

(國科會 GRB 編號)
PG10201-0504

氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究

委託單位：雪霸國家公園管理處
受委託者：國立中興大學
研究主持人：曾彥學、曾喜育
共同主持人：林良恭、孫元勳 (按姓氏筆畫排列)

執行單位：國立中興大學森林學系
國立屏東科技大學野生動物保育所
東海大學生命科學系

雪霸國家公園委託研究報告

中華民國 102 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

表次.....	IV
圖次.....	VI
附錄.....	X

研究計畫項目

中文摘要.....	0-2
一、前言與目的.....	0-2
二、材料與方法.....	0-3
三、重要發現.....	0-4
四、主要建議事項.....	0-8

第一章 緒論

一、計畫緣由.....	1-1
二、計畫目標.....	1-2
(一)雪山植物開花物候與植群動態之研究.....	1-2
(二)雪山地區鳥類群聚與生態研究.....	1-2
(三)雪山地區哺乳類群聚生態研究.....	1-3
(四)雪山高山氣象站與資料庫維護與資料蒐集.....	1-3
三、研究地區概況.....	1-4
(一)地形、地質與土壤.....	1-5
(二)氣候.....	1-5
(三)雪山主峰線山地植群帶.....	1-6

第二章 雪山植物開花物候與植群動態之研究

摘要.....	2-1
一、前言.....	2-8
(一)研究緣起與背景.....	2-8
(二)前人研究.....	2-11
二、材料與方法.....	2-18

(一)研究區概況	2-18
(二)植物物候調查	2-19
(三)高山植群動態	2-20
三、結果與討論	2-22
(一)高山植物物候	2-22
(二)高山植群動態	2-84
四、結論與建議	2-107
(一)結論	2-107
(二)建議	2-110
五、參考文獻	2-111

第三章 雪山地區鳥類群聚與生態研究

摘要	3-1
一、前言	3-3
二、材料與方法	3-6
(一)各生態系定點調查	3-6
(二)鳥類繫放	3-8
(三)氣候變遷分析--各生態系氣象因子與食蟲性鳥類密度間的關係	3-7
三、結果	3-8
(一)鳥相結構	3-8
(二)繫放研究	3-26
(三)氣候變遷分析--各生態系氣象因子與食蟲性鳥類密度間的關係	3-31
四、討論	3-36
(一)鳥相結構	3-36
(二)繫放研究	3-37
(三)氣候變遷分析--各生態系氣象因子與食蟲性鳥類密度間的關係	3-38
五、結論與建議	3-41
(一)研究成果	3-41
(二)建議	3-41
六、參考文獻	3-43

第四章 氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究-雪山地區哺乳類群聚生態研究

摘要	4-1
一、研究緣起與背景	4-5
二、研究設計	4-6
(一)、研究地點	4-6
(二)、研究方法	4-8
三、結果與討論	4-11
(一)小型哺乳類採集結果	4-11
(二)中大型哺乳類自動相機結果	4-19
(三)翼手目哺乳動物調查結果	4-35
四、結論與建議事項	4-38
(一)、結果與討論	4-39
(二)、建議事項	4-43
五、參考文獻	4-44

附錄

表次

表 1-1. 雪山地區氣象站觀測項目資料及地文因素表.....	1-6
表 1-2. 雪山主峰沿線海拔植群帶分布表.....	1-7
表 2-1. 雪山主峰步道不同路段之植群帶劃分.....	2-20
表 2-2. 雪山雪東線步道 2013 年各植群帶開花結實物種數與氣候因子相關分析	2-23
表 2-3. 雪山雪東線維管束植物紅皮書之開花及結實物候.....	2-32
表 2-4. 本研究建議之雪山地區高山生態系植物物候長期監測指標種	2-83
表 2-5. 雪山 3,000 M 以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物之 生物與生態特性	2-88
表 2-6. 雪山 3,000 M 以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物再 生策略及出現頻度	2-92
表 2-7. 三六九山莊草生地火後物種出現對應分析(CA)前 3 軸之特徵值與各軸 變異性	2-94
表 2-8. 三六九山莊草生地火燒與未火燒樣區之種數、總覆蓋度、覆蓋百分比、 火後反應策略、生命史、生活型、以及物種歧異度變化	2-95
表 2-9. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數前 5 名物種	2-99
表 2-10. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之覆蓋度前 5 名物種	2-99
表 2-11. 三六九山莊草生地火後 5 次調查出現物種之相似性(左下)與物種轉換 率(右上).....	2-103
表 2-12. 三六九山莊草生地火後各時期出現物種之拓殖率(右上)與死亡率(左 下).....	2-104
表 2-13. 三六九山莊草生地系統樣區火後恢復降趨對應分析(DCA)前 3 軸之特 徵值與各軸變異性	2-105
表 2-14. 三六九山莊草生地火後系統樣區排除 2009 年 2 月及 2009 年 4 月樣區 降趨對應分析(DCA)前 3 軸之特徵值與各軸變異性	2-106
表 3-1. 針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度	3-12
表 3-2. 箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度	3-14
表 3-3. 針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)各月分組成鳥種和密度	3-16

表 3-4. 火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度.....	3-18
表 3-5. 冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度.....	3-20
表 3-6. 玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(圈谷)各月分組成鳥種和密度.....	3-22
表 3-7. 2012 年 12 月至 2013 年 11 月 369 山莊每個月各鳥種的捕捉情況.....	3-28
表 3-8. 2009 至 2013 年酒紅朱雀族群存活率(Φ)及再捕獲率(P)的模型選擇及 AIC 值，包括時間效應(T)、組效應(G)及恆定值(.).....	3-30
表 3-9. 有顯著相關結果的三種食蟲性鳥種在各樣區的最佳解釋模式.....	3-32
表 4-1. 2009 年至 2013 年 11 月齧齒目、鼩型目與食肉目捕捉資料.....	4-14
表 4-2. 2009 年至 2013 年 11 月小型哺乳動物各樣區捕捉資料.....	4-15
表 4-3. 2009 年至 2013 年 5 月小型哺乳動物各樣區捕捉資料.....	4-15
表 4-4. 2009 年至 2013 年 11 月紅外線自動相機拍攝之有效照片.....	4-23
表 4-5. 2009 年至 2013 年 11 月各樣區紅外線自動相機工作時數.....	4-25
表 4-6. 2009 年至 2013 年 11 月各樣區紅外線自動相機照片資料.....	4-25
表 4-7. 2009 年至 2013 年 11 月各月份紅外線自動相機照片資料.....	4-26
表 4-8. 山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴每日平均 OI 值與氣象因子的相關分析.....	4-34
表 4-9. 蝙蝠個體資料.....	4-35

圖次

圖 1-1. 雪山高山生態系研究地區範圍圖	1-4
圖 2-1. 雪山主峰線植物社會海拔垂直分布與植被帶、氣候帶關係圖	2-15
圖 2-2. 雪山主峰沿線步道之研究區域範圍示意圖	2-18
圖 2-3. 雪山地區 4 個氣象站平均氣溫變化情形	2-19
圖 2-4. 雪山雪東主峰線 2013 年 3-11 月開花物候及結實物種種數與氣象之關係	2-22
圖 2-5. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月開花物候譜	2-24
圖 2-6. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月結實物候譜	2-28
圖 2-7. 雪山主峰線 2013 年 3-10 月各植群帶的花季與果季	2-33
圖 2-8. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月高山植群帶開花物候譜	2-34
圖 2-9. 雪山主峰線高山植群帶(海拔 3,600 M 以上)2012-2013 年 3-11 月之開花 結實種數與氣候關係圖	2-35
圖 2-10. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月冷杉林帶開花物候譜	2-36
圖 2-11. 雪山主峰線冷杉林帶(海拔 3100-3600 M)2012-2013 年 3-11 月之開花結 實種數與氣候關係圖	2-39
圖 2-12. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月鐵杉雲杉林帶開花物候譜	2-40
圖 2-13. 雪山主峰線鐵杉雲杉林帶(海拔 2,400-3,100 M)2012-2013 年 3-11 月之 開花結實種數與氣候關係圖	2-42
圖 2-14. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月櫟林帶上層開花物候譜	2-43
圖 2-15. 雪山主峰線櫟林帶上層(海拔 2,100-2,400 M)2012-2013 年 3-11 月之開 花結實種數與氣候關係圖	2-45
圖 2-16. 雪山雪東線 2012 年-2013 年 3-11 月各植群帶開花物種花期統計圖	2-46
圖 2-17. 雪山雪東線步道 2012 年不同生長型植物逐月開花物種數及比例	2-47
圖 2-18. 雪山雪東線步道 2012 年物候觀察物種之花期長度	2-48
圖 2-19. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年杜鵑花科開花物候比較譜	2-49
圖 2-20. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年龍膽科開花物候比較譜	2-50
圖 2-21. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年虎耳草科開花物候比較譜	2-50
圖 2-22. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年玄參科開花物候比較譜	2-51

圖 2-23. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年毛茛科開花物候比較譜	2-51
圖 2-24. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年石竹科開花物候比較譜	2-52
圖 2-25. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年薔薇科開花物候比較譜	2-53
圖 2-26. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年菊科開花物候比較譜	2-54
圖 2-27. 雪山主峰線不同植群帶之開花物候譜.....	2-58
圖 2-28. 雪山主峰線全線 2012-2013 年氣候與開花結實種數圖	2-64
圖 2-29. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年逐月開花物候比較譜	2-65
圖 2-30. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年高山植群帶開花物候比較譜 ...	2-70
圖 2-31. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年冷杉林帶開花物候比較譜	2-71
圖 2-32. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年鐵杉雲杉林帶開花物候比較譜	2-74
圖 2-33. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年櫟林帶開花物候比較譜	2-76
圖 2-34. 塔塔加-玉山主峰線步道與雪山雪東步道 2013 年海拔 2,600-3,100 M 之 植物花候譜比較	2-78
圖 2-35. 雪山雪東步道與塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年海拔 3,100-3,600 M 之 植物花候譜比較	2-80
圖 2-36. 雪山雪東步道與塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年海拔 3,600 M 以上之 植物花候譜比較	2-82
圖 2-37. 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之生活型譜變化圖	2-85
圖 2-38. 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之蕨類商數與 SHANNON 多樣性 指數之變化圖	2-87
圖 2-39. 三六九山莊草生地火後各時期之物種 CA 排序圖 A-G 為火後調查時期	2-94
圖 2-40. 雪山三六九山莊草生地火後植物組成恢復序列物種豐多度格局變化	2-97
圖 2-41. 雪山三六九山莊草生地系統樣區火後不同時期之物種-面積曲線變化 趨勢	2-97
圖 2-42. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之主要組成覆蓋度變化情形 .	2-100
圖 2-42. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)變化情形 .	2-101
圖 2-44. 三六九山莊草生地系統樣區火後各時期樣區 DCA 雙序圖	2-105
圖 2-45. 三六九山莊草生地火後系統樣區排除 2009 年 2 月及 2009 年 4 月樣區 各時期樣區 DCA 雙序圖.....	2-106

圖 3-1. 樣區植被和雪山主東峰間鳥相調查樣站位置.....	3-6
圖 3-2. 2013 年 3 月 369 山莊後方巒大花楸果實.....	3-9
圖 3-3. 2009 年 3 月及 2013 年 5 月 369 山莊後方火燒跡地同一地點的植被變化	3-11
圖 3-4. 2009 年 3 月至 2013 年 11 月火燒跡地主要鳥種密度變化.....	3-11
圖 3-5. 箭竹樣區鳥類密度及哭坡氣象站氣溫變化圖.....	3-24
圖 3-6. 三六九火燒跡地鳥類密度及該地氣溫變化圖.....	3-24
圖 3-7. 黑森林鳥類密度及該地氣溫變化圖.....	3-25
圖 3-8. 圈谷鳥類密度及該地氣溫變化圖.....	3-25
圖 3-9. 2012 年 12 月至 2013 年 11 月間新繫放捕捉的各鳥種百分比.....	3-26
圖 3-10. 2009 年 5 月至 2013 年 11 月 369 山莊周圍主要鳥種的捕獲率.....	3-29
圖 3-11. 四個樣區內各食蟲性鳥種的密度月變化.....	3-33
圖 3-12. 栗背林鴿在圈谷及黑森林兩地的最佳解釋因子為雨量.....	3-34
圖 3-13. 栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯在 4 個樣區內的每月密度(自然對數轉換)和 月均溫的相關圖.....	3-34
圖 3-14. 各食蟲性鳥種於各樣區內的密度月變化.....	3-35
圖 4-1. (A)小型哺乳類調查樣區與紅外線自動相機樣區(B)豎琴網調查樣區.....	4-7
圖 4-2. 2009 年至 2013 年 11 月森鼠每 100 捕捉夜(100 TRAP NIGHT)資料.....	4-16
圖 4-3. 2009 年至 2013 年 11 月黑腹絨鼠每 100 捕捉夜(100 TRAP NIGHT)資料	4-17
圖 4-4. 2009 年至 2013 年 11 月高山白腹鼠每 100 捕捉夜(100 TRAP NIGHT)資 料.....	4-17
圖 4-5. 2009 年至 2013 年 11 月高山田鼠每 100 捕捉夜(100 TRAP NIGHT)資料	4-17
圖 4-6. 2009 至 2013 年 11 月各樣區之森鼠體重差異分布.....	4-18
圖 4-7. 2009 年至 2013 年 11 月山羌在各海拔樣區分佈的&平均 OI 值.....	4-23
圖 4-8. 2009 年至 2013 年 11 月長鬃山羊在各海拔樣區分佈的&平均 OI 值.....	4-24

圖 4-9. 2009 年至 2013 年 11 月臺灣獼猴在各海拔樣區分佈的&平均 OI 值	4-24
圖 4-10. 山羌、長鬃山羊及臺灣獼猴 1 日間活動模式.....	4-29
圖 4-11. 山羌在各個樣區的 1 日間活動模式.....	4-29
圖 4-12. 2011 年 4 月至 2013 年 11 月山羌、長鬃山羊、臺灣野豬及臺灣獼猴幼 獸出沒月份	4-30
圖 4-13. 五年度間山羌被相機拍攝記錄之海拔高度變化.....	4-31
圖 4-14. 五年度間長鬃山羊被相機拍攝記錄之海拔高度變化	4-32
圖 4-15. 五年度間臺灣獼猴被相機拍攝記錄之海拔高度變化	4-33
圖 4-16. 本年度調查紀錄的蝙蝠音波頻譜圖.....	4-37
圖 4-17. 本年度調查紀錄的蝙蝠整夜活動模式.....	4-38

附錄

附錄 3-1. 雪山地區鳥相調查樣站座標.....	3-47
附錄 3-2. 雪山地區鳥類繫放架網地點座標.....	3-48
附錄 3-3. 2009 年 3 月至 2013 年 11 月雪山登山口到雪山主峰鳥類名錄.....	3-49
附錄 4-1. 紅外線自動相機 GPS 定位點資料	3-45
附錄 4-2. 本年度雪山小型哺乳類捕捉資料.....	3-45
附錄 5-1. 期中報告會議委員意見回覆.....	5-1
附錄 5-2. 期末中報告會議委員意見回覆.....	5-4

氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究

102 年研究計畫項目

計畫項目	主持人	服務機構/系所	職稱	計畫內容
子計畫 1	曾彥學	國立中興大學 森林學系	副教授	雪山植物開花物候與 植群動態之研究
	曾喜育	國立中興大學 森林學系	助理教授	
子計畫 2	孫元勳	國立屏東科技大學 野生動物保育所	教授	雪山地區鳥類群聚與 生態研究
子計畫 3	林良恭	東海大學生命科學系	教授兼 研發長	雪山地區哺乳類群聚 生態研究

中文摘要

一、前言與目的

全球暖化所造成的異常劇變天氣及氣候變遷現象，已對於陸地生態系統產生影響，其中以高山生態系的反應最為顯著。因為高山環境嚴苛，生物處於最低的生存條件上，對於環境因子如溫度(包括氣溫、土溫)、太陽輻射(包括光合作用有效輻射量、光週期、紫外輻射)、積雪、強風等氣候變化十分敏感，因此任何的微環境變化可能會對於生物多樣性與物種帶來劇烈的衝擊。雪山地區為臺灣研究高山生態系最重要的區域，然而本區因可及性較困難、高山氣候環境變化大等因素，相關研究資料相較其他地區較零散，且缺乏長期調查監測與資料整合，無法建立較完整之高山生態系資料庫以滿足經營管理所需之資訊，因此需進行有系統的生態監測研究，監測結果的整合分析有助於了解現況，評估本處對高山生態系之經營管理與棲地復育成效。雪霸國家公園管理處自 2009 年起於雪山地區進行整合研究的先期調查，各項子計畫皆以高山生態系為研究主軸，許多基礎資料及生態系功能性實有持續累積及研究之必要。今年度計畫在前期研究之基礎下，主要針對植物、鳥類及哺乳類動物等 3 種生物類群進行調查及監測，並對三六九山莊火燒跡地、雪山高山氣象站及資料庫進行維護與資料持續收集，以期透過較長期的觀察，了解雪山地區各生物類群年際變化趨勢，提供探討在全球氣候變遷和人類活動對雪山地區生物群聚可能之影響，提供本處整體生態系經營管理對策及方案，落實國家公園經營管理政策目標。

【關鍵詞】 氣候變遷、雪山、高山生態系、海拔梯度、開花物候、植群動態、火燒、鳥類群聚、哺乳動物、紅外線自動相機

二、材料與方法

本整合型計畫在雪山雪東線沿線共設置 5 個共同樣站進行調查。

(一)雪山植物開花物候與植群動態之研究

1.高山植物開花物候

物候調查地點為雪霸國家公園境內之雪山主峰線步道，自雪山登山口起(海拔 2,140 m)至雪山主峰(海拔 3,886 m)，進行種子植物開花觀察，步道沿線依海拔及植相林型分為 5 植群帶，觀察各月分之開花物種，共記錄 173 物種之花期時間，後續進一步分析物種特性、環境與花期間之關係。

2.高山火燒植群動態

本研究於三六九山莊草生地火燒跡地設置 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 之系統樣區(36 個)和隨機樣區(36 個)，以及 9 個對照樣區進行調查；系統樣區向臺灣冷杉林延伸，設置臺灣冷杉森林與玉山箭竹-高山芒草原之推移帶樣區。本年度工作主要針對三六九山莊草生地進行火後植物組成與覆蓋之季節變動調查及雪山圈谷之植群現況調查，進行其生活史、生活型、葉候、火後反應等功能群劃分，並以多樣性指數、豐度比例曲線圖、種面積曲線、Cody 多樣性指數、Sørensen 相似性指數對應分析(CA)、降趨對應分析(DCA)等方法進行分析，並探討植物組成與功能群在季節與年際間的短期動態，並與不同年度火燒時期草生地進行比較。

(二)雪山地區鳥類群聚與生態研究

利用樣站法調查臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)-高山芒(*Miscanthus sinensis*)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)-玉山圓柏灌叢(*Juniperus morrisonicola*)、玉山箭竹-高山芒的火燒與非火燒跡地與推移帶等 6 個生態系的鳥相的季節性變化，探討不同尺度的鳥類與棲地結構之關聯。另架設鳥網進行繫放，研究常見鳥類的食性組成、繁殖情況和存活率之季節間與年間變化。

(三)雪山地區哺乳類群聚生態研究

沿雪山步道設立 9 個樣區，以薛爾曼式活捕捉器(Sherman live trap)、掉落式陷阱(Pitfall trap)、紅外線自動相機、豎琴網(Harp trap)、蝙蝠偵測器(Anabat II system)與沿線調查方式來記錄雪山地區的哺乳動物，已自 2009 年 3 月至 2013 年 11 月進行調查。

