔年 1 月 1 日至 12 月 31 日。二齡鳥頭骨多已氣室化完成，大覆羽末端是否有殘存的金黃色斑點為年齡主要的判斷依據(圖 1)。在「繁殖後換羽」啟動前可以依據幼羽留存來判斷二齡，但進入「繁殖後換羽」後，由於屬幼羽留存的大覆羽將被更換掉，即無法依據大覆羽判斷是否為二齡鳥，此時若頭骨已完全氣室化且無大覆羽幼羽留存，應判定為超過一齡。要注意的是，大覆羽末端的黃色斑點偶而會因磨損而不易看見，因此在檢視時要特別仔細。另尾羽長度小於 70 mm 也可以作為雄鳥二齡判斷的輔助。此外，屬幼鳥羽毛的飛羽及尾羽的顏色、形狀與其他週期的有差別，經第二次基礎換羽後的飛羽及尾羽羽色較為深黑、羽毛

末端形狀較寬平、尾羽白斑範圍較大(圖 6b, 6d)；同部位幼鳥羽色偏褐、尾羽末端形狀凸圓、尾羽白斑範圍較小(圖 6a, 6c)。能夠參考的輔助證據越多，就越能提高年齡判斷的準確度。

超過二齡

主要判斷依據：大覆羽無幼羽留存、尾羽長度>70mm(公鳥)。

指出生後經過第二個 1 月 1 日。在繁殖季前期，由白尾鵪大覆羽的幼羽留存可以判斷是否為二齡，反之，在 1 月 1 日至「繁殖後換羽」前檢視大覆羽末端並沒有黃色斑點，則代表其至少是前年出生，可以判定其為超過二齡。另尾羽長度大於 70 mm 也可以作為雄鳥判斷年齡超過二齡的輔助。飛羽及尾羽的顏色及形狀同樣是參考依據。進入「繁殖後換羽」時期，由於二齡大覆羽幼羽已更換，因此無法斷定為二齡鳥或超過二齡，僅能判為超過一齡。

性別判別

由於白尾鵪雌雄鳥羽色為二型性，故從羽色即可判別性別，稍有疑慮的是剛離巢的幼鳥。白尾鵪雌雄幼鳥羽衣皆密布金黃色斑點，但幼鳥性別間除了體型差異外(主要為翼長及尾長的差異)，飛羽及尾羽顏色已有明顯的差別，雄鳥飛羽為黑色，外緣藍色；雌鳥飛羽則為褐色，外緣黃褐。此外，雖然雌雄幼鳥體羽皆為密布金黃色斑點的褐色，但是雄幼鳥體羽的褐色明顯較雌幼鳥為深(圖 7)。因此一齡幼鳥雌雄的判別由羽色就能夠加以區分。為利快速判定，另整理白尾鵪年齡與性別判定圖像式之歸納及摘要說明如圖 8。

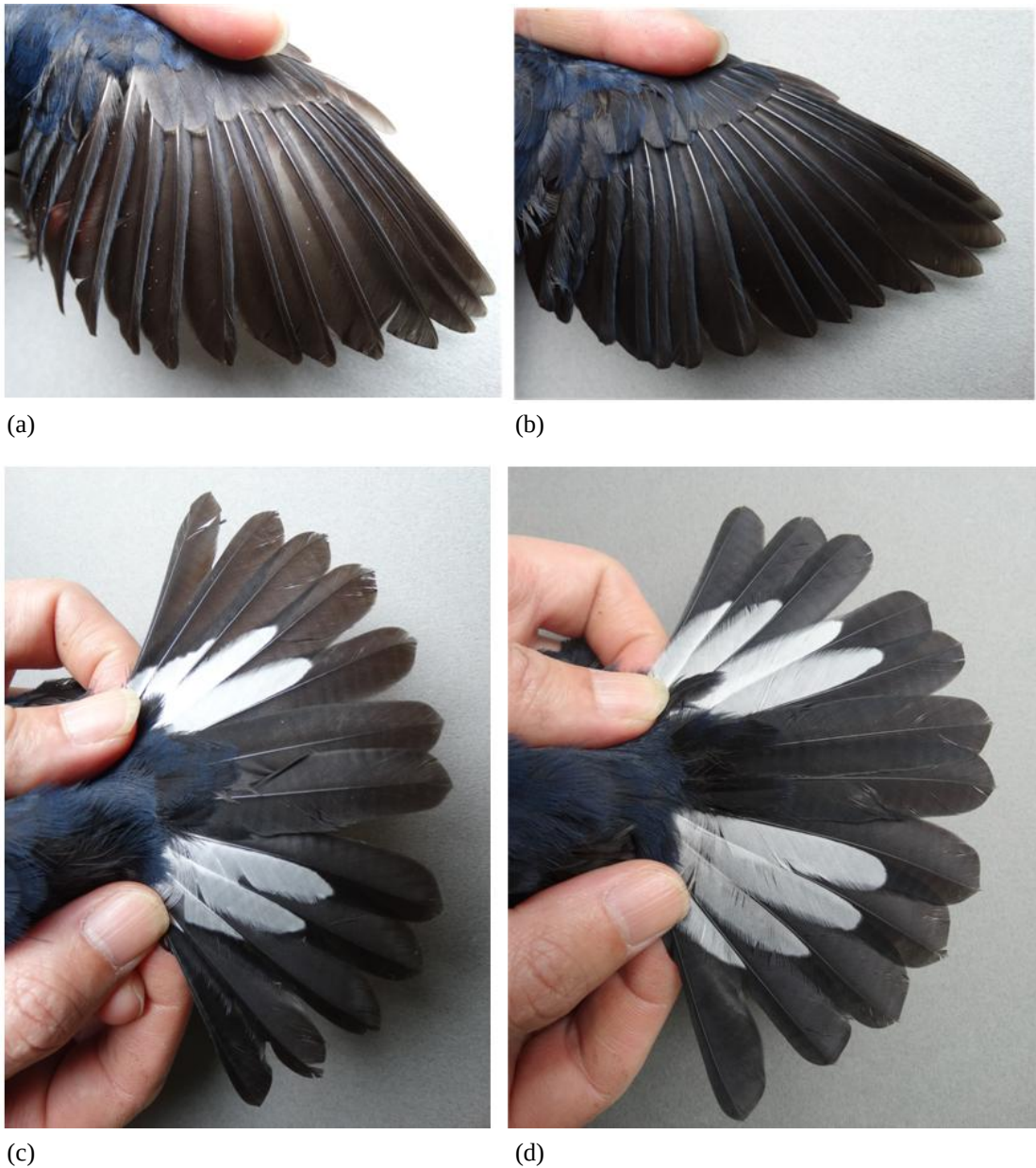


圖6. 白尾鳴(*Cinclidium leucurum montium*)經後幼鳥換羽後一齡鳥與成鳥(第二次基礎換羽後)飛羽、尾羽的外形比較。(a)幼鳥飛羽；(b)成鳥飛羽；(c)幼鳥尾羽；(d)成鳥尾羽。

Fig. 6. Comparisons of hatch year (after preformative molt) and adult (after second basic molt) flight and tail feathers of white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*). (a) Juvenal flight feathers; (b) Adult flight feathers; (c) Juvenal tail feathers; (d) Adult tail feathers.

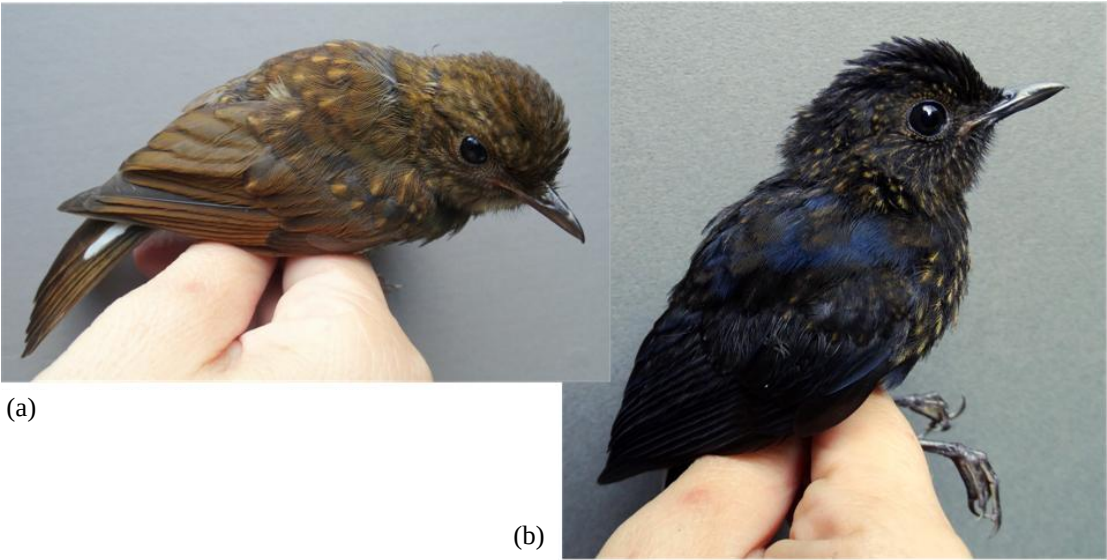


圖7. 白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)雌雄幼鳥羽色差異比較。(a)雌鳥；(b)雄鳥。
Fig. 7. A comparison between male and female juvenal plumage of white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*). (a) female; (b) male.

實際年齡	一齡鳥		二齡鳥		三齡鳥
羽衣	幼鳥羽衣	後幼鳥換羽	後幼鳥羽衣	繁殖後換羽	最終(成鳥)羽衣
判斷年齡	一齡鳥		二齡鳥	超過一齡 (>1)	超過二齡 (>2)
判斷依據	頭骨氣室化未完全 幼鳥羽毛 大覆羽幼羽留存		大覆羽幼羽留存 尾羽長度<70mm(限♂) 飛羽尾羽末端窄尖 尾羽白斑面積較小	頭骨氣室化完全 無大覆羽幼羽留存	頭骨氣室化完全 無大覆羽幼羽留存 尾羽長度>70mm(限♂) 飛羽尾羽末端寬平 尾羽白斑面積較大
說明	通常7月份幼鳥開始大量離巢，12/31前為一齡鳥，跨年後即為二齡。		7月繁殖後換羽開始之前，可以由大覆羽幼羽留存知道是去年出生，判為二齡。		7月繁殖後換羽開始，幼羽換掉便無法判出二齡，但至少是去年以前出生，判超過一齡(=二齡以上)。
捕捉月份	7	1/1	7	1/1	7

圖8. 白尾鵲(*Cinclidium leucurum montium*)換羽模式及年齡判斷簡表。
Fig. 8. A summary of molt patterns and age determination in white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*).

討 論

白尾鵪分布於喜馬拉雅山區中部及東部、阿薩姆、緬甸、華中、中南半島、泰國東南部、海南島及臺灣(劉等 2012)，全球族群數量雖略有下降，但仍屬普遍，故在 IUCN 紅皮書上被列為無危(least concern)等級(BirdLife International 2014)。然而，其基礎生態研究仍相當有限，本文首度針對白尾鵪的換羽模式、年齡與性別判斷進行深入的探討。

白尾鵪屬於雀形目(Passeriformes)鶇科(Muscipidae)(劉等 2012)。鶇科的換羽模式多屬 CBS 或 CAS 類型，而「後幼鳥換羽」多為「部分換羽」(Howell 2010)。雀形目的「後幼鳥換羽」是在幼鳥離巢後不久即開始進行，如果是部分換羽則僅進行體羽部分的更新，初級及次級飛羽不更換，另翼覆羽、三級飛羽、尾羽則可能與體羽同時更換或者不更換(Jenni and Winkler 1994)。本研究確認白尾鵪的「後幼鳥換羽」與多數已知鶇科類似，亦屬「部分換羽」，且並未發現「繁殖前換羽」現象，故其換羽模式屬 CBS 類型。

由於白尾鵪的「後幼鳥換羽」確認為「部分換羽」，因此在適當時間，可以根據飛羽、尾羽及翼大覆羽的幼羽留存與否來判別二齡及超過二齡鳥。但在以大覆羽留存的幼羽(羽末端具金黃色斑點)來判定時須注意，幼羽質地本來就比較脆弱，且經過至少半年以上的使用，大覆羽羽緣的黃斑有可能因磨損而消失，故必須仔細檢視，並輔以尾長、飛羽質地、形狀等特徵來判別。另外，有些經第二次基礎換羽後的成鳥大覆羽會因為磨損較嚴重而呈現淡色羽緣，容易與幼羽的黃色斑點誤判。兩者的差別在於，幼羽留存的黃色斑點為倒三角形，羽軸也是黃褐色，而磨損造

成的淡色斑則羽軸不會呈現黃褐色，僅羽緣部分淡色。大覆羽的幼羽末端黃斑是相當穩定的特徵，但曾發現 1 隻一齡雄鳥的大覆羽末端並無黃斑，不過這樣的個體是極為少數的。

白尾鵪的性別判斷相對容易，從羽色即可判別，僅幼鳥羽衣時期的一齡鳥稍有疑慮。Renner and Rappole (2011)曾描述 4 只來自緬甸東北克欽(Kachin)的白尾鵪幼鳥，除稱有淺色(light)與暗色(dark)型之外，亦稱未見有性別二型性現象。但本研究所觀察之白尾鵪雌雄幼鳥羽衣，雖與 Renner and Rappole (2011)採集之標本相似，皆密布金黃色斑點，但發現雌雄幼鳥間除體型差異外，飛羽及尾羽顏色已有明顯差別，雄鳥飛羽為黑色，外緣藍色，雌鳥飛羽則為褐色，外緣黃褐。此外，雄幼鳥體羽的褐色明顯較雌幼鳥為深(圖 7)，故 Renner and Rappole (2011)對白尾鵪幼鳥的描述，可能因觀察數量不足而有誤，或至少不適用於臺灣的族群。

白尾鵪普遍分布於臺灣中低海拔山區，活動於森林底層且有固定的領域範圍，是進行鳥類族群長期監測非常理想的指標鳥種。MAPS Taiwan 即是一個於臺灣各地布設繫放站並以固定努力量(constant-effort)來監測不同海拔及棲地特性下，雀形目鳥類族群生產力及年間存活率變異的公民科學(citizen science)計畫(林 2012)，白尾鵪即是中海拔的重要指標鳥種。本研究是 MAPS Taiwan 計畫的成果之一，透過繫放資訊的彙整與分析，同時提升繫放員判斷鳥類性別及年齡的能力與準確度，強化資料的後續應用價值。

謝 誌

本研究由衷感謝 MAPS Taiwan 所有夥伴的長期努力與付出，特別是維持各繫放站運作的站長，胡登雄、許惠吟、陳士訓、陳嘉宏、吳麗蘭、蔡佑澤、張仁川、賴佳郎等，以及許多於假日前往繫放站參與的志工夥伴，謹此一併致謝。另感謝林務局南投林區管理處、嘉義大學社口林場、特有生物研究保育中心低海拔(烏石坑)及高海拔試驗站(合歡山)等提供繫放站場地及行政支援。

引用文獻

- 宋心怡、陳嘉宏、陳士訓、蘇美如、許惠吟、胡登雄、吳麗蘭、蔡佑澤、張仁川、吳世鴻、林瑞興。2013。臺灣鳥類生產力與存活率監測(MAPS Taiwan) - 2012 年度報告。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，南投。
- 林瑞興、蘇美如、陳嘉宏。2014。雀形目鳥類年齡及性別判斷簡介。自然保育季刊 84: 34-41。
- 林瑞興。2012。臺灣鳥類生產力與存活率監測 2012 工作手冊。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。2012。台灣鳥類誌第二版(中)。行政院農業委員會林務局。
- BirdLife International. 2014. Species factsheet: *Cinclidium leucurum*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 06/11/2014.
- Broughton, R. K., and S. A. Hinsley. 2008. Ageing and sexing marsh tits *Poecile palustris* using wing length and moult. Ringing & Migration 24: 88-94.
- Clark, G. A., Jr. 2004. Form and function: the external bird. In: S. Podulka, R. Rohrbaugh, Jr., and R. Bonney (eds). Handbook of Bird Biology, 2nd edition. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA.
- Dunn, J. C., and C. Wright. 2009. Ageing and sexing the yellow hammer *Emberiza citrinella caliginosa* during the non-breeding season. Ringing & Migration 24: 240-252.
- Froehlich, D. 2009. Ageing North American landbirds by molt limits and plumage criteria. A photographic companion to the identification guide to North American Birds, Part I. Slate Creek Press, Bolinas, California, USA.
- Howell, S. N. G. 2010. Peterson reference guide to molt in North American birds. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, New York, USA.
- Humphrey, P. S., and K. C. Parkes. 1959. An approach to the study of molts and plumages. Auk 76:1-31.
- Jenni, L., and R. Winkler. 1994. Molt and ageing of European passerines. Academic press limited, London, UK.
- Limmer, B., and P. H. Becker. 2007. The relative role of age and experience in determining variation in body mass during the early breeding career of the common tern (*Sterna hirundo*). Behavioral Ecology and Sociobiology 61:1885-1896.
- Pyle, P. 1997. Identification guide to North American birds, Part I. Slate Creek Press,

Bolinas, California, USA.

Radley, P., A. L. Crary, J. Bradley, C. Carter, and P. Pyle. 2011. Molt patterns, biometrics, and age and gender classification of landbirds on Saipan, Northern Mariana Islands. *The Wilson Journal of Ornithology* 123:588-594.

Reed, E. T., G. Gauthier, R. Pradel, and J. D. Lebreton. 2008. Age and environmental conditions affect recruitment in greater snow geese. *Ecology* 84:219-230.

Renner, S. C., and J. H. Rappole. 2011. Description of first basic plumage for three muscicapid species found in the southeastern sub-Himalayan foothills, with notes on their taxonomy and ecology. *Ornithological Monographs* 70:142-152

Svensson, L. 1992. Identification guide to European passerines. Mirstatryck, Stockholm, Sweden.

Swierk, L., S. P. Graham, and T. Langkilde. 2014. The stress of scramble: sex differences in behavior and physiological stress response in a time-constrained mating system. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 68:1761-1768.

附錄 1. 白尾鵪(*Cinclidium leucurum montium*)不同性別、年齡群各項形值統計資料。(長度單位：mm；體重單位：g)

Appendix 1. Feature statistic values of white-tailed robin (*Cinclidium leucurum montium*) in different sex and age groups. (Length in mm; weight in g)

Age	Sex	Measurement	n	Mean	Std. Dev.	Median	Min	Max
Hatch Year	Female	Wing length	13	85.2	1.7	85.5	82.0	88.0
		Tail length	12	58.7	3.3	60.0	51.0	63.0
		Body weight	13	25.1	1.2	25.0	23.2	27.0
		Head length	13	37.9	1.8	38.3	32.2	39.4
		Tarsus length	13	27.1	1.7	27.3	22.1	28.5
	Male	Wing length	23	89.7	1.8	90.0	86.0	92.5
		Tail length	23	67.0	2.1	66.8	63.0	70.0
		Body weight	23	26.5	1.5	26.5	22.8	29.0
		Head length	23	39.0	0.8	39.0	37.6	40.6
		Tarsus length	23	28.9	0.7	28.9	27.2	30.3
Second Year	Female	Wing length	10	84.8	1.3	84.5	83.0	87.5
		Tail length	10	58.1	2.5	57.5	55.0	62.0
		Body weight	10	23.8	1.0	23.5	22.5	26.0
		Head length	10	38.5	0.8	38.5	37.2	39.7
		Tarsus length	10	27.8	0.8	28.0	26.6	29.3
	Male	Wing length	10	88.6	1.2	88.8	87.0	90.0
		Tail length	10	65.7	2.6	65.6	62.0	69.0
		Body weight	10	25.6	0.9	26.0	24.0	26.5
		Head length	10	39.3	0.5	39.5	38.5	39.8
		Tarsus length	10	28.5	1.1	28.4	27.1	29.9
After Second Year	Female	Wing length	17	85.5	1.5	85.3	82.7	88.0
		Tail length	17	61.6	3.0	60.8	54.0	66.0
		Body weight	17	25.0	1.7	24.5	22.8	28.2
		Head length	17	39.3	1.2	39.3	37.1	42.0
		Tarsus length	16	27.8	0.9	27.6	26.2	29.7
	Male	Wing length	22	90.6	1.9	91.2	87.0	93.7
		Tail length	22	71.0	4.1	72.0	62.0	78.0
		Body weight	22	26.1	1.0	26.5	23.9	27.8
		Head length	22	39.1	1.0	39.3	37.3	40.6
		Tarsus length	22	28.5	1.0	28.5	26.1	30.3

Bothriochloa macera (Steud.) S.T. Blake, a Newly Naturalized Grass (Poaceae) in Taiwan

新歸化的臺灣禾草-大穗孔穎草

Che-Yu Lin¹ and Chih-Hui Chen²

林哲宇¹ 陳志輝^{2,*}

¹ Shei-Pa National Park Headquarters, Dahu, Miaoli, Taiwan

² Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

¹ 雪霸國家公園管理處 苗栗縣大湖鄉富興村水尾坪 100 號

² 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路 1 號

*Corresponding author: chchen@tesri.gov.tw

*通訊作者: chchen@tesri.gov.tw

Abstract

A newly naturalized grass species, *Bothriochloa macera* (Steud.) S. T. Blake, was found in central Taiwan recently. This species can be easily distinguished from the native *Bothriochloa* species by the obvious circular pit on the lower glume. The key to species of the genus *Bothriochloa* and a description of this newly naturalized grass with line drawing for identification are provided in this article.

