

目 錄

雲林縣古坑鄉山峰社區蝴蝶資源調查.....	
.....何健鎔、謝玲、陳寶樹、劉中慧、劉淑芬、謝秋華、陳顯彰	185
使用細胞自動化模擬烏石坑地區之地景動態.....	呂明倫、何芫薇 211
農地造林對鳥類群聚及其多樣性之影響.....	葛兆年、陳一銘、莊鈴木、邱志明 225
臺灣嚴重瀕絕植物-紫芋蘭之無菌播種與植株再生.....	張麗慧、劉丞祥、李權裕 241
阿里山地區玉山杜鵑(森氏杜鵑)根菌結合體形態及其內生菌.....	
.....林瑞進、張儷馨、廖一光、李志珉、曾聰堯	253
臺灣蕨類植物誌增註(2).....	
.....張藝翰、邱文良、黃曜謀、沈柏能、林謙佑、許天銓	263
臺灣錦葵科木槿屬新歸化植物—糙葉木槿.....	
.....李祈德、謝思怡、柳重勝、林奐宇、葉慶龍	273
頂頭花—台灣一種常被誤認的稀有唇形科植物.....	楊曆縣、謝宗欣 283

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

第 16 卷第 3 期 | 中華民國103年7月
Vol.16, No.3 | July 2014





封面圖說／

豹紋蝶(*Timelaea albescens formosana*) 分布於台灣低、中海拔山區，常見於地面吸食腐果，幼蟲主要以朴樹(*Celtis formosana*)葉片為食。(何健鎔 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／鄭錫奇

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

何健鎔、林瑞興、林春富、許再文
陳志輝、張仕緯、張和明、詹芳澤
蔡奇立、劉靜榆、薛美莉

編輯諮詢委員／(依姓氏筆劃序)

于宏燦、方力行、王 穎、王震哲
王 鑫、呂光洋、呂福原、李玲玲
汪靜明、周昌弘、吳忠宏、吳錫圭
吳繼光、邵廣昭、林幸助、林耀松
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／蔡奇立

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 103 年 7 月
創刊日期／中華民國 88 年元月
出版登記／局版台誌第 10207 號

定 價／新台幣 100 元整

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

Taiwan Journal of Biodiversity

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

Publisher / Kuo-Yun Fang
Editor-in-chief / Hsi-Chi Cheng

Executive Editors /

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

Editorial Board /

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

English Editor / Hen-Biau King
Publication Editor / Chi-Li Tsai
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: July 2014

GPN: 2009900002
ISSN: 2076-6971

Contents

Butterfly inventory in Shanfeng community of Gukeng Township, Yunlin County, Taiwan.....	Jen-Zon Ho, Ling Xie, Bao-Shu Chen, Zhong-Hui Liu, Shu-Fen Liu, Qiu-Hua Xie and Xian-Zhang Chen	185
Modeling landscape dynamics using a cellular automata in Wu-Shyr-Keng area of Taiwan.....	Ming-Lun Lu and Yuan-Wei Ho	211
The effects of plantation on farmland upon avian community and its diversity.....Chao-Nien Koh, Yi-Ming Chen, Lin-Mu Juang and Chih-Ming Chiu	225
Asymbiotic germination and plant regeneration of <i>Eulophia dentata</i> Ames, a critically endangered plant in Taiwan....	Li-Hui Chang, Cheng-Hsiang Liu and Chiuan-Yu Li	241
Morphology and endophytes of root-fungus association of <i>Rhododendron pseudochrysanthum</i> (<i>R. morii</i>) in Alishan area.....	Lei-Chen Lin, Li-Hsin Chang, I-Kuang Liao, Tsu-Ming Lee and Tsung-Yao Tseng	253
New Additions to the Fern Flora of Taiwan (2).....Yi-Han Chang, Wen-Liang Chiou, Yao-Moan Huang, Buo-Neng Shen, Chien-Yu Lin, and Tian-Chuan Hsu	263
A newly naturalized species in Taiwan: <i>Hibiscus asper</i> Hook. f. (Malvaceae).....	Chi-Te Lee, Szu-I Hsieh, Chong-Sheng Leou, Huan-Yu Lin and Ching-Long Yeh	273
<i>Platostoma hispidum</i> (L.) A. J. Paton, a rare mint in Taiwan.....Reckon Yang and Tsung-Hsin Hsieh	283

雲林縣古坑鄉山峰社區蝴蝶資源調查

Butterfly inventory in Shanfeng community of Gukeng Township, Yunlin County, Taiwan

何健銘^{1*} 謝玲¹ 陳寶樹² 劉中慧³ 劉淑芬⁴ 謝秋華⁵ 陳顯彰⁶

Jen-Zon Ho^{1*}, Ling Xie¹, Bao-Shu Chen², Zhong-Hui Liu³, Shu-Fen Liu⁴,
Qiu-Hua Xie⁵ and Xian-Zhang Chen⁶

¹特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路一號

²逢甲大學 40724 台中市西屯區文華路 100 號

³臺中市永春國小 40855 台中市南屯區永春東路 288 號

⁴臺中市太平區太平國小 41142 臺中市太平區中興路 35 號

⁵南投縣炎峰國小 54261 南投縣草屯鎮中興路 101 號

⁶南投縣愛蘭國小 54546 南投縣埔里鎮鐵山路 7 號

¹ Endemic Species Research Center, Jiji, Nantou, Taiwan

² Feng Chia University, Taichung, Taiwan

³ Yongchun Elementary School, Taichung, Taiwan

⁴ Taiping Elementary School, Taichung, Taiwan

⁵ Yan Feng Elementary School, Nantou, Taiwan

⁶ Ai Land Elementary School, Nantou, Taiwan

*通訊作者：jenzonho@tesri.gov.tw

*Corresponding author: jenzonho@tesri.gov.tw

摘要

本研究主要目的在協助雲林縣古坑鄉山峰社區居民發展生態社區與瞭解蝴蝶資源，並為山峰國小轉型成實驗小學，推展環境教育，以探討當地蝴蝶之組成、結構與分布。因此，選定二坑、冷水

坑及金瓜坑等 3 條穿越線，自 2013 年 1 月至 12 月止，每月 1 次調查當地蝴蝶資源，計 12 次，共記錄 5 科 127 種 3,694 隻次成蝶。加上單帶弄蝶(*Parnara guttata*)和黑星弄蝶(*Suastus gremius*) 2 種於穿越線外所記錄之蝴蝶，總種數達 129 種。其中臺灣特有種 8 種，包括琉璃紋鳳蝶(*Papilio hermosanus*)、臺灣鳳蝶(*P. taiwanus*)、大波紋蛇目蝶(*Ypthima formosana*)、白條斑蔭蝶(*PentHEMA formosanum*)、埔里三線蝶(*Neptis taiwana*)、臺灣小紫蛺蝶(*Chitoria chrysolora*)、大黑星弄蝶(*Seseria formosana*)、細帶黃斑弄蝶(*Potanthus motzui*)，而黃裳鳳蝶(*Troides aeacus formosanus*)為其他應予保育類。比較各穿越線之蝴蝶種類數，結果以金瓜坑穿越線的 102 種為最高，冷水坑的 97 種居次，而二坑則為 95 種。黑點粉蝶(*Leptosia nina niobe*)共發現 261 隻次，且成蝶全年發生，為當地最優勢種蝴蝶。以豐富度而言，二坑 1,474 隻次為最高，金瓜坑則為 1,197 隻次居次，而冷水坑的 1,023 隻次最少。各月發現之蝴蝶種類數以 1 月種類數最低，僅有 7 種 29 隻次，其餘月份均高於 30 種，而以 8 月 77 種為最高。以生物多樣性指數 Simpson index 及 Shannon-Wiener index 分析各穿越線之差異，結果相差不大，然冷水坑穿越線的 Evenness 指數明顯較低，顯示該穿越線的旁邊受到的環境干擾較大。比較不同科別優勢種組成之幼蟲食草與當地的植被，結果大致相符，此外亦記錄當地成蝶蜜源植物計 12 科 20 種。本文亦建議社區居民規劃蝴蝶保育策略、監測及經營管理之方法。

Abstract

This study is an inventory of butterflies in Shanfeng community of Gukeng Township, Yunlin County, Taiwan. The result can be useful for Shanfeng, Gukeng Township, Yunlin County to develop into an ecological community, the local elementary school to transform into an experimental forestry school, and promoting environmental education. Three transect lines were selected in Urkeng, Lengshuikeng and Genkakeng in a monthly investigation of butterfly composition, structure and distribution from January to December in 2013. From the 12 counts made during the investigation a total of 3,702 individuals, 127 species and five families were found. Skippers, *Parnara guttata* and *Suastus gremius*, were found beside transect lines with 129 species, among them eight were endemic species, namely *Papilio hermosanus*, *Papilio taiwanus*, *Ypthima formosana*, *PentHEMA formosanum*, *Neptis taiwana*, *Chitoria chrysolora*, *Seseria formosana*, and *Potanthus motzui*, as well as a rare and precious species by Cultural Heritage Preservation Act, *Troides aeacus formosanus*. Comparing the number of species found at each transect line, Genkakeng had the highest number of 102 species, followed by Lengshuikeng 99 species, and Urkeng 95 species. Comparison of the abundance of each transect line showed Urkeng had the highest count of 1,474 individuals, followed by Genkakeng 1,197 individuals and Lengshuikeng 1,023 individuals. Among them, *Leptosia nina niobe* was the most abundant species with 261 individuals counted throughout the studied period. Species richness fluctuated monthly and was the lowest with only 29 individuals of seven species in January, the highest 77 species in August, and more than 30 species in the other months. Simpson index and Shannon-Wiener index of each transect line showed insignificant

difference. Evenness at Lengshuikeng was lower and indicated human disturbance around the habitat. Description of hostplants of dominant larvae was highly similar to local vegetation composition. In addition, 20 species belonging to 12 families of nectar plants were recorded. In this paper butterfly conservation strategies, monitoring and management methods are also proposed for community residents' reference.

關鍵字：蝴蝶、山峰、穿越線調查、蜜源、黑點粉蝶

Key words: Butterflies, Shanfeng, Pollard's walk, Nectar, *Leptosia nina niobe*

收件日期：2014 年 04 月 11 日

接受日期：2014 年 05 月 30 日

Received: April 11, 2014

Accepted: May 30, 2014

前 言

山峰社區位於雲林縣古坑鄉的山區，與斗六市、漳湖村及華山村為鄰。據傳當地早期是由一棵茄苳樹旁的聚落開始發跡，因此最早地名稱為「茄苳」。日治時代日本人大量採伐樹木製作木板，故在當地設置工寮。峰頂上有寬廣平坦的埔地，較為突出明顯，於是漸漸改名為「枋寮埔」。1956 年因當地設立國小命名之故，遂由在地耆老討論更名為「山峰」。山峰聚落內大部分之居民多有宗親關係，平日的互動良好與緊密聯繫，對於外來的訪客或過路人，也顯得十分親切與熱心，因此在山峰有這麼一句話留傳著「第一次到山峰是客人，第二次來就是朋友」。因此讓來到山峰的朋友們，都有著愜意溫暖的感覺。

古坑鄉的地質屬第三世紀中新世上部南莊層及桂竹林層，主要岩石包括堅硬沙岩、灰色頁岩、灰色沙質岩等，溪流沿岸地區，有為第四世紀洪積層岩者，土壤主要由黃色灰化土

與砂礫構成，屬砂質壤土，粘性不大，土壤反應近於中性，因受地形與坡度影響，各處土層不盡相同，大體上坡度較緩之處其土層較厚，而較陡之斜坡則因沖刷之故土層淺薄。區內多山，且向西傾斜(彭 2003)。

山峰社區植被屬於楠櫛林帶，分布於海拔 500~1,500 m 間，氣候濕潤溫暖，旬均溫 14~27°C 間，土壤富含腐植質，森林鬱密，其組成以常綠闊葉樹為主，多為樟科之槿楠屬(*Machilus*)及殼斗科之櫛屬(*Castanopsis*)。主要代表植物有日本槿楠(*M. japonica*)、大葉楠(*M. kusanoi*)、臺灣雅楠(*Phoebe formosana*)、香楠(*M. zuihensis*)、南投黃肉楠(*Actinodaphne nantoensis*)、臺灣山香圓(*Turpinia formosana*)、卡氏櫛(*C. carlesii*)、川上氏櫛(*C. kawakamii*)、火燒栲(*C. fargesii*)、木荷(*Schima superba*)、筆筒樹(*Cyathea lepifera*)等；本林帶亦散生一些針葉樹，如臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、臺灣肖楠(*Calocedrus formosana*)、臺灣黃杉(*Pseudotsuga wilsoniana*)等。本區次生林多，

以臺灣二葉松、山黃麻(*Trema orientalis*)、楓香(*Liquidambar formosana*)、臺灣欒(*Zelkova serrata*)、栓皮櫟(*Quercus variabilis*)為主；另人工林則以柳杉(*Cryptomeria japonica*)與臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)等為主(陳等 1997)。

當地農業部分有水稻、柳丁、柑橘、檳榔、龍眼、麻竹、鳳梨、咖啡、茶葉、百香果等種植。林業部分有麻竹、桂竹、孟宗竹、杉木等。麻竹筍產量曾占全臺三分之一以上，近年外銷萎縮，種植面積日漸減少。

雲林縣古坑鄉山峰國小將轉型發展為華德福實驗小學，山峰社區居民積極推展生態保育工作，選擇以蝴蝶作為環境指標生物，推展環境教育。為能瞭解當地蝴蝶之組成、結構與分布，保護良好的蝴蝶棲息環境，期望建立蝴蝶基礎資料，是學校轉型時的重要生態教材及社區未來發展蝴蝶生態保育活動之參考。

材料與方法

(一) 樣區選擇

由於當地的棲地環境多屬農業生態系，有菜圃、龍眼園、檳榔園及柑橘園等；森林生態系中以竹林為主，也有少部分的次生林。2012年12月間探勘棲地後，選定二坑、冷水坑及金瓜坑等3條穿越線進行調查(圖1)。冷水坑穿越線主要調查範圍為149號縣道及部分產業道路，區域範圍包含了社區聚落、山峰國小、咖啡園、竹林及部分人工造林地；二坑穿越線為竹林及次生林；金瓜坑穿越線主要沿著溪岸旁產業道路、次生林、竹林及周邊區域。此3條穿越線除了當地農民的農事工作外，較少有人為之干擾。各穿越線之海拔高度、座標及植被描述，詳如表1。



圖 1. 山峰社區蝴蝶調查穿越線示意圖。

Fig 1. Map of transect lines for butterfly inventory in Shanfeng community.

表 1. 蝴蝶調查穿月線的座標、海拔高度與植被描述

Table 1. Coordinate, sea level, and vegetation descriptions at three transect lines of butterfly inventory

Locality (Transect line)	North latitude	East longitude	Sea level (m)	Vegetation description
Lengshuikeng 冷水坑	23.626953	120.614639	352	主要為社區連外道路及產業道路，沿途有咖啡園、柑橘園、菜園、麻竹園、檳榔園、次生林與造林地等。
Urkeng 二坑	23.621088	120.620987	407	由產業道路往山頂而行，有 300 m 為水泥路面，後進入農墾區，主要為竹林與次生林。由溪流上游方向前進，兩旁皆為雜木林與竹林，山頂為大面積之檳榔園。
Genkakeng 金瓜坑	23.620836	120.621725	409	金瓜坑穿越線主要沿著溪岸旁產業道路，主要植被有次生林、竹林與檳榔園。

(二) 調查時間與頻度

自 2013 年 1 月至 12 月止，每月 1 次，選擇第二週的星期六進行調查，共計 12 次。調查時間為上午 9:00-12:00，且為晴天或多雲氣候條件下進行；如遇下雨或天候不佳，則順延一日調查，每條穿越線調查約 150 分鐘，每次調查 2-4 人，每次分 3 組進行固定路線的調查。

(三) 調查方法

為探討蝴蝶族群變動，選擇穿越線調查 (Pollard walks) (New 2001; Pollard 1993)。調查時以緩步前進，並目視穿越線左右寬約 2.5 m、高約 5 m 及前方約 5 m 遠的距離(趙 2013)，記錄成蝶的種類與數量，另輔以捕捉辨識法及拍照存證法，並以相關重要出版圖鑑為蝶種判定依據(白水 1960; 濱野 1987; 徐 1999, 2002, 2006; 張 2005; 林與蘇 2013)。此外也記錄當地之蜜源植物及其開花期，作為棲地經

營管之參考。

(四) 氣象資料記錄

為瞭解研究區域的氣象資訊，本研究使用 Onset 公司出產的資料記錄器，於冷水坑及二坑等兩條穿越線路旁的山黃麻樹幹上掛設濕度記錄器(HOBO Pro v2 U23-001)，離地面約 1.5 m。降水量統計參考交通部中央氣象局古坑測候站所記錄資料為參考依據。

(五) 資料分析

氣象資料部分，蝶類調查採日間調查數據(上午 8:00-12:00)。調查所得蝴蝶種類數及隻數量，依據月份及年度分別用軟體 Microsoft Excel 2007 鍵入工作表，進行基礎統計，且進行 Simpson index、Shannon-Wiener index 及 Evenness 指數(Hill 1973; Krebs 1999)，分析比較其差異。

結果

本研究經 12 次調查結果得知，山峰地區之蝴蝶相組成爲灰蝶科(Lycaenidae) 25 種 897 隻次、弄蝶科(Hesperiidae) 20 種 275 隻次、粉蝶科(Pieridae)13 種 637 隻次、蛺蝶科(Nymphalidae)54 種 1,471 隻次、鳳蝶科(Papilionidae)17 種 414 隻次，共計 5 科 127 種 3,694 隻次(如表 2)。臺灣地區有紀錄之蝴蝶有 5 科 428 種(徐 2006)，本研究 127 種蝴蝶種數占臺灣蝴蝶種數之 29.7%；若將偶產種及疑問種排除外，臺灣產蝴蝶約 380 種(徐 2006)，依此推估則山峰之蝴蝶種數占臺灣蝴蝶種數之比例即提升至 33.4%。亦顯示山峰地區與臺灣產蝴蝶種數進行比較，得知鳳蝶科及斑蝶亞科之種類數均高於臺灣產種類數之 50%，顯示當地之植被與環境適合該 2 科蝴蝶之繁衍生存。

行政院農業委員會特有生物研究保育中心(以下簡稱特生中心)於 1995 年進行雲林縣蝴蝶資源調查的結果「共計 85 種，且古坑鄉是蝴蝶種類及數量最多的區域，成蟲發生多集中於春季，多分布於原始林相區」(楊與黃 1995)。張文良曾於 2004 年服務龍眼國小學期間，進行教學與研究共記錄當地 91 種蝴蝶，這是和當地蝴蝶資源最相近的地區(張 2004)，其所記載種類於本次調查成果相似。從物種數量(species richness)而言，本研究在調查棲地涵蓋的棲地類型較完整，又調查頻度較高，因此成果較良好。本調查另於冷水坑穿越線記錄了 2 隻次的黃裳鳳蝶(*Troides aeacus formosanus*)，本種屬於其他應予保育類野生動物，特生中心研究人員於雲林縣的調查中也曾於樟湖地區發現(楊與黃 1995)。該區發現之臺灣特有種的蝴蝶包括琉璃紋鳳蝶 (*Papilio*

hermosanus)、臺灣鳳蝶(*Papilio taiwanus*)、大波紋蛇目蝶(*Ypthima formosana*)、白條斑蔭蝶(*Penthema formosanum*)、埔里三線蝶(*Neptis taiwana*)、臺灣小紫蛺蝶(*Chitoria chrysolora*)、大黑星弄蝶(*Seseria formosana*)、細帶黃斑弄蝶(*Potanthus motzui*)等 8 種。

(一) 各月蝴蝶種類數及豐富度變動

比較各月調查之蝴蝶種類數(表 2)發現以 1 月份種類數相較於其他月份明顯少，檢視歷次調查溫濕度記錄得知，1 月之日均溫皆低於 14.16-15.89 °C，蝴蝶活動情形較差與生長發育上皆較慢。於 7、8、10 及 11 月份種類數均在 70 種以上，主要在夏季、秋季有 2 個高峰，詳如圖 2。以總隻次而言，1、2 及 4 月份均少於 200 隻次，7-12 月份均在 350 隻次以上，以 12 月份調查之 543 隻次爲最高。而不同科別上比較，鳳蝶科成蝶主要發生高峰於 7-8 月間；粉蝶科成蝶主要有 2 高峰，發生於 7、11 及 12 月間，蛺蝶科成蝶主要發生高峰於 7-12 月間、灰蝶科成蝶主要發生高峰 5 月及 11-12 月間；弄蝶科成蝶主要發生高峰於 9-11 月間。

(二) 不同調查路線蝴蝶種類數及豐富度之比較

比較二坑、冷水坑及金瓜坑各穿越線的蝴蝶種類數分別爲 95 種、97 種及 102 種(表 3)，三條穿越線之種類數並無明顯差異。而從蝴蝶豐富度得知，以二坑穿越線的 1,474 隻次爲最多，其次是金瓜坑穿越線的 1,197 隻次，冷水坑穿越線的 1,023 隻次爲最少。比較 2013 年間各穿越線成蝶出現的差異，二坑穿越線間以蛺蝶科、弄蝶科及灰蝶科之成蝶數量爲多；金瓜坑穿越線以鳳蝶科及粉蝶科的成蝶爲多。

表 2. 2013 年山峰社區各月份調查發現之蝴蝶種類數及數量

Table 2. Species richness and abundance in butterfly inventory in Shanfeng community in 2013

Family name	Common name and Scitific name	Month												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
灰蝶科(25 種)														
棋石小灰蝶	<i>Taraka hamada thalaba</i>				2	2					7	10		21
銀斑小灰蝶	<i>Caretis acuta formosana</i>				1			1	1					3
紅邊黃小灰蝶	<i>Heliophorus ila matsumurae</i>		13	9	20	21	18	24	12	11	15	8	6	157
恆春小灰蝶	<i>Deudorix epijarbas menesicles</i>						2	1	1		4			8
嘉義小灰蝶	<i>Sinthusa chandrana kuyaniana</i>								2					2
墾丁小灰蝶	<i>Rapala varuna formosana</i>					4	3	2	2		1			12
銀帶三尾小灰蝶	<i>Catapaecilma major moltrechii</i>			1										1
臺灣雙尾燕蝶	<i>Spindasis lohita formosana</i>					1			2					3
三星雙尾燕蝶	<i>Spindasis syama</i>			1	5	2	2	7	3	43	8	9	3	83
埔里波紋小灰蝶	<i>Nacaduba kurava therasia</i>				2					1				3
姬波紋小灰蝶	<i>Prosotas nora formosana</i>			1		44	7				2			54
琉璃波紋小灰蝶	<i>Jamides bochus formosanus</i>	2		1		4			1	2	1	12	129	152
白波紋小灰蝶	<i>Jamides alecto dromicus</i>			1		5	4	3	9	8	19	26	33	108
小白波紋小灰蝶	<i>Jamides celeno</i>											4		4
淡青長尾波紋小灰蝶	<i>Catochrysops panormus exiguus</i>										1	5		6
波紋小灰蝶	<i>Lampides boeticus</i>			1	2	2								5
角紋小灰蝶	<i>Leptotes plinius</i>												1	1
沖繩小灰蝶	<i>Zizeeria maha okinawana</i>		3	12	11	14	18	13	20	1	2	7	14	115
迷你小灰蝶	<i>Zizula hylax</i>								1		9	20	8	38

琉球青斑蝶 <i>Ideopsis similis</i>	1	4	1	4	2	12						
斯氏紫斑蝶 <i>Euploea sylvester swinhoei</i>	1	1	1	1	1	5						
端紫斑蝶 <i>Euploea mulciber barsine</i>	2	5	2	4	21	17	29	10	4	4	98	
圓翅紫斑蝶 <i>Euploea eunice hobsoni</i>	1	1	1	1	1	3						
小紫斑蝶 <i>Euploea tulliolus koxinga</i>	1	6	5	4	5	1	2	24				
細蝶 <i>Acraea issoria formosana</i>	1	1	1	15	27	44						
臺灣黃斑蛺蝶 <i>Cupha erymanthis</i>	1	1	1	3	4							
孔雀蛺蝶 <i>Junonia almanai manac</i>	1	1	1	4	7							
眼紋擬蛺蝶 <i>Junonia lemonias aenaria</i>	1	2	2	2	5	6	5	10	4	8	47	
黑擬蛺蝶 <i>Junonia iphita</i>	1	1	1	1	3	4	9					
枯葉蝶 <i>Kallima inachus formosana</i>	1	1	2	1	1	7						
黃蛺蝶 <i>Polygonia c-aureum lunulata</i>	2	2	2	1	1	8						
琉璃蛺蝶 <i>Kaniska canace canace</i>	2	1	1	4	1	1	11					
黃三線蝶 <i>Symbrenthia lilaea formosanus</i>	3	5	1	3	7	6	5	7	3	4	7	51
寬紋黃三線蝶 <i>Symbrenthia liaca lunicas</i>	1	1	1	2	1	4						
姬黃三線蝶 <i>Symbrenthia hypselis scatania</i>	1	5	1	2	3	3	2	17				
雌紅紫蛺蝶 <i>Hypolimnas misippus</i>	1	1	1	1	1	3						
琉球紫蛺蝶 <i>Hypolimnas bolina kezia</i>	1	8	12	15	7	9	1	54				
琉球三線蝶 <i>Neptis hylas luculenta</i>	8	11	19	10	6	9	9	7	9	23	117	
小三線蝶 <i>Neptis sappho formosana</i>	1	1	3	2	2	1	4	8	23			
秦雅三線蝶 <i>Neptis soma tayalina</i>	1	1	1	1	1	1						
臺灣三線蝶 <i>Neptis nata lutatia</i>	1	2	3	1	1	2	3	15				
埔里三線蝶 <i>Neptis taiwana *</i>	1	1	1	1	1	4						
金三線蝶 <i>Pantoporia hordonia rihodona</i>	1	1	1	1	1	1						

大紅紋鳳蝶 <i>Byasa polyeuctes termessus</i>	2	7	13	15	2	2	1	5	6	1	1	55	
臺灣麝香鳳蝶 <i>Byasa impediens febanus</i>	1	3	3	5	15	3	7	6	4	2	3	54	
紅紋鳳蝶 <i>Pachiopta aristolochiae interposita</i>	2	1	2	3	6	8	14	6	7	6	1	56	
青帶鳳蝶 <i>Graphium sarpedon connectens</i>	3		2	13	20	13	9	2	1			63	
青斑鳳蝶 <i>Graphium doson postianus</i>			3	2	2	2	1					8	
綠斑鳳蝶 <i>Graphium agamemnonagamemnon a</i>			2	2	4	2	4	2	1			17	
柑橘鳳蝶 <i>Papilio xuthus</i>			1	1	2							4	
玉帶鳳蝶 <i>Papilio polytes polytes</i>			1	10	2	2	1					16	
黑鳳蝶 <i>Papilio protenor protenor</i>	1	1	1	3	12	7	3	1	2	3		33	
白紋鳳蝶 <i>Papilio helenus fortunius</i>	1				1							2	
臺灣白紋鳳蝶 <i>Papilio nephetus chaomulius</i>				2	4	1						7	
無尾白紋鳳蝶 <i>Papilio castor formosanus</i>				4	5	4						13	
臺灣鳳蝶 <i>Papilio thaiwanus *</i>			1									1	
大鳳蝶 <i>Papilio memnon heronus</i>			4	8	9	4	2	3	5	1		36	
烏鴉鳳蝶 <i>Papilio bianor thrasymedes</i>	1		1	4	5	11	6	6	7			41	
琉璃紋鳳蝶 <i>Papilio hermosanus *</i>					1	1	4					6	
種類數	7	35	46	44	56	62	73	77	64	70	74	66	127
鳳蝶科	1	8	16	22	40	46	86	75	46	36	28	10	414
粉蝶科	17	41	79	17	38	58	77	47	36	52	81	94	637
蛺蝶科	9	58	93	73	79	95	138	162	227	168	172	197	1471
弄蝶科	0	4	4	16	28	8	33	32	50	40	44	16	275
灰蝶科	2	18	30	51	122	63	55	59	84	69	118	226	897
總計	29	129	222	179	307	270	389	375	443	365	443	543	3694

*: Endemic species of Taiwan; 單帶弄蝶(*Parnara guttata*)和黑星弄蝶(*Suastus gremius*)為樣區外所調查的蝶類。

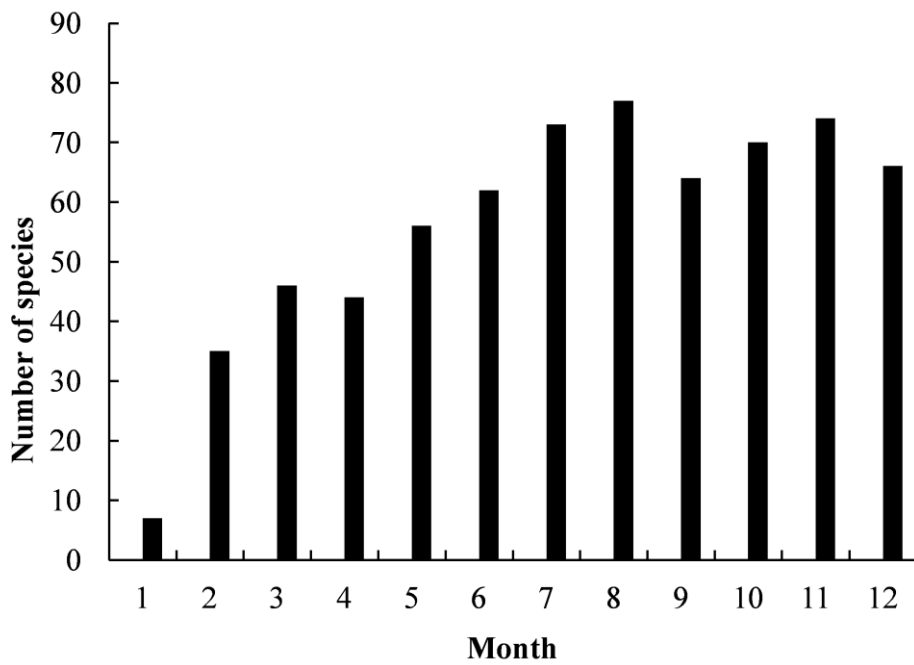


圖 2. 2013 年山峰地區蝴蝶種類數月變化。

Fig. 2. Monthly fluctuation of species richness according to butterfly inventory in 2013.

表 3. 2013 年山峰社區各穿越線之蝴蝶種類數及隻次量

Table 3. Species richness and abundance of different transect lines of butterfly inventory in 2013

Family	Common name	Urkeng	Lengshuikeng	Genkakeng	Total
灰蝶科	小白波紋小灰蝶			4	4
	三星雙尾燕蝶	46	7	30	83
	白波紋小灰蝶	76	16	16	108
	沖繩小灰蝶	42	54	19	115
	角紋小灰蝶	1			1
	東陞蘇鐵小灰蝶			3	3
	波紋小灰蝶	2	3		5
	恆春小灰蝶	2	1	5	8
	紅邊黃小灰蝶	70	39	48	157
	埔里波紋小灰蝶			1	2
	埔里琉璃小灰蝶			1	2
	姬波紋小灰蝶	5	43	6	54
	姬黑星小灰蝶	9		11	20
	琉球黑星小灰蝶	6			6
	琉璃波紋小灰蝶	105	14	33	152
	迷你小灰蝶			38	38
	淡青長尾波紋小灰蝶	5		1	6
	棋石小灰蝶	7		14	21
	嘉義小灰蝶			2	2
	臺灣琉璃小灰蝶	4	4	6	14
	臺灣黑星小灰蝶	31	16	29	76
	臺灣雙尾燕蝶			2	3
	銀帶三尾小灰蝶			1	1
	銀斑小灰蝶			1	2
	墾丁小灰蝶	6	4	2	12
		合計	417	251	229
弄蝶科	大黑星弄蝶	1		1	2
	玉帶弄蝶	1			1
	尖翅褐弄蝶	5	2	2	9
	竹紅弄蝶	5	8	11	24
	埔里紅弄蝶	24	15	14	53
	姬單帶弄蝶	2	1	1	4

	狹翅弄蝶		2	10	12
	狹翅黃星弄蝶	13	1	9	23
	淡綠弄蝶		2	2	4
	細帶黃斑弄蝶	21	9	4	34
	黑弄蝶	7	1	3	11
	黑紋弄蝶	8	1	2	11
	黃紋褐弄蝶	2	1	5	8
	臺灣大褐弄蝶		1		1
	臺灣單帶弄蝶	16	21	12	49
	臺灣黃斑弄蝶	8	3	9	20
	熱帶紅弄蝶		4		4
	褐弄蝶		2		2
	合計	113	74	85	272
粉蝶科	紅肩粉蝶			4	4
	紅紋粉蝶	2	13	1	16
	紋白蝶	17	39	3	59
	淡色黃蝶			7	7
	淡紫粉蝶	1		1	2
	淡黃蝶	11	38	13	62
	荷氏黃蝶		5	2	7
	雲紋粉蝶	1		6	7
	黑點粉蝶	27	175	59	261
	端紅蝶			2	2
	臺灣紋白蝶	17	32	55	104
	臺灣粉蝶	2	1	6	9
	臺灣黃蝶	43	9	45	97
	合計	121	312	204	637
蛺蝶科	小三線蝶	13	2	8	23
	大波紋蛇目蝶	25	1	15	41
	小波紋蛇目蝶	30	14	22	66
	小青斑蝶	4	1	3	8
	小紋青斑蝶	31	19	25	75
	小蛇目蝶	15	1	8	24
	小紫斑蝶	9	12	3	24
	切翅單環蝶	82	14	31	127

孔雀蛺蝶	2	4	1	7
白三線蝶		1		1
玉帶黑蔭蝶			1	1
玉帶蔭蝶	2	1	1	4
白條斑蔭蝶	2			2
石牆蝶	10	9	6	25
金三線蝶			1	1
青斑蝶		1		1
長鬚蝶	1			1
枯葉蝶	1	4	2	7
姬小紋青斑蝶	83	46	107	236
埔里三線蝶	1	2	1	4
姬蛇目蝶	4		1	5
姬黃三線蝶	2	3	12	17
泰雅三線蝶	1			1
琉球三線蝶	49	18	50	117
琉球青斑蝶	7		5	12
琉球紫蛺蝶	6	30	18	54
琉璃蛺蝶	7	2	2	11
豹紋蝶	1		2	3
淡紋青斑蝶		4		4
眼紋擬蛺蝶	31	5	11	47
細蝶	14	2	28	44
單帶蛺蝶	2	1	5	8
單環蝶	3			3
斯氏紫斑蝶	3	2		5
紫蛇目蝶	119	24	40	183
黃三線蝶	27	3	21	51
黑脈樺斑蝶	1	1	3	5
黃蛺蝶	2	5	1	8
黑樹蔭蝶	8	4	3	15
黑擬蛺蝶		1	8	9
圓翅紫斑蝶		2	1	3
端紫斑蝶	44	17	37	98
臺灣小紫蛺蝶		1		1

	臺灣三線蝶	4	1	10	15
	臺灣波紋蛇目蝶	23	4	5	32
	臺灣星三線蝶		1	7	8
	臺灣單帶蛺蝶	2		1	3
	臺灣黃斑蛺蝶	1		3	4
	雌紅紫蛺蝶		1	2	3
	雌褐蔭蝶	9	2	2	13
	鳳眼方環蝶	1		1	2
	寬紋黃三線蝶		3	1	4
	樺斑蝶		3		3
	環紋蝶	1		1	2
	合計	683	272	516	1471
鳳蝶科	大紅紋鳳蝶	17	4	34	55
	大鳳蝶	7	20	9	36
	白紋鳳蝶	2			2
	玉帶鳳蝶	2	12	2	16
	青帶鳳蝶	21	21	21	63
	青斑鳳蝶	1	7		8
	柑橘鳳蝶		4		4
	紅紋鳳蝶	29	7	20	56
	烏鴉鳳蝶	9	7	25	41
	琉璃紋鳳蝶	3	0	3	6
	無尾白紋鳳蝶	5	1	7	13
	黃裳鳳蝶	0	2	0	2
	黑鳳蝶	12	9	12	33
	綠斑鳳蝶	1	13	3	17
	臺灣白紋鳳蝶	5	1	1	7
	臺灣鳳蝶	1	0	0	1
	臺灣麝香鳳蝶	25	3	26	54
	合計	140	111	163	414
數量總計		1474	1023	1197	3694
Species number (種數)		95	97	102	127
Simpson index		0.967	0.951	0.971	0.973
Shannon-Wiener index		3.808	3.694	3.954	4.022
Evenness		0.836	0.807	0.855	0.830

