

研究報告

## 昆欄樹的空間分布是否真有北降現象？

邱清安<sup>1</sup> 陳韋志<sup>2</sup> 王志強<sup>3</sup> 張坤城<sup>4</sup> 廖敏君<sup>5</sup> 徐憲生<sup>1</sup> 蔡智勇<sup>6\*</sup>

【摘要】現今孑遺於東亞的昆欄樹，臺灣是其主要的分布地，過去許多報告提及，昆欄樹在臺灣具有北降現象的分布觀察。為證實此一觀察，本文藉由生物資料庫擷取及野外植株定位，共蒐集3032點昆欄樹之分布點，並比較昆欄樹在陽明山至塔塔加之5處山區的實際出現位置，結果顯示臺灣北部，特別是陽明山，昆欄樹之數量較多且分布海拔較低。綜合出現點資料可具體證實，昆欄樹在臺灣北部具有分布海拔較低的北降現象，而出現於陽明山之昆欄樹的生態氣候顯著異於其他山區，推論昆欄樹的適宜生育地不僅與環境熱量有關，更深受環境濕度、雲霧之影響。

【關鍵詞】昆欄樹、北降現象、陽明山、出現點、生態氣候境況。

Research PaperIs it true for “northern descent” phenomenon of *Trochodendron aralioides* spatial distribution?Ching-An Chiu<sup>1</sup> Wei-Chih Chen<sup>2</sup> Chih-Chiang Wang<sup>3</sup> Kun-Cheng Chang<sup>4</sup>  
Min-Chun Liao<sup>5</sup> Hsien-Sheng Hsu<sup>1</sup> Chih-Yung Tsai<sup>6\*</sup>

【Abstract】The contemporary *Trochodendron aralioides* is relic in East-Asia, and Taiwan is its major habitat. An observation of the “northern descent” phenomenon of *T. aralioides* had been mentioned once in certain documents. For confirming this observation, we collected 3032 occurrence points of *T. aralioides* from biological database and field GPS positioning data, and compared the altitudinal positions of *T. aralioides* among 5 different mountain habitats. The results of comprehensive occurrence data demonstrated

- 
1. 國立中興大學實驗林/森林學系  
Experimental Forest / Department of Forestry, National Chung Hsing University
  2. 國立屏東科技大學生物資源研究所  
Graduate Institute of Bioresources, National Pingtung University of Science and Technology
  3. 國立屏東科技大學森林系  
Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology
  4. 國立嘉義大學森林暨自然資源學系  
Department of Forestry and Natural Resources, National Chiayi University
  5. 陽明山國家公園管理  
Yangmingshan National Park Headquarters
  6. 臺北市立大學教育學系  
Department of Education, University of Taipei
- \* 通訊作者，10048臺北市中正區愛國西路一號  
Corresponding author. No. 1, Ai-Guo West Road, Taipei, 10048 Taiwan  
Email: cytsai@utapei.edu.tw

that the “northern descent” phenomenon of *T. aralioides* is a true distribution pattern in Taiwan. The rather abundant population of *T. aralioides* occurred in northern Taiwan, especially in Yangmingshan area with specially ecoclimatic regime. The results inferred that the suitable habitat of *T. aralioides* was involved with thermal regime as well as environmental humidity and cloud and fog.

**【Key words】** *Trochodendron aralioides*; “northern descent” phenomenon; Yangmingshan; occurrence data; ecoclimatic regime.

## 一、前言

昆欄樹 (*Trochodendron aralioides* Siebold & Zucc.) 是昆欄樹科 (Trochodendraceae) 昆欄樹屬 (*Trochodendron*) 植物，又稱雲葉、山車、鳥鬍樹，常綠喬木，為一冰河子遺植物，在地質年代曾廣泛分布於北半球 (Manchester et al. 1991; Lu et al. 1993; Pigg et al. 2001, 2007)，但現今子遺的昆欄樹僅侷限分布於東亞 (Stevens 2001)，包括臺灣及日本，其中臺灣為昆欄樹的主要分布地；在日本昆欄樹僅零星的出現於山地森林中 (Walker 1976)，其分布區域也包括了琉球群島 (Ryukyu Islands) (Cronquist 1981; Mabberley 1987)，主要出現於溫帶氣候 (Yahara 1989)。另外有趣的是，許多文獻描述昆欄樹之分布，僅限於臺灣和日本 (Hatusima 1971; Li & Chaw 1996; Stevens 2001; Wu et al. 2001)，但是另有些文獻則記載著昆欄樹之分布地點包括南韓在內 (Ohwi 1965; Cronquist 1981; Mabberley 1987; Manchester & Chen 2006; Pigg et al. 2007; Wu et al. 2007; Yang et al. 2008; Andrews 2009)。