摘要

近日於中臺灣發現新歸化物種：大穗孔穎草，該物種可依據小穗外穎顯著圓孔構造與其他孔穎草屬物種區別。本文提供此物種描述、手繪圖以及臺灣孔穎草屬之檢索表供鑑定。

Key Words: *Bothriochloa macera*, Poaceae, Taiwan

關鍵字：大穗孔穎草、禾本科、臺灣

Received: March 13, 2015

Accepted: September 01, 2015

收件日期：2015 年 03 月 13 日

接受日期：2015 年 09 月 01 日

Introduction

The genus *Bothriochloa* Kuntz (Poaceae: Andropogoneae) comprises about 30 species that mainly distribute throughout the tropics and subtropics (Chen and Phillips 2006). *Bothriochloa* is closely related to the genera *Capillipedium* and *Dichanthium*. Rachis internodes and pedicels with translucent longitudinal groove are the most useful and diagnostic characters to identify *Bothriochloa* from these two genera. Another special character is lower glume with circular pit that can be found in certain species of this genus. In Taiwan, three species were recorded previously (Hsu 1975,

1978; Hsu 2000).

Recently, a newly naturalized species, *Bothriochloa macera* (Steud.) S.T. Blake was found in Miaoli County. This species is native to eastern Australia and often occurs in tablelands and slopes, especially in overgrazed grasslands. *B. macera* can be easily distinguished from other species in *Bothriochloa* by the slender habit, larger spikelet and circular pit on the lower glume.

This article provides a description of *B. macera* with its line drawings and a key to species of genus *Bothriochloa* in Taiwan for identification.

Key to species of *Bothriochloa* in Taiwan

1. Main axis of inflorescence shorter than lower racemes; inflorescence of digitate racemes.
 2. Sessile spikelets 3-4 mm long; lower glume of sessile spikelets without pit on back. *B. ischaemum*
 2. Sessile spikelets 5-6.5 mm long; lower glume of sessile spikelets with one pit on the back. *B. macera*
1. Main axis of inflorescence longer than lower racemes; inflorescence a panicle.
 3. Branches of panicle simple, rarely lower ones once divided, usually pedunculated. *B. intermedia*
 3. Branches of panicle 4~8-divided. *B. glabra*

Taxonomic Treatment

Bothriochloa macera (Steud.) S. T. Blake,
Proc. Roy. Soc. Queensland 80: 64–65. 1969;
Jessop *et al.*, Grasses of South Australia. 510.
2006. 大穗孔穎草 Fig. 1

Andropogon macer Steud., Syn. Pl. Glumac.
1: 371. 1854.

Perennials, tufted. Culms geniculately ascending, slender, 20-70 cm tall, glabrous, culm nodes glabrous. Leaf sheaths surface glabrous, joint between sheath and blade glabrous or bearded. Ligule a ciliate membrane, 1-1.5 mm long. Blades mainly basal, linear, flat, 5-15 cm long, 2-5 mm wide, margins scaberulous, apex acuminate, surface glabrous or sparsely pilose. Inflorescence of digitate racemes, contracted, 3-5 cm long. Raceme 3-5, erect or ascending, straight, pubescent at base. Peduncle of raceme glabrous. Rachis fragile, flattened, margins ciliate, internodes linear. Spikelets paired, one sessile and one pedicellate at each node, dimorphic. Pedicels linear, flattened, with a translucent longitudinal groove, margins ciliate. Sessile spikelets bisexual, deciduous with the adjacent rachis internode and pedicel, dorsally compressed, 5-6.5 mm long, with 2 florets, lower floret reduced and sterile, upper floret fertile. Callus hairy. Lower glume narrowly lanceolate, as long as spikelet, 5-6.5 mm long, chartaceous, slightly concave and with 1 pit, 7-9-veined, 2-keeled on the upper part, keels not winged, hispidulous on keels, surface moderately pilose

below the middle, apex acute, awnless. Upper glume scaphoid, as long as spikelet, 5-6.5 mm long, subcoriaceous, midvein keeled, glabrous or hispidulous on keels, surface glabrous, margins smooth, apex acuminate, awnless. Lower florets present but reduced, barren, epaleate. Lower lemma lanceolate, 3-3.5 mm long, membranous, surface glabrous, margins smooth, apex acute, awnless. Lower palea absent. Upper lemma linear, 3 mm long, membranous, surface glabrous, awned, awn geniculate, arising from apex, 15-25 mm long, column twisted. Upper palea absent or minute. Anthers 3, 1-1.5 mm long. Pedicellate spikelets reduced and sterile, much reduced to minute stump. Caryopsis glabrous, dorsoventrally compressed, elliptic, 3 mm long.

Distribution: Native in Australia: South Australia, Queensland, New South Wales, Victoria, Tasmania, and Norfolk. Naturalized in New Zealand (Edgar and Connor 2000).

Habitat: Tablelands and slopes, especially in overgrazed grasslands.

Note: The scientific name, *Bothriochloa macra*, used in the original publication was invalid.

Examined Taiwan specimen: MIAOLI: Tahu, Chen 7080 & Chen 7169 (TAIE).

Literature cited

- Blake, S. T. 1969. Taxonomic and nomenclatural studies in the Gramineae, No. 1, Proceedings of the Royal Society of Queensland, 80: 55-84.
- Chen, S.-L. and S. M. Phillips. 2006.

- Bothriochloa* Kuntze. In: Wu, Z. Y. and P. R. Raven (eds.), *Flora of China*, Vol.22, Science Press, Beijing. pp. 607-609.
- Edgar, E. and H. E. Connor. 2000. *Flora of New Zealand* Vol. V. Gramineae. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand. 650 pp.
- Hsu, C.-C. 1975. *Taiwan Grasses*. Taiwan Provincial Education Association, Taipei. 884 pp.
- Hsu, C.-C. 1978. 26. Gramineae (Poaceae). In: Li, H.-L., T.-S. Liu, T.-C. Huang, T. Koyama and C. E. Devol (eds.). *Flora of Taiwan*, Vol. 5. Epoch Publishing Co., Taipei. pp 373-784.
- Hsu, C.-C. 2000. 26. GRAMINEAE (POACEAE). In: Huang, T.-C., D. E. Boufford, C.-F. Hsieh, C.-S. Kuoh, H. Ohasi and H.-J. Su, editors. *Flora of Taiwan* Second Edition, Vol. 5. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Dept. Bot. National Taiwan University, Taipei. pp 318-319.
- Jessop, J., G. R. M. Dashorst and F. M. James. 2006. *Grasses of South Australia: an illustrated guide to the native and naturalized species*. Wakefield Press, Kent Town. 554 pp.
- Steudel, E. G. 1854. *Synopsis Plantarum Glumacearum* Vol. 1. J.B. Metzler, Stuttgart. 475 pp.



Fig. 1. *Bothriochloa macera* (Steud.) S. T. Blake.

A. habit; B. part of raceme; C-G: sessile spikelet: C. lower glume; D. upper glume; E. lower lemma; F. upper lemma (basal part); G. upper lemma (with apical awn); H. pedicelled spikelet with pedicel; I. pedicelled spikelet; J. anthers; K. lodicule; L. caryopsis.

物件式影像分析技術應用於土地覆蓋分類之研究

Land-cover Classification Using Object-based Image Analysis Approach

呂明倫*

Ming-Lun Lu*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者：alan@tesri.gov.tw

*Corresponding author: alan@tesri.gov.tw

摘 要

物件式影像分析(object-based image analysis, OBIA)為一種以物件式為影像分類基礎的新技術，近幾年已有潛力取代以像元為分類基礎的傳統式技術。本研究應用大地衛星(Landsat)影像搭配 OBIA，進行恆春半島土地覆蓋分類之研究，首先，設定適當的尺度門檻，將影像分割為各自獨立的物件，再從各物件中挑選訓練樣區，作為最近相鄰演算法的基礎運算樣本，進而執行全區的影像分類，此外，也使用傳統式的最大概似分類法(maximum likelihood classification, MLC)，比較兩種分類方法之成效。影像分類完成後，根據 770 個地面檢核點產生各土地覆蓋類型之混淆矩陣表並評估分類準確度，經評估結果發現，OBIA 整體的準確度明顯優於 MLC，且兩者之間具有顯著性的統計差異，綜合結果顯示，從衛星影像的觀測尺度，OBIA 更有利於獲取更豐富地物特徵及空間分布格局，特別是在植被類型上的應用。

Abstract

Object-based image analysis (OBIA) is increasingly viewed as a more valid classification method than the traditional pixel-based method in recent years. In order to make comparisons of the two methods, in this study we applied OBIA with a Landsat image to implement land-cover classification in the Hengchun Peninsula of Taiwan. The OBIA approach involved segmentation of image data into objects at an agreeable scale level. Then objects were categorized using training set and the nearest neighbor algorithm. On the other hand, pixel-based classification was used in a maximum likelihood (MLC) algorithm. An accuracy assessment on both classifications using confusion matrices were undertaken based on 770 reference sites. A comparison of the results demonstrated a statistically significantly higher overall accuracy with OBIA over the MLC. The results suggest that OBIA can satisfactorily extract land information and explicit spatial patterns, and in particular vegetation from satellite imagery.

關鍵詞：大地衛星影像、恆春半島、分割、最近相鄰演算法、準確度評估

Key words: Landsat image, Hengchun Peninsula, segmentation, nearest neighbor algorithm, accuracy assessment

收件日期：2015 年 03 月 24 日 接受日期：2015 年 09 月 01 日

Received: March 24, 2015

Accepted: September 01, 2015

前 言

光學影像分類為遙測學裡一項重要的應用技術，簡言之，該技術就是利用衛星影像上所記錄的地表光譜反射強度訊號，以適當的數學與統計演算，對不同的影像資訊進行歸類，以及賦予其名目屬性，其過程可將原本含有複雜資訊的衛星影像，轉化為簡單易懂並具有實質地理意義的主題圖，可應用的層面甚廣，如土地利用變遷、都市發展計劃及天然災害監測等(Yuan *et al.* 2005；Jacquin *et al.* 2008；呂及何 2013)。以往傳統常用的影像分類方法多以像元

為分類基礎，由特定的數學或統計模式，將影像上的像元進行分群歸類，分類依據多著重於影像中光譜反射值的分析，最常見者即監督性的最大概似分類法(maximum likelihood classification, MLC)，惟真實世界中的地物組成複雜，傳統式的分類方法往往會因異質同譜或同質異譜等問題出現鹽椒效應(salt-and-pepper effect)，導致分類的準確度不盡理想。

物件式影像分析(object-based image analysis, OBIA)是一種以物件為分類基礎的方法，也是近代影像分類技術研發的主軸(Blaschk 2010)，其最主要目地便是排除傳統式

分類常出現的鹽椒效應(Blaschke *et al.* 2000)，不同於傳統式的分類法，OBIA 技術分為兩個階段，第 1 步為影像分割(image segmentation)，將影像上具有同質性的相鄰像元，組合成影像物件，影像會如同被分割成一個個的物件般，爾後再執行第 2 步影像分類，即針對各個物件的光譜反射值、紋理、顏色與形狀進行分類演算，因此，相較於傳統式的分類法，更有利於不同地物特徵的辨別，且可有效克服鹽椒效應(Liu and Xia 2010；Kim *et al.* 2011)，特別是組成較複雜的自然環境，有許多研究案例業已證實，OBIA 確實有助分類準確度的提升(Whiteside *et al.* 2011；Ouyang *et al.* 2011；Dronova *et al.* 2012)。

鑑於物件式分類技術的優勢，國內應用於地物特徵分類的研究有愈來愈多的趨勢(鄭等 2008；黃等 2010；丁及官 2012)，但卻少數著重於自然環境上，本研究選擇以天然植被為主要背景的恆春半島作為試驗區，藉由中級解析力的大地衛星(Landsat)影像，進行該區土地覆蓋類型的分類，研究目標計有：一、利用 OBIA 技術進行影像分割與影像分類；二、比較物件類與傳統式分類方法之準確度差異；三、探討分類後恆春半島之空間資訊特徵，期研究成果可提供土地使用與自然資源經營管理之參考。

材料與方法

一、研究區概述

恆春半島範圍為楓港溪至達仁一線以南，如圖 1 所示，陸域面積近 60,000 ha，區域內涵蓋 5 個鄉鎮，即獅子、牡丹、車城、滿州鄉及恆春鎮。地形以低山與丘陵台地為主，最高峰里龍山海拔高度為 1,062 m。據中央氣象

局恆春測候站氣象資料可知，本區年溫差不大，1 月最冷，平均氣溫為 20.5℃；7 月最熱，平均氣溫為 28.3℃。年降雨量在 2,000~3,500 mm 之間，分布於 5 至 10 月，11 月起因受東北季風(俗稱落山風)影響，平均降雨量逐漸下降(100 mm 以下)，至翌年 4 月氣候較為乾燥，因此，本研究區域內(尤其西半部)，可明顯區分乾、濕兩種季節，屬熱帶季風型氣候。據臺灣第 3 次森林資源調查資料指出，地質主要由中新世地層(盧山層、長樂層與樂水層)所組成，岩層組成以硬頁岩、板岩、千枚岩、沙岩與頁岩為主，化育之土壤為石質土、崩積土與黃紅色或黃棕色之黃壤。

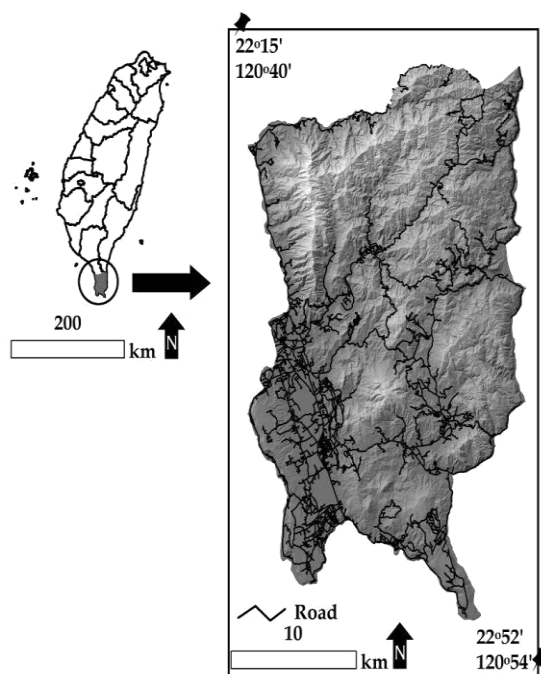


圖 1. 研究區地理位置圖。

Fig. 1. Location of the studied area.

二、研究方法

(一) 資料準備

本研究的流程如圖 2 所示，首先，由美國國家地質調查所(United States Geological Survey)網站下載清晰、雲霧少及且已完成幾何糾正(level 1T)之 Landsat 5 衛星影像，影像拍攝日期為乾季(2007 年 2 月 27 日)，每一像元符合地面取樣距離(ground sampling distance, GSD)30 m。影像取得後，利用暗值像元去除法(dark-object subtraction)減少影像受大氣散射的干擾(Chavez 1988)；超圓方向餘弦轉換法(hyperspherical direction cosine transformation)消除部份地形變異與大氣散射之雜訊(謝及鄭 1995)。此外，由瑞竣科技公司之雲端服務平台(RiChi GIS Cloud)蒐集 2007 年份之福爾摩沙衛星 2 號(Formosat 2)融合影像(GSD=2 m)，以及利用全球衛星定位系統(global positioning system, GPS)進行各種土地覆蓋類型之實地調查，時間為 2006 至 2008 年之累積資料，作為分類過程中訓練樣區(training set)建立與準確度評估之參考資料。

依據前人研究成果與現地觀察，本研究所定義的土地覆蓋類型如表 1，其中植被方面因恆春半島東北半邊為人煙少之自然環境，植被鬱閉度相對較為完整，以樟科、殼斗科及桑科植物為主；西、南半邊因受乾季與東北季風之影響，植被半落葉性的銀合歡(*Leucaena leucocephala*)與黃荊(*Vitex negundo*)為優勢，參雜相思樹(*Acacia confuse*)、克蘭樹(*Kleinhovia hospital*)、黃豆樹(*Albizia procera*)與苦楝(*Melia azedarach*)等伴生種(蘇及蘇，1988；劉等，2006；劉及曾，2007)，因此，植被類型可分為「鬱閉植被(closed vegetation)」、「半落葉植被(semi-deciduous vegetation)」，以及兩者混淆，無法從影像上明確區分之「混淆植被(mixed

vegetation)」。另尚有光譜反射特徵相仿的「建地/裸地(built-up/bare land)」與乾季的「草地/休耕地(grass/fallow)」，以及特徵明顯之「農地(farmland)」與「水體(water)」等，共計有 7 種土地覆蓋類型，採用 eCognition 9 物件分析軟體進行 OBIA 之演算，該軟體由德國 Definiens Imaging 公司所開發。

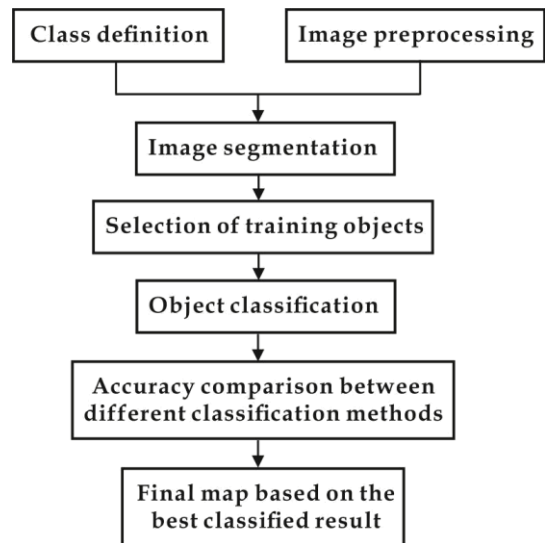


圖 2. 研究流程圖。

Fig. 2. Workflow of this study.

表 1. 本研究所分類之土地覆蓋類型

Table 1. Description of the land-cover classification in the study

Classified class	Description
Closed vegetation	Vegetation is generally stable and has a dense canopy of trees with interlocking branches.
Semi-deciduous vegetation	Most of the vegetation canopy shows partial loss of foliage during the dry season of the year.
Mixed vegetation	Mixed closed and secondary vegetation.
Built-up/bare land	Building, road, beach and rock. Mixed built-up and bare land.
Grass/fallow	Herbaceous, shrub and fallow during the dry season of the year. Mixed grass and fallow.
Farmland	Paddy and dry farming.
Water	Reservoirs, lakes and coastal water.

(二) 影像分割

影像分割技術係將影像中各像元顏色(光譜反射量)與構成的形狀特徵,重新分割成許多同質的物件,最常用的技術為多尺度分割法(multiresolution segmentation),其為一種由下而上聚合(bottom-up)的像元區域合併(region-merging)技術,換言之,單一像元依據尺度(scale)、顏色與形狀參數,逐漸合併相鄰近似的像元,直到不超過所設定的尺度為止,所謂的尺度是指可容忍像元異質性(homogeneity criterion)的最高上限,與影像本身的解析力有關,當選擇的尺度門檻愈高,所能容忍的異質性則愈高,產生的物件也就愈大,而異質性可由式 1 表示

(Benz *et al.* 2004; Tian and Chen 2007):

$$\begin{aligned}\Delta h &= (1 - w_{\text{shape}})\Delta h_{\text{color}} + w_{\text{shape}}\Delta h_{\text{shape}}; \\ w_{\text{color}} &\in [0,1], w_{\text{shape}} \in [0,1]; \\ w_{\text{color}} + w_{\text{shape}} &= 1\end{aligned}\quad (1)$$

式中 Δh 為異質性; w 為權重參數, Δh_{color} 與 Δh_{shape} 可由式 2 及式 3 求解

$$\Delta h_{\text{color}} = \sum_{i=1}^N w_i \left[\begin{array}{c} n_{\text{merge}}\sigma_{i,\text{merge}} \\ -(n_{\text{obj1}}\sigma_{i,\text{obj1}} + n_{\text{obj2}}\sigma_{i,\text{obj2}}) \end{array} \right] \quad (2)$$

式中 N 為衛星影像之波段總數; w_i 為第 i 個波段之權重; n_{merge} 為物件合併後之像元總數; n_{obj1} 與 n_{obj2} 分別為物件 1 與物件 2 之像元總數; σ_i 為第 i 個波段之物件標準偏差。

$$\Delta h_{\text{shape}} = w_{\text{compt}} \Delta h_{\text{compt}} + (1 - w_{\text{compt}}) \Delta h_{\text{smooth}} \quad (3)$$

式 3 中 Δh_{shape} 是由物件的平滑度(smoothness)與緊密度(compactness)所構成，分別以 Δh_{compt} 與 Δh_{smooth} 表示，可由式 4 及式 5 求解：

$$\Delta h_{\text{smooth}} = n_{\text{merge}} \frac{l_{\text{merge}}}{b_{\text{merge}}} - \left(n_{\text{obj1}} \frac{l_{\text{obj1}}}{b_{\text{obj1}}} + n_{\text{obj2}} \frac{l_{\text{obj2}}}{b_{\text{obj2}}} \right) \quad (4)$$

$$\Delta h_{\text{compt}} = n_{\text{merge}} \frac{l_{\text{merge}}}{\sqrt{n_{\text{merge}}}} - \left(n_{\text{obj1}} \frac{l_{\text{obj1}}}{\sqrt{n_{\text{obj1}}}} + n_{\text{obj2}} \frac{l_{\text{obj2}}}{\sqrt{n_{\text{obj2}}}} \right) \quad (5)$$

以上二式中 l 為物件之週長； b 為物件之邊界盒(bounding box)。

(三) 影像分類

影像分割後之物件可作為分類基本單元，本研究利用最近相鄰(nearest neighbor)演算法進行影像分類步驟，該法為一種具監督性之模糊(fuzzy)分類法，須先從影像中選取各土地覆蓋類型之物件作為訓練樣區，再針對每一欲分類物件搜尋特徵空間(feature space)內最接近訓練樣區特徵者，作為歸屬何種類型之依據，假設某一物件之特徵值最接近 A 類型之訓

