

# 雪山東峰玉山箭竹開花之研究（二）

雪霸國家公園管理處委託研究報告

092-301020500G-005

## 雪山東峰玉山箭竹開花之研究（二）

受委託者：國立中興大學森林學系

研究主持人：呂金誠

協同主持人：歐辰雄

研 究 員：廖敏君

研究助理：黃立彥、朱恩良、李秋瑩、江政人、  
賴靖融、林鴻志、蔡家銘、吳詩婷、  
楊智凱、林雅慧、陳韋志

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十二年十二月

9205

雪山東峰玉山箭竹開花之研究（二）

研究主持人：呂金誠

雪霸國家公園管理處

## 目次

表次.....	I
圖次.....	II
摘要.....	III
第一章 前言.....	1
第二章 材料與方法.....	12
第三章 結果.....	16
第四章 建議.....	25
參考文獻.....	26
附錄一 玉山箭竹樣株基本資料.....	29
附錄二 玉山箭竹樣株生長記錄表.....	37
附錄三 土壤性質分析.....	45
附錄四 期末簡報審查意見改善表.....	46

## 表次

表 1. 雪山東峰玉山箭竹之物候觀察(2001~2003).....	4
表 2. 樣株基本資料及結實率.....	22
表 3. 玉山箭竹穎果長度、寬度、百粒重.....	22

## 圖次

圖 1. 竹花排列形式.....	4
圖 2. 玉山箭竹竹花之構造.....	7
圖 3. 合歡山地區每月平均溫度及累積降雨量(2001~2002).....	11
圖 4. 200 個樣株存活暨開花記錄(2002/5/26~2003/10/18).....	17
圖 5. 玉山箭竹萌蘖後開花植株.....	18
圖 6. 各樣區花藥外露變化量.....	20
圖 7. 各樣區結實變化量.....	21
圖 8. 200 個樣株花藥外露及結實變化量.....	21
圖 9. 雌蕊形態.....	23
圖 10. 鱗被形態.....	24
圖 11. 花藥形態.....	24
圖 12. 花藥縱裂.....	25
圖 13. 花粉粒.....	25

## 摘要

### 一、研究緣起

雪霸國家公園為高山型國家公園，主要以雪山山脈橫貫其中，境內有雪山、大霸尖山等著名之臺灣百岳，地理景觀、生態資源相當豐富，而玉山箭竹廣泛地分布於國家公園境內，族群數量眾多，在不同的生育環境下皆可見其蹤影，為一重要之植物種類。玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis* (Hay.) Keng f.) 係屬禾本科(Poaceae)、竹亞科(Bambusoideae)、玉山箭竹屬(*Yushania*)。主要分布於臺灣、中國雲南以及菲律賓呂宋島之高地。在臺灣廣泛分布於海拔約 1,100~3,600 m 之山區，常為林下及空曠地的優勢植群。然而在不同環境之生育地下，玉山箭竹的體型有極大的差異，於高海拔地區稜線及空曠處，玉山箭竹的植株較為矮小，高度約為 20~60 cm 之間；而位於森林下層的玉山箭竹，其體型高大，植株高度可達數公尺。由於玉山箭竹係以地下莖(rhizomes)繁殖，甚少開花，族群的演替大多以無性繁殖方式進行，因此有學者推測玉山箭竹各族群可能由單一或少數幾個營養系所組成。Hsiao & Lee(1999)利用 RAPD (Random Amplified Polymorphism DNA)的 DNA 指紋分析方式，探討玉山箭竹之族群遺傳結構，結果推測玉山箭竹於演化過程中曾有高頻率的有性繁殖，以適應廣泛的海拔高度和不同的生育環境；因此玉山箭竹在族群演替中仍有以開花結實的方式進行基因重組，產生變異，以適應不同的生態環境。

竹類的繁殖方式與一般開花植物(flowering plant)不同，主要係以地下莖繁殖拓展其範圍，較少利用有性繁殖之方式，一旦開花、結實後，開花母稈通常會死亡，少部分種類繼續存活。因此學者對於竹類的開花特性以及開花對於竹類本身的影響等問題都是較感興趣的。然而竹類的開花週期不一定，甚至於有些竹類迄今仍未開花，這些特性都使學者在研究竹類開花、分類學等問題時受到困難(McClure, 1966)。王子定與陳明義(1971)兩位學者指出玉山箭竹自 1918 年至 1969 年之間有 2 次開花之記錄，但都只是零星分布；至今於臺灣各大標本館仍有採集到玉山箭竹開花之標本，顯示出玉山箭竹一直

行有性繁殖，卻較少被人注意、研究。

雪山東峰於 2001 年 2 月中旬，因遊客的疏失，致玉山箭竹及其他高山植物受到火燒之干擾。於該年 8 月調查發現，藉由地下橫走莖萌蘖生長的玉山箭竹，已有開花情形發生；開花面積約 100~200 m<sup>2</sup> 不等，已開始結實。為瞭解玉山箭竹的開花、結實情形，以及開花後是否會與其他竹類一樣死亡或繼續生長，乃擬加以深入研究，做為玉山箭竹基礎資料之建立，並提供雪霸國家公園保育之參考。

## 二、研究方法及過程

首先蒐集玉山箭竹有關之基本資料，包括形態、解剖、分類方式、生長情形、物候、遺傳變異等相關資料，以初步瞭解玉山箭竹之概況。自 2001 年 8 月起，分別針對 4 個開花區，隨機選取 50 個樣株進行標定，共 200 個樣株，遇開花時期每二星期調查一次，非開花期則每月份調查一次，記錄其開花情形及植株生長狀況，調查時間從 2001 年 8 月至 2003 年 10 月止。採集玉山箭竹之小花進行顯微拍攝，計算 2001~2003 年之結實率。另分析此地之土壤性質，做為生育地環境之基本資料。

## 三、重要發現

### (一)玉山箭竹開花習性

玉山箭竹花序為頂生花序，初生花序顏色為鮮綠色，成熟時則變為紫紅色。小穗長 2-4 cm，單一小穗具小花 2-7 個。2 個白色羽毛狀之柱頭；具有 3 個鱗背，位於子房之周圍，倒卵形，長 1.2-1.8 mm，上端有毛；3 枚黃色花藥，縱裂，花粉粒黃色，球形，單口；花絲細長。開花時，小花打開、露出柱頭，花藥則懸垂於小花之外，開花期為 3 個月。結實之後，果序隨漸漸乾枯，此時植株葉片亦枯黃。2002 年發現部分的玉山箭竹從已開花之部位繼續長出花芽，但花序在未完全抽出之前即已開花，隨即乾枯。果實為穎果，一小花可結一果實，平均百粒重約 0.7422 g。開花、結實情形以 2001 年最好，且逐年下降。另外在 2003 年發現有假小穗(pseudospikelets)的構造，其內部不具有雄蕊及雌蕊等生殖器官，但小穗形狀如同真正花序。



## (二)玉山箭竹物候及樣株存活情形

野外調查時間自 2001 年 8 月~2003 年 10 月，共 26 個月玉山箭竹的展葉期 2001 年 8~11 月，2002 年 5~9 月中，2003 年 5~10 月，其餘時間為枯葉期，葉片呈現枯黃色，亦有零星新葉展開。成熟之花序為紫紅色，開花期在 2001 年 8~11 月，2002 年 5~10 月，2003 年 5~9 月。果熟期於 2001 年 10~2002 年 1 月中旬，2002 年 10~11 月，2003 年未見結實。2002 年 5 月調查發現有 177 個樣株存活，其中開花植株有 133 個，直至 2003 年 10 月 18 日只剩 11 個樣株存活，但已無開花。

## 四、主要建議事項

- (一) 直至目前已標定之樣株只剩 11 個，且無開花情形。但於雪山東峰及哭坡仍有其他玉山箭竹繼續開花，建議應持續進行觀察、記錄。
- (二) 玉山箭竹廣泛地分布於國家公園境內，族群數量眾多，在不同的生育環境下皆可見其蹤影，為一重要之植物種類。建議可對玉山箭竹做進一步的生物學研究，建立玉山箭竹基礎資料，並提供雪霸國家公園保育之參考。

關鍵字：禾本科、玉山箭竹、開花物候、SEM、火燒



## 第一章 前言

### 第一節 研究緣起

玉山箭竹 (*Yushania niitakayamensis* (Hay.) Keng f.) 係屬禾本科 (Poaceae)、竹亞科 (Bambusoideae)、玉山箭竹屬 (*Yushania*)；主要分布於臺灣、中國雲南以及菲律賓呂宋島之高地。在臺灣廣泛分布於海拔約 1,100~3,600 m 之山區，常為林下及空曠地的優勢植群。然而在不同環境之生育地下，玉山箭竹的體型有極大的差異，於高海拔地區稜線及空曠處，玉山箭竹的植株較為矮小，高度約為 20~60 cm 之間；而位於森林下層的玉山箭竹，其體型高大，植株高度可達數公尺。由於玉山箭竹係以地下莖 (rhizomes) 繁殖，甚少開花，族群的演替大多以無性繁殖方式進行，因此有學者推測玉山箭竹各族群可能由單一或少數幾個營養系所組成。Hsiao & Lee (1999) 利用 RAPD (Random Amplified Polymorphism DNA) 的 DNA 指紋分析方式，探討玉山箭竹之族群遺傳結構，結果推測玉山箭竹於演化過程中曾有高頻率的有性繁殖，以適應廣泛的海拔高度和不同的生育環境；因此玉山箭竹在族群演替中仍有以開花結實的方式進行基因重組，產生變異，以適應不同的生態環境。

竹類的繁殖方式與一般開花植物 (flowering plant) 不同，主要係以地下莖繁殖拓展其範圍，較少利用有性繁殖之方式，一旦開花、結實後許多的竹類便會死亡，因此學者對於竹類的開花特性以及開花對於竹類本身的影響等問題都是較感興趣的。然而竹類的開花週期不一定，甚至於有些竹類迄今仍未開花，這些特性都使學者在研究竹類開花、分類學等問題時受到困難 (McClure, 1966)。王子定與陳明義 (1971) 兩位學者指出玉山箭竹自 1918 年至 1969 年之間有 2 次開花之記錄，但都只是零星分布；至今於臺灣各大標本館仍有採集到玉山箭竹開花之標本，顯示出玉山箭竹一直行有性繁殖，但較少被人注意、研究。