三、重要發現

(一)雪山植物開花物候與植群動態之研究

1.高山植物開花物候

- (1)本研究 2013 年 175 種植物之盛花期種數隨溫度升高而增加，高峰期發生在 7 月，隨後開花物種數開始下降；果熟時期高峰期發生在 10 月，約晚開花物種高峰期 3 個月。開花物種數與氣溫、降雨呈顯著正相關，而結實物種數與氣溫、降雨相關不顯著。
- (2)雪山雪東線步道沿線物種開花時序與盛花期長度呈現多樣性，開花時間長度而言，因種類不同而異，盛花期長度 1-9 個月不等，以 1-2 個月短花期最多，占總物種數約 50% 以上。
- (3)2013 年於春季(3-5 月)進入盛花期的物種共 41 種，其中，花期於 3 月就進入盛花期的植物有臺灣二葉松等 8 種；盛花期於秋季 9 月後進入的有 18 種，此類植物屬於晚花期者，其中，最晚(11 月)進入盛花期的有臺灣馬蘭、鄧氏胡頹子、大花咸豐草等 3 種。
- (4)依臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等，2012)，雪山地區屬生存危機物種有雪山馬蘭等 16 種，盛花期都主要集中在 5-9 月。
- (5)2013 年高山植群帶 43 種植物於 6 月開始陸續進入盛花期，開花物種數高峰期發生在 7 月；冷杉林帶調查 94 種植物的盛花期分布在 4-11 月，植物開花集中 6-8 月，盛花高峰期在 7 月；鐵杉雲杉林帶 71 種植物的盛花期分布在 3-11 月，7 月為盛花期物種數最高的月份，6-8 月是主要花期；櫟林帶上層 69 種植物的逐月開花物種數呈雙峰分布。雪山地區 4 個植群帶的逐月開花物種數皆與溫度呈顯著相關，與降雨相關不顯著；結實物種數高峰期主要發生在 9-10 月。
- (6)廣泛分布的物種位於不同海拔梯度花期大多有所不同，多數種類隨海拔下降而有花期提早的現象。雪山雪東線步道沿線在坡向、坡度、森林下層等環境呈現多樣變化，造成部分廣分布植物開花未隨海拔梯度改變。
- (7)雪山地區高山植物主要物種組成的科層級開花物候顯示，不同科別內物種花期呈現多樣化；盛花期較早科有堇菜科和松科，花期高峰 4-5 月，花期較晚之科別有柳葉菜科、蓼科、菊科及龍膽科，花期高峰 8-9 月。
- (8)比較雪山主峰線步道沿線 2012 與 2013 年觀察 136 種相同種類開花物候發現，2012 年的開花物候種數高峰期在 6 月，2013 年發生在 7 月，約延遲 1 個月；2 個年度的結實高峰皆發生在 10 月。

- (9)136 種植物開花物候觀察發現，56 種盛花期啟始月分未改變，15 種植物在 2012 年盛花期較晚，65 種植物的盛花期在 2012 年比較早。比較 2012 年與 2013 年氣溫發現，2013 年的冬季 2 月氣溫較高，3-7 月的氣溫較低，8-9 月的氣溫度較高。氣溫是高山植物開花最敏感的因子，春季至夏季的氣溫較低，反映出植物需要更長的時間累積熱量以滿足打破花芽休眠，此可能為 2013 年多數植物開花較晚原因。
- (10)2012 與 2013 年不同季節盛花期啟始差異比較，春季進入盛花期種類中，18 種植物在 2 年間盛花期時間沒有差異，40 種在 2012 年比較早，8 種在 2013 年比較早；夏季進入盛花期植物中，35 種盛花期在 2 年間沒有差異，24 種在 2012 年比較早，7 種在 2013 年比較。造成春季與夏季植物進入盛花期時序上年際間差異的主要原因在於氣溫，2013 年 3 月開始進入春季後的月均溫要比 2012 年低，此可能影響春季開花的植物對熱量累積減緩，使得 2013 年春季有近 2/3 的植物開花較 2012 年慢。雖然 2013 年 3-7 月的月均溫較 2012 年來得低，但隨著夏季月均溫增加，熱量累積較快達到滿足，因此 2013 年夏季開花較晚的種類較春季少。
- (11)比較雪山與玉山地區於 2013 年開花物候結果發現，在 2,600-3,100 m 的 46 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 17 種，雪山地區盛花期較早的有 9 種，玉山地區盛花期較早的有 20 種；在 3,100-3,600 m 的 47 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 16 種，雪山地區盛花期較早的有 16 種，玉山地區盛花期較早的有 15 種；在 3,600 m 以上的 16 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 7 種，雪山地區盛花期較早的有 4 種，玉山地區盛花期較早的有 5 種。由於雪山主峰與玉山主峰差約 100 km，相當於海拔 100 m 的溫度差異，即雪山地區要比玉山地區在相同海拔、相似生育地情況下要低 0.5-0.8°C。這些共同植物的盛花期長度多以玉山地區較長，反映出玉山緯度較低，平均溫度較高而熱量累積亦較快的環境。

2. 高山火燒植群動態

- (1)雪山三六九山莊火後草生地演替至今約 5 年，共調查 79 種維管束植物，包括蕨類植物 7 科 7 屬 9 種，裸子植物有 2 科 2 屬 3 種，被子植物共 26 科 55 屬 67 種；生活型變化不大。
- (2)火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢，其中 2009 年 2 月和 4 月分別為 14 種及 15 種，2009 年 9 月增至 28 種，與 2010 年 4 月調

- 查 38 種，2010 年 6 月共調查 47 種，2011 年 5 月共調查 34 種，2011 年 7 月共調查 45 種，2013 年 9 月共調查 44 種。
- (3)三六九山莊草生地火後 5 年內 8 次調查中出現頻度大於 4 次，可能反應其對火燒的適應，幾乎為萌蘗型者；在火燒後期演替出現的物種且出現頻度 1-2 次者，多為依火後依賴種子或孢子繁殖者。
 - (4)豐度比例曲線圖發現，2009 年 2 月與 2009 年 4 月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘗方式快速生長佔據空缺的生育地。2009 年 9 月與 2010 年 4 月之豐度比例曲線開始緩和，至 2011 年及 2013 年 9 月之豐度比例曲線變化趨於緩和且穩定，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓植的種類使組成增加而更加均勻。
 - (5)三六九山莊草生地火燒後總覆蓋度由 2009 年 2 月的 2.1% 增至 2013 年 9 月 87.7%；調查發現優勢組成物種之覆蓋度具明顯的季節性變化，冬季時明顯下降，至隔年生長季回覆。
 - (6)Sørensen 相似性指數分析不同時期調查之出現物種相似性發現，三六九山莊草生地在火後 2 個月出現的植物種類與其他時期的調查物種差異最大，樣區內個體多為火後殘存的種類；隨著火後恢復時間的增加，物種相似性有愈高趨勢，2009 年 4 月調查結果與 2009 年 9 月和 2010 年 4 月的物種相似性差異不大，2011 年與 2013 的物種組成亦趨於穩定。
 - (7)Cody 多樣性指數分析發現，三六九山莊草生地火後物種轉換率呈現季節波動，可能顯示散殖體拓殖的物種、種子庫萌發的物種新增、或火後不適的物種死亡等季節性變化；此外，物種交換率有遞減的趨勢，可能反映出火後環境漸趨穩定，物種隨時間的轉換率漸少。這個現象在火後不同時期的拓殖率(2 次調查期間的新增物種數/前期種數)與死亡率(2 次調查期間的消失物種數/前期種數)可以驗證，不論在拓殖率或是死亡率的部
分都是漸趨穩定趨勢，然隨著季節更迭仍有些許波動。
 - (8)降趨對應分析(DCA)結果大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符，DCA 的 2 個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異。
 - (9)由火燒後 5 年之物種多樣性、組成相似性，以及 DCA 分析等結果顯示，雪山亞高山玉山箭竹和高山芒優勢草生地生態系統植群演替動態約可以在火燒 2-3 年內快速回復至一相對穩定狀態。

(二)雪山地區鳥類群聚與生態研究

本研究於2012年12月至2013年11月在雪山地區共計記錄到24科59種鳥類，包含台灣特有種12種、特有亞種28種；保育類鳥類17種，期間新增鳥種為臘嘴雀、斑點鵝、白鵲鴿、白背鸚、斑紋鷓鴣、黃嘴角鴉、黃鵲鴿、赤頸鵝等8種。自2009年至2013年11月本研究累計在雪山地區記錄到34科96種鳥類。由於2012年秋冬季及2013年初春降雨量相當少，巒大花楸果實至3月仍高掛樹上，因此吸引許多食果性鳥類取食，包含大量過境的斑點鵝及度冬的白腹鵝。黃眉柳鶯在雪山地區出現的單日最大數量有逐年增加的趨勢。

2012年年底369山屋洗手台旁釘設木條阻止山友傾倒廚餘，且適逢山屋缺水，登山的山友大幅減少，整個冬季僅在2月時回收到2隻酒紅朱雀，和之前同期相較，繫放捕獲量大幅降低，可見酒紅朱雀當沒有廚餘可以依賴時，冬季留在山上的族群密度會大幅下降，甚至在12月、3月完全沒有廚餘時，酒紅朱雀就完全消失了。2013年5月山友恢復廚餘傾倒，酒紅朱雀數量自6月明顯回升。2011、2012年酒紅朱雀存活率低於2009、2010年，趨勢和酒紅朱雀的密度在2012-2013年間的密度較低的情況相符。

利用複迴歸分析雪山的7種高海拔食蟲性鳥類的密度之月變化和氣溫、雨量及風速的相關性。結果顯示，在本研究中，氣溫為影響3種鳥種密度變化的主要因子，推測是因為氣溫的變化幅度大，並和當地的昆蟲量呈高度相關。觀察到栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯在多個樣區中只要溫度低於3°C則該鳥種就會消失，哭坡深山鶯的消失門檻則為6°C。

(三)雪山地區哺乳類群聚生態研究

本年度從2012年12月至2013年11月共捕獲7種哺乳動物：5種嚙齒目，分別為森鼠(*Apodemus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)與巢鼠(*Micromys minutus*)；2種鼯型目，分別為短尾鼯(*Anurosorex aquamipes*)與長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)。分析不同海拔樣區森鼠體重差異發現森鼠體重與海拔高度無明顯相關。

紅外線自動相機調查結果，總共紀錄11種哺乳類動物，分別是森鼠(*Apodemus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、長吻松鼠

(*Dremomys pernyi owstoni*)、白面鼯鼠(*Petaurista alborufus lena*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)、鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)與水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)。分析山羌在各樣區的活動模式發現，七卡山莊樣區的山羌白天皆有穩定活動，在圈谷樣區則在早晨有較晚活動的趨勢，且入夜後較無活動。

自 2009 年至 2013 年 11 月的蝙蝠捕捉及超音波調查結果，共有 3 科 10 種，分別是臺灣大蹄鼻蝠(*Rhinolophus formosae*)、臺灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)、金芒管鼻蝠(*Harpiola isodon*)、姬管鼻蝠(*Murina gracilis*)、寬吻鼠耳蝠(*Myotis latirostris*)、摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、山家蝠(*Pipistrellus montanus*)、堀川氏棕蝠(*Eptesicus sertinus*)及東亞游離尾蝠(*Tadarida insignis*)。

四、主要建議事項

根據本研究於雪山地區植物物候之調查，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

(一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

1. 經過植物物候之調查，雪山主峰線種子植物花期高峰為6-8月，可提供雪霸國家公園做生態旅遊之簡介，使民眾更貼近的欣賞雪山之美，並達到保護自然資源之教育功能。
2. 亞高山生態系之草生地的優勢組成多具冬枯特性，加上冬季較為乾燥，應加強提醒登山民眾用火安全。
3. 遊客提供的廚餘是否造成會對野鳥健康造成影響，需進行調查。
4. 設立哺乳類動物解說牌

(二)長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系、環球科技大學環境資源管理系

建議事項：

1. 植物物候為植物適應環境所做之表現，隨環境溫度、水分、植物光週期等影響而變化，而物候是能提供多面向的重要資料，若能長期監測本研究區之植物物候變化，有助於深入了解臺灣高山地區生態系和環境、氣候間之變異關係。
2. 雪山三六九山莊草生地火後5年的季節調查發現，物種多樣性隨著季節與年際增加的趨勢，且較對照樣區高，顯示此種輕度地表火的干擾有助於增加早期火後生育地的物種多樣性。火燒雖明顯的耗損自然資源，但其對生物多樣性之維持有相當之助益，亦即在亞高山地區其應視為一生態程序，而非災害事件。必需瞭解火對生態系的重要性，除防止不當引火外，更可利用控制燃燒，進行適切影響，進而綜合火燒體制、生態系及其過程，作為自然資源經營之依據。
3. 建議長期且規律地進行調查，以期了解雪山生態系的年間波動，建立完整的高海拔鳥類生態資訊。
4. 雪山地區生物自動監測系統架設

第一章 緒論

一、計畫緣由

全球暖化所造成的異常劇變天氣及氣候變遷現象，已對於陸地生態系統產生影響，其中以高山生態系的反應最為顯著。因為高山環境嚴苛，生物處於最低的生存條件上，對於環境因子如溫度(包括氣溫、土溫)、太陽輻射(包括光合作用有效輻射量、光週期、紫外輻射)、積雪、強風等氣候變化十分敏感，因此任何的微環境變化可能會對於生物多樣性與物種帶來劇烈的衝擊。因此研究高山生態系之族群生長、分布、群聚生態、養分循環、能量傳遞機制以及群落之功能性等，可作為氣候變遷的間接生物學和生態學證據。近年來世界各地之各類型長期生態研究站的紛紛設立，將多種生態調查如野生物、土壤、微生物、地質、地形、水文、微氣象、養分循環等因子，結合資料庫之應用、分析，藉以瞭解研究區域中生物族群在時間尺度及空間分佈的動態變化，並提供生態系在未來可能變化之推估。雪山是臺灣高山生態系相當重要的研究區域，自武陵隨海拔梯度蜿蜒而上，植物社會主要以臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、高山櫟(*Quercus spinosa* var. *miyabei*)、臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis*)、臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山圓柏(*Juniperus squamata*)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)等溫帶針闊葉林、亞寒帶針葉林至雪山主峰。而部分受火燒干擾地區形成森林與玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)動態推移之森林界線。

雪山地區為臺灣研究高山生態系最重要的區域，然而本區因可及性較困難、高山氣候環境變化大等因素，相關研究資料相較其他地區較零散，且缺乏長期調查監測與資料整合，無法建立較完整之高山生態系資料庫以滿足經營管理所需之資訊，因此需進行有系統的生態監測研究，監測結果的整合分析有助於了解現況，評估本處對高山生態系之經營管理與棲地復育成效。雪霸國家公園管理處自 2009 年起於雪山地區進行整合研究的先期調查，各項子計畫皆以高山生態系為研究主軸，許多基礎資料及生態系功能性實有持續累積及研究之必要。本年度計畫在前期研究之基礎下，主要針對植物、鳥類及哺乳類動物等 3 種生物類群進行調查及監測，並對雪山高山氣象站及資料庫進行維護與資料持續收集，以期透過較長期的觀察，了解雪山地區各生物類群年際變化趨勢，提供探討在全球氣候變遷和人類活動對雪山地區生物群聚可能之影響，提供本處整體生態系經營管理對策及方案，落實國家公園經營管理政策目標。

二、計畫目標

本計畫「氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究」為整合型計畫，強調各研究群或子計畫間的合作、研究資料的標準化與互通性，另配合「97年至100年國家公園中程計畫」及「生物多樣性公約(COP7)保護區工作計畫」，達成以下之目標：

1. 雪山地區高山植物開花物候與氣候之關係。
2. 中大型哺乳動物族群與登山行為之探討。
3. 鳥類、中大型哺乳類群聚與季節變化之關係。
4. 瞭解雪霸國家公園雪山地區高山生態系開花物候、鳥類群聚與中大型哺乳動物動態變化與氣候變遷關係。
5. 提供雪霸國家公園生態系相關研究成果作為高山生態系經營管理規劃參考。
6. 建立適用的生物監測項目及預警系統，以避免雪山地區生態系受到更大的衝擊。

本計畫各項研究具體目標及工作項目如下：

(一)雪山植物開花物候與植群動態之研究

1. 雪山植物開花物候調查

- (1) 建構雪山雪東線步道沿線主要組成植物之物候資料。
- (2) 分析雪山高山生態系主要組成植物物候與氣候之關係。
- (3) 探討植物物候與海拔、植群帶、植群型、生活型等關係。

2. 三六九山莊玉山箭竹草生灌叢火後動態研究

- (1) 三六九山莊玉山箭竹草生灌叢火燒後年際間動態變化。
- (2) 火燒對木本植物後續生長與存活調查。

(二)雪山地區鳥類群聚與生態研究

1. 比較臺灣鐵杉、臺灣冷杉、玉山箭竹和高山芒等植物社會中鳥類群聚組成的年間和季節變化。
2. 探討鳥相時空變化及環境因子間的關聯。
3. 調查酒紅朱雀不同性別、年齡的存活率。
4. 探討酒紅朱雀使用三六九山莊廚餘和其體內有害成分濃度的相關性。

5.以自動相機調查繫放個體取用廚餘的比例，以推估整體食用廚餘的比例。

(三)雪山地區哺乳類群聚生態研究

本調查針對以雪山地區作為研究區域，以武陵-雪山的海拔高度及不同林相植被為依據進行哺乳動物相普查。調查對象涵蓋中、大型哺乳動物、小型齧齒目及鼯型目動物、翼手目蝙蝠等三大類。調查結果除詳列物種名錄外，並將分析海拔梯度的分布變化，以鹿野忠雄 1940 年的調查資料做比較，瞭解環境與氣候變遷對哺乳動物生息衝擊。本計畫成果將提供雪霸國家公園在未來保育政策、教育解說及經營管理上之參考依據。整體計畫目標為：

1. 整理本區相關之哺乳動物相調查及文獻。
2. 調查雪山步道沿線各類型哺乳動物之種類、相對數量、分布及各樣區多樣性指數分析。
3. 完成本區域哺乳動物資料庫之建置與更新（含座標定位、影像資訊）。
4. 結合其他子計畫之成果進行資料整合評估，尤其以植物分布、花果期以及昆蟲相資料進行合併分析，並分析環境因子與哺乳動物間的相互關係。
5. 提供資料以利國家公園作為保育經營管理及推廣教育之參考。

(四)雪山高山氣象站與資料庫維護與資料蒐集

1. 雪山高山氣象站

森林生態系的熱量(輻射能)收支是瞭解生態系功能所必需的基本資料，為使本研究計畫得以長期永續進行研究，雪山高山氣候資料的收集是必要的；因此，本年度研究計畫之雪山高山氣候站之氣象資料收集與儀器養由本研究計畫之氣象團隊持續進行。

2. 資料庫

為使本研究資料得以完善保存，雪山高山地區之環境與生物資料將持續依下列工作項目持續完成建置：

1. 依循國際標準，建立可供長期保存、容易交換整合的資料庫，並建立網站平臺，供公眾取閱。
2. 建置雪山生物調查(Occurrence)資料庫，並開放於網站，供公眾取閱。
3. 建置雪山生態調查監測資料庫，並開放於網站，供公眾取閱。

4. 建置雪山環境調查監測資料庫，並開放於網站，供公眾取閱。

三、研究地區概況

本計畫調查地點在雪山主峰沿線(如圖 3)，主要重點調查研究區域為 3,000 m 以上。雪山主峰沿線由登山口(2,150 m)，經七卡山莊(2,500 m)、哭坡(2,900 m)、雪山東峰(3,201 m)、三六九山莊(3,100 m)至雪山主峰(海拔 3,886 m)。研究區環境概況描述如下(圖 1)：