在臺灣，昆欄樹並非一稀有物種，多生長於中海拔山區之森林中，是典型的雲霧盛行帶指標物種 (Su 1984)，尤以海拔2000~3000 m間特別常見，在北部海拔約500~1050 m處，有時可見純林 (Li & Chaw 1996; 劉業經等 1994)。周國敬 (1999) 蒐集過去文獻，整理描述臺灣之昆欄樹分布，水平分布北起金山、馬槽，南至恆春半島的里龍山，垂直分布在北部地區約海拔500~2000 m，中部山區約1700~2700 m，南部地區則分布在950~2500 m，除石碇與平溪一帶分布較低外 (約海拔450~600 m)，大致

呈一連續的分布；在植物社會組成方面，昆欄樹主要出現於針闊葉混合林帶及櫟林帶，除大屯山外，較少出現純林。因此，綜合昆欄樹相關文獻，顯示出昆欄樹在臺灣中部之分布海拔較高，在北部之分布海拔較低，此即許多報告 (Su 1984; 黃增泉等 1983; 陳益明 1991) 所提及之植物、植群的北降現象 (“northern descent” phenomenon)，此一現象多屬個別之觀察，尚無彙集不同分布地區之分布點數據的呈現與比較。緣此，本文將蒐集、定位臺灣之昆欄樹的大量分布點位，分析其北降現象是否存在與其可能之成因。

## 二、材料與方法

### (一) 現地調查定位之昆欄樹分布點

調查全臺灣之昆欄樹分布地點，並以具全球定位系統 (Global Positioning System, GPS) 之相機加以拍攝記錄，在拍照亦將同時完成GPS定位；將所有昆欄樹影像攜回實驗室後，利用GeoSetter共享軟體 (<http://www.geosetter.de/en/>) 來讀取昆欄樹相片之可交換圖檔格式 (EXchangeable Image File format, EXIF) 資訊，並從中擷取昆欄樹分布點之經度、緯度、海拔高程等資訊。

### (二) 彙整生物資料庫之昆欄樹分布點

彙整臺灣生物多樣性資訊機構 (Taiwan Biodiversity Information Facility, TaiBIF; <http://taibif.tw/>)、植群多樣性調查及製圖計畫 (Taiwan Vegetation Diversity Inventory and Mapping Project, Chiou et al. 2009)、作者研究團隊過去之植群調查記錄 (如：邱清安等 2005) 等資料庫，從中擷取昆欄樹在臺灣之分布點座標資料。



除實地定位昆欄樹之分布點之外，同時也彙整TaiBIF資料庫、植群多樣性調查及製圖計畫 (Chiou et al. 2009) 資料庫，以及作者研究團隊過去之植群調查記錄 (邱清安等 2005)，總計可擷取1051點之昆欄樹分布點。近年許多報告擷取生物資料庫之座標數據進行科學研究 (Beck et al. 2013; Franklin et al. 2017)，特別是像全球生物多樣性資訊機構 (Global Biodiversity Information Facility, GBIF) 物種資料庫更被廣泛使用，本文由過去累積的資料庫已可節省許多點位調查成本，未來若探討昆欄樹之全球分布必然需要由GBIF等資料庫來獲取其點位。

本文合計現地GPS定位及資料庫擷取座標，共獲得3032點昆欄樹分布點位。

## (二) 昆欄樹分布點之座標與海拔

將昆欄樹3032點位之座標均統一轉換為TWD97 (Taiwan Datum 1997) 座標系統，圖2左為將3032點昆欄樹分布點標示於臺灣數值高程

模型 (Digital Elevation Model, DEM) 之結果展示，同時將3032點昆欄樹分布點位轉換為開放式的KML (Keyhole Markup Language) 格式，即能在Google Earth上讀取及展示 (圖3)，可快速簡易與普及化瞭解昆欄樹在臺灣之水平分布位置，如Baruah (2016)、Varnosfaderani et al. (2017) 都曾以Google Earth進行目標物種之研究及展示應用。

