

# 目 錄

遙測應用於藤枝地區之森林干擾度偵測.....	呂明倫	01
由館藏標本探討溫度變化對臺灣熱帶及溫帶植物花期之影響.....	王玉婷、林奐宇、陳建文、王相華	15
大屯火山群大油坑硫磺噴氣口白背芒與叢枝菌根菌共生關係.....	林子超、顏江河	29
台灣水鹿啃食樹皮行為影像紀錄與其含意.....	林子佑、楊書懿、翁國精	41
臺灣的擬相手蟹與折顎蟹(十足目：短尾下目：方蟹總科)兩種新記錄.....	李政璋	49
針葉蕨在臺灣的再發現.....	張藝翰、張和明、洪信介、鄧為治、陳正為、許天銓	59
台灣產柑橘屬(芸香科)植物.....	許再文、陳祈男、何東輯	67
台灣新歸化唇形科植物—腺萼鼠尾草.....	周小春、謝宗欣	75

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 17 卷第 1 期 | 中華民國104年1月  
Vol.17, No.1 | January 2015





封面圖說／

庫氏擬相手蟹(*Parasesarma kuekentali*)抱卵母蟹。

(李政璋 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 104 年 1 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: January 2015

GPN: 2009900002

ISSN: 2076-6971

# Contents

Remote sensing for use in forest disturbance detection in Tengjih area of Taiwan.....	Ming-Lun Lu	1
Using herbarium collections to evaluate the influence of air temperature on plant flowering time in tropical and temperate Taiwan.....	Yu-Ting Wang <sup>1</sup> , Huan-Yu Lin <sup>2</sup> , Chien-Wen Chen <sup>2</sup> and Hsiang-Hua Wang <sup>1,*</sup>	15
Symbiotic relationship between <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>glaber</i> and AM fungi in Dayukeng fumarole area in Tatun volcano group.....	Tzu-Chao Lin <sup>1</sup> and Chiang-Her Yen <sup>2,*</sup>	29
Bark-stripping behavior of Formosan sambar ( <i>Rusa unicolor swinhoii</i> ) caught on camera and its implications.....	Zi-You Lin, Shu-Yi Yang and Guo-Jing Weng*	41
Two new records of <i>Parasesarma</i> De Man, 1895 and <i>Ptychognathus</i> Stimpson, 1858 (Decapoda: Brachyura: Grapsoidea) from Taiwan.....	Jheng-Jhang Li*	49
Rediscovery of <i>Vaginularia trichoidea</i> Fée (Pteridaceae) in Taiwan.....	Yi-Han Chang <sup>1</sup> , Ho-Ming Chang <sup>2</sup> , Hsin-Chie Hung <sup>3</sup> , Wei-Chih Teng <sup>4</sup> , Cheng-Wei Chen <sup>5</sup> , and Tian-Chuan Hsu <sup>5,*</sup>	59
Notes of Citrus (Rutaceae) in Taiwan.....	Tsai-Wen Hsu <sup>1</sup> , Chi-Nan Chen <sup>2</sup> and Tung-Chi Ho <sup>1,*</sup>	67
<i>Salvia occidentalis</i> Sw. – A newly naturalized West Indian sage in Taiwan.....	Hsiao-Chun Chou <sup>1</sup> and Tsung-Hsin Hsieh <sup>2,*</sup>	75

## 遙測應用於藤枝地區之森林干擾度偵測

# Remote sensing for use in forest disturbance detection in Tengjhih area of Taiwan

呂明倫\*

Ming-Lun Lu\*

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

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

\*通訊作者：alan@tesri.gov.tw

\*Corresponding author: alan@tesri.gov.tw

### 摘 要

當今全球氣候異常的趨勢下，研究有關森林干擾度偵測的方法，可瞭解森林在不同時間與空間受干擾的程度，有助於經營管理策略的施行。本研究目標係挑選位於藤枝地區之特有生物研究保育中心所轄中海拔試驗站及其周邊範圍作為研究區，建立一以遙測為基礎的偵測指標，用於評估森林受干擾的程度。首先蒐集受天然災害影響之前期及後期(2009 與 2013 年)Landsat 影像，利用混合式分類法與變遷分析等影像處理技術，瞭解研究區土地覆蓋變遷之情形，再利用常態化差異土壤指標(normalized difference soil index)、植生指標(normalized difference vegetation index)及水指標(normalized difference water index)等 3 種光譜反射指標的組合運算，獲取干擾度指標(disturbance index, DI)。研究結果顯示，本研究所建構之 DI 可有效地偵測森林受干擾的程度，另一方面，未來亦可作為自然保育策略執行成效之監測工具。

### Abstract

The detection of forest disturbance is important in research under global climate anomaly. It is also

useful for identifying spatial and temporal trends in forest management. Our goal here was to create a remote-sensing-based index in order to assess forest disturbances in medium altitude experimental station of Endemic Species Research Institute and surroundings with in Tengjih area. First, we applied Landsat images before and after natural disaster (2009 and 2013) with a hybrid classification and change analysis to understand land-cover changes within the study area. Second, the disturbance index (DI) was tested, which was a novel combination of the three spectral reflectance indices, normalized difference soil index, vegetation index and water index. Results revealed that the DI not only can efficiently detect forest disturbances but also provide an important tool for monitoring the success and failure of conservation efforts in the future.

**關鍵詞：**干擾度指標、土地覆蓋變遷、中海拔試驗站、天然災害、光譜反射指標

**Key words:** disturbance index, land-cover changes, medium altitude experimental station, natural disaster, spectral reflectance indices

收件日期：2014 年 06 月 19 日      接受日期：2014 年 07 月 26 日

Received: June 19, 2014

Accepted: July 26, 2014

## 緒 言

根據 1995 年林務局第 3 次森林資源調查報告，台灣本島森林面積約占全島土地面積的 58%，不僅孕育了豐富的生物多樣性，更為全民提供國土保安、水源涵養、休閒遊憩及林產物利用等服務功能，故森林可稱為台灣之命脈。然而，全球環境受溫室氣體濃度攀升的影響，碳循環的運作受到改變，伴隨而來的是，氣溫持續上升、降雨型態異常、極端天氣事件的頻率與強度不斷增加，例如 2009 年 8 月侵台的莫拉克(Morakot)颱風，所挾帶的超大豪雨，在短短數日之中重創台灣全島，尤其南部山區誘發了洪水、山崩、土石流及堰塞湖等災

害，因而森林環境受到了莫大的衝擊(李等 2010; 陳等 2010; Lu *et al.* 2011; 黃等 2012)。

當森林環境一旦遭逢重大天災干擾後，往往會使森林原有的結構狀態受到改變，如林木幹折或倒伏；樹冠層受到破壞並產生孔隙；植被覆蓋面積喪失等，均會導致森林生物量及生產力的減損(Lin *et al.* 2003; Xu *et al.* 2004)。遙測(remote sensing)技術可迅速解讀大範圍的地表資訊，尤其應用於天然災害的監測上，可透過多時期之影像變遷分析，全面性掌握森林環境受干擾的過程(Lee *et al.* 2008; Mondini *et al.* 2011; 呂及何 2013)，值得一提的是，Healey *et al.*(2005)曾提出用於監測森林的干擾度指標(disturbance index, DI)，該研究乃利用纓帽轉換法(Tasseled Cap transformation, TCT, Crist and

Cicone 1984)加以推導各種地物訊息，並透過光譜波段組合運算獲取 DI，後續曾被廣泛地應用於各種不同尺度與型態(伐木、林火或土地利用轉移等)的森林干擾度評估(Kuemmerle *et al.* 2007; Masek *et al.* 2008; Hilker *et al.* 2009; Sieber *et al.* 2013)。由於 TCT 係透過經驗係數將 Landsat 光譜波段影像進行線性轉換，產生具有重要意義的地物訊息(植被、裸土或水體)，然而，缺點是多受限於特定的 Landsat 系列影像，而除 TCT 外，光譜反射指標法(spectral reflectance index, SRI)係藉由地物對光譜的反應差異取得訊息(Tucker and Sellers 1986; McFeeters 1996)，與 TCT 同屬地物增揚技術，惟該法應用層面更加廣泛，且並不設限於某一特定的衛星影像。

特有生物研究保育中心所轄之中海拔試驗站位於台灣南部藤枝地區，該區試驗地植被覆蓋完整，動、植物資源豐富，惟在天然災害的摧殘下，森林環境發生了重大改變。誠如前段所述，TCT 偵測森林干擾度之缺憾，本研究選擇中海拔試驗地作為研究區域，嘗試整合影像分類與變遷分析技術，配合 SRI 建立監測森林干擾度之 DI(圖 1)，並探討藤枝地區受干擾的程度，期研究結果能提供災害因應及未來更多相關應用之參考。

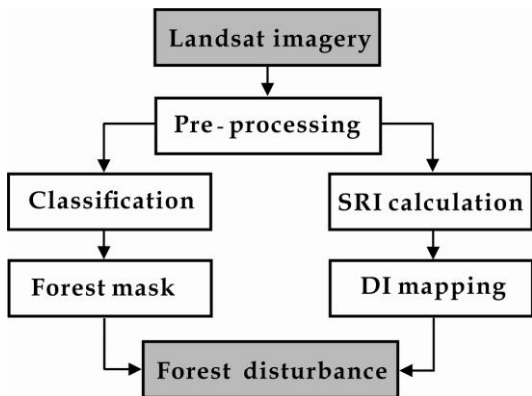


圖 1. 研究流程圖，SRI=光譜反射指標(spectral reflectance index)，DI=干擾度指標(disturbance index)。

Fig. 1. Work flow of this study (SRI=spectral reflectance index and DI=disturbance index).

## 材料與方法

### 一、研究區概述

本研究區位於高雄市桃源區寶山里藤枝地區，所轄範圍為特有生物研究保育中心中海拔試驗站管轄試驗地，屬國有林荖濃溪事業區第 57 林班，面積約 219 ha，為比較周邊地景之差異，以試驗地作為核心區，向外劃設 5 種間距 1 km 的緩衝帶(圖 1)，6 種地景範圍合計總面積約 11,000 ha。研究區內海拔介於 1,100-2,635 m，年平均溫度及雨量各別約 15°C 及 2,200 mm 以上，雨季為 5-9 月，全區土地覆蓋以天然森林為主要，由楠木類、櫟櫟類與烏心石等構成原始闊葉混合林型，主要水系有北半邊的寶來溪與南半邊的馬里山溪，境內屬高屏河流域所轄之荖濃溪集水區。

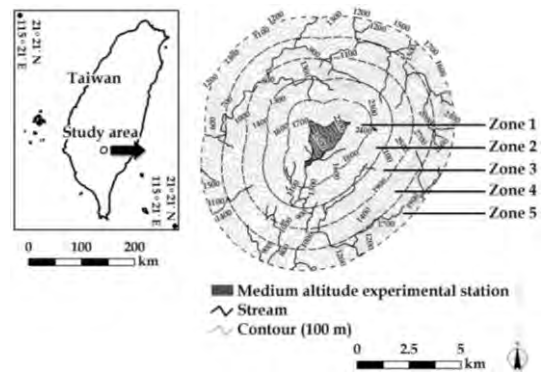


圖 2. 研究區地理位置圖。

Fig. 2. Location of study area.

## 二、研究方法

### (一) 衛星影像前處理

由美國國家地質調查所 (United States Geological Survey) 網站下載清晰、雲霧少及且已完成幾何糾正 (level 1T) 之 Landsat 衛星影像，拍攝日期選擇莫拉克颱風發生前、後期間，即 2009 年 6 月 24 日 (Landsat 5 TM) 與 2013 年 6 月 3 日 (Landsat 8)，每一像元符合地面取樣距離 (ground sampling distance, GSD) 30 m。利用暗值像元去除法 (dark-object subtraction) 減少影像受大氣散射的干擾 (Chavez 1988)，並以偽恆定地物法 (pseudoinvariant features) 進行兩種影像間的輻射相對量校正 (Schott 1988; 呂及鍾 2007)，為降低地形效應之影響，以超圓方向餘弦轉換法 (hyperspherical direction cosine transformation) 消除部份地形變異與大氣散射之雜訊 (謝及鄭 1995)。研究過程中，所有遙測影像處理程序係利用 ERDAS IMAGINE 軟體執行。

### (二) 土地覆蓋分類與變遷偵測

預設研究區之土地覆蓋為森林與非森林兩種類型，由瑞竣科技公司之雲端服務平台 (RiChi GIS Cloud) 蒐集與兩期 Landsat 影像年份相近之 Formosat 2 融合影像 (GSD=2 m)，作為地面真實參考資料，並以全球衛星定位系統 (global positioning system) 進行現地勘查。土地覆蓋分類係以 ERDAS IMAGINE 軟體進行操作，方法採混合式分類法 (hybrid classification)，即先以非監督性 (unsupervise) 之 ISODATA 法粗分 15 種類型，再參考這些類型之區域配合各年份的地真資料，建立森林、裸露地、建地、農地、草地及水體之訓練樣區 (training set)，每一類型建立 10~50 個不等，進

行監督性 (supervise) 之最大概似分類法 (maximum likelihood classification) 演算，最終，將裸露地、建地、農地、草地及水體合併為非森林，以森林與非森林兩種土地覆蓋類型呈現。

影像分類完畢後，利用分層逢機法抽取 400 個檢核樣點，每一樣點參考所蒐集之各年份地面真實參考資料，逐點比對分類正確或錯誤，並產生誤差矩陣表 (error matrix)，計算生產者 (producer's)、使用者 (user's)、總體準確度 (overall accuracy) 及 Kappa 統計值 (Congalton 1991) 等指標，用以評估準確度。

### (三) 推算森林干擾度

Healey *et al.* (2005) 所提出的 DI，係由 TCT 推導出的亮度 (brightness)、綠度 (greenness) 與濕度 (wetness) 等 3 種影像進行組合運算，依序可用來表示裸土、植被與水體等 3 種地物訊息，而本研究則利用 3 種 SRI 取得上述 3 種地物訊息，包括常態化差異土壤指標 (normalized difference soil index, NDSI)、植生指標 (normalized difference vegetation index, NDVI) 及水指標 (normalized difference water index, NDWI)，各指標計算式如下 (Tucker and Sellers 1986; McFeeters 1996; He *et al.* 2010)：

$$NDSI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR}$$

式中 SWIR、NIR、R 與 G 分別為短紅外光、近紅外光、紅光與綠光，對應 Landsat 衛星資料，各別為波段 5、4、3 與 2 影像。NDSI、

$NDVI$  與  $NDWI$  值域均介於-1 至 1 之間，愈趨近於 1 之像元，愈能分別突顯裸土、植被與水體的成分。

本研究以  $NDSI$ 、 $NDVI$  與  $NDWI$  作為變數，依據 Healey *et al.*(2005)的運算模式取得  $DI$ ，即以統計方法中的  $Z$  分數( $Z$  score)將各指標進行轉換，計算式如下：

$$NDSI_z = \frac{NDSI - NDSI_{\mu}}{NDSI_{\sigma}}$$

$$NDVI_z = \frac{NDVI - NDVI_{\mu}}{NDVI_{\sigma}}$$

$$NDWI_z = \frac{NDWI - NDWI_{\mu}}{NDWI_{\sigma}}$$

式中  $NDSI_z$ 、 $NDVI_z$  與  $NDWI_z$  為 3 種指標轉換後之  $Z$  值， $NDSI_{\mu}$ 、 $NDVI_{\mu}$  與  $NDWI_{\mu}$  為 3 種指標之平均數， $NDSI_{\sigma}$ 、 $NDVI_{\sigma}$  與  $NDWI_{\sigma}$  為 3 種指標之標準偏差(standard deviation, SD)。藉由以下公式計算即可獲得  $DI$ ：

$$DI = NDSI_z - (NDVI_z + NDWI_z)$$

由於本研究著重於森林干擾度之評估，因此，利用地理資訊系統 (geographic information system, GIS)之套疊分析，萃取 2009 與 2013 年皆為森林類型之區域(森林未改變)，並計算  $DI$  大小，當值愈高代表森林受干擾的程度愈大；愈低代表程度愈小(Healey *et al.* 2005)。為觀察不同時期的  $DI$  變化，將 2009 與 2013 年的  $DI$  影像相減( $DI_{2013} - DI_{2009}$ )，並以 ArcGIS 9.3 軟體 symbology 分類功能中的 Jenks 自然間斷法(natural breaks)作適當分級，用於後續比較 6 種地景範圍(圖 2)經天然災害後，森林受干擾的程度。

## 結 果

### 一、土地覆蓋分類與變遷

2009 年與 2013 年 Landsat 影像經分類後，產生森林與非森林兩種土地覆蓋類型，分類後所抽取的 400 個準確度評估樣點，可產生誤差矩陣表，並計算各種準確度指標，如表 1 所示，森林類型之生產者與使用者準確度為 91-96% 之間；非森林類型則為 85-91% 之間，總體準確度與 Kappa 統計值均達 91% 與 0.8 以上。

由圖 3 土地覆蓋之空間分布可知，藤枝地區之地景配置以森林為主，2009 年的非森林係由少量的零星區塊所構成(圖 3a)，然而，至 2013 年，原本的森林覆蓋狀態出現重大的改變，即非森林的範圍大幅增加(圖 3b)，各小區塊轉變為大區塊，並且多分布於南半邊，又以西南方的數量居多，從圖 2 的溪流分布概況可知，南半邊的馬里山溪及其支流周圍環境受影響程度，遠較北半邊的寶來溪劇烈許多，且溪流密度愈高的地方，非森林的區塊數量愈多，並從河床及周邊地帶逐漸向外擴張，造成地景呈現明顯的破碎。森林與非森林類性之面積經計算後可知，2009~2013 年森林的面積從 10,954 ha (92%)下降至 9,617 ha (81%)左右，相對非森林則由 882 ha (7%)擴增至 2,218 ha (18%)左右(表 2)。

表 1. 2009 與 2013 年土地覆蓋圖之準確度評估

Table 1. Accuracy assessment for the land cover maps from 2009 and 2013

	Reference data			
	Forest	Non-forest	Totals	UA
Classified data for 2009				
Forest	288	15	303	95.05
Non- forest	11	86	97	88.66
Totals	299	101	400	
PA	96.32	85.15		
OA	93.50			
Kappa statistic	0.83			
Classified data for 2013				
Forest	216	19	235	91.91
Non- forest	14	151	165	91.52
Totals	230	170	400	
PA	93.91	88.82		
OA	91.75			
Kappa statistic	0.83			

PA=producer's accuracy (%);UA=user's accuracy (%); OA = overall accuracy (%)

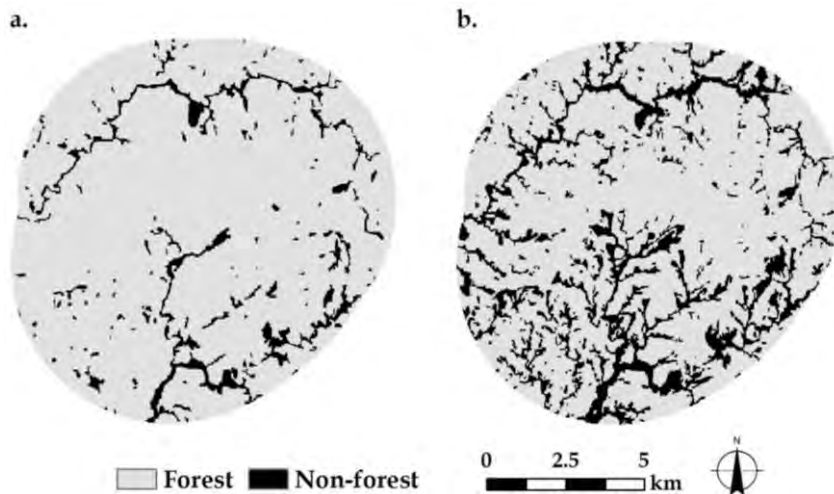


圖 3. 土地覆蓋圖，(a)為 2009 年與(b)為 2013 年。

Fig. 3. Land-cover maps in (a) 2009 and (b) 2013.

表 2. 研究區森林與非森林之面積統計

Table 2. Areas of forest and non-forest types in this study site

Classified class	2009		2013	
	Area (ha)	Proportion (%)	Area (ha)	Proportion (%)
Forest	10,954.62	92.58	9,617.76	81.25
Non-forest	882.09	7.45	2,218.95	18.75

二、森林干擾度指標

為比較應用 SRI 與 TCT 取得 DI 之差異，本研究採用 2009 年之 Landsat 5 TM 影像，各自以兩種方法獲取 DI，其中 TCT 之裸土、植被與水體訊息，乃參考 Crist and Cicone (1984)所提供的 Landsat TM 波段係數加以轉換而得，為使兩種結果建立在共同的比較基礎上，運算完畢後以標準化方式使兩種影像之像元值介於 0-1 之間(呂及謝

2013)，如圖 4 所示，DI 由小至大隨綠色至紅色的漸層表示，大體來看，兩者的分布情形相去不遠，且可明顯看出，高 DI 的分布(紅色)多數與非森林類的範圍相契合(圖 3a)，另利用逢機取樣法建立 1,000 個樣點，於兩種影像中萃取像元值，並產生相關模式(圖 5)，兩者之  $R^2$  達 0.85，屬高相關性，由此可知，應用 SRI 與 TCT 所獲取之 DI 具有相似的效果。

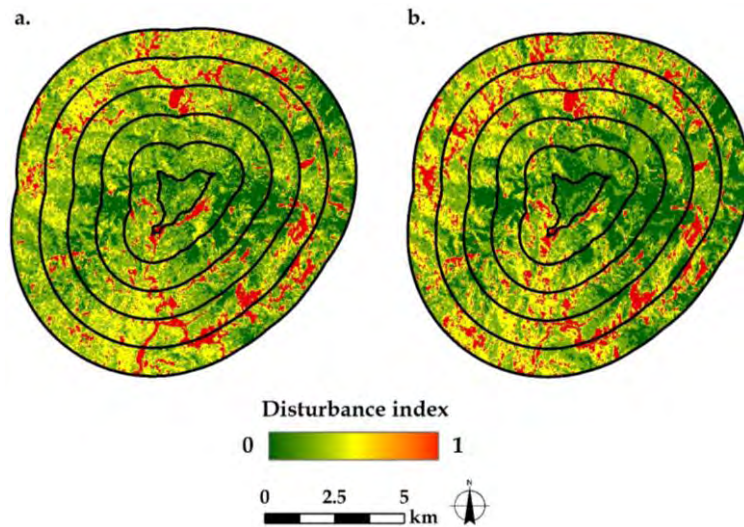


圖 4. 2009 年 Landsat 5 TM 影像所產生之干擾度指標(像元值標準化介於 0~1)，(a)由光譜反射指標與(b)由纓帽轉換法取得。

Fig. 4. Disturbance indices of normalized as 0-1 for 2009 Landsat 5 TM image according to (a) spectral reflectance index and (b) Tasseled Cap transformation.

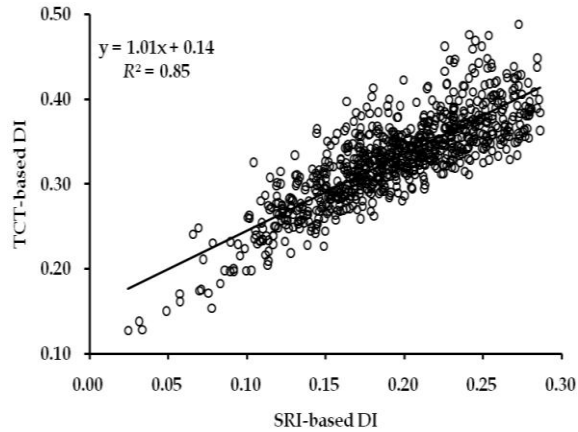


圖 5. 光譜反射指標與纓帽轉換法所取得之兩種干擾度指標相關性。

Fig. 5. Relationship between the spectral reflectance index-based and Tasseled Cap transformation-based disturbance indices.

針對 2009 至 2013 年森林未發生改變的範圍，相減兩個時期由 SRI 所獲取之 DI，結果如圖 6 所示，其值域愈接近正值者，代表該區位於 2009 至 2013 年間森林受到較強烈的干擾；負值愈高者則表示森

林受干擾的程度愈小，為便於後續比較，利用 Jenks 自然間斷法，依值域高低劃分成嚴重(紅色)、次嚴重(橘色)、中度(黃色)、次輕微(淺綠色)與輕微(深綠色)等 5 種森林受干擾等級。

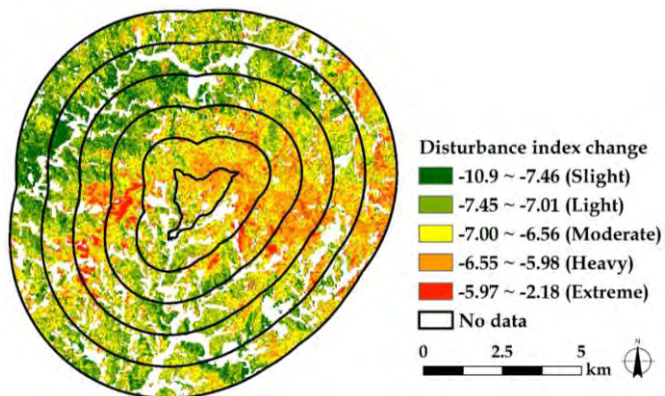


圖 6. 森林未改變範圍中 2009 與 2013 年之干擾度指標(由光譜反射指標產生)相減結果。

Fig. 6. Two-date spectral reflectance index-based disturbance index subtractions for 2009 and 2013 showing “stable forest” area.

