

塔塔加地區森林火災後植群演替及  
重要木本植物生態生理特性之研究  
Studies on Vegetative succession after Forest-Fire  
and Ecophysiological Characteristics of Some  
major Woody Plants in Tatacha Region.

受委託者：國立中興大學

研究主持人：廖天賜

研 究 員：陳忠義、陳信惟、潘冠良、  
楊凱愉、韓明琦

研 究 助 理：黃立彥、陳宜敏

內政部營建署玉山國家公園管理處

中華民國九十四年十二月

## 目次

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 表次.....                            | I   |
| 圖次.....                            | II  |
| 摘要.....                            | III |
| 第一章 前言.....                        | 1   |
| 第二章 研究項目及方法.....                   | 3   |
| 第三章 結果與討論.....                     | 6   |
| 附錄一 2005年塔塔加地區森林火燒跡地監測樣區內植物名錄..... | 25  |
| 附錄二 期初、期中、期末簡報審察意見改善表.....         | 31  |
| 參考文獻.....                          | 35  |

## 表次

|                        |    |
|------------------------|----|
| 表1. 樣區環境因子資料.....      | 7  |
| 表2. 火燒後不同時期植物組成分析..... | 17 |
| 表3. 火燒跡地樣區內植物名錄統計..... | 30 |

## 圖次

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 圖1. 1993年玉山塔塔加地區火燒跡地範圍.....                                     | 2  |
| 圖2. 玉山塔塔加地區火燒跡地樣區位置.....                                        | 8  |
| 圖3. 塔塔加地區火燒跡地上層植群樹形圖.....                                       | 11 |
| 圖4. 第3樣區厚葉鈴木族群結構.....                                           | 12 |
| 圖5. 第1樣區臺灣華山松族群結構.....                                          | 14 |
| 圖 6. 阿里山測站自 2005 年 5 月至 10 月之月降雨量及月均溫.....                      | 19 |
| 圖 7. 濕季時，紅毛杜鵑、玉山箭竹及臺灣馬醉木一日間之日射量、螢光比值及氣孔導度之變化情形.....             | 20 |
| 圖 8. 乾季時，紅毛杜鵑、玉山箭竹及馬醉木一日間之日射量、螢光比值及氣孔導度之變化情形.....               | 21 |
| 圖 9. 紅毛杜鵑、玉山箭竹及臺灣馬醉木一日間之螢光比值 $F_v/F_m$ 及 $\Phi PSII$ 之變化情形..... | 22 |
| 圖 10. 紅毛杜鵑、玉山箭竹以及臺灣馬醉木於 10 月與 11 月份之光合速率.....                   | 23 |
| 圖 11. 紅毛杜鵑、玉山箭竹以及臺灣馬醉木於 7 月、10 月與 11 月份之葉綠素螢光之變化情形.....         | 23 |
| 圖 12. 紅毛杜鵑、玉山箭竹以及臺灣馬醉木於 7 月、10 月與 11 月份氣孔導度之變化情形.....           | 24 |

## 中文摘要

關鍵字：火燒、生態生理、植群演替

### 一、研究緣起

玉山國家公園於民國74年成立以後，對於中央山脈主要地區自然資源的保護發揮很大的作用，其中園區內的生態保護區對於一般人員活動與作業的限制較為嚴苛，成為野生動植物自然生長、演替的最佳區域。

森林具有涵養水源、防止土壤沖蝕、淨化空氣、及提供遊憩等功能。森林生態常會受到燒墾、放牧、伐木等人為因子的破壞，或是受到火災、颱風、山崩、寒害、外來種入侵等天然因子的干擾，而破壞森林的功能或影響原有生態系的演進。其中以森林火災常會造成鉅額損失，並將破壞森林的功能，甚而影響生態系的組成、平衡與演替，甚至摧毀整個生態系，可從黑龍江大火與黃石公園大火發生後，林火對於環境的衝擊所受重視窺知。

臺灣主要森林生態中，容易發生火災的植群社會有：臺灣二葉松、草生地（高山草原地）、相思樹林、林投灌叢、熱帶季風林等；其中臺灣二葉松主要分佈區域屬於中至高海拔(700-3200 m)、乾旱、向陽的坡向，具有生長快速、耐貧瘠、耐乾旱的特性，枝葉中富含松脂使其易燃性增高，且高含量的樹脂亦減緩枯枝葉的腐化分解，大量累積的枯枝葉層將增加發生林火的可能性，而成為臺灣發生林火最為頻繁的林型(呂金誠等，1986；陳明義等，1986，1987；梁素雲，1988)。

有鑑於塔塔加地區，自民國八十二年一月六日發生玉山國家公園園區成立以來最大的森林火災，範圍約達三百公頃，至今已 12 載，期間除早期陳隆陞等(1994)及楊美玲(1996)對本事件發生區域進行植群及生態受干擾之調查等工作外，至目前為止尚未有對該區域植群後續演替的調查分析，因此，本計畫擬在本年度針對此地區進行調查火災發生後 12 年其植群結構並分析，以探究其植群演替之進展，供為比對火災發生前之植群結構及可能燃料累積之狀態，提供必要資訊做為預防火災之管理措施，並藉由一些主要構成植群成員的木本植物，探討其生態生理的特性，進一步佐證植群結構及其在演替的階段，作為該區生態經營管理之參考。

## 二、研究方法及過程

先蒐集相關前人所做有關於塔塔加地區火後相關之植群變遷調查之成果供本計畫參考，以初步瞭解塔塔加地區之概況。自2004年7月至現場勘察後，針對塔塔加地區林火發生後之區域，逢機設置15個10 m×25 m之大樣區，再細分5 m×5 m之10個小樣區進行植群組成之調查。另分析此地區之海拔高度、坡度、坡向、全天光空域以及直射光空域等環境因子。並在現場針對火災後殘留或恢復較快且量多之臺灣馬醉木、紅毛杜鵑及玉山箭竹進行生態生理性狀之測定，包括：(1)光合作用速率之測定；(2)葉綠素螢光反應之測定；(3)葉片反射光譜之測定；(4)氣孔導度之測定。

## 三、重要發現

塔塔加遭受火燒之地區其地被植物概以高山芒與玉山箭竹為主要優勢種，研究調查兩型之比例約為 2：1，但某些試驗樣區中，因演替的推進而使高山芒之地被層逐漸被玉山箭竹所佔據，此一演替方向使得生育地被玉山箭竹之地下走莖所盤踞，阻礙其他植物的入侵。

廖天賜(2005)、陳隆陞等(1994)與楊美玲(1996)三個時期中，以 2005 年之植物種類歧異度為最高，此為植群演替過程未再受干擾的結果，可視為此區域在 1993 年遭受火燒後植群之正常恢復情形。

## 四、主要建議事項

因塔塔加地區之地被層逐漸被玉山箭竹所佔據，而玉山箭竹於冬季時因受乾季缺水之環境，由生理測定之結果及物候之觀察，顯示其葉片易乾枯脫落，形成燃料之累積，再加上乾燥之天候，因此，在此季節需加強巡視或進行防火巷之清理枯枝落葉，以防止火災之發生。

## Abstract

Key words : Fire, vegetative succession , ecophysiological

After 1985 when Yushan National park was established, it had a great utility in protecting the natural resources of Central Mountains main area, because of the restriction of general populace activity and work was comparatively tight and severe in protection area of the park, Yushan National park became a best place for wild animals and vegetations growth and succession naturally.

The forest ecology will often be destroyed by the artificial factor such as cultivating , grazing , lumbering, etc, or receive the interfering of natural factor , such as fire , typhoon , landslide , cold hurting , etc. The forest fire will cause a large number of losses and destroy the function of the forest ,influence the composition of ecosystem, even destroy the whole ecosystem. After the fire happened in Heilongjiang and Yellowstone, the impact to the environment of forest fire is very important.

In the main forest ecology of Taiwan, it is apt to fire have: Taiwan Red Pine, Screw-pine shrub savanna , tropical monsoon forest , alpine grassland and Taiwan Acacia forest etc. ; Taiwan Red Pine is the mainly distributed in 700-3200 m (a.s.l.). the branch and leaf of Taiwan Red Pine is rich in the rosin to make it increase flammables, a large number of withered branch and leaf layer accumulated will increase the possibility of the forest fire. (Lu *et al.*, 1986; Chen *et al.*, 1986, 1987; Liang, 1988).

In Tatachia area, the greatest forest fire had happen in the Yushan national park in 1994, the range is nearly up to 300 hectares, so far already 12 year. Besides Chen *et al.*, (1994) and Yang (1996) have done the vegetation and ecology investigation in early period, up till now not vegetation of follow-up investigation and analysis that is performed and taken the place of to this area yet, so, this plan research the succession of vegetation to contrast the vegetation structure before fire and might state where fuel accumulated. And study on the vegetation of woody plant of its ecophysiological characteristic.

## 第一章、前言

林火，恆常存在於自然界中，是以爲大自然干擾型態之一。在過去植物社會演化過程中，林火扮演著一個基本的自然影響力量，某些植物社會甚至需週期性之火燒來維持它們在生態系上之地位。火燒對於生態系的影響至爲複雜，嚴重的火燒固足以摧毀整個森林生態系，然輕微的火燒則無論對養分之回歸、林木更新，或病蟲害族群的控制、草食性野生動物之食草來源及棲地均具有某種程度之助益。

塔塔加地區，海拔高度在 2,600 m 以上，面積約 400 ha，經緯度約爲 23°29'25"N, 120°55'43"E，位於玉山國家公園西北部之入口，爲攀登玉山群峰必經之地，也是楠梓仙溪、沙里仙溪、神木溪的上游。周圍高山有東埔山、玉山前山、鱗趾山、鹿林山、鹿林前山等(玉山國家公園管理處，1998)。1993 年 1 月 6 日發生林火後，火勢延燒 6 天又 7 小時方被控制，受害面積共 267.55 ha，波及面積達 299.39 ha(圖 1)(林朝欽，1994)，火後迄今已歷 12 載，期間除陳隆陞等(1994)、陳隆陞(1995)及楊美玲(1996)曾針對本區域進行火後相關之植群變遷調查外，未有後續植群恢復之相關研究。

此外，塔塔加地區的植群上層雖以臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)爲主要樹種，但因其林木稀疏，而伴生之森氏杜鵑(*Rhododendron morii*)、紅毛杜鵑(*Rhododendron rubropilosum*)與臺灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*)爲其主要次生灌叢，且林下密生玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)。由本區之植群結構、坡向及氣候型態而言，在植物累積一定量之燃料並配合乾旱季節，確實潛存火災之壓力，據林朝欽(1994)之推測本區 1963 年及 1993 年之火災發生之特徵在植群組成上雷同，認爲影響火災發生之主因爲燃料累積及濕度因子，因此可能具有週期性；根據現場之初步觀察，臺灣馬醉木、紅毛杜鵑及玉山箭竹爲火災後殘留或恢復較快且量多之物種，爲顧及研究人力、時間及儀器之能量等因素，所以才選定此三種植物爲本年度之試驗材料。