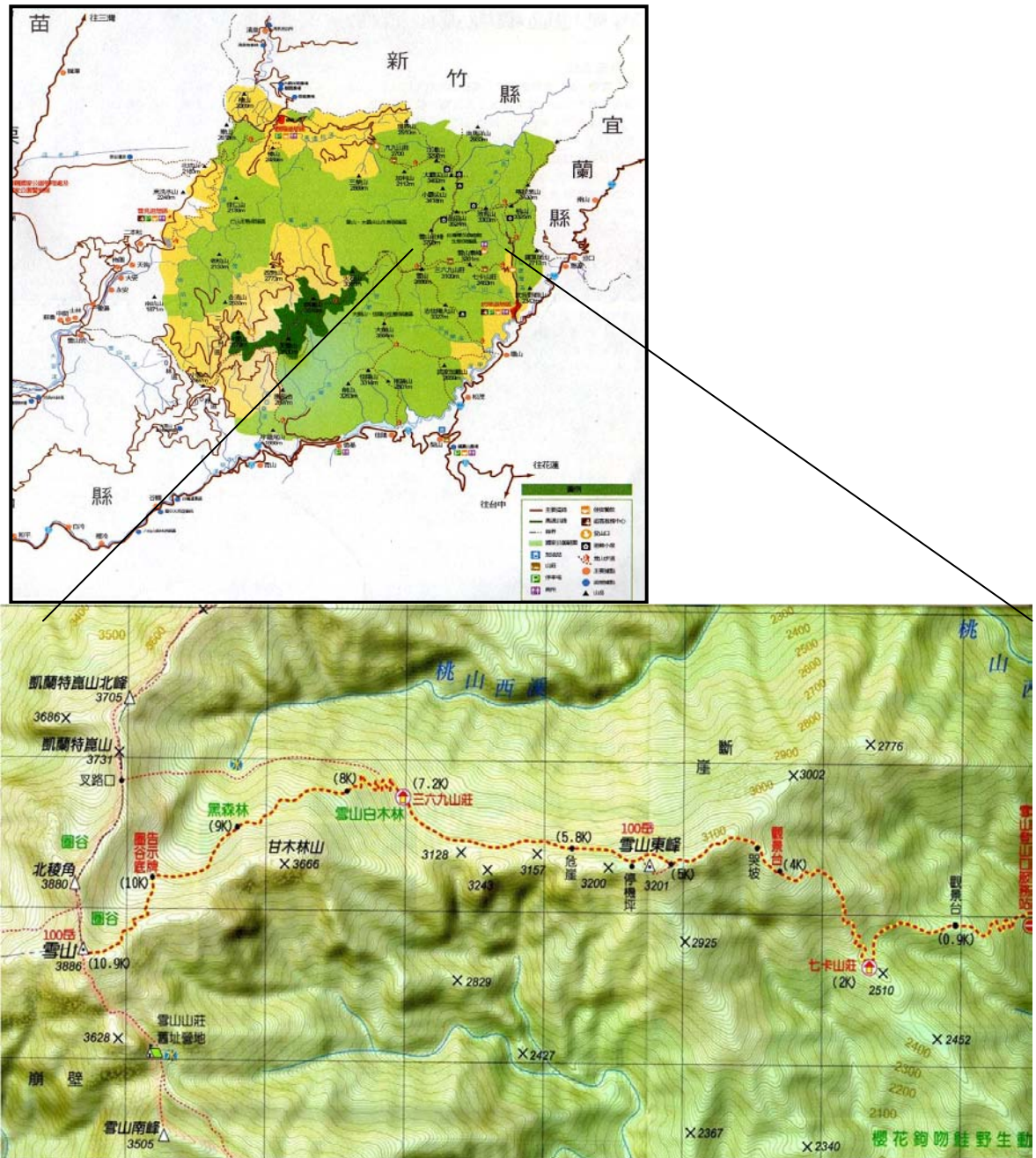


圖 1-1. 雪山高山生態系研究地區範圍圖。

(一)地形、地質與土壤

由武陵農場至雪山主峰的水平距離約 8,000 m 內爬升近 2,000 m，沿線多條溪谷貫穿，多懸崖、峭壁、險坡等自然景緻，區內邊坡陡峻，岩層破碎，加以凍裂等高山風化作用盛行，易崩與既崩的高敏感邊坡甚為普遍。圈谷是研究區非常重要的地形景觀之一，雪山地區有多達 35 個圈谷，圈谷是一開向口下坡，背後為極陡上坡的圓弧地形，日本學者鹿野忠雄博士為臺灣高山冰河的最早發現者(楊建夫，1999)。其中 1 號圈谷為臺灣最大的圈谷，位於雪山主峰的東北面，為雪山主峰線必經之路。

研究區內的地質屬於中央山脈地質區的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)。高山土壤約可分成 2 種情況，在森林界限以上的地區，多為粘板岩風化而成的岩海地區，土壤淺薄，多為岩礫構成，而在森林地區或高山草原區，其土壤多以壤土、腐植土為主，其結合、含水量均適當，但在地形陡，表土層淺薄，多構成瘠土(應紹舜，1976)。顏江河(2009)於七卡、哭坡、火燒地、黑森林與圈谷等 5 個地區土壤研究發現，土壤皆呈極酸性，土壤 pH 隨土層深度增加而增高之趨勢。土壤中有機碳越向下層含量越低。土壤有效磷隨土壤深度上升而下降且呈現明顯缺乏現象；土壤陽離子置換能量(C.E.C.)高，但置換性鈉、鈣、鎂很低。土壤含石率以哭坡箭竹草生地(16.01%)與圈谷(17.75%)最高，七卡土壤總含石率僅 2.33%。土壤總含根量以圈谷 0.27 kg/m^3 (40 cm 土深)最低，七卡土壤總含根量 1.63 kg/cm^3 最高，黑森林 1.16 kg/cm^3 次之，哭坡與火燒地幾乎一樣，各為 0.74 與 0.75 kg/cm^3 。

(二)氣候

雪山地區依陳正祥(1957)的臺灣氣候分類，研究區屬於寒帶重溼氣候(AC')，溫度低而溼度高，冬季有霧雪。此類又可分成 2 型：

- ①AC'₁ra'：冷而多溼，海拔 3,000 m 以上，僅只於玉山、雪山等山峰及其附近，冬寒，有積雪。
- ②AC'₂ra'：涼而多溼，全年不缺，分布海拔 2,000 m 以上。

2009 年依循群體計畫所設置之永久樣區而設置 4 處氣象站，氣象站設置地點之立地條件、站名及各項氣象資料如下：

表 1-1. 雪山地區氣象站觀測項目資料及地文因素表

站名 站號	圈谷 SP1	黑森林 SP2	三六九 SP3	哭坡頂 SP4
X座標(TWD97)	273961	274386	275879	278180
Y座標(TWD97)	2698080	2698560	2698536	2698351
海拔高度	3,584 m	3,405 m	3,142 m	3,100 m
坡向	NE	NE	NEE	SEE
植被	玉山杜鵑 玉山圓柏	臺灣冷杉	林火跡地	玉山箭竹 高山芒草
地表狀態	礫石	土壤	土壤	碎石
表面層礫石比率	90%	<10%	30%	50%
出露土壤剖面	無	60 cm	60 cm	50 cm
月平均氣溫(°C)	4.5	5.2	7.2	8.4
最高月平均氣溫(°C)	8.4	9.5	11.3	13.0
最低月平均氣溫(°C)	-1.0	-0.8	1.4	2.4
濕度(%)	75.0	83.7	69.7	78.9
降雨量(mm)	2780.6	2,254.4	2,568.8	2,318.2
平均風速(ms-1)	3.9	0.6	1.0	1.8
最大風速(ms ⁻¹)	25.8	9.6	8.0	17.9
日射量(MJm ⁻² mon ⁻¹)	4,595.0	891.52	4,834.3	5,291.96
PAR(molm ⁻² mon ⁻¹)	9,300.4	1,704.62	9,673.2	10,644.3
氣壓(hP)	662.7	■	■	700.0
草溫(°C)	5.9	5.2	7.9	9.3
地溫5(°C)	5.8	■	8.1	■
地溫10(°C)	5.8	5.7	8.0	10.3
地溫20(°C)	5.8	5.7	8.2	10.3
地溫30(°C)	5.8	■	8.3	■
地溫50(°C)	5.8	■	8.2	■
土壤熱流量(MJm ⁻² mon ⁻¹)	-1.60	■	-1.20	■
土壤含水量10(m ³ m ⁻³)	0.28	0.30	70.9	0.30
土壤含水量20(m ³ m ⁻³)	0.23	0.30	75.3	0.20
土壤含水量30(m ³ m ⁻³)	0.19	■	■	■
降雪深(cm)	111.7	65.0	30.8	10.7
AT < 0 °C(days)	56.8	48.3	27.3	29.0

■未設儀器測量

(三)雪山主峰線山地植群帶

依 Su(1984)、邱清安(2006)海拔高度帶、植群帶與氣候帶之分類(表 1)，雪山主峰線植群可依海拔高度劃分成 3,600 m 以上的高山植群帶(Alpine vegetation)、3,100-3,600 m 的冷杉林帶(*Abies zone*)、2,500-3,100 m 的鐵杉雲杉林帶(*Tsuga-Picea zone*)與 1,800-2,500 m 的櫟林帶上層(Upper *Quercus zone*)。高

山植群帶的分布範圍為圈谷，主要以玉山圓柏、玉山杜鵑為優勢，主要生活型為矮盤灌叢，灌叢間或下間雜有冬枯或常綠的玉山小蘗、玉山薔薇、高山艾 (*Artemisia oligocarpa*)、玉山白珠樹 (*Gaultheria itoana*)、玉山當歸 (*Angelica morrisonicola*)、雪山翻白草 (*Potentilla tugitakensis*)、羊茅 (*Festuca ovina*)、曲芒髮草 (*Deschampsia flexuosa*) 等 (呂金誠，1999；許俊凱等，2000)。

冷杉林帶為臺灣冷杉最優勢，以黑森林最為典型，黑森林近圈谷附近有較多的玉山圓柏與臺灣冷杉混生，生活型為喬木型；林下優勢地被植物可大致分成 2 型，一型以玉山箭竹為近單一優勢地被，另一型為以苔蘚、蕨類、鬼督郵屬 (*Ainsliaea*)、裂葉樓梯草 (*Elatostema trilobulatum*) 等較優勢，間雜臺灣茶藨子 (*Ribes formosanum*)、玉山女貞 (*Ligustrum morrisonense*) 等灌木 (歐辰雄、曾喜育，2008)。冷杉林帶常因火燒造成玉山箭竹或高山芒優勢的草原景觀，此等草原植物社會與臺灣冷杉形成動態推移，並存有巒大花楸 (*Sorbus randaiensis*)、褐毛柳 (*Salix fulvopubescens* var. *fulvopubescens*) 等小喬木組成之闊葉樹優勢之植物社會，下層數量較豐的灌木及草本組成尚有臺灣茶藨子、玉山小蘗、川上氏忍冬、高山芒、黃苑 (*Senecio nemorensis*)、假繡線菊等。以上區域為本計畫主要重點調查研究範圍。

表 1-2. 雪山主峰沿線海拔植群帶分布表

雪山沿線 相對位置	Altitude zone 高度帶	Alt. (m) 海拔高度	Vegetatoin zone 植群帶	Dominant Taxa 優勢分類群	Tm(°C) 年均溫	Equivalent Climate 相當氣候帶
圈谷	Alpine 高山帶	>3,600	Alpine vetetation 高山植群帶	玉山圓柏 玉山杜鵑	<5	Subarctic 亞寒帶
東峰-黑森林	Subalpine 亞高山帶	3,100-3,600	<i>Abies</i> zone 冷杉林帶	臺灣冷杉 玉山箭竹 高山芒	5-8	Cold-temperate 冷溫帶
七卡-東峰		2,500-3,100	<i>Tsuga-Picea</i> zone 鐵杉雲杉林帶	臺灣鐵杉		
登山口-七卡	Upper montane 上層山地	1,800-2,500	Upper <i>Quercus</i> zone 櫟林帶上層	臺灣二葉松 高山櫟	8-11	Cool-temperate 涼溫帶
七家灣溪	中層山地	1,200-1,800	Under <i>Quercus</i> zone 櫟林帶下層	臺灣赤楊 新木薑子屬 臺灣黃杉 臺灣二葉松	11-14	Warm-temperate 暖溫帶

由登山口至雪山東峰屬於櫟林帶上層與鐵杉雲杉林帶，惟此區經火燒、早期伐木等干擾，以及後續造林等因素，步道沿線之原生林多已不復存在，天然林僅殘存於近溪谷、凹谷或陡峭之處。七卡山莊至東峰前屬鐵杉雲杉林帶，以臺灣鐵杉為優勢，林下高山櫟、高山新木薑子 (*Neolitsea acuminatissima*)、雲葉

(*Trochodendron aralioides*)等闊葉樹；哭坡到雪山東峰附近可見臺灣鐵杉與臺灣冷杉混生(呂金誠，1999；許俊凱等，2000；曾喜育和蔡尚惠，2009)。雪山主峰沿線並未發現臺灣雲杉原始林，現存臺灣雲杉則為造林樹種，種植於步道兩旁的高山芒草生地。高山芒為本區優勢的草生植群，其間雜有臺灣二葉松、紅毛杜鵑(*Rhododendron rubropilosum* var. *rubropilosum*)等入侵形成疏林景緻。造林地樹種多以臺灣二葉松為主，高山櫟、玉山假沙梨(*Photinia niitakayamensis*)、南燭(*Lyonia ovalifolia* var. *ovalifolia*)、臺灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*)等喬木或灌木，近七卡山莊附近則有紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)造林地(曾喜育和蔡尚惠，2009)。

登山口至七卡山莊以臺灣二葉松、臺灣赤楊(*Alnus formosana*)、福州杉(*Cunninghamia lanceolata*)、臺灣雲杉等造林地，或火燒後以臺灣二葉松與臺灣赤楊為優勢之植物社會。林下優勢灌木及草本植物以玉山假沙梨、紅毛杜鵑、志佳陽杜鵑(*Rhododendron noriakianum*)、高山芒、巒大蕨等。山凹溪谷地以阿里山灰木(*Symplocos arisanensis*)、高山新木薑子為優勢，伴生有雲葉、尖葉槭(*Acer kawakamii*)、狹葉高山櫟等，林下有高山芒、臺灣瘤足蕨(*Plagiogyria formosana*)等植物(曾喜育和蔡尚惠，2009)。

第二章 雪山植物開花物候與植群動態之研究

曾彥學、曾喜育、王偉、王建皓、劉思謙
中興大學森林學系、中興大學生命科學系

摘要

關鍵詞：雪山、高山生態系、種子植物、物候、植群動態、火燒

一、研究緣起與背景

(一)高山植物開花物候

高山地區是一個較為特殊的生態系，其提供給當地物種的生育地環境較低海拔地區來的嚴苛，如低溫、高輻射及降雪等等，皆為物種在生長過程中的限制因子。全球暖化已對高山植物之生存環境造成威脅，平均溫度的提升，生存於高海拔的物種無處可退，勢必要改變生存策略。開花物候是植物繁殖生活史中最重要的一環，直接影響授粉成功率，亦影響後續成果率、種子散播率，因此本研究針對開花物候部分觀察，提供生態學術研究基礎資料，如綜合氣候變化進一步研究、探討，得知物種的生存策略，對於未來的物種資源保育可提供相當重要的資訊；另一方面雪山地區特殊的環境棲地孕育許多珍貴稀有植物，藉本研究定期觀察，對特殊物種分布更加了解，高山花草以花色鮮艷奪目聞名，春夏月分開花物種各具特色，亦提供雪霸國家公園作為遊憩賞花的資訊。

(二)高山火燒植群動態

火燒為亞高山地區最主要之干擾因子，其影響森林與草生地之分布。雪山三六九山莊附近之草生地於2008年12月18日發生火燒，影響面積約 20 ha。本研究調查火後草生地之植被恢復狀況、優勢物種之季節性變化、林緣苗木之現況及後續之更新情形、植生覆蓋度與小型齧齒類之關係，以建立亞高山地區火後生態系之基礎資訊，供火燒發生後經營管理及決策之參考。

二、研究方法與過程

(一)高山植物開花物候

物候調查地點為雪霸國家公園境內之雪山主峰線步道，自雪山登山口起(海拔2,140 m)至雪山主峰(海拔3,886 m)，進行種子植物開花觀察，步道沿線依海拔及植相林型分為5植群帶，觀察各月分之開花物種，共記錄173物種之花期時間，後續進一步分析物種特性、環境與花期間之關係。

(二)高山火燒植群動態

本研究於三六九山莊草生地火燒跡地設置 $3 \times 3 \text{ m}^2$ 之系統樣區(36個)和隨機樣區(36個)，以及9個對照樣區進行調查；系統樣區向臺灣冷杉林延伸，設置臺灣冷杉森林與玉山箭竹-高山芒草原之推移帶樣區。本年度工作主要針對三六九山莊草生地進行火後植物組成與覆蓋之季節變動調查及雪山圈谷之植群現況調查，進行其生活史、生活型、葉候、火後反應等功能群劃分，並以多樣性指數、對應分析(CA)、降趨對應分析(DCA)進行分析以了解物種組成與功能群在季節間的短期動態，並與不同年度火燒時期草生地進行比較。

三、重要發現

(一)高山植物開花物候

1. 本研究 2013 年 175 種植物之盛花期種數隨溫度升高而增加，高峰期發生在 7 月，隨後開花物種數開始下降；果熟時期高峰期發生在 10 月，約晚開花物種高峰期 3 個月。開花物種數與氣溫、降雨呈顯著正相關，而結實物種數與氣溫、降雨相關不顯著。
2. 雪山雪東線步道沿線物種開花時序與盛花期長度呈現多樣性，開花時間長度而言，因種類不同而異，盛花期長度 1-9 個月不等，以 1-2 個月短花期最多，占總物種數約 50% 以上。
3. 2013 年於春季(3-5 月)進入盛花期的物種共 41 種，其中，花期於 3 月就進入盛花期的植物有臺灣二葉松等 8 種；盛花期於秋季 9 月後進入的有 18 種，此類植物屬於晚花期者，其中，最晚(11 月)進入盛花期的有臺灣馬蘭、鄧氏胡頹子、大花咸豐草等 3 種。
4. 依臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等，2012)，雪山地區屬生存危機物種有雪山馬蘭等 16 種，盛花期都主要集中在 5-9 月。
5. 2013 年高山植群帶 43 種植物於 6 月開始陸續進入盛花期，開花物種數高峰期發生在 7 月；冷杉林帶調查 94 種植物的盛花期分布在 4-11 月，植物開花集中 6-8 月，盛花高峰期在 7 月；鐵杉雲杉林帶 71 種植物的盛花期分布在 3-11 月，7 月為盛花期物種數最高的月份，6-8 月是主要花期；櫟林帶上層 69 種植物的逐月開花物種數呈雙峰分布。雪山地區 4 個植群帶的逐月開花物種數皆與溫度呈顯著相關，與降雨相關不顯著；結實物種數高峰期主要發生在 9-10 月。

6. 廣泛分布的物種位於不同海拔梯度花期大多有所不同，多數種類隨海拔下降而有花期提早的現象。雪山雪東線步道沿線在坡向、坡度、森林下層等環境呈現多樣變化，造成部分廣分布植物開花未隨海拔梯度改變。
7. 雪山地區高山植物主要物種組成的科層級開花物候顯示，不同科別內物種花期呈現多樣化；盛花期較早科有堇菜科和松科，花期高峰 4-5 月，花期較晚之科別有柳葉菜科、蓼科、菊科及龍膽科，花期高峰 8-9 月。
8. 比較雪山主峰線步道沿線 2012 與 2013 年觀察 136 種相同種類開花物候發現，2012 年的開花物候種數高峰期在 6 月，2013 年發生在 7 月，約延遲 1 個月；2 個年度的結實高峰皆發生在 10 月。
9. 136 種植物開花物候觀察發現，56 種盛花期啟始月分未改變，15 種植物在 2012 年盛花期較晚，65 種植物的盛花期在 2012 年比較早。比較 2012 年與 2013 年氣溫發現，2013 年的冬季 2 月氣溫較高，3-7 月的氣溫較低，8-9 月的氣溫度較高。氣溫是高山植物開花最敏感的因子，春季至夏季的氣溫較低，反映出植物需要更長的時間累積熱量以滿足打破花芽休眠，此可能為 2013 年多數植物開花較晚原因。
10. 2012 與 2013 年不同季節盛花期啟始差異比較，春季進入盛花期種類中，18 種植物在 2 年間盛花期時間沒有差異，40 種在 2012 年比較早，8 種在 2013 年比較早；夏季進入盛花期植物中，35 種盛花期在 2 年間沒有差異，24 種在 2012 年比較早，7 種在 2013 年比較。造成春季與夏季植物進入盛花期時序上年際間差異的主要原因在於氣溫，2013 年 3 月開始進入春季後的月均溫要比 2012 年低，此可能影響春季開花的植物對熱量累積減緩，使得 2013 年春季有近 2/3 的植物開花較 2012 年慢。雖然 2013 年 3-7 月的月均溫較 2012 年來得低，但隨著夏季月均溫增加，熱量累積較快達到滿足，因此 2013 年夏季開花較晚的種類較春季少。
11. 比較雪山與玉山地區於 2013 年開花物候結果發現，在 2,600-3,100 m 的 46 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 17 種，雪山地區盛花期較早的有 9 種，玉山地區盛花期較早的有 20 種；在 3,100-3,600 m 的 47 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 16 種，雪山地區盛花期較早的有 16 種，玉山地區盛花期較早的有 15 種；在 3,600 m 以上的 16 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 7 種，雪山地區盛花期較早的有 4 種，玉山地區盛花期較早的有 5 種。由於雪山主峰與玉山主峰差約 100 km，相當於海拔 100 m 的溫度差異，即雪山地區要比玉山地區在