為進一步瞭解昆欄樹在全臺山地之垂直分布，由北至南製作山地之高程剖面為背景，再將3032點昆欄樹分布點位標出其海拔位置，其結果如圖2右所示，可清楚看出，昆欄樹之分布海拔在臺灣中部最高，並往南北兩端降低，特別是北部 (陽明山地區) 具有臺灣分布海拔最低的昆欄樹，且其被記錄到族群數量亦較其他區域為多。圖2也顯示台灣南部的昆欄樹分布海拔亦較中部為低 (但未及在北部的海拔下降那樣明顯)，此可能與植群帶壓縮現象有關，然非本文之討論標的。

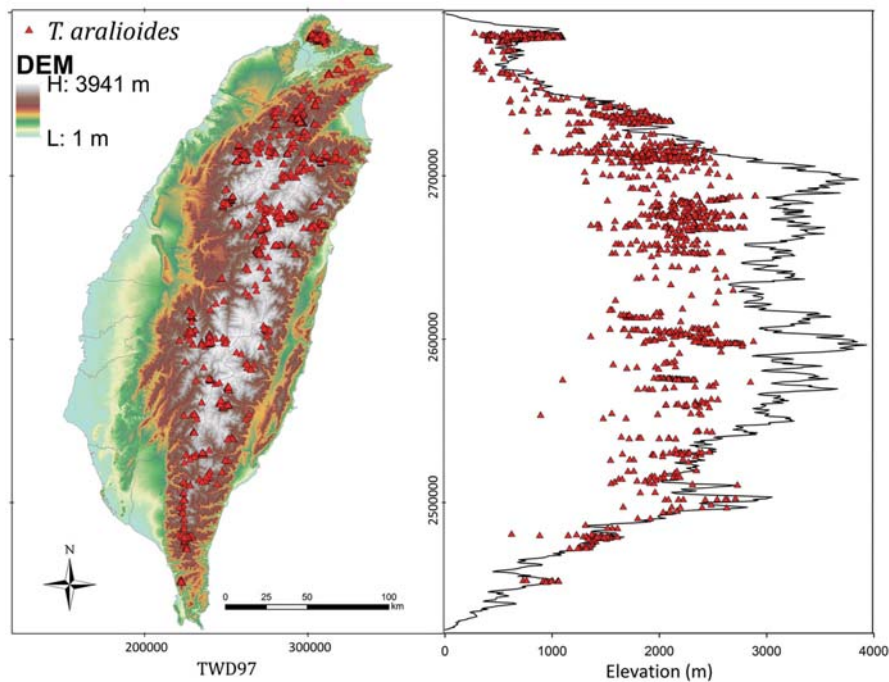


圖2. 昆欄樹3032點位於數值高程模型 (DEM) 之俯視圖 (左)、於山地海拔剖面之側視圖 (右)。

Figure 2. Total 3032 occurrence points of *Trochodendron aralioides* in Taiwan: top view (left), side view (right).



圖3. 昆欄樹3032點位轉為KML格式後標示於 Google Earth。

Figure 3. Transforming the 3032 *Trochodendron aralioides* geographical coordinates to KML format and displaying occurrence data in Google Earth.

### (三) 昆欄樹於各山區的垂直分布與環境特徵

由圖2可知，昆欄樹主要分布於中部海拔1500~2500 m山區，但在北部的陽明山則於海拔500~1000 m即相當常見。為進一步瞭解昆欄樹在全臺各山區之垂直分布，及昆欄樹於陽明山是否具有「北降」現象？本研究實地前往臺灣各山區進行昆欄樹分布之拍攝及定位，其中調查範圍，陽明山區包含車道及主要登山步道，其餘之山區則調查車道周邊是否有昆欄樹之出現。

圖4為昆欄樹於各山區的垂直分布與環境特徵，其中，昆欄樹於陽明山區出現於海拔345~1086 m，於大鹿林道至樂山林道出現於海拔1088~2473 m，於大雪山林道出現於海拔1966~2907 m，於臺14甲省道出現於海拔2132~2795 m，於新中橫公路出現於海拔2002~2782 m，因此可看出昆欄樹在臺灣北部的陽明山區明顯具有分布海拔的北降現象。以下分別說明由北至南之不同山區的昆欄樹分布點，其海拔高度 (ELE)、溫量指標 (WI)、年雨量 (Pa)、潛在蒸發散率 (PER) 等環境特徵如表1所示。

