

國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系

碩士論文

School of Forestry and Resource Conservation

College of Bioresource and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

台灣森林的葉全緣率與年均溫、降水之關聯

Leaf Margins and Their Relationships with Annual
Temperature and Precipitation in Forests of Taiwan



田 婕

Chieh Tien

指導教授：丁宗蘇 博士

Advisor: Tzung-Su Ding, Ph.D.

中華民國 100 年 6 月

June, 2011

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

台灣森林的葉全緣率與年均溫、降水之關聯
Leaf Margins and Their Relationships with Annual
Temperature and Precipitation in Forests of Taiwan

本論文係田 婕君 (R98625017) 在國立臺灣大學森林
環境暨資源研究所完成之碩士學位論文，於民國 100 年 06
月 14 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

丁景森

(簽名)

(指導教授)

謝長富

林宜靜

江智仁

張定峰

周秉宗

系主任、所長

(簽名)

誌謝

總不會忘記，那稀疏而華美的景象
當陽光從樹梢間下墜，金暖碎落在肩
我貪婪地用盛夏的翠綠，灌溉心裡的菩提

老實說，我本來想研究台灣的懸鉤子哪一種比較適合園藝化（也就哪一種好種又好吃），因為手工覆盆子果醬實在太美味了！當然，這個只有衝動無法行動的提議很快就在各種考量下被駁回（笑）。於是我退而求其次，選擇了跟漂亮的鋸齒葉有關的研究主題，這個研究說大膽還真有點大膽，因為台灣好像還沒人嘗試過呢。幸好，幾番小波折後，終究把論文順利完成。

真的，這篇論文能夠完成，要感謝很多很多人。

首先要謝謝我的指導教授丁宗蘇老師，謝謝老師願意接納我這個在他出國進修前兩星期才貿然跑去請老師收留，而且還不會認鳥的天兵學生；謝謝老師在我兩年的研究生涯中持續給予各方面的關注，也給了很大的自由，讓我能從不同角度去發展、解讀自己的研究主題；謝謝老師，在最後要口試那段大家都焦頭爛額的時期，花心力幫我仔細找出論文很多大大小小的謬誤，還幫我請到了非常專業的口試委員們，如果不是丁老師，我想論文一定沒辦法這麼順利問世。

在口試本完成以及口試之際，承蒙擔任口試委員的謝長富老師、鹿兒陽老師、江智民老師，以及林宜靜老師，仔細閱讀我的論文，給予鼓勵之外，也一一提點了邏輯、圖表、統計，甚至是引用文獻的錯誤，並提出了非常專業的修改及發展面向的建議。

謝謝401的夥伴們，咪挺時總不吝於給我建議或肯定，特別是阿霞、佩蓉、柯柯、勁廷、大利、Devil、馥蔓，還肩負了聽我吐槽或吐槽我的艱鉅任務，辛苦你們了，願還沒畢業的都能高分通過英檢，順利在年限內畢業！已畢業的職場或學

術生涯順遂！也要謝謝助理張美姊，讓我總能迅速完成申請或請領經費，真的，研究室有這樣專業的助理很幸福耶。

好，我要開始感謝我的親朋好友了，哈哈。謝謝文宜、小隻、章璿、菜菜、柏因、狗狗、小叮嚀、羅小鈞、洪志祐、王宇廷、國王、安琪、毓芬、讓我跟出差的關老師研究室、咖啡很好喝而且會聽我抱怨的Peloso...還有我可能忘記的一些朋友們，謝謝你們在這兩年或更長久的時間中給予我研究的各項建議跟幫助，還有最重要的精神支持及鼓勵，謝謝！

當然，說到幫助，不能不提建融、政道跟建丞，非常非常謝謝你們總是無償而樂意幫我解決各種資料、統計，甚或是情緒上的困擾，不斷分享自己的經驗安慰我，跟我一起買醉吃鹹酥雞，下海幫我解決失心瘋買的大堆甜點，讓我不用怕只胖自己（真是太墮落了），就這樣陪我度過了人生最大的學業考驗。沒有你們，這篇論文絕對生不出來，能遇見你們真是我上輩子修來的福氣。

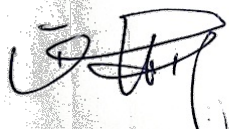
說到福氣，一定要謝謝我親愛的家人，我一定是燒過很多好香才有這麼棒的父母跟弟弟！謝謝我最親愛的爸爸、媽媽，還有天生搞笑咖，帶給我很多歡笑的田源、田川。很感謝很感謝，感謝上蒼給我如此開朗開明的父母，不管我選哪條路，只要正正當當就支持到底，讓我能無後顧之憂地完成學業，還總是安慰我說，人生跟有沒有完成論文沒關係，反正人有很多方法可以養活自己！讓我就算面臨低潮也知道自己不孤單，撞個幾下牛角尖就馬上潰散，哈哈。謝謝田源，在我抱怨的時候，還能找出自己更悲慘的遭遇讓我覺得自己其實沒那麼衰（但是這種安慰方式很淒涼耶）；謝謝田川，努力說笑話安慰我，小時候照顧你真沒有白費！另外，也要謝謝人在台北，經常給予我生活補給還有打氣的外婆一大家子，謝謝你們！

然後，謝謝林建融，真的，有你真好。一路走來，你是我最親密的戰友、夥伴、後援，甚至有時還幫我打前鋒。雖然駁回研究懸鈎子提議的人是你，但是你也體貼地和我一起想了另一個我有興趣的研究主題，然後照應我所有需求，不

停地鞭策（？）、鼓勵、陪伴我完成它。謝謝你，因為有你，我才沒有逃避該面對的事物；謝謝你，在你了解我所有的歡笑、淚水跟醜態後，還願意和我一起面對。回應你謝誌裡的那句，我願意，也請你在未來的日子跟我攜手同行～很公平吧，這樣以後如果要塗改，我們兩個人都要進圖書館一本一本拿出來，哈哈。

最後，謝謝包容我、成就我的任性的這個世界，希望即將畢業的我也能成為推動社會的有用齒輪之一。雖然自己的研究不用出差，可是幾次當幫手的經歷會是我一輩子都無法忘懷的記憶。感謝大地的恩賜，予我足夠的飲食，並讓我有幸體會到自然的美。




2011.7.21

中文摘要

葉緣分析是探討植物相的物種全緣率與年均溫之正相關的單變量分析，常用於推估古氣溫，或延伸探討葉緣形態與其他環境條件的關聯。本研究利用台灣26篇已發表的植群文獻調查之844個原生闊葉林樣區，配合年均溫、年降水、最冷季降水以及最暖季降水資料，進行全台灣及其六個地理氣候區的葉全緣率與年均溫及降水的迴歸分析，並比較在樣區尺度、平均樣區尺度以及區域尺度下的葉緣分析結果，結果顯示：(1)在樣區尺度下，全緣率與年均溫皆呈極顯著正相關；全緣率與部份降水因子亦有顯著相關，惟相關度並不高，對於多變量迴歸結果貢獻亦不大。(2)各空間尺度的葉緣分析均顯示全緣率與年均溫成正相關。然而在樣區尺度時，由於樣區面積太小，分布也不甚平均，導致迴歸式之相關度並不高。以集成樣區計算平均全緣率可以避免前述問題，但全緣率有隨集成樣區擴大而遞減的趨勢，須至少以15個文獻樣區為集成樣區（面積約0.5 ha），迴歸分析結果才趨於穩定。(3)僅以物種分布極端值來推估之區域尺度資料，其葉緣分析結果無異於大規模集成樣區，因此葉緣分析應可借助標本資料，增加分析物種數，同時解決樣區不足的問題。(4)由於台灣具特殊的生態環境與植物播遷歷史，台灣各尺度葉緣分析迴歸式都顯著異於國外其他已發表文獻。(5)除資料不足的東南區外，各分區的全緣率與年均溫均有顯著正相關，且東北、西北、中西區的迴歸式斜率顯著小於西南區及東區，然而分區樣區數不足及群落分布易干擾分析結果，實際的生態差異仍需進一步分析。綜合以上，台灣森林的植物葉全緣率與年均溫及降水因子的關聯深具研究潛力，可提供目前還十分缺乏的東亞葉緣分析之相關資訊。

關鍵字：迴歸分析、溫度梯度、海拔、鋸齒葉、台灣

Abstract

Leaf-margin analysis (LMA) is an univariate regression analysis based on the positive correlation between the ratio of woody dicotyledonous species with entire leaf margins and mean annual temperature, which is often applied to estimate paleo-climate. I used data of 844 plots from 26 native vegetation investigation reports in Taiwan and four climatic variables, mean annual temperature (MAT), annual precipitation, and precipitation of coldest and warmest season, to analyze the ratio of entire leaf species (REL) and its correlation with MAT and precipitation in Taiwan and its six biogeoclimatic regions at habitat, mean habitat, and regional scales. The results indicate that: (1) at habitat scale, REL had significantly positive correlation with MAT and some precipitation factors, but the correlations with precipitation factors were much weaker. (2) REL was positively correlated with MAT at all scales. At habitat scale, because the plots were with small area and uneven distribution, REL of plots showed great variation and had weak correlation with MAT. Compiling data from multiple plots, preferably at least 15 plots (about 0.5 ha in total area), could yield consistent results. (3) The LMA regression model from larger multiple plots data was similar with regional scale LMA, indicating that using extreme distribution data could be a reliable data source for LMA. Therefore, using specimen information could compensate the shortcomings caused by insufficient and uneven sampling. (4) LMA regression models in this study all significantly differed from results in other countries. This may be due to the unique ecological environment and plant dispersal history in Taiwan. (5) At habitat scale, MAT was significantly positive correlated with REL in all biogeoclimatic regions. But the Northeast, Northwest and Central-west regions had significantly lower slopes of regression than Southwest and East regions. Due to uneven and limited

plots in each region, further studies are needed to examine the detail differences among the biogeoclimatic regions. In conclusion, LMA has high potential in Taiwan and results will fill the current information void in East Asia.

Keywords: *Regression analysis, temperature gradient, altitude, toothed leaves, Taiwan*



目次

中文摘要	I
ABSTRACT	II
目次	IV
圖次	VII
表次	VIII
壹、前言	1
一、葉緣分析起源	1
二、葉緣分析與葉相分析	2
三、葉緣分析之研究前提	3
1. 水分及年均溫的變異限制	3
2. 植物地理及分類的相似性	4
3. 物種數量以及樣區面積的影響	4
4. 試驗資料的地理分布均勻度	5
四、葉緣分析之相關生理解釋	5
1. 鋸齒葉與落葉性的關聯	5
2. 鋸齒葉與氣體交換速率及光合作用的關聯	6
五、氣溫之外的變因對葉緣分析的影響	7
六、台灣的葉緣分析研究潛力	8
1. 台灣森林的葉全緣率與環境降水的關聯	9
2. 台灣森林不同空間尺度的葉全緣率與環境氣溫的關聯	9
3. 台灣森林不同空間尺度的葉緣分析結果與國外研究之比較	10
4. 台灣各地理氣候區的樣區尺度葉緣分析	10

貳、材料與方法	11
一、研究區域	11
二、研究方法	12
1. 資料數化	12
2. 資料分析	13
參、結果	18
一、樣區尺度下全緣率與環境因子之關係	18
1. 綜合樣區	18
2. 東北區	18
3. 西北區	19
4. 中西區	19
5. 西南區	19
6. 東區結果	20
二、樣區尺度、平均樣區尺度以及區域尺度之葉緣分析	20
1. α 樣區尺度	20
2. α -n 平均樣區尺度	21
3. γ 區域尺度之葉緣分析線性迴歸結果	22
三、樣區規模對葉緣分析的影響	22
四、台灣與國外 LMA 研究之比較	23
五、台灣樣區尺度之氣候分區葉緣分析比較	23
肆、討論	25
一、台灣森林之樣區尺度葉全緣率與環境降水的關聯	25
二、台灣森林不同空間尺度的葉緣分析結果及迴歸式之差異比較	25
1. 葉緣分析迴歸式的解釋能力差異	25

2. 各尺度的葉緣分析迴歸式差異	26
3. 區域尺度的葉緣分析結果以及應用可能	27
三、台灣森林不同空間尺度的葉緣分析與國外研究之比較	28
四、台灣各地理氣候區的樣區尺度葉緣分析	29
伍、結論	31
陸、參考文獻	32
附錄、植物名錄(*表示有鋸齒緣性狀)	61



圖次

圖 1、樣區分布以及台灣地理氣候分區圖	40
圖 2、研究流程圖	41
圖 3、年均溫變化圖.....	49
圖 4、年降水變化圖.....	42
圖 5、最冷季降水.....	49
圖 6、最暖季降水.....	42
圖 7、樣區尺度之綜合樣區葉全緣率與年均溫變化圖	43
圖 8、平均單樣區尺度之綜合樣區葉全緣率與年均溫變化圖	44
圖 9、平均總樣區尺度之綜合樣區葉全緣率與年均溫變化圖	45
圖 10、區域尺度之雙子葉木本植物物種數隨年均溫變化圖	46
圖 11、全緣率隨樣區個數及空間尺度之變化盒鬚圖	47
圖 12、樣區尺度之東北區葉全緣率與年均溫變化圖	48
圖 13、樣區尺度之西北區葉全緣率與年均溫變化圖	49
圖 14、樣區尺度之中西區葉全緣率與年均溫變化圖	50
圖 15、樣區尺度之西南區葉全緣率與年均溫變化圖	51
圖 16、樣區尺度之東南區葉全緣率與年均溫變化圖	52
圖 17、樣區尺度之東區葉全緣率與年均溫變化圖	53

表次

表 1、文獻整理	54
表 2、綜合樣區之樣區全緣率與環境因子之相關分析	55
表 3、綜合樣區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2	55
表 4、東北區之樣區全緣率與環境因子之相關分析	55
表 5、東北區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2	55
表 6、西北區之樣區全緣率與環境因子之相關分析	56
表 7、西北區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2	56
表 8、中西區之樣區全緣率與環境因子之相關分析	56
表 9、中西區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2	56
表 10、西南區之樣區全緣率與環境因子之相關分析	57
表 11、西南區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2	57
表 12、東區之樣區全緣率與環境因子之相關分析	57
表 13、東區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2	57
表 14、各年均溫帶之樣區數	57
表 15、四等溫帶不同樣區規模之取樣面積平均值/標準差	58
表 16、不同樣區規模求得 LMA 迴歸式與集成樣區 α -t 迴歸式差異檢定結果	58
表 17、不同區域的 LMA 迴歸函數式	59
表 18、台灣綜合樣區的樣區尺度、平均單樣區尺度以及平均總樣區尺度之 LMA 迴歸式斜率與國外研究之差異比較	59
表 19、台灣的樣區尺度 LMA 迴歸公式整理	60
表 20、台灣樣區尺度下各氣候分區 LMA 迴歸式截距與斜率檢定之 p -value	60
表 21、不同空間尺度的葉緣分析法優劣比較	60

壹、前言

環境是影響植物形態的主要因子，因為生物會透過長期的演化，逐漸淘汰無法充分利用棲地資源的生理反應或外型。因此一般認為植物的某些部位，例如葉片，就是非常好的環境線索。所謂的葉相分析（Analysis of Leaf Morphology），是指依照形態學的分類，統計植物葉片的大小、葉脈、葉形、葉緣型以及質地等等葉部形態特徵，並建立與環境的對應關係及相關模型（Chaloner and Creber, 1990），其結果可應用於推估古植物所處的古氣候環境或是探討生物演化的過程（Wolfe, 1993）。此類分析主要有兩種，一是氣候與葉相多變量分析程序（Climate-Leaf Analysis Multivariate Program, CLAMP），而另一較簡便而常為人所用的方法，則是葉緣分析（Leaf Margin Analysis, LMA）。以下介紹LMA的研究概況以及在台灣地區的發展潛力。

一、葉緣分析起源

植物的葉緣可粗分為鋸齒緣（toothed margin）與全緣（entire margin）兩類。在此，鋸齒（teeth）的定義是指葉緣呈血管化延展的缺刻，而其長度小於葉緣到主脈距離的1/4，因此不包含裂片（lobe），但包括裂片上的鋸齒（Ash *et al.*, 1999; Royer *et al.*, 2005）。由於鋸齒型葉緣與全緣型葉緣不但各有其適應的環境條件，同時，每種植物通常只會出現一種葉緣形態，美國植物學者（Bailey and Sinnott, 1915, 1916）在觀察到此特性後便發現，一個以被子植物為優勢的植群中，葉緣是全緣型的比例，能恰當反應生育地的氣候溫暖程度。如此，人們可以透過所謂的物種全緣率來推估環境的氣溫，發展出所謂的LMA—亦即利用木本雙子葉植物之物種全緣率（the ratio of woody dicotyledonous species with entire leaves, REL）與年均溫（mean annual temperature, MAT）的正相關，建立可以代入全緣率資料推估環境氣溫的單變量迴歸函數。

這裡指稱的全緣率，是指在一個年均溫大致相等、被子植物佔優勢的林型裡，每物種只採計一次，在所有物種中全緣葉形的物種所佔的比例。例如某樣區

的年均溫約略為17°C，有100種雙子葉木本植物，其中25種是全緣葉形，該樣區的全緣率就是25%。

為了瞭解有機生物的演化及無機環境的變遷，正確地評估古氣溫就成了古生物學非常重要的課題。葉緣分析之所以雙子葉木本植物為主，是因為這類植物在新生代沈積中留有較多化石資料 (Wilf, 1997; Wilf *et al.*, 1998)，如此，以現生植物建立的LMA結果，便能套疊植物相類似的區域之葉片化石的全緣率，進而推估該區域的古氣溫。Wolfe (1979) 根據東亞的森林，首次發表了年均溫與現生雙子葉木本植物全緣率之間的系統調查結果。該試驗的植物樣本來自於水分充足的植物相，並且盡可能不選擇冬季極低溫的樣區。Wing and Greenwood (1993) 根據Wolfe (1979) 的結果，發表了第一條年均溫與葉全緣率的一元一次方線性迴歸函數，式中自變量為全緣率 (REL，無單位， $0 \leq REL \leq 1$)，依變量為年均溫 (MAT，單位：°C)，公式如下：

$$MAT=30.6 \times REL+1.141$$

式1-1

二、葉緣分析與葉相分析

利用現代植物相建立葉部特徵與環境參數間的分析模型後，便可代入化石資料推導古氣候。然而，各種環境因子都可能影響植物的生長或適應情形，例如溫度還有水分可得性就對植物葉片的光合作用速率有重大影響，葉片的溫度以及蒸散速率又部份取決於植物的形狀與大小，這些環境或植物型態特徵也因此成為學者的主要分析對象。

因此，除了前述的LMA外，亦有學者利用其他葉部特徵來推導環境參數——亦即所謂的CLAMP (Wolfe, 1993)。當然，葉片表面的角質層、葉體結構、氣孔形狀等也對植物的蒸散速率有重要影響，但化石資料不易測量上述細微特徵，因此在探討葉部特徵與環境氣溫的關聯時，還是以葉緣形態、葉柄長、葉基形狀等等方便觀察的外部特徵作為分析變因，以便應用於古氣溫的推估 (Wing and

Greenwood, 1993)。

雖然CLAMP對植物形態與棲地環境的探討較為全面，但在執行上較LMA繁複許多。為了探討CLAMP與LMA在氣溫推估的準確度上是否有顯著差異，Wilf (1997) 收集了九個美洲大陸的植物相資料進行試驗，包括七個熱帶森林及兩個溫帶森林，總計1445個物種。研究區域橫跨範圍達緯度55°，包括兩個很少被研究的南美洲森林，在生長季只有稀少降水的沙漠跟嚴寒地帶則被排除。該試驗最後獲得結果有四：(1)在葉部形質中，氣溫的訊號最主要反應在葉緣形態上；(2)加進葉緣以外的形質特徵並未明顯改善推估氣溫的精準度；(3)利用單變量分析法能分析的樣本物種數是利用多變量分析法的至少兩倍；(4)現今多變量分析法的試驗區常有乾旱並伴隨極低溫的氣候，然而其推估對象則多是潮濕而沒有凍期的古被子植物相，在氣溫以外的環境因子差異較大的情形下，利用多變量的CLAMP資料推測古氣溫可能容易失真。因此Wilf (1997) 認為，在大多數情況下，推估年均溫時利用較簡易的LMA比用CLAMP更為適切。

三、葉緣分析之研究前提

葉片與氣候的關聯可能會隨時間而變化，但若推移到適當的時代，如白堊紀 (Cretaceous) 早期，被子植物化石所提供的線索，甚至與海洋同位素有程度相當的準確度 (Taylor and Hickey, 1996)，因此LMA在古氣溫推估上能有十分良好的應用。不過其研究條件也有若干限制，適用或需排除的條件陳述如以下分段。

1. 水分及年均溫的變異限制

進行LMA的研究區域，須避免缺水或極低溫的情況，且年均溫達一定程度的變化。排除環境條件較為極端的樣區，是因為年均溫與葉緣特徵之間的相關，對生長季乾旱或嚴寒的氣候甚為敏感 (Wing and Greenwood, 1993)，所以樣區應盡可能滿足目標物種的生長需求；樣區年均溫落差不能太小，則是要防止模型評估的準確度下降。如Dolph and Dilcher (1979) 及Dolph (1984) 分別在美國 Carolinas州與Indiana州進行的葉緣分析研究，因LMA預測與真實的溫度差距約在

$\pm 2^{\circ}\text{C}$ 內，而前述試驗區橫跨之年均溫變化僅分別為 6°C 與 3°C 左右，與葉緣分析模型的誤差範圍差異太過接近，便無法得出有意義的結果（Wilf, 1997）。

2. 植物地理及分類的相似性

以LMA推估古氣溫時，建立迴歸模型的植物相和欲推測的區域必須為相近或類似的氣候地理區，並最好有近似的植物分類群，否則推估容易失真（Hinojosa *et al.*, 2010）。如Martinetto *et al.*（2007）利用義大利西北部的植物化石進行葉緣分析，欲推估該地在中新世晚期（Messinian）的氣溫。此試驗收集了義大利Alba鎮鄰近區域出土的980個植物化石資料，套進七個資料來自東亞、歐洲以及美洲的葉部形質分析模型，然而初步預測的結果不佳，最後研究者參考建立模型的氣候地理區與植物分類的相關假說，排除掉最不具解讀力的兩個模型後，才獲得該試驗地的古氣溫估計值在 $13.5\text{--}15.3^{\circ}\text{C}$ 之間，並證實只要代入適當的區域，現有的葉部形質分析技巧可以推估歐洲古植物相所處的年均溫。Aizen and Ezcurra（2008）則以現存南美洲溫帶森林的植物相，套用在不同葉緣分析模型上，結果發現，若以北半球植物區所建立的葉緣分析模型預測南美洲的溫帶植物相，年均溫會比真實溫度高估 $6\text{--}10^{\circ}\text{C}$ 。由此見得，欲推估之植物相樣本與模型是否來自相近地理區、或有無類似的演化歷史，是葉緣分析在應用時不可忽視的考量。

3. 物種數量以及樣區面積的影響

若建立葉緣分析的植物樣本來自生物多樣性較低的區域，或樣區物種數過低，將無法反映葉部形質隨環境的有效變化，進而影響模型的準確度（Greenwood, 2007）。此外，由於物種豐量受非隨機分佈的影響，植物社會在自然棲地的分佈並不會呈現平均的豐富度；抽樣面積與抽樣物種數越小，葉全緣比例的計算就越容易出現顯著的變異（Wilf, 1997）。要從植物相抽出與自然狀態的葉全緣比例相等的代表樣本非常困難，特別是從一個狹小面積抽出的樣本，其葉全緣比例與其所處的植物相或相近的植物相都很可能不同而不具代表性（Gentry, 1969; Dolph, 1970, 1979; Burnham and Johnson, 1994）。

4. 試驗資料的地理分布均勻度

以Adams *et al.* (2008) 在北美的研究為例，他們發現北美潮濕的西部海岸地區，其葉全緣率與年均溫的相關性與前人發表的研究有相當程度的差異。他們推測，可能由於該區段恰好地形起伏較為多變，然而過去研究在資料取得上較困難，只能在資料不足的區段以內插法獲得數據，所以前人的研究比較不符合實際的情形。Adams等人認為，若試驗資料的地理分布不夠均勻，就無法呈現有代表性的年均溫變化趨勢。

四、葉緣分析之相關生理解釋

雖然應用全緣率與年均溫相關的研究所在多有，截至目前，學界還是比較缺乏解釋葉緣狀態的形成或受環境影響的合理機制 (Royer and Wilf, 2006)，只有幾項未受完整驗證的假說。

1. 鋸齒葉與落葉性的關聯

Roth *et al.* (1995) 認為葉的鋸齒是葉脈側向延伸時的副產品，且此特徵較符合落葉樹種的生長效益，因而鋸齒與落葉性常伴隨存在。根據研究指出，葉齒部位通常具有特別高密度的氣孔及泌水器 (hydathodes)，同時大部分的鋸齒物種也有延伸至葉齒尖端，但直徑不會顯著變小的導管組織 (Hickey and Wolfe, 1975; Canny, 1990; Roth *et al.*, 1995)，這幾項特徵皆有助於植物的樹液流以及氣體交換速率，促進光合作用的進行 (Canny, 1990)。因此落葉樹種將光合產物用於形成較多的葉緣面積 (例如鋸齒緣)，而非增加完整的葉片體積，可減少因葉片頻繁更新所造成的能量耗損，並以更有效率的光合作用機制累積產物 (Canny, 1990; Wolfe, 1993; Roth *et al.*, 1995; Feild *et al.*, 2005)。