相同海拔、相似生育地情況下要低 0.5-0.8°C。這些共同植物的盛花期長度多以玉山地區較長，反映出玉山緯度較低，平均溫度較高而熱量累積亦較快的環境。

(二)高山火燒植群動態

1. 雪山三六九山莊火後草生地演替至今約 5 年，共調查 79 種維管束植物，包括蕨類植物 7 科 7 屬 9 種，裸子植物有 2 科 2 屬 3 種，被子植物共 26 科 55 屬 67 種；生活型變化不大。
2. 火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢，其中 2009 年 2 月和 4 月分別為 14 種及 15 種，2009 年 9 月增至 28 種，與 2010 年 4 月調查 38 種，2010 年 6 月共調查 47 種，2011 年 5 月共調查 34 種，2011 年 7 月共調查 45 種，2013 年 9 月共調查 44 種。
3. 三六九山莊草生地火後 5 年內 8 次調查中出現頻度大於 4 次，可能反應其對火燒的適應，幾乎為萌蘗型者；在火燒後期演替出現的物種且出現頻度 1-2 次者，多為依火後依賴種子或孢子繁殖者。
4. 豐度比例曲線圖發現，2009 年 2 月與 2009 年 4 月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘗方式快速生長佔據空缺的生育地。2009 年 9 月與 2010 年 4 月之豐度比例曲線開始緩和，至 2011 年及 2013 年 9 月之豐度比例曲線變化趨於緩和且穩定，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓植的種類使組成增加而更加均勻。
5. 三六九山莊草生地火燒後總覆蓋度由 2009 年 2 月的 2.1% 增至 2013 年 9 月 87.7%；調查發現優勢組成物種之覆蓋度具明顯的季節性變化，冬季時明顯下降，至隔年生長季回覆。
6. Sørensen 相似性指數分析不同時期調查之出現物種相似性發現，三六九山莊草生地在火後 2 個月出現的植物種類與其他時期的調查物種差異最大，樣區內個體多為火後殘存的種類；隨著火後恢復時間的增加，物種相似性有愈高趨勢，2009 年 4 月調查結果與 2009 年 9 月和 2010 年 4 月的物種相似性差異不大，2011 年與 2013 年的物種組成亦趨於穩定。
7. Cody 多樣性指數分析發現，三六九山莊草生地火後物種轉換率呈現季節波動，可能顯示散殖體拓殖的物種、種子庫萌發的物種新增、或火後不適的物種死亡等季節性變化；此外，物種交換率有遞減的趨勢，可能反

映出火後環境漸趨穩定，物種隨時間的轉換率漸少。這個現象在火後不同時期的拓殖率(2次調查期間的新增物種數/前期種數)與死亡率(2次調查期間的消失物種數/前期種數)可以驗證，不論在拓殖率或是死亡率的的部分都是漸趨穩定趨勢，然隨著季節更迭仍有些許波動。

8. 降趨對應分析(DCA)結果大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符，DCA的2個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異。
9. 由火燒後5年之物種多樣性、組成相似性，以及DCA分析等結果顯示，雪山亞高山玉山箭竹和高山芒優勢草生地生態系統植群演替動態約可以在火燒2-3年內快速回復至一相對穩定狀態。

四、主要建議事項

根據本研究於雪山地區植物物候之調查，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

(一)立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

1. 經過植物物候之調查，雪山主峰線種子植物花期高峰為6-8月，可提供雪霸國家公園做生態旅遊之簡介，使民眾更貼近的欣賞雪山之美，並達到保護自然資源之教育功能。
3. 亞高山生態系之草生地的優勢組成多具冬枯特性，加上冬季較為乾燥，應加強提醒登山民眾用火安全。

(二)長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系、環球科技大學環境資源管理系

建議事項：

1. 植物物候為植物適應環境所做之表現，隨環境溫度、水分、植物光週期等影響而變化，而物候是能提供多面向的重要資料，若能長期監測本研究區之植物物候變化，有助於深入了解臺灣高山地區生態系和環境、氣候間之變異關係。

2. 雪山三六九山莊草生地火後5年的季節調查發現，物種多樣性隨著季節與年際增加的趨勢，且較對照樣區高，顯示此種輕度地表火的干擾有助於增加早期火後生育地的物種多樣性。火燒雖明顯的耗損自然資源，但其對生物多樣性之維持有相當之助益，亦即在亞高山地區其應視為一生態程序，而非災害事件。必需瞭解火對生態系的重要性，除防止不當引火外，更可利用控制燃燒，進行適切影響，進而綜合火燒體制、生態系及其過程，作為自然資源經營之依據。

Abstract

【key words】 Mt. Shei, alpine ecosystem, seed plant, phenology species richness, diversity

In alpine area which is a particular ecosystem provide an extreme environment conditions to plants and animals. For instance, alpine areas have low temperature, high ultraviolet radiation and snow which are more restricted than low elevation areas. Climate changes have become a mainstream to discussion, especially the impact on global warming. Due to the average temperature ascent effects on ecosystem in general, the alpine vegetation is under serious threaten. Vegetation in the alpine zone exhibits a characteristic adaptation to the environment. And the phenology of alpine species is a way to research historic, current climate changes and repercussion. We observed plants to understanding when species grow in bud, tender, mature and falling and the mechanism of breeding. We had surveyed 31 sample lines and appointed 43 individuals in the phenology of seed plant from trailhead (alt. 2,140 m) to mountain peak (alt. 3,886 m) at Mt. Shei and recorded 175 species. The result obtained may be summarized follow; The peak of flowering species was in July, and flowering period was between June and August. Flowering species and fruiting species ware Significantly related to rainfall. With the elevation ascent, the same species of plants tended to flower later as they take root in higher altitudes. In addition, plants in higher altitudes generally showed a trend of later flowering. Because altitude is an indirect factor that is reflected in temperature change, it is inferred that the temperature at higher altitudes was reduced and insufficient, which led to the later flowering phenology in the area.

In order to comprehend the effect of vegetation composition in forest ecosystem after firing, we set 36 systematic samle plots and 36 random sample plots. According to species richness, diversity, and DCA analyze, we found vegetation composition became stable through five years after burning.

In this study, we combined the climate changes to analyze and discussion about the trend of plant phenology. The strategy of alpine species existence may give some information between alpine ecosystem and the environment of climate changes to preserve these alpine species resource in further.

一、前言

(一)研究緣起與背景

國家公園設置的目標在於透過有效的經營管理與保育措施，以維護國家公園特殊的自然環境與生物多樣性。因此，管理單位明確地掌握與瞭解園區內環境與生物多樣性之狀況與變化，針對可能威脅園區內環境與生物多樣性健全之因素，加以妥善地因應與處理，同時監測與評估經營管理的成效，對於達成國家公園設置的目標至為重要。

臺灣地區的國家公園是依據《國家公園法》第1條、第6條規定所設立，特別是第1條中明定「為保護國家特有之自然風景、野生物及史蹟，並供國民之育樂及研究」，因此國家公園的3大主要目標—保育、育樂、研究，意義分別是：

1. 保育：永續保存園區內之自然生態系、野生物種、自然景觀、地形地質、人文史蹟，以供國民及後世子孫所共享，並增進國土保安與水土涵養，確保生活環境品質。
2. 育樂：在不違反保育目標下，選擇園區內景觀優美、足以啟發智識及陶冶國民性情之地區，提供自然教育及觀景遊憩活動，以培養國民欣賞自然、愛護自然之情操，進而建立環境倫理。
3. 研究：國家公園具有最豐富之生態資源，宛如戶外自然博物館，可提供自然科學研究及環境教育，以增進國民對自然及人文資產之瞭解。

因此，深究其資源特色與管理方式，國家公園則是具備4項功能(內政部營建署，2007)：

- (1)提供保護性的自然環境。
- (2)保存物種及遺傳基因。
- (3)提供國民遊憩及繁榮地方經濟。
- (4)促進學術研究及環境教育。

其中，隨著人類對自然環境開發、活動日益頻繁，所造成之全球暖化等氣候變遷現象已對陸地生態系統產生若干影響，其中以高山生態系的反應最為顯著。由於高山地區之環境因子較中低海拔地區嚴峻，物種組成單純，對於氣候變化十分敏感；因此，研究高山生態系之族群生長、分布、群聚生態及群落功能性等，可作為氣候變遷的間接生物學和生態學證據。

著眼於整合性之生物學及生態學研究，必須以完整的生物相資料為基石，因此本計畫於前2年已完成雪山地區高山生態系之維管束植物相調查研究。除了植物資源清單的完備紀錄外，並分析各分類群屬性、科屬別、生長型等生物學特性及物種分佈地點、生態棲位等資料。作為比較雪山地區高山生態系與全球其他高山環境之比較基礎，並提供作為其他研究主題之基礎參考資料。

全球氣候變遷中最令人注目的即為溫室效應(greenhouse effect)，在平均溫度不斷升高的環境下，許多物種面臨生存的危機，有些物種得以藉由逐漸遷移至較高海拔或高緯度的地方，來逃離環境暖化的威脅，亦有些較不幸的物種沒有適宜的應對機制，只得漸趨向滅絕。為此許多科學家不停的進行相關研究，可望能更加了解溫室效應為環境所帶來的衝擊並提出應變措施。今年度計畫主要於建立種子植物物候之相關資料。

物候(phenology)又稱生物氣候，為自然界動植物與環境條件週期變化之間相互關係，舉凡候鳥遷徙、動物冬眠及植物開花等現象與氣候之關係，亦為自然界非生物變化(如初霜、解凍等)與季節氣候的關係。植物的物候為植物在一年生長過程中，隨氣候季節性變化而發生萌芽、展葉、開花、結實及落葉等規律性變化的現象(陸佩玲等，2006)。生物生活史的規律變化與環境息息相關，尤其受到溫度與降水所影響(王連喜等，2010)；因此，環境變異造成的物候變化可以成為觀察歷史氣候記錄的重要指標，尤其是全球氣候變遷及暖化的研究議題。

高山地區是一個較為特殊的生態系，其提供給當地物種的生育地環境較低海拔地區來的嚴苛，如低溫、高輻射及降雪等等，皆為物種在生長過程中的限制因子。全球暖化已對高山植物之生存環境造成威脅，平均溫度的提升，生存於高海拔的物種無處可退，勢必要改變生存策略。因此，藉由物候之觀察，了解物種的展葉、落葉、花開、花謝、結實、落果等生長及繁殖機制，並綜合氣候變化進一步研究、探討，得知物種的生存策略，對於未來的物種資源保育可提供相當重要的資訊。

全球各類型陸地生態系中以高山生態系(alpine ecosystem; high mountain ecosystem)最能明顯地反映出氣候變遷之影響，其環境主要由低溫、強度太陽輻射、強風等氣象因子造成，與極地生態環境類似(Körner, 2003)。因此學者在使用高山生態系名詞時，除“high mountain ecosystem”，亦使用“alpine ecosystem”一詞(Körner, 2003)。“alpine”字義源自於阿爾卑斯山脈(Alps)，現多

使用在高緯度及高海拔地區中，受長期穩定氣候影響下，從山區鬱閉森林 (montane closed forest) 上限到永久冰雪帶地區 (nival belt) 推移帶 (ecotone)(Körner, 2003; Holtmeier, 2003)。

臺灣3,000 m以上的高山地區，特有種植物比例將近50%，且多為冰河子遺物種(Hsieh, 2003)。雪山地區是臺灣頗具代表性的高山生態系，至今仍保存著極為完整之自然資源，在嚴苛氣候條件下孕育著不同的植物社會，動、植物資源迥異於其它生態系，自1932年鹿野忠雄公開發表臺灣第一篇高山冰河論文後，雪山一直是許多研究學者所關注之區域，極需進行調查及長期監測(楊建夫, 2006)。雪山高山生態系的生活型譜反映在植群形相與結構組成的分化，海拔3,000 m以上地區主要由3種植物社會組成，一是以臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)為優勢之森林植物社會，伴生玉山圓柏(*Juniperus squamata*)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)、巒大花楸(*Sorbus randaiensis*)等喬木；其二是分布在臺灣冷杉林之上的玉山圓柏與玉山杜鵑為優勢的灌叢植物社會；其三是主要分布在嶺線上，鑲嵌在臺灣冷杉林間，由玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)與高山芒(*Miscanthus transmorrisonensis*)組成的灌叢草本植物社會(呂金誠, 1999；歐辰雄等, 2006、2007；邱清安, 2006)。其中玉山箭竹、高山芒之灌叢草生地和臺灣冷杉林，因火燒干擾常形成明顯推移帶(ecotone)，兩個植物社會形成競爭的動態推移。

高山生態系植群常見之干擾有火燒、雪崩、放牧行為、人類活動等，對生態系的影響依其強度有不同結果。在臺灣高山地區，多為火燒因子影響高山生態系演替的進行。嚴重的火燒會破壞當地環境，使其演替階段回至較初期的型態，然而輕微的火燒可加速地上部養分回歸土壤、對苗木下種更新、病蟲害控制、野生動物食物來源等皆有不同助益。雪山地區三六九山莊附近草生地，於2008年12月18日晚上發生火燒，至19日下午4時熄滅，延燒面積約20 ha，其中草生地占近19 ha，臺灣冷杉森林約1 ha，為10年來同地區第2次火燒。本研究調查火後草生地之植被恢復狀況及優勢物種之季節性變化、林緣苗木之現況及後續之更新情形及植生覆蓋度與小型齧齒類之關係，以建立雪山地區火後生態系之基礎資訊，供火燒後經營管理及決策之參考。

(二)前人研究

1.植物生長所受之影響

植物的物候學(phenology)和其生長速率(Taylor, 1974)、養分轉移(Sosebee and Wiebe 1973)、熱能需求(Nuttonson, 1955)及演化(Kikuzawa, 1995)等皆有所關聯，為研究生物之生活週期與其周圍環境，尤其是和氣候間關係的科學(Nautiyal *et al.*, 2001)。植物隨著季節推移而展現週期性變化，且配合生育環境的變遷，產生物候現象(劉崇瑞和蘇鴻傑，1983)。因此物候是植物適應氣候和天氣規律的結果，物候觀測可以了解植物生長、發育及繁殖過程中形態變化和氣候及環境間的相互關係(黃信源，2007；Shen, 2000)。

植物物候除了受到本身的遺傳組成影響，亦隨著生育地中的光週期(photoperiod)、水分供應的多寡及溫度變化等環境因子而改變(劉崇瑞和蘇鴻傑，1983)。物種在進化的過程中，會逐漸利用光週期的變化，使得其生長期不會發生或持續到對本身新生組織會造成傷害的時期，到冬季後期，光週期對植物的限制也會逐漸減少，取而代之的是熱量的多寡，成為影響植物生長的主要因素(Körner, 2003)。Ram等(1988)在喜馬拉雅山中部地區(3,250-4,200 m)的研究中發現，植物生長季的開始與春季的氣溫密切相關，而在生長季末期，控制生長季結束的主要因素是為光週期，其次才為溫度(Körner, 2003)。在高山生態系中，有一群具有休眠機制的物種，如百合科(Liliaceae)的百合屬(*Lilium*)、鹿藥屬(*Maianthemum*)、續斷科(Dipsacaceae)的山蘿蔔屬(*Scabiosa*)等，這些物種為打破休眠，會對溫度更加敏感，其生長季的調控主要取決於降雪出現的規律性(Körner, 2003)。

2. 植物之花候

植物的開花時期則受到環境條件嚴格的控管，溫度和光週期為主要的影響因子(Körner, 2003)。高山生態系的生育地環境，給予植物生長的限制因子較多，如冬季的低溫、降雪，不僅影響植物的營養生長季，亦影響了植物的繁殖生長季(花季)。可藉此劃分成3種開花時期(Körner, 2003)：

- (1)早期開花型：在積雪融化或土壤開始解凍的時候開花(如部分薹屬*Carex*和地楊梅屬*Luzula*的植物)。
- (2)中期開花型：在生長季的高峰期開花(如部分早熟禾屬*Poa*的植物)。
- (3)晚期開花型：在生長季快結束時開花(如部分蓼屬*Polygonum*植物)。

高海拔地區不同植物生長型有不同的花期高峰，海放南-邦卡兒(2007)研究玉山國家公園塔塔加區域植物物候，研究結果顯示，草本植物開花高峰期在夏季，木本植物開花期較不集中，以5月和8月之開花物種數較多，且不同坡向所受到的光照多寡會影響植物開花之物種數。

劉崇瑞和蘇鴻傑(1983)探究垂直高度分層對生育地因子的影響，顯示不同高度層次在光量部分顯著差異，溫度、濕度、光量等環境因子亦有所差異。海拔梯度涵蓋許多環境因子，植物物候沿海拔梯度有序列性變化。呂理昌(1990)於玉山國家公園從塔塔加至玉山主峰，就同一物種不同的海拔分佈做物候觀察，結果顯示隨海拔的升高開花期會延遲半個月至1個月，例如臺灣草莓(*Fragaria hayatai*)分佈海拔2,600-3,800 m，於同時間調查時塔塔加(2,600 m)已結紅果，但排雲山莊(3,500 m)只有開花現象。張又敏(2006)研究金毛杜鵑(*Rh. oldhamii*)之開花模式，其觀察標本發現中部地區全年有植株開花，花期主要為7-10月的夏末秋初，隨著海拔上升，盛花期由2-5月轉移至7-10月。溫英杰等(2008)研究阿里山山櫻(*Prunus transarisanensis*)遺傳多樣性，觀察1份霧社櫻(*Pr. taiwaniana*)與14份阿里山山櫻之開花期，材料採自塔山(海拔2,200 m)、志良(海拔2,000 m)、武陵農場(海拔1,800 m)及思源啞口(海拔2,100 m)，結果顯示阿里山山櫻開花期會隨著海拔上升而延後。Sandring等(2007)研究筷子芥屬(*Arabis*)植物於高山和低地在不同生育地的花候現象，樣區分別設置於挪威(Norway)Spiterstulen樹木界線以上(61°38'N 8°24'E，海拔1,106 m)，及瑞典(Sweden)Stubbsand波希尼亞灣礫石岸(63°58' 18°17'，海拔0 m)，結果顯示2000-2002年間高山較低地族群花期開始時間相差不大，結束時間則較為延遲。

3. 高山植群與火燒生態學

熱帶及亞熱帶高山地區的樹木界線(treeline)以上稱為高山生命帶(alpine life zone)或高山寒原(alpine tundra)(Holdridge, 1947; Wielgolaski, 1997)，與極地寒原不同，高山寒原多半沒有永凍土層(permafrost)，此生態系約佔全世界陸地總面積的3%，其上緣為植物生長的界線(Körner, 2003)。高山生命帶植被類型大多以矮盤灌叢、石南原型態(heath-like)和草本植物為主。高山地區的日夜溫度變化十分劇烈，在日間，高山地區裸露的土壤在陽光曝曬下，溫度可高達80°C，入夜後的輻射冷卻效應會使植物葉部組織的溫度比周圍空氣低3-5°C左右(Körner, 2003)。然而Körner和Paulsen(2004)研究指出生長季平均地溫 $6.7 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 地區，約為樹木直立生長的極限。Körner(2003)研究指出全世界的高山植物種

類介於10,000-20,000種之間，約分屬100個科，重要科別為有菊科(Asteraceae)、禾本科(Poaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、唇形科(Lamiaceae)、薔薇科(Rosaceae)、繖形科(Apiaceae)、敗醬科(Valerianaceae)等。

Harsch等(2009)分析全球166處樹木界線，發現自1900年來有52%樹木界線往上移動，而僅1%樹木界線退化，樹木界線隨著冬天溫度上升而向高海拔或高緯度前進。Kazakis等(2007)在希臘克里特島Lefka Ori山區(1,664-2,339 m)評估在亞高山(subalpine)及高山(alpine)地區生物多樣性受到氣候變遷的潛在影響，共記錄70種維管束植物，其中有20種是克里特島的特有種(the Cretan endemics)，歸納出23個科別，主要以十字花科(Cruciferae)、禾本科、菊科、石竹科、唇形科最多。利用Shannon-Wiener index- S_s 及 β -多樣性指數，分析不同山峰之間的維管束植物種數及特有種比率(endemism)，研究發現隨著海拔梯度上升，植物種類豐富度及物種轉換率則越低。Pickering等(2008)在澳洲雪山地區，設置5個山峰監測樣點(1,729-2,114 m)，沿海拔梯度上升，植群類型從「低高山灌叢」轉換至「上高山草原」；總共調查75種維管束植物，分析5個山峰物種組成及植物區系，發現到物種豐富度亦隨著海拔的上升而降低，以植物區系來看屬於高山特有種(alpine endemic)植物比例亦隨海拔上升明顯增加；並估計澳洲在2030年的溫度將會上升0.3-1.3°C，然而澳洲沒有長年積雪地區，推測9種僅生存於最高山峰的高山植物將會滅絕，因為已經沒有更高海拔的地區可讓這些高山植物向上遷移。

1835年瑞士Oswald Heer生態學者，調查阿爾卑斯山系Piz Land山峰的維管束植物種豐富度(vascular plant species richness)及植群類型，經過100多年後再度調查，發現維管束植物分布的海拔高度更高(Pauli *et al.*, 2001)。另Pauli等(1999)在1994年奧地利提洛爾(Tyrol)高山地區至積雪帶推移帶之間(海拔2,900-3,450 m)，設立362個長期監測樣區；於2004年時再次調查及研究，經過10年的變化，平均每樣區的維管束植物豐富度增加11.8%。其中有23種植物出現在樣區的數目增多，另外，碎雪草(*Euphrasia minima*)、高山柳穿魚(*Linaria alpine*)、早熟禾(*Poa laxa*)等3種植物則明顯的減少。綜上所述，透過長期監測方法可瞭解維管束植物的擴張或減少情形，進而推測高山生物多樣性的組成及變化，受到氣候暖化影響甚劇(Grabherr *et al.*, 1994; Körner, 2003; Pauli *et al.*, 2001)。