本研究擬針對此地區進行林火發生後 12 年其植群組成與結構之調查，以探究其植群演替之進展，供爲比對火災發生前之植群狀態，並藉由一些主要構植群成員的木本植物，探討其生態生理的特性，進一步佐證植群結構及其在演替的階段，作爲該區生態經營管理之參考。

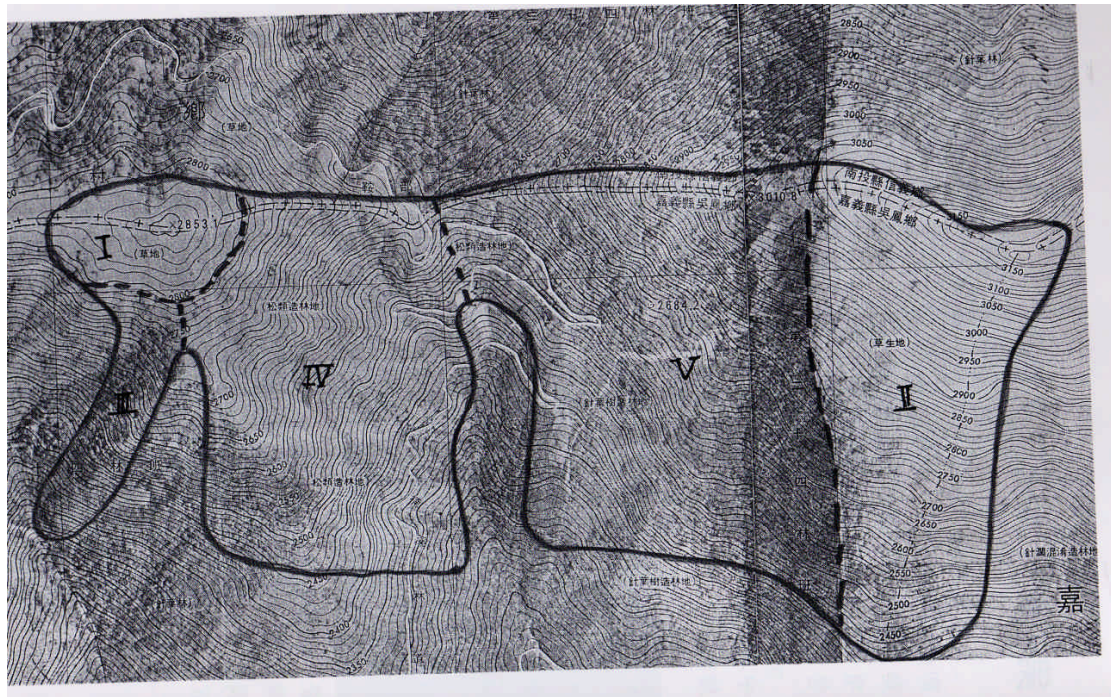


圖 1. 1993 年玉山塔塔加地區火燒跡地範圍(陳隆陞等，1994)

## 第二章、研究項目及方法

### (一)塔塔加地區森林生態、火燒相關文獻蒐集

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、比較。

### (二)樣區設置與調查方法

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)，預定於研究區域中設置 15-20 個 10×25 m<sup>2</sup> 火燒跡地樣區與對照組樣區，樣區由 10 個 5×5 m<sup>2</sup> 之連結小區組成，樣區之設置主要係考慮海拔、地形等環境變化，並儘可能使樣區於研究區中均勻分布。樣區內植群資料登錄木本植物的種類、株數及胸高直徑(diameter at breast height, DBH)，並估計草本植物之覆蓋度(coverage)。凡樣區內之樹木胸徑大於 1cm 者，列入喬木層，逐株予以掛牌並量計其胸高直徑，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。

### (三)環境因子調查與蒐集

植物之生長常受環境因子所影響，其間具有複雜的反應關係。因此，植群生態的研究，需探究影響植群分化的環境因子。理論上，應以環境因子的整體效應，來評估林木的生育與分布，但環境因子彼此之間，亦具有複雜的交互作用及補償作用，因此不容易直接評估，為便於研究，本研究將此複雜的環境因素分離為若干單一因子，以利於觀測，而後再進行相關分析與探討。為瞭解環境因子與植群分布的關係乃下列項環境因子進行調查、分析、評估及資料蒐集。

- |                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1.海拔高度(altitude, Alt.)         | 6.溫度(temperature, Temp.)   |
| 2.坡度(slope, Slo.)              | 7.濕度(humidity, Hum.)       |
| 3.坡向(水分指數, Mos.)               | 8.雨量(rainfall, Rai.)       |
| 4.全天光空域(whole light sky, WLS)  | 9.土壤性質(soil character, SC) |
| 5.直射光空域(direct light sky, DLS) |                            |

#### (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、代碼及各株之覆蓋度，計算各種植物在各樣區中之頻度及優勢度，再轉換成相對值。樣區之植物社會介量以重要值指數值(important value index, IVI)表示，上層植物社會之重要值即相對密度、相對頻度和相對優勢度之總和，下層植物社會之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：

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

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

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

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

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

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

地被層重要值指數 = 相對頻度 + 相對優勢度 = 200

喬木層重要值指數 = 相對密度 + 相對頻度 + 相對優勢度 = 300

#### (五)生態生理性狀之測定包括：

- 1.手提式植物效率分析儀( plant efficiency analyzer, PEA, Hansatech Ltd., England ) 測定其葉片之葉綠素螢光 5 秒，記錄其 Fv/Fm 值( Fv = Fo - Fm , Fo:最小的螢光放射量，Fm:最大螢光放射量)。
- 2.手提式氣孔導度計(porometer, AP4 Delta-T, Cambridge, UK)，測定紅毛杜鵑、臺灣馬醉木、玉山箭竹三種屬亞高山草原植群之草本植物或灌木之氣孔阻力。
- 3.反射光譜儀(CI-700, CID, Inc)，利用葉片夾(leaf probe, CI-700LP, CID, Inc)夾住供試驗葉片，提供測試光源(tungsten-halogen light source, CID, Inc)，波長為 350-2000 nm，由連接光纖接收葉片反射光譜至反射光譜儀，紀錄波長範圍為 200-1100 nm。將所測定的葉片反射波譜實際反射量以 CI-700 標準白板(standard white material for halogen light source, CI-700 WR)所得全反射量作為基準所換算而得之葉片相對反射量，累計供試苗木葉片之累積相對反射量(400-700 nm)，並選取其中 531 nm 及 570 nm 波段，計算光化學指數—PRI (PRI = (R531-R570) / (R531+R570) )。
- 4.光合作用之測定：試驗用儀器為攜帶式光合作用系統測定儀(HCM-1000, Walz, Germany)測定之。試驗前先將儀器開機置於工作環境中約 20 分鐘使之穩定，進風口應置遠離人為活動處，以避免受干擾影響，空氣流量設定在 600  $\mu\text{mol s}^{-1}$ ，溫度設於 25  $^{\circ}\text{C}$  室溫環境下。將所試驗葉片固定在 5  $\text{cm}^2$  的 Measurement cuvette holder 內，待其中二氧化碳交換量達穩定時，即進行測定與記錄。

### 第三章、結果與討論

#### (一)塔塔加地區氣候

塔塔加地區依據玉山地區中央氣象局所屬玉山北峰氣象站、阿里山測候所及鹿林山測站等資料，分析氣候資料如下：

1. 氣溫：近五年玉山地區氣候年均溫  $4.2^{\circ}\text{C}$ ，7 月間的月均溫小於  $8.5^{\circ}\text{C}$ 。
2. 雨量：年平均降雨量約 3,600 mm，全年降雨日數 150 日，集中於 5 月至 9 月間。其中自 5 月至 6 月上旬主要是梅雨期，雨季長而雨量少；6 月至 8 月颱風及夏日暴雷，雨季長而雨量多。由圖 2 可知從 5 月至 7 月 3 個月本地區之雨量相當充沛。
3. 濕度：玉山地區中央地帶因地勢高，空氣流通，且高度超過水氣凝結集中之地帶，年平均相對濕度 80%；其餘地區則在 85%以上。各月相對濕度變化不大，僅 11 月至 1 月間因雨量少較乾燥，月相對濕度在 75%以下。

#### (二)樣區基本資料

1993 年塔塔加火燒區域之海拔高度約介於 2,200 m~3,185 m，本研究所設置之 15 個樣區分布於鱗趾山登山口至塔塔加鞍部及玉山登山口至玉山前鋒登山口之步道兩旁(圖 2)，由表 1 可知樣區海拔高度介於 2,619 m~2,886 m，坡度介於  $7^{\circ}$ ~ $42^{\circ}$ ，平均  $26^{\circ}$ ，坡向則多位於南向坡面，此因 1993 年之森林火燒多位於南向坡面之故，而南向坡因日照充裕，燃料濕度較低，是以極易引發森林火燒，亦可由平均水分梯度指數僅 6.6 看出火燒跡地之水分較缺乏的情形。

表 1. 樣區環境因子資料

| 樣區<br>編號 | X      | Y       | 海拔<br>(m) | 坡度<br>(°) | 坡向<br>(°) | 水分梯<br>度指數 | 火燒 |
|----------|--------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|----|
| 1        | 237847 | 2597147 | 2,823     | 15        | 262       | 6          | Y  |
| 2        | 238046 | 2596934 | 2,737     | 40        | 165       | 5          | Y  |
| 3        | 238296 | 2596857 | 2,698     | 22        | 250       | 4          | N  |
| 4        | 238502 | 2596942 | 2,747     | 12        | 145       | 7          | Y  |
| 5        | 238522 | 2596977 | 2,725     | 7         | 153       | 5          | Y  |
| 6        | 238598 | 2597209 | 2,762     | 37        | 25        | 16         | ?  |
| 7        | 238553 | 2597165 | 2,791     | 13        | 134       | 7          | Y  |
| 8        | 239913 | 2596898 | 2,825     | 38        | 211       | 1          | Y  |
| 9        | 240092 | 2596853 | 2,801     | 28        | 263       | 6          | Y  |
| 10       | 239826 | 2596912 | 2,786     | 42        | 24        | 16         | Y  |
| 11       | 240181 | 2596845 | 2,817     | 20        | 220       | 2          | Y  |
| 12       | 240313 | 2596806 | 2,850     | 38        | 197       | 1          | Y  |
| 13       | 240584 | 2596819 | 2,886     | 35        | 323       | 10         | Y  |
| 14       | 239046 | 2597288 | 2,619     | 21        | 190       | 3          | Y  |
| 15       | 238825 | 2597245 | 2,657     | 24        | 309       | 10         | Y  |