### 三、藤枝地區森林受干擾之程度

為瞭解各種森林受干擾等級於藤枝地區之空間分配，依圖 2 的 6 種地景範圍與森林受干擾分級圖進行套疊(圖 6)，並各別計算每一地景範圍內，5 種等級所占的面積百分比，由結果顯示，各地景範圍森林受干擾的程度以次輕微、中度與次嚴重等 3 種等級為主要(圖 7)，各別來看，核心區與 Zone 1 內以中度與次嚴重等級的分布居多(圖 7a 與 b)，值得注意的是，核心區的次嚴重等級所

占的比例頗高(約 46%)，相較於其他地景範圍屬受干擾程度最高的區位，由此顯示，核心區森林受到干擾的情形最明顯；至 Zone 2 開始，森林受干擾的情形有所改變，該範圍明顯趨於常態分配，以中度等級最高，再由左右兩側的分級逐漸下降(圖 7c)；Zone 3、Zone 4 與 Zone 5 等 3 種範圍則以中度與次輕微等級所占比例居多(圖 7d、e 與 f)，合計皆超過 50%，受干擾程度明顯不若核心區與 Zone 1 強烈。

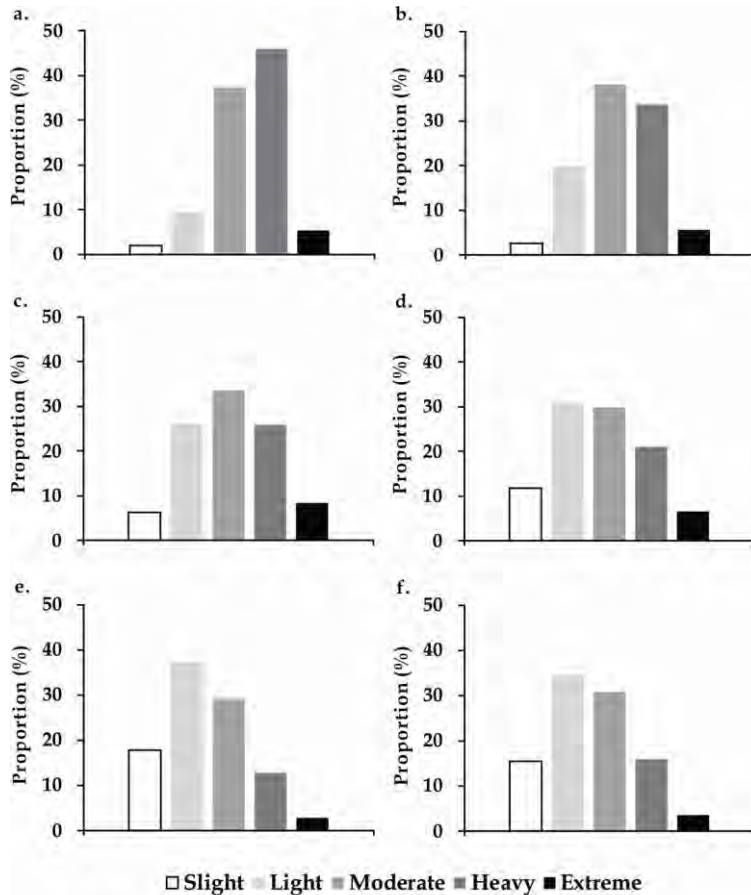


圖 7. 研究區內 5 種干擾等級之面積百分比，(a)為核心區、(b)為 Zone 1、(c)為 Zone 2、(d)為 Zone 3、(e)為 Zone 4 與(f)為 Zone 5。

Fig. 7. Proportions of five disturbance levels within study site: (a) core zone, (b) Zone 1, (c) Zone 2, (d) Zone 3, (e) Zone 4 and (f) Zone 5.

## 討 論

參考前人研究所建議之土地覆蓋分類標準，即總體準確度為 85% 以上，各別類型之生產者與使用者準確度至少達 70% (Thomlinson *et al.* 1999; Foody 2002)，本研究分類後的準確度均符合理想之狀態，且總體準確度更高於 90% 以上(表 1)，足夠進一步偵測各類型之間的轉移情形(Nagendra *et al.* 2008; Kuemmerle *et al.* 2009)。經分類後的土地覆蓋變化可知，2009-2013 年間非森林類型的範圍遽增(圖 3 與表 2)，主因為該期間台灣南部歷經莫拉克颱風及其挾帶的暴雨侵襲，產生了大面積的新生崩塌地，就集水區及水系觀察，高屏流域的崩塌面積廣闊，屬受創較嚴重的區域，其所轄之 3 個次集水區中，位處本研究區的荖濃溪集水區，計有超過 3,000 mm 之雨量(最大時雨量超過 100 mm/hr)，造成本流域內出現嚴重地山坡地災害，並且所占的崩塌面積遠大於旗山溪與隘寮溪兩個次集水區(陳等 2009；謝等 2010)，而由黃等(2012)現場勘查亦發現，荖濃溪集水區支流的溪谷環境，出現了多處的崩移構造(slumping structure)，均為本研究區非森林面積大幅增加的主因，另兩大溪流中，馬里山溪之分布密度高，加上周邊地形陡峭，崩塌機率相對提升，以致非森林區塊的數量較寶來溪多。

Healey *et al.* (2005)採用的 TCT，以及本研究仰賴衛星影像所推導的 SRI 影像均能獲取 DI(圖 4)，且兩者效果相仿(圖 5)，適於偵測森林干擾度，DI 增加之像元反映森林受干擾強度強，表示該區的植被覆蓋度與樹冠鬱閉度受到嚴重破壞，反之，DI 減少者代表該區為幼齡林或林分處於演替初期之狀態(Healey *et al.* 2005;

Sieber *et al.* 2013)，因此，配合不同時期的影像資料，可作為森林長期監測的工具(圖 6)。由於 TCT 係由固定的參數導入並取得地物訊息，僅適於應用 Landsat MSS、TM 及 ETM+ 系列衛星的波段影像(Crist and Cicone 1984)，相較於本研究採用的 SRI，係依地物反射光譜的特性作推導，衛星影像的選用上可比 TCT 更有彈性，常見的光學衛星影像如 SPOT 4 及 5、Worldview 系列、MODIS，以及近期發射成功的 Landsat 8 衛星，全設有適於計算 SRI 的多光譜感測器，故可根據 SRI 推導地物訊息，有效取得 DI，對於探討有關森林環境的研究亦能獲得更廣泛的應用。

使用 2009 與 2013 年 Landsat 影像獲得 DI 之分級圖，比較藤枝地區不同地景範圍中森林受干擾的程度，研究結果可發現，核心區與 Zone 1 內相對占有較多次嚴重等級的比例，至 Zone 2 以後干擾強度逐漸趨緩(圖 7)，此結果乃因地形本身特性所致，若由本研究區中心處劃分東、西兩側觀察，其地勢恰有明顯的落差(圖 2)，而核心區與 Zone 1 則座落海拔驟降之地帶，特別是核心區內暴露大面積的迎風面地形及順向坡構造，這些物理因子係森林植被受到嚴重衝擊的主因(陳等 2009)，其餘向外延伸的 4 種地景範圍(Zone 2 以後)，隨著地形起伏平緩，受干擾度的程度亦隨之下降。綜合以上所述，並參考相仿的前人研究結果可知，地形特徵仍是促使生態環境轉變為脆弱之主因(Li *et al.* 2006; Wang *et al.* 2008)。

## 結 論

為促使自然資源之保育與利用趨於永續，必先建構環境偵測指標，以作為策略擬定時之參考依據，本研究利用遙測技術為基礎，

發展一可迅速偵測森林受干擾程度之 DI，用於瞭解特有生物研究保育中心中海拔試驗地在天然災害侵襲後，森林受到干擾的情形，該指標可確切呈現森林受到災害影響之區位，其中又以地勢落差最大的試驗地及毗鄰範圍受到干擾程度最明顯，而隨著外圍距離愈遠，環境受干擾的程度愈趨緩。因此，未來建議可依據 DI 的變化，持續瞭解該區森林地景的動態發展，另一方面，本指標可應用的層面廣，亦可作為森林受他種型態干擾之評估。

## 謝 誌

本研究承行政院農業委員會科技計畫「103 農科-13.9.2-生-W8」之經費補助，特此致謝。

## 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。
- 呂明倫、謝漢欽。2013。鰲鼓海岸地區之生態環境脆弱度評估。作物、環境與生物資訊 10:34-43。
- 呂明倫、鍾玉龍。2007。以 SPOT 衛星植生指標推估南仁山次生林之林分結構特徵台灣林業科學 22:183-92。
- 李鎮鍵、林昂、蔡元融。2010。莫拉克颱風引發土砂問題之研究-以曾文水庫集水區為例。中華防災學刊 2: 51-58。
- 陳天健、吳嘉俊、翁孟嘉、謝坤宏、王建智。2009。莫拉克颱風荖濃溪坡地災害調查。地工技術 122: 13-20。
- 陳昆廷、臧運忠、郭玉樹、呂明鴻、謝正倫。2010。莫拉克颱風引致堰塞湖之案例分析。中華防災學刊 2: 43-50。
- 黃志杰、張中白、張文和。2012。莫拉克風災引發之山崩與區域地質構造之關係：以高屏溪上游為例。災害防救科技與管理學刊 1: 35-42。
- 謝正倫、黃敏郎、蔡在宗、張維恕。2010。運用福衛二號影像進行莫拉克颱風崩塌地判釋。中華防災學刊 2: 35-42。
- 謝漢欽、鄭祈全。1995。福山地區 SPOT 多期影像植生綠度分析。林業試驗所研究報告季刊 10:105-120。
- Chavez Jr., P. S. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. Remote Sensing of Environment 24: 459-479.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment 37: 35-46.
- Crist, E. P. and R. C. Cicone. 1984. A physically-based transformation of Thematic Mapper data-the TM Tasseled Cap. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 22: 256-263.
- Foody, G. M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment 80:185-201.
- He, M., B. Zhao, Z. Ouyang, Y. Yan and B. Li. 2010. Linear spectral mixture analysis of Landsat TM data for monitoring invasive exotic plants in estuarine wetlands. International Journal of Remote Sensing 31: 4319-4333.

- Healey, S. P., W. B. Cohen, Z. Q. Yang and O. N. Krankina. 2005. Comparison of Tasseled Cap-based Landsat data structures for use in forest disturbance detection. *Remote Sensing of Environment* 97: 301-310.
- Hilker, T., M. A. Wulder, N. C. Coops, J. Linke, G. McDermid, J. G. Masek, F. Gao and J. C. White. 2009. A new data fusion model for high spatial- and temporal-resolution mapping of forest disturbance based on Landsat and MODIS. *Remote Sensing of Environment* 113: 1613-1627.
- 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.
- Kuemmerle, T., P. Hostert, V. C. Radeloff, K. Perzanowski and I. Kruhlov. 2007. Post-socialist forest disturbance in the Carpathian border region of Poland, Slovakia, and Ukraine. *Ecological Applications* 17: 1279-1295.
- Lee, M. F., T. C. Lin, M. A. Vadeboncoeur and J. L. Hwang. 2008. Remote sensing assessment of forest damage in relation to the 1996 strong typhoon Herb at Lienhuachi Experimental Forest, Taiwan. *Forest Ecology and Management* 255: 3297-3306.
- Li, A. N., A. S. Wang, S. L. Liang and W. C. Zhou. 2006. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS, A case study in the upper reaches of Minjing River, China. *Ecological Modelling* 192: 175-187.
- Lin, K.C., S. P. Hamburg, S. Tang, Y. J. Hsia and T. C. Lin. 2003. Typhoon effects on litterfall in a subtropical forest. *Canadian Journal of Forest Research* 33:2184-2192.
- Lu, S. Y., C. Y. Lin and L. S. Hwang. 2011. Spatial relationships between landslides and topographical factors at the Liukuei Experimental Forest, southwestern Taiwan after typhoon Morakot. *Taiwan Journal of Forest Science* 26: 399-408.
- Masek, J. G., C. Q. Huang, R. Wolfe, W. Cohen, F. Hall, J. Kutler and P. Nelson. 2008. North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record. *Remote Sensing of Environment* 112: 2914-2926.
- Mcfeters, S.K. 1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing* 17: 1425-1432.
- Mondini, A. C., K. T. Chang and H. Y. Yin. 2011. Combining multiple change detection indices for mapping landslides triggered by typhoons. *Geomorphology* 134: 440-451.
- 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.
- Schott, J. R., C. Salvaggio and W. J. Volchok. 1988. Radiometric scene normalization using pseudo invariant features. *Remote Sensing of Environment* 26:1-16.

- Sieber, A., T. Kuemmerle, A. V. Prishchepov, K. J. Wendland, M. Baumann, V. C. Radeloff, L. M. Baskin and P. Hostert. 2013. Landsat-based mapping of post-Soviet land-use change to assess the effectiveness of the Oksky and Mordovsky protected areas in European Russia. *Remote Sensing of Environment* 133: 38-51.
- Thomlinson, J. R., P. V. Bolstad and W. B. Cohen. 1999. Coordinating methodologies for scaling land cover classifications from site specific to global: steps towards validating global map products. *Remote Sensing of the Environment* 70: 16-28.
- Tucker, C. J. and P. J. Sellers. 1986. Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing* 7:1395-1416.
- Wang, X. D., X. H. Zhong, S. Z. Liu, J. G. Liu, Z. Y. Wang and M. H. Li. 2008. Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid Environments* 72:1929-1939.
- Xu, X., E. Hirata, T. Enoki and Y. Tokashiki. 2004. Leaf litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical forest after typhoon disturbance. *Plant Ecology* 173:161-170.



## 由館藏標本探討溫度變化對臺灣熱帶及溫帶 植物花期之影響

### Using herbarium collections to evaluate the influence of air temperature on plant flowering time in tropical and temperate Taiwan

王玉婷<sup>1</sup> 林奐宇<sup>2</sup> 陳建文<sup>2</sup> 王相華<sup>1,\*</sup>

Yu-Ting Wang<sup>1</sup>, Huan-Yu Lin<sup>2</sup>, Chien-Wen Chen<sup>2</sup> and Hsiang-Hua Wang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會林業試驗所-恆春研究中心 94606屏東縣恆春鎮公園路203號

<sup>2</sup>行政院農業委員會林業試驗所植物園組 10066台北市南海路53號

<sup>1</sup>Hengchun Research Center, Taiwan Forestry Research Institute, Pingtung, Taiwan

<sup>2</sup>Division of Botanical Garden, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan

\*通訊作者：hhwang@tfri.gov.tw

\*Corresponding author: hhwang@tfri.gov.tw

### 摘 要

全球暖化已逐漸改變許多生物的物候現象，雖然大多數地區仍缺少長期的植物物候調查紀錄，但是透過植物標本館保留的採集標本，仍可評估過往至現今的植物物候變化情形。本研究以恆春半島、蘭嶼的熱帶植物及高山地區的溫帶植物為對象，藉由查閱台灣主要植物標本館之館藏標本及氣象站紀錄，檢驗氣溫變化對於這些地區植物花期的影響情形，並找出具有潛力的指標性物種。分析的結果顯示高山地區的植物開花期集中於夏季，且有較高比例的物種開花日與氣溫呈現明顯的負相關，亦即氣溫升高容易導致植物出現提前開花現象，因此推測高山地區之溫帶物種比恆春半島、蘭嶼的熱帶物種更適合作為氣候變遷的指標。本研究初步評估，具有氣候變化指標潛力的物種有6種，包括分布在蘭嶼的貝木，以及分布在高山地區的玉山卷耳、臺灣龍膽、玉山薄雪草、短距粉蝶蘭、臺灣黎蘆。

## Abstract

Global warming has influenced many animal and plant phenological phenomena. Although most areas lack long-term plant phenological records, researchers can still estimate plant phenological changes from the past to present through the specimens reserved in herbarium. Our study focused on tropical species of Hengchun Peninsula, Orchid Island, and temperate species in high mountain areas. Based on the specimens in Taiwan's main herbariums and weather station records, we examined the influence of air temperature change on plant flowering time in tropical and temperate Taiwan, and tried to find potential indicator species. The results show that the flowering time of high mountain species were more synchronized and concentrated in the summer, and higher proportion of species showed negative correlation between mean annual flowering date and annual mean temperature. We propose that the flowering time of high mountain area species is more sensitive to climate change than the Hengchun Peninsula and Orchid Island species. Six species were evaluated as having the potential to be indicator species of climate change. They are *Timonius arboreus* on Orchid Island, and *Cerastium trigynum*, *Gentiana davidii*, *Leontopodium microphyllum*, *Platanthera brevicarata*, *Veratrum formosanum* in high mountain areas.

**關鍵詞：**氣候暖化、植物標本館、開花日、物候、臺灣

**Key words:** climate warming, herbarium, flowering date, phenology, Taiwan

收件日期：2014 年 08 月 29 日      接受日期：2014 年 12 月 26 日

Received: August 29, 2014

Accepted: December 26, 2014

## 緒 言

聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 2007 年評估報告中指出，過去 100 年間地表溫度已上升 0.74°C 左右。地表溫度上升造成許多動植物物候和分佈的改變，像是長距離遷徙的鳥類在春季遷徙與繁殖的時間提早

(Both and Visser 2001, Cotton 2003)，植物、昆蟲、鳥類等物種海拔分佈上移 (Sekercioglu *et al.* 2008; Chen *et al.* 2011)，在植物物候方面，近年來也有許多研究證實溫帶地區植物開花期出現提早的情形 (Sparks *et al.* 2000; Fitter and Fitter 2002; Miller-Rushing and Primack 2008)，也因此植物的開花物候變化常被視為是偵測氣候變遷的重要指標之一 (Amano *et al.* 2010; Tooke and Battey 2010)。

國科會於 2011 年所發布的「臺灣氣候變遷科學報告 2011」中指出，臺灣年平均溫度在 1911-2009 年期間上升 1.4°C，且近 30 年(1980-2009)每 10 年的上升幅度為 0.29°C，幾乎是過去百年趨勢的 2 倍左右(許等 2011)；透過植物物候調查的長期研究，可告訴我們臺灣的生態環境是否也正受到全球暖化的影響。在宜蘭福山植物園已累積有 10 年植栽物候紀錄，由於聖嬰與反聖嬰現象導致 2011 年年初 1~3 月均溫低於 2010 年 2.8°C，調查在這兩年在 2~6 月都有開花植株的物候記錄，平均首次記錄到開花的時間在 2011 年較 2010 延遲約 12 天左右，推測是受溫度影響而導致 2011 年春季開花時間出現延遲(王等 2014)；相同的時期，在雪山地區進行的物候調查研究也發現，有些 3~5 月開花的早花型物種像是玉山杜鵑、玉山櫻草等，在 2011 年始花期晚於 2010 年，此外玉山杜鵑的始花期亦有隨海拔上升而延後的情形(潘 2012)。上述的短期物候調查結果，皆顯示臺灣部分植物物種花期確實會受到溫度變化的影響，然而臺灣過去的物候調查仍多以短期物候調查為主，缺少長時間的物候觀測，無法得知植物物候在過去數十年的變化情況，以及受溫度變化影響之詳細情形。

雖然大多數地區普遍缺乏長期物候調查紀錄，所幸有許多歷史悠久的植物標本館保留了不同時期採集的標本、影像和文字紀錄，可藉由館藏標本與氣象紀錄來檢測全球暖化對於植物長期物候之影響，在北美洲與西藏等地區的館藏標本研究，也發現部分物種花期有往前提早之情形(Calinger *et al.* 2013; Li *et al.* 2013; Miller-Rushing *et al.* 2006; Primack *et al.* 2004)。臺灣植物調查歷史超過一百多年，特別是日治時期(1895-1945)開始

大規模的植物資源調查，成立於 1904 年的臺灣林業試驗所植物標本館與成立於 1929 年國立臺灣大學植物標本館內，收藏大量日治時期至今的標本，藉由收集台灣各標本館的館藏資料，並與過去的氣象資料進行比對，即可檢測臺灣植物開花物候是否受到溫度上升的影響。

臺灣島雖然面積不大，然而受到季風、洋流、颱風等因素影響，又有中央山脈橫亘其中，山勢起伏落差大，導致不同地區出現明顯的氣候差異，為減低區域間氣候差異對植物物候的影響，本研究篩選調查物種時，儘量以侷限分佈之物種作為調查對象，同時考慮植物分布地點鄰近區域是否有設立時間較長的氣象站，可提供長期的氣象資料。

蘭嶼及恆春半島的植物組成與臺灣本島有顯著差異，許多物種僅侷限分布於此區(Li 1953; 謝等 2009)。此外，臺灣高海拔植物特有種比率高(Hsieh 2002)，部分物種亦有侷限分布的現象。本研究即以台灣地區年均溫較高、蘭嶼、恆春半島地區，以及年均溫最低的高山地區植物做為調查對象，檢測上述地區物種開花期與不同年代溫度變化間之相關性，並嘗試找出對溫度變化較為敏感之指標物種(indicator species)。

## 材料與方法

### 一、資料收集

#### (一) 標本資料收集與篩選

本研究於臺灣幾個重要的標本館進行，包含臺灣林業試驗所植物標本館(標本館代碼：TAIF)、國立台灣大學植物標本館(標本館代碼：TAI)、國立中興大學森林系標本館(標本館代碼：TCF)、中央研究院生物多樣性研

究中心植物標本館(標本館代碼：HAST)、屏東科技大學植物標本館(標本館代碼：PPI)、國立自然科學博物館植物標本館(標本館代碼：TNM)。此外在國科會「數位典藏國家型科技計畫」、「數位典藏與數位學習國家型科技計畫」、「臺灣大學植物標本與歷史文獻典藏數位化計畫」的支持下，中央研究院生物多樣性研究中心植物標本館、林業試驗所植物標本館及臺灣大學植物標本館已建立數位化資料庫，植物標本的採集資訊、標本數位影像等可自臺灣本土植物資料庫(<http://taiwanflora.sinica.edu.tw/>)、臺灣植物資訊整合查詢系統(<http://tai2.ntu.edu.tw/index.php>)與林業試驗所植物標本館網站(<http://taif.tfri.gov.tw>)進行查詢。在進行標本查閱之前，先參考相關文獻、調查紀錄，以及上述標本館數位化資料，挑選出花期較短、花朵顯眼，分布地區侷限在恆春、蘭嶼，或在高山地區分布海拔範圍較小，較適合進行分析之物種，由於擔心物種會有樣本數量不足的問題，臺大、林試所與中研院 3 個標本館的標本份數加起來需超過 50 份以上之物種才列入候選名單，篩選出適合物種後，即依據名單至標本館進行實體標本查閱與資料收集。

在標本館進行現地查閱時，記錄每份標本是否出現花芽、開花、未熟果、成熟果這 4 種物候現象，並記錄標本的標本館代號、館號、採集者、採集編號、採集日期、採集地點、海拔、經緯度等資訊。至少必須有明確的採集時間(包含完整的年、月、日)和地點之標本才列入記錄。同一天在相同地點採集之複份標本視為一份有效標本；如果在相同地點連續採集多日，則 3 日之內皆視為是同一份有效標本，並取最早的採集日期作為採集日，超過 3 日則可視為是不同份的有效標本。

本研究將焦點放在有開花的標本，標本的開花日期以儒略日(Julian date)表示之，採集日期若為 1 月 1 日，則開花日為 1，1 月 31 日為 31，12 月 31 日為 365，以此類推。符合前述標準的植物標本被挑選出來後，經過資料建置整理，進行後續分析

## (二) 氣象資料收集

氣象資料則採用中央氣象局之恆春(設立於 1897 年)、蘭嶼(設立於 1941 年)、玉山(設立於 1943 年)氣象站之年均溫與月均溫資料。由於台灣高山地區除玉山氣象站外，其餘測站成立時間均較短，故僅以玉山氣象站的資料作為高山地區氣候變化之代表。

## 二、資料分析

### (一) 各測站年均溫變化情形

以 3 個氣象站皆有氣溫紀錄的年份為準則，決定分析的起訖年份，以年為橫軸，年均溫為縱軸，繪製年與年均溫之散佈圖，並進行迴歸分析，觀察各測站年均溫變化之趨勢。

### (二) 分析用之有效標本

對有開花現象的有效標本進行篩選，挑選出採集自蘭嶼、恆春半島與高山地區，且採集年份已有測站氣象紀錄之標本，恆春半島和蘭嶼都有分佈的物種，只選取擁有標本份數較多的地區進行分析，高山地區物種只選採集自海拔 3,000 m 以上之標本進行分析。

### (三) 有效標本之逐月分布

根據篩選出來的有開花物候的有效標本，計算恆春半島、蘭嶼、高山地區各月份開花物種數與有效標本數之累計份數，繪製柱狀圖。

(四) 單一物種迴歸分析

以各月份物種有開花的有效標本累積份數為依據，挑選出可看出有一明顯開花高峰的物種；並參考盒鬚圖(boxplot)去除極端值之後，使用夏皮羅-威爾克(Shapiro-Wilk)檢定挑選有效標本開花日是否符合常態分佈之物種。在經過上述篩選過程之後，若物種有效標本數量仍有 20 份以上，且採集的時間至少分布於 10 個不同的年份，則可用於進行物種開花日與年均溫間之線性迴歸分析，檢測各物種開花日與年均溫是否具有相關性。假設溫度上升會導致植物開花日期提早，預期物種的開花日與年均溫會呈現負相關。

(五) 高山物種開花日合併分析

挑選出所有採集自海拔 3,000m 以上，且採集年份有玉山氣象站氣溫觀測資料的有效標本，並計算各物種在不同年份的年平均開花日。將所有物種的年平均開花日與年和年均溫進行迴歸分析，檢視開花日是否有隨時間呈現逐漸提早的趨勢，以及隨氣溫上升而出現花期提早的情形。

結 果

一、各測站年均溫變化情形

蘭嶼與玉山氣象站剛設立時各有數年缺值，分析採用 3 個氣象站皆有完整氣溫資料紀錄，也就是 1952-2013 年間的年均溫進行分析。年均溫與年迴歸分析的結果(圖 1)，3 個地區僅玉山年均溫與年代為顯著正相關，顯示年均溫有逐年上升之趨勢( $P < 0.05$ )，平均每 10 年上升約  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

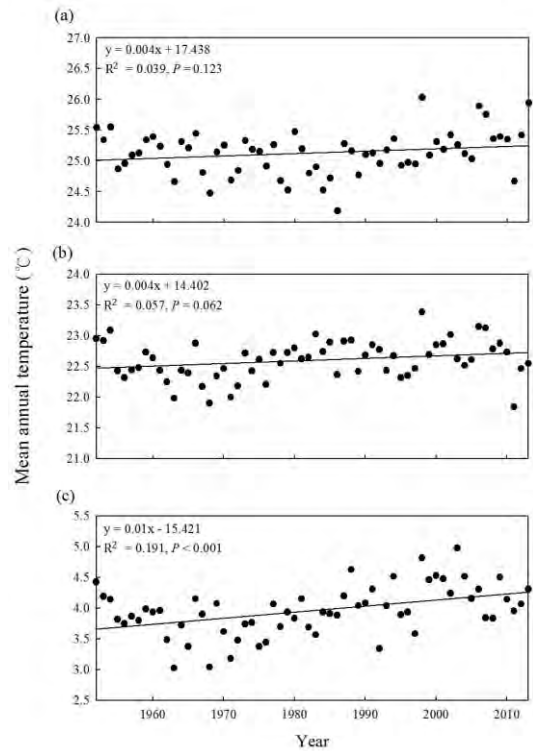


圖 1. (a)恆春、(b)蘭嶼與(c)玉山 1952 到 2013 年地表氣溫變化之情形。

Fig. 1. Patter of surface air temperature change from 1952 to 2013 in (a) Hengchun, (b) Orchid island and (c) Yushan.