雪霸國家公園為高山型國家公園，主要以雪山山脈橫貫其中，境內有雪山、大霸尖山等著名之臺灣百岳，地理景觀、生態資源相當豐富，而玉山箭竹廣泛地分布於國家公園境內，族群數量眾多，在不同的生育環境下皆可見其蹤影，為一重要之植物種類。雪山東峰於 2001 年 2 月中旬，因遊客的疏失，致玉山箭竹及其他高山植物受到火燒之干擾。於該年 8 月調查發現，藉由地下橫走莖萌蘖生長的玉山箭竹，已有開花情形發生；開花的面積約 100~200 m<sup>2</sup> 不等，並均已結實。為瞭解玉山箭竹的開花物候和結實情形，以及開花後是否會與其他竹類一樣死亡或繼續生長，乃擬加以深入研究，做為玉山箭竹基礎資料之建立，並提供雪霸國家公園保育研究之參考。

## 第二節 前人研究

### 一、竹類形態分類之研究

在竹類的生活週期中，大部份是利用地下莖行無性繁殖，由於竹類的開花週期甚長，很多的竹種到現在可能還沒有開花記錄，因此竹類的分類學大多以營養器官(vegetative organs)之型態如地下莖類型、竹筍(shoot)、稈(culm)、枝條(branch)、葉片(leaf)等進行分類。竹類幾全部多為喬木狀木本植物，莖特稱為稈，多為木質化、中空而有節，節上所著生之小枝數量為重要分類之特徵；幼稈特稱為筍，周圍有許多保護性之苞片，稱為箨，可分為箨片、箨舌、箨耳、箨葉；葉由葉片、葉柄及葉鞘 3 部分所構成；葉片扁平具多數明顯之平行脈及明顯或不明顯之橫小脈，葉緣並生有刺狀毛；葉鞘頂端除連接葉柄外，並常具有葉耳及葉舌之構造，此均為分類主要特徵(劉業經等，1986)。竹類地下莖的分類依照林維治(1976)之分類法可分為：

(一)地下莖合軸叢生(pachymorph rhizomes)

地下莖短而肥厚，彎曲實心，節間極短，生有側芽及不定根，為地下莖頂端發育而成。竹稈係由地下莖側芽萌發，次年再由新稈之地下莖照樣發筍成稈，如此循環，遂成束叢狀。如：蓬萊竹屬(*Bambusa*)、麻竹屬(*Dendrocalamus*)。

(二)橫走莖側出單稈叢生(leptomorph rhizomes)

地下莖長而細，通常直徑較小於竹稈；節間長度差異不大，空心，亦有實心；節隆起，環節生有不定根；每節具側芽 1。側芽發育期間，可分為 2 期，一為春季萌發，直立於上者，稱為竹稈；另一為夏秋季萌發，匍匐於地下者，稱為地下莖。如：孟宗竹屬(*Phyllosatchys*)。

(三)橫走莖側出合稈叢生(metamorph I)

地下莖係自橫走出莖側出單稈散生變態而來。第一年先由地下莖側芽萌發成稈，形成散生狀態，次年再由稈之基部側芽發筍成稈，如：青籬竹屬(*Arundinaria*)、矢竹屬(*Pseudosasa*)、崗姬竹屬(*Shibataea*)。

(四)走出莖合稈叢生(metamorph II)

由地下莖合軸叢生變態而來。此類竹稈之基部側芽產生地下莖，具緊密細節，節上無側芽，全部為籜所包，因地下莖無側芽，通常由地下莖之頂芽，延伸到土面，發育成稈，形成單稈散生狀態，其後再由稈之基部上方側芽萌發成稈，遂成束叢狀；另有下方側芽萌發成地下莖，如：玉山箭竹屬(*Yushania*)、梨果竹屬(*Melocanna*)及奧克蘭屬(*Ochlandra*)。

以上 4 種地下莖類型的特性，構成竹類不同群落的外貌，大致分為叢生竹及散生竹兩大類。一般合軸叢生類型常與其他林木或灌木混生，如麻竹；地下莖橫走的類型則成塊狀的單一優勢竹種群落，如：玉山箭竹、包籜矢竹(*Arundinaria usawai*)等(柳楮，1986)。

林維治(1974)將竹類花序的著生形式分為二大類(圖 1)：

(一)頂生花序(inflorescences terminal)

通常著生於枝梢之上端，屬於此種花序者，只有青籬竹亞族(*Arundinarinae*)，包含青籬竹屬、矢竹屬、箬竹屬(*Sasa*)、玉山箭竹屬。

(二)側生花序(lateral inflorescence)

通常著生於枝節上，或腋生。屬於本花序者有孟宗竹族、蓬萊竹族、麻竹族及梨果竹族(*Melocanneae*)等 4 族。

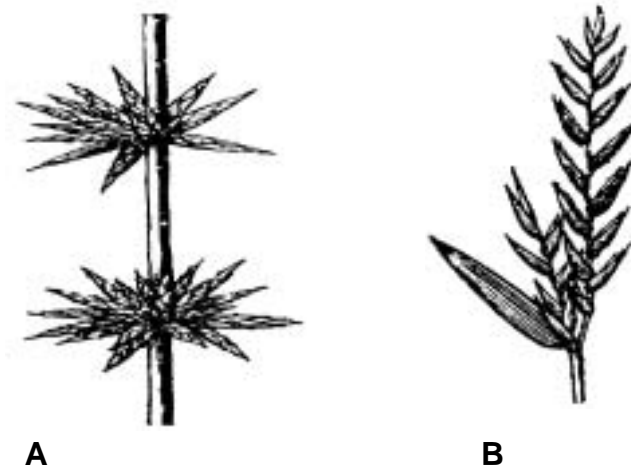


圖 1. 竹花排列形式；A. 側生花序；B. 頂生花序(林維治，1974)。

王仁禮(1970)針對 9 屬 23 種竹類之花粉進行花粉粒形態之研究；竹族之花粉粒，皆為球形，單口，具口蓋，外膜雕紋小網狀( $<3\mu$ )為其特徵；其中玉山箭竹花粉型態為：球形或球狀長球形，粒徑  $32-40\mu$ ；單口。口蓋徑  $4-5\mu$ ，中心部有一點紋；上層外膜為小網狀紋，網內腔徑  $<1\mu$ 。

## 二、竹類開花結實特性之研究

竹類的生活史與其他植物最大不同點在於其生殖特性，大部分的竹類一生只開花一次，開花後即死亡；有些種類則不會枯死，但距離下次開花的時間卻無法預定，甚至達百年之久(McClure, 1966; Janzen, 1976)。Janzen(1976)蒐集各類有關竹類開花記錄之文獻，詳加整理，大約定出部分竹類之開花週期。在亞洲、非洲及美洲等地的竹類，有些族群會同步大量的開花(mass flowering)，結實後全部死亡，而死亡後的更新機制則是利用種子的萌發(Makita, 1992; Makita *et al.*, 1993)。由於大量下種的關係，會引起嚙齒類動物取食頻度的增加，等到嚙齒類動物已飽食不再取食時，剩下的種實便會發芽長成種子苗，這種關係稱之為「捕食者飽食效應」(predator satiation)(Janzen, 1976)。陽明山國家公園區內的包籜矢竹於 1999 年小規模的開花，隨後即呈斑塊狀枯死，2000 年持續開花，且大量枯死，但與前一年相反，僅少部分存活，呈斑塊狀的現象，於樣區內發現有種子苗產生。韓中梅與黃生(2000)為瞭解包籜矢竹之族群生態及遺傳變異情形，對於開花前的成體與種子苗進行遺傳變異之研究，認為包籜矢竹集體開花使得族群之遺傳物質有交流重組的機會。

杜凡等人(2000)針對雲南地區 23 屬、61 種的竹子開花現象進行為期 15 年的研究，指出竹子的開花結實現象可以分為全體成片開花、零星開花；開花至死、開花不死、開花至死與不死並存；開花後結實、開花後不結實等類型，並發現竹子的開花、結實類型與竹種是否為野生種或栽培種密切相關。在 1960~1980 年代，臺灣相關單位積極推動並輔導竹林經營，然而竹類開花之後隨即枯死，造成竹農收穫損失，因此許多學者開始進行相關研究；高清(1972)研究麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)開花之生理，推論麻竹開花與體內激勃素含量無關，開花後死亡為植物老化之故；亦有學者欲利用竹類的種子培育實生苗，加以造林，如呂錦明(1985)針對麻竹種子進行發芽試驗，自種子形態、大小，發芽處理以至種子苗培育的過程，隨時觀察並記錄其變化；陳明義(1986)介紹幾種竹類之開花與結實特性，並論及麻竹種子苗造林之可行性，以供竹類育林之參考。

### 三、玉山箭竹之形態描述

走出莖合稈叢生，稈高 1-4 m，徑 0.5-2.0 cm，節間長 10-30 cm，表面粗糙；節隆起顯著；枝多數叢生，梢部下垂。稈箨革質，粗糙，灰棕色，密佈黃色細毛，邊緣密生軟毛；箨耳細小，上端叢生棕色短剛毛；箨舌截狀；箨葉闊線形，先端尖銳，全緣。葉一簇 3~10，狹披針形，長 4-18 cm，寬 0.5-1.3 cm，先端尖銳，基部楔形，側脈 3~4，細脈 7~9，格子狀；葉緣一邊密生刺狀毛，另一邊疏生；葉柄短，長 0.1-0.2 cm；葉耳不顯著，上端叢生剛毛；葉舌圓頭或截形；葉鞘長 2.5-5.0 cm，邊緣微毛。小穗長 2-4 cm，含有小花 2~7；護穎 2，長 4.0-5.5 cm，縱脈 3~7；外稈尖卵狀披針形，長 8-12 mm，縱脈 7~9；內稈長 8-9 mm，龍骨線縱脈 2，兩側各 2，龍骨線上密生細毛；子房瓶狀，長 2.5-4.5 mm，徑 1 mm，不具維管束；花柱 2，短；柱頭 2，罕有 3，羽狀毛；雄蕊 3；花絲細長；藥闊線形，長 8 mm；鱗被 3，倒卵形，長 1.2-1.8 mm，上端有毛(林維治，1976)(圖 2)。