註：以樣區中心點為 GPS 測值，其座標系統為 TM 二度分帶。



圖 2. 玉山塔塔加地區火燒跡地樣區位置

### (三)塔塔加地區之植群分析

根據過去研究結果陳隆陞等(1994)，塔塔加地區植物分布主要可分為 6 種植群型：

1. 臺灣二葉松林型：主要分布於本區東向及東南向之陡坡及嵌生於高山草原之各坡面，為火燒適存植群。
2. 臺灣華山松(*Pinus armandii* Franchet var. *masteriana*)林型：分布於鞍部附近，為人工造林的結果，麟趾山頂附近可見混生的臺灣二葉松，但大多數於 1993 年遭大火燒毀。
3. 臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)林型：分布於溪谷與山溝，陡坡濕度大的地方，常殘存林火之後，可能與地表濕度較大有關，伴生地被植物以玉山箭竹為主。
4. 臺灣馬醉木—紅毛杜鵑灌叢：分布於前鋒至西峰東向與南向坡面，土壤發育困難，岩石多裸露，濕度低，但林火後萌芽率高。
5. 高山芒(*Miscanthus transmorrissonensis*)—玉山箭竹草生地：常見於麟趾山、鹿

林山各坡面，其間混雜紅毛杜鵑、臺灣馬醉木、巒大蕨(*Pteridium aquilinum* ssp. *wightianum*)等優勢族群。

6. 混淆林型：分布於鞍部以下及前峰東向坡面至楠梓仙溪溪谷，植被結構複雜，此區優勢植物為臺灣二葉松、臺灣華山松、臺灣赤楊(*Alnus japonica*)、紅毛杜鵑、臺灣馬醉木、褐毛柳(*Salix fulvopubescens*)等。

本研究之植群分類是以各植物種類在各樣區中之重要值指數(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。

由歸群之結果，可由明顯的優勢種(dominants)予以辨認或命名。有關本研究區植群型之劃分結果如下(圖 3)：

- I、高山芒—玉山箭竹型
- II、臺灣鐵杉型
- III、褐毛柳型
- IV、臺灣華山松型
- V、臺灣雲杉型
- VI、褐毛柳—小果女貞型
- VII、臺灣二葉松型

(I)高山芒—玉山箭竹型(*Miscanthus transmorrisonensis*–*Yushania niitakayamensis* Type)

樣區：No.13 屬之。

環境：1. 海拔：2,886m

4. 全天光空域：63.24%

2. 坡度：35°

5. 直射光空域：68.32%

3. 坡向：西北向

本植群型以樣區 13 為代表，屬高山草原，區內不見胸高直徑大於 1cm 之樹木存在，僅有厚葉柃木(*Eurya glaberrima*)、南燭(*Lyonia ovalifolia*)及臺灣二葉松之幼木點綴其中；地被植物以高山芒為主要組成，另外還有巒大蕨、玉山箭竹、虎杖(*Polygonum cuspidatum*)、火炭母草(*Polygonum chinense*)及臺灣懸鉤子(*Rubus*

*randaiensis*)伴生。

綜觀全區，少數未遭受火燒之區域上，尚保留了較為原始之林相，此區域內之地被層植物迥異於火燒後之植物組成。遭受火燒之地區其地被植物概以高山芒與玉山箭竹為主要優勢種，若以地被層之重要值指數來作樹形圖並加以區分植群型，可將火燒跡地區分為高山芒型與玉山箭竹型，且本研究調查兩型之比例約為2:1。臺灣地區火燒跡地雖因地理位置差異而有不同的火後地被植物組成，然而火後三大地被植物組成：高山芒、巒大蕨與玉山箭竹彼此間激烈的競爭卻一直持續進行著。

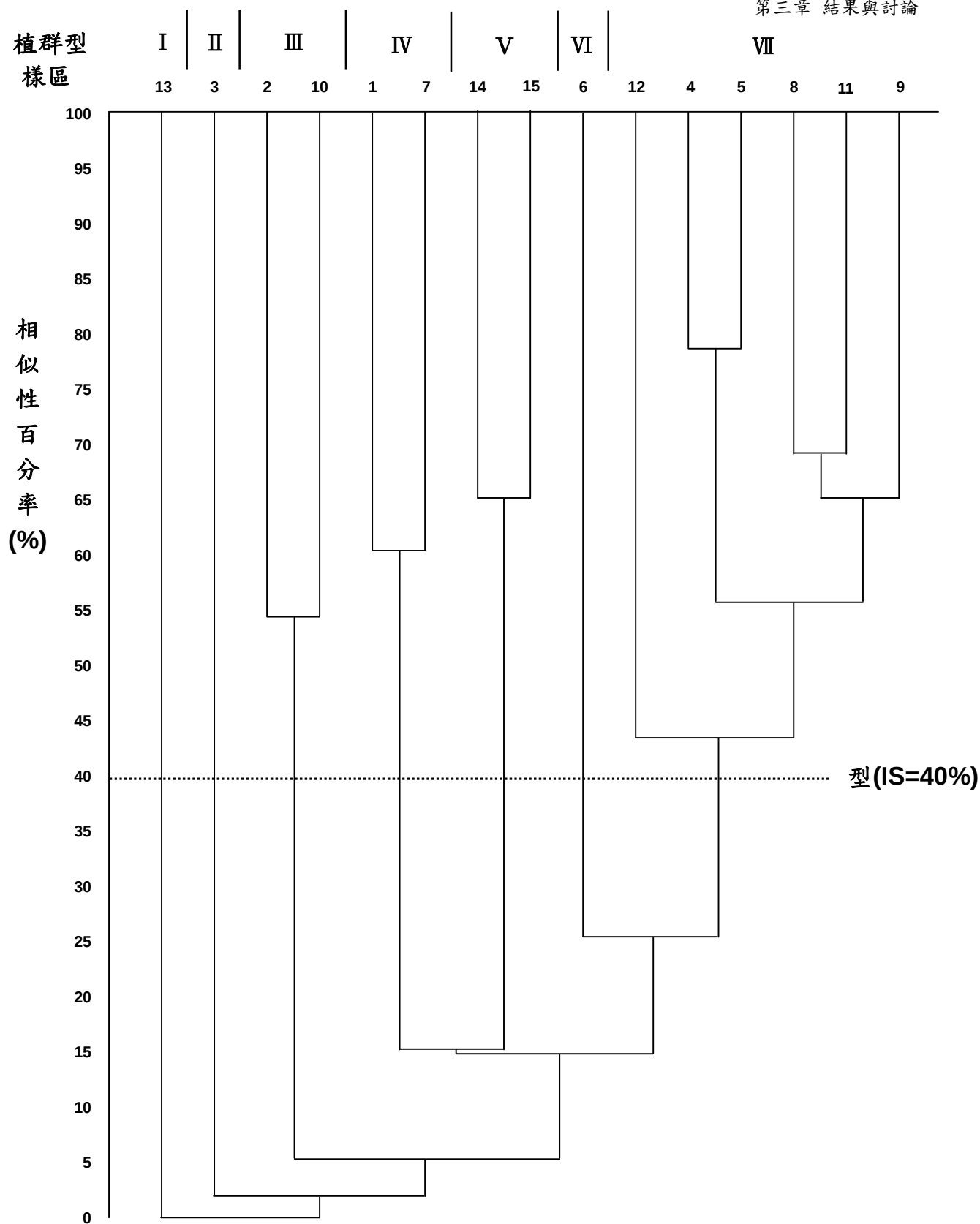


圖 3. 塔塔加地區火燒跡地上層植群樹形圖

(II)臺灣鐵杉型(*Tsuga chinensis* var. *formosana* Type)

樣區：No.3 屬之。

環境：1. 海拔：2,698m

4. 全天光空域：51.82%

2. 坡度：22°

5. 直射光空域：68.12%

3. 坡向：西南向

樣區 3 為臺灣鐵杉林型，此樣區未遭受 1993 年之火燒侵襲，且由樣區內之植物組成，推論應可代表塔塔加地區此海拔範圍內無林火干擾狀態下之原始林相。本植群型上層以臺灣鐵杉為絕對優勢，然而數量僅有 2 株，平均 DBH=123.8cm。證諸前人之研究，臺灣鐵杉之更新需在孔隙存在之處或是林緣開闊地區，因此在鬱閉的林下環境之中，未見有小苗出現之情形可看出其處於現存環境之下，若無干擾的發生，將會逐漸退出此生育地，此結果亦符合前人之研究；下層樹種雖僅有厚葉鈴木伴生其中，但數量卻多達 41 株，平均 DBH=8.2cm，由此現存之族群結構來看(圖 4)，鬱閉的林下環境對於厚葉鈴木之更新並無阻礙，且似乎有隨著演替階段的向前推進而促進更新的效果存在；此植群型之地被層幾乎為玉山箭竹所佔據，伴生許多草本及蕨類植物，但高山芒則由於演替的推進而完全被玉山箭竹所取代。

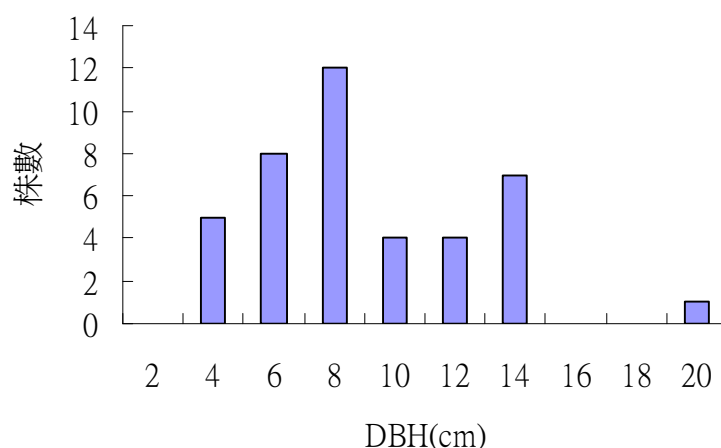


圖 4. 第 3 樣區厚葉鈴木族群結構

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)(劉棠瑞與蘇鴻傑，1992)。

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。臺灣鐵杉為耐陰性植物，性喜溫涼濕潤的氣候環境，當臺灣鐵杉成樹時，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可能不利於臺灣鐵杉的開花、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鐵杉的更新，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鐵杉趨於衰退生長的主要原因，然而卻常被忽略或無法得知。以臺灣鐵杉種子來說，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、甚至異體受害(allelopathy)等現象，雖毫未影響臺灣鐵杉母樹之生存，然皆成為臺灣鐵杉天然更新過程中的障礙之一。

### (Ⅲ)褐毛柳型(*Salix fulvopubescens* Type)

樣區：No.2, 10 屬之。

環境：1. 海拔：2,762m

4. 全天光空域：63.88%

2. 坡度：32°

5. 直射光空域：71.44%

3. 坡向：東北向~東南向

本植群型以樣區 2 和 10 為代表，上層以褐毛柳為優勢種，另伴隨著大葉溲疏(*Deutzia pulchra*)、刺柏(*Juniperus formosana*)、臺灣小檗(*Berberis kawakamii*)等植物；地被植物以高山芒為主要組成，然而樣區 2 中玉山箭竹(IVI=53.7)之重要值已超越高山芒(IVI=35.14)成為最優勢種。此情形是否有可能是因為火燒程度的不同而導致地被植物組成的差異，將有待後續的研究繼續進行以驗證之。另外地被植物尚有巒大蕨、玉山箭竹及虎杖等伴生。

(IV)臺灣華山松型(*Pinus armandii* var. *masteriana* Type)