Baker-Brosh and Peet (1997) 則假設，鋸齒可能是溫帶落葉樹種在生長季的早熟 (precocious) 特徵，因此他們利用含碳14的二氧化碳氣體標定葉片中的二氧化碳移動，以檢測18種雙子葉木本植物未成熟葉的光合作用效率。試驗結果發現，在14種鋸齒植物種中有八種，生長季早期的光合作用會顯著集中於鋸齒或裂

片先端處，亦即葉齒部位有較早熟的光合作用能力，另外六種鋸齒植物及四種全緣葉植物則沒有這樣的情形。隨著生長季開展，當葉緣面積佔全葉面積的比例越來越小時，就不再有葉緣的生長活性顯著較高的現象。

2. 鋸齒葉與氣體交換速率及光合作用的關聯

由於植物行光合作用需要足夠的二氧化碳供給，空氣交換對植物而言，便有不亞於光合作用的重要性。因此，具備氣孔密度較高的葉齒，能提昇植物的空氣交換速率，而有助於植物行光合作用（Baker-Brosh and Peet, 1997）。Canny（1990）便認為，假設氣孔平均分布在葉片上，葉齒的蒸散速率應該會最高。因鋸齒的幾何造型會使得葉表易發生紊流（turbulence），減低氣候交換之邊界層阻力（boundary layer resistance），而提高葉齒部位的氣體交換速率（Schuepp, 1993）。

在試圖解釋葉片鋸齒跟氣溫相關的同時，也逐漸有人將鋸齒視為可以直接檢測的生理特徵。這些檢測植物鋸齒生理特性的研究，主要是探討何種環境下，鋸齒是一項對植物有利的特徵。迄今，大部分的相關試驗認為，在水分無虞而伴隨較寒冷的氣候環境下，鋸齒植物在生長季早期的新葉萌發階段，會比全緣植物更具生長優勢（Royer and Wilf, 2006）。其解釋為，葉緣是葉片主要的氣體交換區域，因此在較寒冷的區域，當光照提供的熱能不足，但水分充足供應時，鋸齒多代表葉緣在全葉中佔的面積越大、氣體交換速率較高，進而提升光合作用效率，成為植物的生長優勢之一（Bailey and Sinnott, 1916; Canny, 1990; Chaloner and Creber, 1990; Wolfe, 1993; Baker-Brosh and Peet, 1997; Royer and Wilf, 2006）。

Royer and Wilf（2006）也提出了不同葉緣型之光合作用效率的試驗報告。他們檢測不同年均溫地區之植物葉緣的光合作用速率，試驗目的為比較鋸齒與非鋸齒葉物種的季節生長反應，探究是否較寒冷區域的植物葉片有活力更旺盛的葉緣，並根據這份試驗發表了空氣交換假說（Gas-Exchange Hypothesis）。此假說建立在Baker-Brosh and Peet（1997）的碳取得模型（the carbon acquisition model）上，重點在檢視兩種葉緣型的氣體交換速率（rate of gas exchange）是否有差異。

他們選取美國Pennsylvania州和North Carolina州兩地的雙子葉木本植物，於同樣的溫溼環境下，檢驗新生葉的光合作用速率。試驗結果為（1）不論全緣或鋸齒，葉緣在生長季早期是葉片最具生理活性的部位；（2）在同樣的溫溼環境下，鋸齒的葉緣比全緣的葉緣更具有活性；（3）在同樣的溫溼試驗環境下，原生地較寒冷的植物有較具活性的葉緣。此研究的樣本包含常綠及落葉性樹種，生長型有喬木與灌木，因此Royer and Wilf (2006) 認為該試驗結果與葉的常綠性或生長型並無顯著關聯，可以廣泛適用於有季節性寒冷、但水分充裕的中濕性 (mesic) 溫帶森林。

五、氣溫之外的變因對葉緣分析的影響

根據過去研究可知，雖然其他的環境因子也可能影響葉全緣率，但年均溫已經能與全緣率達到十分緊密的相關關係 (Wing and Greenwood, 1993)。然而，為了盡量呈現葉緣特徵與棲地年均溫的相關關係，進行葉緣分析取樣時，還是希望能控制年均溫之外的變因差異。然而，過去大多數研究是在挑選樣區時排除有嚴重乾季或嚴寒的區域來減少差異性，直到近幾年來，才開始有學者對降水、土壤環境、海拔、距淡水遠近等等因子作限制或篩選。

Traiser *et al.* (2005) 分析了歐洲25種葉部形質與環境參數的相關關係，將樣區海拔落差控制在400 m以內，並避開人類活動的區域，以減少其他可能的環境因素對葉相分析的干擾。試驗結果認為，葉全緣率與年均溫有最顯著的正相關，而降水因子如年降水量 (Mean Annual Precipitation)、最乾月降水等 (Precipitation of Driest Month) 等，與全緣率也有顯著的關聯，但是相關程度遠低於年均溫。其中，年降水與全緣率呈顯著正相關，設年降水為依變數，全緣率與其他葉部形質為自變數，可以建立以葉相推估年降水的多重線性迴歸模式 (Multiple Linear Regression, MLR)，但模式的預測準度並不可靠，且無法預測年降水在1000 mm以上的地區。

Royer *et al.* (2009) 以澳洲亞熱帶雨林為研究區，在年均溫相近的研究區內，

檢驗林火擾動、水份可得性和生長策略等因子與鋸齒物種分布之相關。結果發現，棲地年均溫類似時，土壤水分可得性高的地區之物種全緣率顯著較低，但林火擾動、種子大小、種子散佈模式等因子與物種全緣率沒有顯著相關。

六、台灣的葉緣分析研究潛力

葉緣分析是重建古氣候、了解生態及環境變化的良好途徑。不過回顧Aizen and Ezcurra (2008) 的研究可知，以南美熱帶植物區建立的模型來預測南美的溫帶森林年均溫，其結果確實與真實溫度接近，但同樣的資料套進北美或他地的模型，預估溫度卻不能貼近實際情況。由此可見，建立不同氣候區、不同植物相，甚或不同尺度的葉緣分析模型，並改進取樣以及分析的方法，對於葉緣或葉相分析在各區域間的異同才更有解讀能力。

過去LMA的研究多半於美洲以及歐洲進行，至於東亞區，除了Wing and Greenwood (1993) 根據東亞的植群調查發表過LMA模型之外，目前僅少數如Yang *et al.* (2007)、Su *et al.* (2010) 等人，是利用中國大陸的植物相，發表或重新檢視相關模型在中國的應用，但台灣似乎尚未有學者嘗試這方面的研究。

台灣位處植物地理區交界的珍貴位置，雖然比起之前的LMA研究區域，台灣十分缺乏大範圍的緯度變化，但劇烈的海拔落差使得台灣的植物相依舊隨溫度而有顯著的變異，同時也有十分豐富的物種組成。Su (1984b) 將台灣劃分出七個地理氣候區以及數個亞區，不同地理氣候區的降水季節性變化以及季風的影響有所差異。在此基礎下，台灣的LMA研究不但可用國外盛行的分析法，驗證台灣森林的葉全緣率與環境因子相關關係，也可以依照地理氣候區作區域間的差異性比較。加上台灣的闊葉林主要分布在不缺水、非嚴寒的區域 (邱清安, 2008)，符合前人研究的中濕性森林特徵，而能整合樣區資料，嘗試不同的集成樣區規模，來檢驗何種尺度的資料才適合像台灣一樣地形變化劇烈的環境進行葉緣分析。台灣已發表眾多的植群研究文獻，只要能配合解析度較細緻的環境資料，台灣的葉緣分析研究結果，必可提供目前還十分缺乏的東亞區之LMA相關資訊。

因此，本研究擬透過台灣地區的植群調查文獻，收集樣區物種以及座標等環境資訊，探討台灣森林的葉全緣率與環境降水、環境年均溫以及樣區空間尺度之關聯性。以下為本研究之四項分析目標：

1.台灣森林的葉全緣率與環境降水的關聯

目前研究指出，與全緣率有最好相關的環境因子是年均溫，但研究也顯示，降水與全緣率亦存在顯著相關。為了探究環境降水能否填補年均溫對全緣率解釋的空缺，並驗證台灣是否與其他研究區有類似的結果，本研究也檢視在樣區尺度（habitat scale）時，除年均溫之外，年降水、最冷季降水、最暖季降水對全緣率的可能影響。考慮到台灣地理氣候區間的降水差異性，此階段除檢驗台灣的整體趨勢外，亦會呈現氣候分區的結果，以探討氣候區間的可能差異。

2.台灣森林不同空間尺度的葉全緣率與環境氣溫的關聯

2a.各空間尺度的葉緣分析迴歸式

由於資料的空間尺度及樣區面積大小會影響到全緣率的計算結果，本研究為瞭解隨空間尺度而變異的葉緣分析趨勢，綜合各地理氣候區的樣點，進行樣區尺度、平均樣區尺度（包括平均單樣區尺度、平均多樣區尺度），以及區域尺度（regional scale）的葉緣分析。其中平均樣區尺度/區域尺度是先將樣區按年均溫分帶，再計算每一年均溫帶內的平均全緣率/全緣率。

計算平均樣區尺度的全緣率，是為瞭解固定年均溫帶的樣區規模與全緣率變化之相關。因此本研究會隨機選年均溫帶內不同個數的樣區作為集成樣區，計算各集成樣區之全緣率，呈現全緣率隨樣區規模的變化趨勢，及不同集成樣區的葉緣分析結果。此外，亦將統計區域尺度下，各年均溫分帶內的物種數，以呈現台灣地區不同葉緣型的物種數量隨年均溫的實際變化。

2b.各尺度的葉緣分析迴歸式差異檢定

本研究將檢定各空間尺度的葉緣分析迴歸式的斜率間及截距間的差異，以瞭解集成樣區的相對大小對葉緣分析的影響。

3.台灣森林不同空間尺度的葉緣分析結果與國外研究之比較

由於不同地區的葉緣分析結果常有差異，本研究將比較台灣的葉緣分析迴歸式之斜率與國外研究的差異，以探討台灣葉緣分析結果的獨特性，並提出未來在台灣進行葉緣分析的相關建言。

4.台灣各地理氣候區的樣區尺度葉緣分析

為了比較台灣各地理氣候區的葉緣分析趨勢之異同，本研究除進行各分氣候分區的樣區葉緣分析外，也進行分區葉緣分析結果之兩兩比較，以探討區間差異所代表的生態或氣候意義。



貳、材料與方法

一、研究區域

本研究以台灣本島的植群調查資料進行分析；台灣本島為一狹長型海島，約位處北緯25.3度至北緯20.9度，東經124.6度至東經119.3度之間，島嶼北方為中國海，東面太平洋，西隔台灣海峽與歐亞大陸相望；北迴歸線橫越台灣本島中南部，通過嘉義、玉山以及花蓮瑞穗附近，因此依地理位置來看，台灣同時包含熱帶與溫帶兩種氣候。台灣本島面積約為36000 km²，其中31%為海拔100 m以下之平地，45%為海拔500 m以上的山地地形。山地面積中有70%的海拔超過1000 m，而海拔超過2000 m的則佔總山地面積的26%，海拔在3000 m以上的地形佔山地總面積2.8%，其中以玉山山脈最高，約為3950 m。本島山系多為南北走向，與島軸平行，其中中央山脈縱貫全島，成為台灣的東、西部河流分水嶺。台灣冬季受大陸冷氣團影響而有東北季風吹拂，為北部帶來低溫與豐沛雨量；春夏交際時會有一個月左右的梅雨季，全台都有機會降水；夏季則受西南季風以及熱帶低氣壓影響，是全島一年中雨量最高的時節。季節變換之際，季風交替的效應十分明顯，周圍洋流則以由南向北的黑潮為主。綜合上述，台灣面積雖不大，但結合海拔、地形、山脈走向、局部地形、洋流、盛行季風以及颱風等因素影響，實有相當多變的生態環境與氣候分區。

本研究所使用之地理氣候區界定標準援引自Su (1984a, 1984b, 1985)。Su (1985) 利用季節性溫度、年雨量、冬季雨量、乾季月份等氣候資料，以集水區分區，將台灣劃分為東北近海區、東北內陸區、東部區北段、東部區南段、西北近海區、西北內陸區、中西部近海區、中西部內陸區、西南區、東南區以及蘭嶼區共11個生態氣候分區之概念，而將地理氣候區概分為東北區 (NE)、西北區 (NW)、東部區 (CE)、中西區 (CW)、西南區 (SW) 及東南區 (SE) 共六大區使用之 (圖1)。

二、研究方法

由葉緣分析相關研究可知，欲建立葉緣特徵與年均溫的相關，必須盡可能排除水分條件的差異，才能在環境較類似的情況下，比較全緣葉與鋸齒葉物種對環境氣溫的適應。然而歷史文獻的格式與紀錄項目並不統一，因此本研究共選用26篇台灣地區的植群相關文獻（詳見表1），使每個生態氣候分區都有選到植群樣區（圖1），且盡可能選入台灣主要的闊葉植群型，再參考文獻所附之樣區資料，數化為物種矩陣，並利用樣區座標以及ArcGIS抽出可供分析的環境參數。

葉緣分析流程分為兩大部份：資料數化與資料分析。在資料數化階段完成樣區環境、樣區物種資料以及物種特徵資料共三項可供分析的矩陣；資料分析方面，考慮到台灣的植群調查樣區較國外研究來得小，為了探討樣區面積大小是否會影響全緣率的呈現，本研究除了計算樣區尺度的全緣率外，亦計算平均樣區尺度以及區域尺度之全緣率，以瞭解在樣區尺度、平均樣區尺度，以及區域尺度下，是否會因取樣的空間尺度不同而有相異的葉緣分析結果。

獲得環境因子以及各空間尺度的全緣率後，再各自以其全緣率與環境因子進行迴歸分析，以探討下列四項研究目標：

1. 台灣森林之樣區尺度葉全緣率與環境降水的關聯，
2. 台灣森林不同空間尺度的葉全緣率與環境氣溫的關聯，
3. 台灣森林不同空間尺度的葉緣分析結果與國外研究之比較，
4. 台灣各地理氣候區的樣區尺度葉緣分析。

詳細之研究流程（圖2）及研究步驟如下詳述。

1. 資料數化

(1) 數化26篇文獻的植群調查資料，整理出樣區物種之定性資料

由於各文獻的植群調查資料呈現方式不一，因此無法直接進行定量資料的分析，此外樣區調查也可能有非目標的植物種類或植群型，因而本研究在資料整理時，先移除非雙子葉木本植物佔優勢的植群（如：鐵杉林型），再建立分析用

的樣區物種資料。此外，建立樣區物種資料時，並不考慮物種的數量，僅登記出現與否，再對照學名、統一物種的使用名稱，最後只保留物種數至少10種的樣區進行分析，完整物種名錄見附錄。

(2) 登記物種葉緣型之定性特徵

本研究按照Flora of Taiwan (Larsen, 1995) 一書中的描述，只要某物種在該書的葉緣特徵中標注為serrate、biserrate、serrulate、dentate-serrate、crenulate-serrate等字眼，就將該物種視為鋸齒葉，描述為「全緣或鋸齒」也視為具有鋸齒葉，若只寫「全緣」才視為全緣葉，並製成物種特徵對照表以便分析。其中，有些研究認為裂片可能與葉齒有類似的功能，但本研究按已發表之葉緣分析研究，僅具有裂片特徵者採計為全緣，裂片上有鋸齒者則採計為鋸齒葉緣；複葉植物，同樣按已發表研究，以小葉的葉緣特徵為採計對象。

(3) 樣區環境資料

採用台灣大學全球變遷研究中心依據1960–2001年氣象站資料所發表之氣候圖層 (Lin *et al.*, 2010)，重新計算成年均溫 (圖3)、年降水 (Precipitation, Prec，單位mm，圖4)、最冷季降水 (Precipitation of Coldest Quarter, PrC，單位mm，圖5) 以及最暖季降水 (Precipitation of Warmest Quarter, PrW，單位mm，圖6)，解析度為 40m × 40m，再利用樣區的座標，透過ArcGIS從氣溫及降水圖層抽出氣候參數，降水資料包含降水及降雪資料，而以降水佔大多數。

2. 資料分析

(1) 全緣率計算

a. 樣區尺度全緣率

各項資料表建立後，利用 Microsoft office 資料庫軟體 Access 2003 彙整，按照Wilf (1997) 的方法計算各調查樣區的物種全緣率 (計算式2-1)，公式如下：

$$\text{樣區全緣率} = \frac{\text{樣區之全緣葉物種數}}{\text{樣區總物種數}}$$

b. 平均樣區尺度全緣率

考量到台灣受限於地理特殊性，植群調查設置的樣區多半較國外小，使得樣區間的差異大，為瞭解不同樣區規模是否會對調查到的全緣率有影響，本研究按1°C為區隔劃分出各年均溫帶，計算年均溫帶的平均全緣率。其中，由於LMA主要是以全緣率推估生育地之年均溫，並無法推估其年均溫之SD (standard deviation)，因此本研究在區分年均溫帶時，亦不將年均溫之SD考慮在內。

劃分出年均溫後，隨機在各年均溫帶內挑選n個樣區作為集成樣區，稱為 α -n樣區，並計算 α -n樣區的全緣率（例：隨機挑選了n個樣區，全緣物種數為a，總物種為b，則該次獲得的樣區全緣率為a/b），重複取樣1000次後，獲得用n個小樣區作為集成樣區的全緣率平均值，其中n依序為2、5、10、15、20、25、30、50、75，集成樣區分別以 α -2、 α -5、 α -10、 α -15、 α -20、 α -25、 α -30、 α -50、 α -75稱之。當年均溫帶樣區數不足n時，就不進行該n值的隨機取樣。

以上所得是為各年均溫帶的平均多樣區尺度全緣率，計算法如下：

$$\text{平均多樣區尺度全緣率} = \frac{\sum \alpha\text{-n樣區全緣率}}{1000}$$

式2-2

然而，當n等於1或t（亦即total，表示該年均溫帶的所有樣區）時，並不需重複取樣求期望的平均全緣率值。n=1時直接以各年均溫帶的樣區全緣率相加再除以樣區個數即可，稱為平均單樣區尺度全緣率，計算方法如下：

$$\text{平均單樣區尺度全緣率} = \frac{\sum \text{樣區全緣率}}{\text{樣區數}}$$

式2-3

當n為t（所有樣區數）時，則以年均溫帶的全緣物種數除以總物種數即可，計算法如下：

$$\text{平均總樣區尺度全緣率} = \frac{\text{全緣葉物種數}}{\text{總物種數}}$$

式2-4

不同規模的集成樣區之面積取樣最大值、最小值及平均值將列表參照，全緣率變化趨勢，則選出樣區數較多的23.5°C、19.5°C、15.5°C以及11.5°C四條年均溫帶作代表，以盒鬚圖表現之。

c. 區域尺度全緣率

由於調查樣區有限，為填補分佈資訊之間斷，本研究假設物種於溫度梯度上是連續分布，則按前述的年均溫分帶，找出各物種在年均溫分布上的最低與最高資料，虛擬該物種登記在此年均溫範圍內皆有分布，而獲得年均溫帶的理想物種數。再將各溫度帶視為一區域，計算該區域之理想物種全緣率，稱為區域尺度全緣率，並建立該尺度全緣率與年均溫的迴歸。區域尺度的年均溫帶最低溫只採計到8.5°C，因為台灣高海拔地區約7°C左右就轉為針葉林帶，雙子葉木本植物種類太少。區域尺度的全緣率計算方法如下：

$$\text{年均溫帶之區域全緣率} = \frac{\text{理想全緣葉物種數}}{\text{理想總物種數}}$$

式2-5

(2) 探討降水因子與全緣率的關聯

獲得樣區尺度之全緣率後，本階段分析將細究除年均溫以外，年降水、最冷季降水以及最暖季降水對全緣率的相關程度。因此第一階段利用統計軟體SPSS 12.0，進行全緣率、年均溫、年降水、最冷季降水、最暖季降水之間的皮爾森相關分析（Pearson correlation），而後設全緣率為依變數，年均溫、年降水、最冷季降水及最暖季降水一共四個環境因子設為自變數，進行逐步迴歸分析（stepwise regression），而獲得各變數之標準化係數。探討在樣區尺度下，東北區、西北區、中西區、西南區以及東部區等五個地理區以及台灣綜合樣區的降水因子與全緣率之關聯。東南區因樣區有限，環境變化並不大，無法進行有效分析。

(3) 台灣不分氣候區的各空間尺度葉緣分析比較

本階段目標為瞭解集成樣區要達到何種規模，葉緣分析的結果才不再因樣區規模擴大而改變，能得到一個穩定的分析結果。因此將台灣森林不分氣候區的樣區尺度、平均樣區尺度，以及區域尺度之年均溫與全緣率的進行迴歸，獲得如式1-1之線性迴歸式，再利用廣義線性模式（Generalized Linear Model, GLM），比較平均總樣區尺度（ α -t）之LMA迴歸式，與平均樣區其他尺度及區域尺度的LMA迴歸式在斜率及截距的差異。只要迴歸式的斜率或截距任一項有顯著差異，即代表是不同的迴歸線。

(5) 與國外研究區之比較

本階段的分析，整理台灣綜合樣區的樣區尺度、平均單樣區尺度及平均總樣區尺度之LMA迴歸結果，與其他8個研究區進行比較。其他研究地區分別是：東亞（Wolfe, 1979; Wing and Greenwood, 1993）、北美（Wolfe, 1993）、美洲（Wilf, 1997）、中北美洲及日本（Wilf, 1997）、南美洲（Gregory-Wodzicki, 2000）、澳洲（Greenwood *et al.*, 2004）、歐洲（Traiser *et al.*, 2005）、中國（Su *et al.* 2010）。

不似前段分析能同時比較迴歸式的斜率跟截距，由於無法獲得其他研究區的詳細調查資料或截距的標準誤（standard error of estimate, SE），此部份以各文獻中所載明迴歸式的斜率以及斜率的標準誤進行雙尾t-test，以瞭解各迴歸式在斜率部份是否有顯著差異。檢定t值之計算方法如式3-1，式中b為迴歸式斜率，SE為模式的標準誤：

$$t = \left| \frac{b_1 - b_2}{\sqrt{SE_1^2 + SE_2^2}} \right|$$

式3-1

各檢定所適用之自由度（degrees of freedom, df）如式3-2，式中SE為模式的標準誤，n為模式之樣本數：

$$df = \frac{(\text{SE}_1^2 + \text{SE}_2^2)^2}{\left(\frac{\text{SE}_1^4}{n_1 - 2} + \frac{\text{SE}_2^4}{n_2 - 2} \right)}$$

式3-2

經式3-1及式3-2計算後，比較斜率差異的顯著程度。

(6) 探討台灣地區各氣候分區的葉緣分析差異

本階段利用統計軟體SPSS 12.0，將樣區年均溫設為依變數，樣區全緣率設為自變數，進行樣區尺度下，東北地理氣候樣區、西北地理氣候樣區、中西地理氣候樣區、西南地理氣候樣區，以及東部地理氣候樣區的葉緣分析（東南地理氣候區因樣區的環境變化並不大，無法進行分析），並以GLM進行氣候分區之LMA迴歸式的斜率及截距之差異比較。



參、結果

本研究共計844個樣區，其中東北區187個、西北區156個、中西區118個、西南區268個、東南區76個、東區39個。樣區面積100 - 600 m²不等。雙子葉木本植物共計562種，包含80個科，葉全緣形計310種、葉鋸齒形計252種。

一、樣區尺度下全緣率與環境因子之關係

1. 綜合樣區

綜合樣區時，全緣率四個環境因子皆呈顯著正相關，相關程度最高者為年均溫 ($r=0.50, p<0.01$)，最暖季降水次之 ($r=0.15, p<0.01$)，年降水第三 ($r=0.11, p<0.01$)，最冷季降水最末 ($r=0.07, p<0.05$)；其中年均溫與年降水呈顯著負相關 ($r=-0.19, p<0.01$)，與最暖季降水呈顯著正相關 ($r=0.11, p<0.01$)，與最冷季降水沒有顯著相關；年降水與最冷季降水 ($r=0.69$) 及最暖季降水 ($r=0.14$) 呈顯著正相關 ($p<0.01$)，最冷季降水與最暖季降水呈顯著負相關 ($r=-0.53, p<0.01$) (表 2)。

綜合樣區的逐步迴歸最多選入了四個環境變因，變因選入順序依次為年均溫、年降水、最冷季降水以及最暖季降水，獲得四個迴歸式的總 r^2 值依次為 0.245、0.287、0.302、0.329。顯示綜合樣區的全緣率，除以年均溫解釋外，加進降水資料也能顯著增加環境因子對全緣率變異的解釋程度。四個變數都選入的迴歸式中，年均溫與年降水之標準化係數為正，最冷季降水及最暖季降水之標準化係數為負 (表 3)。

2. 東北區

東北區的四個環境因子中，全緣率四個環境因子皆呈顯著正相關，相關程度最高者為年均溫 ($r=0.44, p<0.01$)，年降水次之 ($r=0.38, p<0.01$)，最冷季降水第三 ($r=0.33, p<0.01$)，最暖季降水最末 ($r=0.17, p<0.05$)；其中年均溫與最暖季降水呈顯著負相關 ($r=-0.57, p<0.01$)，與另兩個降水因子沒有顯著相關；三個降水因子間皆呈顯著正相關 ($p<0.01$)，而以年降水與最冷季降水的相關程度最高 ($r=0.94$) (表 4)。

東北區的逐步迴歸最多選入兩個環境變因，依次為年均溫以及最暖季降水，兩個迴歸式的總 r^2 值依次為 0.196、0.456，年降水、最冷季降水則被排除。兩個變數都選入的迴歸式之變因標準化係數皆為正（表 5）。