臺灣高山地區有幾點特性：1. 具有更新世(Pleistocene)冰河遺跡；2. 樹木

界線位於山頂；3. 碎石坡地形由寒凍風化作用產生(Böse, 2006)。Böse(2006)比較臺灣在晚更新世期及現存的地形海拔分區，認為玉山、南湖大山、雪山等山區，自晚更新世至今樹木界線高度一直往上提升，若以平衡線高度(equilibrium line altitudes, 亦即雪線)推估，由氣候上造成潛在樹木界線應位於4,000 m高度；但目前現存樹木界線海拔高度位於3,200-3,500 m之間，推測受到寒凍風化作用和地形之塊體運動影響致使。然而邱清安等(2010)以生態氣候觀點探討臺灣是否有寒原存在，因極地寒原與高山寒原最重要之環境特徵為支持植物生長的熱量不足，但二者在植相及環境均有差異。「矮盤灌叢」屬於森林—寒原推移帶之一部分，依較高階生態系、植群形相分類觀點，以生物氣候指標之修正溫量指數 15°C 以下，海拔約於3,600 m 以上高山地區，經由地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)計算面積約為913 ha(佔全臺灣面積0.03%)，初步認為臺灣高山森林界線以上的矮盤灌叢應可簡化認定為寒原。然而若採用更細微的植群劃分，則臺灣高山植群並非典型之寒原，宜逕稱為「矮盤灌叢」。

曾彥學等(2010)調查雪山主峰沿線維管束植物共記錄98科285屬598種，其中原生94科267屬571種，外來種14科24屬27種，栽培種2科3屬3種，217種特有種，物種相當豐富。種子植物區系科分析結果，可反映出雪山植物區系為熱帶到溫帶之過渡區，且物種與東亞植物區系有相當大之關聯性；維管束植物屬的相似性，和大霸尖山及日本之組成較為相近，而且雪山高山地區特有物種數相當豐富，佔總物種數36.3%，比臺灣特有物種比例26.1%高出許多。

王偉等(2010)分析雪山主峰沿線共計44個樣區，依據植物社會外觀形相(physiognomy)劃分成森林植物社會、灌叢植物社會及草本植物社會，利用矩陣群團及優勢種概念，將所得結果依海拔高低及各植物社會對應之氣候帶與植群帶(邱清安等，2008；Su, 1984)進行討論(如圖2-1)。

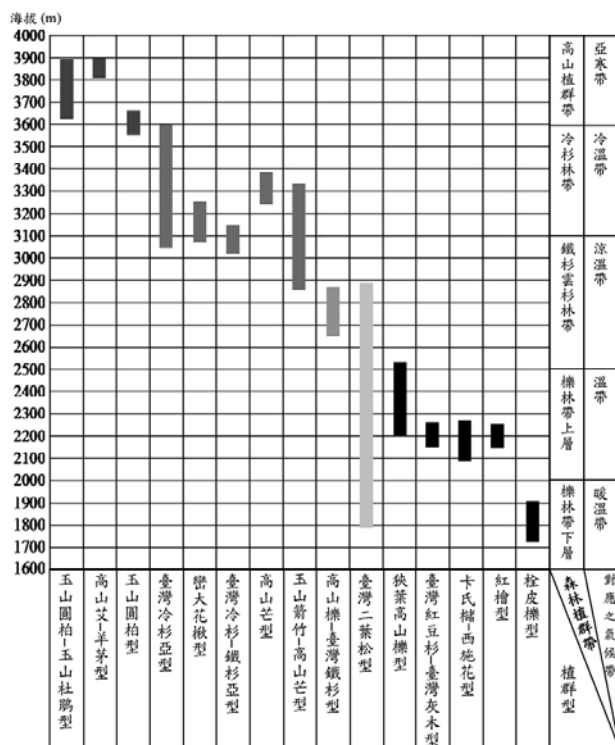


圖 2-1. 雪山主峰線植物社會海拔垂直分布與植被帶、氣候帶關係圖
(王偉等，2010)。

柳楮(1963)針對小雪山高山草原生態推論火燒為臺灣高山草原形成之主要因素。劉業經等(1984)指出玉山箭竹草生地之形成，係因火燒所造成且玉山箭竹與臺灣冷杉之間有明顯的推移帶存在。臺灣中高海拔之玉山箭竹草原和臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)林被認為是適應火燒干擾因子而所形成的亞極群落現象(王忠魁，1974；柳楮，1963；郭城孟，1990)。Cierjacks等(2008)亦認為火燒是樹限下方高山熱帶林鑲嵌分布之主因，火燒導致成熟木及苗木大量死亡，造成其於分布範圍內之不連續分布。賴國祥和陳明義(1992)指出亞高山地區火燒後植物之恢復以原有之種類占較大優勢，火燒後19個月覆蓋度可達85%。林永發和邱清安(2002)的調查發現，雪山東峰灌叢草生地火燒後第4個月植生覆蓋達53.6%，第6個月覆蓋86.1%，第21個月達到98.2%。賴國祥和王志強(2009)針對三六九山莊草生地火燒後研究發現，火燒後調查出現於樣區的種數，火燒後2月、4月皆為15種，火燒後9月增至31種；總覆蓋度由火燒後2月之3.4%增至火燒後9月的34.9%。2月以玉山箭竹、玉山石松(*Lycopodium veitchii*)及高山白珠樹(*Gaultheria itoana*)為主。4月則以玉山箭竹、高山芒、一枝黃花(*Solidago virgaurea* var. *leiocarpa*)及臺灣藜蘆(*Veratrum formosanum*)為優勢物種。9月以高

山芒為最優勢物種，其次為玉山箭竹、臺灣藜蘆、假繡線菊(*Spiraea hayatana*)及一枝黃花，皆為具地下部萌蘗能力之物種。

Zimmermann等(2008)指出苗木重建之4項主要影響因子為火燒、競爭者、溼度及種子活性；Bader等(2007)則認為森林向林限擴展之能力可能受限於低溫、過量的幅射、競爭、土壤性質、散布能力及火燒，並指出遮陰為大多數苗木生長存活之重要因素。Germino等(2002)亦指出苗木之存活率除了時間(當時的氣候環境)及空間(方位、微立地狀況等)模式之影響外，若曝露於強光下，將加重低溫及缺水之壓力，限制其在高山地區樹限之苗木重建。Kemball等(2006)探討不同火燒程度苗床之種子發芽及存活率後指出，火燒嚴重之礦質土苗床發芽率最差，但經過一個生長季後其存活率較高，可是其高的存活率並無超越低發芽率，另不同樹種其適合之苗床亦稍有差異。Eshel等(2000)火燒後種子之發芽可能受灰燼產生之高pH值所抑制。Kalamees等(2005)則指出*Pi. patens*於火燒過及早期演替階段之立地其發芽及苗木建立有增加現象。

賴國祥(2005)指出臺灣二葉松林發生火燒後，更新狀況需視火燒強度而定，一般中高強度火燒，若種原足夠，於亞高山地區7~8年即可完成更新，但若發生較高強度之火燒，更新完成時間將超過10年；天然更新苗木雖於火後即有發生，但大發生似乎於火後2~3年才出現；林外草生地因其乾旱的棲地型態(地表枯枝落葉之含水率不高)及燃料排列方式，一經點燃，燃燒迅速，地表植生常燃燒殆盡，然由於高山芒及玉山箭竹火後萌蘗迅速，大約6個月即可恢復覆蓋。至於臺灣冷杉-臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)林則因其富含水分之枯枝落葉及腐植質，在未完全燃燒之狀況下，火燒強度將逐漸減弱，而於林緣地帶熄滅，僅林緣小苗遭火焚燬(賴國祥，2003)。De las Heras等(2002)指出影響火燒後之次級演替的主要因子有原生植物社會之組成、火燒之嚴重程度、發生火燒季節和火燒後仍可存活的土壤種子庫。

劉崇瑞及蘇鴻傑(1978)研究大甲溪上游臺灣二葉松天然群落組成時，認為連續性之週期性火燒乃是形成臺灣二葉松林之主要原因，在林火發生後，因地表草類及灌木多被清除，礦質土暴露，成為植物下種之優良環境。呂金誠(1990)研究臺灣主要森林生態系火燒後之演替，認為臺灣二葉松林為臺灣最易誘發火燒之林型；陳明義等(1986)指出若無火燒的再次發生，臺灣二葉松將因更新困難而無法繼續存在。呂福原等(1984)亦認為火燒後由於先驅植物迅速入侵，如五節芒(*M. floridulus*)、玉山箭竹、巒大蕨(*Pteridium aquilinum* subsp. *wightianum*)

等，此類族群一遇乾燥季節，極易引起週期性火燒。

賴國祥和陳明義(1992)指出合歡山地區火燒後植物之恢復以原有之種類占較大優勢，第1年火後7個月(10月)覆蓋度為28%，優勢物種為高山芒、巒大蕨及玉山箭竹，至火燒後19個月覆蓋度可達85%。至於火燒後之嚙齒類以森鼠為主。另陳隆陞(1995)調查玉山塔塔加地區1993年元月火燒後之植被演替，指出玉山箭竹及高山芒因具地下莖，火後萌發迅速，其原覆蓋區經6個月後覆蓋度可達65%。賴國祥(2005)指出臺灣二葉松林發生火燒後，更新狀況需視火燒強度而定，一般中高強度之火燒，若種源足夠，於亞高山地區7-8年即可完成，但若發生較高強度之火燒，更新完成時間將超過10年。其亦指出天然更新苗木雖於火後即有發生，但大發生似乎於火後2-3年才出現。另林外草生地因其乾旱的棲地型態(地表枯枝落葉之含水率不高)及燃料排列方式，一經點燃，燃燒迅速，地表植生常燃燒殆盡，然由於高山芒及玉山箭竹火後萌發迅速，大約6個月即可恢復覆蓋。至於臺灣冷杉-臺灣鐵杉林則因其富含水分之枯枝落葉及腐植質，在未完全燃燒之狀況下，火燒強度將逐漸減弱，而於林緣地帶熄滅，僅林緣小苗遭火焚燬(賴國祥，2003)。

二、材料與方法

(一)研究區概況

1. 範圍

雪霸國家公園境內之雪山雪東線步道，自雪山登山口起(海拔2,140 m)經由七卡山莊、哭坡、東峰、三六九山莊、黑森林、圈谷至雪山主峰(海拔3,886 m)，海拔落差約為1,746 m。取樣調查範圍如圖2-1。

本研究主要之調查工作維種子植物物候之調查研究，茲將調查方法說明如下。

2. 地形

研究區域內地形變化甚大。登山口-七卡山莊-哭坡頂端為南向坡面，哭坡頂端-三六九三莊前為嶺線路段，三六九三莊-黑森林-圈谷底部為北向坡面，圈谷底-雪山主峰為研究區顯著的冰河地形遺跡(圖2-2)(呂金誠，1999；楊建夫，2000)。

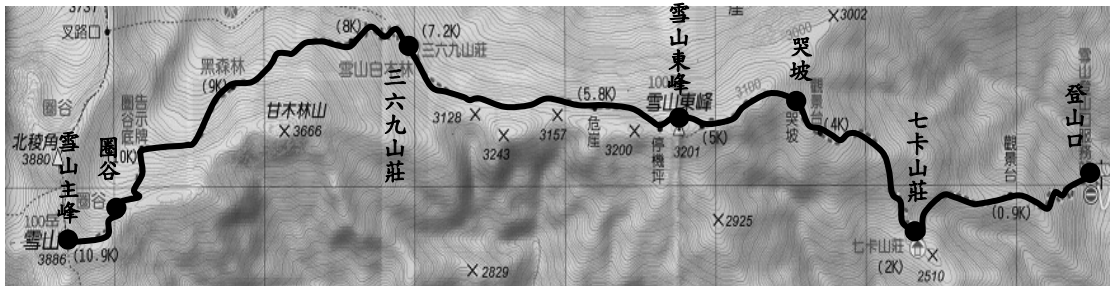


圖 2-2. 雪山主峰沿線步道之研究區域範圍示意圖。

(資料來源：雪霸國家公園提供)

3. 氣候

據陳正祥(1957)對臺灣氣候分類，本研究區屬於寒帶重溼氣候(AC')，溫度低、溼度高，冬季有霧雪。此類型氣候又可分為二型，分別為：(1)AC'₂ra'：涼而多溼，全年不缺水，分佈海拔2,000 m以上；(2)AC'₁ra'：冷而多溼，僅限於玉山與雪山等高山峰及其附近，即海拔3,000 m以上，冬寒，有積雪。

高山地區設置氣象站不易，故雪山主峰沿線地區並未有長期觀測的氣候資料，應紹舜(1976)曾以玉山北峰(海拔3,850 m)氣候觀測資料，推估雪山主峰(海拔3,886 m)平均溫度約4-6°C之間、年降水量約2,800-3,100 mm。近期雪霸國家公園之高山生態系整合研究中，魏聰輝和林博雄(2010)的報告指出已在雪山主峰沿線設置4個氣象站，由海拔高至低之氣象站分別位於圈谷、黑森林、三六

九山莊及哭坡頂，調查期間為2009年10月至2012年5月。海拔高至之低氣象站所調查到的平均氣溫如圖2-3。

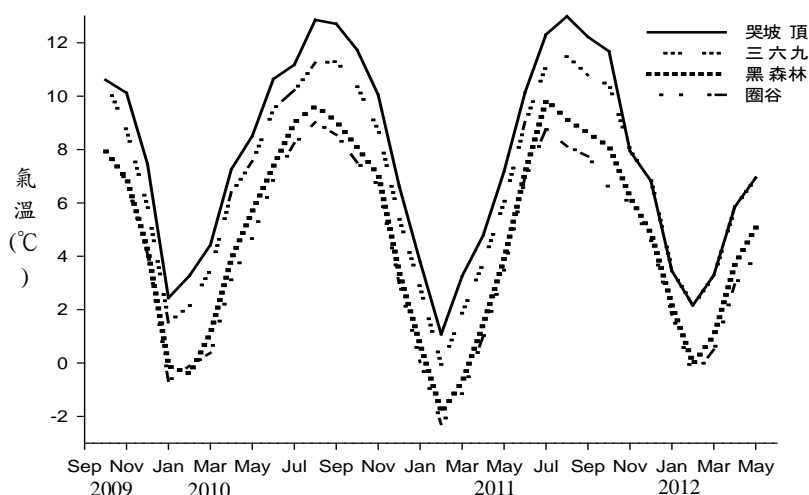


圖 2-3. 雪山地區 4 個氣象站平均氣溫變化情形。
(資料來源：魏聰輝和林博雄，2010)

4. 地質及土壤

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。雪山高山地區的土壤，若為森林界線以上地區，多以粘板岩風化而成的岩海地區，土壤淺薄，幾乎由岩礫構成；若為森林地區或草原地區，則土壤多以壤土、腐植土為主，然地形陡峭，表土層淺薄多構成瘠土(何春蓀，2003；應紹舜，1976)。

顏江河(2009)在雪山主峰沿線七卡(里程碑1.9 km)、哭坡(4.4 km)、火燒地(7.1 km)、黑森林(8.9 km)及圈谷(9.5 km)設置土壤採樣點，研究結果顯示，所有樣點的土壤pH皆成極酸性。

(二)植物物候調查

考慮海拔梯度、植群帶、植被類型及地形等條件，參考 Su(1984)、王偉等(2011)將臺灣中部森林依海拔高度劃分之植群帶及對應氣候帶，雪山主峰線可劃分成 4 個植群帶，海拔由高至低為：高山植群帶、冷杉林帶、鐵杉雲杉林帶及櫟林帶上層，各植群帶之範圍及主要優勢物種如表 2-1 所示，其中冷杉林帶於本研究區橫跨範圍較大，主要優勢植群可分為 2 型，里程 4.4-8.9k 為箭竹草叢型，優勢物種為玉山箭竹、高山芒，較少高大木本植物；里程 8.9-9.8k 為冷杉林型，優勢物種為臺灣冷杉，林內日照較低。

參考鄭婷文(2010)於雪山主峰線步道調查植相組成，本研究選取步道兩旁較優勢、花朵鮮艷、臺灣特有及珍貴物種進行開花觀察。自2011年5月起初步熟悉物候概況，研究期間於2012年3-12月，每月至少進行1次觀察，選擇族群數量較穩定之物種觀察花期，記錄各月分之開花物種。單一植株花期以花冠開放、花藥成熟至凋謝期間為準，物種花期以族群內開花株數達30%以上為準。

表 2-1. 雪山主峰步道不同路段之植群帶劃分(王偉，2011；Su,1984)

植群帶	路段	里程碑 (km)	海拔(m)	主要優勢物種
高山植群帶	圈谷底-主峰	9.8-10.9	3,600-3,886	玉山圓柏、玉山杜鵑
冷杉林帶	三六九山莊-圈谷底	4.4-9.8	3,050-3,600	臺灣冷杉、玉山箭竹、高山芒
鐵杉雲杉林帶	七卡山莊-哭坡頂	2.0-4.4	2,510-3,050	臺灣鐵杉、高山櫟
櫟林帶上層	登山口-七卡山莊	0.0-2.0	2,140-2,510	臺灣二葉松、臺灣赤楊

(資料來源：王偉，2011；Su,1984)

(三)高山植群動態

1. 樣區設置與調查

雪山三六九山莊附近之草生地於2008年12月18日發生火燒，影響面積約20 ha。本研究針對火燒後玉山箭竹與高山芒草生地之物種種類與各物種覆蓋度進行季節性變化之調查，分別於4月與9月進行調查。本研究依三六九山莊草生地現場進行系統取樣及隨機取樣方式進行調查。

- (1) 系統樣區：於三六九山莊後方臺灣冷杉林緣至步道間之草生地，設定一條水平之高界，間隔25 m設立一樣桿，並以樣桿為該樣帶最上部的頂點，下拉70-100 m不等之長度，每間隔10 m設立一3×3 m²樣區，每一樣區再劃分成9個1×1 m²之小區。其中4個角落之1×1 m²小區為調查區域。調查各小區之植物種類及各物種之覆蓋面積並拍照建檔。
- (2) 隨機樣區：由黑森林入口處至水源地入口下方之草生地，沿步道兩側隨機設立3×3 m²之樣區，調查項目及方法同系統樣區。

2. 資料分析

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、代碼及各物種之覆蓋面積，計算各物種於調查樣區中之頻度及優勢度，再轉換成相對值。樣區各植物之介量以重要值指數(importance value index, IVI)表示，代表某植物在樣區中所占有之重要性。

頻度(frequency)=某種植物出現之總樣區數/所調查之總樣區數

優勢度(dominance)=某種植物覆蓋面積總合/所調查之樣區總面積

相對頻度(relative frequency)=某種植物之頻度/所有植物頻度之總和
×100%

相對優勢度(relative dominance)=某種植物之優勢度/所有植物優勢度
之總和×100%

重要值指數(IVI)=相對頻度+相對優勢度

同一時期所有樣區所有物種重要值指數和為200。

本研究計算每次調查之物種數、夏農歧異度指數(Shannon's index of diversity, H)以及均勻度指數(Evenness index, J)，了解每次調查的植物歧異及變化情況。並利用Sørensen相似性指數計算每次調查植物種類的相似度，以及利用降趨對應分析(detrended correspondence analysis, DCA)分析，用以了解三六九山莊草生地火後植群變化的趨勢。以上以CANOCO(4.5)或PCORD(McCune and Mefford, 1999)軟體進行植群分析，同時進行環境因子與植物社會組成、數量分析，以瞭解植物社會與環境因子間之關係(ter Braak, 1985, 1986, 1987)。夏農歧異度指數、均勻度指數和Sørensen相似性指數計算方式如下：

$$H = -\sum(n_i/N) \times \log(n_i/N) = -\sum p_i \times \log p_i$$

$$J = H / \log S$$

$$\text{Sørensen similarity index} = 2c / (a+b)$$

a為A植物社會有的物種、b為B植物社會有的物種、c為A、B植物社會共有的物種

三、結果與討論

(一)高山植物物候

1. 2013 年雪山地區開花及結實物候表現

本研究 2013 共觀察 48 科 118 屬 175 種，由於部分種在 2013 年未調查到或未觀察到，以致物候觀察之物種數與 2012 年有些許不同。2013 年研究區的開花物種數隨溫度升高而增加，高峰期發生在 7 月，隨後開花物種數開始下降(圖 2-4)；果熟時期高峰期發生在 10 月，約晚開花物種高峰期 3 個月(圖 2-4)。開花物種數與氣溫、降雨呈顯著正相關，而結實物種數與氣溫降相關不顯著(表 2-2)。