二、篩選適合進行分析之標本

本研究總共查閱 105 種共 18,907 份標本，其中各標本館查閱標本數為，TAIF 共計 6,111 份，TAI 共計 4,351 份，HAST 共計 2,295 份，PPI 共計 1,520 份，TCF 共計 971 份，TNM 共計 3,659 份。已查閱標本的採集起訖年份在恆春半島與蘭嶼標本皆為 1898-2013 年，高山地區則是 1900-2013 年。

有開花且採集年份有氣象紀錄之有效標本數採集至恆春半島的有 55 種 977 份，蘭嶼地區有 40 種 631 份，高山地區海拔 3,000m 以上的有 32 種 1,120 份。

### 三、有效標本之逐月分布

根據不同月份所累計的物種數與有效標本數(圖 2)，恆春及蘭嶼之物種樹及有效標本數最多的月份均為 4 月，高山物種數與有效標

本累積份數明顯集中於 6-8 月的夏季(940 份，占總數 83.93%)，7 月為開花高峰(445 份，占總數 39.73%)。

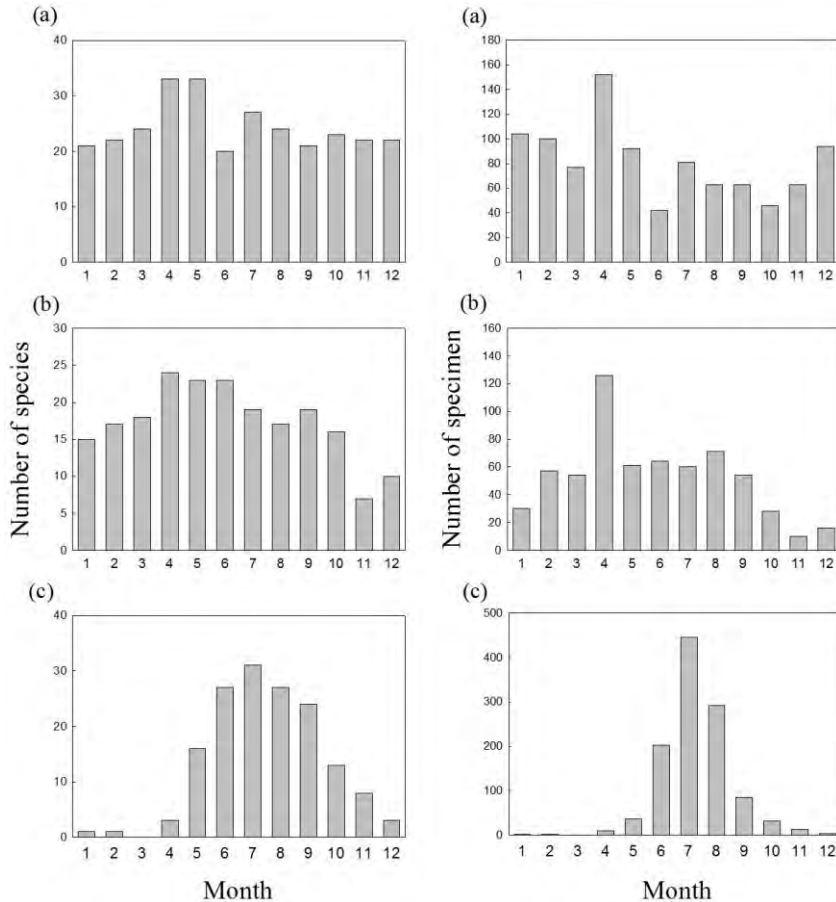


圖 2. 採集自(a)恆春半島、(b)蘭嶼以及(c)高山地區館藏標本的開花期記錄。

Fig. 2. Flowering period records of herbarium specimens collected in (a) Hengchun Peninsula, (b) Orchid Island and (c) high mountain areas.

### 四、單一物種迴歸分析

符合單一物種迴歸分析篩選條件而列入分析之物種有蘭嶼 5 種 175 份標本，恆春 12 種 322 份標本、高山 18 種 786 份標本(表 1)。迴歸分析的結果顯示(圖 3)，蘭嶼的貝木(*Timonius arboreus*)與高山的玉山卷耳

(*Cerastium trigynum* var. *morrisonense*)、臺灣龍膽(*Gentiana davidii* var. *formosana*)、玉山薄雪草(*Leontopodium microphyllum*)、短距粉蝶蘭(*Platanthera brevicalcarata*)、臺灣藜蘆(*Veratrum formosanum*)等 6 個物種之平均開花日與年均溫間呈現負相關( $P < 0.1$ )。

表 1. 開花日與年均溫線性迴歸分析。

Table 1. Linear regression analysis between flowering date and mean annual temperature.

Chinese name	Scientific name	No. of specimen	No. of years	R <sup>2</sup>	P	Change (day/°C)	Flowering months
蘭嶼 Orchid Island							
白木蘇花	<i>Dendrolobium umbellatum</i>	64	32	0.001	0.827	-3.31	3-9
交趾衛矛	<i>Euonymus cochinchinensis</i>	29	21	0.012	0.572	-9.38	5-10
基尖葉野牡丹	<i>Melastoma affina</i>	30	22	<0.001	0.930	1.60	2-7
日本賽衛矛	<i>Microtropis japonica</i>	22	14	0.002	0.840	-5.55	1-4
貝木	<i>Timonius arboreus</i>	24	17	0.255	0.012**	-17.56	3-5
恆春半島 Hengchun Peninsula							
止宮樹	<i>Allophylus timorensis</i>	24	16	0.110	0.113	38.63	4-12
細葉茶梨	<i>Anneslea lanceolata</i>	26	14	0.038	0.340	-12.25	12-4
印度栲	<i>Castanopsis indica</i>	30	22	0.028	0.376	7.61	1-4
嶺南青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis championii</i>	24	18	0.038	0.362	-19.77	2-5
十子木	<i>Decaspermum gracilentum</i>	23	21	0.060	0.259	-8.01	4-6
恆春福木	<i>Garcinia multiflora</i>	25	20	0.001	0.893	-1.41	2-5
白樹仔	<i>Gelonium aequoreum</i>	24	18	0.005	0.742	-4.80	2-5
日本賽衛矛	<i>Microtropis japonica</i>	33	20	0.008	0.623	6.04	11-3
武威山新木薑子	<i>Neolitsea buisanensis</i>	29	19	<0.001	0.959	-0.83	10-2
恆春石斑木	<i>Rhaphiolepis indica</i>	32	25	0.007	0.652	5.61	2-5
毛苦參	<i>Sophora tomentosa</i>	25	21	0.075	0.186	-38.50	6-12
高士佛赤楠	<i>Syzygium kusukusense</i>	26	17	0.003	0.804	-3.26	5-8
高山 High mountain							
臺灣烏頭	<i>Aconitum fukutomei</i>	31	20	0.001	0.875	1.38	7-10
玉山卷耳	<i>Cerastium trigynum</i> var. <i>morrisonense</i>	50	31	0.153	0.005***	-31.16	6-11
高山露珠草	<i>Circaea alpina</i>	32	22	<0.001	0.922	1.14	6-10
臺灣龍膽	<i>Gentiana davidii</i> var. <i>formosana</i>	21	17	0.163	0.070*	-31.80	7-11
玉山龍膽	<i>Gentiana scabrada</i>	62	21	0.001	0.865	-1.32	5-9
單花牻牛兒苗	<i>Geranium hayatanum</i>	62	32	0.030	0.180	-8.49	6-9
玉山金絲桃	<i>Hypericum nagasawai</i>	55	30	0.042	0.129	-11.31	6-9
玉山薄雪草	<i>Leontopodium microphyllum</i>	27	19	0.140	0.055**	-22.83	5-8
馬先蒿	<i>Pedicularis verticillata</i>	53	23	0.011	0.451	5.353	5-8
玉山茴香	<i>Pimpinella nitakayamensis</i>	38	18	0.073	0.100*	14.81	5-9
短距粉蝶蘭	<i>Platanthera brevicalcarata</i>	53	27	0.130	0.008***	-15.90	6-8
玉山櫻草	<i>Primula miyabeana</i>	31	23	0.031	0.342	14.36	5-9
蓬萊毛茛	<i>Ranunculus formosa-montanus</i>	42	25	0.052	0.146	-11.96	5-8
玉山佛甲草	<i>Sedum morrisonense</i>	40	28	0.061	0.125	-14.53	6-9
大籽當藥	<i>Swertia macrosperma</i>	38	25	0.020	0.400	-6.06	7-9
南湖附地草	<i>Trigonotis nankotaiensis</i>	27	23	0.069	0.169	-11.47	6-9
臺灣藜蘆	<i>Veratrum formosanum</i>	34	22	0.117	0.048**	-16.67	6-9
玉山水苦買	<i>Veronica morrisonicola</i>	90	33	0.022	0.160	-8.807	5-9

Note: \*Marginally significant at  $\alpha$  level of  $P = 0.1$ , \*\*significant at  $\alpha$  level of  $P = 0.05$ , \*\*\* highly significant at  $\alpha$  level of  $P < 0.01$ .

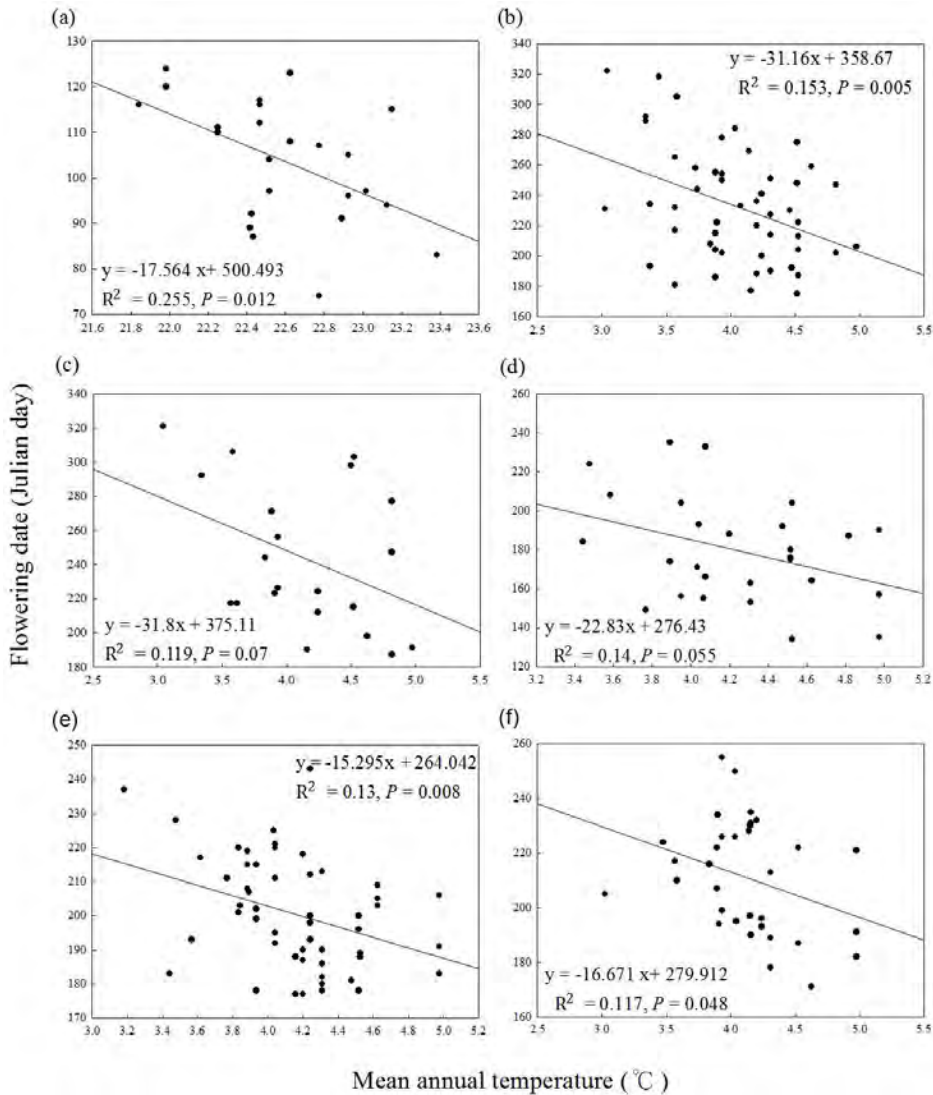


圖 3. (a)貝木、(b)玉山卷耳、(c) 臺灣龍膽、(d) 玉山薄雪草、(e) 短距粉蝶蘭和(f) 臺灣藜蘆開花日與年均溫迴歸。

**Fig. 3.** Linear regression of the flowering date and mean annual temperature for (a) *Timonius arboreus*, (b) *Cerastium trigynum* var. *morrisonense*, (c) *Gentiana davidii* var. *formosana*, (d) *Leontopodium microphyllum*, (e) *Platanthera brevicealcarata*, and (f) *Veratrum formosanum*.

### 五、高山物種合併分析

將高山地區 32 種物種資料合併，進行開花日與年度和年均溫迴歸分析，結果皆呈

現負相關(圖 4)，開花日平均每 10 年提早約 2.9 天，年均溫每上升 1°C，開花日提早約 18 天( $P < 0.05$ )。

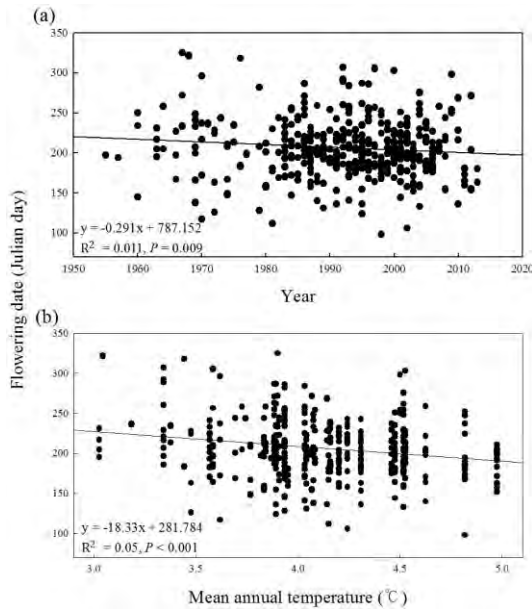


圖 4. 高山地區物種年平均開花日與(a)年和(b)年均溫的線性迴歸。

Fig. 4. Linear regression model of the mean annual flowering date of species with (a) year and (b) mean annual temperature of herbarium specimen collected from high mountain areas.

## 討 論

觀察 3 個地區不同月份的開花物種數與有效標本累積數量，高山植物開花週期明顯，主要花期明顯集中在溫度較高的夏季時期，7 月份有最多的物種開花(共 32 種，占有物種數 100%)，在冬季 12~2 月期間幾乎沒有植株開花，可能與冬季的低溫、降雪等植物生長的限制因子導致高山地區植物普遍生長季節較短，故多數物種偏好在夏季高溫多雨的時期開花(Huelber *et al.* 2006; Zhang *et al.* 2010)。恆春與蘭嶼各物種普遍開花期較長，有些物種像是土樟 (*Cinnamomum reticulatum*)、臺灣栲

(*Castanopsis formosana*)在一年之中似乎不只一次開花，或是像水芫花(*Pemphis acidula*)、假鐵莧(*Claoxylon brachyandrum*)幾乎全年皆有開花的情形，開花日與溫度呈現負相關的也僅有花期相對較短的貝木(3-5 月)這一個物種，推測蘭嶼與恆春半島植物近似於其它熱帶地區植物，擁有較多不同的開花物候型式，且雨量與日照可能是比溫度更重要的影響因子(Calle 2010; Newstrom *et al.* 1994; Hamann 2004; Van schaik 1993)，也因此較難察覺全球暖化對於恆春、蘭嶼等熱帶地區植物物候之影響(Stevenson 2008)。

一般來說，溫帶地區年均溫每上升 1°C，植物花期平均提早 2~10 天左右(Fitter *et al.* 1995; Sparks *et al.* 2000; Fitter and Fitter 2002; Miller-Rushing *et al.* 2006)，然而本研究所估算出來的結果卻是高山地區年均溫每上升 1°C，花期平均會提早 18 天，提早的幅度似乎高於其它研究，原因尚待釐清。推測臺灣高山地區植物花期確實有應溫度上升而出現提早的趨勢，然而可能需要更精準的監測調查、大量的樣本與更詳細的溫度資料，才有辦法推估花期與溫度變化間的明確關係。

參考溫帶地區的研究，大致上早花植物比晚花植物較容易受到融雪時間、積雪量及年初溫度變化的影響(Fitter and Fitter 2002; Miller-Rushing and Inouye 2009)，預期未來隨著年初的溫度持續上升，早花植物花期提前的情況會比晚花植物更為明顯。由於葉芽、花芽開始萌發之後，休眠時的耐寒機制已解除，對於較為敏感的物種來說，提早開始生長季，也會使花芽遭受霜害(frost damage)的比率提高，並影響其結實率。由於近年來溫帶地區植物在春季遭受霜害的機率與嚴重性增加，Cannell 與 Smith's 在 1986 曾提出全球暖化現

象有增加植物遭受霜害的情形，並且持續有研究支持其論點(Hänninen 2006; Inouye 2008)，推測未來隨著氣溫持續上升，早花植物將比晚花植物受到較嚴重的影響。

有些物種在進入休眠後，需要經過春化作用(vernalisation)才能解除休眠，促使花芽發育(Pagter and Arora 2013; Hennessy and Clayton-Greene 1995)，若未來冬季低溫不足，亦可能會使物種萌芽、開花出現異常的情形，長時間下來將可能導致局部地區的族群消失。

植物物候的改變亦可能影響植物的繁殖率、存活率，並間接影響其分布。在國外已有研究證實全球暖化改變了植物的緯度與海拔分佈(Aerts *et al.* 2006; Pauli *et al.* 2012; Rabasa *et al.* 2013)，而國內學者所進行的研究也發現合歡山與玉山地區已出現物種海拔分布上移的情形，且預期玉山抱莖籜簾(*Anaphalis morrisonicola*)、細葉山艾(*Artemisia morrisonensis*)、大籽當藥(*Swertia randaiensis*)、玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*)、阿里山薊(*Cirsium arisanense*)、玉山當歸(*Angelica morrisonicola*)等物種若持續上移可能會面臨滅絕的威脅(Chou *et al.* 2011)。推測暖化現象已對台灣的高山植物物候與海拔分佈產生明顯影響，未來應持續進行相關的調查與監測。

在進行館藏標本查閱時，會發現大多數物種普遍皆有館藏標本量不足的情形，特別是花期長的物種，需要更多樣本才可反映實際之物候變化情況，樣本量的不足會導致於許多物種之分析結果無法達統計顯著，或是出現  $R^2$  值偏低的情形。有些前人研究中推測為對溫度敏感的物種，例如玉山櫻草等，也可能因樣本數不足，無法反映物種開花物候的實際變化情況，而導致分析結果並沒有出現開花日與年均

溫呈現負相關的情形，因此不能夠僅以本研究結果即判定個別物種花期是否對溫度變化反應敏感。未來若能將標本館藏資料與近期實際觀測的物候調查記錄一起進行分析和比對的話，應該能夠獲得更明確的物候變化訊息。

以往植物標本館的館藏標本多運用在與分類學相關的研究上面，提供學者進行物種型態與親緣關係的鑑定與比較，並紀錄物種生育地、地理分布、引入時間等相關資訊。事實上標本館內的植物標本亦保存長期的植物物候變動資訊，可說是十分珍貴的歷史記錄資料，應予以妥善建檔、保存。

經由本研究之結果，以及相關文獻資料彙整，可初步評估，未來隨著全球暖化氣溫升高，高山地區植物物候對於溫度變化反應較為敏感，較容易找出適合作為監測溫度變化的指標物種。而分布在蘭嶼的貝木，高山地區的玉山卷耳、臺灣龍膽、玉山薄雪草、短距粉蝶蘭、臺灣黎蘆等可能是適合作為監測全球氣候變遷的指標物種，應進行持續監測。

## 謝 誌

感謝行政院農業委員會提供研究經費讓研究可以順利進行；感謝中央研究院植物所標本館(HAST)、屏東科技大學森林系植物標本館(PPI)、國立中興大學森林系標本館(TCF)、國立自然科學博物館植物標本館(TNM)、國立臺灣大學植物標本館(TAI)、臺灣林業試驗所植物標本館(TAIF)提供標本資料與協助，謹此致謝。

## 參考文獻

王玉婷、田玉娟、李孟諭、陳萬賓、王相華。  
2014。年初氣溫變化對於福山植物園栽植

- 樹種花期之影響。台灣生物多樣性研究 16:63-76。
- 許晃雄、吳宜昭、周佳、陳正達、陳永明、盧孟明。2011。台灣氣候變遷科學報告。行政院國家災害防救科技中心。
- 潘振彰。2012。溫度對雪山地區玉山杜鵑開花物候之影響。中興大學森林學系所碩士論文。
- 謝光普、楊勝任、葉富雅。2009。綠島山地植群組成與環境因子之研究。中華林學季刊 42:481-501。
- Aerts, R., J. H. C. Cornelissen, and E. Dorrepaal. 2006. Plant performance in a warmer world: general responses of plants from cold, northern biomes and the importance of winter and spring events. *Plant Ecology* 182:65-77.
- Amano, T., R. J. Smithers, T. H. Sparks, and W. J. Sutherland. 2010. A 250-year index of first flowering dates and its response to temperature changes. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 277:2451-2457.
- Both, C. and M. E. Visser. 2001. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* 411:296-298.
- Calle, Z., B. O. Schlumpberger, L. Piedrahita, A. Leftin, S. A. Hammer, A. Tye, and R. Borchert. 2010. Seasonal variation in daily insolation induces synchronous bud break and flowering in the tropics. *Trees-Structure and Function* 24:865-877.
- Calinger, K. M., S. Queenborough, and P. S. Curtis. 2013. Herbarium specimens reveal the footprint of climate change on flowering trends across north-central North America. *Ecology letters* 16:1037-1044.
- Cannell, M. and R. Smith. 1986. Climatic warming, spring budburst and forest damage on trees. *Journal of Applied Ecology* 23:177-191.
- Chen, I. C., J. K. Hill, R. Ohlemüller, D. B. Roy, and C. D. Thomas. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333:1024-1026.
- Chou, C.-H., T.-J. Huang, Y. P. Lee, C. Y. Chen, T. W. Hsu, and C. H. Chen. 2011. Diversity of the alpine vegetation in central Taiwan is affected by climate change based on a century of floristic inventories. *Botanical Studies* 52:503-516.
- Cotton, P. A. 2003. Avian migration phenology and global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:12219-12222.
- Fitter, A. H. and R. S. R. Fitter. 2002. Rapid changes in flowering time in British plants. *Science* 296:1689-1691.
- Fitter, A. H., R. S. R. Fitter, I. T. B. Harris, and M. H. Williamson. 1995. Relationships between first flowering date and temperature in the flora of a locality in central England. *Functional Ecology* 9:55-60.
- Hamann, A. 2004. Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climatic factors as proximate and ultimate causes. *Journal of Ecology* 92:24-31.