練樣區，則可將該物件歸類為 A 類型，運算式如下(Clark and Evans 1954)：

$$d = \sqrt{\sum_f \left[\frac{v_f^{(s)} - v_f^{(o)}}{\sigma_f} \right]^2} \quad (6)$$

式中 d 為訓練樣區物件 s 與影像物件 o 之特徵距離； $v_f^{(s)}$ 為特徵 f 之訓練樣區物件特徵值； $v_f^{(o)}$ 為特徵 f 之影像物件特徵值； σ_f 為特徵 f 之特徵值標準偏差。應用於影像分類中，特徵 f 為光譜波段；特徵值則表示光譜之反射值或灰度值。

為比較 OBIA 與傳統式影像分類方法之效果，本研究另參考 Formosat 2 影像與 GPS 資料，於影像中建立表 1 各類型之訓練樣區，並用美國 ERDAS 公司所開發的 ERDAS IMAGINE 2010 軟體進行像元基礎分類方法中，最常使用的 MLC 進行演算，以比較兩種方法分類結果之準確度，MLC 運算式如下(Erdas 1999)。

$$D = \ln(a_c) - \left[0.5 \ln(|\text{Cov}_c|) \right] - \left[0.5 (X - M_c)^T (\text{Cov}_c^{-1}) (X - M_c) \right] \quad (7)$$

式中 D 為權重距離， c 為欲分類之某一類型， X 為像元之量測向量， M_c 為 c 分類群之平均向量， a_c 為 c 先驅機率， Cov_c 為 c 分類群像元值共變異數矩陣， $|\text{Cov}_c|$ 為 Cov_c 行列式， Cov_c^{-1} 為 Cov_c 逆矩陣， T 為轉換函數(矩陣代數運算子)。

(四) 準確度評估

影像分類完成後之主題圖，針對各土地覆蓋類型，依分層逢機法共抽取 770 個檢核樣點，每一樣點參考 Formosat 2 影像與實地 GPS 資料，逐點比對分類正確或錯誤，產生混淆矩陣表(confusion matrix)，計算生產者(producer accuracy, PA)、使用者(user accuracy, UA)、總體準確度(overall accuracy, OA)及 Kappa 統計值(Congalton 1991)等指標(式 8~11)，用以評估分類後的準確度。

$$PA = \sum_{i=1}^r X_{ii} / \sum_{i=1}^r X_{i+} \quad (8)$$

$$UA = \sum_{i=1}^r X_{ii} / \sum_{i=1}^r X_{+i} \quad (9)$$

$$OA = \sum_{i=1}^r X_{ii} / N \quad (10)$$

$$Kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})} \quad (11)$$

式中 N 為檢核樣點數； X_{ii} 為誤差矩陣表中第 i 行 i 列土地覆蓋類型之樣點數(對角線上的樣點數)； X_{i+} 為誤差矩陣表中第 i 列之樣點數總和； X_{+i} 為誤差矩陣表中第 i 行之樣點數總和； r 為誤差矩陣表中之列數。不同分類方法的比較，可利用 Z 檢定瞭解 Kappa 統計值是否具顯

著性差異，計算式如下(Congalton *et al.* 1983)：

$$Z = \frac{\hat{K}_1 - \hat{K}_2}{\sqrt{\hat{\sigma}_{K_1}^2 + \hat{\sigma}_{K_2}^2}} \quad (12)$$

式中 $\hat{K}_1$ 與 $\hat{K}_2$ 為不同分類方法所得之 Kappa 統計值； $\hat{\sigma}_{K_1}^2$ 與 $\hat{\sigma}_{K_2}^2$ 為不同分類方法所得之 Kappa 統計值標準差，可由式(13)求解：

$$\hat{\sigma}_K^2 = \frac{1}{N} \frac{\theta_1(1-\theta_1)}{(1-\theta_1)^2} + \frac{2(1-\theta_1)(2\theta_1\theta_2 - \theta_3)}{(1-\theta_2)^3} + \frac{(1-\theta_1)^2(\theta_4 - 4\theta_2)^2}{(1-\theta_1)^4} \quad (13)$$

其中 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 與 θ_4 計算式分別為式 14~17：

$$\theta_1 = \sum_{i=1}^r \frac{X_{ii}}{N} \quad (14)$$

$$\theta_2 = \sum_{i=1}^r \frac{X_{i+} X_{+i}}{N^2} \quad (15)$$

$$\theta_3 = \sum_{i=1}^r \frac{X_{ii}(X_{i+} + X_{+i})}{N^2} \quad (16)$$

$$\theta_4 = \sum_{i=1}^r \frac{X_{ii}(X_{i+} + X_{+i})^2}{N^3} \quad (17)$$

在顯著水準等於 5% 的標準下，若 Z 值計算結果大於理論值 1.96，則表示兩種方法之分類準確度達顯著性差異。

結 果

eCognition 9 軟體之影像分割作業中，可提供「尺度」、「顏色/形狀」與「平滑度/緊密度」等 3 種參數來產生物件，因遙測影像中的地物特徵主要是由光譜反射差異所構成，因此，異質性的設定上偏重於顏色的差異，「顏色/形狀」設定為 0.8:0.2；為避免分割物件過於

平滑或尖銳另，「平滑度/緊密度」設定為 0.5:0.5，至於「尺度」方面，則參考不同參數大小對物件分割的結果來決定，本研究測試 5、10、15 與 20 等 4 種參數，當參數設定為 5 時，會產生許多碎塊狀物件，設定為 15 及 20 時，物件面積均過大，會混合不同的影像元素，使同質性降低，經觀察發現，尺度定於 10 最為適當，可將影像中明顯有差異的地物特徵作有效區分，因此，以此分割結果作為影像分類之基本單元(圖 3)。

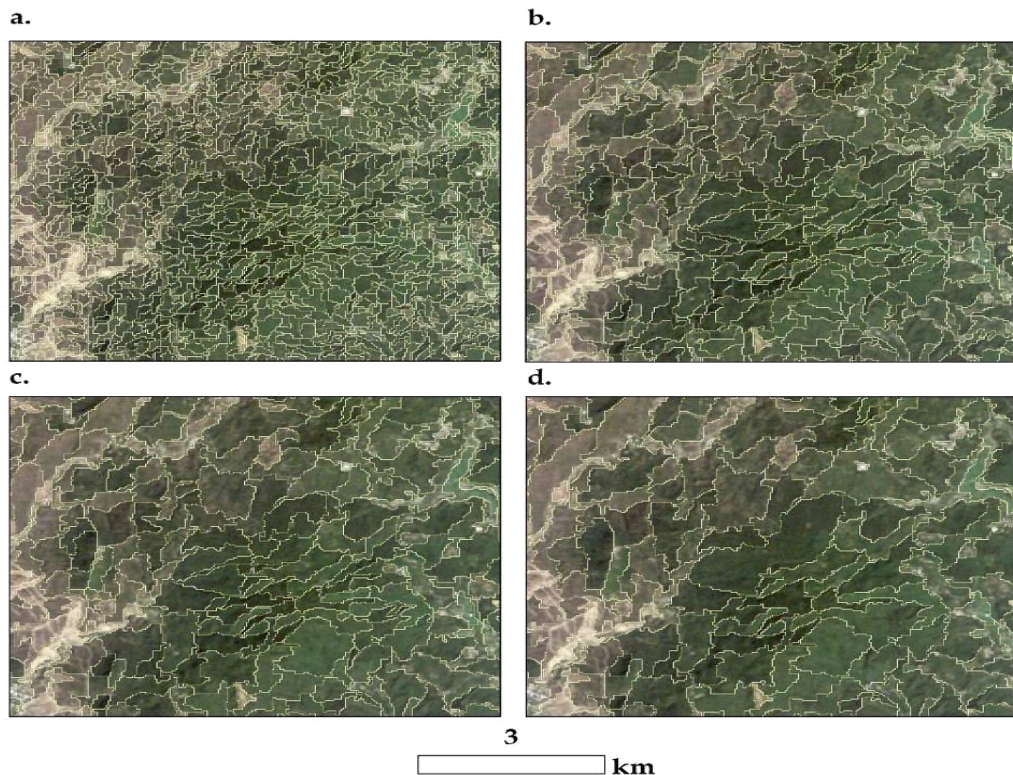


圖 3. 由 Landsat 影像上進行不同尺度之影像分割範例，(a) scale=5、(b) scale=10、(c) scale=15 與(d) scale=20。

Fig. 3. Examples of the image segmentation output for the Landsat image at scale values (a) 5, (b) 10, (c) 15 and (d) 20.

針對影像分割後之物件進行土地覆蓋類型之分類，同時也進行傳統式的 MLC 分類，分類完成後的準確度如表 2 所示，總體來看，OBIA 之 OA (84.02%)高於 MLC (79.87%)，從各別的類型來看，OBIA 的 PA 與 UA 各介於 72~95%及 80~95%之間，MLC 則略低，大約介於 70~92% (PA)及 76~93% (UA)，其中植被類型以混淆植被的 UA 差異最大(約 9%)，其次為鬱閉植被(近 8%)，表示 OBIA 可改善 3 種植被類型間誤判的情況，然而，仍以其他非植被的土地覆蓋類型準確度較高，大體而言，OBIA 的分類效果優於傳統式的分類方法。進一步以 Kappa 統計值之 Z 檢定瞭解兩種方法是否達顯著性差異，結果如表 3，OBIA 的 Kappa 統計值為 0.81，高於 MLC 的 0.75，用以比較兩者的 Z 值計算結果為 3.44，遠大於顯著水準 5%

的理論值 1.96，因此，無論是分類準確度常用的指標，或者經嚴謹的統計分析均顯示 OBIA 的分類結果較佳。

利用 OBIA 的分類結果主題圖，經計算後可獲得研究區各類型面積所占比例，如圖 4 所示，恆春半島之地景以植被類型為主要，其中鬱閉植被分布最廣，約占 63%，其餘由高至低依序為草地/休耕地(11%)、半落葉植被(10%)、混淆植被(9%)、建地/裸地(5%)、農地(1%)與水體(<1%)。空間分布的特徵上，鬱閉植被多分布於海拔較高的東半邊，反觀，面積其次的半落葉植被分布於海拔相對平緩的西半邊，且多數的區塊與西南側的建地/裸地及草地/休耕地形成鑲嵌，而混淆植被屬鬱閉與半落葉兩種植被之推移帶，分布較為零散，配合道路圖的套疊發現，有多數區塊恰坐落於道路的周邊(圖 5)。

表 2. 不同分類方法之準確度評估結果

Table 2. Comparison of accuracy assessment results between different classification methods

Classified class	OBIA		MLC	
	PA (%)	UA (%)	PA (%)	UA (%)
Closed vegetation	87.50	80.53	79.70	77.03
Secondary vegetation	78.68	80.45	72.33	76.16
Mixed vegetation	72.09	86.11	70.09	76.53
Built-up/bare land	85.50	84.85	84.88	82.02
Grass/fallow	94.87	92.50	91.67	88.71
Farmland	89.80	81.48	86.61	80.83
Water	89.74	94.59	86.36	92.68
Overall accuracy (%)	84.03		79.74	

OBIA=object-based image analysis; MLC=maximum likelihood classification; PA=producer's accuracy; UA=user's accuracy

表 3. 物件式影像分析與最大概似分類法之 Z 檢定結果

Table 3. Comparison of statistics from Z-test for OBIA and MLC

Method	Kappa statistic	Z-value for Kappas	p-value
OBIA	0.81	3.44	<0.0005
MLC	0.75		

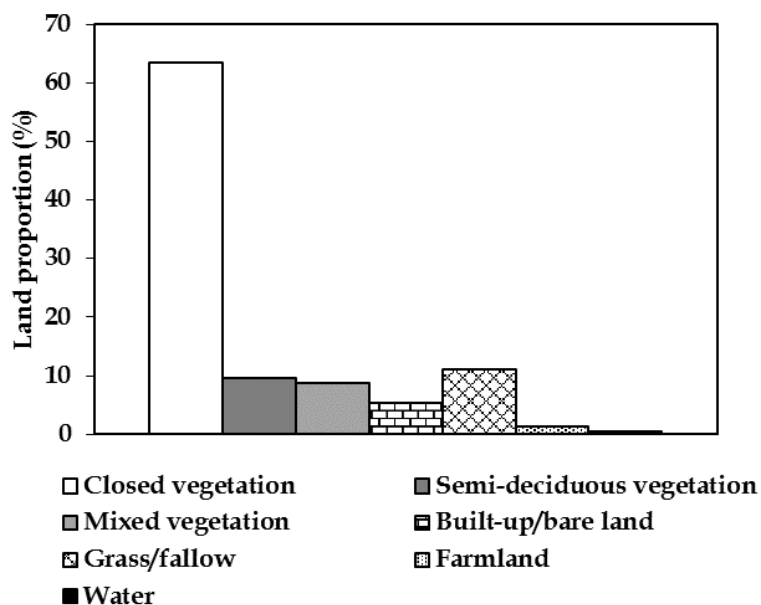


圖 4. 根據物件式影像分析結果計算出土地覆蓋類型之面積百分比。

Fig. 4. Land proportion of land-cover categories within study site according to OBIA.

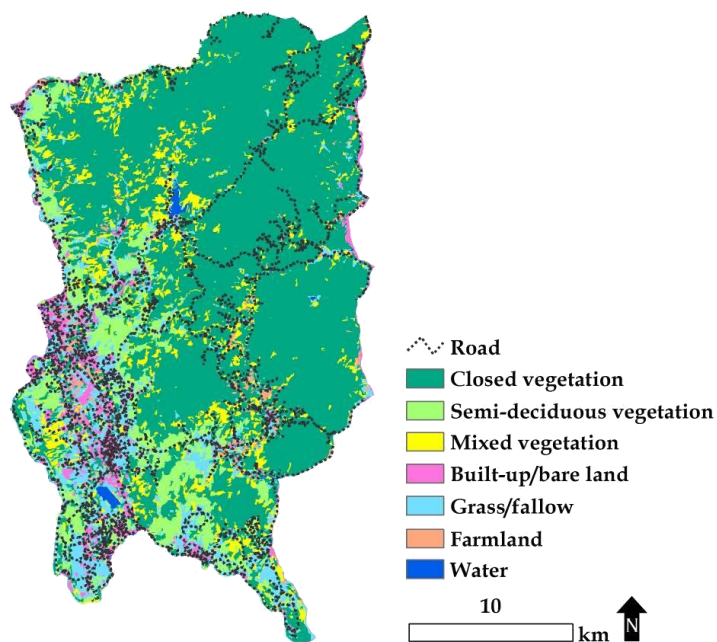


圖 5. 物件式影像分析結果圖。

Fig. 5. Resultant map of OBIA.

討 論

採用 Landsat 影像進行土地覆蓋的分類，經由 OBIA 之影像分割與分類的演算後發現，該方法確實比傳統式的 MLC 提升了更高的分類準確度，尤其是植被類型間的區別性，因混淆植被含有鬱閉與半落葉植被的成分，像元的組成較為複雜，以 MLC 分類往往會構成鹽椒效應，反觀，經 OBIA 的影像分割處理後(圖 3)，各物件依像元特徵作適當的群組歸類，可降低鹽椒效應並提升植被分類的準確度平均約 5% (表 2)，另在統計的標準上，整體的準確度也產生顯著的差異性(表 3)，該成果亦與其他有關植被分類的研究相仿(Whiteside *et al.* 2011; Dronova *et al.* 2012)，由此可知，以中級解析力的 Landsat 衛星影像萃取植被空間分布，物件式基礎的分類技術會比傳統式更具有潛力。

OBIA 雖改善了植被間的準確度，惟平均仍以其他非植被類型的分類效果較佳(表 2)，歸咎分類誤差之來源，乃因植被類型的組成複雜，使衛星影像中存有許多的光譜混合像元，常無法將其作有效的區分，另一種原因為衛星影像與地面檢核資料取得的時間不一致，引起潛在性的誤差，尤其本研究區有大面積的落葉性植被，如銀合歡與黃荊於乾、濕季間，會因環境因子的改變，造成與其他樹種之光譜反射特徵混淆(呂等 2008)，提升準確度的方法，除選用其他 GSD 較高的衛星影像重新分類外，亦可參考年代相近的高解析圖資進行手動編修，改善衛星影像無法有效區分的像元(Johansen and Phinn 2006; Noonan and Chafer 2007)。

由 OBIA 的分析結果可獲得恆春半島各土地覆蓋類型之面積大小與分布概況(圖 4 及

5)，植被類型中，半落葉與混淆植被面積占近 20%，並且許多的區塊都鄰近以人工構成的土地覆蓋類型(建地/裸地及草地/休耕地)與道路系統，參考相關的地理資訊圖資(鍾及呂 2006；呂等 2009；Lu *et al.* 2013)，半落葉植被內的組成以外來種—銀合歡為優勢，而混淆植被亦有多處被銀合歡或其他外來種占據，如小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)、香澤蘭(*Chromolaena odorata*)與刺軸含羞木(*Mimosa pigra*)等(劉及郭 2010)，因此，此兩種植被的分布區域除有人為干擾的壓力外，亦為外來種入侵的潛在地。值得注意的是，東半邊雖是以鬱閉植被為主要的自然環境，然而，有一些成破碎狀的混淆植被分散於其中，並且坐落於道路的周邊(圖 5)，該區位因有較多的孔隙及邊緣地帶，最適宜好光性與繁殖力強的銀合歡或其他外來種入侵(Watkins *et al.* 2003；呂及鍾 2007；呂等 2009)，本研究建議未來應多重視該區原生植被與生物多樣性的長期演變。

結 論

本研究之目標係探討以中級解析力之 Landsat 衛星影像，進行土地覆蓋的分類，研究成果可獲得以下重要結論：一、物件式分類法之分類準確度明顯優於傳統式的分類法，尤其是在各植被類型的分類上平均可增進約 5% 的準確度；二、所製作之分類主題圖顯示，半落葉與混淆植被面積占恆春半島近 20%，多處地點位於人為干擾及外來種入侵的潛在地，必要時可針對重要據點建立長期監測計畫。總體而言，以物件式為基礎的技術，對於土地覆蓋的分類上有更高的發展潛力，相對亦可對土地與自然環境的經營管理提供更多幫助，建議未

來可規劃更多元的分類體系，藉由 OBIA 搭配高解析力的衛星影像，製作更豐富的主題圖。

謝 誌

本研究承行政院農業委員會科技計畫「104 農科-13.9.3-子-W1」之經費補助；林業試驗所森林經營組之空間規劃研究室，提供影像處理軟體供分析使用，特此致謝。

引用文獻

- 丁亞中、官群倫。2012。物件導向多尺度分割之探討－以裸露地分類為例。地圖 22: 49-62。
- 呂明倫、何健鎔。2013。烏石坑地區受天然災害引起之地景變遷分析。台灣生物多樣性研究 15: 275-285。
- 呂明倫、黃靜宜、鍾玉龍。2009。恆春半島銀合歡入侵分佈之動態與區位分析。航測及遙測學刊 14: 1-9。
- 呂明倫、葉慶龍、鍾玉龍、謝依達。2008。墾丁國家公園四種優勢植群之地面光譜分析。航測及遙測學刊 13: 479-488。
- 呂明倫、鍾玉龍。2007。墾丁國家公園銀合歡空間分布特徵之研究。特有生物研究 9: 7-18。
- 黃韋凱、林銘郎、陳良健、林彥享、蕭震洋。2010。物件導向分析方法應用於遙測影像之分區及崩塌地與人工設施分類。航測及遙測學刊 15: 29-49。
- 劉彥彬、郭耀綸。2010。墾丁國家公園歸化植物種類及分布。國家公園學報 21: 75-87。
- 劉啓斌、葉慶龍、陳子英。2006。恆春半島天然植群分類系統。台大實驗林研究報告 20: 133-152。
- 劉靜榆、曾彥學。2007。高屏溪至保力溪口海岸地區之植群分類。中華林學季刊 40: 459-480。
- 鄭雅文、史天元、蕭國鑫。2008。物件導向分類於高解析度影像自動判釋。航測及遙測學刊 13: 273-284。
- 謝漢欽、鄭祈全。1995。福山地區 SPOT 多期影像植生綠度分析。林業試驗所研究報告季刊 10: 105-120。
- 鍾玉龍、呂明倫。2006。SPOT 衛星影像於墾丁國家公園銀合歡入侵分布之繪製。台灣林業科學 21: 167-177。
- 蘇鴻傑、蘇中原。1988。墾丁國家公園植群之多變數分析。中華林學季刊 21: 17-32。
- Benz, U., P. Hofmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder and M. Heynen. 2004. Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 58: 239-258.
- Blaschke, T. 2010. Object based image analysis for remote sensing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 65: 2-16.
- Blaschke, T., S. Lang, E. Lorup, J. Strobl and P. Zeil. 2000. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications. pp. 555-570. In: A. Cremers and K. Greve (Eds.). Environmental Information for Planning, Politics and the Public. Metropolis Verlag, Marburg.