1. 陽明山：在陽明山地區共記錄803處昆欄樹，於臺2甲省道往金山方向之海拔345 m處，即有昆欄樹出現 (TWD97座標：308782, 2786137)，是本文所定位到分布海拔最低的昆欄樹，而陽明山地區內昆欄樹分布最高者出現於大屯山海拔1086 m處 (TWD97座標：302614, 2785563)；昆欄樹分布之平均海拔為 $776.8 \pm 153.7$  m、WI之平均為 $156.3 \pm 9.3^\circ\text{C}$ 、Pa之平均為 $3974.4 \pm 185.0$  mm、PER之平均為 $0.268 \pm 0.022$ 。
2. 大鹿林道：在新竹大鹿林道至樂山林道上，共記錄105處昆欄樹，其分布最低點於海拔1088 m處 (TWD97座標：259627, 2713805)，分布最高點於海拔2473 m處 (TWD97座標：257368, 2710772)；昆欄樹分布之平均海拔為 $2007.7 \pm 398.5$  m、WI之平均為 $91.8 \pm 23.4^\circ\text{C}$ 、Pa之平均為 $2992.9 \pm 163.8$  mm、PER之平均為 $0.252 \pm 0.052$ 。
3. 大雪山林道：在臺中東勢至小雪山之大雪山林道，共記錄64處昆欄樹，其分布最低點於海拔1966 m處 (TWD97座標：247874, 2680481)，分布最高點於海拔2907 m處 (TWD97座標：253925, 2687693)，是本文所定位到分布海拔最高的昆欄樹；昆欄樹分布之平均海拔為 $2386.3 \pm 266.1$  m、WI之平均為 $76.5 \pm 15.0^\circ\text{C}$ 、Pa之平均為 $2969.1 \pm 132.0$  mm、PER之平均為 $0.227 \pm 0.035$ 。
4. 臺14甲：在南投埔里至合歡山之臺14甲省道，共記錄18處昆欄樹，其分布最低點於海拔2132 m處 (TWD97座標：267567, 2664901)，分布最高點於海拔2795 m處 (TWD97座標：274902, 2668197)；昆欄樹分布之平均海拔為 $2370.0 \pm 183.1$  m、WI之平均為 $78.3 \pm 11.2^\circ\text{C}$ 、Pa之平均為 $3012.5 \pm 184.7$  mm、PER之平均為 $0.227 \pm 0.032$ 。
5. 新中橫：在南投水里往塔塔加之新中橫公路 (臺18-21省道) 上，共記錄70處昆欄樹，其分布最低點於海拔2002 m處 (TWD97座標：239698, 2603632)，分布最高點於海拔2782 m

處 (TWD97座標：238733, 2597094)；昆欄樹分布之平均海拔為 $2636.7 \pm 175.9$  m、WI之平均為 $63.2 \pm 10.3^\circ\text{C}$ 、Pa之平均為 $2776.4 \pm 98.2$  mm、PER之平均為 $0.219 \pm 0.028$ 。

整體而言，昆欄樹主要出現於ELE = 345~2907 m、WI = 47.4~182.1 $^\circ\text{C}$ 、Pa = 2413~4417 mm、PER = 0.162~0.361之環境生育地。

