

台灣殼斗科植物多樣性與鄰近地區的關係及其在東亞地區的地理分布

Fagaceae Species of Taiwan Relates to That of Neighboring Regions and Their Distributions in East Asia

廖啟政* 陳怡加

Chi-Cheng Liao*, Yi-Jia Chen

中國文化大學生命科學系 11114 台北市士林區華岡路 55 號

Department of Life Science, Chinese Culture University

*通訊作者：hunter_yyl@yahoo.com.tw

Corresponding author: hunter_yyl@yahoo.com.tw

摘 要

本研究分析東亞地區殼斗科植物多樣性及台灣殼斗科植物在東亞地區的地理分布趨勢，探討中國西南地區作為植物在第四紀冰河時期的“避難所”，是否對於台灣植物多樣性的貢獻比東亞熱帶地區重要。本研究主要由 Global Biodiversity Information Facility (GBIF)、台灣植物誌及中國植物誌等收集資料，比對之後得到東亞地區殼斗科植物 8 屬 465 種。將東亞地區除了台灣以外分為 7 個地理區，結果發現，東亞地區以北緯 20~30 度之間的中國華南地區殼斗科物種多樣性最高，有 7 屬 285 種。值得注意的是，物種多樣性由亞熱帶地區往熱帶及溫帶地區下降。其它 5 個地理區，包括熱帶地區的中南半島、馬來群島、華中地區、東北亞及華北地區的物種多樣性皆較華南地區低，且華北及熱帶的新幾內亞分別只有 7 種及 12 種。台灣的殼斗科植物有 4 屬 46 種，除特有種 11 種外，與華南的共有種 33 種最多。且與熱帶的馬來群島及新幾內亞的共有種數相當低，分別只有 1 及 0 種。此外，台灣殼斗科物種的分布範圍，以涵蓋台灣到中國西南地區的物種最多。台灣殼斗科植物與中國西南方的相關性最高，可能是氣候及生態條件類似及陸橋連接所致；與熱帶地區的相關性低，則可能是殼斗科植物短距離傳播的特性及台灣與熱帶島嶼之間的海洋隔離所造成。

Abstract

The present study is a biogeographical distribution analysis of plant species in Taiwan and floristic relationships between Taiwan and neighboring areas in East Asia. Using Fagaceae species, we attempted to find out which area, tropical area or refuge in southwest China, is more important to the species richness of Taiwan. Floristic data were mainly downloaded from Global Biodiversity Information Facility (GBIF), and comparisons were made based on floristic checklists of GBIF and data from Flora of China and Flora of Taiwan. Consequently, eight genus and 465 species of Fagaceae were observed in East Asia. East Asia excluding Taiwan was divided into seven biogeographical areas to compare the differences of floristic compositions. Among the seven biogeographical areas, southern China between 20 and 30 °N latitude possessed the highest species richness of Fagaceae, with seven genus and 285 species observed. Surprisingly, species richness was not highest in tropical Asia but decreased from subtropical toward tropical and temperate areas. Species richness of the other five biogeographical areas, including Indochina (4 genus, 127 species), Malay Archipelago (3 genus, 53 species), central China (6 genus, 99 species), Northeast Asia (6 genus, 43 species) and northern China (2 genus, 7 species), was lower than that of southern China. New Guinea possessed the lowest species richness of Fagaceae in Southeast Asia with only three genus and 12 species observed. There are four genus and 46 species in Taiwan. Among them, 11 are endemic species. Similarity index was highest between Taiwan and southern China, and was lowest between Taiwan and tropical areas. In conclusion, Taiwan and southern China have the highest floristic relationships, and most of the Fagaceae species in Taiwan are distributed from Taiwan to southern China. Ecological similarity and land bridge between Taiwan and China were probably responsible for the close floristic relationship between these two areas, whereas dispersal characteristics of Fagaceae species were probably related to the low relationship between Taiwan and tropical areas.

關鍵詞：生物地理分布、東亞地區、殼斗科、物種多樣性、台灣

Keywords: Biogeographical distribution, East Asia, Fagaceae, Species richness, Taiwan

收件日期：2015 年 02 月 03 日 接受日期：2015 年 07 月 24 日

Received: February 3, 2015

Accepted: July 24, 2015

前 言

台灣島是由菲律賓海板塊推擠歐亞大陸板塊所形成的島嶼，約在距今 200 萬至 300 萬年前形成 3,000 至 4,000 公尺的高山 (Liew *et al.*, 2004; Teng, 1990; Teng, 2007)。在地質史的第四紀時期，全球溫度劇烈變化，冰期與間冰期交互出現，造成海平面上升或下降，以及海岸線的改變(Chen *et al.*, 2005; Hsieh *et al.*, 2006; Lambeck and Chappell, 2001; Liew and Hsieh, 2000; Wei, 2002)。冰期時，全球溫度降低，海平面下降，台灣與大陸之間有陸橋相連(Lin, 1963)，台灣地區的植物組成受到大陸地區植物相的影響，並且隨著第四紀的氣候變遷，重要的植物組成也隨著改變(Liew *et al.*, 2006a; Liew *et al.*, 2006b; Wei, 2002)。

台灣的維管束植物多樣性相當高，共有 235 科 419 屬 4339 種(Huang, 1996)。過去有許多台灣的植物學者致力於瞭解台灣植物多樣性的可能起源，並將台灣的植物多樣性與鄰近地區作比較(Chiang and Schaal, 2006; Feroz and Hagihara, 2008; 柳楨, 1968; 耿煊, 1956; 劉棠瑞 and 照屋全治, 1980; 劉業經 *et al.*, 1983)。近年來，越來越多的研究探討台灣植物多樣性與鄰近地區的關係，相關的研究指出台灣南端的植物組成與菲律賓較相近(Li and Keng, 1950)，台灣北部則與琉球及日本的植物組成較為相近(謝長富, 2005)，也有研究指出了中國西南地區與台灣之間有許多物種的間斷分布現象(叶建飞 *et al.*, 2012; 陈之端 *et al.*, 2012)。