樣區：No.1, 7 屬之。

環境：1. 海拔：2,807m

2. 坡度：14°

3. 坡向：西向~東南向

4. 全天光空域：84.40%

5. 直射光空域：79.20%

本植群型以樣區 1 和 7 為代表，上層優勢植物為臺灣華山松。樣區 1 為火燒後之臺灣華山松樣區，區內僅見臺灣華山松，尚未有其他樹種入侵，由此區之臺灣華山松徑級結構來看(圖 5)，推論此區應為造林後遭受林火侵襲，因此僅留存有少數胸徑較大之植株，並在火後已開始其天然更新。樣區 7 內可見火後已腐朽之枯倒木，此區內存留 1 株 DBH=34.7cm 之臺灣華山松，並可見其天然更新之幼木出現；另亦可見到由種子從它處進入之天然更新的臺灣雲杉(*Picea morrisonicola*)幼木。地被植物以玉山箭竹為主要組成，另外還有高山芒及臺灣馬醉木等植物伴生。

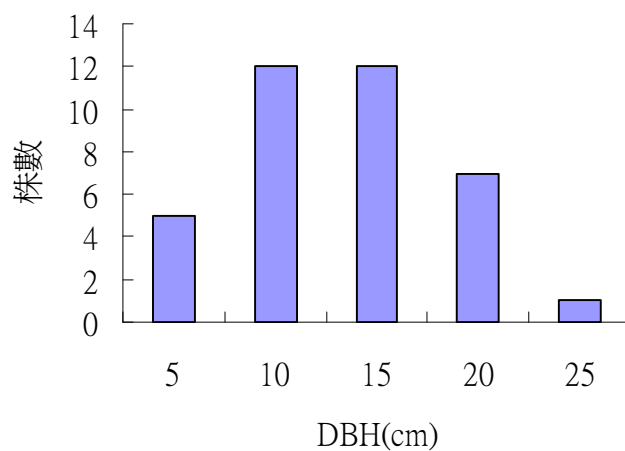


圖 5. 第 1 樣區臺灣華山松族群結構

(V)臺灣雲杉型(*Picea morrisonicola* Type)

樣區：No.14, 15 屬之。

環境：1. 海拔：2,638m

2. 坡度：22.5°

3. 坡向：南向~西北向

4. 全天光空域：73.76%

5. 直射光空域：71.12%

本植群型以樣區 14 和 15 為代表，分別位於塔塔加鞍部東西兩側往玉山及麟

趾山之入山口附近，區內臺灣雲杉皆為新植造林之幼木，共計 60 株，平均 DBH=2.3cm，是以樹形圖中有此一獨特之林型出現；地被植物以高山芒為主要組成，另外還有巒大蕨、臺灣馬醉木及玉山箭竹伴生。

(VI) 褐毛柳—小果女貞型(*Salix fulvopubescens*–*Ligustrum sinense* Type)

樣區：No.6 屬之。

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| 環境：1. 海拔：2,762m | 4. 全天光空域：80.78% |
| 2. 坡度：37°       | 5. 直射光空域：74.38% |
| 3. 坡向：東北向       |                 |

本植群型以樣區 6 為代表，位於塔塔加鞍部往麟趾山頂之步道右側，本區之地被植物雖仍以玉山箭竹為主要組成，然而伴生地被植物總計 38 種，而上層植物以褐毛柳和毛女貞(*Ligustrum sinense*)為主要優勢種，且 DBH>1cm 之上木植物種類共計 11 種，均遠較其他樣區為多，初步推論因本樣區位於東北向坡面，水分指數為最高值之 16，遠較其他 6 個樣區為高，是足以孕育出較多樣之植物種類(34 種)，然是否土壤及氣候因子亦有決定性的影響，或是此樣區在 1993 年時為未遭林火侵襲之微地形，抑或僅表火快速肆虐而過，實有待更詳盡資料之蒐集以判斷之。

(VII) 臺灣二葉松型(*Pinus taiwanensis* Type)

樣區：No.4, 5, 8, 9, 11, 12 屬之。

- |                 |
|-----------------|
| 環境：1. 海拔：2,794m |
| 2. 坡度：23.8°     |
| 3. 坡向：東南向~西南向   |
| 4. 全天光空域：70.70% |
| 5. 直射光空域：77.80% |

本植群型以樣區 4, 5, 8, 9, 11 和 12 為代表，上層植物皆以臺灣二葉松為主要優勢種，下層樹種則以南燭為次要；地被皆以高山芒為主要組成，另外還伴生著玉山箭竹、紅毛杜鵑、巒大蕨及臺灣馬醉木等植物。

此火燒跡地之臺灣二葉松為早期主要造林樹種，且在造林木成年後其天然更新狀況良好，然因臺灣二葉松林為火燒適存植群(fire-adapted vegetation)，其獨特之生態特性，使得林火週期性地發生，屢受火災之干擾，其亦因林火連續發生而得以維持。Mutch(1970)曾提出若干證據以說明此理，即由火災發育而維持之植物社會(fire developed community)，其本身之枝葉較其他植群易於燃燒，故火災一旦發生，必呈週期性之循環，終至成為次極盛相(subclimax)，此即所謂之火災適存植群(Kozlowski and Ahlgren, 1974)。

比較本研究與過去針對塔塔加地區之植群型研究結果，除了臺灣馬醉木—紅毛杜鵑型與混淆林型未出現在此次火燒跡地外，臺灣二葉松型、臺灣華山松型、臺灣鐵杉型及高山芒—玉山箭竹型皆存在於研究區域內，然而臺灣馬醉木與紅毛杜鵑由於其特殊生理特性，萌櫟能力強，因此隨處可見出現於火燒跡地之中；而混淆林型則因分布區域在玉山前峰東向坡面至楠梓仙溪溪谷，未在此火燒跡地內，是以尚未在研究區域內發現。

#### (四)塔塔加地區之植群分析

本研究於樣區中共計調查 126 種維管束植物(蕨類植物 17 種，裸子植物 6 種，雙子葉植物 87 種，單子葉植物 16 種)，分屬 49 科、102 屬(表 2)。由表 2 可看出不同時期之植物組成，在 3 個不同時期中，各統計值皆以楊美玲(1996)之調查結果最低，此因該篇研究報告中雖調查樣區總面積最大(32 個  $10 \times 25 \text{ m}^2$  樣區)，卻僅在報告書中列出 30 種植物，無法得知全部植物組成。根據森林生態系發育趨勢之理論，物種組成在初期變化較快，後趨於緩慢；自營生物之種數隨演替而增加，但在晚期個體增大後可能有減少之趨勢，而異營生物之種數隨演替序列之進行而漸增加，至極盛相達到最大；種類歧異度初期雖不斷增加，然之後趨於穩定，至晚期可能稍下降(蘇鴻傑，1992)。2005 年之植物種類歧異度在 3 個時期中最高，此為植群演替初期之必然結果，亦可視為此區域在 1993 年遭受火燒後之正常植群恢復情形。

表 2. 火燒後不同時期植物組成分析

|       | 陳隆陞等(1994)                                         | 楊美玲(1996)                                          | 廖天賜(2005)                                          |
|-------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 科     | 26                                                 | 17                                                 | 49                                                 |
| 屬     | 43                                                 | 27                                                 | 102                                                |
| 種     | 52                                                 | 30                                                 | 126                                                |
| 蕨類    | 4                                                  | 2                                                  | 17                                                 |
| 裸子植物  | 5                                                  | 0                                                  | 6                                                  |
| 雙子葉植物 | 35                                                 | 20                                                 | 87                                                 |
| 單子葉植物 | 8                                                  | 8                                                  | 16                                                 |
| 喬木    | 5                                                  | 0                                                  | 17                                                 |
| 灌木    | 8                                                  | 7                                                  | 28                                                 |
| 藤本植物  | 0                                                  | 0                                                  | 7                                                  |
| 草本植物  | 39                                                 | 23                                                 | 74                                                 |
| 樣區大小  | 10 個 20×25 m <sup>2</sup><br>=5,000 m <sup>2</sup> | 32 個 10×25 m <sup>2</sup><br>=8,000 m <sup>2</sup> | 15 個 10×25 m <sup>2</sup><br>=3,750 m <sup>2</sup> |

### (五) 三種植物之生態生理反應

於濕季與乾季所測定之葉綠素螢光反應及氣孔活動之結果(如圖 7、圖 8)所顯示，兩季節之葉綠素螢光於中午天氣非常晴朗時，強光會導致過剩光能的增加，致使 PSII 反應中心活性降低，另一方面由於光線直射造成溫度的上升，使空氣乾燥，加大葉片到空氣中的水蒸氣壓差，促使植物蒸散速度加大，植物爲了避免水分過度散失會將氣孔關閉，造成 CO<sub>2</sub> 無法有效擴散進入葉片內，使得卡爾文循環受到阻礙，植物所吸收之光能無法被利用使得植物累積過多能量，致使 PSII 反應中心活性降低，造成 Qn 隨著光度持續增加而上升，造成 Fv/Fm 會下降。待光強度減弱時，溫度及水蒸氣壓差逐漸變小時，Fv/Fm 會再回復。此現象顯示，中午時之螢光比值的下降，並不代表植物的 PSII 系統受到傷害之光抑制現象而是一種光保護的現象。光抑制現象不只和強光照射有關，也和低溫或是乾燥等逆境因子有相關，本試驗結果顯示，塔塔加地區三種供試植物，其 Fv/Fm 均具有季節變化(圖 11)，在暖季，各供試物種均有較高的 Fv/Fm 值，入秋後隨著溫度逐漸下降而降低，又以臺灣馬醉木下降最爲明顯，然而可發現紅毛杜鵑之葉片於冬季會轉紅，增其花青素含量以進行光

保護；因此，許多報告指出  $F_v/F_m$  與不同季節之溫度具有顯著性相關(Lundmark *et al.*, 1998 ; Schaberg *et al.*, 1998)。然而，不同物種間，其  $F_v/F_m$  隨溫度下降而降低之程度並不相同。由圖 10、圖 11 中得知三種樹種皆隨乾季低溫的來臨，其光合能力及  $F_v/F_m$  會稍許的下降，可能是低溫加上強光的傷害，加劇光抑制之現象，因過多的能量會產生大量的過氧化物，對 PSII 反應中心的  $D_1$  protein 造成破壞，且在低溫下又會阻礙新合成的  $D_1$  protein 去置換已被破壞的  $D_1$  protein。

本研究在塔塔加地區中各供試植物，其  $F_m$  在不同的季節中所呈現的變動趨勢與  $F_v/F_m$  變化大致相似，即在暖季時最高，隨著季節變化在低溫季節降至最低。所有供試植物在長期的低溫下，在  $F_o$  急劇上升及  $F_m$  顯著下降。顯示在低溫初期造成了反應中心的不活化，而卡爾文循環受限制，使過剩能量增加。而伴隨著低溫時間延長，造成葉綠素崩解及  $D_1$  protein 降解，導致  $F_o$  及  $F_m$  快速下降，致使  $F_v/F_m$  顯著降低。其中玉山箭竹在低溫環境下之變化與另二種植物不同，在低溫下會同時造成  $F_o$  上升及  $F_m$  下降，隨低溫的時間延長而導致  $F_o$  持續下降，顯示玉山箭竹在低溫下， $F_o$  雖會以螢光方式釋放過多能量，但同時也造成反應中心受到抑制，造成  $F_o$  上升及  $F_m$  下降的情形同時發生。