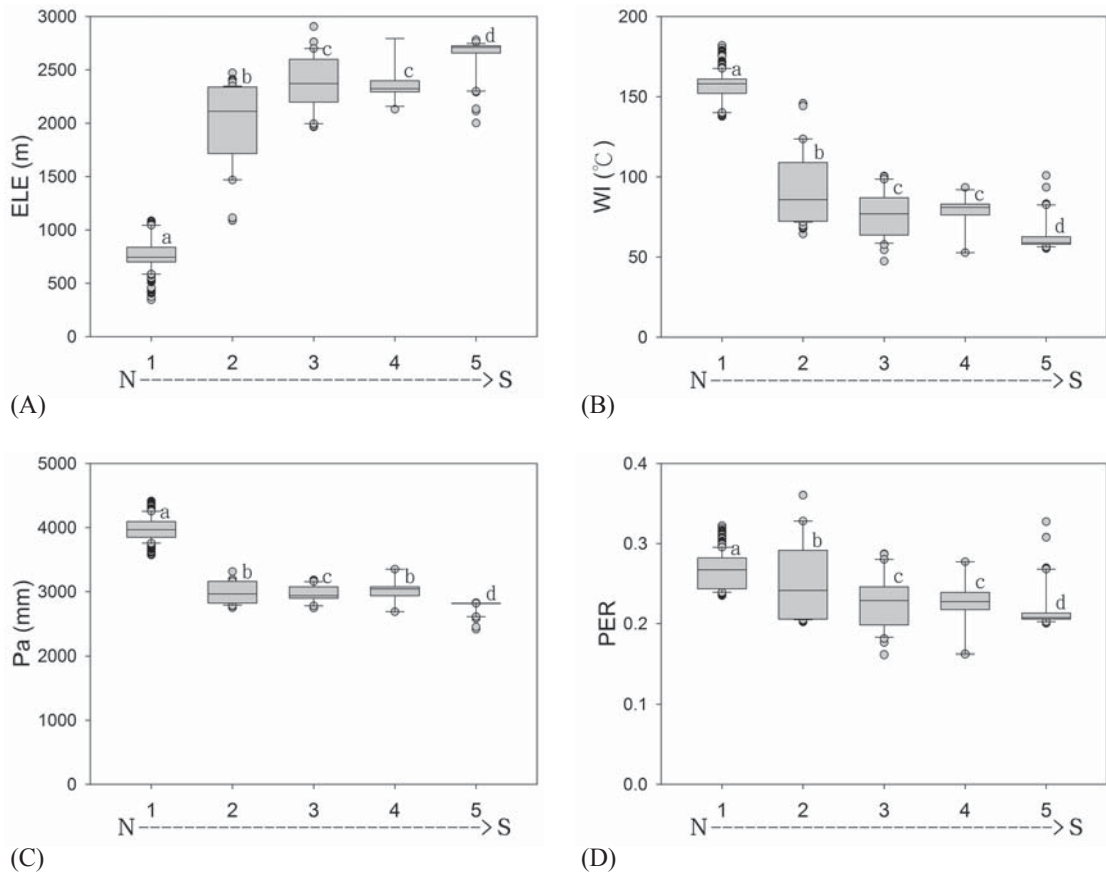


圖4. 昆欄樹於不同山區 (1.陽明山、2.大鹿林道、3.大雪山林道、4.臺14甲、5.新中橫)之環境特徵比較：(A) 海拔高度 (ELE)、(B) 溫量指標 (WI)、(C) 年雨量 (Pa)、(D) 潛在蒸發散率 (PER)。

Figure 4. Comparing the environmental features [(A) ELE; (B) WI; (C) Pa; (D) PER] of *Trochodendron aralioides* occurred on different mountain regions (1. Yangmingshan; 2. Dalu forest road; 3. Dasyueshan forest road; 4. branch line of provincial highway no. 14; 5. provincial highway no. 21).

表1. 昆欄樹於不同山區之環境因子ANOVA檢定。

Table 1. ANOVA test of environmental features of *Trochodendron aralioides* occurred on different mountain regions.

環境	山區	平均數	標準差	F value	P-value	Bonferroni多重比較
ELE	1	776.8	153.7	2896.0	< 0.01	1<2 1<3 1<4 1<5 2<3 2<4 2<5 3<5 4<5
	2	2007.7	398.5			
	3	2378.0	259.8			
	4	2370.0	183.1			
	5	2636.7	175.9			
WI	1	156.3	9.3	2076.8	< 0.01	1>2 1>3 1>4 1>5 2>3 2>4 2>5 3>5 4>5
	2	91.8	23.4			
	3	76.5	15.0			
	4	78.3	11.2			
	5	63.2	10.3			
Pa	1	3974.4	185.0	1734.8	< 0.01	1>2 1>3 1>4 1>5 2>5 3<4 3>5 4>5
	2	2992.9	163.8			
	3	2969.1	132.0			
	4	3012.5	184.7			
	5	2776.4	98.2			
PER	1	0.27	0.02	85.5	< 0.01	1>2 1>3 1>4 1>5 2>3 2>4 2>5 3>5 4>5
	2	0.25	0.05			
	3	0.23	0.04			
	4	0.23	0.03			
	5	0.22	0.03			

註：山區編號為1.陽明山、2.大鹿林道、3.大雪山林道、4.臺14甲、5.新中橫

(四) 昆欄樹於各山區之環境差異

針對分布於陽明山、大鹿林道、大雪山林道、臺14甲、新中橫等5處不同山區之環境因子，進行ANOVA分析及Bonferroni多重比較以進一步比較其ELE、WI、Pa、PER等環境特徵。