在東亞地區，被子植物物種多樣性由低緯度往高緯度降低，呈現緯度梯度上的物種多樣性變異，這可能與東亞地區的歷史及生態因子有關(Guo *et al.*, 1998; Qian, 2002; Qian and

Ricklefs, 2000; Qian *et al.*, 2003a)，也可能與中國西南方的高物種多樣性有關。在地質史的第三紀時期，印度次大陸推擠歐亞大陸，形成了喜馬拉雅山脈，由於山脈的海拔非常高，地形非常複雜，因此提供了多樣化的生態環境，所以在第四紀冰期的時候，有許多的植物退縮到這個地區，形成生物的“避難所”(Guo *et al.*, 1998; Qian, 2002; Qian and Ricklefs, 2000; Qian and Ricklefs, 2004; Tiffney, 1985; Wen, 1999)。冰期過後，全球平均溫度升高，這些古老的植物或者是演化所產生的新種，由避難所往周圍地區傳播 (Qian, 2002; Qian *et al.*, 2003a)，形成了緯度梯度上的物種多樣性變化。已經有相關的研究證實“避難所”假說(Qian and Ricklefs, 2004; Qian *et al.*, 2005; Qian *et al.*, 2003a)。由於台灣的緯度與中國西南方的“避難所”緯度相近，因此，在冰期時，植物藉由陸橋傳播到台灣來的可能性非常高。

雖然過去有許多植物學者的研究，得以瞭解台灣植物多樣性與鄰近地區的相關性。然而，本研究希望能夠更深入的研究台灣植物多樣性在東亞地區的地理分布，探討台灣植物物種的可能來源，及台灣植物多樣性與中國西南方植物避難所的相關性。然而，台灣地區所有植物種類多樣性與鄰近地區的相關性，是歷史及生態等多種因素的影響。歷史因子如分類群的起源、過去地質史的分布範圍、第四紀冰期與間冰期交替、陸橋出現與消失等；而生態因子則包括現在的氣候、分類群喜好的生態環境、生活型、傳播方式等。植物多樣性又是不同譜系的複雜組合，有不同的歷史過程，也有不同的生活型、傳播方式及不同的喜好環境。使用台灣所有的植物來探討與鄰近地區的相關性，將顯得過於龐雜。因此，本研究嘗試利用被子植物的一個單系群—殼斗科，研究殼斗

科物種在東亞地區的分布趨勢，藉以探討台灣植物多樣性的可能來源。

使用同科物種做為研究材料的優勢在於他們是演化上的一個單位(Xiang *et al.*, 2004)，且相對而言，具有相近的生態特性(Donoghue, 2008)，減少了歷史及生態因子的複雜度。殼斗科物種是東亞地區闊葉林的重要組成分子(Fang and Yoda, 1991; Ohsawa, 1993)，也是台灣山地森林中的重要組成樹種(Chen, 1996; Hsieh *et al.*, 1997; Hsieh *et al.*, 1998; Liao *et al.*, 2013; Su, 1984)。殼斗科植物在東亞地區可以由熱帶分布到溫帶(Ohsawa, 1993)，在台灣分布可以由海平面到達海拔 2,500 公尺的山區(Huang, 1996; Liao *et al.*, 2013; Su, 1984)。多樣性高且緯度跨度及海拔跨度大，是適合研究植物多樣性及地理分布的材料。

本研究要釐清的問題包括：一、殼斗科物種在東亞地區的物種多樣性分布趨勢；二、台灣殼斗科物種與鄰近地區的相關性；三、台灣殼斗科物種受到中國西南方植物避難所的影響有多高？四、台灣殼斗科物種除了避難所以外，是否有可能由熱帶往北傳播到台灣島？由殼斗科物種的研究成果，可以進一步建立台灣植物多樣性來源的可能假說。

材料與方法

一、資料下載及整理

近年來，有越來越多的研究分析大尺度的物種多樣性分布趨勢，這方面的研究能夠進行，主要是因為網路的快速發展，有些網站累積大量的物種分布資料，例如全球生物多樣性資料庫(Global Biodiversity Information Facility, GBIF Data Portal, <http://www.gbif.org/>) 是一個免費的網站，提供大量的物種分布資料供學者

研究。有越來越多的學者利用 GBIF 網站的資料進行大尺度的研究(Beck *et al.*, 2014; Guralnick *et al.*, 2007; Hortal *et al.*, 2007; Ingwersen and Chavan, 2011)。本研究由此網站下載東亞地區的殼斗科植物分布資料，緯度及經度分別介於南緯 54 度到北緯 65 度及東經 78 度至 180 度之間。此網站所列出此範圍的殼斗科植物共有 22,445 筆資料。由此網站下載的壓縮檔(*.rar)解壓縮成為 txt 檔，再以 excel 軟體打開後另存新檔，以利後續資料整理

自 GBIF 取得的原始資料有 65 個欄位，將不需要使用的欄位去除後剩下 30 個欄位。由此檔案製作第一次的殼斗科植物名錄，得到 11 屬 488 種。但檢視 488 筆學名資料，卻發現內容有許多錯誤。有資料輸入錯誤者，例如：學名相同但大小寫不同、相同學名但有命名者及缺乏命名者、字母拼錯、只有屬名而無種名、屬名與學名中間空兩格，或者是分類方面的問題，包括異名(synonym)等。因此，需要針對錯誤的學名進行修正。為了修正學名，將學名一一放入 GBIF 網站、國際植物學名索引(International Plant Name Index, IPNI)或 Tropicos 進行查詢，將學名輸入錯誤者校正，異名更正為正確學名。除此之外，本研究將分析的分類層級定為物種層級，故亞種或變種的資料改為種階層的資料。

距離台灣較遠的區域，包括俄羅斯、印度、澳洲及紐西蘭等地區，由於植物種類與台灣島的相關性較低，不列入本次分析，將其物種資料刪除。位於海上的錯誤位點也予以刪除。經過學名校正及資料處理後，剩餘 8 屬 293 種 19,558 筆分布資料。