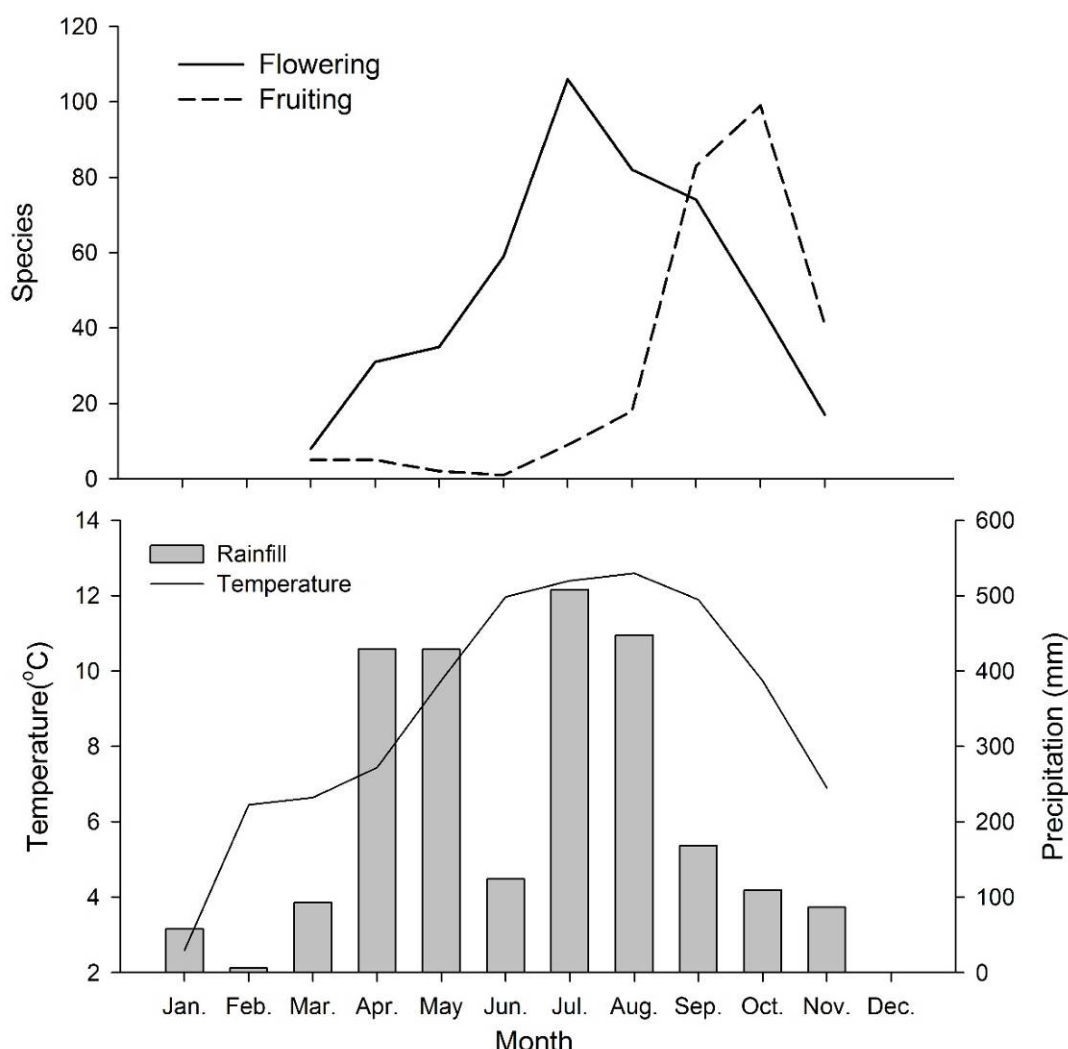


圖 2-4. 雪山雪東主峰線 2013 年 3-11 月開花物候及結實物種種數與氣象之關係。

(資料來源：本研究資料)

表 2-2. 雪山雪東線步道 2013 年各植群帶開花結實物種數與氣候因子相關分析

氣象站位 置	氣候 因子		全線		2,100-2,400 m		2,400-3,100 m		3,100-3,600 m		3,600 m 以上	
			花	果	花	果	花	果	花	果	花	果
圈谷 (3,584 m)	氣溫	rho	0.950	-0.033							0.896	0.257
		ρ	<0.001	0.932							0.001	0.504
	降雨量	rho	0.717	-0.176							0.574	-0.010
		ρ	0.030	0.651							0.106	0.980
三六九 山莊 (3,142 m)	氣溫	rho						0.867	-0.203			
		ρ						0.002	0.600			
	降雨量	rho						0.733	-0.237			
		ρ						0.025	0.539			
哭坡 (3,100 m)	氣溫	rho			0.536	-0.034	0.803	-0.067				
		ρ			0.137	0.931	0.009	0.864				
	降雨量	rho			0.238	-0.288	0.753	-0.318				
		ρ			0.537	0.452	0.019	0.404				

註：粗體字表示結果顯著(資料來源：本研究資料)

雪山雪東線步道沿線物種開花時序與盛花期長度呈現多樣性(圖 2-5)，2013 年於春季(3-5 月)進入盛花期的物種共 41 種，其中花期於 3 月就進入盛花期的植物有 8 種；與 2012 年開花物候比較，2012 年春季進入盛花期之物種共 79 種，於 3 月進入開花期之物種共 16 種(曾喜育和曾彥學，2012)。如臺灣二葉松、刺花懸鉤子(*Rubus aculeatiflorus* var. *taitoensis*)、褐毛柳(*Salix fulvopubescens*)、臺灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*)等。相較之下，2013 年的開花物候有延遲的現象(詳細討論在後續章節)。

2013 年夏季(6-8 月)進入花期的物種共 116 種，2012 年有 77 種(曾喜育和曾彥學，2012)；夏季期間在雪山主峰線步道沿線可以觀察到的開花物種數有 140 種，占本研究觀察物種約 80%，為雪東線步道植群開花物種數最多的季節，各種色系花朵的植物齊開放，如白色花的巒大花楸、短距粉蝶蘭(*Platanthera brevicarata*)、玉山薹 (*Viburnum betulifolium*)、玉山鹿蹄草(*Pyrola morrisonensis*)、尼泊爾籟簫(*Anaphalis nepalensis*)；黃色花的玉山小蘗(*Berberis morrisonensis*)、玉山金梅(*Potentilla leuconota*)、玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense*)；藍紫色花的玉山山蘿蔔(*S. lacerifolia*)、高山沙參(*Adenophora morrisonensis* subsp. *uehatae*)、輪葉沙參(*Ad. triphylla*)；紅紫色花的風輪菜(*Clinopodium chinense*)、阿里山紫花鼠尾草(*Salvia arisanensis*)、玉山石竹(*Dianthus pygmaeus*)；綠色花的腳根蘭(*Sium suave*)、厚唇粉蝶蘭(*Pl. mandarinorum* ssp. *pachyglossa*)、枇杷葉灰木(*Symplocos stellaris*)、金劍草(*Rubia lanceolata*) 等。

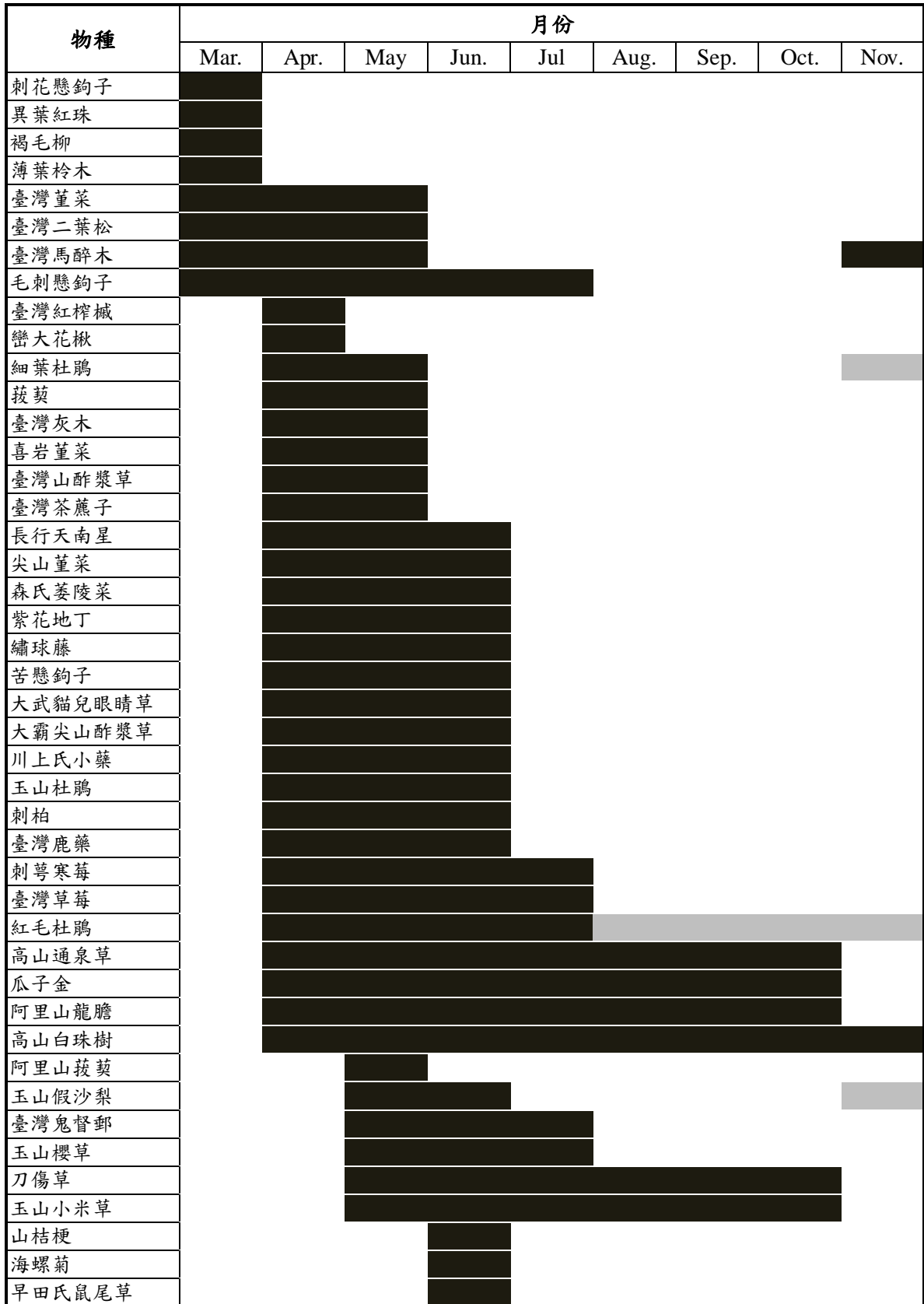


圖 2-5. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月開花物候譜。■ 表示花期，■ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
臺灣糖星草				■						
水晶蘭				■						
單花鹿蹄草				■						
高山毛茛				■						
傅氏唐松草				■						
裂葉樓梯草				■						
臺灣地楊梅				■						
五蕊莓				■						
臺灣山柳				■						
狹瓣八仙花				■	■					
落新婦				■	■					
玉山水苦蕒				■	■					
厚唇粉蝶蘭				■	■					
蓬萊毛茛				■	■					
玉山小蘗				■	■					
臺灣龍膽				■	■	■				
忍冬葉桑寄生				■	■	■				
山薰香				■	■	■				
玉山筷子芥				■	■	■				
匍枝銀蓮花				■	■	■				
玉山金梅				■	■	■				
早田氏香葉草				■	■	■			■	
亞毛無心菜				■	■	■	■			
臺灣繡線菊				■	■	■	■			
雪山翻白草				■	■	■	■			
鹿場毛茛				■	■	■	■			
圓葉豬殃殃				■	■	■	■			
伊澤山龍膽				■	■	■	■			
阿里山忍冬				■	■	■	■			
玉山金絲桃				■	■	■	■	■		
玉山卷耳				■	■	■	■	■		
米飯花					■	■				
高山破傘菊					■	■				
間型沿階草					■	■				
大葉溲疏					■	■				
毛蕊木					■	■				
玉山懸鉤子					■	■				
早熟禾					■	■				
刻脈冬青					■	■				
金劍草					■	■				
高山芒					■	■				
高山薔薇					■	■				
錫杖花					■	■				
高山櫟					■	■				

圖 2-5. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月開花物候譜(續)。■ 表示花期，□ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
太平山莢蒾										
玉山唐松草										
玉山鹿蹄草										
貧子水苦蕒										
短距粉蝶蘭										
臺灣百合										
玉山薔薇										
南湖唐松草										
紅小蝶蘭										
玉山薄雪草										
壺花莢蒾										
玉山山奶草										
川上氏艾										
尼泊爾籟簫										
禿玉山蠅子草										
南湖碎雪草										
高山艾										
雪山艾										
細川氏薊										
臺灣紫花鼠尾草										
輪葉沙參										
巒大當藥										
三萼花草										
玉山當歸										
刺果豬殃殃										
咬人貓										
紅子佛甲草										
高山露珠草										
梅花草										
細葉山艾										
葉芽筷子芥										
玉山佛甲草										
南湖附地草										
雪山馬蘭										
玉山茴芹										
白花香青										
風輪菜										
瞿麥										
虎杖										
高山沙參										
黑龍江柳葉菜										
腳根蘭										
臺灣野薄荷										
森氏山柳菊										

圖 2-5. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月開花物候譜(續)。■ 表示花期，□ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
貓耳菊					■					
玉山飛蓬					■					
玉山蒿草					■					
阿里山薊					■					
高山蓼					■					
矮薊					■					
臺灣柳葉菜					■					
玉山山蘿蔔					■					
玉山石竹					■					
火炭母草					■					
冬青油樹					■					
一枝黃花					■					
玉山毛蓮菜					■					
黃菀					■					
合歡柳葉菜					■					
臺灣鈴蘭						■				
臺灣懸鉤子						■				
車前草						■				
高山佛甲草						■				
黃山蟹甲草						■				
玉山肺形草						■				
玉山彎柱苜						■				
高山雙蝴蝶						■				
絨山白蘭						■				
臺灣澤蘭						■				
五月艾							■			
田代氏鐵線蓮							■			
秋鼠麴草							■			
畢祿山蓼							■			
臺灣藜蘆							■			
野筒蒿							■			
毛果柃木							■			
玉山黃菀							■			
狗筋蔓							■			
臺灣赤楊								■		
薄葉牛皮消								■		
黑果深柱夢草								■		
小木通								■		
黃鵪菜								■		
厚葉柃木								■		
鄧氏胡頹子									■	
大花咸豐草									■	
臺灣馬蘭										■

圖 2-5. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月開花物候譜(續)。■ 表示花期，□ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

2013 年盛花期於秋季 9 月後進入的有 18 種，2012 年有 9 種，此類植物屬於晚花期者，如秋鼠麴草(*Gnaphalium hypoleucum*)、臺灣澤蘭(*Eupatorium formosanum*)、臺灣馬蘭(*As. taiwanensis*)、鄧氏胡頹子(*Elaeagnus thunbergii*)、虎杖 (*Po. cuspidatum*)、臺灣赤楊(*Alnus formosana*)等 (圖 2-5)。

就開花時間長度而言，因種類不同而異，2013 年植物花期長度 1-9 個月不等，以 1-2 個月短花期最多，占總物種數約 50% 以上 (圖 2-4)。花期僅 1 個月的有狹葉高山櫟(*Cyclobalanopsis stenophylloides*)、高山櫟(*Quercus spinosa*)、臺灣山柳 (*Sa. taiwanalpina*)、褐毛柳、枇杷葉灰木、臺灣茶藨子(*Ribes formosanum*)、臺灣赤楊、臺灣山薺(*Draba sekiyana*)等；花期長達本研究期間 5 個月以上者有高山通泉草(*Mazus alpinus*)、高山白珠樹、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*)、玉山金絲桃、玉山卷耳(*Cerastium trigynum var. morrisonense*)、合歡柳葉菜(*Epilobium hohuanense*)、一枝黃花、冬青油樹(*Ga. cumingiana*)等 14 種；其中，花期最長的是高山白珠樹，可長達 8 個月以上。木本植物花期偏短大多 1-2 個月，木質藤本植物花期大多 1-4 個月，灌木植物花期大多 1-5 個月，草本植物花期長度範圍最廣 1-9 個月不等，以 2-4 個月比例較高。

雪山主峰線步道沿線物種果實成熟時期主要在 8-11 月(圖 2-4)，物種結實高峰期發生在 10 月(圖 2-4)。其中，刺柏(*Ju. formosana*)、冬青油樹等 2 種植物的結果期長於 6 個月以上；刀傷草、火炭母草、細川氏薊(*Cirsium hosokawae*)等結果期可達 5 個月以上。研究區大多數種類的結實期多在 1-2 個月(圖 2-6)。

物種	月份								
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
刻脈冬青	■								
臺灣鐵杉	■								
臺灣二葉松	■	■	■	■					
刺柏	■				■	■	■	■	■
冬青油樹	■	■	■	■	■	■		■	■
枇杷葉灰木		■	■						
雲葉		■	■						
臺灣堇菜		■	■						
長行天南星					■	■			
狗筋蔓					■	■	■	■	■
高山白珠樹					■	■	■	■	■
臺灣粉條兒菜					■	■	■	■	■
刀傷草					■	■	■	■	■

圖 2-6. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月結實物候譜。■ 表示結果期。
(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
火炭母草					■	■	■	■	■	■
細川氏薊					■	■	■	■	■	■
臺灣赤楊						■	■			
異葉紅珠						■	■	■		
玉山櫻草						■	■	■	■	
伊澤山龍膽						■	■	■	■	
刺萼寒莓						■	■	■	■	
阿里山龍膽						■	■	■	■	
南湖扁果薹						■	■	■	■	
貧子水苦蕒						■	■	■	■	
森氏山柳菊						■	■	■	■	
葉芽簇子芥							■	■	■	■
臺灣繡線菊							■	■	■	■
日本愛冬葉							■	■		
臺灣鬼督郵							■	■		
玉山懸鉤子							■	■		
風輪菜							■	■		
黑龍江柳葉菜							■	■		
落新婦							■	■		
臺灣山薰香							■	■		
臺灣茶藨子							■	■		
貓耳菊							■	■		
大扁雀麥							■	■	■	
山薰香							■	■	■	
川上氏艾							■	■	■	
川上氏忍冬							■	■	■	
五蕊莓							■	■	■	
玉山小蘗							■	■	■	
玉山山奶草							■	■	■	
玉山杜鵑							■	■	■	
玉山金梅							■	■	■	
玉山唐松草							■	■	■	
玉山茴芹							■	■	■	
玉山當歸							■	■	■	
玉山蒿草							■	■	■	
玉山燈心草							■	■	■	
曲芒髮草							■	■	■	
羊茅							■	■	■	
高山梯牧草							■	■	■	
車前草							■	■	■	
尼泊爾籟簫							■	■	■	
中國地楊梅							■	■	■	

圖 2-6. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月結實物候譜 (續)。■ 表示結果期。
(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
玉山薄雪草										
玉山毛蓮菜										
阿里山薊										
高山艾										
雪山翻白草										
梅花草										
細葉鼠麴草										
鹿場毛茛										
單花鹿蹄草										
短距粉蝶蘭										
臺灣三毛草										
臺灣地楊梅										
臺灣冷杉										
臺灣柳葉菜										
臺灣馬醉木										
臺灣鬼督郵										
臺灣龍膽										
臺灣藜蘆										
齒葉筷子芥										
巒大花楸										
一枝黃花										
毛刺懸鉤子										
玉山水苦蕒										
玉山金絲桃										
玉山黃菀										
白花香青										
合歡柳葉菜										
呂宋莢蒾										
阿里山忍冬										
紅鞘薹										
高山破傘菊										
黃山蟹甲草										
黃鞍菜										
樺葉莢蒾										
薄葉柃木										
繡球藤										
巒大當藥										
玉山石竹										
玉山佛甲草										

圖 2-6. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月結實物候譜 (續)。■ 表示結果期。
(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
紅子佛甲草										
亞毛無心菜										
南湖碎雪草										
玉山卷耳										
紅小蝶蘭										
雪山艾										
雪山馬蘭										
傅氏唐松草										
黃菀										
矮菊										
臺灣山薺										
臺灣糖星草										
穗花八寶										
薄葉牛皮消										
太平山莢蒾										
玉山假沙梨										
玉山鹿蹄草										
米飯花										
虎杖										
高山薔薇										
野苧蒿										
臺灣野薄荷										
臺灣紫花鼠尾草										
毛蕊木										
狹葉高山櫟										
高山小蘗										
細葉山艾										
壺花莢蒾										
絨山白蘭										
紅毛杜鵑										
臺灣澤蘭										