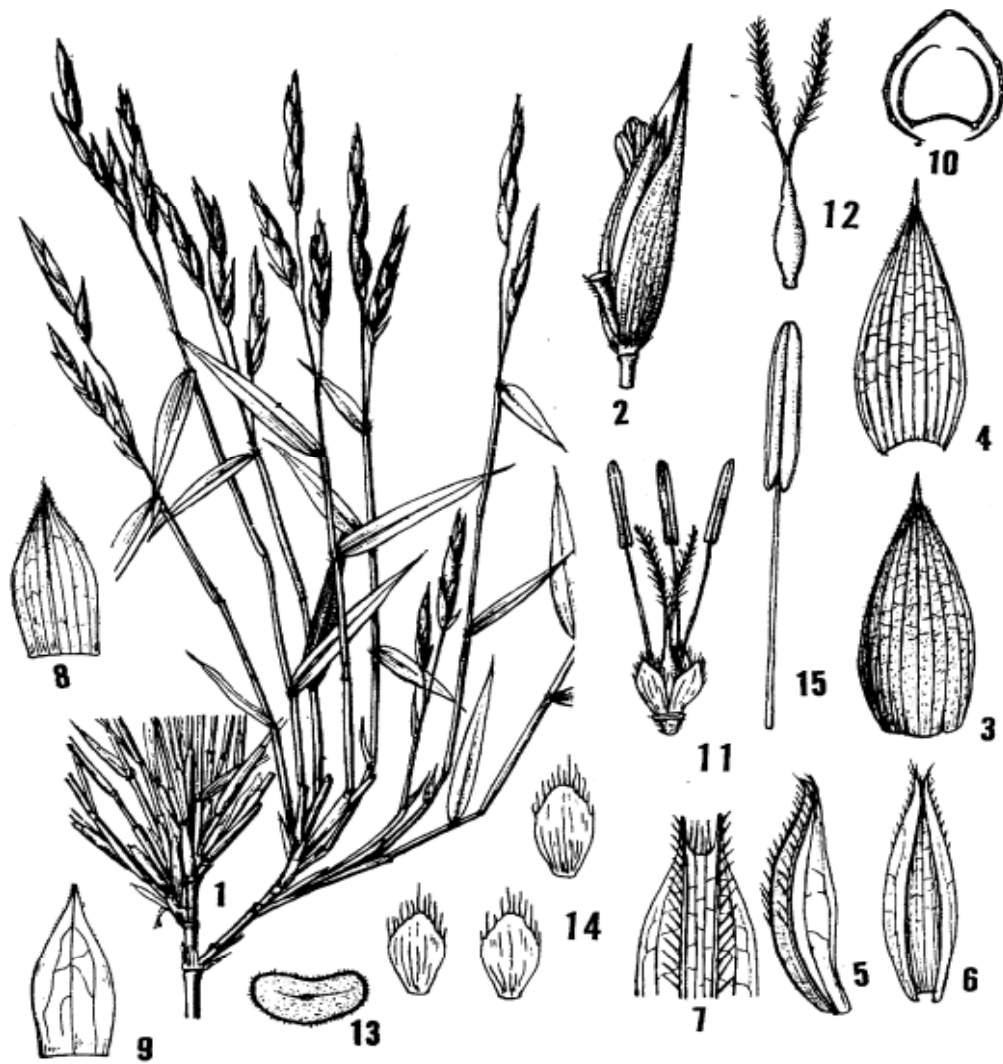


圖 2. 玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*(Hay.) Keng f.)  
竹花之構造(林維治, 1974)。

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| 1.花枝             | 8. 9.護穎         |
| 2.小花             | 10.外穎及內穎之橫切面，放大 |
| 3.外穎背面           | 11.雌蕊，雄蕊，鱗片，放大  |
| 4.外穎裡面           | 12.雌蕊           |
| 5.內穎側面，圖示龍骨上密生細毛 | 13.子房橫切面，放大     |
| 6.內穎內面，圖示兩旁擁抱情形  | 14.鱗片           |
| 7.內穎上部背面         | 15.雄蕊           |

#### 四、玉山箭竹之生態學研究

有關玉山箭竹方面的文獻，主要著重於生態上之探討，如柳楨(1963)研究小雪山高山草原生態時指出，小雪山的高山草原係由原始森林遭到火燒後所形成的，更因週期性火災的影響，使其演替停頓於現狀而成為火燒之前的極群社會。劉業經等人(1984)探討高山箭竹草生地之植物演進與競爭機制及臺灣冷杉入侵草生地之速率，認為臺灣高山箭竹草生地過渡群叢，如果長期不受干擾，將逐漸演替成臺灣冷杉單叢，而達到極盛相。另外劉業經等人(1984)針對玉山箭竹的毒他作用(allelopathy)進行野外試驗，發現玉山箭竹植物毒素之形成在其綠色枝葉時期，至成為枯枝落葉時毒性已大大減弱，但此結果並非能確定出玉山箭竹係因自身的毒他作用，影響至其他伴生植物之種類及數量，唯有做進一步之試驗才能確定。亦有學者利用生化分類之方法，探討玉山箭竹於植物分類及生態上的地位，如 Hsiao & Rieseberg(1994)利用 RAPD 方法研究玉山箭竹的遺傳變異，以 50 m 線截法取樣，每隔 1 m 採集一單株，實驗結果可將玉山箭竹區分為 31 個營養系，其中分布距離最遠的營養系可達 10 m 之遠，此研究結果可以作為取樣上之依據；Hsiao *et al.*(1996)利用同功酵素研究合歡山地區玉山箭竹的遺傳變異，於省道台 14 線 35 k 至 36 k、克難關及鳶峰三個地點，在每個地點採集草原及林下兩種不同生育環境的玉山箭竹，經由歸群分析，草原生育環境之族群歸為一群，林下生育環境之族群可歸為另一群。除此之外，有關生理方面之研究，如郭寶章與張明洵(1984)探討玉山箭竹於不同季節中之養分變化，並指出使用克林草(殺草劑)來控制玉山箭竹的適當時機。

#### 五、物候學之研究

物候學(phenology)在探討植物開花現象與外在環境因子之週期性變化的關係，尤其是氣候因子的季節性變化(劉崇瑞、蘇鴻傑，1983；曾麗蓉，1999)，常見應用於農作物的栽培方面，如花卉、果樹等；植物的發芽、開花、結果、落葉之變化，與動物覓食、繁殖、遷移也息息相關。另外在林業上亦有利用價值，可建立林木生長習性之基本資料，以預測林木的豐、欠年，種實成熟之判斷，以及育林工作之育苗、引種、移植、造林等，且提供解說

教育、經營管理的基礎(林國銓, 1997)。呂理昌(1990)於玉山國家公園內塔塔加至玉山主峰, 分別記錄 62 科, 194 屬, 328 種植物分布地點、海拔高、及其生活型、落葉性、常見度、花色、果色、抽芽色等, 物候週期則記錄初芽、抽芽、展葉; 花苞、盛花、殘花; 結果、果熟; 黃葉、紅葉、枯落葉等週期性的變化; Ramanyake & Yakandawala(1998)針對巨竹(*Dendrocalamus giganteus*)的開花物候及死亡情形進行研究; 楊金昌等人(1998)於塔塔加地區進行臺灣雲杉(*Picea morrisonicola*)、鐵杉(*Tsuga chinensis*)及玉山箭竹之初步性物候學研究, 報告中指出玉山箭竹於 1997 年 9 月至 1998 年 4 月間新葉長出較為零星, 1998 年 4 月樣株中有一叢開花, 並可觀察到種子發育, 1998 年 6 月為冒筍盛期。Benton & Weatherhead (1995) 在 1993~1995 發現香港地區有 3 種刺竹有開花現象, 因此分別對於不同地區的刺竹記錄其開花物候, 另外對於其授粉生物學(pollination biology), 如小花打開次數、花藥開裂時間、花粉發芽力等進行試驗。

## 六、火燒之影響

Brandi(1899)指出, 在印度 1859 年 3~5 月一場森林火燒將薊竹屬(*Bambusa polymorpha*)燒光, 1861 年的一場大雨後, 其生育地上長出許多的實生苗; Keeley and Bond(1999)認為竹類開花與火燒週期有關係, 因此提出「竹類火燒週期之假說」(The Bamboo Fire Cycle Hypothesis); 由於大部分竹類開花後即死亡, 這些死亡的植株便成為火燒燃料的來源; 當自然或人為的引火時, 地表的植株及枯枝落葉會燃燒殆盡, 未受損的地下莖在適當的時機萌蘖, 進行天然更新作用。Benton & Weatherhead (1995)在香港研究 3 種刺竹開花物候時, 發現到部分的刺竹於 1994 年 8 月受到火燒之後, 於翌年 3 月長出新的枝條進而開花, 然而這兩位學者並未對於火燒的影響加以討論。陳明義及施纓煜(1999)在雪霸國家公園內三六九山莊上方之白木林, 找尋留有火燒疤痕之存活林木, 截取其樹幹橫切面, 觀察其年輪, 推斷火燒發生年代; 結果顯示發現約在 1903~1904 年間以及 1957~1958 年間曾發生林火; 另於哭坡採取之橫切面, 亦發現於 1963~1964 年間此處有火燒之情形。

### 第三節 研究區概況

#### 一、地理位置及地質

本研究區位於雪山東峰，依 TM2 度分帶座標系統，橫座標為 276753，縱座標為 2698379。行政區劃屬於臺中縣和平鄉，林政區則屬於林務局東勢林區管理處所轄之大甲溪事業區第 26、27、30 林班交界，海拔高度 3,201 m，現為雪霸國家公園武陵地區之生態保護區。雪山山脈以雪山主峰為中心，向四面分成多條稜脈，雪山東峰位於雪山山脈之東稜，為目前攀登雪山主峰之主要路線。本研究區位於雪山東峰之北面坡，為前往 369 山莊步道之兩側，通過停機坪後之草坡亦有一開花區域，整個開花面積約 1.5 ha。

研究區內之地質屬於中央山脈地質區之西部亞區中的雪山山脈帶，由第三紀的亞變質岩所組成，地質帶中以深灰色的硬頁岩和板岩為主(何春蓀，1986)。雪山高山地區的土壤，可分為二種(應紹舜，1976)：

1. 森林界線以上之地區，大多為粘板岩風化而成的岩海地區，土壤淺薄，可謂多由岩礫組成。
2. 森林地區及高山草原區，土壤多以壤土、腐植土為主，其中壤土佔 34.7%，腐植土佔 24.1%，砂壤土 16.2%，石礫土 14.1%，粘壤土 10.9%；且其結合度、深度、含水量均適當，但地形陡處，表土層淺落，多構成瘠土。

#### 二、氣候

雪山東峰及其附近並無氣象觀測站，氣象資料只能由位於附近且類似相關地區之氣象資料來推估。據陳正祥(1957)對臺灣氣候分類，研究區屬於寒帶重溼氣候(AC')，溫度低而溼度高，冬季霧有雪。此類型氣候又可分為二型，分別為：