由於台灣的植物多樣性與中國大陸地區的相關性相當高，為取得充分的資料，將中國植物誌(Flora of China, FOC)的文字資料，轉

化為資料表格，表格中的欄位包含科名、屬名、種名及生活型等資料，並建立中國每一省的植物名錄，瞭解每一物種在中國的分布趨勢。FOC 的資料經過轉換後，得到中國的殼斗科植物共 7 屬 279 種 (Chen *et al.*, 2011)。

由 GBIF 下載建立的台灣殼斗科物種名錄，與台灣植物誌第二版 (Flora of Taiwan, FOT) 第六冊及 FOC 所建立的台灣植物名錄，物種數目及使用的學名不盡相同。本研究將三個名錄進行比對，以 GBIF 的名錄為主，與 FOT 及 FOC 的名錄進行整併，並針對每一個分類群，列出不同的分類意見。GBIF 的資料是由

全球各研究機構上傳的資料，資料錯誤的情況難以避免，甚至可能出現 FOT 及 FOC 都沒有出現的物種，卻在 GBIF 的名錄中出現。有這種情況出現的時候，為了客觀維護資料的完整性，避免錯誤的增刪資料，本研究仍然將 GBIF 的學名予以保留，並且加註，以待後續更詳盡的科學證據及分類處理。

二、資料整合及分析

使用 DIVA-GIS 軟體(Hijmans *et al.*, 2001) 將殼斗科物種分布資料導入，製作殼斗科在東亞地區的物種分布圖 (圖 1)。

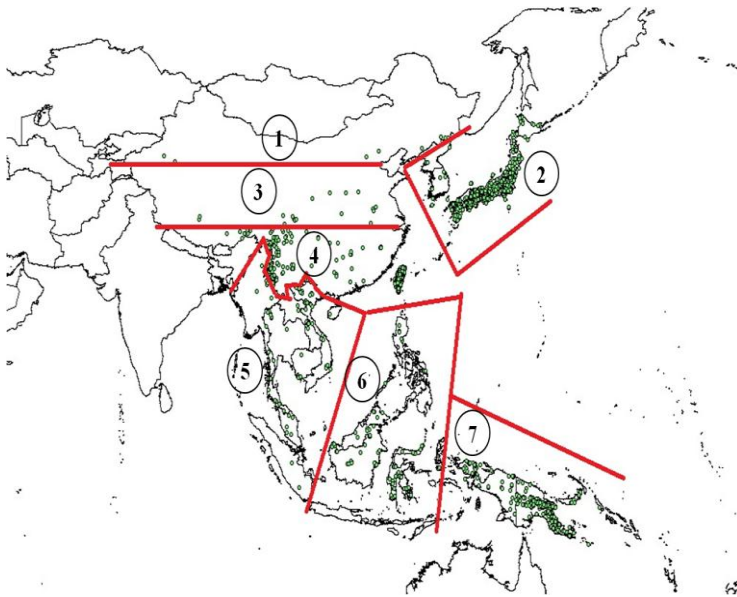


圖 1. 東亞 7 個地理分區及殼斗科物種分布圖。(1) 華北；(2) 東北亞；(3) 華中；(4) 華南；(5) 中南半島；(6) 馬來群島；(7) 新幾內亞。資料由 GBIF, Global Biodiversity Information Facility 取得)。

Fig. 1. The seven biogeographical areas in East Asia and species distribution of Fagaceae. (1) northern China; (2) Northeast Asia; (3) central China; (4) southern China; (5) Indochina; (6) Malay Archipelago; (7) New Guinea. (data obtained from GBIF, Global Biodiversity Information Facility).

爲了計算台灣島的殼斗科物種與鄰近地區的相關性，將台灣以外的東亞地區分成 7 個地理區（圖 1），各區域的名稱、緯度及涵蓋範圍如表 1。其中，東北亞地區的琉球群島，由於島嶼面積很小，故不列入分析。華北、華中及華南三個地區則是依據各省分中心點的緯

度進行分區(Qian *et al.*, 2003b)。台灣則是由於離島沒有資料位點，故只有本島的資料。海南島爲海島地形且與中南半島及海南群島的緯度相近，故列入東南亞地區。將 GBIF、FOT 及 FOC 取得的植物分布資料，依據表 1 的 8 個區域，製作各區名錄。

表 1. 東亞地理分區的名稱、代號，區域緯度及區域描述

Table 1. Name, abbreviation, latitude and ranges of Taiwan and other seven biogeographical areas in East Asia.

Biogeographical area and abbreviation	Latitude	Ranges of biogeographical area
台灣 (Taiwan)	22~25 °N	台灣本島
華北 (Northern China)	40~50 °N	黑龍江、吉林、遼寧、內蒙古、新疆
東北亞 (Northeastern Asia)	30~45 °N	包含日本及韓國地區，但不包含琉球群島
華中 (Central China)	30~40 °N	安徽、甘肅、河北、湖北、江蘇、寧夏、青海、陝西、山東、山西、西藏
華南 (Southern China)	21~30 °N	福建、廣東、廣西、貴州、湖南、江西、四川、雲南、浙江
中南半島 (Indochina)	6 °S~28°N	中南半島、海南島及蘇門答臘島
馬來群島 (Malay Archipelago)	10 °S~19 °N	婆羅洲、菲律賓群島、西里伯斯、蘇門答臘、加里曼丹島、蘇拉威西島及爪哇島
新幾內亞島 (New Guinea)	11 °S~10 °N	新幾內亞島

各區域的殼斗科植物名錄製作出來以後，將台灣的植物名錄與其他 7 區進行比對，得到兩個區域的所有共有種。再依據下列公式計算相似性指數(Similarity index, $SI=2C/(A+B)$ ，其中 A 及 B 爲兩個地理區所有的物種數，C 爲兩區的共同物種數。由相似性指數可以判斷台灣島與周圍鄰近地區的相關性。