圖 2-6. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月結實物候譜 (續)。■ 表示結果期。
(資料來源：本研究資料)

依臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等, 2012), 雪山地區屬生存危機物種有 16 種; 例如圈谷地區的南湖附地草(*Trigonotis nankotaizanensis*)、南湖碎雪草(*E. nankotaizanensis*)、高山馬先蒿(*Pedicularis ikomai*)、雪山馬蘭(*Aster takasagomontanus*)、雪山翻白草(*Po. tugitakensis*)、臺灣山柳、臺灣山薺、雙黃花堇菜; 臺灣僅侷限分布於雪山地區的物種, 如黑森林內的黃山蟹甲草(*Parasenecio hwangshanicus*), 研究區內 4 植群帶均有零星分布的伊澤山龍膽(*G. itzershanensis*), 亦多於此時期開花(表 2-3)。

表 2-3. 雪山雪東線維管束植物紅皮書之開花及結實物候

物種	科	保育評估	植群帶	花期	果期
川上氏忍冬 <i>Lonicera kawakamii</i>	忍冬科	VU	A	6-7 月	9-10 月
大武貓兒眼睛草 <i>Chrysosplenium hebetatum</i>	虎耳草科	LC	B	4-6 月	
印度山蘭 <i>Oreorchis indica</i>	蘭科	EN	C	5-6 月	
早田氏鼠尾草 <i>Salvia hayatana</i>	唇形花科	VU	C	7-10 月	
伊澤山龍膽 <i>Gentiana itzershanensis</i>	龍膽科	NT	ABCD	4-9 月	8-10 月
南湖附地草 <i>Trigonotis nankotaizanensis</i>	紫草科	NT	A	6-9 月	
南湖碎雪草 <i>Euphrasia nankotaizanensis</i>	玄參科	NT	A	6-9 月	10 月
高山破傘菊 <i>Syneilesis subglabrata</i>	菊科	NT	CD	7-8 月	9-11 月
高山馬先蒿 <i>Pedicularis ikomai</i>	玄參科	VU	AB	6-8 月	
雪山馬蘭 <i>Aster takasagomontanus</i>	菊科	NT	A	7-9 月	10 月
雪山翻白草 <i>Potentilla tugitakensis</i>	薔薇科	EN	A	6-9 月	9-10 月
黃山蟹甲草 <i>Parasenecio hwangshanicus</i>	菊科	VU	B	8-9 月	9-11 月
錫杖花 <i>Monotropa hypopithys</i>	鹿蹄草科	VU	C	5-7 月	
臺灣山柳 <i>Salix taiwanalpina</i>	楊柳科	NT	A	5 月	
臺灣山薺 <i>Draba sekiyana</i>	十字花科	EN	A	6 月	10 月
雙黃花堇菜 <i>Viola biflora</i>	堇菜科	NT	A	6 月	

*註:臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等, 2012)

(資料來源:本研究資料)

2. 不同植群帶開花物候

2013 年雪山雪東線步道沿線不同植群帶開花物候調查結果顯示,逐月開花物種分布模式除了櫟林帶上層呈雙峰分布外,雪山雪東線步道沿線植物各植群帶逐月開花物種數分布模式呈單峰分布。鐵杉雲杉林帶、冷杉林帶及高山植群帶的開花物候種數大致自 3 月起,11 月結束,植物主要開花時期在 6-8 月,7 月有 1 明顯高峰,約 80%物種在此時期開花(圖 2-7)。櫟林帶上層之植物在 6 月及 9 月各有一個開花高峰期。雪山地區結果物候在各植群帶約 8-11 月,物種數以 10 月達高峰(圖 2-7)。

各植群帶開花物候及時序分述如下:

(1) 高山植群帶

2013 年高山植群帶調查到開花物種類有 43 種,此區域的植物於 6 月開始陸續進入盛花期,包括有臺灣山柳、玉山杜鵑、阿里山龍膽、玉山小蘗、玉山櫻草(*Primula miyabeana*)、大武貓兒眼睛草(*Chrysosplenium hebetatum*)、五蕊莓(*Sibbaldia procumbens*)、玉山金梅、玉山筷子芥(*Arabis lyrata* subsp. *kamtschatica*)、高山毛茛(*Ra. junipericola*)、雪山翻白草等 11 種(圖 2-8)。開花物種高峰期發生在 7 月,結實物種高峰發生在 10 月(圖 2-9)。逐月開花物種數

與圈谷氣象站之氣溫、降雨(魏聰輝和林博雄, 2013)分析結果顯示, 僅與溫度呈顯著相關(表 2-2)。

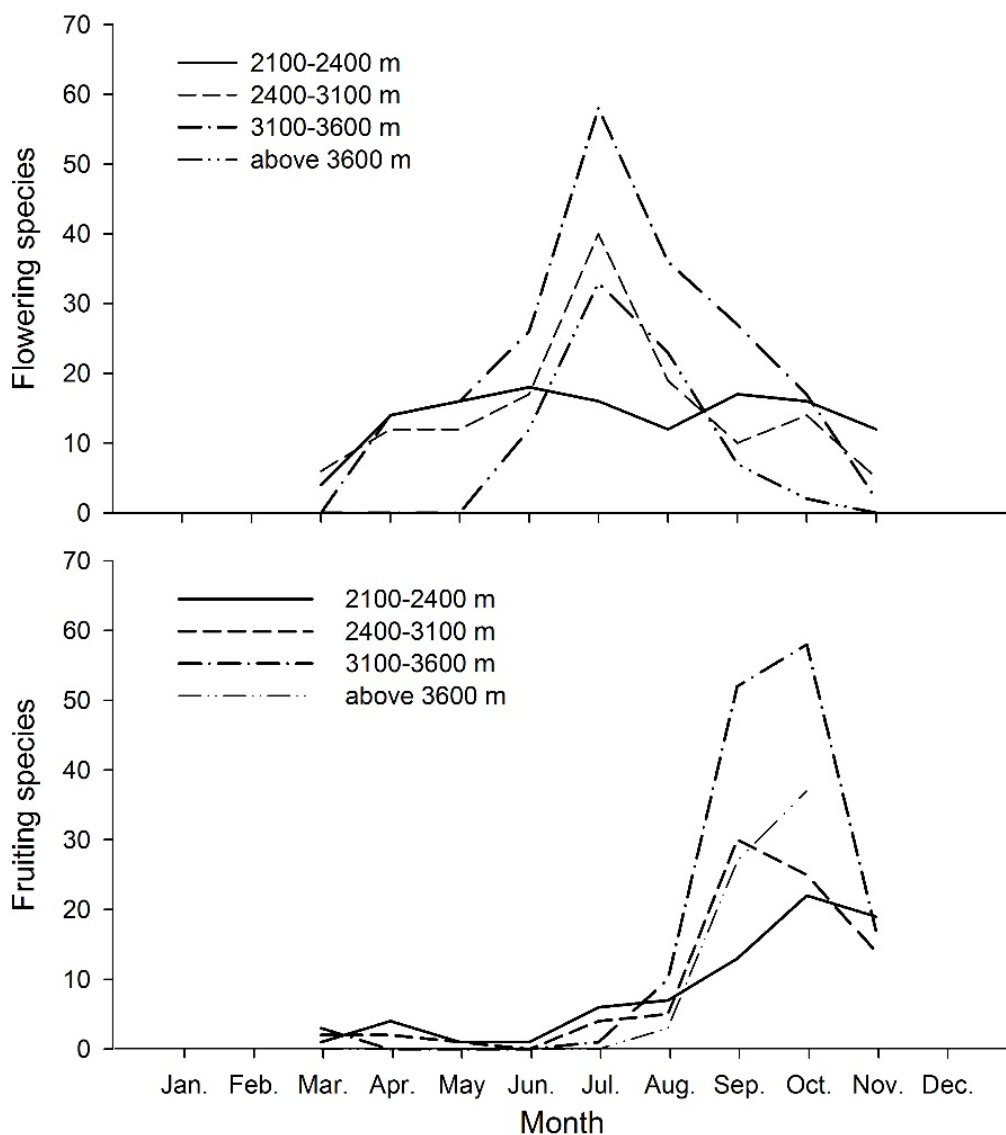


圖 2-7. 雪山主峰線 2013 年 3-10 月各植群帶的花季(上圖)與果季(下圖)
(資料來源：本研究資料)

高山植群帶花期長度 1-2 個月的有 29 種, 超過觀察種數的 50% 以上; 多數為草本植物; 盛花期在 4 個月以上者有雪山翻白草、阿里山龍膽、玉山山蘿蔔、玉山石竹、玉山卷耳等 5 種。高山沙參、玉山飛蓬(*Erigeron morrisonensis*)、葉芽筷子芥(*Ar. gemmifera*)是本區最晚(8 月)開花者。

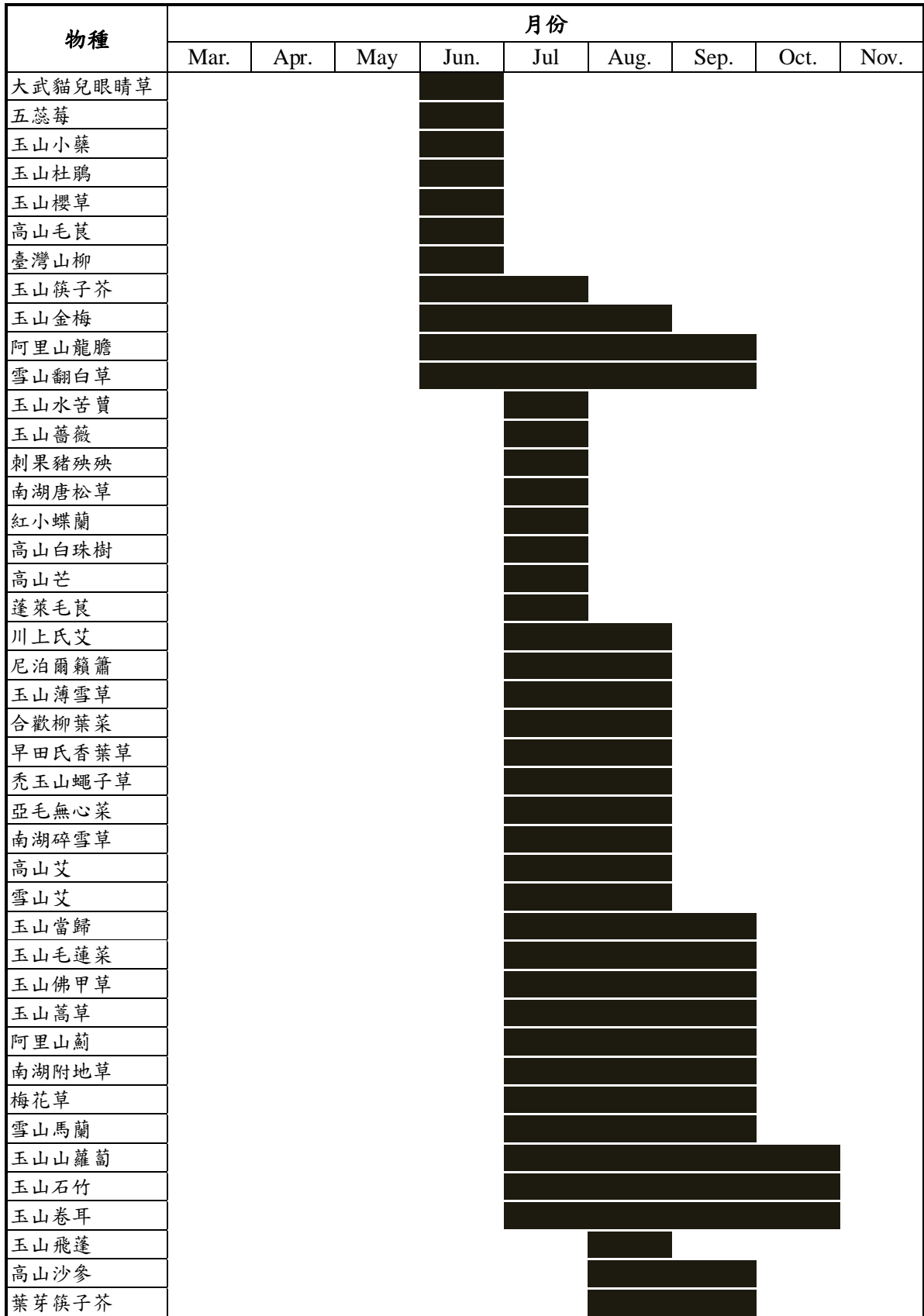


圖 2-8. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月高山植群帶開花物候譜。■ 表示花期，■ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

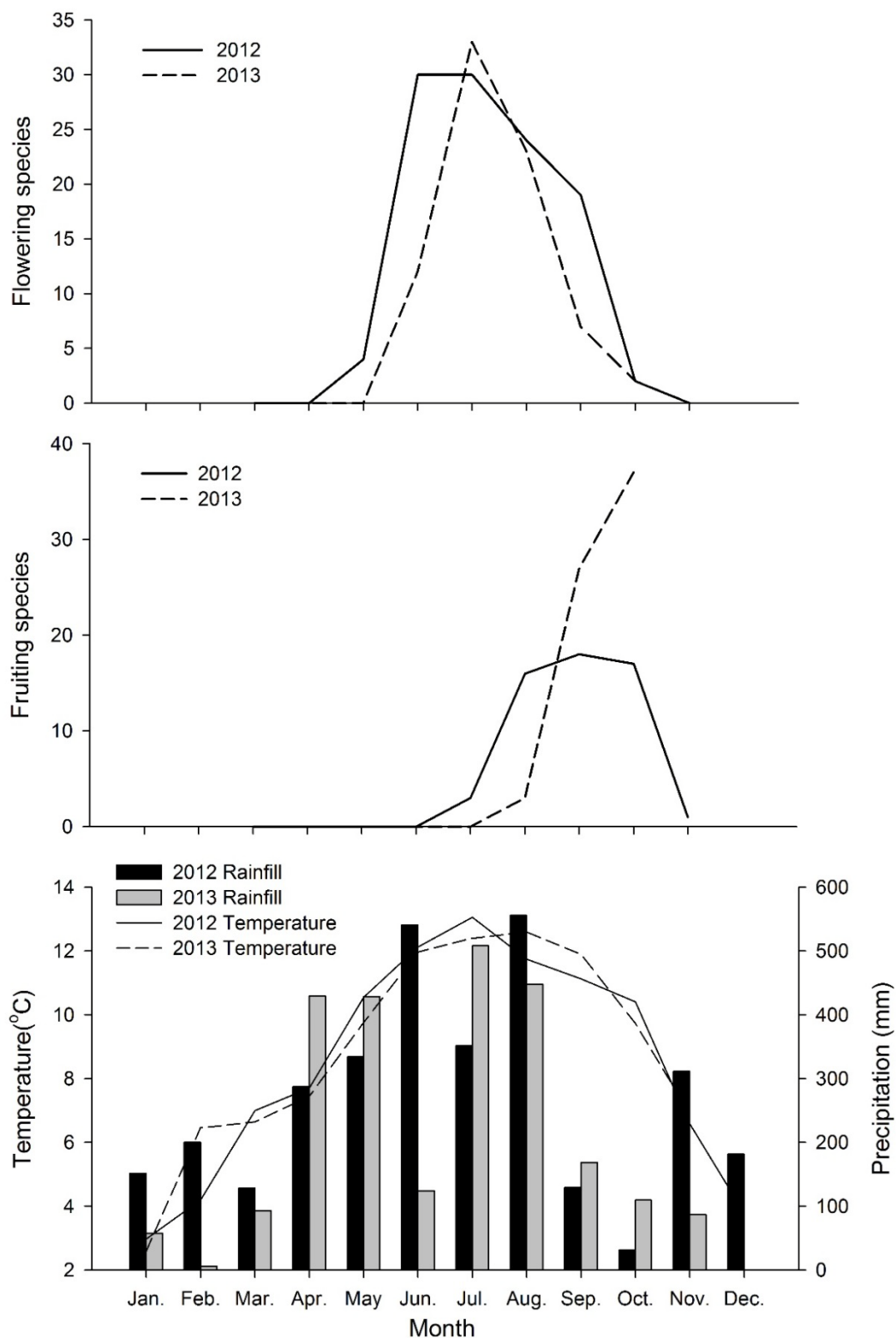


圖 2-9. 雪山主峰線高山植群帶(海拔 3,600 m 以上)2012-2013 年 3-11 月之開花結實種數與氣候關係圖。

(資料來源：本研究資料)

(2) 冷杉林帶

冷杉林帶開花物候調查到的物種數有 94 種，盛花期分布在 4-11 月(圖 2-10)；開花物種數呈現單一高峰分布，植物開花集中 6-8 月，盛花高峰期在 7 月，隨後開始下降(圖 2-11)。本區最早在 4 月進入盛花期的植物有巒大花楸、玉山杜鵑、臺灣茶藨子、紅毛杜鵑(*Rh. rubropilosum*)、刺柏等 5 種木本植物，以及喜岩堇菜(*Vi. adenothrix*)、臺灣山酢漿草(*Oxalis acetocella* ssp. *griffinthii*)、大武貓兒眼睛草、大霸尖山酢漿草(*Ox. acetocella* ssp. *taemoni*)、尖山堇菜(*Vi. senzanensis*)、臺灣鹿藥(*Smilacina formosana*)、繡球藤(*Clematis montana*)、阿里山龍膽等 8 種草本植物；最晚(11 月)進入盛花期的植物是鄧氏胡頹子(圖 2-10)。逐月開花物種數與圈谷氣象站之氣溫、降雨(魏聰輝和林博雄，2013)分析結果顯示，僅與溫度呈顯著相關(表 2-2)。盛花期長度 1-2 個月的有 45 種植物，約佔觀察種類 50%；玉山毛蓮菜、一枝黃花、黃菟、玉山卷耳、亞毛無心菜(*Arenaria subpilosa*)及阿里山龍膽的盛花期超過 5 個月；其中，阿里山龍膽花期長度最長(9 個月)。

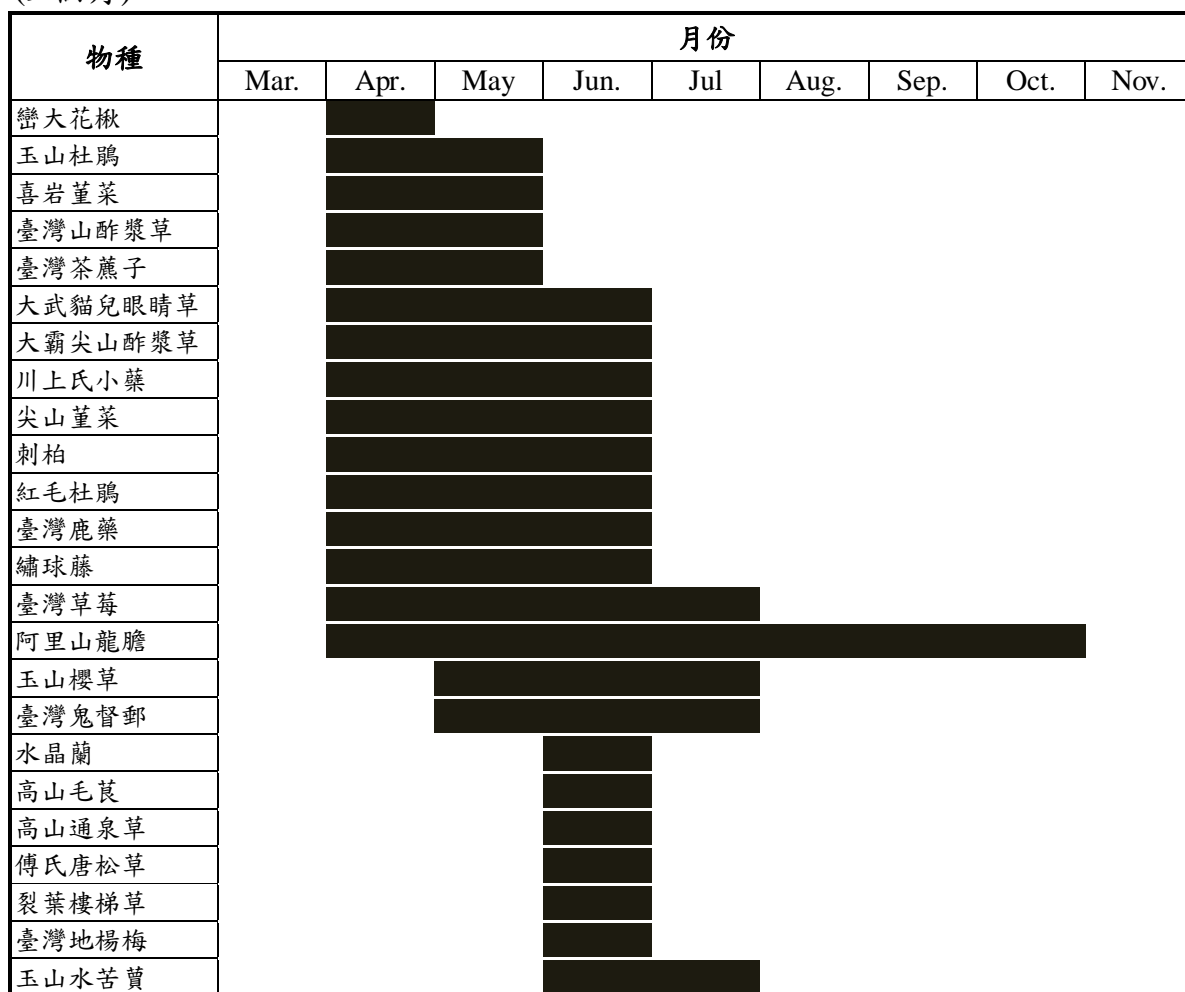


圖 2-10. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月冷杉林帶開花物候譜。■ 表示花期，■ 表示特殊花期。(資料來源：本研究資料)。