- Hänninen, H. 2006. Climate warming and the risk of frost damage to boreal forest trees: identification of critical ecophysiological traits. *Tree physiology* 26:889-898.
- Hennessy, K. J. and K. Clayton-Greene. 1995. Greenhouse warming and vernalisation of high-chill fruit in southern Australia. *Climatic change* 30:327-348.
- Hsieh, C. F. 2002. Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. *Taiwania* 47:298-310.
- Huelber, K., M. Gottfried, H. Pauli, K. Reiter, M. Winkler, and G. Grabherr. 2006. Phenological responses of snowbed species to snow removal dates in the Central Alps: implications for climate warming. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 38:99-103.
- Inouye, D. W. 2008. Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers. *Ecology* 89:353-362.
- IPCC. 2007. *Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Li, H. L. 1953. Floristic Interchanges Between Formosa and the Philippines. *Pacific Science* 7:179-186.
- Li, Z., N. Wu, X. Gao, Y. Wu, and K. P. Oli. 2013. Species-level phenological responses to 'global warming' as evidenced by herbarium collections in the Tibetan Autonomous Region. *Biodiversity and Conservation* 22:141-152.
- Miller-Rushing, A. J., R. B. Primack, D. Primack, and S. Mukunda. 2006. Photographs and herbarium specimens as tools to document phenological changes in response to global warming. *American Journal of Botany* 93:1667-1674.
- Miller-Rushing, A. J. and D. W. Inouye. 2009. Variation in the impact of climate change on flowering phenology and abundance: an examination of two pairs of closely related wildflower species. *American Journal of Botany* 96:1821-1829.
- Newstrom, L. E., G. W. Frankie, and H. G. Baker. 1994. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain-Forest Trees at La-Selva, Costa-Rica. *Biotropica* 26:141-159.
- Pagter, M. and R. Arora. 2013. Winter survival and deacclimation of perennials under warming climate: physiological perspectives. *Physiologia plantarum* 147:75-87.
- Pauli, H., M. Gottfried, S. Dullinger, O. Abdaladze, M. Akhalkatsi, J. L. B. Alonso, G. Coldea, J. Dick, B. Erschbamer, R. F. Calzado, P. Moiseev, D. Moiseev, U. Molau, J. M. Mesa, L. Nagy, G. Pelino, M. Puşcaş, G. Rossi, A. Stanisci, A. O. Syverhuset, J.-P. Theurillat, M. Tomaselli, P. Unterluggauer, L. Villar, P. Vittoz, and G.

- Grabherr. 2012. Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336:353-355.
- Primack, D., C. Imbres, R. B. Primack, A. J. Miller-Rushing, and P. Del Tredici. 2004. Herbarium specimens demonstrate earlier flowering times in response to warming in Boston. *American Journal of Botany* 91:1260-1264.
- Rabasa, S. G., E. Granda, R. Benavides, G. Kunstler, J. M. Espelta, R. Ogaya, J. Peñuelas, M. Scherer-Lorenzen, W. Gil, W. Grodzki, S. Ambrozy, J. Bergh, J. A. Hódar, R. Zamora, and F. Valladares. 2013. Disparity in elevational shifts of European trees in response to recent climate warming. *Global change biology* 19:2490-2499.
- Sekercioglu, C. H., S. H. Schneider, J. P. Fay, and S. R. Loarie. 2008. Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology* 22:140-150.
- Sparks, T. H., E. P. Jeffree, and C. E. Jeffree. 2000. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *International Journal of Biometeorology* 44:82-87.
- Stevenson, P. R., M. C. Castellanos, A. I. Cortes, and A. Link. 2008. Flowering patterns in a seasonal tropical lowland forest in western Amazonia. *Biotropica* 40:559-567.
- Tooke, F. and N. H. Battey. 2010. Temperate flowering phenology. *Journal of Experimental Botany* 61:2853-2862.
- Van Schaik, C. P., J. W. Terborgh, and S. J. Wright. 1993. The Phenology of Tropical Forests - Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:353-377.
- Zhang, L., R. Turkington, and Y. Tang. 2010. Flowering and fruiting phenology of 24 plant species on the north slope of Mt. Qomolangma (Mt. Everest). *Journal of Mountain Science* 7:45-54.



# 大屯火山群大油坑硫磺噴氣口白背芒與叢枝菌根菌共生關係

## Symbiotic relationship between *Miscanthus sinensis* var. *glaber* and AM fungi in Dayukeng fumarole area in Tatun volcano group

林子超<sup>1</sup> 顏江河<sup>2,\*</sup>

Tzu-Chao Lin<sup>1</sup> and Chiang-Her Yen<sup>2,\*</sup>

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

<sup>2</sup>國立中興大學森林學系 40227 臺中市國光路250號

<sup>1</sup>Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

<sup>2</sup>Department of Forestry, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

\*通訊作者: chyen@nchu.edu.tw

\*Corresponding author: chyen@nchu.edu.tw

### 摘要

大屯火山群大油坑硫磺噴氣口鄰近區域長年在後火山作用下形成特殊的土壤環境，僅有少數耐極酸土壤的植物如白背芒存活於此。本研究藉由裸土誘導繁殖試驗及白背芒與大頭茶接種叢枝菌根菌試驗，發現叢枝菌根菌有助於白背芒於陽明山特殊的土壤條件中有效改善養分吸收狀態，並更進一步證實白背芒的存在有助於叢枝菌根菌族群的建立，並有助於後續植生建立。

### Abstract

Dayukeng fumarole area of Tatun volcano group is able to preserve unique soil environment due to year-round influence from post-volcanism phenomena, and only a few extreme acid-tolerable plant species such as *Miscanthus sinensis* var. *glaber* can exist in this area. By means of bait culture in bare soil

and VA fungi inoculation experiment with *M. sinensis* var. *glaber* and *Gordonia axillaris*, we found that AM fungi improves the nutrient availability of *M. sinensis* var. *glaber* in Yangming mountain peculiar soil, and verified that the existence of *M. sinensis* var. *glaber* is contributive to population establishment of AM fungi, which further helps successive plants to establish.

**關鍵詞：**菌根、大油坑、白背芒、叢枝菌根菌

**Key words:** AM fungi, Dayukeng, *Miscanthus sinensis* var. *glaber*, mycorrhiza

收件日期：2014 年 08 月 11 日      接受日期：2014 年 12 月 26 日

Received: August 11, 2014

Accepted: December 26, 2014

## 前 言

大屯山火山群受到後火山作用的影響，形成硫化物含量特別高之硫磺噴氣口，周圍環境普遍呈極酸化現象、土壤的 pH 值甚至達 1.9，加上此區岩石裸露，僅有少數耐極酸性土壤之植物能生存，以往有關植群分佈之研究大部分都著重在分析植物社會與非生物性質的環境因子間之關係(陳及郭 1989)。然而土壤中的菌根菌與植物共生後影響了宿主植物對環境的適應性，也改變了宿主植物的競爭能力 (Hart *et al.*, 2003)，因此探討菌根菌的組成與植群間的關係將有助於進一步瞭解共生機制與植群分布之關係。林等 (2013) 於陽明山國家公園境內大油坑及小油坑 2 處硫磺噴氣口鄰近植生根系土壤，進行內生菌根菌調查，共計發現叢枝菌根菌 6 屬 14 種，經由在不同的植群類型進行菌根菌調查，發現在不同的植群中有其不同的優勢共生菌種。即使菌根菌對於宿主植物生長

與存活的顯著功能已經在許多的研究中被證實(Jeffries *et al.*, 2003)，然而我們仍然無法證實菌根菌的共生是否對於這個地區植物的存活與生長是必要的。

植物對於不同菌根菌的感染力以及感染後的表現因物種及土壤的條件不同而有顯著的差異，大屯火山群大油坑硫磺噴氣口鄰近區域極為惡劣的土壤條件，最靠近噴氣口的區域僅有白背芒(*Miscanthus sinensis* var. *glaber*)可以於此環境定殖，本研究將藉由白背芒的盆鉢接種試驗，來瞭解菌根菌對於白背芒存活在此特殊生育地扮演的角色。為了進一步探討菌根菌與硫磺噴氣口鄰近植生演替之關係，本研究以噴氣口鄰近闊葉林適生植物大頭茶(*Gordonia axillaris*)為材料，以距離噴氣口不同距離之土壤進行盆鉢栽植試驗，同時進行菌根菌接種試驗，除了探討分離自不同植群組成中的優勢菌種對大頭茶生長的影響外，更進一步探討菌根菌與植物的拓殖關係。

## 材料與方法

### 一、裸土誘導繁殖

採集大油坑距噴氣口 20 m、50 m 及 100 m 之土壤，土壤不經高溫高壓滅菌處理，以距離噴氣口 400 m 白背芒種子經 1% 次氯酸鈉 (NaOCl) 消毒，每一盆鉢播種 600 顆白背芒種子進行叢枝菌根菌誘導產孢試驗，每一處理 4 重複，以探討裸土中是否存在菌根菌感染源。

### 二、白背芒接種試驗

採集大油坑距離噴氣口 100 m 裸地土壤，土壤經高溫高壓滅菌處理 (121 °C，1.2 kg/cm<sup>2</sup>) 後，以生長於距離大油坑噴氣口 400 m 之白背芒種子經 1% NaOCl 消毒後播種，每一盆鉢播種 600 顆白背芒種子，種子發芽 2 星期後分別接種大油坑白背芒優勢菌種 *Entrophospora columbiana* 及 *Glomus clarum* 等 2 種菌根菌，每一盆鉢各 150 顆孢子，每種處理各 4 重複，對照組不接種菌根菌，僅以 10 ml 孢子濾液滴灌，以確保對照組與其它處理除了叢枝菌根菌以外，其餘的背景微生物相一致。另外為探討不同氣候區及不同生育環境之白背芒是否也可生存於大油坑極酸之土壤，本研究以另外一組處理播種採集自南橫寶來地區海拔約 600 m 的白背芒種子，種子經 1% NaOCl 消毒後播種，每一盆鉢播種 600 顆白背芒種子，種子發芽 2 星期後同時接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等 2 種菌根菌，每一菌種各 150 顆孢子，共 4 個重複，10 個月後採集植體進行植體養分分析。盆鉢試驗於農委會特有生物研究保育中心網室內進行，以避免試驗期間其它因子之干擾。

### 三、白背芒植體元素及養分分析

將收穫之白背芒全株植體洗淨後，以 60°C 烘乾 1 週，磨粉後以硫酸-過氧化氫分解法 (Moore and Chapman, 1986)，取乾燥樣本 0.4 g，加入 4.4 ml 植體分解液 (0.42 g Se 與 14 g LiSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 加入 350 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>，再緩慢加入 420 ml 濃硫酸)，置於分解爐 (Digestion system 20, 1015 Digester, Tecator) 中加熱至 375°C 持續消化 2 小時，待冷卻後以去離子水將樣液定積至 100 ml，取 50 ml 以凱氏氮分析裝置 (Tecator, Kjeltel System 1026 Distilling Unit) 進行全氮蒸餾，樣液加入過量的 40% NaOH，另取 20ml 接收液 [取 20g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 溶於 700 ml H<sub>2</sub>O 中，加入 200 ml ethanol 及 20 ml 指示劑 (0.66 g bromocresol green 及 0.33 g methyl red 溶於 1,000 ml ethanol)，以 0.05N NaOH 調整溶液呈酒紅色，最後定積至 1,000 ml) 置於冷凝接收管下，再以 0.05N 硫酸滴定，得知植體氮濃度。剩餘樣液以 Whatman No.42 濾紙過濾後，濾液以感應耦合電漿光譜分析儀 (Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer, ICP-AES, Leeman) 測定鉀 (K)、鈉 (Na)、鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、磷 (P) 與鋁 (Al) 的含量。

試驗數據以 SPSS 統計軟體進行單因子變異數分析 (one-way analysis of variance, ANOVA) 檢驗，當差異之顯著性達 95% 以上信心水準時再以最小顯著差異法 (least significant difference, LSD) 加以檢定。

### 四、大頭茶接種與拓殖實驗

為探討叢枝菌根菌與硫磺噴氣口鄰近植生演替之關係，本研究以噴氣口鄰近闊葉林優勢植物大頭茶為材料，以距離噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤進行盆鉢栽植試驗，採

自陽明山地區大頭茶種子經 1% NaOCl 消毒後直播於 2 種土壤，每個 6 吋盆內直播 10 顆種子，每種處理 4 重複，2 個月後計算成苗率。

接著將成苗的大頭茶選取大小相近的植株移植至新的 6 吋盆，每一盆鉢種植 1 株，以距離大油坑噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤，分別進行接種大油坑草生地優勢菌種 *E. columbiana* 孢子 150 顆、移植感染 *E. columbiana* 之白背芒作為接種源（移植白背芒 2 個月後再移植大頭茶）以及對照組不接菌等 3 種處理，對照組僅以 10 ml 孢子濾液滴灌，以確保對照組與其他處理除了叢枝菌根菌以外，其餘的背景微生物相一致。每種處理 4 重複，3 個月後進行染根觀察，10 個月後量測植株高度並採收植株量測乾重。除了探討菌根菌對大頭茶生長的影響外，更進一步探討菌根菌與植物的拓殖關係。

## 結果與討論

### 一、裸土誘導繁殖

經消毒之白背芒種子，播種於距噴氣口 20 m、50 m 及 100 m 之未滅菌土壤，種子約 1 周後發芽，白背芒播種於距噴氣 20 m 土的初期生長比播種於距離 50 m 土要好（圖 1），然而 1 個月後，植株陸續死亡，2 個月後播種於距離噴氣口 20 m 土的白背芒全數死亡（圖 2），將盆鉢土壤進行孢子分離，並無發現任何菌根菌孢子，播種於距離噴氣口 50 m 土的白背芒，6 個月後進行土壤孢子分離，分離出 *G. minutum* 及 *Paraglomus occultum*，播種於距離噴氣 100 m 土的白背芒，6 個月後進行土壤孢子分離，分離出 *P. occultum*、*E. columbiana* 及 *Scutellospora calospora*。



圖 1. 白背芒種子於大油坑距噴氣口不同距離之土壤 1 個月後生長狀態比較。左為距離 50 m 土壤，右為距離 20 m 土壤。

**Fig. 1.** Growth comparison of *Miscanthus sinensis* var. *glaber* in soil collected at 20 m (right) and 50 m (left) from Dayukeng fumarole after one month.



圖 2. 白背芒種子於大油坑距噴氣口不同距離之土壤 2 個月後生長狀態比較。左為距離 50 m 土壤，右為距離 20 m 土壤。

**Fig. 2.** Growth comparison of *Miscanthus sinensis* var. *glaber* in soil collected at 20 m (right) and 50 m (left) from Dayukeng fumarole after two months.

其中 *P. occultum* 及 *S. calospora* 於鄰近植生根系土壤調查時曾發現孢子，而 *G.*

*minutum* 於野外調查時則未曾有發現孢子的紀錄(林等 2013); 原始發表中亦表示此菌於採自波蘭西北部之沙丘土壤經誘導繁殖發現, 在野外土壤中未曾發現孢子(Blaszkowski *et. al.* 2000)。裸土於野外調查時雖無發現孢子, 但藉由裸土誘導繁殖試驗中發現土壤中仍然存在著菌根菌的繁殖體, 而距離噴氣口愈近, 也就是離白背芒植生愈遠的土壤中愈少菌根菌的繁殖體, 而距離噴氣口 20 m 土壤所種植的白背芒無法存活可能與土壤中無菌根菌的繁殖體有關。

## 二、白背芒接種試驗

於白背芒接種菌根菌 3 個月後進行染根試驗, 發現接種大油坑優勢菌種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等 2 種菌根菌均可與白背芒根系形成菌根。若就 2 種菌根的根內感染形態而言, *E. columbiana* 形成根內菌絲的根段比率約 45%, 根內囊泡呈橢圓形至不規則形聚生, 不會根內產孢(圖 3)。而 *G. clarum* 形成根內菌絲的根段比率約 65%, 根內菌絲常平行延伸, 中間又互相連結, 根內囊泡呈長橢圓形單生, 且會在根內產孢(圖 4)。白背芒不接種菌根菌之根系則不形成菌根型態。而另外一組種源來自南橫寶來的白背芒經染根確認, 亦可形成菌根, 根內菌絲的根段比率約 45%。

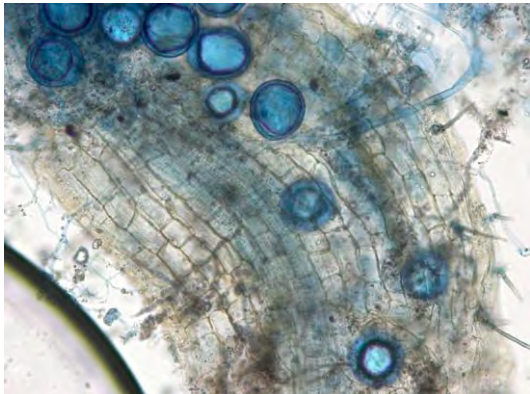


圖 3. 白背芒接種 *Entrophospora columbiana* 3 個月後可形成菌根, 根內囊泡呈聚生。

Fig. 3. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* inoculated with *Entrophospora columbiana* after three months can form mycorrhiza and vesicles in clusters.

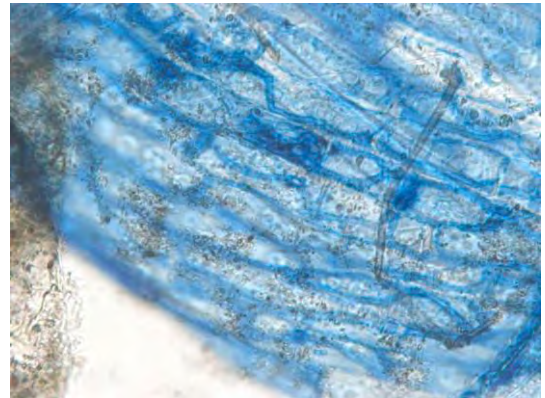


圖 4. 白背芒接種 *Glomus clarum* 3 個月後可形成菌根, 根內菌絲常平行延伸, 中間又互相連結。

Fig. 4. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* inoculated with *Glomus clarum* after three months can form mycorrhiza, and the intraradical hyphae often grew in parallel and connected to each other.

距離大油坑噴氣口 100 m 滅菌土壤播種大油坑種源白背芒以及播種南橫種源白背芒 2 種不同處理 3 周後計算其發芽率, 分別為  $38.67 \pm 1.2\%$  及  $29.33 \pm 1.4\%$ , 2 種處理達顯著差異 ( $P < 0.05$ ), 顯示大油坑種源的白背芒在大油坑酸性的土壤中有較高的發芽率(圖 5)。



圖 5. 南橫(左)與大油坑(右)種源白背芒在大油坑土壤發芽率比較。

Fig. 5. Germination rate of Nanhen (left) and Dayukeng (right) strain of *Miscanthus sinensis* var. *glaber* in the soil collected from Dayukeng.

而四種不同處理之白背芒於溫室種植10個月後，不同處理在外觀上呈現明顯差異，植株之高度及葉寬經量測，大油坑種源白背芒接種 *E. columbiana* 與接種 *G. clarum* 在植株高度與植株葉寬沒有顯著差異，但是與大油坑種源

白背芒未接菌及南橫種源白背芒接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等2種處理則有顯著差異。而大油坑種源白背芒未接菌與南橫種源白背芒接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 等2種處理在植株高度與植株葉寬也沒有顯著差異(表1)。

表 1. 白背芒於距離大油坑噴氣口 100 m 土壤 4 種不同叢枝菌根菌接種處理 10 個月後植株高度與葉寬比較

Table 1. *Miscanthus sinensis* var. *glaber* height and leaf width after 10 months with different AM fungi inoculate process in soil collected at 100 m from Dayukeng fumarole

	Height of plant (cm)	Width of leaf (cm)
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> no inoculated	16.6±0.6 <sup>b</sup>	0.28±0.02 <sup>b</sup>
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>G. clarum</i>	28.7±0.8 <sup>a</sup>	0.49±0.03 <sup>a</sup>
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>E. columbiana</i>	27.3±0.7 <sup>a</sup>	0.51±0.02 <sup>a</sup>
Nanhen <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculate with <i>E. columbiana</i> and <i>G. clarum</i>	18.3±0.3 <sup>b</sup>	0.29±0.02 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup>: The measurements were significantly different (ANOVA,  $P < 0.05$ ) in the numbers with superscript a and b.

### 三、白背芒植體元素及養分分析

四種不同處理之白背芒於溫室種植10個月後，採收植體後進行植體養分分析，結果發現植體內氮的含量以接種 *E. columbiana* 的大油坑白背芒最高，接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒最低 (表2)。而植體內鎂含量，接種 *E. columbiana* 與接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒以及同時接種2種菌根菌的南橫白背芒無顯著差異，僅有種植於滅菌土的大油坑白背芒明顯低於其它三種處

理 (表2)。而植體內的鉀含量，以接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒含量最高，接種 *G. clarum* 的南橫白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒最低 (表2)。而植體內磷含量以接種 *E. columbiana* 的大油坑白背芒最高，接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒及同時接種2種菌根菌的南橫白背芒最低(表2)。而植體內的鈣含量，以接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒最高，同時接種2種菌根菌的南橫白背芒次之，滅菌土的大油坑白背芒最低 (表2)。

**表 2.** 白背芒於距離大油坑噴氣口 100 m 土壤 4 種不同叢枝菌根菌接種處理 10 個月後植體內養分組成

**Table 2.** *Miscanthus sinensis* var. *glaber* nutrient composition analysis after 10 months with different AM fungi inoculate process in soil collected at 100 m from Dayukeng fumarole

	N(mg/g)	Mg(mg/g)	K(mg/g)	P(mg/g)	Ca(mg/g)	Al(mg/g)
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> no inoculated	2.71±0.03 <sup>d</sup>	2.67±0.03 <sup>d</sup>	7.04±0.19 <sup>d</sup>	0.34±0.02 <sup>c</sup>	7.26±0.13 <sup>d</sup>	0.1±0.02 <sup>b</sup>
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>E. columbiana</i>	2.97±0.26 <sup>a</sup>	2.91±0.03 <sup>a</sup>	8.22±0.07 <sup>c</sup>	0.85±0.02 <sup>a</sup>	10.75±0.17 <sup>c</sup>	0.12±0.02 <sup>b</sup>
Dayukeng <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculated with <i>G. clarum</i>	2.89±0.47 <sup>b</sup>	2.95±0.01 <sup>ab</sup>	8.84±0.14 <sup>a</sup>	0.64±0.05 <sup>b</sup>	14.34±0.18 <sup>a</sup>	0.16±0.02 <sup>a</sup>
Nanhen <i>M.sinensis</i> var. <i>glaber</i> inoculate with <i>E. columbiana</i> and <i>G. clarum</i>	2.79±0.03 <sup>c</sup>	2.87±0.04 <sup>ac</sup>	8.48±0.07 <sup>b</sup>	0.38±0.05 <sup>c</sup>	12.78±0.17 <sup>b</sup>	0.2±0.02 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c, d</sup>: The measurements were significantly different (ANOVA,  $P < 0.05$ ) in the numbers with superscript a, b, c and d.

整體而言，大油坑的白背芒接種大油坑優勢菌根菌 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 後植株內氮、磷、鉀、鈣、鎂的含量顯著高於生長於完全滅菌的大油坑土壤。而若就接種 *E. columbiana* 及 *G. clarum* 的大油坑白背芒植株養分進行比較，接種 *E. columbiana* 的大油坑白

背芒在氮及磷的含量顯著高於接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒，推測可能是 *E. columbiana* 在大油坑極酸性土壤中促進白背芒氮與磷吸收的能力優於 *G. clarum*。而接種 *G. clarum* 的大油坑白背芒在鉀及鈣的含量顯著高於接種 *E. columbiana* 的白背芒，推測可能是 *G. clarum*

在大油坑極酸性土壤中促進白背芒鈣及鉀吸收的能力優於 *E. columbiana*。

發芽實驗結果，顯示大油坑的白背芒可能由於長期的演化結果，使其能適應大油坑極酸的生育地土壤，因此比南橫種源的白背芒有較高的發芽率。接種菌根菌後之染根結果，證實菌根菌與大油坑及南橫種源的白背芒都可以形成菌根，若以同樣接種菌根菌的南橫白背芒與大油坑白背芒植體營養狀況作比較，可發現南橫白背芒植株的氮、磷、鉀、鈣、鎂的含量顯著低於大油坑白背芒，推測大油坑白背芒與大油坑的菌根菌在長期共同演化的作用下，呈現出其兩者間獨特的互利共生關係。Feddermann *et al.* (2010) 也認為各種菌根菌不同共生相關基因的表現是真菌與植物基因型及生育地因子的共同表現。

而接種菌根菌的南橫白背芒與未接種菌根菌的大油坑白背芒植體營養比較，結果發現除了磷的含量沒有顯著差異外，接種菌根菌的南橫白背芒植株氮、鉀、鈣、鎂的含量均較高。證實即使種源來自南橫的白背芒在接種大油坑的菌根菌後仍能有效改善其生長於極酸性土壤的營養吸收狀況。

#### 四、大頭茶接種與拓殖實驗

以距離大油坑噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤進行大頭茶盆鉢發芽試驗，2 個月後計算成苗率，播種於距離大油坑噴氣口 20 m 滅菌土之大頭茶成苗率 0%，而播種於距離大油坑噴氣口 120 m 滅菌土之大頭茶成苗率 17%。

大頭茶幼苗以距離大油坑噴氣口 20 m 及 120 m 之滅菌土壤分別進行菌根菌接種處理，3 種處理於 4 個月後進行染根，染根結果發現移植於距離大油坑噴氣口 120 m 土壤之大頭茶，以孢子接種或是以菌根白背芒作為接種源，均可形成菌根，10 個月後在植株高度及植株乾重上也明顯優於未接菌之對照組(表 3)。而移植於距離大油坑噴氣口 20 m 土壤之大頭茶以孢子為接種源之處理並未形成菌根，而以菌根白背芒作為接種源之處理已形成菌根，6 個月後未形成菌根之未接種菌根對照組與以孢子為接種源之 2 種處理之大頭茶，植株陸續產生葉片紅化與葉緣及尖端變黃焦枯等營養缺乏的特徵，並於 7 個月後陸續枯萎死亡(圖 6a、6b)。反觀以菌根白背芒作為接種源處理之大頭茶則生長良好(圖 6c)。



圖 6. 大頭茶於距離大油坑噴氣口 20m 土壤進行不同菌根菌接種處理 7 個月後之生長比較(a: 接種 *E. columbiana* 孢子 150 顆; b: 對照組不接菌; c: 以感染 *E. columbiana* 之白背芒作為接種源)。

Fig. 6. *Gordonia axillaris* inoculate with AM fungi in different process after seven months in soil collected at 20 m from Dayukeng fumarole. a: inoculate with *E. columbiana* 150 spores; b: no inoculate; c: plant with *Miscanthus sinensis* var. *glaber* which synthesizes mycorrhiza with *E. Columbiana*

表 3. 大頭茶於距離大油坑噴氣口 120 m 及 20 m 土壤不同菌根菌接種處理 10 個月後之生長表現比較

Table 3. *Gordonia axillaris* inoculated with AM fungi in different process after 10 months in soil collected at 120 m and 20 m from Dayukeng fumarole

		Plant height (cm)	Plant dry weight (g)
Soil collected at 120 m from Dayukeng fumarole	not inoculated	11.6±0.7 <sup>a</sup>	1.31±0.32 <sup>a</sup>
	Inoculated with <i>E. colombiana</i> 150 spores	15.2±0.9 <sup>b</sup>	2.38±0.19 <sup>b</sup>
	Plant with <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>glaber</i>		
	which synthesized mycorrhiza with <i>E. colombiana</i>	14.8±0.8 <sup>b</sup>	2.41±0.29 <sup>b</sup>
Soil collected at 20 m from Dayukeng fumarole	not inoculated	dead	dead
	Inoculated with <i>E. colombiana</i> 150 spores	dead	dead
	Plant with <i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>glaber</i>		
	which synthesized mycorrhiza with <i>E. colombiana</i>	9.8±0.7 <sup>c</sup>	0.82±0.1 <sup>c</sup>

<sup>a, b, c</sup>: The measurements were significantly different (ANOVA,  $P < 0.05$ ) in the numbers with superscript a, b and c.