結果

一、學名比對

雖然 FOT 中台灣的殼斗科原生植物有 6 屬 49 種，然而經過三個名錄比對的結果，則只有 4 屬 46 種。FOT 中的 3 個屬，在 GBIF 有不同的分類處理。FOT 中 *Cyclobalanopsis* 的種類，GBIF 處理爲 *Quercus* 屬；FOT 中屬於 *Pasania* 及 *Limlia* 的種類，GBIF 皆處理爲 *Lithocarpus* 屬。因此，GBIF 的名錄中，台灣的殼斗科植物只有 4 個屬。除此之外，GBIF 及 FOT 對於部分分類群也有不同的分類處理方式（表 2）

表 2.台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
<i>Castanopsis carlesii</i> FOT: <i>Castanopsis cuspidata</i> FOC: <i>Castanopsis carlesii</i>	No	Native	II	20~31 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis cuspidata</i> FOT: same name FOC: absent	No	Native	III	22~37 °N	Taiwan, Japan
	註：FOT 將 <i>C. carlesii</i> 列為 <i>C. cuspidata</i> 的異名，GBIF 則兩個學名都是接受名，且有不同的地理分布範圍				
<i>Castanopsis eyrei</i>	No	Native	II	22~33 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis fabri</i>	Yes	Native	II	20~30 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis fabri</i> FOT: <i>Castanopsis kusanoi</i> FOC: absent	No	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
	註：FOT 認為 <i>C. kusanoi</i> 是特有種，但是 GBIF 認為 <i>C. kusanoi</i> 是 <i>C. fabri</i> 的異名，FOC 則沒有該種的紀錄				
<i>Castanopsis fargesii</i>	Yes	Native	II	20~30 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis formosana</i> FOT: <i>Castanopsis formosana</i> FOC: <i>Castanopsis jucunda</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis indica</i>	No	Native	IV	12~30 °N	Taiwan, China, SE Asia
<i>Castanopsis kawakamii</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, China
<i>Castanopsis purpurella</i> FOT: absent FOC: absent	Yes	--	II	20~30 °N	Taiwan, China
	註：FOT 及 FOC 都沒有該種的紀錄，但是 GBIF 有多個位點在台灣				
<i>Fagus hayatae</i>	Yes	Native	II	24~32 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus amygdalifolius</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus areca</i> FOT: absent FOC: same name	Yes	--	IV	19~25 °N	Taiwan, China
	註：FOT 沒有該種的紀錄，FOC 有該學名出現但沒有分布到台灣，GBIF 有 1 個位點在台灣				
<i>Lithocarpus brevicaudatus</i> FOT: <i>Pasania hancei</i> FOC: <i>Lithocarpus brevicaudatus</i>	No	Native	II	22~30 °N	Taiwan, China
	註：在 FOT 中以 <i>P. hancei</i> 為接受名，GBIF 及 FOC 中， <i>L. brevicaudatus</i> 及 <i>L. hancei</i> 都是接受名				
<i>Lithocarpus corneus</i> FOT: <i>Pasania cornea</i> FOC: same name	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus dodonaefolius</i> FOT: <i>Pasania dodoniifolia</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan

表 2. 台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
FOC: same name					
<i>Lithocarpus elegans</i> FOT: absent FOC: <i>Lithocarpus grandifolius</i> <i>Lithocarpus collettii</i>	No	Native	V	35 °S~30 °N	Taiwan, China, SE Asia, Australia
註：FOT 沒有該種的記錄，FOC 有該學名出現但沒有分布到台灣，GBIF 有 1 個位點在台灣且認為 <i>L. grandifolius</i> 及 <i>L. collettii</i> 為 <i>L. elegans</i> 的異名					
<i>Lithocarpus formosanus</i> FOT: <i>Pasania formosana</i>	Yes	Endemic	VI	20~25 °N	Taiwan
<i>Lithocarpus glaber</i> FOT: <i>Pasania glabra</i> FOC: <i>Lithocarpus glaber</i>	Yes	Native	I	22~36 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Lithocarpus hancei</i> FOT: <i>Pasania hancei</i> FOC: same name	No	Native	II	20~35 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus harlandii</i> FOT: <i>Pasania harlandii</i> <i>Pasania chiaratuangensis</i> FOC: same name	No	Native	II	22~32 °N	Taiwan, China
註：FOC 及 GBIF 認為 <i>P. chiaratuangensis</i> 為 <i>L. harlandii</i> 的異名					
<i>Lithocarpus howii</i> FOT: absent FOC: same name	Yes	Native	IV	18~25 °N	Taiwan, Hainan
註：FOT 沒有該種的記錄，FOC 有該種出現但沒有分布到台灣，GBIF 有 1 個位點在台灣					
<i>Lithocarpus jenkinsii</i> FOT: absent FOC: <i>Lithocarpus jenkinsii</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
註：FOT 沒有該種的記錄，FOC 有該種出現但沒有分布到台灣，GBIF 有 1 個位點在台灣					
<i>Lithocarpus kawakamii</i> FOT: <i>Pasania kawakamii</i> FOC: same name	No	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Lithocarpus konishii</i> FOT: <i>Pasania konishii</i> FOC: same name	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, Hainan
註：FOT 處理為特有種，但 GBIF 及 FOC 認為海南島有該種分布					
<i>Lithocarpus lepidocarpus</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, SE Asia
註：FOT 處理為特有種，GBIF 有一個位點在越南，FOC 則認為越南的物種可能是錯誤鑒定					

表 2.台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
<i>Lithocarpus litseifolius</i> FOT: <i>Pasania synbalanos</i> FOC: <i>Lithocarpus litseifolius</i>	Yes	Native	II	20~30 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus nantoensis</i> FOT: <i>Pasania nantoensis</i> FOC: <i>Lithocarpus nantoensis</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Lithocarpus shinsuiensis</i> FOT: <i>Pasania shinsuiensis</i> FOC: <i>Lithocarpus shinsuiensis</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Lithocarpus taitoensis</i> FOT: <i>Pasania taitoensis</i> FOC: <i>Lithocarpus taitoensis</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Lithocarpus uraianus</i> FOT: <i>Limlia uraina</i> FOC: <i>Castanopsis uraiana</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Quercus championii</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis championii</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis championii</i>	Yes	Native	IV	20~25 °N	Taiwan, Hainan, China
<i>Quercus gilva</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis gilva</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis gilva</i>	Yes	Native	I	21~36 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus glauca</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis glauca</i> <i>Cyclobalanopsis globosa</i> <i>Cyclobalanopsis repandifolia</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	No	Native	I	12~37 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus hypophaea</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis hypophaea</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis hypophaea</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Quercus longinux</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis longinux</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan

表 2. 台灣殼斗科物種名錄及其在東亞地區的分布趨勢。台灣殼斗科物種以 GBIF 名錄為主，並參照臺灣植物誌(FOT, Flora of Taiwan)及中國植物誌(FOC, Flora of China)。

Table 2. Distribution patterns of Fagaceae species of Taiwan in East Asia. The checklist of Fagaceae species in Taiwan derived from the GBIF was compared with Flora of Taiwan (FOT) and Flora of China (FOC).