1. AC'<sub>2</sub>ra'：涼而多溼，全年不缺水，分布海拔 2,000 m 以上。
2. AC'<sub>1</sub>ra'：冷而多溼，僅止於玉山等最高山峰及其附近，亦即海拔 3,000 m 以上者，冬寒，有積雪。

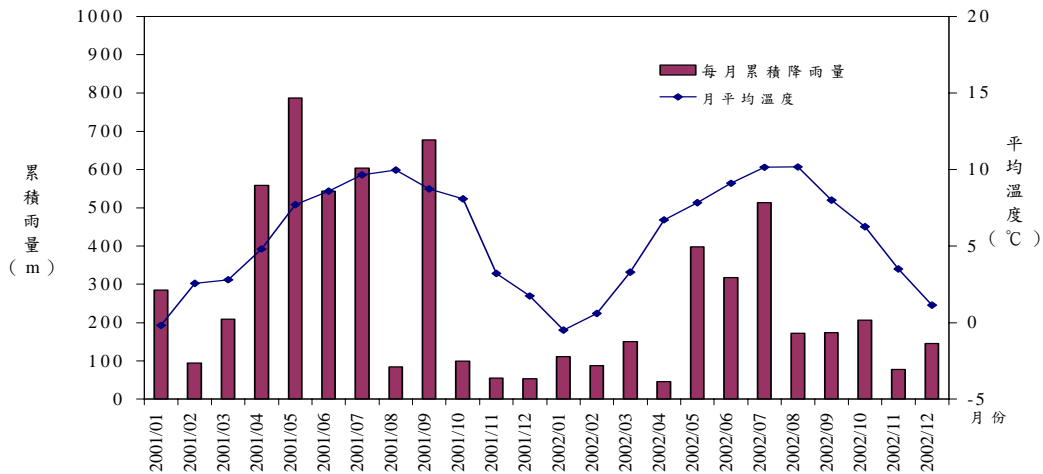


圖 3. 合歡山地區 2001 年至 2002 年每月平均溫度及累積降雨量  
(資料來源：中央氣象局)。

### 三、植群社會

從武陵農場之登山口起，經七卡山莊、哭坡至雪山東峰，其水平距離為 5,000 m，爬升高度約為 1,000 m，由於海拔與氣溫之變化，形成各種不同的植物社會。登山口至七卡山莊(2,460 m)為櫟林帶之上層，林冠層主要為狹葉高山櫟(*Cyclobalanopsis stenophylloides*)、三斗石櫟(*Pasania hancei*)、高山新木薑子(*Neolitsea acuminatissima*)、臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、臺灣赤楊(*Alnus formosana*)等樹種為主之林相。自七卡山莊至雪山東峰(3,201 m)沿線植相即為鐵杉、雲杉林帶，林冠層有鐵杉、臺灣雲杉及臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、巒大花楸(*Sorbus randaiensis*)，沿線草生地主要為玉山箭竹、高山芒植群(呂金誠，1999)。此次遭到火燒的植物，主要為玉山箭竹及其他高山草本植物。於雪山東峰與玉山箭竹主要伴生植物有高山芒(*Miscanthus transmorrisonensis* Hay.)、臺灣粉條兒菜(*Aletris formosana* (Hay.) Sasaki)、臺灣藜蘆(*Veratrum formosanum* Loesen f.)、臺灣地楊梅(*Luzula taiwaniana* Satake)等高山植物。

## 第二章 材料與方法

### 第一節 資料蒐集與整理

首先蒐集玉山箭竹有關之基本資料，包括形態、解剖、分類方式、生長情形、物候、遺傳變異等，以初步瞭解玉山箭竹之概況；另外對於前人的研究文獻亦加以蒐集、整理。

### 第二節 野外物候觀測

#### 一、調查時間及樣株標定

自 2001 年 8 月起，分別針對 4 個開花區內隨機選取 50 個樣株進行標定，共 200 個樣株，遇開花時期每二星期調查一次，非開花期則每月份調查一次，記錄其開花情形及植株之生長狀況，調查時間從 2001 年 8 月至 2003 年 10 月止。

#### 二、各時期特徵之判斷

將玉山箭竹的物候現象區分為 6 個時期，並以樣株半數或半數以上達各時期，則定玉山箭竹為此時期物候現象。6 個物候期之定義如下：

1. 抽芽期：新芽苞抽出至芽全部開放的期間。
2. 展葉期：芽苞中皺褶幼葉出現至葉片完全展開。
3. 開花期：當花芽抽出，形成穗狀花序且由綠色轉為紫紅色，小花打開，花藥外露，至花藥萎縮，花序變為枯黃色為止。
4. 果熟期：花藥已萎縮，此時花序內漸漸充漿呈現胚乳狀，直至果實成熟掉落時。
5. 枯黃期：植株之地上部呈現枯黃之狀態。
6. 發筍期：地下莖之芽苞膨大露出地面，直至展第一個葉片為止。

### 第三節 土壤性質分析

為瞭解雪山東峰在火燒後之土壤性質，於樣區中隨機選擇 10 個樣點，採取土樣，帶回進行有機質含量、全氮含量、有效磷含量、土壤 pH 質等各項分析，以提供雪山東峰環境因子之資料，實驗方法如下：

#### 一、有機質含量

採用濕消化法(Walkley-Black procedure)，利用  $K_2Cr_2O_7$  及  $H_2SO_4$  之混合液將有機質氧化，為耗用掉的  $K_2Cr_2O_7$  以  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  滴定，據以計算有機碳含量。研磨 5 g 的 2 mm 土樣，使之通過 35 mesh 篩網。稱取土樣 0.50 g 置於 500 ml 角錐瓶內，加入 10 ml 1N  $K_2Cr_2O_7$  輕輕搖晃。將角堆瓶置於抽氣櫃內，加入 20 ml 濃硫酸，立即置於  $150^\circ C$  沙盤中加熱 10 分鐘。冷卻後加入 150 ml 水及 85%  $H_3PO_4$  10 ml，再加入 5~6 滴指示劑(Ferrouin)。在電磁攪拌器上以 0.2 N  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$  滴定之，初時顏色為暗褐色，然後轉成淺綠色，當顏色轉為紅褐色即為滴定終點。

#### 二、全氮含量

採用 Kjeldahl method 方法，利用消化蒸餾作用最後滴定，以滴定量做為含氮量之依據計算出土壤之含氮量。取 0.5g 之土壤，置於消化管中，加入 1.1 g 催化劑，然後加入 10 ml conc.  $H_2SO_4$ ，把消化管放入分解爐中，在 1 小時內將溫度升至  $375^\circ C$ ，於此溫度消化約 2 小時，至溶液呈澄清或灰白色。關閉分解爐電源，取出消化管，冷卻至室溫後，用洗瓶將樣本洗入 100 ml 定積瓶中，定積至 100 ml。自定積瓶中取出 50 ml 樣本至凱氏氮蒸餾裝置內，由上方加入過量的 40% NaOH，並取 20 ml 接收液放到冷凝接收管下。開始進行蒸餾。以 0.05 N  $H_2SO_4$  滴定接收瓶內，溶液顏色由綠色到紫紅色，紀錄滴定量。同樣步驟進行空白試驗。

計算式：含氮量(mg)=(樣本－空白滴定量)(ml)  $\times$  0.05N  $\times$  14

含氮比例(%)=(含氮量/土樣重) $\times$ 100%

### 三、有效磷分析

以 molybdenum blue 法測定之。取 1 g 土壤置於 50 ml 角堆瓶中，加入 7 ml 抽出液(0.025 N HCl 15 ml+0.03 N NH<sub>4</sub>F 25 ml+H<sub>2</sub>O 定積至 500 ml)。搖盪 1 min 後，以 Whatman NO.42 濾紙過濾。取 2 ml 樣液加入 5 ml H<sub>2</sub>O 及 2ml 鉬酸鉍液(15 g (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O+350 ml 10N HCl 冷卻後滴定至 1L) 混合均勻，再加入 1 ml 氯化亞錫稀釋液(10 g SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O+25 ml conc. HCl 取 1 ml+333 ml H<sub>2</sub>O)，再混合均勻後，於 5~20 min 內，以分光光度計於波長 660 nm 下測定吸光值。利用標準曲線得出樣液之磷濃度(ppm)。

計算式：土壤有效磷含量=樣液之磷濃度(ppm) ×35/乾土重

### 四、土壤 pH 值

將土樣風乾並過 2 mm 篩網，以土樣：去離子水=1：5 之比例混合，充分搖盪，靜置 1 hr，以 pH meter 測定。

## 第四節 玉山箭竹花器之觀察

利用掃描式電子顯微鏡(scanning electronic microscope, SEM)觀察玉山箭竹各花器發育之情形。掃描式電子顯微鏡的試樣必須是不含任何水分，因此需將試樣進行固定、脫水、乾燥等處理。進行觀察時，利用高電壓將電子束打在試樣表面，一般除了金屬材質之樣本，其餘非導電的生物試樣必須鍍膜以利導電。由接收器接收由樣本表面散發出來的電子，呈現影像，選擇欲觀察之位置，進行拍照。SEM 觀察樣品之製作方法如下：

1. 固定(fixation)：玉山箭竹之小花於現場採集後，置於盛有 F. A. A. 溶液之樣本瓶中固定。F. A. A. 之成份：95% 酒精：水：福馬林：冰醋酸=45：45：5：5。



- 2.酒精序列脫水(dehydration)：將樣本置於 50%、60%、70%、80%、90%、95%、100%之酒精濃度中，每一濃度需浸泡 10 分鐘，重複 3 次。
- 3.乾燥(drying)：利用臨界點乾燥法(Critical Point Drying, C.P.D)將樣本放入臨界點乾燥儀進行乾燥；機器型號：Ladd Model 28000。
- 4.上檯(mounting)：將已乾燥之樣本於立體顯微鏡下解剖，取出欲觀察之部位，利用雙面膠將標本黏於載檯上，須注意標本黏著之角度及樣本間之位置。
- 5.鍍膜(coating)：於試樣表面鍍上金屬薄膜。本研究所採用的機器型號：JBS-SUPPLIES，鍍膜時的電壓，2.4 kV；電流，20 mA；鍍膜時間，30 sec；鍍膜的金屬材質為 Au。
- 6.上機觀察及拍照：本研究使用之掃描式電子顯微鏡機器型號為 TOPCON ABT-150S，電子束之電壓為 15 kV，於螢光幕前觀察、拍照。使用之底片為 Polaroid 667。

## 第三章 結果

### 第一節 玉山箭竹開花習性

玉山箭竹花序為頂生花序，初生花序顏色為鮮綠色，成熟時則變為紫紅色。小穗長 2-4 cm，單一小穗具小花 2-7 個。2 個白色羽毛狀之柱頭；具有 3 個鱗背，位於子房之周圍，倒卵形，長 1.2-1.8 mm，上端有毛；3 枚黃色花藥，縱裂，花粉粒黃色，球形，單口；花絲細長。開花時，小花打開、露出柱頭，花藥則懸垂於小花之外，開花期為 3 個月。結實之後，果序隨漸漸乾枯，此時植株葉片亦枯黃。2002 年發現部分的玉山箭竹從已開花之部位繼續長出花芽，但花序在未完全抽出之前即已開花，隨即乾枯。果實為穎果，一小花可結一果實，平均百粒重約 0.7422 g。開花、結實情形以 2001 年最好，且逐年下降。另外在 2003 年發現有假小穗(pseudospikelets)的構造，其內部不具有雄蕊及雌蕊等生殖器官，但小穗形狀如同真正花序。