- Chavez Jr., P. S. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment* 24: 459-479.
- Clark, P. J. and F. C. Evans. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Journal of Ecology* 35: 445-453.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37: 35-46.
- Congalton, R. G., R. G. Oderwald and R. A. Mead. 1983. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 49: 1671-1678.
- Dronova, I., P. Gong, N. Clinton, L. Wang, W. Fu, S. Qi and Y. Liu. 2012. Landscape analysis of wetland plant functional types: the effects of image segmentation scale, vegetation classes and classification methods. *Remote Sensing of Environment* 127: 357-369.
- Erdas Inc. 1999. *Erdas field guide*. Erdas Inc., Atlanta, Georgia.
- Jacquín, A., L. Misakova and M. Gay. 2008. A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment. *Landscape and Urban Planning* 84: 152-165.
- Johansen, K. and S. Phinn. 2006. Mapping structural parameters and species composition of riparian vegetation using IKONOS and Landsat ETM+ data in Australian Tropical Savannahs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 72: 71-80.
- Kim, M., T. A. Warner, M. Madden and D. S. Atkinson. 2011. Multi-scale GEOBIA with very high spatial resolution digital aerial imagery: Scale, texture and image objects. *International Journal of Remote Sensing* 32: 2825-2850.
- Liu, D. and F. Xia. 2010. Assessing object-based classification: Advantages and limitations. *Remote Sensing Letters* 1: 187-194.
- Lu, M. L., J. Y. Huang, Y. L. Chung and C. Y. Huang. 2013. Modeling the invasion of a Central American Mimosoid tree species (*Leucaena leucocephala*) in a tropical coastal region of Taiwan. *Remote Sensing Letters* 4: 485-493.
- Noonan, M. J. and C. C. Chafer. 2007. A method for mapping the distribution of willow at a catchment scale using bi-seasonal SPOT5 imagery. *Weed Research* 47: 173-181.
- Ouyang, Z., M. Zhang, X. Xie, Q. Shen, H. Guo and B. Zhao. 2011. A comparison of pixel-based and object-oriented approaches to VHR imagery for mapping saltmarsh plants. *Ecological Informatics* 6: 136-146.
- Tian, J. and D. M. Chen. 2007. Optimization in multi-scale segmentation of high-resolution satellite images for artificial feature recognition. *International Journal of Remote Sensing* 20: 4625-4644.
- Watkins, R. Z., J. Chen, J. Pickens and K. D. Brosofske. 2003. Effects of forest roads on

understory plants in a managed hardwood landscape. *Conservation Biology* 17: 411-419.

Whiteside, T. G., G. S. Boggs and S. W. Maier. 2011. Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 13: 884-893.

Yuan, F., K. Sawaya, B. Loeffelholz and M. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote Sensing. *Remote Sensing of Environment* 98: 317-328.

臺灣原始觀音座蓮(*Archangiopteris somai* Hay.)原生育地叢枝菌根菌調查研究

Arbuscular Mycorrhizal Fungi in *Archangiopteris Somai* Habitats

林子超 朱恩良 翁韶良*

Tzu-Chao Lin, N-Lian Zu and Shau-Lian Wong*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55224 南投縣集集鎮民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者: shaulian@tesri.gov.tw

* Corresponding author: shaulian@tesri.gov.tw

摘 要

臺灣原始觀音座蓮 (*Archangiopteris somai*) 因數量稀少及分布地點狹隘成為瀕危物種，本研究於其臺灣的兩處生育地進行根圈土壤叢枝菌根菌調查，以瞭解此瀕危物種之共生菌根菌組成基本資料，經調查於兩處生育地共計發現 6 屬 10 種叢枝菌根菌，植株經染根觀察，根內均發現大量菌絲、囊泡與叢枝體，確認臺灣原始觀音座蓮與叢枝菌根菌形成內生菌根。

Abstract

Archangiopteris somai is an endangered species due to its rare population and distribution in narrow habitats. We investigated the arbuscular mycorrhizal fungi in two habitats of *A. somai* in Taiwan in order to understand the symbiosis mycorrhizal fungi composition of this endangered species. The results show that 10 AM fungi species of six genera were found in the two habitats. Abundant intraradical hyphae, vesicles and arbuscules were found in root samples, confirming the formation of mycorrhiza of *A. somai* with AM fungi.

關鍵詞：菌根、叢枝菌根菌、臺灣原始觀音座蓮。

Keywords: mycorrhiza, AM fungi, *Archangiopteris somai*

收件日期：2015 年 03 月 27 日

接受日期：2015 年 09 月 01 日

Received: March 27, 2015

Accepted: September 01, 2015

前 言

臺灣原始觀音座蓮 (*A. somai*) 屬於厚囊蕨綱 (Eusporangiopsida)，觀音座蓮目 (Marattiales)，觀音座蓮舅科 (Marattiaceae)，原始觀音座蓮屬 (*Archangiopteris*) 的蕨類植物 (謝萬權 1981)。本屬植物有 11 種，全世界僅分布於中國雲南、北越及臺灣三地區 (吳兆洪、秦仁昌 1991)，在臺灣有本種及伊藤氏原始觀音座蓮 (*A. itoi*) 兩種，均因數量稀少及分布地點狹隘成為瀕危物種 (蔡進來 1992)。

植物生長的變化以及植群的組成受到土壤微生物族群動態變化及生態系統機能如養分循環等影響 (Donnison *et al.*, 2000)，過程中直接受到功能性微生物的影響，因為不同的養分循環階段，有不同的微生物參與其生物地質化學循環。叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, AM fungi) 是土壤中普遍存在的微生物，它可以和大多數的陸生植物形成共生關係 (Hodge, 2000)。四億多年前植物就與叢枝菌根菌形成了互利共生的關係，直到今日地球上約有 80 % 的植物可與叢枝菌根菌形成菌根。叢枝菌根菌屬於絕對共生性，必須依賴宿主植物提供其生存及繁殖必須的營養源，而宿主與真菌間建立的養分雙

向交換也必須藉由雙方高度協調的機制來進行調控 (Reinhardt, 2007)。

蕨類植物有其特殊的生活史並且在維管束植物的演化史上有其重要的地位，而菌根菌與蕨類植物的關係在化石植物雷尼蕨屬 (*Rhynia*) 及星木屬 (*Asteroxylon*) 植物的根系中早已被發現，這些菌根甚至被認為是最早被發現的叢枝菌根 (Hass *et al.* 1994; Remy *et al.* 1994)。West (1916) 在觀音座蓮舅科的許多蕨類植物根系內觀察到有內生的真菌，並將此菌正式發表為 *Stigeosporium marattiacearum*，後來 Butler (1939) 根據 West (1916) 對此菌之叢狀枝 (arbuscule) 與囊泡 (vesicle) 等形態描述，認為此菌應轉移至 *Rhizophagus* 屬內，直到 1974 年 Gerdemann 與 Trappe (1974) 根據 Dangeard (1896) 對 *Rhizophagus* 屬的描述，認為 *Rhizophagus* 及 *Stigeosporium* 均為 *Glomus* 之同物異名。因 West (1916) 發表之 *S. marattiacearum* 並無保留證據標本，且年代久遠已無法得知此菌為何菌，僅能從文獻中的描述確認此菌屬於 *Glomus* 屬。

雖然蕨類植物與菌根菌的共生關係已歷經了 4 億多年的演化，然而目前在臺灣被列為瀕危物種的原始觀音座蓮，於原生育地與菌根菌的共生狀況，基本資料相對而言卻是

非常缺乏。本研究於 2003 年針對臺灣原始觀音座蓮，進行原生地根圈土壤中叢枝菌根菌的分離與鑑定，以建立臺灣原始觀音座蓮共生菌根菌之基本資料，並提供將來物種復育時之參考依據。

材料與方法

一、研究區域氣候環境概述

臺灣原始觀音座蓮於臺灣有兩處主要的生育地，一處位於南投縣魚池鄉蓮華池地區 (23°56'N, 120°54'E)，海拔約 700-800 m，年均溫約 21°C，年均降雨量約為 2200mm。另一處則位於新北市烏來區 (24°51'N, 121°32'E)，海拔約 400-500 m，年均溫約 17°C，年均降雨量約為 2900mm。成熟孢子體大多出現於有機質豐富之山溝、山谷、溪澗邊陰濕地及林下灌草叢中，幼孢子體則大多出現於蝕溝旁之裸露黃色岩塊或峭面上。棲地以黃褐色森林土壤為主，棲地很少受到陽光直射。

二、生育地土壤取樣與菌種分離及鑑定

2003 年 3 月於蓮華池及烏來兩處台灣原始觀音座蓮生育地，分別選擇 7 株植株，採取根圈土壤樣本，每單一樣本秤取 100 g 土樣後，以濕篩傾倒法 (Gerdeman and Trappe, 1974) 和糖液離心法 (Daniels and Skipper, 1982) 分離孢子後，在解剖顯微鏡下計算孢子數量並挑取孢子，孢子依外觀形態如：直徑大小、顏色、接著菌絲有無等特徵初步進行區別，再以 Polyvinyl alcohol lactophenol glycerol (PVLG) (Koske and Tessier, 1983) 包埋劑製成半永久玻片，以利於孢子的鑑定與標本之保存。孢子的鑑定採 Schenck 和 Perez (1990) 所建議的步驟進行，以顯微鏡 (Leica DMRB) 觀察孢子

之壁群結構、染劑反應等特徵，菌種鑑定除了比對 Schenck 和 Perez (1990) 所提供之菌種發表原始文獻描述外，並參考西維吉尼亞大學 INVAM (<http://invam.wvu.edu/>) 網站所提供之菌種特徵描述。

三、根段取樣及染根觀察

採取土壤樣本時，同時採取各樣本植株少量根系後，浸泡於 50% (v/v) 乙醇中，取樣完成後於 2 天內以 Koske 與 Gemma (1989) 之染根方法，將根系裁切成 1cm 長度後，進行透化、酸化、染色及退染。處理完成之根段，隨機挑取置於載玻片上，使其與玻片長邊平行，於 200 倍倍率下以 McGonigle 等 (1990) 提出的放大倍率交叉線法 (magnified intersection method) 觀察感染情形，計數方法參考 McGonigle 等 (1990) 提出之方式，依交叉線與根段交叉位置分別記錄根段內不同菌根結構，以計算該根系樣本的叢枝感染率 (arbuscule colonization, AC)、囊泡感染率 (vesicle colonization, VC)、菌絲感染率 (hyphae colonization, HC) 及菌根感染率 (percentage of root length colonize, RLC)。

結 果

一、蓮華池與烏來樣區土壤化學性質比較：

蓮華池樣區土壤經分析 pH 值為 4.2，土壤有效磷為 7.1 mg kg^{-1} ，含氮量為 0.9 %，可置換性鉀為 54.6 mg kg^{-1} ，土壤有機質為 7.3 %；烏來樣區土壤經分析 pH 值為 3.9，土壤有效磷為 6.2 mg kg^{-1} ，含氮量為 0.7%，可置換性鉀為 46.7 mg kg^{-1} ，土壤有機質為 5.9 %。

二、台灣原始觀音座蓮根圈土壤內生菌根菌組成：

台灣原始觀音座蓮根圈土壤樣本，經分離鑑定共記錄 4 屬 10 種叢枝菌根菌，其中於蓮華池樣區 7 株樣株根圈土壤中，共發現 6 屬 8 種叢枝菌根菌孢子，分別為 *Acaulospora mellea*、*Acaulospora koskei*、*Acaulospora scrobiculata*、*Glomus ambisporum*、*Septoglomus constrictum*、*Claroideoglomus etunicatum*、*Sclerocystis rubiformis* 及 *Paraglomus occultum*，單一土壤樣本孢子數 100 g 土壤為 12 ± 4 個；而烏來樣區 7 株樣株根圈土壤中，共發現 4 屬 5 種叢枝菌根菌孢子，分別為 *Acaulospora morrowiae*、*Claroideoglomus claroideum*、*Claroideoglomus etunicatum*、*Septoglomus constrictum* 及 *Sclerocystis rubiformis* 單一土壤樣本孢子數 100 g 土壤為 9 ± 3 個。

1. *Acaulospora mellea* Spain & Schenck

孢子單生於土壤中，金黃色至棕黃色，呈球形至近球形，罕呈橢圓形或不規則形，直徑 $90-110 \mu\text{m}$ ，孢壁厚 $4-10 \mu\text{m}$ ，破裂後成 3 壁群，最外層黃棕色，厚 $2-6 \mu\text{m}$ ，與第 2 層壁不易分離，第 3 層壁呈透明至淺黃色，厚 $0.5-1 \mu\text{m}$ ，發芽壁第 1 層呈透明，厚 $1 \mu\text{m}$ ，發芽壁第 2 層亦呈透明，厚 $1-2 \mu\text{m}$ 與 Melzer's 染劑反應後呈淡紫色 (圖 1a)。

2. *Acaulospora koskei* Blaszkowski

孢子單生於土壤中，橘黃色，呈圓球形至近圓球形，直徑 $150-250 \mu\text{m}$ ，產孢菌絲脫落痕 (cicatrix) 直徑 $15-30 \mu\text{m}$ ，孢子表面光滑，最外層壁透明，厚 $1-2 \mu\text{m}$ ，易剝落，第 2 層壁淡黃色，厚 $1-3 \mu\text{m}$ ，第 3 層壁透明，厚 $1.5-3 \mu\text{m}$ ，與 Melzer's 染劑反應後呈粉紅色。發芽壁第 1 層壁透明，厚 $1-1.5 \mu\text{m}$ ，最內層壁透明，厚 $1-1.5 \mu\text{m}$ ，與 Melzer's 染劑反應後呈粉紅色。(圖 1b)。

3. *Acaulospora morrowiae* Spain & Schenck

孢子單生於土壤中，顏色為半透明至淡黃色，呈球形至近球形，直徑 $70-100 \mu\text{m}$ ，孢子壁厚 $2-4 \mu\text{m}$ ，最外層壁 $0.5-1 \mu\text{m}$ ，呈透明，第 2 層壁呈淡黃色，厚 $1.5-3 \mu\text{m}$ ，第 3 層壁呈透明，厚 $0.5 \mu\text{m}$ ，發芽壁第 1 層厚 $1-1.8 \mu\text{m}$ ，呈透明，發芽壁第 2 層壁呈透明膜狀，厚 $0.5 \mu\text{m}$ ，與 Melzer's 染劑反應後呈褐紫色 (圖 1c)。

4. *Acaulospora scrobiculata* Trappe

孢子單生於土壤中，初期的孢子呈半透明狀，隨著成熟逐漸呈橄欖色至亮棕色，呈圓球形至橢圓形，直徑 $110-200 \mu\text{m}$ ，孢子表面均勻散布著凹痕紋路，凹痕呈圓形至橢圓形，或有時連接成線形或 Y 字形，凹痕間具有隆起物隔離，最外層孢壁堅硬、有凹痕，呈半透明至淡黃綠色，厚 $3-6 \mu\text{m}$ ，第 2、3 層壁光滑、透明，發芽壁第 1 層壁呈透明，厚 $1-1.5 \mu\text{m}$ 與 Melzer's 染劑不反應，發芽壁第 2 層呈透明，厚 $2-3 \mu\text{m}$ 與 Melzer's 染劑反應後呈粉紅至深紅色 (圖 1d)。

5. *Claroideoglomus claroideum* (Schenck & Smith)

Walker & Schüßler

孢子單生於土壤中，淡黃色，球形至近球形，直徑 $90-140 \mu\text{m}$ ，平均 $120 \mu\text{m}$ 。第 1 層孢壁透明黏膜狀厚 $0.6-1.5 \mu\text{m}$ ，與 Melzer's 染劑反應後呈粉紅色。第 2 層壁厚 $0.5-2 \mu\text{m}$ ，與第 1 層壁多合生不分離，孢子老熟後 1、2 層壁隨即剝落，於孢子表面形成碎屑狀。第 3 層壁厚 $3-6 \mu\text{m}$ ，呈淡黃色，此壁層由加厚的小層所組成。第 4 層壁厚 $1-2 \mu\text{m}$ 。孢子柄寬 $6-8 \mu\text{m}$ ，呈直管狀或些微喇叭狀 (圖 1e)。

6. *Claroideoglomus etunicatum* (Becker & Gerdemann) Walker & Schüßler

孢子單生於土壤中，橘黃色至棕黃色，球形至近球形，直徑 $70-160 \mu\text{m}$ ，平均 $130 \mu\text{m}$ 。第 1 層孢壁黏膜狀厚 $0.6-3.0 \mu\text{m}$ ，與 Melzer's

染劑反應後呈紫紅色，隨孢子成熟後即脫落，並於孢子表面形成碎屑狀。第2層壁厚4.5-6.5 μm ，此壁層由加厚的小層所組成，呈黃棕色至紅棕色。孢子柄寬5-10 μm ，呈直管狀或些微喇叭狀(圖1f)。

7. *Glomus ambisporum* Smith & Schenck

孢子鬆散聚生於土壤中，孢子呈深棕色至黑色，球形至近球形，直徑85-150 μm 。孢壁3層，第1層壁呈半透明，厚2-3 μm 。第2層深棕色，成片狀增厚約3~14 μm 。第3層壁透明，厚1 μm 。孢子柄寬10-20 μm (圖2a)。

8. *Paraglomus occultum* (Walker) Morton & Redecker

孢子單生或鬆散聚生，但不形成孢子果，孢子橢圓形至近球形，罕不規則形，直徑50-100×60-120 μm ，外觀呈透明至白色。末端菌絲單生，長10-40 μm ，直生偶爾向後彎曲，菌絲與孢子接著處有時有隔板。孢壁2層，外層壁厚2 μm 隨孢子成熟逐漸變粗糙、加厚，最後表面剝落，內層壁薄膜狀，厚1.5-3 μm 不與 Melzer's 染劑反應(圖2b)。

9. *Septoglomus constrictum* (Trappe) Sieverding, Silva & Oehl

孢子單生或鬆散聚生於土壤中，圓球形至近圓球形，直徑120-280 μm ，呈亮棕褐色至亮黑色，孢壁僅1層7-15 μm ，棕褐色，與 Melzer's 染劑不產生反應。產孢菌絲直生或偶爾彎曲，直徑15-25 μm ，連接孢子處常呈收縮狀，收縮處直徑10-15 μm (圖2c)。

10. *Sclerocystis rubiformis* Gerdemann & Trappe

孢子形成孢子果，棕黃色，橢圓形至近球形，直徑180-400 μm ，孢子單層聚生於中軸呈叢狀，單一孢子棕黃色，呈卵形至橢圓形，直徑40-125×30-90 μm ，孢壁厚3-8 μm (圖2d)。

三、台灣原始觀音座蓮根內菌根菌感染率及形態：

蓮華池樣區7株樣株根系經染根觀察，根內發現大量菌絲、囊泡與叢枝體(圖3)，平均菌根感染率(RLC)為82%，菌絲感染率(HC)為77%，囊泡感染率(VC)為26%，叢枝感染率(AC)為31%；而烏來樣區7株樣株，根系經染根觀察亦發現大量菌絲、囊泡與叢枝體(圖4)，RLC為76%，HC為68%，VC為22%，AC為27%



圖 1. 臺灣原始觀音座蓮根系土壤中之叢枝菌根菌。a, *Acaulospora mellea*; b, *Acaulospora koskei*; c, *Acaulospora morrowiae*; d, *Acaulospora scrobiculata*; e, *Claroideoglomus claroideum*; f, *Claroideoglomus etunicatum*。

Fig. 1. The AM fungi species in soils associated with *Archangiopteris somai*: a, *Acaulospora mellea*; b, *Acaulospora koskei*; c, *Acaulospora morrowiae*; d, *Acaulospora scrobiculata*; e, *Claroideoglomus claroideum*; f, *Claroideoglomus etunicatum*.

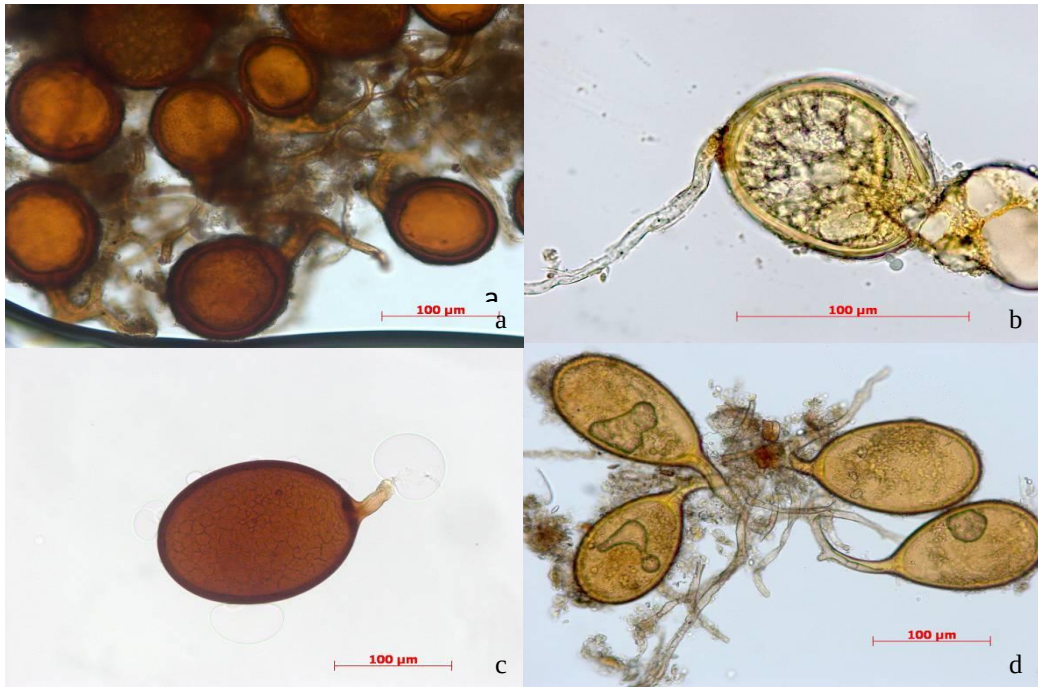


圖 2. 臺灣原始觀音座蓮根系土壤中之叢枝菌根菌。a, *Glomus ambisporum*; b, *Paraglomus occultum*; c, *Septoglomus constrictum*; d, *Sclerocystis rubiformis*。

Fig. 2. The AM fungi species in soils associated with *Archangiopteris somai*: a, *Glomus ambisporum*; b, *Paraglomus occultum*; c, *Septoglomus constrictum*; d, *Sclerocystis rubiformis*.