*Species list of Fagaceae in Taiwan (Derived from GBIF)	Only in Asia	Native or endemic in Taiwan	Distribution Type	Latitudinal ranges in Asia	Distribution areas in Asia
FOC: <i>Cyclobalanopsis longinix</i>					
<i>Quercus morii</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis morii</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis morii</i>	No	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Quercus myrsinifolia</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i>	No	Native	I	20~37 °N	Taiwan, Japan
<i>Quercus pachyloma</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis pachyloma</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis pachyloma</i>	Yes	Native	IV	22~25 °N	Taiwan, China
<i>Quercus salicina</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis salicina</i> FOC: absent	No	Native	III	22~37 °N	Taiwan, Japan 註：FOC 認為台灣的 <i>C. salicina</i> 應該是 <i>C. stenophylloides</i> 的異名
<i>Quercus serrata</i> FOT: <i>Quercus glandulifera</i> FOC: <i>Quercus serrata</i>	No	Native	I	22~42 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus sessilifolia</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i>	No	Native	I	22~37 °N	Taiwan, Japan, China
<i>Quercus spinosa</i> FOT: same name <i>Quercus tatakaensis</i> FOC: <i>Quercus spinosa</i>	No	Native	II	22~35 °N	Taiwan, China
<i>Quercus stenophylloides</i> FOT: <i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i> FOC: <i>Cyclobalanopsis stenophylloides</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan 註：FOT 及 FOC 都認為是特有種，但是 GBIF 有一個位點在中國大陸
<i>Quercus tarokoensis</i>	Yes	Endemic	VI	22~25 °N	Taiwan
<i>Quercus variabilis</i>	No	native	I	22~39 °N	Taiwan, Japan, China

*：只列出 GBIF 中的學名，代表台灣植物誌與中國植物誌有相同的學名

二、物種多樣分布趨勢

由所得的資料顯示，東亞的殼斗科植物共有 8 屬 465 種 20,664 筆資料，且物種多樣性並非在熱帶地區最高，而是由熱帶沿著緯度梯度

先增加，在亞熱帶地區物種多樣性達到最高，然後往高緯度地區，物種數目下降（表 3）。亞熱帶地區緯度介於 21 至 30 度的華南地區物種多樣性最高，共有 7 屬 285 種

表 3. 東亞各地理區的殼斗科物種多樣性，及台灣與鄰近地區的共有種數及相似性指數

Table 3. Species richness of Fagaceae in East Asia and the common species and similarity index between Taiwan and neighboring areas in East Asia.

Area	Genus	Species	Endemic species	Ratio of endemic	Common species	Similarity index
Taiwan	4	46	11	23.91%	--	--
Northern China	2	7	0	0.00%	6	18%
Northeastern Asia	6	43	22	51.16%	17	33%
Central China	6	99	13	13.13%	23	29%
Southern China	7	285	147	51.58%	36	21%
Indochina	4	127	48	37.80%	19	20%
Malay Archipelago	3	53	43	81.13%	1	2%
New Guinea	3	12	9	75.00%	0	0

東南亞地區殼斗科物種多樣性較高的地區是中南半島，中南半島的地理位置與華南地區相當近，但也只有 127 種。菲律賓及新幾內亞等海島地區，則殼斗科物種多樣性更低，分別只有 53 及 12 種。華中及東北亞地區的物種數也較華南為低。殼斗科物種多樣性最低的區域是華北地區，僅有 7 種，且沒有一種是特有種，代表華北地區的殼斗科種類皆為與華中、華南或東亞地區共有的物種。華北地區及東北亞地區，其面積遠大於台灣，然而殼斗科的物種多樣性卻比台灣島低。

值得注意的是，殼斗科物種多樣性在東亞地區有非常特殊的分布趨勢，一是亞熱帶地區的物種多樣性比熱帶及溫帶地區都高；另一個趨勢是大陸地區明顯比島嶼地區多樣性高，尤其是在日本、台灣、新幾內亞都是資料紀錄非

常豐富的地區，但是物種數皆比華南地區低。華南地區應該是殼斗科在東亞地區，生物多樣性最高的區域。

三、台灣殼斗科物種多樣性與鄰近地區的相關性

由相似性指數的計算結果，可以了解台灣島植物多樣性與鄰近地區關係。由表 3 的結果可以知道台灣與華南的共有種數最高，有 36 種。然而由於中國華南地區有高達 285 種殼斗科植物，因此相似性指數只有 0.21。中國華南地區的殼斗科物種數是東亞最高的地區，同時也是與台灣共有種最高的地區，台灣與熱帶地區的馬來半島及新幾內亞，共有種相當低，分別只有 1 種及 0 種，台灣島的殼斗科物種多樣性與熱帶地區的相關性非常低。

四、台灣殼斗科物種在東亞地區的分布趨勢

台灣的殼斗科物種，有 11 種特有種，只分布在台灣地區，將這些特有種的分布類型定為 Type VI。其他的 35 種，可以區分為 5 種分布類型（圖 2 及表 2）。Type I 分布在北緯 20 至 40 度之間，包括台灣、中國大陸及東北亞的日本地區；Type II 的分布範圍主要是在北緯 40 度以南，但是沒有在東北亞（亦即日本