3. 西北區

西北區的四個環境因子中，全緣率與年均溫、年降水及最暖季降水呈顯著正相關 ($p < 0.01$)，相關程度最高者為年均溫 ($r = 0.32$)，年降水次之 ($r = 0.29$)，最暖季降水第三 ($r = 0.22$)，最冷季降水與全緣率沒有顯著關聯；其中年均溫與年降水 ($r = -0.38$) 以及最暖季降水 ($r = -0.49$) 呈顯著負相關，與最冷季降水有顯著正相關 ($r = 0.5$)；年降水與最暖季降水有顯著正相關 ($r = 0.93$)，與最冷季降水沒有顯著相關；最冷季降水與最暖季降水有顯著負相關 ($r = -0.25, p < 0.01$) (表 6)。

西北區的逐步迴歸最多選入了三個環境變因，依次為年均溫、年降水以及最冷季降水，三個迴歸式的總 r^2 值依次為 0.105、0.303、0.327，最暖季降水則被排除。年均溫及年降水之標準化係數為正，最冷季降水之標準化係數為負（表 7）。

4. 中西區

中西區的四個環境因子中，全緣率與年均溫及最冷季降水呈顯著正相關，相關程度最高者為年均溫 ($r = 0.34, p < 0.01$)，最冷季降水次之 ($r = 0.19, p < 0.05$)，年降水及最暖季降水則與全緣率沒有顯著關聯；年均溫與各降水因子都沒有顯著相關；年降水與最暖季降水有顯著正相關 ($r = 0.90, p < 0.01$)；最冷季降水與最暖季降水之間為顯著負相關 ($r = -0.19, p < 0.05$) (表 8)。

中西區的逐步迴歸最多選入兩個變因，先選入年均溫，其次為最冷季降水，兩個迴歸式的總 r^2 值依次為 0.113、0.147，年降水及最暖季降水則被排除，逐步迴歸中的兩個選入變數之標準化係數為正（表 9）。

5. 西南區

西南區的四個環境因子中，全緣率與年均溫 ($r = 0.57$) 及最暖季降水 ($r = 0.37$) 有顯著正相關 ($p < 0.01$)，與最冷季降水呈顯著負相關 ($r = -0.45, p < 0.01$)，年降水

與全緣率沒有顯著相關；其中年均溫與年降水 ($r=-0.38, p<0.01$) 及最冷季降水 ($r=-0.85, p<0.01$) 呈顯著負相關，而與最暖季降水呈顯著正相關 ($r=0.40, p<0.01$)；年降水與最冷季降水 ($r=0.43$)、最暖季降水 ($r=0.63$) 間皆為顯著正相關 ($p<0.01$)；最冷季降水與最暖季降水間為顯著負相關 ($r=-0.28, p<0.01$) (表 10)。

西南區的逐步迴歸最多選入三個變因，依次為年均溫、年降水以及最暖季降水，三個迴歸式的總 r^2 值依次為 0.319、0.370、0.394，最冷季降水未被選入。其中年均溫及年降水之標準化係數為正，最暖季降水之標準化係數為負 (表 11)。

6. 東區結果

東區的四個環境因子中，全緣率與年均溫有顯著正相關 ($r=0.68, p<0.01$)，與年降水有顯著負相關 ($r=-0.35, p<0.05$)，與另兩個降水因子沒有顯著相關；年均溫與年降水 ($r=-0.65, p<0.01$)、最暖季降水有顯著負相關 ($r=-0.60, p<0.01$)；年降水與最暖季降水有顯著正相關 ($r=0.86, p<0.01$)，與最冷季降水沒有顯著相關；最冷季降水與最暖季降水之間有顯著負相關 ($r=-0.32, p<0.05$) (表 12)。逐步迴歸時，僅選入年均溫作為變因，迴歸式 r^2 值為 0.46，標準化係數為正 ($p<0.01$) (表 13)。

二、樣區尺度、平均樣區尺度以及區域尺度之葉緣分析

以下各轉換函數中的 MAT 代表年均溫 ($^{\circ}\text{C}$)，REL 是全緣率 ($0 \leq \text{REL} \leq 1$)， α 表示樣區尺度， $\alpha\text{-n}$ ($n: 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75, \text{total}$) 表示平均樣區尺度， γ 表示區域尺度， n 為集成樣區所包含的小樣區個數， p 為顯著程度。

1. α 樣區尺度

樣區尺度之 LMA 轉換函數為：

$$\text{MAT}=15.1 \times \text{REL}_{\alpha} + 8.276 \quad r^2=0.244 \quad p<0.001$$

式4-1

由圖 7 可見，台灣樣區尺度的物種全緣率變異相當大，包含 0 及 100%，涵蓋的棲地年均溫約在 5–25 $^{\circ}\text{C}$ 。但在 844 個樣點中，全緣率 30% 以下只有零星數個，全緣率主要落在 0.30–0.90 的區間，並分布在年均溫 8–23 $^{\circ}\text{C}$ 的範圍內。

2. α -n 平均樣區尺度

(1) α -1 平均單樣區尺度之 LMA 轉換函數

$$\text{MAT}=55.7 \times \text{REL}_{\alpha-1} - 16.629 \quad r^2=0.896 \quad p<0.001$$

式5-1

平均單樣區尺度的年均溫變化範圍與樣區尺度相同，但是物種全緣率分布僅為 0.45–0.75，全緣率的變化區間比樣區尺度小（圖 8）。其全緣率與年均溫之間亦是顯著正相關，但 r^2 值比起樣區尺度大幅提升，斜率也較大。

(2) α -n 平均多樣區尺度之 LMA 轉換函數

(a) $\text{MAT}=64.3 \times \text{REL}_{\alpha-2} - 20.981 \quad r^2=0.883 \quad p<0.001$ 式 5-2

(b) $\text{MAT}=73.0 \times \text{REL}_{\alpha-5} - 25.109 \quad r^2=0.908 \quad p<0.001$ 式 5-3

(c) $\text{MAT}=74.5 \times \text{REL}_{\alpha-10} - 25.538 \quad r^2=0.917 \quad p<0.001$ 式 5-4

(d) $\text{MAT}=66.5 \times \text{REL}_{\alpha-15} - 20.437 \quad r^2=0.935 \quad p<0.001$ 式 5-5

(e) $\text{MAT}=64.4 \times \text{REL}_{\alpha-20} - 19.060 \quad r^2=0.934 \quad p<0.001$ 式 5-6

(f) $\text{MAT}=62.8 \times \text{REL}_{\alpha-25} - 18.019 \quad r^2=0.933 \quad p<0.001$ 式 5-7

(g) $\text{MAT}=64.3 \times \text{REL}_{\alpha-30} - 18.876 \quad r^2=0.930 \quad p<0.001$ 式 5-8

(h) $\text{MAT}=57.6 \times \text{REL}_{\alpha-50} - 14.740 \quad r^2=0.907 \quad p<0.001$ 式 5-9

(i) $\text{MAT}=51.0 \times \text{REL}_{\alpha-75} - 10.522 \quad r^2=0.780 \quad p<0.001$ 式 5-10

平均多樣區尺度的葉緣分析之趨勢一致，年均溫與全緣率之間皆為顯著正相關， r^2 值在 0.780 – 0.935 之間， r^2 值最低者為集成樣區 α -75。

(3) α -t 平均總樣區尺度之 LMA 轉換函數

$$\text{MAT}=63.7 \times \text{REL}_{\alpha-t} - 18.322 \quad r^2=0.912 \quad p<0.001$$

式 5-11

平均總樣區尺度的年均溫變化範圍同平均單樣區尺度，物種全緣率分布約為 0.45–0.67，全緣率的變化區間略比平均單尺度小（圖 9）。其全緣率與年均溫之間亦是顯著正相關， r^2 值比起樣區尺度也大幅提升。

(4) 各年均溫帶的樣區數變化

年均溫 24 - 25°C 之間僅 4 個樣區，是樣區數最少的年均溫帶，整體而言，較高溫以及較低溫區的樣區數較少，年均溫 20 - 21°C 間有 128 個樣區，是樣區數最多的年均溫帶（表 14）。

3. γ 區域尺度之葉緣分析線性迴歸結果

區域尺度之LMA轉換函數為：

$$\text{MAT}=64.8 \times \text{REL}_{\gamma} - 18.607 \quad r^2=0.951 \quad p<0.001$$

式6-1

區域尺度的迴歸結果較類似平均總樣區尺度。區域尺度之物種全緣率分布為 0.43-0.68，分布年均溫在 8-23°C 之間。其全緣率與年均溫之間也是顯著正相關， r^2 是各種空間尺度中最高者。

在區域尺度下，物種數量在年均溫 15-20°C 的範圍內（相當於台灣的中海拔地區時）最高，年均溫超過或低於這個範圍後物種數都會較明顯的下降，其中全緣葉物種的數量最高點約在年均溫 20°C，鋸齒葉物種數量的最高點則為年均溫 13°C 左右（圖 10）。以全緣率 0.5 代入式 4-3，可知在年均溫 14°C 附近，兩種葉緣形的物種比例相等。年均溫高於此值，全緣物種數較多，且數量差距有隨溫度升高而拉大的趨勢；年均溫低於此值，則以鋸齒物種數較多。

三、樣區規模對葉緣分析的影響

集成樣區規模相同時，年均溫越高，全緣率期望值越高；而同一年均溫帶內，隨取樣之樣區規模加大，全緣率期望值的變異程度漸小、數值漸趨穩定。以 23.5°C、19.5°C、15.5°C、11.5°C 之年均溫帶製成盒鬚圖，在年均溫 23.5°C 以及 19.5°C 左右，集成樣區規模由 1 個增加到 10 個樣區時，全緣率期望值之平均數有逐漸降低的趨勢，集成樣區規模大於 15 個小樣區之後全緣率趨於某定值，而區域尺度時，全緣率又略為上升；年均溫 15.5°C 帶在集成樣區尺度時的全緣率期望值變化類似年均溫 23.5°C 及 19.5°C 帶，但區域尺度的全緣率期望值不升反降；年均

溫 11.5°C 帶的全緣率期望值變化則不似前述那樣有規律 (圖 11)。不同樣區規模的面積期望值隨樣區規模增大而等比例增加，取樣的變異程度則隨樣區規模增加而減少 (表 15)。

不同規模的集成樣區，其 LMA 迴歸式隨小樣區數量而異 (表 16)。平均樣區尺度的樣區規模在 10 個文獻樣區以下時，其迴歸式的截距與式 5-11 有顯著差異；選 15 個以上的文獻樣區作為集成樣區 (面積約為 0.5 ha) 時，其迴歸式不論斜率或截距都跟式 5-11 沒有顯著差異，可視為同一條迴歸線；而式 5-11 與式 6-1 也可視為同一條迴歸線。

不論空間尺度，台灣的全緣率與年均溫之間皆呈顯著正相關，但式 4-1 之 r^2 較低 (表 16)。將式 4-1、式 5-1 以及式 5-11 進行兩兩比較，則彼此都有顯著差異，可視為三條不同的迴歸線。

四、台灣與國外 LMA 研究之比較

不論空間尺度，台灣的全緣率與年均溫之間皆呈顯著正相關，與其他研究地區的趨勢一致。將式 4-1、式 5-1、式 5-11 與目前已發表的國外研究 (表 17) 進行比較，則台灣各空間尺度的迴歸線，與目前所發表的研究都有顯著差異 (斜率差異檢定 $p < 0.001$) (表 18)。

五、台灣樣區尺度之氣候分區葉緣分析比較

台灣各地理氣候區的樣區全緣率與年均溫之間，除東南區以外，都有顯著的正相關 ($p < 0.001$)，但 r^2 值只有東區以及西南區較高 (表 19)。東北區樣區年均溫在 14–22°C 的範圍，全緣率變化在 0.1–0.9 之間，樣點集中在年均溫 20°C 左右 (圖 12)。西北區樣區年均溫在 5–22°C 的範圍，全緣率變化在 0–0.9 之間，樣點大致分為兩群，較缺乏 15–19°C 的調查區域 (圖 13)。中西區樣樣區年均溫在 8–18°C 的範圍，全緣率變化在 0.3–0.9 之間，在年均溫 15°C 左右有較密集的樣點 (圖 14)。西南區樣區年均溫在 9–24°C 的範圍，全緣率變化在 0.3–1 之間，可看出樣點在溫度及全緣率上都有較明顯的變化趨勢 (圖 15)；東南區樣區年均溫在 20–25°C 的範

圍，年均溫變化不足，無法做出有意義的迴歸結果 ($p=0.629$) (圖 16)；東區樣區年均溫在 11–24°C 的範圍，全緣率變化在 0.3–1 之間，樣點在溫度及全緣率上的分布類似西北區，大致分為兩群，缺乏年均溫 19°C 左右的樣點 (圖 18)。

經兩兩比較，各氣候分區的迴歸式斜率可以分為兩群，東北區、西北區、中西區三者之間的斜率沒有顯著差異 ($p>0.05$)，西南區及東區之間也沒有顯著差異 ($p>0.05$)，其餘斜率兩兩比較皆有顯著差異 ($p<0.05$)，並且以東北-西北-中西區的斜率較小；迴歸式截距可以分為三群，西北區與中西區之間的截距沒有顯著差異 ($p>0.05$)，西南區與東區間的截距沒有顯著差異 ($p>0.05$)，其餘兩兩比較截距皆有顯著差異 ($p<0.05$)。因此綜合而言，氣候分區的葉緣分析迴歸式可以分為三群，西北區及中西區的迴歸結果可視為同一條迴歸線，西南區及東區也可視為同一條迴歸線，而東北區的迴歸結果與其他分區都不同 (表 20)。



肆、討論

一、台灣森林之樣區尺度葉全緣率與環境降水的關聯

本研究分析顯示，台灣的綜合樣區之全緣率與年降水間的相關性，與 Traiser *et al.* (2005) 的研究結果相當一致。亦即全緣率與年降水雖然在統計上有顯著性，但相關度並不高，而其中的生態意義仍難以解釋，無法據此建立可靠的迴歸式。台灣不論分區與否，與全緣率的相關最好而有一致性的環境因子是年均溫，降水因子在分區的表現則難以看出趨勢。事實上，獨立分析各地理氣候分區時，很可能由於分區樣區的代表性及獨立性還不足，其降水因子與全緣率間不排除是假性相關，而實際的相關性尚無法由此確知。

邱清安 (2005) 認為台灣屬於 Holdridge (1967) 生命帶分類方案之濕度級的亞濕潤 (subhumid) 與半飽和 (semisaturated) 之間，並無缺水的問題。因此本研究認為不容易在年均溫的影響權重如此高的狀況下，看出相對較小的降水量變異與全緣率變化的明顯連結。然而台灣之降水趨勢受季風影響甚鉅 (Chen *et al.*, 2004)，若能獲得空間分布較為均勻的樣本，在限制溫度變異的前提下，降水季節性或生長季降水與全緣率的相關也許是未來可以探討的課題。

二、台灣森林不同空間尺度的葉緣分析結果及迴歸式之差異比較

綜合來看，台灣的雙子葉木本植物在年均溫高於 14°C 時以全緣物種較多，反之，年均溫低於 14°C 以下的棲地則以鋸齒物種佔多數，此現象相當符合 Royer and Wilf (2006) 提出之全緣率隨年均溫的預期變化，亦即鋸齒緣物種在不缺水的低溫區比全緣葉物種更容易獲得生長優勢，但不同空間尺度的 LMA 結果略有差異。

1. 葉緣分析迴歸式的解釋能力差異

台灣綜合樣區在不同空間尺度之 LMA 的迴歸式與迴歸式的 r^2 有相當差異，應該是樣區規模影響了全緣率代表性所致 (Gertry, 1969; Dolph, 1970, 1979; Burnham and Johnson, 1994)。

樣區尺度的 LMA 迴歸式之 r^2 並不高，推測是因比起其他國家，本研究的資料

在相似環境下樣區間的物種變異較大，當直接用樣區的年均溫與全緣率資料迴歸時， r^2 便難以提昇。原因是台灣地形多山，調查時難以獲得大範圍的均質樣區，植群調查普遍以多樣區法（multiple plot method）進行，多樣區法是在地形與植物組成較為均質的地方設置小區，小區再集合為一可供分析的集成樣區（Grossman *et al.*, 1998）。台灣的集成樣區大小多在 $400\text{ m}^2 - 600\text{ m}^2$ ，樣區面積仍不足以使全緣率有代表性，導致逢機產生的雜訊干擾分析結果；其他國家的 LMA 樣區範圍常在 1 ha 以上，甚至是以 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 經緯度網格為一單位（Wolfe, 1979; Wing and Greenwood, 1993; Wolfe, 1993; Wilf, 1997; Gregory-Wodzicki, 2000; Greenwood *et al.*, 2004; Traiser *et al.*, 2005; Su *et al.* 2010），能獲得較為穩定的全緣率資料，降低雜訊的干擾，而提昇迴歸式的解釋能力。Adams *et al.* (2008) 認為樣區的均勻度會影響葉緣分析的結果，本分析之資料來自有目的性的植群調查資料，樣區容易呈群落狀分布，因此空間均勻度的問題不容忽視。

以分析結果來說，利用平均樣區尺度（ α -n 尺度）的資料來進行 LMA，可以改善樣區尺度（ α 尺度）資料的不足，解決樣區分布不均勻的問題，消弭了因樣區規模小而產生的雜訊，使不同溫度帶的全緣率資料能以較穩定的方式呈現，迴歸式的解釋能力便能顯著提昇。

不過平均樣區尺度的樣區規模也需達一定大小，樣區的全緣率才會穩定。本研究的結果顯示，台灣全緣率的變異程度會隨樣區規模加大而減少，再漸趨降低至某定值，符合 Wilf (1997) 認為樣區面積會影響全緣率的說法。此趨勢略呈反 J 型分布，應是由於台灣的鋸齒葉物種較少，因此要呈現鋸齒葉物種數的代表性所需之最小樣區面積，會較全緣葉物種所需更大（劉崇瑞、蘇鴻傑，1989），導致小樣區調查時易低估葉鋸齒物種數，而得到較高之全緣率；此現象尤其在全緣物種與鋸齒物種數相差越懸殊的區域會格外明顯，使得迴歸式不僅截距會有偏差，斜率也可能會有所差異。

2. 各尺度的葉緣分析迴歸式差異

不考慮代表性最低的樣區尺度，僅取 α -n 尺度 (n=1、2、5、10、15、20、25、30、50、75) 與平均總樣區尺度 (α -t 尺度) 進行比較，其 LMA 迴歸式也有顯著差異。以資料特徵來看，全緣率隨樣區規模擴大而略呈反 J 型分布，因此樣區規模過小時可能會高估高溫區的全緣率，導致樣區小於 α -15 時的 LMA 迴歸式之截距與大樣區的結果有偏差。當本研究取規模在 α -15 以上的 α -n 樣區進行分析時，其全緣率較為穩定，LMA 迴歸式與平均總樣區尺度之間無顯著差異，可視為同一條迴歸線。值得注意的是， α -15 的樣區規模大約是 0.5 ha，恰好為國外已發表之 LMA 研究所採納之最小樣區面積 (Wilf, 1997)。

其中 α -75 尺度的迴歸式 r^2 明顯偏低，則推測是因各年均溫帶的樣區數多在 75 個以下，當隨機選 75 個樣區時，能納入分析的年均溫帶僅四個，樣點太少便使迴歸式易產生偏差，此部份日後或能透過調整分析法或增加資料改進。

3. 區域尺度的葉緣分析結果以及應用可能

Shelford (1913) 提出之耐性定律 (Law of Tolerance) 認為限制因子的最低限 (minimum) 與最高限 (maximum) 之間為物種潛在的耐性範圍，而 Su (1984b) 認為台灣植物分布直接反映於氣溫梯度上。因此，本研究假設物種在溫度梯度上的潛在耐性範圍即為物種的潛在分布範圍，嘗試以物種於溫度之潛在分布進行區域尺度的葉緣分析，結果顯示區域尺度與平均總樣區尺度的迴歸式兩者間沒有顯著差異，這表示台灣能夠透過物種在溫度上的分布最高及最低限資料，建立具可靠性的 LMA 迴歸式。

LMA 的研究結果經常應用於植物的化石資料上，但化石標本通常難以在小面積內蒐集到具有代表性的樣本，加上化石的採集地點也不見得就是該個體存活時的確切位置，其空間解析度較差 (Greenwood, 2007)，若要將 LMA 應用於推估古氣溫，採用大尺度所獲得之迴歸式會較為合適。以台灣來說，大部分植群調查的樣區面積，恐怕難以具有 LMA 所需之代表性，然而區域尺度的葉緣分析可利用較容易取得的物種分布紀錄，也可以引用地方的物種清查資料以及具精確位置之標本

資料，此類型資料相對於樣區調查資料不僅更容易取得，也符合化石資料屬於物種分布記錄而非樣區調查記錄的特性，不但能增加推估古氣候所需的資訊，以本研究的分析結果來看也是合理的作法 (Dilcher, 1973; Christophel and Blackburn, 1978)。需注意的是，區域尺度的分析法有部份資料是經由耐性範圍推算而來，沒有數量的資訊，因此無法進行定量分析，是此項分析法的缺點。

綜合而言，利用現生物種分布資訊，可產生台灣的樣區尺度資料，這類型資料在取得及整合上有其困難度，但環境資訊比較完整，只要資料品質達一定程度，不論定量或定性的統計分析皆可進行。不過台灣的地理環境特殊，樣區尺度的資料全緣率代表性比較不足，若能將小樣區尺度的資料整合後算出代表值，亦即本研究的平均樣區尺度，應是更可靠的分析尺度，其優點是樣區規模可視需求而調整，而全緣率資料跟迴歸式結果都比樣區尺度有代表性。至於利用潛在物種分布資訊的區域尺度資料，資料的取得較為容易，除植群調查文獻外，亦可利用物種分布資料，全緣率及迴歸式也有代表性，但由於部份資料是推論而來，不易進行統計分析，最好能與定量的分析結果互相參照 (表 21)。

三、台灣森林不同空間尺度的葉緣分析與國外研究之比較

台灣樣區尺度 (α 尺度)、平均單樣區尺度 ($\alpha-1$ 尺度) 與平均總樣區尺度 ($\alpha-t$ 尺度) 所做出的三條 LMA 迴歸式，與已發表的國外研究 (Wolfe, 1979; Wolfe, 1993; Wing and Greenwood, 1993; Wilf, 1997; Gregory-Wodzicki, 2000; Greenwood *et al.*, 2004; Traiser *et al.*, 2005; Su *et al.* 2010) 都有顯著差異。其中台灣樣區尺度的 LMA 迴歸式斜率小於國外研究區，可能僅是樣區代表性不足所致，但台灣 $\alpha-n$ 尺度的 LMA 迴歸式斜率顯著大於國外研究區，就必須從台灣獨特的地理、植物元素以及植物播遷歷史等方面來探討。

就台灣 $\alpha-n$ 尺度之 LMA 結果與國外的斜率差異來看，首先是台灣的氣溫主要受海拔高度影響，溫度變化在較小的距離內就可以呈現，反之其他研究區的年均溫則主要是隨緯度而變化，溫度隨距離的變化較和緩，因而在類似的空間尺度下，

受到植物播散能力差異的影響，台灣物種混合的程度較大，相對於同樣的氣溫差異，台灣的全緣率變化程度就比較小；其次，台灣高溫區域屬於低海拔的人類活動區，開發比較早而受較多干擾，有許多演替中早期的森林（周富三，2004），Roth *et al.*（1995）認為演替中早期森林的鋸齒物種比較多，台灣高溫地區的全緣率便可能因此偏低，與前述造成整體全緣率變化程度較小的情況類似，導致台灣 LMA 迴歸式的斜率較大。

除了高溫區有較多演替中早期的森林外，台灣低溫區的森林亦與國外有所不同。由於所處緯度不高，台灣低溫區僅限於山地，在年均溫 8°C 左右，便從闊葉林轉變為針葉林帶，缺乏典型的溫帶落葉林（Su, 1984a）。Roth *et al.*（1995）認為落葉性也可能與全緣率有負相關，在缺少這類型植群的情形下，台灣的落葉樹不似前述的歐美研究區能形成優勢林帶，就可能使得同樣的溫度變化區間，台灣跟國外的全緣率有出入，進而分析結果也出現差異。

從地理特性來看，台灣位處於全北植物區系（Boreal floristic kingdom）跟舊熱帶植物區系（Paleotropical floristic kingdom）交界（Takhtajan, 1986），並混有不同的植物播遷歷史，物種來源則來自日本-琉球、喜馬拉雅山區、以及東南亞等多元地區（劉業經，1972），因而比起其他發表 LMA 研究的地區，具有更特殊、複雜的植物地理背景，況且台灣地形較為破碎，受到季風影響也相當大，更是少數有盛行雲霧帶的區域（柳楷，1975；楊寶霖，1976）。綜合以上生態背景的不同，也許導致了台灣的 LMA 結果與國外有顯著差別，但還需更多相關研究以釐清異同。

四、台灣各地理氣候區的樣區尺度葉緣分析

台灣特殊的植物、地理以及氣候背景除了與國外有相當差異外，也反映在自身分區的 LMA 上。台灣地理氣候區的 LMA 迴歸式，可以大致沿台灣的東北至西南切分為兩群。這部份或可由北回歸線的經過，以及季風吹拂來解釋。受到所處經緯度的影響，台灣具有熱帶以及副熱帶兩種氣候類型，加上季風的迎、背風面造成了氣候的分化，Su（1984b）便認為地理氣候區之間具有不同的氣候條件，而

林建融（2009）從植相分析中應證了地理氣候區間有物種組成的差異，劉業經（1972）亦認為台灣南部與北部的物種來源不同，種種氣候分區在氣候類型及植物地理背景上的不同，確實可能使迴歸結果出現區域差異。