各穿越線調查結果經以 Simpson index、Shannon-Wiener index 及 Evenness 分析比較，詳如表 3，金瓜坑穿越線的結果分別為 0.971、3.954 及 0.855，為最高；二坑穿越線的結果分別為 0.967、3.808 及 0.836 次之；冷水坑穿越線的結果分別為 0.951、3.694 及 0.807 最低。以 Simpson index 與 Shannon-Wiener 而言，各穿越線的數值差異不大；Evenness 是指代表生物群聚各種族群間之分布均勻程度，一般均勻度越低，種歧異度也較低，可能代表群聚受到環境因素或其他因素之干擾而造成，冷水坑穿越線的 Evenness 0.807 明顯較其他穿越線的結果為低，推測可能為初期之造林地與竹林之棲地，林相較為單一，缺乏植物的多樣性；及調查路線臨近學校與社區，因人為活動之干擾較大所致。綜觀以上，山峰地區蝴蝶已記錄 127 種，Simpson index、Shannon-Wiener index 及 Evenness 的分別為 0.973、4.022 及 0.830。

(三) 二坑穿越線與冷水坑穿越線氣象之比較

為瞭解 2013 年穿越線的氣候變化，本研究設置溫濕度記錄器，經下載分析後，依據農業氣象旬報模式建構其報表，二坑穿越線氣象旬報(如附錄 1)，冷水坑穿越線氣象旬報(如附錄 2)。

(四) 成蝶主要蜜源植物調查

於調查過程中記錄常見蜜源植物種類與花期，可瞭解成蝶喜好之蜜源植物，結果共發現 12 科 20 種(詳如附錄 3)，以大花咸豐草(*Bidens pilosa*)最為優勢，花期全年可見；其次為馬纓丹(*Lantana camara*)。臺中市景賢生態公園蝴蝶蜜源植物在完成植栽後 1 年，調查利用蜜源植物(含人為栽植及自生者)共有 12 科 19 種，以菊科(Asteraceae)有 6 種最多，其結果與

本研究相較在種類數上略高，但在蜜源物種之組成上相似(李 2006; 2007)。其研究中更進一步指出各科中蜜源植物中馬鞭草科(Verbenaceae)植物所能誘引蝴蝶之科數最多；而誘引蝴蝶種類數最多者為三葉蔓荊(*Vitex trifolia*)(李 2006, 2007)。

(五) 山峰社區蝴蝶資源與植被之綜述

1. 鳳蝶科：鳳蝶科出現最多者為青帶鳳蝶(*Graphium sarpedon connectens*) 63 隻次，由於棲地間多為低海拔山區，樟科植物(Lauraceae)為重要優勢種，因此成蝶數量較多，這樣情形與臺北市翡翠水庫的調查結果類似(鄭等 2013；何等 2014)。其次調查記錄中紅紋鳳蝶(*Pachliopta aristolochiae interposita*) 56 隻次、大紅紋鳳蝶(*Byasa polyeuctes termessus*) 55 隻次、臺灣麝香鳳蝶(*Byasa impediens febanus*) 54 隻次，成蝶數量亦豐富，特別是在金瓜坑穿越線及二坑穿越線的調查結果得知。調查過程中曾發現有許多的瓜葉馬兜鈴(*Aristolochia cucurbitifolia*)生存於竹林間，這些該鳳蝶幼蟲賴以生存的食草，由於數量極多，必需加以妥善保護，維持棲地的完整性。該食草生長於森林下層，屬地表匍匐性藤本植物，對於殺草劑或人為破壞等敏感性高。此外，也記錄大鳳蝶(*Papilio memnon heronus*) 36 隻次及黑鳳蝶(*P. protenor protenor*) 33 隻次，由於棲地間有柑橘園，種植許多芸香科(Rutaceae)果樹，可供蝴蝶幼蟲取食。綜觀上述之種類組成符合棲地環境間的食草種類。
2. 粉蝶科(Pieridae)：當地之黑點粉蝶(*Leptosia nina niobe*) 261 隻次數量最多，近年來由於入侵的植物—成功白花菜(*Cleome rutidosperma*)快速的拓殖且立足成

功，使得黑點粉蝶成爲當地優勢種粉蝶，成蟲全年可見，本種發生的世代有重疊現象。此外，臺灣紋白蝶 (*Pieris canidia*) 104 隻次數量次多，爲冬季及春季間當地居民種植許多十字花科(Brassicaceae)的農作物常見的種類，成爲幼蟲的食物來源，本種與紋白蝶 (*P. rapae crucivora*) 混棲、數量較多且成蝶發生時間較長。另紅紋粉蝶 (*Delias hyparete luzonensis*) 16 隻次與紅肩粉蝶(*Appias nero domitia*) 4 隻次，其分布與當地苦茶樹(*Camellia assamica*)與楓香(*Liquidambar formosana*)上附生的桑寄生科植物(Loranthaceae)有關。

3.斑蝶亞科(Danainae): 斑蝶類中以姬小紋青斑蝶(*Parantica aglea maghaba*) 236 隻次數量最多，與當地丘陵地間的爬藤類—鷓鴣藤(*Tylophora ovata*)數量多有關；次多的端紫斑蝶(*Euploea mulciber barsine*) 98 隻次，因幼蟲取食桑科(Moraceae)的正榕(*Ficus microcarpa*)、臺灣天仙果(*F. formosana*)、島榕(*F. virgata*)、珍珠蓮(*F. sarmentosa*)及薛荔(*F. pumila*)等植物；小紋青斑蝶(*Tirumala septentrionis*) 75 隻次，幼蟲以蘿藦科(Asclepiaceae)的布朗藤(*Heterostemma brownie*)、歐蔓等植物爲食，以上皆與當地的植被植物的組成相符。據當地居民(湖春安夫婦，私人通訊)曾目視在每年清明節前後蝴蝶群集遷移，沿著山谷向北飛行，這是越冬後斑蝶北返的路徑，值得加以深入觀察與研究。

4.蛺蝶亞科(Nymphalinae): 蛺蝶亞科蝴蝶中以琉球三線蝶(*Neptis hylas luculenta*) 117 隻次最多，幼蟲以豆科(Leguminosae)的葛藤(*Pueraria lobata*)、臺灣葛藤(*Pueraria montanus*)及榆科(Ulmaceae)之山黃麻(*Trema*

orientalis)、臺灣櫟(*Zelkova formosana*)等植物爲食。其次琉球紫蛺蝶(*Hypolimnas bolina kezia*) 54 隻次，幼蟲以甘藷 (*Ipomoea batatas*)、金午時花(*Sida rhombifolia*)、金腰箭(*Synedrella nodiflora*)及甕菜(*Ipomoea aquatica*)等爲食。而黃三線蝶(*Symbrenthia lilaea formosanus*) 51 隻次，幼蟲以蕁麻科的青苧麻(*Boehmeria nivea*)、長梗紫麻(*Oreocnide pedunculata*)及水麻(*Debregeasia orientalis*)等植物爲食，在冷水坑穿越線(3 隻次)及金瓜坑穿越線(1 隻次)曾發現寬紋黃三線(*Symbrenthia liaca lunicas*)，但數量較少，有關這 2 種分類地位與生態上食物的競爭等問題，尙待更進一步釐清。再其次爲眼紋擬蛺蝶(*Junonia lemonias aenaria*) 47 隻次，幼蟲以爵床科(Acanthaceae)的臺灣馬藍(*Goldfussia formosanus*)及臺灣鱗球花(*Lepidagathis formosensis*)等植物爲食。細蝶(*Acraea issoria formosana*)幼蟲以糯米團(*Gonostegia hirta*)及水麻(*Debregeasia orientalis*)等植物爲食。以上成蝶在冬天外，均常年可見，且食草符合當地的植被狀況。

5.蛇目蝶亞科(Satyrinae): 當地的紫蛇目蝶(*Elymnias hypermnestra hainana*) 183 隻次數量多，由於檳榔樹(*Areca catechu*)與山棕(*Arenga engleri*)的數量多，成爲幼蟲的食草來源。此外，切翅單環蝶(*Mycalopsis zonata*) 127 隻次與小波紋蛇目蝶(*Ypthima baldus zodina*) 66 隻次，幼蟲多以禾本科(Poaceae)植物爲食，在森林邊緣或溪床邊，都有許多食草的分布，以上除 1 月的冬季外均常年可見。

6.環紋蝶亞科(Amathusiinae)與長鬚蝶亞科(Libytheinae): 環紋蝶(*Stichopthalma howqua formosana*) 僅發現 2 隻次，數量

少，但本地仍有不少的黃藤 (*Calamus quiquetesinervius*) 爲其幼蟲之食草。鳳眼方環蝶 (*Discophora sondaica tulliana*) 2 隻次，本種爲臺灣的入侵蝶種，目前已在當地立足，幼蟲以竹子 (*Bambusa multiplex*) 爲食。長鬚蝶 (*Libythea lepita formosana*) 1 隻次，則較爲稀少，幼蟲以朴樹 (*Celtis sinensis P.*) 爲食。

7. 灰蝶科 (Lycaenidae)：以紅邊黃小灰蝶 (*Heliophorus ila matsumurae*) 157 隻次數量最多，幼蟲以火炭母草 (*Persicaria chinensis*) 爲食。其次爲琉璃波紋小灰蝶 (*Jamides bochus formosanus*) 152 隻次，幼蟲以豆科植物爲食。再其次爲沖繩小灰蝶 (*Zizeeria maha okinawana*) 115 隻次，幼蟲以黃花酢醬草 (*Oxalis corniculata*) 爲食。白波紋小灰蝶 (*J. alecto dromicus*) 108 隻次也是常見的種類，幼蟲以野薑花 (*Hedychium coronarium*) 的花苞爲食。此外，其他地方較少見的三星雙尾燕蝶 (*Spindasis syama*) 83 隻次及臺灣黑星小灰蝶 (*Megisba malaya sikkima*) 76 隻次，也有一定的數量。以上成蝶除 1、2 月外，其他月份均可見，應有穩定的族群。從金瓜坑穿越線與二坑穿越線的調查中發現竹林生態系有棋石小灰蝶 (*Taraka hamada thalaba*) 21 隻次，幼蟲取食竹子葉背的竹葉扁蚜 (*Astegopteryx bambusifoliae*)，屬肉食性，與其他植食性的蝴蝶有明顯差異。在生活習性與生態區位上特別值得一提的蝴蝶，三星雙尾燕蝶及臺灣雙尾燕蝶 (*Spindasis lohita formosana*) 的幼蟲會和樹棲的舉尾蟻類 (*Crematogaster* spp.) 共生 (徐 2002)，幼蟲會生活在蟻巢中，受到舉尾蟻的保護，而幼蟲仍爲植食性，在當地的羅氏鹽膚木 (*Rhus chinensis*) 樹幹上的發現許多的蟻巢。琉球黑星小灰蝶 (*Pithecops corvus cornix*) 6 隻次，是

最特別的種類，目前已知分布上較爲踴躍，在二坑穿越線中發現幼蟲以細梗山螞蝗 (*Desmodium laxum*) 與散花山螞蝗 (*Desmodium diffusum*) 爲食，曾在葉片上發現幼蟲與卵。

8. 弄蝶科 (Hesperiidae)：埔里紅弄蝶 (*Telicota bambusae horisha*) 53 隻次，其幼蟲主要取食竹葉。臺灣單帶弄蝶 (*Borbo cinnara*) 49 隻次，幼蟲則取食禾本科的兩耳草 (*Paspalum conjugatum*)、柳葉箬 (*Isachne globosa*) 及颱風草 (*Setaria palmifolia*) 等；細帶黃斑弄蝶 (*Potanthus motzui*) 34 隻次，幼蟲取食五節芒 (*Miscanthus floridulus*) 及芒 (*Miscanthus sinensis*) 等，與當地農墾地、林緣及溪床的植被情形相符。另曾於樣區外記錄單帶弄蝶 (*Parnara guttata*) 1 隻次及黑星弄蝶 (*Suastus gremius*) 2 隻次。

討論與建議

一、蝴蝶生態教育與環境教育

本調查 12 次共記錄 5 科 127 種 3,694 隻次蝴蝶 (未含 2 種弄蝶)，初步得知當地蝴蝶資源豐富。應山峰國小之轉型發展爲華德福教育或森林小學之規劃，將編纂蝴蝶的鄉土教材，做爲師生們從事自然課程教學之參考，如蝴蝶電子書 (張 2004) 或校園蝴蝶生態導覽等，如「蝴蝶之一生」、「食草與蜜源」、「棲地與環境」及「蝴蝶的天敵」等低中高年級的教材單元；或融入當地的優勢植物，結合蝴蝶爲主題，如「蝴蝶與柑橘」、「蝴蝶與檳榔」、「竹林中的蝴蝶」、「肉食性的蝴蝶幼蟲」及「幼蟲與螞蟻之共生」等，突顯當地蝴蝶之獨特性，配合學生之戶外教學，達成優質化的生態教學目的。

二、棲地經營管理

分析各科優勢種蝴蝶的種類與食草關係，多數鳳蝶類或斑蝶類幼蟲食草為藤本植物，容易受到農民施用殺草劑的影響，造成食草與幼蟲生存上的壓力。由於棲地間臨近農業耕作區，農民常會使用殺蟲劑防治害蟲，或以殺草劑進行雜草防除，建議嚴禁使用殺草劑與殺蟲劑。山峰社區有許多果園，應鼓勵農民轉型為有機栽培制度，減少農業化學藥劑的使用，營造蝴蝶生存有利的條件；也可運用荒廢不再耕種產生之柑橘果園，作為鳳蝶類的戶外教學場域，結合環境教育，推廣蝴蝶保育工作。

三、蜜源與食草的種植

在社區內道路兩旁及校園已種植許多蜜源植物，如馬纓丹(*Lantana camara*)及高士佛澤蘭(*Eupatorium clematide*)等，適合於教學觀察，因此在棲地間不必要種植過多的蜜源植物，如需種植也必須以原生種蜜源植物為優先考量。在二坑及金瓜坑穿越線間應多保留重要的蝴蝶棲地，提供蝴蝶幼蟲的食草生長的空間，不必要種植蜜源植物。

四、蝴蝶保育區與觀察展示區之規劃

在蝴蝶棲地的保育策略上，應以冷水坑穿越線為觀察展示區，在棲地間多為私有地，由於進行造林，建議可以用些蝴蝶的喬木食草與蜜源，增加其物種之多樣性，不必要種植過多造林物種，能夠經營成賞蝶步道，沿著山峰國小校園經由冷水坑穿越線間道路，可規劃社區舉辦生態教育活動及學校師生戶外教學的場所。而二坑穿越線及金瓜坑穿越線位於尖山坑溪上游，應設為保育區，嚴格保護棲地的完整，減少對於棲地的干擾，且也不必進行蜜源植物與食草的種植。

五、大型蝴蝶之監測

蝴蝶屬中大型的昆蟲，日間活動，且易於觀察，分布範圍廣，幼蟲多與植物為食，因此關係密切，不論在高山或干擾嚴重的環境中皆有蝶類活動。Nelson (2007) 曾研究以蝶種多樣性作為河岸品質的指標；針對特定物種之長期研究，協助政府掌握環境變遷，制定因應對策。從蝴蝶族群發生的變化可以反映環境的改變，而長期的蝴蝶監測不僅能夠評估常見的和稀有的蝴蝶在區域層級和國家層級的族群變化，這些變化還能反映自然環境品質，做為制定保育政策的重要參考(趙，2013)。因此長期監測蝴蝶有其必要性，蝴蝶監測目的在掌握狀態變數，包括了物種繁富度、物種豐度、生物量、族群變動等(楊 2001；楊與徐 1986；楊與李 2005；趙，2013)。透過審慎規劃，有效的經營管理蝴蝶的發生地，以瞭解環境的變遷對於蝴蝶的影響。

誌 謝

本研究之執行特別感謝特生中心的志工們的協助，每月到山峰社區進行調查，行政院農業委員會農業試驗所園藝系歐組長錫坤及嘉義分所同仁之協助得以完成。山峰社區發展協會之張理事長新凱夫婦、湖春安夫婦、詹秀玲小姐、彩霞姐、琇荔姐的熱情接待，山峰國小黃校長錫培與高主任慈雲之幫忙與鼓勵，特生中心范素璋博士協助指數之分析，謹致最高謝忱。

參考文獻

山中正夫。1975。臺灣產蝶類の分佈 (5)。蝶と蛾 26 (suppl.1): 1- 100。

- 白水隆。1960。原色臺灣蝶類大圖鑑。日本保育社。
- 何健鎔、鄭錫奇、楊育昌。2013。102 年度「翡翠水庫生態資源調查」成果報告—翡翠水庫區及其上游集水區野生動物調查。臺北翡翠水庫管理局委託。
- 李大維，2006。大坑蝴蝶生態教育區蝶相調查研究。特有生物研究 8(1): 13- 25。
- 李大維，2007。都市棲地之蝶相暨蜜源植物研究—以臺中市景賢生態公園為例。特有生物研究 9(1): 37- 49。
- 吳文德、陳世揚、郭祺財。2004。蝶舞翩翩滿月圓。行政院農業委員會林務局新竹林區管理處。
- 林春吉、蘇錦平。2013。臺灣蝴蝶大圖鑑。綠世界。
- 徐堉峰。1999。臺灣蝶圖鑑第一卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 徐堉峰。2002。臺灣蝶圖鑑第二卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 徐堉峰。2006。臺灣蝶圖鑑第三卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 徐堉峰、陳建志、楊平世。1986。臺灣特產蝶類之綜述。國立臺灣大學農學院研究報告。26(1): 55-69。
- 張文良。2004。龍眼國小學區蝴蝶調查電子書。
<http://www.town-all.org.tw/93EBooks...il2.asp?BID=111>。
- 張永仁。2005。蝴蝶 100。遠流出版社。
- 曹又仁、謝玲、陳寶樹、劉中慧、劉淑芬、陳顯彰、謝秋華、何健鎔、楊平世。2013。了解蝴蝶群聚於人工棲地的多樣性及組成：以特有生物研究保育中心之生態教育園區為例。臺灣生物多樣性研究 15 (2): 125- 148。
- 陳志輝、彭仁傑、陳建志、許再文、楊嘉棟。1997。雲林縣植物資源。臺灣省特有生物研究保育中心。
- 彭仁傑。2003。雲林縣古坑鄉華山地區植物解說手冊。雲林縣古坑鄉立圖書館。
- 楊平世。2001。國有林蝶類重要棲地及資源 (4-1)：北部地區。行政院農業委員會林務局。
- 楊平世、李惠永。2005。國有林蝶類重要棲地及資源-全區。行政院農業委員會林務局。
- 楊平世、徐堉峰。1986。臺灣主要產蝶區之蝶相研究 (I) 烏來地區之蝶相調查研究。臺北市立動物園國立與臺灣大學植物病蟲害學系。
- 楊耀隆、黃子典。1995。臺灣省特有生物研究保育中心 84 年度試驗研究計畫執行成果—臺灣中部地區昆蟲資源之調查。臺灣省特有生物研究保育中心出版。
- 趙榮台。2013。監測生物多樣性的熱門昆蟲。科學發展 481: 28- 33。
- 鄭錫奇、何健鎔、楊育昌。2012。101 年度「翡翠水庫生態資源調查」成果報告—翡翠水庫區及其上游集水區野生動物調查。臺北翡翠水庫管理局。
- 濱野榮次。1987。臺灣蝶類生態大圖鑑。牛頓出版社。
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-473.
- Krebs, C. 1999. *Ecological Methodology*, 2nd ed. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., Menlo Park.
- Nelson, S. M. 2007. Butterflies (Papilionidae and Hesperionidae) as potential ecological Indicators of riparian quality in the

semi-arid western United States. *Ecological indicator* 7: 469- 480.

New, T. R. 2001. *Butterfly Conservation*. Oxford University Press, Melbourne.

Pollard, E., and Yates, T.J., 1993. *Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation*. Chapman & Hall, London.

附錄 1. 2013 年二坑穿越線氣象旬報

Appendix 1. Meteorological report record of Urkeng transect line taken three times a month in 2013

Month	Urkeng	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Rainfalls	Standard Deviation
12	下旬	15.52	23.76	6.43	92.76	100.00	68.84	5.0	0.8
1	上旬	15.02	22.06	10.37	98.25	100.00	80.53	16.5	3.9
	中旬	14.16	21.37	9.02	94.08	100.00	62.61	0.0	(11.1)
	下旬	15.89	22.90	11.86	90.58	99.89	54.09	2.0	(9.9)
2	上旬	17.87	24.99	12.27	93.61	100.00	60.31	0.0	(33.1)
	中旬	17.74	24.82	12.87	92.08	99.75	72.22	0.0	(14.3)
	下旬	17.37	24.00	13.45	93.30	100.00	75.03	6.0	(10.0)
3	上旬	16.57	27.24	10.91	89.37	100.00	42.11	4.0	(18.3)
	中旬	19.76	26.97	14.94	91.51	100.00	67.02	11.5	(15.9)
	下旬	20.18	26.84	15.87	95.52	100.00	74.96	118.5	74.3
4	上旬	19.05	24.20	12.34	98.43	100.00	81.03	15.0	(36.1)
	中旬	19.89	25.16	16.01	99.22	100.00	86.20	45.0	15.1
	下旬	20.97	27.83	16.70	98.15	100.00	76.31	45.0	(0.1)
5	上旬	21.67	29.44	18.89	99.30	100.00	81.65	405.5	326.2
	中旬	23.56	29.44	20.58	99.75	100.00	87.20	96.0	30.4
	下旬	24.08	29.72	21.25	97.79	100.00	82.51	2.0	(111.8)
6	上旬	24.97	31.92	21.51	96.29	100.00	76.88	14.5	(82.1)
	中旬	24.60	29.82	22.37	98.50	100.00	80.22	27.5	(44.1)
	下旬	25.30	30.47	22.08	96.35	100.00	74.23	40.5	(81.7)
7	上旬	23.98	29.99	21.03	99.24	100.00	81.99	165.5	68.7
	中旬	24.28	29.14	21.63	97.92	100.00	77.96	100.0	(56.3)
	下旬	24.32	30.60	21.18	98.47	100.00	76.07	41.0	(89.0)
8	上旬	24.69	29.89	21.22	98.74	100.00	84.44	47.5	(52.7)
	中旬	24.68	29.34	22.32	99.12	100.00	85.04	1344.0	1230.2
	下旬	23.60	27.06	20.58	99.85	100.00	92.28	104.5	26.1
9	上旬	23.42	28.67	18.99	98.48	100.00	77.85	54.0	(20.7)
	中旬	24.28	29.87	21.20	98.52	100.00	81.63	78.0	
	下旬	23.75	27.06	21.94	99.46	100.00	90.69	7.5	1.8
10	上旬	22.74	27.51	19.08	98.43	100.00	81.28	0.0	
	中旬	22.31	27.24	17.80	97.06	100.00	76.01	0.0	(8.2)
	下旬	19.52	25.65	15.82	94.51	100.00	73.38	2.0	

11	上旬	21.96	26.84	19.29	98.51	100.00	73.18	0.5	
	中旬	19.51	24.94	13.76	95.28	100.00	70.09	9.5	6.9
	下旬	16.54	24.68	8.74	95.41	100.00	65.57	0.5	(5.7)
12	上旬	16.47	24.15	11.52	87.45	99.59	50.92	62.0	53.7
	中旬	18.20	26.04	13.81	94.10	100.00	69.92	2.5	(6.1)

附錄 2. 冷水坑穿越線氣象旬報

Appendix 2. Meteorological record of Lengshuikeng transect line taken three times a month in 2013

Month	Lengshuikeng	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Rainfalls	Standard Deviation
12	下旬	15.56	23.04	6.59	97.97	100.00	82.61	5.0	0.8
1	上旬	15.17	22.03	9.90	98.34	100.00	85.59	16.5	3.9
	中旬	14.16	21.03	9.19	97.97	100.00	78.19	0.0	(11.1)
	下旬	15.84	23.42	11.49	96.90	100.00	72.04	2.0	(9.9)
2	上旬	18.23	27.75	12.34	98.52	100.00	75.58	0.0	(33.1)
	中旬	18.21	26.72	13.26	98.43	100.00	85.06	0.0	(14.3)
	下旬	17.69	26.04	13.11	99.23	100.00	87.86	6.0	(10.0)
3	上旬	16.77	27.65	10.44	95.99	100.00	55.73	4.0	(18.3)
	中旬	20.09	27.85	13.93	98.20	100.00	83.65	11.5	(15.9)
	下旬	20.81	28.22	15.87	99.31	100.00	87.35	118.5	74.3
4	上旬	19.39	26.28	12.85	99.73	100.00	88.64	15.0	(36.1)
	中旬	20.50	27.73	15.96	99.96	100.00	94.56	45.0	15.1
	下旬	21.49	29.46	16.53	99.66	100.00	91.67	45.0	(0.1)
5	上旬	22.13	29.52	18.60	95.28	100.00	1.00	405.5	326.2
	中旬	23.83	28.54	20.32	100.00	100.00	100.00	96.0	30.4
	下旬	24.52	29.69	20.98	99.93	100.00	94.67	2.0	(111.8)
6	上旬	25.23	30.14	21.06	99.47	100.00	90.01	14.5	(82.1)
	中旬	24.90	30.29	21.92	96.67	100.00	80.64	27.5	(44.1)
	下旬	26.18	33.13	21.68	98.42	100.00	83.87	40.5	(81.7)
7	上旬	24.86	30.93	20.41	99.47	100.00	86.86	165.5	68.7
	中旬	25.30	32.28	21.60	98.61	100.00	80.92	100.0	(56.3)
	下旬	25.65	33.34	20.58	98.42	100.00	79.34	41.0	(89.0)
8	上旬	25.92	35.64	20.89	99.26	100.00	80.19	47.5	(52.7)
	中旬	25.60	33.31	22.06	99.98	100.00	97.71	1344.0	1230.2
	下旬	24.35	34.41	21.01	99.97	100.00	94.95	104.5	26.1

9	上旬	24.27	30.07	18.63	99.95	100.00	94.86	54.0	(20.7)
	中旬	25.00	30.32	21.13	99.97	100.00	94.60	78.0	
	下旬	24.27	27.97	21.60	100.00	100.00	100.00	7.5	1.8
10	上旬	23.25	28.62	18.41	99.93	100.00	96.18	0.0	
	中旬	22.64	27.60	16.58	99.86	100.00	92.06	0.0	(8.2)
	下旬	19.55	24.82	14.89	98.86	100.00	87.15	2.0	
11	上旬	22.26	26.92	18.79	99.92	100.00	92.06	0.5	
	中旬	19.35	25.02	12.39	99.45	100.00	87.19	9.5	6.9
	下旬	16.56	23.88	7.47	98.90	100.00	85.37	0.5	(5.7)
12	上旬	16.05	22.99	10.20	94.93	100.00	63.25	62.0	53.7
	中旬	17.58	23.91	13.31	99.80	100.00	91.61	2.5	(6.1)

附錄 3. 2013 年山峰社區蝴蝶蜜源植物調查名錄

Appendix 3. Checklist of nectar plants for butterfly in Shanfeng community in 2013

Family	Species name	Common name	Occurrence
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	大花咸豐草	1~12 月
Asteraceae	<i>Ageratum houstonianum</i>	紫花藿香薷	6/8, 8/10, 11/10,
Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i>	小花蔓澤蘭	11/10,
Asteraceae	<i>Youngia japonica</i>	黃鶴菜	
Asteraceae	<i>Eupatorium clematideum</i>	高士佛澤蘭	
Verbenaceae	<i>Clerodendrum kaempferi</i>	龍船花	2/16, 3/9
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	馬纓丹	5/11, 6/8, 8/10
Verbenaceae	<i>Duranta repens</i>	金露華	
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	長穗木	
Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>	醉嬌花	6/8,
Rubiaceae	<i>Pentas lanceolata</i>	繁星花	
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	苦楝	3/9,
Caprifoliaceae	<i>Sambucus formosanum</i>	冇骨消	5/11, 6/8, 8/10
Asclepiadaceae	<i>Asclepias curassavica</i>	馬利筋	8/10,
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i>	紫薇	8/10,
Leguminosae	<i>Pueraria lobata</i>	葛藤	11/10,
Acanthaceae	<i>Goldfussia formosanus.</i>	臺灣馬藍	11/10,
Polygonaceae	<i>Polygonum chinense</i>	火炭母草	
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	朱槿	
Balsaminaceae	<i>Impatiens walleriana.</i>	非洲鳳仙花	

使用細胞自動化模擬烏石坑地區之地景動態

Modeling landscape dynamics using a cellular automata in Wu-Shyr-Keng area of Taiwan

呂明倫^{1,*} 何芄薇²

Ming-Lun Lu^{1,*} and Yuan-Wei Ho²

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

²國立屏東科技大學森林系 91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

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

*通訊作者：alan@tesri.gov.tw

*Corresponding author: alan@tesri.gov.tw

摘 要

預測自然地景的動態發展有利於保育工作的推動。本研究以細胞自動化(cellular automata, CA)為基礎，結合馬可夫模式與邏輯斯迴歸，發展一模擬烏石坑地區地景動態之預測模式。*Satellite Pour L'observation de la Terre* 遙測影像所建立 2006 與 2012 年之地景分類圖資進行變遷監測發現，本區部份的森林覆蓋已呈現回復的情形，進而將馬可夫模式所預測的地景面積，以及邏輯斯迴歸推估之空間分布機率，整合至 CA 演化規則中，建構模擬森林回復之地景動態模式。模擬的結果對照遙測分類結果發現，兩者各地景類型的空間分布的概況相去不遠，有助於模擬地景動態。總體而言，本研究發展之 CA 模式可作為生態環境與資源經營管理之參考，另一方面，亦可作為其他自然地景之研究範本。

Abstract

Forecasting a reliable dynamic process in respect of natural landscape is central to drive conservation efforts. In this study, a Markov model and logistic regression imbedded cellular automaton (CA)-based model are developed to predict the landscape dynamics in Wu-Shyr-Keng area of Taiwan. We observed landscape change between 2006 and 2012 using remotely sensed data from *Satellite Pour L'observation de la Terre*. The result showed that a portion of forest covers has been restored, and the spatial distribution of forest resilience was ingested into a Markov and logistic model to build transition rules for CA simulation. We found a satisfactory comparison between the simulation result and remote-sensing estimate in the corresponding year. The developed protocol may not only provide insights for conservation and resource management, but also be extended for use in other ecosystems.

關鍵字：預測、馬可夫模式、邏輯斯迴歸、演化規則、低海拔試驗站

Key words: forecast, Markov model, logistic regression, transition rule, low altitude experimental station

收件日期：2014年03月24日

接受日期：2014年05月30日

Received: March 24, 2014

Accepted: May 30, 2014

緒言

現今促使全球環境變遷的主因，不外乎人類對自然資源過度的開發利用，長久下來，將導致生態環境及生物多樣性受到嚴重破壞 (Geist and Lambin 2002)。地景變遷(landscape change)研究是為觀察環境受到干擾後，從原型態轉移到另一種新特徵之過程，如火災、伐木與都市擴張等，瞭解其中的變遷機制，便能進一步預測地景未來的動態發展(Bürgi *et al.* 2004; Echeverria *et al.* 2008; Houet *et al.* 2010)。因此，預測地景動態為地景變遷研究的延伸，不僅有助於理解地景轉移的可能性，並可為環境維護與資源經營管理，提供更明確的

指導方針。

隨著資訊科技與科學研究之演進，目前已發展出許多成熟的動態預測模式，如常見的細胞自動化(cellular automata, CA)，概念源自 John von Neumann 所提出的自我複製(self-replicating)計算機理論，組成元素包含細胞(cells)、細胞狀態(states)、鄰近空間(neighborhoods)與演化規則(transition rules)等。細胞為CA的基本運算單位，在一特定時間序列的進行下(即遞迴；recursion)，會依照某一種特定規則，與周遭的鄰近細胞產生相互影響，演化成為新的狀態(Batty *et al.* 1997; Balzter *et al.* 1998; Sui and Zeng 2001)。然而，CA 著重於細胞空間分布的模擬，並沒有顧慮

到未來演化細胞的數量及空間分配的優先順序，因此，遂有混合模式(hybrid model)概念的提出，即將其他模式整合至 CA 的演化規則加以應用，如馬可夫模式(Markov model)可預測地景變遷的面積(陳及吳 2001；鄭等 2005)；邏輯斯迴歸(logistic regression)可推估空間分布機率(Mertens *et al.* 2008)，兩者的應用皆有效改善原 CA 的缺失(Soares-Filho *et al.* 2002; Jokar Arsanjani *et al.* 2013; Lu *et al.* 2013)。

特有生物研究保育中心(下簡稱特生中心)之低海拔試驗站位於中部烏石坑地區，該區的動、植物資源豐富，並為台灣典型的低海拔自然生態系(楊等 2011)。由於近代國內曾發生重大的天然災害，如地震、強颱與暴雨等，造成本區地景出現大面積的崩場地，惟至近期災害的擾動似有趨緩，歷經長期的地景變遷後，部分森林植被的覆蓋已逐漸復原(呂及何 2013)，亦使野生物族群的種類與數量開始回升(楊等 2013)。有鑑於此，本研究以 CA 為主體，結合馬可夫模式與邏輯斯迴歸，發展一預測模

式，模擬烏石坑地區之森林面積在持續回復下，所呈現出來之地景動態，期研究結果能提供生態環境維護與資源經營管理之參考。

材料與方法

一、研究區概述

本研究區位於台中市和平區自由村烏石坑，境內涵蓋特生中心低海拔試驗站管轄試驗地，此外，為比較周邊地景之差異，另劃設距離管轄範圍 0~1 km 及 1~2 km 之緩衝帶(圖 1)，總計面積約 3,400 ha。本區地形大多以陡峭高山為主，海拔介於 670~1,834 m，區內以東南方之山椒山為最高標，主要水系由大安溪流域的烏石坑溪支系，與另一支系乾溪構成大安溪集水區。氣候方面，年平均溫、相對濕度及降雨量，各別約 18°C、89% 及 2,600 mm 以上。土地覆蓋以森林為主，具優勢的原生植物社會由樟科、殼斗科與桑科榕屬組成，屬低海拔闊葉林相。

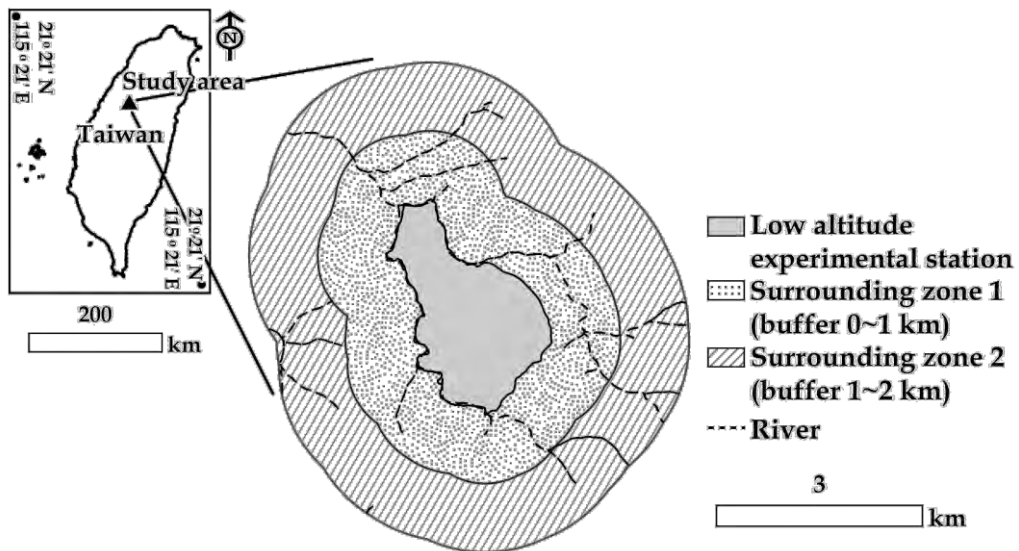


圖 1. 研究區地理位置圖。

Fig. 1. General geographical features of this study site.