由實驗的結果可看出菌根菌在極酸土壤中能顯著促進大頭茶的生長。而在更惡劣的土壤條件中直接以孢子接種大頭茶並無法有效形成菌根，但若是以帶有菌根的白背芒作為接種源則能有效感染大頭茶。這也進一步證實大油坑噴氣口鄰近白背芒的存在有助於菌根菌族群的建立，並有利於後續植生建立。

在劣化的棲地上植被的回復，草本物種最常被引進，因為這些物種可利用它們大量的鬚根根系迅速穩定脆弱的土壤結構，以及他們的高繁殖力和擴散能力可迅速蔓延。這些植物受到叢枝菌根菌的拓殖，增加植物生長，同時這也可能增加土壤內菌根菌繁殖體的密度。兩者相輔相成，這促進往後植群的發展。如果菌根化的草本物種寄宿著有高產孢能力的叢枝菌根菌在惡劣土地上應用，這可能增加叢枝菌根菌在土壤的密度，進而促進草本和其他物種的

植被恢復(Saito *et al.*, 2011)。

Koske 與 Gemma (1990) 研究夏威夷的海岸林，發現叢枝菌根菌的繁殖體與原生植物的分布有密切的關聯性，兩者之間有共同拓殖的現象。Van der Heijden 與 Horton (2009) 也提出菌根菌會改變植物與植物間的交互關係，並且在植生的建立上扮演著關鍵的角色。許多菌根菌並不具有宿主專一性，因此單一菌根菌可以同時感染許多宿主，並在這些宿主間形成連結(Beiler *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2010)，而存在這些植物間的菌根網絡，可能讓不同宿主個體間進行養分的重新分配。或許，菌根菌在不同演替階段的組成植物間也扮演著調節者的角色。

Newman (1988) 也在報告中指出共生真菌對於演替初期植群的建立非常重要，而且關係著這些植物能否在原本無地被的裸土上存

活下來，這些共生真菌在植群早期的發展中提供了不同植物個體間養分交換的菌絲網絡。有關植群在新跡地上的演替，以往的研究多從地表上的生物因子聯結氣候、地形及其他非生物的土壤因子等去討論，然而植物與共生真菌的關係在植群演替的階段確實是非常重要的部分，不管是在干擾或未受干擾的棲地上(Helm *et al.*, 1996)。

## 結 論

藉由裸土誘導繁殖試驗，我們發現距離植生較近的裸土中仍然存在著菌根菌的繁殖體，而土壤中有無菌根菌的繁殖體影響了白背芒是否可以存活。在白背芒的接種試驗及植體的養分分析中我們發現大油坑地區的白背芒在長期的演化下，使其能適應大油坑極酸的生育地土壤，因此比南橫種源的白背芒有較高的發芽率，並且與大油坑地區的優勢菌根菌有較佳的共生效能。最後藉由大頭茶接種與拓殖實驗，我們發現菌根菌在極酸土壤中能顯著促進大頭茶的生長，也更進一步證實白背芒的定植有助於叢枝菌根菌族群的建立，也連帶著幫助了後續植生在此棲地建立族群。

## 引用文獻

- 林子超、朱恩良、李苑瑋、顏江河。2013。陽明山火山噴氣口鄰近土壤與內生菌根菌調查。林業研究季刊 35(4)：241-252。
- 陳益明、郭城孟。1989。陽明山國家公園區內火山植物生態之研究。內政部營建署陽明山國家公園研究報告。159pp。
- Beiler, K. J., D. M. Durall, S. W. Simard, S. A. Maxwell and A. M. Kretzer. 2010. Architecture of the wood-wide web: *Rhizopogon* spp. Genets link multiple Douglas-fir cohorts. *New Phytologist* 185: 543-553.
- Błaszowski, J., M. Tadych and T. Madej. 2000. *Glomus minutum*, a new species in Glomales (Zygomycetes) from Poland. *Mycotaxon* 76: 187-196.
- Feddermann, N., R. Finlay., T. Boller and M. Elfstrand. 2010. Functional diversity in arbuscular mycorrhiza - the role of gene expression, phosphorous nutrition and symbiotic efficiency. *Fungal Ecology* 3: 1-8.
- Hart, M. M., R. J. Reader and J. N. Klironomos. 2003. Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 418-423.
- Helm, D. J., E. B. Allen and J. M. Trappe. 1996. Mycorrhizal chronosequence near Exit Glacier, Alaska. *Canadian Journal of Botany* 74:1496-1506.
- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau and J. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 7: 1-16.
- Koske, R. E. and J. N. Gemma. 1990. VA mycorrhizae in strand vegetation of Hawaii : evidence for long-distance codispersal of plants and fungi. *American Journal of Botany* 77: 466-474.
- Moore, P. D. and S. B. Chapman. 1986. *Methods in Plant Ecology*. 2nded. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London,

- Edinburgh.
- Newman E. I. 1988. Mycorrhizal links between plants: their functioning and ecological significance. *Advances in Ecological Research* 18: 243-271.
- Saito, M., H. Oba, and T. Kojima. 2011. Effect of nitrogen on the sporulation of arbuscular mycorrhizae fungi colonizing several gramineous plant species. *Soil Science and Plant Nutrition* 57: 29-34.
- Van der Heijden, M. G. A. and T. R. Horton. 2009. Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. *Journal of Ecology* 97:1139-1150.
- Yang, C., C. Hamel, M. P. Schellenberg, J. C. Perez and R. L. Berlbara. 2010. Diversity and functionality of arbuscular mycorrhizal fungi in three plant communities in semiarid Grasslands National Park, Canada. *Microbial Ecology* 59:724-733.



# Bark-stripping behavior of Formosan sambar (*Rusa unicolor swinhoii*) caught on camera and its implications

## 台灣水鹿啃食樹皮行為影像紀錄與其含意

Zi-You Lin, Shu-Yi Yang and Guo-Jing Weng\*

林子佑 楊書懿 翁國精\*

Institute of Wildlife Conservation, National Pingtung University of Science and Technology 1 Shuefu Rd., Neipu,  
Pingtung 91201, Taiwan

國立屏東科技大學野生動物保育研究所 91201 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

\* Corresponding author : gjw@mail.npust.edu.tw

\*通訊作者: gjw@mail.npust.edu.tw

### Abstract

Bark stripping behavior in two adult male Formosan sambar (*Rusa unicolor swinhoii*) was photographed in a Taiwan red cypress (*Chamaecyparis formosensis*) plantation in Yushan National Park for the first time in Taiwan on April 1, 2014. Both males expressed behaviors of sniffing, licking and bark-stripping on the same Taiwan red cypress. These behaviors imply that 1) exudates and secondary metabolites of the bark probably are one of the key reasons that attract the Formosan sambar to debark coniferous trees and 2) damage from bark-stripping may increase at an accelerated rate. Long-term monitoring of bark-stripping behavior using camera is suggested to test the above interpretations and reveal why the Formosan sambar strips barks.

## 摘要

2014年4月1日於玉山國家公園內的紅檜造林地首次以自動相機拍攝到兩隻雄性成體台灣水鹿啃食樹皮的行爲。兩隻個體皆有嗅聞、舔食及啃食同一棵紅檜樹皮的行爲。這些行爲顯示 1) 樹皮的分泌物及其中的次級代謝物可能是吸引台灣水鹿啃食針葉樹樹皮的關鍵之一，2) 啃食樹皮造成的損害速率可能以加速度方式提高。本研究建議以自動相機長期監測水鹿啃食樹皮的行爲以檢驗上述的推論，並釐清水鹿啃食樹皮的原因。

**Key words:** debark, exudate, secondary metabolites, Taiwan red cypress

**關鍵詞：**啃食樹皮、分泌物、次級代謝物、台灣紅檜

收件日期：2014年06月08日      接受日期：2014年07月20日

Received: June 08, 2014

Accepted: July 20, 2014

## Introduction

Ungulates' impact on forest ecosystems include browsing, bark stripping and fraying on plants. Among these behaviors, bark-stripping damages and kills trees more than the other two, causing an increase of forest gaps (Akashi and Nakashizuka 1999) and decline of overstory (Yokoyama *et al.* 2001). In recent years, the Formosan sambar (*Rusa unicolor swinhoii*) in Taiwan significantly increased in abundance (Lee and Lin 2007; Weng and Lin 2009). Signs of bark stripping are also widely distributed in Yuli Wildlife Refuge and Yushan National Park (Lee *et al.* 2007; Weng and Lin 2009, 2010). Preference for specific coniferous tree species by the Formosan sambar, which could potentially

alter the canopy species composition at high altitude, was also observed (Weng and Lin 2009, 2010, 2011). On the other hand, bark stripping can potentially cause economic loss in coniferous tree plantations. For example, along the Nanshi forest road in Yushan National Park, signs of bark-stripping began to appear in 2012-2013 in Taiwan red cypress (*Chamaecyparis formosensis*) plantations, raising concerns for management agencies (Chiayi Forest District Office, Forest Bureau, personal communication).

While previous research has tried to understand why deer strip barks from various aspects, such as chemical contents or nutrition (e.g. Ando *et al.* 2003, 2004), food availability (e.g. Ueda *et al.* 2002), and population abundance (Akashi and Tarazawa 2005), direct observation and description of bark-stripping

behavior is scarce. Direct observations of bark-stripping behavior are difficult but may reveal attributes of individuals performing such behavior and provide insight into how and why the deer uses barks. In this research we aimed to observe bark-stripping behavior in the Formosan sambar. We set up 14 cameras (Reconyx HC500 x 9, Reconyx PC800 x 1 and Bushnell Trophy Cam x 4) in December 2013 and tagged 1,000 Taiwan red cypresses in five Taiwan red cypress plantations along Nanshi forest road between 1,900m and 2,250m in altitude (Fig. 1). Each plantation had one camera and other cameras were distributed along the forest road. Cameras were set to take three consecutive photos with a three-second interval once an animal was detected. Photos were retrieved every month starting February 2014.

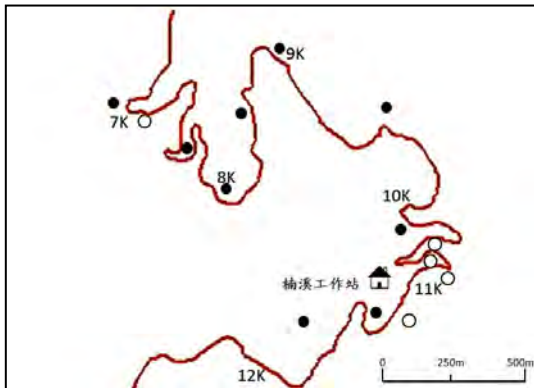


Fig. 1. Study sites within Taiwan red cypress plantations (open circles) and camera locations (solid circles) along Nanshi forest road in Yushan National Park. Each plantation has one camera.

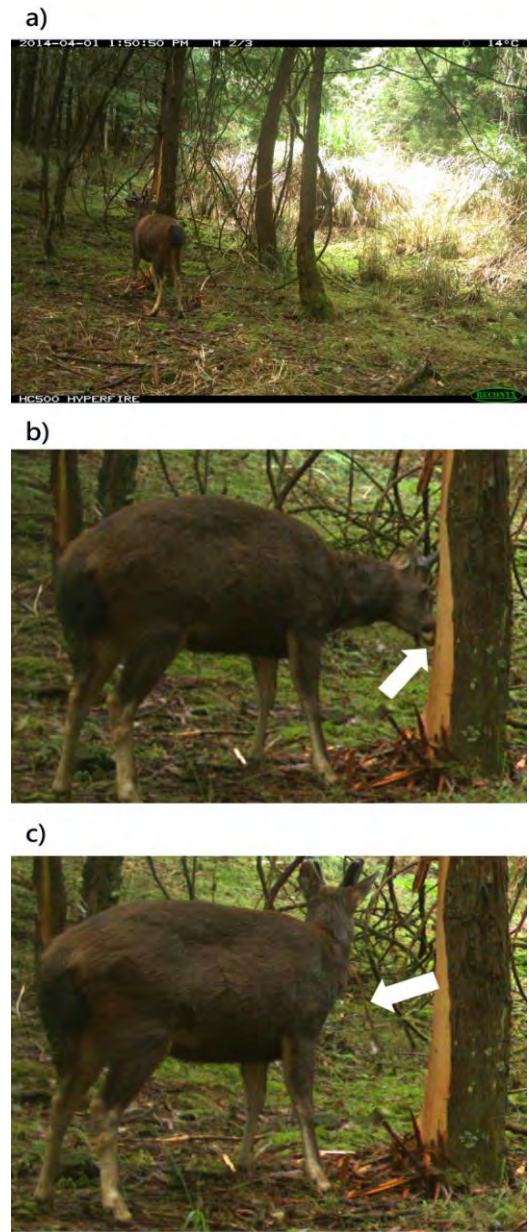
### Bark stripping behavior of Formosan sambar

On April 1<sup>st</sup>, 2014, an adult male sambar was caught on camera stripping off bark from a Taiwan red cypress, the first time such behavior was photographed in Taiwan. This adult male with two-point antlers covered by velvet skin, showed up at 00:39:44 AM on April 1, 2014, sniffing at the base of a Taiwan red cypress next to the target tree (Fig. 2a). The male then walked to the target tree and sniffed at the base of the target tree until 00:41:04 AM when it started to rip off bark (Fig. 2b). The male kept alternately sniffing and stripping barks of the tree until 01:02:21 AM. The next photo was taken at 01:22:44 AM when the male was holding a strip of bark in its mouth and the tree showed clear signs of damage (Fig. 2c). We believe that time gaps longer than three seconds between any two consecutive photos are due to the individual's standing still and moving only its head since no other movements were photographed and the individual was in almost the exact same posture in each photo. The male left at 01:43:37 AM after staying roughly 70 minutes.

Another adult male, also with two-point although much shorter antlers covered by velvet skin, appeared at the same site at 01:50:50 PM on the same day, sniffing at the bare area of the trunk (Fig. 3a). At 01:53:22 PM and 02:03:57 PM the male was caught licking the exposed xylem (Fig. 3b). Between the two licks at 01:58:26 PM the male was caught holding a strip of bark in its mouth (Fig. 3c). The male was sniffing, licking exposed xylem, and stripping barks for 35 minutes before it left at 02:25:47 PM.



**Fig. 2.** Behavior of an adult male Formosan sambar in a Taiwan red cypress plantation on Nanshi forest road caught on camera during the early hours of April 1, 2014. a) Sniffing at the base of a Taiwan red cypress. b) Stripping off bark from a Taiwan red cypress. c) Holding a strip of bark in its mouth.



**Fig. 3.** Behavior of an adult male Formosan sambar in a Taiwan red cypress plantation on Nanshi forest road caught on camera in the afternoon of April 1, 2014. a) Sniffing at the exposed xylem of a Taiwan red cypress. b) Licking the exposed xylem (Arrow indicates the tongue). c) Holding a strip of bark in its mouth (Arrow indicates the bark strip).

## Discussion

The behaviors shown by the Formosan sambar in the photos revealed some interesting points about possible explanations for bark-stripping behavior. First, both males sniffed at the Taiwan red cypress frequently even before the bark was stripped, indicating that some smells were attracting their attention to the bark. The smells may originate from the tree itself or have extrinsic sources such as urine or scent of animals. Considering the wide distribution and high density of debarking signs by sambar on Taiwan red cypress (266 out of the 1,000 tagged trees) and other tree species, it is less likely that the smells are from scent marking behavior of animals. Although the sambar also performs marking behavior on tree trunks, it usually urinates on its suborbital glands to wash pheromone-containing secretions into water or mud where it soaks its body before scrubbing against tree trunks. Such a marking behavior leaves mud and scrub signs on tree trunks, which is rare during this time of year when males are growing antlers. We did not find such scrub signs on the target tree and other Taiwan red cypress in our five plantations. We therefore suspect that the smells originate from the tree itself.

The Formosan sambar debarks more than 150 tree species, including coniferous and broad-leaved trees (Lin, personal communication), and it prefers certain specific coniferous trees (Weng *et al.* 2009, 2010, 2011). Ando *et al.* (2004) also observed preference for

coniferous trees by the sika deer in Japan. Preference on tree species could relate to how easy the bark can be stripped, but Ando *et al.* (2004) found that bark physical properties barely explained preference for three coniferous trees by the sika deer (*Cervus nippon*). We found that bark thickness marginally correlate with the preference by the Formosan sambar (Weng, unpublished data). We thus suspect that the sambar debarks for something in the bark. Although previous research investigated contents of the bark such as nutrition and minerals in relation to the bark-stripping preference by deer (e.g. Ando *et al.* 2003, 2004), exudates of the bark and secondary metabolites therein were largely unexplored. Trees, especially conifers, contain oleoresins that has aromas and occur in resin ducts or blisters in the bark (Hillis 1987). The oleoresin or other exudates with secondary metabolites could be ones the Formosan sambar is looking for, or the smells may link to other materials that the Formosan sambar really needs.

Besides bark stripping, the behavior of licking exposed xylem of the trunk was apparent, especially with the second male. This behavior has not been described for any deer species in the literature, possibly due to the difficulty of direct observations of bark stripping behavior. The Formosan sambar will definitely ingest the exudates of coniferous trees by licking the xylem. Therefore, the Formosan sambar ingests both barks and exudates by performing the behavior. While several hypotheses regarding bark-stripping behavior of deer are to be tested with the Formosan sambar, our observations

provide another possibility for future research that secondary metabolites in exudates of the bark are a potential explanation for why the Formosan sambar, and possibly other deer species also, strip and consume barks.

Second, as pertains to the smells from exudates of coniferous trees, debarked coniferous trees would be more attractive to the Formosan sambar than untouched trees, making an already damaged tree prone to further debarking. In other words, the level of damage by the Formosan sambar may increase at an accelerated instead of steady rate. The significance of such a pattern to wildlife management agencies is that the control of bark-stripping at a local scale would be more efficient in the initial rather than a later stage.

Further researches are necessary to test the interpretations above. Images of bark-stripping behavior by the Formosan sambar provided new insight into the mechanism and consequence of this behavior. This research thus suggests long-term monitoring on bark-stripping behavior by the Formosan sambar and other deer species, as well as using cameras to investigate this behavior and provide suggestions for management policies.

### Literature cited

- Akashi, N. and T. Nakashizuka. 1999. Effects of bark-stripping by sika deer (*Cervus nippon*) on population dynamics of a mixed forest in Japan. *Forest Ecology and Management* 113: 75-82.
- Akashi, N. and K. Tarazawa. 2005. Bark stripping damage to conifer plantations in relation to the abundance of sika deer in Hokkaido, Japan. *Forest Ecology and Management* 208:77-83.
- Ando, M., H. O. Yokota and E. I. Shibata. 2003. Bark stripping preference of sika deer, *Cervus nippon*, in terms of bark chemical contents. *Forest Ecology and Management* 177:323-331.
- . 2004. Why do sika deer, *Cervus nippon*, debark trees in summer on Mt. Ohdaigahara, central Japan? *Mammal Study* 29: 73-83.
- Hillis, W. E. 1987. Heartwood and tree exudates. Springer-Verlag, New York.
- Lee, L.-L. and C.-Y. Lin. 2007. Monitoring of large mammals and populations of Formosan sambar deer along the 2<sup>nd</sup> section of southern central ridge trail in Yushan National Park. Yushan National Park Headquarters, Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior, Executive Yuen, Taiwan. (in Chinese)
- Ueda, H., S. Takatsuki and Y. Takahashi. 2002. Bark stripping of hinoki cypress by sika deer in relation to snow cover and food availability on Mt Takahara, central Japan. *Ecological Research* 17: 545-551.
- Weng, G.-J. and C.-Y. Lin. 2009. Monitoring of large mammals in Singkang mountain and the 2<sup>nd</sup> section of southern central ridge trail in Yushan National Park. Yushan National Park Headquarters, Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior, Executive Yuen, Taiwan. (in Chinese)
- . 2010. Monitoring of large mammals and

- study of population ecology of sambar deer in the area of Sinkang Mountain in the Yushan National Park. Yushan National Park Headquarters, Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior, Executive Yuen, Taiwan. (in Chinese)
- . 2011. Surveying of the effect of sambar on the recruitment and structure of forests in the areas of Jyunda and Guangao in the Yushan National Park. Yushan National Park Headquarters, Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior, Executive Yuen, Taiwan. (in Chinese)
- Yokoyama, S., I. Maeji, T. Ueda, M. Ando and E. Shibata. 2001. Impact of bark stripping by sika deer, *Cervus nippon*, on subalpine coniferous forests in central Japan. *Forest Ecology and Management* 140:93-99.



臺灣的擬相手蟹與折顎蟹(十足目：短尾下目：方蟹總科)  
兩種新紀錄

Two new records of *Parasesarma* De Man, 1895 and  
*Ptychognathus* Stimpson, 1858 (Decapoda: Brachyura:  
Grapsoidea) from Taiwan

李政璋\*

Jheng-Jhang Li\*

國立海洋生物博物館 94450 屏東縣車城鄉後灣村後灣路 2 號

National Museum of Marine Biology and Aquarium, Pingtung, Taiwan

\*通訊作者：epigrapsus@nmmba.gov.tw

\*Corresponding author: epigrapsus@nmmba.gov.tw

摘 要

庫氏擬相手蟹 *Parasesarma kuekenthali* (De Man, 1902)與特異折顎蟹 *Ptychognathus insolitus* Osawa and Ng, 2006 在過去僅被記錄於模式產地：印尼的馬黑拉島(Halmaheira)與日本琉球(Ryukyu)，最近也在臺灣被發現。臺灣是目前庫氏擬相手蟹分布的最北界，也是特異折顎蟹分布的最南界。本文描述這兩個種類的形態以及生態紀要，包含線繪圖與彩色照片。

Abstract

*Parasesarma kuekenthali* (De Man, 1902) and *Ptychognathus insolitus* Osawa and Ng 2006 are previously only known from type-locality in Halmaheira, Indonesia, and Ryukyu, Japan, but are recently

found in Tainan, Taiwan. Taiwan thus becomes the northernmost known locality of *Pa. kuekenthali* and southernmost known locality of *Pt. insolitus*. Morphological and ecological notes of the two species are described, and line drawings and color photographs are provided in this paper.