### 第二節 野外物候觀察

玉山箭竹於 2001 年 2 月受到火燒之後，地上部皆燒毀，但地下莖並未受到影響，因此玉山箭竹從已燒過之部位抽出新的竹稈(圖 5)。玉山箭竹於 2001 年 8 月至 11 月大量開花，於同時期展葉；10 月上旬進入果熟期；11 月中旬時植株之葉片漸由先端枯黃；12 月中旬，大部分的葉片已枯黃，但花序部位仍為紫紅色；直至 2002 年 3 月中旬，葉片乾枯宿存或掉落於土壤，偶有零星新葉長出，可發現部分之果穗掉落於土壤中。

2002 年 5 月上旬樣株持續開花，初生之花序顏色為綠色，待花序抽出之後轉為紫紅色。此時亦為抽芽期及開始展葉，於 2002 年 5 月 26 日調查發現，樣株之開花稈有逐漸乾枯之情形，而持續開花之樣株也逐漸減少，有 177 個樣株存活，存活率約 88.5%，在這 177 個樣株中持續開花者約 75.14%(圖 4)。6 月為發筍期；10 月為果熟期，11 月葉片開始大量枯黃，直至 2003 年 3 月為枯葉期，葉片及花序均為枯黃色，只能由竹稈之顏色判定開花稈存活與否。2003 年 4 月為非開花稈之抽芽期、發筍期，少數開花稈仍有抽芽。

直至 2003 年 10 月 18 日為止，只剩 11 個樣株存活，而且已無開花及結實情形(附錄三)。

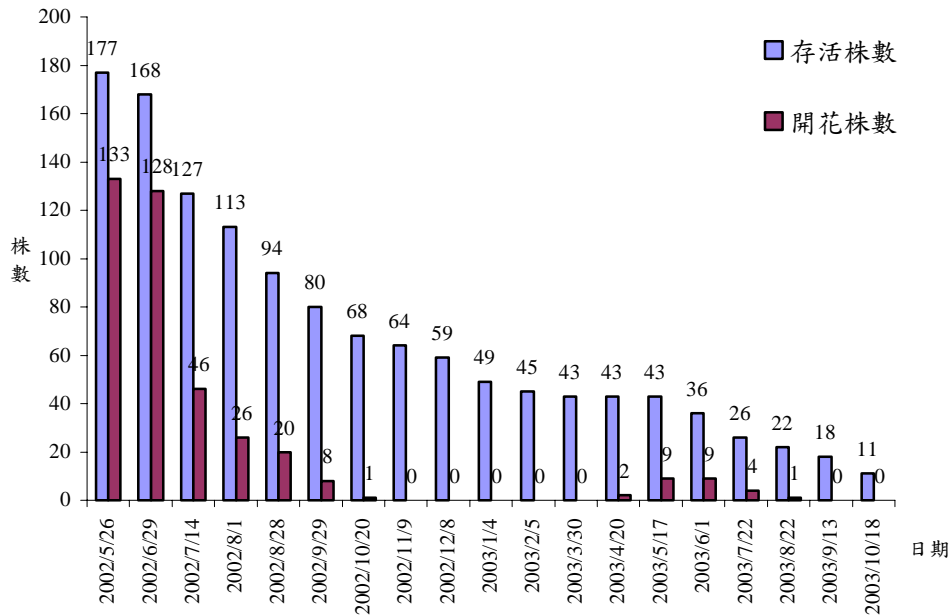


圖 4. 200 個樣株存活暨開花記錄 (2002/5/26~2003/10/18)。

已乾枯之開花稈，乾枯情形有 2 種方式。一為，單一開花稈花序掉光，無任何葉片殘存，竹稈變為灰白色，附近之竹稈則繼續抽芽及展葉。另一為整叢及附近之竹稈皆乾枯花序及葉片均掉光，竹稈亦變為灰白色。自 2001 年 8 月至 2003 年 10 月雪山東峰玉山箭竹物候調查結果如表 1 所示。

在調查過程中發現，哭坡沿線的玉山箭竹於 2002 年 5 月零星開花，且花期較雪山東峰短，7 月進入果期，部分植株於 9 月即乾枯。9 月中旬至 2003 年 3 月為枯葉期，4 月發筍及抽新芽，5 月展葉。



圖 5. 玉山箭竹萌蘖後開花植株：1.花序；2.葉片；  
3.受火燒之竹稈；4.地下莖。

表 1. 雪山東峰玉山箭竹之物候觀察(2001~2003)

年 月	2001					2002												2003										
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
發 筍											■											■	■					
抽 芽									■	■	■	■										■	■	■	■			
展 葉	■	■	■							■	■	■	■	■									■	■	■	■	■	■
開 花	■	■	■	■						■	■	■	■	■	■								■	■	■	■	■	
果 熟			■	■	■										■	■												
枯 葉					■	■	■	■								■	■	■	■	■								

(一)葉候調查結果

玉山箭竹於 2001 年 8 月至 11 月中旬為展葉期，此時可見枯葉宿存於竹稈上；11 月中旬葉片先端開始變黃，同一竹稈中並非全部變色，從植株頂部的葉片開始枯黃；有零星展葉於竹稈上，12 月植株上之葉片幾乎全部枯黃，掉落或宿存於竹稈上，在此期間亦有零星植株抽芽展葉。2002 年 4 月開始抽芽、5 月展葉，但展葉並不同步，因此可以在一植株上觀察到新鮮葉片、正在枯黃葉片及已完全枯黃之葉片。6 月至 10 月中旬為展葉期，部分之開花稈於此時開始乾枯。11 月至翌年 3 月為枯葉期。4 月抽芽及發筍，5 月展葉。

(二)花候調查結果

2001 年 8 月玉山箭竹大量開花，成熟之花序為紫紅色，開花時小花會打開，露出黃色花藥及羽毛狀的白色柱頭，進行授粉，10 月為最多花藥外

露的時候，顯示在此階段小花最易授粉(圖 6、圖 7)。10 月初已授粉的小花漸漸充漿、結實；小穗中下方的小花顏色開始變為枯黃色，直至整個小穗完全變色。2002 年 5 月初玉山箭竹繼續抽出花序，亦為最多花藥外露的時候。部分花序是從去年開花的竹稈繼續開花，因此可以在一開花竹稈上同時觀察到宿存的果穗及新抽出的花序。在開花期發現，部分的玉山箭竹花序在還未完全抽出前，小花即已稍稍打開，露出花藥，直至 8 月中旬花序仍未完全抽出，即已變為枯黃色。11 月中旬，仍有少數植株開花。2003 年 4 月為非開花稈之抽芽期、發筍期，少數開花稈仍有抽芽。2003 年 10 月 18 日為止，開花稈存活者有 11 稈，此時已不見樣株有開花之情形(圖 4)。

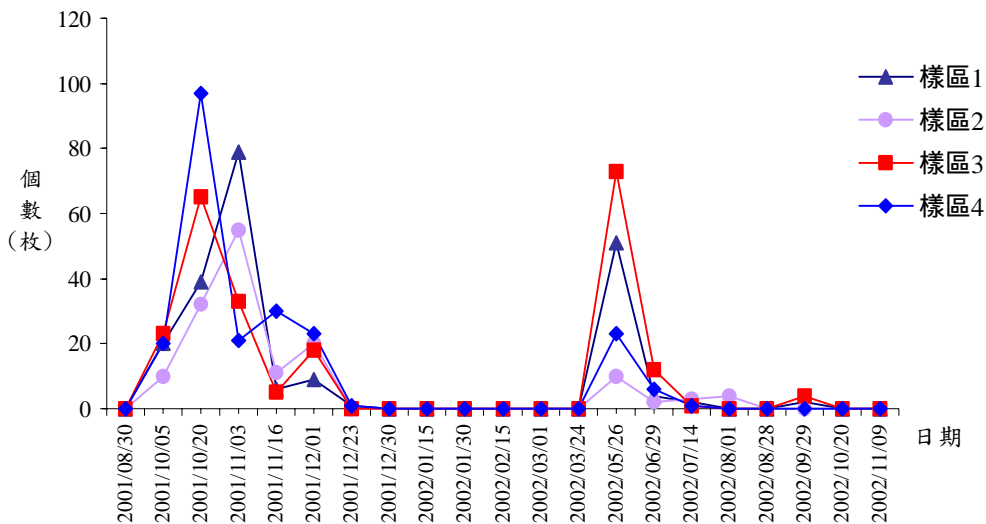


圖 6. 各樣區花藥外露變化量

### (三)果候調查結果

玉山箭竹果實為穎果(caryopsis)，一果穗中通常在下方的的小花最先結實。2001 年 10 月初開始充漿，11 月初已結實的果穗膨大，可用手指摸出。結實量以 2001 年 11 月 16 日最多，共有 663 粒穎果成熟(圖 7、圖 8)。當穎果成熟，果穗開始漸漸掉落，開花稈最後剩下外穎(lower glume)及內穎(upper glume)等苞片構造。

2002 年的結實情形，於 8 月開始結實，結實量約 150 粒較 2001 年差。原因的可能是，該年花序在還沒完全抽出之前即已將花藥外露，8 月中旬花序即變為枯黃色，因此許多的小花的授粉時間較短，結實情形亦差。2003 年樣株在開花之後，皆隨即乾枯，不見有結實情形(表 2)。將 2001 年所採集到的種子，取 100 粒量測其長寬，平均長度為 0.55 cm，平均寬度 0.14 cm，百粒重為 0.7422 g (表 3)。另將種子分別進行野外播種及室內生長箱之發芽試驗，惜未見有種子發芽的情形。此外於樣區內，至今仍未見到種子苗產生。