首先，表1顯示5處山區之ELE有顯著性的差異 ( $F_{4, 1054} = 2896.0, p < 0.01$ )，由Bonferroni多重比較可知，昆欄樹分布區的海拔高度以新中橫最高、第二是大雪山林道與臺14甲、第三是大鹿林道，最低是陽明山。由此可知，陽明山地區的昆欄樹分布海拔皆顯著低於其他4處，雖然昆欄樹於大雪山林道、臺14甲之分布海拔無顯著差異，但整體而言，昆欄樹愈往北之生育地，其分布海拔愈低。其次，表1顯示5處山區之WI有顯著性的差異 ( $F_{4, 1054} = 2076.8,$

$p < 0.01$ )，由Bonferroni多重比較可知，昆欄樹分布區的環境熱量以陽明山最高、第二是大鹿林道、第三是大雪山林道與臺14甲，最低是新中橫。由此可知，陽明山地區的昆欄樹之環境熱量皆顯著高於其他4處，雖然昆欄樹於臺14甲、新中橫之環境熱量無顯著差異，但整體而言，昆欄樹愈往北之生育地，其環境熱量愈高。再其次，表1顯示5處山區之Pa有顯著性的差異 ( $F_{4, 1054} = 1734.8, p < 0.01$ )，由Bonferroni多重比較可知，昆欄樹分布區的年雨量以新中橫最高、第二是大鹿林道與臺14甲、第三是大雪山林道，最低是陽明山。由此可知，陽明山地區的昆欄樹之年雨量皆顯著高於其他4處，雖然昆欄樹於大鹿林道、大雪山林道之年雨量無顯著差異，但整體而言，昆欄樹愈往北之生

育地，其環境降雨量愈高。最後，表1顯示5處山區之PER有顯著性的差異 ( $F_{4, 1054} = 85.5, p < 0.01$ )，由Bonferroni多重比較可知，昆欄樹分布區的蒸發散率以陽明山最高、第二是大鹿林道、第三是大雪山林道與臺14甲，最低是新中橫。由此可知，陽明山地區的昆欄樹生育地潛在蒸發散率皆顯著高於其他4處，雖然昆欄樹於大雪山林道、臺14甲之潛在蒸發散率無顯著差異，但整體而言，昆欄樹愈往北之生育地，其潛在蒸發散率愈高。

由上述昆欄樹在五處山區分布點的ELE、WI、Pa、PER之差異比較結果可知，昆欄樹在臺灣北部陽明山之分布海拔高度是最低的，但其年雨量、溫量指標、潛在蒸發散率都是呈現最大值；相反地，出現於臺灣中部新中橫公路之昆欄樹，其生育地的海拔是最高的，但其年雨量、溫量指標、潛在蒸發散率都是呈現最小值。對植物之分布而言，海拔高度仍為一間接的環境因子，實際影響植物分布者為隨海拔升高而降低的溫度因子(Su 1984; Rolland 2003; Chiu et al. 2014)，然由圖4b及表1可見，昆欄樹出現於陽明山之熱量顯著高於其他山區，同時，由圖4c及表1可見，昆欄樹出現於陽明山

之雨量也顯著高於其他山區，進一步比較各山區之WI vs. Pa散布圖(圖5)，明顯可見陽明山之昆欄樹在熱量與水分的散布圖上自成一區，與其他4處山區差異甚多。由於臺灣中部的昆欄樹族群，累積較多遺傳變異及具有較多的古老的祖先型，推測可能是冰期時昆欄樹族群的避難所，而北部陽明山具有較低的遺傳變異，可能是冰期後昆欄樹族群散佈的邊緣地帶(吳瑞娥 2000)，由此一觀點來看，陽明山可能並非昆欄樹之最原始的、最適宜的生育地，從陽明山冬季深受東北季風影響而位處於恒濕型氣候之環境(Su 1985)推論，可能因較潮濕的氣候可補償此處較高溫之環境，使陽明山區雖海拔較低、熱量較高，但卻能生育數量甚多的昆欄樹；若由另一觀點來看，在東北季風盛行下的臺灣北部、陽明山地區，可謂是昆欄樹最適宜的生育地，而在此以南的昆欄樹則是受惠於中海拔地區多雲霧環境下，常出現於與多種針闊葉樹混生的林緣，可推測昆欄樹需相當程度之光照，而光照補償了此處較低的熱量。但無論如何，在實際野外調查昆欄樹之分布地點時，可再次確定昆欄樹是雲霧盛行氣候環境的指標植物。