然而，要進行單變量的線性迴歸時，樣區分布均勻度跟數量都須達一定程度，分析結果才具參考性。但本研究所採用的文獻各有其調查目的及限制，使得樣區經常為群落狀分布，且樣區間有較高度的空間自相關、分析結果容易出現偏頗，當檢定獨立氣候區內的資料時，其全緣率隨年均溫的變異能否代表氣候區的實際情形，還有待商榷。未來，也許可以透過取樣較有一致性的量化資料，以及能補足物種分布資訊的植物採集標本，彌補分區資料不足的困境，而呈現各地理氣候區比較有代表性的葉緣分析結果。



伍、結論

本研究旨在探討台灣森林的雙子葉木本植物之葉全緣率隨環境因子的變化與可能原因，成功整合已發表之植群文獻，配合氣候之GIS資料庫，得到良好的葉緣分析結果。然而，因文獻樣區既有的分布與格式無法改變，難免成為分析上的一些限制；不同文獻調查的目的不同，導致樣區的設置方法、調查對象以及豐度介量計算的方法也有所差異。豐度介量無法統一整合，便無法以物種豐度來進行定量分析；樣區面積大小不一，導致全緣率不見得適合做樣區間的整合或比較，文獻調查樣區亦常呈群落狀分布，以致本研究按地理分區檢視時，樣區代表性及獨立性尚不足。

因此，根據本研究結果，建議未來若欲進一步進行台灣的葉緣分析，可再整合標本與其他相關之物種分布資訊，以區域尺度的分析增加資料的代表性，並利用遙測資料，分析植物生長季的環境參數與葉緣特徵的關聯，也可以增設系統取樣之大樣區，除避免分布不均與缺乏代表性的問題之外，更能以物種優勢程度直接地表現出全緣物種與鋸齒物種在該環境下的適應能力，而能對氣候條件與葉緣形態之間的關係有更細緻的探討。

陸、參考文獻

- Adams, J., Green, W. and Zhang, Y. (2008) Leaf margins and temperature in the North American flora: Recalibrating the paleoclimatic thermometer. *Global and Planetary Change*. 60:523–534.
- Aizen, M. A. and Ezcurra, C. (2008) Do leaf margins of the temperate forest flora of southern South America reflect a warmer past? *Global Ecology and Biogeography*. 17:164–174.
- Ash, A. W., Ellis, B., Hickey, L. J., Johnson, K. R., Wilf, P. and Wing, S. L. (1999) Manual of leaf architecture: morphological descriptions and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms. *Smithsonian Institution, Washington, DC*. 67pp.
- Bailey, I. W. and Sinnott, E. W. (1915) A botanical index of cretaceous and tertiary climate. *Science*. 41:831–834.
- Bailey, I. W. and Sinnott, E. W. (1916) The climatic distribution of certain types of Angiosperm leaves. *Am. J. Bot.* 3:24–39.
- Baker-Brosh, K. F. and Peet, R. K. (1997) The ecological significance of lobed and toothed leaves in temperate forest trees. *Ecology*. 78:1250–1255.
- Burnham, R. J. and Johnson, S. Y. (1994) Paleoecological and floristic heterogeneity in the plant-fossil record: an analysis based on the Eocene of Washington. *United states government printing office*. 36pp.
- Canny, M. J. (1990) What becomes of the transpiration stream. *New Phytologist*. 114:341–368.
- Chaloner, W. G. and Creber, G. T. (1990) Do fossil plants give a climatic signal? *Journal of the Geological Society*. 147:343–350.
- Chen, Tsing-Chang, Shih-Yu Wang, Wan-Ru Huang, Ming-Cheng Yen. (2004)

- Variation of the East Asian summer monsoon rainfall. *Journal of Climate*. 17:744–762.
- Christophel and Blackburn. (1978) The Tertiary megafossil flora of Maslin Bay, South Australia: a preliminary report. *Alcheringa*. 2:311–319.
- Dilcher, D.L. (1973) A Paleoclimatic Interpretation of the Eocene Floras of Southeastern North America. In: A. Graham, (Editor) Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America. *Elsevier, Amsterdam*. 39–59.
- Dolph, G. E. (1970) A comparison of local and regional leaf characteristics in Indiana. *Proceedings of the Indiana Academy of Science*. 80:99–103.
- Dolph, G. E. (1979) Variation in leaf margin with respect to climate in Costa Rica. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 106:104–109.
- Dolph, G. E. (1984) Leaf form of the woody plants of Indiana as related to environment. *Being alive on land. Tasks for Vegetation Science*. 13:51–61.
- Dolph, G. E. and Dilcher, D. L. (1979) Foliar physiognomy as an aid in determining paleoclimate. *Palaeontographica Abteilung B*. 170:151–172.
- Feild, T. S., Sage, T. L., Czerniak, C. and Iles, W. J. D. (2005) Hydathodal leaf teeth of *Chloranthus japonicus* (Chloranthaceae) prevent guttation-induced flooding of the mesophyll. *Plant Cell and Environment*. 28:1179–1190.
- Gentry, A. H. (1969) A comparison of some leaf characteristics of tropical dry forest and tropical wet forest in Costa Rica. *Turrialba*. 19:419–28.
- Greenwood D. R. (2007) Fossil angiosperm leaves and climate: from Wolfe and Dilcher to Burnham and Wilf. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. 258: 95–108.
- Greenwood, D. R., Wilf, P., Wing, S. L. and Christophel, D. C. (2004) Paleotemperature estimation using leaf-margin analysis: is Australia different? *Palaios*. 19:129–142.

- Gregory-Wodzicki, K.M. (2000) Relationships between leaf morphology and climate, Bolivia: Implications for estimating paleoclimate from fossil floras. *Paleobiology*. 26: 668–688.
- Grossman, D. H., Faber-Langendoen, D., Weakley, A.S., Anderson, M., Bourgeron, P., Crawford, R., Goodin, K., Landaal, S., Metzler, K., Patterson, K., Pyne, M., Reid, M. and Sneddon, L. (1998) International classification of ecological communities: terrestrial vegetation of the United States. Volume I. The National Vegetation Classification System: development, status, and applications. *The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA*. 1–126.
- Hickey, L. J. and Wolfe, J. A. (1975) The bases of angiosperm phylogeny: vegetative morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 62:538–589.
- Hinojosa, L. F., Perez, F., Gaxiola, A. and Sandoval, I. (2010) Historical and phylogenetic constraints on the incidence of entire leaf margins: insights from a new South American model. *Global Ecology and Biogeography*. 20:380–390
- Holdridge, L. R. (1967) Life Zone Ecology. *San Jose, Costa Rica: Tropical Science Center*. 54pp.
- Larsen, K. (1995) Flora of Taiwan. *Nordic Journal of Botany*. 15:574–574.
- Lin, S. H., Liu, C. M., Huang, W. C., Lin, S. S., Yen, T. H., Wang, H. R., Kuo, J. T. and Lee, Y. C. (2010) Developing a yearly warning index to assess the climatic impact on the water resources of Taiwan, a complex–terrain island. *Journal of Hydrology*. 390:13–22.
- Martinetto, E., Uhl, D. and Tarabra, E. (2007) Leaf physiognomic indications for a moist warm–temperate climate in NW Italy during the Messinian (Late Miocene). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 253:41–55.
- Roth, A., Mosbrugger, V., Belz, G. and Neugebauer, H. J. (1995) Hydrodynamic modeling study of angiosperm leaf venation types. *Botanica Acta*. 108:121–126.

- Royer, D. L. and Wilf, P. (2006) Why do toothed leaves correlate with cold climates? Gas exchange at leaf margins provides new insights into a classic paleotemperature proxy. *International Journal of Plant Sciences*. 167:11–18.
- Royer, D. L., Kooyman, R. M., Little, S. A. and Wilf, P. (2009) Ecology of leaf teeth: a multi-site analysis from an Australian subtropical rainforest. *American Journal of Botany*. 96:738–750.
- Royer, D. L., Wilf, P., Janesko, D. A., Kowalski, E. A. and Dilcher, D. L. (2005) Correlations of climate and plant ecology to leaf size and shape: Potential proxies for the fossil record. *American Journal of Botany*. 92:1141–1151.
- Schuepp, P. (1993) Tansley review No. 59. Leaf boundary layers. *New Phytologist*. 125:477–507.
- Shelford, V. E. (1913) Animal communities in temperate, America. *University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA*. 375pp.
- Su, H. (1984a) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (I): analysis of the variations on climatic factors. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*. 17:1–14.
- Su, H. (1984b) 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.
- Su, H. (1985) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (III) A scheme of geographical climatic regions. *Quarterly Journal of Chinese Forest*. 18:33–44.
- Su, T., Xing, Y. W., Liu, Y. S., Jacques, F. M. B., Chen, W. Y., Huang, Y. J. and Zhou, Z. K. (2010) Leaf margin analysis: a new equation from humid to mesic forests in China. *Palaios*. 25:234–238.
- Takhtajan, A. (1986) Floristic regions of the world. Engl. edn. Translated by T. S.

- Crovello, ed. by Arthur Cronquist, Univ. Calif. Press Berkeley. 522 pp.
- Taylor, D.W. and Hickey L.J. (1996) Flowering Plant Origin, Evolution, and Phylogeny. Chapman and Hall, New York. 402 pp.
- Traiser, C., Klotz, S., Uhl, D. and Mosbrugger, V. (2005) Environmental signals from leaves—a physiognomic analysis of European vegetation. *New Phytologist*. 166:465–484.
- Wilf, P. (1997) When are leaves good thermometers? A new case for leaf margin analysis. *Paleobiology*. 23:373–390.
- Wilf, P., Wing, S. L., Greenwood, D. R. and Greenwood, C. L. (1998) Using fossil leaves as paleoprecipitation indicators: An Eocene example. *Geology*. 26:203–206.
- Wing, S. L. and Greenwood, D. R. (1993) Fossils and fossil climate – the case for equable continental interiors in the Eocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 341:243–252.
- Wolfe, J. (1979) Temperature parameters of humid to mesic forests of eastern Asia and relation to forests of other regions of the northern hemisphere and Australasia. *US Geological Survey Professional Paper*. 1106: 1–37.
- Wolfe, J. (1993) A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. *US Geological Survey bulletin (USA)*. 71 pp.
- Yang, J., Wang, Y. F., Spicer, R. A., Mosbrugger, V., Li, C. S. and Sun, Q. G. (2007) Climatic reconstruction at the Miocene Shanwang basin, China, using leaf margin analysis, clamp, coexistence approach, and overlapping distribution analysis. *American Journal of Botany*. 94:599–608.
- 丁憲中、應紹舜 (2005) 西勢水庫集水區植群分析之研究，國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，19(1):1–16。

- 王中原 (2000) 臺灣北部內雙河流域低海拔亞熱帶闊葉森林之次級演替，93 頁。
- 王仁義 (2006) 濁口河流域植群類型與環境因子之相關性研究，國立中山大學生物科學系碩士論文，65 頁。
- 呂金誠 (2005) 雪山坑溪野生動物重要棲息環境植群監測研究，行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列，94-03-8-01 號，78 頁。
- 呂福原、歐辰雄 (2001) 丹大地區植群生態調查 (第二年)，行政院農業委員會林務局保育研究系列，90-03 號，144 頁。
- 周富三 (2004) 台灣西南部荖濃溪下游次生林與人工林之植物組成於序列植被類型，國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，18(2):115-127。
- 周富三 (2006) 臺灣西南部楠梓仙溪中上游集水區常綠闊葉林植群生態之研究，國立中山大學生物科學系研究所博士論文，96 頁。
- 易湘玲 (2005) 太麻里林試所實驗林之植群研究，國立中山大學生物科學系研究所碩士論文，60 頁。
- 林旭宏 (1988) 南澳闊葉樹保護區植群生態之研究，國立台灣大學森林學研究所碩士論文，118 頁。
- 林建融 (2009) 台灣植群多樣性組成及分布之探討，國立台灣大學森林學研究所碩士論文，127 頁。
- 林勝國 (2009) 關刀溪森林生態系干擾地植群更新之研究，國立中興大學生命科學系研究所碩士論文，93 頁。
- 林逸盈 (2004) 八掌溪上游地區闊葉林之植群研究，國立中山大學生物科學系碩士論文，68 頁。
- 邱清安、呂金誠、林博雄、廖敏君 (2005) 臺灣地區 Holdridge 生命帶之繪製，國家公園學報，15(1):61-78。
- 邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育 (2008) 臺灣潛在植群形相分類方案，林業研究季刊，30(4):89-112。

- 柳楷 (1975) 台灣紅檜扁柏林群落生態之研究，台灣農學會報，92:134-178。
- 洪淑華 (2007) 和平北溪森林植物社會沿海拔梯度之物種多樣性研究，國立宜蘭大學自然資源學系研究所碩士論文，109 頁。
- 張道明 (2007) 恆春半島老佛山植群生態之研究，國立屏東科技大學森林系研究所碩士論文，71 頁。
- 陳子英、余秋豐、宋梧魁、程宗德 (2002) 宜蘭東北區之山地植群多變數分析，國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，16(3):201-214 頁。
- 陳和田、李金玲、鄭忠財、呂福原 (2009) 沙里仙溪北玉山植群之研究，中華林學季刊，42:1-22。
- 陳俊銘 (2004) 臺灣東北部北勢溪上游之植群分析，國立台灣大學森林學研究所碩士論文，92 頁。
- 黃順成 (2009) 鹿寮水庫植群與整合性地理資訊監測系統建立之研究，國立中興大學生命科學系研究所碩士論文，104 頁。
- 黃騰禾 (2009) 草嶺地區之植群，國立中興大學生命科學系研究所碩士論文，72 頁。
- 楊遠波 (2006) 太魯閣國家公園陶塞河流域植物資源基礎調查，內政部營建署太魯閣國家公園管理處，58 頁。
- 楊寶霖 (1976) 紅檜台灣扁柏林型之林份材積混淆樹種更新與林分分布之統計研究，台灣林業，2(7):6-18。
- 葉慶龍 (2003) 里龍山植群生態調查 (第二年)，行政院農業委員會林務局保育研究系列，92-14 號，96 頁。
- 劉宇軒 (2004) 臺灣海岸山脈北段森林植物群落之研究，國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文，71 頁。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1989) 森林植物生態學，臺灣商務印書館出版，462 頁。
- 劉業經 (1972) 台灣木本植物誌，台中：中興大學農學院出版委員會，887 頁。

歐辰雄、呂金誠 (2003) 雪霸國家公園植群生態調查-尖石地區，內政部營建屬雪霸國家公園管理處委託研究報告，80 頁。

歐辰雄、林鴻志 (2004) 雪霸國家公園植群生態調查-大小劍地區，內政部營建屬雪霸國家公園管理處委託研究報告，116 頁。

鄭忠財 (2009) 泰安橫龍山地區植群生態研究，國立嘉義大學農學院林業暨自然資料研究所碩士論文，148 頁。

鍾國基 (2005) 萬大溪濱溪植群生態研究，國立嘉義大學農學院林業暨自然資料研究所碩士論文，130 頁。

蘇聲欣 (2001) 臺北近郊低海拔闊葉林之研究，國立台灣大學植物學研究所碩士論文，124 頁。



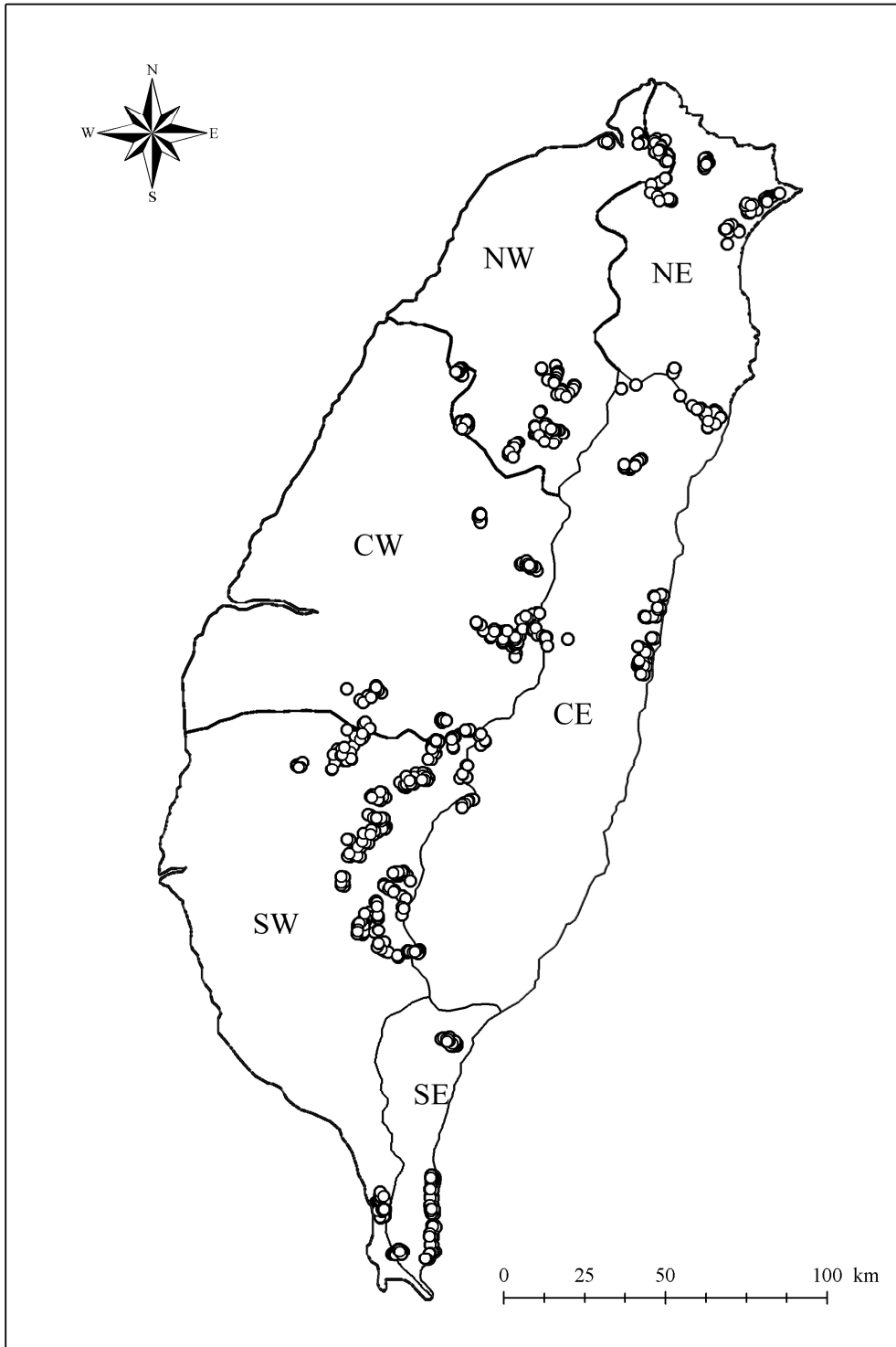


圖 1、樣區分布以及台灣地理氣候分區圖（圓圈表示樣區位置，NE 為東北區，NW 為西北區，CE 為東區，CW 為中西區，SE 為東南區，SW 為西南區）

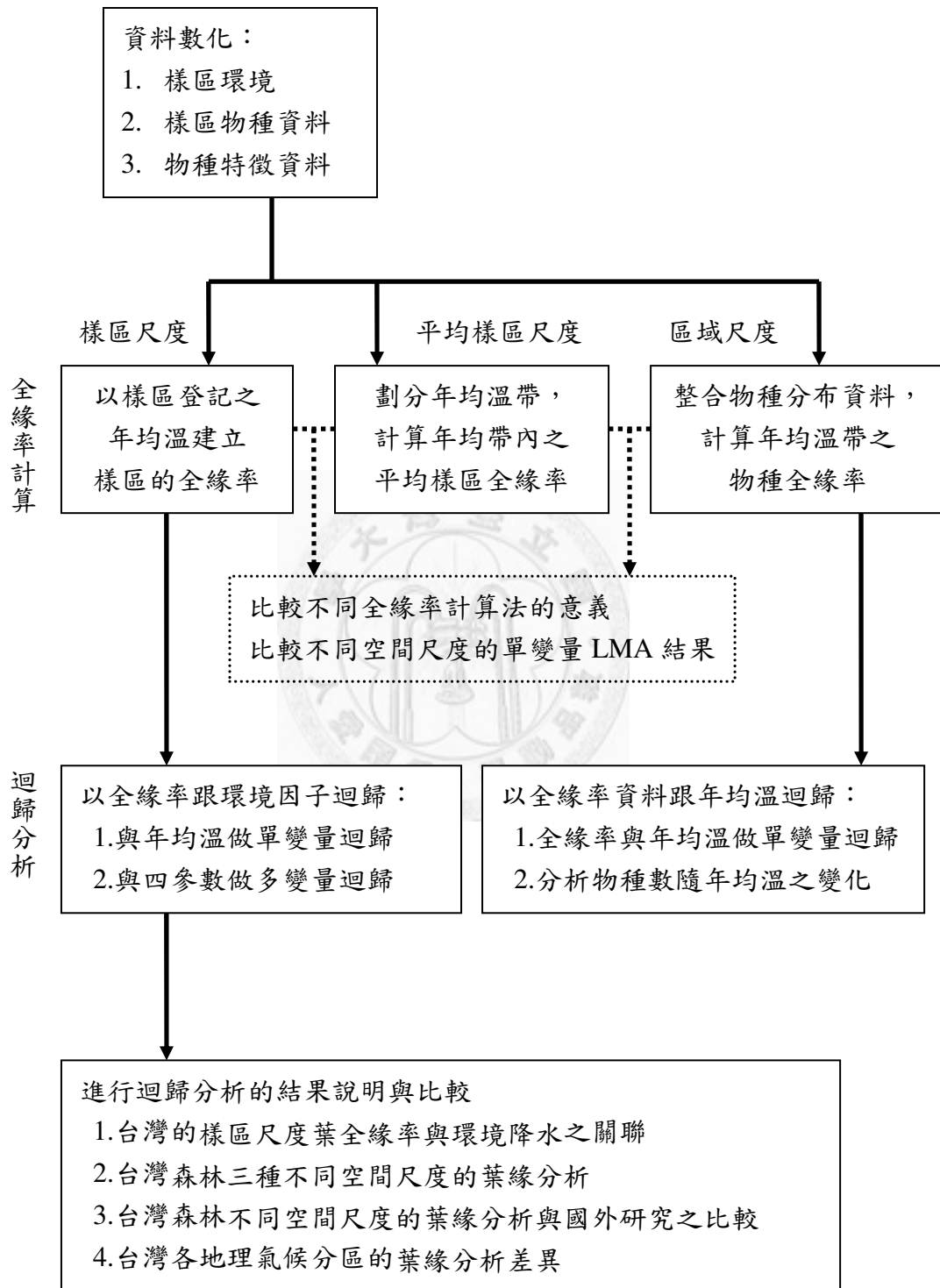


圖2、研究流程圖

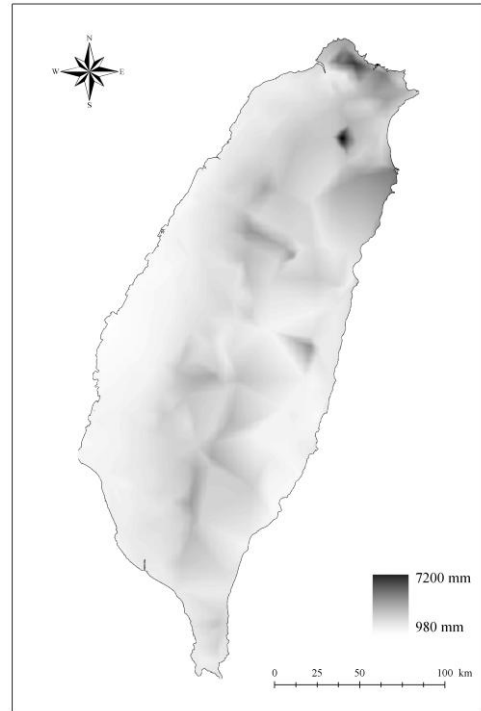
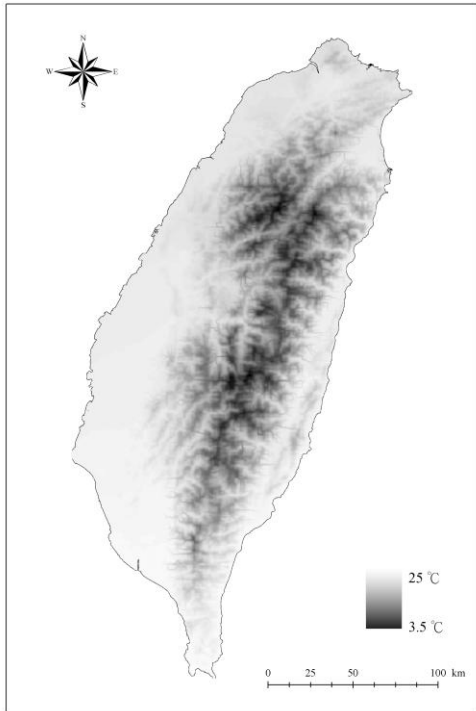