二、研究方法

(一) 圖資建立

地景圖資的生產方法係從中央大學太空及遙測中心選購清晰、雲霧少及已完成幾何糾正(level 3)之 *Satellite Pour L'observation de la Terre* (SPOT) 衛星影像，年份分別為 2006 與 2012 年的冬季影像，並以 ERDAS IMAGINE 8.4 軟體執行 ISODATA 與最大概似分類法(maximum likelihood classification)構成的混合式分類法(hybrid classification)，將地景區分為森林、裸露區與其他土地使用等 3 種地景類型，兩時期分類後的總體準確度均高於 90% 以上，足夠進行後續的地景轉移偵測(Nagendra *et al.* 2008; Kuemmerle *et al.* 2009)，由於本研究著重於自然地景之演變，因此，將含有人為干擾介入的其他土地使用類型排除，即其他土地使用轉變為森林或裸露區；森林或裸露區轉變為其他土地使用的範圍全部遮罩(詳細的影像分類過程可參考呂及何 2013)。為觀察地景變遷，利用地理資訊系統(geographic information system, GIS)之套疊分析，產生各種地景類型間之轉移分布圖。

(二) 馬可夫模式之應用

馬可夫模式係假設某一時期(t)地景出現的機率，是隨前一時期($t-1$)的地景狀態而產生變化，因此，在應用馬可夫模式進行地景面積預測前，必須先評估轉移機率矩陣是否具有馬可夫特性，一般常用的方法為 Goodman (1968) 之卡方檢定(χ^2 -test)，當卡方統計值大於理論卡方值，表示轉移矩陣具有馬可夫特性，適用於預測地景面積的變化，反之則無(鄭等 2005)。馬可夫模式係利用兩種時期中，各地景類型間的轉移機率(transition probability)作為運算基礎，其計算式如下：

$$P_{ij} = n_{ij} / \sum_{j=1}^m n_{ij} \quad 1$$

式中 P_{ij} 為 $t-1$ 時期第 i 種地景類型轉變成 t 時期第 j 種地景類型的轉移機率， m 為地景類型數目， n_{ij} 為地景類型轉變後的量。各種地景類型的轉移機率，以矩陣形態表示，可表示如下：

$$P = (P_{ij}) = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{m1} & P_{m2} & \cdots & P_{mn} \end{bmatrix} \quad 2$$

式中 P_{ij} 須符合式 3 與 4 兩種狀態：

$$0 \leq P_{ij} \leq 1 \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad 3$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ij} = 1 \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad 4$$

當矩陣重複自乘無限多次後，其內的各種轉移機率將達到穩定狀態，因此，可將 $n \times n$ 個轉移矩陣轉換為 $n \times 1$ 個轉移矩陣，此 n 則為該時期馬可夫模式所得之理論趨勢值，預測模式即表示如下：

$$X_{t+1} = X_t P_{ij} \quad 5$$

式中 X_{t+1} 與 X_t 分別為 t 與 $t+1$ 時期某一地景類型的量。

為瞭解未來的地景動態是否達到穩定的發展，本研究依馬可夫模式所預測之地景類型面積，計算地景穩定性指標(landscape stability index, LSI)，用以表現整體地景系統於不同時間階段之動態趨勢，其計算方式如下(鍾及呂 2006)：

$$LSI = \sum_{j=1}^m |X_{t+1} - X_t| \quad 6$$

當某一時間階段的 LSI 值愈大代表地景動態明顯，相對整體地景系統的發展趨勢較不穩定；愈小代表不明顯，地景系統則較穩定。

(三) 邏輯斯迴歸分析

邏輯斯迴歸為一種分立選擇 (discrete choices)的二元機率模式，目的是為了尋求依變項和一連串解釋變項(影響因子)之間的關係。為探討森林回復的機率分布，本研究針對 2006 與 2012 年「裸露區轉變為森林」之空間分布，利用分層逢機取樣方法，於研究區中選取 742 個樣點，作為統計上的依變項(出現紀錄為 1、未出現紀錄為 0)，解釋變項則整合航空照片、數值高程資料(digital elevation model)、SPOT 影像與其他相關 GIS 圖資，建立海拔高(m)、坡度(°)、2006 年植生覆蓋度(常態化差異植生指標；normalized difference vegetation index; NDVI; Tucker and Sellers 1986)，以及離 2006 年森林邊緣、道路、河流與裸露區之最短距離(m)等，共 7 個環境因子作為解釋變項，建構之數學式如下：

$$\text{Logit}(p) = \ln[p/(1-p)] = \beta_0 + \sum \beta_j X_j \text{ and } p = P(Y=1) \quad 7$$

式中 P 為森林回復之機率， Y 為依變項， X_j 為解釋變項(上述 7 個環境因子)， β_0 與 β_j 皆為估計參數。

各解釋變項對依變項的影響，必須檢定其來自於本質上的影響或純粹只是樣本之機率誤差，此可透過 Wald 統計值進行檢定，假設所建構的模式中，各環境因子與森林回復之關係達到顯著性，表示可有效推估森林回復之空間分布機率。

(四) 發展細胞自動化模式

一般的 CA 基本模式如下(Huang *et al.* 2008; Al-shalabi *et al.* 2013)：

$$S_{ij}^{t+1} = f(S_{ij}^t, Q_{ij}^t, E_{ij}^t) \quad 8$$

式中 S_{ij}^{t+1} 為 $t+1$ 時期第 i 行第 j 列所預測出來的

細胞狀態， S_{ij}^t 為 t 時期之原細胞狀態， Q_{ij}^t 為鄰近空間之細胞， E_{ij}^t 為演化規則。本研究利用 SPOT 影像所生產的網格資料，可作為 CA 中的細胞，森林及裸露區類型則為兩種細胞狀態，由於模擬情境設定森林持續回復之假設，因此，利用條件陳述式可建構裸露區轉變為森林的 CA 模式(式 9)：

$$\text{If}(Q_{ij}^t \times E_{ij}^t);$$

$$\text{Then } S_{ij}^{t+1} = \text{Forest}; \text{ Else } S_{ij}^{t+1} = \text{Bare area.} \quad 9$$

上述 CA 模式中， Q_{ij}^t 設定 Moore 型 3x3 個細胞之鄰近空間(由 8 個細胞圍繞住中心的細胞)進行全區運算， E_{ij}^t 包括：1. 由 t 前進至 $t+1$ 時期的細胞數量取決於馬可夫模式預測的結果；2. 由於森林自然回復時，先驅及入侵性植物會優先定殖，而這些物種的繁殖力強，因此，當任一裸露區的細胞進行運算時，其鄰近空間若出現 1 個或以上的森林細胞，該裸露區細胞即視為演化候選細胞，若不符合以上條件時，則無演化發生；3. 各演化候選細胞轉變為森林細胞的依據，乃參考邏輯斯迴歸產生的機率，由高至低進行空間分配，直至與馬可夫模式所預測的細胞數量相等，未被分配到的候選細胞則保持原有狀態。

為評估 CA 模擬與遙測分類結果的差異，以 2006 年之遙測分類結果為基礎，參考 2012 年各地景類型之細胞數量，進行 CA 模式之運算，並透過百分比同質性檢定(test for homogeneity)測驗 CA 模擬與 2012 年實際遙測分類結果之差異性，另一方面，藉由套裝軟體 Fragstats 3.3 計算之平均嵌塊體大小(mean patch size, MPS)、嵌塊體密度(patch density, PD)與平均最近鄰近度(mean nearest neighbor, MNN)等 3 種地景指標(McGarigal and Marks 1995)，用於比較兩者間的地景結構特徵。

結 果

2006 與 2012 年 SPOT 影像分類所獲得之森林及裸露區類型，經 GIS 套疊分析產生 4 種地景轉移類型(圖 2)，進而計算轉移矩陣，如表 1 所示，2006~2012 年間約有 174 ha (5%)的裸露區轉變為森林類型，僅有 36 ha (1%)左右的森林轉變為裸露區類型，由此可知，該期間森林確實有回復的情形。為利用馬可夫模式預

測各地景類型的面積變化，首先應評估本研究區的地景發展是否適合應用馬可夫模式進行預測，本研究逢機選取 1,000 個樣點，進行卡方檢定，結果顯示，在自由度等於 1 和顯著水準等於 1%時，其卡方統計值($\chi^2=33.89$)大於查表之理論卡方值 ($\chi^2=6.64$)，由此可知，2006~2012 年期間的地景變遷確實具馬可夫特性，適用於預測地景未來的變化。

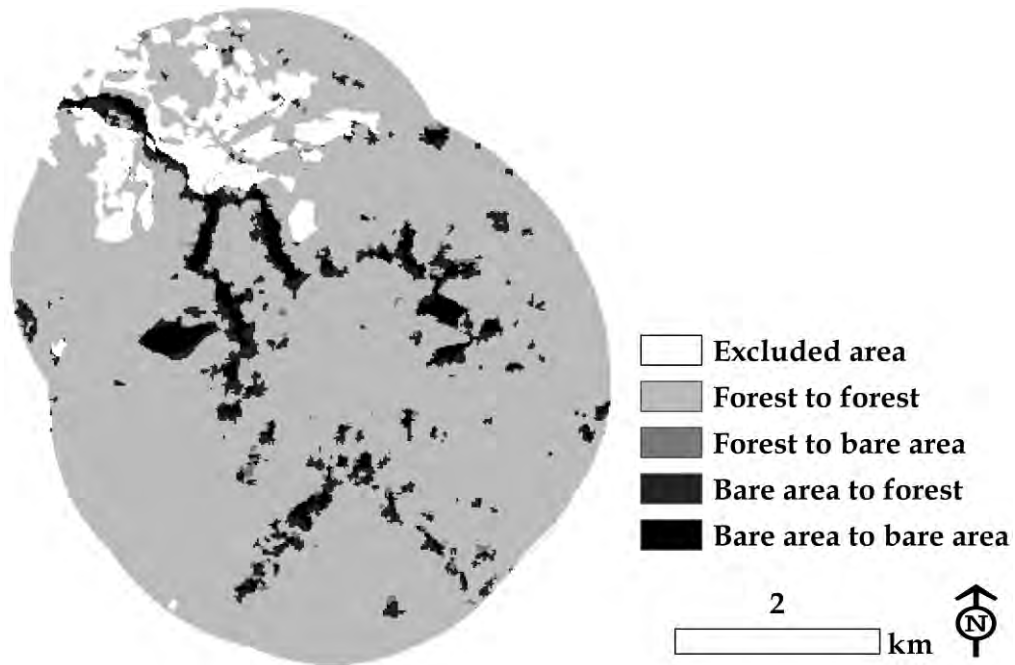


圖 2. 2006 至 2012 年之地景變遷圖。

Fig. 2. Landscape change map from 2006 to 2012.

表 1. 2006 至 2012 年地景變遷所構成之轉移矩陣(單位：ha、%)

Table 1. Transition matrix of landscape change from 2006 to 2012 (unit: ha; %)

	2012	
	Forest	Bare area
2006		
Forest	2,784.80 (98.69)	36.92 (1.31)
Bare area	174.04 (5.49)	2,995.76 (94.51)

應用表1轉移機率矩陣，以6年為間距，依序預測2018、2024、2030、2036與2042年之各地景類型面積，並計算2012~2042年間5個階段之LSI，評估各地景類型的動態發展是否達到穩定趨勢，如圖3所示，LSI隨著時間的增加而

逐漸下降，尤其2024~2030年階段起，曲線型態趨於平坦，並且2036~2042年階段，各地景類型間的轉換量已接近於0，顯示整體的地景動態已呈現穩定。

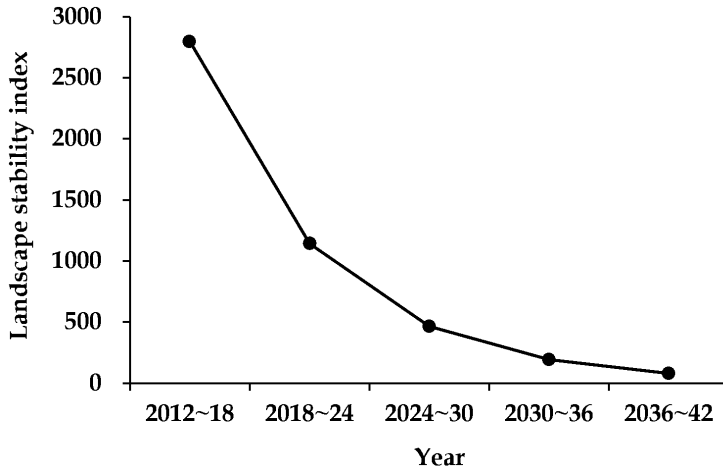


圖 3. 地景穩定性指標之預測趨勢。

Fig. 3. A predicted trend of landscape stability index.

森林回復的空間分布機率推估，乃以裸露區轉變為森林之地景類型(圖 1)，作為邏輯斯迴歸分析之統計依據。由分析結果發現，7 種環境因子經 Wald 檢定後，達顯著性者($p>0.01$)

為海拔高、離 2006 年森林邊緣與裸露區之最短距離等 3 個解釋變項(表 3)，表示該 3 種變項對森林回復具有顯著的影響力，故可納入邏輯斯迴歸的模式中(式 7)。

表 2. 邏輯斯迴歸評估 2006~2012 年森林回復之統計結果

Table 2. Statistics of logistic regression to evaluate the forest resilience from 2006 to 2012

Variable	β	Standard error	Wald statistic	Significance
Intercept	3.285	0.741	19.647	0.000
Elevation	-3.716	1.345	7.631	0.006
Slope	-0.938	0.863	1.181	0.277
NDVI	0.152	0.492	0.095	0.758
Forest edge	-22.559	7.308	9.529	0.002
Road	1.358	0.932	2.124	0.145
River	2.172	1.510	2.069	0.150
Bare area	-119.758	17.552	46.554	0.000

β =estimated parameter; NDVI=normalized difference vegetation index.

將海拔高、離 2006 年森林邊緣與裸露區之最短距離等 3 個解釋變項估計值代入邏輯斯迴歸模式，即可獲得全區之森林回復機率分布(圖 4)，圖中像元之機率愈接近 0 時(顏色愈趨近於

白色)，代表森林回復機率愈低，即不適宜植物的生長；當愈接近 1 時(顏色愈趨近於黑色)，代表該像元有高可能性被植被覆蓋，故適合作為 CA 模擬時，細胞空間分配之依據。

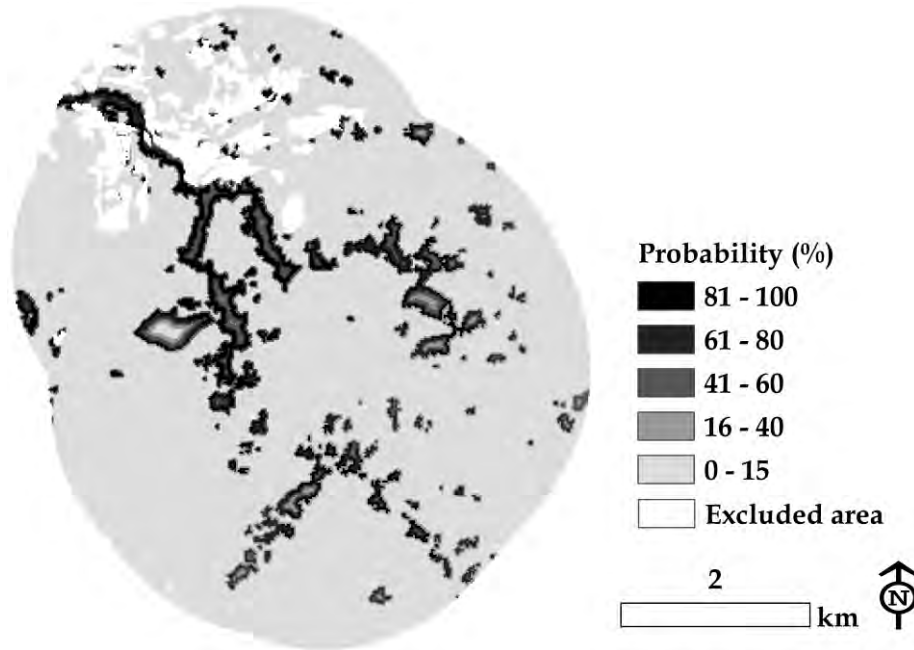


圖 4. 邏輯斯迴歸所預測之森林回復機率分布圖，圖中分級方法採用 Jenks 自然間斷法(natural breaks)。

Fig. 4. Probability prediction of forest resilience derived from logistic regression. A Jenks' natural breaks method was applied to group the classes.

利用 2006 年遙測分類結果為基礎，依據本研究發展之 CA 模式(式 9)，進行森林與裸露區兩種地景類型之空間分布模擬，模擬結果再與 2012 年遙測分類結果作比較，整體來看，兩種方法所得到的結果大致相仿，各地景類型顯現的分布位置並無巨大的偏移，利用逢機取樣選取 1,000 個樣點進行百分比同質性檢定可

知，卡方值為 3.39、 $p=0.07$ ，並未達差異顯著性標準，顯示兩種方法所得結果具同質性，由此可知，本 CA 模式具備模擬地景空間分布之能力，而從地景結構上的差異來觀之，可從裸露區類型的模擬結果發現，北半部有許多小嵌塊體明顯誤判為森林；南半邊則有部份嵌塊體的形狀與數量有所異(圖 5)。

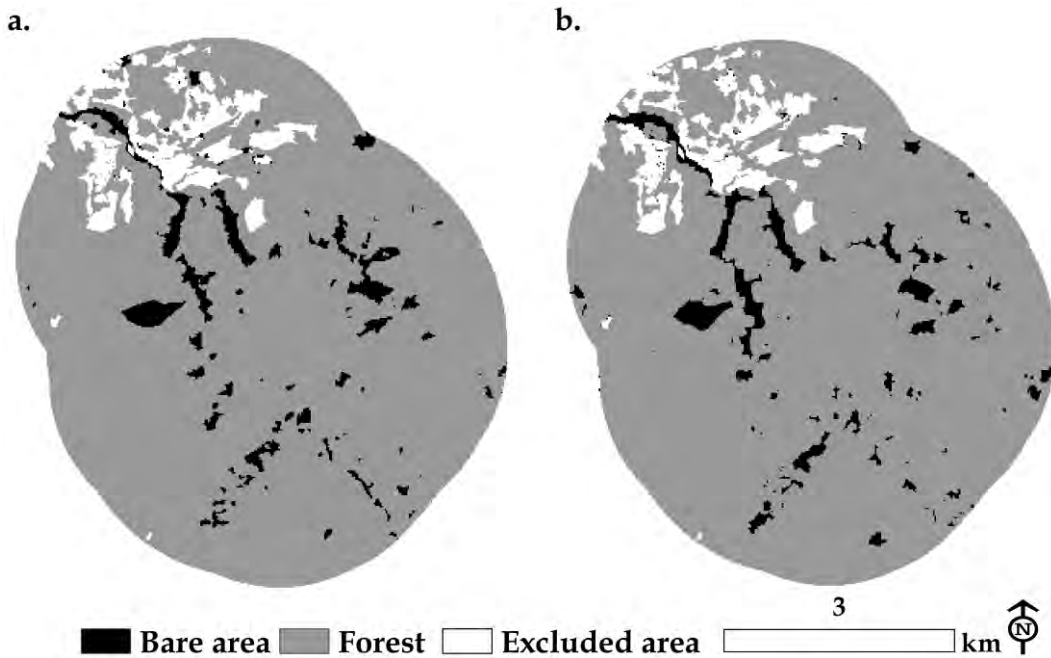


圖 5. 遙測分類與細胞自動化模擬之 2012 年地景空間分布。

Fig. 5. Contemporary (2012) distribution of landscape categories derived using (a) remote-sensing estimate and (b) cellular automata simulation.

為量化 2012 年遙測分類與 CA 模擬結果在地景結構上的特徵，本研究計算 MPS、PD 與 MNN 等 3 種地景指標，如表 3 所示，CA 模擬所得的森林除 PD 外，MPS 與 MNN 皆高

於遙測分類結果；裸露區各地景指標的計算結果洽與森林相反，相較於遙測分類結果，CA 模擬的森林嵌塊體較大而集中，反觀，裸露區嵌塊體呈現小而零散。

表 3. 遙測分類與細胞自動化模擬結果之地景平均嵌塊體大小(mean patch size, MPS)、嵌塊體密度(patch density, PD)與平均最近鄰近度(mean nearest neighbor, MNN)等指標

Table 3. Metrics of the mean patch size (MPS), patch density (PD) and mean nearest neighbor (MNN) for landscape categories using remote-sensing estimate and cellular automata simulation

	Estimate		Simulation	
	Forest	Bare area	Forest	Bare area
MPS (ha)	97.11	1.52	136.83	1.27
PD (N/100 ha)	0.98	3.43	0.69	4.09
MNN (m)	49.95	131.00	55.76	125.86

N=number of patches

由前文馬可夫模式所預測的結果可知，烏石坑地區的地景動態直至 2042 年達到穩定狀態(圖 3)。因此，本研究以 2006 年的遙測分類結果為基礎資料，藉由 6 年的間距，進行 6 次 CA 遞迴模擬，共可產生 6 個時期的地景空間分布圖，除 2012 年外，2018~2042 年的地景動態演變如圖 6 所示，在森林持續回復情境下，

低海拔試驗站管轄範圍的邊界及距離其 0~1 km 緩衝帶內，裸露區嵌塊體逐漸被森林所取代，但至 2042 年，緩衝帶內有少數的裸露區嵌塊體仍保持相當面積，其餘多數被森林取代後，呈現零散的分布(圖 6e)，而距離管轄範圍最外圍緩衝帶的動態情形較無太大的變化。

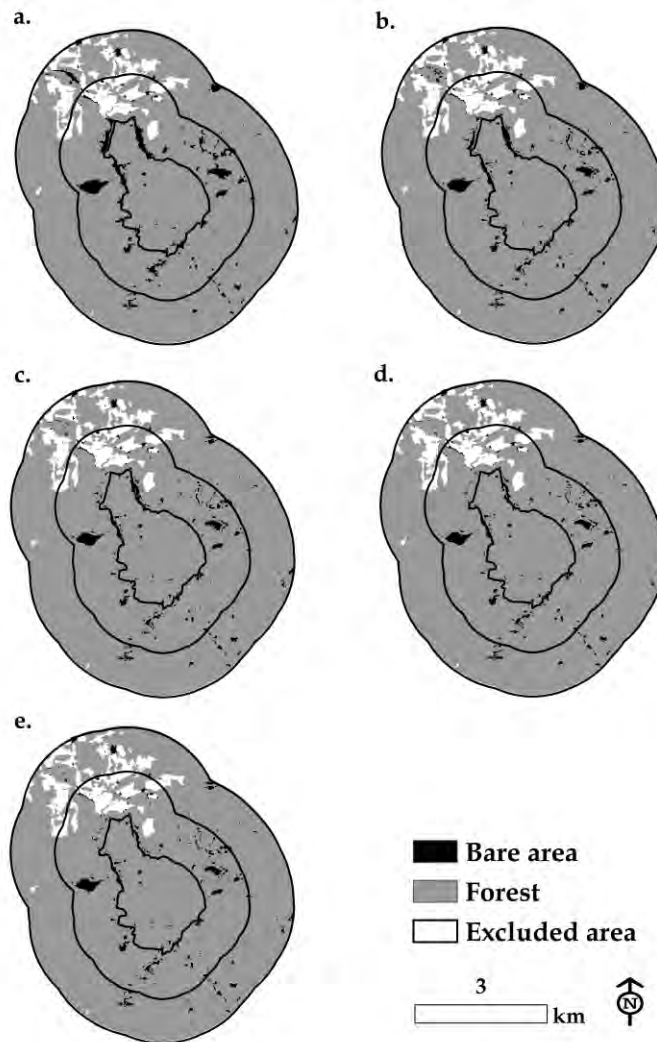


圖 6. 細胞自動化模擬地景動態，(a) 2018、(b) 2024、(c) 2030、(d) 2036 與 (e) 2042 年。

Fig. 6. Simulations of landscape dynamics based on cellular automata in (a) 2018, (b) 2024, (c) 2030, (d) 2036 and (e) 2042.

討 論

本研究所發展之烏石坑地區地景動態模式乃整合馬可夫、邏輯斯迴歸及CA等模式加以創建，其中經馬可夫模式與邏輯斯迴歸分析所獲得之結果，係啟動CA模擬之兩大參數。由地景變遷圖與馬可夫模式的轉移矩陣可知，烏石坑地區的地景變遷趨勢除了少部份森林有崩塌或退化之外，多以裸露區轉變森林為主要(表1與圖2)，此乃近幾年(2012年止)，台灣中部山區受颱風及暴雨的擾動已較往年緩和(呂及何 2013)，有利先驅性植物入侵裸露區，而後續所預測的森林與裸露區類型像元數量(或面積)，為設定CA模式的第一大參數；邏輯斯迴歸建構而成之空間分布機率高低，係決定往後森林回復在空間分布上的優先順序可能性(圖4)，則為第二大參數。

利用CA模擬與依據實際地物的遙測分類結果進行比對，發現兩者地景的概況相去不遠，並從百分比同質性檢定的結果亦發現地景類型的分布狀況具一致性水準，因此，本CA模擬尚屬合理範圍(圖5)，惟從地景結構分析模擬的結果可知，森林回復因多偏好於某些特定的環境因子，導致嵌塊體呈現群聚，裸露區嵌塊體也因而受到影響呈現零散分布(表3)，此乃模擬與遙測分類結果之主要差異，至於這些特定的環境因子，可從邏輯斯迴歸的分析結果窺知(表2)。邏輯斯迴歸採用的解釋變項，為地理資訊分析常用且易獲得的地形及地物特徵，然而，影響植物生長與分布的因子，尚有溫度、濕度、降雨、輻射能及風速等區域性的微氣候(Chen *et al.* 1999; Meyer *et al.* 2001; Rambo and North, 2009)。這些因子雖屬重要，但其空間資料的取得常受限並不易掌握，此外，野生動物作用，如取食與排泄物等亦會影響植物種子的

傳播(Holbrook and Smith, 2000; Wehncke *et al.* 2003)，為另一種不確定因素，由此可知，未來降低模擬誤差的方式，可從CA模式的第二大參數加以改進。

本研究之CA模式，除模擬各種地景類型未來可能存在的位置所在，其圖徵形成的背景亦綜合了各種環境屬性，因此，可作為熱點(hotspot)區位的參考。從模擬的結果發現，烏石坑地區歷經長期動態演變後，距離低海拔試驗站管轄範圍0~1 km緩衝帶內，部份的裸露區嵌塊體仍保有相當的面積(圖6)，因此，其未來的發展值得特別注意。

結 論

CA為模擬地景動態的利器，本研究結合不同類型預測模式之特性，建構一種改良過後的CA，應用於模擬烏石坑地區森林回復之情形，由研究成果發現，所發展之CA具備模擬該區地景空間分布與長期動態之能力。另一方面，台灣近代氣候變遷所導致的突發性極端天氣頻繁，環境受災害的影響也並非單一性，造成地景之變動甚鉅，本研究未來方向將強調實務上的應用，即配合不同的氣候因子條件，適當地調整模擬情境與演化規則，使CA的應用更為廣泛，俾經營管理之所需。

引用文獻

- 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。
- 陳永寬、吳守從。2001。應用馬可夫鏈模式預測南仁山生態保護區地景變遷。台大實驗林研究報告15: 317-328。

- 楊育昌、何健鎔、何東輯、黃朝卿、張仕緯、
林斯正、劉敏慧、程忠智、胡景瀚。2011。
特有生物研究保育中心低海拔試驗站長
期生態監測之研究：野生動物普查與氣象
因子監測。臺大實驗林研究報告25: 1-23。
- 楊育昌、劉敏慧、林春富、程忠智、何東輯、
何健鎔、林雅玲。2013。烏石坑地區森林
與溪流環境兩棲類群聚受地震影響之研
究。台灣生物多樣性研究15: 83-97。
- 鄭祈全、吳治達、王素芬。2005。應用Markov
和Logit模式監測地景變遷之研究。台灣林
業科學20: 29-36。
- 鍾玉龍、呂明倫。2006。綠島地景動態之研究。
特有生物研究8: 87-96。
- Al-shalabi, M., L. Billa, B. Pradhan, S. Mansor
and A. A. A. Al-Sharif. 2013. Modelling
urban growth evolution and land-use
changes using GIS based cellular automata
and SLEUTH models: the case of Sana'a
metropolitan city, Yemen. *Environmental
Earth Sciences* 70:425-437.
- Balster, H., P. W. Braun and W. Köhler. 1998.
Cellular automata models for vegetation
dynamics. *Ecological Modelling* 107:
113-125.
- Batty, M., H. Couclelis and M. Eichen. 1997.
Urban systems as cellular automata.
*Environment and Planning B: Planning and
Design* 24: 159-305.
- Bürgi, M., A. M. Hersperger and N.
Schneeberger. 2004. Driving forces of
landscape change-current and new
directions. *Landscape Ecology* 19: 857-868.
- Chen, J. Q., S. C. Saunders, T. R. Crow, R. J.
Naiman, K. D. Brosofske, G. D. Mroz, B. L.
Brookshire and J. F. Franklin. 1999.
Microclimate in forest ecosystem and
landscape ecology – Variations in local
climate can be used to monitor and compare
the effects of different management regimes.
Bioscience 49: 288-297.
- Echeverria, C., D. A. Coomes, M. Hall and A. C.
Newton. 2008. Spatially explicit models to
analyze forest loss and fragmentation
between 1976 and 2020 in southern Chile.
Ecological Modelling 212: 439-449.
- Geist, H. J. and E. F. Lambin. 2002. Proximate
causes and underlying driving forces of
tropical deforestation. *BioScience* 52:
143-150.
- Goodman, L. A. 1968. The analysis of
cross-classified data: Independence,
quasi-independence, and interactions in
contingency tables with or without missing
entries. *Journal American Statistics
Association* 63: 1031-1091.
- Holbrook, K. M. and T. B. Smith. 2000. Seed
dispersal and movement patterns in two
species of *Ceratogymna* hornbills in a West
African tropical lowland forest. *Oecologia*
125: 249-257.
- Houet, T., P. H. Verburg and T. R. Loveland.
2010. Monitoring and modelling landscape
dynamics. *Landscape Ecology* 25: 163-167.
- Huang, H. M., L. Q. Zhang, Y. J. Guan and D. H.
Wang. 2008. A cellular automata model for
population expansion of *Spartina
alterniflora* at Jiuduansha Shoals, Shanghai,
China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*
77: 47-55.

- Jokar Arsanjani, J., M. Helbich, W. Kainz and A. Darvishi. 2013. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21: 265-275.
- Kuemmerle, T., D. Müller, P. Griffiths and M. Rusu. 2009. Land use change in Southern Romania after the collapse of socialism. *Regional Environmental Change* 9: 1-12.
- 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.
- McGarigal, K. and B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report PNW-GTR-351, Portland.
- Mertens, B., L. Hua, B. Belcher, M. Ruiz-Pérez, M. Fu and X. Yang. 2008. Spatial patterns and processes of bamboo expansion in Southern China. *Applied Geography* 28: 16-31.
- Meyer, C. L., T. D. Sisk and W. W. Covington. 2001. Microclimatic Changes Induced by Ecological Restoration of Ponderosa Pine Forests in Northern Arizona. *Restoration Ecology* 9: 443-452.
- Nagendra, H., S. Pareeth, B. Sharma, C. M. Schweik and K. R. Adhikari. 2008. Forest fragmentation and regrowth in an institutional mosaic of community, government and private ownership in Nepal. *Landscape Ecology* 23: 41-54.
- Rambo, T. R. and M. P. North. 2009. Canopy microclimate response to pattern and density of thinning in a Sierra Nevada forest. *Forest Ecology and Management* 257: 435-442.
- Soares-Filho, B. S., G. C. Cerqueira and C. L. Pennachin. 2002. DINAMICA-a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling* 154: 217-235.
- Sui, D. Z. and H. Zeng. 2001. Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: a case study in Shenzhen. *Landscape and Urban Planning* 53: 37-52.
- Tucker, C. J. and P. J. Sellers. 1986. Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing* 7: 1395-1416.
- Wehncke, E. V., S. P. Hubbell, R. B. Foster and J. W. Dalling. 2003. Seed dispersal patterns produced by white-faced monkeys: implications for the dispersal limitation of neotropical tree species. *Journal of Ecology* 91: 677-685.

農地造林對鳥類群聚及其多樣性之影響

The effects of plantation on farmland upon avian community and its diversity

葛兆年^{1*} 陳一銘¹ 莊鈴木¹ 邱志明²

Chao-Nien Koh^{1*}, Yi-Ming Chen¹, Lin-Mu Juang¹ and Chih-Ming Chiu²

¹ 林業試驗所森林保護組 10066 台北市中正區海南路 53 號

² 林業試驗所森林經營組 10066 台北市中正區海南路 53 號

¹ Department of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei

² Department of Forest Management, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei.

*通訊作者：nien@tfri.gov.tw

*Corresponding author: nien@tfri.gov.tw

摘要

爲了彌補因移除森林而喪失的生物多樣性，新植人工林是作法之一，但目前對於在農地上造林對地區生物多樣性所產生的影響，所知有限、亟待了解。台灣花東縱谷地區原爲闊葉林覆蓋，現在則大多爲農業生產利用，而花蓮縣光復鄉原從事甘蔗生產的大農大富農場自 2002 年改植闊葉樹，迄今面積達 1000 ha。爲評估該造林是否已恢復闊葉林鳥類群聚及其多樣性，以及其對周邊農地鳥類群聚及多樣性的影響，本研究於 2009 年及 2010 年的 4-6 月及 9-11 月在大農大富地區之周邊農地、鄰近海岸山脈之闊葉次生林地及人工林地調查鳥類群聚。結果顯示農地與闊葉次生林地的鳥類群聚組成及主要物種不同，農地的鳥類群聚組成較不穩定且歧異度指數較低；人工林地與闊葉次生林地之鳥類群聚亦不相同，前者之種豐富度及歧異度指數較低；農地鄰近人工林地的鳥類群聚不同於周圍無造林農地，且前者歧異度指數較高。我們認爲農地若恢復爲闊葉林可穩定鳥類群聚結構並增加其多樣性，但目前尚年輕的人工造林並未恢復闊葉林的鳥類群聚與多樣性，應與人工造林之植被結構簡單及物種單純有關，不過人工造林在地景上仍有增進農地鳥類多樣性的作用。爲豐富人工林地的鳥類多樣性，建議減少除草並加強營造其中下層植被，可能增加目前過少的灌木層鳥種。

Abstract

Planted forests may help offset biodiversity loss from deforestation, but the impacts of converting crops to plantations on local biodiversity are poorly understood. The east rift valley of Taiwan was originally covered by broad-leaved forests. Nowadays, most of the lands in the valley have been converted for various agricultural needs. The Danongdafu farm in Guanfu Township, Hualien County, was built to grow sugarcane in the 1910's. Since 2002, no more sugar is produced and broad-leaved trees were replanted over 1000 hectare of lands in the valley. Base on the plantation, this study is an evaluation of (1) the effects of converting broad-leaved forests to crops on the avian community and its diversity, (2) the recovery of broad-leaved forest avian species and its diversity, and (3) the impacts to the avian community and its diversity on adjacently remnant croplands. In Danongdafu forest park and its neighboring farmland and secondary broad-leaved forest, we investigated the avian communities in four habitat types including farmlands, farmlands adjacent to plantations, plantations, and secondary broad-leaved forests in April- June and September-November during 2009-2010. We found different avian species compositions and typical species in farmlands and secondary forestlands. The avian species compositions in the farmlands were less stable and the diversity indices were lower compared to the secondary forestlands. Avian species compositions were different between plantations and secondary forests, and the former communities were less diverse than the latter. Farmlands adjacent to plantations had different avian species compositions from farmlands away from plantations, and the former had higher avian diversity indices than the latter. We conclude that avian species compositions will become stable and diverse after farmlands are converted to broad-leaved forests. Avian species and diversities in broad-leaved forests did not recover in the rather young man-made plantations due to their simple vegetation structures and low plant species diversities. On the other hand, plantations might enhance avian diversities in the adjacent farmlands on the landscape. It is suggested that one of the ways to increase bird diversity in the plantation is to increase avian species in the shrub layer of planted forests, decrease the weeding frequency and create vegetation in understory of the forests.

