

農委會林務局保育研究系列 89-5 號

# 插天山自然保留區臺灣山毛櫸 天然更新與繁殖可行性研究(Ⅱ)

The Study on the Regeneration and Propagation of  
*Fagus hayatae* at Chiatienshan Nature Reserve Area (Ⅱ)

主辦機關：農委會林務局新竹林區管理處

執行機關：國立中興大學森林學系

計畫主持人：歐辰雄 呂金誠

研究人員：黃立彥、王志強、蔡尚德、許俊凱、曾喜育、潘振彰

林志銓、朱恩良、傅國銘、張勝傑、李秋瑩、江政人

中華民國八十九年十二月

# 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
壹、前言.....	1
貳、前人研究.....	3
參、研究區概況.....	9
肆、研究材料與方法.....	13
伍、結果與討論.....	27
一、臺灣山毛櫸之形態描述.....	27
二、臺灣山毛櫸物候觀察.....	31
三、臺灣山毛櫸堅果發芽試驗結果.....	32
四、枯枝落葉收集.....	33
五、土壤種子庫.....	36
六、臺灣山毛櫸天然下種苗之標定.....	36
七、植群分析.....	39
八、族群結構分析.....	51
九、種間相關性.....	52
十、處理對地被層重要值之影響.....	54
十一、環境因子觀測與記錄.....	55
十二、微氣象環境因子.....	58
十三、臺灣山毛櫸更新問題之探討.....	61
陸、結論與建議.....	69
柒、引用文獻.....	74
附錄.....	79

## 圖次

圖 1. 山毛櫸屬全世界之分佈.....	3
圖 2. 臺灣山毛櫸在插天山自然保留區之分佈.....	5
圖 3. 插天山自然保留區山脈水系分佈.....	10
圖 4. 臺灣山毛櫸研究樣區分佈.....	14
圖 5. 矩陣群團分析流程.....	16
圖 6. 林份樣區之全天光空域、直射光空域與東北向全天光空域...	19
圖 7. 以方位表示之水分梯度級.....	20
圖 8. 臺灣山毛櫸之形態.....	28
圖 9. 臺灣山毛櫸葉、花、果之形態.....	29
圖 10. 臺灣山毛櫸小苗形態.....	30
圖 11. 枯枝落葉各組成份之變化.....	35
圖 12. 第 7 樣區植物社會剖面.....	37
圖 13. 臺灣山毛櫸天然下種小苗位置分佈.....	39
圖 14. 臺灣山毛櫸上層植群組成矩陣群團分析樹形圖.....	40
圖 15. 臺灣山毛櫸地被層植群組成矩陣群團分析樹形圖.....	44
圖 16. 臺灣山毛櫸典型植被剖面(臺灣瘤足蕨型).....	46
圖 17. 臺灣山毛櫸典型植被剖面(玉山箭竹型).....	48
圖 18. 拉拉山地區臺灣山毛櫸林沿線植物社會剖面.....	50
圖 19. 臺灣山毛櫸之族群結構.....	52
圖 20. 1999 年 9 月~2000 年 3 月溫度變化.....	59
圖 21. 1999 年 9 月~2000 年 3 月相對濕度變化.....	60
圖 22. 1999 年 9 月~2000 年 3 月相對光度變化.....	60

## 表次

表 1.	歷年臺灣山毛櫸植群調查比較.....	6
表 2.	臺灣山毛櫸堅果長寬高.....	32
表 3.	臺灣山毛櫸物候觀察.....	33
表 4.	枯枝落葉各組成份之變化.....	34
表 5.	臺灣瘤足蕨型之樣區與環境組成.....	45
表 6.	玉山箭竹型之樣區與環境組成.....	46
表 7.	臺灣紅苞鱗毛蕨型之樣區與環境組成.....	48
表 8.	拉拉山 14 種上層植物間相關情形.....	53
表 9.	樣區調查重要值前十種之比較.....	54
表 10.	不同時期三樹種重要值與頻度之變化.....	55
表 11.	各樣區環境因子間及環境與植物重要值之相關分析.....	57



## 中文摘要

本研究以拉拉山之臺灣山毛櫸林為研究區域，探討其植群生態與天然更新之問題。由植群調查之歸群分析結果顯示，下層植群區分為臺灣瘤足蕨與玉山箭竹二型，於海拔 1,950m 處形成一明顯推移帶。相關分析結果得知臺灣山毛櫸及玉山箭竹均和臺灣瘤足蕨呈現顯著的負相關，而臺灣山毛櫸與水分指數及土壤 pH 值呈正相關，與坡向及直射光空域呈負相關，顯示出臺灣山毛櫸適合生長於溫涼濕潤環境的特性，而土壤過於酸性則阻礙其生長；臺灣山毛櫸天然下種苗之盡測結果顯示，經過一生長季之臺灣山毛櫸小苗存活率為 87.62%；物候觀察方面，臺灣山毛櫸於 2~3 月芽體膨大抽長，3~4 月展葉、開花，雄花期較雌花期早 10 天開始，著果期起於 5 月而至 10 月止，落葉期從 10 月起至翌年 2 月止；105 株標定之臺灣山毛櫸小苗平均苗高生長量 1.51cm/yr，小苗分佈位置集中於下種母樹西南方，距母樹最遠距離 10.52m；以 2cm 為一級之徑級分佈顯示臺灣山毛櫸族群結構屬於鈴型偏左之形態，樹齡以 100 年左右為最多數，族群數量約 500 棵；總枯枝落葉量 1,580.09 kg/ha/yr，臺灣山毛櫸落葉佔 76.94%，而拉拉山區臺灣山毛櫸林之臺灣山毛櫸於 1999 年之總結實量為 712,121 顆/ha，以 9、10 兩個月數量最多，種子於天然條件下需層積 6 個月才能發芽。

## Summary

*Fagus hayatae* in Lalashan was studied in this thesis to survey and explore some problems about vegetation ecology and natural regeneration. According to the matrix cluster analysis (MCA), floor vegetation types have been recognized as *Plagiogyria formosana* type and *Yushania niitakayamensis* type, there exist an obvious ecotone between these two types at elevations of ca. 1,950m. The correspondence in the plants and environment factors show the relations among Taiwan beech, Yushan cane and *Plagiogyria formosana* are negative. The relations among moisture, pH and *F. hayatae* are positive but negative with slope and direct light sky (DLS). Seedlings of *F. hayatae* increased from 2 to 7 in frequency and increased from 0.45 to 3.52 in important value index (IVI) after seasonal investigation for three times. The results of the 2-yr investigation in 1999 and 2000 show that phenological phases occurred in various months and listed as follows: budding phase was from February to March; leafing and flowering phase from March to April and there is a temporal gap of ten days between staminate flower and pistillate flower; fruiting from May to October and leaf falling phase was from October to the following February. Average growth rate of 105 seedlings of *F. hayatae* is 1.51cm one year and they distribute most over the southwest of tree, and 10.52m is the farthest distance of all. The population structure of *F. hayatae* is a slight bell shape. In the graph, 100 years is the peak and the population is about 500. Sum of the litterfall is 1,580.09kg per hectare one year and 76.94 percent of all is *F. hayatae* leaf. In addition, fruits of *F. hayatae* is 10.857 one year, of the total, September and October got the most. Seeds will germinate in natural environment after stratification for six months.

# 插天山自然保留區台灣山毛櫸 天然更新與繁殖之可行性研究（二）

## 壹、前言

臺灣山毛櫸是受文化資產保存法所公告之稀有植物，由於族群數量極少且分布範圍狹隘，又加上生長環境遭受破壞，是以族群正面臨衰退生長之情形。

Rabinowitz (1980) 謂物種稀有與否須考慮三種因子：植物地理、天然分布範圍大小、現存生育地狹廣及族群數量多少；另據蘇鴻傑 (1980) 指出，植物在自然環境中分布，須從植物是否為天然分布狹隘種 (Endemic)，或是屬族群數量稀少種類 (Spare)，抑或是易受人為干擾與威脅種類等三方面考量。根據上一年度的計畫結果，已經完成初步的樣區設置與調查、環境因子調查、臺灣山毛櫸物候觀察及天然更新苗的標定工作等，由初步結果可知，造成臺灣山毛櫸天然更新不良的因素主要可歸納為：演化上之遺傳衰退生長、生育地環境的不適合及人為干擾之破壞等三方面因素。由於前人研究之缺乏，並無相關資料，因此對於臺灣山毛櫸的認識僅止於天然更新不良，卻無法真正找出其天然更新不良之主因，復由於文化資產保存法之故，使得臺灣山毛櫸之相關研究進行困難，為充實臺灣山毛櫸基礎研究資料，是以有必要針對上一年度計畫所從事之調查持續進行，並適時加入其他相關範圍之研究，以求解開臺灣山毛櫸天然更新不良之主因。



## 貳、前人研究

### 一、山毛櫸之分佈

#### (一) 山毛櫸屬之地理分佈

由第三紀 (Tertiary) 早期之地層中化石的普遍存在，可知本屬植物在第三紀早期以前即已出現 (洪必恭與安樹青，1993)，甚至可追溯到白堊紀 (Cretaceous) (周浙昆，1993)；其原始之分佈中心為北極圈外歐洲之地，由於地質時代氣候之變寒，使山毛櫸分別向南方與東方遷移，其中向東一線在中國西部受到蔥嶺與帕米爾高原之阻隔，又分向東南及東北兩方進行，東北一線為其主幹，繞過新疆北部之阿爾泰山至西伯利亞至中國東北轉至華北，更有部分植物經由日本轉入華中地區，再由西伯利亞直接向東經白令海峽進入北美之西部。更新世 (Pleistocene) 大冰期乾冷氣候的影響，使歐亞及北美大陸山毛櫸植物分佈區縮小或間斷，然而此時期氣候對中國影響小，使它保留著較多的第三紀植物區系，山毛櫸屬植物也是其中之一。由於山毛櫸性喜溫涼、濕潤的生態習性，冰期氣候使其分佈區退縮到南方亞熱帶山區；冰期後氣候回暖，中國山毛櫸並沒有從南向北擴展，仍保留在亞熱帶的山地常綠落葉闊葉混交林垂直地帶中，主要是因為更新世末期的新構造運動，喜馬拉雅山和青康藏高原的抬升，改變了大氣環流，使東部地區季風氣候加強，西北、華北地區大陸性氣候更加明顯，冬春乾冷；西南季風作用的加強，使西南地區雨量分佈不均，乾濕季明顯；而北美與日本的山毛櫸分佈區在冰期後又逐漸擴展 (洪必恭與安樹青，1993)。目前主要分佈於北半球歐、亞、美各洲之溫帶地區，於緯度較低之墨西哥及臺灣亦可見 (Shen, 1992)。由目前本屬之分佈看來，似為退縮性之不連續分佈，可分為歐亞美三地區，但在各地區間仍呈大面積之分佈 (圖 1) (柳楷，1968)。

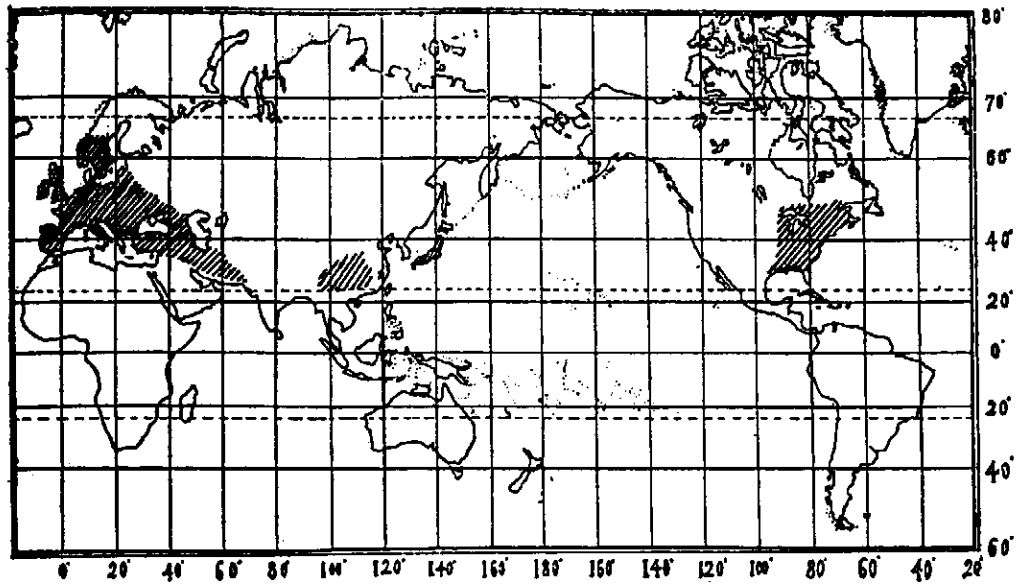


圖 1. 山毛櫸屬全世界之分佈 (柳楷, 1968)

## (二) 臺灣山毛櫸之地理分佈

據 Hayata (1911) 謂與臺灣山毛櫸最相近之種為日本產之日本山毛櫸 (*Fagus japonica*)，又產於中國川東鄂西一帶之米心山毛櫸 (*Fagus engleriana*) 亦與日本山毛櫸相近。據陳嶸 (1937) 謂米心山毛櫸亦產於浙江，浙江距臺灣最近，蓋親緣關係相近之種常分佈於相鄰之地區，綜觀米心山毛櫸在大陸之分佈亦為退縮性之不連續型，似亦為衰老之種；再由本屬植物在地質時代遷移途徑看來，似由日本至華中，再由華中至臺灣；故臺灣山毛櫸與華中所產之米心山毛櫸或為相關種 (vicarious species)，緣於日本之日本山毛櫸，或此三種均為相關種而緣於歐洲之歐洲山毛櫸 (*Fagus sylvatica*)。臺灣所產或為冰期後之殘存者，從屬之分佈及生態習性而言似為大陸性者，此或所以在中國東南沿海呈退縮性分佈之原因；至於本種進入臺灣之時期，當在與大陸分離之前，為一古固有種 (Paleoendemic species) (柳楷, 1968)。根據地質年代花粉化石的分析得知，廣佈於溫帶地區的山毛櫸屬，在中更新世的冰期是臺灣東北部的

主要成林分子，且數量不只一種；而當時的分佈極可能達到北迴歸線附近的臺灣中部 (Liew and Huang, 1994; Liew *et al.*, 1994)。

### (三) 臺灣島之地理環境

臺灣氣候因地理位置位於熱帶至亞熱帶之間，且受太平洋暖流之影響，故形成獨特之海洋性熱帶至亞熱帶氣候，全年受季風之影響，雨量充沛，全年濕度均在 80% 以上，氣候夏季不熱，冬季亦不太冷；但由於縱貫全島之中央山脈，高山地區之氣溫因海拔升高而遞減，故具有寒溫暖熱之垂直氣候帶，因此而使得臺灣能夠保存許多冰期或間冰期進入臺灣之植物，此為其能保存許多古老植物原因之一 (柳楷，1968)。

### (四) 臺灣山毛櫸之發現史

殼斗科植物全球共有 11 屬約 900 種；臺灣有 7 屬 51 種 (劉業經等，1994)，以青剛櫸屬 (*Cyclobalanopsis*) 數量最多 (13 種) 而山毛櫸屬 (*Fagus*) 1 種最少。小西成章於 1906 年首度於北插天山發現臺灣山毛櫸，證實此屬植物亦存在於臺灣本島；隨後陸續於北插天山至南邊的盧平山及北邊的喀博山 (卡保山；加母山) (圖 2) 發現臺灣山毛櫸；1974 年 Severinghaus 與 DeVol 又於拉拉山發現另外一片臺灣山毛櫸純林。另由目前標本的採集記錄顯示三星山 (沈中桴，1984；蘇鴻傑，1988)、和平林道 (蘇鴻傑，1980)、銅山、飯包尖山之稜頂 (蘇鴻傑，1988)、鞍馬山 (Severinghaus and Devol, 1974)、塔曼山北稜及巴博庫魯斯山西北稜 (謝長富等，1987)、南插天山 (鍾補勤與章樂民，1954)、阿玉山 (TAIF, Herb.) 等地亦有分佈，而至九十年代，復於宜蘭山區發現另一片面積 900 餘公頃之純林。另據 Shen and Boufford (1988) 所發表的文獻中指出，中國大陸中部湖北省西北方亦有臺灣山毛櫸與松屬 (*Pinus*) 混生的採集記錄。

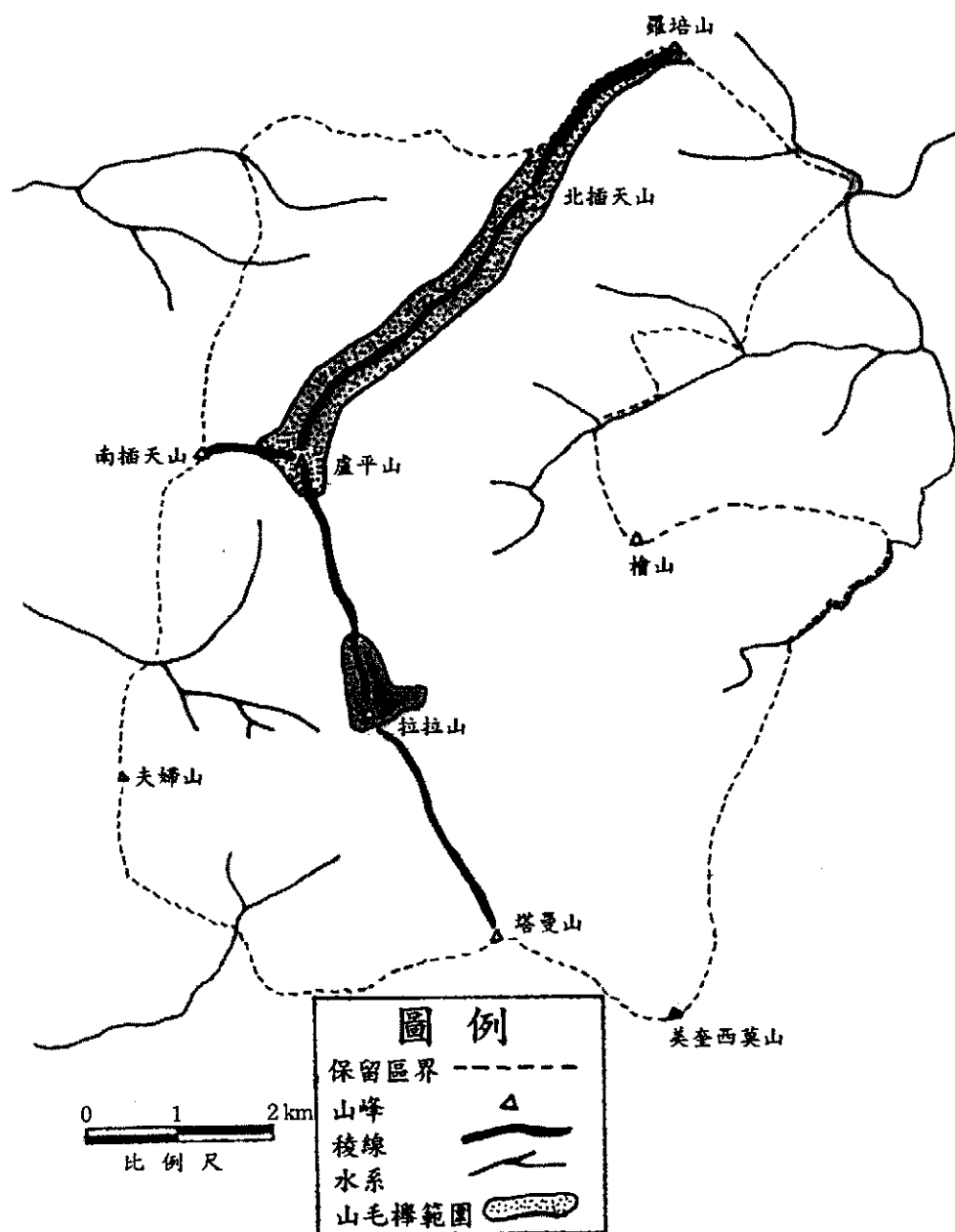


圖 2. 臺灣山毛櫸在插天山自然保留區之分佈 (邱清安, 1996)

## 二、植群分析調查

有關臺灣山毛櫸的植群型、組成及結構方面的研究調查，是往昔針對臺灣山毛櫸的研究的重點，不同的研究人員有不同的調查方式 (表 1)。由於各研究人員於設置樣區時所定之面積及所持之理念不同，而難有良好之比較基礎，但其各項研究結果仍有助於瞭解臺灣山毛櫸之組成。由

不同之歸群結果來看，臺灣山毛櫸皆為主要植群型樹種，而由於下層樹種再細分為不同的亞型。一般溫帶地區之山毛櫸森林可明顯地分成喬木層與地被層 (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974)，而臺灣山毛櫸森林則可分為三層，最上層為臺灣山毛櫸 (偶有紅檜、臺灣扁柏與鐵杉突出於冠層之上)，冠層高約 8-12m；中層為其他闊葉樹種，高約 5m，出現有西施花 (*Rhododendron ellipticum*)、白花八角 (*Illicium philippinense*)、臺灣樹參、漸尖葉新木薑子、變葉新木薑子、刻脈冬青、松田氏莢、石楠 (*Photinia serrulata*) 等；下層概由玉山箭竹及臺灣瘤足蕨所組成 (王立志, 1987)。混生於臺灣山毛櫸林的闊葉樹種不僅種類多，而且密度大，概屬中海拔常見之灰木科 (*Symplocaceae*)、杜鵑科 (*Ericaceae*)、樟科 (*Lauraceae*)、殼斗科及山茶科 (*Theaceae*) 植物，其中包含常綠闊葉樹、落葉性闊葉樹與針闊樹混淆林 (Daniel and Hsieh, 1986；邱清安, 1996)。

表 1. 歷年臺灣山毛櫸植群調查之比較

研究人員	地點	研究面積	歸群結果	年份
鍾補勤 章樂民	南插天山	50m× 10m	臺灣山毛櫸群叢	1954
劉崇瑞 蘇鴻傑	北插天山 多崖山	5m× 20m 4m× 20m	臺灣山毛櫸—臺灣瘤足蕨群叢 臺灣山毛櫸—玉山箭竹群叢	1972
王立志	北插天山 至 塔曼山	12個 20m× 25m	臺灣山毛櫸型 臺灣山毛櫸—玉山箭竹亞型 臺灣山毛櫸—臺灣瘤足蕨亞型	1987
謝長富	拉拉山 北插天山 羅培山	32個 10m× 10m	臺灣山毛櫸型 臺灣山毛櫸—小葉石楠亞型 臺灣山毛櫸—台灣吊鐘花亞型 臺灣山毛櫸—台灣小葉亞型	1989
邱清安	北插天山 盧平山 拉拉山	11個 10m× 25m	高山新木薑子型 臺灣山毛櫸—高山新木薑子亞型	1996

北美東部之落葉林中，山毛櫸與其它落葉樹如麻櫸屬 (*Quercus*)、樺木屬 (*Betula*)、胡桃屬 (*Juglans*)、槭樹屬 (*Acer*) 等混生，*Fagus-Acer* 群叢為森林演替後期之落葉林群落 (Braun, 1967)，其他伴生樹亦多為落葉樹，林下雜草雖有發現，但並不茂盛；歐洲之山毛櫸 (*Fagus sylvatica*) 群落為一極盛相之夏綠林，密度小、樹木高大，因遮光良好，林相極為單純，幾乎沒有伴生樹及下草發生，除早春型植物外，林地為落葉所覆蓋；日本之山毛櫸群落以八甲田山及奧日光等地為代表，常組成 *Fagus-Sasa* 群叢，赤竹屬 (*Sasa*) 為林床中盛行之植物，上層中混有少數針葉樹及落葉樹，其組成亦頗單純 (引自劉崇瑞與蘇鴻傑，1972)。

### 三、山毛櫸之更新與繁殖

關於臺灣山毛櫸的更新與繁殖，至今仍少有學者研究。邱清安 (1996) 認為臺灣山毛櫸林雖然目前仍以小徑木為多數，但記錄到之新生幼苗僅有 7 株，直徑 1cm 者僅有 12 株，其中 8 株為分蘖，且所見小苗生長之處殆為鬱閉破裂、礦質土裸露之地。劉崇瑞與蘇鴻傑 (1972) 於樣區中發現第一層之山毛櫸新生小苗較第二層小喬木多，而在當年秋季複查時，此等小苗即已死亡而未存活。

國外的發芽研究指出山毛櫸須經低溫層積才可獲得較高的發芽率 (Rudolf and Leak, 1974; Suszka, 1978)；而種子的活力則隨著收集地點不同而有很大的差異 (Stalter, 1982)。在無性繁殖方面，萌蘖 (sprouting) 是樹木自然更新的方式之一，很多樹種由於物理損傷或干擾，例如砍伐、火災、風折等均會引起樹幹基部萌蘖，甚至在未受損傷的情況下，也具有萌蘖形成多主幹的能力，例如米心水青岡 (*Fagus engleriana*) (賀金生等，1998)。有多篇報告指出，由於萌蘖為在逆境下有性繁殖難以實現的樹木之更新提供了穩定的種源，一旦時機成熟，就可以從被抑制狀態釋

放，而進入迅速生長狀態，而為山毛櫸的主要更新方式 (Nagaike *et al.*, 1999; 賀金生等, 1998)。

山毛櫸是依靠風力作為傳粉的媒介 (Kaul and Abbe, 1984; 易希道等譯, 1981), Hughes and Fahey (1988) 指出山毛櫸小苗的更新型態深受果實的散佈所影響，而山毛櫸果實散佈距離不遠，其果實無法抵達林外受干擾地區，因此無法建立起更新取代的小苗庫。在孔隙更新的研究中，耐陰性的山毛櫸之更新多發生於單株枯木或斷梢所造成之小孔隙中 (Yamamoto, 1989; Nakashizuka, 1989)，當孔隙大於 200m<sup>2</sup> 時，更新即發生困難 (Yamamoto, 1989)。疏伐與地被處理僅對物種歧異度的維持有益，並無法幫助山毛櫸的天然更新，甚至會導致地被植物的大量發生，尤其是亞洲山毛櫸林下特有的赤竹 (*Sasa*)、箭竹 (*Yushania*)、和筴竹 (*Indocalamus*) 等竹類 (Nagaike *et al.*, 1999)。根據化石標本，亞洲的山毛櫸與竹類在第三紀時即為伴生樹種 (Shen, 1992)，山毛櫸雖為耐陰樹種，但其種子萌發和小苗生長皆需要孔隙提供合適的光度，才得以順利萌發成長 (Nagaike *et al.*, 1999; Canham, 1988; 1989); 而林床上密佈的竹類，在離地 1-2m 處阻去大部份陽光，且竹類地下莖相互交織，形成了一般植物幼苗根系難以穿過的一個層墊，影響了種子的繁殖，導致林下很少見到實生苗存在 (Ohkubo *et al.*, 1996)。因此 Nagaike 等人 (1999) 建議，除了適當的疏伐修枝外，還必須配合林床的整理，尤其是竹類的去除，才能達到有效的更新目標。

此外，全球的氣候變遷情形，亦影響山毛櫸的生長。當溫度升高時，山毛櫸的莖生長會明顯下降 (Hoffmann, 1995); 當臭氧濃度變低時，山毛櫸的生理作用會衰退 (Mikkelsen, 1995); 而空氣污染則會造成山毛櫸不正常落葉、樹皮壞疽及樹葉變形 (陳澤裕, 1984)。

## 參、研究區概況

### 一、地理位置

插天山自然保留區位於北緯  $24^{\circ} 41' \sim 24^{\circ} 49'$ ，東經  $121^{\circ} 23' \sim 121^{\circ} 30'$  之間，面積 7,759.17ha，為臺灣北部最大之保留區，行政區域分屬於臺北縣烏來鄉、三峽鎮和桃園縣復興鄉，即新竹林區管理處烏來事業區第 43~45、49~53 及 18、41、42 林班之部分地區以及大溪事業區第 13~15、24~32 及 33 林班大部份地區。本拉拉山研究區域位於保留區之南方稍偏西，橫跨台北縣與桃園縣，面積約為 100ha，海拔高度介於 1,900m~2,030m。

### 二、山脈水系

插天山自然保留區位於台北盆地南方略偏西，以拉拉山為中心，周圍為羅培山、北插天山、盧平山、南插天山、夫婦山、塔曼山、美奎西莫山、茶壠山和檜山所環繞，全區海拔高度介於 300~2,130m，最高處為南隅之塔曼山，最低處為福山村內的札孔溪。北邊之羅培山至南邊之美奎西莫山之稜線，將全區分成東、西傾斜之坡面，亦將水系範圍區分成西半部大漢溪支流集水區和東半部南勢溪上游集水區；西邊溪流有崙崙溪及其支流西布喬溪（雪霧鬧溪）、拉拉溪、宇內溪；東邊溪流則由拉拉山至檜山之稜線將烏來事業區分成大羅蘭溪與札孔溪二個集水區，大羅蘭溪與馬岸溪匯集後與札孔溪在福山附近注入南勢溪，再與北勢溪匯成新店溪（圖 3）。