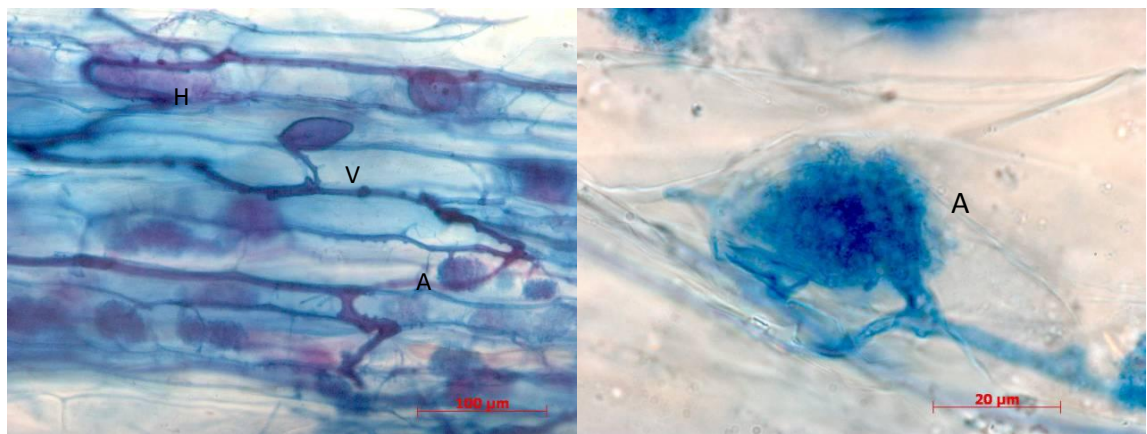


圖 3. 蓮華池樣區之臺灣原始觀音座蓮根系內菌絲 (H)、囊泡 (V)及叢枝體 (A)。

Fig. 3. Intraradical hyphae (H), vesicles (V) and arbuscules (A) in roots of *Archangiopteris somai* in Lian-Hua-Chi.

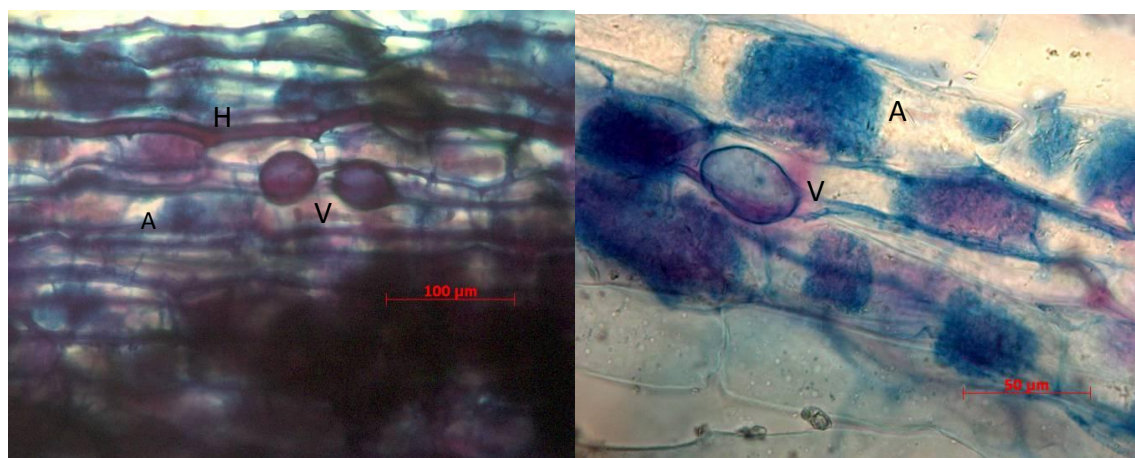


圖 4. 烏來樣區之臺灣原始觀音座蓮根內菌絲 (H)、囊泡 (V)及叢枝體 (A)。

Fig. 4. Intraradical hyphae (H), vesicles (V) and arbuscules (A) in roots of *Archangiopteris somai* in Wulai.

討 論

Boullard (1957) 曾系統性對 420 種蕨類進行菌根菌的調查，結果發現除了田字草科 (Marsileaceae)、槐葉蘋科 (Salviniaceae) 及水韭科 (Isoetaceae) 等水生蕨類外，其餘的蕨類植物均在根部觀察到菌根的構造。Berch 與 Kendrick (1982) 於加拿大安大略省 (Ontario) 南部進行蕨類植物的叢枝菌根調查，結果發現在擬蕨類並無發現叢枝菌根，而在真蕨 (Filicineae) 中所有的厚囊蕨類均發現叢枝菌根。然而，在 Gemma 等 (1992) 於夏威夷調查了 89 種蕨類植物根部的菌根菌，發現其中有 66 種蕨類植物形成菌根，這些蕨類大多屬於薄囊蕨類中的蚌殼蕨科 (Dicksoniaceae)、鱗毛蕨科 (Dryopteridaceae) 與陵齒蕨科 (Lindsaeaceae)，在厚囊蕨中發現菌根的比例反而不高。由這些調查結果顯示蕨類植物在不同的地區與叢枝菌根菌共生的狀

況並不一致。

Zhao (2000) 針對雲南 256 種蕨類進行菌根菌調查。調查結果與 Berch 與 Kendrick (1982) 的研究大致相同，研究人員發現那些俱有肥厚、肉質且少分叉及鬚根的蕨類通常都會形成叢枝菌根，尤其在厚囊蕨類更是明顯。相對而言，那些俱有木質化根部、鬚根叢生的蕨類則較少發現形成叢枝菌根。Zhao (2000) 並將所調查的真蕨物種依 Bower (1959) 提出之孢子囊形成與成熟的方式所歸納出之演化順序來進行分析，發現蕨類植物有隨著演化進行的方向，由最初的絕對共生演化到非絕對性共生，再到不需要共生的現象。

Zhao (2000) 於雲南的調查中發現，蕨類植物形成叢枝菌根的比例較被子植物低。而在蕨類植物中，厚囊蕨類 (eusporangiates) 比起擬蕨類 (fern-allies) 及薄囊蕨類 (leptosporangiates) 有較高的比例會形成叢枝菌根。從藉由與真菌共生的營生方式來看真蕨

類的演化趨勢，研究人員認為二者間的關係由絕對共生到功能性共生再到無共生的狀態。

於本研究中，經由染根發現生長於 2 處不同生育地的原始觀音座蓮，均有很高的根內菌絲感染率，平均達 80 %，這與 Zhao (2000) 的研究結果相符。而土壤分析的結果顯示 2 處樣區土壤中的有效磷含量均偏低，由於酸性土壤中磷容易被固定，被固定之磷素，有效性甚低，不易為植物所利用，若無其它物質協助其運移，則磷在土壤之循環極為緩慢，甚或停止(陳明義等 1989)。在熱帶和亞熱帶地區，磷往往成為植物生長、發育之限制因子(林昭遠 1997)。而具有叢枝菌根菌的植物，對磷的吸收速率常較無菌根者為高(陳健忠及張喜寧 1997)。Koide (1991) 之研究亦指出，菌根菌感染植物後能改善植物體內磷缺乏的狀況，也提升了磷的利用率，因此可提高植物在養分競爭之能力，對林木之存活、生長都具有正面之影響。

隨著演化的進行，叢枝菌根仍然被保留在較原始的厚囊蕨類植物中，因此當進行台灣原始觀音座蓮之復育研究時，其與叢枝菌根菌共生之相關生物學因子就必須一併納入考量。

引用文獻

- 吳兆洪、秦仁昌。1991。中國蕨類植物科屬誌。科學出版社，北京。
- 林昭遠。1997。瑞芳地區草地演替停滯因素之探討。中興大學實驗林研究彙刊 19(1)：63-77。
- 陳明義、呂金誠、林昭遠。1989。野火對惠蓀林場杜鵑嶺植群之初期影響。中興大學實驗林森林系所研究報告 10：11-28。
- 陳健忠、張喜寧。1997。叢枝菌根對寄主植物磷吸收之影響。中國園藝 43(3): 175-181。
- 蔡進來。1992。台灣蕨類之資源與研究狀況，87-99 頁。彭鏡毅編，台灣生物資源調查及資訊管理研習會論文集，中央研究院植物研究所專刊第十一期。
- 謝萬權。1981。蕨類植物。國立中興大學植物系。台中。258 頁。
- Berch, S. M. and B. Kendrick. 1982. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of southern Ontario ferns and fern-allies. *Mycologia* 74: 769-776.
- Boullard, B. 1957. La mycotrophie chez les Pteridophyte. Sa frequence. Ses caracteres. Sa signification. *Botaniste* 41: 5-15.
- Bower, F. O. 1959. The origin of a land flora – a theory based upon the facts of alternation. Hafner, New York, pp 653-657.
- Butler, E. J. 1939. The occurrences and systematic position of the vesicular-arbuscular type of mycorrhizal fungi. *Transactions of the British Mycological Society* 22: 274-301.
- Dangeard, P. A. 1896. Une maladie du peuplier dans l'ouest de la France. *Botaniste* 5: 38-43.
- Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: *Methods and principles of mycorrhizal research*, Schenck, N. C. (Ed.). The American Phytopathological Society, Saint Paul pp. 20-45.
- Donnison, L. M., G. S. Griffith, J. Hedger, P. J. Hobbs and R. D. Bardgett. 2000. Management influences on soil microbial communities and their function in botanically diverse haymeadows of northern England and Wales. *Soil Biology and Biochemistry* 32:

253-263.

Gemma, J. N., R. E. Koske and T. Flynn. 1992. Mycorrhizae in Hawaiian pteridophytes: occurrence and evolutionary significance. *American Journal of Botany* 79: 843-852.

Gerdemann, J. W. and J. M. Trappe. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* 5: 76.

Hass, H., T. N. Taylor and W. Remy. 1994. Fungi from the lower Devonian Rhynie chert: mycoparasitism. *American Journal of Botany* 81: 29-37.

Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiology Ecology* 32: 91-96.

Koide, R. T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytologist* 117: 365-386.

Koske, R. E. and B. Tessier. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. *Newsletter Mycological Society of America* 34: 59.

Koske, R. E. and J. N. Gemma. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycology research* 92 (4): 486-505.

Mcgonigle, T. P., M. H. Miller, D. G. Evans, G. L. Fairchild and J. A. Swan (1990) A new method which give an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New phytologist* 115: 495-501.

Reinhardt, D. 2007. Programming good relations-development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion in*

Plant Biology 10: 98-105.

Remy, W., T. N. Taylor, H. Hass and H. Kerp. 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91: 11841-11843.

Schenck, N. C. and Y. Perez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville. Florida.

West, C. 1916. *Stigeosporium marattiacearum*, gen. et sp. nov. *Annals of Botany* 30 (2): 357-357.

Zhao, Z. W. 2000. The arbuscular mycorrhizas of pteridophytes in Yunnan, southwest China: evolutionary interpretations. *Mycorrhiza* 10: 145-149.

非洲大蝸牛對東沙島皺紋陸寄居蟹族群結構的影響

Population Structure of *Coenobita rugosus* in Dongsha Island and Probable Role of the Invasive Species *Achatina fulica*

陳瑞谷

Ruei-Gu Chen*

行政院農業委員會漁業署 高雄市前鎮區漁港北一路 1 號

Fisheries Agency, Council of Agriculture, Executive Yuan No.1, Yugang N. 1st Rd., Qianzhen Dist., Kaohsiung City, Taiwan

*通訊作者: aplysia0@gmail.com

Corresponding author: aplysia0@gmail.com

摘 要

皺紋陸寄居蟹 (*Coenobita rugosus*) 是東沙島上數量龐大的優勢陸生物種，因島上缺乏大型海螺殼供應，許多個體背負著入侵種非洲大蝸牛 (*Achatina fulica*) 空殼。本研究旨在探討非洲大蝸牛對皺紋陸寄居蟹族群結構的影響，結果顯示皺紋陸寄居蟹體長分佈呈雙峰型，小個體利用海源螺種，大個體利用非洲大蝸牛殼，中間體型個體較少且佔據過大的蝸牛殼，善用非洲大蝸牛殼造成皺紋陸寄居蟹體型得以大幅提升。在此利用 logistic regression model 來描述與量化依賴非洲大蝸牛殼的程度，發現蝸牛殼使用率隨陸寄居蟹體長增加而驟增，兩樣區間有顯著不同的轉換殼種曲線，顯示釣魚區海岸螺殼的供應比國碑一帶相對充足，可使陸寄居蟹緩慢漸次地改用非洲大蝸牛殼。本研究發現皺紋陸寄居蟹彈性適應有限殼源與海岸環境差異，或可借此監測台灣海岸的干擾與變化。

Abstract

Coenobita rugosus is a dominant terrestrial species in Dongsha Island. Due to shortage of large shells, huge numbers of *C. rugosus* individuals are using the shell of *Achatina fulica*, a non-native species

in this island. This study was aimed to investigate how *A. fulica* shell affects the population structure of *C. rugosus*. I find that the size frequency of *C. rugosus* demonstrated a bimodal distribution. The small-size population carried shell from marine snails while the large-size population carried *A. fulica* shell. Medium-size individuals were generally lacking in the statistics and they occupied *A. fulica* shell too big for their body size. These indicate that *C. rugosus* increased in average body size after *A. fulica* invaded Dongsha Island. The logistic regression model was used in this study to provide a quantitative description of shell preference in which *C. rugosus* individuals are increasingly carrying *A. fulica* shell corresponding to the growing body size. The fitted curves derived from two sampling areas were significantly different indicating that more plentiful supply of turban shells on the fishing-allowed coast gave *C. rugosus* a wide-range of choices to gradually turn to using *A. fulica* as host shells. As found by this study the hermit crab is adaptive to host shells availability and environment changes, thus can be a useful resource for monitoring perturbation on Taiwan's coast.

關鍵字：非洲大蝸牛、皺紋陸寄居蟹、海岸監測、入侵種、邏輯回歸

Key words: *Achatina fulica*, *Coenobita rugosus*, coastal monitoring, invasive species, logistic regression

收件日期：2015 年 03 月 29 日 接受日期：2015 年 09 月 01 日

Received: March 29, 2015

Accepted: September 01, 2015

前 言

東沙島在 2006 年曾進行一次陸生軟體動物相調查，共記錄 13 科 26 種陸生蝸牛。這些蝸牛應是由臨近陸地擴散而來或人為引進，其中非洲大蝸牛（*Achatina fulica*）數量豐富且普遍分佈全島，可在地面與灌木叢下發現，是島上最大與最常見的陸生蝸牛，也觀察到島上的陸寄居蟹大量地利用非洲大蝸牛空殼。東沙島在 1900 年前只有少數漁民零星造訪，是一個植被茂盛的島嶼，20 世紀初才開始密集開發，非洲大蝸牛可能就是在這段時間入侵並成功建立族群（Wu *et al.* 2007）。

非洲大蝸牛是 IUCN 認定的百大入侵物種之一，原產於東非，已成功入侵東南亞、南亞與許多太平洋島嶼，喜好溫暖濕度高的環境，頗適應人為干擾地區，會吃掉本土植物改變棲息地，競逐原生蝸牛，但也會變成當地掠食者的食物來源，如聖誕島的紅陸蟹（*Gecarcoidea natalis*）捕食非洲大蝸牛（Lake and O'Dowd, 1991）。

皺紋陸寄居蟹（*Coenobita rugosus*）是東沙島上數量豐富的優勢陸生物種，以撿拾植物性有機碎屑為食，兼利用動物殘骸，是島上重要分解者之一。除海岸地帶有大量族群外，島內各處也有零星分佈，以夜間為主要活動時

間，族群結構穩定，最小成熟體長為甲長 9.40 mm，抱卵量由 500~15,000 顆不等，五至九月大潮期間可在國碑附近沙灘觀察到釋幼行為（施 2012a）。

Abram (1978) 研究指出，當地 *Coenobita compressus* 中大型個體偏好使用蟻螺殼、玉螺與蜆螺，中型個體偏好蜆螺與鳳凰螺，小型個體則是使用玉黍螺與蜆螺。作者也發現大型個體偏好使用舊殼，約有 1-2% 的破舊殼仍持續被利用，這類舊殼內部會被磨蝕，螺軸消失殼口變大，導致殼重明顯降低，性成熟個體基本上不會使用未經修改的新殼。蜆螺殼成為當地陸寄居蟹最愛好的殼種是因為蜆螺殼輕，且內部空間/重量比值在當地螺種中最高 (Osorno *et al.* 1998)。

Page and Willason (1982) 的研究指出，缺乏可用的大型空螺殼會改變當地陸寄居蟹族群結構，以致缺乏大型個體；東沙島沿岸蟻螺數量十分稀少，海岸空殼的數量是寄居蟹族群的限制因子之一，當空殼不夠時會影響到族群大小 (邱等 2011)，理論上大型陸寄居蟹數量應十分稀少 (施 2012a)。殼種與殼大小都會影響寄居蟹生長率，來自日本的外來種海螺入侵黑海後，導致該地寄居蟹體型變大 Hazlett (1981)。因入侵種非洲大蝸牛提供大量的可用空殼，東沙島的皺紋陸寄居蟹族群可能已經適應非洲大蝸牛空殼 (施 2012a)，造成大型個體數量增加。非洲大蝸牛是否造成皺紋陸寄居蟹族群結構的改變是本研究重點之一，同時試著客觀地描述與量化皺紋陸寄居蟹使用非洲大蝸牛殼的情況與依賴程度。

材料與方法

在夜間於各調查區海岸林邊緣設置掉落

式陷阱，於沙地上挖掘凹坑後，埋入 25 cm 高內面光滑垂直的塑膠桶，使其開口略低於地面，抹平周圍沙粒，於桶內放入秋刀魚後置放過夜，隔天清晨取回量測，每個樣區埋設兩個陷阱，相隔 30~50 m。本研究於 2014 年 8 月間進行，各樣區 (圖 1) 依序為：8/20 釣魚區海岸 (B) 預備試驗，8/21 釣魚區 (B)，8/22 國碑海岸 (A)，8/23 跑道中部珊瑚復育區海岸 (E)，8/24 內瀉湖口南岸 (C)，8/28 內瀉湖口北岸 (D) 與跑道東側海岸 (F)。

陸寄居蟹左側螯足與第一步足會用來封擋殼口保護自己，不會縮入體內，參照施 (2012b) 圖說以游標尺量測第一步足指節長 (fingerL) 與螯足可動指長 (pereopodL) 至 0.01 mm (圖 2)，這是非侵入式間接得知個體大小的方法，同時測量殼口寬與殼長，並參照邱等 (2011) 鑒別記錄殼種科別、殼外觀完整度與殼適度，殼適度是指螺殼對寄居蟹的屏蔽程度，分為三級，L 表示該殼過大，寄居蟹的左側螯足縮入後與殼口平面距離超過 5 mm 以上；O 表示剛好，左側螯足大致切齊殼口平面；S 表示過小，左側螯足凸出殼口平面 5 mm 以上，該個體無法躲入殼內。同時為便與其他研究比較，於各樣區樣本中隨機量取各尺寸個體的前盾長 (anterior shield length, ASL)，再以直線線性回歸求得前盾長與螯足可動指長或第一步足指節長間關係式。

本研究使用 R version 3.1.2 軟體 (R Core Team, 2014)，並依照 Zuur *et al.* (2007) 與 Crawley (2007) 方法整理分析。在以 classification tree models 分析皺紋陸寄居蟹擇何選擇寄主螺殼時關係式為 factor (host) ~ pereopodL + fingerL + factor (location)；分析殼適度時是以 factor (shell fit) ~ fingerL + factor (fulica 0/1) 為關係式。

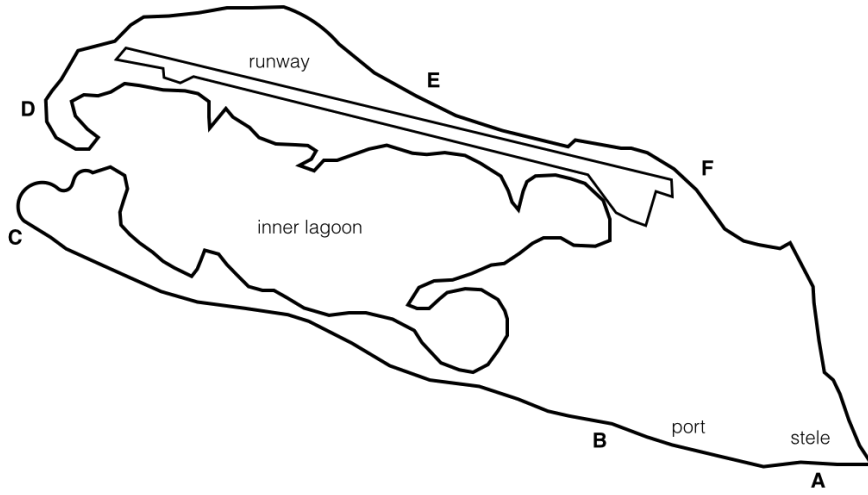


圖 1. 東沙島本研究採樣示意圖。A:國碑, B:釣魚區, C:內潟湖口南岸, D:內潟湖口北岸, E:跑道中部, F:跑道東側。

Fig. 1. Map of sampling sites in Dongsha Island. A: national column, B: fishing-allowed coast, C: inner lagoon south, D: inner lagoon north, E: mid-runway, F: runway east.