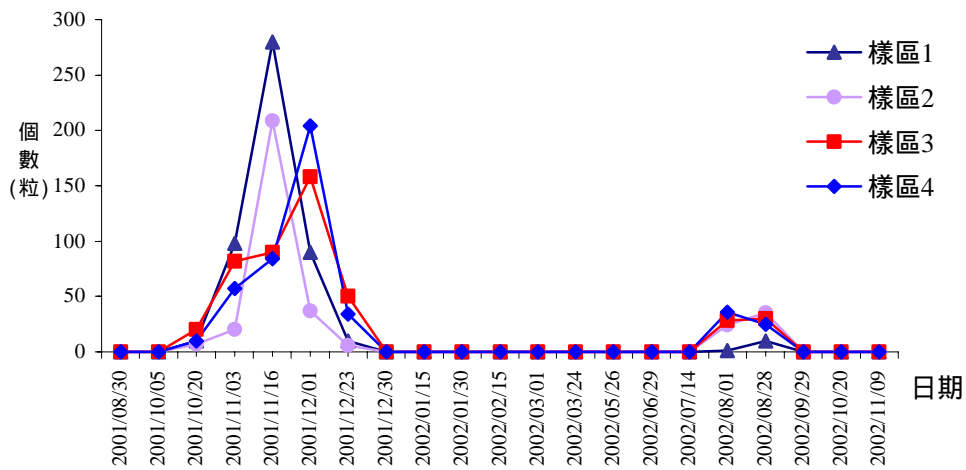


圖 7. 各樣區結實變化量

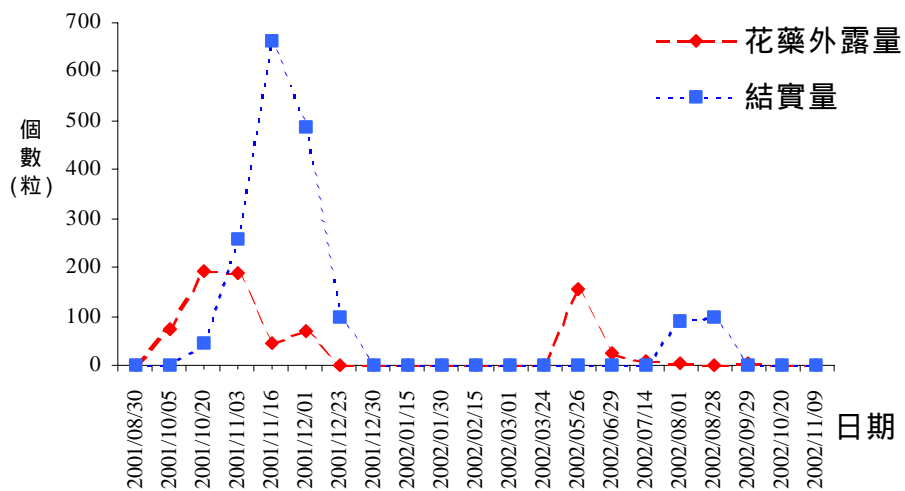


圖 8. 200 個樣株花藥外露及結實變化量

表 2. 樣株基本資料及結實率

	平均高度 (cm)	平均稈徑 (mm)	平均葉長 (mm)	平均葉寬 (mm)	2001 年 結實率(%)	2002 年 結實率(%)	2003 年 結實率(%)
樣區 1	25.09	1.26	34.75	5.90	53.73	10	0
樣區 2	21.03	1.09	30.96	5.56	12.09	2.85	0
樣區 3	27.42	1.53	32.82	5.73	48.9	3.33	0
樣區 4	28.41	1.75	33.47	5.09	30.67	4.00	0
全區平均	25.48	1.41	33.00	5.57	36.00	5.05	0

表 3. 玉山箭竹穎果長度、寬度、百粒重 (百粒平均)

	平均值	最大值	最小值
長度 (cm)	0.55	0.66	0.43
寬度 (cm)	0.14	0.18	0.08
百粒重 (g)	0.7422	0.7471	0.7413



## 二、SEM 觀察小花形態

### (一)雌蕊形態

採集 2003 年 4 月 20 日、5 月 17 日、6 月 1 日玉山箭竹之小花，觀察雌蕊發育之情形。4 月 20 日雌蕊尚未分化出柱頭(圖 9-A)；5 月 17 日柱頭出現 2 盆(圖 9-B)；6 月 1 日柱頭 2 盆，羽毛狀(圖 9-C、9-D)。

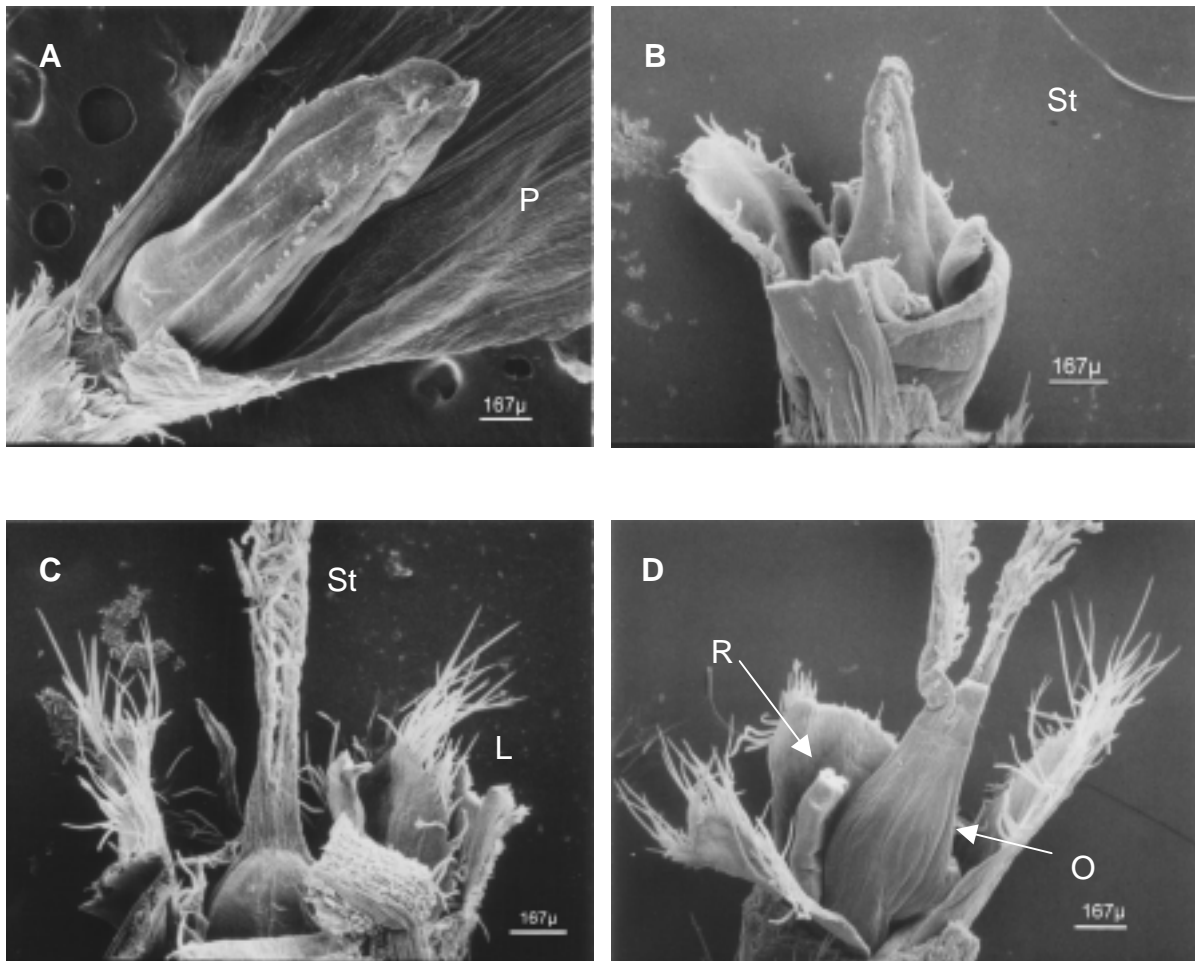


圖 9. 雌蕊形態

A：2003 年 4 月 20 日採集，60x；B：2003 年 5 月 17 日採集，60x；C、D：2003 年 6 月 1 日採集，60x；O：子房；P：內稃；St：柱頭；L：鱗被；R：小花軸。

玉山箭竹每一小花有 3 個鱗被(lodicule)位於子房之周圍，倒卵形，長 1.2-1.8 mm，上端有毛。圖 10 為鱗被形態。

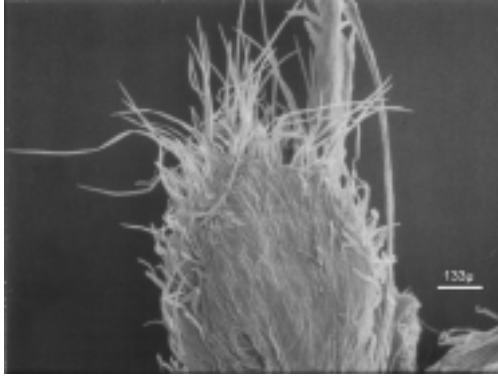


圖 10. 鱗被形態，75x。

## (二)雄蕊形態

花藥闊線形，黃色，花室 2，花藥表面網格狀(圖 11)。

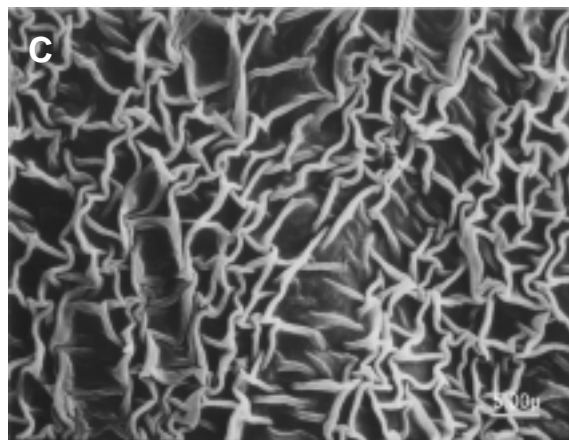
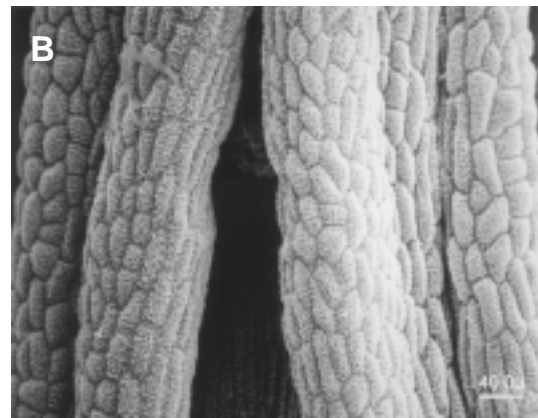
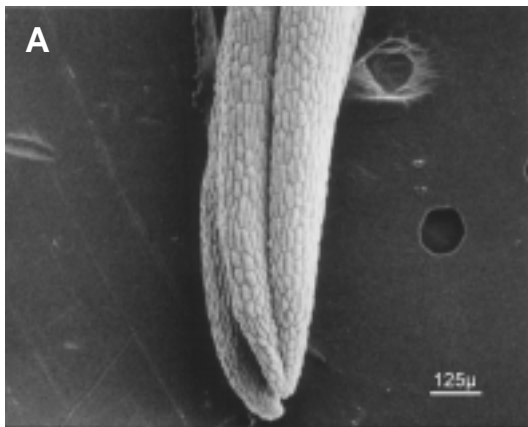