圖3、年均溫 (MAT, 單位°C) 變化圖 圖4、年降水 (Prec, 單位mm) 變化圖

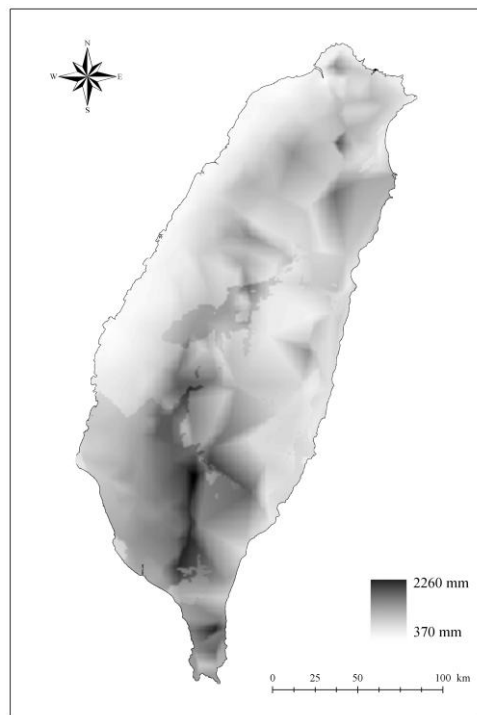


圖5、最冷季降水 (PrC, 單位mm)

圖6、最暖季降水 (PrW, 單位mm)

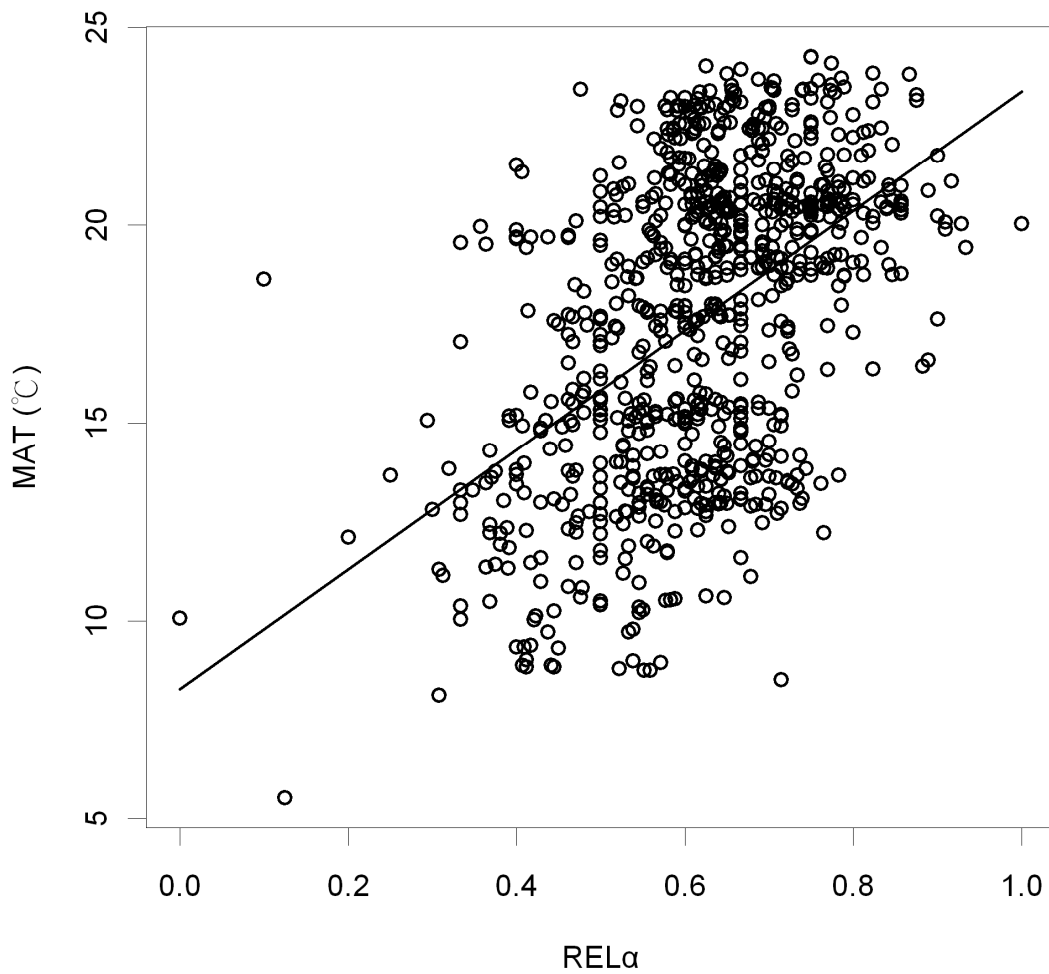


圖7、樣區尺度之綜合樣區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是樣區全緣率(REL_{α})，y軸是以 $^{\circ}C$ 表示的年均溫(MAT)。x、y值可獲得之線性迴歸函數如下：

$$MAT = 15.1 \times REL_{\alpha} + 8.276, r^2 = 0.244, df=843, p < 0.001$$

式4-1

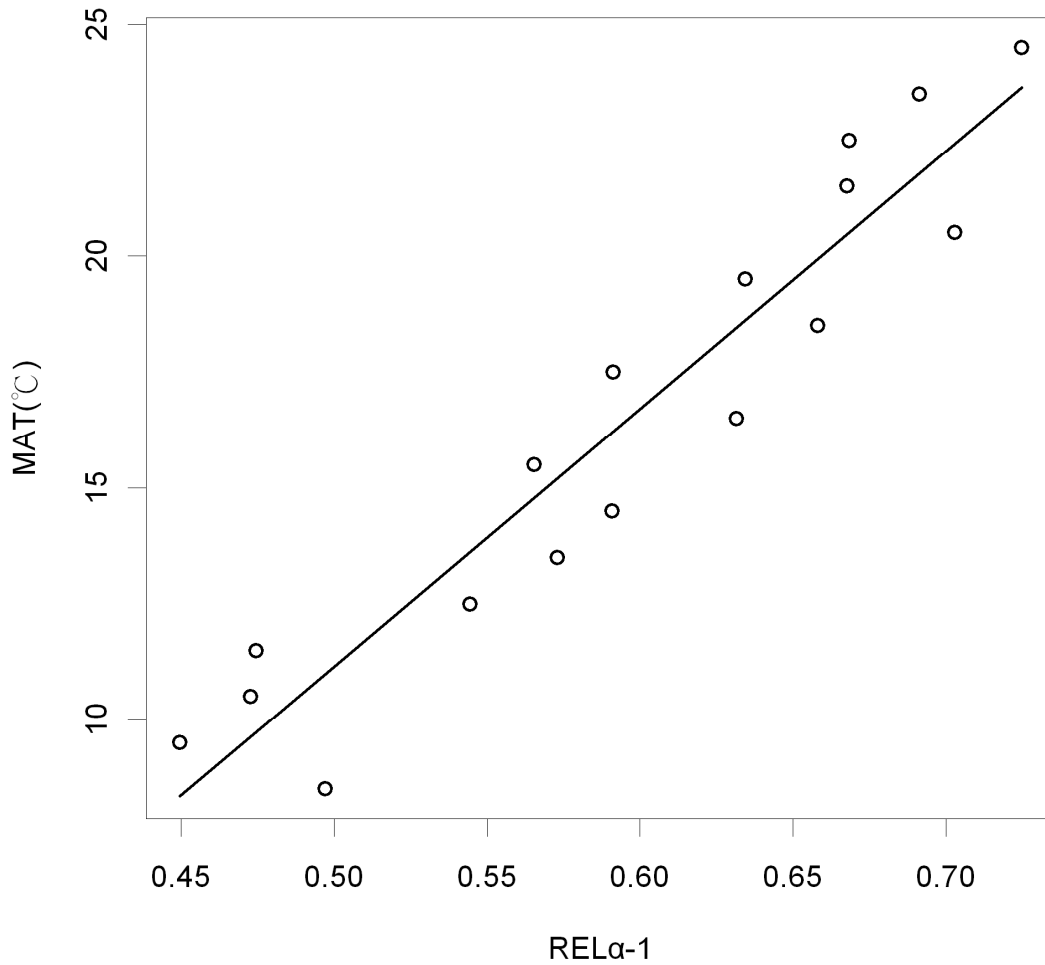


圖8、平均單樣區尺度之綜合樣區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是年均溫帶的平均單樣區全緣率（REL_{α-1}），y軸是以°C表示的年均溫（MAT）。x、y值可獲得之線性迴歸函數如下：

$$MAT = 55.7 \times REL_{\alpha-1} - 16.629, r^2 = 0.896, df=16, p < 0.001$$

式5-1

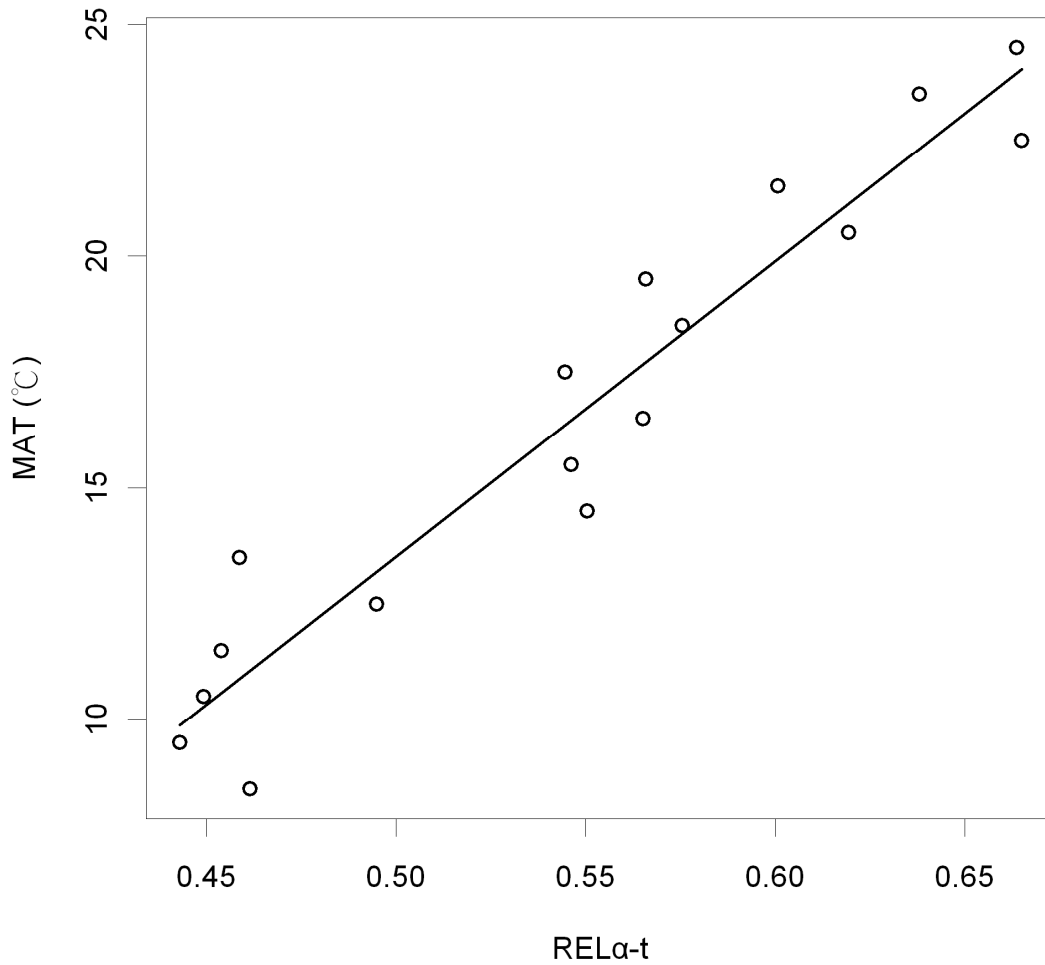


圖9、平均總樣區尺度之綜合樣區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是年均溫帶的平均總樣區尺度全緣率（REL α -t），y軸是以°C表示的年均溫（MAT）。x、y值可獲得之線性迴歸函數：

$$\text{MAT} = 63.7 \times \text{REL}_{\alpha-t} - 18.322 \quad , \quad r^2 = 0.912 \quad , \quad \text{df} = 16 \quad , \quad p < 0.001$$

式5-11

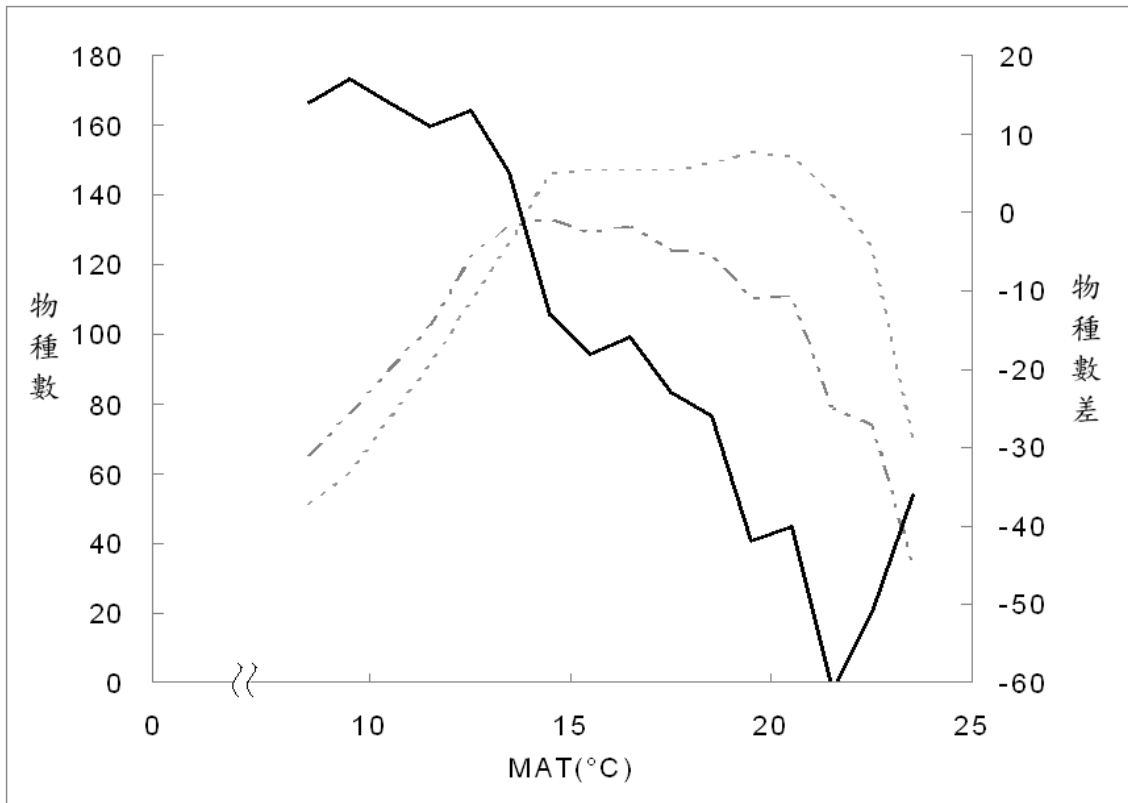


圖 10、區域尺度之雙子葉木本植物物種數隨年均溫變化圖。x 座標軸是以 $^{\circ}\text{C}$ 為單位的年均溫(MAT)，左側 y 座標軸是該年均溫帶的物種數變化。灰色密虛線(----)為全緣物種數，灰色斷續虛線(- - -)為鋸齒物種數。右側 y 軸是該年均溫帶之鋸齒物種數減去全緣物種數之值，在圖中以黑色實線表示。

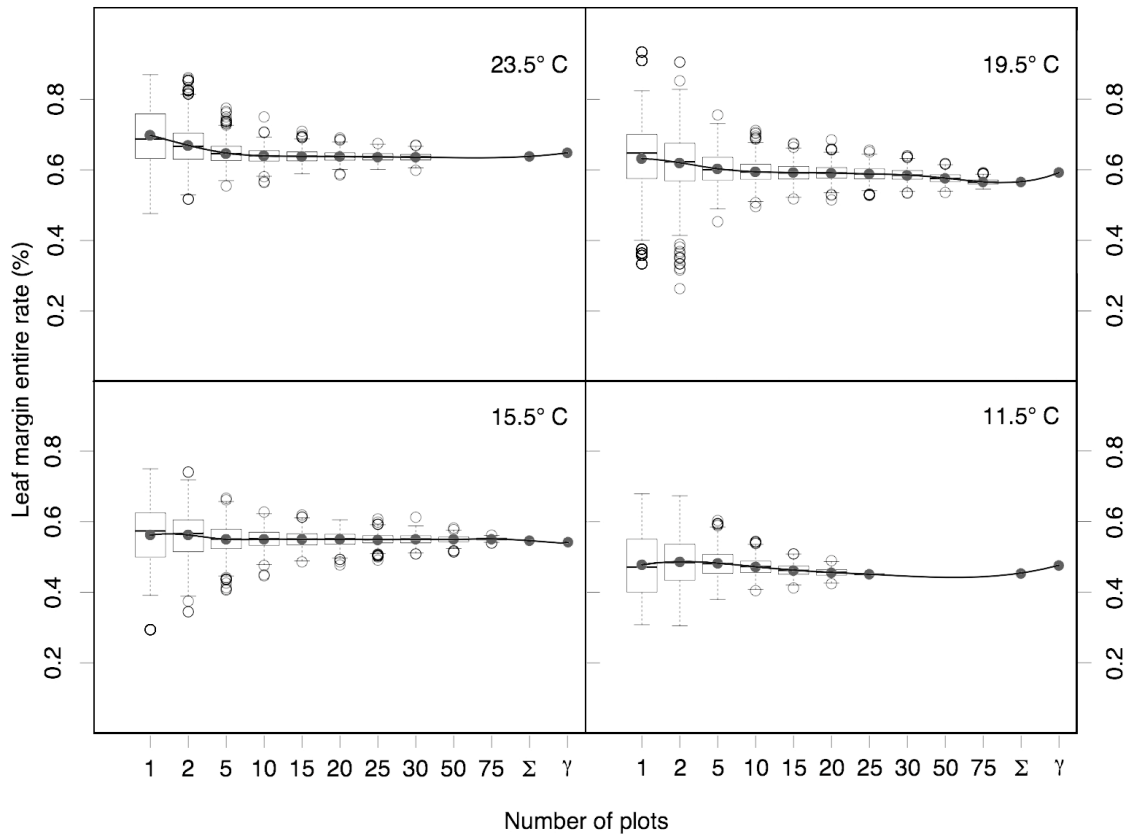


圖11、全緣率隨樣區個數及空間尺度之變化盒鬚圖 (box-plot)，是在23.5°C、19.5°C、15.5°C、11.5°C四條年均溫帶內，隨機挑選2個、5個、10個、15個、20個、25個、30個、50個、75個樣區作為集成樣區並重複取樣1000次，及挑選1個樣區跟所有樣區時的全緣率平均值；x軸上的1表示挑選一個樣區的平均單樣區尺度， Σ 表示平均總樣區（亦即 α -t）尺度， γ 表示區域尺度的結果，其餘數字是隨機取樣之樣區數；y軸表示全緣率REL（無單位， $0 \leq REL \leq 1$ ）。方盒為期望全緣率之變異，方盒下方黑線為第一四分位數，劃過方盒之粗實線為中位數，實心圓為平均數，方盒上方黑線為第三四分位數，空心圓為系統判定之偏差值，各年均溫帶在不同樣區數獲得之期望全緣率的平均數以平滑連線標記。

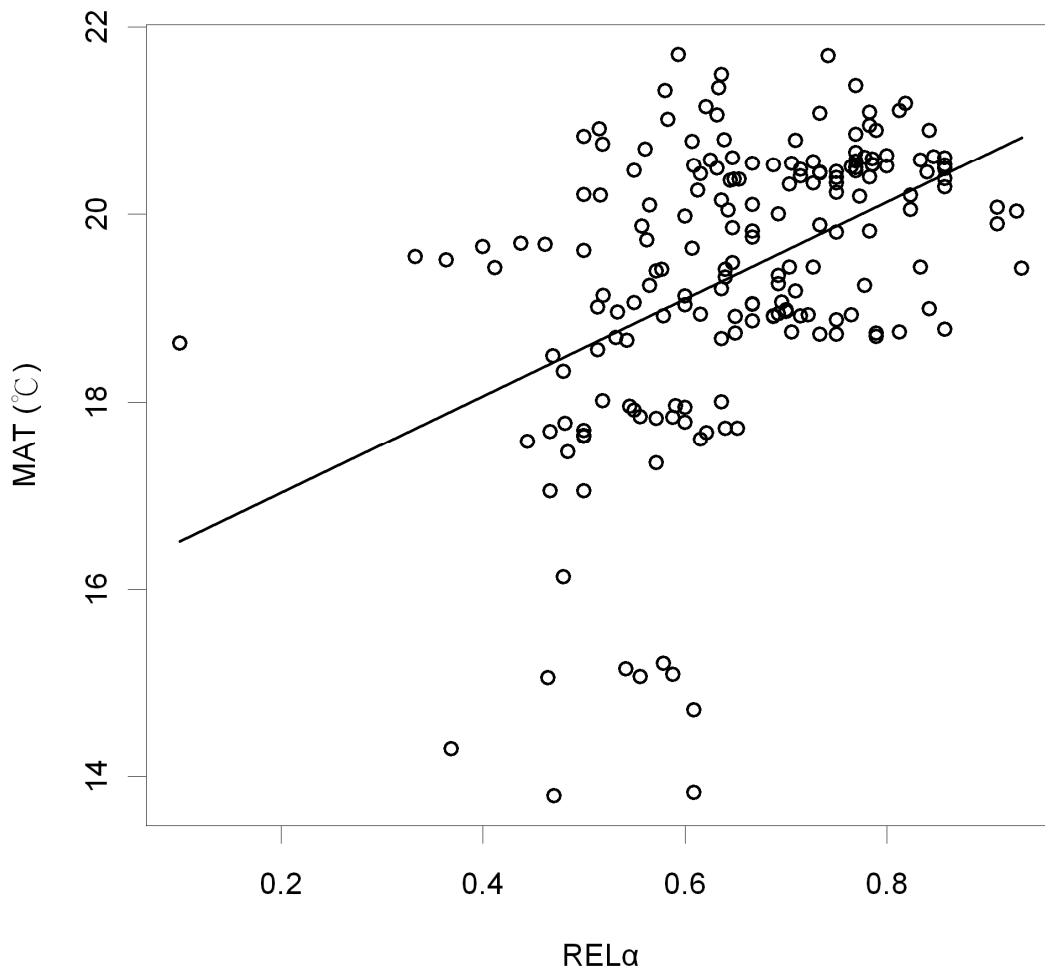


圖12、樣區尺度之東北區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是樣區全緣率 (REL_{α})，y軸是以 $^{\circ}C$ 表示的年均溫 (MAT)。x、y值可獲得之線性迴歸函數：

$$MAT = 5.2 \times REL_{\alpha} + 15.994, r^2 = 0.192, df = 186, p < 0.001$$

式8-1

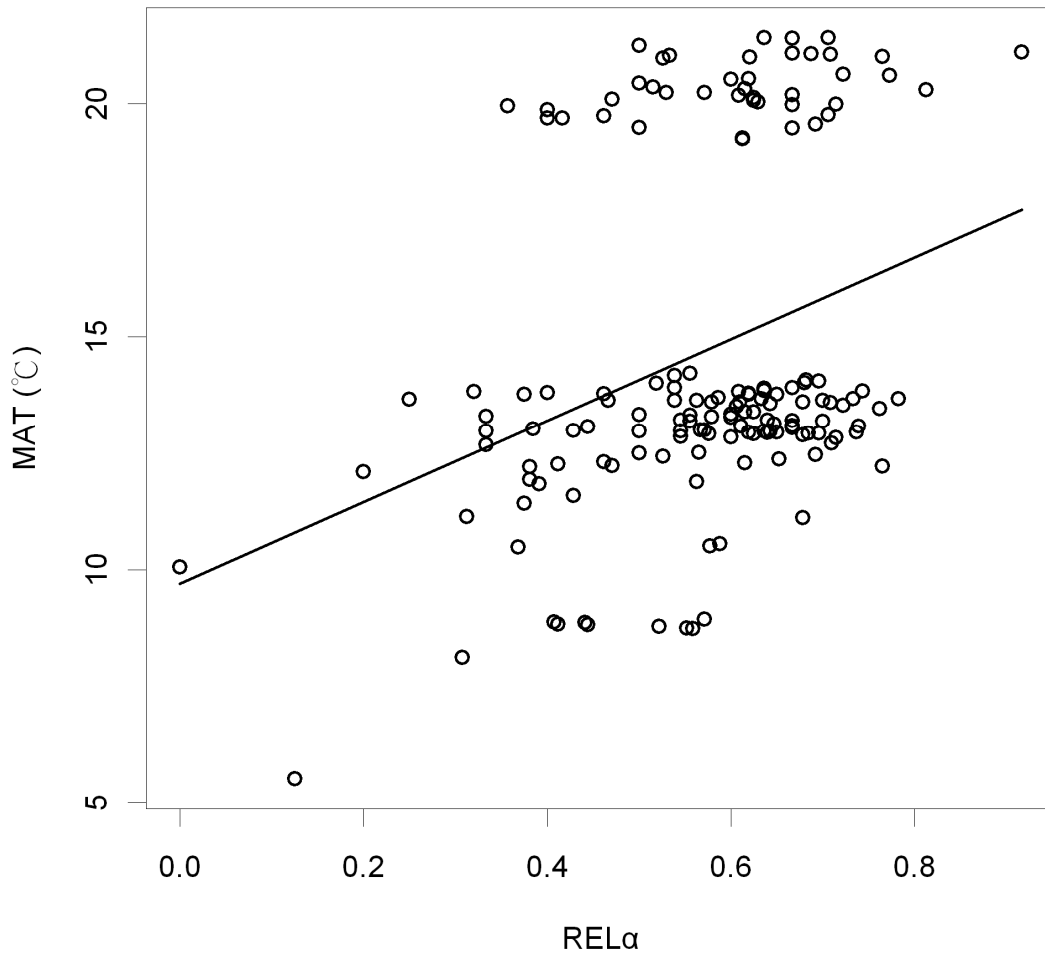


圖13、樣區尺度之西北區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是樣區全緣率 (REL_{α})，y軸是以 $^{\circ}C$ 表示的年均溫 (MAT)。x、y值可獲得之線性迴歸函數：