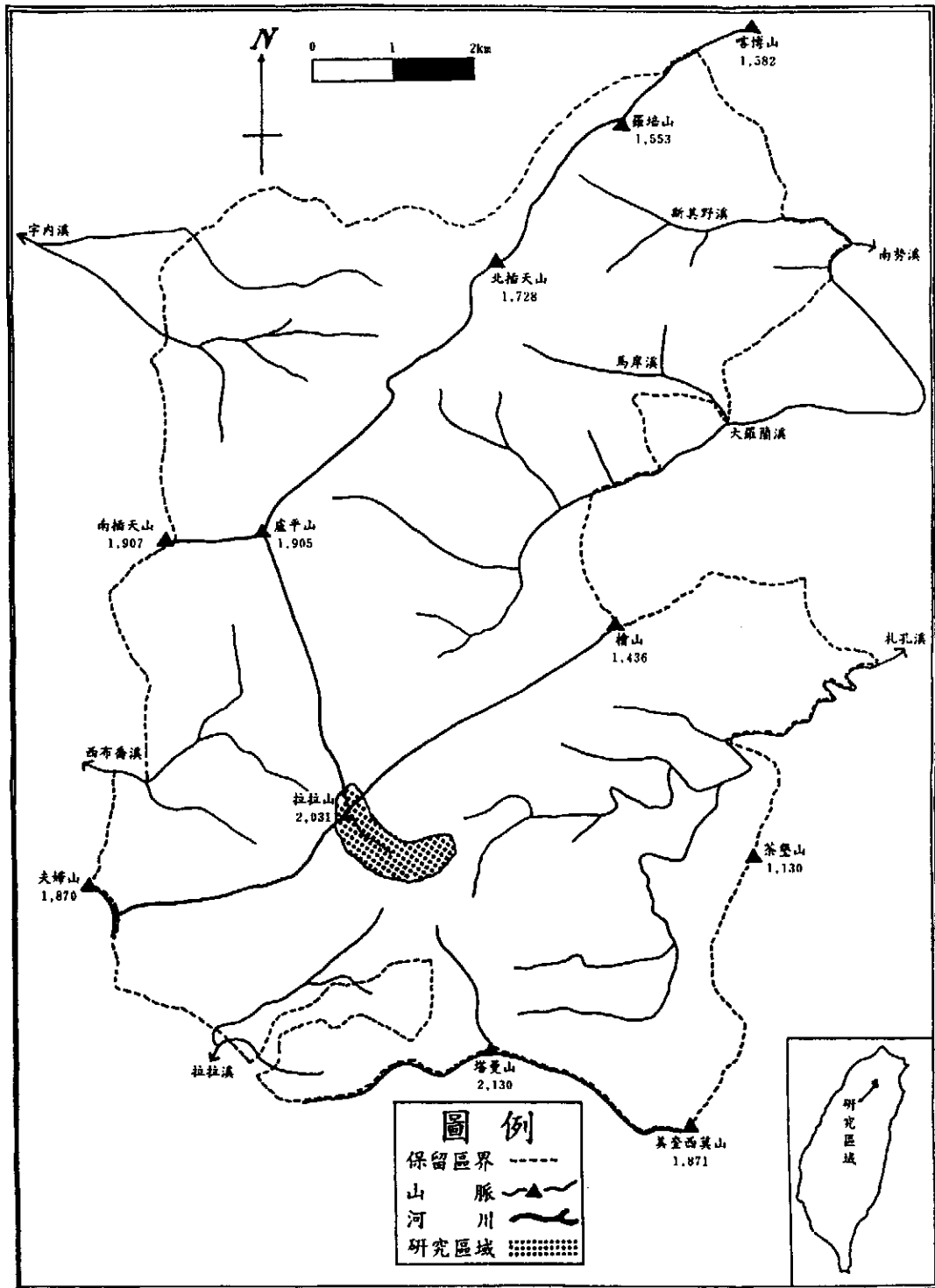


圖 3. 插天山自然保留區山脈水系分佈

### 三、地質與土壤

研究區的地質是由第三紀中新世的汐止群和漸新世的地層所組成，由上而下包括乾溝層、粗窟砂岩、大桶山層、媽岡層、木山（腳）層及大寮公館層（Tang and Yang, 1976），主要為第三紀之黏板岩、砂岩及頁岩；土壤以黃棕色森林土及溫性灰化土為主；土壤母質多源自砂頁岩互層，母質含鹽基量不豐，黏土礦物以蛭石、伊萊石和高嶺石為主。土壤 pH 值極低，介於 3.3~3.8 之間，顯示屬極強酸性土壤，表土有機質含量特高，灰壤化作用明顯（林光清，1987）。

### 四、氣候

研究區終年陰雨或雲霧瀰漫之日數較多，冬季偶會下雪，氣溫偏低，冬季介於 5~10°C，夏季在 20°C 左右，年平均溫度 15.6°C，由於受東北季風影響、年降雨量高達 3,290mm，各月雨量相當平均，相對濕度高達 90% 以上，屬溫帶重濕性氣候（林務局，1994）。由於特殊的地理位置正當冬、夏季風吹拂之處，氣候的變異甚大，此外，颱風的侵襲也影響著此區域的氣候型態和植群社會的更新動態。

### 五、植群社會

邱清安（1996）研究指出，本保留區之植群分化主要由海拔高度所控制；Hsieh（1989）更指出海拔高度是影響臺灣山毛櫸森林組成之最重要環境因子。根據海拔高度的不同，植群帶可分為鐵杉林帶（*Tsuga zone*）、櫟林帶（*Quercus zone*）及楠櫟林帶（*Machilus - Castanopsis zone*），櫟林帶又可細分為針闊葉樹混交林、臺灣杜鵑林、常綠闊葉樹林及臺灣山毛櫸林（邱清安，1996）。保留區內有小部份柳杉造林地及烏來事業區 49~53 林班一千多公頃的林下造林（紅檜）外，其餘為天然林：包括以錐果櫟、赤

皮 (*Cyclobalanopsis gilva*)、毬子櫟、青剛櫟 (*Cyclobalanopsis glauca*)、木荷 (*Schima superba*)、烏皮茶 (*Tutcheria shinkoensis*)、紅楠 (*Machilus thunbergii*)、鐵冬青 (*Ilex rotunda* var. *rotunda*) 等為主之闊葉林，及以紅檜 (*Chamaecyparis formosensis*) 為主之針葉林與闊針葉混淆林；針葉樹種除紅檜外尚有臺灣扁柏、鐵杉及華山松 (*Pinus armandi*) 等，林下由於濕度較大，土壤肥沃，蕨類植物生長茂密；大溪 33 林班有紅檜巨木群，北插天山稜線一帶至盧平、拉拉山的稜線間有臺灣山毛櫸成純林群落 (徐國士與呂勝由，1994)。

研究區包括臺灣北部中、低海拔林型及植被，重要的有紅檜巨木群、臺灣山毛櫸純林及生育其中之稀有植物如長柄千層塔、柳杉葉蔓石松 (*Lycopodium cryptomerianum*)、薄葉大陰地蕨 (*Botrychium daucifolium*)、威氏粗榧 (*Cephalotaxus wilsoniana*)、臺灣吊鐘花 (*Enkianthus taiwanianus*)、八角蓮 (*Dysosma pleiantha*)、紅星杜鵑 (*Rhododendron hyperthrum*)、臺灣黃蘗 (*Phellodendron amurense* var. *wilsonii*)、著生杜鵑 (*Rhododendron kawakamii*)、冠蕊木 (*Stephanandra incisa*)、臺灣青英葉 (*Helwingia japonica* subsp. *formosana*)、柳氏懸鉤子、臺灣蝴蝶戲珠花 (*Viburnum plicatum*)、源一木 (*Euonymus carnosus*)、楠葉海桐 (*Pittosporum daphniphyllodes*)、掌葉黃蓮、金石斛 (*Dendrobium linawianum*)、臺灣柯麗白蘭 (*Collabium formosanum*)、紅花羊耳蒜 (*Liparis nigra*)、臺灣金線蓮 (*Anoectochilus formosanus*) 等。綜合各不同研究報告，此保留區內植物群落可概分成：(1) 常綠闊葉林；(2) 落葉闊葉林；(3) 針闊葉混交林。

## 肆、研究材料與方法

### 一、資料蒐集與整理

首先蒐集與本區有關之基本環境資料，包括地理環境、範圍、氣候、地質土壤及一萬分之一相片基本圖、二萬五千分之一等高線圖、林相圖、林班圖等資料，以初步瞭解研究區之環境概況；另外對前人的研究文獻亦加以蒐集、整理。

### 二、調查路線踏勘與樣區設置及處理

參考前人研究報告確定臺灣山毛櫸在保留區的分佈範圍，查定地圖擬調查路線後即進行踏勘。經踏勘後選擇拉拉山為研究區域，並於巴福越嶺拉拉山登山口爬升至 1,920m 第一塊臺灣山毛櫸林出現處至山頂 (2,031m) 及拉拉山往南插天山途中一處平坦地，共設置 20 個 6m×6m 樣區，作為植群調查與更新處理之用，每個樣區由 9 個 2m× 2m 之連結小區組成。除樣區 10 及樣區 20 外，其餘皆設置於一至數株臺灣山毛櫸母樹之下，以期天然下種更新之發生。

### 三、樣區調查方法與植相紀錄

本研究調查採用多樣區法 (multiple plot method) 之集落樣區設置法 (contagious quadrat method)，樣區之設置主要考慮海拔、地形等環境變化與植物組成，舉凡植物社會可能有變化之地點均儘量進行取樣，並儘可能使樣區於研究區中均勻分佈 (圖 4)。調查時，樣區內植群資料登錄木本植物種類、株數及胸高直徑 (diameter at breast height, DBH)，並估計地面草本植物之覆蓋度 (coverage)。凡樣區內之樹木胸徑大於 1cm 者，列入喬木層，逐株予以量計胸高直徑，記錄種類；其他胸高直徑小於 1cm 之樹種及草本、蕨類等皆列為地被層，記錄全部種類及其覆蓋面積。

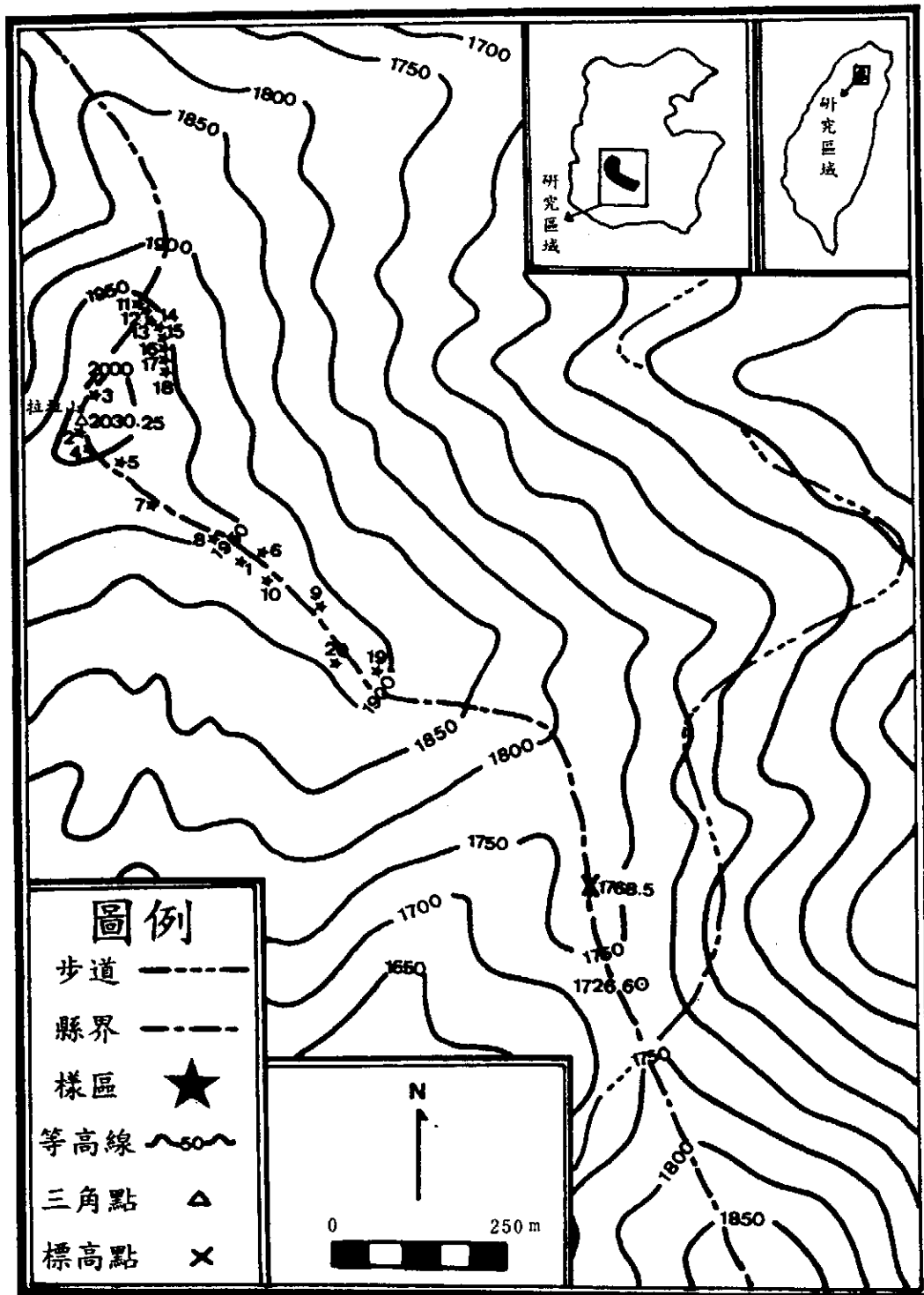


圖 4. 臺灣山毛櫸研究樣區分佈

#### 四、植群資料之統計分析

首先對野外調查原始資料之植物種類進行編碼，於文書處理軟體中輸入樣區、植物種類代碼、各株之胸徑或覆蓋度後，再轉換成資料庫格式。樣區之植物社會介量以重要值指數值 (important value index, IVI) 表示。將植物社會分成上下兩層 (喬木層和地被層)，計算各種植物在各樣區中之密度、頻度及優勢度，再轉換成相對值，上層植物社會重要值即三者相對值之總和，下層植物社會重要值即相對頻度和相對優勢度之總和，其意義代表某植物在林分樣區中所佔有之重要性。有關各計算公式如下：

$$\text{密度 (density)} = \frac{\text{某種植物株數之總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{頻度 (frequency)} = \frac{\text{某種植物出現之總樣區數}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{喬木層優勢度 (dominance)} = \frac{\text{某種植物胸高斷面積之總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{地被層優勢度 (dominance)} = \frac{\text{某種植物覆蓋面積總和}}{\text{所調查樣區面積總和}}$$

$$\text{相對密度 (relative density) \%} = \frac{\text{某種植物之密度}}{\text{所有植物密度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對頻度 (relative frequency) \%} = \frac{\text{某種植物之頻度}}{\text{所有植物頻度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度 (relative dominance) \%} = \frac{\text{某種植物之優勢度}}{\text{所有植物優勢度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{喬木層 IVI} = \text{相對密度} + \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 300$$

$$\text{地被層 IVI} = \text{相對頻度} + \text{相對優勢度} = 200$$

## 五、植群分類—矩陣群團分析

矩陣群團分析法 (matrix cluster analysis, MCA) 係以各植物於各樣區中之IVI為計算基礎, 首先計算兩兩樣區間之相似性指數(index of similarity, IS), 將相似性最高之兩樣區合併為一合成樣區, 再計算合併後之合成樣區與其他樣區間之相似性指數, 如此依次合併, 直到所有樣區合併至一合成樣區為止。有關矩陣群團分析之流程如圖 5。

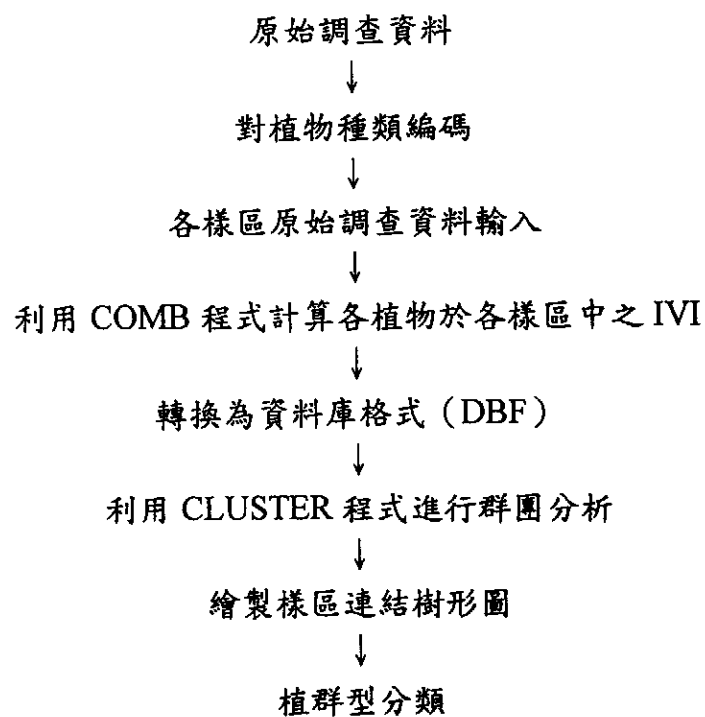


圖 5. 矩陣群團分析流程

相似性指數 (IS) 之計算係採用 Motyka *et al.* (1950) 之公式：

$$IS\% = \frac{2Mw}{Ma + Mb} \times 100\%$$

式中  $Ma$  為  $a$  樣區中所有植物介量之總和

$Mb$  為  $b$  樣區中所有植物介量之總和

$Mw$  為兩樣區中共同出現植物之較小介量的總和

以上計算使用本研究室以 BASIC 及 CLIPPER 語言所設計之 COMB 及 CLUSTER 程式（未發表）運算，最後再利用計算所得之樣區連結相似性百分率繪製樹形圖（dendrogram），對植物社會進行分類。

## 六、種間相關性

本研究採用定性的 2×2 關連表以及植物種出現在樣區之重要值進行種間相關測驗。2×2 關連表用於測驗二向表中各行和各列所形成的各事件是否為獨立性，其立論乃係二獨立的事件一起發生的機率等於該二事件各自發生機率之乘積，即期望值（expected, E）等於機率乘上所觀測之總樣本數。若此二事件非為獨立事件，則其實際觀測值（observed, O）必大於或小於期望值。而實際觀測值與期望值之偏差，可用卡方測驗（chi-square test）檢定其顯著水準。上述所謂的事件即是生態調查上的樹種之出現情形，有關之計算如下：

		種 A		
		+	-	
種 B	+	a	b	a + b
	-	c	d	c + d
		a + c	b + d	n = a + b + c + d

a 為 A、B 兩種植物均出現之樣區數

b 為僅 B 種植物出現之樣區數

c 為僅 A 種植物出現之樣區數

d 為 A、B 兩種植物均未出現之樣區數

$$\chi^2(\text{with Yate's correction}) = \frac{\left(|ad - bc| - \frac{n}{2}\right)^2 \times n}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$



在2×2 關連表中，種間之相關係數則以下式計算：

$$C = \frac{ad - bc}{[(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)]^{1/2}}$$

C 值大小介於-1 至+1 之間，當 C 越趨近於 0 時，表示種 A 與種 B 之出現不相關，否則即是有某一程度上的不相關或負相關。以上計算係利用本研究室所設計之 2×2CONT.BAS 程式（未發表）。

## 七、環境因子觀測與評估

不同生育地的環境因子間存在著程度不一的交互作用，然而目前對各環境因子間複雜的關係仍不甚了解，因此在植群研究過程中，仍必須將生育地環境因子分離為單一因子或合成指數，以求得環境因子和植群變異的相關。本研究針對下列環境因子加以觀測或評估：

### （一）海拔高度（altitude, Alt.）

在環境層級系統中海拔高度為最高階的影響因子，主要係影響一地區之氣溫，一般而言，當海拔上升 100m，溫度約下降 0.5℃~0.6℃。觀測時以氣壓高度計校正已知高度之水準點，於樣區中央位置測定之，直接以其讀數為評估值。

### （二）坡度（slope, Slo.）

坡度指生育地地面之傾斜度，坡度可影響土壤的發育、堆積、排水和含水量，另外，不同坡度控制了太陽之入射角，進而影響太陽之輻射強度及局部氣候（蘇鴻傑，1987）。量測時以羅盤儀或手提水準儀測出仰角或俯角，若林分樣區為傾斜率不均一的生育地，則宜取多次測值的平均。

### （三）全天光空域（whole light sky, WLS）

全天光空域指林分樣區能接受太陽輻射之空域大小，為綜合方位、坡

度、地形遮蔽度及太陽輻射能之估計值（蘇鴻傑，1987），當研究區涵蓋緯度差異不大時，區內生育地間之輻射量變化可用附近地形地物之遮蔽率作為長期累積效應之評估；鈴木時夫建議觀察樣區四周之十二個固定的方位角，測出遮蔽物之高度角（altitude angle）；更方便之方法為視附近山脊所在處，測其方位角和高度角（夏禹九與王文賢，1985），然後於研究室以製圖方式，求出未受遮蔽之天空範圍百分率，作為全天光空域（圖 6）。

#### （四）直射光空域（direct light sky, DLS）

直射光空域係於樣區林分中直接看到太陽在空中運行天域之大小，其大小相當於太陽夏至與冬至軌跡之範圍，再扣除直射光被稜線所遮蔽之部份（圖 6）。

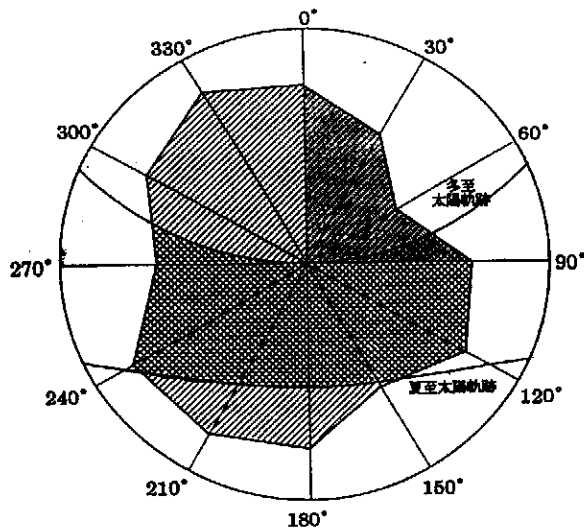


圖 6. 林分樣區之全天光空域（單斜線部分）、直射光空域（雙斜線部分）與東北向全天光空域（黑點部分）

#### （五）東北向全天光空域（northeast whole light sky, NE）

本研究區地理位置特殊，可能深受東北季風影響，故仿陳益民（1991）之做法，將東北向（方位角  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ）之全天光空域予以分離出，並視為影響植群變異的可能因子之一（圖 6）。

#### （六）坡向（水分指數, Mos.）

坡向係指樣區或生育地最大坡度所面臨的方向，可於現場以羅盤儀測得。不同坡向將導致溫度、日照、濕度與土壤水分之差異，要探討其與植物之關係，須將角度轉化為效應的相對值（蘇鴻傑，1987）。本研究將方位視為水分梯度（moisture gradient, Moi.）之對應值，通常以北半球而言，西南向最乾燥，東北向最陰濕，故給予 1（最乾）至 16（最濕）之相對值（圖 7）（Day and Monk, 1974）。

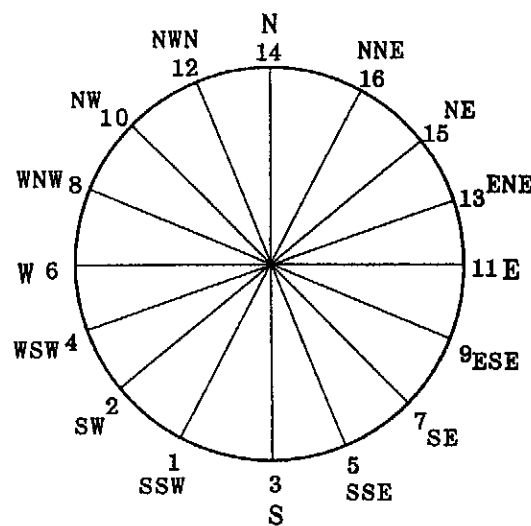


圖 7. 以方位表示之水分梯度級（Day and Monk, 1974）

#### （七）土壤性質

1. 土壤有機質：採用濕消化法（Walkley-Black procedure），利用  $K_2Cr_2O_7$  及  $H_2SO_4$  之混合液，將有機物氧化未耗用掉的  $K_2Cr_2O_7$ ，以  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  滴定來測定有機碳含量。取 0.5g 樣本置於 500ml 錐瓶內加入 10ml 1N  $K_2Cr_2O_7$  輕輕搖晃；在抽氣櫃內再加入 20ml 濃硫酸，立即

緩慢搖晃 1min 後靜置 30mins，加入 200ml 純水及 3~4 滴 Ferroin 指示劑與 85%  $H_3PO_4$  5ml，在電磁攪拌器上以 0.2N  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  滴定，當顏色轉變為褐紅色即為滴定終點，若滴定量僅為 0~4ml，則應以較少量樣本再行分析，若滴定量超過 17ml，則以較多樣本再分析。

2. 土壤 pH 值：土壤為植物發育之基質，土壤 pH 值可直接或間接影響土壤之物理、化學、生物特性及植物生長（胡弘道，1993），可視為土壤肥力之綜合評估（蘇鴻傑，1987）。土壤 pH 值之測定係於樣區內取表土約 10cm 深度的樣土均勻攪拌，帶回實驗室風乾並過 2mm 篩網後，以土:水=1:2.5 的比例混合，間歇攪拌 1 hr 後測定。
3. 全氮含量：採用 Semimacro Kjeldhal 法測定，經過硝化蒸餾作用最後滴定，以滴定量為含氮量之依據而計算出含氮量。取 0.5g 樣本放入 Kjeldhal 分解瓶中，加入 2g 分解促進劑 ( $K_2SO_4$ : $CuSO_4$ =9:1) 及 10ml 濃硫酸，將分解瓶放入分解爐中，溫度提昇至 375°C，於此溫度蒸煮 2hrs，蒸煮完畢後放置一旁冷卻，以純水定量至 100ml，取 50ml 進行全氮蒸餾，以 40% NaOH 15ml 加入分解液中進行蒸餾，並以 2%  $H_3BO_3$  為捕捉液（混合指示劑以 0.33g Bromocresol green 及 0.1654g Methyl red 溶於 95% 酒精稀釋成 500ml），蒸煮 7~8mins 使捕捉液成為 50~60ml。最後以 0.05N  $H_2SO_4$  滴定測其全氮量。
4. 有效磷：有效磷以鈷藍 (molybdenum blue) 法測定。取 1g 樣本置於 50ml 角錐瓶中，加入 7ml 抽出液 (0.025N HCl 15ml+0.03N  $NH_4F$  25ml+ $H_2O$  定積至 500ml) 振盪 1min 後，以 Whatman NO.42 濾紙過濾，取 2ml 樣液加入 5ml  $H_2O$  及 2ml 鈷酸鉍液 (15g  $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$ +350ml 10N HCl 待冷卻後定積至 1L)，混合均勻後加入 1ml 氯化亞錫稀釋液 (10g  $SnCl_2\cdot 2H_2O$ +25ml conc. HCl 取 1ml+333ml  $H_2O$ )，再混合均勻後於 5~20mins 內以分光光度計測定其濃度，測定波長為 660nm，利用標準

曲線取得樣液之磷濃度。

## (八) 微氣象環境因子監測

### 1. 選擇測區

因光度會受局部環境所影響，故於每一樣區選擇 5 個測區，先以 TES 1330 光度計量測各測區之絕對光度，再求得平均絕對光度，並以其絕對光度最接近平均絕對光度之測區為日後定期監測微氣象環境因子之測區；此外，於拉拉山三角點空曠處設一對照測區，以獲得全光量，藉以求得相對光度。

### 2. 溫度、相對濕度及絕對光度量測

於 1999 年 9 月 19 日設置完成，使用 8K 加強型外接式溫度資料儲存盒 (8K Stow Away- TEMP for external sensor, -37 to 46 °C, XTE08-37+46)，8K 相對濕度資料儲存盒 (8K Stow Away- RH, 0 to 100%, SRHA08) 及 8K 光度資料儲存盒 (8K Stow Away- LI Light Intensity, 0.02 to 20K lumens/sq ft., SLA08)，設置於樣區，俟下次調查時取回，以其專用軟體 (BoxCar-Pro) 讀出所記錄之溫度、相對濕度及絕對光度等資料。

## 八、環境因子間相關分析

環境因子雖可視為許多獨立變數而加以觀測，但其中有些因子間常有顯著的相關性，依其影響程度及相關性可組成環境層級系統之觀念，此外尚要考慮因子補償作用 (factor compensation)；又生育地中的各項環境因子常與植物社會之組成分子間具有某種程度上的相關，本研究利用各植物社會之臺灣山毛櫸、玉山箭竹與臺灣瘤足蕨之重要值與樣區之各項環境因子進行相關分析。分析方法為 Pearson 相關，以套裝軟體 SPSS10.0 進行統計分析。

## 九、試驗樣區處理

將之前作為植群調查之 20 個樣區，於調查後選擇樣區四個角落和中間共 5 個小區做五種不同的處理，之後每一季作一次調查，比較處理前後地被植群演替更新的恢復情形，樣區處理方式如下：

1. 僅刈除地被層之地上部。
2. 刈除地被層外，連同植物根系一併清除。
3. 上述 2 項作業外，並清除腐植質之堆積層，而使表土裸露。
4. 上述 3 項作業外，並鋤鬆表土。
5. 完全不作業之對照組。

## 十、物候觀察

1999 年 2 月起開始調查，針對拉拉山地區海拔 1,920m 至山頂 2,031m 間的臺灣山毛櫸族群，選擇 30 株母樹為樣株，每月以調查一次為原則，每次現場調查，將臺灣山毛櫸的物候現象區分為 5 個時期(參考林國銓等，1997)，分別以百分比(%)加以記錄之，以樣株超過一半以上為標準，有半數或半數以上株數達各時期時，則認定臺灣山毛櫸族群為此時期物候現象。5 個物候期定義如下：

1. 抽芽期：當芽鱗膨大伸長至芽苞中的芽、雄花伸出嫩葉之尖端止。
2. 展葉期：芽鱗中皺褶幼葉出現至葉片完全平展，且顏色轉為墨綠時。
3. 花出現期：細分為雄花期及雌花期。由花序開始有一朵花或幾朵花開放，至全株樹上只剩下少許花、多數為幼果時。
4. 著果期：由幼果已成型，到果實幾乎全部掉落。
5. 落葉期：細分為黃葉落葉期及無葉期。由葉片開始轉黃至完全掉落止及葉片完全掉落至新芽冒出前。

## 十一、種子處理試驗設計

### 1. 發芽步驟

臺灣山毛櫸堅果採集後，先進行堅果重量和含水率的測定，測重的目的在計算每公升堅果具有活力堅果之數目；含水率的測定則可決定種子的儲藏性質。另外必須對堅果進行活力測驗 (viability)，以測定種子發芽之潛能。當堅果基本資料建立後，立即進入發芽試驗的階段，步驟如下(參考林讚標，1996)：