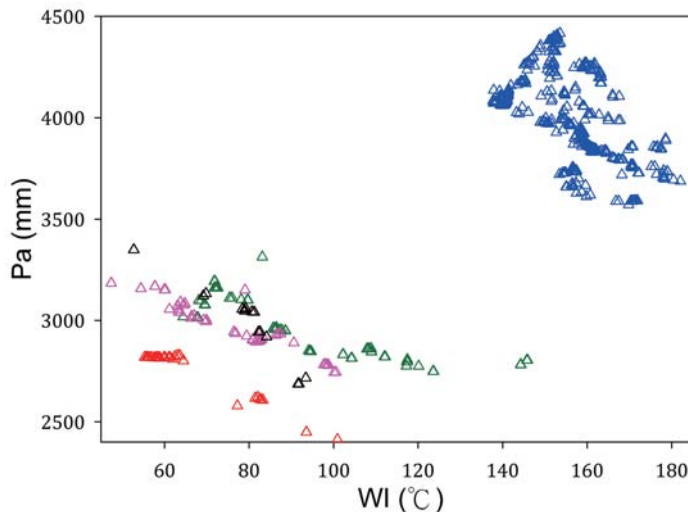


圖5. 昆欄樹在不同山區之WI vs. Pa散布圖（藍：陽明山、綠：大鹿林道、粉紅：大雪山林道、黑：臺14甲、紅：新中橫）。

Figure 5. WI vs. Pa scatter plot of *Trochodendron aralioides* occurred on different mountain regions.



由昆欄樹於全臺之水平的地理分布與垂直的海拔分布(圖2)可明顯看出, 昆欄樹於北部較常見且海拔較低, 此一結果亦可印證於昆欄樹在各山區之分布樣式的比較(圖4), 因此, 綜合昆欄樹全部的分布點資料與各山區之分布情形, 可由實際的植物分布點數據印證過去相關報告(Su 1984; 黃增泉等 1983; 陳益明 1991)所提及之植物北降現象, 證實昆欄樹在臺灣北部具有分布海拔較低的北降現象。

#### 四、致謝

本文承陽明山國家公園管理處提供調查研究經費, 昆欄樹之出現點調查承陳文彬、陳進德、李成華、曾月華、廖冠茵等諸位先進之協助, 特申謝忱。

#### 五、引用文獻

- Andrews S (2009) Tree of the Year: *Trochodendron aralioides*. International Dendrology Society Year Book 2009:27-48.
- Baruah S (2016) Taxonomic study and habitat distribution modelling for reintroduction of *Heterosmilax japonica* Kunth.: a rare species of northeastern India. *NeBIO* 7:101-107.
- Baskauf SJ, Kirchoff BK (2008) Digital plant images as specimens: toward standards for photographing living plants. *Vulpia* 7:16-30.
- Bast F, John AA, Bhushan S (2014) Strong endemism of bloom-forming tubular *Ulva* in Indian West Coast, with description of *Ulva paschima* sp. nov. (Ulvales, Chlorophyta). *PLOS ONE* 9:e109295.
- Beck J, Ballesteros-Mejia L, Nagel P, Kitching IJ (2013) Online solutions and the 'Wallacean shortfall': what does GBIF contribute to our knowledge of species' ranges? *Diversity and Distributions* 19:1043-1050.
- Chiou CR, Hsieh CF, Wang JC, Chen MY, Liu HY, Yeh CL, Yang SZ, Chen TY, Hsia YJ, Song GZM (2009) The first national vegetation inventory in Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science* 24:295-302.
- Chiu CA, Lin PH, Lu KC (2009) GIS-based tests for quality control of meteorological data and spatial interpolation of climate data: a case study in mountainous Taiwan. *Mountain Research and Development* 29(4):339-349.
- Chiu CA, Lin PH, Tsai CY (2014) Spatio-temporal variation and monsoon effect on the temperature lapse rate of a subtropical island. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences* 25:203-217.
- Cronquist A (1981) An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York.
- Franklin J, Serra-Diaz JM, Syphard AD, Regan HM (2017) Big data for forecasting the impacts of global change on plant communities. *Global Ecology and Biogeography* 26:6-17.
- Hatusima S (1971) Flora of the Ryukyus (Including Amani Islands, Okinawa Islands and Sakishima Archipelago). Okinawa Society of Biological Education and Research, Naha, Okinawa, Japan. (in Japanese)
- Holdridge LR (1967) Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica.
- Kira T (1991) Forest ecosystems of east and southeast Asia in a global perspective. *Ecological Research* 6:185-200.
- Lemieux AM (2015) Geotagged photos: a useful tool for criminological research? *Crime science* 4:3.
- Li HL, Chaw SM (1996) Trochodendraceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Second Edition, editors. *Flora of Taiwan*, 2nd ed., vol 2. Editorial Committee of the Flora