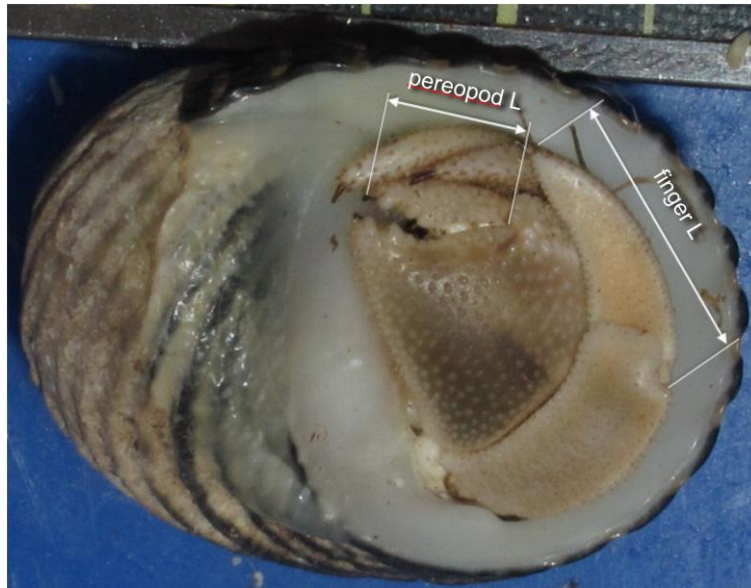


圖 2. 本研究所用皺紋陸寄居蟹體長參數量測說明。pereopod L 指螯足可動指長, finger L 指第一步足指節長。

Fig. 2. Description of *C. rugosus* size measurement in this study. Pereopod L represents moveable finger length of cheliped; finger L represents dactylus length of the 1st ambulatory leg.

將皺紋陸寄居蟹選用非洲大蝸牛殼視作”1”，未使用視作”0”進行轉換後，選用 binomial 分佈進行 logistic regression 分析，算得最適描述曲線並據此推估半換殼第一步足指節長度（half host displace length, HDL50），HDL50 意思是隨機採集陸寄居蟹下，第一步足指節長度等於 HDL50 的群體中，會有一半的個體使用非洲大蝸牛殼。第一步足指節長大於 HDL50 的群體隨指長增加愈形依賴非洲大蝸牛殼，反之，第一步足指節長小於 HDL50 的群體則依賴率較低。

結 果

本研究共捕採集 402 隻皺紋陸寄居蟹，以東沙島東南段的釣魚區與國碑附近海岸各採集到 143 與 168 隻為多，跑道中部珊瑚復育區 63 隻，跑道東部 6 隻，內瀉湖口南端 22 隻，內瀉湖口北端 0 隻。13 個陷阱中，有三個捕獲率是 0，顯示皺紋陸寄居蟹的分佈並不均勻，熱點在東沙島東南段海岸。所採得皺紋陸寄居蟹蟹足可動指長 1.37 mm~13.56 mm，平均長度 7.12 mm，第一步足指節長 3.47 mm~24.64 mm，平均長度 13.27 mm。使用 66 筆量測值來計算前盾長 ASL 與蟹足可動指長 pereopodL 或第一步足指節長 fingerL 的線性回歸關係式，pereopodL 在 4.94 mm~23.62mm 區間，fingerL 涵蓋 2.25 mm~11.63mm，求得關係式 $\text{fingerL} = 0.65 \times \text{ASL} - 0.04$ ($R^2 = 0.96$) 與 $\text{pereopodL} = 1.16 \times \text{ASL} + 0.65$ ($R^2 = 0.95$)，足供本實驗推估使用。

402 隻皺紋陸寄居蟹所使用殼種與第一步足指節長分佈範圍如圖 3 所示，非洲大蝸牛(*A. fulica*)數量為 212 隻，其次是蜆螺科(*Neritidae*)有 75 隻，金口鐘螺(*Chrysostoma paradoxum*

Born, 1778) 有 58 隻，蝾螺科(*Turbinidae*)有 26 隻，蟹守螺科(*Cerithiidae*) 8 隻，骨螺科(*Muricidae*) 8 隻，織紋螺科(*Nassariidae*) 5 隻，法螺科(*Ranellidae*) 5 隻，玉螺科(*Naticidae*) 2 隻，鳳螺科(*Babyloniidae*) 2 隻，鳳凰螺科(*Strombidae*) 1 隻。從皺紋陸寄居蟹第一步足指節長度分佈(圖 3)來看，利用非洲大蝸牛殼的個體最大，中大個體漸次利用蝾螺殼，中型個體進駐蜆螺殼，而金口鐘螺是屬於小型個體偏好的殼種。其餘殼種數量偏少不是皺紋陸寄居蟹在東沙島上主要利用的殼種。

為了進一步探討皺紋陸寄居蟹對殼種的利用是否有體長上的差異，本人選用 classification tree 模式分析，並檢視殼種上的偏好是否有地域上的區別。選用蟹足可動指長與第一步足指節長與樣區三個參數來分析殼種選擇偏好，結果如圖 4 所示，當第一步足指節長 $\text{fingerL} \geq 6.51 \text{ mm}$ 所使用殼種有 91% 是非洲大蝸牛，少數為蝾螺；在 $\text{fingerL} < 6.51 \text{ mm}$ 族群中，可再以蟹足可動指長 pereopodL 做大小分群，在 $\text{pereopodL} \geq 7.68 \text{ mm}$ 的群體中較大個體($\text{fingerL} > 6.17 \text{ mm}$)是選用蝾螺殼，小個體主要利用蜆螺殼，因此 $6.17 \text{ mm} < \text{fingerL} < 6.51 \text{ mm}$ 的個體主要都利用蝾螺殼；在 $\text{pereopodL} < 7.68 \text{ mm}$ 的群體中，小個體($\text{pereopodL} < 6.38 \text{ mm}$)主要使用金口鐘螺，顯示使用金口鐘螺的陸寄居蟹個體最小，而 $6.38 \text{ mm} \leq \text{pereopodL} < 7.68 \text{ mm}$ 群體偏好殼種則出現了地域區別，在釣魚區是偏好金口鐘螺，在國碑海岸則是偏好蜆螺殼。

皺紋陸寄居蟹體型呈現雙峰型分佈(圖 5)，大個體在右側峰群，小個體在左側峰群，中間體型個體極少。進一步分析發現，屬於右側峰群的大個體高比例使用非洲大蝸牛殼，左峰群則背負海源螺殼。

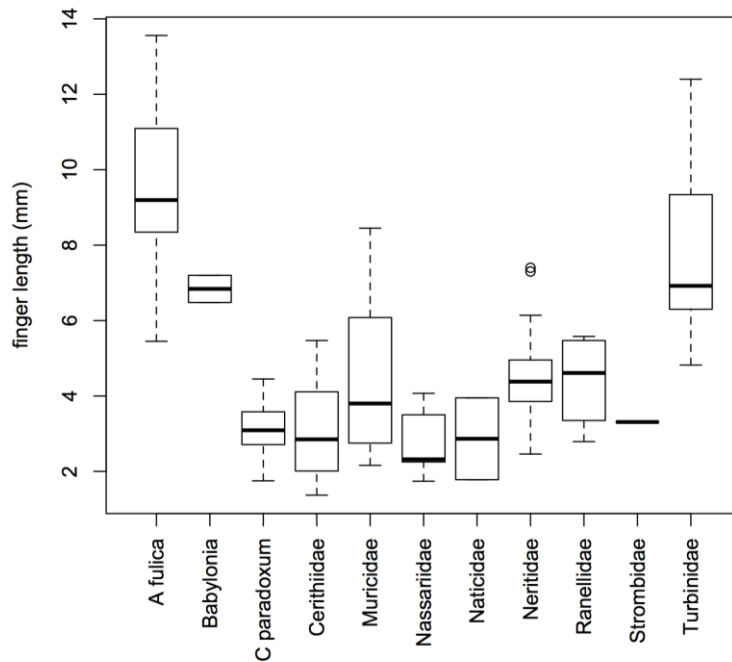


圖 3. 皺紋陸寄居蟹在不同寄主螺殼中的體長分佈。finger length 指第一步足指節長。

Fig. 3. Distribution of *C. rugosus* size in different host shells. Finger length represents dactylus length of the 1st ambulatory leg.

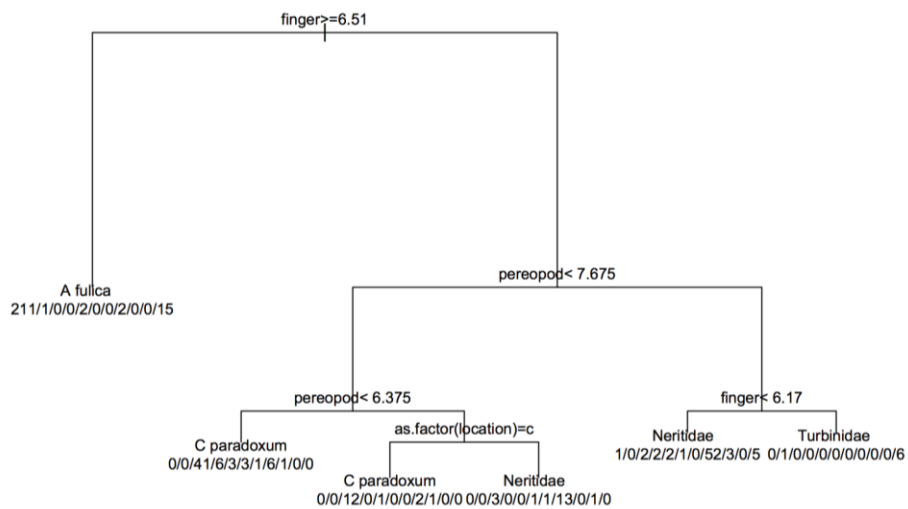


圖 4. 皺紋陸寄居蟹殼種選擇偏好分析。finger: 第一步足指節長，pereopod: 蟹足可動指長。

Fig. 4. Host shell selection of *C. rugosus* accessed through classification tree modal. Finger, the dactylus length of the 1st ambulatory leg; pereopod, movable finger length of cheliped.

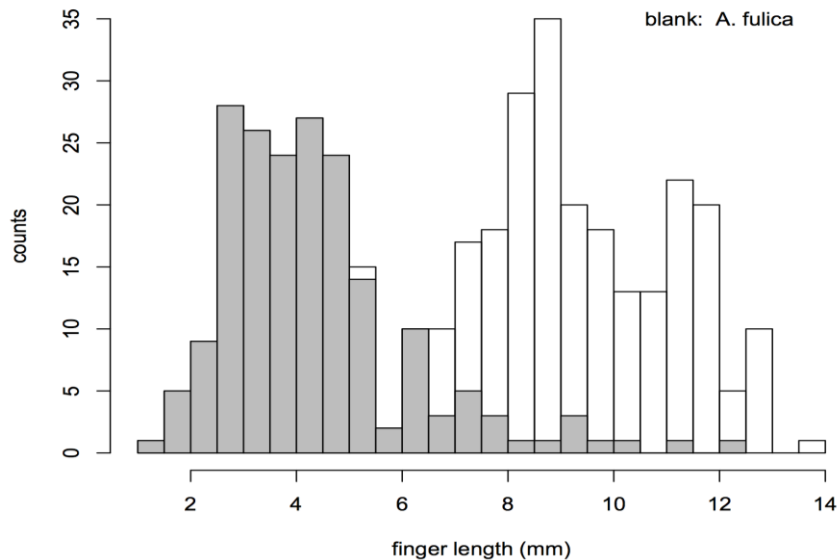


圖 5. 皺紋陸寄居蟹體長呈現雙峰型分佈。

Fig. 5. Bimodal size frequency distribution of *C. rugosus*.

在一個空殼來源充足的環境，陸寄居蟹應可找到尺寸最剛好的空殼，達到保護又方便移動的目的，定義此殼適度為“O”，因此可利用殼適度輔助判斷東沙島上空殼供給的瓶頸為何。選用第一步足指節長（fingerL）與是否背負非洲大蝸牛殼（fulica）作為分析殼適度的影響因子，結果如圖 6 所示。fingerL < 5.94 mm 的小型個體有 70% 能找到尺寸剛好的殼，大型個體（fingerL ≥ 8.16 mm）有 78% 無法使用適中的螺殼，中間體型（5.94 mm ≤ fingerL < 8.16 mm）若使用非洲大蝸牛殼者有 56% 螺殼過大，26% 螺殼過小，若使用海源螺殼則有 14% 螺殼過大，48% 螺殼過小。可知小型個體所用的海源螺殼如蜆螺或金口鐘螺等供應是充足的，但背負非洲大蝸牛殼的中大型個體多呈現住所過大或過小的現象。

綜合上述結果可知，若移除非洲大蝸牛空殼，東沙島上應是屬於缺乏大型螺殼供給的環境，非洲大蝸牛正巧彌補了島上皺紋陸寄居蟹

對大型螺殼的需求。可知非洲大蝸牛對東沙島上灰白陸寄居蟹族群結構的影響已不容忽視，此干擾程度應予以客觀描述與量化，以提供後續監測與不同樣點間比較。在此引入 logistic regression 來描述各體長個體對非洲大蝸牛殼的利用情況，結果如圖 7 所示。皺紋陸寄居蟹在 fingerL=4 mm 開始利用非洲大蝸牛殼，fingerL 在 6 mm~8 mm 區間是轉換殼種高峰，而成長至 fingerL=10 mm 後改使用非洲大蝸牛殼。此分佈最適描述曲線為 $F(x) = e^{(1.33x-9.28)}$, $p < 0.01$, $R^2 = 70\%$ ，經計算得知全島陸寄居蟹 HDL50 為 fingerL = 6.97 mm。再個別分析國碑海岸與釣魚區海岸蝸牛殼利用狀況，發現兩地的最適曲線顯著地不同（ANOVA, $p < 0.05$ ），國碑海岸陡峭許多，算得 HDL50（國碑海岸）為 6.78 mm 與 HDL50（釣魚區）為 7.19 mm，表示生活在國碑海岸的皺紋陸寄居蟹會比釣魚區的族群在更小體長就得轉換改用非洲大蝸牛殼。

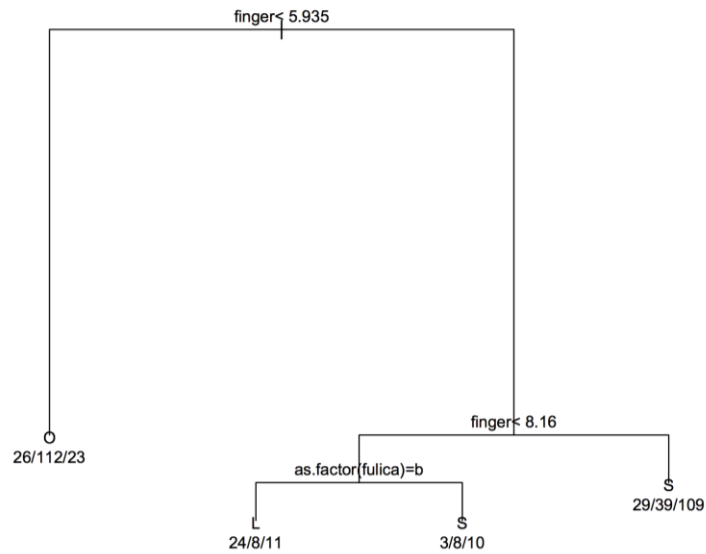


圖 6. 中等體型的皺紋陸寄居蟹背負過大的非洲大蝸牛殼。

Fig. 6. Medium-size *C. rugosus* individual occupied over-size *A. fulica* shell. L/O/S: large/suitable/small.

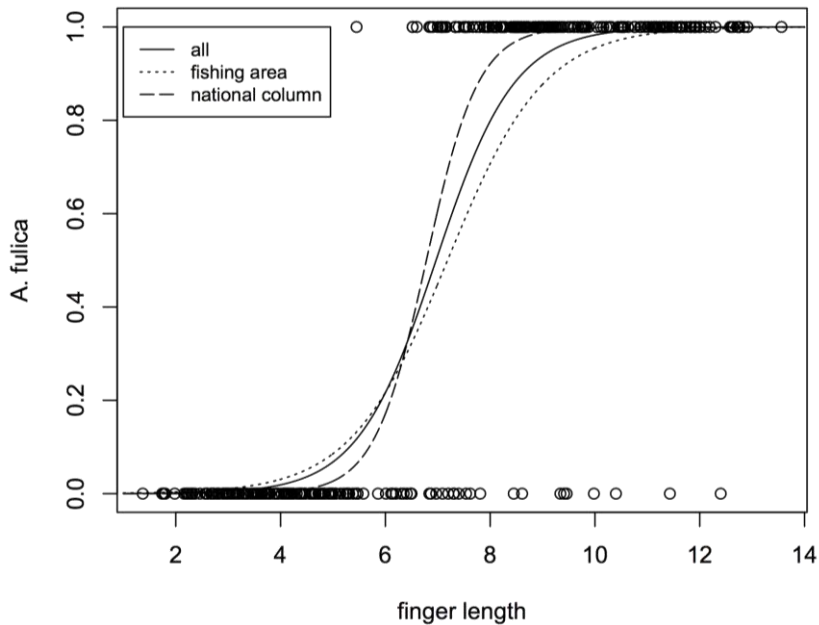


圖 7. 經由 logistic regression 分析發現，生活在釣魚區與國碑海岸的皺紋陸寄居蟹是以不同的模式利用非洲大蝸牛殼 (ANOVA, $p < 0.05$)。

Fig. 7. Base on logistic regression analysis, *A. fulica* shell usage by *C. rugosus* showed distinct patterns on fishing-allowed coast and national column coast (ANOVA, $p < 0.05$).

討 論

東沙島的皺紋陸寄居蟹會在不同的體長階段背負不同的螺殼，隨體長增加會利用的螺種越少，大型個體主依賴非洲大蝸牛殼，而同體長區間個體在不同地點選用不同螺種，符合前人研究提出彈性適應可用資源的現象 (Abrams, 1978; Hazlett, 1981; Page and Willason, 1982, Terossi, 2006; 施, 2012a)。施 (2012a) 於 2011 年 11 月至 2012 年 12 月曾在東沙島針對皺紋陸寄居蟹做了一次調查，結果顯示皺紋陸寄居蟹使用非洲大蝸牛殼的比例為 94.1%，2.7% 使用蜆螺科，2.3% 使用蝶螺科，其餘則為鳳螺與玉螺。但在本研究中，非洲大蝸牛殼使用率 52.7%，蜆螺使用率增加至 18.7%，對小型個體相當重要的金口鐘螺 (14.4%) 則未曾在其研究中提及。施 (2012a) 所描述個體較大，而本研究涵蓋體長區間較廣，推測是造成螺種使用比例不同的原因，但也不排除陸域或海域生態已經改變，這需要進一步研究才能釐清。

十足目甲殼類的體長頻度分佈以單峰型為主，作者認為其研究的海生寄居蟹出現不常見的雙峰型體長，可能是曾發生了高量的幼生補充 (Mantelatto and Sousa, 2000)。在馬紹爾 Enewetak Atoll 曾觀察到陸寄居蟹 *Coenobita perlatus* 出現雙峰型體長分佈，在缺乏生長資料下作者無法排除年級群效應，但同時作者提出另一解釋，認為雙峰型體長現象是因為該調查點只有大型與小型螺殼被沖積上岸，缺乏中間體型個體所需要的中等尺寸螺殼，而另一調查點只有小型螺殼供應故呈單峰，同時作者發現眾多中間體型個體是使用過大的螺殼 (Page and Willason, 1982)。在缺乏證據下本研究同樣無法排除年級群是雙峰型體長頻度分佈的原

因，但 Angel (2000) 證明殼的大小會限制寄居蟹的生長，在 Page and Willason (1982) 與 Mantelatto and Sousa (2000) 研究中都只在特定採樣點才觀察到雙峰型體長現象，表示不同年級群的陸寄居蟹體長還是受限於當地要有夠大的空殼供應。東沙島本缺乏大型海源螺殼供給，直到人為引入非洲大蝸牛後，陸寄居蟹慢慢適應、利用非洲大蝸牛殼，體型才擺脫海源螺殼的大小限制。同時本研究也觀察到中間型個體提早佔入過大空殼現象，因海源螺殼稀少，有 56% 個體背負過大的非洲大蝸牛殼。因此本人認為，非洲大蝸牛所供應的大型空殼，造成東沙島皺紋陸寄居蟹體長增大，以致族群結構呈現雙峰型。

為何死亡的非非洲大蝸牛尺寸無法銜接供應皺紋陸寄居蟹利用，本人推測非洲大蝸牛殼必須夠大，該蝸牛殼厚度才堅實堪用，能在皺紋陸寄居蟹以滾動翻落方式躲避天敵時不至於過度損害，達到躲避天敵、抗磨損與避免水分流失的功能，同時個體變大後天敵相對變少，這是皺紋陸寄居蟹必須夠大才開始利用非洲大蝸牛殼的原因。

Nakasone (2001) 在日本沖繩研究發現大型雌性 *Coenobita purpureus* 與 *Coenobita cavipes* 都使用非洲大蝸牛空殼，這些較輕的蝸牛殼讓陸寄居蟹從島嶼內部跋涉至海岸釋放幼生不致消耗太多能量。東沙島皺紋陸寄居蟹廣佈全島 (施 2012b)，是否受益非洲大蝸牛殼值得探討。在 Page and Willason (1982) 研究中成熟個體是在體長雙峰的右峰中出現，但施 (2012a) 研究發現皺紋陸寄居蟹最小性成熟體長為背甲長 9.40 mm 是坐落在本研究左半峰上 (fingerL=3.93 mm)，此成熟體長偏小的原因還不清楚。由此可知背負非洲大蝸牛殼的陸寄居蟹個體都已經性成熟，個體越大孕卵數越

多也更能抵抗天敵攻擊，增加族群數量的潛能更高，是否會排擠島上食性相近的沙蟹或圓軸蟹等共域生物是國家公園管理處應該注意的。

施（2012a）選擇優勢且分佈範圍廣的皺紋陸寄居蟹做為東沙島生態系監測指標生物。陸寄居蟹的螺殼選擇彈性適應，反映了各地海域海岸生態特色，以及當地海岸空殼長期供應與體長分佈狀況是否發生改變，輔以 logistic regression 進行更客觀的螺殼轉換分析，比較各個螺種依賴程度，可以作為進一步研究設計參考，提供進一步調查海域環境或優勢螺種消長的線索。

楊（2012）提出公民科學家的概念，藉由各地志工們協助搜集數據，研究人員進行分析，結合兩者達成長期、大範圍的監測調查。台灣現有的海域長期調查工作雖不少，例如水產試驗所的 TaiCOFI 計劃，但所見變化常常囿於自然環境本身的不規則擾動而難以界定，且民眾不易理解。陸寄居蟹調查相當適合志工參與，只需要一隻游標尺就能進行，卻能幫助找出似同實異的微棲地，除提供選擇人工投放空殼回歸海岸的地點資訊，也能持續監測活動成效，或檢視大型螺類撿拾漁撈壓力是否增加。綜合以上，借助公民科學家進行陸寄居蟹的調查，也許是變化大又承受過度開發壓力的台灣海岸一個可行的長期監測方式。

謝 誌

感謝海洋國家公園管理處陳曉怡技士與東沙管理站洪登富技士，以及東沙管理站其他同仁給予的協助。並感謝清華大學生命科學系蘇士哲教授撥空展讀與指正，這份亦師亦友的情誼銘感五內。

參考文獻

- 邱郁文、黃彥銘、蘇俊育。2011。寶貝東沙-潮間帶軟體動物篇。海洋國家公園管理處。
- 施習德。2012a。東沙島潮間帶至陸域蟹類與寄居蟹調查。海洋國家公園管理處成果報告。
- 施習德。2012b。鐵甲武士：東沙島海濱蟹類。海洋國家公園管理處。
- 楊懿如、張志恣。2012。運用公民科學協助台灣蛙類保育。國家公園學報 22(4): 55-62。
- Abrams, Peter. 1978. Shell selection and utilization in a terrestrial hermit crab, *Coenobita compressus* (H. Milne Edwards). *Oecologia* 34: 239-253.
- Angel, J.E.. 2000. Effects of shell fit on the biology of hermit crab *Pagurus longicarpus* (Say). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 243: 169-184.
- Crawley, M.J. 2007. *The R Book*. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex.
- Hazlett, B.A.. 1981. The behavior ecology of hermit crabs. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12: 1-22.
- Lake, P.S. and D.J. O'Dowd. 1991. Red crabs in rain forest, Christmas Island: biotic resistance to invasion by an exotic snails. *Oikos* 62(1): 25-29.
- Mantelatto, F.L.M. and L.M. Sousa. 2000. Population biology of the hermit crab *Paguristes tortugae* Schmitt, 1933 (Anomura, Diogenidae) from Anchieta Island, Ubatuba, Brazil. *Nauplius* 8(2): 185-193.