在氣孔活動之日變化方面，由於熱帶、亞熱帶高山地之天候特徵為上午雲量較少，下午則很容易起霧或下雨，所以在晴天之日於上午 8-10 時左右，三種植物葉片之氣孔開度即可達最大值，當遭到雲霧遮光時，則發現不同植物之氣孔開閉對光度的靈敏度有所不同；又以乾季光強度較弱時之敏感度低於濕季光強度較強時(圖 7C、圖 8C)。許多報告顯示，植物之氣孔開度在夏季最高，至秋冬則逐漸降低，本試驗亦有相似之結果，是因低溫、缺水、根機能下降或葉片老化所致(Matós *et al.*, 1998)。然而乾季時之紅毛杜鵑與臺灣馬醉木，一日之間其氣孔開度變化不大，其原因乃木本植物有較深的根系及較多的儲水組織，而草本植物則根系較淺，儲水組織較少、氣孔開度又較大，在遮陰時需有靈敏的氣孔開閉以提高水分利用效率。於乾季缺水環境下，玉山箭竹會藉由氣孔之關閉或脫落其葉片以渡過其逆境。

光合作用分為明反應和暗反應兩部份，雖  $F_v/F_m$  只能反映出明反應中光系統 II 的效能，但由圖 9 中可得知，一天之中的  $F_v/F_m$  的變化與 PSII 的實際效能變化趨勢

相似，因此就可以利用  $F_v/F_m$  來推估光系統 II 的效能。文獻指出，在許多情況下  $F_v/F_m$  與光合作用速率呈現正相關(Karavatas and Manetas, 1999)，即當植物受到外界環境影響，使光合作用活性下降時， $F_v/F_m$  亦會隨之下降(Ottander *et al.*, 1995)，如本試驗中圖 10、圖 11 所示亦有一樣的結果。反射光譜之反應是表現在植物出現逆境時的一種保護行為，三種植物於乾季，其比值具有稍許的下降，是因乾季低溫、缺水之逆境，植物需藉由較多的光保護色素含量，避免產生光抑制現象。然兩季節之一天之中反射光譜測定結果呈不明顯之變化，或許因亞熱帶的亞高山環境之因素，此等植物已演化出特有的適應環境之方式，而非以類胡蘿蔔素循環為主要之保護機制，由於本計畫試驗的時間受到限制，有關此一問題有待進一步之探討。

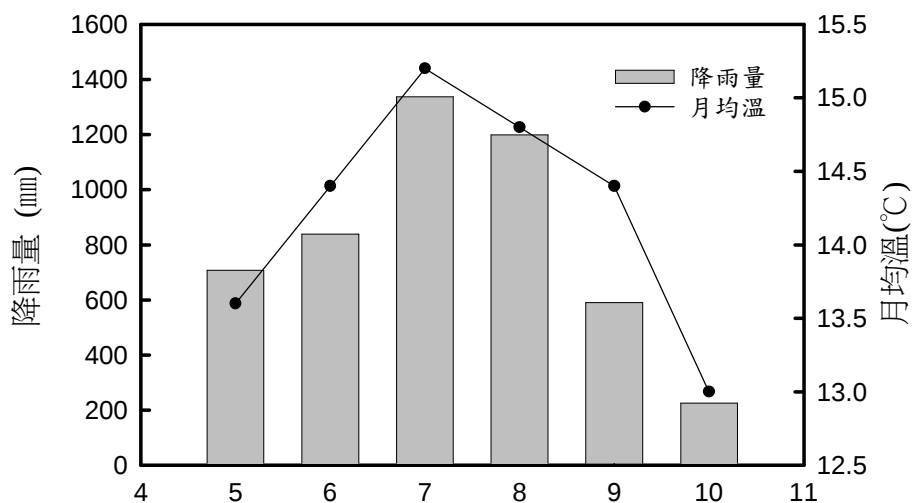


圖 6.阿里山測站(23°52'N, 120°48'E, 2408 m)自 2005 年 5 月至 10 月之月降雨量(■)及月均溫(—)

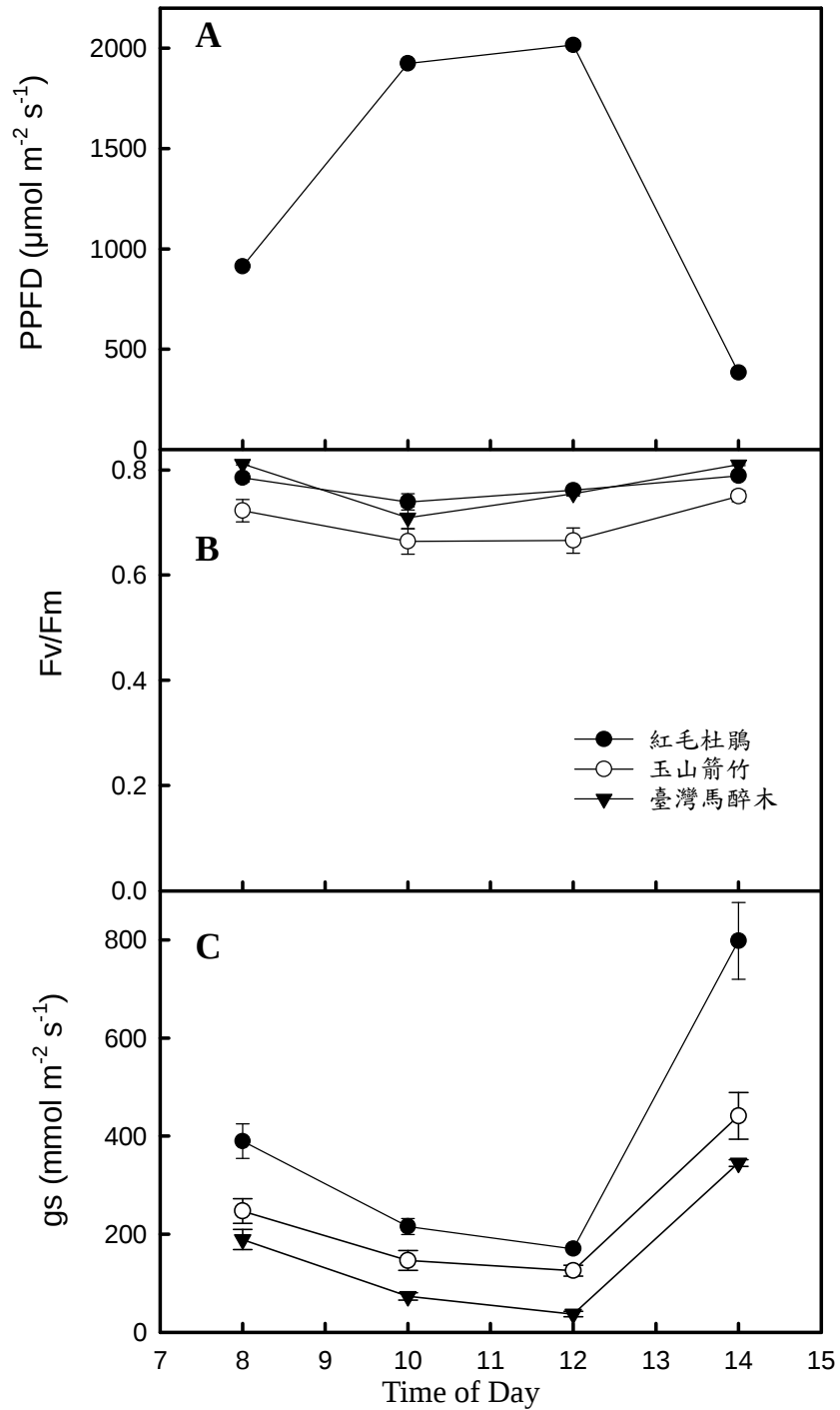


圖 7. 濕季時，紅毛杜鵑、玉山箭竹及臺灣馬醉木一日間之日射量 (A)、螢光比值 Fv/Fm(B)及氣孔導度(C)之變化情形。●：紅毛杜鵑、○：玉山箭竹、▼：臺灣馬醉木

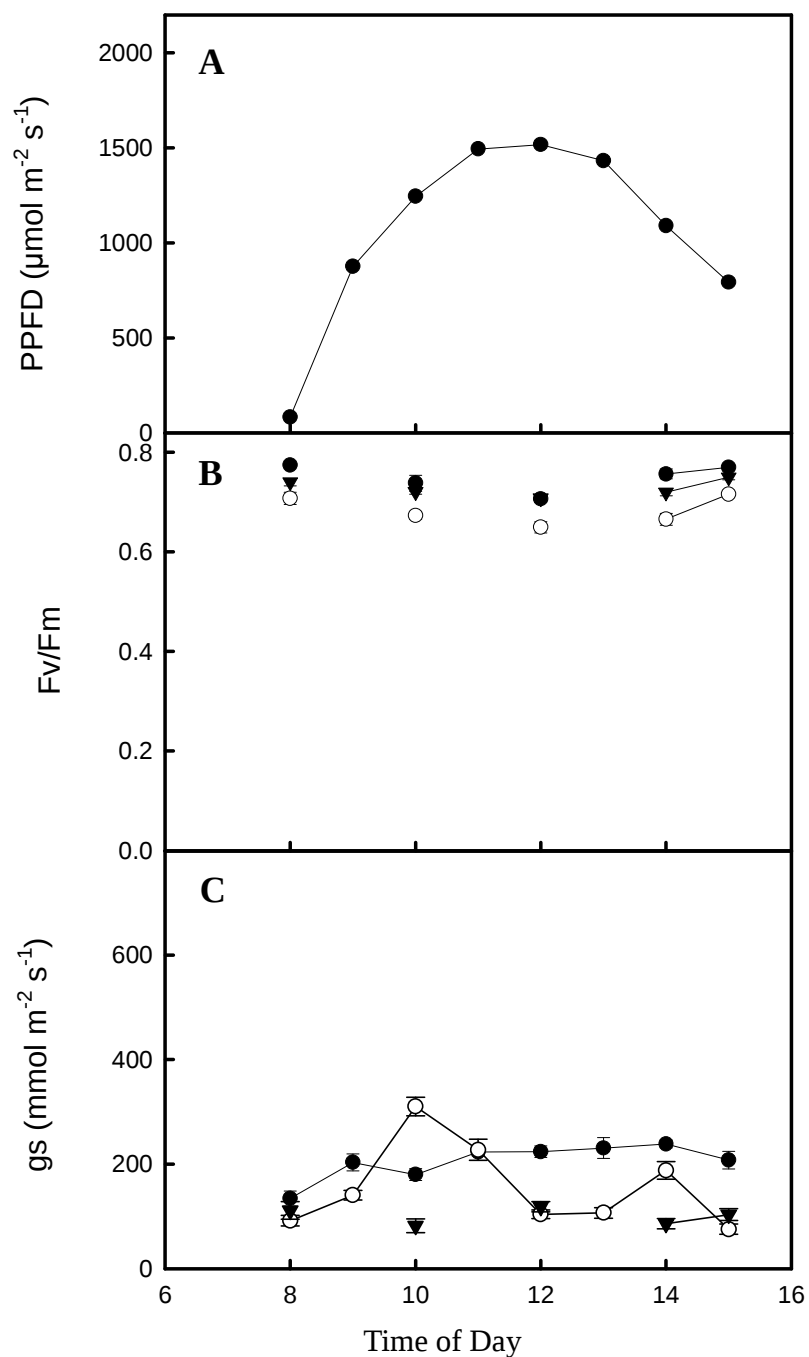


圖 8. 乾季時，紅毛杜鵑、玉山箭竹及臺灣馬醉木一日間之日射量 (A)、螢光比值  $F_v/F_m$  (B) 及氣孔導度 (C) 之變化情形。●：紅毛杜鵑、○：玉山箭竹、▼：臺灣馬醉木