地區）地區出現，且除了台灣以外，沒有在其他海島出現。Type III 的分布範圍只有侷限在台灣及日本。Type IV 則是分布在北緯 20 到 30 度之間，只有出現在台灣與中國大陸。台灣的殼斗科物種大部分分布在北緯 20 度以北，只有 1 種可以分布到熱帶的中南半島及馬來群島，因而將這 1 種歸類至 Type V。

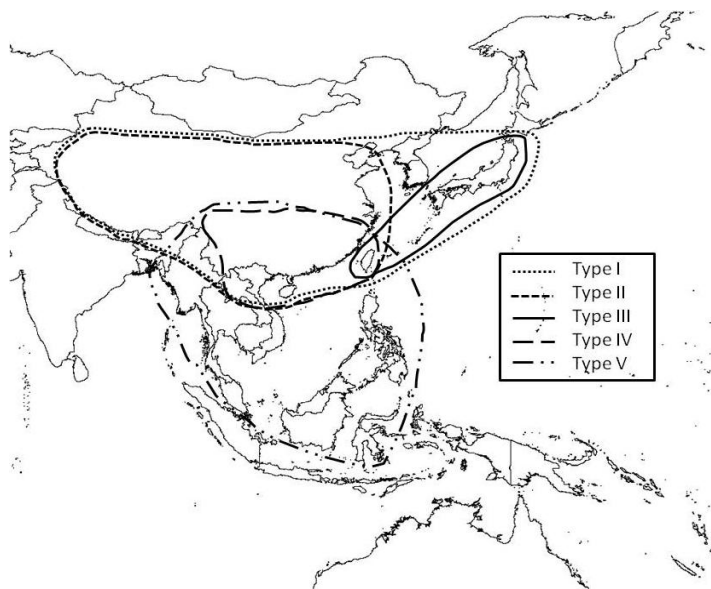


圖 2. 台灣 35 種殼斗科非特有種，在東亞地區的 5 種地理分布類型，台灣殼斗科特有種歸類為 Type VI。

Fig. 2. The five biogeographical distribution patterns of 35 non-endemic Fagaceae species of Taiwan.

Endemic species of Taiwan was

整體而言，台灣的殼斗科物種在東亞的 5 種分布類型中，除了 Type III 以外，有 4 種地理分布類型與中國西南方有關；且台灣的殼斗科物種，只有 1 種是台灣與熱帶島嶼的共有種，與東北亞的共有種數目也相當少。因此，可以說，台灣的殼斗科物種與大陸地區，尤其是中國的華南地區有密切的關係，與熱帶或溫帶島嶼的相關性，則相對較低。

討論

許多研究指出，熱帶地區的物種多樣性非常高，由熱帶沿着緯度梯度往高緯度地區，物種多樣性越來越低，形成了緯度梯度上的物種多樣性梯度變化(Gentry, 1988; Pianka, 1966)。有許多假說在解釋緯度梯度上的物種多樣性變化，其中之一是被子植物演化歷史的耐寒假

說(Zanne *et al.*, 2013)。此假說認為被子植物的祖先可能是生長在溫暖地區的木本植物，因此，被子植物多樣性最高的區域是在熱帶地區，並且在地質史的演化過程，物種由熱帶往溫帶地區擴散，形成了緯度梯度上的物種多樣性變化。殼斗科植物在溫帶地區的物種多樣性低，應該是大部分物種不能適應溫帶的低溫所致。

雖然有許多研究都證實了被子植物或維管束植物的物種多樣性與緯度成反比的趨勢，然而殼斗科物種多樣性在東亞地區卻不是由熱帶往溫帶遞減的趨勢，而是以亞熱帶地區的物種多樣性最高，往熱帶及溫帶地區遞減。熱帶地區的殼斗科物種多樣性較中國西南方為低，這種分布趨勢很少被報導。亞熱帶物種多樣性比熱帶高的分布趨勢，雖然其形成的因素可能包括各種歷史或生態因素，然而“避難所”有可能是東亞地區殼斗科物種多樣性分布趨勢的一種可能解釋。相較於中國西南地區的避難所假說，熱帶地區的殼斗科物種多樣性明顯較低，這種地理分布趨勢是否與殼斗科的生態特性有關？或是與殼斗科的起源有關？則有待更深入的研究才能夠釐清。

東亞熱帶地區的殼斗科物種，有許多僅出現於熱帶地區的島嶼，而未在東亞的其它地區出現。中國西南方的殼斗科特有種數固然相當高，但除了中國西南方以外，東亞地區的殼斗科物種有許多僅分布在熱帶地區的海島上。例如熱帶的馬來群島，特有種比例高達 81%。而新幾內亞雖然只有 12 種，但有 9 種沒有出現在東亞的其他地區，比例也高達 75%。這些物種在東亞地區都是侷限分布的種類。這種侷限分布的趨勢，可能與殼斗科物種的傳播方式有關。殼斗科的果實體積和重量較大，成熟後主要靠重力傳播，直接落在母樹下(鄭育斌,

2008)，或者由小型哺乳動物傳播。這幾種傳播方式的距離都很短，無法越過海洋等地理界線，可能是東亞各地區殼斗科特有種數偏高，及殼斗科物種侷限分布的重要原因。

台灣殼斗科物種多樣性與中國西南方的相關性高，可能是在冰河時期，台灣與大陸之間有陸橋連接，大陸地區的殼斗科物種可以透過陸橋傳播到台灣來，反應出了中國大陸西南方的“避難所”對於台灣殼斗科物種多樣性相當重要。相對的，台灣的殼斗科物種與熱帶地區的相關性低，一方面可能是東亞熱帶地區的殼斗科物種多樣性比亞熱帶低，另一方面則可能是台灣與熱帶島嶼之間的地理隔離所造成。熱帶地區的中南半島及菲律賓群島有部分物種與台灣相似，這兩個地區都是屬於以前的古大陸，即巽他古陸的一部分(Heaney, 1991; Voris, 2000; Wang *et al.*, 2009)。而位在澳洲北部的的新幾內亞，與台灣之間完全沒有相同的物種，除了地理隔離以外，殼斗科種子的特性、傳播距離短及無法依靠海流或鳥類傳播，可能也是造成物種組成差異的原因。