- (1) 逢機取 400 粒堅果，分成 4 重複，每重複 100 粒。
- (2) 準備介質，利用水苔，使用前先用自來水清洗之，清洗過後，以手握拳以排除多餘的水，使鮮重含水率仍有 80%。
- (3) 準備可封口塑膠袋 (厚 0.04mm)，置入 100 粒堅果，再放入濕水苔，水苔之量大約是堅果重量之 3-4 倍，塑膠袋仍留 50% 左右之空間。
- (4) 同時封入多量空氣。
- (5) 上下振動攪拌使堅果與水苔混合均勻。
- (6) 塑膠袋置入有光期、溫度、光強控制之生長箱內進行發芽。每週檢查一次至二次，發芽的堅果應移出以免干擾到正要或發芽中的堅果。
- (7) 發芽進行時間 30 天。

### 2. 發芽條件

發芽試驗在 2 種條件下分別進行，每種條件下均逢機選取 400 粒堅果，分成 4 重複，每重複 100 粒。2 種條件分述如下：

- (1) 15°C 恆溫下，光照 16hrs，黑暗 8hrs。
- (2) 變溫處理。20°C 光照 16hrs，10°C 黑暗 8hrs。

### 3. 層積條件

除了進行發芽試驗外，其餘堅果仍以 400 粒分成 4 重複，每重複 100 粒，置入 4°C 恆溫箱中進行低溫層積，各層積 30、60、90、120、150 天及

不層積之對照者，共分為 10 種處理，至層積天數屆滿即取出進行發芽。

## 十二、臺灣山毛櫸天然下種更新苗的監測

1999 年 7 月至 2000 年 4 月間，將研究區域中所發現之臺灣山毛櫸小苗予以掛牌並給予不同之編號，長期監測標定苗的距地高度（由地面至小苗頂端生長點的高度）、葉片數目、存活情形及死亡原因，若小苗遺失至 2000 年 4 月仍找不到，則以死亡記錄之；此外並繪製小苗位置分佈圖，以觀察東北季風對臺灣山毛櫸果實散佈之影響。小苗動態變化計算存活率（survivorship）與死亡率（mortality）兩種：

存活率： $(2000 \text{ 年 } 4 \text{ 月小苗數量} / \text{小苗總出現量}) \times 100\%$ 。

死亡率： $1 - \text{存活率}$ 。

## 十三、族群結構（population structure）

量測拉拉山地區臺灣山毛櫸的胸高直徑，並將調查結果繪製成徑級分佈圖，以觀察此區域臺灣山毛櫸之族群結構。徑級幅度採每 2cm 為一級。

## 十四、枯枝落葉收集

1999 年 8 月於各更新樣區旁 1m 處設置枯枝落葉收集器（litterfall trap），共設置 21 個，以收集植物之枝條、葉片及花果。收集器長寬高為 110cm×110cm×100cm，由各種不同之 PV 塑膠管組合而成，上覆 150cm×150cm 之方格尼龍網。不定期收取收集到之枯枝落葉，攜回實驗室後陰乾，將之分為臺灣山毛櫸（果實及枝條除外）、臺灣山毛櫸果實、所有枝條及非臺灣山毛櫸四部份。除臺灣山毛櫸果實外，其餘皆置入 65°C 烘箱中，4 天後取出秤重（絕乾重），臺灣山毛櫸果實則計算數量並秤重（氣乾重）。



## 十五、土壤種子庫

1999年8月4日及2000年1月1日，分別於各樣區旁共挖取21個樣點，長寬20cm×20cm，深分別為0~5cm及5~10cm二層的土壤各一包，共42包，帶回室內進行發芽試驗，採取土樣時枯枝落葉不移除。將取回土壤分別置入發芽盤中，每日澆水維持濕潤，並於每週觀察記錄一次，發芽試驗分別進行至1999年11月2日及2000年4月1日止。

## 伍、結果與討論

### 一、臺灣山毛櫸之形態描述

落葉喬木，高可達 25m，直徑超過 1m。根系入土不深，延伸甚廣。幹皮光滑，灰白色，主幹通直，距地 1~3m 處分歧。芽長而尖，卵球形，芽鱗明顯，冬芽長 8~12mm，夏芽長 4~6mm。幼葉在芽中呈皺褶狀，散生金黃色茸毛。葉卵形或卵狀長橢圓形，長約 5cm，寬約 2.5cm，先端漸尖，基部楔形至圓形，葉緣殆細齒狀，表面深綠，背面淺綠色，側脈 7~10 對，平行，表面凹下，背面凸起。葉柄長約 5~6mm，沿脈兩面皆被金黃色毛茸。花單性同株，雄花多數，下垂，為有長細柄之頭狀花序 (capitulum)，簇生於葉腋；花被筒狀，4~6 裂，外被金黃色長柔毛；雄蕊 5~12 枚；線形苞片披毛，脫落性。雌花 1~2 朵，稀 4 朵，著生於一長總梗上，腋生，花被筒狀 5~6 裂，被毛，花柱 3 裂，細長，外曲，外圍以多數苞片所組成之總苞 (involucre)。殼斗卵球形，長約 1cm，表面有長軟棘，成熟 2~6 裂，多 4 裂，柄長約 1cm。木質總苞瓣裂，內藏堅果 (nut) 2 顆，稀 4 顆。堅果被短毛，具 3 條翼狀稜脊，每一堅果內有 5 粒種子，種子線形，被短柔毛 (圖 8、9)。花粉外壁厚度約 1.4~2.0 $\mu\text{m}$ ，發芽孔 (aperture) 3—4 個，外壁內層片狀 (lamellar)，厚約 0.1~0.4 $\mu\text{m}$ ，外層之柱狀層為顆粒狀或小柱，厚約 0.2~0.3 $\mu\text{m}$ ，而覆蓋層與基層突起形成不規則圖案，厚約 0.3~0.9 $\mu\text{m}$ ，覆蓋層上則可見明顯的刺狀紋飾 (鄭中華等，1999)。

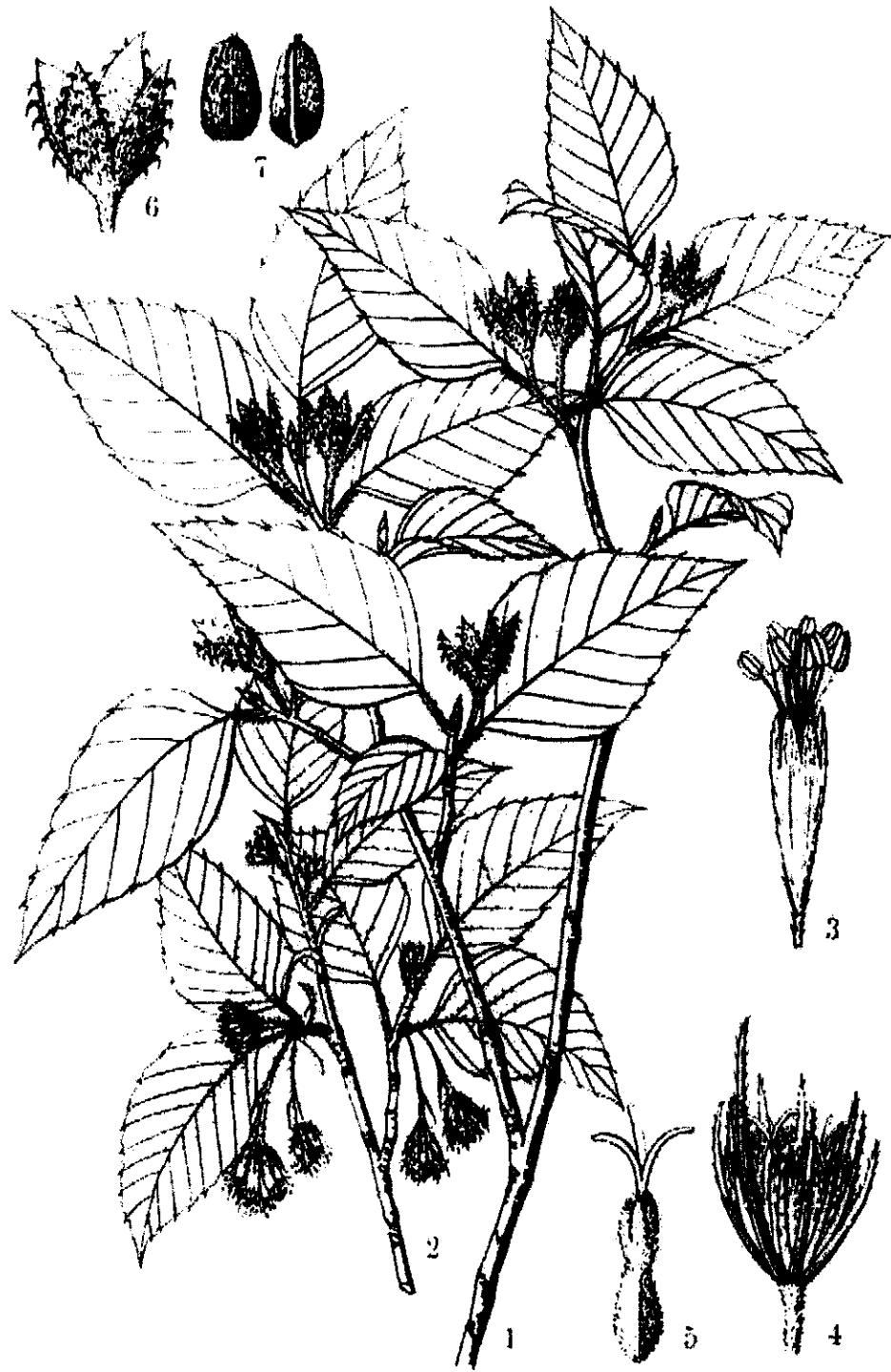


圖 8. 臺灣山毛櫸之形態

1. 果枝； 2. 花枝； 3. 雄花； 4. 雌花序； 5. 雌花； 6. 總苞； 7. 堅果（吳鳴翔，1989）。

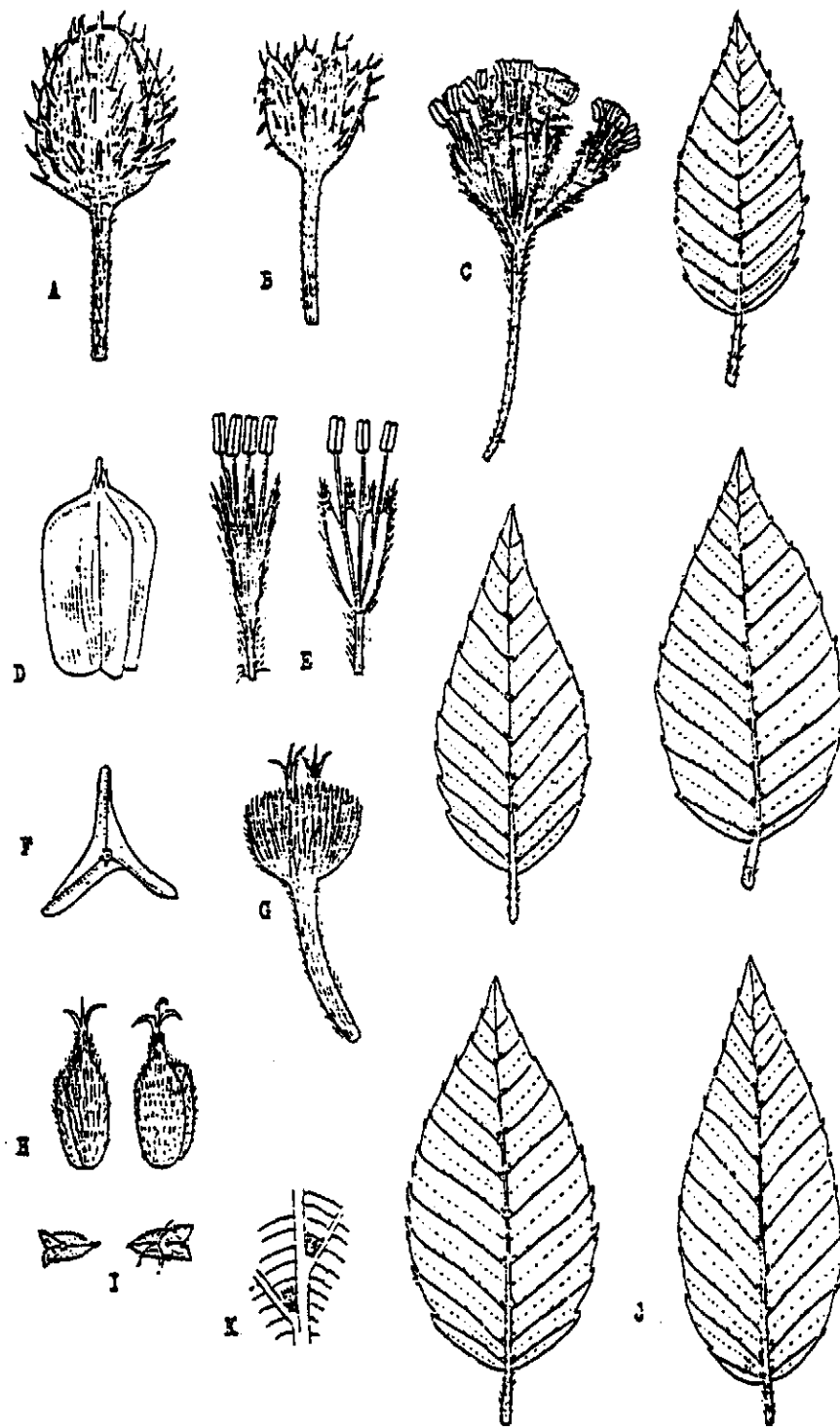


圖 9. 臺灣山毛櫸葉、花、果之形態

A. 殼斗； B. 開裂之殼斗； C. 雄花之頭狀花序； D. 堅果； E. 雄花； F. 堅果橫切面； G. 具總苞之雌花； H. 雌花； I. 雌花橫切面； J. 葉片； K. 葉背中肋與側脈間之毛叢（廖日京，1991）。

臺灣山毛櫸堅果具三條翼狀稜脊，將堅果區隔成三個平面，其中一平面成  $180^\circ$ ，另外二平面約相等，各成  $90^\circ$ 。量測 328 顆堅果後，其長寬高基本資料結果如表 2 所示。每顆堅果平均重量 10.87mg。臺灣山毛櫸為子葉出土型（圖 10），子葉數目 2 枚，褶扇狀；初生葉 2 片對生，之後互生；根、莖、葉、芽均被毛，主根系，鬚根明顯，經觀察發現至少有兩種外生菌根（ectomycorrhiza）。

表 2. 臺灣山毛櫸堅果長寬高

	平均值	最大值	最小值
長度 (mm)	4.48	5.46	3.04
寬度 (mm)	3.14	4.46	1.81
高度 (mm)	7.09	8.93	5.28

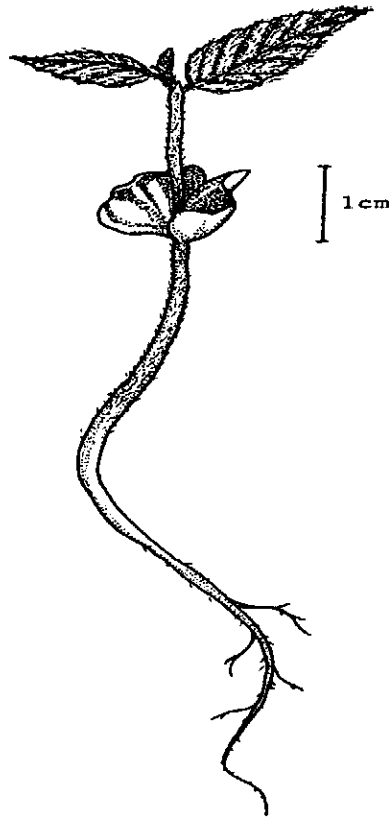


圖 10. 臺灣山毛櫸小苗形態

## 二、臺灣山毛櫸物候觀察

林木在自然中隨四時節氣影響所出現之萌芽、展葉、開花、結實與落葉等現象為物候變化，而記錄植物生長季節之物候變化，即植物生活週期之調查，其可掌握植物之生態習性、提供栽培管理、預測開花結實期及種子產量等，作為引種馴化及選育優良品系之重要參考依據，甚至可作為族群復原保育與環境監測指標等意義。由於物候現象主要受到遺傳及環境因子之影響，不同樹種的物候現象也隨之不同，因此任何樹種在不同地區的物候調查均有其必要性。拉拉山地區臺灣山毛櫸的物候觀察，自1999年2月至2000年4月，總計至研究區19次，得到觀察結果如表3所示。

依1999-2000年的觀察記錄顯示，臺灣山毛櫸於2月上旬花芽開始膨大，至2月下旬已有少數雄花出現，隨即開始展葉；新葉展開後，葉片上即出現二種蟲癭(gall)：球狀和刺狀蟲癭，之後雌花出現，此時為3月中旬，3月下旬雄花期達於最盛；3月下旬至4月上旬，雄花漸乾枯而雌花受精，子房開始發育，雌花與展葉皆於4月達到最盛，雌雄花期相差約10天，雌花於受精後發育成果實或未受精而掉落，雄花則於乾枯後仍懸掛於植株上；4月下旬，新葉已大致完全開展，且顏色多已轉為墨綠色。果實繼續發育，至6月中旬少數總苞轉變成褐色，且總苞(involucre)外的軟棘明顯，甚至已開裂，而露出三角狀堅果(nut)，但大部份仍未成熟，此時林地上掉落許多遭條紋松鼠(*Tamias maritimus*)所啃斷的結實枝條，枝上果實尚未成熟，概因此時樹體內含糖量高(郭寶章，1985)，是以吸引松鼠在春夏之際食物充足時仍選擇啃咬臺灣山毛櫸之枝條。8月上旬至9月中旬堅果漸次成熟，果實成熟後掉落；另外，9月枝條上出現膨大的花芽及雄花花序，數量不多，推測為氣候上之異常變化(早霜)，

誘使芽體受刺激而於秋季開花，然未見雌花出現，因此此時之開花現象，並無法完成傳宗接代之任務，反而徒耗樹體之養分。9月中旬出現第三種壺狀蟲癭，至下旬時葉片開始變黃；10月中旬整個結實期完全結束，此時黃葉數量增加，於11月中旬達到最盛期，接著便大量落葉，至11月底黃葉落盡，整個臺灣山毛櫸林自此進入休眠狀態，直至翌年3月下旬至4月上旬才再開始展葉。在2000年之開花期與著果期部份，由於適逢臺灣山毛櫸之欠年，因此並未記錄到開花之情形發生，自然也就沒有果實形成。

表 3. 臺灣山毛櫸物候觀察

年		1999												2000						
月		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
抽芽期		—						—					—		—					
展葉期			—													—				
花出現期	♂		—					—												
	♀		—																	
著果期				—																
落葉期	黃葉落葉期								—											
	無葉期	—									—									

### 三、臺灣山毛櫸堅果發芽試驗結果

根據臺灣山毛櫸物候觀察結果，2000年值臺灣山毛櫸欠年，因此並無堅果可採集做為實驗材料，是以上一年度採集之堅果所做之發芽結果列之於表4。由於儀器故障之故，是僅以原始發芽資料呈現出臺灣山毛櫸堅果之發芽結果。

表 4. 臺灣山毛櫸堅果發芽試驗結果

		堅果取出發芽時間						
		1999.10.02	1999.11.02	1999.12.02	2000.01.02	2000.02.02	2000.03.02	
採 集	變 溫	1999.08.04 (拉拉山)	0	0	0	0	0	0
		1999.08.04 (北插天山)	0	1	5	7	7	4
	時 間	1999.08.30 (拉拉山)	7	10	12	15	8	3
		1999.09.20 (拉拉山)	6	3	3	2	4	6
時 間	恆 溫	1999.08.04 (拉拉山)	0	0	0	1	0	0
		1999.08.04 (北插天山)	1	2	3	6	7	1
	時 間	1999.08.30 (拉拉山)	6	11	0	10	2	0
		1999.09.20 (拉拉山)	5	4	3	4	5	1

#### 四、枯枝落葉收集

枯枝落葉為林木生長之自然現象，其成分包括葉、枝條、樹皮、果實、種子及花等，為林木養分回歸林地之重要途徑，而枯枝落葉之多寡，端視樹種及生態系結構而異，而枝葉脫落量之多寡，受林型及氣候帶之影響。Saito (1973) 指出，一般落葉的高峰多集中於生長季節之初或結束時出現，落葉闊葉樹及針葉樹其落葉高峰集中於生長季節結束時，此又稱為秋季落葉型，而常綠闊葉樹種則在生長季節之初，為春季落葉型，常綠針葉樹種常兼有前兩者之雙高峰型；對於落葉樹種來說，秋季氣溫下降，常引起大量落葉的發生，然全年總落葉量之 10%~20% 是發生在夏季或其之前；通常暴雨、降雪及強風等常促進新鮮樹葉的掉落，尤其是颱風來臨時；枝條的掉落較無季節性，多隨暴風雨及暴風雪的增加而增加；花的掉落通常在春天發生；而種子、毬果及果實則發生在秋天及冬天。因此，由枯枝落葉之收集，可瞭解森林中植物組成之動態變化，包括樹種之四季變化量、種實雨 (seed rain)、林齡、演替期、生物量 (biomass) 等，並可預估氣候對林木的影響程度，亦可佐證物候調查之正確性。



表 5. 枯枝落葉各組成份之變化

	99/09/19	99/10/09	99/11/07	99/11/20	00/01/01	00/01/23
山毛櫸堅果數	3940	5761	871	46	220	19
山毛櫸堅果重 (g)	52.17	55.29	7.98	0.42	1.95	0.19
山毛櫸葉重 (g)	222.14	594.26	2351.74	3325.26	1213.45	16.17
枝條重 (g)	161.52	85.04	92.53	26.49	605.81	256.91
非山毛櫸葉重 (g)	94.26	166.78	198.14	104.74	261.88	142.41
枯枝落葉總重 (g)	<b>530.09</b>	<b>901.37</b>	<b>2650.39</b>	<b>3456.91</b>	<b>2083.09</b>	<b>415.68</b>

收集時間自 1999 年 9 月至 2000 年 1 月，由各部份收集情形（圖 11；表 5）可看出臺灣山毛櫸堅果大量出現於 9 月與 10 月；臺灣山毛櫸落葉則集中於 10 月至 11 月，12 月後驟降，之後便幾乎收集不到葉片，此為落葉性樹種的特徵，其落葉高峰亦集中於生長季節結束時，屬於秋季落葉型樹種；12 月異常的枝條重，乃 12 月一場降雪造成枝條大量斷折之結果；非臺灣山毛櫸葉重部份，除了常綠樹種葉片於生理上的衰老掉落外，伴生之落葉性樹種如畢祿山鼠李、假繡球、小葉石楠、臺灣高山英蕨、太平山櫻花與臺灣掌葉槭等亦於秋冬不同時期造成小規模的落葉；整個枯枝落葉的重量，集中於 10 月至 12 月；分析枯枝落葉，得知各部份所佔的比例為：臺灣山毛櫸堅果 1.18%，臺灣山毛櫸落葉 76.94%，枝條 12.24%，非臺灣山毛櫸落葉 9.65%。由結果得知，臺灣山毛櫸的落葉為枯枝落葉的主要成分，而整個林份的組成樹種以臺灣山毛櫸為優勢種；再將各組成重量轉換為每公頃林地的枯枝落葉量，在 9 月至隔年 1 月近 5 個月的時間裡，枯枝落葉量為 658.37 kg/ha，其中臺灣山毛櫸的落葉就佔了 506.55kg，換算為一年之枯枝落葉量為 1,580.09 kg/ha/yr；臺灣山毛櫸堅果的收集共計 10,857 顆，總計 21 個枯枝落葉收集器取樣面積為 152.46m<sup>2</sup>，換算成密度為 712,121 顆/ha，此為 9 月之後所累積之臺灣山毛櫸堅果數，尚未滿一年，實際上臺灣山毛櫸之年結實量應多於 712,121 顆/ha。

種子發育可簡單分成三個時期：快速的細胞分裂、物質的合成堆積致使乾重與鮮重大量增長、種子成熟階段鮮重明顯下降，乾重也不再增加，而且整個種子之含水率迅速下降（林讚標，1996）。在六個不同的枯枝落葉收集時期，每顆堅果平均重量分別為 13.24mg、9.60mg、9.16mg、9.13mg、8.86mg、10.00mg，可看出堅果重量隨著結實期的結束而逐漸遞減，顯示出在 9 月時，臺灣山毛櫸堅果乾重為最大值，內部的種子正值成熟時期，其發芽率應為最高值，若欲採集堅果（種子）作為育苗或繁殖之用，此時應為最佳時期。根據現場持續一年多的觀察發現，2000 年 3 月~4 月間萌發數量甚多之臺灣山毛櫸小苗；將上述兩種結果相互對照，推測臺灣山毛櫸種子在天然環境下約需 6 個月始發芽。

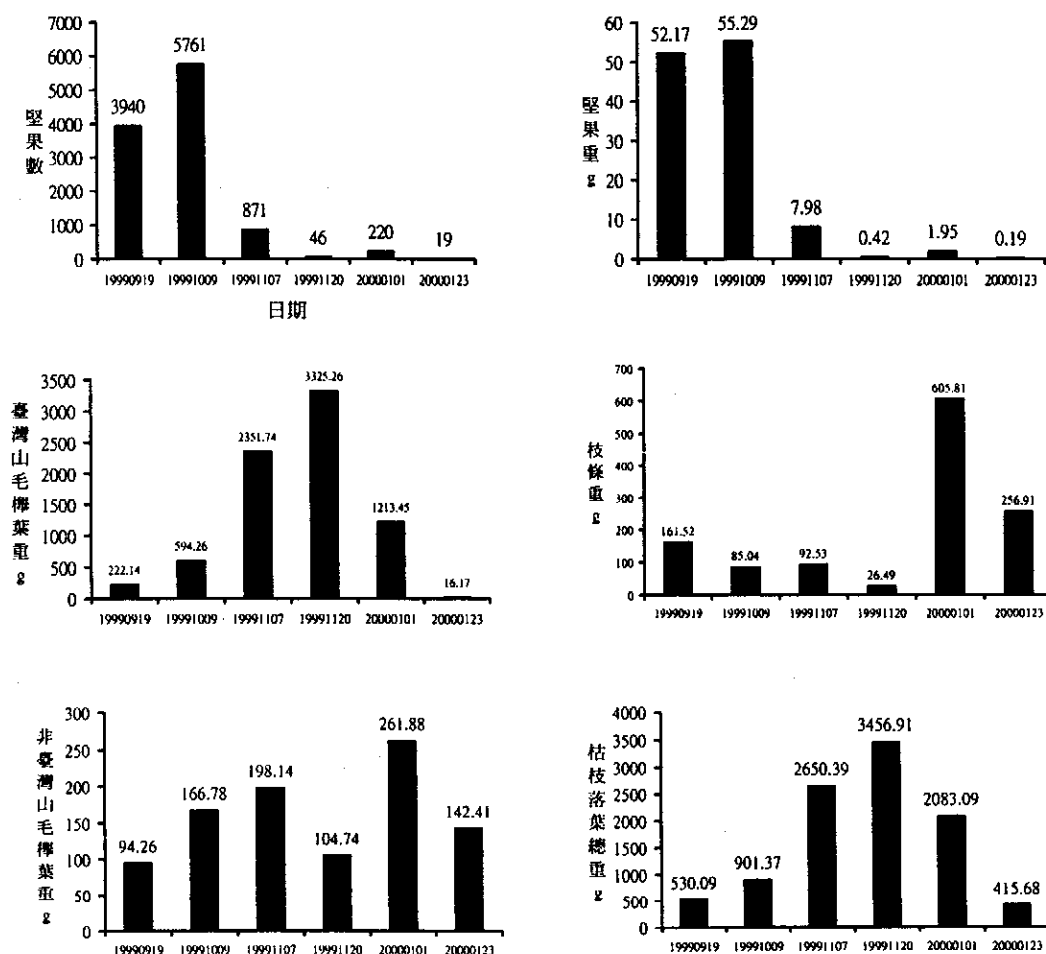


圖 11. 枯枝落葉各組成份之變化

## 五、土壤種子庫

1999年8月發芽至10月及2000年1月發芽至3月各3個月，分別記錄到315株與256株各類植物萌發小苗，總計21個樣點共取樣之面積為0.84m<sup>2</sup>，換算成密度分別為375顆/m<sup>2</sup>與304顆/m<sup>2</sup>，此與福山的1,166顆/m<sup>2</sup>（張和明，1996）及關刀溪的1,129顆/m<sup>2</sup>（周文郵，1999）相差3~4倍，反而較接近大陸寶華山的145顆/m<sup>2</sup>至413顆/m<sup>2</sup>（安樹青等，1996），然而與西雙版納雨季末期之3,345±438顆/m<sup>2</sup>，旱季末期之4,555±554顆/m<sup>2</sup>（唐勇等，1998），差距更高達十倍左右，雖說不同時間、地點之種子庫（seed bank）差異頗大，然而本研究主要是因為發芽時間僅為3個月，較前述各研究發芽時間短了許多的緣故；另外在2000年1月所採回之土壤，於發芽過程中萌發3株臺灣山毛櫸之小苗，且皆位於0-5cm之枯枝落葉層中，數量不多可能與取樣太少或取樣點有關，卻也可知道臺灣山毛櫸果實並未存在於林床之種子庫中，而是以種苗庫（seedling bank）方式存在，位於0-5cm之土層，亦即枯枝落葉層中。

## 六、臺灣山毛櫸天然下種苗之監測

### （一）小苗生長情形

自1999年4月4日第五次調查，於第6樣區發現2株小苗，至1999年9月20日止，陸續於研究區域發現臺灣山毛櫸小苗105株，除編號21、22、23號3株外，其餘102株皆分佈於7號樣區旁一株臺灣山毛櫸母樹下，此株高度約14m，冠幅10m×10m，胸徑111.4cm之臺灣山毛櫸母樹，於1999年8月2日調查時不明原因整株枯死。第7樣區植物社會剖面如圖12。自1999年7月起至2000年4月共12次記錄，記錄時若發生苗高降低情形，則依據上次記錄之數據。經過10個月的時間，平均苗高生長量1.26cm，以編號4號小苗高度增加5.3cm最多（7.4cm→12.7cm），另