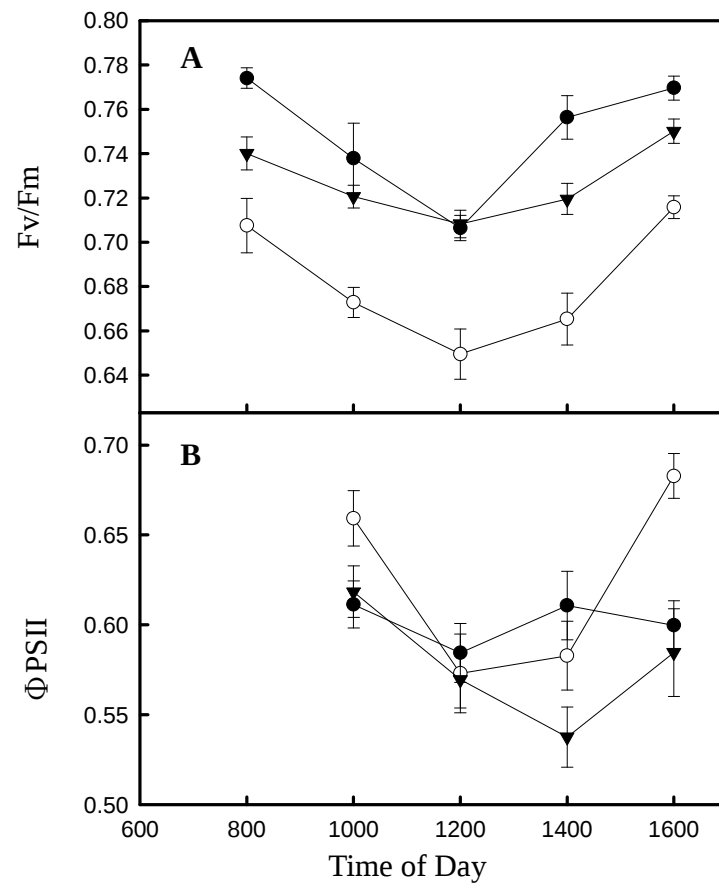


圖 9. 紅毛杜鵑、玉山箭竹及臺灣馬醉木一日間之螢光比值  $F_v/F_m$ (A) 及  $\Phi_{PSII}$ (B)之變化情形。●：紅毛杜鵑、○：玉山箭竹、▼：臺灣馬醉木

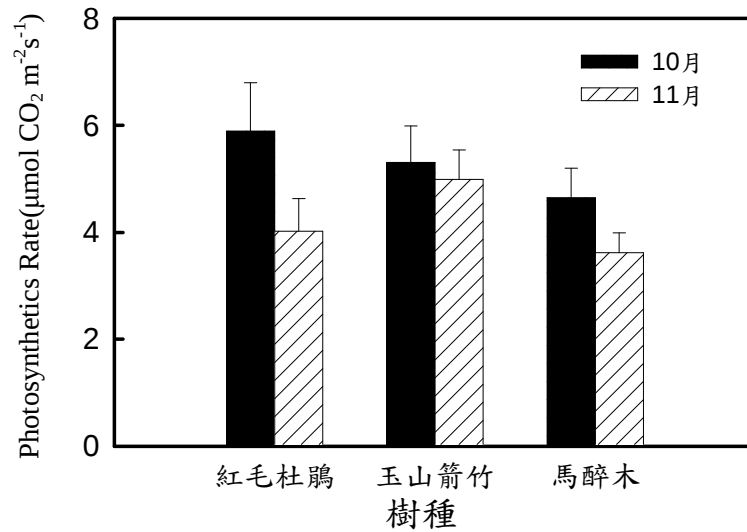


圖 10.紅毛杜鵑、玉山箭竹以及臺灣馬醉木於 10 月與 11 月份之光合速率

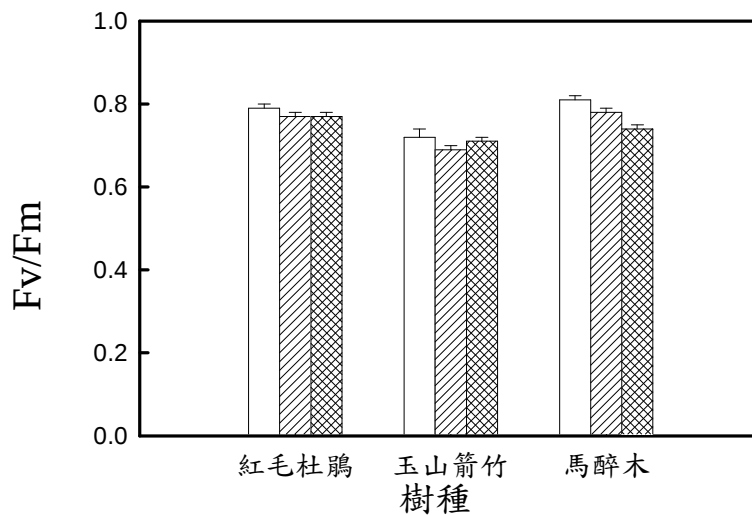


圖 11.紅毛杜鵑、玉山箭竹以及臺灣馬醉木於 7 月、10 月與 11 月份之葉綠素螢光 Fv/Fm 之變化情形

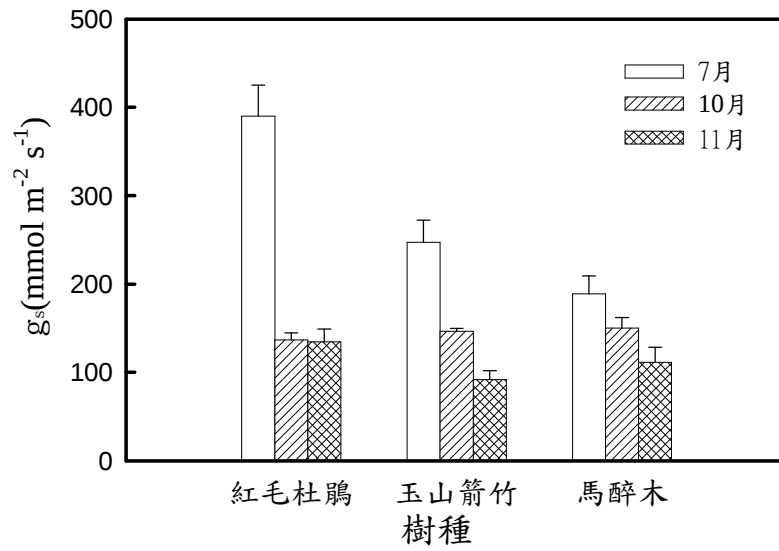


圖 12.紅毛杜鵑、玉山箭竹以及臺灣馬醉木於 7 月、10 月與 11 月份氣孔導度之變化情形

## 附錄一

### 2005 年塔塔加地區森林火燒跡地監測樣區內植物名錄

#### Pteridophytes 蕨類植物

##### 1. Davalliaceae 骨碎補科

1. *Araiostegia perdurans* (Christ) Copel. 小膜蓋蕨 (H, V, C)

##### 2. Dennstaedtiaceae 碗蕨科

2. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn ssp. *wightianum* (Wall.) Shieh 鸞大蕨 (H, V, C)

##### 3. Dryopteridaceae 鱗毛蕨科

3. *Dryopteris hypophlebia* Hayata 深山鱗毛蕨 (H, E, M)
4. *Dryopteris sparsa* (Don) Ktze. 長葉鱗毛蕨 (H, V, C)
5. *Dryopteris wallichiana* (Sprengel) Alston & Bonner 瓦氏鱗毛蕨 (H, V, C)
6. *Leptorumohra quadripinnata* (Hayata) H. Ito 毛苞擬複葉耳蕨 (H, V, M)
7. *Polystichum nepalense* (Sprengel) C. Chr. 軟骨耳蕨 (H, V, M)
8. *Polystichum parvipinnulum* Tagawa 尖葉耳蕨 (H, E, M)

##### 4. Lycopodiaceae 石松科

9. *Lycopodium pseudoclavatum* Ching 假石松 (H, V, M)
10. *Lycopodium yueshanense* Kuo 玉山地刷子 (H, E, M)

##### 5. Ophioglossaceae 瓶爾小草科

11. *Ophioglossum petiolatum* Hook. 鈍頭瓶爾小草 (H, V, R)

##### 6. Polypodiaceae 水龍骨科

12. *Lepisorus monilisorus* (Hayata) Tagawa 擬笄瓦蕨 (H, E, C)
13. *Lepisorus pseudo-ussuriensis* Tagawa 擬烏蘇里瓦蕨 (H, E, M)
14. *Pyrrosia gralla* (Gies) Ching 中國石蕨 (H, V, R)

##### 7. Pteridaceae 鳳尾蕨科

15. *Pteris cretica* L. 大葉鳳尾蕨 (H, V, C)

##### 8. Thelypteridaceae 金星蕨科

16. *Parathelypteris beddomei* (Bak.) Ching 縮羽金星蕨 (H, V, C)

##### 9. Vittariaceae 書帶蕨科

17. *Vittaria flexuosa* Fee 書帶蕨 (H, V, M)

#### Gymnosperms 裸子植物

##### 10. Cupressaceae 柏科

18. *Chamaecyparis formosensis* Matsum. 紅檜 (T, E, M)
19. *Juniperus formosana* Hayata 刺柏 (T, V, C)

**11. Pinaceae 松科**

- 20. *Picea morrisonicola* Hayata 臺灣雲杉 (T, E, M)
- 21. *Pinus armandii* Franchet var. *masteriana* Hayata 臺灣華山松 (T, E, C)
- 22. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松 (T, E, C)
- 23. *Tsuga chinensis* (Franch.) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng 臺灣鐵杉 (T, E, C)

**Dicotyledons 雙子葉植物**

**12. Aceraceae 槭樹科**

- 24. *Acer insulare* Makino 尖葉楓 (T, V, M)
- 25. *Acer morrisonense* Hayata 臺灣紅榨楓 (T, E, C)