圖 11. 花藥形態。A：80x；B：250x；C：2,000x。

花藥成熟時，會縱向開裂，利用風媒將花粉散播，由圖 12 可知花藥縱裂情形及花粉著生於花藥內之方式。花粉粒圓球型，具一發芽孔(圖 13)。

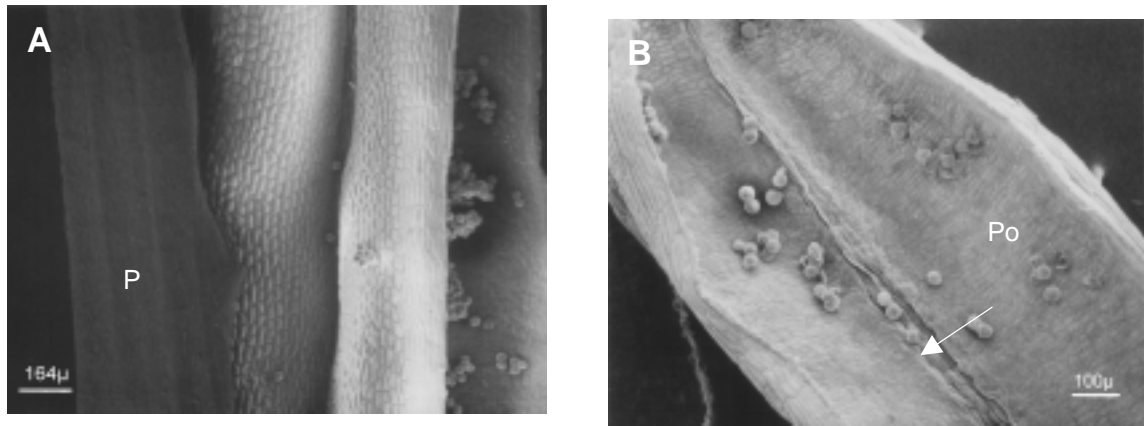


圖 12. 花藥縱裂，A：60x；B：100x，P：內稃；Po：花粉粒。

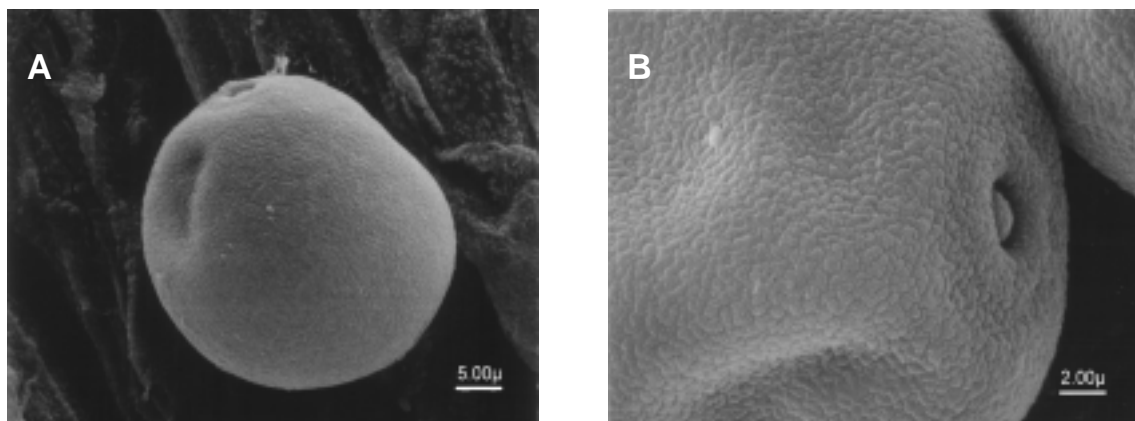


圖 13. 花粉粒，A：2,000x，B：5,000x。

## 第四章 建議

- 一、直至目前已標定之樣株只剩 11 個，且無開花情形。但於雪山東峰及哭坡仍有其他玉山箭竹繼續開花，建議應持續進行觀察、記錄。
- 二、玉山箭竹廣泛地分布於國家公園境內，族群數量眾多，在不同的生育環境下皆可見其蹤影，為一重要之植物種類。建議可對玉山箭竹做進一步的生物學研究，建立玉山箭竹基礎資料，並提供雪霸國家公園保育之參考。



## 參考文獻

- 王子定、陳明義 (1971) 臺灣竹類開花之研究。臺大實驗林報告第 87 號。
- 王仁禮 (1970) 臺灣竹族植物之花粉粒形態研究。林業試驗所報告第 192 號。
- 何春蓀 (1986) 臺灣地質概論。經濟部中央地質調查所。
- 呂金誠 (1999) 武陵地區雪山主峰線植群調查與植栽應用之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處研究報告。
- 呂理昌 (1990) 玉山國家公園植物開花物候週期之研究(塔塔加 玉山主峰)。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 呂錦明 (1985) 麻竹種子發芽與種子苗之培育。臺灣省林業試驗所試驗簡報第 002 號。
- 杜凡、薛嘉榕、楊宇明、輝朝茂、王涇 (2000) 15 年來雲南竹子的開花現象及其類型研究。林業科學 36(6) : 57-68。
- 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。
- 林維治 (1974) 竹花形態之研究。林業試驗所報告第 248 號。
- 林維治 (1976) 臺灣竹亞科植物之分類(續)。林業試驗所試驗報告第 271 號。
- 柳樞 (1963) 小雪山高山草原生態之研究。林業試驗所報告第 92 號。
- 柳樞 (1986) 竹類之形態與竹類群落之特性。現代育林 2(1) : 20-26。
- 高清 (1972) 麻竹開花之生理。臺灣農業 8(4) : 208-218。
- 張文燕、馬乃訓、吳玲玲、黃樹田、張靜文 (1992) 五月季竹開花結實的研究。竹子研究匯刊 11(2) : 15-25。
- 郭寶章 張明洵 (1984) 玉山箭竹之生態及防除。中華林學季刊 17(1):33-51。
- 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。

- 陳明義 (1986) 竹類之開花。現代育林 2(1) : 67-76。
- 陳明義、施纓煜 (1999) 野火影響雪山地區植群之研究。國家公園學報 9(1): 1-10。
- 曾麗蓉 (1999) 惠蓀林場臺灣榕開花物候與授粉生態之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 楊金昌、王亞男、姜家華、賴裕芳 (1998) 塔塔加地區臺灣雲杉、臺灣鐵杉及玉山箭竹物候學之初步研究。中華林學季刊 31(3) : 251-263。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。臺北。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄、賴國祥 (1984) 臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制。中華林學季刊 17(1) : 1-32。
- 劉業經、歐辰雄、呂金誠 (1986) 臺灣之竹類及分布。現代育林 2(1) : 3-19。
- 應紹舜 (1976) 雪山地區高山植群之研究。中華林學季刊 9(3) : 119-136。
- 韓中梅、黃生 (2000) 陽明山地區矢竹族群生態及遺傳研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。
- Benton, A. J. and M.A. Weatherhead (1995) The flowering of three species of thorny bamboos in Hong Kong; 1993-95. Bamboo, people and the environment. Proceedings of the Vth international Bamboo Workshop and the IV international bamboo congress, Ubud, Bali, Indonesia.
- Brandis, D. (1899) Biological notes on Indian bamboos. Indian Forester 25:1-25.
- Hsiao, J. Y. and L. H. Rieseberg. (1994) Population genetic structure of *Yushania niitakayamensis* (Bambusoideae, Poaceae) in Taiwan. Molecular Ecology 3:201-208.
- Hsiao, J. Y., B. H. Wang, and L. H. Rieseberg (1996) Microgeographic allozyme variation in Yushan can (*Yushania niitakayamensis*, Poaceae). Plant Species Biol. 11:207-212.
- Hsiao, J. Y. and S. M., Lee (1999) Genetic diversity and microgeographic

differentiation of Yushan cane (*Yushania niitakayamensis*; Poaceae) in Taiwan. *Molecular Ecology* 8: 263-270.

Janzen, D. H. (1976) Why bamboos wait so long to flower. *Ann. Rev. Eco. Syst.* 7:347-391.

Keeley, J. E., W. J. Bond (1999) Mast flowering and semelparity in bamboo: The bamboo fire cycle hypothesis. *The American Naturalist* 154(3):383-391.

Makita, A. (1992) Survivorship of a monocarpic bamboo grass, *Sasa kurilensis*, during the early regeneration process after mass flowering. *Ecological Research* 7:245-254.

Makita, A., Y. Konno, N. Fujita, K. Takada, and E. Hamabata (1993) Recovery of a *Sasa tsuboiana* population after mass flowering and death. *Ecological Research* 8:215-224.

McClure, F. A. (1966) *The Bamboos. A fresh perspective.* Harvard University Press.

Ramanyake, S. M. S. D., K. Yakandawala (1998) Incidence of flowering, death and phenology of development in the giant bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Wall. ex Munro). *Annals of Botany* 82:779-785.