關鍵字：鳥類群聚、多樣性、造林、農地、花蓮

Key words: avian community, diversity, plantation, farmland, Hualien

收件日期：2014年03月05日

接受日期：2014年06月04日

Received: March 05, 2014

Accepted: June 04, 2014

前 言

熱帶森林被移除是全球生物多樣性面臨的最主要威脅之一(Dobson *et al.* 1997; Brooks *et al.* 2002)。森林移除後土地利用型態改為農耕，部分研究顯示農耕地的生物多樣性少於森林，可能與農地缺乏樹木，使得部分物種如以樹木果實或昆蟲為食者未出現有關(Lawton *et al.* 1998; Waltert *et al.* 2004)。亦有研究指出仍有森林性物種使用農耕地(Estrada *et al.* 1993, Petit *et al.* 1999, Daily *et al.* 2001, Hughes *et al.* 2002)，而且森林變成農耕地後生物多樣性並未降低(Daily *et al.* 2001; Hughes *et al.* 2002; Lindell and Smith 2003; Waltert *et al.* 2005)，因此農地被認為對物種多樣性保育具有一定價值。但仔細了解發現農地物種與森林物種大不相同，例如 Daily 等人(2001)調查哥斯大黎加鳥類，估計 71%的種類未出現在農地，而非洲賴比瑞亞有 70%的鳥種自森林改為農地後消失不見(Kofron and Chapman 1995)，因此森林移除雖然不一定對地景中的生物多樣性有負面影響，但的確可能對森林性物種的生存造成威脅。

熱帶因植物生產經濟效益較高而有大量積新植林(Evans and Turbull 2004)，一些保育生物學家同意人工林可以中止因熱帶森林移除所導致的生物多樣性下降(Daily *et al.* 2001; Hughes *et al.* 2002; Lindenmayer and Hobbs 2004)，但仍有研究指出人工林的物種豐富度比原始林低(Lawton *et al.* 1998; Petit *et al.* 1999; Peh *et al.* 2006)，雖然 Dunn(2004)預測森林重新栽植後 20-40 年其物種豐富度可以完全恢復。人工林對大多數原始林物種是否具有保育作用不無懷疑，但亦有人工林仍能維持高多樣性(Hagan *et al.* 1997; Barlow *et al.* 2007)。不過

多項研究指出人工林有較低的動物多樣性或密度(Kwok and Corlett 2000; Ohsawa 2005; Kattan *et al.* 2006; Barlow *et al.* 2007)。

花東縱谷在 300 年前為深林所障蔽(康 1999)，如今多已是農墾利用型態，但海岸山脈仍然維持闊葉林覆蓋。花蓮縣光復鄉之大農大富地區原為台灣糖業公司甘蔗生產區，自 2002 年響應政府平地造林運動，開始重新栽植闊葉樹(花蓮大農大富平地森林遊樂區整體規劃成果報告書 2010)，現在已蔚然成林，惟其周邊的其他私有土地仍然維持栽種農作物的經營方式，故大農大富地區形成林地(包括人工林與闊葉次生林)與農地鑲嵌的地景型式。但是此地由最早闊葉林覆蓋，至闊葉林被移除開發為農地使用，以致於目前農地重新種植闊葉林，這些轉變對當地的生物及多樣性產生何種影響缺乏探究，若能了解這些轉變的脈絡，當可以對生物多樣性的經營提出較妥適的建議，達成平地造林維護生物多樣性的政策性目標。

本研究旨在比較大農大富地區之農地、造林地與附近海岸山脈的闊葉次生林地之鳥類群聚及多樣性，以評估闊葉林變更為農地後，鳥類群聚及多樣性有何變化，以及人工造林是否有助恢復闊葉林的鳥類群聚及多樣性，對當地農業地景上的鳥類群聚及多樣性有何影響，並提出相關的棲地經營建議。

材料與方法

一、研究樣區

研究地點位於花蓮縣光復地區，樣區設於大農大富平地森林園區、周邊之農地，以及附近闊葉次生林地，共選取農地(FA)、造林地邊農地(PFA，以下簡稱林邊農地)、造林地(P)及闊葉次生林地(SF，以下簡稱次生林)等 4 種類

型棲地，進行鳥類調查(圖 1)。

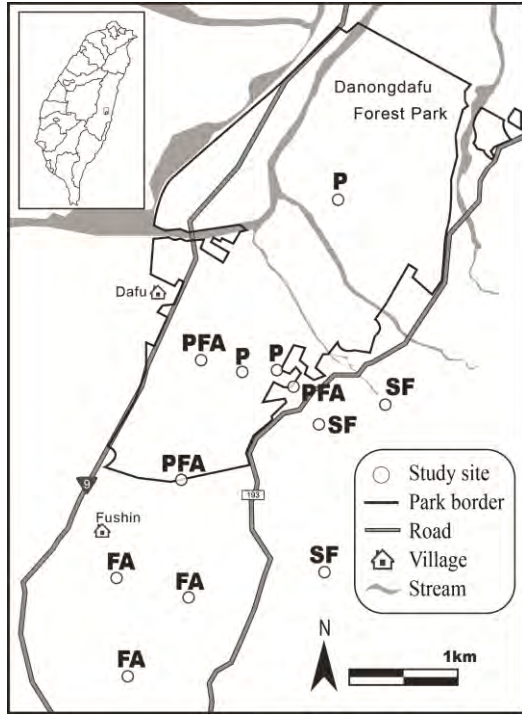


圖 1. 研究樣區位於花蓮縣光復鄉大農大富森林園區與周邊農地及次生闊葉林地。FA、PFA、P 及 SF 分別代表農地、造林邊農地、造林地及次生闊葉林地等各類型棲地之調查地點。

Fig. 1. Location of the study sites in Danongdalu Forest Park of Guanfu Township, Hualien County, and the neighboring farmlands and secondary broad-leaved forests. Study sites are indicated by habitat types as FA (farmland), PFA (farmland adjacent to plantation), P (plantation), and SF (secondary broad-leaved forest).

每 1 種棲地選取 3 塊樣區，每塊樣區設置 1 條穿越線，每條穿越線間隔 120-150 m 設 1 個樣點，每個樣區設置 3 個樣點。大農大富平地森林園區所在地原為台灣糖業公司花蓮區處之

大農大富農場，主要生產甘蔗，自 2002 年停止製糖並將蔗田改植闊葉樹，迄今造林達 1000 ha，共栽植 18 種樹種，主要樹種有光臘樹 (*Fraxinus griffithii*)、台灣欒 (*Zelkova serrata*)、茄苳 (*Bischofia javanica*)、陰香 (*Cinnamomum burmannii*)、楓香 (*Liquidambar formosana*)、台灣欒樹 (*Koelreuteria henryi*)、杜英 (*Elaeocarpus sylvestris*)、樟樹 (*C. camphora*)、赤楊 (*Alnus formosana*) 及大葉楠 (*Machilus japonica* var. *kusanoi*) 等樹種(花蓮大農大富平地森林遊樂區整體規劃成果報告書 2010)。農地類型棲地的選取上，採取位於大農大富平地森林園區周邊玉米田作為樣區，3-6 月及 8-11 月分別為農耕期及休耕期。林邊農地因造林地旁較少大面積農地，無法選取相同作物農地，乃以大富第 42 號地旁地瓜花生田、大富第 46、53 號地旁休耕地，以及大富第 67 號地旁鳳梨玉米田作為樣區，而這些農地旁造林皆以光臘樹為主要樹種，於 2002-2004 年栽植(台灣糖業公司，私人連絡)。造林地樣區位於大富第 41、45 及大農 50 號地，分別以杜英及楓香、台灣欒樹、台灣欒木為主要樹種，皆為 2003 年栽植(台灣糖業公司，私人連絡)。次生林樣區分別位於大農大富平地森林園區旁 193 縣道之 73.4K、74.3K、76.6K 處之次生林地，依據蘇(1992)之氣候分區，本地森林植被應屬楠榕林帶。樣區附近多半可以發現群生或散生的經濟樹種如麻竹、油桐、檳榔以及波羅蜜、蓮霧、柚子等果樹。原生上層喬木主要有相思樹 (*Acacia confusa*)、苦楝 (*Melia azedarach*)、野桐 (*Mallotus japonicus*)、蟲屎 (*Melanolepis multiglandulosa*)、樟樹、大葉楠、無患子 (*Sapindus mukorossi*)、鵝掌柴 (*Schefflera octophylla*)、樹杞 (*Ardisia sieboldii*)、烏心石 (*Michelia compressa*)，靠近溪谷之處有較多的咬人狗 (*Dendrocnide meyeniana*)、稜果榕

(*Ficus septica*)、牛奶榕 (*F. erecta* var. *beecheana*)、九芎(*Lagerstroemia subcostata*)，中層植被有三葉山香圓(*Turpinia ternata*)、軟毛柿(*Diospyros eriantha*)、三腳蟹(*Crateva adansonii* ssp. *formosensis*)、厚殼桂 (*Cryptocarya chinensis*)、粗糠柴(*Mallotus philippensis*)、小葉白筆 (*Symplocos modesta*)、細葉饅頭果 (*Glochidion rubrum*)等，下層最常見為九節木 (*Psychotria rubra*)，其他有長梗紫麻(*Oreocnide pedunculata*)、燈秤花(*Ilex asprella*)、雞屎樹 (*Lasianthus* sp.)、山棕(*Arenga tremula*)、姑婆芋 (*Alocasia odora*)。此外，溪谷沖刷地多密生五節芒 (*Miscanthus floridulus*)、象草 (*Pennisetum purpureum*)等高莖草本，而林緣則可見蓮草 (*Tetrapanax papyrifera*)與台灣芭蕉 (*Musa itinerans* var. *formosana*)。

二、鳥類調查

分別於 2009 年進行 FA 及 PFA 樣區調查，2010 年進行 P 及 SF 樣區調查，調查時間為鳥類繁殖季(4-6 月)及非繁殖 (9-11 月)，每月調查 1 次，故每樣點在繁殖季與非繁殖季各有 3 次調查紀錄。鳥類調查採用固定半徑定點調查法，每個月至各調查點調查鳥類種類及隻次，調查只在天氣良好時進行，於日出後 3 小時內完成，每 1 樣點停留 6 分鐘，依序記錄目擊或聽到的種類及數量。若察覺鳥類在相鄰樣點間移動，僅當作 1 筆記錄，以避免重複計數。所有調查鳥類在棲地之所在層次依現場經驗主觀歸類為天空、樹木冠層、樹木次冠層、灌木層及地面等 5 層，或者含括 1 種以上層次。

三、資料處理與分析

鳥類調查資料以 Microsoft Excel 建檔，物種豐富度以種數(S)代表，歧異度指數以

Shannon-Wiener diversity index (H')計算， $H' = -\sum (P_i \ln(P_i))$ (Shannon and Weaver 1949，引自 Magurran 2004)。均勻度以 Pielou's Evenness Index (J') 計算， $J' = H' / H_{max} = H' / \ln S$ (Pielou 1975，引自 Magurran, 2004)。利用 SAS v.8 統計程式採取 Kruskal-Wallis test 及 Dunn 成對測驗分別檢定各棲地間及兩兩棲地間之鳥類群聚變數有無差異，以 Wilcoxon signed rank test 檢定季節間之鳥類群聚變數有無差異。鳥類群聚分析則以 PRIMER 5.2 軟體(Clarke and Warwick 1994; Clarke and Gorley, 2001) 進行分析，分析前先將僅有 1 次紀錄的鳥種刪除，再將各鳥種調查隻次取平方根轉換，以多維尺度(MDS, nonmetric multidimensional scaling) 比較 4 種類型棲地的鳥類群聚組成在空間及時間上的分布型態。此外，將取平方根轉換後的資料算出 Bray-Curtis 相異度矩陣，再進行相異度分析(ANOSIM test)，求出相異度係數值(Global R)，來代表各種棲地鳥類群聚間的相異度。鳥類群聚之代表種則以(SIMPER test)來分析，代表種順序以對相異度矩陣值之貢獻多寡(即物種在群聚樣本中出現頻度高低)排列。

結 果

2009 年調查的 FA、PFA 及 2010 年調查的 P、SF 等 4 種類型棲地，4-6 月及 9-11 月共記錄到鳥類 59 種、1,956 隻次，包含「野生動物保育法」所列珍貴稀有保育類的蛇鵂(*Spilornis cheela*)、紅隼(*Falco tinnunculus*)、環頸雉(*Phasianus colchicus*)、朱鷗(*Oriolus traillii*)、烏頭翁(*Pycnonotus taiwanus*)及台灣畫眉(*Garrulax taewanus*)等 6 種；其他應予保育類的台灣山鷓鴣(*Arborophila crudigularis*)、台灣藍鵲(*Urocissa Caerulea*)及紅尾伯勞(*Lanius*

cristatus)等 3 種。

一、棲地分布

合併 4-6 月及 9-11 月兩季共 6 次鳥類調查資料，FA 記錄 25 種 668 隻次，PFA 記錄 30 種 348 隻次，P 記錄 24 種 361 隻次，SF 記錄 34 種 579 隻次(表 1)，以 SF 的物種豐富度最高，PFA 次之，P 最低；數量上以 FA 最多，其次為 SF，PFA 最低；歧異度指數以 PFA 最高，次之為 SF，最低為 FA；在均勻度上最高為 PFA，次之為 SF，最低為 FA。以調查樣點為單位，比較種豐富度等變數在不同棲地間之差異，發現各項變數皆有顯著差異(Kruskal-Wallis test, p 皆 < 0.05 ，表 2)，SF 與 FA、P 相比較，SF 之歧異度指數顯著大於 FA 及 P，SF 之種豐富度顯著大於 P，SF 之均勻度顯著大於 FA (p 皆 < 0.05)。FA 與 PFA 比較則 FA 之歧異度指數及均勻度顯著小於 PFA，但隻次顯著大於 PFA (p 皆 < 0.05)。

先利用 ANOSIM 分析 PFA 地瓜花生田、鳳梨玉米田及休耕地之鳥類群聚間之相異度，得到 3 塊樣區相異度不顯著(Global R=0.177,

$p=0.13$)，故可將之合併分析。對 4 種類型棲地進行 MDS 分析，鳥類群聚主要可分為 4 群，其中 SF 鳥類群聚明顯自成一群，與其他 3 種棲地差異最大，FA 及 PFA 差異性最小，P 較靠近 PFA(圖 2)。利用 ANOSIM 分析不同棲地鳥類群聚間相異度，SF 與其他 3 種棲地的相異度較大(Global R 皆 > 0.95 , p 皆 < 0.01)，達到最大相異度，FA 與 PFA 的相異度最小，但相異度仍然達顯著(Global R = 0.32, $p < 0.01$)。從以上 2 種鳥類群聚分析方式，發現 SF 的鳥類群聚最為獨特，明顯有別於其他 3 種棲地；P 雖與 SF 同以林木為主，但兩棲地鳥類群聚明顯不同。以 SIMPER 分析方法得到各類型棲地中最能與其他棲地區分的代表性鳥種前 10 名及其對群聚相似度之貢獻百分比如表 3，就現場觀察鳥類在棲地的層次上而言，則樹林次冠層(含)以上鳥種數：以下鳥種數為 FA：4:8，PFA：8:7，P：9:2，SF：8:4，表示 FA 以下底層活動鳥類為主；P 及 SF 以上中層活動鳥類為主，並且 P 缺乏灌木層活動鳥類；PFA 則區別不明顯。

表 1. 2009-2010 年 4-6 月及 9-11 月花蓮縣光復鄉大農大富地區之農地(FA)、林邊農地(PFA)、造林地(P)及次生闊葉林地(SF)等 4 種類型棲地，各棲地 9 樣站之鳥類種豐富度、隻次、Shannon-Wiener 指數、均勻度

Table 1. Bird species richness, abundances, Shannon-Wiener indices, evenness of farmland (FA), farmland adjacent to plantation (PFA), plantation (P), and secondary broad-leaved forest (SF) in Danongdafu, Guangfu Township, Hualien County. The investigations were conducted once in each month of April- June and September- November in 2009 and 2010. Each habitat had 9 survey stations

	Season	FA	PFA	P	SF
Species richness	Apr- Jun	22	25	20	27
	Sept- Nov	18	19	15	26
	Combined	25	30	24	34
Abundance	Apr- Jun	302	141	154	288

	Sept- Nov	366	207	207	291
	Combined	668	348	361	579
Shannon-Wiener	Apr- Jun	1.86	2.85	2.53	2.72
Index	Sept- Nov	1.92	2.58	1.98	2.63
	Combined	2.19	2.89	2.37	2.82
Evenness	Apr- Jun	0.60	0.88	0.84	0.83
	Sept- Nov	0.66	0.88	0.73	0.81
	Combined	0.68	0.85	0.75	0.80

表 2. 2009-2010 年 4-6 月及 9-11 月花蓮縣光復鄉大農大富地區之農地(FA)、林邊農地(PFA)、造林地(P)及次生闊葉林地(SF)等 4 種類型棲地，各棲地 9 樣站之鳥類種豐富度、隻次、Shannon-Wiener 指數、均勻度之平均值±標準偏差，以及各棲地之 Kruskal-Wallis test 比較統計值及顯著水準。平均值±標準偏差後的不同字母代表組間差異已達 Dunn's test 的 0.05 顯著水準。

Table 2. Mean±SD of bird species richness, abundances, Shannon-Wiener indices, evenness of farmland (FA), farmland adjacent to plantation (PFA), plantation (P), and secondary broad-leaved forest (SF) in Danongdafu, Guangfu Township, Hualien County, and the comparison statistics among these habitats by Kruskal-Wallis test. The investigations were conducted once in each month of April-June and September-November in 2009 and 2010. Each habitat had nine survey stations

	FA	PFA	P	SF	H	p
Species richness	10.4±1.0 ^{ab}	11.0±1.2 ^{ab}	8.9±0.5 ^b	13.7±1.0 ^a	10.66	<0.05
Abundance	74.2±9.2 ^a	38.7±7.4 ^b	40.1±8.0 ^b	63.7±5.4 ^{ab}	12.07	<0.01
Shannon-Wiener index	1.63±0.14 ^c	2.09±0.11 ^{ab}	1.78±0.10 ^{bc}	2.28±0.07 ^a	14.99	<0.005
Evenness	0.70±0.05 ^b	0.89±0.02 ^a	0.82±0.05 ^a	0.88±0.01 ^a	13.28	<0.005

Means followed by different letters within columns are significantly different (Dunn's test, p < 0.05)

表 3. SIMPER 分析方法所得花蓮縣光復鄉大農大富地區之農地(FA)、林邊農地(PFA)、造林地(P)及次生闊葉林地(SF)等各類型棲地中的代表性鳥種，其對群聚相似度之貢獻百分比，以及在棲地經常出現之層次。1-5 依序為天空、樹木冠層、次冠層、灌木層、底層

Table 3. Typical species in farmland (FA), farmland adjacent to plantation (PFA), plantation (P), and secondary forest (SF) in Danongdafu, Guangfu Township, Hualien County, followed by their contributions to the similarity matrix (%), computed by SIMPER test in PRIMER v5.2) and frequently occurring layers. Number 1-5 represent sky, a canopy, subcanopy, shrub and floor layer of a forest, respectively

Habitat	Species	Contribution %	Layer
FA	<i>Lonchura punctulata</i> (斑文鳥)	5.22	4
	<i>Motacilla flava</i> (黃鵲鴿)	3.94	5
	<i>Prinia inornata</i> (褐頭鷓鴣)	3.51	4
	<i>Lanius schach</i> (棕背伯勞)	3.35	2/4
	<i>Phasianus colchicus</i> (環頸雉)	2.78	5
	<i>Prinia flaviventris</i> (灰頭鷓鴣)	2.56	4
	<i>Hirundo rustica</i> (家燕)	2.35	1
	<i>Alauda gulgula</i> (小雲雀)	2.18	5
	<i>Streptopelia tranquebarica</i> (紅鳩)	1.62	2/5
	<i>Pycnonotus taivanus</i> (烏頭翁)	1.61	2
PFA	<i>Lanius schach</i> (棕背伯勞)	4.52	2/3/4
	<i>Phasianus colchicus</i> (環頸雉)	3.54	5
	<i>Prinia inornata</i> (褐頭鷓鴣)	2.61	4
	<i>Bubulcus ibis</i> (黃頭鷺)	2.51	2/5
	<i>Pycnonotus taivanus</i> (烏頭翁)	2.35	2
	<i>Bambusicola thoracicus</i> (竹雞)	2.26	5
	<i>Dicrurus macrocercus</i> (大卷尾)	1.92	3
	<i>Lonchura punctulata</i> (斑文鳥)	1.92	3/4
	<i>Acridotheres javanicus</i> (爪哇八哥)	1.77	2/5
	<i>Dendrocitta formosae</i> (灰樹鵲)	1.75	2
P	<i>Pycnonotus taivanus</i> (烏頭翁)	4.27	2
	<i>Zosterops japonicus</i> (綠繡眼)	3.57	2
	<i>Phoenicurus aureoreus</i> (黃尾鵲)	2.95	3
	<i>Dendrocitta formosae</i> (灰樹鵲)	2.53	2
	<i>Phasianus colchicus</i> (環頸雉)	2.52	5
	<i>Lanius schach</i> (棕背伯勞)	2.39	2/3
	<i>Bambusicola thoracicus</i> (竹雞)	2.29	5
	<i>Hypsipetes leucocephalus</i> (紅嘴黑鵲)	1.85	2
	<i>Dicrurus macrocercus</i> (大卷尾)	1.75	3
	<i>Turdus pallidus</i> (白腹鵲)	1.62	2
SF	<i>Pomatorhinus musicus</i> (小彎嘴鵲)	5.35	4
	<i>Pycnonotus taivanus</i> (烏頭翁)	4.47	2
	<i>Stachyridopsis ruficeps</i> (紅頭穗鵲)	3.7	4
	<i>Alcippe morrisonia</i> (繡眼雀鵲)	3.45	2/3

<i>Pomatorhinus erythrocnemis</i> (大彎嘴鵲)	2.93	4
<i>Dicrurus aeneus</i> (小卷尾)	2.85	2
<i>Hypothymis azurea</i> (黑枕藍鶇)	2.45	2/3
<i>Schoeniparus brunnea</i> (烏線雀鵲)	2.42	4
<i>Hypsipetes leucocephalus</i> (紅嘴黑鵲)	2.22	2
<i>Megalaima nuchalis</i> (五色鳥)	1.95	2

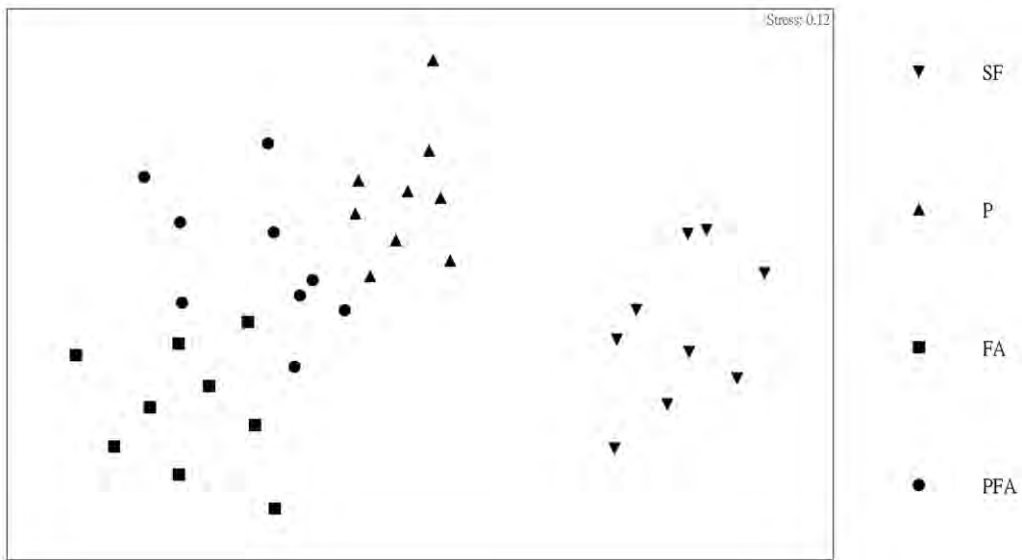


圖 2. MDS 分析 2009 及 2010 年 4-6 月及 9-11 月花蓮縣光復鄉大農大富地區之農地(FA)、林邊農地(PFA)、造林地(P)及次生闊葉林地(SF)之鳥類群聚分布圖。

Fig. 2. Distribution plot from a MDS analysis of bird abundances of farmland (FA), farmland adjacent to plantation (PFA), plantation (P), and secondary broad-leaved forest (SF) in Danongdafu, Guangfu Township, Hualien County during April- June and September- November in 2009 and 2010.

二、繁殖季與非繁殖季兩季的分布

2009年4-6月繁殖季及9-11月非繁殖季資料顯示4種棲地在繁殖季的種豐富度大於非繁殖季，而隻次呈相反的趨勢(表1)。以調查樣點為單位，比較4種棲地的種豐富度等變數在不同季節間之差異，發現4種棲地鳥類的種豐富度、歧異度指數及均勻度在繁殖季大於非繁殖季，隻次則相反，但皆未達顯著，僅有FA的種

豐富度呈現出繁殖季大於非繁殖季的顯著差異(Wilcoxon signed rank test, $p < 0.05$)。將4種棲地的繁殖季與非繁殖季資料進行MDS分析，各棲地在繁殖季與非繁殖季的樣點相靠近(圖3)。而從ANOSIM分析發現在兩季間FA差異最大(Global $R = 0.318$, $p < 0.01$)，SF與P次之(Global R 分別為0.180及0.159, $p < 0.05$)，PFA沒有差異(Global $R = 0.01$, $p = 0.34$)。

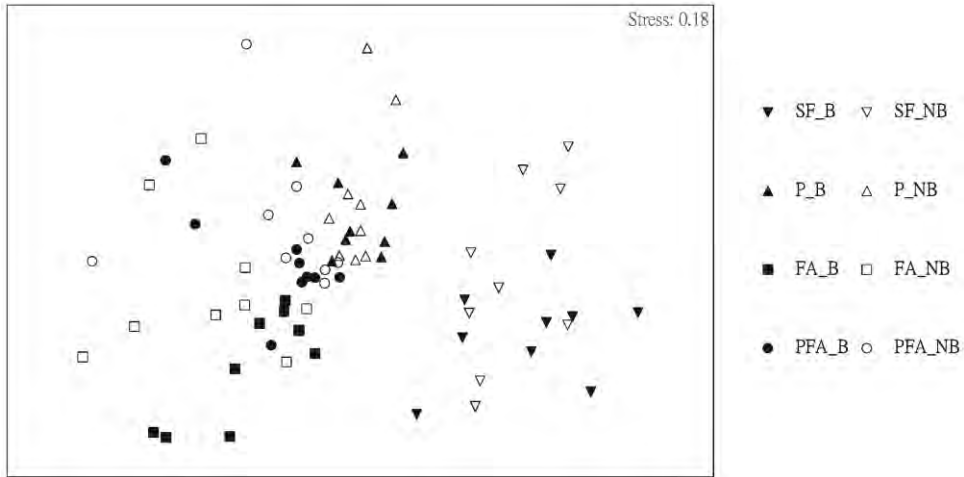


圖 3. MDS 分析 2009 及 2010 年花蓮縣光復鄉大農大富地區之農地(FA)、林邊農地(PFA)、造林地(P)及次生闊葉林地(SF)之鳥類群聚，分別於 4-6 月(B)及 9-11 月(NB)之分布圖。

Fig. 3. Distribution plot from a MDS analysis of bird abundances of farmland (FA), farmland adjacent to plantation (PFA), plantation (P), and secondary broad-leaved forest (SF) in Danongdafu, Guangfu Township, Hualien County during April- June (B) or September- November (NB) in 2009 and 2010.

討 論

農田生態與森林不同，兩者的生物物種組成不同，前者較多干擾地常見物種(Lawton *et al.* 1998; Lindell *et al.* 2004)，但也有研究顯示天然林物種出現在農地(Estrada *et al.* 1993; Petit *et al.* 1999)。本研究中農地與次生林地的鳥類群聚組成截然不同，前者以開闊地物種為主，後者偏向森林常見鳥種，代表大農大富地區的農地未提供森林鳥類的棲息環境，應是缺乏林木的緣故(Lawton *et al.* 1998; Waltert *et al.* 2004)。本研究中農地邊緣雖然有零星林木，但其在農地中的覆蓋度低至可以忽略的程度，未如 Daily 等人(2001)及 Hughes 等人(2002)發現農地上仍有森林鳥類，故可證實周邊地景單純的農地無法支持森林鳥類。此外，農地在 4-6 月及 9-11 月分別為農耕期及休耕期，各有當地

留鳥如斑文鳥(*Lonchura punctulata*)及冬候鳥如黃頭鷺(*Bubulcus ibis*)及黃鵲鴿(*Motacilla flava*)大量聚集，使得群聚結構在兩季較不相同，相對於次生林，農地的鳥類群聚隨時間變動較大而呈現較不穩定的特性。

本研究中農地樣區的鳥類歧異度指數小於次生林，推測應與枝葉高度變化少與植物組成單純有關。鳥類多樣性經 MacArthur and MacArthur (1961)在多處研究證實隨枝葉層高度多樣性的增加而遞增，而植物組成對鳥類多樣性亦有關鍵性作用(Rotenberry 1985)，再者農地在兩季分別有不同鳥種大量聚集，亦降低了農地鳥類的歧異度指數。農地鳥類族群量多可能與人類施作有關(O'Connor and Shrubbs 1986)，農地除了農作物本身的生長變化，整地、耕種、收割及殺蟲劑的使用亦影響鳥類分布(Reif *et al.* 2008)。本研究中之農地在 4-6 月

間種植玉米，莊鈴木(個人通訊)調查該農地地面活動昆蟲發現 4 月昆蟲數量上升，可能與同時間的施肥增加土壤腐植質有關，再加上集約經營下 5-6 月產生的玉米花及果實，推測此期間所提供之食物資源量可以支持較多的鳥類數量。在 9-11 月冬候鳥有大聚集量，則可能與休耕期人為干擾較少及殘留食物如作物種子較豐有關(王及許 2011)。

本研究得到農地的鳥類歧異度指數小於次生林，而且農地鳥類群聚組成不穩定，主要物種與次生林不同。若依照臺灣府志(康 1999)所描述 17 世紀花東縱谷森林密布不見天日的景象，本研究中的農地樣區原本應是闊葉原生林，而經過開墾至今的農地利用方式，已證實鳥類歧異度低於周邊的闊葉次生林，群聚組成不同，故可推測數百年前闊葉原生林被移除，鳥類多樣性應隨之減少，群聚組成改變且變得較不穩定。目前已將原為甘蔗生產區的土地改植闊葉樹，未來若能恢復為類似原生闊葉林的生態系，鳥類多樣性應可以增加，群聚亦可能恢復穩定。

自 2002 年開始在甘蔗田植樹造林至今，此區已蔚然成林。但從鳥類群聚組成來看，此區人工造林與附近次生林間有相當大的落差，前者以烏頭翁(*Pycnonotus taivanus*)及綠繡眼(*Zosterops japonicus*)為主，為一般綠地常見鳥種，而且其代表性鳥種皆為冠層及地面活動鳥類；後者則偏向台灣低海拔次生林常見鳥類群聚，主要鳥種為小彎嘴鵲(*Pomatorhinus musicus*)、紅頭穗鵲(*Stachyridopsis ruficeps*)及烏頭翁等。其代表性鳥種活動層次分布於冠層、次冠層及灌木層。以小彎嘴鵲及紅頭穗鵲為例，皆活動於闊葉林的近底層，常見於草叢、灌木叢中，築巢約在近地面及以上 1 m 左右的濃密草叢中(顏 1984)，但此區人工林底層

缺乏這樣的植被特色，未符合小彎嘴鵲及紅頭穗鵲對棲地的需要。

人工林與次生林的多樣性亦有明顯差異，前者不論鳥類種豐富度或歧異度指數皆小於後者。此區人工造林至 2009 年共栽植 18 種樹種，以 2002-2004 年為例，造林樹種介於 1 至 7 種，其中單一樹種造林面積占 12.4%，2-7 種樹種混植面積占 87.6%(花蓮大農大富平地森林遊樂區整體規劃成果報告書 2010)，故人工造林地的冠層喬木種類極為單純，且樹木年齡相似，同樣樹種之高度單一。此外台糖公司造林以木材生產為主要目標，並未營造複層林，並且定期清除下層灌木及地被植物等雜木及雜草，故造林地完全沒有次冠層喬木及灌木層。地被層植物常見大花咸豐草(*Bidens pilosa* var. *radiata*)、紫花藿香薊(*Ageratum houstonianum*)、兩耳草(*Paspalum conjugatum*)及昭和草(*Crassocephalum crepidioides*)等，在 20m×20m 的調查樣塊中，以上植物覆蓋度幾乎大於 10%，地被植物平均有 12.5±4.4 種(n=20) (花蓮大農大富平地森林遊樂區整體規劃成果報告書 2010)，可知人工造林地被層之植物種類少且多樣性不高。綜上，此區人工造林僅有冠層及地被層等兩層植物，缺乏中層喬木及下層灌木，且植物組成皆十分簡單，相對而言，次生林從上層喬木、中層喬灌木、下層灌木至地被層的藤本、草本及附生植物，不僅形相結構較複雜，種類亦較多樣。

許多研究指出人工林與次生林的動物群聚不同(Kwok and Corlett 2000; Petit and Petit 2003; Ohsawa 2005; Barlow *et al.* 2007)，群聚不同的原因指向植物組成及植群結構上的差異(Chey *et al.* 1997; Ohsawa 2004; Castelletta *et al.* 2005; Ohsawa 2005; Díaz 2006; Barlow *et al.* 2007)。而且人工林的動物多樣性或密度較低

(Kwok and Corlett 2000; Ohsawa 2005; Kattan *et al.* 2006; Barlow *et al.* 2007)。本研究所得人工林鳥類群聚及多樣性與次生林有所不同，該差異應來自兩地植被有不同結構及物種組成 (MacArthur and MacArthur 1961; Rotenberry 1985)，即前者冠層高度一致、缺乏中及下層次，以及冠層與地被物種單純。但國際上亦有人工林維持高鳥類多樣性的案例，Hagan 等人 (1997) 研究美國緬因州北部從皆伐到成熟闊葉林之不同演替階段森林，發現 6-20 年造林地有最高的鳥類多樣性，他指出可能因 6-20 年造林兼具早期與後期演替特性之故。Barlow 等人 (2007) 在巴西亞馬遜調查原始林、次生林與人工林的鳥類，則發現人工林有發育良好的林下層，故鳥類豐富度及密度並未比次生林少。雖然大農大富森林園區已造林數年，但從鳥類觀點來看，目前造林地仍然無法吸引低海拔森林鳥類進入，與造林棲地結構及植被物種單純有關，在無法改變上層樹種結構的限制下，建議減少林下除草，增加中下層植被覆蓋度，營造結構多樣性較高的棲地，希望能藉此增加目前極少的下層活動鳥種，進而豐富整個造林地的鳥類多樣性。此外，目前人工林林齡大致在 10 年生以下，將來若配合鬱閉林分之疏伐修枝撫育，林分結構將改變，會促進中下層植物之生長，且地被之除草亦將停止，預期鳥類多樣性將會提升 (林等 2007)。

另一方面，緊鄰造林的農地不僅鳥類群聚的歧異度指數及均勻度皆高於四周沒有造林的農地，鳥類群聚組成也有明顯不同。兩地的差別在於前者主要鳥類包括了地面及中上層鳥類，也就是偏好農地的鳥類再加上樹林鳥類，而後者以地面活動鳥類居大部分。我們認為農地與林地交界處應該能提供鳥類更多覓食、棲息、躲藏場所的選擇，也就是邊際效應

(edge effect)，故可吸引較多種鳥類在農林邊際活動。以環頸雉為例，在造林邊農地記錄數量最多，其次為農地及造林地，次生林則沒有記錄。李 (1991) 研究墾丁台地東側在草原至樹林等 7 類植相活動的環頸雉，以開闊疏林出現最多，作者觀察認為開闊疏林底層有銀合歡、長穗木等植物可以提供環頸雉躲避之用，其次為禾草原，應為覓食所需；葉 (2004) 發現花蓮兆豐農場的環頸雉在秋冬季白天偏好利用 30-40 cm 高的牧草地及底層有植物的 2-5 m 高果樹區，但在春夏季之棲地利用則因個體而異。本研究觀察大農大富地區的環頸雉在農地以取食農作物居多，而在造林地則兼有取食及休息行為，故這兩種棲地的交界地帶應為其所偏好的環境。本研究得到造林的確會影響農地鳥類群聚，符合以往研究指明農地鳥類群聚因周遭不同地景而改變 (Fuller *et al.* 2001)，而且農地的鳥類多樣性會因樹木覆蓋度高 (Daily *et al.* 2001; Hughes *et al.* 2002) 或與樹林的距離近 (Greenberg 1997) 而增加，本研究認為造林邊的農地確實因鄰近造林地而有較高的鳥類歧異度。但是造林對農地鳥類的影響，以及造林地與農地間的邊際效應，可能因農作物型態不同而有差異，未來需要更多研究來了解造林對農地多樣性更多面向的影響。

致 謝

本研究承蒙林業發展計畫綠色造林試驗監測計畫補助，台糖公司花蓮區處協助維護研究樣區及提供樹種栽植資料，林業試驗所森林經營組行政協調，謝漢欽博士提供植生指數分布圖，鄭惟仁先生協助鳥類調查，以及陳銘瑄先生提供製圖，特此一併感謝。

引用文獻

- 王維辰, 許育誠。2011。太魯閣地區農地與廢耕地之鳥類群聚。國家公園學報 21 (2) : 9-20。
- 李志宏。1991。環頸雉現況及飼養個體釋放後之無線電追蹤研究。國立台灣師範大學碩士論文。
- 花蓮大農大富平地森林遊樂區整體規劃成果報告書。2010。行政院農業委員會林務局。
- 林良恭, 關永才, 喬雅玲。2007。人工林不同疏伐強度作業對脊椎動物族群及群聚組成之影響。林業叢刊第 179 號人工林之生態系經營研討會論文集: 95-110。
- 葉玉君。2004。花蓮兆豐農場台灣環頸雉活動範圍、活動模式與棲地利用之研究。臺灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 康培德。1999。殖民接觸與帝國邊陲：花蓮地區原住民 17 至 19 世紀的歷史變遷。稻鄉出版社。
- 顏重威。1984。台灣的野生鳥類(一)留鳥。渡假出版社。
- 蘇鴻傑。1992。台灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。中央研究院植物研究所專刊第 11 號。
- Barlow, J., L. A. M. Mestre, T. A. Gardner and C. A. Peres. 2007. The value of primary, secondary and plantation forests for Amazon Birds. *Biological Conservation* 136(2): 212-231.
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, A. B. Rylands, W. R. Konstant, P. Flick, J. Pilgrim, A. Oldfield, G. Magin, and C. Hilton-Taylor. 2002. Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16:909-923.
- Castelletta, M., J. M. Thiollay and N. S. Sodhi. 2005. The effects of extreme forest fragmentation on the bird community of Singapore Island. *Biological Conservation* 121(1): 135-155.
- Chey, V. K., J. D. Holloway and M. R. Speight. 1997. Diversity of moths in forest plantations and natural forests in Sabah. *Bulletin of Entomological Research* 87(4): 371-385.
- Clarke, K. R. and R. M. Warwick. 1994. Change in Marine Communities. Plymouth Marine Laboratory.
- Clarke, K. R. and R. N. Gorley. 2001. PRIME v5: User Manual/ Tutorial. Plymouth.
- Daily, G. C., P. R. Ehrlich, and G. A. Sanchez-Azofeifa. 2001. Countryside biogeography: use of human-dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications* 11:1-13.
- Díaz, L. 2006. Influences of forest type and forest structure on bird communities in oak and pine woodlands in Spain. *Forest Ecology and Management* 223: 54-65.
- Dobson, A. P., A. D. Bradshaw, and A. J. M. Baker. 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Nature* 277:515-521.
- Dunn, R. R. 2004. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. *Conservation Biology* 18: 302-309.