**13. Apiaceae 繖形花科**

- 26. *Angelica morrisonicola* Hayata 玉山當歸 (H, E, C)
- 27. *Hydrocotyle setulosa* Hayata 阿里山天胡荽 (H, E, C)

**14. Araliaceae 五加科**

- 28. *Hedera rhombea* (Miq.) Bean var. *formosana* (Nakai) Li 臺灣常春藤 (C, E, M)
- 29. *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms 鵝掌柴 (T, V, C)

**15. Asteraceae 菊科**

- 30. *Anaphalis morrisonicola* Hayata 玉山抱莖籜簫 (H, V, C)
- 31. *Artemisia morrisonensis* L. 細葉山艾 (H, V, C)
- 32. *Aster taiwanensis* Kitamura 臺灣馬蘭 (H, E, C)
- 33. *Cirsium arisanense* Kitamura 阿里山薊 (H, E, M)
- 34. *Eupatorium cannabinum* L. ssp. *asiaticum* Kitam. 臺灣澤蘭 (S, E, C)
- 35. *Gnaphalium adnatum* Wall. ex DC. 紅面番 (H, V, C)
- 36. *Gnaphalium involucreatum* Forst. var. *ramosum* DC. 分枝鼠麴草 (H, V, M)
- 37. *Ixeris chinensis* (Thunb.) Nakai 兔仔菜 (H, V, C)
- 38. *Myriactis humilis* Merr. 矮菊 (H, V, C)
- 39. *Picris hieracioides* L. ssp. *morrisonensis* (Hayata) Kitamura 玉山毛連菜 (H, E, C)
- 40. *Senecio nemorensis* L. var. *dentatus* (Kitam.) H. Koyama 黃菀 (H, E, C)
- 41. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don 蔓黃菀 (C, V, C)
- 42. *Solidago virgaurea* L. var. *leiocarpa* (Benth.) A. Gray 一枝黃花 (H, V, C)

**16. Berberidaceae 小檗科**

- 43. *Berberis brevisepala* Hayata 高山小檗 (S, E, C)
- 44. *Berberis kawakamii* Hayata 臺灣小檗 (S, E, C)

**17. Brassicaceae 十字花科**

- 45. *Arabis lyrata* L. ssp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten 玉山筷子芥 (H, V, C)

**18. Campanulaceae 桔梗科**

- 46. *Adenophora morrisonensis* Hayata 玉山沙參 (H, E, C)
- 47. *Codonopsis kawakamii* Hayata 玉山山奶草 (H, E, C)
- 48. *Peracarpa carnosus* (Wall.) Hook. f. & Thoms. 山桔梗 (H, V, C)

**19. Caprifoliaceae 忍冬科**

- 49. *Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬 (S, V, C)
- 50. *Viburnum foetidum* Wall. var. *rectangulatum* (Graebner) Rehder 狹葉莢迷 (S, V, C)
- 51. *Viburnum formosanum* Hayata 紅子莢迷 (T, V, C)

**20. Caryophyllaceae 石竹科**

- 52. *Cucubalus baccifer* L. 狗筋蔓 (H, V, C)
- 53. *Dianthus pygmaeus* Hayata 玉山石竹 (H, E, C)
- 54. *Stellaria saxatilis* Buch. -Ham. 疏花繁縷 (H, V, C)

**21. Celastraceae 衛矛科**

- 55. *Celastrus punctatus* Thunb. 光果南蛇藤 (C, V, M)
- 56. *Euonymus spraguei* Hayata 刺果衛矛 (S, E, C)
- 57. *Microtropis fokiensis* Dunn 福建賽衛矛 (S, V, C)

**22. Clusiaceae 金絲桃科**

- 58. *Hypericum nagasawai* Hayata 玉山金絲桃 (H, E, C)

**23. Coriariaceae 馬桑科**

- 59. *Coriaria japonica* A. Gray ssp. *intermedia* (Matsum.) Huang & Huang 臺灣馬桑 (S, V, C)

**24. Elaeagnaceae 胡頹子科**

- 60. *Elaeagnus thunbergii* Serv. 鄧氏胡頹子 (S, E, C)

**25. Ericaceae 杜鵑花科**

- 61. *Gaultheria itoana* Hayata 高山白珠樹 (S, E, C)
- 62. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude 南燭 (T, V, C)
- 63. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木 (S, E, C)
- 64. *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata 玉山杜鵑 (S, E, C)
- 65. *Rhododendron rubropilosum* Hayata 紅毛杜鵑 (S, E, C)

**26. Gentianaceae 龍膽科**

- 66. *Gentiana davidii* Franch var. *formosana* (Hayata) T. N. Ho 臺灣龍膽 (H, E, C)
- 67. *Swertia macrosperma* (C. B. Clarke) C. B. Clarke 巒大當藥 (H, E, C)
- 68. *Tripterospermum lanceolatum* (Hayata) Hara ex Satake 玉山肺形草 (C, V, C)
- 69. *Tripterospermum taiwanense* (Masamune) Satake 臺灣肺形草 (C, E, C)

**27. Lamiaceae 唇形花科**

- 70. *Anisomeles indica* (L.) Kuntze 金劍草 (H, V, C)

71. *Clinopodium laxiflorum* (Hayata) Mori 疏花塔花 (H, E, C)

72. *Origanum vulgare* L. 野薄荷 (H, E, C)

**28. Lauraceae 樟科**

73. *Neolitsea acuminatissima* (Hayata) Kanehira & Sasaki 高山新木薑子 (T, E, C)

**29. Oleaceae 木犀科**

74. *Ligustrum morrisonense* Kanehira & Sasaki 玉山女貞 (S, E, M)

75. *Ligustrum sinense* Lour. 小果女貞 (T, V, M)

76. *Osmanthus heterophyllus* (G. Don) P. S. Green 刺格 (T, V, M)

**30. Onagraceae 柳葉菜科**

77. *Circaea alpina* L. var. *imaicola* Asch. & Mag. 高山露珠草 (H, V, C)

**31. Oxalidaceae 酢醬草科**

78. *Oxalis corniculata* L. 酢醬草 (H, V, C)

**32. Polygalaceae 遠志科**

79. *Polygala japonica* Houtt. 瓜子金 (H, V, C)

**33. Polygonaceae 蓼科**

80. *Polygonum chinense* L. 火炭母草 (H, V, C)

81. *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc. 虎杖 (H, V, C)

82. *Polygonum filicaule* Wall. ex Meisn. 高山蓼 (H, V, C)

83. *Polygonum multiflorum* Thunb. var. *hypoleucum* (Ohwi) Liu, Ying & Lai 臺灣何首烏 (C, E, C)

84. *Polygonum runcinatum* Buch.-Ham. ex Don 玉山蓼 (H, V, C)

**34. Rosaceae 薔薇科**

85. *Cotoneaster morrisonensis* Hayata 玉山鋪地蜈蚣 (S, E, C)

86. *Fragaria hayatai* Makino 臺灣草莓 (H, E, C)

87. *Photinia niitakayamensis* Hayata 玉山假沙梨 (T, V, C)

88. *Rhaphiolepis indica* (L.) Lindl. var. *umbellata* (Thunb. ex Murray) Ohashi 厚葉石斑木 (T, V, M)

89. *Rosa transmorrisonensis* Hayata 高山薔薇 (S, V, C)

90. *Rubus aculeatiflorus* Hayata var. *taitoensis* (Hayata) Liu & Yang 臺東懸鉤子 (S, E, M)

91. *Rubus pungens* Camb. 單花懸鉤子 (S, V, M)

92. *Rubus randaiensis* Hayata 臺灣懸鉤子 (S, V, C)

93. *Rubus rolfei* Vidal 玉山懸鉤子 (S, V, C)

94. *Spiraea formosana* Hayata 臺灣繡線菊 (S, E, C)

95. *Spiraea morrisonicola* Hayata 玉山繡線菊 (S, E, M)

**35. Rubiaceae 茜草科**

96. *Galium formosense* Ohwi 圓葉豬殃殃 (H, E, C)

**36. Rutaceae 芸香科**

97. *Boenninghausenia albiflora* Reichenb. 臭節草 (H, V, C)

**37. Salicaceae 楊柳科**

98. *Salix fulvopubescens* Hayata 褐毛柳 (S, E, C)

**38. Saxifragaceae 虎耳草科**

99. *Astilbe macroflora* Hayata 大花落新婦 (H, E, C)  
 100. *Deutzia pulchra* Vidal 大葉溲疏 (S, V, C)  
 101. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球 (S, E, M)  
 102. *Ribes formosanum* Hayata 臺灣茶藨子 (S, E, C)

**39. Scrophulariaceae 玄參科**

103. *Digitalis purpurea* L. 毛地黃 (H, R, C)  
 104. *Hemiphragma heterophyllum* Wall. 腰只花 (H, V, C)  
 105. *Veronica morrisonicola* Hayata 玉山水苦蕒 (H, E, C)

**40. Theaceae 茶科**

106. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 假柃木 (S, E, M)  
 107. *Eurya glaberrima* Hayata 厚葉柃木 (T, E, C)

**41. Urticaceae 蕁麻科**

108. *Pellionia radicans* (Sieb. & Zucc.) Wedd. 赤車使者 (H, V, C)

**42. Violaceae 堇菜科**

109. *Viola adenothrix* Hayata var. *tsugitakaensis* (Masamune) Wang & Huang 雪山堇菜 (H, E, M)  
 110. *Viola betonicifolia* J. E. Smith 箭葉堇菜 (H, V, C)

**Monocotyledons 單子葉植物**

**43. Araceae 天南星科**

111. *Arisaema formosana* (Hayata) Hayata 臺灣天南星 (H, E, C)

**44. Cyperaceae 莎草科**

112. *Cyperus rotundus* L. 香附子 (H, ?, C)  
 113. *Trichophorum subcapitatum* (Thwaites & Hook.) D. A. Simpson 玉山針藷 (H, V, C)

**45. Juncaceae 燈心草科**

114. *Luzula taiwaniana* Satake 臺灣地楊梅 (H, E, C)

**46. Liliaceae 百合科**

115. *Lilium formosanum* Wallace 臺灣百合 (H, E, C)  
 116. *Ophiopogon intermedius* D. Don 沿階草 (H, V, C)  
 117. *Smilacina japonica* A. Gray 鹿藥 (H, E, C)  
 118. *Tricyrtis formosana* Bak. 臺灣油點草 (H, E, C)

**47. Orchidaceae 蘭科**

119. *Platanthera mandarinorum* Reichb. f. ssp. *pachyglossa* (Hayata) Lin & Inoue 厚唇粉蝶蘭 (H, E, C)

#### 48. Poaceae 禾本科

120. *Agrostis infirma* Buse var. *infirma* Miq. 玉山翦股穎 (H, E, C)  
 121. *Brachypodium kawakamii* Hayata 川上短柄草 (H, E, C)  
 122. *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. var. *festucaefolia* Honda 髮草 (H, E, C)  
 123. *Miscanthus transmorrisonensis* Hayata 高山芒 (H, V, C)  
 124. *Trisetum bifidum* (Thunb.) Ohwi 三毛草 (H, V, C)  
 125. *Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f. 玉山箭竹 (S, V, C)