$$MAT = 8.7 \times REL_{\alpha} + 9.706, r^2 = 0.099, df = 155, p < 0.001$$

式8-2

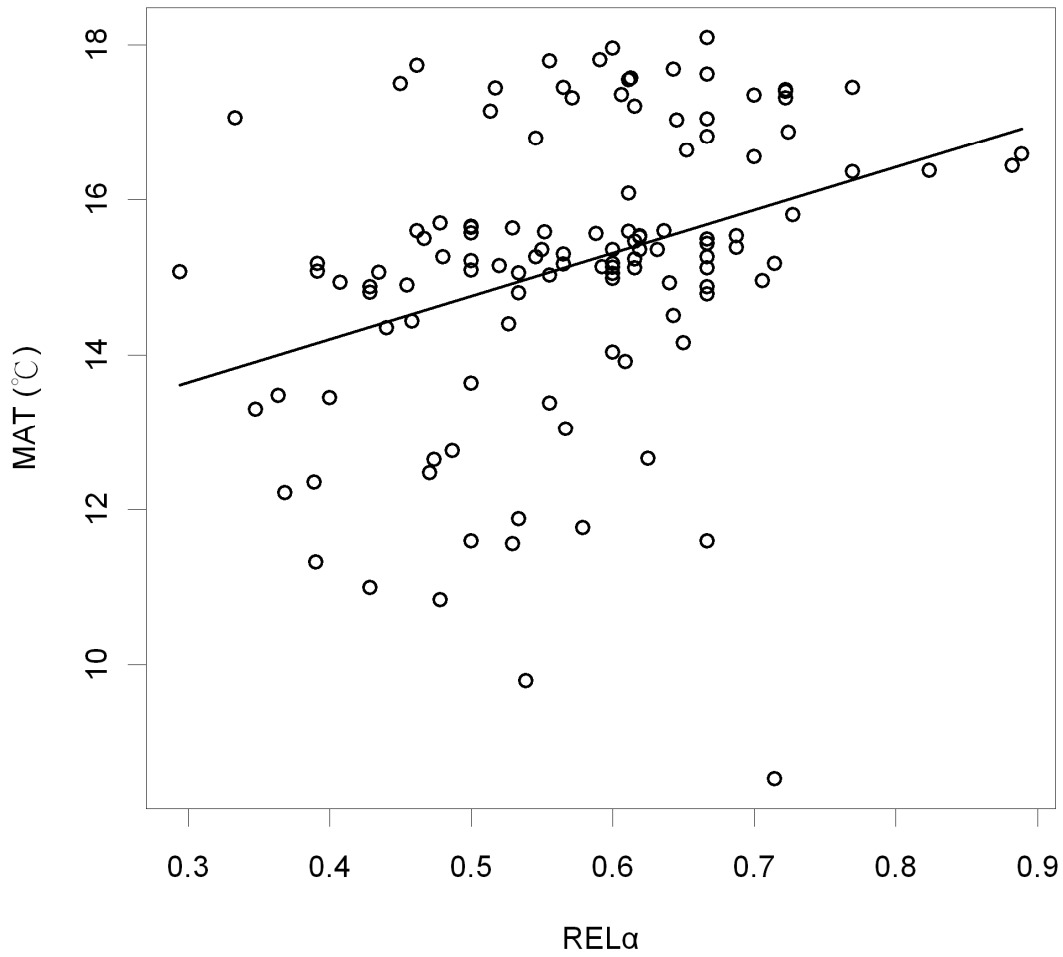


圖14、樣區尺度之中西區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是樣區全緣率 (REL_{α})，y軸是以 $^{\circ}C$ 表示的年均溫 (MAT)。x、y值可獲得之線性迴歸函數：

$$MAT = 5.5 \times REL_{\alpha} + 11.984, r^2 = 0.105, df=117, p < 0.001$$

式8-3

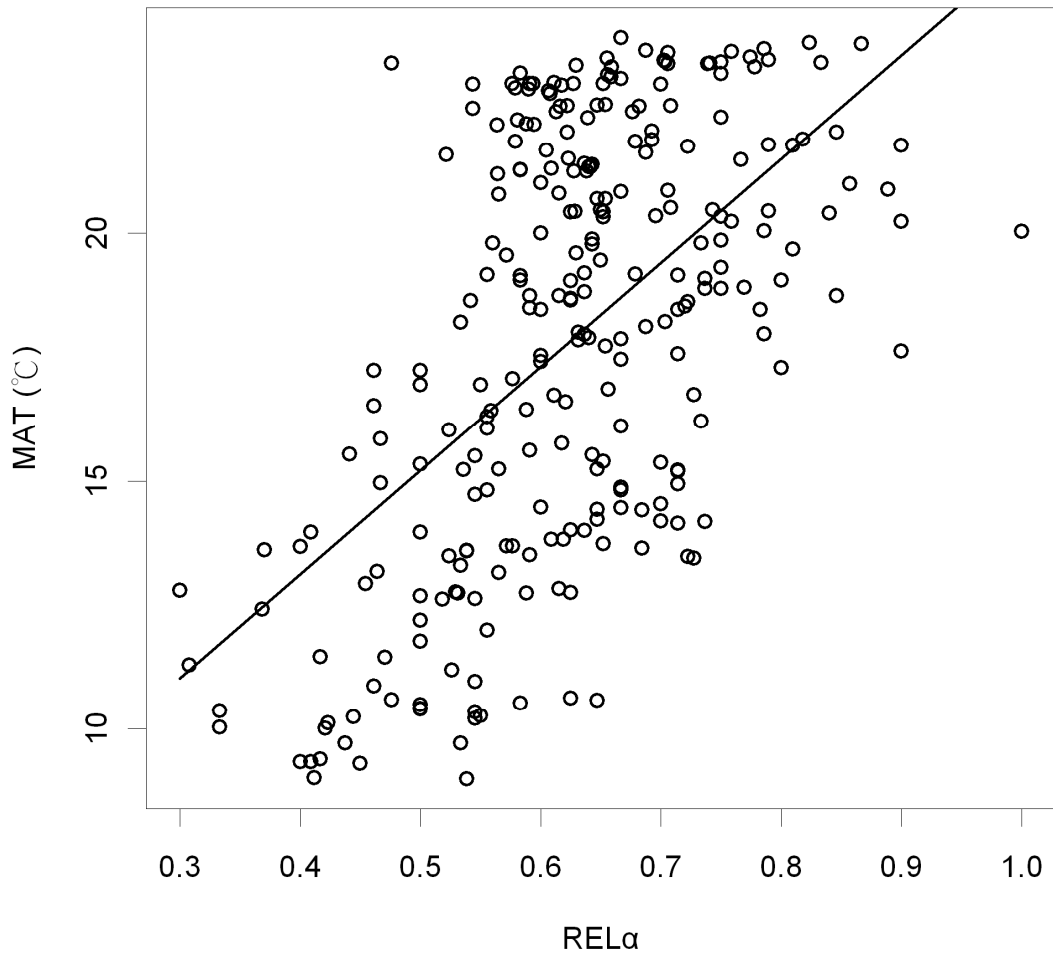


圖15、樣區尺度之西南區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是樣區全緣率 (REL_{α})，y軸是以 $^{\circ}C$ 表示的年均溫 (MAT)。x、y值可獲得之線性迴歸函數：

$$MAT = 20.9 \times REL_{\alpha} + 4.754, r^2 = 0.316, df=267, p < 0.001$$

式8-4

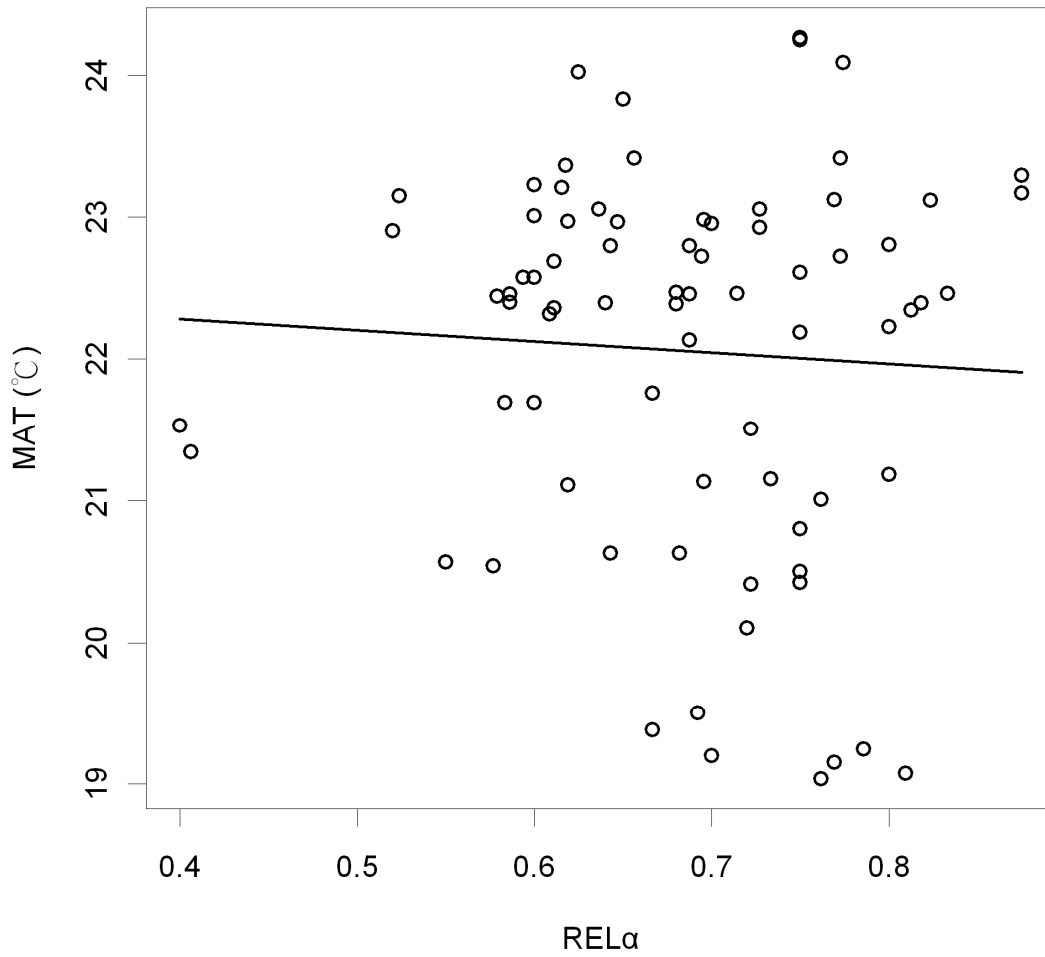


圖16、樣區尺度之東南區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是樣區全緣率 (REL_{α})，y軸是以 $^{\circ}C$ 表示的年均溫 (MAT)。x、y值可獲得之線性迴歸函數：

$$MAT = -0.8 \times REL_{\alpha} + 22.597, r^2 = 0, df = 75, p = 0.629$$

式8-5

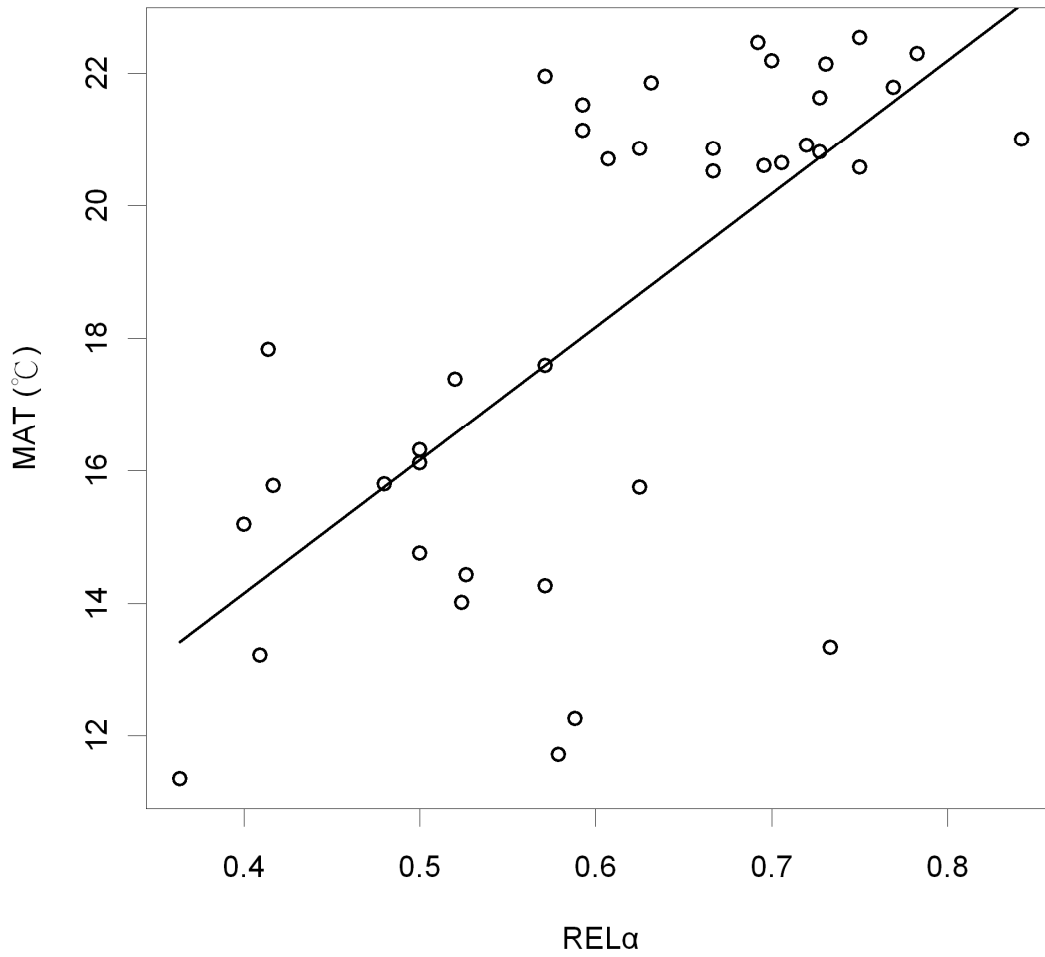


圖17、樣區尺度之東區葉全緣率與年均溫變化圖。x軸是樣區全緣率 (REL_{α})，y軸是以 $^{\circ}C$ 表示的年均溫 (MAT)。x、y值可獲得之線性迴歸函數：

$$MAT = 20.1 \times REL_{\alpha} + 6.112, r^2 = 0.448, df=38, p < 0.001$$

式8-6

表 1、文獻整理（集成樣區面積之單位為 m²）：

中文篇名	作者	年份	集成樣區面積
南澳闊葉樹保護區植群生態之研究	林旭宏	1988	300
臺灣北部內雙溪流域溪海拔亞熱帶闊葉森林之次級演替	王中原	2000	300
臺北近郊低海拔闊葉林之研究	蘇聲欣	2001	100 or 150 or 200
丹大地區植群生態調查（第二年）	呂福原、歐辰雄	2001	250
宜蘭東北區之山地植群多變數分析	陳子英等	2002	250 or 500
里龍山植群生態調查（第二年）	葉慶龍	2003	500
雪霸國家公園植群生態調查-尖石地區	歐辰雄、呂金誠	2003	250
臺灣海岸山脈北段森林植物群落之研究	劉宇軒	2004	250 or 500
雪霸國家公園植群生態調查-大小劍地區	歐辰雄、林鴻志	2004	250
八掌溪上游地區闊葉林之植群研究	林逸盈	2004	400
台灣東北部北勢溪上游之植群分析	陳俊銘	2004	500
太麻里林試所實驗林之植群研究	易湘玲	2005	200
雪山坑溪野生動物重要棲息環境植群監測研究-舊樣區	呂金誠	2005	250
萬大溪濱溪植群生態研究	鐘國基	2005	250
雪山坑溪野生動物重要棲息環境植群監測研究-新樣區	呂金誠	2005	250
雪山坑溪野生動物重要棲息環境植群監測研究-永久樣區	呂金誠	2005	500
西勢水庫集水區植群分析之研究	丁憲中	2005	100
臺灣西南部楠梓仙溪中上游集水區常綠闊葉林植群生態之研究	周富三	2006	500
濁口河流域植群類型與環境因子之相關性研究	王仁義	2006	400
太魯閣國家公園陶塞溪流域植物資源基礎調查	楊遠波	2006	400
和平北溪森林植物社會沿海拔梯度之物種多樣性研究	洪淑華	2007	600
恆春半島老佛山植群生態之研究	張道明	2007	400
鹿寮水庫植群與整合性地理資訊監測系統建立之研究	黃順成	2009	375
草嶺地區之植群	黃騰禾	2009	400
關刀溪森林生態系干擾地植群更新之研究	林勝國	2009	100
泰安橫龍山地區植群生態研究	鄭忠財	2009	400
沙里仙溪北玉山植群之研究	陳和田	2009	400

表 2、綜合樣區之樣區全緣率與環境因子之相關分析。表中所列數值為其所對應的行與列之間的 Pearson 相關係數。

	全緣率	年均溫	年降水	最冷季降水	最暖季降水
最暖季降水	0.151**	0.106**	0.144**	-0.535**	1
最冷季降水	0.069*	0.022	0.691**	1	
年降水	0.108**	-0.189**	1		
年均溫	0.495**	1			
全緣率	1				

註：*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$

表 3、綜合樣區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2 。

順序	變因	標準化係數	r^2	r^2 改變量	顯著性
1	年均溫	0.741	0.245	0.245	$p < 0.001$
2	年降水	0.915	0.287	0.042	$p < 0.001$
3	最冷季降水	-0.856	0.302	0.015	$p < 0.001$
4	最暖季降水	-0.518	0.329	0.027	$p < 0.001$

表 4、東北區之樣區全緣率與環境因子之相關分析。表中所列數值為其所對應的行與列之間的 Pearson 相關係數。

	全緣率	年均溫	年降水	最冷季降水	最暖季降水
最暖季降水	0.165*	-0.572**	0.524**	0.215**	1
最冷季降水	0.329**	0.134	0.943**	1	
年降水	0.379**	-0.035	1		
年均溫	0.443**	1			
全緣率	1				

註：**表示 $p < 0.01$

表 5、東北區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2 。

順序	變因	標準化係數	r^2	r^2 改變量	顯著性
1	年均溫	0.798	0.196	0.196	$p < 0.001$
2	最暖季降水	0.621	0.456	0.260	$p < 0.001$

表 6、西北區之樣區全緣率與環境因子之相關分析。表中所列數值為其所對應的行與列之間的 Pearson 相關係數。

	全緣率	年均溫	年降水	最冷季降水	最暖季降水
最暖季降水	0.216**	-0.494**	0.927**	-0.254**	1
最冷季降水	0.153	0.500**	0.058	1	
年降水	0.292**	-0.375**	1		
年均溫	0.323**	1			
全緣率	1				

註：**表示 $p < 0.01$

表 7、西北區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2 。

順序	變因	標準化係數	r^2	r^2 改變量	顯著性
1	年均溫	0.323	0.105	0.105	$p < 0.001$
2	年降水	0.481	0.303	0.199	$p < 0.001$
3	最冷季降水	-0.186	0.327	0.023	$p < 0.001$

表 8、中西區之樣區全緣率與環境因子之相關分析。表中所列數值為其所對應的行與列之間的 Pearson 相關係數。

	全緣率	年均溫	年降水	最冷季降水	最暖季降水
最暖季降水	0.134	0.136	0.896**	-0.193*	1
最冷季降水	0.188*	0.010	0.116	1	
年降水	0.176	0.056	1		
年均溫	0.336**	1			
全緣率	1				

註：*表示 $p < 0.05$ ，**表示 $p < 0.01$

表 9、中西區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2 。

順序	變因	標準化係數	r^2	r^2 改變量	顯著性
1	年均溫	0.336	0.113	0.113	$p < 0.001$
2	最冷季降水	0.185	0.147	0.034	$p < 0.001$

表 10、西南區之樣區全緣率與環境因子之相關分析。表中所列數值為其所對應的行與列之間的 Pearson 相關係數。

	全緣率	年均溫	年降水	最冷季降水	最暖季降水
最暖季降水	0.367**	0.404**	0.628**	-0.275**	1
最冷季降水	-0.446**	-0.847**	0.430**	1	
年降水	-0.006	-0.381**	1		
年均溫	0.565**	1			
全緣率	1				

註：**表示 $p < 0.01$

表 11、西南區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2 。

順序	變因	標準化係數	r^2	r^2 改變量	顯著性
1	年均溫	0.989	0.319	0.316	$p < 0.001$
2	年降水	0.647	0.370	0.051	$p < 0.001$
3	最暖季降水	-0.440	0.394	0.023	$p < 0.001$

表 12、東區之樣區全緣率與環境因子之相關分析。表中所列數值為其所對應的行與列之間的 Pearson 相關係數。

	全緣率	年均溫	年降水	最冷季降水	最暖季降水
最暖季降水	-0.240	-0.596**	0.856**	-0.319*	1
最冷季降水	0.048	0.144	-0.205	1	
年降水	-0.349*	-0.653**	1		
年均溫	0.680**	1			
全緣率	1				

註：**表示 $p < 0.01$

表 13、東區逐步迴歸之變因標準化係數與 r^2 。

順序	變因	標準化係數	r^2	r^2 改變量	顯著性
1	年均溫	0.680	0.463	0.463	$p < 0.001$

表14、各年均溫帶之樣區數。年均溫單位為 $^{\circ}\text{C}$ 。

年均溫	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5
樣區數	11	8	23	20	55	82	45	68	27	63	54	83	128	65	59	48	4

表15、四等溫帶不同樣區規模之取樣面積平均值/標準差（單位：m²）

尺度	等溫帶（°C）			
	11.5	15.5	19.5	23.5
α-1	358/ 86	333/131	279/129	439/ 95
α-2	716/114	667/181	557/182	879/133
α-5	1790/165	1665/282	1393/280	2204/198
α-10	3574/193	3341/380	2753/383	4395/262
α-15	5367/174	4997/422	4173/457	6580/300
α-20	7150/ 0	6677/471	5567/483	8773/317
α-25	—	8321/527	6976/540	10986/317
α-30	—	9990/537	8368/581	13174/321
α-50	—	16667/433	13983/581	—
α-75	—	—	20907/460	—
α-t	7150/—	22000/—	23975/—	20200/—

表 16、不同樣區規模求得 LMA 迴歸式與集成樣區 α-t 迴歸式差異檢定結果，γ 表示區域尺度。MAT 為年均溫（單位°C），REL 表示全緣率（無單位，0 ≤ REL ≤ 1），SE 為標準誤。p-value 顯著即表示該迴歸式的斜率與平均總樣區尺度的迴歸式斜率有顯著差異，截距的比較亦然，斜率項或截距項中任一項有差異即表示兩條是不同的迴歸線。

式	尺度	r ²	迴歸式	斜率		截距	
				SE	p-value	SE	p-value
5-1	α-1	0.896	MAT=55.7×REL _{α-1} -16.629	4.709	0.245	2.836	<0.001**
5-2	α-2	0.883	MAT=64.3×REL _{α-2} -20.981	5.828	0.935	3.423	<0.001**
5-3	α-5	0.908	MAT=73.0×REL _{α-5} -25.109	5.787	0.228	3.319	<0.006**
5-4	α-10	0.917	MAT=74.5×REL _{α-10} -25.538	5.773	0.169	3.236	<0.024*
5-5	α-15	0.935	MAT=66.5×REL _{α-15} -20.437	4.835	0.704	2.736	0.271
5-6	α-20	0.934	MAT=64.4×REL _{α-20} -19.060	4.724	0.922	2.661	0.477
5-7	α-25	0.933	MAT=62.8×REL _{α-25} -18.019	4.652	0.901	2.611	0.682
5-8	α-30	0.930	MAT=64.3×REL _{α-30} -18.876	5.080	0.935	2.882	0.686
5-9	α-50	0.907	MAT=57.6×REL _{α-50} -14.740	6.486	0.530	3.696	0.761
5-10	α-75	0.780	MAT=51.0×REL _{α-75} -10.522	13.095	0.353	7.384	0.368
6-1	γ	0.951	MAT=64.8×REL _γ -18.607	3.781	0.875	2.035	0.454
5-11	α-t	0.912	MAT=63.7×REL _{α-t} -18.322	4.921	—	2.715	—

註：α-1、α-2、α-5、α-10、α-15、α-20、α-25、α-30、α-50、α-75、α-t 分別代表以 1 個、2 個、5 個、10 個、15 個、20 個、25 個、30 個、50 個、75 個以及所有文獻樣區為期望樣區所求得的迴歸式結果。* 表示 p<0.05，** 表示 p<0.01。

表17、不同區域的LMA迴歸函數式。式7-1：Wolfe, 1979; Wing and Greenwood, 1993，式7-2：Wilf, 1997，式7-3：Wilf, 1997，式7-4：Gregory-Wodzicki, 2000，式7-5：Greenwood *et al.*, 2004，式7-6：Traiser *et al.*, 2005，式7-7：Wolfe, 1993，式7-8：Su *et al.* 2010。MAT為年均溫（單位°C），REL表示全緣率（無單位，數值0-1之間）SE為斜率的標準誤（standard error of estimate），n為樣本數。