台灣是位在歐亞大陸邊緣的島嶼，植物多樣性受到歐亞大陸的影響。同時，台灣的地理位置位在全球兩大植物區系—古熱帶域及泛北極域的交界(Chao *et al.*, 2010; Takhtajan, 1986)，是植物在第四紀時南北遷移的過渡帶，第四紀冰期與間冰期交互出現，使得台灣的物種多樣性相當高。同時，中國西南區作為被子植物的“避難所”，又與台灣的緯度相當，相似的氣候及生態條件，也是台灣物種多樣性高的原因。綜合而言，台灣的物種多樣性可能有來自熱帶地區或中國西南方的避難所的物種，而由台灣殼斗科物種多樣性及物種組成分析的結果顯示，中國西南方的“避難所”極有可能是台灣殼斗科物種的重要來源，地質史上第四紀

冰期的歷史因素，對於台灣殼斗科的物種組成有相當高的重要性。

殼斗科物種是台灣森林中重要的樹種組成，研究東亞殼斗科物種多樣性的地理分布趨勢，及台灣殼斗科物種與鄰近地區物種組成的相關性，可以較為深入的解析台灣殼斗科物種多樣性的可能來源。同時，以被子植物單系群為一個單位，分析台灣物種多樣性與鄰近地區的相關性，將能夠更有效的釐清台灣被子植物多樣性的起源。

誌謝

作者誠摯感謝兩位審查者提供的所有建議，以及金恆鏞教授對於英文摘要的建議及修改。並感謝中國文化大學森林保育學系蘇夢淮副教授提供寶貴的意見。行政院農業委員會特有生物研究保育中心陳志輝副研究員提供分類及學名處理的建議。中國文化大學紡織工程學系翁郁婷同學、生命科學系張芸慈同學協助整理植物名錄資料。

引用文獻

- 鄭育斌。2008。橡實世界。科學發展月刊 425: 26-35。
- 謝長富。2005。臺灣維管束植物的物種多樣性。第三屆台灣植群多樣性研討會論文集 250-264。
- 叶建飞、陈之端、刘冰、覃海宁、杨永。2012。中国西南与台湾地区维管植物的间断分布格局及形成机制。生物多样性 20: 482-494。
- 陈之端、应俊生、路安民。2012。中国西南地区与台湾种子植物间断分布现象。植物学报 47: 551-570。
- 柳樞。1968。台灣植物群落分類之研究。Vol. 166。台灣省林業試驗所報告，台北。
- 耿煊。1956。植物分類及植物地理論叢：初集。國立台灣大學農學院實驗林。pp. 119。
- 劉棠瑞、照屋全治。1980。自木本植物觀點論琉球群島與臺灣之植物地理。臺灣省立博物館科學年刊 23: 1-66。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄、呂金誠。1983。金門植群之研究。中華林學季刊 16: 113-149。
- Beck, J., M. Böller, A. Erhardt, and W. Schwanghart. 2014. Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species' geographic distributions. *Ecological Informatics* 19: 10-15.
- Chao, W.C., G.Z.M. Song, K.J. Chao, C.C. Liao, S.W. Fan, S.H. Wu, T.H. Hsieh, I.F. Sun, Y.L. Kuo, and C.F. Hsieh. 2010. Lowland rainforests in southern Taiwan and Lanyu, at the northern border of Paleotropics and under the influence of monsoon wind. *Plant Ecol* 210: 1-17.
- Chen, C.H. 1996. Forest vegetation analysis on the *Machilus-Castanopsis* zone of northwest Taiwan. Master thesis, Department of Forestry, National Taiwan University.
- Chen, T., X. Luo, H. Zhu, M. Charlotte, E. Friedrich, L. Henrik, F. Michele, P. Christian, Z. Wu, and P. Raven, 2011. Rubiaceae, 570, Vol. 19. Science Press: Beijing, China.
- Chen, W.S., S.H. Sung, L.C. Wu, H.D. Hsu, and H.C. Yang. 2005. Shoreline changes in the coastal plain of Taiwan since last Glacial

- Epoch. *Journal of Archaeology and Anthropology* 65: 40-55.
- Chiang, T.Y. and B.A. Schaal. 2006. Phylogeography of plants in Taiwan and the Ryukyu Archipelago. *Taxon* 55: 31-41.
- Donoghue, M.J. 2008. A phylogenetic perspective on the distribution of plant diversity. *PNAS* 105: 11549-11155.
- Fang, J.Y. and K. Yoda. 1991. Climate and vegetation in China V. Effects of climatic factors on the upper limit of distribution of evergreen broadleaf forest. *Ecol Res* 6: 113.
- Feroz, S.M. and A. Hagihara. 2008. Comparative studies on community ecology of two types of subtropical forests grown in silicate and limestone habitats in the northern part of Okinawa Island, Japan. *Taiwania* 53: 134-149.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann Missouri Bot Gard* 75: 1-34.
- Guo, Q., R.E. Ricklefs, and M.L. Cody. 1998. Vascular plant diversity in eastern Asia and North America: historical and ecological explanation. *Botanical Journal of the Linnean Society* 128: 123-136.
- Guralnick, R.P., A.W. Hill, and M. Lane. 2007. Towards a collaborative, global infrastructure for biodiversity assessment. *Ecol Lett* 10: 663-672.
- Heaney, L.R. 1991. A synopsis of climatic and vegetational change in Southeast Asia. *Climate Change* 19: 53-61.
- Hijmans, R., M. Cruz, E. Rojas, and L. Guarino. 2001. DIVA-GIS version 1.4: A geographic information system for the analysis of biodiversity data, manual.
- Hortal, J., J.M. Lobo, and A. JIMÉNEZ- VALVERDE. 2007. Limitations of Biodiversity Databases: Case Study on Seed-Plant Diversity in Tenerife, Canary Islands. *Conservation Biology* 21: 853-863.
- Hsieh, C.F., W.C. Chao, C.C. Liao, K.C. Yang, and T.H. Hsieh. 1997. Floristic composition of the evergreen broad-leaved forests of Taiwan. *Nat. Hist. Res.* 4: 1-16.
- Hsieh, C.F., Z.S. Chen, Y.M. Hsu, K.C. Yang, and T.H. Hsieh. 1998. Altitudinal zonation of evergreen broad-leaved forest on Mount Lopei, Taiwan. *J Veg Sci* 9: 201-212.
- Hsieh, M.L., T.H. Lai, L.C. Wu, and W.C. Lu. 2006. Eustatic sea-level change of 11 - 5 ka in western Taiwan, constrained by radiocarbon dates of core sediments. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences* 17: 353-370.
- Huang, J.C., 1996. Flora of Taiwan II. *In* C. F. Hsieh (ed.), *Introduction to the flora of Taiwan*, 1: geography, geology, climate and soils, 1-18, Vol. VI. National Taiwan University, Taipei.
- Ingwersen, P. and V. Chavan. 2011. Indicators for the Data Usage Index (DUI): an incentive for publishing primary biodiversity data through global information infrastructure. *BMC bioinformatics* 12: S3.
- Lambeck, K. and J. Chappell. 2001. Sea level change through the last glacial cycle. *Science* 292: 679-686.