- Estrada, A., R. Coates-Estrada and D. Meritt, Jr. 1993. Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los-Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 16: 309–318.
- Evans, J. and J. Turbull. 2004. *Plantation Forestry in the Tropics*. Oxford University Press, Oxford.
- Fuller, R. J., D. E. Chamberlain, N. H. K. Burton and S. J. Gough. 2001. Distributions of birds in lowland agricultural landscapes of England and Wales: How distinctive are bird communities of hedgerows and woodland? *Agriculture Ecosystems and Environment* 84: 79-92.
- Greenberg, R., P. Bichier, A. C. Angon and R. Reitsma. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology* 11: 448–459.
- Hagan, J. M., P. S. McKinley, A. L. Meehan and S. L. Grove. 1997. Diversity and abundance of landbirds in a northeastern industrial forest. *The journal of wildlife management* 61(3): 718-735.
- Hughes, J. B., G. C. Daily and P. R. Ehrlich. 2002. Conservation of tropical forest birds in countryside habitats. *Ecology Letters* 5:121–129.
- Kattan, G. H., D. Correa, F. Escobar and C. Medina. 2006. Leaf-litter arthropods in restored forests in the Colombian Andes: A comparison between secondary forest and tree plantations. *Restoration Ecology* 14(1): 95-102.
- Kofron, C. P. and A. Chapman. 1995. Deforestation and bird species composition in Liberia, West Africa. *Tropical Zoology* 8:239–256.
- Kwok, H. K. and R. T. Corlett. 2000. The bird communities of a natural secondary forest and a *Lophostemon* coniferous plantation in Hong Kong, South China. *Forest Ecology and Management* 130: 227-234.
- Lawton, J. H., D. E. Bignell, B. Bolton, G. F. Bloemers, P. Eggleton, P. Hammond, M. Hodda, R. D. Holt, T. B. Larsen, N. A. Mawdsley, N. E. Stork, D. S. Srivastava and A. D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391:72–76.
- Lindell, C. and M. Smith. 2003. Nesting bird species in sun coffee, pasture, and understory forest in southern Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 12:423–440.
- Lindell, C. A., W. H. Chomentowsky and J. R. Zook. 2004. Characteristics of bird species using forest and agricultural land covers in Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 13:2419–2441.
- Lindenmayer, D.B. and R. J. Hobbs. 2004. Fauna conservation in Australian plantation forests – a review. *Biological Conservation* 119: 151–168.
- MacArthur, R. H. and J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Malden, MA: Blackwell Publishing. Marine Laboratory.

- O'Connor, R. J. and M. Shrubbs. 1986. *Farming and Birds*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ohsawa, M. 2004. Comparison of Elaterid biodiversity among larch plantations, secondary forests, and primary forests in the central mountainous region in Japan *Annals of the Entomological Society of America* 97(4): 770-774.
- Ohsawa, M. 2005. Species richness and composition of Curculionidae (Coleoptera) in a conifer plantation, secondary forest, and old-growth forest in the central mountainous region of Japan. *Ecological Research* 20: 632-645.
- Peh, K.S.H., N. S.Sodhi, J. de Jong, C. H. Sekercioglu, C. A. M. Yap and S. L. H. Lim. 2006. Conservation value of degraded habitats for forest birds in southern Peninsular Malaysia. *Diversity and Distributions* 12: 572-581.
- Petit, L. J. and D. R. Petit. 2003. Evaluating the importance of human-modified lands for Neotropical bird conservation. *Conservation Biology* 17: 687-694.
- Petit, L.J., D.R. Petit, D. G. Christian and H. D. W. Powell. 1999. Bird communities of natural and modified habitats in Panama. *Ecography* 22: 292-304.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. New York: Wiley InterScience.
- Reif, J, P. Vorisek, K. Stastny, V. Bejcek and J. Petr. 2008. Agricultural intensification and farmland birds: new insights from a central European country. *Ibis* 150: 596-605.
- Rotenberry, J. T. 1985. The role of habitat in avian community composition: physiognomy or floristics? *Oecologia*, 67(2): 213-217.
- Shannon, C. E. and W. Weaver .1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Waltert, M., A. Mardiasuti and M. Mühlenberg. 2004. Effects of land use on bird species richness in Sulawesi, Indonesia. *Conservation Biology* 18: 1339-1346.
- Waltert, M, K. S. Bobo, N. M. Sainge, H. Fermon and M. Mühlenberg. 2005. From forest to farmland: habitat effects on Afrotropical forest bird diversity. *Ecological Applications* 15(4): 1351-1366.

臺灣嚴重瀕絕植物-紫芋蘭之無菌播種與植株再生

Asymbiotic germination and plant regeneration of *Eulophia dentata* Ames, a critically endangered plant in Taiwan

張麗慧* 劉丞祥 李權裕

Li-Hui Chang*, Cheng-Hsiang Liu and Chiuan-Yu Li

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

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者: joann@tesri.gov.tw

*Corresponding author: joann@tesri.gov.tw

摘要

依據臺灣維管束植物紅皮書初評名錄對 4,174 種適用評估物種中，紫芋蘭(*Eulophia dentata* Ames)為嚴重瀕臨絕滅(Critically Endangered, CR)植物，其近 80 年來僅見於兩個分布地，個體數量僅 50~250 株，因分布狹窄且生育地易受干擾破壞，急待進行保育之研究。本研究以修正無菌播種 MS 培養基巨量元素減半為 1/2 或 1/4，並於培養基中添加香蕉泥(banana homogenate, BH)、椰子水(coconut water, CW)、馬鈴薯(Potato, PO)及蛋白胨(peptone, PET)等有機添加物，結果顯示暗培養 35~40 天以 1/2 MS+ PET、1/4 MS+ PET 及 1/4 MS+CW 培養基中，擬原球體(Protocorm Like Bodies, PLBs)形成數分別 301.17 ± 75.47 、 297.33 ± 73.43 和 286.00 ± 41.79 為最多，較其他培養基有顯著性差異。而 PLBs 芽體增殖試驗經培養 4 個月，平均 1 個 PLB 可誘導 8.27 ± 3.68 個芽體，且可繼續發育成型態正常之小植株。本研究成功建立臺灣嚴重瀕絕植物紫芋蘭無菌播種與小植株再生，可作為臺灣嚴重瀕絕植物繁殖、種原保存及後續復育再引回之基礎研究。

Abstract

According to the A Preliminary Red List of Taiwanese Vascular Plants, *Eulophia dentata* belongs to the category of Critically Endangered (CR). Nearly 80 years ago only two habitats have been found. The number of individuals are only about 50-250 strains. The specie's narrow distribution and vulnerability to disturbance make it an urgent case for conservation researches. In this study, we successfully established a protocol for asymbiotic germination and plant regeneration of *Eulophia dentata* Ames, a critically endangered plant in Taiwan. Seeds of this species were collected in a native habitat, and their surface were disinfected before growing *in vitro* on 1/2 MS and 1/4 MS medium. Organic growth supplements such as banana homogenate, coconut water, potato, and peptone were added. After 35 to 40 days of dark culture, embryos grew to protocorm, followed by plantlet formation. Results show that the medium 1/2 MS+PET, 1/4 MS+PET, and 1/4 MS+CW were the best for PLBs formation. The shoots proliferated from PLBs and were maintained by subculturing on the 1/2 MS medium. On average, 8.27 ± 3.68 shoots could be obtained from a PLB after being transferred to the 1/2 MS medium. Shoot buds elongation and root formation occurred after four months of culture. This study could be used as a reference for endangered plants propagation, germplasm preservation, and restoration in Taiwan.

關鍵字：紫芋蘭、無菌播種、嚴重瀕絕

Key words: *Eulophia dentata*、Asymbiotic germination、Critically Endangered(CR)

收件日期：2013年12月18日 接受日期：2014年03月24日

Received: December 18, 2013 Accepted: March 24, 2014

緒 言

蘭科(Orchidaceae)植物是維管束植物中種類最豐富的一群(約20,000種),幾乎地球的每個生態環境都可以看到蘭花的蹤跡;由於其花型奇特且具有高度的觀賞價值,因此許多野生的蘭花面臨被過度採集的命運,加上其生育地的破壞,應有保育這群植物的措施(東亞野生物貿易研究委員會,Trade Record

Analysis of Flora & Fauna in Commerce East Asia)。目前全世界所有蘭科植物均列入瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora;又稱華盛頓公約;簡稱CITES)附錄中(<http://www.cites.org/>)。臺灣的蘭科植物是維管束植物中物種最多的一群(Huang *et al.* 2003),紫芋蘭(*Eulophia dentata* Ames)依據臺灣維管束植物誌第二版第六卷

學名修正，為蘭科芋蘭屬(*Eulophia*)植物，另根據臺灣維管束植物誌第二版第五卷之敘述，其假球莖卵形，高 3cm，直徑 2-2.5 cm，4-5 節。葉於開花後出現，線形 2 至 4 片，長 10-25 cm，寬 3-5 cm 銳尖至漸尖。花莖直立、細長，由假球莖上的節抽出，約 20-40 cm 高，總狀花序 10-15 cm 長，花鞘紫色數個，苞片披針形，長 5-10 mm，花梗與子房長約 7-11 mm，花紫色下垂(圖 1A)，萼片線狀橢圓形，長 8-13mm，寬 1.5-2.5 mm (Huang *et al.* 2000)。目前有關臺灣原生芋蘭屬植物相關文獻有研究禾草芋蘭(*E. graminea* Lindl.)試管內開花與配育系統的研究 (Chang *et al.* 2010)。依據臺灣維管束植物紅皮書初評名錄之調查資料，紫芋蘭雖然宜蘭和台東皆有發現記錄，但近八十年來卻僅見於宜蘭縣南澳地區及苗栗縣沙岸兩處，生育地為開闊河床之草原荒地，全日照，砂質壤土。個體數 50~250 株，在物種保育屬嚴重瀕臨滅絕 (Critically Endangered, CR)等級，其接近人為開發頻繁地區，若不加保護及復育，目前現有分布之族群很可能會再消失(王等 2012)。

面對全球在氣候變遷及人為干擾，對臺灣瀕危植物造成嚴重的威脅，物種的滅絕不只是單一物種的問題，它可能代表著棲地環境的劣化、授粉昆蟲族群的變化、取食該物種生物及後續層層生物鏈的交互影響。目前利用體外繁殖方法對於瀕危植物物種繁殖、遺傳多樣性的保育及利用上，被視為可行性的替代方法(Wochok 1981; Fay 1994)。而利用有性的種子或孢子較無性繁殖材料有更廣泛的遺傳基礎，且其遺傳多樣性得以有效的保存(Fay 1992)。利用此技術建立繁殖體系除可供臺灣嚴重瀕臨滅絕植物種原保存外，另可作為進行研究及再引回之補充，藉此期望能

減緩臺灣瀕絕植物的滅絕速度，並保存該族群之遺傳多樣性，以符合國際上生物多樣性保育的目標與國人對於保育研究的期待。

材料與方法

植物材料、培植體準備與表面殺菌

於 2013 年 3 月在苗栗縣溪邊砂床紫芋蘭生育地採集不同植株之未熟果莢，攜回實驗室後，果莢先以 75 % 酒精擦拭，再以 2 % 次氯酸鈉表面消毒 15 分鐘後，於無菌操作台以無菌水沖洗 3 次，再進行無菌播種。

無菌播種培養基及培養環境

經表面消毒後之果莢於無菌操作台內接種於 1/2 及 1/4 MS (Murashige & Skoog 1962) 基礎培養基，並添加香蕉泥(BH) 50gL⁻¹、椰子水(CW)100gL⁻¹、馬鈴薯(PO) 50gL⁻¹ 及蛋白胨(Peptone)-(PET) 1gL⁻¹，共 7 種不同組合接種培養基，Sucrose (3%)、gelrite 3g L⁻¹，每處理 6 重複，培養基 pH 在加入 gelrite 前調整為 5.2，於高溫(121°C)高壓(15psi)滅菌 20 分鐘。播種培養容器為 9 公分之無菌培養皿。播種培養環境溫度於 25±2°C，暗處理。

芽體增殖及小植株再生試驗

選取紫芋蘭無菌播種發芽之 PLBs 約 0.1~0.15cm，分別接種於芽體增殖培養基 1/2 MS 添加 BA (N⁶-benzyladenine)，濃度為 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 mgL⁻¹ 及 kinetin (6-urifurylaminopurine)，濃度為 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 mgL⁻¹ 之組合培養基內，共 25 種，sucrose (3%)、activated charcoal (1%)、gelrite 3g L⁻¹，每一培養基接種 3 個 PLB，每處理 4 重複。培養基 pH 在加入 gelrite 前調整為 5.2，於高溫

(121°C)高壓(15psi)滅菌 20 分鐘。培養容器為 5 公分廣口瓶，誘導植株再生環境溫度 25±2°C，光照(2,500-3,000Lux)、14 小時光週期。

試驗設計與統計分析

數據均以 SPSS (SPSS for windows, 2013, SPSS Inc.) 統計軟體分析，顯著誤差為 $P < 0.05$ 。

結 果

一、無菌播種 PLBs 之形成

本研究以無菌播種方式建立紫芋蘭實生苗之再生，取紫芋蘭未熟果莢(圖1B)消毒後於無菌操作台進行無菌播種，種子(圖1C)播種於7種培養基內，經暗培養 35-40 天，以 1/2 MS+PET、1/4 MS+PET 和 1/4 MS+CW 培養基胚膨大冒出種皮形成米白色 PLBs (圖1D) 平均數分別為 301.17 ± 75.47 、 297.33 ± 73.43 和 286.00 ± 41.79 為最多，參試之7種不同培養基所形成之 PLBs 數量以統計軟體分析呈現(表1)。

表 1. 添加不同有機生長添加物對紫芋蘭無菌播種形成 PLBs 之影響

Table 1. Effect of different organic growth supplement for asymbiotic germination and PLBs formation of *E. dentata*

Medium	Shoots number(mean±SD)
1/2 MS	124.83±18.85 ^a
1/2 MS+PET	301.17±75.47 ^b
1/4 MS	130.83±39.60 ^a
1/4 MS+PET	297.33±73.43 ^b
1/4 MS+CW	286.00±41.79 ^b
1/4 MS+PO	148.67±30.15 ^a
1/4 MS+BH	170.00±26.12 ^a

註：a、b 字母相同者為差異不顯著，不同者為差異顯著。



圖 1. 紫芋蘭無菌播種 PLBs 形成與發育。A. 紫芋蘭原生地開花植株。B. 未熟果莢內之種子。C. 種子 300 倍電子顯微照片。D、E. 白色 PLB 不同生長發育階段。(bar=1cm)

Fig. 1 Asymbiotic germination and PLBs formation of *E. dentata*. A. Flowering plant in native habitat. B. Seeds of immature fruit. C. Seeds (Scanning electron microscopic). D, E. Various phases of PLB development.

(一) 巨量元素之減半為 1/2 及 1/4

1. 1/2 MS 與 1/4 MS 培養基之比較

此試驗中培養基之巨量元素減半為 1/2 及減為 1/4，其 PLBs 形成數平均為 124.83 ± 18.85 及 130.83 ± 39.60 ，兩者 PLBs 形成數並無顯著性差異。

2. 1/2 MS+PET與1/4 MS+PET培養基之比較

此試驗中PLBs形成平均數為 301.17 ± 75.47 及 297.33 ± 73.43 ，形成數量上並無顯著性差異，故可以1/4MS作為基礎之培養基。

(二) 培養基添加PET之差異

1/2 MS、1/2 MS+PET與1/4 MS、1/4 MS+PET比較。1/2 MS在未添加PET與添後，PLBs形成平均數由 124.83 ± 18.85 增加為 301.17 ± 75.47 (表1)，形成數量增加2.41倍。另1/4 MS在未添加PET與添加後，PLBs形成平均數由 130.83 ± 39.60 增加為 297.33 ± 73.43 (表1)，數量亦增加2.27倍。由此可見，無論接種於1/2或1/4 MS培養基內，添加PET，結果顯示在PLBs形成數量上有顯著性之差異，因此添加PET有助於紫芋蘭無菌播種PLBs之形成。

(三) 1/4 MS 培養基與1/4 MS添加PET、CW、BH、PO培養基比較

在表1 中以1/4 MS為基礎培養基下，添加PET、CW、BH、PO，添加PET和CW之有機添加物，其結果顯示PLBs形成平均數分別為 297.33 ± 73.43 及 286.00 ± 41.79 ，形成之數量與完全不添加之對照組數量有顯著性差異，因此添加此二類添加物有助於PLBs之形成。而添加BH和PO，PLBs形成平均數分別為 170.00 ± 26.12 及 148.67 ± 30.15 ，PLBs形成數則與對照組無顯著性之差異。

二、PLBs 芽體增殖及小植株再生之建立

上述紫芋蘭無菌播種 PLBs 均勻形成後，取0.1-0.15 cm大小之PLBs接種於芽體增殖培養基內，此培養基是以1/2 MS添加BA及kinein之25種組合培養基，經過4個月之培

養，各培養基所增殖之芽體數在5.08-11.75個/PLB，各培養基之間所增殖之芽體數並無顯著性之差異(表2)。此試驗結果顯示0.1-0.15 cm大小之PLBs接種於25種不同組合培養基中，在培養期間PLBs平均有41.67%之褐化率(表2)，而這些PLBs無法再繼續生長與發育(圖2A)，經4個月之培養，只有58.33%之PLBs正常分化與發育(圖2B、C)，且隨芽之伸長(圖2D)，亦有少數根之形成，並發育為型態正常小植株(圖2E、F)。

表 2. Cytokinins 對紫芋蘭 PLBs 芽體增殖之影響及 PLBs 褐化情形

Table 2. Effect of various types of cytokinins on shoot multiplication through PLBs and PLBs browning of *E. dentata*

BA(mg L ⁻¹)	Kn(mg L ⁻¹)	Shoots number(mean±SD)	Browning(%)
0	0	8.17±4.20	16.67
0	1	10.71±4.52	16.67
0	2	7.04±4.26	41.67
0	3	9.00±4.16	50.00
0	5	7.92±2.71	50.00
1	0	8.67±2.46	58.33
1	1	7.67±2.93	33.33
1	2	8.08±3.42	41.67
1	3	11.08±3.63	41.67
1	5	8.75±3.86	33.33
2	0	7.67±3.52	8.33
2	1	10.83±3.27	58.33
2	2	8.17±4.06	83.33
2	3	9.08±3.32	50.00
2	5	6.00±3.57	41.67
3	0	8.92±2.78	58.33
3	1	7.00±2.13	75.00
3	2	8.92±3.90	8.33
3	3	9.75±3.49	25.00
3	5	11.75±4.16	50.00
5	0	5.75±1.96	50.00
5	1	8.25±3.70	25.00
5	2	5.67±1.56	33.33
5	3	5.08±1.24	66.67
5	5	6.92±3.68	25.00
平均		8.27±3.68	41.67

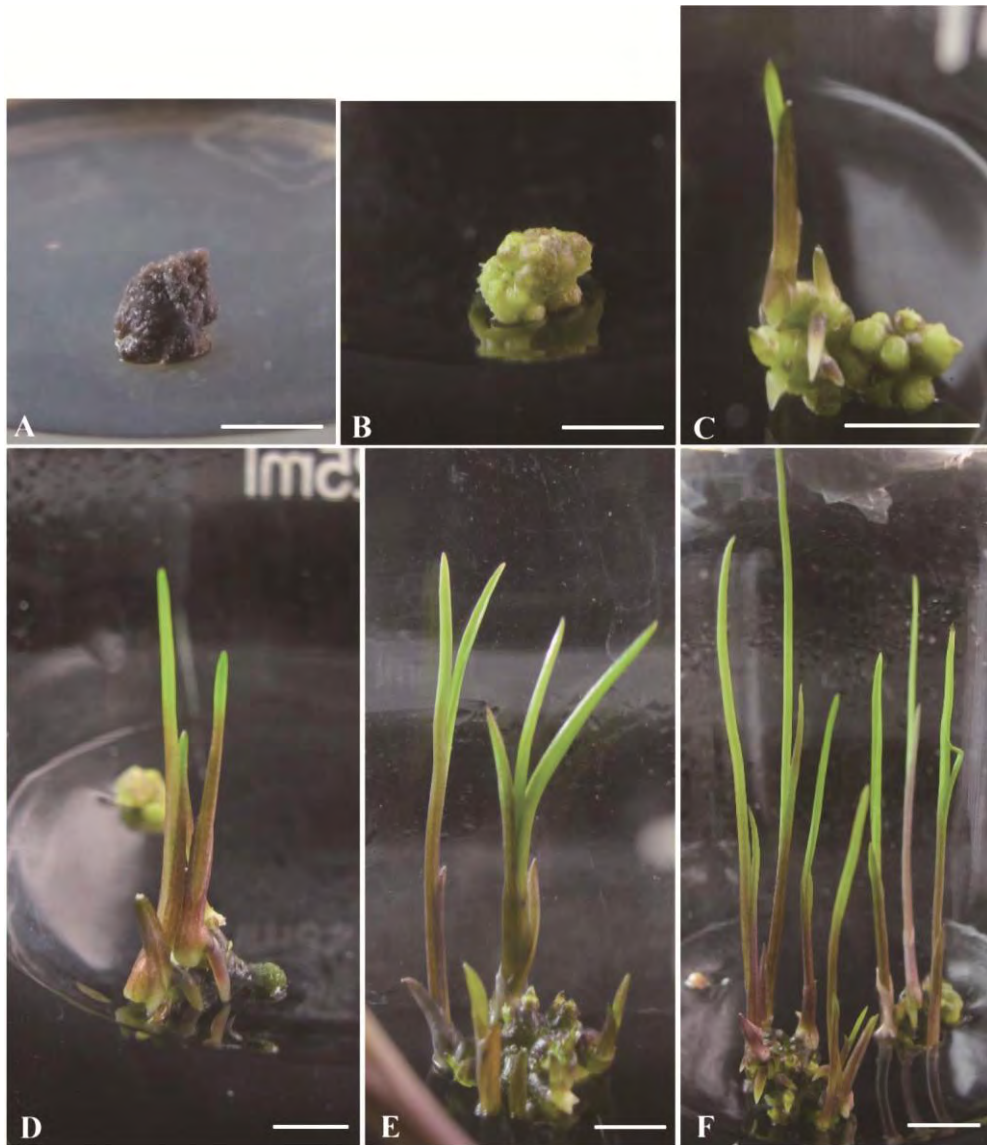


圖 2. 紫芋蘭小植株瓶苗之建立。A. PLBs 褐化情形(bar=5mm)。 B. PLBs 芽體增殖情形 (bar=5mm)。 C、D. PLBs 芽體伸長及形成少數根(bar=1cm)。 E、F. PLBs 發育為 型態正常之小植株(bar=1cm)。
Fig. 2. *In vitro* plantlet regeneration from PLBs of *E. dentata*. A. Browning of PLBs. B. Formation of multiple shoots from PLB. C, D. Elongation of shoots and few roots formation from PLB. E, F. Plantlet regeneration from PLBs.

討 論

雖然有機添加物對生長之影響機制很複雜，但添加有機氮化合物於含無機鹽類培養基中已廣泛被應用在蘭科作物之微體繁殖 (Arditti and Ernst 1993; Arditti 2008; George *et al.* 2008)，如 BH、CW、PET 及胰蛋白胨(tryptone) 及酪蛋白水解物(casein hydrolysate)等，這些物質含多肽或游離胺基酸，可促進蘭花種子發芽和實生苗之生長(Huang *et al.* 2001; Pierik *et al.* 1988)，另可促進癒合組織之增殖(Chen and Chang 2000)、癒合組織形成 PLBs 及 PLBs 之再生(Shina and Roy 2004)，而本研究添加之有機添加物含 BH、CW 及 PET。先前的研究報告中有類似結論指出有機生長添加物質(BH、CW、PET)對於植物 PLBs 生長分化與實生苗進一步發育有促進之效果(Arditti 1979)。而 BH 在先前文獻亦指出有促進石斛蘭屬(*Dendrobium*)PLBs 之再生、萬代蘭屬(*Vanda*)莖之伸長及紫苞舌蘭屬之 *Spathoglottis kimbalianai* 葉的培養(Aktar *et al.* 2008; Minea *et al.* 2004; Sudeep *et al.* 1997)。相反地高濃度 BH 75gL⁻¹對於蕙蘭屬 *Cymbidium pendulum* 之生長是不利的(Saranjeet and Bhutani 2012)。而本研究試驗 BH 對於紫芋蘭無菌播種 PLBs 之形成數與對照組之形成數並無顯著性之差異，但有可能助於 PLBs 後續之發育分化與小植株之再生。

有關 CW 文獻報導相當多，在石斛蘭屬雜交種亦有類似生長促進之影響(Lekha Rani *et al.* 2005)。CW 的影響亦包括誘導細胞分裂、促進 PLBs 早期之分化(Intuwong and Sagawa 1973)。還有促進一些附生蘭花生長與發根(Mcintyre *et al.* 1974)。CW 亦成功誘導了萬代蘭屬之 *Vanda teres* PLBs 莖分化和蝴蝶蘭屬之

Phalaenopsis gigantean PLBs 之增殖(Murdad *et al.* 2006)。此外文獻揭示 PET 為水溶性蛋白水解物，有高成分之胺基酸，可促進植物於無菌培養中之生長。PET 在培養蕙蘭屬(*Cymbidium*)植物亦有類似的影響(Kusumoto and Furukuwa 1977)。而在蝴蝶蘭屬(*Phalaenopsis*)、朵麗蝶蘭屬(*Doritaenopsis*)與鳳蘭屬(*Neofinetia*)蘭花亦會刺激癒合組織生長(Ichihashi and Islam 1999)、促進芭菲爾鞋蘭屬(*Paphiopedilum*)、鶴頂蘭屬(*Phaius*)、萬代蘭屬及鴿子蘭屬(*Peristeria*)實生種子苗進一步的生長發育(Curtis 1947; Pierik *et al.* 1988; Bejoy *et al.* 2004)。本研究試驗之培養基中添加 CW 和 PET 結果數據顯示，1/4 MS+PET、1/2 MS+PET 和 1/4 MS+CW 所形成之 PLBs 平均數較完全不添加之對照組有顯著性差異，其有效促進紫芋蘭無菌播種 PLBs 之形成及其 PLBs 早期之生長發育。

有機生長物質添加於蘭花培養基，在商業生產利用上簡單且有益於一般傳統方法，是於改善植物培養期間之生長發育。在本研究中，利用的有機生長添加物質 PET、CW，這 2 種添加物質內含之成分可能負責促進植物 PLBs 生長與發育，但其確切之影響因子及其機制仍需更進一步之研究。本研究試驗有機生長添加物或 MS 培養基鹽類成分減半或 1/4 試驗，建立紫芋蘭種子從無菌播種形成 PLBs、PLBs 之生長發育、芽體增殖及植株再生等，結果顯示播種培養基以 1/2 MS+PET、1/4 MS+PET 及 1/4 MS+CW 所形成之 PLBs 和早期小植株發育有明顯之促進。由此，我們可選擇最簡單且較低成本之配方建立臺灣嚴重瀕絕植物紫芋蘭之繁殖體系，以期未來有利於簡化種原保存程序，並可節省成本。

本研究在 PLBs 增殖芽體 Cytokinins

(BA、Kn)試驗中，各培養基間所形成之平均芽體數於 8.27 ± 3.68 個/PLB，在各組合培養基間並無顯著性之差異，其可能之原因：(1) 參試之 PLBs 褐化率平均高達 41.67%，同時在培養基內釋放紅褐色之物質，這物質推測可能為抑制 PLBs 發育成小植株之限制因素之一，但此物質成分未確定，未來可進一步研究或探討此抑制物之成分或尋求避免其生成之方法。(2) 芽體增殖所選取之 PLBs 大小在 0.1-0.15cm，結果顯示褐化率高且發育時間長達近 4 個月，未來可依 PLBs 之不同發育階段嘗試試驗(圖 1E)，進一步的探討其 PLB 發育階段是否為加速發育成小植株或降低褐化率之因子。

本研究取未熟果莢進行臺灣嚴重瀕絕植物紫芋蘭之無菌播種與 PLBs 芽體增殖，其 1 個 PLB 可誘導 8.27 ± 3.68 個芽，並發育成型態正常之小植株。由於成本、繁殖效率和種原保存等方面之考量下，在添加生長調節劑 BA 和 Kinetin 之組合培養基中，對於紫芋蘭 PLBs 芽體增殖上並無顯著性之差異，故選擇以不添加任何生長調節劑之 1/2 MS 培養基，作為繁殖、後續繼代及種原保存之基礎培養基。

謝 誌

感謝農業委員會特有生物研究保育中心支持本研究計畫。另感謝本中心黃助理研究員朝卿及與計畫助理王一霖小姐協助野外調查與採種工作。感謝審查委員對文稿的建議與修正。

引用文獻

王震哲、邱文良、張和明。2012。臺灣維管束植物紅皮書初評名錄。行政院農業委員會

特有生物研究保育中心及臺灣植物分類學會。

- Aktar, S., K. M. Nasiruddin and Hossain K. 2008. Effects of different media and organic additives interaction on *in vitro* regeneration of *Dendrobium* orchid. *Journal of Agricultural and Rural Development* 6: 69-74.
- Arditti, J. 1979. Aspects of physiology of orchids. *Advances in Botanical Research* 7: 421-655.
- Arditti, J. and R. Ernst. 1993. *Micropropagation of orchids*. New York: John Wiley & Sons, Inc. pp. 434-466.
- Arditti, J. 2008. *Micropropagation of orchids* 2nd Edition. Blackwell Publishing Ltd. pp. 63-83.
- Bejoy, M., S. C. Kumar, B. J. Radhika and J. Joemon. 2004. Asymbiotic seed germination and early seedling development of the dove orchid *Peristeria elata* Hook. *The Journal of the Orchid Society of India* 17: 75-79.
- Bhasker, J. 1996. *Micropropagation of Phalaenopsis*. [Ph.D. Thesis.] Thrissur, Kerala Agricultural University.
- Chang, C., W. H. Hu, Y. C. Chen, Y. L. Su and Y. T. Chiu. 2010. *In vitro* flowering and mating system of *Eulophia graminea* Lindl. *Botanical Studies* 51: 357-362.
- Chen, J. T. and W. C. Chang. 2000. Efficient plant regeneration through somatic embryogenesis from callus cultures of *Oncidium* (Orchidaceae). *Plant Science* 160: 87-93.
- Chen, J. T. and W. C. Chang. 2002. Effects of tissue culture conditions and explants

- characteristics on direct somatic embryogenesis in *Oncidium* 'Gower Ramsey'. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 69: 41-44.
- Curtis, J. T. 1947. Studies on nitrogen nutrition of orchid embryos. I. Complex nitrogen sources. *American Orchid Society Bulletin* 16: 654-660.
- Fay, M. F. 1994. In what situations is *in vitro* culture appropriate to plant conservations? *Biodiversity and Conservation* 3:176-183.
- Fay, M. F. 1992. Conservation of rare and endangered plants using *in vitro* methods. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* 28P : 1-4.
- George, E. F., M. A. Hall and D. K. Geert-Jan. 2008. *Plant propagation by tissue culture* 3rd Edition. Springer, The Netherlands.
- Huang, L. C., C. J. Lin, C. I. Kuo, B. L. Huang and T. Murashige. 2001. *Paphiopedilum* cloning *in vitro*. *Scientia Horticulturae* 91: 111-121.
- Huang, T. C. and Editorial Committee of the Flora of Taiwan. (eds.). 2003. *Flora of Taiwan*, Volume Six. 2nd ed. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. pp. 130-139.
- Ichihashi, S. and M. O. Islam. 1999. Effect of complex organic additives on callus growth in three orchid genera, *Phalaenopsis*, *Doritaenopsis* and *Neofinetia*. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science* 68: 269-274.
- Intuwong, O. and Y. Sagawa. 1973. Clonal propagation of sarcanthine orchids by aseptic culture of inflorescences. *American Orchid Society Bulletin* 42: 264-270.
- Kusumoto, M. and J. Furukuwa. 1977. Effect of organic matter on growth of *Cymbidium* protocorms cultured *in vitro*. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science* 45: 421-426.
- Lekha Rani, C., C. Vidya, K. Rajmohan and S. T. Mercy. 2005. Protocorm differentiation and seedling growth in *Dendrobium* hybrid seed cultures as influenced by organic additives. *The Journal of the Orchid Society of India* 19: 67-70.
- Mcintyre, D. K., G. J. Veitch and J. W. Wrigley. 1974. Australian orchids from seeds II. Improvement in techniques and further successes. *American Orchid Society Bulletin* 43: 52-53.
- Minea, M., C. Piluek, T. A. Menakani and S. Tantiwiwat. 2004. A study on seed germination and seedling development of *Spathoglottis kimbali*. *Journal of National Academy of Sciences* 38: 141-156.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with *tobacco* tissue culture. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- Murdad, R., S. K. Hwa, C. K. Seng, A. M. Latip, A. Z. Aziz and R. Ripin. 2006. High frequency multiplication of *Phalaenopsis gigantea* using trimmed bases protocorms technique. *Scientia Horticulturae* 111: 73-79.
- Pierik, R. L. M., P. A. Sprenkels, B. Van Der

- Hask and Q. G. Van Der Meys. 1988. Seed germination and further development of plantlets of *Paphiopedilum ciliolare* Pfitz. in vitro. *Scientia Horticulturae* 34: 139-153.
- Saranjeet, K. and K. K. Bhutani. 2012. Organic growth supplement stimulants for *in vitro* multiplication of *Cymbidium pendulum* (Roxb) Sw. *Horticultural Science* 39: 47-52.
- Shina, P. and S. K. Roy. 2004. Regeneration of an indigenous orchid, *Vanda teres* (Roxb.) Lindl. through *in vitro* culture. *Plant Tissue Culture* 14: 55-61.
- Su, H. J. 2000. Orchidaceae. pp. 876-878. *In*: Huang, T.C. and Editorial Committee of the Flora of Taiwan. (eds.). *Flora of Taiwan*, Volume Five. 2nd ed. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Sudeep, R., P.K. Rajeevan, P.K. Valasalakumari and C.K. Geetha. 1997. Influence of organic supplements on shoot proliferation in *Dendrobium*. *Journal of Horticulture* 3: 38-44.
- Wochok, Z.S. 1981. The role of tissue culture in preserving threatened and endangered plant species. *Biodiversity and Conservation* 20:83-89.