## 附錄一 玉山箭竹樣株基本資料

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
1-1	31.4	1.15	42.95	6.10
1-2	32.1	1.50	28.50	5.35
1-3	27.1	1.40	19.45	5.25
1-4	41.0	1.50	44.10	7.35
1-5	41.0	1.75	50.40	7.50
1-6	32.0	1.70	12.75	3.80
1-7	25.5	1.15	43.75	6.20
1-8	31.0	1.50	48.90	7.10
1-9	23.6	1.30	23.00	4.60
1-10	28.9	1.00	46.60	6.40
1-11	23.5	1.40	36.50	5.70
1-12	19.4	1.70	23.80	4.45
1-13	22.7	1.10	39.70	6.60
1-14	28.2	2.50	44.70	6.80
1-15	31.0	1.30	22.35	5.40
1-16	17.7	1.20	25.45	3.90
1-17	20.4	1.35	21.30	4.25
1-18	18.3	1.10	39.70	6.25
1-19	30.9	1.70	29.10	6.90
1-20	35.4	1.75	46.25	6.00
1-21	18.8	0.95	23.70	5.50
1-22	21.1	1.10	30.75	6.00
1-23	22.0	1.05	40.00	6.45
1-24	32.1	1.60	37.00	6.75
1-25	27.8	1.75	32.20	6.45



## 附錄一 玉山箭竹樣株基本資料(續)

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
1-26	37.0	1.70	37.00	6.00
1-27	26.6	1.15	38.50	6.35
1-28	24.2	1.10	39.75	7.60
1-29	23.4	0.80	44.10	6.30
1-30	24.3	1.15	37.80	6.40
1-31	26.2	1.00	41.10	6.70
1-32	21.0	1.20	30.35	3.65
1-33	21.7	1.05	24.00	4.55
1-34	20.1	1.00	35.40	5.50
1-35	23.5	1.05	43.70	6.35
1-36	15.9	0.85	41.55	6.40
1-37	17.1	0.80	27.05	4.65
1-38	19.8	1.00	30.75	5.75
1-39	23.8	1.30	29.10	5.00
1-40	23.9	1.10	28.65	6.45
1-41	16.9	1.15	35.60	6.05
1-42	24.5	1.45	20.70	5.30
1-43	28.6	1.35	36.05	6.35
1-44	22.3	1.20	42.00	5.90
1-45	22.7	1.10	40.70	5.80
1-46	25.5	1.40	43.60	6.65
1-47	14.4	0.95	31.80	6.90
1-48	22.7	1.10	34.20	5.40
1-49	26.5	0.85	38.90	6.20
1-50	19.2	0.70	32.65	5.80

附錄一 玉山箭竹樣株基本資料(續)

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
2-1	31.9	1.45	39.25	6.15
2-2	18.4	0.85	34.45	5.90
2-3	28.7	1.35	40.25	5.85
2-4	28.3	1.00	31.10	6.60
2-5	25.0	1.10	28.95	5.60
2-6	16.4	0.90	29.00	6.25
2-7	31.6	1.40	39.45	7.10
2-8	34.1	1.70	24.65	5.70
2-9	18.8	0.95	43.35	7.50
2-10	19.5	1.20	31.50	4.85
2-11	38.4	1.70	40.35	7.30
2-12	30.4	1.05	44.80	6.15
2-13	20.0	1.00	33.40	7.00
2-14	17.4	0.8	25.20	5.25
2-15	17.9	0.50	27.50	5.20
2-16	16.7	0.90	23.25	4.70
2-17	19.1	1.25	20.00	3.95
2-18	20.7	1.10	28.90	5.10
2-19	17.5	0.75	31.15	5.90
2-20	16.4	0.85	33.15	6.20
2-21	15.4	0.9	31.65	5.10
2-22	16.2	0.95	29.10	4.95
2-23	15.2	0.95	31.40	5.40
2-24	13.4	0.75	25.70	4.75
2-25	13.5	0.80	29.10	5.85

## 附錄一 玉山箭竹樣株基本資料(續)

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
2-26	17.1	1.10	32.10	4.80
2-27	16.2	1.10	25.65	4.60
2-28	19.4	1.15	33.55	5.40
2-29	19.9	0.80	28.45	4.65
2-30	16.9	1.30	55.05	8.65
2-31	20.3	1.35	17.60	4.15
2-32	21.2	1.20	29.65	5.55
2-33	14.4	1.35	27.70	5.90
2-34	15.5	1.20	34.85	6.65
2-35	22.6	1.20	37.10	6.15
2-36	17.7	0.85	20.25	4.10
2-37	13.2	0.75	15.95	4.05
2-38	21.1	1.00	30.55	5.70
2-39	29.0	1.20	34.05	5.70
2-40	22.2	1.00	31.65	6.20
2-41	18.7	1.25	31.60	5.50
2-42	24.0	1.00	38.30	5.75
2-43	42.8	2.40	51.70	5.60
2-44	18.7	0.95	14.85	4.40
2-45	25.7	1.20	36.40	5.55
2-46	24.5	1.10	24.55	5.00
2-47	14.1	1.00	31.35	5.10
2-48	18.1	0.85	21.30	4.30
2-49	15.6	1.10	20.45	5.10
2-50	21.8	1.20	26.80	5.15

附錄一 玉山箭竹樣株基本資料(續)

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
3-1	15.7	1.00	18.80	3.15
3-2	34.1	1.80	36.30	5.40
3-3	30.3	1.72	42.00	7.10
3-4	24.8	0.53	27.77	4.85
3-5	28.2	1.92	23.71	4.62
3-6	28.7	1.70	36.73	6.18
3-7	29.9	2.26	26.15	2.81
3-8	24.1	1.12	30.00	5.63
3-9	22.7	1.17	40.62	5.60
3-10	36.5	2.28	30.07	5.04
3-11	39.5	1.90	34.80	6.16
3-12	23.4	1.75	39.96	6.92
3-13	18.5	0.52	27.00	4.80
3-14	20.5	1.56	23.37	5.21
3-15	24.6	1.24	29.30	4.60
3-16	24.0	1.30	36.76	5.62
3-17	24.6	1.14	29.84	6.12
3-18	21.4	1.10	34.30	5.71
3-19	29.7	1.63	25.04	4.94
3-20	29.3	1.76	26.60	5.05
3-21	27.9	2.05	26.36	4.42
3-22	35.0	2.00	30.00	4.87
3-23	28.5	3.00	32.42	5.36
3-24	18.8	1.26	38.95	4.48
3-25	22.8	1.33	15.26	2.36

## 附錄一 玉山箭竹樣株基本資料(續)

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
3-26	20.8	0.66	30.62	5.62
3-27	16.6	0.64	28.90	4.47
3-28	21.0	0.61	56.18	6.71
3-29	19.4	1.18	38.38	6.21
3-30	21.0	1.19	22.82	5.94
3-31	10.9	1.24	40.62	5.62
3-32	45.1	2.83	45.08	6.72
3-33	20.6	0.62	25.61	3.94
3-34	25.9	1.71	39.94	5.07
3-35	28.6	0.67	24.48	3.82
3-36	43.6	2.28	50.47	7.25
3-37	33.3	2.29	40.02	6.16
3-38	33.1	1.19	45.61	6.73
3-39	33.1	2.75	21.04	4.46
3-40	45.2	1.73	37.25	0.60
3-41	33.2	1.73	23.92	3.36
3-42	39.0	2.30	32.27	5.02
3-43	43.8	2.10	31.74	5.03
3-44	22.5	1.73	24.46	4.46
3-45	26.1	1.19	41.16	6.16
3-46	28.9	1.71	35.61	6.18
3-47	21.5	1.21	35.64	5.07
3-48	34.3	2.26	42.85	6.71
3-49	16.3	0.66	34.50	5.02
3-50	23.6	1.21	29.91	5.05

附錄一 玉山箭竹樣株基本資料(續)

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
4-1	25.7	1.53	27.05	5.50
4-2	24.2	1.58	36.20	6.84
4-3	36.2	2.05	47.86	7.06
4-4	35.4	2.78	36.15	5.86
4-5	34.1	2.44	32.16	5.94
4-6	31.2	1.51	36.89	3.76
4-7	28.7	1.35	29.61	3.81
4-8	42.5	1.84	53.64	7.42
4-9	28.7	1.74	22.23	3.39
4-10	31.9	2.34	53.76	6.06
4-11	49.8	3.80	53.81	7.56
4-12	51.1	2.57	25.41	3.59
4-13	22.1	0.74	13.51	3.01
4-14	17.5	1.06	36.30	6.51
4-15	26.5	1.42	28.30	5.41
4-16	29.2	1.54	34.70	4.41
4-17	14.6	1.11	23.31	4.39
4-18	44.4	2.30	39.06	5.16
4-19	29.1	2.61	34.90	4.91
4-20	46.6	2.27	57.35	7.31
4-21	36.7	1.71	47.96	5.54
4-22	38.2	3.18	31.15	2.77
4-23	27.0	2.30	23.94	3.84
4-24	23.3	1.70	55.92	5.79
4-25	32.4	1.70	33.80	5.81

## 附錄一 玉山箭竹樣株基本資料(續)

編號	高度(cm)	稈徑(mm)	葉長(mm)	葉寬(mm)
4-26	29.9	1.80	24.20	4.86
4-27	25.0	1.44	40.74	6.65
4-28	35.5	2.02	34.95	5.55
4-29	37.2	2.32	42.30	6.78
4-30	25.0	1.71	36.16	5.05
4-31	24.0	1.71	24.52	5.55
4-32	26.2	1.98	38.44	5.44
4-33	25.5	1.34	32.90	6.11
4-34	24.2	1.10	44.36	5.09
4-35	28.0	1.10	28.31	5.82
4-36	20.4	1.12	38.06	5.44
4-37	23.6	1.00	34.28	6.22
4-38	21.4	1.20	27.45	5.00
4-39	32.3	2.09	31.27	5.06
4-40	15.5	1.54	35.46	5.49
4-41	14.3	1.50	13.29	1.36
4-42	18.2	1.20	19.76	3.74
4-43	22.4	1.76	27.44	4.98
4-44	19.7	1.55	14.25	3.14
4-45	38.5	2.02	32.40	4.64
4-46	22.7	1.44	36.21	6.34
4-47	23.2	1.98	24.82	3.24
4-48	21.5	1.31	26.31	4.43
4-49	20.3	1.46	23.50	3.08
4-50	19.1	1.06	27.47	4.00



















### 附錄三 土壤性質基本資料

樣本	含水率(%)	pH 值	全氮 N (%)	有效磷 P (ppm)	有機質 (%)
1	4.6257	4.77	0.897041659	7.0133	15.6703
2	3.7019	5.05	0.760881619	2.4578	10.3211
3	4.4653	4.83	0.864040461	4.8305	12.8360
4	4.4952	4.94	0.69877518	3.8529	12.5971
5	4.4604	4.92	0.964653932	4.1019	14.7738
6	4.1605	4.93	0.793351417	3.7778	10.7211
7	4.7637	4.93	1.03603613	4.2653	16.2712
8	4.4834	5.25	0.931594811	4.0798	15.2396
9	7.7180	5.04	1.506250035	10.8541	16.7997
10	5.0077	4.89	0.767547033	2.7108	10.9524



## 附錄四 期末簡報審查意見改善表

項次	審查意見	改善內容	於報告書之頁數
1	請受託單位對竹類之開花週期、演替序列階段、毒他作用等資料多加蒐集。	已附於報告書中。然竹類開花之週期唯有至各大標本館查閱才能確定,將於明年度之計畫加以註記。	第 5、8、12 頁
2	對研究樣區之採樣考量請多加說明,其伴生植物也請描述。	報告書中僅附少數伴生植物,雪山山東峰植物名錄待明年進行調查並附於報告書中。	第 11 頁
3	請受託單位協助尋找有無三六九山莊後方白木林之相關火燒記錄與調查報告。	已於文中說明。	第 9 頁