有 8 株小苗毫無生長量，主要是人為量測誤差所造成。存活率方面，105 株小苗經過 1 個生長季後死亡 13 株，存活率 87.62%（死亡率 12.38%）。小苗葉片平均為 2.21 片。臺灣山毛櫸小苗存活率高達 87.62%，但為何生育地仍缺乏幼齡期之臺灣山毛櫸，甚至 2 年生之小苗亦不曾發現，此現象除了第 7 樣區之枯枝落葉層較薄（2.1cm）外，可能與孔隙造成之微環境條件的改變有關，尤其是光度的變化，第 7 樣區因臺灣山毛櫸母樹枯死透進大量的光線，而以玉山箭竹為主的地被層並不茂密，使得臺灣山毛櫸小苗可以克服種種的逆境度過第一年的寒冬。綜合上述結果，研究區中所發現的小苗，高度甚少超過 10cm，推論應為去年種子萌發而來，顯示臺灣山毛櫸的種子必須經過低溫催化的處理才能發芽，且生長速率並不快速，此現象與洪必恭與安樹青（1993）對大陸山毛櫸所做的研究結果相符。

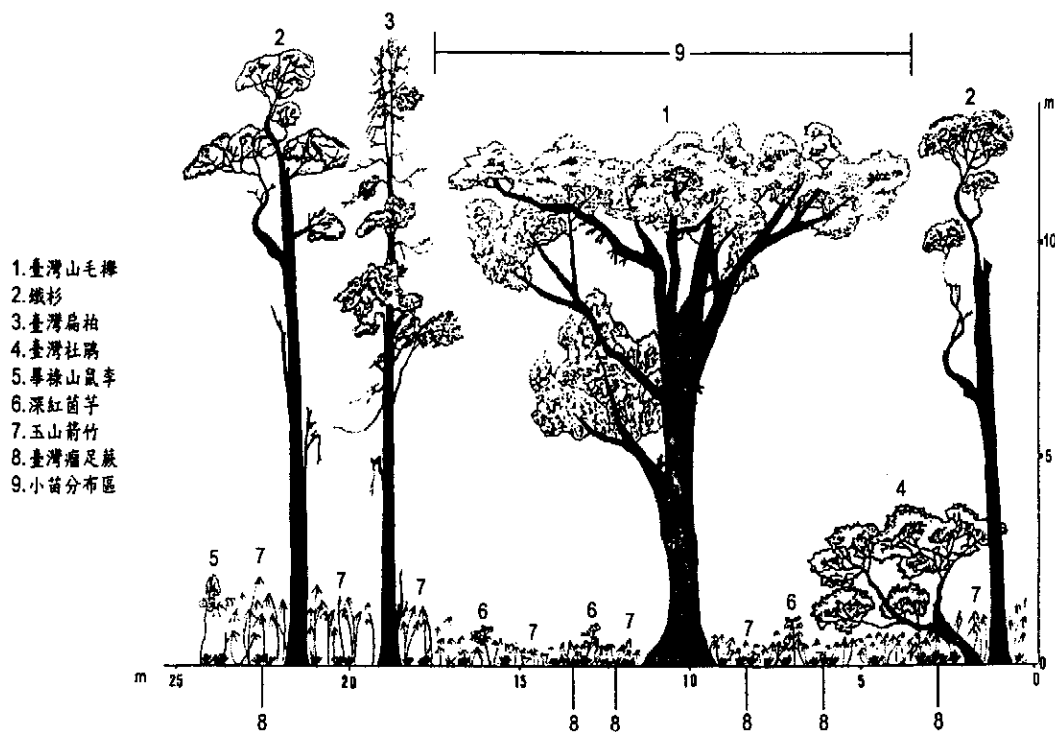


圖 12. 第 7 樣區植物社會剖面

## (二) 小苗位置分佈

於研究區域中，並未發現其他臺灣山毛櫸之小苗，因此僅以第 7 樣區中之 102 株小苗繪製相對位置，位置分佈如圖 13。由圖中可看出小苗分佈情形，其中以西南向最多（59 株）、東南向其次（22 株）、西北向再次之（19 株）、東北向最少（2 株），此情形反映出此區域可能深受東北季風之影響，導致小苗多分佈於西南偏南向。影響種子散佈的因素有很多，種子萌發的配合因子亦複雜，由試驗地監測所標定的小苗和母樹間最遠距離為 10.52m 來看，雖然無法斷言臺灣山毛櫸的散佈距離，但由於臺灣山毛櫸果實重且無翅，不具飛散傳播的能力，雖在東北季風的影響下，散佈距離仍以母樹冠幅為範圍，而實際的散播距離則需更進一步的研究確定。

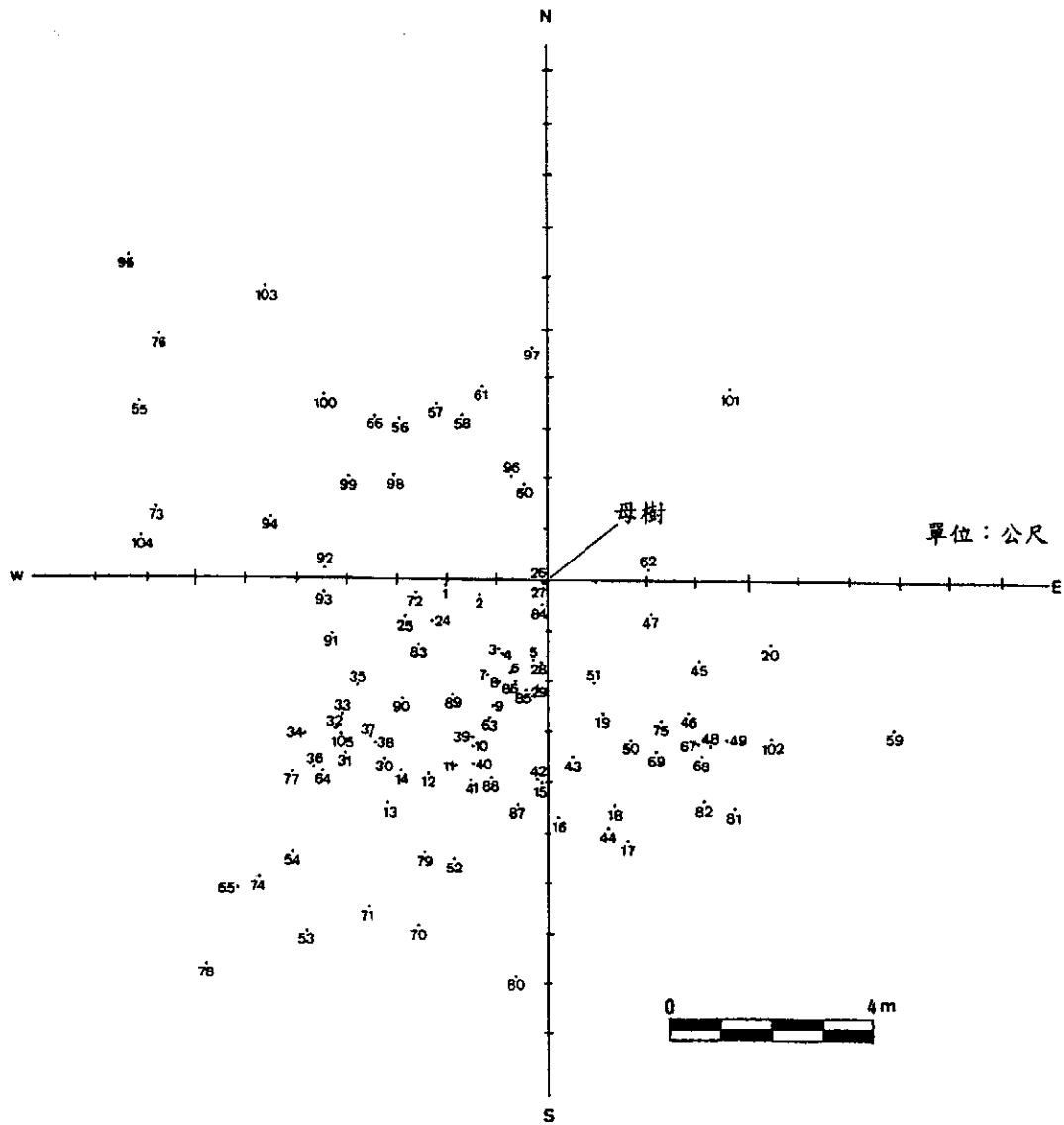


圖 13. 臺灣山毛櫸天然下種小苗位置分佈

### 七、植群分析

本研究之植群分類是以各植物種類在各樣區中之重要指數 (IVI) 為基礎，計算各樣區間之相似性指數，繪成相似性指數矩陣，再根據群團分析之結果，連結各樣區而繪成樹形圖，此樹形圖可依不同相似性百分率之臨界值 (threshold) 來劃分植物社會。樣區植物名錄記錄於附錄一，各樣區植物之重要值與樣區間之相似性矩陣記錄於附錄二～附錄七。

由歸群結果及現場觀察可知，由於環境差異小，研究區域皆屬於同一植物社會，而歸群結果所分成之植群型與植群亞型則為研究孔隙動態之更新過程中，不同階段所形成不同的塊集 (page)。在森林更新動態之研究上，鬱閉森林所形成的破空稱為孔隙，之後不同發育階段所形成不同之植群社會稱為塊集，這些塊集之出現，均為暫時性的，可由明顯的優勢種 (dominants) 予以辨認或命名。其劃分結果如下：

### 1. 上層植群

有關本研究區上層植群型之劃分如下 (圖 14)：

- I、臺灣山毛櫸型
  - A. 短柱山茶亞型
  - B. 臺灣山毛櫸亞型
  - C. 臺灣山毛櫸—松田氏莢蒾亞型
  - D. 臺灣山毛櫸—小葉石楠亞型
  - E. 臺灣山毛櫸—月桂葉灰木—厚葉柃木亞型
- II、尾葉灰木型
- III、臺灣灰木—水絲梨型
- IV、漸尖葉新木薑子型

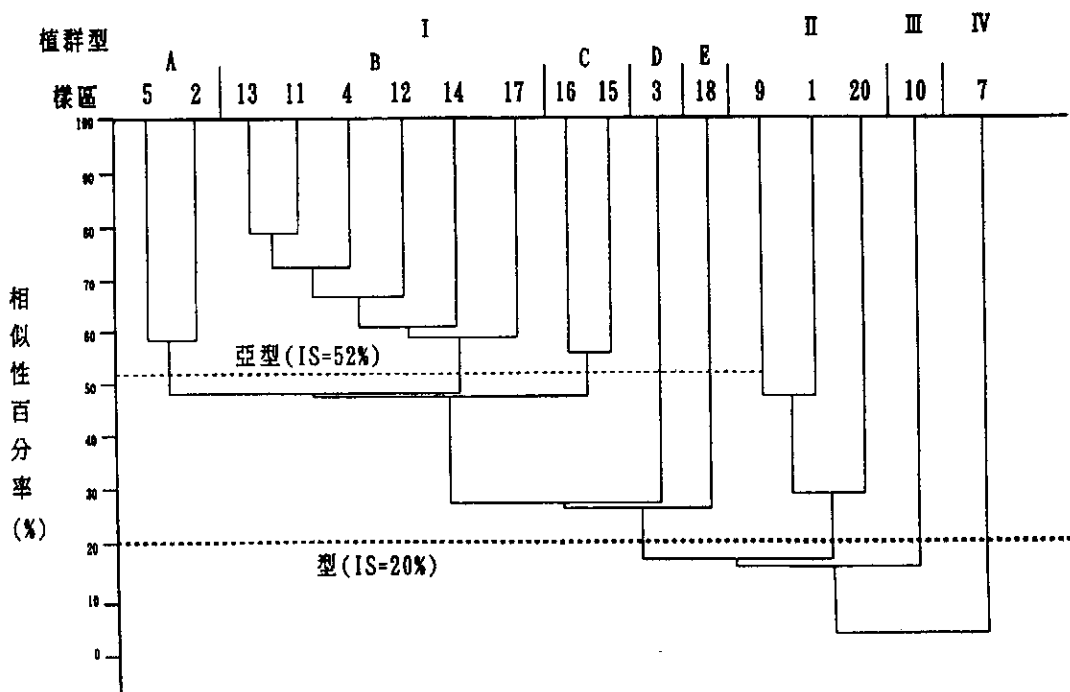


圖 14. 臺灣山毛櫸上層植群組成矩陣群團分析樹形圖

### ( I ) 臺灣山毛櫸型 (*Fagus hayatae* Type)

本型植物社會以臺灣山毛櫸為主要優勢種，共計 12 個樣區屬於本植群型，其可再分成 5 個亞型，分別為短柱山茶亞型、臺灣山毛櫸亞型、臺灣山毛櫸—松田氏英蕨亞型、臺灣山毛櫸—小葉石楠亞型和臺灣山毛櫸—月桂葉灰木—厚葉柃木亞型。

#### (A) 短柱山茶亞型 (*Camellia brevistyla* Subtype)

樣區：No.2、5 屬之。

環境：1.海拔：1,990m~2,020m	6.全天光空域：72.63%~79.32%
2.坡度：24.5°~28.8°	7.直射光空域：76.89%~89.35%
3.坡向：東南向	8.東北向全天光空域：92.23%~94.89%
4.pH 值：3.72~3.75	9.腐植質層厚度：7.9cm~8.4cm
5.相對光度：3.53%~4.28%	

本亞型樹冠層為臺灣山毛櫸，下層有短柱山茶、刺楸、毬子櫸、松田氏英蕨、漸尖葉新木薑子；地被層幾乎為玉山箭竹所佔據，僅少許臺灣瘤足蕨點綴其中。樣區 5 冠層鬱閉，樣區 2 旁則有一臺灣山毛櫸幹折所形成之孔隙，光線可進入。

#### (B) 臺灣山毛櫸亞型 (*Fagus hayatae* Subtype)

樣區：No.4、11、12、13、14、17 屬之。

環境：1.海拔：1,945m~2,005m	6.全天光空域：71.85%~80.08%
2.坡度：4°~25°	7.直射光空域：74.18%~81.80%
3.坡向：東北向~東南向	8.東北向全天光空域：79.11%~96.73%
4.pH 值：3.79~4.48	9.腐植質層厚度：3.9cm~7.9cm
5.相對光度：1.14%~1.33%	

此亞型以臺灣山毛櫸為冠層樹種，胸徑大且株數多，為絕對優勢種，下層林冠則有賽柃木、短柱山茶、假繡球、尾葉灰木及松田氏英蕨。地被層除 17 號樣區為臺灣瘤足蕨外，其餘皆以玉山箭竹為主要組成樹種；另有不少短柱山茶、尾葉灰木及漸尖葉新木薑子小苗分佈其中。



(C) 臺灣山毛櫸—松田氏英蕨亞型 (*Fagus hayatae* – *Viburnum erosum* Subtype)

樣區：No.15、16 屬之。

環境：1.海拔：1,945m~1,950m	6.全天光空域：71.78%~73.05%
2.坡度：14°~16°	7.直射光空域：74.08%~74.64%
3.坡向：東北向	8.東北向全天光空域：95.69%~95.74%
4.pH 值：3.96~4.27	9.腐植質層厚度：6.4cm~8.9cm
5.相對光度：1.08%~2.00%	

此亞型分佈的樣區環境因子相近，以臺灣山毛櫸為冠層樹種，其下有松田氏英蕨、假繡球、小葉石楠和賽矜木等植物；樣區 15 有一根拔之臺灣山毛櫸上存活，所造成之孔隙已由側枝所鬱閉，地被以玉山箭竹為主，樣區 16 側邊有一小孔隙，地被層為臺灣紅苞鱗毛蕨及臺灣瘤足蕨佔據，兩樣區間有一推移帶存在。

(D) 臺灣山毛櫸—小葉石楠亞型 (*Fagus hayatae* – *Pourthiaea villosa* var. *parvifolia* Subtype)

樣區：No.3 屬之。

環境：1.海拔：2,015m	6.全天光空域：79.56%
2.坡度：17°	7.直射光空域：83.53%
3.坡向：西北西向	8.東北向全天光空域：95.34%
4.pH 值：3.82	9.腐植質層厚度：5.8cm
5.相對光度：0.91%	

此亞型以第 3 樣區為代表，坡向 288°，冠層為臺灣山毛櫸及少數的臺灣扁柏；其下為松田氏英蕨、小葉石楠、賽矜木；地被以臺灣紅苞鱗毛蕨及臺灣瘤足蕨為主要組成植物，另外還有刺萼寒莓、裂葉赤車使者。

(E) 臺灣山毛櫸—月桂葉灰木—厚葉矜木亞型 (*Fagus hayatae* – *Symplocos laurina*–*Eurya glaberrima* Subtype)

樣區：No.18 屬之。

環境：1.海拔：1,950m	6.全天光空域：72.86%
2.坡度：14°	7.直射光空域：74.53%
3.坡向：東北向	8.東北向全天光空域：95.22%
4.pH 值：4.41	9.腐植質層厚度：7.8cm
5.相對光度：1.41%	

此亞型冠層為臺灣山毛櫸，下層為月桂葉灰木、厚葉柃木、臺灣高山英蕨及短柱山茶；地被為玉山箭竹及臺灣瘤足蕨共同組成，為另一處推移帶的植群型。

## (II) 尾葉灰木型 (*Symplocos sumuntia* Type)

樣區：No.1、9、20 屬之。

環境：1.海拔：1,915m~1,935m	6.全天光空域：74.94%~82.83%
2.坡度：8°~27°	7.直射光空域：82.68%~89.35%
3.坡向：西北向	8.東北向全天光空域：65.26%~92.05%
4.pH 值：3.42~3.96	9.腐植質層厚度：4.6cm~10.6cm
5.相對光度：1.50%~2.43%	

本型植群以樣區 1、9、20 為代表，其中 20 號樣區為常綠闊葉林樣區，無臺灣山毛櫸存在。冠層樹種有臺灣山毛櫸、臺灣扁柏、毬子櫟等植物；下層樹種有五指山冬青、尾葉灰木及太平山櫻花；地被以臺灣瘤足蕨為主要組成，另外還有華中瘤足蕨、深紅茵芋及臺灣紅苞鱗毛蕨。

## (III) 臺灣灰木—水絲梨型 (*Symplocos formosana* var. *formosana* – *Sycopsis sinensis* Type)

樣區：No.10 屬之。

環境：1.海拔：1,925m	6.全天光空域：69.48%
2.坡度：21°	7.直射光空域：86.30%
3.坡向：東南向	8.東北向全天光空域：80.26%
4.pH 值：3.38	9.腐植質層厚度：7.2cm
5.相對光度：0.77%	

代表樣區為 10 號，為一常綠闊葉林樣區，鬱閉度高，無臺灣山毛櫸存在。主要冠層樹種有水絲梨、臺灣樹參、日本女貞及臺灣灰木；下層有畢祿山鼠李、太平山冬青及短柱山茶；地被植物以臺灣瘤足蕨為主要組成。

(IV) 漸尖葉新木薑子型 (*Neolitsea acuminatissima* Type)

樣區：No.7 屬之。

環境：1.海拔：1,970m

2.坡度：4.8°

3.坡向：西向

4.pH 值：3.54

5.相對光度：12.44%

6.全天光空域：77.50%

7.直射光空域：88.36%

8.東北向全天光空域：82.59%

9.腐植質層厚度：2.1cm

此型以 7 號樣區為代表，此樣區為近期死亡之臺灣山毛櫸所形成的孔隙樣區，孔隙大小約 400m<sup>2</sup>，由於冠層的臺灣山毛櫸死亡，僅存漸尖葉新木薑子，故其重要值達 100%；地被則以玉山箭竹為主要組成植物，且由於微環境因子的遽變，導致臺灣山毛櫸種子大量萌發且可存活至第二年。

2. 地被層植群

經群團分析 (圖 15)，可將本研究區之地被層植群型劃分成：

I、臺灣瘤足蕨型

II、玉山箭竹型

III、臺灣紅苞鱗毛蕨型 等三型，茲分述如下：

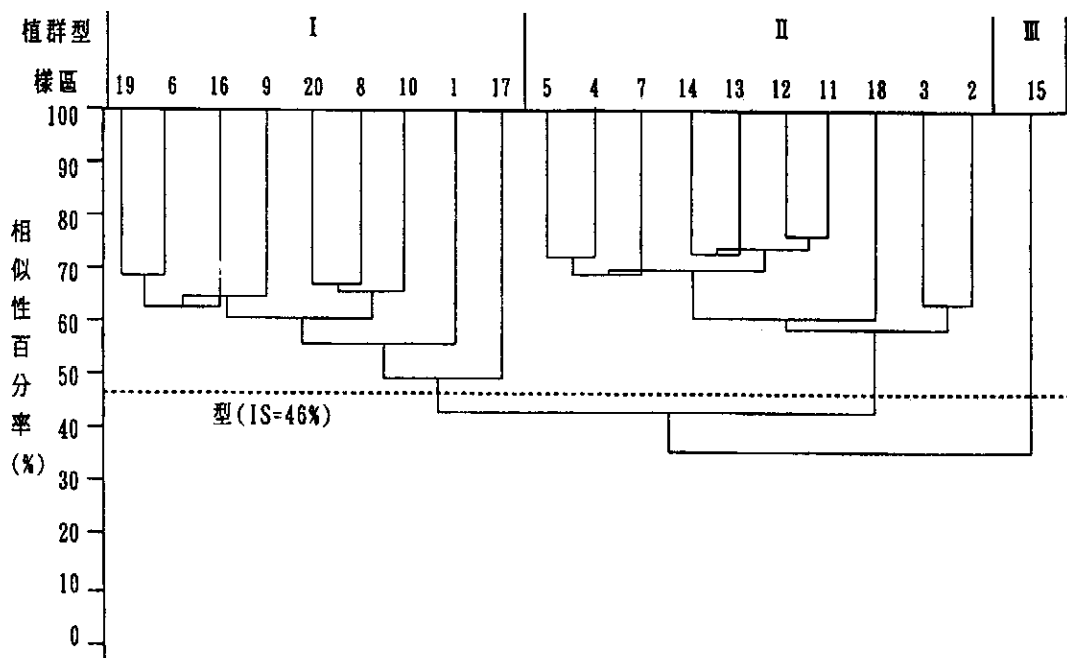


圖 15. 臺灣山毛櫸地被層植群組成矩陣群團分析樹形圖

## I、臺灣瘤足蕨型 (*Plagiogyria formosana* Type)

表 6. 臺灣瘤足蕨型之樣區與環境組成

植 群 型		臺灣瘤足蕨型								
代 表 樣 區		1	6	8	9	10	16	17	19	20
環 境 狀 況	海拔	1,935m	1,950m	1,950m	1,925m	1,925m	1,945m	1,945m	1,920m	1,910m
	坡向	203.5°	19°	271.5°	348°	163.7°	63°	63°	94.5°	234°
	坡度	8°	17°	34°	27°	21°	14°	23°	30.5°	14°
	相對光度	1.91%	31.06%	0.90%	1.50%	0.77%	2.00%	1.33%	4.07%	2.43%
	土壤 pH	3.46	3.54	3.35	3.42	3.38	3.96	4.48	3.92	3.96
	枯枝落葉厚度	4.6cm	4.1cm	4.8cm	6.9cm	7.2cm	6.4cm	5.7cm	6.2cm	10.6cm

本型代表樣區計有 9 個 (表 6)，海拔分佈範圍在 1,910m~1,950m 之間；坡度與坡向變化大；相對光度除了第 6 樣區位於孔隙下高達 31.06% 之外，其餘相對光度皆屬偏低，然而第 6 樣區地被植物豐富，亦阻礙由孔隙所進入的光線進入林床；土壤 pH 值在 3.35~4.48 之間，平均 3.61；枯枝落葉層厚度平均 6.28cm；除了第 16 樣區地被有臺灣瘤足蕨與玉山箭竹共存外，其餘樣區中皆未見到玉山箭竹的出現。樣區 10 與樣區 20 為非臺灣山毛櫸樣區，冠層樹種為毬子櫸、水絲梨，其餘 7 個樣區皆位於臺灣山毛櫸林中，冠層樹種以臺灣山毛櫸為主，偶爾間雜著臺灣扁柏、水絲梨、毬子櫸或鐵杉；地被除了臺灣瘤足蕨與玉山箭竹外，尚有東方肉穗野牡丹、變葉懸鉤子與臺灣肺形草等；亦有數量不少的尾葉灰木、臺灣灰木與漸尖葉新木薑子等更新小苗，然而幾乎未見臺灣山毛櫸小苗的出現。推測本型冠層植物未來將由非臺灣山毛櫸植物所取代，而臺灣山毛櫸除非有孔隙發生，且林床環境適合，否則將呈現衰退生長狀態；地被植物仍以臺灣瘤足蕨為優勢，玉山箭竹在現階段尚難以入侵此型植物社會。此植群型之植被剖面圖如圖 16 所示。

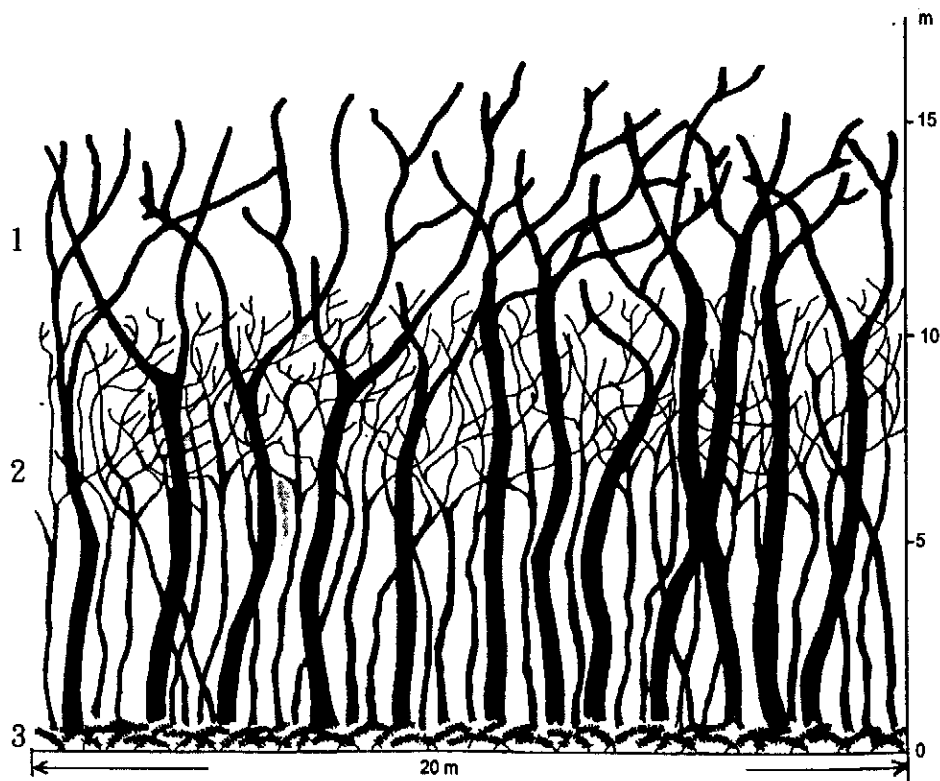


圖 16. 臺灣山毛櫸典型植被剖面 (臺灣瘤足蕨型)，以 1, 2, 3 代表層次

## II、玉山箭竹型 (*Yushania niitakayamensis* Type)

表 7. 玉山箭竹型之樣區與環境組成

植 群 型		玉山箭竹型									
代 表 樣 區		2	3	4	5	7	11	12	13	14	18
環 境 狀 況	海拔	2,020m	2,015m	2,005m	1,990m	1,970m	1,965m	1,965m	1,970m	1,970m	1,950m
	坡向	141.5°	288°	117°	110°	267°	62°	65°	62°	64°	59°
	坡度	28.8°	17°	25°	24.5°	4.8°	15°	9°	4°	6°	14°
	相對光度	3.53%	0.91%	1.29%	4.28%	12.44%	1.15%	1.33%	1.23%	1.14%	1.41%
	土壤 pH	3.72	3.82	4.00	3.75	3.54	4.33	4.27	3.79	4.34	4.41
	枯枝落葉厚度	8.4cm	5.8cm	3.9cm	7.9cm	2.1cm	7.9cm	6.9cm	7.3cm	5.4cm	7.8cm

本型植物社會樣區計有 10 個 (表 7)，海拔高度 1,950m~2,020m；坡度與坡向變化大；第 7 樣區由於臺灣山毛櫸母樹死亡所形成之孔隙，因此相對光度高達 31.06% 之外，其餘樣區相對光度皆屬偏低；土壤 pH 值介於 3.54~4.41，平均 4.00；枯枝落葉層厚度平均 6.34cm；除了第 2

樣區地被未見臺灣瘤足蕨外，其餘樣區皆有臺灣瘤足蕨與玉山箭竹共生；冠層樹種以臺灣山毛櫸為優勢，另有鐵杉、臺灣扁柏、繸子櫸與狹葉高山櫸等；地被除了臺灣瘤足蕨與玉山箭竹外，尚有東方肉穗野牡丹、裂葉赤車使者與山酢醬草等；亦有數量不少的尾葉灰木、臺灣樹參、短柱山茶與漸尖葉新木薑子等更新小苗，然而幾乎未見臺灣扁柏與鐵杉小苗的出現，在未來的演替趨勢中，若無適合更新之孔隙發生，則將逐漸被取代消失；至於臺灣山毛櫸小苗或稚樹，除了第 7 樣區由於臺灣山毛櫸母樹死亡導致微生育地條件的改變，而有一百餘株種子萌發之小苗存在外，其餘立地則鮮少發現臺灣山毛櫸之小苗。研究區中，孔隙形成情形雖屢屢可見，但以斷枝所造成之小孔隙為主，此類孔隙將迅速由側枝所填補鬱閉，即使偶有根拔所導致之大孔隙，亦因地被植物生長迅速而佔據絕大部份陽光，致使生長遲緩之臺灣山毛櫸小苗死亡，因此本型冠層植物中之臺灣山毛櫸未來將被取代，除非有孔隙發生，且林床環境適合，否則將呈現衰退生長狀態。地被植物依然由玉山箭竹持續佔據，點綴著少許的臺灣瘤足蕨。第 7 樣區除了光度的增加外，枯枝落葉層的厚度亦為 20 個樣區中最淺的 (2.1cm)，雖然地被植物有玉山箭竹與臺灣瘤足蕨，但族群並不大，且植株並不高，推測可能是造成此區種子大量萌發小苗的主因。此植群型之植被剖面圖如圖 17 所示。