Osorno, J.L., F.C. Lourdes, and R.J. Cristina. 1998. Are hermit crabs looking for light and large shells?: evidence from natural and field induced shell exchanges. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 222: 163-173.

Page, H.M. and S.W. Willason. 1982. Distribution patterns of terrestrial hermit crabs at Enewetak Atoll, Marshall Islands. *Pacific Science* 36(1): 107-117.

R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.

Terossi, M., D.L.A. Esposito, A.L. Meireles, R. Biagi, and F.L. Mantelatto. 2006. Pattern of shell occupation by the hermit crab *Pagurus exiles* (Anomura, Paguridae) on the northern coast of Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Natural History* 40(1-2): 77-87.

Wu, S.P., C.C. Hwang, H.M. Huang, H.W. Chang, Y.S. Lin, and P.F. Lee. 2007. Land molluscan fauna of the Dongsha Island with twenty new recorded species. *Taiwania* 52(2): 145-151.

Nakasone, Yukio. 2001. Reproductive biology of three land hermit crabs (Decapoda: Anomura: Coenobitidae) in Okinawa, Japan. *Pacific Science* 55(2): 157-169.

Zuur, A.F., E.N. Ieno, and G.M. Smith. 2007. *Analysing Ecological Data*. Springer. New York.

臺灣產新紀錄種—芒穗網苔

Syrrhopodon aristifolius Mitt. — a Newly Found Species in Taiwan

姚奎宇^{1,*} 林善雄² 楊嘉棟¹ James R. Shevock³

Kuei-Yu Yao^{1,*}, Shan-Hsiung Lin², Jia-Dong Yang¹ and James R. Shevock³

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路 1 號

²40704 臺中市東海大學生命科學系研究室 LS-112

³美國加州科學院

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou 55244, Taiwan

² Research Room LS-112, Department of Life Science, Tunghai University, Taichung 40704, Taiwan

³ Department of Botany, California Academy of Sciences, 55 Music Concourse Dr., San Francisco, 94118 USA

*通訊作者：vulqthu@hotmail.com

*Corresponding author：vulqthu@hotmail.com

摘 要

網苔屬(*Syrrhopodon*)隸屬於花葉苔科(Calymperaceae)，臺灣本屬原記載有 6 種 2 個變種。本文報導了網苔屬的新紀錄種—芒穗網苔(新擬中文名)，文中附有此新紀錄種之形態描述、圖片及棲地與分布等資料。

Abstract

Six species and two varieties of the genus *Syrrhopodon* (Calymperaceae) have been recorded from Taiwan. This paper describes and illustrates *Syrrhopodon aristifolius* Mitt. as a newly recorded species in Taiwan, and provides information on its habitat and distribution.

關鍵詞：網苔屬、芒穗網苔、苔類、臺灣

Keywords: *Syrrhopodon*, *S. aristifolius*, mosses, Taiwan

收件日期：2015 年 04 月 13 日 接受日期：2015 年 09 月 01 日

Received: April 13, 2015

Accepted: September 01, 2015

緒 言

網苔屬(*Syrrhopodon*)全世界有 80–90 種，以泛熱帶分布為主，亦有少數溫帶的種類(Reese & Stone, 2012)，臺灣本屬的紀錄原有 6 種 2 個變種(Chiang *et al.*, 2001; Li & Crosby, 2001)。

2014 年在台北野外調查採集到的芒穗網苔(*Syrrhopodon aristifolius* Mitt.)，為過去在臺灣從未報導過之物種。此種分布於昆士蘭東北部、亞洲、馬來西亞、菲律賓及大洋洲(Reese & Stone, 2012)，臺灣應為此種分布的最北端。本文描述了此新紀錄種的形態、棲地分布並提供其圖片。

臺灣產網苔屬檢索表

1. 葉上部(limb)表面觀不具裸露之葉緣的厚壁桿(marginal stereome，指葉舷分化 的厚壁組織)2
1. 葉上部表面觀具有裸露之葉緣的厚壁桿5
2. 葉肩部幾乎平滑或鋸齒不明顯；葉上部中肋兩旁葉片經常非常狹窄，特別是葉長 1/3 以上，僅約 1–5 個細胞寬，形成芒穗狀.....芒穗網苔 (*S. aristifolius*)
2. 葉肩部鋸齒明顯；葉上部從不形成芒穗狀.....3
3. 葉上部之橫切面至少部分具葉緣的厚壁桿；葉在肩部之上強烈窄縮；葉長 6–30 mm 或更長.....鞭葉網苔 (*S. loreus*)
3. 葉上部之橫切面不具葉緣的厚壁桿；葉在肩部之上稍微窄縮；葉長 3–10 mm4
4. 方格組織(cancellinae)與葉上部細胞界線明顯.....網苔 (*S. gardneri*)
4. 方格組織與葉上部細胞界線不明顯.....日本網苔 (*S. japonicus*)
5. 葉細胞(lamina cells)腹面單疣且疣不呈冠狀.....鞘刺網苔 (*S. armatus*)
5. 葉細胞腹面多疣，若單疣則疣呈冠狀.....6
6. 葉上部裸露之葉緣的厚壁桿經常斷續分布；葉長 1–2 mm多疣網苔 (*S. trachyphyllus*)
6. 葉上部裸露之之葉緣的厚壁桿完整覆蓋整個葉緣；葉長 2–5 mm7

7. 葉肩部不具鋸齒；葉細胞腹面的疣小且低矮.....巴西網苔本變種 (*S. prolifer* var. *prolifer*)
 7. 葉肩部具小的鋸齒或有時呈毛狀鋸齒；葉細胞腹面的疣明顯突出.....
巴西網苔鞘齒變種 (*S. prolifer* var. *tosaensis*)

形態描述

芒穗網苔 *Syrrhodon aristifolius* Mitt., J. Linn. Soc., Bot. 10: 176 (1868) 圖 1–3.

植物體小型，長可達 15 mm，淺綠色至褐色，呈叢型生長。假根紅色至褐色。莖直立，非常短，少分枝，褐色；橫切面無中心束。葉乾燥時略為扭曲，濕時向上平展，長 3–13 mm，寬(葉基)0.26–0.38 mm，不具嵌邊(teniolae)，通常在葉中央時(3)5–10 個細胞寬，經常向上延伸逐漸窄縮至 1–2 個細胞寬，形成芒穗狀的葉尖；葉基具分化之方格組織，方格組織與葉細胞分化界線不明顯，方格組織之細胞長 32.5–60 μm ，寬 11.25–15 μm ；葉緣在基部時分化為細長的細胞，平滑或近乎平滑，橫切面 1 層細胞厚；葉緣在葉上部時不具葉緣的厚壁桿，全緣或具雙齒，齒通常不明顯，橫切面 2–4 層細胞厚。葉細胞圓方形至長矩形，長 5–16.25 μm ，寬 5–11.25 μm ，無疣；橫切面通常 1 層細胞厚，偶爾 2 層細胞。中肋明顯，平滑，達尖、短突出或偶爾長突出；橫切面具背面及腹面厚壁層(stereid bands)，有時在葉尖端時腹面厚壁層消失，主細胞(guide cells) 1–2(3)層。無性芽未見。孢子體未見。

引證標本 新北市：雙溪區淡蘭古道灣潭段，生長於人工栽植的針葉樹幹上，海拔 416 公尺，2014 年 7 月 24 日，N 24°56', E 121°48', K.-Y. Yao 5835 (CAS, TAIE, TNS, TUNG)；雙溪區北勢溪古道，生長於人工栽植的針葉樹幹上，海拔 363 公尺，2015 年 4 月 30 日，N 24°57', E 121°47', K.-Y. Yao 6229 (TAIE)。

本種最大的辨識特徵是其經常具有芒穗狀的葉尖，因其葉上部中肋兩旁的葉片非常狹窄，而形成這種獨特的特徵，其非常短的莖及狹長的葉子也是辨識特徵之一。

本種的外型變化很大(Ellis & Tan, 1999; Mohamed & Reese, 1985)，在這次採集到的標本之中也有觀察到芒穗狀葉尖不明顯的植株(圖 2, C)，但即使是這樣的植物體還是可以從極短的莖，近乎平滑的葉肩，葉細胞不具疣，狹長的葉形等特徵分辨此種。臺灣產的花葉苔科裡也有幾種葉片長得相似物種可能會因此混淆，例如鞭葉網苔(*Syrrhodon loreus*)、花葉苔(*Calymperes lonchophyllum*)、齒邊花葉苔(*C. serratum*)。與上述三種的差別除了芒穗狀的葉尖之外，本種葉肩不鋸齒或近乎平滑；鞭葉網苔、花葉苔與齒邊花葉苔則是葉肩鋸齒(尤其是鞭葉網苔的鋸齒非常明顯)，此外本種葉上部之橫切面不具有葉緣的厚壁桿；而鞭葉網苔及花葉苔則在葉上部之橫切面具有葉緣的厚壁桿。

臺灣產芒穗網苔的葉基相較於其他國家的紀錄(Eddy, 1990; Ellis & Tan, 1999; Mohamed & Reese, 1985)顯得比較狹窄，根據文獻描述及圖片，葉基寬約在 0.6–0.7 mm，臺灣目前採集到的標本葉基寬僅為 0.26–0.38 mm，但根據其他的形態特徵，筆者認為這應該只是此種形態變化之一，是否臺灣產的此種葉基都如此狹窄還需要更多的採集紀錄來驗證。此外方格組織根據一些前人的描述(Eddy, 1990; Mohamed & Reese, 1985)約佔葉鞘的 1/2 長，在筆者的觀察中，雖然方格組織

通常約占葉鞘的 1/2 長，但也有部分超過 1/2 長，甚至接近肩部的位

置，加上本種的方格組織界線並不明顯，因此文章中不特別強調此一特徵。



圖 1. 芒穗網苔植物體(照片中央)，白綠色植物體為糙葉白髮苔(*Leucobryum boninense* Sull. & Lesq.)。
Fig. 1. Plants of *Syrrhopodon aristifolius* (middle) associated with the whitish green *Leucobryum boninense*.



圖 2. 芒穗網苔植物體。
Fig. 2. Plants of *Syrrhopodon aristifolius*.

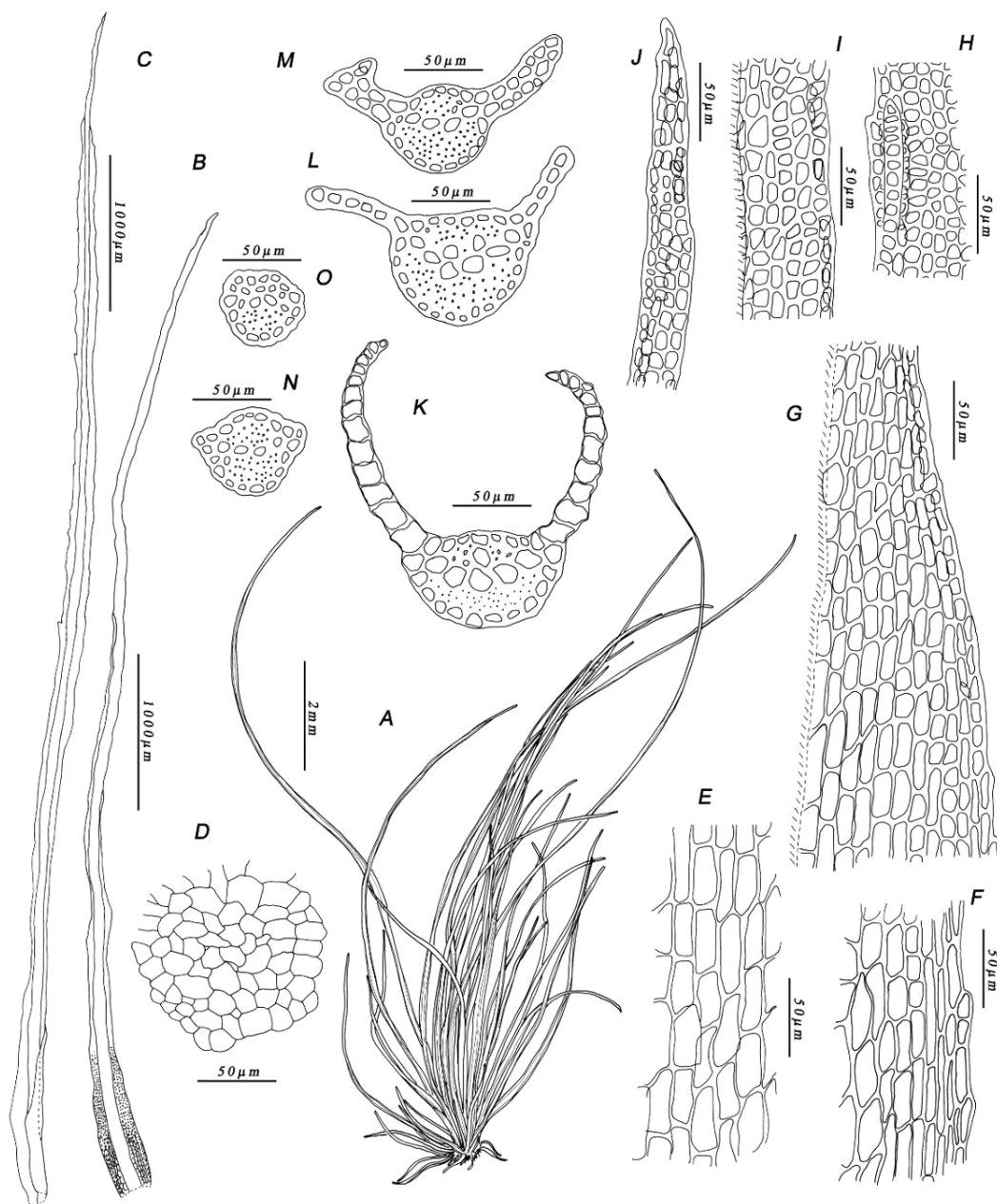


圖 3. 芒穗網苔。A. 植物體；B-C. 葉；D. 莖橫切；E. 葉基分化的方格組織；F. 葉基邊緣；G. 方格組織與葉細胞分化界線；H-I. 葉緣；J. 葉尖；K-O. 葉橫切面(依序從葉基到葉尖)。(繪自 K.-Y. Yao 5835)

Fig. 3. *Syrrhopodon aristifolius* Mitt. A. plant; B-C. leaves; D. cross-section of stem; E. cancellinae of leaf base; F. margin of leaf base; G. boundary of cancellinae and lamina cells; H-I. leaf margins; J. leaf apex; K-O. cross-sections of leaf (from leaf base to leaf apex). (Drawn from K.-Y. Yao 5835)

謝 誌

感謝特有生物研究保育中心陳桂珠小姐在植物體針筆繪圖上的幫助，針筆圖因為有她對植物體做精準地描繪而顯得更為完整；承蒙國科會(科技部)的經費支持(計畫編號: NSC 99-2321-B-329-002-)，特此申謝。

/12_Calymperaceae/Calymperaceae_Syrrhopodon.pdf

引用文獻

- Chiang, T.-Y., T.-W. Hsu, S.-J. Moore and B. C. Tan 2001. An updated checklist of Taiwan mosses. 36 pp. The Biological Society of China, Nantou.
- Eddy, A. 1990. A handbook of Malesian mosses, Vol. 2: Leucobryaceae to Buxbaumiaceae. 256 pp. Natural History Museum Publications, London.
- Ellis, L. T. and B. C. Tan 1999. The moss family Calymperaceae (Musci) in the Philippines. Bull. Nat. Hist. Mus. Lond. (Bot.) 29(1): 1–46.
- Li, X.-J. and M. R. Crosby (eds.). 2001. Moss flora of China, vol. 2: Fissidentaceae - Ptychomitriaceae. 283 pp. Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- Mohamed, H and W. D. Reese 1985. *Syrrhopodon* (Musci: Calymperaceae) in Malaysia and adjacent regions. The Bryologist 88(3): 223–254.
- Reese, W. D. and I. G. Stone 2012. Australian mosses online. 13. Calymperaceae: *Syrrhopodon*.
http://www.anbg.gov.au/abrs/Mosses_online

臺灣產芸香科月橘組(*sect. Murraya*)植物新見

Notes on *Murraya* *sect. Murraya* (Rutaceae) in Taiwan

許再文 何東輯*

Tsai-Wen Hsu and Tung-Chi Ho*

農委會特有生物研究保育中心，南投縣 55244 集集鎮民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou 55244, Taiwan

* 通訊作者：cole@tesri.gov.tw

* Corresponding author: cole@tesri.gov.tw

摘 要

本研究以傳統分類方法，重新訂正臺灣產月橘組植物，所得結果有 2 種 1 變種，文中提出 1 種學名訂正：月橘(*Murraya exotica* L.)及 1 新確認種：千里香(*M. paniculata* (L.) Jack.)，關於種類的檢索表、學名考證及生育地和分布亦於文中提出。

Abstract

This study is a classical taxonomic revision of the *Murraya* section (Rutaceae) in Taiwan based on a broad survey of herbarium specimens and living plants in the field. The results indicate that the plant currently known as Taiwan *Murraya paniculata* (L.) Jack. should be in fact two different species and one variant. In this paper we propose the species be scientifically renamed: *M. exotica* L. and confirm a new species: *M. paniculata* (L.) Jack.. A table of contents for proposed scientific names and areas of distribution is provided.