**關鍵詞：**新記錄、擬相手蟹、折顎蟹、臺灣

**Key words:** new records, *Parasesarma*, *Ptychognathus*, Taiwan

收件日期：2014 年 08 月 06 日      接受日期：2014 年 12 月 26 日

Received: August 06, 2014

Accepted: December 26, 2014

## 前 言

擬相手蟹屬 (*Parasesarma*) 是相手蟹科 (Sesarmidae) 裡多樣性最高的一個類群，包含許多半陸棲與陸棲的種類。近年在東南亞地區有許多新種陸續被發現，目前全世界已記錄 35 個種類 (Rahayu and Ng 2005, 2009, 2010; Ng *et al.* 2008; Davie and Pabriks 2010; Koller *et al.* 2010; Naderloo and Schubart 2010; Rahayu and Li 2013)。此屬是相手蟹科裡分類上問題最多的類群，所包含的種類超過以往的認知 (Rahayu and Ng 2005, 2010; Rahayu and Li 2013)。臺灣的擬相手蟹在 2001 年由 Ng *et al.* 列出四種：*Pa. acis* Davie, 1993、*Pa. pictum* (De Haan 1835)、*Pa. plicatum* (De Haan 1837) [= *Pa. affine* (De Haan 1837)]、*Pa. tripectinis* (Shen 1940)。其中的 *Pa. acis* 已由 Rahayu and Ng (2005) 認定為 *Pa. tripectinis* 的同物異名。此後直到 2010 年才由 Koller *et al.* 發表第 4 種：*Pa. liho* Koller, Liu and Cuesta 2010。另外，李與邱 (2013) 再列出 4 種未明的種類，其中的

「*Parasesarma* sp.1」已被命名為 *Pa. cognatum* Rahayu and Li 2013 (Rahayu and Li 2013)；其二「*Parasesarma* cf. *kuekenthali*」則經由本文正式確認為 *Pa. kuekenthali* (De Man 1902)。

有許多弓蟹科 (Varunidae) 種類都棲息在溪流的河口及附近，其中折顎蟹屬 (*Ptychognathus*) 為該科種類最多的屬，全世界已有 25 個種類被命名 (Ng *et al.* 2008; Ng 2010)，在日本琉球還有另外 4 種未被描述的種類 (仲宗根與伊禮 2003)。Ng *et al.* (2001) 記錄臺灣的折顎蟹屬有 4 種：*Pt. barbatus* (A. Milne Edwards 1873)、*Pt. hachijyoensis* Sakai 1955、*Pt. ishii* Sakai 1939、*Pt. takahasii* Sakai 1939，後來再由李 (2001) 補增 *Pt. affinis* De Man 1895 後，又由 Naruse *et al.* (2005) 記錄 *Pt. altimanus*。本文再新增 *Pt. insolitus* Osawa and Ng 2006 一種 (表 1)。

本研究之標本皆為徒手採集，並以游標尺量測頭胸甲寬 (CW, carapace width, 頭胸甲左右最寬之距離) 與頭胸甲長 (CL, carapace length, 頭胸甲額緣中央至後緣中央之距離)，以 mm 為單位。標本存放於國立海洋生物博物館 (National Museum of Marine Biology and Aquarium, NMMBA)。

表 1. 臺灣已記錄的 *Parasesarma* 與 *Ptychognathus* 種類

Table 1. Species of genera *Parasesarma* and *Ptychognathus* from Taiwan

Species	First record
<i>Pa. affine</i> (= <i>P. plicatum</i> ) 近親擬相手蟹	牧茂與土屋 1923
<i>Pa. cognatum</i> 相似擬相手蟹	Rahayu and Li 2013
<i>Pa. kuekenthali</i> 庫氏擬相手蟹	present study
<i>Pa. liho</i> 霍氏擬相手蟹	Koller <i>et al.</i> 2010
<i>Pa. pictum</i> 斑點擬相手蟹	Balss 1922
<i>Pa. tripectinis</i> (= <i>P. acis</i> ) 三櫛擬相手蟹	Suzuki 1985
<i>Pt. affinis</i> 近親折顎蟹	李榮祥 2001
<i>Pt. altimanus</i> 高掌折顎蟹	Naruse <i>et al.</i> 2005
<i>Pt. barbatus</i> 絨毛折顎蟹	牧茂與土屋 1923
<i>Pt. hachijoensis</i> 八丈折顎蟹	Fukui <i>et al.</i> 1989
<i>Pt. insolitus</i> 特異折顎蟹	present study
<i>Pt. ishii</i> 伊師折顎蟹	Sakai 1939
<i>Pt. takahashii</i> 高橋折顎蟹	Sakai 1939

**Sesarmidae Dana, 1851 相手蟹科**

***Parasesarma* De Man, 1895 擬相手蟹屬**

***Parasesarma kuekenthali* (De Man, 1902) 庫氏擬相手蟹 (圖 1A-D; 圖 2A, B; 圖 3; 圖 4A)**

*Sesarma* (*Parasesarma*) *calypso* var. *kuekenthali*

--De Man, 1902: 534; Tesch, 1917: 141 (list).

*Parasesarma kuekenthali*--Ng *et al.* 2008: 222 (list).

*Parasesarma cf. kuekenthali*--李與邱, 2013: 80.

**檢視標本** : 5♂♂ : 12.7×10.3mm~20.8×16.9mm, 2013/11/2(NMMBCD4011), 屏東縣後灣; 1♂ : 16.2×12.6, 2012/9/5(NMMBCD4012), 屏東縣香蕉灣。3♀♀ : 16.6×14.3mm~18.4×14.4mm, 2012/7/25(NMMBCD3493); 4♂♂: 15.1×11.7mm~20.6×16.4mm; 1♀(抱卵) : 13.9×10.8mm, 2013/10/2(NMMBCD3998), 屏東縣港口溪口。

**形態描述** : 頭胸甲橫方形, 寬約為長的 1.3

倍(圖 1A, C; 圖 3A)。前側緣在眼窩外齒之後無側齒。眼窩外齒三角形, 指向斜前方。前額緣呈波浪狀, 分為左右兩葉, 由中央一寬的弧形凹陷分開; 兩葉表面各有一枚低平突起, 其上著生短剛毛; 額後著生短剛毛, 分四葉, 胃區與心區分界清楚; 肝區凹陷; 鰓區平坦, 有 6 至 7 條斜向條紋。蟹足左右等大, 兩指咬合時以基部空隙最寬(圖 2A)。掌節內外側面密生小顆粒, 背緣末端著生若干細毛; 雄性背緣近末端有兩列斜向的隆脊, 近末端的隆脊由 16 至 17 枚緊密排列的梳狀突組成, 此隆脊兩端的各一枚梳狀突較低平; 近基部的隆脊由 4 至 8 枚較寬的梳狀突起組成(圖 3B, C)。雄性可動指背緣有 9 枚列狀排列的圓形顆粒(圖 2A; 3B)。可動指內面有 10 至 12 枚的列狀小顆粒(圖 3B)。雌性可動指基部散生小顆粒。兩性腕節背面為皺褶狀紋路。長節內側緣鋸齒狀, 近末

端處形成一個銳三角型的尖刺(圖 2B)。步足長節寬，背緣弧形，近末端具一銳刺(圖 3D)。第四步足長節表面較光滑，餘三對步足長節表面上半部具多條橫向條紋。腕節背緣及前節、指節的背、腹緣具有較長的剛毛。第一、二對步足前節與指節腹緣具有濃密的刷狀剛毛。指節與前節等長或略短。雄性第一交接器略彎，

末端角質突起末端近圓錐狀，彎指向外方，約呈 55 度(圖 4A, B)。本種幼蟹與成蟹的頭胸甲與步足皆為灰色，帶有深色蠕蟲狀紋路，心區兩側有黑色弧形斑塊，此斑塊在部分個體較不明顯。螯足背緣深褐色，掌部為橙黃色(圖 1A-D)。少數體色變異個體頭胸甲黑色斑塊較大，頰區為深藍灰色(圖 1C, D)。

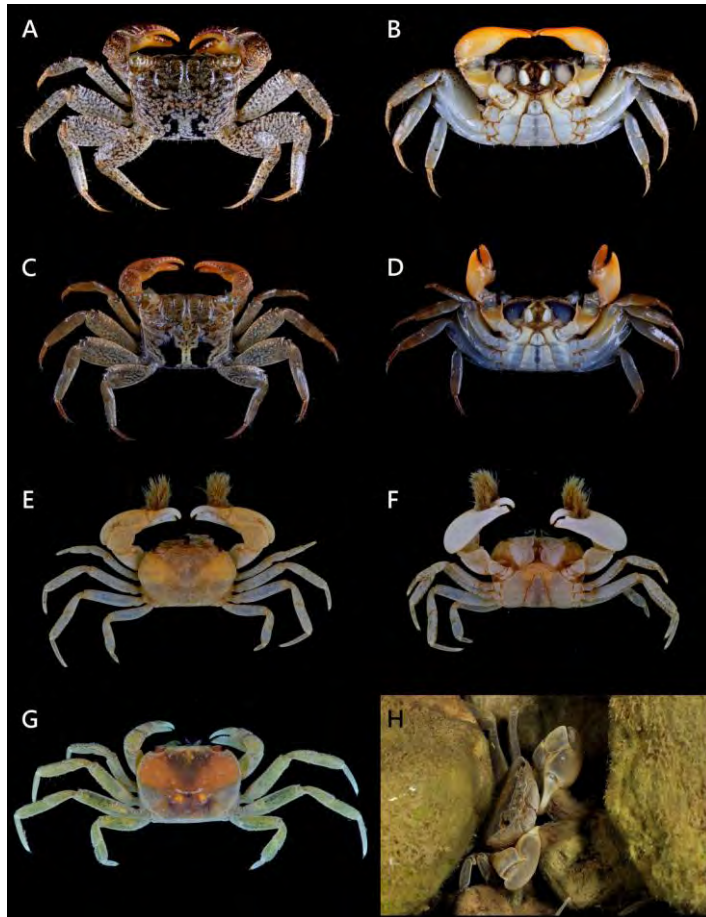


圖 1. *Parasesarma kuekenthali* 與 *Ptychognathus insolitus* 原色照片。A 至 D, *Pa. kuekenthali*; E 至 H, *Pt. insolitus*。A 與 B, 一般體色(NMMBCD3492); C 與 D, 變異體色(NMMBCD4012)。E 與 F, 雄性標本照(NMMBCD4376); G, 雌性(NMMBCD4377); H, 雄性原地生態照。

**Fig. 1.** Live colors of *Parasesarma kuekenthali* and *Ptychognathus insolitus*. A-D, *Pa. kuekenthali* (NMMBCD3492); E-H, *Pt. insolitus* (NMMBCD4376). A and B, normal coloration; C and D, var. coloration. E and F, male specimens; G, female (NMMBCD4377); H, *in situ* photographs, male.

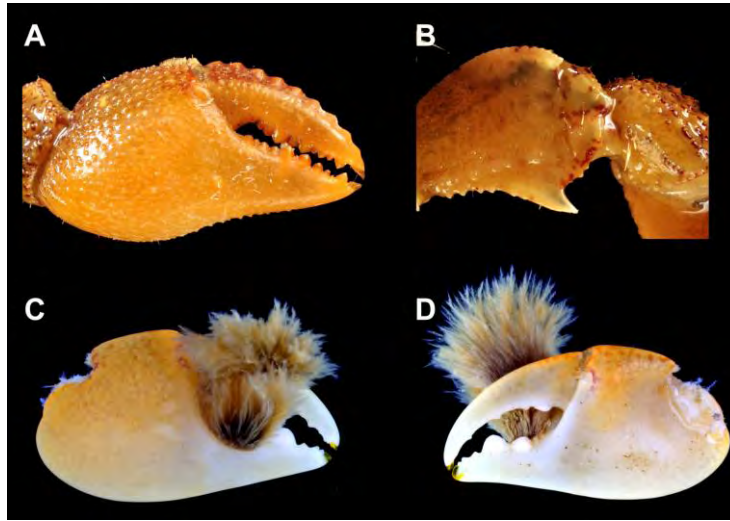


圖 2. *Parasesarma kuekenthali* 與 *Ptychognathus insolitus* 雄性螯足局部。A 與 B, *Pa. kuekenthali*(NMMBCD3492)；C 與 D, *Pt. insolitus* 右側螯足(NMMBCD4376)。A, 右側螯足掌部外側；B, 左側螯足長節內側；C, 掌部外側；D, 掌部內側。

Fig. 2. Parts of male chelipeds. A and B, *Parasesarma kuekenthali* (NMMBCD3492); C and D, *Ptychognathus insolitus*, right palm (NMMBCD4376). A, outer surface of right palm; B, inner surface of merus of left palm; C, outer surface; D, inner surface.

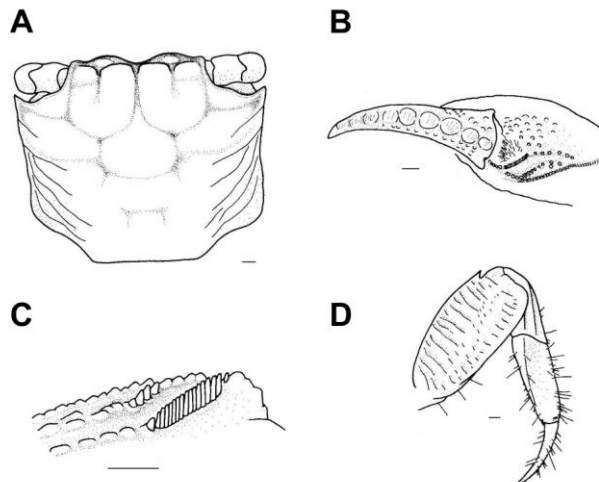


圖 3. *Parasesarma kuekenthali* 雄蟹特徵。A, 頭胸甲(剛毛未描繪)；B, 右側螯足背緣；C, 右螯足掌節背緣外側面；D, 右側第三步足。比例尺：1mm。

Fig. 3. *Parasesarma kuekenthali*. A. carapace (setose not drawn); B, dorsal view of right palm; C, outer surface of dorsal region of right palm; D, third right walking leg. Scale bars: 1mm.

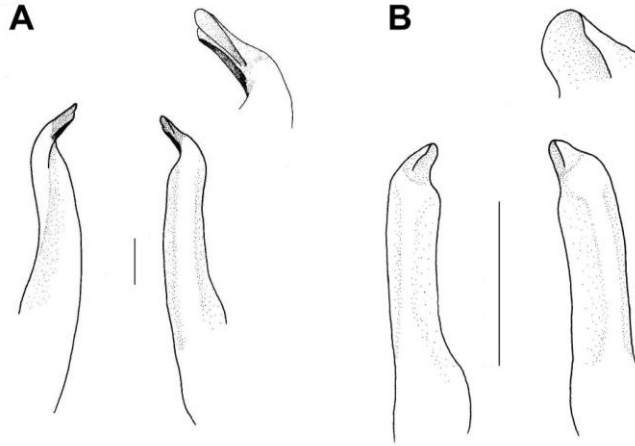


圖 4. *Parasesarma kuekenthali* 與 *Ptychognathus insolitus* 雄性左側交接器與末端角質放大(剛毛未描繪)。A, *Pa. kuekenthali* ; B, *Pt. insolitus*。比例尺：1mm。

Fig. 4. Left gonopods of *Parasesarma kuekenthali* and *Ptychognathus insolitus* (setose not drawn). A, *Pa. kuekenthali*; B, *Pt. insolitus*. Scale bars: 1mm.

**生態：***Parasesarma kuekenthali* 棲息地為河口區域的高潮帶與潮上帶，底質為泥質，或泥土與碎石混合的區域，珊瑚礁區也曾發現過單一個體。本種常與 *Neosarmatium indicum* A. Milne Edwards, 1868、*Sesarmops intermedius* De Haan, 1835 與 *Pa. cognatum* Rahayu and Li, 2013 共域棲息。本種行動快速，夜間活動，經常補食活體昆蟲或動物屍體，也會攝食底質的沉積物。抱卵母蟹全年皆可發現。

**分布：**以往本種僅被記錄分布於模式產地印尼的哈馬黑拉島 (Halmahera) (De Man, 1902)，臺灣為世界第二處發現的分布記錄，目前在恆春半島的保力溪口、後灣與港口溪口等地都有發現。在東沙島可能也有分布(見備註)。

**備註：**本種形態與菲律賓的 *Parasesarma dumacense* (Rathbun, 1914) 形態相似，差異在於：一、*Pa. dumacense* 交接器末端的彎曲角度

為 45 度，*Pa. kuekenthali* 為 55 度；二、*Pa. dumacense* 雄性螯掌背緣的梳狀隆起為 13 至 14 枚與 8 至 10 枚(近末端與基部端)，*Pa. kuekenthali* 為 16 至 17 枚與 4 至 8 枚；三、*Pa. dumacense* 幼蟹頭胸甲之顏色為黑褐色並帶有淺褐色斑紋，成體黑褐色則為灰色並帶有黑色斑紋(Rahayu and Ng, 2010, p. 17, Fig. 12B)，*Pa. kuekenthali* 的幼蟹與成蟹的頭胸甲體色都固定為灰色。

施 (2012 : p. 88, 89) 曾於東沙島蟹類名錄列出 *Pa. pictum* (De Haan, 1835)，但根據附圖照片，該種類可能為 *Pa. kuekenthali* 或 *Pa. dumacense*。

#### Varunidae H. Milne Edwards, 1853 弓蟹科

##### *Ptychognathus* Stimpson, 1858 折顎蟹屬

##### *Ptychognathus insolitus* Osawa and Ng, 2006

##### 特異折顎蟹 (圖 2E-H ; 圖 2C-D ; 圖 4B)

*Ptychognathus* cf. *hachijoensis*--岸野等人, 2001: 16, pl. 1, fig. 5.

*Ptychognathus johannae*--仲宗根與伊礼, 2003: 274 (key), fig. 50.

*Ptychognathus insolitus*--Osawa and Ng, 2006: 57, fig. 1, 2, 3, 4A-D.

**檢視標本**：2♂♂：8.5×6.2mm、9.4×6.8mm；1♀：8.2×5.9mm，2013/7/15 (NMMBCD4376)；9♂♂：8.4×6.5mm~10.0×7.4mm；2♀♀：6.8×5.5mm、8.3×6.3mm，2013/7/13 (NMMBCD4377)；3♂♂：8.5×6.2mm~9.1×6.4mm，2014/8/20 (NMMBCD4416)，屏東縣後灣。

**形態描述**：頭胸甲橫方形，寬約為長的1.4倍(圖1E)；扁平，光滑，各區的分區溝痕不明顯，僅胃區中央的H形凹痕較明顯；眼窩外齒鈍，前側緣為完整的弧形，或具有一個模糊的側齒遺痕；前額緣平直，中央略凹。螯足左右等大或略不等大，兩指末端角質狀，匙形；雄性可動指往下彎曲，咬合時與不動指間留有空隙(圖2C, D)；不動指與可動指基部密生成簇的羽狀絨毛；雌性螯指咬合時的空隙較窄小，掌節與腕節外側面無成簇的羽狀絨毛(圖1G)，覆有較均勻的短剛毛，。各對步足細長，長度約為頭胸甲寬的1.5至1.7倍，第四步足最短(圖1E)；長節與腕節背緣光滑無毛，其餘各節背腹緣皆有剛毛，以指節下緣最密集。第一至第三步指的指節長度約與前節相等，第四步指指節長度比前節略短。雄性第一交接器接近筆直，末端角質突起寬而短，末端匙形，略彎指向外方，約呈45度(圖4B)。本種幼蟹與成蟹的全身(含絨毛)皆為灰褐色，螯指為灰白色(圖1E-H)。部分雄性體色偏向灰白。

**生態**：Osawa and Ng (2006) 記載 *Ptychognathus insolitus* 的棲息地為狹窄溪河的出海口，水流平緩，躲藏在礫石間隙中，過去曾被鑑定為 *Pt. barbatus*。臺灣目前發現的地點為後灣海岸林的湧泉出海口，環境約與 Osawa and Ng 描述的棲地吻合。本種以水下的活動為主，偶爾也會爬出水面，雌性曾在離水較遠的乾燥區域被發現。

**分布**：模式地為日本琉球(Osawa and Ng, 2006)，在與之鄰近的奄美大島也被記錄過(岸野等人, 2001)。此外僅知分布於臺灣恆春半島的後灣，也是目前分布的最南界。

**備註**：*Ptychognathus insolitus* 在日本曾經分別被岸野等人(2001)、仲宗根與伊礼(2003)誤植為近似種 *Pt. hachijoensis* 與 *Pt. johannae* Rathbun, 1914。在 Osawa and Ng (2006) 描述與命名 *Pt. insolitus* 後，清楚指出 *Pt. insolitus* 的頭胸甲較寬，步足也較細長，易與其他種類區別。根據 Osawa and Ng 的描述，*Pt. insolitus* 兩性螯足掌節外側面近腹緣處具一淺隆脊，但在本研究檢視的標本中並未發現到。除了螯足外側的淺隆脊闕如外，各部位特徵都與 Osawa and Ng 的描述吻合，不應被視為獨立的種。

## 謝 誌

此研究承蒙內政部營建署墾丁國家公園管理處之「102 年度墾丁國家公園遊憩區(一)陸蟹生態及數量監測調查」與「墾丁國家公園管理處陸蟹監測、培力計畫」經費補助、國立海洋生物博物館邱郁文博士與蘇俊育先生在野外調查的協助以及新加坡國立大學 Peter K. L. Ng 博士與印尼科學院 Dwi Listyo Rahayu 博

士惠贈重要文獻並協助比對確認 *Parasesarma kuekenthali* 標本，謹申謝忱。

## 引用文獻

- 仲宗根幸男、伊礼美和子。2003。イワガニ科 Grapsidae，西田睦、鹿谷法一、諸喜田茂充(編)，琉球列島の陸水生生物。東海大学出版会。272-282 頁。(日文)
- 李政璋、邱郁文。2013。半島陸蟹。國立海洋生物博物館。96 頁。
- 李榮祥。2001。臺灣賞蟹情報。大樹文化。174 頁。
- 岸野底、米沢俊彦、野元彰人、木邑聡美、和田恵次。2001。奄美大島から記録された汽水産希少カニ類 12 種。南紀生物 43(1): 15-22 頁。(日文)
- 牧茂市郎、土屋寛。1923。臺灣産十脚類圖説。臺灣總督府中央研究所農業部報告第三號。215 頁。(日文)
- 施習德。2001。鐵甲武士----東沙島海濱蟹類。海洋國家公園管理處。159 頁。
- 黃榮富。1989。臺灣河口域沙蟹科、方蟹科及和尚蟹科之蟹研究。國立臺灣海洋學院漁業研究所 碩士論文。127 頁。
- Balss, H. 1922. Ostasiatische Decapoden, IV. Die Brachyrhyncha (Cancridea). Archiv für Naturgeschichte 88, part A, no.11: 94-166.
- Davie, P. J. F. and L. Pabriks. 2010. A new species of *Parasesarma* (Crustacea: Brachyura: Sesarmidae) from the mangrove of Western Australia. Zootaxa 2564: 62-68.
- De Man, J. G. 1902. Die von Herrn Professor Kukenthal in Indischen Archipel gesammelten Dekapoden und Stomatopoden. In: W. Kukenthal, Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise in den Molukken und Borneo. Abhandlungen Der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft 25: 467-929.
- Fukui, Y., K. Wada and C. H. Wang. 1989. Ocypodidae, Mictyridae and Grapsidae (Crustacea:Brachyura) from some coasts of Taiwan. Journal of Taiwan Museum 42: 225-238.
- Koller, P. H. C. Liu and C. D. Schubart. 2010. A new semiterrestrial species of *Parasesarma* De Man, 1895, from Taiwan. pp. 357-368. In: Fransen, C.H.J.M., S. De Grave and P. K. L. Ng (eds.), Studies on Malacostraca: Lipke Bijdeley Holthuis Memorial Volume.— Crustaceana Monographs, 14: 754pp. Brill, Leiden.
- Naderloo, R. and C. D. Schubart. 2010. Description of a new species of *Parasesarma* (Crustacea; Decapoda; Brachyura; Sesarmidae) from the Persian Gulf, based on the morphological and genetic characteristics. Zoologischer Anzeiger 249: 33-43.
- Naruse, T., H. T. Shih, N. K. Ng, and H. L. Hsu. 2005. On two new records of varunid crabs (Crustacea: Brachyura: Varunidae) from southern Taiwan. Collection and Research 18: 69-79.
- Ng, N. K. 2010. A new species of *Ptychognathus* Stimpson, 1858, from Cebu Island, Philippines (Decapoda, Brachyura, Varunidae). pp. 547-560. In: Fransen, C. H.

- J. M., S. De Grave and P. K. L. Ng (eds.), Studies on Malacostraca: Lipke Bijdeley Holthuis Memorial Volume.— Crustaceana Monographs, 14: 754pp. Brill, Leiden.
- Ng, P. K. L., D. Guinot and P. J. F. Davie. 2008. Systema brachyurorum: part I. An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. The Raffles Bulletin of Zoology, 17: 1-286.
- Osawa, M. and N. K. Ng. 2006. A new species of *Ptychognathus* Stimpson, 1858 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Varunidae) from the Ryukyu Islands, southwestern Japan. Zootaxa 1260: 56-66.
- Rahayu, D. L. and J. J. Li. 2013. A new species of the genus *Parasesarma* (Crustacea: Brachyura: Sesarmidae) from Taiwan and the Philippines, and redescription of *P. jamelense* (Rathbun, 1914). The Raffles Bulletin of Zoology 61(2): 1-7.
- Rahayu, D. L. and P. K. L. Ng. 2005. On two new species of the genera *Haberma* and *Parasesarma* (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae) from Papua, Indonesia. Zoologische Mededelingen 79-2(8): 167-178.
- Rahayu, D. L. and P. K. L. Ng. 2009. Two new species of *Parasesarma* from Southeast Asia (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae). Zootaxa 1980: 29-40.
- Rahayu, D. L. and P. K. L. Ng. 2010. Revision of *Parasesarma plicatum* (Latreille, 1803) species-group (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae). Zootaxa 2327: 1-22.
- Sakai, T. 1939. Studies on some crabs of Japan. IV. Brachygnatha. Brachyrhyncha. pp. 365-741, Yokendo Ltd.
- Suzuki, H. 1985. A list of the macro-crustaceans collected from Formosa. Report on the ocean environment of the southern Ryukyu Islands 2: 49-59.
- Tesch J. J. 1917. Synopsis of the genera *Sesarma*, *Metasesarma*, *Sarmatium* and *Clistocoeloma*, with a key to the determination of the Indo-Pacific species. Zoologische Mededeelingen uitgegeven vanwege's Rijks Museum van Natuurlijke Historie te Leiden 3: 127-260.