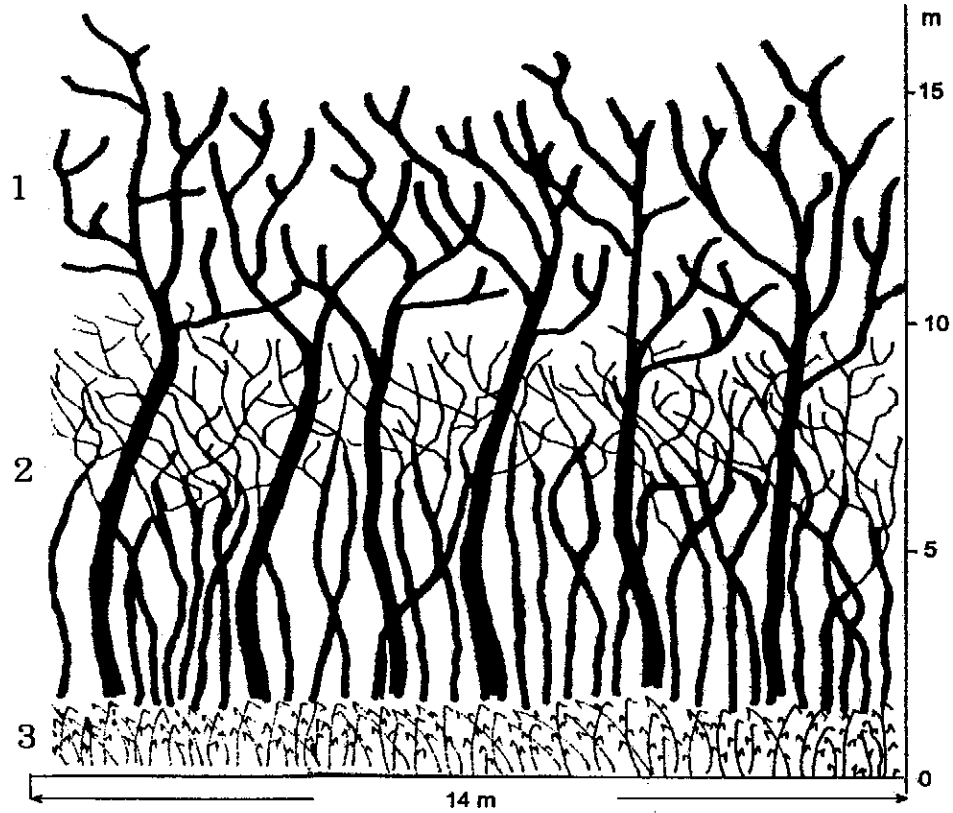


圖 17. 臺灣山毛櫸典型植被剖面 (玉山箭竹型)，以 1, 2, 3 代表層次

### III、臺灣紅苞鱗毛蕨型 (*Dryopteris formosana* Type)

表 8. 臺灣紅苞鱗毛蕨型之樣區與環境組成

植 群 型		臺灣紅苞鱗毛蕨型
代 表 樣 區		15
環 境 狀 況	海拔	1,950m
	坡向	66°
	坡度	16°
	相對光度	1.08%
	土壤 pH	4.27
	枯枝落葉厚度	8.9cm

本型代表樣區僅有 15 樣區 (表 8)，環境因子並無較其他二植群型特別之處，臺灣紅苞鱗毛蕨僅是偶發的植物群落聚集，並非真正為此區域之優勢種，此樣區周圍仍以玉山箭竹為優勢族群。

由不同學者之研究結果得知，臺灣島上之臺灣山毛櫸夏綠林與世界溫帶各地山毛櫸比較，有下列幾點不同（劉崇瑞與蘇鴻傑，1972）：

1. 拉拉山之夏綠林上層落葉樹種僅為臺灣山毛櫸；第二層之伴生樹種多為常綠樹，不僅種類多，密度亦極大；第三層之地被層植物除了玉山箭竹外，還有臺灣瘤足蕨。
2. 本區之夏綠林發生於稜線之上，由於受地形及土壤影響，樹木之密度較大，尤以生長於山峰頂部者為然，行人通過極為困難，此與北溫帶落葉林下空曠之情形迥然不同。
3. 林中有不少種類之著生植物，且被覆度極大，顯出亞熱帶雨林之特性。
4. 本區之落葉林分佈狹小，其鄰近地區均為暖溫帶闊葉林或亞熱帶雨林所包圍，且本群落並非極盛相。

圖 18 為拉拉山地區臺灣山毛櫸林坡面植被概況，此區域為針闊葉混交林，在海拔 1,970m 左右分成二型，一為 1,970m 以上之落葉性針闊葉混交林，另一為 1,970m 以下之常綠性針闊葉混交林；地被層的二種優勢植物玉山箭竹與臺灣瘤足蕨在海拔 1,950m 左右形成一條明顯的推移帶（ecotone），1,950m 以上為玉山箭竹型，而 1,950m 以下為臺灣瘤足蕨型，兩者之間處於競爭（competition）狀態，競爭力大即可成為地被的主要組成植物，而玉山箭竹與臺灣瘤足蕨何者較強勢，短時間尚難看出。此區域之臺灣山毛櫸分佈於上述環境中，而因微環境之差異造成三個不連續的小群，海拔 1,915m 左右的平台出現第一片臺灣山毛櫸林；接著在經過一個小谷地之後，於海拔 1,945m 出現第二片臺灣山毛櫸林，直到 1,970m 止（1,970m 唯一之臺灣山毛櫸已死亡，因此海拔高度降為 1,960m），此區域之臺灣山毛櫸位置較分散，不若第一片臺灣山毛櫸林集中，目前已知胸徑最大之臺灣山毛櫸亦分佈其中；第三片臺灣山毛櫸林則於海拔 1,990m 出現，直到山頂並向北方延伸。



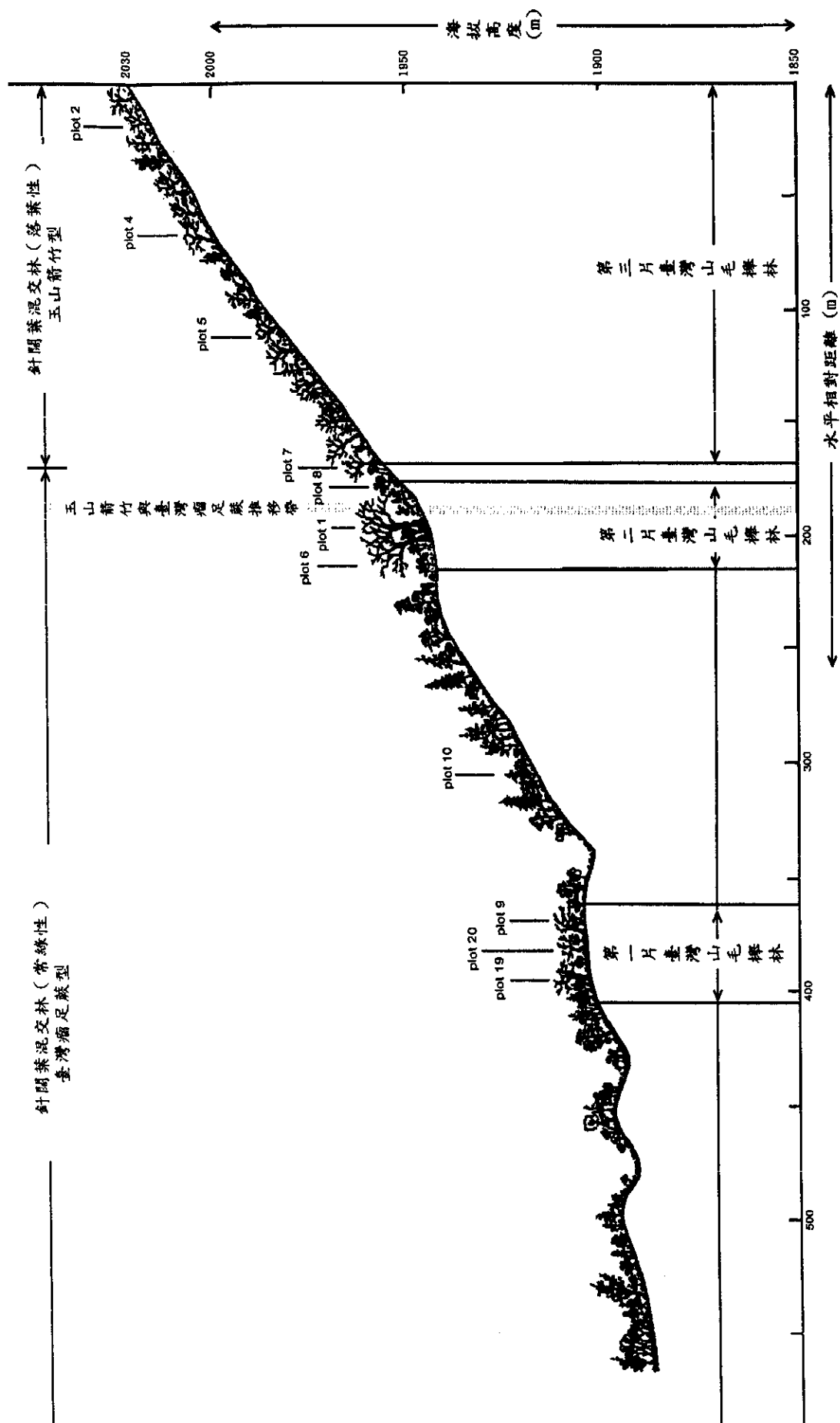


圖 18. 拉拉山地區臺灣山毛櫸林沿線植物社會剖面

## 八、族群結構分析

欲研究植物社會之構造可其林分構造著手，即將樣區林分中之各種植物的直徑級或齡級加以排列。雖然臺灣山毛櫸之生長速率與其生育環境優劣關係至大（謝長富等，1987），胸高直徑與年齡並非單純之直線相關，但通常就同一樹種而言，直徑級可代表齡級（Blum, 1961），以直徑級來說明臺灣山毛櫸林分構造仍為一簡便方式。

由拉拉山地區臺灣山毛櫸的徑級分佈圖（圖 19），可看出此區域之臺灣山毛櫸族群結構呈正偏態分佈。一般徑級結構有 J 型（反 J 型）、鈴型（Slight bell shape）、L 型（L shape）、波動型（Wave shape）及不規則型，由拉拉山地區 395 棵臺灣山毛櫸的徑級分佈可看出此區域臺灣山毛櫸之徑級結構屬於鈴型偏左之分佈類型，族群數量以胸徑 20cm~40cm 為最多，佔全部族群的 49.11%（194 株），而直徑在 10cm~50cm 者佔了 314 株（79.49%）。根據 Hsieh（1989）所做的調查，拉拉山地區的臺灣山毛櫸胸高直徑與年齡之間的關係式為  $Age = 7.60 + 2.80 \times DBH$ ， $r = 0.91$ ，由此得知拉拉山地區的臺灣山毛櫸樹齡以 64~120 年生為多數，36 年生（DBH=10cm）以下的臺灣山毛櫸僅有 15 株，樹齡在 92 年（DBH=30cm）後族群數量緩慢遞減，至 232 年（DBH=80cm）後幾乎死亡殆盡，僅剩下 10 株臺灣山毛櫸母樹殘存。

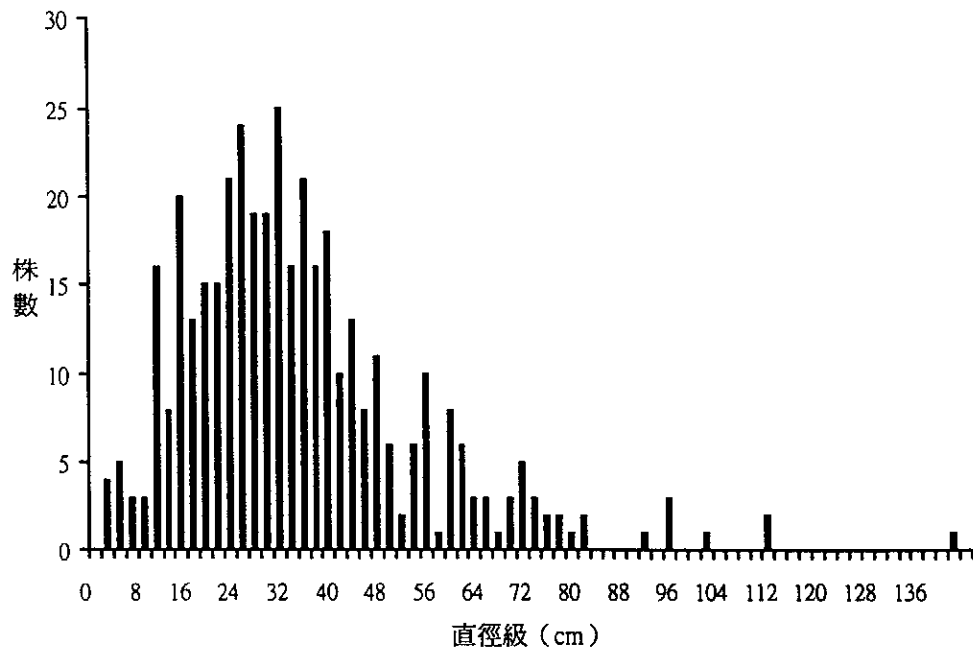


圖 19. 臺灣山毛櫸之族群結構

### 九、種間相關性

物種皆有其最適生存環境，具有其特殊生態地位，在最適界範圍有最大的生長與最適的繁殖能力；但現今植物的分佈及建立常非其最適界，常分佈在最適界範圍的左右，有其適存的生態寬度。生態地位寬度愈大者，適應的範圍愈大（劉崇瑞與蘇鴻傑，1992），然而各植物間有其特殊的生育地，或因對相似的環境有共同的喜好而伴隨出現，或因環境資源的有限而相互競爭，或因繁殖體散殖方式，或因植群歷史的影響，或因逢機的出現等因素，使植物種間關係複雜化；種間相關分析的結果可提供植物種在植群內之關係，進一步解釋植群形成的原因，並提供植群未來演替的訊息。研究植群內種間相關性之目的除了可以瞭解植物種間之關係外，並客觀地決定種的歸群與社會的邊界，本研究僅單純地討論植物種間的相關性。

2×2 關連表中(表 9)，出現樣區頻度介於 20%~80%的 14 種植物中，毬子櫸與松田氏英蕨、刺格為正相關，臺灣山毛櫸與假繡球亦為正相關，

這些結果顯示著這些樹種間的生態區位 (niche) 相似，對生育地的環境需求相似，以至於常伴隨出現；其他樹種之間則沒有顯著的相關性存在。毬子櫟常可長至樹冠層成為冠層組成樹種，更新小苗數量不多，但已足夠其天然更新之所需；松田氏英蕨與刺格則為第二層的組成物種，常出現於毬子櫟之下，兩者更新小苗數量甚多，且可於林下光度低之環境下快速生長。臺灣山毛櫟林下有各種不同的次冠層樹種，以假繡球與臺灣山毛櫟的相關性程度最高，臺灣山毛櫟的更新狀況不佳，林地甚少發現其更新小苗，而陰性樹種的假繡球，其更新小苗數量眾多，更新沒有困難。綜觀此地區的樹種組成在短時間內，除非有天災人禍的破壞，否則並不會有劇烈的變動，唯一的問題就是臺灣山毛櫟天然更新幼苗稀少，將來可能被其他植物所取代，但目前仍會持續一段長時間繼續擔任此區域森林的優勢樹種。

表 9. 拉拉山 14 種上層植物間相關情形

	卡方值	頻度	毬子櫟	松田氏 英蕨	刺格	臺灣 山毛櫟	假繡球	賽拾木	尾葉 灰木	小葉 石楠	日本 女貞	短柱 山茶	漸尖葉新 木薑子	厚葉 拾木	臺灣高 山英蕨	臺灣 灰木
毬子櫟	30.7	7		+	++											
松田氏 英蕨	28.9	10	0.70													
刺格	27.8	7	0.76	0.46												
臺灣 山毛櫟	27.3	8	0.17	0.55	0.17		+									
假繡球	22.7	5	-0.28	0.28	-0.02	0.68										
賽拾木	19.9	8	-0.07	0.31	-0.07	0.53	0.43									
尾葉 灰木	19.0	9	0.55	0.41	0.31	0.18	-0.17	0.18								
小葉 石楠	18.9	7	0.27	0.46	0.27	0.41	0.25	-0.07	0.07							
日本 女貞	17.8	5	0.25	0.02	0.51	0.17	-0.13	-0.09	0.09	0.25						
短柱 山茶	17.0	12	0.28	0.25	0.28	0.35	0.13	0.35	0.17	0.02	0.42					
漸尖葉新木 薑子	16.2	8	0.17	-0.17	0.41	-0.18	-0.09	0.06	-0.06	-0.31	-0.09	0.09				
厚葉 拾木	15.6	6	0.13	-0.13	-0.12	-0.20	-0.48	0.04	0.20	0.13	0.06	0.21	-0.20			
臺灣高山英 蕨	14.6	4	-0.18	-0.10	-0.18	-0.25	-0.05	0.31	-0.03	0.10	-0.36	-0.25	0.31	0.17		
臺灣 灰木	14.1	5	-0.28	-0.25	-0.28	0.17	0.15	-0.09	-0.17	0.25	0.15	0.13	-0.09	0.06	0.25	

+,- : 表在 5% 下顯著水準；++,-- : 表在 1% 下顯著水準。

## 十、處理對地被層重要值之影響

樣區於處理前（1999 年 8 月）與處理後（1999 年 12 月與 2000 年 3 月）每季各調查一次，共計三次調查資料，每次調查重要值前 10 名排列如表 10，比較下層植物社會在處理前後之差異，臺灣瘤足蕨與玉山箭竹重要值一直維持前 2 名，而重要值前 10 名之物種組成大致上並未有大幅度的改變，僅為重要值排名順序上的不同。將 10 種植物區分成蕨類、草本與木本（喬木、灌木、藤本）三部份，處理過後之木本植物減少 1 種，草本植物增加 1 種，而蕨類植物則沒有改變。木本植物中喬木由 3 種降為 2 種，少了漸尖葉新木薑子，尾葉灰木與短柱山茶則仍列名於前 10 名，顯示出這兩種植物更新能力甚佳，即使在干擾後仍能迅速更新取得優勢。

表 10. 樣區調查重要值前十種之比較（由上至下重要值遞減）

下層植物社會		
08/1999	12/1999	03/2000
臺灣瘤足蕨 (45.19, P)	臺灣瘤足蕨 (44.54, P)	臺灣瘤足蕨 (48.23, P)
玉山箭竹 (42.18, W)	玉山箭竹 (39.95, W)	玉山箭竹 (36.85, W)
臺灣紅苞鱗毛蕨 (6.54, P)	臺灣紅苞鱗毛蕨 (11.24, P)	臺灣肺形草 (12.30, H)
松田氏英莖 (6.46, W)	臺灣沿階草 (9.43, H)	臺灣沿階草 (11.38, H)
雙葉懸鈎子 (5.86, W)	尾葉灰木 (9.34, W)	尾葉灰木 (8.75, W)
尾葉灰木 (5.75, W)	臺灣肺形草 (8.51, H)	臺灣紅苞鱗毛蕨 (8.09, P)
石月 (5.10, H)	短柱山茶 (6.31, W)	裂葉赤車使者 (6.91, H)
臺灣肺形草 (4.45, H)	裂葉赤車使者 (6.29, H)	石月 (6.66, H)
漸尖葉新木薑子 (4.23, W)	石月 (6.23, H)	短柱山茶 (5.28, W)
臺灣沿階草 (4.10, H)	松田氏英莖 (6.14, W)	雙葉懸鈎子 (4.34, W)

W：木本植物； H：草本植物； P：蕨類植物

將下層植物社會中之臺灣山毛櫸、玉山箭竹與臺灣瘤足蕨三樹種分離出，比較處理前後不同時期重要值與頻度之變化（表 11）。臺灣山毛櫸之頻度由 2 增至 7，玉山箭竹與臺灣瘤足蕨在頻度上則未改變；重要值方面，臺灣山毛櫸之重要值由 0.45 降至 0.13，再上升至 3.52，主要是因為標定小苗的死亡，造成重要值下降，而翌年春天時，種子萌發產生大量的小

苗，使其重要值上升至 3.52；玉山箭竹之重要值在處理後呈現緩慢地下降趨勢，雖然玉山箭竹的無性繁殖能力甚強，然而在處理過後，其更新恢復之前，又遭遇冬季的生長停滯與落葉時期，使其整體之重要值下降；臺灣瘤足蕨之重要值升降趨勢與臺灣山毛櫸相類似，其原因是因為冬季造成族群短暫性的下降，隔年生長季來臨時，族群量才再度增加。由兩種數據的變化結果，可知三種植物皆受冬季的影響，導致小苗的死亡、植株的落葉或生長停滯等現象，在翌年生長季節來臨時，由於玉山箭竹與臺灣瘤足蕨尚未開始生長萌蘖，整個林份幾乎處於無遮蔽狀態，因此大量臺灣山毛櫸種子得以萌發，之後臺灣瘤足蕨開始生長並恢復其原來所佔優勢，而玉山箭竹在 3 月調查時其重要值仍尚未恢復，可判斷其生長期尚未開始。由於經過冬季低溫催化的效應，且此時林床上遮蔽量最少光照較多，臺灣山毛櫸種子即利用這段時間開始萌芽，然而玉山箭竹與臺灣瘤足蕨之後即恢復其生長，覆蓋住剛萌發出來之臺灣山毛櫸小苗，造成當年生之小苗大量死亡。

表 11. 不同時期三樹種重要值與頻度之變化

	臺灣山毛櫸		玉山箭竹		臺灣瘤足蕨	
	重要值	頻度	重要值	頻度	重要值	頻度
08/1999	0.45	2	42.18	12	45.19	19
12/1999	0.13	1	39.95	12	44.54	19
03/2000	3.52	7	36.85	12	48.23	19

## 十一、環境因子之觀測與記錄

### (一) 環境因子之描述

從 20 個樣區之 13 項環境因子記錄結果 (附錄八)，可看出樣區海拔高度介於 1,915m~2,020m 之間，分佈於各坡向，坡度則隨取樣地區不同有明顯差異，介於 4° ~34° 之間，顯示出微生育地的變化；相對光度除了位於孔隙下的樣區 6 (31.06%) 和樣區 7 (12.44%) 外，皆明顯偏低；

表土有機質含量高，概因森林土壤除有枯枝、落葉、腐根、動物遺體、排泄物、食物殘餘物外，尚可有枯倒木、廢材等額外來源，而本自然保護區又位於高濕多雨地帶，有機質多積聚於地表面，然經常是處於飽水狀態，只能進行厭氧分解，故不僅分解速度緩慢，分解之殘餘或未分解物質乃能大量積聚；土壤 pH 值介於 3.35~4.48，屬於強酸性土壤，符合前人研究(林光清,1987;蔣先覺等,1994);全氮含量甚低，皆小於 0.5%，有效磷含量則小於 10ppm；光照空域則顯現出拉拉山區除陡坡外(樣區 8)，所接受的輻射量皆甚高；枯枝落葉層厚度則介於 2.1cm~10.6cm 間，平均厚度 6.44cm。

## (二) 環境因子與植物間之相關分析

本研究將 20 個樣區中之 14 項環境因子及三種主要植物進行兩兩間之 Pearson 相關分析(表 12)。由樹種間的相關分析結果可看出玉山箭竹與臺灣瘤足蕨呈現顯著的負相關，當玉山箭竹重要值升高時，臺灣瘤足蕨重要值便相對降低，此情形亦印證了歸群分析，地被植物被區分為二種植群型的結果；臺灣山毛櫸與臺灣瘤足蕨間呈負相關，此結果亦符合實際情形，臺灣瘤足蕨分佈在海拔較低的山腹，而臺灣山毛櫸則隨海拔上升族群數量愈多。

環境因子間之相關分析結果：坡度愈陡之環境，有效磷的流失量愈大；水分指數愈高，土壤酸性程度愈低；樣區中的相對光度則隨著全天光空域變大而升高。土壤分析方面，土壤中的有機質隨著含氮量的增加而增加；而土壤 pH 值的高低與直射光空域的大小有密切的關係。光照空域方面，全天光空域與直射光空域及東北向全天光空域之間呈現正相關趨勢。

臺灣山毛櫸、玉山箭竹及臺灣瘤足蕨與各環境因子間之相關分析結果顯示出，臺灣山毛櫸與水分指數及 pH 值呈現正相關，而與坡向及直射光

空域呈負相關，顯示出臺灣山毛櫸適合生長在較潮濕且直射光空域較小的生育環境，而土壤酸鹼值愈低，愈不適合臺灣山毛櫸的生長；玉山箭竹與全氮含量呈負相關，而與海拔高度呈現正相關，顯示出在拉拉山地區愈靠近山頂，玉山箭竹族群數量愈多且覆蓋度愈密，而土壤含氮量愈高則愈不利玉山箭竹族群的拓展；臺灣瘤足蕨與海拔高度、pH 值及東北向全天光空域呈負相關，顯示出臺灣瘤足蕨在研究區域內，主要分佈於較低的海拔高度，恰與玉山箭竹分佔兩種不同的生育地環境，而酸性土壤與較小的東北向全天光空域，亦為臺灣瘤足蕨喜愛的生長環境。三種植物於研究區域中，對於坡度並沒有特定的喜好，而相對光度與枯枝落葉層厚度亦與三種植物無顯著相關。

表 12. 各樣區環境因子間及環境與植物重要值之相關分析

	Fagus	Yushan	Fern	ALT	SLO	ASP	MOI	RL	O	pH	N	P	WLS	DLS	NWLS	LFT
Fagus			-			-	+			++						-
Yushan	.184		--	++							-					
Fern	-.511	-.815		--						-						-
ALT	.199	.896	-.783													
SLO	-.348	-.094	.361	.009								--				
ASP	-.552	-.042	.192	-.067	.229		--			--				+	-	
MOI	.505	.016	-.213	.080	-.077	-.645				+				-	++	
RL	-.289	-.114	.269	.007	-.083	-.178	.235						+			
O	.172	-.327	.136	-.258	-.402	-.121	-.082	.091			++					
pH	.672	.204	-.449	.093	-.251	-.599	.494	-.352	-.181					--		
N	.277	-.450	.207	-.431	-.427	-.264	.042	.142	.913	-.097						
P	.183	.046	-.337	.133	-.570	.004	.016	-.057	.344	.017	.256					
WLS	-.087	.098	-.071	.095	-.320	.077	.138	.513	.308	-.231	.230	-.048		+	+	
DLS	-.445	.101	.154	.135	.001	.513	-.528	.433	.271	-.758	.136	-.017	.521			
NWLS	.301	.266	-.474	.236	-.343	-.526	.622	.111	.046	.415	.033	.185	.473	-.285		
LFT	.037	-.008	-.061	-.173	.091	-.146	.006	-.409	-.004	.329	.025	-.265	-.153	-.323	.087	

+,- 表雙尾檢定顯著水準小於 0.05; ++,- 表雙尾檢定顯著水準小於 0.01

Fagus: 臺灣山毛櫸 Yushan: 玉山箭竹 Fern: 臺灣瘤足蕨 ALT: 海拔 SLO: 坡度 ASP: 坡向 MOI: 水分指數 RL: 相對光度 O: 有機質 pH: 酸鹼值 N: 全氮量 P: 有效磷 WLS: 全天光空域 DLS: 直射光空域 NWLS: 東北向全天光空域 LFT: 枯枝落葉層厚度



## 十二、微氣象環境因子

1999年9月起於各樣區之微氣象環境監測的測區，每個月分別設置溫度、光度與相對濕度資料儲存盒一組，至少10天後取回，所紀錄之溫度、相對光度及相對濕度等資料置於附錄九。樣區月平均溫度概為 $5^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，月平均溫度 $9.99^{\circ}\text{C}$ ，最低溫度為12月22日晚上7時的 $-8.71^{\circ}\text{C}$ ，導因於寒流來臨時所帶來的降雪，造成異常的溫度變化；由溫度的變化趨勢來看（圖20），10月份之後溫度開始下降，至隔年2月降至最低，之後溫度再回升，各樣區之月平均溫度大致相同。各樣區間之月平均相對濕度類似，除樣區2、6、9、10相對濕度於2月與3月波動較大外，其餘樣區月平均相對濕度皆在90%以上，概因樣區位於孔隙下或孔隙旁，光照較強，造成相對濕度的下降，月平均相對濕度為96%左右（圖21），而對照組之相對濕度僅略低於平均值，可見研究區域潮濕的氣候環境。樣區月平均相對光度為0.28~0.95，平均0.78（圖22），其中樣區10因位於常綠闊葉林下，是以相對光度明顯低於其他樣區，其餘位於臺灣山毛櫸林下之樣區，可看出在落葉前後（10月及11月），相對光度有升高的情形發生。根據Carter（1934）調查英國森林發現，落葉樹林在無葉期，林內之相對光度才達到50%~80%；在同齡之松樹疏林內，僅為10%~15%；溫帶闊葉樹林更低至1%~5%；而在稠密之熱帶雨林內，則僅有0.25%~4%。本研究調查結果甚高於演替各階段之相對光度值，推論其可能原因有下列幾點：

1. 儀器的問題。可能是儀器所測並非可見光，或儀器設計有問題。
2. 微環境監測器設置方式有問題。微環境監測器設置於樣區時，以保特瓶罩於微環境監測器外保護之，對資料收集所可能造成的影響；其次是對照組之微環境監測器設置的位置可能處於遮蔽狀態；另外則因水分凝結於保特瓶上，使光線於保特瓶內產生繞射，增加微環境監測器光度的接收。

3. 環境造成的影響。環境的影響有幾部份，首先是光線進入林內後，由於林份組成的問題使得光線在林內產生繞射現象，增加光度的接收；其次為當地特殊的雲霧帶（prevalent cloud zone）環境，空氣中水粒子含量甚高，截取一部份太陽輻射量使成漫射光（scattered light），即使在晴天時，亦有10%~15%為漫射之光；另外為日斑（sunflecks）造成之影響，在晴朗之日，林內光度大多只有0.25%~1%，只有當日斑掃過地面時，其光度才可達到全光量之50%（劉崇瑞與蘇鴻傑，1992）。