關鍵詞：月橘組、台灣、分類

Key words: *Murraya*, Taiwan, taxonomy

收件日期：2015 年 05 月 13 日 接受日期：2015 年 09 月 01 日

Received: May 13, 2015

Accepted: September 01, 2015

前 言

Tanaka(1929)主張月橘屬(*Murraya*)之分類群下可再分為枝條灰白色的月橘組(sect. *Murraya*)及根和枝條暗黑褐色的棕莖組(sect. *Bergera*)二組植物。認為臺灣產月橘組植物有 1 種 (*M. paniculata* (L.) Jack.) 加上另一變種 (*M. paniculata* (L.) Jack. var. *omphalocarpa* (Hayata) Tanaka)。

千里香(*M. paniculata* (L.) Jack.)及月橘(*M. exotica* L.)是二種物種或是合併為一種,在以往文獻中,各分類學者之意見均不同,因為林奈 1767 年發表 *Chalcas paniculata* L.(1820 年被訂正為 *M. paniculata* (L.) Jack.),另外於 1771 年發表 *M. exotica* L.,共二種植物,認為這二種植物應合併為一種的分類學者,包括 Hayata(1911)認為月橘之學名採用(*M. exotica* L., *Chalcas paniculata* L.是同物異名)後,後來各分類學者 Engler(1931)、Tanaka(1929)、Kanehira(1936)、Chang (1977,1993)及何(2007)均誤用 (*M. paniculata* (L.) Jack.),卻將 *M. exotica* L. 當作是同物異名之學名迄今;認為應是二種(或分類群)植物的分類學者,Hooker(1875)認為 *M. exotica* L.有兩變種,包括 var.1 為花數較多,及 var.2 花數較少,並將 *M. paniculata* (L.) Jack.處理為 var.2 之同物異

名。黃(1958)分類處理合為 1 種月橘 (*M. paniculata* (L.) Jack.),有三變種,三變種之主要區別: 1.*M. paniculata* (L.) Jack. var. *paniculata* 小葉較多,小葉片最寬處在中部以下,頂端短尖或漸尖, 2. *M. paniculata* var. *exotica* (L.) Huang 小葉較少,小葉片最寬處通常在中部以上,頂端圓或鈍, 3. *M. paniculata* var. *omphalocarpa* (Hayata) Tanaka 小葉較大,果實較大通常為紡錘形,先端具小凸頭,但是誤認為臺灣常栽于庭園中植物,臺灣常栽于庭園中植物應是 *M. paniculata* var. *exotica* (L.) Huang,不是 *M. paniculata* var. *omphalocarpa* (Hayata) Tanaka。黃(1997)分類處理將前述 3 變種合為 2 種植物,區分為 *M. exotica* L.小葉片最寬處通常在中部以上,頂端圓或鈍,稀急尖;*M. paniculata*(L.) Jack.小葉片最寬處在中部以下,頂端短尖或漸尖,但是沿用 1958 年之錯誤,誤將只產蘭嶼及綠島的長果月橘,當作產臺灣之植物,並將長果月橘 (*M. paniculata* var. *omphalocarpa* (Hayata) Tanaka) 處理為本植物之同物異名。Zhang 及 Hartley(2008)同意黃(1997)之處理方式,但註明長果月橘為 Chang (1977,1993)同意的變種植物。本文同意黃(1997)分類處理月橘之學名應採用(*M. exotica* L.),但是不同意千里香 (*M. paniculata* (L.) Jack.) 與長果月橘 (*M. paniculata* var.

omphalocarpa (Hayata) Tanaka) 之合併，因為臺灣只產千里香 (*M. paniculata* (L.) Jack.)，另外臺灣不產變種長果月橘 (*M. paniculata* (L.) Jack. var. *omphalocarpa*)，長果月橘僅產蘭嶼及綠島。

經查閱各大標本館之臺灣產月橘標本並配合野外採集工作，臺灣產月橘組植物標本大部分為 *M. exotica* L. (小葉片最寬處通常在中部以上，頂端圓或鈍，稀急尖)，新發現 *M. paniculata* (L.) Jack. (小葉片最寬處在中部以下，頂端短尖或漸尖)，且配合檢視長果月橘發現植株上小葉片最寬處在中部以下者，但是大部份均為小葉片最寬處在中部以下者，葉形與 *M. paniculata* (L.) Jack. 相似，但小葉及果實較大先端具圓錐形凸頭，在形態上可以明顯區

分，所以處理為變種，經過訂正後臺灣產月橘組植物有2種1變種。

本文所使用傳統分類法之材料以新鮮標本為主，其來源多為筆者於野外採集所得，並參考國內各大標本館內所藏的臘葉標本。引證標本所指標本館分別以代號表示如下：

HAST：中央研究院生物多樣性研究中心標本館

NTUF：國立臺灣大學森林系標本館

PPI：國立屏東科技大學森林系標本館

TAI：國立臺灣大學生科系標本館

TAIE：特有生物研究保育中心植物標本館

TCF：國立中興大學森林系標本館

標本之編號則依據採集號碼；若無採集號碼，則記載標本館的標本編號，並以括號表示之。

台灣產月橘屬月橘組之檢索表：

- A1. 小葉片最寬處通常在中部以上，頂端圓或鈍，稀急尖小葉長2-5cm，寬2cm 1. 月橘 *Murraya exotica*
- A2. 小葉片最寬處在中部以下，頂端短尖或漸尖。
- B1. 小葉較小，長3-5cm，寬2cm；果實較小為長橢圓形..... 2A. 千里香 *Murraya paniculata*
- B2. 小葉較大，長5-7cm，寬3cm；果實較大通常為圓錐形，先端具錐形細長尖尾形..... 2B. 長果月橘 *Murraya paniculata* var. *omphalocarpa*

1. 月橘

Murraya exotica L., Mant. Pl. 2:563. 1771;
Hayata, Icon. Pl. Form. 1:132. 1911.

Murraya paniculata auct non (L.) Jack.:
Kanehira, Form. Trees rev. ed. 316. f. 271. 1936; Swingle, in Weber & Batchelor, Citrus Industry 1:194. f.29. 1943; Liu, Ill. Nat. Intr. Lign. Pl. Taiwan 2: 878. f.721. 1962; Li, Woody

Fl. Taiwan 377. f.136. 1963; Y.C.Liu, Lign. Pl. Taiwan 544. 1972; Chang, Fl. Taiwan 3: 521. pl.710.1977, Fl. Taiwan ed.2. 3: 526. 1993; Liu et al., Trees of Taiwan 563. pl.391.1994; Ho, End. Sp. Res. 9 (2): 39. 2007.

註：(1) 以前各分類文獻及各分類學者大多均使用 *M. paniculata* 為臺灣產

月橘之學名，但是經查閱各大標本館之本省產月橘標本並配合野外採集工作，廣泛分布各地的植物形態均與 *M. exotica* L. 相同，小葉片最寬處通常在中部以上，因此同意黃(1997) 分類處理，學名應採用 *M. exotica* L.。

- (2) 分布：大陸福建、廣東、廣西、貴州、海南、湖南、雲南、不丹、柬埔寨、印度、印度尼西亞、日本(琉球群島)、馬來西亞、緬甸、尼泊爾、新幾內亞、巴基斯坦、菲律賓、斯里蘭卡、泰國、越南、澳大利亞、西南太平洋島嶼等地區，臺灣廣泛產於低海拔山麓，普遍為綠籬樹種及庭園栽培，並因生長緩慢亦常用為盆景。

引證標本:

臺北市:臺大校園,Ju-Yuan Liu, 1945,(NTUF);面天山,T.C.Huang et al., 1735,(TAI);七星山, Sasaki, (14115), (TAI)。**新北市**:Sasaki,(14112),(TAI);烏來,Ching-I Peng,14968, (HAST)。**桃園市**:C.M.Kuo,6439,(TAI)。**新竹縣**:川上瀧彌及島田彌市,(14118),(TAI)。**苗栗縣**:Kuo & Kao,444,(NTUF);Sasaki,(14119),(TAI)。**臺中市**:省議會, C.H.Ou, 7022, (TCF);中興大學,C.H.Ou,(TCF)。**彰化縣**:八卦山,詹文旭, s.n., 1986, (TCF)。**南投縣**:北山坑,R.Kamehira,(14121),(TAI);集集鎮,何東輯,105;惠蓀林場,何東

輯,181,(TCF)。**嘉義縣**:川上瀧彌及森丑之助,6216,(TAI)。**臺南市**:北門,森本林,310,(TAI)。**高雄市**:六龜,T.Kiang et al., 82,(TAI);旗山,森丑之助,(14122), (TAI)。**澎湖縣**:鍾玉龍,(21605),(PPI)。**屏東縣**:保力, C.E.Chang, 2042; C.E.Chang, 8778, (PPI);墾丁,W.S.Tang, 1094,(TAI);何東輯,51,(TCF)。**花蓮縣**:T.Koyama & Kuo, 14253, (TAI);玉里鎮,Chi-Cheng Liao,1556, (HAST);清水山,C.C.Liao,s.n., 1978,(NTUF)。**臺東縣**:延平鄉,Wen-Pen Leu,839,(HAST);小野柳,陳朝圳,128,(PPI);網調社,川上瀧彌及森丑之助, 1837;恆春, Sasaki,(14124), (TAI)

2. 千里香

Murraya paniculata (L.) Jack., Malay. Misc. 31. 1820.

Chalcas paniculata L., Mant. Pl. 1:68. 1767.

2A. *Murraya paniculata* (L.) Jack. var. *paniculata*

- 註：(1) 千里香及月橘是二種很近緣的物種，千里香產於低海拔山區森林中，為僅產屏東山區新確認種，月橘為廣泛分布各地區。
- (2) 經查閱各大標本館之臺灣產月橘屬(*Murraya*)標本，尚未有本種標本，並配合野外採集工作，目前僅產屏東山區，族群數量稀少。
- (3) 雖然黃(1997)將長果月橘處理為本植物之同物異名，但是本植物

之小葉較小，長3-5cm，寬2cm；
果實較小為長橢圓，在形態上可
以明顯區分，因此不應合併處理
為同物種。

- (4) 分布：大陸福建、廣東、廣西、
貴州、海南，臺灣產於低海拔山
麓。

引證標本:

屏東縣：瑪家，何東輯，
237,239(TAIE)

2B.長果月橘

Murraya paniculata var. *omphalocarpa*
(Hayata) Swingle in Weber &
Batchlor, Citrus Industry 1:197.
1943; Li, Woody Fl. Taiwan 379.
1963; Y.C.Liu, Lign. Pl. Taiwan 544.
1972; Chang, Fl. Taiwan 3:523.
1977, Fl. Taiwan ed.2. 3:527.1993;
Liu et al., Trees of Taiwan 564.
1994.

Murraya omphalocarpa Hayata, Icon. Pl.
Form.3:51. 1913, 5:14. 1915;
Kanehira, Form. Trees rev. ed. 315.
f.316.1936; Liu, Ill. Nat. Intr. Lign.
Pl. 2:877. f.720.1962.

Chalcas paniculata var. *omphalocarpa*
(Hayata) Tanaka, J. Soc. Trop. Agr.
Form. 1: 27. 1929.

註：(1) Tanaka(1929)主張長果月橘的變種
分類階級，首先處理為 *Chalcas*
paniculata (L.) Jack. var.
omphalocarpa (Hayata) Tanaka，
Swingle(1943)最早分類處理為

Murraya paniculata (L.) Jack. var.
omphalocarpa (Hayata) Tanaka雖
然未註明 *comb. nov.* 及引用 Tanaka
分類處理，但是為合法之新組合
處理。

- (2) 葉形與 *M. paniculata* 相似，但小葉
及果實較大先端具圓錐形細長尖
尾形凸頭，在形態上可以明顯區
分，所以處理為變種。
(3) 分布：臺灣特有變種，僅產蘭嶼
及綠島。

引證標本:

臺東縣：Jenn-Chen Wang, 6853,
(HAST); 綠島，陳朝圳，38, C. E.
Chang, 16962, (PPI); T. C. Huang
& M.T. Kao, 6949, (TAI); 川上瀧彌
及小林善藏，4724, (TAI); 蘭嶼，
Ching-I Peng, 10749, 10785,
(HAST); M. C. Ho & H. C. Huang,
150, Jih-Ching Liao, 11056, (NTUF);
C. E. Chang, 2943, 7667, 14285,
(PPI); 細川隆英，8058, J.C.Wang,
1519, (TAI); Sasaki, (14103),
(14109); G. Nakahara, (5574,
Lectotype of *M. omphalocarpa*),
(TAI); C. H. Ou et al., 2302, 2338, Y.
C. Liu, 3748, 何東輯, 19, 20, 23, 24,
30, (TCF); 天池，T. C. Huang et al.,
10520, 15706, (TAI)。

參考文獻

- 何東輯。2007。台灣產芸香科植物之訂正。特有生物研究 9(2): 29-52。
- 黃成就。1958。中國芸香科植物初步研究(三)。植物分類學報 7(4):96-104。
- 黃成就。1997。中國植物志 43(2): 1-250。科學出版社。
- Chang, C. E. 1977. Rutaceae. In: Huang, T. C. *et al.* (eds.). Flora of Taiwan. 3: 506-537. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, NTU, Taipei, Taiwan.
- Chang, C. E. and T. G. Hartley. 1993. Rutaceae. In: Huang, T. C. *et al.* (eds.). Flora of Taiwan 2nd ed. 3: 510-544. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, NTU, Taipei, Taiwan.
- Hayata, B. 1911-1920. Icons Plantarum Formosanarum. Bureau of Productive Industry, Government of Formosa, Taihoku (Taipei) Taiwan.
- Swingle W.T. 1943. In: Reuther W, Webber HJ, Batchelor L eds. The Citrus industry. Vol. 1:197.
- Tanaka, T.1929. *Chalcas*, A Linnean Genus which includes many new types of Asiatic plants. *Journal of the Science Tropical Agriculture* 1: 23-44.
- Zhang, D. X. and T. G. Hartley.2008. In: Wu, Z. Y., P. H. Raven & D. Y. Hong, eds. Flora of China 11: 85–87. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.

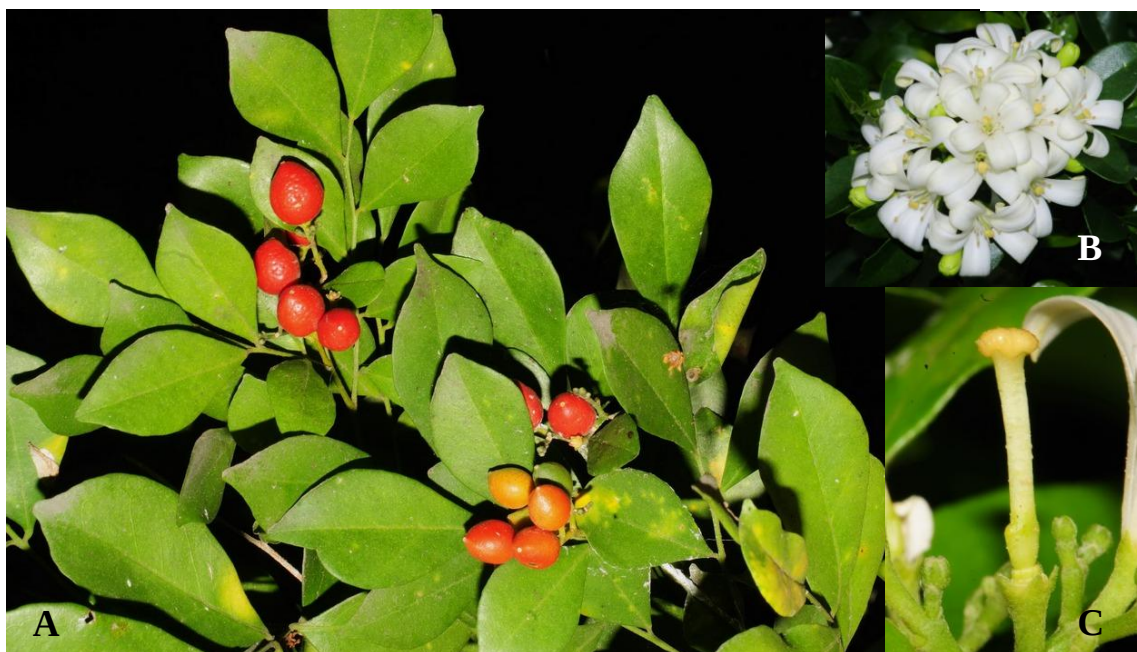


圖 1. *Murraya exotica* L. A.果枝；B.花；C.花柱。

Fig.1. *Murraya exotica* L. A: fruiting branch; B: flower.



圖2. *Murraya paniculata* (L.) Jack. A.果枝；B.花；C.花柱。

Fig. 2. *Murraya paniculata* (L.) Jack. A: fruiting branch; B: flower; C: style.



圖 3. *Murraya paniculata* var. *omphalocarpa* (Hayata) Swingle A.果枝；B.花；C.花柱。

Fig. 3. *Murraya paniculata* var. *omphalocarpa* (Hayata) Swingle A: fruiting branch; B: flower; C: style.



Fig.4. Seed. A: *Murraya exotica* L. (scale=1 mm); B: *Murraya paniculata* (L.) Jack. (scale=1 mm); C: *Murraya paniculata* var. *omphalocarpa* (Hayata) Swingle (scale=1 mm).

《台灣生物多樣性研究》稿約

壹、一般說明

- 一、《台灣生物多樣性研究》為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關生物多樣性或自然保育之學術論文，但以未曾曾在其他刊物發表之原創研究為限。
- 二、本刊為網路期刊，隨時接受投稿，並於每年 1 月、4 月、7 月及 10 月在中心網站 (http://tesri.tesri.gov.tw/list_protect.php)刊登發行。
- 三、撰稿中、英文均可，來稿以完整 WORD 格式文稿電子檔傳送至「台灣生物多樣性研究」期刊編輯委員會電子信箱(email: tjbd@tesri.gov.tw)。
- 四、經本刊接受刊登之稿件，投稿著作所有列名作者皆同意授權本刊單位以非專屬授權之方式再授權，並得為重製、公開傳輸、授權用戶下載、列印等行為。為符合資料庫之需求，並得進行格式之變更。
- 五、稿件無稿酬，但經刊登之文稿將提供 Pdf 檔給作者，不另贈送抽印本。
- 六、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽註意見或修改，如需修改者再送請作者自行補充修正，作者應於收稿 2 週內完成修正，如於收稿 2 個月後仍未將修正稿件寄回者，視同放棄投稿。稿件付印前作者應負責校對。
- 七、通訊作者需在期刊出版前簽署文稿版權轉移同意書給期刊編輯室。

貳、文稿章節順序

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

文章若屬於研究短報(Note)者可不分章節。

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

參、文稿結構

- 一、題目以 30 字為限。
- 二、作者中英文姓名之右上角以縮小數字標示服務單位註記。作者的英文姓名需列全名，名在前姓在後；複姓複名者，二字間用“-”相連；作者若為兩人，姓名間以“and”連接；若為三人或以上，除最後一人與其前一人間以“and”連接外，其餘之間以半形逗號連接。
- 三、中英文摘要以 500 字為限，摘要內容應以結果及結論為主，目的及方法可簡潔敘述或省略。避免使用條列式的摘要。
- 四、中英文關鍵詞以 5 個為限。

肆、文稿書寫應注意事項

- 一、文稿須以 Microsoft Word 可讀取之軟體編輯，以 A4 (30cm×21cm)白紙單面雙空行(double spaces)列印，文稿之天、地、左、右須留白 3 公分，於每頁正下方註記頁碼。
- 二、本文敘述，應用數字編號時，其層次：
中文用：一、(一)、1、(1)、①....
英文用：I、(I)、1、(1)、A、a、(a)....
- 三、中英文單位請用公制之符號，例如：kg、mg、ml、ppm、pH、cm 等，數值請以阿拉伯數字表示之，年代一律採用西元。
- 四、插圖請用白紙(或繪圖紙)以黑墨水精繪，亦可採電腦製圖，惟須以雷射印表機列印；照片限原始攝影採光面相紙沖印者，幻燈片限用原片；未按規定之插圖致圖片模糊無法製版者不予受理。
- 五、圖片之標題在下方，表格標題在上方，標題需中英文並列，圖的說明應中英文對照另頁繕打，不可附在繪圖及相片上面。本文中圖表順序以圖 1，圖 2，表 1，表 2...，Fig. 1, Fig. 2, Table 1, Table 2, ...等表示。
- 六、圖表內容請用英文，表格不加縱線。圖、表均以 A4 大小列印，定稿後圖、表請送原稿。
- 七、引用文獻以確經引用者為限，文中提到之文獻，請列出姓氏、年代。
- 八、引用文獻書寫方式：先列中、日、韓文，次列西文，其書寫方法按作者、年份、題目、發表刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

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

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

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

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

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

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

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

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

Notice to Contributors

I. General Guides:

1. The Taiwan Journal of Biodiversity is an online journal (January, April, July and October, http://tesri.tesri.gov.tw/list_protect.php) by the Endemic Species Research Institute, Council of Agriculture. The journal is an academic publication that welcomes the submission of manuscripts of various biological disciplines in the field of biodiversity. The manuscripts are limited to original work previously unpublished in any other journal.
2. The journal accepts manuscripts written in either Chinese or English. Submit manuscript by online in WORD format to the e-mail address: tjbd@tesri.gov.tw.
3. Manuscript submitted will be sent to at least two referees in the field of its specialty for peer review and comments. Revised manuscript will be reexamined by the Editorial Board. Author(s) are responsible for proof correction of the printer's copy to ensure accuracy.
4. Corresponding author is required to sign a Copyright Transfer Agreement for the paper accepted for publication to the journal publisher, the Endemic Species Research Institute.

II. Manuscript Preparation:

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

III. Manuscript Format:

1. Manuscript must be typed using standard software (Microsoft Word) with top, bottom, left and right. Mark page numbers on the bottom.
2. Manuscript should be typed in a uniform character size. There is no need to differentiate paragraph, title, subtitle or contents by using large or small characters.

3. Measurements should use International System of Units (kg, mg, km, m, cm.... etc.). All numerals or quantities should be expressed in Arabic numbers. Years in the text should use A.D. universally.
4. Figures and tables in the text should be sequenced by Arabic numbers (e.g. Fig.1 and Table 1). Both graphs and photos use same "Fig." designation.
5. Common name of an animal or plant that appears in title and first appears in abstract and text should be accompanied with scientific name. All scientific names in manuscript should be italic.
6. When citing a reference in text, use surname and year, e.g. (Clough 1998) for single author, use "and" to link authors, e.g. (Pimm and Gittleman 1992) for double authors, and use "*et al.*" e.g. (Baker *et al.* 1996) for multiple authors. When citing multiple references, separate them with semi-colons in a chronological order.
7. Using the following system for arranging references in literature cited.

For journals:

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

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

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

For books and symposiums:

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

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

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