#### 49. Smilacaceae 菝葜科

126. *Smilax vaginata* Decne. 玉山菝葜 (C, V, C)

表 3. 火燒跡地樣區內植物名錄統計

|    | 蕨類植物 | 裸子植物 | 雙子葉植物 | 單子葉植物 | 合計  |
|----|------|------|-------|-------|-----|
| 科數 | 9    | 2    | 31    | 7     | 49  |
| 屬數 | 12   | 5    | 69    | 16    | 102 |
| 種數 | 17   | 6    | 87    | 16    | 126 |
| 喬木 | 0    | 6    | 11    | 0     | 17  |
| 灌木 | 0    | 0    | 27    | 1     | 28  |
| 藤本 | 0    | 0    | 6     | 1     | 7   |
| 草本 | 16   | 0    | 43    | 14    | 74  |
| 特有 | 4    | 5    | 43    | 9     | 62  |
| 原生 | 12   | 1    | 42    | 7     | 63  |
| 歸化 | 0    | 0    | 1     | 0     | 1   |
| 栽培 | 0    | 0    | 0     | 0     | 0   |
| 普遍 | 7    | 4    | 72    | 16    | 99  |
| 種等 | 7    | 2    | 14    | 0     | 23  |
| 稀有 | 3    | 0    | 1     | 0     | 4   |

T：木本； S：灌木； C：藤本； H：草本； E：特有； V：原生；  
 R：歸化； C：普遍； M：中等； R：稀有

附錄二 期初、期中、期末簡報審察意見改善表

|      |   | 委員意見                                         | 回應情形                                                                                                                                                      |
|------|---|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期初簡報 | 一 | 為何設置 3 至 5 個樣區，或可再多設幾個                       | 因受塔塔加山區地形限制之因素，設置3-5個樣區(10 m×25 m)以代表全區，而每個大樣區再細分5 m×5 m之10個小樣區進行植群組成之調查。                                                                                 |
|      | 二 | 重要木本植物為何初步選定臺灣馬醉木、紅毛杜鵑、玉山箭竹，為何與計畫緣起目的之主要樹種不同 | 塔塔加地區以森氏杜鵑與臺灣馬醉木為其主要次生灌叢，且林下密生玉山箭竹。與林朝欽(1994)推測本區1963年及1993年之火災發生之特徵在植群組成上雷同，因此初步才會先選定臺灣馬醉木、紅毛杜鵑、玉山箭竹。                                                    |
|      | 三 | 為何要用 PEA 螢光測定儀與葉片反射光譜技術測定，再說明清楚              | PSII 的光抑制可由葉綠素螢光係數(Fv/Fm)的下降來測得能量的消散。葉片反射光譜可得各種指數，因而可推估 PSII 效能、色素組成與含量及植物光合速率等生理狀態。                                                                      |
|      | 四 | 預期成果請與工作項目相呼應。                               | 藉由本計畫執行之結果，可以瞭解塔塔加地區火災後植群演替之軌跡，及演替方向之機制，且塔塔加位於海拔高2600-3200 m左右，其氣候光線較強且溫度較低，並且火災後的植群都處於較空曠的環境下，其所接收到的光量更強，因此此植群可能具有較高的葉黃素循環能力可消散掉過多的能量以避免產生光抑制的現象而降低光合產物。 |

|        |   |                                                                    |                                                                                                         |
|--------|---|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期中審查會議 | 一 | 演替是以時間為橫軸，一般除藉永久樣區之設立加以長期監測以探知外，亦可藉廣袤空間不足階段組成加以探討，本研究如何探討群演替，應予注意。 | 是                                                                                                       |
|        | 二 | 樣區之增設目的乃在增進精度，若欲以此方式用以推估燃料之累積，或有其困難。                               | 參酌委員意見辦理。                                                                                               |
|        | 三 | 氣候資料之來源與處理建議予以稍作考量。                                                | 是                                                                                                       |
|        | 四 | 自 1993 年火災至今已十多年，根據數據顯示(1994 及 1996)植物種類已漸回升，這是可喜的現象。              | 是                                                                                                       |
|        | 五 | 永久樣區之數量，可再增加個數更佳，尤以具代表性的樣區，可否試著找到 1995 年設置的樣區，以作比對。                | 參酌委員意見辦理。                                                                                               |
|        | 六 | 本研究為何分六大植群型，建議敘明。                                                  | 根據陳隆陞等(1994)，塔塔加地區植物分布主要可分為 6 種植群型。有關本研究區植群型可劃分成高山芒—玉山箭竹型、臺灣鐵杉型、褐毛柳型、臺灣華山松型、臺灣雲杉型、褐毛柳—小果女貞型、臺灣二葉松型等 7 種 |

|        |    |                                                            |                                                                                |
|--------|----|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 期末審查會議 | 七  | P.2 本研究擬利用火災後 12 年植群組成與結構調查，比對火災發生之植群狀態，請補附火災發生前之植群狀況資料說明。 | 儘量蒐集文獻資料。                                                                      |
|        | 八  | 生理調查之資料(氣孔導度變化資料)，缺乏早晨及傍晚時段，建議補足。                          | 塔塔加地區氣候較濕冷，因此植物葉片於清晨時，皆會呈現潮溼狀態，且擦乾其葉片可能會影響其生理反應；下午易起霧或下雨，光線極微弱，因而無法測取早晨及傍晚等資料。 |
|        | 九  | 樣區植群與火災之關係，應可分為火災、非火災區探討；火災發生後有人造林及自然演替，是否彼此間有相關性，請說明。     | 人造林與自然演替兩者之間的關係，在短期內是人為的干擾，可能阻礙自然物種的入侵速度，長期而言，可能是縮短喬木層建立的時程。                   |
|        | 十  | 由此研究結果，請於期末報告推估塔塔加地區發生火災的機率。                               | 由於試驗時間較短，要預測火災發生之機率有其困難度；但可參酌建議事項，做好防災之管理工作，以減少其發生之機會。                         |
|        | 十一 | 其他文字錯誤分，請查明更正。                                             | 是                                                                              |

|        |   |                                                                          |                                                                                                |
|--------|---|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期末審查會議 | 一 | 報告的名稱文字宜統一，例如：台灣馬醉木及臺灣鐵杉，的「台」、「臺」。                                       | 會依意見照辦                                                                                         |
|        | 二 | 文中對於「生態生理」性探討並不十分突出，復原植物的調查反而較為重要！植物生態生理特性部分，請再詳述。                       | 依委員意見再補充；另「生態生理」探討須累積較長期之資料才能找出植物對其生長環境適應之機制，本試驗只有短期的資料，因此其 data 還無法充分說明上述之現象及其重要性，這也是本研究室的經驗。 |
|        | 三 | 建議以地圖表示各年度火災區及本年度計畫調查的相關位置。                                              | 已附於報告書中                                                                                        |
|        | 四 | 學名的命名者請統一或標準化。(如 Kuo → C.M.Kuo；Franchet → Franch. 及 Kitamura → Kitam. 等) | 會依意見照辦                                                                                         |
|        | 五 | 建議各樣區依據座標標示於地圖，另可配合分類出來的 7 種植群型標示分佈情形，作為未來比對及演替研究之參考。                    | 已附於報告書中                                                                                        |
|        | 六 | 註明樣區座標值的座標系統(TWD67 或 97)及量測點為樣區中心點或四角座標。                                 | 是以樣區中心點為 GPS 測值，其座標系統為 TM 二度分帶                                                                 |
|        | 七 | 結果與討論的第三(三)和(四)標題重複，請更正。                                                 | 是                                                                                              |
|        | 八 | 請出參考文獻                                                                   | 會將文獻列於結報                                                                                       |

## 參考文獻

- 呂金誠、蔡進來、林昭遠、陳明義 (1986) 人倫臺灣二葉松林火燒後之值群演替。  
中興大學實驗林研究報告 7:11-12。
- 林朝欽 (1994) 國有林玉山事業區塔塔加之森林火災研究。中華林學季刊 27(1):  
23-32。
- 梁素雲 (1988) 南橫天池臺灣二葉松人造林火燒後之植物生態調查 國立成功大學  
學士論文。
- 陳隆陞、許重洲、陳道正、蘇志峰、江丁祥 (1994) 玉山塔塔加森林火燒跡地生態  
環境變遷及保育措施之研究。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 陳隆陞 (1995) 玉山塔塔加森林火燒跡地生態環境變遷及保育措施之研究。國家公  
園學報 6(1): 25-46。
- 陳明義、劉業經、呂金誠、林昭遠 (1986) 東卯山臺灣二葉松林火燒後第一年之植  
群演替。中華林學季刊 19(2):1-15。
- 陳明義、呂金誠、林昭遠 (1987) 武陵臺灣二葉松林火燒後植群之初期演替。中興  
大學實驗林研究報告 8:1-10。
- 楊美玲 (1996) 塔塔加地區森林火災對松類造林地之植群、微氣候及土壤性質的影  
響。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑 (1992) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。
- 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 (1992) 臺灣之植群：山地植群帶與地理氣候區。「臺灣生物資源調查及資訊  
管理研習會」論文集。第 39-53 頁。
- 蘇鴻傑、鹿兒陽、徐自恆 (1991) 臺灣國有林自然保護區植群生態之調查研究—北  
大武山針闊葉樹自然保護區植群生態之研究(一)保護區植群分析與代表性評  
估。臺灣省農林廳林務局。
- 蘇鴻傑、鹿兒陽、徐自恆 (1992) 臺灣國有林自然保護區植群生態之調查研究—北  
大武山針闊葉樹自然保護區植群生態之研究(二)鐵杉林之組成結構與塊集動  
態。臺灣省農林廳林務局。
- Kozlowski, T. T. and C. E. Ahlgen (1974) Fire and ecosystems. Academic Press. 542pp.

- Karavatas, S. and Y. Manetas (1999) Seasonal patterns of photosystem II photochemical efficiency in evergreen sclerophylls and drought semi-deciduous shrubs under Mediterranean field conditions. *Photosynthetica* 36:41-49.
- Lundmark, T. , J. Bergh, M. Strand and A. Koppel. (1998) Seasonal variation of maximum photochemical efficiency in boreal Norway spruce stands. *Tree* 13:63-67.
- Mutch, R. W. (1970) Wildland fires and ecosystems - a hypothesis. *Ecology* 51(6): 1046-1051.
- Matos, M. C., A. A. Matos, A. Mantas, V. Cordeiro and J. B. Viera Da Silva (1998) Diurnal and seasonal changes in *Prunus amygdalus* gas exchanges. *Photosynthetica* 35(4):517-524.63-67.
- Ottander, C., D. Campbell, G. Oquist (1995) Seasonal changes in photosystem II organization and pigment composition in *Pinus sylvestris*. *Planta* 197:176-183.
- Schaberg, P. G., J. B. Shane, P. F. Cal, J. R. Donnelly and G. R. Strobes. (1998) Photosynthetic capacity of red spruce seedlings. *Tree Physiology* 18:271-276.

塔塔加地區森林火災後植群演替及重要木本植物生態生理特性之研究