阿里山地區玉山杜鵑(森氏杜鵑)根菌結合體形態及其內生菌

Morphology and endophytes of root-fungus association of *Rhododendron pseudochrysanthum* (*R. morii*) in Alishan area

林瑞進^{1,*} 張儷馨¹ 廖一光² 李志珉² 曾聰堯³

Lei-Chen Lin^{1,*}, Li-Hsin Chang¹, I-Kuang Liao², Tsu-Ming Lee² and
Tsung-Yao Tseng³

¹ 國立嘉義大學森林暨自然資源學系 60004 嘉義市鹿寮里學府路 300 號

² 行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處 60049 嘉義市林森西路 1 號

³ 行政院農業委員會林業試驗所 10066 台北市中正區南海路 53 號

¹ Department of Forestry and Natural Resources, National, Chiayi University, Chiayi, Taiwan

² Chiayi Forest District Office, Forest Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Chiayi, Taiwan

³ Taiwan Forestry Resources Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei, Taiwan

*通訊作者：linerm@mail.ncyu.edu.tw

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

摘 要

本研究主要在探討嘉義縣阿里山鄉阿里山森林遊樂區內的玉山杜鵑之根菌結合體特性。經試驗結果得知，在光學顯微鏡下觀察，其外觀型態為膨大短棒狀；以掃描式電子顯微鏡觀察，於根菌結合體表面可發現有稀疏菌絲覆蓋，在皮層細胞中可發現菌絲圈之顯微構造。另在內生菌部分，共計誘導分離出 5 株內生菌，經分子生物鑑定，Rm7 與 Rm28 菌株應屬於不完全菌 *Phialocephala* 屬；Rm9 菌株應屬於子囊菌 *Hyaloscyphaceae* 科；Rm15 菌株應屬於子囊菌 *Rhizoscyphus* 屬；Rm42 菌株應屬於不完全菌 *Cryptosporiopsis* 屬。綜合以上研究結果得知，阿里山地區玉山杜鵑之根菌結合體是屬於杜鵑類菌根。

Abstract

This study is an investigation of the root-fungus association characteristics of *Rhododendron pseudochrysanthum* in Alishan area. Light microscopy found the association swollen, short and stout. Under electron microscope scan, the ultrastructure showed the hyphae sparsely attached to the surface of association and the hyphal coil in its cortical cells. Molecular analysis of five strains isolated from samples demonstrated that strains Rm7 and Rm28 belong to the genus *Phialocephala*, Rm9 to Hyaloscyphaceae, Rm15 to *Rhizoscyphus*, and Rm42 to *Cryptosporiopsis*. These results indicate that the root-fungus association of *R. pseudochrysanthum* from the Alishan area belongs to the ericoid mycorrhiza.

關鍵字：內生菌、杜鵑類菌根、玉山杜鵑、菌絲圈

Key words: endophyte, ericoid mycorrhiza, *Rhododendron pseudochrysanthum*, hyphal coil

收件日期：2014 年 03 月 04 日

接受日期：2014 年 05 月 29 日

Received: March 04, 2014

Accepted: May 29, 2014

緒 言

杜鵑花科 (Ericaceae) 植物為世界著名之觀賞性顯花植物，主要分布於溫帶及亞熱帶至高山寒帶地區，全世界的杜鵑花科植物共有 70 屬 1,500 種(劉等 1994)；在台灣杜鵑花科杜鵑花屬 (*Rhododendron*) 植物中有 15 種原生種，其中 11 種為特有種，特有種比例高達 73% (曾與呂 2003)。

杜鵑類菌根 (ericoid mycorrhiza) 為內生菌根之一，其構造特徵為菌絲有隔膜 (septate)、根系結合體之皮層細胞具有菌絲複合體 (hyphal complex) 或菌絲圈 (hyphal coil) 等構造，並缺少叢枝體 (arbuscular)、菌毯 (mantle)、哈替氏網 (hartig net) 及囊狀體 (vesicular)

等構造 (弓等 1997)。菌絲圈為菌絲入侵後於皮層細胞內所形成的菌絲複合體 (Read 1996)，而判定是否為杜鵑類菌根的依據，主要是依據根系皮層細胞內是否有菌絲圈 (Peterson *et al.* 1980)。Tian *et al.* (2011) 指出，目前在杜鵑類菌根的研究仍以杜鵑科植物中的帶石楠屬 (*Calluna*) (Bradley *et al.* 1981; Johansson 2001) 及越橘屬 (*Vaccinium*) (Stribley *et al.* 1975; Martino *et al.* 2007; Villarreal-Ruiz *et al.* 2004) 植物為主；在台灣已開始進行杜鵑屬植物 (*Rhododendron*) 之研究 (Lin *et al.*, 2010)。由於杜鵑花科植物本身富含脂質 (lipid) 與酚類 (phenolic) 化合物，其枯落物 (litter) 經微生物轉化，使土壤含許多脂肪族 (aromatic) 與芳香族 (aliphatic) 之化合物 (Jalal and Read 1983)，這

些酚酸類化合物不利於植物與菌類的生長，進而抑制微生物分解土壤中有機質，因此，導致酸性的腐植質累積，土壤 pH 值偏低(Bending and Read 1996)。而此種土壤性質極酸及養分貧瘠的生育地特稱為石南原(heathland)，由於杜鵑花科植物能與菌根菌共生形成杜鵑類菌根，因此能在石南原生育地中形成優勢族群(Cairney and Meharg 2003; Rowe *et al.* 2008)。並已證實杜鵑類菌根對此生育地之有機質具分解的能力(Piercey *et al.* 2002; Lin *et al.* 2011)，是由於此類杜鵑類菌根菌能分泌兩種酵素，包括能分泌將木質素(lignin)、多酚類(polyphenols)和丹寧(tannic acid)等有機物分解的漆氧化酵素(laccase)及過氧化酵素(peroxidase)等(Bending and Read 1996; 1997; Lin *et al.* 2011)，可保護或加速必要養分之溶解；另一種是直接促進獲得所需之養分，如胞外酸性蛋白酶(extracellular acid protease)等(Bending and Read 1996)；故杜鵑類菌根具有幫助分解不易分解的有機物，並從中獲取其他植物無法利用的養分(Read 1996; Read and Perez-Moreno 2003)。

玉山杜鵑 (*Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata) 係屬杜鵑花科杜鵑花屬植物，葉(厚)革質，特產台灣高山(劉等 1994; Li *et al.* 1998)。目前，已有學者針對 10 種台灣本土杜鵑之葉部進行化合物萃取，並證實玉山杜鵑之葉部甲醇粗萃物具有最佳的抗氧化能力(林等 2011)；但玉山杜鵑在杜鵑類菌根的研究上，仍有探討研究的空間。

本研究以採集自阿里山森林遊樂區之玉山杜鵑為材料，觀察根菌結合體之外觀形態與微細構造，探討其根菌結合體是否具有杜鵑類菌根之構造特徵；並從根菌結合體中分離純化共生於其中的內生菌，觀察其菌株形態與內生菌多樣性。

材料與方法

一、試驗材料

本試驗材料採集自嘉義縣阿里山鄉阿里山森林遊樂區內之玉山杜鵑林(東經 120°48'3"，北緯 23°31'10")，海拔高為 2,189 m；於春季逢機採取玉山杜鵑根菌結合體。

二、玉山杜鵑根菌結合體形態觀察

(一) 外部形態觀察

將自野外採集之玉山杜鵑根系樣本攜回實驗室後，使用流動自來水清洗 3 min 去除土壤，再置入超音波震盪機清除附著物，瀝除多餘的水分後，使用立體顯微鏡觀察根菌結合體之外部形態並拍照記錄(Usuki and Narisawa 2005)。

(二) 顯微構造觀察

將清洗後的根系樣本，用刀片切取成 1 mm 根段，浸泡於 2.5% 戊二醛 (glutaraldehyde, GA) 固定液中，於室溫下固定 1 天。以 0.1 M 磷酸緩衝溶液沖洗 3 次後，進行脫水步驟：依序以 10、20、30、50、70、80、90 和 95% 乙醇 (ethanol) 各脫水 3 次，最後以 100% 乙醇及丙酮 (acetone) 各脫水 6 次，每次 10 min。經序列脫水後，於臨界點乾燥機 (critical point dryer, CPD) 以液態二氧化碳進行臨界點置換乾燥處理，再將乾燥之樣本以雙面膠固定於鋁座 (stub) 上，以離子覆膜機 (ion coater)，鍍金 90 sec，最後以掃描式電子顯微鏡 (scanning electron microscope, SEM) 觀察其微細構造，並照相紀錄 (Nakamura *et al.* 2002)。

三、內生菌之分離與純化

取玉山杜鵑根系以清水洗淨後，挑選腫大根段，使用 30% H₂O₂ 溶液進行表面殺菌 30 -

60 sec，再用無菌水清洗 3 次。將清洗後的根段切成約 1 mm 片段，置於 1% 水洋菜培養基 (water agar) 中，於 23°C 黑暗生長箱中倒置培養 14 - 21 天。待菌絲從根段邊緣長出，挑取菌絲移入 1% MEA (malt extract agar) 培養基進行純化 (Johansson 2001)。

四、菌落形態及生長率觀察

將純化之菌株採取菌塊，移入 2% MEA 培養基上，置於培養基之表面中心，於背面以菌塊為中心定出 X、Y 軸。倒置培養於 23°C 黑暗生長箱中，定時觀察菌株生長狀況，在 7-14 天後，測量菌落直徑並計算平均生長速率，並觀察菌落形態拍照及記錄之 (Hambleton and Currah 1997)。

五、菌種 DNA 鑑定

此試驗方法改良 Sigler *et al.* (2005) 發表之方法。將培養於 PDA 培養基之菌塊，利用 Puregene DNA Purification Kit 進行菌株之

DNA 萃取。利用引子：ITS1-F 和 TW13 進行 ITS/5.8S rDNA 序列之聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR) 擴增 DNA 序列，再將純化之 PCR 產物定序，與 NCBI 網站 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) 的基因資料庫進行序列比對，最後使用 MEGA 軟體繪製親緣關係樹狀圖。

結果與討論

一、玉山杜鵑根菌結合體之形態

(一) 外部形態觀察

本研究利用立體顯微鏡觀察玉山杜鵑根菌結合體之外觀形態及顏色等特徵。結果顯示，根菌結合體多呈膨大棒狀，依顏色可區分出 4 種差異：分別初生型為黃白色 (圖 1A and B)、中期為紅黃色 (圖 1C)、後期為深褐色 (圖 1D)。與台灣杜鵑之根菌結合體形態有顯著差異 (Lin *et al.* 2010)。

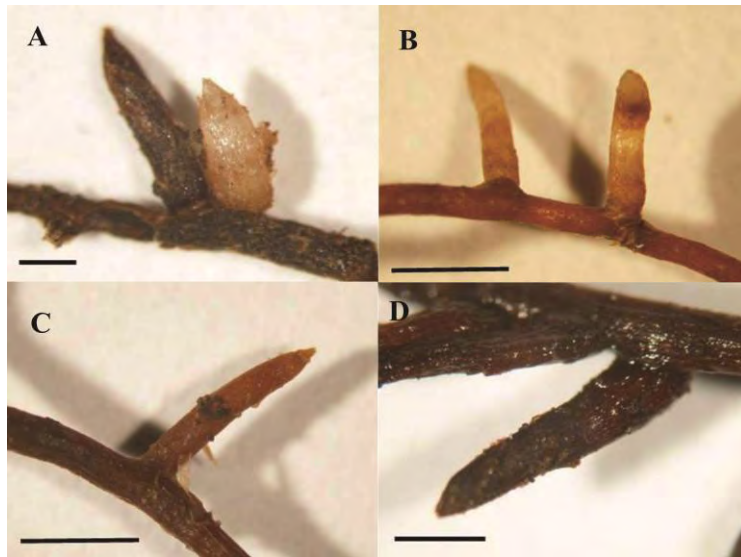


圖 1. 玉山杜鵑根菌結合體之形態。(A)、(B) 初期；(C) 中期；(D) 後期。(Bar= 1mm)

Fig. 1. Morphology of root-fungus association of *Rhododendron pseudochrysanthum*. A and B: the initial stage; C: the middle stage; D: the mature stage.

(二) 顯微構造觀察

本研究利用掃描式電子顯微鏡觀察，可發現玉山杜鵑之根菌結合體之表面有稀疏的菌絲覆蓋 (圖 2A)；在橫切面觀察中 (圖 2B)，無發現菌毯及哈替氏網等外生菌根特徵，僅於皮層細胞內發現有菌絲圈的構造 (圖 2C and

D)。

以上結果符合杜鵑類菌根特徵(弓等 1997; Peterson *et al.* 1980)；並與台灣杜鵑之根菌結合體相似(Lin *et al.* 2010)，於顯微構造顯微觀察中都可發現菌絲圈的構造。

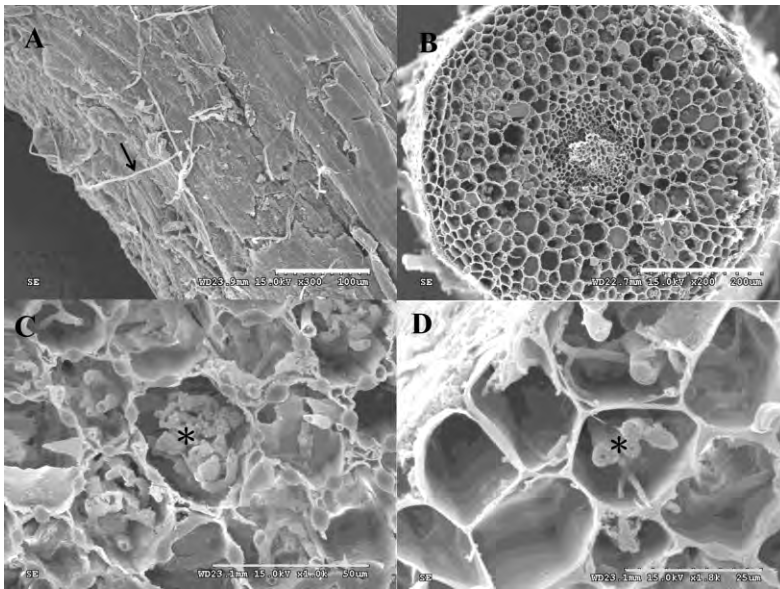


圖 2. 玉山杜鵑根菌結合體之顯微構造。A: 表面有稀疏菌絲覆蓋(箭)；B: 橫切面；C、D: 菌絲圈(*)
Fig. 2. Ultrastructure of root-fungus association of *Rhododendron pseudochrysanthum*. A: surface of hairy root covered with hyphae (arrow); B: cross-section; C and D: hyphal coil (*).

二、菌落生長及形態觀察

本試驗從阿里山地區玉山杜鵑之根菌結合體中共分離出 42 株內生菌，依據杜鵑類菌根菌篩選標準(Curlevski *et al.* 2009; Tian *et al.* 2011)，去除生長快速的菌株，保留生長緩慢的菌株，結果共計保留 5 株內生菌，分別為：Rm7、Rm9、Rm15、Rm28 和 Rm42，分別培養於 2% MEA 培養基，並於 11 天後計算其各株菌株之平均生長速率：

Rm7 菌株在 2% MEA 培養基培養時，其

菌落顏色為深橄欖綠色，最外圈白色，菌落平鋪於培養基表面，上方密布白色的菌絲 (圖 3A)；無代謝物產生；其平均生長速度為 0.77 ± 0.06 mm/d。

Rm9 菌株在 2% MEA 培養基培養時，其菌落顏色為淡橄欖綠色，最外圈為白色，上方有稀疏的白色氣生菌絲及滴狀物 (圖 3B)；無代謝物產生；其平均生長速度為 1.08 ± 0.03 mm/d。

Rm15 菌株在 2% MEA 培養基培養時，

其菌落顏色為白色，並有橄欖綠色不均勻分布(圖 3C)；無代謝物產生；其平均生長速度為 1.07 ± 0.02 mm/d。

Rm28 菌株在 2% MEA 培養基培養時，其菌落顏色為深橄欖綠色，最外圈為白色，平鋪於培養基表面，上方覆蓋有白色的菌絲(圖

3D)；無代謝物產生；其平均生長速度為 0.64 ± 0.04 mm/d。

Rm42 菌株在 2% MEA 培養基培養時，其菌落顏色白色近似透明，菌絲平鋪於培養基表面(圖 3E)；無代謝物產生；其平均生長速度為 2.07 ± 0.06 mm/d。

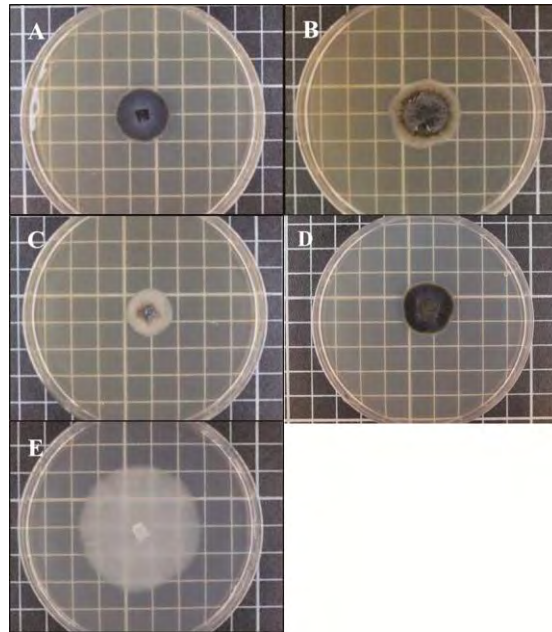


圖 3. 玉山杜鵑內生菌培養 18 天後，在 23°C 及 2%MEA 培養基之菌落形態。(A) Rm7 菌株；(B) Rm9 菌株；(C) Rm15 菌株；(D) Rm28 菌株；(E) Rm42 菌株。

Fig. 3. Colony morphology of endophytes from *Rhododendron pseudochrysanthum* cultured on 2%MEA medium and 23°C for 18 days. A: Rm7 strain; B: Rm9 strain; C: Rm15 strain; D: Rm28 strain; E: Rm42 strain.

三、菌株分子生物之鑑定

本研究自玉山杜鵑之根菌結合體所分離之內生菌，利用 ITS1-F 和 TW13 引子對，分析菌株內轉錄區間與 5.8S rDNA 基因，經 PCR 放大產物後，委託生技公司定序，再將定序後菌株之分子序列與 NCBI 網站親緣關係最近的菌株分子序列進行比對；一般從杜鵑類菌根中

所誘導及純化的內生菌都是子囊菌門 (Ascomycota) (Harley and Harley 1987; Smith and Read 2008)，所以本試驗以擔子菌美味牛肝菌 (*Boletus edulis* Bull.) 為外群，並將相近著名杜鵑類菌根菌 (*Rhizoscyphus ericae* (D. J. Read) W. T. Zhuang & Korf, *Cryptosporiopsis ericae* Sigler, *Phialocephala fortinii* C. J. K. Wang & H.

E. Wilcox, *Oidiodendron maius* G. L. Barron)等菌株分生資料繪製鄰接親緣樹狀圖(Neighbor-joining phylogenetic tree)。

本試驗共計分離純化出 5 株菌株，其 ITS 分子序列與 NCBI 相近菌株所繪製之鄰接親緣樹狀圖(圖 4)。其結果將 Rm7 與 Rm28 菌株歸為同群，這 2 株菌株亦與 *P. fortinii* (AY394921) 歸為同群，其支持度高達 100%(相

似度亦高達 100%)；而 Rm15 菌株與 *R. ericae* (AY394907)歸為同群，其支持度高達 99%(相似度亦達 97%)；Rm9 菌株與 Hyaloscyphaceae (晶杯菌科) (JF519071) 歸為同群，其支持度達 74%(相似度 94%)；Rm42 菌株與 *C. ericae* (AY853167) 歸為同群，其支持度高達 100%(相似度亦高達 99%)。

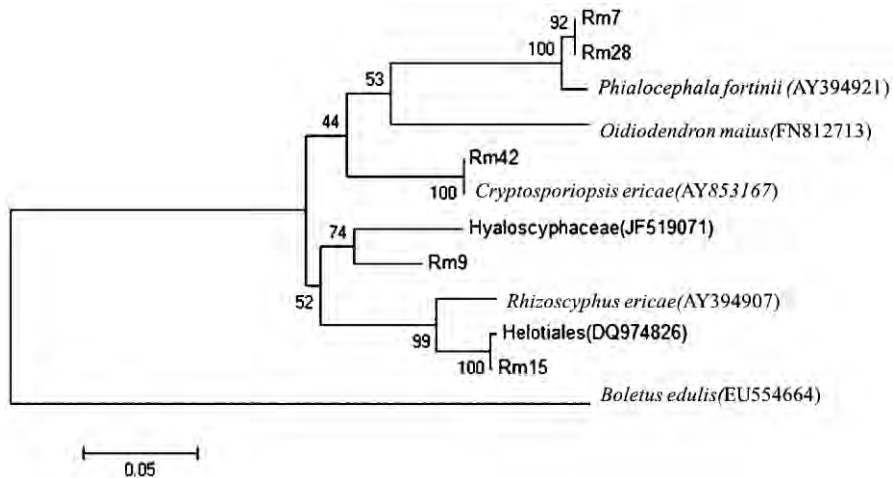


圖4. 玉山杜鵑內生菌與基因庫高相似度著名杜鵑類菌根菌之鄰接樹狀關係圖。

Fig. 4. Neighbor-joining phylogenetic tree based on rDNA ITS sequence data from endophytes of *Rhododendron pseudochrysanthum*, along with well-known ericoid mycorrhizal fungi and selected high similarity fungal species from GenBank.

結 論

本研究自阿里山地區採集的玉山杜鵑根菌結合體之樣本，其葉部甲醇粗萃物已被證實具有最佳的抗氧化能力(林等 2011)；而其根菌結合體部分，經試驗觀察形態、内生菌誘導與純化、菌株之菌落形態以及菌株分子生物鑑定相關試驗，其結論如下：

一、菌根形態，於立體顯微鏡下觀察外觀特

徵，玉山杜鵑之根菌結合體形態，呈膨大棒狀；另利用掃描式電子顯微鏡觀察，在根菌結合體之皮層細胞內可發現菌絲圈之杜鵑類菌根特殊構造，由此可證實阿里山地區玉山杜鵑的根菌結合體是杜鵑類菌根。

二、内生菌部分，共計分離出 5 株菌株，分別為 Rm7、Rm9、Rm15、Rm28 及 Rm42 等；經 ITS 分子生物技術鑑定結果，Rm7

與 Rm28 菌株之序列應同屬於不完全菌 *Phialocephala* 屬、Rm9 菌株應屬於子囊菌晶杯菌科 (Hyaloscyphaceae)、Rm15 菌株應屬於子囊菌 *Rhizoscyphus* 屬；Rm42 菌株應屬於不完全菌 *Cryptosporiopsis* 屬；在分離之 5 株內生菌中，利用分子生物技術鑑定，其中就有 4 株菌株與著名杜鵑類菌根菌歸為同群，因此利用此試驗所分離之菌株來進行後續合成試驗，以確認這些內生菌是否為杜鵑類菌根菌，是值得更深入探討的議題。

引用文獻

- 弓明欽、陳應龍、仲崇祿。1997。菌根研究及應用。中國林業出版社。
- 林奕均、何尚哲、林瑞進、吳志鴻。2011。台灣本土杜鵑葉部抽出物抗氧化活性初探。建國百年森林資源永續經營研討會論文集。
- 曾彥學、呂勝由。2003。台灣野生杜鵑花資源介紹。自然保育季刊 43:18-30。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄。1994。台灣樹木誌。國立中興大學農學院出版委員會。
- Bending, G. D. and D. J. Read. 1996. Effects of the soluble polyphenol tannic acid on the activities of ericoid and ectomycorrhizal fungi. *Soil Biol. Biochem.* 28:1595-1602.
- Bending, G. D. and D. J. Read. 1997. Lignin and soluble-phenolic degradation by ectomycorrhizal and ericoid mycorrhizal fungi. *Mycological Research* 101: 1348-1354.
- Bradley, R., A. J. Burt and D. J. Read. 1981. Mycorrhizal infection and resistance to heavy metal toxicity in *Calluna vulgaris*. *Nature* 292:335-337.
- Cairney, J. W. G. and A. A. Meharg. 2003. Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions. *Eur. J. Soil Sci.* 54:735-740.
- Curlevski, N. J. A., S. M. Chambers, I. C. Anderson and J. W. G. Cairney. 2009. Identical genotypes of an ericoid mycorrhiza-forming fungus occur in roots of *Epacris pulchella* (Ericaceae) and *Leptospermum polygalifolium* (Myrtaceae) in an Australian sclerophyll forest. *FEMS Microbiol. Ecol.* 67:411-420.
- Hambleton, S. and R. S. Currah. 1997. Fungal endophytes from the roots of alpine and boreal Ericaceae. *Can. J. Bot.* 75(9):1570-1581.
- Harley, J. L. and E. L. Harley. 1987. A check-list of mycorrhiza in the British flora. *New Phytol.* 1105:1-102.
- Jalal, M. A. F. and D. J. Read. 1983. The organic acid composition of *Calluna* heathland soil with special reference to phyto-toxicity and fungitoxicity II. Monthly quantitative determination of the organic acid content of *Calluna* and spruce dominated soils. *Plant and Soil* 70:273-286.
- Johansson, M. 2001. Fungal associations of Danish *Calluna vulgaris* roots with special reference to ericoid mycorrhiza. *Plant and Soil* 231:225-232.
- Li, H. L., S. Y. Lu, Y. P. Yang and Y. H. Tseng. 1998. Ericaceae. In Huang et al. (ed) *Flora of Taiwan*, 2nd ed. 4:17-39. Editorial

- Committee, Dept. Bot., NTU, Taipei, Taiwan.
- Lin, L. C., M. J. Lee and Y. Z. Wang. 2010. Morphology and Ultrastructure of Root-Fungus Association of *Rhododendron formosanum* Hemsl. in Sanlinchi Forest of Central Taiwan. *Taiwan Journal of Biodiversity* 12(2): 225-233.
- Lin, L. C., M. J. Lee and J. L. Chen. 2011. Decomposition of organic matter by the ericoid mycorrhizal endophytes of Formosan rhododendron (*Rhododendron formosanum* Hemsl.) *Mycorrhiza* 21: 331-339.
- Martino, E., C. Murat, M. Vallino, A. Bena, S. Perotto and P. Spanu. 2007. Imaging mycorrhizal fungal transformants that express EGFP during ericoid endosymbiosis. *Curr. Genet.* 52:65-75.
- Nakamura, H., K. I. Ikeda, M. Arakawa and N. Matsumoto. 2002. Conidioma production of the white root rot fungus in axenic culture under near-ultraviolet light radiation. *Mycoscience* 43:251-254.
- Peterson, T. A., W. C. Mueller and L. Englander. 1980. Anatomy and ultrastructure of a *Rhododendron* root-fungus association. *Can. J. Bot.* 58: 2421-2433.
- Piercey, M. M., M. N. Thormann and R. S. Currah. 2002. Saprobic characteristics of three fungal taxa from ericalean roots and their association with the roots of *Rhododendron groenlandicum* and *Picea mariana* in culture. *Mycorrhiza* 12:175-180.
- Read, A.J. 1996. The structure and function of the ericoid mycorrhizal root. *Ann. Botany* 77:365-374.
- Read, D. J. and J. Perez-Moreno. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems- a journey towards relevance? *New Phytol.* 157:475-492.
- Rowe, E. C., S. M. Smart, V. H. Kennedy, B. A. Emmett and C. D. Evans. 2008. Nitrogen deposition increases the acquisition of phosphorus and potassium by heather *Calluna vulgaris*. *Environ. Pollut.* 155:201-207.
- Sigler, L., T. Allan, S. R. Lim, S. Berch and M. Berbee. 2005. Two new *Cryptosporiopsis* species from roots of ericaceous hosts in western North America. *Studies in mycology* 53:53-62.
- Smith, S. E. and D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd ed. London: Academic Press.
- Stribley, D. P., D. J. Read and R. Hunt. 1975. The biology of mycorrhizas in the Ericaceae V. The effects of mycorrhizal infection, soil type and partial soil sterilization (by gamma irradiation) on growth of cranberry, *Vaccinium macrocarpon* ait.). *New Phytologist* 75:119-130.
- Tian, W., C. Q. Zhang, P. Qiao and R. Milne. 2011. Diversity of culturable ericoid mycorrhizal fungi of *Rhododendron decorum* in Yunnan, China. *Mycologia* 103(4):703-709.
- Usuki, F. and K. Narisawa. 2005. Formation of structures resembling ericoid mycorrhizas by the root entophytic fungus *Heteroconium chaetospora* within roots of *Rhododendron*

obtusum var. *Kaempferi*. *Mycorrhiza*
15:61-64.

Villarreal-Ruiz L., I. C. Anderson and I. J.
Alexander. 2004. Interaction between an
isolate from the *Hymenoscyphus ericae*
aggregate and roots of *Pinus* and *Vaccinium*.
New Phytologist 164:183-192.

New Additions to the Fern Flora of Taiwan (2)

臺灣蕨類植物誌增註 (2)

Yi-Han Chang¹, Wen-Liang Chiou¹, Yao-Moan Huang², Buo-Neng Shen³,
Chien-Yu Lin^{1*}, and Tian-Chuan Hsu^{4*}

張藝翰¹ 邱文良¹ 黃曜謀² 沈柏能³ 林謙佑^{1*} 許天銓^{4*}

¹Division of Botanical Garden, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan,

²Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan

³Shuili Work Station, Nantou Forest District Office, Forestry Bureau, Shuili, Nantou, Taiwan

⁴Institute of Molecular and Cellular Biology, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan

¹行政院農業委員會林業試驗所植物園組 10066 臺北市南海路 53 號

²行政院農業委員會林業試驗所育林組 10066 臺北市南海路 53 號

³行政院農業委員會林務局南投林區管理處水里工作站 55349 南投縣水里鄉民生路 142 號

⁴國立清華大學分子與細胞生物研究所 30013 新竹市光復路二段 101 號

* Corresponding authors : cylin@tfri.gov.tw; lecanorchis@gmail.com

*通訊作者：cylin@tfri.gov.tw; lecanorchis@gmail.com

Abstract

This study is a report of two fern taxa, *Athyrium palustre* Seriz. (Athuriaceae) and *Polystichum attenuatum* Tagawa et K.Iwats. (Dryopteridaceae), as new records of Taiwan. Type information, morphological descriptions, habitats, distributions, taxonomic notes, line drawings and photographs are provided to facilitate the identification. The threatened statuses of these two species in Taiwan are evaluated herein according to the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) Red List Category and Criteria.

摘 要

本文報導兩種臺灣新紀錄蕨類植物，即蹄蓋蕨科的沼生蹄蓋蕨 (*Athyrium palustre* Seriz.) 與鱗毛蕨科的長羽芽苞耳蕨 (*Polystichum attenuatum* Tagawa et K.Iwats.)，除分別陳述其模式資訊、形態描述、生境、世界分布、分類註解外，並提供相關圖繪及照片俾利鑑別。另根據國際自然保育聯盟 (IUCN) 物種瀕絕分類及標準，評估二種植物在臺灣的受威脅等級。

Key words: *Athyrium palustre*, fern, new records, *Polystichum attenuatum*, Taiwan

關鍵詞：沼生蹄蓋蕨、蕨類、新紀錄、長羽芽苞耳蕨、臺灣

Received: October 22, 2013

Accepted: May 29, 2014

收件日期：2013 年 10 月 22 日

接受日期：2014 年 05 月 29 日

INTRODUCTION

Two unrecognized ferns were collected in the wild during a recent investigation of ferns in Taiwan. After consulting the floras of adjacent regions of Taiwan (e.g. Copeland 1960a & b, Iwatsuki 1995, Kato 1995, Wang & Hsieh 1999, Kung *et al.* 2001, Knapp 2011, Wang *et al.* 2013, Zhang *et al.* 2013) and examining the specimens of related species, these two ferns are confirmed as new taxa to Taiwan: *Athyrium palustre* Seriz. and *Polystichum attenuatum* Tagawa et K.Iwats., respectively.

In this paper, type information, morphological descriptions, synonyms, distributions, and taxonomic notes are provided to explain their taxonomic issues and our treatment. Line drawings and photographs are also presented to facilitate identification. In

addition, their threatened statuses are evaluated according to the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) Red List Categories and Criteria (IUCN 2001, 2003).