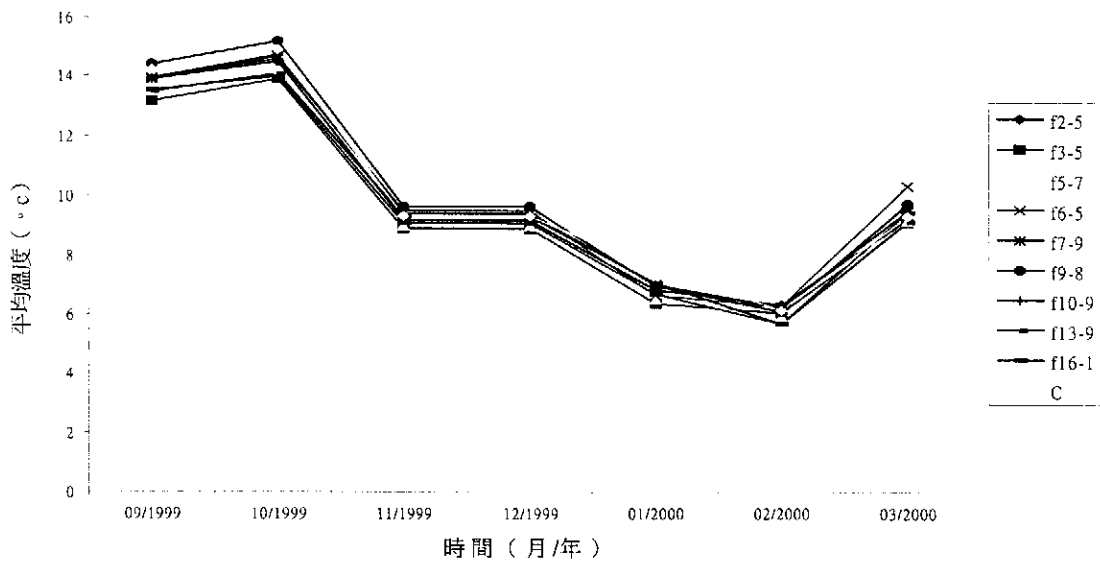


圖20. 1999年9月~2000年3月溫度變化

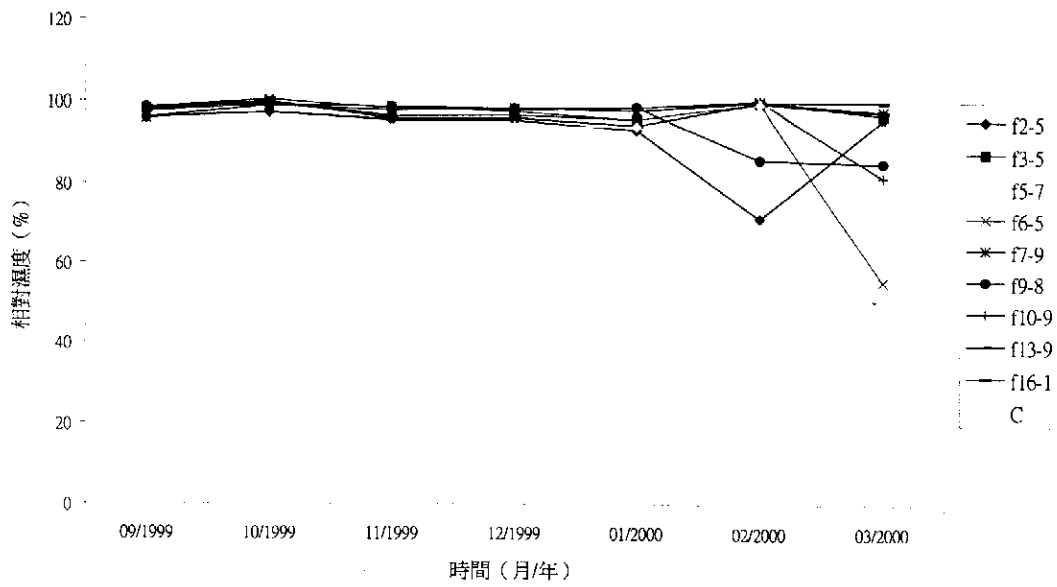


圖21. 1999年9月~2000年3月相對濕度變化

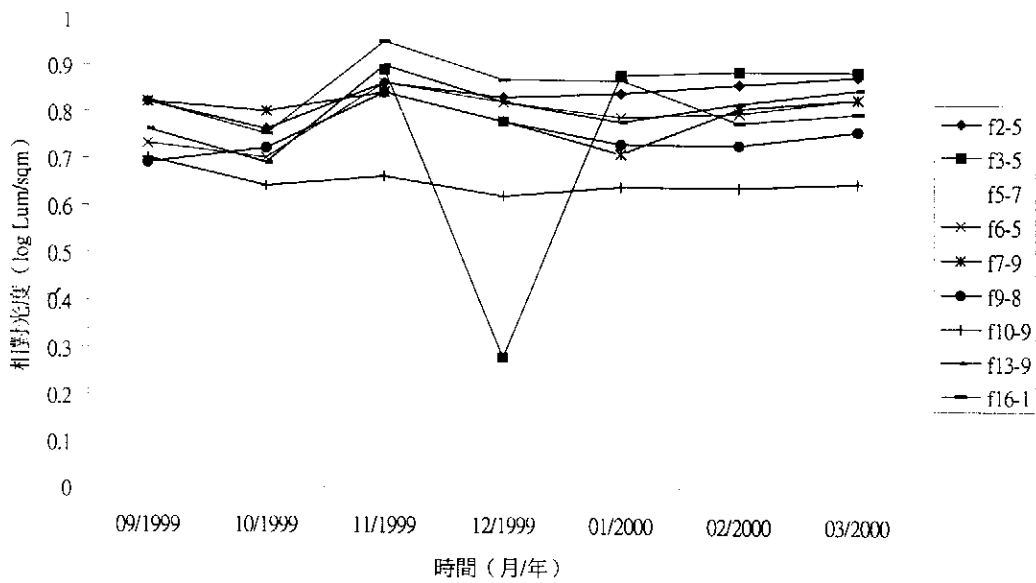


圖22. 1999年9月~2000年3月相對光度變化

由過去的研究顯示，山毛櫸適存於溫涼濕潤的溫帶氣候，臺灣山毛櫸亦如是。過去推論臺灣山毛櫸生育地環境因子之資料，多來自於附近之氣象站，缺乏直接的氣候資料，由本次研究之微氣象環境因子之資料。

獲得最直接之臺灣山毛櫸生育地溫度、相對濕度與相對光度等基本資料，可知道目前呈退縮分佈於插天山自然保留區中之臺灣山毛櫸較適合生存的環境，對日後保育工作之推行及造林地之選擇應有所助益。由上述結果來看，臺灣山毛櫸生育地之年均溫應低於 $15^{\circ}\text{C}$ ，而冬季應有較低之溫度，使臺灣山毛櫸種子經低溫催化之效果，提高下一生長季之種子萌發率；相對濕度則於95%以上，即使達於100%也無所謂，亦即相對濕度愈高愈佳；相對光度則因為尚有爭議，故無法下合理的判斷。

### 十三、臺灣山毛櫸更新問題之探討

過去對臺灣山毛櫸所做的研究，皆認為其處於天然更新不良之狀態，推論其天然更新不良的原因有下列六點：1. 結實量不高；2. 果實於生育地易腐爛；3. 種子具休眠性，須經三個月層積才能發芽；4. 下層植物過於豐盛，阻礙種子著床與發芽；5. 林床之光度不足與濕度過高，影響臺灣山毛櫸種子之發芽及稚樹之易受危害；6. 種子發芽後無法與林床植物競爭而死亡。根據一年多的觀察，影響臺灣山毛櫸天然更新之原因可從其生活週期來探討。

1. 花芽至開花期：此階段花芽的損失量甚少，除了氣候上造成的損失及昆蟲所啃食外，未見到其他生物造成危害，而開花期結束時，有一部份具花芽之枝條死亡，推測可能是養分不足所致。
2. 開花至結實期：此階段決定於雌花是否受精，也就是授粉的媒介。風為臺灣山毛櫸之主要授粉媒介（Kaul and Abbe, 1984；易希道等譯，1981），而此地終年濕氣高、雨量多，影響花粉傳播的有效性，進而降低結實率，導致豐欠年問題的產生，至於影響程度的大小和豐欠年的間隔則有待進一步研究。
3. 結實至種子期：此階段從子房發育至堅果成熟開裂飛散止，影響因子

包括氣候因子的強風（颱風）摧折和生物性取食。調查期間發現松鼠在臺灣山毛櫸樹上活動，而 1999 年 6 月 15 日的調查更發現地上有為數不少的枝條掉落，推測是啮齒動物所為，而掉落枝條中具有未成熟果實的比例很高。

4. 種子至小苗期：此階段指胚芽萌發至胚根著床止，決定於果實掉落之微生育地環境。由於拉拉山地區地被層甚厚，接觸土壤不易，且覆蓋密，光度普遍不足，除少數風倒所致的孔隙外，臺灣山毛櫸種子並無發芽的機會，即使種子萌發，亦因環境不適合生長而導致小苗死亡。
5. 小苗至幼株期：由於臺灣山毛櫸生長速度甚慢，競爭不過其他林床植物，導致小苗的死亡，然而拉拉山地區卻甚少看到臺灣山毛櫸的幼株。
6. 幼株至成熟木期：此階段已少危害，幼株幾乎都可以長成成熟木。
7. 生物在各生活期對臺灣山毛櫸更新的影響：調查期間見到臺灣獼猴（*Macaca cyclopis*）出現在臺灣山毛櫸樹上，此外，還有條紋松鼠、白面鼯鼠（*Petaurista alborufus lena*）及各種鳥類，這些動物皆可能取食山毛櫸果實、嫩葉、芽及花，甚至啃食樹皮吸取樹液；另外，花序和果實會遭蝶類和蛾類幼蟲蛀蝕，小苗葉片遭啃蝕無法行光合作用製造養份而死亡等，至於臺灣黑熊取食果實對臺灣山毛櫸的影響則尚不清楚。

蘇鴻傑（1987）認為植物在生活史之不同階段，可能有不同之環境需求，故不同發育階段之耐性範圍（range of tolerance）不一定相同，營養生長期之耐性範圍常較其他階段為寬，而一植物之整體耐性極限，則由各生活期之極限值加以決定。臺灣山毛櫸為耐陰性植物，性喜溫涼濕潤的氣候環境，當臺灣山毛櫸成樹時，對於生育環境的要求較低，亦即耐性極限（limit of tolerance）較大，然而同樣的環境條件卻極不利於臺灣山

毛櫟的開花、種子生存、種子發芽和小苗生長。摒除遺傳或生物上的影響因子，生育地環境的不適合可能更嚴重地影響臺灣山毛櫟的更新，而複雜的生育地環境並非僅由各環境因子所構成，更包括各環境因子間彼此之交互作用所造成的影響，也就是集成水準觀念（Integrative level concept），這些交互作用新產生的因子更可能是促使臺灣山毛櫟趨於衰退生長的主要原因，然而卻常被忽略或無法得知。以臺灣山毛櫟種子來說，在經過了近半年冬季低溫儲藏而萌芽後，萌發的小苗經過天擇的篩選，僥倖存活下來，然而此階段的耐性範圍較窄，枯枝落葉層太厚、光度的不足、林床植物的阻礙、溫度與濕度的不適合、甚至具體受害（allelopathy）等現象，雖毫未影響臺灣山毛櫟母樹之生存，然皆成為臺灣山毛櫟天然更新過程中的障礙之一。由於臺灣山毛櫟於秋冬長達4個月的無葉狀態，種子於發芽時期有機會接受足夠之陽光，復因氣候潮濕且枯枝落葉層夠厚，種子於林床上可以長期保持濕潤，是以種子仍可大量萌發，而不似片岡寬純（1982）所言果實於生育地上易腐爛。

植物在一系列生育地所構成之環境梯度上，其生存機會與生長活力之反應，可歸納為若干基本觀念，即耐性極限（limit of tolerance）、生態最適界（ecological optimum）及生態幅度（ecological amplitude）等（蘇鴻傑，1987）。在評估植物之生態適應性時，生態幅度大者，一般認為其分佈範圍亦較廣泛；在耐性範圍內，植物雖可生存，然而其活力及族群數量在環境梯度上之各點並非相等，在耐性範圍之中央位置，植物通常具有最高活力及最大族群，而在趨向其上下極限時，活力及數量漸次減少，以至於在極限之外完全消失，此亦即 Shelford 所提出之耐性定律（Shelford's law of Tolerance）（劉崇瑞與蘇鴻傑，1992）。當一種植物被列為稀有時，可由很多方面來討論，以古植物學的觀點，地球的氣候環境一直在改變，在環境改變的過程中，必定會產生新的物種，而另一些物種會因為不能

適應環境而趨於滅亡，使得整個族群的特性產生變化，然而環境的變化持續不斷且有不同的方向，族群經過反覆的淘汰使得其對於環境的適應力愈來愈薄弱，最後有些物種只能生存在一個非常狹小的環境裡，終至滅亡。

檢視本研究臺灣山毛櫸之族群構造，以胸徑最大的植株 (DBH=141.9cm) 來看，拉拉山地區臺灣山毛櫸林中，最大的樹齡為 405 年，數量最多的為樹齡 92 年 (DBH=30cm)，而樹齡在 36 年之下的數量甚少。臺灣山毛櫸自從小西成章於 1906 年首次發現以來 (Hayata, 1908)，距今已八十餘年，由拉拉山地區臺灣山毛櫸之徑級結構來看，在當時的環境之下，臺灣山毛櫸的更新良好，整個族群仍然擁有數量甚多的更新苗存在，直到約 40 年 (DBH=10cm) 前，更新苗不復出現或無法存活，臺灣山毛櫸族群數量才發生銳減的情形。觀察 1999 年之結實與 2000 年萌芽情形來看，臺灣山毛櫸結實量佳，種子萌芽情形良好，估計母樹下 200m<sup>2</sup> 範圍內即有超過 100 棵小苗發生，由此看來，臺灣山毛櫸在其開花結實方面似乎沒有問題存在，仍然可以產生足夠的種子用於繁殖後代，可能的問題就是豐欠年間隔的長短，但根據採集標本的記錄，臺灣山毛櫸的豐欠年尚未長達數十年之久，並不足以構成其更新不良之主因，因此最有可能的原因，就是生育地環境的劇烈改變所導致的影響，然而是一些環境因子的改變造成這種結果。根據前人所做的研究與本次的研究結果推測，造成更新苗木大量死亡的原因，應為地被植物變異情形、枯枝落葉層厚度的差異、土壤物理化學生物因子的改變及氣候的劇烈變化等因子。對照 1960 年代前後的植群調查結果 (鍾補勤與章樂民, 1954; 劉崇瑞與蘇鴻傑, 1974; 謝長富, 1989; 呂金誠等, 1998)，及古化石植物分析結果 (Shen, 1992)，地被植物的組成並未發生太大的改變，現今佔優勢的玉山箭竹與臺灣瘤足蕨，存在於生育地的時間甚早於 40 年的時

間，因此推翻了地被植物的改變造成更新不良的假設；枯枝落葉層厚度的改變方面，枯枝落葉的主要成分為臺灣山毛櫸之落葉、玉山箭竹與較少之其他落葉性樹種落葉，亦包括了斷折枯倒的樹幹枝條，另外就是竹類地下莖相互交織，所形成一般植物幼苗根系難以穿過的一個層墊。在 1974 年之前，並未看見描述臺灣山毛櫸林床枯枝落葉層厚度的報告，然而根據現場調查結果及以往的地被植物生長情形研判，枯枝落葉層的厚度除了有微環境的差異所導致的劇烈改變外，整體而言，此項因素仍不至成為造成族群變動如此劇烈的主因；土壤各因子的變化方面，可能有植物的自體受害作用 (allelopathy)、菌根共生及其他有無機離子濃度的影響，然而因為無此方面的研究調查資料可供比較，因此對臺灣山毛櫸更新的影響程度無法判斷，須結合這方面的研究結果才能下結論。從表 11 之相關分析得知臺灣山毛櫸與土壤 pH 值呈顯著正相關，亦即臺灣山毛櫸族群適合生長在鹼性土壤，復由臺灣山毛櫸族群結構推測，近四十年來，更新苗木甚少出現的情形，正好與臺灣經濟發展所導致的空氣污染、酸雨增加的結果相吻合，此一結果似乎隱約透露出土壤 pH 值在臺灣山毛櫸更新中有較大的影響力；氣候方面，當地並未設置任何氣象資料站，因此對於各種氣象因子，例如光度、濕度、溫度、雨量的資料並無法獲得。根據地質時代物種演進的推論，由於山毛櫸性喜溫涼、濕潤的生態習性，在其退縮生長的過程當中，必定選擇相似的生長環境，而目前臺灣山毛櫸的生育地環境，根據研究區周圍的氣象資料分析，屬於溫帶重濕性氣候 (陳正祥, 1957)，溫度、濕度及雨量皆為臺灣山毛櫸所適合生長，在最近這 40 年間應不至於產生太大的變化；光度因沒有資料可比較，而從孔隙對天然更新所造成的影響來討論。

物種的分佈深受環境因子所影響，而孔隙的產生，改變了原來環境中氣候、土壤、位置、生物因子的穩定性。隨著孔隙尺度的不同和地域



性的差異，各環境因子在孔隙中所佔的重要性也不相同。所謂孔隙，就是由林冠層覆蓋所形成的小破空 (Watt, 1947)。傳統的演替理論認為天然的干擾 (例如孔隙的形成) 是不尋常的事件，這種理論認為不耐陰樹種終將從森林消失，僅留下耐陰性的樹種 (Yamamoto, 1992b)，但是長期而言，氣候是變動的，各式各樣的干擾，例如火災、病蟲害、地震、颱風、火山爆發等均為常態而非異常現象 (洪富文, 1996)。孔隙提供森林不同的更新機會，孔隙的各種性質影響著森林更新的方式、速度、組成和森林動態；孔隙的大小主要影響微環境狀況，尤其是光條件；大孔隙較小孔隙得到較多的陽光和較高的溫度；孔隙大小和空隙內更新物種的組成有關係，不耐陰的樹種較可能在大孔隙中進行更新。大孔隙光強度的異質性較小孔隙的高，而且在溫帶地區較熱帶高；較高海拔，孔隙間光強度變化的重要性隨之增高 (Yamamoto, 1992b)。這個事實說明了在溫帶或熱帶林的單一孔隙中，不同的光強度有更多潛在分化的機會。

孔隙中的樹種更新主要分成兩種形式：(1) 苗木建立在孔隙形成之前；(2) 苗木建立在孔隙形成之後 (Yamamoto, 1989, 1992a)。第一群樹種是演替後期的主要組成樹種，它們可以在一個鬱閉林地上生長，並以被壓的小苗和幼木存在，直到孔隙產生之後，再快速地生長至樹冠層，填補孔隙；另一群是需光性的先驅樹種 (pioneers)，此類苗木只能在孔隙中建立而不會發生在鬱閉森林中 (Yamamoto, 1992b)。先驅樹種是典型的以種子作為孔隙殖民的樹種，有些種子有所謂的「孔隙發現機制」(gap-detecting mechanism)，在發芽過程中需要較高溫的環境誘導 (引自 Yamamoto, 1992b)。根據前人研究，臺灣山毛櫸屬於中性至耐陰性樹種 (歐辰雄等, 1996)，其更新形式屬於第一種，苗木建立在孔隙形成之前，以被壓的小苗和幼木存在於鬱閉林地上，直到孔隙產生再快速生長，然而目前於拉拉山並未發現臺灣山毛櫸此種更新形式。

在大多數成熟或達極盛相的植物社會裡，有些樹種沒有更新的能力，例如不耐陰樹種，這類植物通常數量少地散佈在森林中，而且缺乏幼齡可更新的小樹；孔隙理論提供另一種思考方向：不耐陰樹種可由孔隙更新持續在森林中存在，孔隙理論認為只要經過夠長的時間，鬱閉森林中一定會發生樹冠層的破空，提供完全不同於原來微環境的狀況，例如溫度、光度和溼度，使不耐陰植物有機會生長，並達到森林的樹冠層高度。由 Denslow 所作的孔隙區分觀念指出，森林中小孔隙較大孔隙頻繁，而小孔隙的更新也較大孔隙的更新來的常見，因為苗木的建立有一特別的尺度範圍，當孔隙大於這個尺度時，更新即降低(引自 Yamamoto, 1992b)。Yamamoto (1989, 1992a) 的研究中，小孔隙 (< 80m<sup>2</sup>) 比大孔隙多，而超過 400m<sup>2</sup> 的孔隙極為稀少。馬復京和張乃航 (1996) 對福山地區森林所作調查結果顯示小孔隙 (< 20m<sup>2</sup>) 佔了全部孔隙的 55.9%。洪富文 (1989) 調查蓮花池森林孔隙皆小於 100m<sup>2</sup>。臧潤國等 (1998) 調查長白山的闊葉紅松林，將孔隙分成擴展孔隙 (expanded gap) 和冠孔隙 (canopy gap)，仍有類似的結果。由干擾形成空隙之主要現象為樹木死亡 (dead woods)、根拔 (uprooted)、幹折 (snapped off)、枯立木 (dead standing) 及斷枝 (limbfall) 所造成林冠層的疏開。拉拉山地區之臺灣山毛櫸林由於地理位置正當季節風吹拂之處，且受颱風影響，林中干擾情形頻繁，以致常形成大小不一之孔隙，而孔隙形成之原因主要為幹折與斷枝所形成之小孔隙，另有偶爾的母樹死亡及根拔所造成之較大孔隙。馬復京和張乃航 (1996) 針對福山地區的研究指出：颱風形成的孔隙並不是福山試驗林更新的主要方式；林則桐等 (1995) 一樣對福山地區所作研究指出，颱風是影響萌蘗生長後期是否能順利成林的因子之一；Naka (1982) 針對日本西南方 Nara 市的森林研究指出，47 個孔隙中有 46 個孔隙是由颱風在 1934 和 1979 兩年所形成的，可見颱風在孔隙形成過程中所扮演的角色。當颱風來襲，林木多少會受到不同程度的影響，尤其是葉部及小枝

的脫落，對林地形成大面積的透光，使林地的受光量、溫度、土壤水分及養分短期內大量增加，將有利於土壤種子庫內種子的萌芽及幼苗的生長。

目前拉拉山臺灣山毛櫸之分佈為集落分佈 (contagious distribution)，而集落分佈中之小集團為逢機分佈 (random distribution)，此現象與邱清安 (1996) 所描述相似，可知插天山自然保留區中臺灣山毛櫸分佈呈現間斷的情形，各間段呈常綠針闊葉喬林狀態。通常集落分佈在單一植物社會中較常見，尤其是草本植物，其原因可能是無性繁殖之結果、種子落於母樹附近所形成或微生育地分化之結果 (蘇鴻傑，1979)。造成臺灣山毛櫸分佈間斷之主因，主要是微生育地分化所導致，由於特殊的土壤性質，植群多形成盤根現象，再加以季節風及颱風之影響，插天山自然保留區極易形成根拔情形之風倒木所造成的孔隙。Alexander (1964) 發現大多數風倒現象係由地形及林緣位置配列所引起風之加速作用所導致，當鬱閉森林出現開口時，常可造成風之旋渦，反轉盛行風向，產生更多之風倒現象，臺灣山毛櫸林即在此種氣候型態下出現族群間斷的情形，此可說明臺灣山毛櫸在現時環境下本身競爭能力的薄弱，當局部的臺灣山毛櫸林遭受嚴重干擾時，臺灣山毛櫸並無法取得優勢，甚至連與其他樹種共存亦屬不能，復因有性繁殖受制於地被覆蓋度高而導致日光的缺乏，造成種子更新苗無法存活，使得臺灣山毛櫸林範圍於插天山自然保留區中將逐漸縮小。

## 陸、結論與建議

### 結論

- 一、本研究區經調查分析下層植群可分為 3 個植群型，分別為臺灣瘤足蕨型、玉山箭竹型及臺灣紅苞鱗毛蕨型。由下層的植群歸群結果得知，拉拉山地區臺灣山毛櫸林下植物以玉山箭竹為主，其次是臺灣瘤足蕨。種間相關測驗中，毬子櫸與刺格、松田氏英蕨相伴而生，而臺灣山毛櫸與假繡球亦互為伴生種。處理後之樣區，地被植群重要值之變化不大；臺灣山毛櫸之頻度與重要值增加較明顯，玉山箭竹與臺灣瘤足蕨雖有增減，但短期尚不明顯。環境因子方面，土壤 pH 值介於 3.35~4.48，屬強酸性土壤；枯枝落葉層平均厚度 6.44cm；相對光度介於 0.77%~31.06%，因微生育地環境的不同而變化頗大。
- 二、插天山自然保留區深受東北季風與颱風之影響，導致東北向（迎風坡）和西南向（背風坡）微環境的差異，由微氣象環境監測器所測得各樣區每月溫度、相對濕度與相對光度的資料顯示，平均溫度在 10 月之後明顯降低，至隔年 2 月才再上升；相對濕度都在 95% 以上，濕度甚高；相對光度皆高出一般值甚多，平均約 0.8 log Lum/sqm。
- 三、臺灣山毛櫸的抽芽期於 1 至 3 月；展葉期於 3 至 4 月；開花期與展葉期相同，雄花盛開期較雌花早 1 至 2 星期；著果期於 4 月下旬開始，長達 5 至 6 個月；落葉期於 10 月至翌年 3 月。拉拉山生育地內主要的枯枝落葉的重量集中於 10 月至 12 月，林中枯枝落葉量約 1,580.09Kg/ha/yr，臺灣山毛櫸之落葉佔 76.94%。臺灣山毛櫸之種實飄落季節為 9~10 月，換算成密度 712,121 顆/ha。生育地的秋冬兩季土壤種子庫中之各類種子分別為 375 顆/m<sup>2</sup> 與 304 顆/m<sup>2</sup>。

四、由徑級結構分析發現，拉拉山地區臺灣山毛櫸族群徑級結構分布呈鈴形分布；20~40 cm約佔 50%，20 cm以下僅 15 株，80 cm以上數量少，呈現不連續性，可能顯示著本區可能受到不明原因的干擾；本區雖以小徑木居多，但幼齡木(20 cm以下)稀少，顯示本區更新情況不佳。以 Hsieh (1989)的臺灣山毛櫸胸高直徑與樹齡的關係式推算，本區的臺灣山毛櫸樹齡以 64~120 年為多數，40 年以下的植株稀少，超過 232 年之母樹甚少。

五、臺灣山毛櫸的天然下種更新苗約需 6 個月的休眠始發芽；小苗生長速度緩慢，以 10 個月的資料來看，平均苗高生長量 1.26cm，小苗死亡率為 12.38%。天然下種更新苗的分佈以母樹為中心，以西南向的分布 59 株 (57.84 %) 最多，其次東南向 22 株 (21.57 %)，再其次西北向 19 株 (18.63 %)，而以東北向 2 株 (1.96 %) 最少，與保留區的秋冬盛行風向有關。

六、臺灣山毛櫸、玉山箭竹及臺灣瘤足蕨與各環境因子間之相關分析結果顯示，臺灣山毛櫸適合生長在較潮濕的北坡或東北坡，且土壤愈酸，愈不適合臺灣山毛櫸生長。玉山箭竹與臺灣瘤足蕨兩者呈負相關，與地被植群歸群分析的結果相符，兩種地被植物約以 1,950m 為界，超過此臨界線海拔以玉山箭竹為優勢，低於此海拔則以臺灣瘤足蕨為優勢。臺灣山毛櫸與臺灣瘤足蕨呈負相關，則反應在臺灣山毛櫸出現的海拔高度。

## 建議

臺灣山毛櫸為一族群退縮之子遺物種，其天然更新與繁殖受到許多因子限制，在現階段的法律保護下，除非有大規模的天然干擾發生，導致微生育地氣候的改變，否則臺灣山毛櫸只有繼續呈現衰退狀態。本研究依研究的結果建議經營管理當局對於本保留區之目標種—臺灣山毛櫸進行下列之研究工作。

### 一、臺灣山毛櫸的物候調查

由於物候現象主要受到遺傳及環境因子之影響，不同樹種的物候現象也隨之不同，是以任何樹種在不同地區的物候調查都有其必要性。由樹種物候週期的瞭解，可幫助我們掌握植物之生態習性、提供栽培管理、預測開花結實及其種子產量等，並作為引種馴化及選育優良品系之重要參考依據，甚至可作為族群復原保育與環境監測指標等意義，因此必須持續對臺灣山毛櫸調查其物候週期，至少必須對其豐欠年有所瞭解。

### 二、保留區環境監測

為確實掌握臺灣山毛櫸林分的整個環境變化情形，俾能隨時調整臺灣山毛櫸的保育方針，可考慮在保留區內選擇數個適當地點長期設置小型的環境監測器，包括雨量、溫度、濕度及光度，甚至風向與風速等資料。環境因子一方面可以用來分析及了解臺灣山毛櫸物候的變化，另外，更可進一步了解臺灣山毛櫸生育地環境，以作區外保育地點選擇的依據。

### 三、臺灣山毛櫸的發芽及育苗

由調查的物候觀察結果發現，拉拉山區臺灣山毛櫸果實的成熟

期在九月。利用物候調查的結果，在果實成熟季節採集種子，以各種不同的處理方法，找出臺灣山毛櫸最適發芽的條件，以提高其發芽率，並將室內結果應用於野外試驗，以期克服天然更新所遭遇的問題。進而依據環境監測之資料，選定適宜苗圃進行苗木培育，一方面作區外保育之苗木提供，及相關試驗用途，另外一方面，可進行推廣作為原生景觀樹種。

#### 四、臺灣山毛櫸族群監測

由於臺灣山毛櫸的陸續發現，且分佈面積大，加以採集記錄的記載地零散，有必要去找出其可能的分佈地點，並精密測繪其分佈面積，甚至去監測標定之每株立木，定期前往巡視觀察，以監控臺灣山毛櫸林的動態變化，如此方可隨時掌控其整個族群動向，並能防止為採集北插天山綠小灰蝶蟲蛹而砍伐臺灣山毛櫸之情形發生。相較於北插天山地區人為破壞的嚴重，拉拉山地區人類活動顯然較少，對於分佈於此區的臺灣山毛櫸而言，人類的破壞並不大，因此，環境因子、其他生物性因子和遺傳因子對於臺灣山毛櫸天然更新和繁殖的影響更加重要。未來應持續對微環境因子資料的收集、族群遺傳上的研究以及臺灣山毛櫸和其他生物間關係之研究進行更深入的研究，並去找出各不同族群間之血源關係，以瞭解臺灣山毛櫸植物地理上的分佈及其族群移動方向。