## 針葉蕨在臺灣的再發現

### Rediscovery of *Vaginularia trichoides* Fée (Pteridaceae) in Taiwan

張藝翰<sup>1</sup> 張和明<sup>2</sup> 洪信介<sup>3</sup> 鄧為治<sup>4</sup> 陳正為<sup>5</sup> 許天銓<sup>5,\*</sup>

Yi-Han Chang<sup>1</sup>, Ho-Ming Chang<sup>2</sup>, Hsin-Chie Hung<sup>3</sup>, Wei-Chih Teng<sup>4</sup>,  
Cheng-Wei Chen<sup>5</sup>, and Tian-Chuan Hsu<sup>5,\*</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會林業試驗所植物園組 10066 臺北市中正區南海路 53 號

<sup>2</sup>行政院農業委員會特有生物研究保育中心植物組 55244 南投縣集集镇民生東路 1 號

<sup>3</sup>自然攝影家 72641 臺南市學甲區濟生路 53 號

<sup>4</sup>自然攝影家 54265 南投縣草屯鎮虎山路 664 號

<sup>5</sup>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

<sup>1</sup>Division of Botanical Garden, Taiwan Forestry Research Institute; 53, Nan-Hai Rd., Taipei City 10066, Taiwan

<sup>2</sup>Endemic Species Research Institute; 1, Ming-Sheng E. Rd., Jiji Township, Nantou Co. 55244, Taiwan

<sup>3</sup>Natural photographer; 53, Ji-Shen Rd., Shuejia District, Tainan City 72641, Taiwan

<sup>4</sup>Natural photographer; 664, Hu-Shan Rd., Caotun Township, Nantou Co. 54265, Taiwan

<sup>5</sup>Institute of Molecular and Cellular Biology, National Tsing Hua Univ.; 101 Kuangfu Rd., Sec. 2, Hsinchu City 30013, Taiwan

\*通訊作者: lecanorchis@gmail.com

\*Corresponding author: lecanorchis@gmail.com

## 摘 要

針葉蕨 (*Vaginularia trichoides* Fée; 舊稱一條線蕨) 隸屬於鳳尾蕨科 (Pteridaceae) 書帶蕨亞科 (Vittarioideae) 的針葉蕨屬 (*Vaginularia* Fée), 自伊藤武夫 1923 年在屏東縣三地門鄉的臺灣首次紀錄後, 不再有報導。近年於臺東縣都蘭山區再次記錄到此一物種。本文報導此一發現, 並提供相關

之分類處理、形態描述、棲地與分布狀況、分類註記，以及彩色圖片，期對本種有更多的認識。同時也依循國際自然保育聯盟 (IUCN) 2001 年與 2003 年的紅皮書等級與準則，重新評估本種在臺灣的受威脅等級為「嚴重瀕臨絕滅 (CR)」，亟需進行相關之保育措施以避免族群消失。

## Abstract

*Vaginularia trichoidea* Fée, a member of subfam. Vittarioideae from fam. Pteridaceae, was first discovered in Taiwan when Takeo Ito collected it in a mountainous area within Sandiman Township, Pingtung County, in 1923. It had not been found ever since until our field surveys in recent years when we rediscovered the species in Dulan Mountain of Taitung County. To contribute to the understanding of this very rare species, this paper is thus a report of this rediscovery with the species' taxonomic treatment, descriptions of morphological characters, the present situations of habitat and local distribution range, brief notes and related color photos. Meanwhile, according to the IUCN Red List Categories and Criteria, *V. trichoidea* is reevaluated as a critically endangered species in Taiwan. Active conservation measures are required to prevent it from regional extinction.

**關鍵詞：**蕨類、鳳尾蕨科、再發現、臺灣、針葉蕨

**Key words:** fern, Pteridaceae, rediscovery, Taiwan, *Vaginularia trichoidea*

收件日期：2014 年 04 月 21 日      接受日期：2014 年 12 月 26 日

Received: April 21, 2014

Accepted: December 26, 2014

## 緒 言

針葉蕨 (*Vaginularia trichoidea* Fée；舊稱一條線蕨) 隸屬於鳳尾蕨科 (Pteridaceae) 書帶蕨亞科 (Vittarioideae) (Christenhusz *et al.* 2011; Lin *et al.* 2013)，係 Antoine Laurent Apollinaire Fée (1852) 依據 H. Cuming 採自菲律賓呂宋島的標本 (H. Cuming 160) 所發表的新種 (同時也是該屬的屬模式)，主要分布於以

菲律賓、印尼及中南半島等熱帶亞洲區域。如以植物地理的角度來看，係馬來要素 (Malesian element) 的成員之一 (Kuo 1985)。在臺灣，本種最早的紀錄為緒方正資依據伊藤武夫於 1923 年 4 月 8 日採自屏東郡排灣社 (今屏東縣三地門鄉) 的標本所繪製之線描圖 (Ogata 1933)，圖片顯示之形態特徵可明確鑑定為針葉蕨。惟該份標本現存何處無法查知，且此後在臺灣即未再有任何採集紀錄 (DeVol 1975; Shieh *et al.* 1994; Knapp 2011)。由於完全

沒有現生野外族群資料，在臺灣維管束植物紅皮書初評名錄中，本種被列入「資料不足 (DD, data deficient)」等級 (Wang *et al.* 2012)。

2006 年 1 月，本文第二作者於臺東縣東河鄉都蘭山進行植物調查時，發現形態近似針葉蕨的植物體，但因族群甚小且未見繁殖葉，因此無法確認。2013 年本文第二作者及第五作者再次造訪該生育地，仍未見繁殖葉，但取得之 DNA 樣本經分析後，其葉綠體部分序列 (*trnL-F* + *matK* + *ndhF* + *chlL*) 與採自菲律賓之針葉蕨完全相同 (陳正為，未發表資料；上述各序列片段上傳 NCBI Gene Bank 之序號依次為 KM278228、KM278226、KM278227 及 KM278225)。2014 年 2 月本文第三、第四及通訊作者在東河鄉尚德村的七塊厝村落進行植物調查，終於發現針葉蕨之成熟植株，在相隔 90 年後再次確認此一物種仍存在於臺灣。

本文除提供針葉蕨形態及分類地位之描述，亦首次記述此種在臺灣的生育地與族群狀態，並附相關照片供參考。同時，由於新資料的發現，我們依據國際自然保育聯盟 (IUCN) 紅皮書等級與準則 (IUCN 2001, 2003)，重新評估該種在臺灣的受威脅等級，期使國人對本種有更多的認識、重視與保護。

### 分類處理

*Vaginularia trichoidea* (J. Sm.) Fée, Mém. Foug. 3: 34. 1852; H. Ito, J. Jap. Bot. 12: 410, *f.* 4. 1936; Masam., A List Vasc. Pl. Taiw. 11. 1954; Copel., Fern Fl. Philipp. 3: 553. 1960; DeVol, Fl. Taiwan 1: 236. 1975; Shieh, J. Sci. Engin. 14: 88. 1977; Shieh *et al.*, Fl. Taiwan (2<sup>nd</sup> ed.) 1: 257. 1994; Zhang, Fl. Reipubl. Pop. Sin. 3(2): 29, *pl.* 7(11-16).

1999; Lu *et al.* Yang, Taiwania 50(2): 149. 2005. — Type. PHILIPPINES (Luzon): *H. Cuming* 160. (holotype: B [B20 0097331], photo!; isotypes: GH [00443301], not viewed, L [0443697, 0443699] photo!, MICH [1287164], photo!, US [00134503], photo!, Z [000062276], photo!).

針葉蕨 (一條線蕨) (圖 1, 2A, 3A & 4)

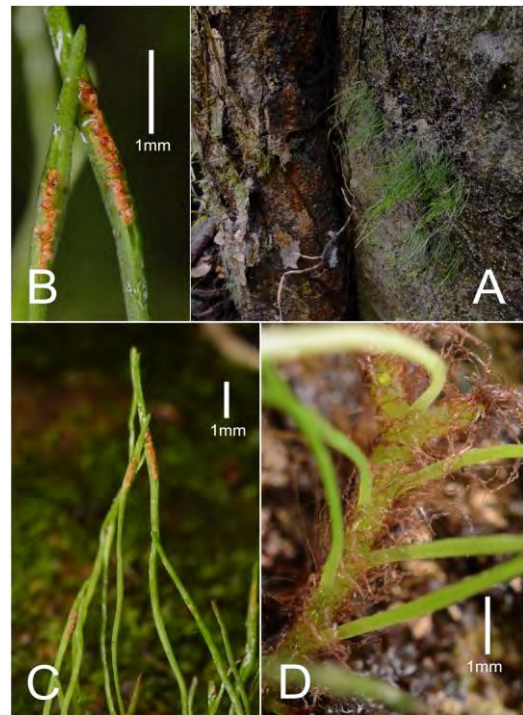
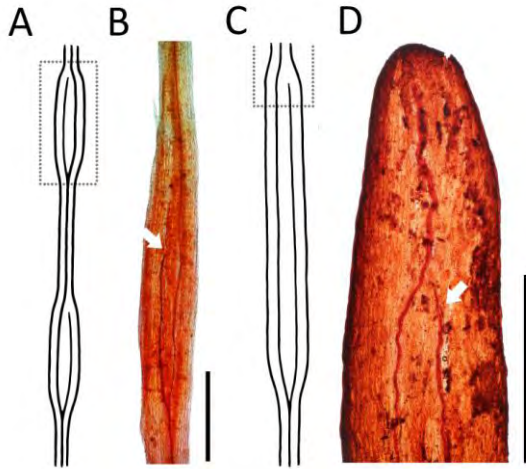


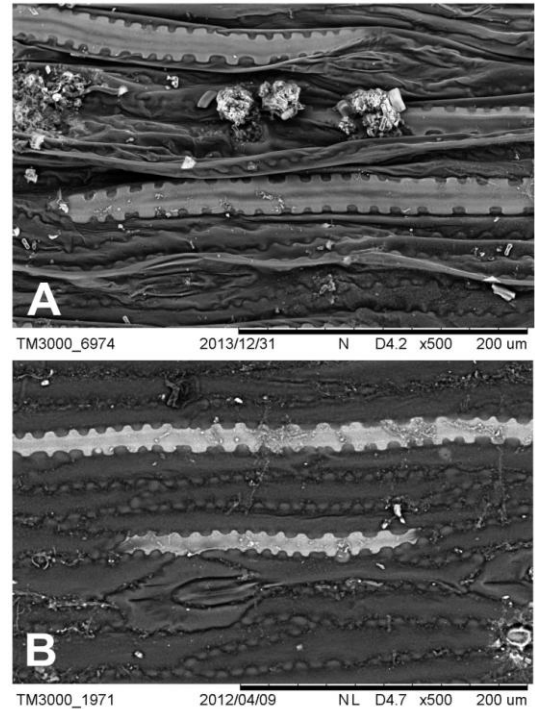
圖 1. 針葉蕨 (*Vaginularia trichoidea* Fée) 之生育地與外部形態。A, 生育地與植株；B & C, 葉片遠軸面 (含孢子囊群)；D, 根莖 (被覆線形褐色鱗片) 與葉片基部 (葉柄)。本圖影像為許天銓拍攝。

**Fig. 1.** Habitat and habit of *Vaginularia trichoidea* Fée. A, habitat; B & C, portions of abaxial side of laminae with sori; D, rhizome (covered with linear brown scales) and bases of fronds (stipes). Photographs by Tian-Chuan Hsu.



**圖 2.** 臺灣之針葉蕨屬葉脈系統之比較，白色箭頭標明游離側脈末端所在位置，請注意游離側脈末端並未與中肋相接。A & B, 針葉蕨 (*Vaginularia trichoidea*)；C & D, 連孢針葉蕨 (*V. paradoxa*)。A & C 為葉脈脈型手繪示意圖，引用 William (1927: fig. 10G & 11C)；B & D 分別為 A & C 框畫區之實體解剖影像圖，為陳正為所拍攝。

**Fig. 2.** Venation comparison between two Taiwanese vaginularias. At where the white arrows are pointing mean the locations of free vein tips. Please note that the free vein tips do not connect with the midribs (i.e. central main veins). A & B, *Vaginularia trichoidea*; C & D, *V. paradoxa*. A & C are the illustrated drawings of venations adopted from William (1927: fig. 10G & 11C); B & D are the anatomically longitudinal-sectioned images of portions zoned by dotted line of A & C, respectively; photographs by Cheng-Wei Chen.



**圖 3.** 臺灣之針葉蕨屬表皮組織內間生的骨針細胞 (spicular cells) 之比較，兩種針葉蕨的表皮骨針細胞相似度高，無明顯差異。A, 針葉蕨 (*Vaginularia trichoidea*)；B, 連孢針葉蕨 (*V. paradoxa*)。本圖影像為高資棟拍攝。

**Fig. 3.** The comparison of the specular cells within epidermis tissues between two Taiwanese vaginularias. According to the photos, there are no apparent differences between their specular cells. A, *Vaginularia trichoidea*; B, *V. paradoxa*. Photographs by Tzu-Tong Kao.

#### SYNONYMS:

*Monogramma trichoidea* J. Sm., J. Bot. [W.J. Hooker] 3: 394. 1841, *nom. nud.*; Ogata, Icon. Fil. Jap. 5: *pl.* 236. 1933.  
*Monogramma trichoidea* (Fée) Hook., Sp. Fil. 5: 123. 1864; C. Chr., Ind. Fil. 431. 1906; Kuo,

Taiwania 30: 23. 1985; *id.* Man. Taiwan Vasc. Pl. 1: 70. 1997; Knapp, Ferns and Fern Allies of Taiwan 425, 467, *ph.* 426-1a. 2011; Zhang & Gilbert, Fl. China 2-3: 256. 2013.

**形態特徵：**

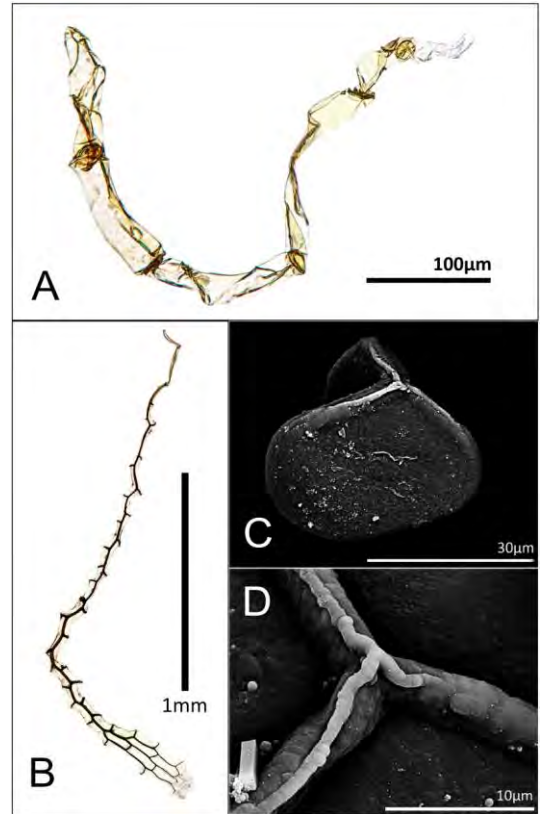
根莖橫走，纖細，徑約 1 mm。根莖鱗片密生，褐色，線形至狹披針形，長 0.6-1.2 mm，窗格狀 (圖 4B)。葉近生，葉柄長 1-2 mm，略淺綠色。葉身線形，柔弱，長 3-6(-8) cm，寬約 0.5 mm，光滑，具明顯中肋，中肋兩側則分出 1-3 條單一不分叉、與中肋平行的游離側脈 (圖 2A)；表皮細胞內生有類似篋齒狀的骨針細胞 (spicular cells，是一種具厚壁的異形細胞；圖 3A)。孢子囊群短線形，生於葉片遠軸面沿中軸的縱溝內側脈上，每葉片約 1 至數條，長 2-4 mm，無孢膜；側絲非頭狀，半透明、淡褐色、線形 (圖 4A)；由於短線孢子囊群在成熟時常外擴，故著生孢子囊群處的葉身常較未著生處為寬。孢子為四面體的三縫 (trilete) 孢子，其上紋飾不明顯 (圖 4C & D)。

**地理分布：**

中國 (海南島)、泰國、馬來西亞、印尼 (蘇門答臘、婆羅洲)、菲律賓及臺灣。

**生育地環境：**

中、小型溪溝周邊之原生闊葉林，海拔 200-800 m；植株均發現於林下之岩石之側邊或凹入處，微環境遮蔽良好，濕度甚高，伴生物種為盾形單葉假脈蕨 (*Didymoglossum tahitense* (Nadeaud) Ebihara & K. Iwats.) 及厚邊蕨 (*Crepidomanes humile* (G. Forst.) Bosch.)。



**圖 4.** 針葉蕨 (*Vaginularia trichoidea* Fée) 之顯微照片。A, 側絲 (隔絲, paraphysis)；B, 鱗片 (scale)；C, 孢子 (spore)；四面體孢子全貌；D, 孢子表面的三縫輻射分枝。本圖影像為陳正為拍攝。

**Fig. 4.** The microscopic photos of *Vaginularia trichoidea* Fée. A, a paraphysis; B, a scale; C, a tetrahedral spore (also a trilete spore); D, the laesura with three radiating branches on the surface of a trilete spore. Photographs by Cheng-Wei Chen.

**IUCN 保育等級評估：**

CR (B1b(ii,iii)c(ii,iv)2b(ii,iii)c(ii,iv)+C2b+D)

依據標本及野外調查結果顯示，針葉蕨在臺灣僅分布於三個地點（屏東三地門鄉山區、臺東東河鄉都蘭山及七塊厝），亞族群少於 5（目前僅發現 3 個亞族群）；此外，由於生育地相當接近人為頻繁活動區域，推測野外族群在未來有可能因開墾及過度採集等人為活動干擾而下降。因此，依據國際自然保育聯盟 (IUCN) 紅皮書等級與準則 (IUCN 2001, 2003)，重新評定針葉蕨在臺灣之受威脅等級為「嚴重瀕臨絕滅 (CR)」。

#### 引證及參考標本：

臺灣 (TAIWAN). 臺東縣 (Taitung County), 東河鄉 (Donghe Township): 都蘭山 (Mt. Dulan), *H.M. Chang 6964* (TAIE); 尚德村七塊厝 (Chikwuaitsou of Shande Villege), *T.C. Hsu 6845* (TAIF), *H.C. Hung 122* (TAIF).

菲律賓 (PHILIPPINES). 呂宋島 (Luzon): Quezon Prov., Mt. Banahao de Lucban, *T.C. Hsu 4080* (TAIF); 民答那峨 (Mindanao): 阿波山 (Mt. Apo), *Y.H. Chang 20120510-003* (TAIF).

#### 分類註記：

針葉蕨屬 (*Vaginularia* Fée) 植物由於形態上的極度簡化，僅具有少量的分類特徵，其分類歸屬歷來意見分歧。部分學者根據葉片具側脈與側絲不具頭狀細胞之特徵，承認針葉蕨屬之獨立性 (Fée 1852, Copeland 1947)，然而多數學者則主張將針葉蕨屬併入廣義的一條線蕨屬中 (*Monogramma* Commerson ex Schkuhr, *sensu lato*; Williams 1927, Kramer 1990, Christenhusz *et al.* 2011)。近年來，以 DNA 證據為基礎的系統演化分析結果，顯示廣義的一條線蕨屬並非單系群 (monophyletic group)，並且支持針葉蕨屬之獨立性 (Ruhfel

*et al.* 2008)。因此，本文採用針葉蕨屬而非廣義的一條線蕨屬。

臺灣產針葉蕨屬植物共有兩種，分別為針葉蕨以及連孢針葉蕨 (*Vaginularia paradoxa* (Fée) Mett. ex Miq.; 舊稱連孢一條線蕨)，兩者可利用孢子囊群與葉片寬度之特徵加以區分。前者孢子囊群較短 (2-4 mm)，每葉間隔發育 1 至 3 段，且葉片較細 (通常小於 0.5 mm)；後者孢子囊群較長 (約與葉片同長)，每葉沿中肋連續發育為一長線型 (約與葉片同長)，且葉片較寬 (通常大於 1 mm)。

#### 謝 誌

感謝臺灣大學生命科學系博士候選人郭立園先生在分子親緣系統學方面提供至為寶貴的意見，美國杜克大學 (Duke Univ.) 生物學系博士候選人高資棟先生在組織解剖方面的幫忙，以及農業委員會林業試驗所植物園組助理研究員林謙佑先生在照片編輯上的鼎力協助，也感謝該組副研究員兼組長邱文良博士在本文撰稿用詞及論點闡述方面，無私地指教修正方向。同時，我們也向 B、MICH、TAIE、TAIF、US 及 Z 等各大標本館館長與相關館務人員致謝，感謝他們在萬忙之中，撥冗協助提供針葉蕨模式標本之精細圖檔供參。

#### 引用文獻

- Christenhusz, M. J. M., X. C. Zhang and H. Schneider. 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19(1): 7-54.
- Copeland, E. B. 1947. *Genera Filicum: The genera of ferns*, pp. 226-227. *Chronica*

- Botanica Co., Waltham, Massachusetts, USA.
- DeVol, C. E. 1975. Vittariaceae, *pp.* 231-239. *In:* H.L. Li, T.S. Liu, T.C. Huang, T. Koyama, and C.E. DeVol (*eds.*), Flora of Taiwan, vol. 1. Epoch Publishing, Taipei, Taiwan.
- Fée, A. L. A. 1851 (1851-1852). Mémoires sur les Familles des Fougères 3 (Troisième Mémoire, Histoire des Vitrarées et des Pleurogammees), *pp.* 34-35. Veuve Berger-Levrault et Fils, Paris, France.
- IUCN. 2001. IUCN red list categories and criteria: version 3.1. IUCN species survival commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- IUCN. 2003. Guidelines for application of IUCN criteria at regional levels. Version 3.0. IUCN species survival commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Knapp, R. 2011. Ferns and fern allies of Taiwan, *pp.* 425, 467; *ph.* 426-1a. Yuan-Liou Publishing Co., Taipei, Taiwan.
- Kramer, K. U. 1990. Vittariaceae, *pp.* 272-277. *In:* K.U. Kramer and P.S. Green (*eds.*), The families and genera of vascular plants, vol. 1: Pteridophytes and gymnosperms. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Kuo, C.M. 1985. Taxonomy and phytogeography of Taiwanese pteridophytes. *Taiwania* 30: 5-100.
- Lin, Y. X., X. C. Zhang, M. G. Gilbert and J. Prado. 2013. Subfam. Vittarioideae of fam. Pteridaceae, *pp.* 237-256. *In:* Z.Y. Wu, P.H. Raven, and D.Y. Hong (*eds.*), Flora of China, vol. 2-3 (Pteridophytes). Science Press, Beijing, China; Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA.
- Ogata, M. 1933. Icones Filicum Japoniae, vol. 5. Sansyusya, Tokyo. Japan. *pl.* 236.
- Ruhfel, B., S. Lindsay and C. C. Davis. 2008. Phylogenetic placement of Rheopteris and the polyphyly of Monogramma (Pteridaceae s.l.): Evidence from rbcL sequence data. *Systematic Botany* 33(1): 37-43.
- Shieh, W. C., W. L. Chiou and C. E. DeVol. 1994. Vittariaceae, *pp.* 254-263. *In:* Editorial Committee of Flora of Taiwan (Second Edition), Flora of Taiwan (2<sup>nd</sup> ed.), vol. 1. Sandos Chromagraph Printing Company, Ltd., Taipei, Taiwan.
- Wang, J. C., W. L. Chiou and H. M. Chang (*eds.*). 2012. A preliminary red list of Taiwanese vascular plants, *p.* 90. Endemic Species Research Institute, and Taiwan Society of Plant Systematics, Nantou, Taiwan.
- Williams, S. 1927. A critical examination of the Vittarieae with a view to their systematic comparison. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 55(9): 173-217.



## 台灣產柑橘屬(芸香科)植物

### Notes of *Citrus* (Rutaceae) in Taiwan

許再文<sup>1</sup> 陳祈男<sup>2</sup> 何東輯<sup>1,\*</sup>

Tsai-Wen Hsu<sup>1</sup>, Chi-Nan Chen<sup>2</sup> and Tung-Chi Ho<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>農委會特有生物研究保育中心，南投縣 55244 集集鎮民生東路 1 號

<sup>2</sup>農業試驗所 嘉義農業試驗分所，嘉義市 60044 民權路 2 號

<sup>1</sup>Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou 55244, Taiwan

<sup>2</sup>Chiayi Agricultural Experiment Station, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi City 60044, Taiwan

\*通訊作者：cole@tesri.gov.tw

\*Corresponding author: cole@tesri.gov.tw

### 摘 要

本研究以傳統分類方法，重新訂正台灣產柑橘屬(芸香科)植物，所得結果為台灣野生種有 1 變種 2 雜交種，文中提出 1 新階級：台灣香檬 (*Citrus reticulata* var. *depressa*)，關於種類的檢索表、學名考證及生育地和分布亦於文中提出。

### Abstract

This study is a classical taxonomic revision of the *Citrus* family (Rutaceae) in Taiwan based on a broad survey of herbarium specimens and living plants in the field. The Taiwanese *Citrus* was classified into one variety and two hybrid taxa, including one new status *Citrus reticulata* var. *depressa*. Notes on habitat and general distribution of the species and variety are also given as an analytical key to the species and variety.

**關鍵詞：**柑橘屬、台灣、分類

**Key words:** *Citrus*, Taiwan, Taxonomy

收件日期：2014 年 08 月 26 日      接受日期：2014 年 12 月 26 日

Received: August 26, 2014

Accepted: December 26, 2014

### 柑橘屬

**Citrus L.**, Sp. Pl. 2:782.1753; Gen. Pl. ed. 5, 341.1754.

本屬植物大部分為經濟樹種，從西元前 278 年戰國時期詩人屈原作《橘頌》時算起，中國種植柑橘的歷史也有 2,300 多年，早在 1753 年林奈的分類系統柑橘屬(*Citrus* L.)之前，就已有長久以來的人工栽培、改良類型繁多、形態複雜品種，野生柑橘屬植物本身容易發生芽變，種屬間容易雜交且雜交種可孕，體細胞突變率高，又有無融合生殖佔優勢，所以有許多柑橘屬雜交種生長在野外，是自然分布的野生植物，並有龐雜的栽培種類，有原始類型，又有較進化類型的複雜種群。

不同學派對種的概念差異很大，影響到劃分種的界限及其命名。例如：Swingle 學派認為本屬植物共有 16 種(Swingle and Reece 1967)，而田中學派認為有 162 個種(Tanaka 1977)。現代植物分類學和細胞遺傳學、生物化學、生理學共同研究後，將植物分類學由外部形態配合植物體的遺傳組成和生理功能的研究，可以更直接反映種類間親緣關係，因此，分類研究者 Mabberley (1997) 提出有許多柑橘屬雜交種生長在野外，是自然分布

的野生植物得到越來越多的支持，並探討了柑橘屬植物間種、品種及雜交種之間的親緣關係。雖然黃(1997)認為香椽(*Citrus medica*)和木檸檬(*C. limmonia*)，分布於印度和緬甸東北部，雲南、廣西和廣東的中南部，福建西南部及台灣。二者的野生習性很強，在中國有不少野生採集紀錄。但是香椽(*Citrus medica*)是野生種，木檸檬(*C. limmonia*)卻是野外的天然雜交種，Chang (1993) 記敘台灣野生柑橘屬植物有 4 種，經過訂正後台灣野生的有種 1 變種及 2 雜交種。

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

HAST：中央研究院生物多樣性研究中心植物標本館

PPI：國立屏東科技大學森林系標本館

TAI：國立臺灣大學生命科學系植物標本館

TCF：國立中興大學森林系標本館

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

花粉觀察皆取自新鮮花朵，由開放的花朵直接取下花藥，將花粉先以碳雙面膠直接

固定於載台上，再以離子腹膜機(HITACHI E-1010)進行覆膜，於花粉表面均勻覆蓋一層純金薄膜，完成覆膜程序後，以掃描式電子顯微鏡(HITACHI TM-3000)在 15KV 下觀察花粉，使用掃描器直接將花粉影像檔留存。台灣產柑橘屬之花粉經觀察皆為球形至橢圓球形，表面具網紋，4-5 溝孔(Tetracolporate-pentacolporate)。

台灣產柑橘屬之檢索表：

A1.葉柄具狹翼；果直徑 2-3.5cm。

B1. 葉卵橢圓形；果扁圓形.....1.台灣香檬 *Citrus reticulata* var. *depressa*

B2. 葉長橢圓形；果球形.....3.檸檬 *Citrus × limonia*

A2.葉柄具線形或三角狀卵圓形寬翼；果直徑約 5-9cm.....2.酸橙 *Citrus × aurantium*

*Citrus reticulata* Blanco, Fl. Filip. 610. 1837.