TAXONOMIC TREATMENTS

- (1) *Athyrium palustre* Seriz., J. Jap. Bot. 45: 264. 1970; Nakaike, Enum. Pterid. Jap., Filic. 141. 1975; *ibid.* New Fl. Jap., Pterid. 298, pl. 298. 1982; M. Kato, in K. Iwats. *et al.*, Fl. Jap., vol. 1: 206. 1995. — TYPE: JAPAN. Kyushu: Kagoshima Prefecture, Yaku Island (=Yakushima), near Mt. Ishizuka, *S. Serizawa s.n.* (holotype: TNS, photo!), Nov. 1968. 沼生蹄蓋蕨 (Figs. 1, 2)

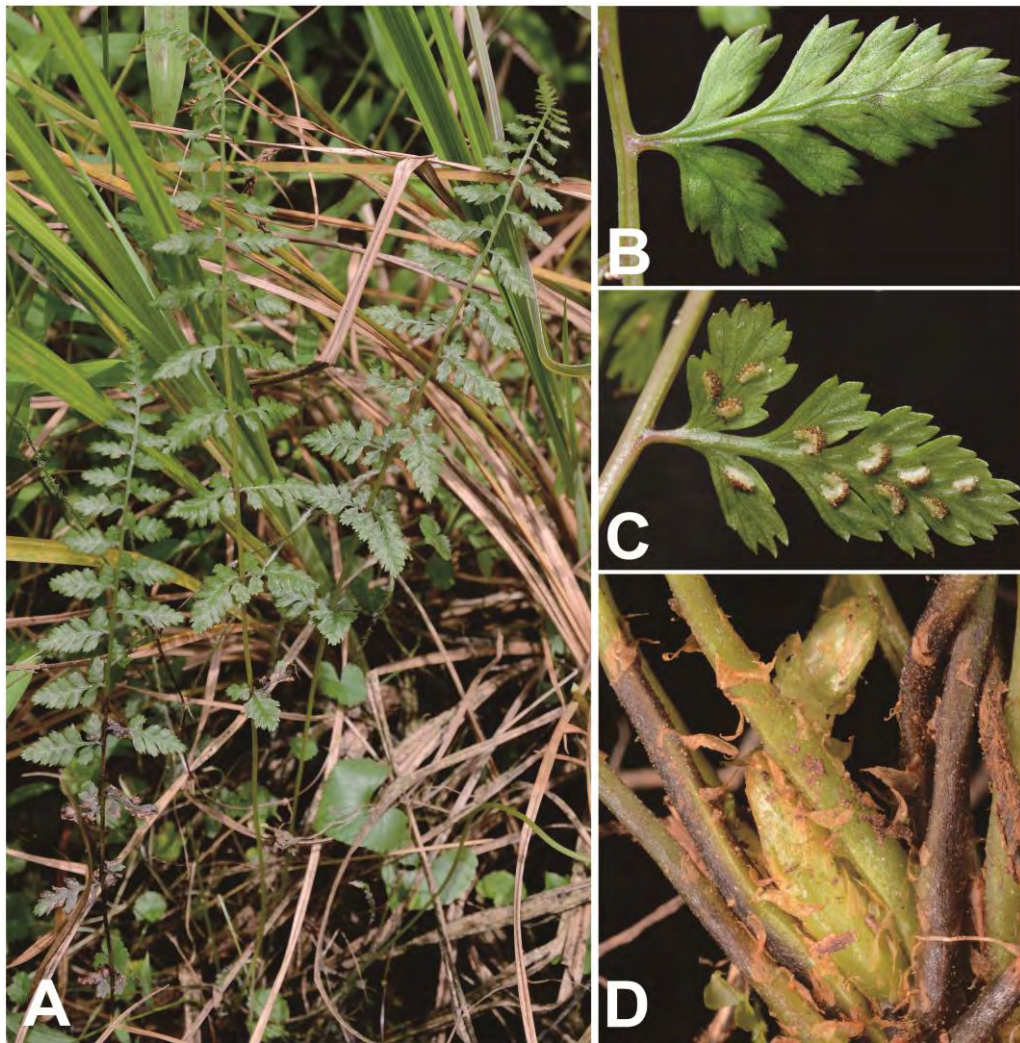


Fig. 1. *Athyrium palustre*. A: Habit. B: Adaxial side of a pinna. C: Sori on abaxial pinna surface. D: Scaly basal parts of stipes. Photographed by Tian-Chuan Hsu.

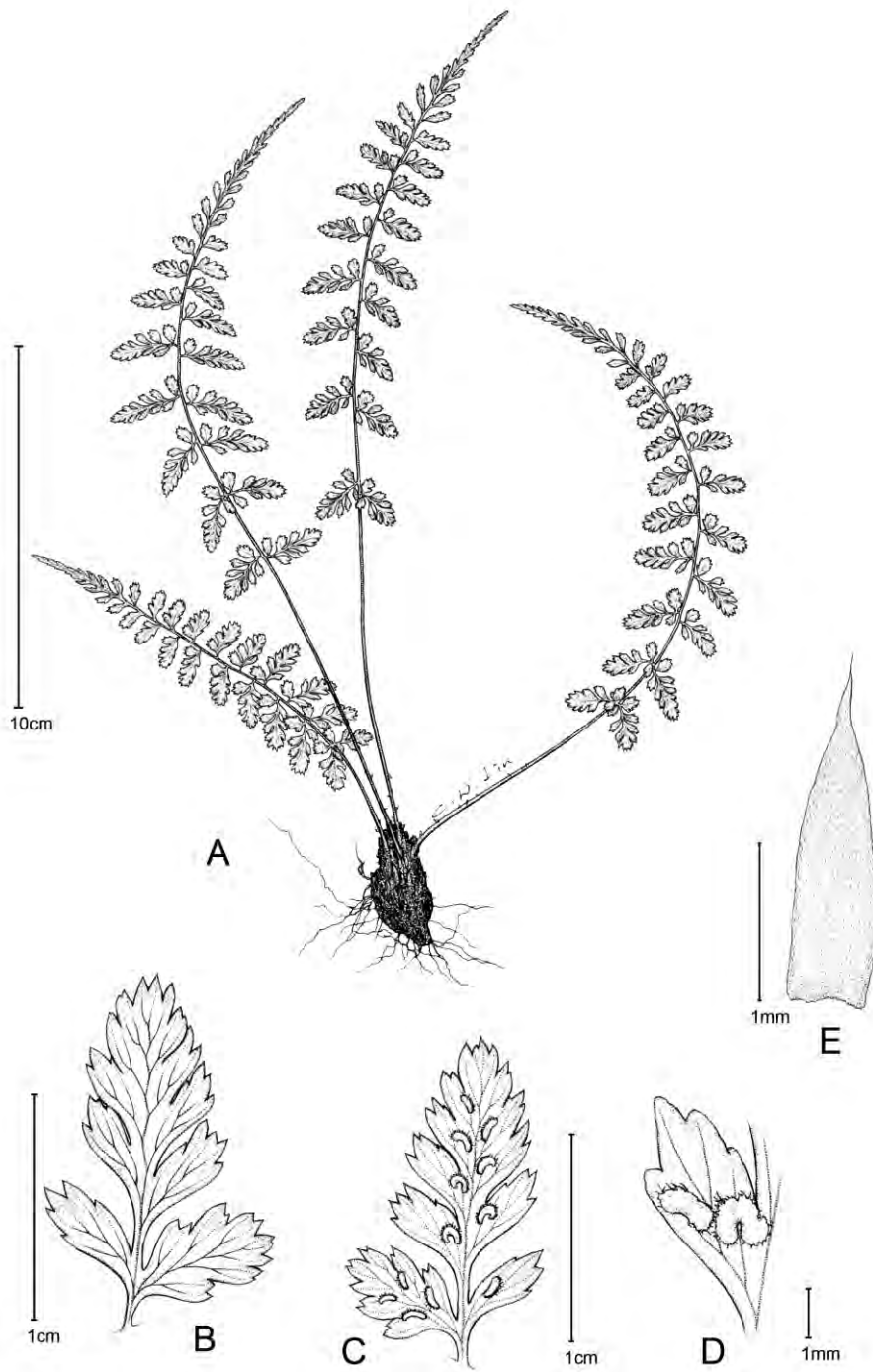


Fig. 2. *Athyrium palustre*. A: Habit. B: Adaxial side of a pinna. C: Abaxial pinna surface with sori. D: Magnified sori covered by laciniate-margined indusia. E: A scale near stipe base. Illustrated by Che-Wei Lin.

Synonyms: *Athyrium reflexipinnum* auct. non Hayata: Tagawa, Col. Ill. Jap. Pterid. 122, pl. 48-266. 1959.

Summer-green. Rhizomes ascending to erect. Stipes usually shorter than laminae, 15-35 cm, stramineous, covered with scales at bases. Scales membranous, light brown to pale brown, ovate-lanceolate, entire at margins, 2-3(-5) mm long, 0.7-1.2 mm broad. Blade lanceolate or linear-lanceolate, slightly narrowed toward bases, bipinnate to tripinnatifid, 15-50 cm long, 4-10 cm wide, thin-herbaceous, glabrous; rachises grooved on adaxial surfaces, grooves confluent with the costal ones. Pinnae pinnate to bipinnatifid, mostly perpendicular to rachises, but sometimes reflexed, deltoid-lanceolate, short-stalked, without spine on the adaxial side of costae. Pinnules ovate to oblong, usually short-stalked. Ultimate segments of tripinnatifid laminae oblong to elliptic, dentate at margins, the basal ones usually larger and free from ultimate costules. Venation pinnately free. Sori oblong or hooked, indusiate, one to several on each segment, subcostular; indusia long-toothed, lacinate or even eyelash-like at margins.

Distribution: Japan (Shikoku and Kyushu) (Serizawa 1970), and Taiwan.

Habitat: Semi-shaded wetland beside ponds or lakes of mid-mountains at 1,200-1,600 m elevation.

Specimens examined: TAIWAN. New Taipei City: Wulai District, Chuangtoumu Pond (拳頭

母池), T.C. Hsu 6755 (TAIF); Puodang Pond (破噹池), T.C. Hsu 6749 (TAIF); Puolu Pond (波露池), T.C. Hsu 2235 (TAIF). Ilan County: Songluo Lake (松羅湖), T.C. Hsu 6745 (TAIF). JAPAN. Kyushu: Fukuoka Prefecture, Chikushi-Gun, unknown 7198 & 7199, Aug. 8, 1968 (TNS); Itayakoshi, S. Tsutsui s.n., Jun. 26, 1966 & Aug. 2, 1966 (TNS). Kagoshima Prefecture, Kumage-Gun, M. Kinuta 19141 (TNS); Okuchi-Shi, T. Yamanaka s.n., Apr. 29, 1989 (2 sheets; TNS); Yaku Island, K. Mitui s.n., Jul. 27, 1966 (TNS).

IUCN Red List Category and Criteria: EN [B1ac(ii, iv)].

Note: The '*Athyrium* sp. 2' in Knapp's book "Ferns and Fern Allies of Taiwan" (2011) is attributed to this new record species. This species is similar to *A. oppositipinnum* Hayata var. *pubescens* (Tagawa) Y.C.Liu, W.L.Chiou & H.Y.Liu (= *A. reflexipinnum* Hayata), but differs from the latter by the adaxial side of costae almost without spine or occasionally with very short protrusions (vs. costae with very short spines, usually occur at the end of pinnae; Liu *et al.* 2009), the glabrous adaxial surface of blade (vs. pubescent), distinctly anadromously arranged, short-stalk proximal segments of pinnae (vs. almost oppositely arranged, sessile proximal segments), and the ovate-lanceolate to broad ovate-lanceolate stipe scales (vs. narrow lanceolate to lanceolate) (Serizawa 1970, Kato 1995). Besides, the preferences for habitat of these two taxa are also different: *A.*

oppositipinnum var. *pubescens* usually grows on somewhat moist grounds or slopes under temperate forests at altitudes of 2,800-3,500 m (Liu *et al.* 2009); however, *A. palustre* often occurs in semi-shaded wetlands or marshlands of mid-mountains at 1,200-1,600 m elevation.

(2) *Polystichum attenuatum* Tagawa *et* K.Iwats., Acta Phytotax. Geobot. 23: 113. 1968. — TYPE: THAILAND. Loei (=Loey) Province: northeastern ridge of Mt. Phu Luang, *M. Tagawa et al.* T1487 (holotype : KYO, photo! isotypes : L & US, photo!). 長羽芽苞耳蕨 (Figs. 3, 4)

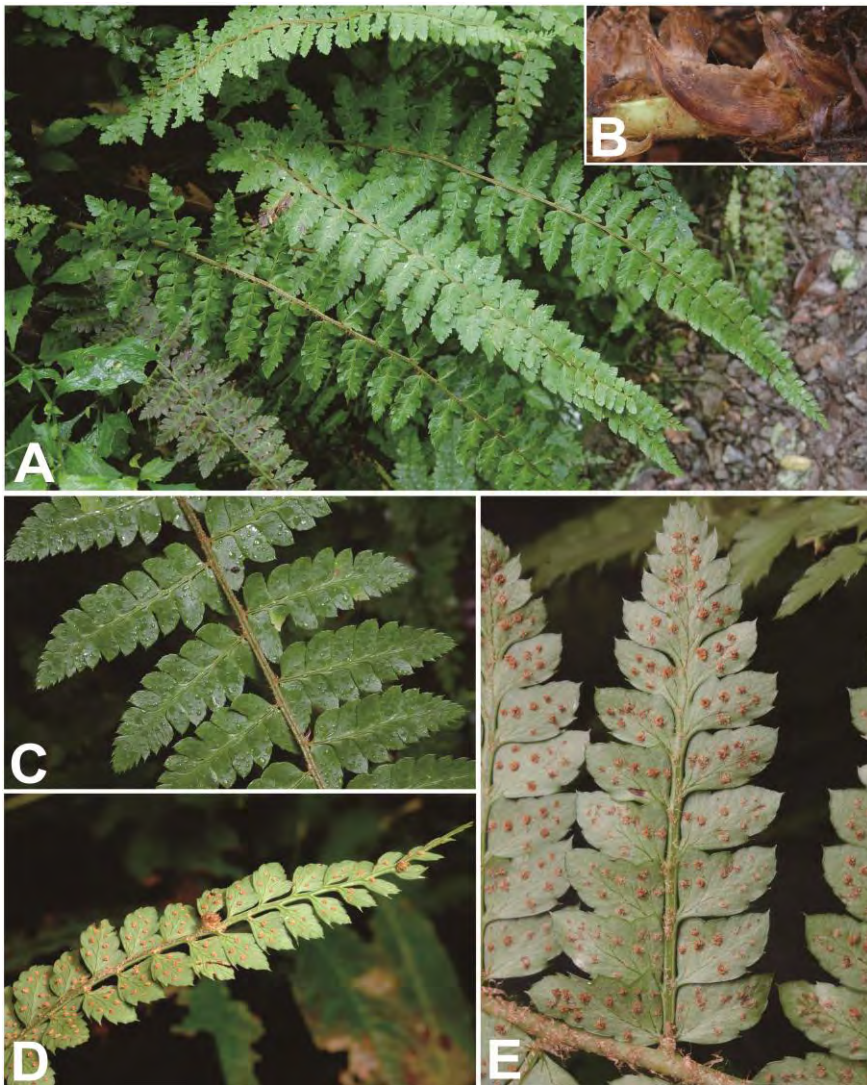


Fig. 3. *Polystichum attenuatum*. A: Habit. B: Scales on the bases of stipes. C: Adaxial side of a part of blade. D: Abaxial side of apex of blade showing two scaly buds. E: Abaxial side of a part of blade showing sori. Photographed by Tian-Chuan Hsu.

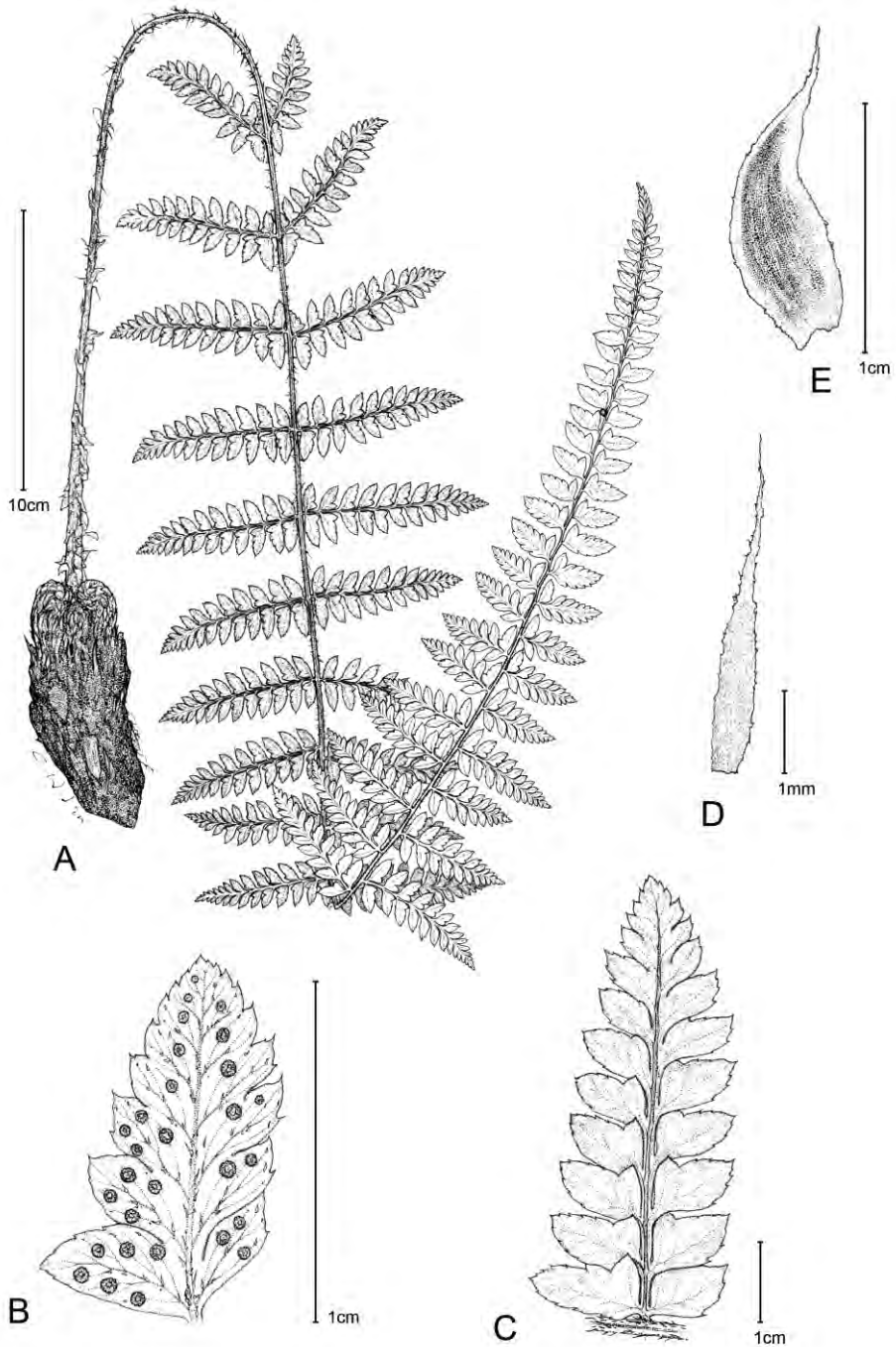


Fig. 4. *Polystichum attenuatum*. A: Habit. B: Abaxial side of a pinna showing sori covered by shrunken indusia. C: Adaxial side of a pinna. D: A linear-lanceolate and concolor scale on rachis. E: An oblong and somewhat bicolor scale on stipe base. Illustrated by Che-Wei Lin.

Synonyms: *Polystichum subattenuatum* Ching et W.M.Chu, Acta Bot. Yunnan., suppl. 5: 51, f. 32. 1992. — *Polystichum attenuatum* Tagawa et K.Iwats. var. *subattenuatum* (Ching et W.M.Chu) W.M.Chu et Z.R.He, Fl. Reipubl. Popularis Sin. 5(2): 17. 2001. — TYPE: CHINA. Yunnan Province: Gongshan County, Dulongjiang, *W.M. Chu & S.G. Lu 18987* (holotype: PYU, photo!).

Rhizomes short, ascending to erect, densely covered with scales. Stipes clustered, stramineous, 12-25 cm long, densely scaly on bases, thinner and smaller gradually upwards. Scales dimorphic; bigger ones oval to oblong, 1.0-1.5 cm long, 3-5 mm wide, thicker, brown to dark brown, often concolor but some discolor, undulate to irregularly serrulate at margins; smaller ones linear-lanceolate to lanceolate, almost concolor and brown, 0.5-1.2 cm long, 1-2 mm wide. blade lanceolate to oblong-lanceolate, 20-45 cm long, 10-16 cm wide, bipinnate, sub-coriaceous, bearing 1-2 scaly buds on abaxial side of rachises near the tips of fronds; rachises scaly on both sides, grooved on adaxial surface and not confluent with the costal ones. Lateral pinnae 15-25 pairs, pinnate, the middle ones longest, gradually acuminate towards the tips, the basal ones obviously shortened. Pinnules somewhat rectangular or rhomboid, tenderly aristate at margins. Venation bipinnately free, veinlets single or forked. Sori round, dorsal on the veinlets, indusiate; indusia peltate, brown, entire to undulate at margins, deciduous when aged.

Distribution: S & SW China, NE India, Myanmar, Thailand, Taiwan, and Vietnam.

Habitat: terrestrial, growing under semi-shaded and somewhat humid forests on hillsides of central Taiwan at 1,600-1,900 m elevation.

Specimens examined: **TAIWAN.** Nantou County: Sinyi Township, Junda logging road (郡大林道), *Y.H. Chang 20121128-052-054* (TAIF), *T.C. Hsu 6152-6154* (TAIF). **CHINA.** Kwangsi Province: Nangning City, Mt. Daming, *T.C. Hsu 6408-6413* (TAIF & IBK).

IUCN Red List Category and Criteria: **CR** [B1ab(v)c(iv), B2ab(v)c(iv), D].

Note:

There is only one small population, about 15 individuals, of *Polystichum attenuatum* found in central Taiwan. The morphology of Taiwanese population much matches with the variety *P. attenuatum* var. *subattenuatum* which has narrower, lanceolate to oblong-lanceolate, blade outline (vs. oblong-triangular or ovate-lanceolate in other variety *P. attenuatum* var. *attenuatum*), and obviously shortened basal pairs of lateral pinnae (vs. not or just slightly shortened in var. *attenuatum*) (Kung et al. 2001). However, these two varieties are better to be treated as the same taxon because they have overlapped distribution pattern (Zhang 2013) and many intermediate forms between them are founded (Kung et al. 2001)

Polystichum attenuatum also resembles *P.*

chunii Ching, a new recorded fern of Taiwan (Hsu *et al.* 2014), but can be distinguished from the latter by much larger fronds (35-70 × 10-16 cm vs. 25-50 × 3-7 cm), lanceolate to oblong-lanceolate laminae (vs. linear-lanceolate), and the most proximal acroscopic somewhat rectangular or rhomboid pinnules with tenderly aristate margin (vs. obovate or oblong-orbicular pinnules with sharply aristate margin). In addition, these two species have different habitat preference in Taiwan: *P. attenuatum* grows on humid grounds under forests of lower *Quercus* zone at altitudes of 1,500-2,000 m, but *P. chunii* grows on semi-humid slopes under *Abies* forests of sub-alpine zone at altitudes of 2,200-2,900 m.

Acknowledgements

The authors especially thank the staff of the Shuili Work Station (Nantou Forest District Office, Forestry Bureau) for the friendly assistance in fieldwork, and Mr. Hsin-Jie Hong for kindly helping material collections. The authors also appreciate Che-Wei Lin for his exquisite illustrations. In addition, we also express our appreciation to the curators of herbaria IBK, PYU, TNS, and TAIF for their kind assistance of investigating essential specimens.

Literature cited

- Copeland, E.B. 1960a. Fern Flora of the Philippines, vol. 2. pp. 242-248. Bureau of Printing, Manila, Philippine.
- Copeland, E.B. 1960b. Fern Flora of the Philippines, vol. 3. pp. 379-418. Bureau of Printing, Manila, Philippine.
- Hsu, T.C., C.Y. Lin, and Y.H. Chang. 2014. New additions to the fern flora of Taiwan. *Taiwania* 59(1): *in press*.
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- IUCN. 2003. Guidelines for application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- Iwatsuki, K. 1995. Dryopteridaceae. In: Iwatsuki K., Yamazaki T., Boufford D.E., Ohba H., editors. *Flora of Japan, Vol. 1 – Pteridophyta and Gymnospermae*. Tokyo, Japan: Kodansha. p 120-173.
- Kato, M. 1995. Woodsiaceae. pp. 195-231. In: K. Iwatsuki, T. Yamazaki, D.E. Boufford, and H. Ohba (eds.). *Flora of Japan, Vol. 1 – Pteridophyta and Gymnospermae*. Kodansha, Tokyo, Japan.
- Knapp, R. 2011. Ferns and Fern Allies of Taiwan. Taipei, Taiwan: Yuan-Liou Publishing Co. p 128-142, 201-219, 584-585.
- Kung, H.S., W.M. Chu, Z.R. He, and L.B. Zhang. 2001. Genus *Polystichum*. pp. 1-177. In: H.S. Kung (ed.). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae, Tomus 5(2)*. Science Press, Beijing, China.
- Liu, Y.C., W.L. Chiou, and H.Y. Liu. 2009. Fern Flora of Taiwan: *Athyrium*. Taiwan Forestry Research Institute. Taipei, Taiwan.
- Serizawa, S. 1970. Taxonomical notes on Asian

ferns (2). *Journal of Japanese Botany* 45(9): 262-266.

Wang, Z.R., and Y.T. Hsieh. 1999. Genus *Athyrium*. pp. 98-267. *In*: W.M. Chu (ed.). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*, Tomus 3(2). Science Press, Beijing, China.

Wang, Z.R., Z.R. He, and M. Kato. 2013. *Athyriaceae*. pp. 418-534. *In*: Z.Y. Wu, P.H. Raven, and D.Y. Hong (eds.). *Flora of China*, Vol. 2-3 (Pteridophytes). Science Press, Beijing, China.

Zhang, L.B., S.G. Wu, J.Y. Xiang, F.W. Xing, H. He, F.G. Wang, S.G. Lu, S.Y. Dong, D.S. Barrington, K. Iwatsuki, M.J.M. Christenhusz, J.T. Mickel, M. Kato, and M.G. Gilbert. 2013. *Dryopteridaceae*. pp. 541-724. *In*: Z.Y. Wu, P.H. Raven, and D.Y. Hong (eds.). *Flora of China*, Vol. 2-3 (Pteridophytes). Science Press, Beijing, China.

A newly naturalized species in Taiwan: *Hibiscus asper* Hook.
f. (Malvaceae)

臺灣錦葵科木槿屬新歸化植物—糙葉木槿

Chi-Te Lee¹, Szu-I Hsieh^{2,6*}, Chong-Sheng Leou³, Huan-Yu Lin⁴ and
Ching-Long Yeh⁵

李祈德¹ 謝思怡^{2,6*} 柳重勝³ 林奐宇⁴ 葉慶龍⁵

¹Nantou Forest District Office, Forest Bureau, 456 Shiguan Rd., Caotun Town, Nantou 54254, Taiwan.

²Department of Forestry, The Affiliated Taichung Agricultural Vocational Senior High School of National Chung Hsing University, 283 Taichung Rd., Taichung 40146, Taiwan.

³Retiree of Experimental Forest of National Taiwan University., 4-5 Hsiaping Rd., Zhushan Town, Nantou 55764, Taiwan.

⁴Botanical Garden Division, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

⁵Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, 1 Shuefu Rd., Neipu Township, Pingtung 91201, Taiwan.

⁶Graduate Institute of Bioresources, National Pingtung University of Science and Technology, 1, Shuefu Rd., Neipu Township, Pingtung, 91201, Taiwan.

¹ 林務局南投林區管理處 54254 南投縣草屯鎮史館路 456 號

² 國立中興大學附屬臺中高級農業職業學校 40146 臺中市臺中路 283 號

³ 臺灣大學實驗林管理處退休人員 55764 南投縣竹山鎮下坪路 4-5 號

⁴ 林業試驗所植物園組 10066 臺北市南海路 53 號

⁵ 國立屏東科技大學森林系 91201 屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號

⁶ 國立屏東科技大學生物資源研究所 91201 屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號

* Corresponding authors : silyvia0227@gmail.com

*通訊作者：silyvia0227@gmail.com

Abstract

Hibiscus asper Hook. f. (Malvaceae), a native to tropical Africa, has recently been found in abandoned lands of central Taiwan. The species is distinguishable by its stems with sparse pricks, the calyx with dense bristles and red protuberances, light yellow flowers with a red-purple center, and the hilum of seed surrounded by hairs. Line-drawing, photographs and a distribution map of this newly naturalized species are provided to aid its identification.

摘要

糙葉木槿原產於熱帶非洲，近期於臺灣中部廢耕地發現。本種辨識特徵為莖具稀疏的刺毛，花萼密生刺毛與紅色突起，花淡黃色中央為紫紅色，種臍周圍生有毛。本文提供該種植物的手繪圖、彩色照片及分布地點供識別之用。

Key words: *Hibiscus asper* Hook. f., Malvaceae, newly naturalized, Taiwan

關鍵詞：糙葉木槿、錦葵科、新歸化、臺灣

Received: December 10, 2013

Accepted: May 28, 2014

收件日期：2013年12月10日

接受日期：2014年05月28日

Introduction

The genus *Hibiscus* Linnaeus belongs to the family Malvaceae. It comprises about 200 species distributed in tropical and subtropical areas (Tang *et al.* 2007). Most species of this genus are of economic importance as fibers, ornamentals, medicine, victuals and cosmetic products (Holland 1918, Ayanbamiji *et al.* 2012). According to records, only seven species have been recorded in Taiwan (Chang 1993, Yeh 2005). Recently in 2013, two newly naturalized

species of this genus have been added (Liu *et al.* 2013, Wang and Li 2013). Besides the nine species recorded, another newly naturalized species *Hibiscus asper* Hook. f. was also found in central Taiwan during our field research.

H. asper was described in 1849 by J. D. Hooker from the specimen collected in Sierra Leone (Sprague 1913). Later, *H. asper* was reduced along with other species to *H. cannabinus* by Masters in 1868 (Sprague 1913). Hochreutiner in 1900 progressed further more in extending the category of *H. cannabinus*, which

he considered to be very variable. The study of the material of the Kew Herbarium shows that *H. asper* can be distinguished from *H. cannabinus* by several characteristics - the repand lobing of the leaf segments, the small subglobose capsule, and the smaller but more rounded minutely and densely tubercled seeds with a setose sinus, all of which warrant its restoration to its own rank (Sprague 1913). *H. asper* is native and widespread in tropical Africa, from Senegal to Ethiopia, Angola, Zambia, Mozambique and Madagascar (Sprague 1913, Hutchinson and Dalziel 1931, Wilson 1999). It is a weed species that grows in abandoned farm fields, savannas, grassland, river alluvium, moist rock basins and edges of gallery forest. However, *H. asper* has not been recorded in Asia before.

In recent two years (2012–2013), there have been at least five recorded localities of this species in central Taiwan. Based on the fact, we believe that its population has survived in abandoned fields and reproduced without continuing human efforts and that this species has been naturalized. Characteristics of this newly naturalized species are described and illustrated below.

Taxonomic treatment

Hibiscus asper Hook. f., Niger. Fl.: 228. 1849; Wilson in Bull. Nat. Hist. Mus. 29: 68. 1999. 糙葉木槿 (Figs. 1, 3 A–F).

H. cannabinus auct. non Masters in Oliv. Fl. Trop. Afr. Vol. 1: 204. 1868; Hochreutiner in Annuaire Conserv. & Jard. Bot. Genève, Vol. 4:

114. 1900.

Herbs up to 1.3 m tall. Stems sparsely aculeate or with fine, simple to stellate hairs; branches well-developed or not, often becoming very short on distal end of stems or aged ones; stipules narrowly lanceolate, 0.3–0.4 cm long, often red, shortly pubescent; petioles 0.5–5 cm long, with pubescence like that of the stems and a more dense pubescent line on upper side; blades variable in size and shape, those on general stem and branches 5–9 cm long, rhombic, deeply 3–5-lobed, lobes 0.8–1.3 cm wide, those on shortened axile branches 2–5 cm long, strap-like or lanceolate, 0.5–1 cm wide, simple or shallowly 2–3-lobed, the abaxial surface with simple to tessellate bristles on ribs and veins, more sparse and shorter on adaxial surface, the margin serrate or irregularly fine toothed, the nectary on the rib 0.1–0.15 cm long, pigmented when fresh, slit-like when dry. Flowers solitary, axillary, 2–2.8 cm long, 2.8–3.2 cm across; peduncles 0.2–0.5 cm long, articulating at base, with strait simple bristles; involucellar bracteoles often 9, rarely 7–11, lanceolate, 0.5–0.8 cm long, 0.2–0.25 cm wide, with simple bristles; calyx 1.2–1.4 cm long, the lobes broadly lanceolate, 0.38–0.42 cm wide, with long or short bristles, the bristles arising from a dark red and swollen base; corolla light yellow with a red-purple center, petals obliquely triangular-obovate, 2.7 cm long, 2.3 cm wide, minutely and shortly pubescent on adaxial side and margin, glabrous abaxially; staminate column 0.6–0.8 cm long, orange-red, filament 0.03–0.1 cm long; anther 2-celled; pistil ca. 1.5

cm long, style 5-branched at apex, branches ca. 1 mm long, exposed beyond the staminate column, purple-red and minutely tessellate above, glabrous and light colored below, stigma purple-red, with minute spine hairs, ovary sub-conic, with long antrorse bristle hairs, 0.4–0.5 cm tall, 0.4–0.5 cm in diameter. Fruit a capsule, included, enveloped with persistent calyx and epicalyx before ripen, compressed globose, ca. 1.3–1.5 cm tall, 1.5–1.8 cm in diameter, carpels 5, loculicidal dehiscent, covered with long compressed hairs; seeds many, subreniform, ca. 4.2–4.8 × 3.8–4 × 2 mm, brown or dark brown, with sub-concentric striations and minute protuberances 0.1–0.3 mm long, the hilum minute, dark brown, surrounding with longer hairs to 3–4 mm long.

Specimens examined: Taiwan, Yunlin County, Mailiao Township, 17 Nov. 2012, *Lee C. T.* 066 (PPI); same locality, 12 Jan. 2013, *Lee C. T.* 087 (TAIF), 090 (TAI); Linnei Township, 12 Jan. 2013, *Lee C. T.* 091 (TAIF); Mailiao Township, 2 Nov. 2013, *Lee C. T.* 122 (TAIF), Baozhong Township, 4 Nov. 2013, *Lee C. T.* 129 (TAIF); Taixi Township, 4 Nov. 2013, *Lee C. T.* 131 (TAIF); Changhua County, Fangyuan Township, 4 Nov. 2013, *Lee C. T.* 134 (TAIF). Herb. Kew. No. K000240761, K000240763, photo! Herb. HNBU. No. 01583, photo!

Distribution: *H. asper* widely occurs in tropical Africa and Madagascar (Sprague 1913, Wilson 1999). In Taiwan, *H. asper* occurs in the western Yunlin County near the seashore and in the east Yunlin County near the Nantou and Changhua County (Fig. 2). It also occurs in

Changhua County. The species is found on the roadsides and abandoned lands. There are more than ten individuals in the Taiwanese locations mentioned above.

Note: *H. asper* is close to *H. cannabinus* (Fig. 3 G–J) (Hutchinson and Dalziel 1931, Wilson 1999), but can be distinguished by some morphological characteristics. A further detailed comparison of the two species is made in Table 1.