#### 五、臺灣山毛櫸之族群遺傳研究

臺灣山毛櫸為子遺植物，就目前的研究結果顯示著，在短期內臺灣山毛櫸尚不致滅絕，但長期來看，臺灣山毛櫸可能會有退縮之虞。族群遺傳結構研究可以了解一生物遺傳變異在族群內和族群間之分布的情形，生物的生活史及生態特性有很大的關連性。對於植物族群而言，帶有遺傳基子的植物花粉及種子，其傳播距離對於遺

傳空間的變異具有極密切的關係。然而，保有族群的遺傳變異是稀有物種保育所面臨的重要課題！但臺灣山毛櫸在此方面的資料全無！除了收集開花物候及種子傳播的生態資料可作為族群遺傳的相關資料外，目前重要的工作即是對臺灣山毛櫸進行族群遺傳的研究。針對臺灣山毛櫸各個族群進行遺傳研究分析，一方面可以提供臺灣山毛櫸的族群遺傳資料，作為臺灣山毛櫸保育經營的重要參考依據；另一方面，針對世界 13 種山毛櫸屬植物作更進一步分析，可了解臺灣山毛櫸的遷臺史，提供臺灣植物地理學的依據。

#### 六、其他依存在臺灣山毛櫸的生物研究

就目前研究發現，北插天山綠小灰蝶和插天山圓翅鍬形蟲為高度依賴臺灣山毛櫸生存的昆蟲；除此之外，在葉片上、枝條及其花序、果實上尚有許多昆蟲，如造癭蟲癭、象鼻蟲等種類的生活史必須與臺灣山毛櫸的物候配合，形成獨特的生態系，其種間相互關係至今仍是未知的領域。臺灣黑熊、條紋松鼠、白面鼯鼠等哺乳類對臺灣山毛櫸種實的散布影響亦是空白。這種古老的植物自遷移至臺灣這塊土地上，我們對於其生物特性尚處在推論，並未做更進一步的研究、了解實屬可惜。另外一方面，保育臺灣山毛櫸這種退縮的子遺植物使之不致絕滅，亦是保育依存於臺灣山毛櫸的其他昆蟲、哺乳類等動物。



## 柒、引用文獻

- 王立志 (1987) 臺灣北部烏來地區天然植群之多變數分析。國立臺灣大學森林學研究所樹木學組碩士論文。
- 安樹青、林向陽、洪必恭 (1996) 寶華山主要植被類型土壤種子庫初探。植物生態學報 20(1): 41-50。
- 吳鳴翔 (1989) 臺灣水青岡。中國珍稀瀕危植物。中國科學院植物研究所主編。上海教育出版社。
- 呂金誠、歐辰雄、邱清安 (1998) 插天山自然保留區植群研究(二)臺灣山毛櫸之族群組成。中興大學實驗林研究季刊 20(2): 79-91。
- 沈中桴 (1984) 臺灣產殼斗科植物之分類與花粉型態之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。
- 周文鄧 (1999) 關刀溪森林生態系孔隙更新之研究。國立中興大學植物學研究所碩士論文。
- 周浙昆 (1993) 櫟屬的歷史植物地理學研究。雲南植物研究 15(1): 21-33。
- 易希道、謝萬權、陳昇明、蕭如英、曾義雄、周惠慈、陳伯中、葉育材、張杏生 (1981) 科學圖書大庫—徐氏植物學。徐氏基金會出版。翻譯本。
- 林光清 (1987) 拉拉山自然保護區之土壤。國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文。
- 林則桐、馬復京、張乃航 (1995) 福山試驗林的植物社會與天然更新之研究。林業試驗所百週年慶學術研討會論文集, 第 71-82 頁。
- 林務局 (1994) 國有林自然保護區。臺灣省林務局編印。
- 林國銓、黃吳清標、劉哲政 (1997) 福山試驗林天然闊葉樹之物候現象。臺灣林業科學 12(3): 347-353。
- 林讚標 (1996) 林木種子採集、處理、儲藏、休眠與發芽。林業叢刊第 66 號。臺灣省林業試驗所。
- 邱清安 (1996) 插天山自然保留區植相與植群之研究。國立中興大學森林學研究所碩士論文。
- 柳楮 (1968) 臺灣產殼斗科植物地理之研究。臺灣省林業試驗所報告第 165 號。
- 洪必恭、安樹青 (1993) 中國水青岡屬植物地理分佈初探。植物學報 35(3): 229-233。
- 洪富文 (1989) 空隙更新與其應用。“生態原則下的林業經營”研討會論文

- 集。林業叢刊 31 號，第 137-142 頁。林試所。台北。
- 洪富文 (1996) 台灣中低海拔闊葉林的更新理論與試驗。林試所簡訊 3(5): 1-2。
- 胡弘道 (1993) 森林土壤學，修訂版。國立編譯館。
- 唐勇、曹敏、張建侯、盛才余 (1998) 西雙版納白背桐次生林土壤種子庫、種子雨研究。植物生態學報 22(6): 505-512。
- 夏禹九、王文賢 (1985) 坡地日輻射潛能之計算。臺灣省林業試驗所簡報第 001 號。
- 徐國士、呂勝由 (1994) 臺灣自然大系 12: 臺灣的稀有植物。渡假出版社。
- 馬復京、張乃航 (1996) 福山天然闊葉林的更新。林試所簡訊 3(5): 3-6。
- 張和明 (1996) 臺灣北部福山地區天然闊葉林土壤種子庫與樹種更新之研究。國立臺灣大學植物學研究所碩士論文。
- 郭寶章 (1985) 臺灣赤腹松鼠對於松林危害及其防除之造林學的研究。國立臺灣大學農學院研究報告 25(2): 107-108。
- 陳正祥 (1957) 氣候之分類與分區。林業叢刊第七號。國立臺灣大學農學院實驗林印行。
- 陳益民 (1991) 臺灣東北季風影響下植群生態之研究—以東北部瑞芳—雙溪基隆火山群一帶為例。臺灣大學森林學研究所資源保育組碩士論文。
- 陳澤裕 (1984) 西德地區之酸雨及其對森林之危害。中華林學季刊 17(2): 69-83。
- 陳嶸 (1937) 中國樹木分類學。中華農學會。
- 賀金生、陳偉烈、劉峰 (1998) 神農架地區米心水青岡萌枝過程的研究。植物生態學報 22(5): 385-391。
- 楊遠波、呂勝由 (1991) 臺灣水青岡之生態調查。自然文化景觀調查研究計畫成果提要集 (四)。林業特刊第 27 號，第 78 頁。
- 廖日京 (1991) 臺灣殼斗科植物之學名訂正，第 100 頁。臺灣省台北市國立臺灣大學農學院森林學系。
- 臧潤國、劉濤、郭忠凌、高文韜 (1998) 長白山自然保護區闊葉紅松林林隙干擾狀況的研究。植物生態學報 22(2): 135-142。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1972) 北插天山夏綠林群落之研究。省立博物館科學年刊 15: 1-14。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑 (1992) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1994) 臺灣樹木誌 (增補修訂版)，第 301-318 頁。國立中興大學農學院叢書第 7 號。

- 歐辰雄、呂金誠、邱清安、王志強、張美瓊、曾喜育 (1995) 插天山自然保留區植被調查研究 (I)。臺灣省農林廳林務局保育研究系列 84-02 號。
- 歐辰雄、呂金誠、邱清安、王志強、張美瓊、曾喜育 (1996) 插天山自然保留區植被調查研究 (II)。臺灣省農林廳林務局保育研究系列 85-08 號。
- 蔣先覺、陳尊賢、林光清、洪富文 (1994) 臺灣高山森林土壤形態與分類。臺灣省林業試驗所印行。
- 鄭中華、王萍莉、溥發鼎 (1999) 南水青岡屬及殼斗科其他屬花粉壁超微結構比較研究。植物分類學報 37(3): 253-258。
- 謝長富、湯惟心、林義方、林雲珍、陳尊賢、林光清、張仲光 (1987) 自然保護區生態基準資料庫之建立 (二)。行政院農業委員會 76 年生態研究第 026 號。
- 鍾補勤、章樂民 (1954) 南插天山森林生態初步調查。林試所報告 19 號。
- 蘇鴻傑 (1979) 臺灣北部烏來一小集水區闊葉樹林群落生態之研究 (四) 分析取樣法中植物社會介量之研究。臺大實驗林研究報告 123:173-196。
- 蘇鴻傑 (1980) 臺灣稀有及有絕滅危機森林植物之研究。臺大實驗林研究報告 125:165-205。
- 蘇鴻傑 (1987) 森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20(1): 1-14。
- 蘇鴻傑 (1988) 臺灣之生態系及其保育—初評保護區系統。
- 片岡寬純 (1982) 山毛櫸林的保續。農林出版株式會社。
- Alexander, R. R. (1964) Minimizing windfall around clear cutting in spruce-fir forests. *For. Sci.* 10:130-142.
- Blum, B. M. (1961) Age-size relationship in all-age northern hardwoods. *North-eastern For. Exp. Sta. Res. Note* 125.
- Braun, E. L. (1967) *Deciduous forests of eastern north America*. Hafner Publ. Comp. New York & London.
- Canham, C. D. (1988) Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology* 69(3): 786-795.
- Canham, C. D. (1989) Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. *Ecology* 70(3): 548-550.
- Day, F. P. and C. D. Monk (1974) Vegetation patterns on a southern Appalachian watershed. *Ecology* 55: 1064-1074.
- Daniel, B. B. and C. F. Hsieh (1986) Recommendations for a data system for Lalashan nature preserve. Prepared for council of agriculture and council of

- economic planning and development, Executive Yuan.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester and F. T. Davies, Jr. (1990) Plant propagation—principles and practices (5th ed.). Prentice-Hall, Inc. 570p.
- Hayata, B. (1908) Flora montana formosae. Journ. Col. Sci. Imp. Univ. Tokyo 25 : 206.
- Hayata, B. (1911) Material flora formosa. Journ. Col. Sci. Imp. Univ. Tokyo 30 : 286-287.
- Hoffmann, F. (1995) *Fagus*, a model for growth and development of beech. Ecological Modelling 83 : 327-348.
- Hsieh, C. H. (1989) Structure and floristic composition of the beech forest in Taiwan. Taiwania 34(1) : 28-44.
- Hughes, J. W. and T. J. Fahey (1988) Seed dispersal and colonization in a disturbed northern hardwood forest. Bulletin of the Botanical Club 115(2) : 89-99.
- Kaul, R. B. and E. C. Abbe (1984) Inflorescence architecture and evolution in the *Fagaceae*. Journal of the Arnold Arboretum 65 : 375-401.
- Liew, P. M., C. F. Shen and S. Y. Huang (1994) Middle Pleistocene distribution of the genus *Fagus* Tourn. ex L. (*Fagaceae*) in Taiwan. Journal of the Geological Society of China 37(4) : 549-560.
- Liew, P. M., S. Y. Huang (1994) Pollen analysis and their paleoclimatic implication in the middle Pleistocene lake deposits of the Ilan district, northeastern Taiwan. Journal of the Geological Society of China 37(1) : 115-124.
- Mikkelsen, T. N. (1995) Physiological of *Fagus sylvatica* L. exposed to low levels of ozone in open-top chambers. Trees 9 : 355-361.
- Motyka, J., B. Dobrzanski and S. Zawadski (1950) Wstepne badania nad lakami południowoschodniej Lubelszczyzny (Preliminary studies on meadows in the southeast of the province Lublin. Summary in English). Ann. Univ. M. Curie-Sklodowska, Sec. E. 5 : 367-447.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg (1974) Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York.
- Nagaike, T., T. Kamitani and T. Nakashizuka (1999) The effect of shelterwood logging on the diversity of plant species in a beech (*Fagus crenata*) forest in Japan. Forest Ecology and Management 118 : 161-171.
- Naka, K. (1982) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southwestern Japan. I wind damaged trees and canopy gaps in an evergreen

- oak forest. Bot. Mag. Tokyo 95 : 385-399.
- Nakashizuka, T. (1989) Role of in composition and dynamics of an old-growth forest in Japan. Ecology 70(5) : 1273-1278.
- Ohkubo, T., T. Tanimoto and R. Peter (1996) Response of Japanese beech (*Fagus japonica* Maxim) sprouts to canopy gaps. Vegetatio 124 : 1-8.
- Rudolf, P. O. and W. B. Leak (1974) *Fagus* L. Beech. In : Seeds of Woody Plants in the United States, Agriculture handbook no.450. For. Service, USDA, Washington D.C..
- Saito, H. (1973) Production Process. JIBP. Vol. 13 Chap. 4.
- Severinghaus, S. and C. E. DeVol (1974) Notes on the distribution of Taiwan beech. Taiwania 19(2) : 235-237
- Shen, C. F. and D. E. Boufford (1988) *Fagus hayatae* (*Fagaceae*) – a remarkable new example of disjunction between Taiwan and central China. Journ. Jap. Bot. 63 : 32-37
- Shen, C. F. (1992) A monograph of the genus *Fagus* Tourn. ex L. (*Fagaceae*). UMI.
- Stalter, R. (1982) Production of viable seed by the American beech (*Fagus glandifolia*). Bulletin of the Torrey Botanical Club 109(4) : 542-544.
- Suszka, B. (1978) Germination of tree seed stored in a partially afterripening condition. Acta Horticulturae 83 : 181-187.
- Tang, C. H. and C. T. Yang (1976) Mid-tertiary stratigraphic break in the northern Hsuehshan range of Taiwan. Petroleum Geology of Taiwan 13 : 139-147.
- Watt, A. S. (1947) Pattern and process in the plant community. J. Ecol. 35 : 1-22.
- Yamamoto, S. I. (1989) Gap dynamics in climax *Fagus crenata* forests. Bot. Mag. Tokyo 102 : 93-114.
- Yamamoto, S. I. (1992a) Gap characteristics and gap regeneration in primary evergreen board-leaved forests of western Japan. Bot. Mag. Tokyo 105 : 29-45.
- Yamamoto, S. I. (1992b) The gap theory in forest dynamics. Bot. Mag. Tokyo 105 : 375-383.
- Yen, S. H. and J. L. Jan (1995) Notes on the life history of *Sibatanozephyrus kuafui* Hsu & Lin, 1994 (Lepidoptera:Lycaenidae). Chinese J. Entomol. 15 : 161-169.

## 蕨類植物

1. Adiantaceae 鐵線蕨科
  1. *Coniogramme intermedia* Hieron. 華鳳了蕨
2. Aspidiaceae 三叉蕨科
  2. *Ctenitis subglandulosa* (Hance) Ching 肋毛蕨
3. Athyriaceae 蹄蓋蕨科
  3. *Athyriopsis japonica* (Thunb.) Ching 假蹄蓋蕨
  4. *Diplazium dilatatum* Blume 廣葉鋸齒雙蓋蕨
4. Davalliaceae 骨碎補科
  5. *Araiostegia perdurans* (Christ) Copel. 小膜蓋蕨
5. Dennstaedtiaceae 碗蕨科
  6. *Dennstaedtia scabra* (Wall.) Moore 碗蕨
  7. *Monachosorum henryi* Christ 稀子蕨
6. Dryopteridaceae 鱗毛蕨科
  8. *Acrophorus stipellatus* (Wall.) Moore 魚鱗蕨
  9. *Arachniodes pseudo-aristata* (Tagawa) Ohwi 小葉複葉耳蕨
  10. *Dryopteris formosana* (Christ) C. Chr. 臺灣紅苞鱗毛蕨
  11. *Dryopteris formosana* (Christ) C. Chr. 臺灣鱗毛蕨
  12. *Dryopteris varia* (L.) Ktze. 南海鱗毛蕨
  13. *Polystichum falcatipinnum* Hayata 鑷葉耳蕨
  14. *Polystichum morii* Hayata 玉山耳蕨
7. Hymenophyllaceae 膜蕨科
  15. *Mecodium badium* (Hook. & Grev.) Copel. 落蕨
8. Lycopodiaceae 石松科
  16. *Lycopodium serratum* Thunb. var. *longipetiolatum* Spring 長柄千層塔
9. Plagiogyriaceae 瘤足蕨科
  17. *Plagiogyria euphlebia* (Kunze) Mett. 華中瘤足蕨
  18. *Plagiogyria formosana* Makai 臺灣瘤足蕨
10. Polypodiaceae 水龍骨科
  19. *Lemmaphyllum microphyllum* Presl 伏石蕨
  20. *Lepisorus megasorus* (C. Chr.) Ching 鱗瓦菁
  21. *Lepisorus thunbergianus* (Kaulf.) Ching 瓦菁
  22. *Lepisorus tosaensis* (Makino) H. Ito 擬瓦菁
  23. *Polypodium amoenum* Wall. 阿里山水龍骨
11. Pteridaceae 鳳尾蕨科
  24. *Onychium japonicum* (Thunb.) Kunze 日本金粉蕨
12. Selaginellaceae 卷柏科
  25. *Selaginella doederleinii* Hieron. 生根卷柏
13. Thelypteridaceae 金星蕨科
  26. *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Ito 毛蕨
14. Vittariaceae 書帶蕨科
  27. *Vittaria flexuosa* Fee 書帶蕨

## 裸子植物

15. Pinaceae 松科
  28. *Tsuga chinensis* Pritz. 鐵杉
16. Cupressaceae 柏科
  29. *Chamaecyparis obtusa* Sieb. & Zucc. var. *formosana* (Hayata) Rehder 臺灣扁柏

## 雙子葉植物

17. Aceraceae 槭樹科  
30. *Acer palmatum* Thunb. var. *pubescens* Li 臺灣掌葉槭  
31. *Acer serrulatum* Hayata 青楓
18. Anacardiaceae 漆樹科  
32. *Rhus ambigua* Lav. ex Dipped. 臺灣藤漆
19. Aquifoliaceae 冬青科  
33. *Ilex goshiensis* Hayata 五指山冬青  
34. *Ilex pedunculosa* Miq. 刺脈冬青  
35. *Ilex sugeroki* Maxim. var. *brevipedunculata* (Maxim.) S. Y. Hu 太平山冬青
20. Araliaceae 五加科  
36. *Dendropanax pellucidopunctata* (Hayata) Kanehira ex Kanehira & Hatusima 臺灣樹參
21. Aristolochiaceae 馬兜鈴科  
37. *Asarum albomaculatum* Hayata 白斑細辛
22. Balanophoraceae 蛇菰科  
38. *Balanophora spicata* Hayata 穗花蛇菰
23. Berberidaceae 小蘗科  
39. *Berberis kawakamii* Hayata 臺灣小蘗
24. Campanulaceae 桔梗科  
40. *Peracarpa carnosus* (Wall.) Hook. f. & Thoms. 山桔梗
25. Caprifoliaceae 忍冬科  
41. *Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬  
42. *Viburnum erosum* Thunb. 松田氏英蓮  
43. *Viburnum foetidum* Wall. var. *integrifolium* (Hay.) Kaneh. et Hatus. 全緣葉英蓮  
44. *Viburnum furcatum* Blume ex Maxim. 假繡球  
45. *Viburnum urceolatum* Sieb. et Zucc. 臺灣高山英蓮
26. Celastraceae 衛矛科  
46. *Euonymus spraguei* Hayata 刺果衛矛  
47. *Microtropis fokiensis* Dunn 福建賽衛矛
27. Daphniphyllaceae 虎皮楠科  
48. *Daphniphyllum membranaceum* Miq. 臺灣虎皮楠
28. Diapensiaceae 岩梅科  
49. *Shortia exappendiculata* Hayata 裂緣花
29. Ericaceae 杜鵑花科  
50. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木  
51. *Rhododendron pseudochrisanthum* (Hay.) ssp. *morii* (Hay.) Yamazaki 森氏杜鵑
30. Fagaceae 殼斗科  
52. *Cyclobalanopsis longinix* (Hayata) Schott. 錐果櫟  
53. *Cyclobalanopsis sessilifolia* (Blume) Schottky 毬子櫟  
54. *Cyclobalanopsis stenophylloides* (Hay.) Kudo et Masam. 狹葉高山櫟  
55. *Fagus hayatae* Palib. ex Hay. 臺灣山毛櫟
31. Gentianaceae 龍膽科  
56. *Tripterospermum taiwanense* (Masamune) Satake 臺灣肺形草
32. Gesneriaceae 苦苣苔科  
57. *Lysionotus pauciflorus* Maxim. 臺灣石吊蘭
33. Hamamelidaceae 金縷梅科  
58. *Sycopsis sinensis* Oliver 水絲梨
34. Lamiaceae 唇形花科  
59. *Anisomeles indica* (L.) Ktze. 金釧草
35. Lardizabalaceae 木通科  
60. *Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Decne. 石月

36. Lauraceae 樟科  
 61. *Neolitsea acuminatissima* (Hayata) Kanehira & Sasaki 漸尖葉新木薑子  
 62. *Neolitsea variabilissima* (Hayata) Kanehira & Sasaki 變葉新木薑子
37. Melastomataceae 野牡丹科  
 63. *Barthea formosana* Hayata 深山野牡丹  
 64. *Sarcopyramis napalensis* Wall. var. *delicata* (C. B. Robinson) S. F. Huang & T. C. Huang 東方肉穗野牡丹
38. Myrsinaceae 紫金牛科  
 65. *Ardisia crenata* Sims 硃砂根  
 66. *Ardisia japonica* (Hornsted) Blume 紫金牛
39. Myrtaceae 桃金娘科  
 67. *Syzygium buxifolium* Hook. & Arn. 小葉赤楠
40. Oleaceae 木犀科  
 68. *Ligustrum japonicum* Thunb. 日本女貞  
 69. *Ligustrum microcarpum* Kaneh. et Sasaki 小果女貞  
 70. *Osmanthus heterophyllus* (Don) Green var. *bibracteatus* (Hay.) Green 刺楸
41. Oxalidaceae 酢醬草科  
 71. *Oxalis acetosella* L. ssp. *griffithii* (Edgew. & Hook. f.) Hara var. *formosana* (Terao) Huang 山酢醬草
42. Pittosporaceae 海桐科  
 72. *Pittosporum illicioides* Makino 疏果海桐
43. Polygonaceae 蓼科  
 73. *Polygonum chinense* L. 火炭母草  
 74. *Polygonum thunbergii* Sieb. & Zucc. forma *biconvexum* (Hayata) Liu, Ying & Lai 戟葉蓼
44. Pyrolaceae 鹿蹄草科  
 75. *Cheilotheca humilis* (Don) Keng 水晶蘭
45. Rafflesiaceae 大花草科  
 76. *Mitrastemon yamamotoi* var. *kawasakii* (Hay.) Makino 臺灣奴草
46. Ranunculaceae 毛茛科  
 77. *Coptis quinquefolia* Miq. 掌葉黃連
47. Rhamnaceae 鼠李科  
 78. *Rhamnus pilushanensis* Liu & Wang 畢祿山鼠李
48. Rosaceae 薔薇科  
 79. *Photinia niitakayamensis* Hay. 玉山假沙梨  
 80. *Pourthiaea villosa* (Thunb. ex Murray) Decne. var. *parvifolia* (Pritz.) Iketani & Ohashi 小葉石楠  
 81. *Prunus maturai* Sasaki 太平山櫻花  
 82. *Prunus phaeosticta* (Hance) Maxim. 墨點櫻桃  
 83. *Rubus corchorifolius* L. f. 變葉懸鈎子  
 84. *Rubus liui* Yang & Lu 柳氏懸鈎子  
 85. *Rubus pectinellus* Maxim. 刺萼寒莓  
 86. *Rubus pungens* Camb. 刺懸鈎子  
 87. *Rubus sumatranus* Miq. 腺萼懸鈎子
49. Rubiaceae 茜草科  
 88. *Damnacanthus angustifolius* Hayata 無刺伏牛花
50. Rutaceae 芸香科  
 89. *Skimmia reevesiana* Fortune 深紅茵芋
51. Saxifragaceae 虎耳草科  
 90. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球  
 91. *Schizophragma integrifolium* Oliv. var. *fauriei* (Hayata) Hayata 圓葉鑽地風
52. Solanaceae 茄科  
 92. *Solanum biflorum* Lour. 雙花龍葵
53. Symplocaceae 灰木科  
 93. *Symplocos formosana* var. *formosana* 臺灣灰木



94. *Symplocos sumuntia* Buch.-Ham. ex D. Don 尾葉灰木  
 95. *Symplocos laurina* (Retz.) Wall. 月桂葉灰木
54. Theaceae 茶科  
 96. *Camellia brevistyla* (Hayata) Cohen-Stuart 短柱山茶  
 97. *Cleyera japonica* Thunb. 紅淡比  
 98. *Eurya acuminata* DC. 銳葉柃木  
 99. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 賽柃木  
 100. *Eurya glaberrima* Hayata 厚葉柃木
55. Thymelaeaceae 瑞香科  
 101. *Daphne kiusiana* Miq. var. *atrocaulis* (Rehder) Maekawa 白花瑞香
56. Urticaceae 蕁麻科  
 102. *Pellionia trilobulata* Hay. 裂葉赤車使者
57. Vacciniaceae 越橘科  
 103. *Hugeria lasiostemon* (Hay.) Maekawa 毛蕊越橘
58. Verbenaceae 馬鞭草科  
 104. *Callicarpa randaiensis* Hay. 巒大紫珠

## 單子葉植物

59. Araceae 天南星科  
 105. *Arisaema formosana* (Hayata) Hayata forma *stenophylla* Hayata 狹葉天南星
60. Commelinaceae 鴨跖草科  
 106. *Murdannia keisak* (Hassk.) Hand.-Mazz. 水竹葉
61. Cyperaceae 莎草科  
 107. *Carex filicina* Nees subsp. *pseudo-filicina* (Hayata) T. Koyama 紅鞘薹
62. Liliaceae 百合科  
 108. *Ophiopogon formosanus* Ohwi 臺灣沿階草  
 109. *Paris polyphylla* Smith 七葉一枝花  
 110. *Polygonatum cyrtoneura* Hua 菱蕨  
 111. *Smilacina formosana* Hayata 臺灣鹿藥
63. Orchidaceae 蘭科  
 112. *Calanthe reflexa* (O. K.) Maxim. 反捲根節蘭  
 113. *Cheirostylis inabai* Hayata 羽唇指柱蘭  
 114. *Cremastra appendiculata* (D. Don) Makino 馬鞭蘭
64. Poaceae 禾本科  
 115. *Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f. 玉山箭竹
65. Smilacaceae 菝葜科  
 116. *Smilax arisanensis* Hayata 阿里山菝葜  
 117. *Smilax lanceaefolia* Roxb. var. *opaca* A. 臺灣菝葜

本名錄各分類群統計如下表

類 別	科數	屬數	種數(含以下分類群)
蕨類植物	14	21	27
裸子植物	2	2	2
雙子葉植物	42	54	75
單子葉植物	7	12	13
總 計	65	89	117

附錄二、拉拉山上層 各樣區植物之重要值 (%) :

植物種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
賽桫欏	76.9	—	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1	23.2	44.1	0.0	13.6	50.3	0.0	14.5	0.0
尾葉灰木	79.0	18.8	0.0	9.6	34.7	0.0	92.2	0.0	26.0	0.0	15.9	0.0	13.4	0.0	31.0	0.0	195.1
狹葉高山櫟	18.7	—	0.0	0.0	0.0	0.0	141.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0
厚葉桫欏	23.7	—	0.0	9.1	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	73.0	0.0
臺灣高山英莖	12.2	0.0	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.9	0.0	0.0	39.8	0.0
短柱山茶	24.9	68.3	0.0	45.3	76.0	0.0	0.0	35.2	30.6	44.2	35.7	75.0	0.0	36.9	37.9	45.2	0.0
漸尖葉新木薑子	18.9	53.6	25.9	0.0	0.0	300.0	0.0	0.0	11.5	0.0	19.8	19.2	0.0	0.0	0.0	24.8	0.0
魁子櫟	0.0	70.6	44.6	14.3	12.3	0.0	0.0	0.0	22.6	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0
太平山櫻花	45.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
日本女貞	0.0	0.0	0.0	21.1	23.8	0.0	0.0	35.8	0.0	0.0	25.6	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
刺楸	0.0	31.0	52.2	14.4	43.1	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	17.4	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
松田氏英莖	0.0	57.7	25.9	26.0	40.2	0.0	0.0	0.0	22.4	22.9	19.2	0.0	109.2	72.7	25.9	0.0	0.0
假繡球	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	33.3	0.0	19.3	19.9	62.8	0.0	0.0	0.0
小葉石楠	0.0	0.0	125.4	14.4	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	28.5	38.3	44.9	0.0	0.0
刻脈冬青	0.0	0.0	0.0	11.3	10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0
臺灣山毛櫟	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.4	120.6	94.4	98.0	75.0	39.0	86.8	0.0	0.0
福建賽衛矛	0.0	0.0	0.0	8.9	17.1	0.0	0.0	0.0	0.0	27.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
維果櫟	0.0	0.0	0.0	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣灰木	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0	0.0	0.0	0.0	24.8	18.4	0.0	23.5	14.5	0.0
臺灣虎皮楠	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	0.0
臺灣樹參	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水棘梨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
五指山冬青	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	104.9
月桂葉灰木	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.8
畢祿山鼠李	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
太平山冬青	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
雙葉新木薑子	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
總計	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0



臺灣掌葉蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	4.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
無刺伏牛花	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣小蘗	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	2.3	0.0	0.0	3.3	1.4	1.3	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣虎皮楠	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	1.7	0.0	0.0
臺灣樹李	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	1.3	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
紫金牛	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
珠砂蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
反播根節蘭	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山假沙梨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
水絲梨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
南海鱗毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	22.5
長柄千層塔	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
華鳳了蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0
月桂葉灰木	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0
臺灣鹿蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
柳氏懸鉤子	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0
臺灣藤漆	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
鐘葉耳蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0
馬鞭蘭	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0
白花瑞香	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
墨點櫻桃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣山鼠李	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣紅苞鱗毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	8.3	4.8	5.6	102.9	1.1	2.3	0.0	0.0	0.0
軟葉蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
雙葉新木薑子	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小葉赤楠	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
紅鞘薑	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小葉複葉耳蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水竹蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
掌葉黃連	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
深山野牡丹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
碗蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
刺懸鉤子	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
白斑細辛	1.3	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
總計	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0