式	研究區	迴歸式	SE	r ²	n
4-1	台灣(樣區尺度)	MAT = 15.1 × REL _α + 8.276	0.9	0.24	844
5-1	台灣(平均單樣區尺度)	MAT = 55.7 × REL _{α-1} - 16.629	4.7	0.90	17
5-11	台灣(平均總樣區尺度)	MAT = 63.6 × REL _{α-t} - 18.322	4.9	0.91	17
7-1	東亞	MAT = 30.6 × REL ₁ + 1.141	0.8	0.98	34
7-2	北美、中美、南美	MAT = 28.6 × REL ₂ + 2.240	2.0	0.94	9
7-3	北美、中美、日本	MAT = 29.1 × REL ₃ - 0.266	3.4	0.76	106
7-4	南美	MAT = 31.6 × REL ₄ - 0.059	1.6	0.89	14
7-5	澳洲	MAT = 27.0 × REL ₅ - 2.120	2.2	0.63	74
7-6	歐洲	MAT = 31.4 × REL ₆ + 0.512	1.7	0.60	1835
7-7	北美	MAT = 24.4 × REL ₇ + 3.250	2.1	0.91	84
7-8	中國	MAT = 27.6 × REL ₈ + 1.038	1.9	0.79	50

表18、台灣綜合樣區的樣區尺度（式4-1）、平均單樣區尺度（式5-1）以及平均總樣區尺度（式5-11）之LMA迴歸式斜率與國外研究之差異比較。按照式3-1、式3-2，設欲比較之國外區域的迴歸式斜率為b₁、標準誤為SE₁，台灣的迴歸式斜率為b₂、標準誤為SE₂，進行雙尾t-test及自由度判定。

式	b ₁	SE	N	與式 4-1 比較	與式 5-1 比較	與式 5-11 比較
7-1	30.6	0.8	34	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**
7-2	28.6	2.0	9	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**
7-3	29.1	3.4	106	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**
7-4	31.6	1.6	14	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**
7-5	27.0	2.2	74	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**
7-6	31.4	1.7	1835	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**
7-7	24.4	2.1	84	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**
7-8	27.6	1.9	50	p<0.001**	p<0.001**	p<0.001**

註：**表示p<0.01

表19、台灣的樣區尺度LMA迴歸公式整理

式	區域	迴歸式	r^2	樣本數	p -value
4-1	樣區尺度	$MAT = 15.1 \times REL_{\alpha} + 8.276$	0.244	844	< 0.001
8-1	東北區	$MAT = 5.2 \times REL_{\alpha} + 15.994$	0.192	187	< 0.001
8-2	西北區	$MAT = 8.7 \times REL_{\alpha} + 9.706$	0.099	156	< 0.001
8-3	中西區	$MAT = 5.5 \times REL_{\alpha} + 11.984$	0.105	118	< 0.001
8-4	西南區	$MAT = 20.9 \times REL_{\alpha} + 4.754$	0.316	268	< 0.001
8-5	東南區	$MAT = -0.8 \times REL_{\alpha} + 22.597$	0.000	76	0.337
8-6	東區	$MAT = 20.1 \times REL_{\alpha} + 6.112$	0.448	39	< 0.001

表20、台灣樣區尺度下各氣候分區LMA迴歸式截距與斜率檢定之 p -value。表右上部為斜率檢定，表左下部為截距檢定。

	西北區	東北區	中西區	東區	西南區
西北區 ^a		0.089	0.274	0.022 [*]	<0.001 ^{**}
東北區 ^b	<0.001 ^{**}		0.806	<0.001 ^{**}	<0.001 ^{**}
中西區 ^a	0.204	<0.001 ^{**}		<0.001 ^{**}	<0.001 ^{**}
東區 ^c	<0.001 ^{**}	0.033 [*]	<0.001 ^{**}		0.867
西南區 ^c	<0.001 ^{**}	<0.001 ^{**}	<0.001 ^{**}	0.146	

註：^{*}表示 $p < 0.05$ ，^{**}表示 $p < 0.01$ ，相同英文字母標示即代表迴歸式間無顯著差異

表21、不同空間尺度的葉緣分析法法優劣比較

	樣區尺度	平均樣區尺度	區域尺度
引用資料	樣區	樣區	樣區、物種分布紀錄
資料取得	較難	較難	較容易
需求資料量	較少	較多	較多
分析尺度	小	可調整	大
定量分析	可	可	不易
物種分布	現生分布	現生分布	潛在分布
樣區分布不均	易	無	無
迴歸式偏差	易	無	無
樣區面積效應	大	大	無
模式表現	差	優	優
多變量分析	可	不可	不可
推估古氣溫	不適	小規模樣區不適	可

附錄、植物名錄(*表示有鋸齒緣性狀)

1. 八角科 Illiciaceae
 1. 白花八角 *Illicium anisatum* L.
 2. 台灣八角 *Illicium arborescens* Hayata
2. 八角楓科 Alangiaceae
 3. 華八角楓 *Alangium chinense* (Lour.) Rehder
3. 千屈菜科 Lythraceae
 4. 九芎 *Lagerstroemia subcostata* Koehne
 5. 水芫花 *Pemphis acidula* J. R. & G. Forst.
4. 大風子科 Flacourtiaceae
 6. 薄葉嘉賜木 *Casearia membranacea* Hance *
 7. 山桐子 *Idesia polycarpa* Maxim. *
 8. 魯花樹 *Scolopia oldhamii* Hance *
 9. 柞木 *Xylosma congesta* (Lour.) Merr. *
5. 大戟科 Euphorbiaceae
 10. 花蓮鐵莧 *Acalypha suirenbiensis* Yamamoto *
 11. 廣東油桐 *Aleurites montana* (Lour.) Wils.
 12. 南仁五月茶 *Antidesma hiiranense* Hayata
 13. 南投五月茶 *Antidesma japonicum* Sieb. & Zucc. var. *acutisepalum* (Hayata) Hurusaw
 14. 密花五月茶 *Antidesma japonicum* Sieb. & Zucc. var. *densiflorum* Hurusawa
 15. 枯里珍 *Antidesma pentandrum* Merr. var. *barbatum* (Presl) Merr.
 16. 茄冬 *Bischofia javanica* Bl. *
 17. 紅仔珠 *Breynia officinalis* Hemsley
 18. 刺杜密 *Bridelia balansae* Tutch.
 19. 土密樹 *Bridelia tomentosa* Bl.
 20. 假鐵莧 *Claoxylon brachyandrum* Pax & Hoffm. *
 21. 裏白巴豆 *Croton cascarilloides* Raeusch.
 22. 交力坪鐵色 *Drypetes karapinensis* (Hayata) Pax
 23. 鐵色 *Drypetes littoralis* (C. B. Rob.) Merr.
 24. 台灣土沉香 *Excoecaria formosana* (Hayata) Hayata *
 25. 白飯樹 *Flueggea suffruticosa* (Pallas) Baillon
 26. 裏白饅頭果 *Glochidion acuminatum* Muell.-Arg.
 27. 菲律賓饅頭果 *Glochidion philippicum* (Cavan.) C. B. Rob.
 28. 細葉饅頭果 *Glochidion rubrum* Bl.
 29. 錫蘭饅頭果 *Glochidion zeylanicum* (Gaertn.) A. Juss.
 30. 披針葉饅頭果 *Glochidion zeylanicum* (Gaertn.) A. Juss. var. *lanceolatum* (Hayata) M. J. Deng & J. C. Wang

31. 台灣假黃楊 *Liodendron formosanum* (Kanehira & Sasaki) Keng*
32. 血桐 *Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg.
33. 野桐 *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg.
34. 白匏子 *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg.
35. 粗糠柴 *Mallotus philippensis* (Lam.) Muell.-Arg.*
36. 扛香藤 *Mallotus repandus* (Willd.) Muell.-Arg.
37. 樹薯 *Manihot esculenta* Crantz.
38. 蟲屎 *Melanolepis multiglandulosa* (Reinw.) Reich. f. & Zoll.*
39. 多花油柑 *Phyllanthus multiflorus* Willd.
40. 白柏 *Sapium discolor* Muell.-Arg.
41. 烏柏 *Sapium sebiferum* (L.) Roxb.
6. 小檗科 Berberidaceae
 42. 高山小檗 *Berberis brevisepala* Hayata*
 43. 台灣小檗 *Berberis kawakamii* Hayata*
 44. 玉山小檗 *Berberis morrisonensis* Hayata*
 45. 十大功勞 *Mahonia japonica* (Thunb. ex Murray) DC.*
 46. 阿里山十大功勞 *Mahonia oiwakensis* Hayata*
7. 山柑科 Capparaceae
 47. 銳葉山柑 *Capparis acutifolia* Sweet
 48. 多花山柑 *Capparis floribunda* Wight
 49. 山柑 *Capparis sikkimensis* Kurz subsp. *formosana* (Hemsl.) Jacobs
 50. 魚木 *Crateva adansonii* DC. subsp. *formosensis* Jacobs
8. 山柚科 Opiliaceae
 51. 山柚 *Champereia manillana* (Bl.) Merr.
9. 山茱萸科 Cornaceae
 52. 桃葉珊瑚 *Aucuba chinensis* Benth.*
 53. 東瀛珊瑚 *Aucuba japonica* Thunb.*
 54. 四照花 *Benthamidia japonica* (Sieb. & Zucc.) Hara var. *chinensis* (Osborn) Hara
 55. 台灣青莢葉 *Helwingia japonica* (Thunb.) Dietr. subsp. *taiwaniana* Y. P. Yang & H. Y. Liu*
 56. 燈台樹 *Swida controversa* (Hemsl.) Sojak
 57. 挾木 *Swida macrophylla* (Wall.) Sojak
10. 山龍眼科 Proteaceae
 58. 紅葉樹 *Helicia cochinchinensis* Lour.*
 59. 山龍眼 *Helicia formosana* Hemsl.*
 60. 蓮花池山龍眼 *Helicia rengetiensis* Masam.*
11. 山欖科 Sapotaceae
 61. 山欖 *Planchonella obovata* (R. Brown) Pierre
12. 五加科 Araliaceae

62. 裡白蔥木 *Aralia bipinnata* Blanco *
63. 鵝不踏 *Aralia decaisneana* Hance *
64. 台灣樹參 *Dendropanax dentiger* (Harms ex Diels) Merr.
65. 台灣八角金盤 *Fatsia polycarpa* Hayata *
66. 鵝掌藥 *Schefflera arboricola* (Hayata) Kanehira
67. 鵝掌柴 *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms
68. 鵝掌藤 *Schefflera odorata* (Blanco) Merr. & Rolfe
69. 台灣鵝掌柴 *Schefflera taiwaniana* (Nakai) Kanehira
70. 華參 *Sinopanax formosana* (Hayata) Li
71. 通脫木 *Tetrapanax papyriferus* (Hook.) K. Koch *
13. 木棉科 Bombacaceae
72. 木棉 *Bombax malabarica* DC.
14. 木犀科 Oleaceae
73. 台灣栲 *Fraxinus insularis* Hemsl. *
74. 白雞油 *Fraxinus griffithii* C. B. Clarke
75. 山素英 *Jasminum nervosum* Lour.
76. 玉山女貞 *Ligustrum morrisonense* Kanehira & Sasaki
77. 阿里山女貞 *Ligustrum pricei* Hayata
78. 日本女貞 *Ligustrum liukiense* Koidz.
79. 小實女貞 *Ligustrum sinense* Lour. ex Dence
80. 無脈木犀 *Osmanthus enervius* Masam. & Mori
81. 木犀 *Osmanthus fragrans* Lour.
82. 異葉木犀 *Osmanthus heterophyllus* (G. Don) P. S. Green *
83. 銳葉木犀 *Osmanthus lanceolatus* Hayata
84. 小葉木犀 *Osmanthus marginatus* (Champ. ex Benth.) Hemsl.
85. 大葉木犀 *Osmanthus matsumuranus* Hayata
86. 高氏木犀 *Osmanthus kanoi* (Liu & Liao) S. Y. Lu
15. 木蘭科 Magnoliaceae
87. 烏心石舅 *Magnolia kachirachirai* (Kanehira & Yamamoto) Dandy
88. 烏心石 *Michelia compressa* (Maxim.) Sargent
89. 台灣烏心石 *Michelia compressa* (Maxim.) Sargent var. *formosana* Kaneh.
16. 火筒樹科 Leeaceae
90. 火筒樹 *Leea guineensis* G. Don *
17. 冬青科 Aquifoliaceae
91. 燈稱花 *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. *
92. 苗栗冬青 *Ilex bioritsensis* Hayata *
93. 革葉冬青 *Ilex cochinchinensis* (Lour.) Loes.
94. 台灣糊櫨 *Ilex ficoidea* Hemsl. *

95. 糊樗 *Ilex formosana* Maxim.*
96. 圓葉冬青 *Ilex goshiensis* Hayata
97. 早田氏冬青 *Ilex hayataiana* Loes.
98. 忍冬葉冬青 *Ilex lonicerifolia* Hayata
99. 松田氏冬青 *Ilex lonicerifolia* Hayata var. *matsudai* Yamamoto
100. 倒卵葉冬青 *Ilex maximowicziana* Loes.*
101. 朱紅水木 *Ilex micrococca* Maxim.*
102. 刻脈冬青 *Ilex pedunculosa* Miq.*
103. 密毛假黃楊 *Ilex pubescens* Hook. & Arn.*
104. 鐵冬青 *Ilex rotunda* Thunb.
105. 雪山冬青 *Ilex tugitakayamensis* Sasaki
106. 烏來冬青 *Ilex uraiensis* Mori & Yamamoto*
107. 雲南冬青 *Ilex yunnanensis* Fr. var. *parvifolia* (Hayata) S. Y. Hu*
18. 玉蕊科 Lecythidaceae
108. 棋盤腳樹 *Barringtonia asiatica* (L.) Kurz
109. 水茄苳 *Barringtonia racemosa* (L.) Bl. ex DC.*
19. 田麻科 Tiliaceae
110. 厚葉捕魚木 *Grewia biloba* Wall.*
20. 安息香科 Styracaceae
111. 假赤楊 *Alniphyllum pterospermum* Matsum.*
112. 烏皮九芎 *Styrax formosana* Matsum.*
113. 紅皮 *Styrax suberifolia* Hook. & Arn.
21. 灰木科 Symplocaceae
114. 鏽葉灰木 *Symplocos cochinchinensis* (Lour.) S. Moore*
115. 山羊耳 *Symplocos glauca* (Thunb.) Koidz.*
116. 平遮那灰木 *Symplocos heishanensis* Hayata*
117. 小葉白筆 *Symplocos modesta* Brand*
118. 希蘭灰木 *Symplocos shilanensis* Y. C. Liu & F. Y. Lu
119. 枇杷葉灰木 *Symplocos stellaris* Brand
120. 月桂葉灰木 *Symplocos wikstroemiifolia* Hayata*
121. 大里力灰木 *Symplocos acuminata* (Blume) Miq.*
122. 阿里山灰木 *Symplocos arisanensis* Hayata*
123. 尾葉灰木 *Symplocos caudata* Wall.*
124. 灰木 *Symplocos chinensis* (Lour.) Druce*
125. 楊桐葉灰木 *Symplocos congesta* Benth.*
126. 茶葉灰木 *Symplocos congesta* Benth. var. *theifolia* (Hayata) Yuen P. Yang & S. Y. Lu*
127. 台灣灰木 *Symplocos formosana* Brand*
128. 大葉灰木 *Symplocos grandis* Hand.-Mazz.

129. 小西氏灰木 *Symplocos konishii* Hayata*
130. 恆春灰木 *Symplocos koshunensis* Kaneh.
131. 擬日本灰木 *Symplocos migoii* Nagam.*
132. 玉山灰木 *Symplocos morrisonicola* Hayata
133. 佐佐木氏灰木 *Symplocos sasakii* Hayata*
134. 四川灰木 *Symplocos setchuensis* Brand*
135. 南嶺灰木 *Symplocos sonoharae* Koidz.
136. 山豬肝 *Symplocos theophrastifolia* Sieb. & Zucc.*
22. 夾竹桃科 Apocynaceae
137. 酸藤 *Ecdysanthera rosea* Hook. & Arn.
138. 爬森藤 *Parsonia laevigata* (Moon) Alston
139. 蘿芙木 *Rauvolfia verticillata* (Lour.) Baillon
23. 忍冬科 Caprifoliaceae
140. 川上氏忍冬 *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam.
141. 有骨消 *Sambucus chinensis* Lindl.*
142. 狹葉莢迷 *Viburnum foetidum* Wall. var. *rectangulatum* (Graebner) Rehder*
143. 玉山糯米樹 *Viburnum integrifolium* Hayata
144. 呂宋莢迷 *Viburnum luzonicum* Rolfe*
145. 珊瑚樹 *Viburnum odoratissimum* Ker*
146. 小葉莢迷 *Viburnum parvifolium* Hayata*
147. 高山莢迷 *Viburnum propinquum* Hemsl.
148. 台東莢迷 *Viburnum taitoense* Hayata*
149. 著生珊瑚樹 *Viburnum aboricolum* Hayata*
150. 樺葉莢迷 *Viburnum betulifolium* Batal.*
151. 松田氏莢迷 *Viburnum erosum* Batal.*
152. 紅子莢迷 *Viburnum formosanum* Hayata*
153. 假繡球 *Viburnum sympodiale* Graebner*
154. 壺花莢迷 *Viburnum urceolatum* Sieb. et Zucc.*
24. 杜英科 Elaeocarpaceae
155. 薯豆 *Elaeocarpus japonicus* Sieb. & Zucc.*
156. 杜英 *Elaeocarpus sylvestris* (Lour.) Poir.*
157. 猴歡喜 *Sloanea formosana* Li*
25. 杜鵑花科 Ericaceae
158. 高山白珠樹 *Gaultheria itoana* Hayata*
159. 南燭 *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude
160. 台灣馬醉木 *Pieris taiwanensis* Hayata*
161. 南澳杜鵑 *Rhododendron breviperulatum* Hayata
162. 台灣杜鵑 *Rhododendron formosanum* Hemsl.

163. 金毛杜鵑 *Rhododendron oldhamii* Maxim.
164. 馬銀花 *Rhododendron ovatum* Planch.
165. 長卵葉馬銀花 *Rhododendron ovatum* Planch. var. *lamprophyllum* (Hayata) Y. C. Liu, F. Y. Lu
& C. H. Ou
166. 玉山杜鵑 *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata
167. 紅毛杜鵑 *Rhododendron rubropilosum* Hayata
168. 唐杜鵑 *Rhododendron simsii* Planch.
169. 西施花 *Rhododendron leptosantherum* Hayata
170. 米飯花 *Vaccinium bracteatum* Thunb.*
171. 珍珠花 *Vaccinium dunalianum* Wight var. *caudatifolium* (Hayata) H. L. Li
172. 毛蕊花 *Vaccinium japonicum* Miq. var. *lasiostemon* Hayata*
173. 高山越橘 *Vaccinium merrillianum* Hayata
174. 巒大越橘 *Vaccinium randaiense* Hayata*
175. 大葉越橘 *Vaccinium wrightii* Gray*
26. 豆科 Leguminosae
176. 相思樹 *Acacia confusa* Merr.
177. 合歡 *Albizia julibrissin* Durazz.
178. 領垂豆 *Archidendron lucidum* (Benth.) I. Nielsen
179. 菊花木 *Bauhinia championii* (Benth.) Benth.
180. 雙節山螞蝗 *Dendrolobium dispernum* (Hay.) Schindl.
181. 疏花魚藤 *Derris laxiflora* Benth.
182. 波葉山螞蝗 *Desmodium sequax* Wall.
183. 台灣山豆根 *Euchresta formosana* (Hay.) Ohwi
184. 恆春皂莢 *Gleditsia rolfei* Vidal
185. 毛胡枝子 *Lespedeza thunbergii* (DC.) Nakai subsp. *formosa* (Vogel) H. Ohashi
186. 血藤 *Mucuna macrocarpa* Wall.
187. 恆春紅豆樹 *Ormosia hengchuniana* Huang
188. 大花黃槐 *Senna floribunda* (Car.) Irwin & Barneby
189. 白花鐵富豆 *Tephrosia candida* (Roxb.) DC.
27. 防己科 Menispermaceae
190. 木防己 *Cocculus orbiculatus* (L.) DC.
191. 土防己 *Cyclea gracillima* Diels
28. 使君子科 Combretaceae
192. 欖仁 *Terminalia catappa* L.
29. 昆欄樹科 Trochodendraceae
193. 昆欄樹 *Trochodendron aralioides* Sieb. & Zucc.
30. 芸香科 Rutaceae
194. 台灣香檬 *Citrus depress* Hayata*

195. 柚 *Citrus grandis* Osbeck
196. 過山香 *Clausena excavata* Burm. f.*
197. 石荳蓂 *Glycosmis citrifolia* (Willd.) Lindl.
198. 三腳藤 *Melicope pteleifolia* (Champ. ex Benth.) T. Hartley
199. 山刈葉 *Melicope semecarpifolia* (Merr.) T. Hartley
200. 假三腳藤 *Melicope triphylla* (Lam.) Merr.
201. 山黃皮 *Murraya euchrestifolia* Hayata
202. 月橘 *Murraya paniculata* (L.) Jack.
203. 台灣黃蘗 *Phellodendron amurense* Rupr. var. *wilsonii* (Hayata & Kanehira) Chang
204. 烏柑仔 *Severinia buxifolia* (Poir.) Tenore
205. 深紅茵芋 *Skimmia reevesiana* Fortune
206. 賊仔樹 *Tetradium glabrifolium* (Champ. ex Benth.) T. Hartley
207. 吳茱萸 *Tetradium ruticarpum* (A. Juss.) T. Hartley
208. 飛龍掌血 *Toddalia asiatica* (L.) Lam.
209. 食茱萸 *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. & Zucc.*
210. 秦椒 *Zanthoxylum armatum* DC.*
211. 雙面刺 *Zanthoxylum nitidum* (Roxb.) DC.*
212. 藤花椒 *Zanthoxylum scandens* Bl.
31. 虎皮楠科 *Daphniphyllaceae*
213. 耿氏虎皮楠 *Daphniphyllum glaucescens* Bl. subsp. *oldhamii* (Hemsl.) Huang var. *kengii* (Hurusawa) Huang
214. 奧氏虎皮楠 *Daphniphyllum glaucescens* Bl. subsp. *oldhamii* (Hemsl.) Huang var. *oldhamii* (Hemsl.) Huang
215. 薄葉虎皮楠 *Daphniphyllum himalaense* (Benth.) Muell.-Arg. subsp. *macropodum* (Miq.) Huang
32. 虎耳草科 *Saxifragaceae*
216. 大葉溲疏 *Deutzia pulchra* Vidal*
217. 台灣溲疏 *Deutzia taiwanensis* (Maxim.) Schneider*
218. 狹瓣八仙花 *Hydrangea angustipetala* Hayata*
219. 高山藤繡球 *Hydrangea aspera* D. Don*
220. 華八仙 *Hydrangea chinensis* Maxim.*
221. 大枝掛繡球 *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata
222. 鼠刺 *Itea oldhamii* Schneider*
223. 小花鼠刺 *Itea parviflora* Hemsl.*
224. 青棉花 *Pileostegia viburnoides* Hook. f. & Thoms.
225. 台灣茶藨子 *Ribes formosanum* Hayata*
33. 金粟蘭科 *Chloranthaceae*
226. 草珊瑚 *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai*

34. 金絲桃科 Guttiferae
227. 瓊崖海棠 *Calophyllum inophyllum* L.
228. 福木 *Garcinia multiflora* Champ.
35. 金縷梅科 Hamamelidaceae
229. 楓香 *Liquidambar formosana* Hance*
230. 水絲梨 *Sycopsis sinensis* Oliver
36. 柿樹科 Ebenaceae
231. 軟毛柿 *Diospyros eriantha* Champ. ex Benth.
232. 山柿 *Diospyros japonica* Sieb. & Zucc.
233. 山紅柿 *Diospyros morrisiana* Hance
234. 俄氏柿 *Diospyros oldhamii* Maxim.
235. 毛柿 *Diospyros philippensis* (Desr.) Gurke
37. 省沽油科 Staphyleaceae
236. 山香圓 *Turpinia formosana* Nakai*
237. 三葉山香圓 *Turpinia ternata* Nakai*
38. 胡桃科 Juglandaceae
238. 黃杞 *Engelhardia roxburghiana* Wall.
239. 野核桃 *Juglans cathayensis* Dode*
240. 化香樹 *Platycarya strobilacea* Sieb. & Zucc.*
39. 胡頹子科 Elaeagnaceae
241. 台灣胡頹子 *Elaeagnus formosana* Nakai
242. 藤胡頹子 *Elaeagnus glabra* Thunb.
243. 檀梧 *Elaeagnus oldhamii* Maxim
244. 鄧氏胡頹子 *Elaeagnus thunbergii* Serv.
40. 苦木科 Simaroubaceae
245. 苦樹 *Picrasma quassioides* Benn.
41. 茄科 Solanaceae
246. 珊瑚櫻 *Solanum pseudocapsicum* L.
247. 白狗大山茄 *Solanum peikuoensis* S. S. Ying*
42. 桑科 Moraceae
248. 麵包樹 *Artocarpus incisus* (Thunb.) L. f.
249. 小構樹 *Broussonetia kazinoki* Sieb.*
250. 構樹 *Broussonetia papyrifera* (L.) L'Herit. ex Vent.*
251. 菲律賓榕 *Ficus ampelas* Burm. f.
252. 白榕 *Ficus benjamina* L.
253. 假枇杷 *Ficus erecta* Thunb.
254. 牛奶榕 *Ficus erecta* Thunb. var. *beeheyana* (Hook. & Arn.) King
255. 豬母乳 *Ficus fistulosa* Reinw. ex Bl.