- Li, H.-L. and H. Keng. 1950. Phytogeographical affinities of southern Taiwan. *Taiwania* 1.
- Liao, C.-C., M. Liu, M.-H. Su, and J.-C. Wang. 2013. Compression and overlap of unique vegetation system of subtropical mountain resembling tropical and temperate forests along elevation. *Journal of Forest Research*.
- Liew, P.M. and M.L. Hsieh. 2000. Late Holocene (2 ka) sea level, river discharge and climate interrelationship in the Taiwan region. *J Asian Earth Sci* 18: 499-505.
- Liew, P.M., M.L. Hsieh, and B.H. Shyu. 2004. An overview of coastal development in a Young Mountain Belt-Taiwan. *Quaternary International* 115-116: 39-45.
- Liew, P.M., S.Y. Huang, and C.M. Kuo. 2006a. Pollen stratigraphy, vegetation and environment of the last glacial and Holocene-A record from Taushe Basin, central Taiwan. *Quaternary International* 147: 16-33.
- Liew, P.M., C.Y. Lee, and C.M. Kuo. 2006b. Holocene thermal optimal and climatic variability of East Asian monsoon inferred from forest reconstruction of a subalpine pollen sequence, Taiwan. *Earth and Planetary Science Letters* 250: 595-605.
- Lin, C. 1963. Geology and ecology of Taiwan prehistory. *Asian Perspective* 7: 203-213.
- Ohsawa, M. 1993. Latitudinal pattern of mountain vegetation zonation in southern and eastern Asia. *J Veg Sci* 4: 13-18.
- Pianka, E.R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: review of concepts. *Am Nat* 100: 33-46.
- Qian, H. 2002. A comparison of the taxonomic richness of temperate plants in East Asia and North America. *Am J Bot* 89: 1818-1825.
- Qian, H. and R.E. Ricklefs. 2000. Large-scale processes and the Asian bias in species diversity of temperate plants. *Nature* 407: 180-182.
- Qian, H. and R.E. Ricklefs. 2004. Geographical distribution and ecological conservatism of disjunct genera of vascular plants in eastern Asia and eastern North America. *J Ecol* 92: 253-265.
- Qian, H., R.E. Ricklefs, and P.S. White. 2005. Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecol Lett* 8: 15-22.
- Qian, H., J.S. Song, P. Krestov, Q. Guo, Z. Wu, X. Shen, and X. Guo. 2003a. Large-scale phytogeographical patterns in East Asia in relation to latitudinal and climatic gradients. *Journal of Biogeography* 30: 129-141.
- Qian, H., J.-S. Song, P. Krestov, Q. Guo, Z. Wu, X. Shen, and X. Guo. 2003b. Large-scale phytogeographical patterns in East Asia in relation to latitudinal and climatic gradients. *J Biogeogr* 30: 129-141.
- Su, H.J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II) Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17: 57-73.
- Takhtajan, A. 1986. *Floristic regions of the world* University of California Press, California. pp.

- Teng, L.S. 1990. Geotectonic evolution of late Cenozoic arc-continent collision in Taiwan. *Tectonophysics* 183: 57-76.
- Teng, L.S. 2007. Quaternary tectonics of Taiwan. Special Publication of the Central Geological Survey (in Chinese) 18: 1-24.
- Tiffney, B.H. 1985. Perspectives on the origin of the floristic similarity between eastern Asia and eastern North America. *J Arnold Arboretum* 66: 73-94.
- Voris, H.K. 2000. Maps of Pleistocene sea levels in Southeast Asia: shorelines, river systems and time durations. *J Biogeogr* 27: 1153-1167.
- Wang, X., X. Sun, P. Wang, and K. Stattegger. 2009. Vegetation on the Sunda Shelf, South China Sea, during the Last Glacial Maximum. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 278: 88-97.
- Wei, K.Y. 2002. Environmental changes during the late Quaternary in Taiwan and adjacent seas: an overview of recent results of the past decade. *Western Pacific Earth Sciences* 2: 149-160.
- Wen, J. 1999. Evolution of Eastern Asian and Eastern North American disjunction distribution in flowering plants. *Annu Rev Ecol Syst* 30: 421-455.
- Xiang, Q.Y., W.H. Zhang, R.E. Ricklefs, H. Qian, Z.D. Chen, J. Wen, and J.L. Hua. 2004. Regional differences in rates of plant speciation and molecular evolution: a comparison between eastern Asia and eastern North America. *Evolution* 10: 2175-2184.
- Zanne, A.E., D.C. Tank, W.K. Cornwell, J.M. Eastman, S.A. Smith, R.G. FitzJohn, D.J. McGlenn, B.C. O'Meara, A.T. Moles, and P.B. Reich. 2013. Three keys to the radiation of angiosperms into freezing environments. *Nature* 506: 89-92.