1. *Citrus reticulata* var. *depressa* (Hayata) T. C. Ho & T. W. Hsu comb. nov. 台灣香檬 (圖 1, 圖 4A-B)

*Citrus depressa* Hayata, Icon. Pl. Form. 8:16. 1919; Tanaka, Blumea 2(2):107. 1936; Liu, Ill. Nat. Lign. Pl. Taiwan 2:850. f.703. 1962; Chang, Fl. Taiwan 3:509. 1977, ed. 2. 3:516. 1993.

*Citrus tachibana* (Makino) Tanaka, Bult. Sci. Fak. Terkult. Kjusu. Univ. 2:52. 1926; Swing. in Weber & Batchelor, *Citrus* Industry 1:421. 1943; Li, Woody Fl. Taiwan 365. f. 131.1963; Liu, Lign. Pl. Taiwan 551; Liu et al., Trees of Taiwan 553. pl. 382. 1994.

*Citrus aurantium* L. var. *tachibana* Makino, Nikon Engei-Kwai Zasshi 75:2. 1896.

*Citrus aurantium* subsp. *nobilis* var. *tachibana* (Makino) Makino, Bot. Mag. Tokyo 15:167. 1901.

註：

(1) *Citrus reticulata* 之花簇生、葉柄長 1.5 cm 以上、子葉綠色；雖然 Zhang and Mabberley (2008)將台灣地區野生種 *C. depressa* 併入 *C. reticulata*，但台灣產之植物單花腋生、葉柄長 1.0cm 以下、子葉乳白色與 *C. reticulata* 在形態上可以明顯區分，所以處理為變種。

(2) Chang(1977, 1993)於台灣植物誌第 1、2 版中，認為台灣產柑橘屬植物有 *C. tachibana* 和 *C. depressa* 二種不同植物，主要以 *C. tachibana* 果實圓球形和 *C. depressa* 果實扁圓形予以區分為二種不同植物，但是經查證文獻及該種模式標本發現 *C. tachibana* 果實扁圓形，其型態特徵與 *C. depressa* 相同，故予以合併。

(3) 分布日本南部琉球和台灣低海拔地區。

(4) 花粉大小 21.8×36.7um 長球形，表面具網紋，4-5 溝孔(Tetracolporate- pentacolporate)。

引證標本：

台中縣：M. T. Kao, 9673 (TAI)；青山, H. J. Su & T. T. Liu, 5006 (TAI)；大雪山 T. S. Liu et al. 6484 (TAI)；東卯山, K. C. Lu et al., 8218；何東輯, 78(TCF)；新社鄉, 何東輯, 80(TCF)。花蓮縣：太魯閣, Ching-I Peng, 12334 (HAST)。台東縣：蘭嶼, C. E. Chang, 2822 (PPI)；何東輯, 33(TCF)。

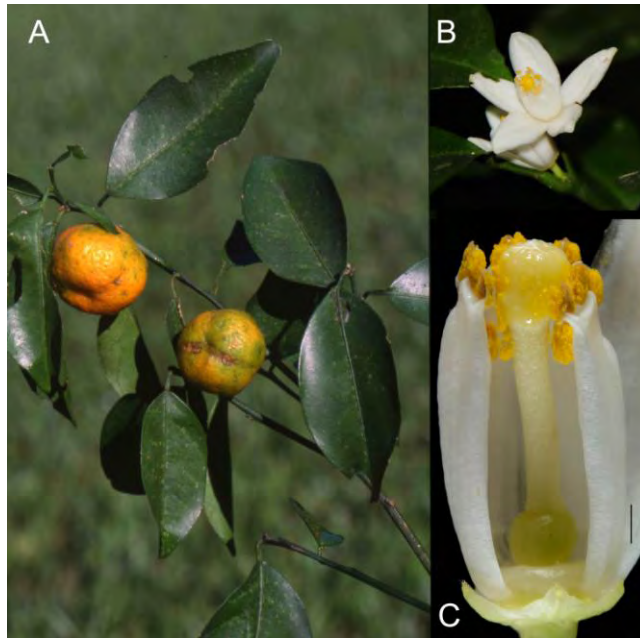


圖 1. *Citrus reticulata* var. *depressa* A.果枝 B.花 C.雌蕊(Scale=1 mm)。

Fig. 1. *Citrus reticulata* var. *depressa* A. fruiting branch ; B. flower; C. pistil.

2. *Citrus* × *aurantium* L., Sp. Pl. 2: 782. 1753; Merr., Enum. Philip. Fl. Pl. 2:342. 1923; Tanaka, Trans. Nat. Hist. Soc. Form. 22(123):427. 1932; Chang in Fl. Taiwan ed. 2. 3:513. pl. 267. 1993. 酸橙 (圖 2, 圖 4C-D)

*Citrus taiwanica* Tanaka & Shimada, Bull. Sci. Hort. Inst. Kyushu Univ. 2:54. 1926; Tanaka, Blumea 2(2):106. 1936; Liu, Ill. Nat. Intr. Lign. Pl. Taiwan 2:866. f. 709. 1962; Liu, Lign. Pl. Taiwan 551. 1972; Chang in Fl. Taiwan 3:510. 1977, ed.2. 3:516. 1993; Liu *et al.*, Trees of Taiwan 553. 381. 1994.

*Citrus* × *aurantium* cv. *Taiwanica*

#### 分布：

- (1) 雖然 *C. taiwanica* 的葉翼線形和 *C. × aurantium* 葉翼三角狀卵圓形是這二種植物在葉片形態的最大不同處，但是卻有相同的花及果實，因此同意 Mabberley (1997) 提出合併的分類處理，應予已合併。
- (2) 分布亞洲東南部，台灣產新竹、苗栗和蘭嶼。
- (3) 花粉大小 26.6×28.6μm，球形，表面具網紋，4-5 溝孔(Tetracolporate- pentacolporate)。

#### 引證標本：

台東縣：蘭嶼，Ching-I Peng, 7696 (HAST)；C. E. Chang, 17792, 19103, 19582, Ching-I Peng, 7696 (PPI)；何東輯, 27, 31, 32, 193 (TCF)。  
新竹縣：賴志宏, 11 (PPI)。  
苗栗縣：南庄, 島田彌市, 3182, 1271D (TAI)；島田彌市, 3182 (TAI)；何東輯, 127, 128 (TCF)。



圖 2. *Citrus × aurantium* A. 果枝 B.花 C.雌蕊(Scale=1 mm)。

Fig. 2. *Citrus × aurantium* A. fruiting branch ; B. flower; C. pistil.

3. *Citrus × limonia* Osbeck, Reise Ostindien 250.

1765. 檸檬 (圖 3, 圖 4E-F)

*Citrus × limon auct non* (L.) Osbeck:  
Mabberley in *Telopea* 7(2): 169.1997.

*Citrus medica* L. var. *limon* L., Sp. Pl. 2: 782  
(1753).

*Citrus tachibana auct non* (Makino) Tanaka:  
Chang in *Fl. Taiwan* 3:510. Pl. 306. 1977,  
ed. 2. 3:516. 1993; Ho, *End. Sp. Res.* 9(2):  
33. 2007.

註：

- (1) *Citrus × limonia* Osbeck 原被當作爲 *Citrus × limon* (L.) Osbeck，但是 Osbeck 在 1765 年文章中並未提到或參考 Linne 之分類群，所以是最早合法名。
- (2) 分布於印度和緬甸東北部，雲南、廣西和廣東的中南部，福建西南部及台灣。日本南部和琉球。台灣產低海拔森林中。
- (3) *Citrus × limonia* 的野生習性很強，在台灣有不少野生種採集紀錄，Chang(1977, 1993)

於台灣植物誌中第 1、2 版中，認為台灣產之本種植物學名應採用 *C. tachibana*，但是經查證文獻及該種模式標本發現 *C. tachibana* 果實扁圓形，野生柑橘屬植物有不少採集紀錄均記敘果實圓球形者，均應是 *Citrus × limonia*。

- (4) 花粉大小 26.2×34.7um，球形，表面具網紋，4-5 溝孔(Tetracolporate- pentacolporate)。

引證標本：

苗栗縣：珊瑚湖，李嘉彬，26800 (PPI)。台中縣：鞍馬山，C. E. Chang, 5720 (PPI)；眉原，Y. Saito, 6506 (TCF)。南投縣：水長流，邱創益及徐森雄，14165 (PPI)；九九峰，何東輯，118, 119, 120 (TCF)。屏東縣：尾寮山，黃耀德，20；霧頭山，曾煥鵬，122；鬼湖 C. Y. Chiu 267 (PPI)；里龍山，T. C. Huang *et al.*, 16261；高樹鄉，M. T. Kao, 9559 (TAI)。花蓮縣：富源，Wen-Pen Leu, 1491 (HAST)。台東縣：里龍山，山本由松及森邦彥，143 (TAI)。



圖 3. *Citrus × limonia* A.果枝 B.花 C.雌蕊(Scale=1 mm)。

Fig. 3. *Citrus × limonia* A. fruiting branch; B. flower; C. pistil.

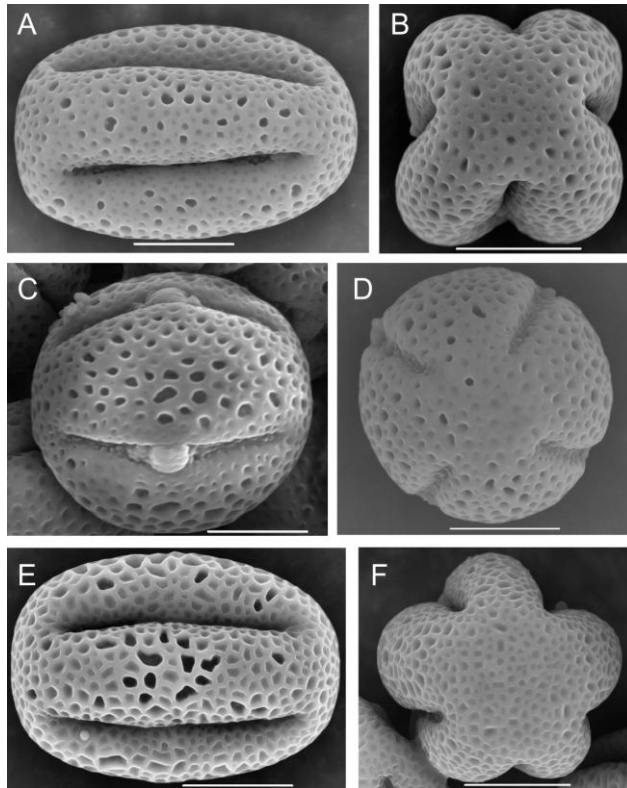


圖 4. 花粉 A-B, *Citrus reticulata* var. *depressa* ; C-D, *C. × aurantium*; E-F, *C. × limonia* (Scale = 10um)。

Fig. 4. *Citrus × limonia* A. fruiting branch; B. flower; C. pistil.

## 謝 誌

本研究承蒙行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所黃哲倫先生協助，以及各大標本館工作人員給予最方便之查閱標本與熱心協助，謹此一併誌謝。

## 參考文獻

- 何東輯。2007。台灣產芸香科植物之訂正。特有生物研究 9(2): 29-52。
- 黃成就。1997。中國植物志 43(2): 1-250。科學出版社。
- 謝讓金、周志欽、鄧烈。2008。真正柑橘果樹類植物基於 AFLP 分子標記的分類與進化研究。植物分類學報 46 (5): 682-691。
- Chang, C. E. 1977. Rutaceae. *In*: Huang, T. C. *et al.* (eds.). Flora of Taiwan 3: 506-537. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, NTU, Taipei, Taiwan.
- Chang, C. E. and T. G. Hartley. 1993. Rutaceae. *In*: Huang, T. C. *et al.* (eds.). Flora of Taiwan 2nd ed. 3: 510-544. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Department of Botany, NTU, Taipei, Taiwan.
- Hayata, B. 1911-1920. *Icons Plantarum Formosananarum*. Bureau of Productive Industry, Government of Formosa, Taihoku (Taipei) Taiwan.
- Linnaeus, C. 1753. *Species Plantarum*. Holmiae, Impensis Laurentii Salvii. 1: 270, 349, 365; 2: 782.
- Mabberley, D. J. 1997. Classification for edible *Citrus* (Rutaceae). *Telopea* 7(2): 167-172.
- Swingle, W. T. and P. C. Reece. 1967. The botany of *Citrus* and its wild relatives. *In*: Reuther, W.; Webber, H. J.; Batchelor, L. D. (Ed.). *The Citrus industry*. Berkeley: University of California, v.1, p.190-430.
- Tanaka, T. 1977. Fundamental discussion of *Citrus* classification. *Study in Citrologia*, Osaka, v.14, p.1-6,
- Ying, S. S. 1990. Miscellaneous Notes on the Flora of Taiwan (13). *Memoirs of the College of Agriculture, NTU*. 30(2): 53-72.
- Zhang D. X. and D. J. Mabberley. 2008. *Flora of China* 11: 90-96.



## 台灣新歸化唇形科植物—腺萼鼠尾草

### *Salvia occidentalis* Sw. — A newly naturalized West Indian sage in Taiwan

周小春<sup>1</sup> 謝宗欣<sup>2,\*</sup>

Hsiao-Chun Chou<sup>1</sup> and Tsung-Hsin Hsieh<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 社團法人濕地保護聯盟 81351 高雄市左營區蓮潭路 58 號

<sup>2</sup> 台南大學生態科學與技術學系 70005 台南市樹林街二段 33 號

<sup>1</sup> Wetlands Taiwan, No.58, Liantan Rd., Zuoying Dist., Kaohsiung City 81351, Taiwan.

<sup>2</sup> Department of Ecoscience and Ecotechnology, National University of Tainan, Taiwan.

\*通訊作者：thhsieh@mail.nutn.edu.tw

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

## 摘 要

腺萼鼠尾草 (*Salvia occidentalis* Sw.) 原產於美洲的加勒比海地區、佛羅里達、墨西哥、中美洲和南美洲。本種為單葉，花萼外表面密生腺毛，花冠藍色，喉部白色具藍色條紋等特徵與省產的其他種類明顯不同。近年來發現歸化於高雄市半屏山地區道路邊緣荒廢地。本文報導其花粉特徵為 6 溝花粉，表面具 2 層網狀紋飾。並說明其分類特徵、生育地環境、分布和共同伴生之植物。

## Abstract

*Salvia occidentalis* Sw., belonging to the mint family, is distributed in tropical America. This species is characterized by its simple leaf, calyx densely covered with glandular hairs, and blue corolla with white blue-streaked throat. In a recent plant survey, we found a wild population of *Salvia occidentalis* in Pan-ping-shan area of Kaohsiung City in southern Taiwan. A detailed description with color photographs,

SEM microphotographs of pollen grains and habitat information is provided in this paper.

**關鍵詞：**唇形科、腺萼鼠尾草、台灣、分類學

**Key words:** Lamiaceae, *Salvia occidentalis*, Taiwan, taxonomy

收件日期：2014 年 06 月 10 日      接受日期：2014 年 12 月 24 日

Received: June 10, 2014

Accepted: December 24, 2014

## 緒 言

鼠尾草屬(*Salvia* L.)為唇形科中較為特化的一群植物，花冠 2 唇，可孕雄蕊 2 枚，藥隔延長成線形，與花絲成丁字著生，約有 900-1,100 餘種，廣泛分布於舊大陸和新大陸的熱帶和溫帶地區(Li and Hedge 1994)。台灣植物誌中記載有 9 種 1 變種及 1 個未確定種(Huang and Wu 1978, 1998)。其中僅有一種外來的歸化種紅花鼠尾草(*Salvia coccinea* Juss. ex Murr.)，其花冠紅色很容易與其他種類區別，歸化於中海拔地區(Huang and Wu 1978, 1998)。

本文第一作者近年來於台灣南部高雄市半屏山地區採獲一種新歸化的鼠尾草屬植物(圖 1)，經比對文獻後鑑定為腺萼鼠尾草(*Salvia occidentalis* Sw.)，本種為單葉，花萼外面密生腺毛，花冠藍色，喉部白色具藍色條紋等特徵(Standley and Williams 1973; Wood and Harley 1989)，與省產的其他種類明顯不同。本文根據文獻、標本和野外實地調查說明本種的特徵、分布及其相關特性。



圖 1. 腺萼鼠尾草的植株形態(A)、花序(B) 和花(C)。

**Fig. 1.** Habit (A), inflorescence (B) and flowers (C) of *Salvia occidentalis* Sw. 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(SEM Desktop Microscope, Phenom)下觀察和照相。

## 性狀描述

### 一、腺萼鼠尾草

*Salvia occidentalis* Sw., Prodr. 14. 1788; Standley and Williams, Flora of Guatemala 24: 293. 1973.

一或多年生草本。基部偶有木質化現象，莖方形，匍匐或斜昇，長30-100 cm，密披短毛。單葉對生，闊卵形至菱狀卵形，偶有卵狀三角形，1-6 cm長，1-3 cm寬，上表面披粗毛，下表面披軟毛，邊緣具銳鋸齒，先端銳尖至鈍形，葉基寬楔形，偶有截形；葉柄0.7-1.5 cm長。花2-6朵輪繖花序，再呈頂生疏鬆總狀排列；苞片卵形，1.5-2.5 cm長，先端漸尖；花萼2-3 mm長，二唇形，外表面密生腺毛，上唇平截狀或明顯3齒裂，下唇2齒裂；花冠管狀，藍色，二唇形，冠筒約2-4 mm長，上唇盔狀，內凹，約1.5-2.5 mm長，下唇3裂，約5 mm長，中裂片較大，先端深凹入，喉部內面白色具藍色條紋；雄蕊2枚，藥隔延長成線形，與花絲成丁字著生，花藥1室，內藏於上唇；柱頭2裂，胚珠4枚。小堅果4枚，狹倒卵形，1.5 mm長。

花期：11-3月

果期：12-4月

**分布：**原產於加勒比海地區、佛羅里達、墨西哥、中美洲和南美洲。歸化於夏威夷、紐埃、東加、新克里多尼亞、南庫克群島等太平洋諸島和印度(Wagner *et al.* 1990)。台灣目前歸化於高雄市半屏山地區的荒廢地上。

**觀察標本：**高雄市：半屏山，海拔約 100 m，14Dec. 2012, *H. C. Chou s. n.*；4Dec 2013, *H. C. Chou s. n.* (NUTN, 國立台南大學生態科學與技術系標本室)。

### 二、花粉形態

本種花粉為橫橢圓形(oblato)，具6溝，溝細長，表面具2層之網狀紋飾，上層網眼之內有較小之網眼(圖2A-C)。花粉形態與Huang (1972)報導台灣產本屬其他種類之花粉甚為相似(Huang 1972)，與田代氏鼠尾草之花粉亦甚為相似(謝等 2010)。

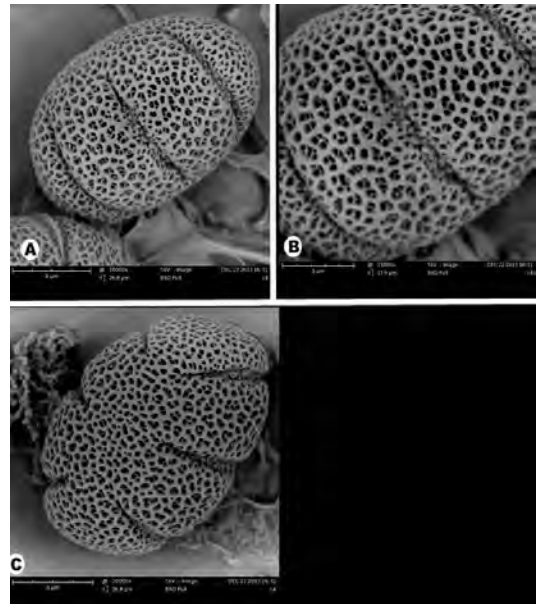


圖 2. 腺萼鼠尾草之花粉掃描式電子顯微鏡照相圖。A 和 B: 花粉赤道面和網狀的外壁紋飾；C: 花粉極面 6 溝和網狀的外壁紋飾。

**Fig. 2.** SEM micrographs of the pollen grain of *Salvia occidentalis* Sw. from Taiwan: A and B, equatorial view of a pollen grain with a reticulate tectum; C, polar view showing a six-colpate pollen grain with a reticulate tectum.

### 三、生態習性

高雄半屏山地區地質為石灰岩，過往曾經開採石灰岩造成大量裸露地和荒廢地，目前已經停止開採，但綠化造林時為求快速，大量採用銀合歡 (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) 與耳莢相思樹 (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) (林等 2010)。此區域中常見植物有血桐 (*Macaranga tanarius* (L.) Muell. Arg.)、構樹 (*Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent.)、春不老 (*Ardisia squamulosa* Presl.)、雀榕 (*Ficus superba* (Miq.) Miq. var. *japonica* Miq.)、恆春厚殼樹 (*Ehretia resinosa* Hance)、土密樹 (*Bridelia tomentosa* Blume)、香澤蘭 (*Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob.)、馬纓丹 (*Lantana camara* L.)、大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.)、土牛膝 (*Achyranthes aspera* L. var. *indica* L.)、牧地狼尾草 (*Pennisetum setosum* (Swartz) L. C. Rich.)、大黍 (*Panicum maximum* Jacq.)、孟仁草 (*Chloris barbata* Sw.)、狗牙根 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)、雙花草 (*Dichanthium annulatum* (Poir.) Stapf)、兩耳草 (*Paspalum conjugatum* Berg.)、沿階草 (*Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker-Gawl)、瑪瑙珠 (*Solanum diphylum* L.)、三角葉西番蓮 (*Passiflora suberosa* L.)、華南薯蕷 (*Dioscorea collettii* Hook. f.) 等多種陽性草本植物。

本種在半屏山地區目前生長於道路邊緣草地及荒廢地，此生育地以陽性草本植物為

主，本種在其間生長，並可開花結果，自行繁殖生長。因本種花萼有腺毛具黏性，可能藉由此特性傳播至他處。在夏威夷群島，從低海拔分布至 1,000 m 地區，在南美洲可從平地到 2,200 m，土壤潮濕至乾燥處，被擾動的棲息地皆可見到生長 (Stone *et al.* 1992)。由於本種具入侵性，未來可能會進一步擴張歸化範圍，宜加以注意。

### 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

- 林柏昌、呂芳宜、周小春、陳慧靜、謝季恩(編輯)。2010。半屏山生態手冊。社團法人台灣濕地保護聯盟。48 頁。
- 謝宗欣、江柏毅、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 (1) :73-82。
- Erdtman, G. 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. The Chronica Botanica Co. Waltham, Mass., USA. pp. 539.
- Huang, T. C. 1972. Pollen Flora of Taiwan. National Taiwan University Botany Department Press. Taipei. Taiwan. pp. 297.
- Huang, T. C. and J. T. Wu. 1978. *Salvia*. In: H. L. Li *et al.* (eds.). Flora of Taiwan 4: 509-519. Epoch Publishing Co., Ltd., Taipei, Taiwan.
- Huang, T. C. and J. T. Wu. 1998. *Salvia*. In: T. C.

- Huang *et al.* (*eds.*). Flora of Taiwan, 2<sup>nd</sup> ed. 4: 432-548. Editorial Committee, Dept. Bot., NTU, Taipei, Taiwan.
- 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, USA.
- Standley, P. C. and L. O. Williams. 1973. Labiatae. *In* P. C. Standley and L. O. Williams, (*eds.*), Flora of Guatemala - Part IX, Number 3. Fieldiana, Bot. 24(9/3): 237-317.
- Stone, C. P., C. W. Smith, and J. T. Tunison (*eds.*) 1992. Alien plant invasions in native ecosystems of Hawaii: Management and research. Honolulu: University of Hawaii Cooperative National Park Resources Studies Unit. ISBN: 0-8248-1474-6.
- Wagner, W. L., D. R. Herbst, and S. H. Sohmer. 1990. Manual of the flowering plants of Hawai'i. University of Hawaii Press.
- Wood, J. R. I. and Harley, R. M. (1989). The Genus *Salvia* (Labiatae) in Colombia. Kew Bulletin (Springer) 44 (2): 220.



# 《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](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](mailto: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](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](mailto: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 <sup>1</sup>, <sup>2</sup>, \*, #, 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.