256. 天仙果 *Ficus formosana* Maxim.
257. 澀葉榕 *Ficus irisana* Elm.
258. 榕樹 *Ficus microcarpa* L. f.
259. 九丁榕 *Ficus nervosa* Heyne ex Roth.
260. 稜果榕 *Ficus septica* Burm. f.
261. 雀榕 *Ficus superba* (Miq.) Miq. var. *japonica* Miq.
262. 越橘葉蔓榕 *Ficus vaccinioides* Hemsl. ex King
263. 幹花榕 *Ficus variegata* Bl. var. *garciae* (Elm) Corner
264. 白肉榕 *Ficus virgata* Reinw. ex Bl.
265. 柘樹 *Maclura cochinchinensis* (Lour.) Corner
266. 盤龍木 *Malaisia scandens* (Lour.) Planch.
267. 小桑樹 *Morus australis* Poir.*
43. 桃金娘科 Myrtaceae
268. 十子木 *Decaspermum gracilentum* (Hance) Merr. & Perry
269. 番石榴 *Psidium guajava* L.
270. 桃金娘 *Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk.
271. 小葉赤楠 *Syzygium buxifolium* Hook. & Arn.
272. 細脈赤楠 *Syzygium euphlebioides* (Hayata) Mori
273. 台灣赤楠 *Syzygium formosanum* (Hayata) Mori
274. 蒲桃 *Syzygium jambas* (L.) Alston
275. 高士佛赤楠 *Syzygium kusukusense* (Hayata) Mori
44. 海桐科 Pittosporaceae
276. 疏果海桐 *Pittosporum illicioides* Makino
277. 細葉疏果海桐 *Pittosporum illicioides* Makino var. *angustifolium* Huang ex Lu
278. 海桐 *Pittosporum tobira* Ait.*
45. 草海桐科 Goodeniaceae
279. 草海桐 *Scaevola taccada* (Gaertner) Roxb.
46. 茶科 Theaceae
280. 阿里山茶 *Camellia transarisanensis* (Hayata) Coh-Stuart*
281. 台灣楊桐 *Adinandra formosana* Hayata*
282. 毛柱楊桐 *Adinandra lasiostyla* Hayata*
283. 短柱山茶 *Camellia brevistyla* (Hayata) Coh.-Stuart*
284. 日本山茶 *Camellia japonica* L.*
285. 能高山茶 *Camellia nokoensis* Hayata*
286. 柳葉山茶 *Camellia salicifolia* Champ.*
287. 台灣山茶 *Camellia sinensis* (L.) Ktze. f. *formosensis* Kitam.*
288. 細葉山茶 *Camellia tenuifolia* (Hayata) Coh-Stuart*
289. 泛能高山茶 *Camellia transnokoensis* Hayata*

290. 紅淡比 *Cleyera japonica* Thunb.
291. 森氏紅淡比 *Cleyera japonica* Thunb. var. *morii* (Yamamoto) Masam.
292. 太平紅淡比 *Cleyera japonica* Thunb. var. *taipinensis* Keng*
293. 銳葉柃木 *Eurya acuminata* DC.*
294. 米碎柃木 *Eurya chinensis* R. Br.*
295. 假柃木 *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski*
296. 厚葉柃木 *Eurya glaberrima* Hayata*
297. 毛果柃木 *Eurya gnaphalocarpa* Hayata*
298. 薄葉柃木 *Eurya leptophylla* Hayata*
299. 細枝柃木 *Eurya loquaiana* Dunn*
300. 光葉柃木 *Eurya nitida* Korthals*
301. 南仁山柃木 *Eurya nitida* Korthals var. *nanjenshanensis* Hsieh, Ling & Yang*
302. 粗毛柃木 *Eurya strigillosa* Hayata*
303. 早田氏柃木 *Eurya hayatae* Yamam.*
304. 大頭茶 *Gordonia axillaris* (Roxb.) Dietr.*
305. 烏皮茶 *Pyrenaria shinkoensis* (Hayata) Keng*
306. 木荷 *Schima superba* Gard. & Champ.*
307. 港口木荷 *Schima superba* Gard. & Champ. var. *kankaoensis* (Hayata) Keng
308. 厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera* (Wight & Arn.) Sprague
47. 馬桑科 Coriariaceae
309. 台灣馬桑 *Coriaria japonica* A. Gray subsp. *intermedia* (Matsum.) Huang & Huang
48. 馬錢科 Loganiaceae
310. 揚波 *Buddleja asiatica* Lour.*
49. 馬鞭草科 Verbenaceae
311. 紫珠 *Callicarpa dichotoma* (Lour.) K. Koch
312. 杜虹花 *Callicarpa formosana* Rolfe*
313. 細葉紫珠 *Callicarpa pilosissima* Maxim.*
314. 巒大紫珠 *Callicarpa randaiensis* Hayata*
315. 疏齒紫珠 *Callicarpa remotiserrulata* Hayata*
316. 疏花紫珠 *Callicarpa remotiflora* Lin & Wang*
317. 白毛臭牡丹 *Clerodendrum canescens* Wall. ex Walpers*
318. 大青 *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.*
319. 苦林盤 *Clerodendrum inerme* (L.) Gaertn.
320. 海州常山 *Clerodendrum trichotomum* Thunb.*
321. 龍船花 *Clerodendrum kaempferi* (Jacq.) Siebold ex Steud.*
322. 臭黃荊 *Premna microphylla* Turcz.*
323. 毛魚臭木 *Premna odorata* Blanco
324. 臭娘子 *Premna serratifolia* Linn.*

325. 山埔姜 *Vitex quinata* (Lour.) F. N. Williams *
326. 海埔姜 *Vitex rotundifolia* L. f.
50. 茜草科 Rubiaceae
327. 無刺伏牛花 *Damnacanthus angustifolius* Hayata
328. 伏牛花 *Damnacanthus indicus* Gaertn.
329. 山黃梔 *Gardenia jasminoides* Ellis
330. 密毛雞屎樹 *Lasianthus appressihirtus* Simizu
331. 文山雞屎樹 *Lasianthus bunzanensis* Simizu
332. 柯氏雞屎樹 *Lasianthus curtisii* King & Gamble
333. 琉球雞屎樹 *Lasianthus fordii* Hance
334. 台灣雞屎樹 *Lasianthus formosensis* Matsum.
335. 小葉雞屎樹 *Lasianthus microphyllus* Elmer
336. 薄葉雞屎樹 *Lasianthus microstachys* Hayata
337. 雞屎樹 *Lasianthus obliquinervis* Merr.
338. 圓葉雞屎樹 *Lasianthus wallichii* Wight
339. 壺冠木 *Litosanthes biflora* Blume
340. 檄樹 *Morinda citrifolia* L.
341. 毛玉葉金花 *Mussaenda pubescens* Ait. f.
342. 欖仁舅 *Neonauclea reticulata* (Havil.) Merr.
343. 雞屎藤 *Paederia foetida* L.
344. 九節木 *Psychotria rubra* (Lour.) Poir.
345. 拎壁龍 *Psychotria serpens* L.
346. 茜草樹 *Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr.
347. 華茜草樹 *Randia sinensis* (Lour.) Roem. & Schult.
348. 薄葉玉心花 *Tarenna gracilipes* (Hayata) Ohwi
349. 錫蘭玉心花 *Tarenna zeylanica* Gaertn.
350. 狗骨仔 *Tricalysia dubia* (Lindl.) Ohwi
351. 水金京 *Wendlandia formosana* Cowan
352. 水錦樹 *Wendlandia uvariifolia* Hance
353. 水團花 *Sinoadina racemosa* (Siebold & Zucc.) Ridsdale
51. 旌節花科 Stachyuraceae
354. 通條樹 *Stachyurus himalaicus* Hook. f. & Thomson ex Benth. *
52. 梧桐科 Sterculiaceae
355. 梧桐 *Firmiana simplex* (L.) W. F. Wight
356. 山芝麻 *Helicteres augustifolia* L.
357. 克蘭樹 *Kleinhovia hospita* L.
358. 台灣梭羅樹 *Reevesia formosana* Sprague
53. 清風藤科 Sabiaceae

359. 紫珠葉泡花 *Meliosma callicarpifolia* Hayata
360. 山豬肉 *Meliosma rhoifolia* Maxim.
361. 筆羅子 *Meliosma rigida* Sieb. & Zucc.*
362. 綠樟 *Meliosma squamulata* Hance
54. 野牡丹科 Melastomataceae
363. 大野牡丹 *Astronia formosana* Kanehira
364. 深山野牡丹 *Barthea barthei* (Hance) Krass*
365. 柏拉木 *Blastus cochinchinensis* Lour.
366. 野牡丹 *Melastoma candidum* D. Don*
367. 台灣厚距花 *Pachycentria formosana* Hayata
55. 殼斗科 Fagaceae
368. 台灣水青岡 *Fagus hayatae* Palib. ex Hayata*
369. 長尾尖葉槲 *Castanopsis cuspidata* (Thunb. ex Murray) Schottky var. *carlesii* (Hemsl.) Yamazaki*
370. 單刺苦槲 *Castanopsis cuspidata* (Thunb. ex Murray) Schottky var. *carlesii* (Hemsl.) Yamazaki f. *sessilis* (Nakai) Liao*
371. 星刺栲 *Castanopsis fabri* Hance*
372. 火燒柯 *Castanopsis fargesii* Fr.
373. 台灣苦槲 *Castanopsis formosana* (Skan) Hayata*
374. 印度苦槲 *Castanopsis indica* (Roxb.) A. DC.*
375. 細刺苦槲 *Castanopsis kusanoi* Hayata
376. 嶺南青剛櫟 *Cyclobalanopsis championii* (Benth.) Oerst.*
377. 赤皮 *Cyclobalanopsis gilva* (Bl.) Oerst.*
378. 青剛櫟 *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb. ex Murray) Oerst.*
379. 圓果青剛櫟 *Cyclobalanopsis globosa* Lin & Liu*
380. 錐果櫟 *Cyclobalanopsis longinux* (Hayata) Schottky*
381. 赤柯 *Cyclobalanopsis morii* (Hayata) Schottky*
382. 毬子櫟 *Cyclobalanopsis sessilifolia* (Bl.) Schottky
383. 狹葉櫟 *Cyclobalanopsis stenophylloides* (Hayata) Kudo & Masam. ex Kudo*
384. 杏葉石櫟 *Lithocarpus amygdalifolius* (Skan ex Forbes & Hemsl.) Hayata
385. 兔石櫟 *Lithocarpus lepidocarpus* (Hayata) Hayata
386. 後大埔石櫟 *Pasania cornea* (Lour.) Liao*
387. 子彈石櫟 *Pasania glabra* (Thunb. ex Murray) Oerst.
388. 阿里山三斗石櫟 *Pasania hancei* (Benth.) Schottky var. *arisanensis* (Hayata) Liao
389. 三斗石櫟 *Pasania hancei* (Benth.) Schottky var. *ternaticupula* (Hayata) Liao
390. 細葉三斗石櫟 *Pasania hancei* (Benth.) Schottky var. *ternaticupula* (Hayata) Liao f. *subreticulata* (Hayata) Liao
391. 短尾葉石櫟 *Pasania harlandii* (Hance) Oerst.

392. 大葉石櫟 *Pasania kawakamii* (Hayata) Schottky*
393. 油葉石櫟 *Pasania konishii* (Hayata) Schottky*
394. 菱果石櫟 *Pasania synbalanos* (Hance) Schottky
395. 高山櫟 *Quercus spinosa* A. David ex Fr.
396. 太魯閣櫟 *Quercus tarokoensis* Hayata*
397. 銳葉高山櫟 *Quercus tatakaensis* Tomiya*
398. 栓皮櫟 *Quercus variabilis* Bl.*
56. 無患子科 Sapindaceae
399. 車桑子 *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.
400. 龍眼 *Euphoria longana* Lam
401. 台灣欒樹 *Koelreuteria henryi* Dummer*
402. 無患子 *Sapindus mukorossii* Gaertn.
57. 紫金牛科 Myrsinaceae
403. 珠砂根 *Ardisia crenata* Sims*
404. 華紫金牛 *Ardisia chinensis* Benth.*
405. 雨傘仔 *Ardisia cornudentata* Mez*
406. 玉山紫金牛 *Ardisia cornudentata* Mez subsp. *morrisonensis* (Hayata) Yuen P. Yang*
407. 阿里山紫金牛 *Ardisia cornudentata* Mez subsp. *morrisonensis* (Hayata) Yuen P. Yang var. *stenosepala* (Hayata) Yuen P. Yang0.
408. 小葉樹杞 *Ardisia quinquegona* Blume
409. 樹杞 *Ardisia sieboldii* Miq.
410. 黑星紫金牛 *Ardisia virens* Kurz*
411. 賽山椒 *Embelia lenticellata* Hayata*
412. 山桂花 *Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi ex Zoll.*
413. 台灣山桂花 *Maesa perlaria* (Lour.) Merr. var. *formosana* (Mez) Yuen P. Yang*
414. 小葉鐵仔 *Myrsine africana* L.*
415. 大明橘 *Myrsine seguinii* H. Lévl.
58. 紫茉莉科 Nyctaginaceae
416. 腺果藤 *Pisonia aculeata* L.
417. 皮孫木 *Pisonia umbellifera* (Forst.) Seem.
59. 紫草科 Boraginaceae
418. 長花厚殼樹 *Ehretia longiflora* Champ. ex Benth.
419. 厚殼樹 *Ehretia acuminata* R. Brown*
420. 蘭嶼厚殼樹 *Ehretia philippinensis* A. DC.
421. 冷飯藤 *Tournefortia sarmentosa* Lam.
422. 白水木 *Tournefortia argentea* L. f.
60. 紫葳科 Bignoniaceae
423. 山菜豆 *Radermachia sinica* (Hance) Hemsl.

61. 黃蘗花科 Malpighiaceae
 424. 猿尾藤 *Hiptage benghalensis* (L.) Kurz.
62. 楊柳科 Salicaceae
 425. 水社柳 *Salix kusanoi* (Hayata) Schneider*
63. 楊梅科 Myriaceae
 426. 青楊梅 *Myrica adenophora* Hance
 427. 楊梅 *Myrica rubra* (Lour.) Sieb. & Zucc.
64. 榆科 Ulmaceae
 428. 糙葉樹 *Aphananthe aspera* (Thunb. ex Murray) Planch.*
 429. 石朴 *Celtis formosana* Hayata*
 430. 朴樹 *Celtis sinensis* Pers.*
 431. 山黃麻 *Trema orientalis* (L.) Bl.*
 432. 紅雞油 *Ulmus parvifolia* Jacq.*
 433. 阿里山榆 *Ulmus uyematsui* Hayata*
 434. 欒 *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino*
65. 楝科 Meliaceae
 435. 蘭嶼樹蘭 *Aglaiia chittagonga* Miq.
 436. 大葉樹蘭 *Aglaiia elliptifolia* Merr.
 437. 紅柴 *Aglaiia formosana* Hayata
 438. 紅果柃木 *Dysoxylum hongkongense* (Tutch.) Merr.
 439. 楝 *Melia azedarach* Linn.*
66. 瑞香科 Thymelaeaceae
 440. 台灣瑞香 *Daphne arisanensis* Hayata
 441. 白花瑞香 *Daphne kiusiana* Miq. var. *atrocaulis* (Rehder) Maekawa
 442. 南嶺蕘花 *Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey.
 443. 披針葉蕘花 *Wikstroemia lanceolata* Merr.
67. 葡萄科 Vitaceae
 444. 毛山葡萄 *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Traut var. *ciliata* (Nakai) Lu*
 445. 漢氏山葡萄 *Ampelopsis brevipedunculata* (Maxim.) Traut. var. *hancei* (Planch.) Re*
 446. 粉藤 *Cissus repens* Lam.*
 447. 三葉崖爬藤 *Tetrastigma formosanum* (Hemsl.) Gagnep.*
 448. 細本葡萄 *Vitis thunbergii* Sieb. & Zucc.*
68. 鼠李科 Rhamnaceae
 449. 塔山鼠李 *Rhamnus chingshuiensis* Shimizu var. *tashanensis* Liu & Wang*
 450. 桶鈎藤 *Rhamnus formosana* Matsum.*
 451. 中原氏鼠李 *Rhamnus nakaharae* (Hayata) Hayata*
 452. 小葉鼠李 *Rhamnus parvifolia* Bunge*
 453. 畢祿山鼠李 *Rhamnus pilushanensis* Liu & Wang*

454. 巒大雀梅藤 *Sageretia randaiensis* Hayata *
455. 雀梅藤 *Sageretia thea* (Osbeck) Johnst. *
456. 翼核木 *Ventilago elegans* Hemsl. *
69. 漆樹科 Anacardiaceae
457. 芒果 *Mangifera indica* L.
458. 黃連木 *Pistacia chinensis* Bunge
459. 羅氏鹽膚木 *Rhus javanica* L. var. *roxburghiana* (DC.) Rehd. & Willson *
460. 木蠟樹 *Rhus succedanea* L.
70. 樟科 Lauraceae
461. 瓊楠 *Beilschmiedia erythrophloia* Hayata
462. 華河瓊楠 *Beilschmiedia tsangii* Merr.
463. 小葉樟 *Cinnamomum brevipedunculatum* C. E. Chang
464. 樟樹 *Cinnamomum camphora* (L.) Presl.
465. 台灣肉桂 *Cinnamomum insularimontanum* Hayata
466. 牛樟 *Cinnamomum kanehirae* Hayata
467. 胡氏肉桂 *Cinnamomum macrostemon* Hayata
468. 土肉桂 *Cinnamomum osmophloeum* Kanehira
469. 土樟 *Cinnamomum reticulatum* Hayata
470. 香桂 *Cinnamomum subavenium* Miq.
471. 厚殼桂 *Cryptocarya chinensis* (Hance) Hemsl.
472. 土楠 *Cryptocarya concinna* Hance
473. 天台烏藥 *Lindera aggregata* (Sims) Kosterm.
474. 內芩子 *Lindera akoensis* Hayata
475. 香葉樹 *Lindera communis* Hemsl.
476. 白葉釣樟 *Lindera glauca* (Sieb. & Zucc.) Bl.
477. 大香葉樹 *Lindera megaphylla* Hemsl.
478. 長葉木薑子 *Litsea acuminata* (Bl.) Kurata
479. 銳脈木薑子 *Litsea acutivena* Hayata
480. 屏東木薑子 *Litsea akoensis* Hayata
481. 鹿皮斑木薑子 *Litsea coreana* Lévl.
482. 山胡椒 *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon
483. 霧社木薑子 *Litsea elongata* (Wall. ex Nees) Benth. & Hook. f. var. *mushaensis* (Hayata) J. C. Liao
484. 玉山木薑子 *Litsea morrisonensis* Hayata
485. 橢圓葉木薑子 *Litsea rotundifolia* Hemsl. var. *oblongifolia* (Nees) Allen
486. 假長葉楠 *Machilus japonica* Sieb. & Zucc.
487. 大葉楠 *Machilus japonica* Sieb. & Zucc. var. *kusanoi* (Hayata) Liao
488. 小西氏楠 *Machilus konishii* Hayata

489. 恆春楨楠 *Machilus obovatifolia* (Hayata) Kanehira & Sasaki
490. 菲律賓楠 *Machilus philippinensis* Merr.
491. 豬腳楠 *Machilus thunbergii* Sieb. & Zucc.
492. 香楠 *Machilus zuihoensis* Hayata
493. 青葉楠 *Machilus zuihoensis* Hayata var. *mushaensis* (Lu) Y. C. Liu
494. 銳葉新木薑子 *Neolitsea aciculata* (Bl.) Koidz.
495. 變葉新木薑子 *Neolitsea aciculata* (Bl.) Koidz. var. *variabilissima* (Hayata) J. C. Li
496. 高山新木薑子 *Neolitsea acuminatissima* (Hayata) Kanehira & Sasaki
497. 武威新木薑子 *Neolitsea buisanensis* Yamamoto & Kamikoti
498. 五掌楠 *Neolitsea konishii* (Hayata) Kanehira & Sasaki
499. 小芽新木薑子 *Neolitsea parvigemma* (Hayata) Kanehira & Sasaki
500. 台灣雅楠 *Phoebe formosana* (Hayata) Hayata
71. 槭樹科 Aceraceae
501. 樟葉槭 *Acer albopurpurascens* Hayata
502. 台灣三角楓 *Acer buergerianum* Miq var. *formosanum* (Hayata) Sasaki
503. 尖葉槭 *Acer kawakamii* Koidzumi*
504. 台灣紅榨槭 *Acer morrisonense* Hayata*
505. 台灣掌葉槭 *Acer palmatum* Thunb. var. *pubescens* Li*
506. 青楓 *Acer serrulatum* Hayata*
72. 蓮葉桐科 Hernandiaceae
507. 蓮葉桐 *Hernandia nymphiifolia* (Presl) Kubitzki
73. 衛矛科 Celastraceae
508. 南華南蛇藤 *Celastrus hindsii* Benth.*
509. 厚葉衛矛 *Euonymus carnosus* Hemsl.*
510. 刺果衛矛 *Euonymus spraguei* Hayata*
511. 菱葉衛矛 *Euonymus tashiroi* Maxim.*
512. 北仲 *Maytenus diversifolia* (Maxim.) Ding Hou*
513. 福建賽衛矛 *Microtropis fokienensis* Dunn
514. 佩羅特木 *Perrottetia arisanensis* Hayata*
74. 樺木科 Betulaceae
515. 台灣赤楊 *Alnus formosana* (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino*
516. 阿里山千金榆 *Carpinus kawakamii* Hayata*
517. 蘭邯千金榆 *Carpinus rankanensis* Hayata*
75. 錦葵科 Malvaceae
518. 木芙蓉 *Hibiscus mutabilis* L.*
519. 木槿 *Hibiscus syriacus* L.*
520. 山芙蓉 *Hibiscus taiwanensis* Hu*
521. 黃槿 *Hibiscus tiliaceus* L.*

76. 蕁麻科 Urticaceae

522. 密花苧麻 *Boehmeria densiflora* Hook. & Arn.*
523. 苧麻 *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich.*
524. 青苧麻 *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich var. *tenacissima* (Gaudich.) Miq.*
525. 長葉苧麻 *Boehmeria wattersii* (Hance) Shih & Yang*
526. 水麻 *Debregeasia orientalis* C. J. Chen*
527. 咬人狗 *Dendrocnide meyeniana* (Walp.) Chew
528. 長梗紫麻 *Oreocnide pedunculata* (Shirai) Masam.*
529. 水雞油 *Pouzolzia elegans* Wedd.*

77. 爵床科 Acanthaceae

530. 長穗馬藍 *Strobilanthes longespicaus* Hayata*

78. 薔薇科 Rosaceae

531. 玉山鋪地蜈蚣 *Cotoneaster morrisonensis* Hayata
532. 山枇杷 *Eriobotrya deflexa* (Hemsl.) Nakai*
533. 枇杷 *Eriobotrya japonica* Lindl.*
534. 台灣蘋果 *Malus doumeri* (Bois.) Chev. C. R. Ac. Sc.*
535. 玉山假沙梨 *Photinia niitakayamensis* Hayata
536. 石楠 *Photinia serratifolia* (Desf.) Kalkman*
537. 毛瓣石楠 *Photinia serratifolia* (Desf.) Kalkman var. *lasiopetala* (Hayata) Ohashi*
538. 台灣老葉兒樹 *Pourthiaea beauverdiana* (Schneider) Hatusima var. *notabilis* (Rehder & Wilson) Hatusima*
539. 台灣石楠 *Pourthiaea lucida* Decaisne*
540. 小葉石楠 *Pourthiaea villosa* (Thunb. ex Murray) Decne. var. *parvifolia* (Pritz.) Iketani & Ohashi*
541. 布氏稠李 *Prunus buergeriana* Miq.*
542. 山櫻花 *Prunus campanulata* Maxim.*
543. 太平山櫻花 *Prunus matuurai* Sasaki*
544. 墨點櫻桃 *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim.
545. 冬青葉桃仁 *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim. var. *ilicifolia* Yamam.*
546. 霧社山櫻花 *Prunus taiwaniana* Hayata*
547. 阿里山櫻花 *Prunus transarisanensis* Hayata*
548. 黃土樹 *Prunus zippeliana* Miq.*
549. 刺葉桂櫻 *Prunus spinulosa* Sieb et Zucc.*
550. 恆春石斑木 *Raphiolepis indica* (L.) Lindl. ex Ker var. *hiiranensis* (Kanehira) Li*
551. 石斑木 *Raphiolepis indica* (L.) Lindl. ex Ker var. *tashiroi* Hayata ex Matsum. & Hayata*
552. 玉山野薔薇 *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam.0.
553. 高山薔薇 *Rosa transmorrisonensis* Hayata*
554. 變葉懸鈎子 *Rubus corchorifolius* L. f.*

555. 桑葉懸鈎子 *Rubus kawakamii* Hayata*
556. 毛刺懸鈎子 *Rubus pungens* Camb. var. *oldhamii* (Miq.) Maxim.*
557. 高山懸鈎子 *Rubus rolfei* Vidal*
558. 巒大花楸 *Sorbus randaiensis* (Hayata) Koidz.*
559. 玉山繡線菊 *Spiraea morrisonicola* Hayata*
560. 笑靨花 *Spiraea prunifolia* Sieb. & Zucc. var. *pseudoprunifolia* (Hayata) Li*
79. 獼猴桃科 Actinidiaceae
561. 水冬瓜 *Saurauia tristyla* DC. var. *oldhamii* (Hemsl.) Finet & Gagnep.*
80. 蘿藦科 Asclepiadaceae
562. 武靴藤 *Gymnema sylvestre* (Retz.) Schultes