附錄四、拉拉山下層(12月)各樣區植物之重要值(%):

植物種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
實柃木	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	3.8	0.0	6.0	0.0	4.6	13.8	0.0	0.0
尾葉灰木	5.1	0.0	0.0	19.9	20.8	0.0	2.6	0.0	0.0	11.4	14.7	4.6	21.7	3.7	4.1	7.5	13.3	51.4	0.0	5.9
臺灣瘤足蕨	54.3	0.0	7.6	24.2	34.7	97.6	26.4	68.4	74.6	91.3	11.4	22.5	14.0	27.5	41.0	41.0	45.8	34.8	127.0	87.7
臺灣肺形草	16.4	0.0	5.1	0.0	5.2	2.8	9.6	6.3	30.1	0.0	6.7	23.6	3.6	15.6	4.9	16.2	9.5	3.8	10.7	0.0
臺灣鱗毛蕨	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	3.6	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
山酢醬草	6.6	0.0	10.2	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	8.3	13.2	9.1	9.1	0.0	0.0
刺萼寒蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	5.3	0.0	0.0
狹葉高山樺	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0
擬瓦葎	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0
厚葉柃木	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	7.1	3.5	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
阿里山忍冬	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣高山英蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
雙葉懸鉤子	4.4	0.0	5.1	0.0	0.0	16.6	2.7	0.0	15.3	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	13.2	10.3	2.6	0.0	7.8	0.0
深紅茴子	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
石月	4.4	14.5	5.1	0.0	0.0	0.0	5.4	18.2	0.0	6.2	0.0	0.0	11.4	9.1	3.6	0.0	8.3	7.6	24.8	5.9
華中瘤足蕨	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	7.3	0.0	0.0	22.8
短柱山茶	16.1	0.0	0.0	48.0	0.0	0.0	3.5	6.3	0.0	8.4	4.4	0.0	9.3	13.2	0.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0
高山斯木薑子	4.4	13.8	5.1	0.0	0.0	2.6	5.0	0.0	7.6	5.7	0.0	4.6	0.0	24.3	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0	11.7
翅子樺	5.1	0.0	0.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	4.8	0.0	0.0
肋毛蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
日本女貞	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉山箭竹	0.0	127.4	108.8	46.7	73.2	0.0	59.2	0.0	0.0	0.0	73.2	86.6	81.7	52.2	40.7	25.7	0.0	23.6	0.0	0.0
刺楸	0.0	16.3	0.0	10.7	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	4.6	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	13.8	0.0	0.0
松田氏英蕨	0.0	6.8	0.0	0.0	17.6	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.8	39.2	13.0	29.9	3.8	0.0	0.0
假繡球	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	3.8	0.0	7.1	3.8	0.0	0.0
阿里山菝葜	0.0	0.0	6.3	4.7	0.0	0.0	2.9	7.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7
裂葉赤車使者	0.0	6.7	20.7	0.0	9.2	3.0	39.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	3.8	3.9	7.3	8.0	4.1	14.9	0.0
刺果衛矛	13.2	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
臺灣沿階草	0.0	0.0	10.7	15.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	19.2	9.4	27.4	24.9	12.2	9.8	18.8	25.7	0.0	0.0
臺灣山毛櫸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
福建賽衛矛	0.0	0.0	0.0	4.4	4.6	0.0	5.5	6.3	0.0	5.7	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
書帶蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣灰木	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	21.9	0.0	0.0	0.0	18.9	0.0	13.1	0.0	4.1	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
魚鱗蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0
無刺伏牛花	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臺灣小蘗	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
紫金牛	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
珠砂根	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
長柄千層塔	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
臺灣鹿蕨	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	2.6	0.0	0.0	0.0
柳氏懸鉤子	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0
臺灣紅苞鱗毛蕨	22.0	0.0	5.1	4.4	0.0	20.1	11.1	18.3	7.3	18.8	16.3	15.6	7.8	0.0	11.9	13.1	2.8	0.0	7.5	42.6
小葉複葉耳蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0
疏果海桐	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
楊子蕨	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
獐茅懸鉤子	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
奴草	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
總計	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0



附錄六、根據 MOTYKA 公式計算拉拉山上層各樣區間之相似性指數矩陣, (%) :

樣區 1	100.0																			
樣區 2	20.9	100.0																		
樣區 3	10.4	42.5	100.0																	
樣區 4	17.4	36.6	23.0	100.0																
樣區 5	25.3	56.9	36.0	57.1	100.0															
樣區 6	6.3	17.9	8.6	0.0	0.0	100.0														
樣區 7	47.8	6.3	0.0	3.2	11.6	0.0	100.0													
樣區 8	8.3	11.7	0.0	18.8	19.7	0.0	0.0	100.0												
樣區 9	30.9	40.5	24.0	66.7	35.6	3.8	8.7	10.2	100.0											
樣區 10	16.0	22.4	7.6	61.6	28.1	0.0	0.0	11.7	72.4	100.0										
樣區 11	34.6	45.3	28.1	72.5	41.4	6.6	5.3	20.2	80.0	57.5	100.0									
樣區 12	17.9	38.4	21.0	60.7	42.9	6.4	3.3	23.3	55.7	53.8	58.9	100.0								
樣區 13	13.1	23.7	25.4	44.6	26.7	0.0	4.5	6.1	45.2	43.8	40.4	43.0	100.0							
樣區 14	25.1	31.5	21.4	41.7	34.6	0.0	0.0	11.7	44.4	51.8	46.0	37.2	57.9	100.0						
樣區 15	28.5	31.0	27.1	68.1	52.7	0.0	14.6	19.6	58.8	49.2	56.0	54.8	53.7	46.7	100.0					
樣區 16	31.4	23.3	16.9	21.0	20.5	8.3	0.0	16.6	18.9	19.6	23.3	26.3	16.7	17.1	23.0	100.0				
樣區 17	26.3	6.3	0.0	3.2	11.6	0.0	30.7	0.0	8.7	0.0	5.3	0.0	4.5	0.0	10.3	0.0	100.0			
	1 區	2 區	3 區	4 區	5 區	6 區	7 區	8 區	9 區	10 區	11 區	12 區	13 區	14 區	15 區	16 區	17 區			

附錄七、根據 MOTYKA 公式計算拉拉山下層 (8 月) 各樣區間之相似性指數矩陣 (%) :

樣區 1	100.0																			
樣區 2	9.7	100.0																		
樣區 3	18.1	63.4	100.0																	
樣區 4	20.3	60.1	57.9	100.0																
樣區 5	32.1	53.0	56.8	72.2	100.0															
樣區 6	42.6	2.5	14.3	15.8	19.7	100.0														
樣區 7	25.2	52.1	59.1	65.6	61.5	19.8	100.0													
樣區 8	49.1	10.5	9.7	21.2	20.1	59.8	31.8	100.0												
樣區 9	56.3	6.0	11.1	18.7	27.2	56.2	25.9	62.1	100.0											
樣區 10	52.3	15.8	16.3	25.3	22.2	48.2	26.8	62.8	46.9	100.0										
樣區 11	25.0	50.5	61.1	65.2	59.6	23.7	66.2	24.6	26.9	25.6	100.0									
樣區 12	30.7	47.4	56.9	64.8	66.1	25.6	63.2	27.1	31.6	24.6	76.7	100.0								
樣區 13	32.8	41.1	44.6	56.4	55.0	24.1	55.3	26.6	28.0	27.0	67.6	67.6	100.0							
樣區 14	24.3	41.9	45.1	54.0	53.3	27.5	51.8	25.1	25.8	21.5	66.3	69.1	72.8	100.0						
樣區 15	17.1	13.3	24.6	17.6	20.2	20.1	21.0	13.8	21.1	12.3	34.5	38.2	33.0	37.8	100.0					
樣區 16	49.4	12.4	26.2	22.6	35.9	60.8	31.9	50.4	58.9	43.7	33.1	44.4	35.3	40.7	36.2	100.0				
樣區 17	48.5	14.9	18.7	29.9	37.0	35.9	27.3	42.8	44.9	45.0	35.0	41.8	45.7	43.9	20.3	60.1	100.0			
樣區 18	38.3	38.2	45.0	47.2	56.6	33.8	55.1	34.3	40.0	35.8	58.1	60.7	56.2	55.1	26.0	49.2	43.1	100.0		
樣區 19	50.7	7.5	9.6	14.9	22.9	68.9	19.2	68.1	59.5	53.5	20.2	22.5	19.5	18.5	14.6	53.3	36.4	38.7	100.0	
樣區 20	43.7	15.3	10.4	23.9	16.9	52.7	27.7	67.1	46.1	65.9	20.8	20.9	24.3	20.8	0.0	38.5	41.1	29.9	58.6	100.0
	1 區	2 區	3 區	4 區	5 區	6 區	7 區	8 區	9 區	10 區	11 區	12 區	13 區	14 區	15 區	16 區	17 區	18 區	19 區	20 區

附錄八、二十個植物社會樣區環境因子一覽表

樣區編號	海拔(m)	坡度(°)	坡向(°)	水分指數	相對光度 (%)	土壤性質				全天光空域 (%)	直射光空域 (%)	東北向全天光空域 (%)	腐植層厚度 (cm)
						有機質 (%)	pH	全氮含量 (%)	有效磷含量 (ppm)				
1	1,935	8	203.5	1	1.91	29.33	3.46	0.443	4.054	82.83	89.35	89.11	4.6
2	2,020	28.8	141.5	7	3.53	11.22	3.72	0.066	—	79.32	89.35	94.89	8.4
3	2,015	17	288	8	0.91	13.56	3.82	0.007	9.519	79.56	83.53	95.34	5.8
4	2,005	25	117	9	1.29	6.77	4.00	0.079	1.215	71.85	81.07	79.11	3.9
5	1,990	24.5	110	9	4.28	8.38	3.75	0.116	—	72.63	76.89	92.23	7.9
6	1,955	17	19	16	31.06	21.64	3.44	0.353	2.533	86.43	89.53	95.97	4.1
7	1,970	4.8	267	6	12.44	10.46	3.54	0.137	7.962	77.50	88.36	82.59	2.1
8	1,950	34	271.5	6	0.90	16.70	3.35	0.222	1.953	67.40	83.78	49.78	4.8
9	1,925	27	348	12	1.50	12.15	3.42	0.184	—	82.72	84.43	92.05	6.9
10	1,925	21	163.7	5	0.77	20.56	3.38	0.319	8.362	69.48	86.30	80.26	7.2
11	1,965	15	62	13	1.15	26.68	4.33	0.420	4.046	77.19	79.40	95.74	7.9
12	1,965	9	65	13	1.33	11.98	4.27	0.183	1.100	80.08	81.80	95.02	6.9
13	1,970	4	62	13	1.23	27.25	3.79	0.421	7.100	78.36	79.41	96.14	7.3
14	1,970	6	64	13	1.14	16.86	4.34	0.295	10.597	75.24	75.52	96.73	5.4
15	1,950	16	66	13	1.08	14.03	4.27	0.257	6.756	73.05	74.08	95.74	8.9
16	1,945	14	63	13	2.00	12.90	3.96	0.146	4.670	71.78	74.64	95.69	6.4
17	1,945	23	63	13	1.33	16.10	4.48	0.206	2.099	72.27	74.18	94.14	5.7
18	1,950	14	59	13	1.41	9.51	4.41	0.123	1.561	72.86	74.53	95.22	7.8
19	1,920	30.5	94.5	11	4.07	9.80	3.92	0.131	0.730	75.61	75.06	93.02	6.2
20	1,915	14	234	2	2.43	15.35	3.96	0.225	0.250	74.94	82.68	65.26	10.6
平均值	—	17.63	—	9.8	3.79	15.56	3.88	0.217	3.725	—	—	—	6.44



附錄九、溫度、相對濕度及絕對光度微氣象環境因子量測結果

表8. 1999年9月溫度、相對濕度及絕對光度等微氣象環境因子量測結果

樣區編號	溫 度		相對光度 (白天)		相對濕度	
	平均值 (°C)	標準差	平均值 (log Lum/sqm)	標準差	平均值 (%)	標準差
f2-5	13.88	2.31	0.82	0.89	95.69	10.84
f3-5	13.14	2.05	-	-	98.03	6.81
f5-7	13.70	1.83	0.78	0.83	98.73	4.95
f6-5	13.94	2.19	0.73	0.92	97.13	8.03
f7-9	13.86	2.64	0.82	0.97	95.78	9.94
f9-8	14.40	2.43	0.69	0.97	98.42	5.36
f10-9	13.93	2.17	0.70	0.71	98.38	6.17
f13-9	13.45	2.04	0.76	0.75	97.54	8.12
f16-1	13.51	2.25	0.82	0.67	98.34	6.41
C	14.22	3.00	3.03	0.76	88.84	17.15

表9. 1999年10月溫度、相對濕度及相對光度等微氣象環境因子量測結果

樣區編號	溫 度		相對光度 (白天)		相對濕度	
	平均值 (°C)	標準差	平均值	標準差	平均值 (%)	標準差
f2-5	14.47	1.72	0.76	1.20	96.91	6.32
f3-5	13.88	1.26	-	-	99.56	1.50
f5-7	14.13	1.31	0.72	1.16	99.92	0.43
f6-5	14.56	1.47	0.70	1.13	98.95	6.57
f7-9	14.67	1.52	0.80	1.11	98.51	4.27
f9-8	15.16	1.75	0.72	0.91	99.00	2.49
f10-9	14.69	1.45	0.64	1.02	98.91	2.86
f13-9	14.07	1.39	0.69	1.02	99.53	1.64
f16-1	13.99	1.52	0.75	1.04	99.99	0.10
C	14.88	2.24	2.99	0.55	93.17	11.61

表10. 1999年11月溫度、相對濕度及相對光度等微氣象環境因子量測結果

樣區編號	溫 度		相對光度 (白天)		相對濕度	
	平均值 (°C)	標準差	平均值	標準差	平均值 (%)	標準差
f2-5	9.17	2.82	0.86	0.97	95.01	11.87
f3-5	8.92	2.66	0.89	1.02	95.88	8.98
f5-7	8.99	2.59	0.81	0.60	99.45	2.14
f6-5	9.50	2.85	0.86	0.53	98.29	5.14
f7-9	9.41	2.86	0.84	0.55	97.49	6.56
f9-8	9.63	3.11	0.84	0.57	98.17	4.35
f10-9	-	-	0.66	0.69	98.21	4.55
f13-9	9.32	2.98	0.90	0.52	95.39	9.57
f16-1	9.09	2.99	0.95	0.60	98.13	5.01
C	9.33	3.32	2.95	0.86	93.15	13.33

附錄九、溫度、相對濕度及絕對光度微氣象環境因子量測結果（續）

表11. 1999年12月溫度、相對濕度及相對光度等微氣象環境因子量測結果

樣區編號	溫度		相對光度（白天）		相對濕度	
	平均值（℃）	標準差	平均值	標準差	平均值（%）	標準差
f2-5	5.20	4.83	0.83	1.22	95.08	15.32
f3-5	5.04	4.51	0.28	1.47	96.36	11.67
f5-7	4.94	4.74	0.74	1.19	98.53	6.93
f6-5	4.95	4.92	0.82	0.97	97.20	10.24
f7-9	5.25	4.69	0.78	1.10	97.96	8.33
f9-8	5.38	5.09	0.78	1.07	97.92	8.70
f10-9	-	-	0.62	0.98	97.74	9.97
f13-9	5.22	4.93	0.82	1.05	95.71	14.14
f16-1	5.02	5.04	0.87	1.36	97.31	10.89
C	5.49	5.42	3.08	0.58	93.75	16.51

表12. 2000年1月溫度、相對濕度及相對光度等微氣象環境因子量測結果

樣區編號	溫度		相對光度（白天）		相對濕度	
	平均值（℃）	標準差	平均值	標準差	平均值（%）	標準差
f2-5	6.81	3.76	0.84	0.83	92.98	14.49
f3-5	6.36	3.54	0.88	1.00	95.45	9.53
f5-7	6.50	3.69	0.72	1.19	99.05	3.47
f6-5	6.66	4.27	0.79	1.30	95.43	13.65
f7-9	7.02	3.64	0.71	1.56	97.43	6.21
f9-8	6.97	4.01	0.73	1.56	98.25	5.08
f10-9	-	-	0.64	0.94	98.20	5.83
f13-9	7.07	3.93	0.78	1.46	94.01	12.36
f16-1	6.67	4.12	0.87	1.22	98.24	5.74
C	7.59	5.06	3.19	0.54	93.84	12.87

表13. 2000年2月溫度、相對濕度及相對光度等微氣象環境因子量測結果

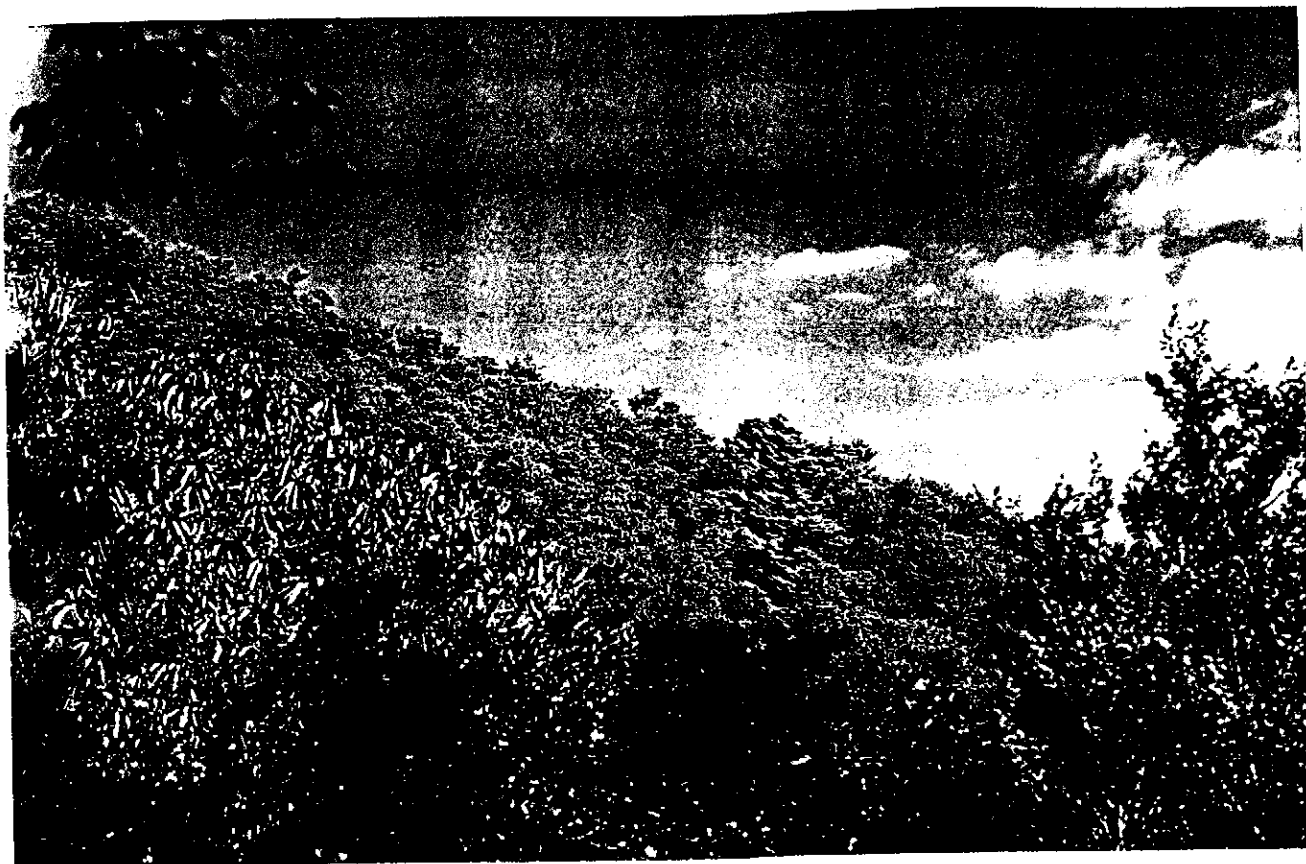
樣區編號	溫度		相對光度（白天）		相對濕度	
	平均值（℃）	標準差	平均值	標準差	平均值（%）	標準差
f2-5	6.34	3.77	0.86	1.00	71.03	41.89
f3-5	6.05	3.92	0.89	1.11	99.57	2.48
f5-7	5.89	4.02	0.79	0.82	99.92	0.65
f6-5	6.26	4.11	0.80	1.00	99.39	6.43
f7-9	6.21	3.93	0.81	1.05	99.77	1.79
f9-8	6.08	4.29	0.73	0.97	85.76	32.95
f10-9	-	-	0.64	0.80	99.91	0.61
f13-9	5.68	4.07	0.82	1.18	99.49	3.23
f16-1	5.67	4.03	0.78	1.03	99.83	1.39
C	6.11	3.98	2.89	0.61	99.26	3.51

附錄九、溫度、相對濕度及絕對光度微氣象環境因子量測結果 (續)

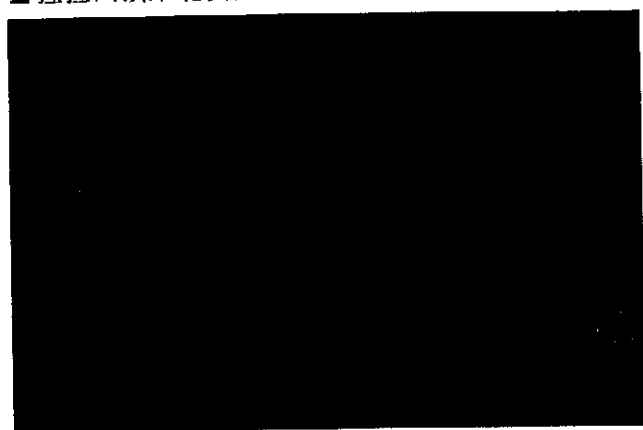
表14. 2000年3月溫度、相對濕度及相對光度等微氣象環境因子量測結果

樣區編號	溫 度		相對光度 (白天)		相對濕度	
	平均值 (°C)	標準差	平均值	標準差	平均值 (%)	標準差
f2-5	9.22	2.82	0.88	1.02	95.80	12.95
f3-5	9.13	2.64	0.89	1.09	96.69	7.81
f5-7	9.16	2.60	0.77	1.20	99.94	0.49
f6-5	10.31	3.52	0.83	0.94	55.08	48.53
f7-9	9.49	2.86	0.83	1.00	97.52	7.66
f9-8	9.71	2.96	0.76	0.94	84.90	34.98
f10-9	-	-	0.65	1.15	81.42	32.86
f13-9	9.12	2.86	0.85	1.06	97.20	8.00
f16-1	9.47	3.53	0.80	1.02	99.68	2.24
C	9.32	3.13	3.24	0.54	93.72	12.53

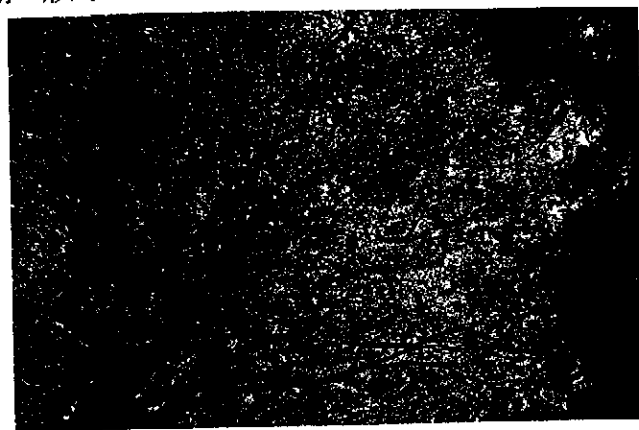
# 照片解說



■ 拉拉山頂東北側的臺灣山毛櫸純林3~4月間的展葉期，形成一片夏綠林。



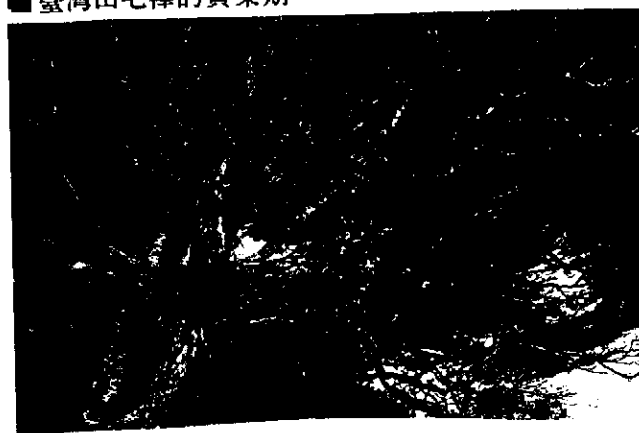
■ 臺灣山毛櫸純林黃葉期10~11月間。



■ 臺灣山毛櫸的黃葉期。



■ 拉拉山臺灣山毛櫸三棵母樹的展葉期。



■ 臺灣山毛櫸的落葉期。



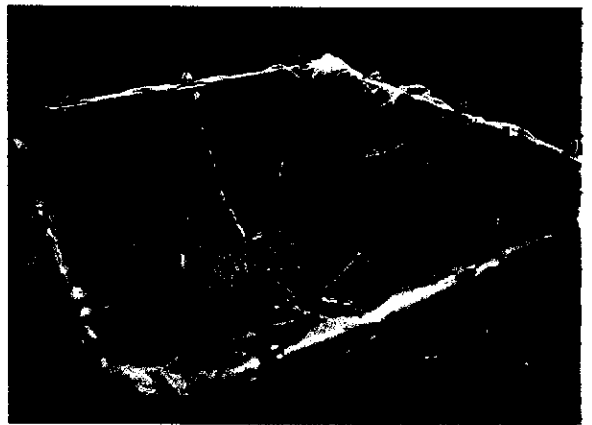
■ 拉拉山臺灣山毛櫸的天然下種之種子苗標定。



■ 臺灣山毛櫸於箭竹林下的二年生以上之天然下種苗。



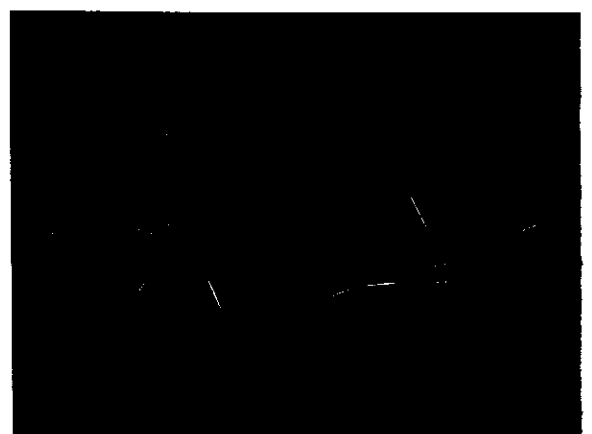
■ 微環境監測器。



■ 臺灣山毛櫸林樣區內之枯枝落葉收集器。



■ 拉拉山臺灣山毛櫸之樣區設置與植群調查。



■ 七葉一枝花。



■ 狹葉天南星。



■ 長尾葉天南星。



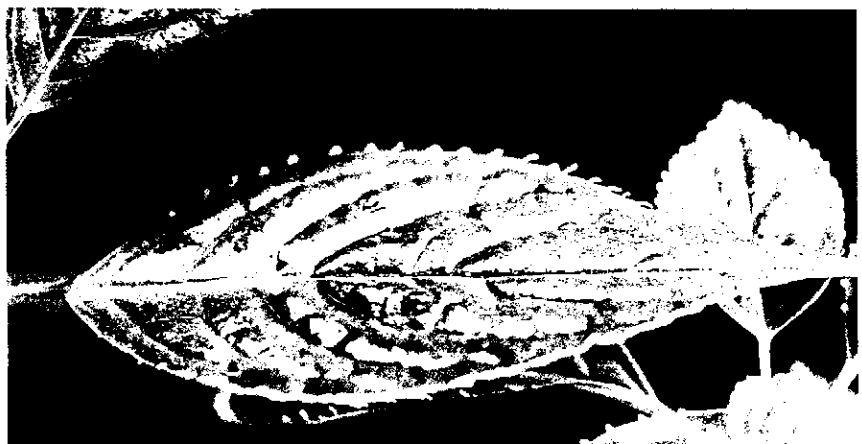
■ 臺灣水絲梨。



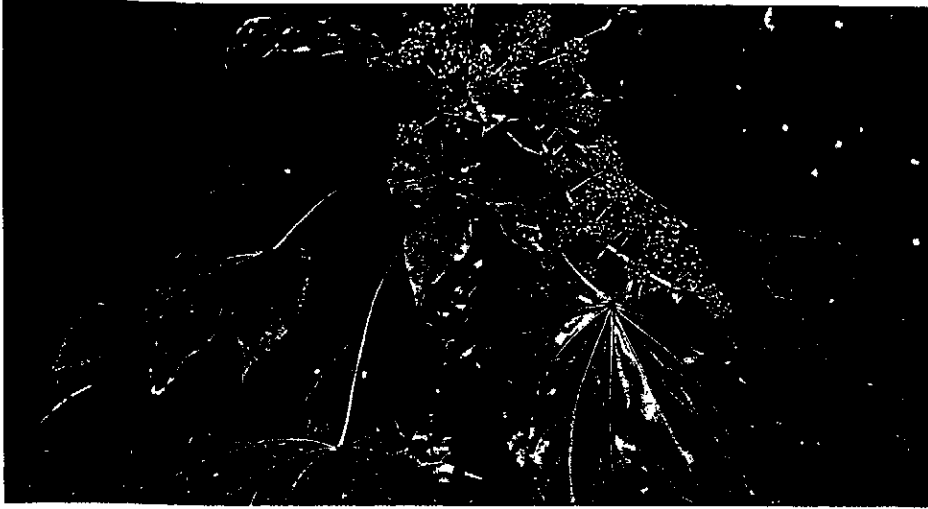
■ 玉山假沙梨。



■ 台灣黃蓮。



■ 保留區內常見的臺灣葉長花。



■拉拉山林下第二層常見的灌木—臺灣八角金盤。



■拉拉山步道土壤沖蝕嚴重。



■保留區內土壤淺薄，臺灣山毛櫸的根系常裸露在土表外。



■臺灣山毛櫸葉子的病徵。



■臺灣山毛櫸林下伴生樹種—假繡球。