- of Taiwan, Second Edition, Taipei, Taiwan, pp 504-505.
- Lu AM, Li JQ, Chen ZD (1993) The origin and dispersal of the lower Hamamelidae. *Acta Phytotaxonomica Sinica*. 31:489-504.
- Mabberley DJ (1987) *The Plant Book: A Portable Dictionary of the Higher Plants*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Manchester SR, Chen I (2006) *Tetracentron* fruits from the Miocene of western North America. *International Journal of Plant Sciences* 167:601-605.
- Manchester SR, Crane PR, Dilcher DL (1991) *Nordenskioldia* and *Trochodendron* (Trochodendraceae) from the Miocene of northwestern North America. *Botanical Gazette* 152:357-368.
- Ohwi J (1965) Trochodendraceae. In: Meyer FG, Walker EH (eds) *Flora of Japan*. Smithsonian Institution, Washington, DC.
- Pigg KB, Dillhoff RM, DeVore ML, Wehr WC (2007) New diversity among the Trochodendraceae from the early/middle Eocene Okanogan Highlands of British Columbia, Canada, and Northeastern Washington State, United States. *International Journal of Plant Sciences* 168:521-532.
- Pigg KB, Wehr WC, Ickert-Bond SM (2001) *Trochodendron* and *Nordenskioldia* (Trochodendraceae) from the middle Eocene of Washington State, U.S.A. *International Journal of Plant Sciences* 162:1187-1198.
- Rolland C (2003) Spatial and seasonal variations of air temperature lapse rates in alpine regions. *Journal of Climate* 16:1032-1046
- Stevens PF (2001) *Angiosperm Phylogeny Website*, version 13. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Su HJ (1984) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (2): altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17:57-73.
- Su HJ (1985) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (3): A scheme of geographical climate regions. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 18:33-44.
- Varnosfaderani MK, Kharazmi R, Samani AN, Rahdari MR, Matinkhah SH, Aslinezhad N (2017) Distribution changes of woody plants in Western Iran as monitored by remote sensing and geographical information system: a case study of Zagros forest. *Journal of Forestry Research* 28:145-153
- Walker EH (1976) *Flora of Okinawa and the southern Ryukyu Islands*. Institution Press, Smithsonian.
- Wu HC, Su HJ, Hu JM (2007) The identification of A-, B-, C-, and E-class MADS-box genes and implications for perianth evolution in the basal eudicot *Trochodendron aralioides* (Trochodendraceae). *International Journal of Plant Sciences* 168:775-799.
- Wu JE, Huang S, Wang JC, Tong WF (2001) Allozyme Variation and the Genetic Structure of Populations of *Trochodendron aralioides*, a Monotypic and Narrow Geographic Genus. *Journal of Plant Research* 114:45-57.
- Yahara T (1989) Phytogeographical problems in the temperate flora in Japan. In: Ohba H, Hayami I, Mochizuki K, editors. *Current Aspects of Biogeography in West Pacific and East Asian Regions*. University Museum, the University of Tokyo, Tokyo, pp 99-113.
- Yang X, Lu S, Peng H (2008) Cytological studies on the eastern Asian family

- Trochodendraceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 158:332-335.
- Yuan Y, Medel M (2016) Characterizing international travel behavior from geotagged photos: a case study of Flickr. *PLOS ONE* 11:e0154885.
- 吳瑞娥 (2000) 昆欄樹族群之遺傳變異及其相關類群親緣關係之研究。臺灣師範大學生物學系學位論文。
- 周國敬 (1999) 臺北地區昆欄樹生育地植物社會之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
- 邱清安、呂金誠、林鴻志、曾喜育、林育生 (2005) 整合植群調查之樣區資料。林業研究季刊27(4) : 47-62。
- 陳益明 (1991) 臺灣東北季風影響下植群生態之研究—以東北部基隆火山群一帶為例。國立臺灣大學森林學研究所資源保育組碩士論文。
- 黃增泉、謝長富、楊國禎、湯惟新 (1983) 陽明山國家公園植物生態景觀資源。陽明山國家公園管理處。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1994) 臺灣樹木誌。國立中興大學農學院出版委員會。