Acknowledgments

We are indebted to Ms. Fang-Ting Liu and Hsiao-Yun Chang (The Affiliated Taichung Agricultural Vocational Senior High School of NCHU) for revising the English writing. Thanks are also given to Mr. Chang-Lang Liu for offering information and support of fieldwork.

Literature Cited

- Ayanbamiji, T. A., O. T. Ogundipe and J. D. Olowokudejo. 2012. Taxonomic significance of the epicalyx in the genus *Hibiscus* (Malvaceae). *Phytologia Balcanica* 18(2): 135–140.
- Chang, C. E. 1993. *Hibiscus*. In: Huang, T. C., C. F. Hsieh, Z. Y. Li, H. C. Lo, H. Ohashi, C. F. Shen, J. C. Wang and K. C. Yang (eds.), *Flora of Taiwan* 2nd ed. 3: 742–743. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Dept. Bot. National Taiwan University, Taipei.
- Hochreutiner, B. P. G. 1900. Revision du genre *Hibiscus*. In: Georg & Cie (editeurs),

- Annuaire de Conservatoire & du Jardin Botaniques de Genève 4: 114-115. Genève, Conservatoire botanique, Francs.
- Holland, J. H. 1918. Miscellaneous Notes: XXIV - *Hibiscus cannabinus* in Nigeria. Bulletin of miscellaneous information. pp. 214-215. Royal Botanic Gardens, Kew. His Majesty's Stationery Office, London.
- Hooker, J. D. 1849. Flora Nigritiana. p.228. In: Hooker, W. J. *et al.* (eds.), Niger Flora. H. Bailliere. London.
- Hutchinson, J. and J. M. Dalziel 1931. *Hibiscus*. In: Flora of West Tropical Africa, 2nd ed. 1: 343-348. The Crown Agents for the Colonies, London.
- Liu, H. Y., C. M. Wang, and Y. H. Tseng. 2013. *Hibiscus cannabinus* L. (Malvaceae), A newly naturalized plant in Taiwan. Quarterly Journal of Forest Research. 35(1): 15-22.
- Masters, M. T. 1868. Malvaceae. In: Oliver, D. (ed.), Flora of Tropical Africa. 1: 204-205. L. Reeve & Co, Ashford.
- Sprague, T. A 1913. Miscellaneous Notes: LXI - *Hibiscus asper*. Bulletin of miscellaneous information. pp. 418-419. Royal Botanic Gardens, Kew. His Majesty's Stationery Office, London.
- Tang, Y., M. G. Gilbert and L. J. Dorr. 2007. *Hibiscus*. In: Wu Z. -Y. *et al.* (eds.), Flora of China 12: 286-294. Missouri Botanical Garden Press, Saint Louis.
- Wang, C. M. and C. Y. Li. 2013. *Hibiscus panduriformis* Burm. f. (Malvaceae), A newly naturalized plant in Taiwan. Journal of the National Taiwan Museum. 66(2): 47-54.
- Wilson, F. D. 1999. Revision of *Hibiscus* section *Furcaria* (Malvaceae) in Africa and Asia. In: Short, M. J. (ed.), Bulletin of the Natural History Museum, Botany Series 29(1): 48-79. London.
- Yeh, D. M. 2005. Invasive and Alien species in Taiwan. p.63. Taiwan Forestry Research Institute, Taipei.

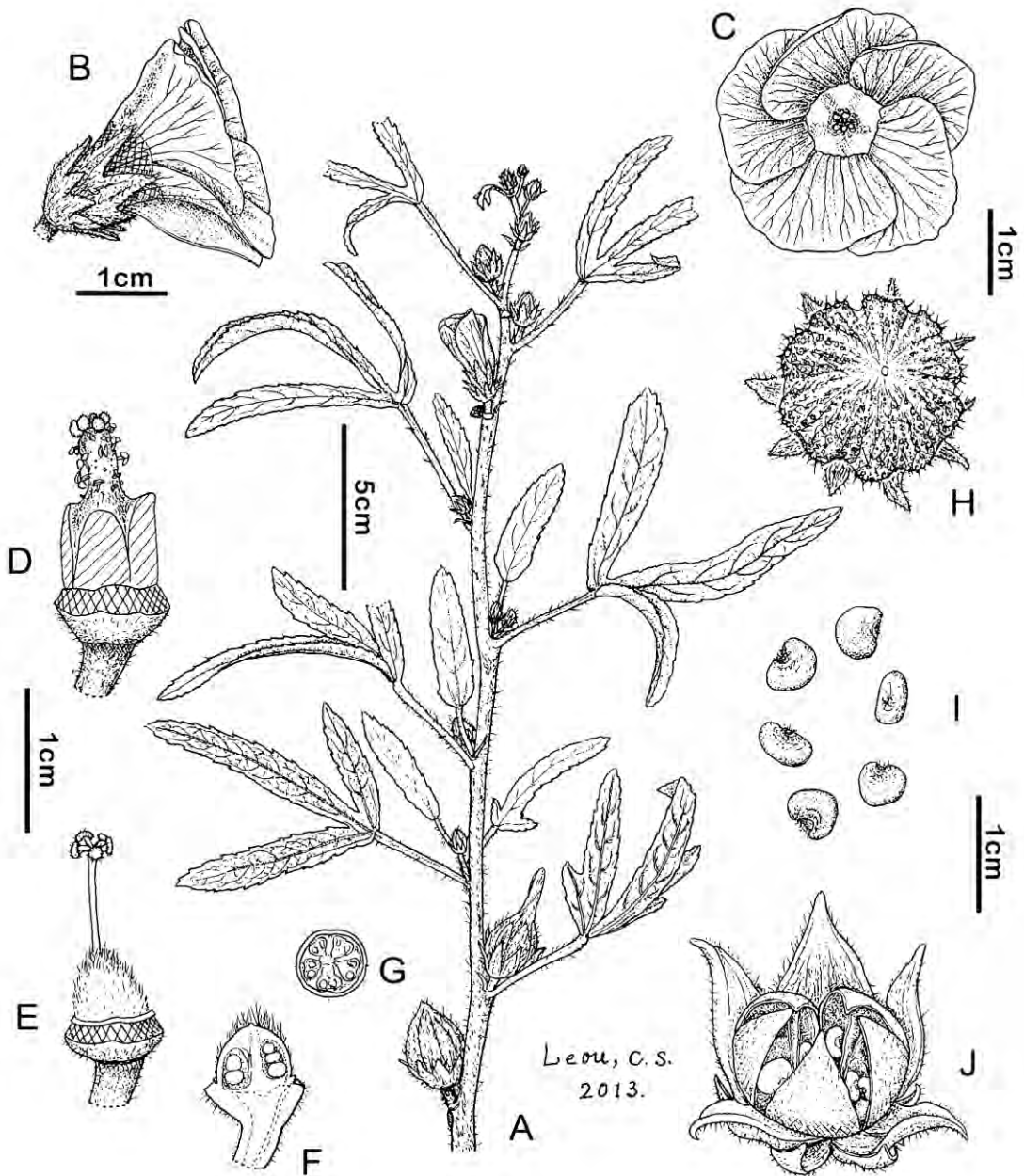


Fig. 1. *Hibiscus asper* Hook. f. A: Flower branch. B: Flower, side view. C: Flower, front view. D: Stigma and staminal column, side view. E: Pistil, side view. F: Ovary and receptacle, longitudinal section. G: Ovary, cross section. H: Immature fruit. I: Seeds, various view. J: Mature capsule with persistent calyx and epicalyx.

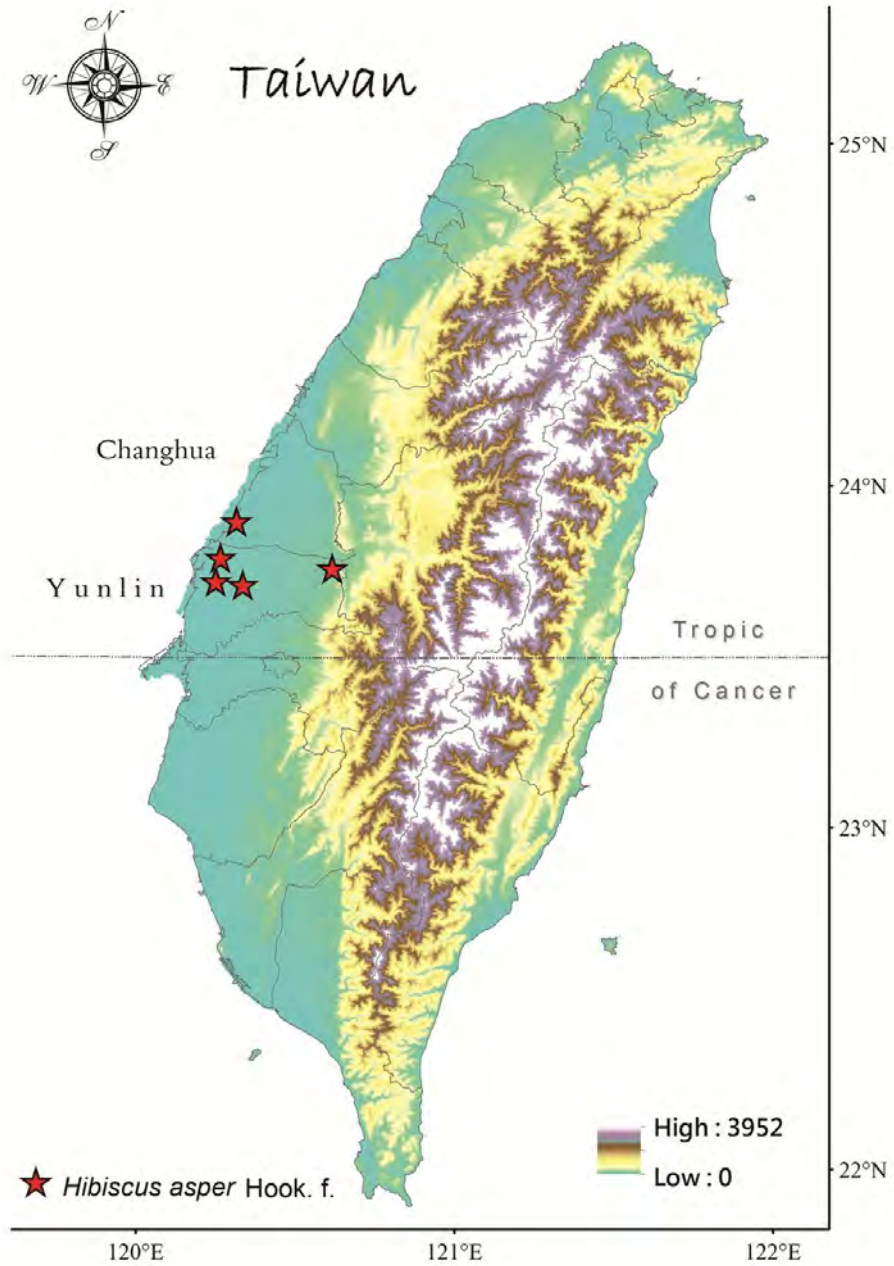


Fig. 2. Distribution of *Hibiscus asper* Hook. f. in Taiwan.

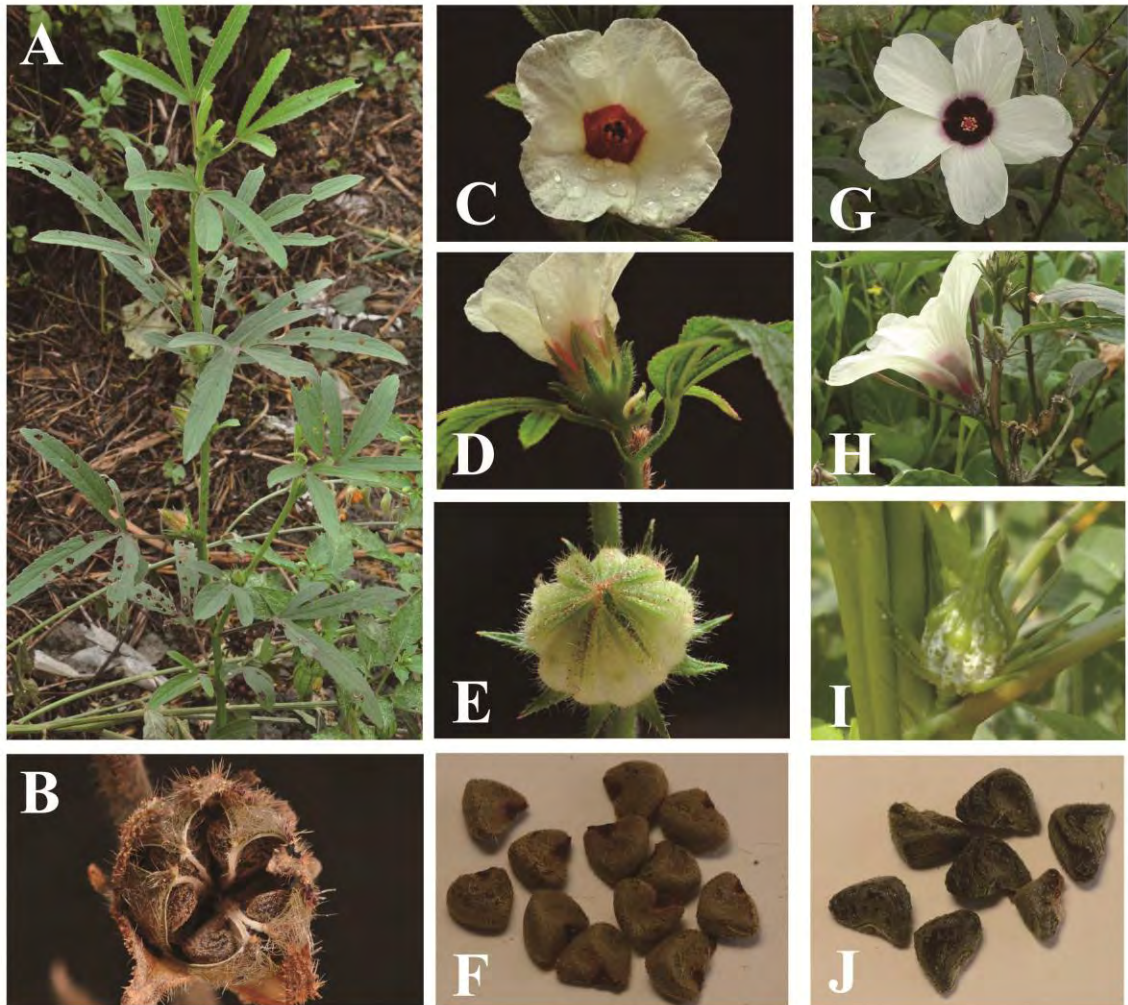


Fig. 3. Photographs of *Hibiscus asper* Hook. f. (A–F) and *H. cannabinus* L. (G–J). A: Habit. B: Mature capsule with persistent calyx and epicalyx. C: Flower. D: Flower, side view. E: Immature fruit. F: Seeds. G: Flower. H: Flower, side view. I: Immature fruit. J: Seeds. (Photos G–J by courtesy of Mr. Chang-Lang Liu)

Table 1. Main differences in morphology between *H. asper* and *H. cannabinus* (Hutchinson and Dalziel 1931; Wilson 1999; Liu *et al.* 2013)

Characters	<i>H. asper</i>	<i>H. cannabinus</i>
Stems	surface with sparse pricks	smooth surface or surface with few pricks
Calyx	dense bristles, and bristles arising from the dark red and swollen base	spiny and white tomentose, each with a gland at base
Flowers	light yellow with a red-purple center; petal triangular-obovate	off-white, cream, or various shades of purple with a deep purple center; petal oblong-obovate
Fruits	the hilum of seed surrounded by hairs	the seeds with glabrous hilum

頂頭花—台灣一種常被誤認的稀有唇形科植物

Platostoma hispidum (L.) A. J. Paton, a rare mint in Taiwan

楊厝寮¹ 謝宗欣^{2,*}

Reckon Yang¹ and Tsung-Hsin Hsieh^{2,*}

¹合手公司 80764 高雄市三民區光裕路 45 號 5 樓

²台南大學生態科學與技術學系 70005 台南市樹林街二段 33 號

¹Her Sho Company, Kaohsiung, Taiwan

²Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan, Tainan, Taiwan

*通訊作者：thhsieh@mail.nutn.edu.tw

*Corresponding author: thhsieh@mail.nutn.edu.tw

摘 要

頂頭花 (*Platostoma hispidum* (L.) A. J. Paton) 為唇形科植物，廣泛分布於中國、印度、東南亞等地區。日治時期本種被發現分布於台灣南部，此後未見採集紀錄，目前台灣各標本館中鑑定為本種的標本，大多為球花香薷 (*Elsholtzia strobilifera* Benth.) 或其他種類之錯誤鑑定。最近在台南的野外採集到本種植物，分布於烏山頭地區低海拔山區林緣。本文根據國外研究更正本種學名，描述其分類特徵，提供照片和分布資料，並首次報導其花粉為 6 溝花粉，表面具網狀紋飾。

Abstract

Platostoma hispidum (L.) A. J. Paton belonging to the mint family (Lamiaceae) is widely distributed in tropical regions of China, India and SE Asia. It was first collected from south Taiwan in 1905. Because of its rarity, no specimen has been collected since then. It is often misidentified in the herbarium of Taiwan. In a recent plant survey, we found a wild population of *Platostoma hispidum* in Wu-shan-tou

area, Tainan City in southern Taiwan. This report provides a botanical description of *Platostoma hispidum* with color photographs and SEM microphotographs of its pollen grains and nutlets, as well as its taxonomic notes and distribution range in Taiwan.

關鍵詞：頂頭花、唇形科、分類學、台灣

Key words: *Platostoma hispidum*, Lamiaceae, taxonomy, Taiwan

收件日期：2013 年 12 月 24 日

接受日期：2014 年 05 月 30 日

Received: December 24, 2013

Accepted: May 30, 2014

前 言

頂頭花 (*Platostoma hispidum* (L.) A. J. Paton) 為唇形科的一年生草本植物，輪繖花序多花，多數密集排列，頂生成球狀或頭狀，其下常有成對的苞片。台灣植物誌稱本種為頂頭花或團花草 (Huang and Cheng 1978)，中國植物志稱本種為尖頭花 (Wu and Li 1977)，這些名稱皆指本種具有頂生成球狀的花序。本種廣泛分布於中國、印度和東南亞等熱帶地區，台灣最早在 1905 年被日人中原源治採自臺南的 Tikuchishisho (*G. Nakahara 5970*)，1911 年早田文藏根據此標本將其發表為 *Acrocephalus capitatus* Benth. (Hayata, 1911; 1918)。Sasaki (1928) 認為 *Acrocephalus indicus* (Burm. f.) O. Ktze 和前述的學名為同種植物，因後者的基本名 *Prunella indica* Burm. f. 發表年代較早，選用 *Acrocephalus indicus* (Burm. f.) O. Ktze 為頂頭花的學名。此後，多位學者均使用此學名，但皆未引述新採自台灣的標本 (Sasaki 1928; Mori 1936; Wu and Li 1977)。

台灣植物誌第一版和第二版的唇形科中

也是使用此學名，引證標本來自阿里山和玉山地區 (Mt. Alishan, *Huang 1761*; Yushan, *Sasaki s. n.* Dec. 7, 1933) (Huang and Cheng 1978; Huang *et al.* 1998)，但此二份標本花序每一節的兩枚苞片合生成環狀，而且採自中部中高海拔地區，明顯與頂頭花不同，應歸類為球花香薷 (*Elsholtzia strobilifera* Benth.) (Hsieh and Huang 1998)。作者檢視台灣大學生命科學系植物標本館(TAI)，中央研究院植物標本館(HAST)，林業試驗所植物標本館(TAIF)等標本館內，鑑定為 *Acrocephalus indicus* (Burm. f.) O. Ktze 的標本，大多數為球花香薷或其他種類之錯誤鑑定，並未發現真正頂頭花枝標本。綜上而言，台灣的頂頭花從 1905 年被採集後，再無確切的採集紀錄或標本，中國植物志 (Wu and Li 1977; Li and Hedge 1994) 及鄰近區域的植物誌 (Keng 1969; Hedge 2011) 皆未提及本種分布於台灣。因為本種在台灣的族群分布地點和數量皆不清楚，在台灣維管束植物紅皮書中被評定為資料不足 (DD) 級 (王等 2012)。但台灣唇形科植物田代氏鼠尾草 (*Salvia tashiroi* Hayata) 在日治時期被採集後，經過一

百多年再被重新採集到的案例（謝等 2010），或許本種仍可能存在台灣有待發現。

另一方面，本種的學名亦常遭更迭。根據 Nicolson and Sivadesen (1980) 的研究指出 *Acrocephalus indicus* (Burm. f.) O. Ktze 的基本名 *Prunella indica* Burm. f. 發表年代為 1768 年；可是林奈在 1763 年亦曾命名本種，但將其置於莧科假千日紅屬(*Gomphrena*)，學名為 *Gomphrena hispida* L. (1763 年)。Nicolson and Sivadesen 根據優先權原則，選用 *Gomphrena hispida* L. 為最早合法名，並將其轉移成 *Acrocephalus hispida* (L.) Nicolson & Sivadesen (Nicolson and Sivadesen 1980)；此

學名並為後來出版的巴基斯坦植物誌所採用 (Hedge 2011)。

此外，Paton (1997) 研究本屬及相近屬的分類，認為 *Acrocephalus* 屬的特徵並無法和 *Platostoma* 屬完整區分，因此將 *Acrocephalus* 屬併入 *Platostoma* 屬內，並將本種新組合為 *Platostoma hispida* (L.) A. J. Paton (Paton 1997)。

本文第一作者於 2012 年和 2013 年在台灣南部烏山頭地區採獲此種植物 (圖 1)。本文根據文獻、標本和野外實地調查等資料，報導本種於台灣的分布及其相關特性。



圖 1. 頂頭花的植株形態(A)、花序(B) 和花(C)。

Fig. 1. Habit (A), inflorescence (B) and flowers (C) of *Platostoma hispida* (L.) A. J. Paton from Taiwan.

材料與方法

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

植物描述

頂頭花

Platostoma hispidum (L.) A. J. Paton, Kew Bulletin 52:273. 1997.

Gomphrena hispida L., Sp. Pl. ed. 2. 326. 1763.

Acrocephalus hispidus (L.) Nicolson & Sivadesen in Taxon 29: 324. 1980; Hedge, Fl. Pakistan 289. 2011.

Acrocephalus capitatus Benth. in Edward's Bot. Reg. Sub t. 1300; Hayata, Mat. Fl. Form. 224. 1911; Gen. Ind. Fl. Form. 56. 1917; Icon. Pl. Form. 8:109. 1919.

Acrocephalus indicus (Burm. f.) O. Ktze. Rev. Gen. Pl. 511. 1891; Sasaki, List Pl. Formos. 354. 1928; Mori in Masamune, Short Fl. Formos. 182. 1936; H. Keng in Gard. Bull. Singapore 24: 26, f. 2a-g. 1969; Wu & Li, Fl. Reipubl. Popul. Sin. 66: 551. 1977; Huang & Cheng, Fl. Taiwan 4: 441. 1978; Li & Hedge, Fl. China 17: 295. 1994; Huang *et al.*, Fl. Taiwan 2nd ed. 4: 434. pl. 182. 1998.

Prunella indica Burm. f. Fl. Ind. 130. 1768.

一年生草本，高 20-100cm。莖四稜形，多分枝，分枝纖細，無毛或兩側疏被柔毛。葉對生，披針形或卵圓形，1.2-5cm 長，0.5-1.2cm 寬，先端鈍形，基部漸狹下延，邊緣疏生鋸齒，薄紙質，上面綠色，近無毛，下面沿中肋及側脈疏生短毛，散布腺點，側脈 4-5 對，下表面微隆起；葉柄長 0.2-0.7cm。輪繖花序多花，多數密集排列組成球狀或橢圓狀的頭狀花序；輪繖花序其下有成對苞片；苞片扇形，先端銳尖，無柄，內凹，長約 3mm，遠軸面基部密被長柔毛。花萼管狀，長約 1.5mm，外被疏柔毛，內面無毛，二唇形，上唇單一，全緣，寬大而伸長，下唇短，具 4 齒，尖三角形，具緣毛，果時花萼增大，長 3mm，管狀，基部囊狀增大，喉部略收縮。花冠白色，長約 2mm，冠筒喉部鐘形增大，二唇形，上唇 2 裂，下唇 3 裂。雄蕊 4 枚，前對較長，插生于花冠喉部，花藥卵圓形。花柱先端 2 淺裂。小堅果長橢圓形，長約 1mm，黑褐色，光滑，表面具長方形網格狀條紋。

花期：9-10 月

果期：11 月

分布：廣泛分布於中國、印度、緬甸、泰國、越南、馬來西亞、印尼和菲律賓等地區。台灣目前僅知分布於台南烏山頭地區，生於林緣陽光充足處。

觀察標本：台南市：烏山頭，果園林緣，海拔約 80m，3 Oct. 2012, L. H. Yang 445 (TAIE, 特有生物研究保育中心植物標本館); 10 Oct. 2013, T. H. Hsieh 3105 (NUTN, 台南大學生態科學與技術學系標本室)。

註：本種植物花冠上下 2 唇形，對於上下唇裂片數目有不同的描述。有描述為上唇 4 裂，下

唇 1 裂者 (Keng 1969; Wu and Li 1977; Li and Hedge 1994)；但觀察台灣的新鮮植物，花冠明顯呈現為上唇 2 裂片，下唇 3 裂片 (如圖 1C)。

本種花粉球狀縱橢圓形 (Prolate spheroidal)，具 6 溝，溝細長，表面具網狀紋飾，網眼內有明顯之圓柱層 (圖 2A-C)。

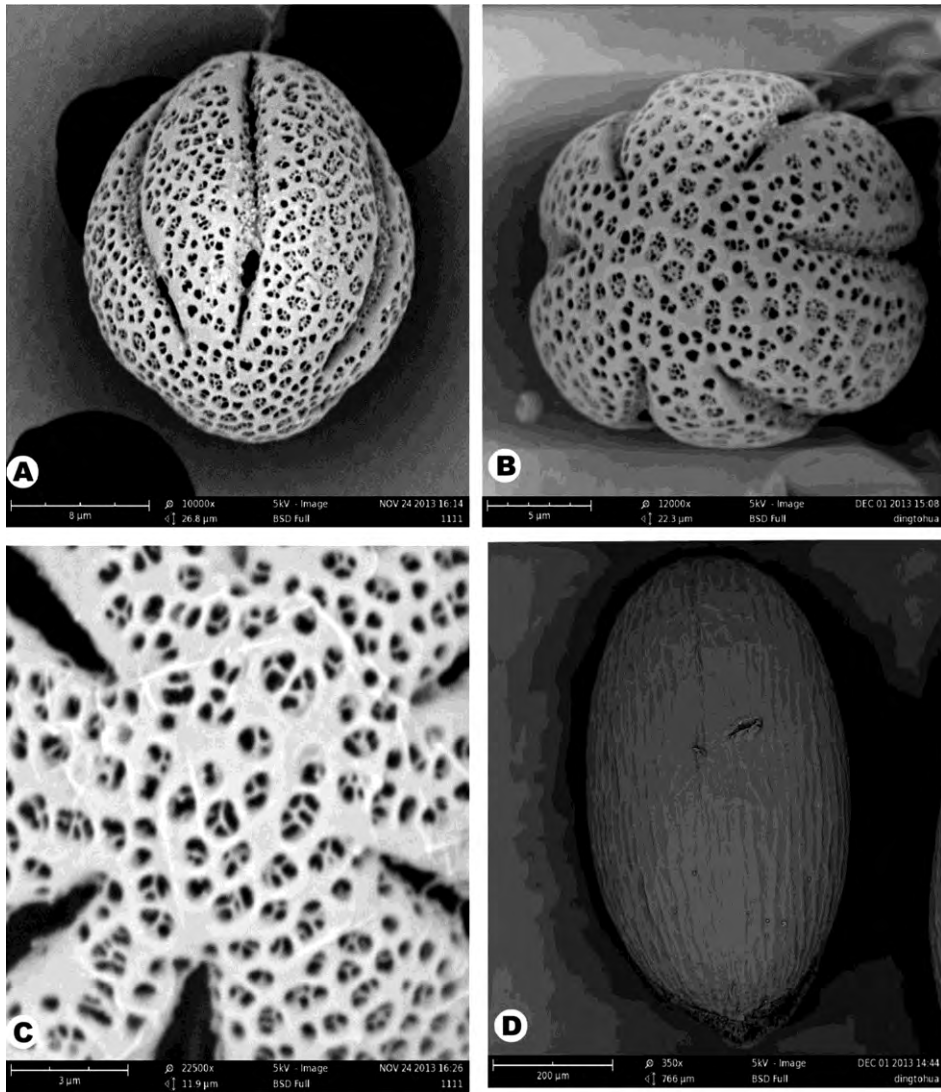


圖 2. 頂頭花之花粉和小堅果掃描式電子顯微鏡照相圖。A: 花粉赤道面和網狀的外壁紋飾；B 和 C: 花粉極面 6 溝和網狀的外壁紋飾；D: 小堅果表面具長方形突起紋飾。

Fig. 2. SEM micrographs of the pollen grain and nutlet of *Platostoma hispidum* (L.) A. J. Paton from Taiwan: A, equatorial view of a pollen grain with reticulate tectum; B and C, polar view showing a 6-colpate pollen grain with reticulate tectum; D, a nutlet with rectangular ridges on seed surface.

頂頭花廣布於亞洲熱帶地區，印度，緬甸，泰國，寮國，越南經馬來西亞至印尼、菲律賓和中國。台灣為本種最北的分布區，日本植物誌中並無本種之紀錄（Murata and Yamazaki 1993）。

本種在中國境內生於稻田間，有時亦出現於林緣、竹叢及溝邊，海拔在 100-1800 m 之間（Wu & Li 1977；Li and Hedge 1994）。台灣分布於台南烏山頭地區，生於龍眼果園邊緣陽光可直射處，地被植物以香澤蘭（*Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob.）和小花蔓澤蘭（*Mikania micrantha* H. B. K.）最佔優勢，其他常見植物有假木豆（*Dendrolobium triangulare* (Retz.) Schindler）、大葉兔尾草（*Uraria lagopodioides* (L.) Devs. ex DC.）、大葉山螞蝗（*Desmodium gangeticum* (L.) DC.）、排錢樹（*Phyllodium pulchellum* (L.) Desvvaux）、野黃豆（*Teramnus labialis* (L. f.) Spur.）、毛細花乳豆（*Galactia tenuiflora* var. *villosa* (Wight & Arn.) Baker）、娥房藤（*Jacquemontia paniculata* (Burm. f.) Hall. f.）、白花牽牛（*Ipomoea sinensis* (Desr.) Choisy）、白花草（*Leucas mollissima* Wall.）和羞禮花（*Biophytum sensitivum* (L.) DC.）等多種植物。

2013 年在此生育地中頂頭花數量不超過 20 株，十分稀少，且常被外來植物所遮蔽，競爭上明顯處於不利的地位。推測台灣可能因為氣候較熱帶地區冷，因而族群不易擴張；其次是低海拔地區大量被開發導致生育地破壞，再加上目前此生育地更面臨外來種強勢入侵，以致目前甚為少見，有嚴重瀕臨滅絕之危機，建議將其列為嚴重瀕臨滅絕等級（Critically Endangered, CR）。

謝 誌

感謝台南大學生態科學與技術學系謝婷卉小姐在操作電子顯微鏡及拍照上的協助；二位審查委員費心審閱全文並提供諸多寶貴意見，使本文更加完善，謹此至上無限謝意。

引用文獻

- 王震哲、邱文良、張和明、許再文、郭長生、彭鏡毅、楊國禎、劉和義、謝長富。2012。臺灣維管束植物紅皮書初評名錄。行政院農委會特有生物研究保育中心。
- 謝宗欣、江伯毅、謝春萬、葉慶龍、陳建文。2010。台灣稀有的唇形科植物—田代氏鼠尾草的再發現。台灣生物多樣性研究 12: 73-82。
- Erdtman, G. 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. The Chronica Botanica Co. Waltham, Mass., USA. pp. 539.
- Hayata, B. 1911. Labiatae. Materials for a Flora Formosa. Journal of the College of Science, Imperial University Tokyo 30: 224.
- Hayata, B. 1918. Labiatae. Icones Plantarum Formosanarum. 8:109.
- Hedge, I. C. 2011. Labiatae. In: E. Nasir and S. I. Ali (eds). 1980-2005. Fl. Pakistan. University of Karachi, Karachi.
- Hsieh, T. H. and T. C. Huang. 1998. Notes on the flora of Taiwan (32) — Miscellaneous notes on Lamiaceae of Taiwan. Taiwaniana 43:38-58.
- Huang, T. C. 1972. Pollen Flora of Taiwan. National Taiwan University Botany Department Press. Taipei. Taiwan. pp. 297.

- Huang, T. C. and W. T. Cheng. 1978. Labiatae. *In*: H. L. Li *et al.* (eds.). Flora of Taiwan 4: 439-529. Epoch Publishing Co., Ltd., Taipei.
- Huang, T. C., T. H. Hsieh and W. T. Cheng. 1998. Labiatae. *In*: T. C. Huang *et al.* (eds.). Flora of Taiwan, 2nd ed. 4: 432-548. Editorial Committee, Dept. Bot., National Taiwan University, Taipei.
- Keng, H. 1969. Flora Malesianae Procursores XLVIII. A revision of Malesian Labiatae. Gardens' Bulletin, Singapore 24: 13-180.
- Li, X. and I. C. Hedge. 1994. Lamiaceae. *In*: Z. Wu and P. H. Raven (eds.). Flora of China 17: 50-299. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- Mori, K. 1936. Labiatae. *In*: G. Masamune (eds.). Short Flora of Formosa. pp. 182-187.
- Murata, J. and T. Yamazaki. 1993. Lamiaceae. *In*: K. Iwatsuki, T. Yamazaki, D. E. Boufford and H. Ohba (eds.). Flora of Japan, Vol. 3(a), Kodansha, Tokyo, pp. 272-321.
- Nicolson, D. H. and M. Sivadesen. 1980. Identification of *Gomphrena hispida* Linnaeus with *Acrocephalus* (Lamiaceae). Taxon 29: 324-325.
- Paton, A. J. 1997. Classification and species of *Platostoma* and its relationship with *Haumaniastrum* (Labiatae). Kew Bulletin 52: 257-292.
- Paton, A. J. 2003. Ociminae. *In*: K. Kubitzki (eds.). The family and genera of vascular plants 7: 259-263. Springer-Verlag, Berlin.
- Sasaki, S. 1928. Lamiaceae. A List of Plants Formosa. Nat. Hist. Soc. Taihoku. pp. 360.
- Wu, C. Y. and Li, H. W. 1977. *Acrocephalus*. *In*: C.-Y. Wu and H. W. Li (eds.). Flora Reipublicae Popularis Sinicae 66: 550-552. Science Press. Beijing.

《台灣生物多樣性研究》稿約

壹、一般說明

- 一、《台灣生物多樣性研究》為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關生物多樣性或自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表之原創研究為限。
- 二、本刊為網路期刊，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：柳樞、徐國士。1971。台灣稀有及有絕滅危機之動植物種類。中華林學季刊 4(4): 89-96。
- 2.中、日文書籍：徐國士。1980。台灣稀有及有絕滅危機之植物。台灣省教育廳。
 - 3.中、日文彙編書籍：徐國士。1987。台灣的稀有植物。周昌弘、彭鏡毅、趙淑妙撰(編)。台灣植物資源與保育 139-157 頁。中華民國自然生態保育協會。
 - 4.英文期刊：Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.
 - 5.英文期刊：Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity : Where is it ? *Science* 255: 940.
 - 6.英文期刊：Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification for whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.
 - 7.英文書籍：Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological, approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
 - 8.英文彙編書籍：Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed.). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, People's Republic of China.

Notice to Contributors

I. General Guides:

1. The Taiwan Journal of Biodiversity is 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.