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
蓬萊毛茛				■	■					
山薰香				■	■	■				
玉山筷子芥				■	■	■				
匍枝銀蓮花				■	■	■				
伊澤山龍膽				■	■	■	■			
鹿場毛茛				■	■	■	■			
臺灣繡線菊				■	■	■	■			
圓葉豬殃殃				■	■	■	■			
玉山卷耳				■	■	■	■	■		
亞毛無心菜				■	■	■	■	■		
毛刺懸鈎子					■	■				
玉山小藥					■	■				
玉山唐松草					■	■				
玉山鹿蹄草					■	■				
玉山當歸					■	■				
玉山薄雪草					■	■				
玉山懸鈎子					■	■				
咬人貓					■	■				
厚唇粉蝶蘭					■	■				
高山芒					■	■				
高山薔薇					■	■				
貧子水苦蕒					■	■				
短距粉蝶蘭					■	■				
臺灣百合					■	■				
早田氏香葉草					■	■			■	
玉山小米草					■	■	■			
玉山山奶草					■	■	■			
玉山金梅					■	■	■			
刺果豬殃殃					■	■	■			
阿里山忍冬					■	■	■			
高山白珠樹					■	■	■			
細川氏薊					■	■	■			
森氏山柳菊					■	■	■			
臺灣龍膽					■	■	■			
三萼花草					■	■	■	■		
白花香青					■	■	■	■		
紅子佛甲草					■	■	■	■		
葉芽筷子芥					■	■	■	■		
瞿麥					■	■	■	■		
巒大當藥					■	■	■	■		
高山露珠草					■	■	■	■		
梅花草					■	■	■	■		
細葉山艾					■	■	■	■		
玉山飛蓬					■	■	■	■	■	

圖 2-10. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月冷杉林帶開花物候譜(續)。■ 表示花期，■ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
玉山蒿草					■	■	■	■	■	
虎杖					■	■	■	■	■	
阿里山薊					■	■	■	■	■	
高山沙參					■	■	■	■	■	
高山蓼					■	■	■	■	■	
黑龍江柳葉菜					■	■	■	■	■	
矮菊					■	■	■	■	■	
臺灣柳葉菜					■	■	■	■	■	
一枝黃花					■	■	■	■	■	■
玉山毛蓮菜					■	■	■	■	■	■
黃菀					■	■	■	■	■	■
玉山肺形草						■	■	■	■	
車前草						■	■	■	■	
高山佛甲草						■	■	■	■	
黃山蟹甲草						■	■	■	■	
玉山彎柱芎						■	■	■	■	■
合歡柳葉菜						■	■	■	■	■
秋鼠麴草							■	■	■	
畢祿山蓼							■	■	■	
野筒蒿							■	■	■	
臺灣藜蘆							■	■	■	
玉山山蘿蔔							■	■	■	■
玉山黃菀							■	■	■	■
狗筋蔓							■	■	■	■
瓜子金								■	■	■
鄧氏胡頹子										■

圖 2-10. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月冷杉林帶開花物候譜(續)。■ 表示花期，■ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

(3) 鐵杉雲杉林帶

鐵杉雲杉林帶 2013 年的盛花期分布在 3-11 月，7 月為盛花期物種數最高的月份，6-8 月是鐵杉雲杉林帶主要花期；71 種植物 3 月開花的有刺花懸鉤子、異葉紅珠(*Hemiphragma heterophyllum*)、褐毛柳、薄葉柃木(*Eurya leptophylla*)、臺灣堇菜(*Vi. formosana*)、臺灣馬醉木等 6 物種(圖 2-12)，黑果深柱夢草(*Nertera nigricarp*)、厚葉柃木(*Eu. glaberrima*)、臺灣澤蘭、臺灣赤楊等 4 種是研究區最晚開花的物種。逐月開花物種與氣象站資料(魏聰輝和林博雄，2013)分析顯示，與溫度呈顯著相關(表 2-2)。39 種植物的盛花期長度在 1-2 個月，約佔觀察種數的 50%。盛花期長度在高山白珠樹、高山通泉草、阿里山龍膽、刀傷草、玉山小米草(*Eu. transmorrisonensis*)、瓜子金、玉山毛蓮菜、冬青油樹、一枝黃花等植物的花在 5 個月以上；其中，高山白珠樹盛花期(10 個月)最長。

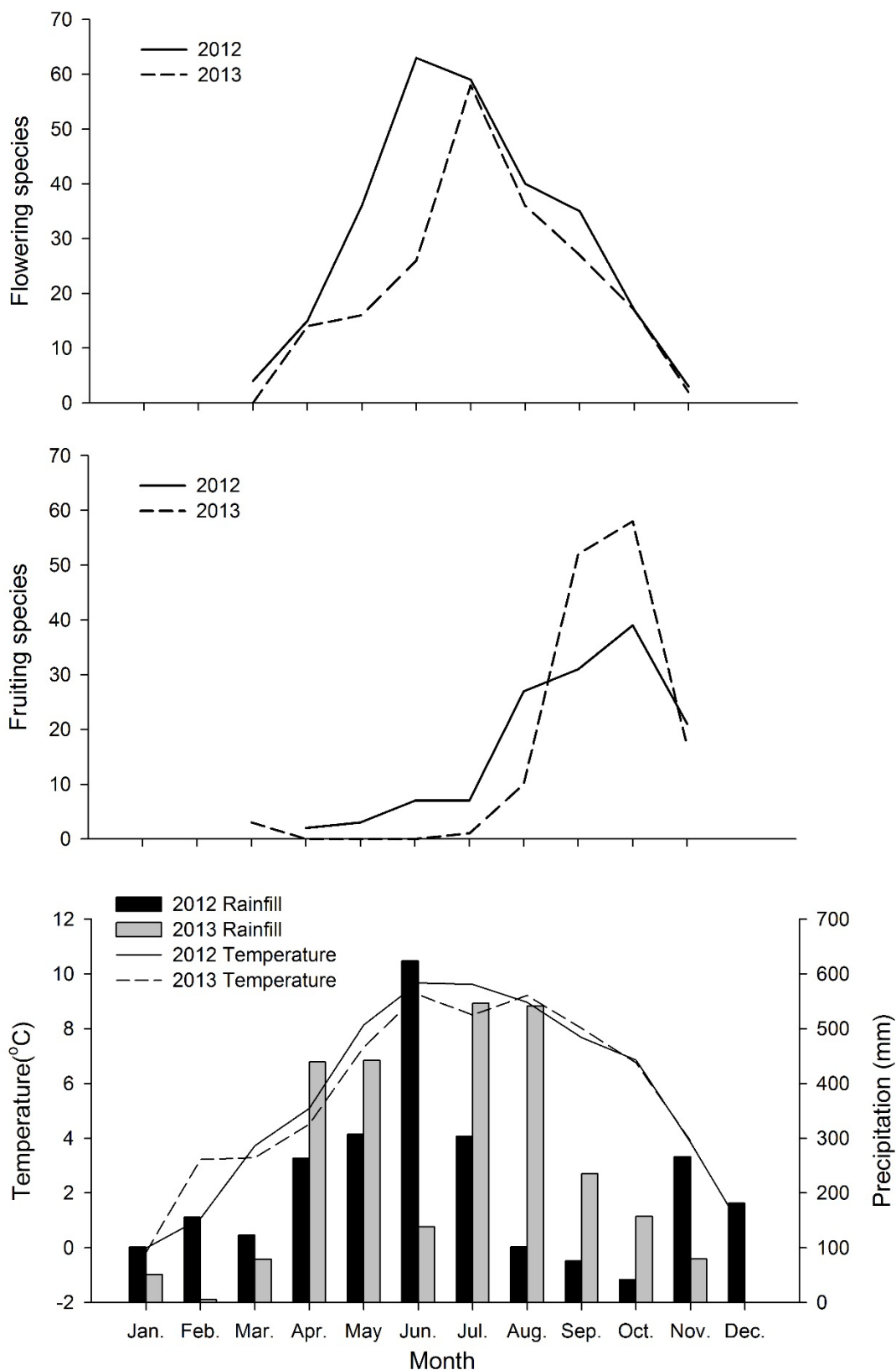


圖 2-11. 雪山主峰線冷杉林帶(海拔 3,100-3,600 m)2012-2013 年 3-11 月之開花結實種數與氣候關係圖。

(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
刺花懸鉤子	■									
異葉紅珠	■									
褐毛柳	■									
薄葉柃木	■									
臺灣堇菜	■	■	■							
臺灣馬醉木	■	■	■	■						■
臺灣二葉松		■	■	■						
細葉杜鵑		■	■	■						■
尖山堇菜		■	■	■	■					
長行天南星		■	■	■	■					
森氏萎陵菜		■	■	■	■					
紫花地丁		■	■	■	■					
繡球藤		■	■	■	■					
紅毛杜鵑		■	■	■	■	■	■	■	■	■
高山通泉草		■	■	■	■	■	■	■	■	
高山白珠樹		■	■	■	■	■	■	■	■	■
刺柏			■	■						
阿里山龍膽			■	■	■	■	■	■	■	■
水晶蘭				■	■					
玉山水苦蕒				■	■					
海螺菊				■	■					
單花鹿蹄草				■	■					
阿里山忍冬				■	■	■				
厚唇粉蝶蘭				■	■	■				
忍冬葉桑寄生				■	■	■	■			
伊澤山龍膽				■	■	■	■	■		
刀傷草				■	■	■	■	■	■	
玉山小米草				■	■	■	■	■	■	
瓜子金				■	■	■	■	■	■	
大葉溲疏					■	■				
毛蕊木					■	■				
玉山懸鉤子					■	■				
早熟禾					■	■				
刻脈冬青					■	■				
金劍草					■	■				
狹瓣八仙花					■	■				
高山芒					■	■				
高山薔薇					■	■				
高山櫟					■	■				
黑龍江柳葉菜					■	■				
落新婦					■	■				
臺灣紫花鼠尾草					■	■				
錫杖花					■	■				
火炭母草					■	■				

圖 2-12. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月鐵杉雲杉林帶開花物候譜。■ 表示花期，■ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

物種	月份									
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
高山沙參					■					
壺花英蓮					■					
森氏山柳菊					■					
臺灣龍膽					■					
玉山茴芹					■	■				
細川氏薊					■	■				
腳根蘭					■	■				
臺灣繡線菊					■	■				
巒大當藥					■	■				
玉山金絲桃					■	■	■			
白花香青					■	■	■			
虎杖					■	■	■			
臺灣野薄荷					■	■	■			
貓耳菊					■	■	■			
瞿麥					■	■	■			
一枝黃花					■	■	■			
冬青油樹					■	■	■			
玉山毛蓮菜					■	■	■			
矮菊						■				
臺灣鈴蘭						■				
細葉山艾						■	■			
黃菀						■	■			
絨山白蘭							■	■		
黑果深柱夢草								■		
臺灣赤楊								■		
厚葉柃木								■		
臺灣澤蘭								■		

圖 2-12. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月鐵杉雲杉林帶開花物候譜。■ 表示花期，□ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)。

(4) 櫟林帶上層

櫟林帶上層 2013 年開花物候觀察種數有 69 種，3 月有刺花懸鉤子、毛刺懸鉤子、臺灣馬醉木、臺灣二葉松等 4 物種開花，逐漸增加至 6 月開花物種數達最多為 35 種，隨後開始下降至 11 月 6 種 (圖 2-14)。逐月開花物種分布與氣象資料分析結果顯示與溫度呈顯著相關(圖 2-15)。

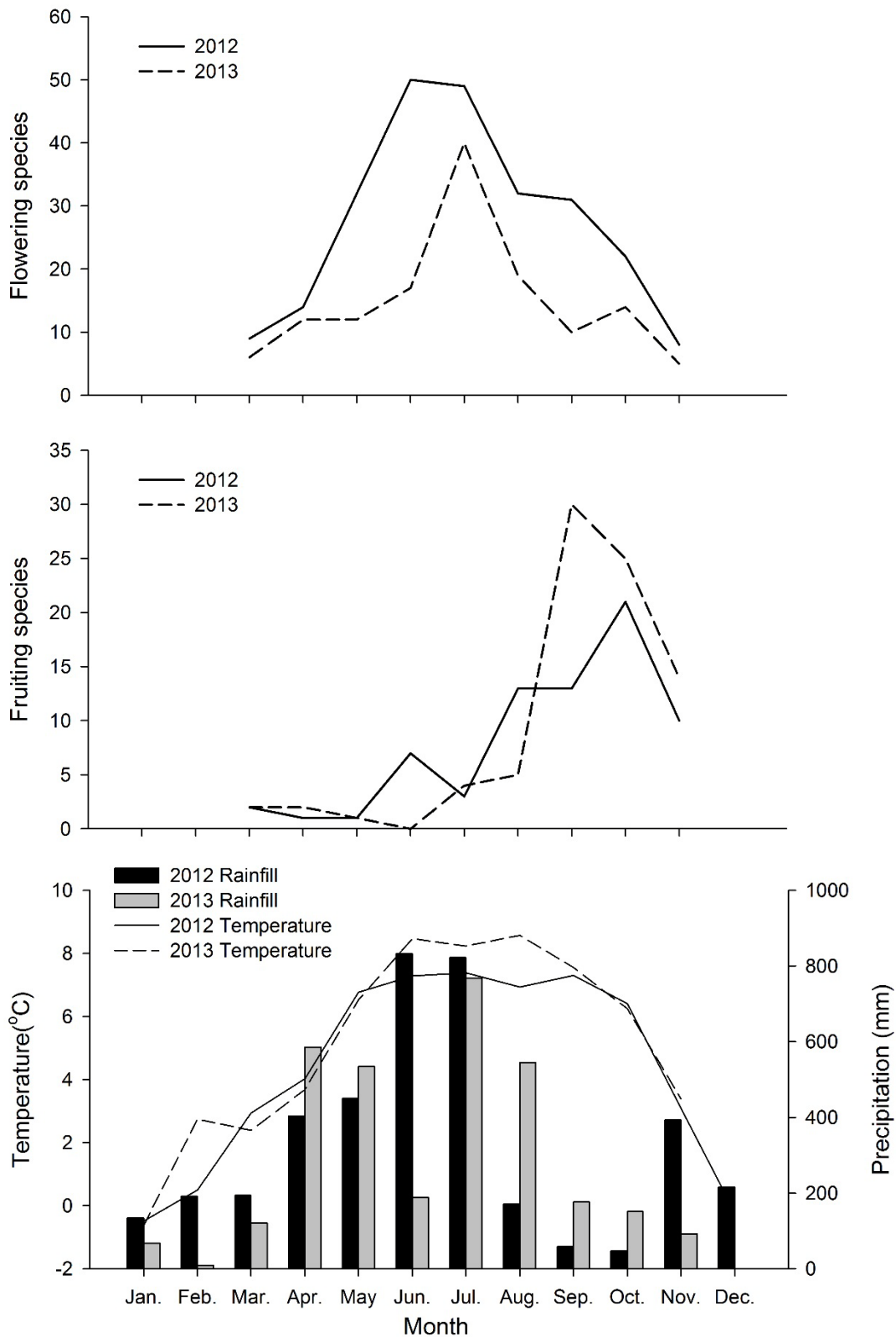


圖 2- 13. 雪山主峰線鐵杉雲杉林帶(海拔 2,400-3,100 m)2012-2013 年 3-11 月之開花結實種數與氣候關係圖。

(資料來源：本研究資料)

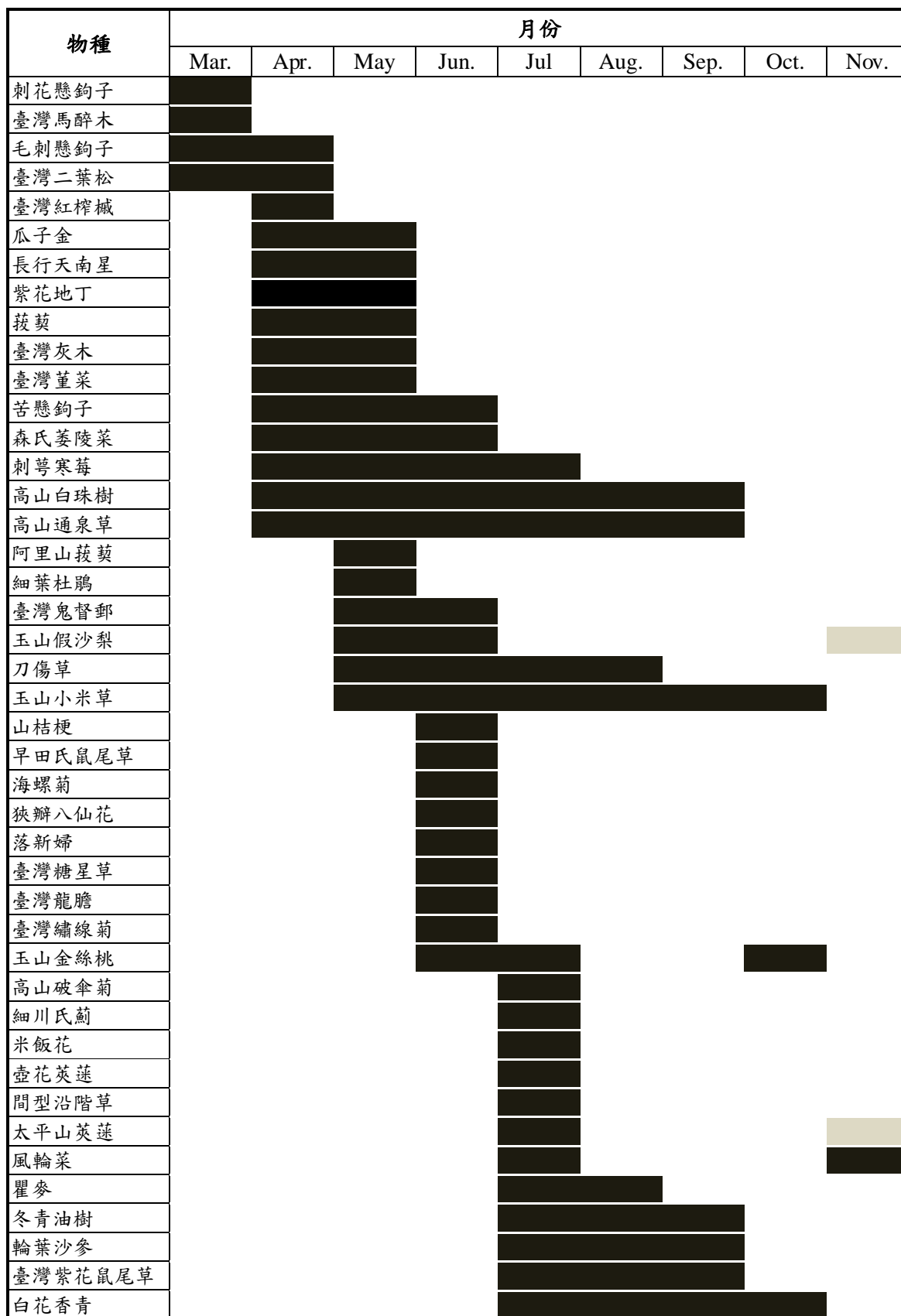


圖 2-14. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月櫟林帶上層開花物候譜。■ 表示花期，■ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

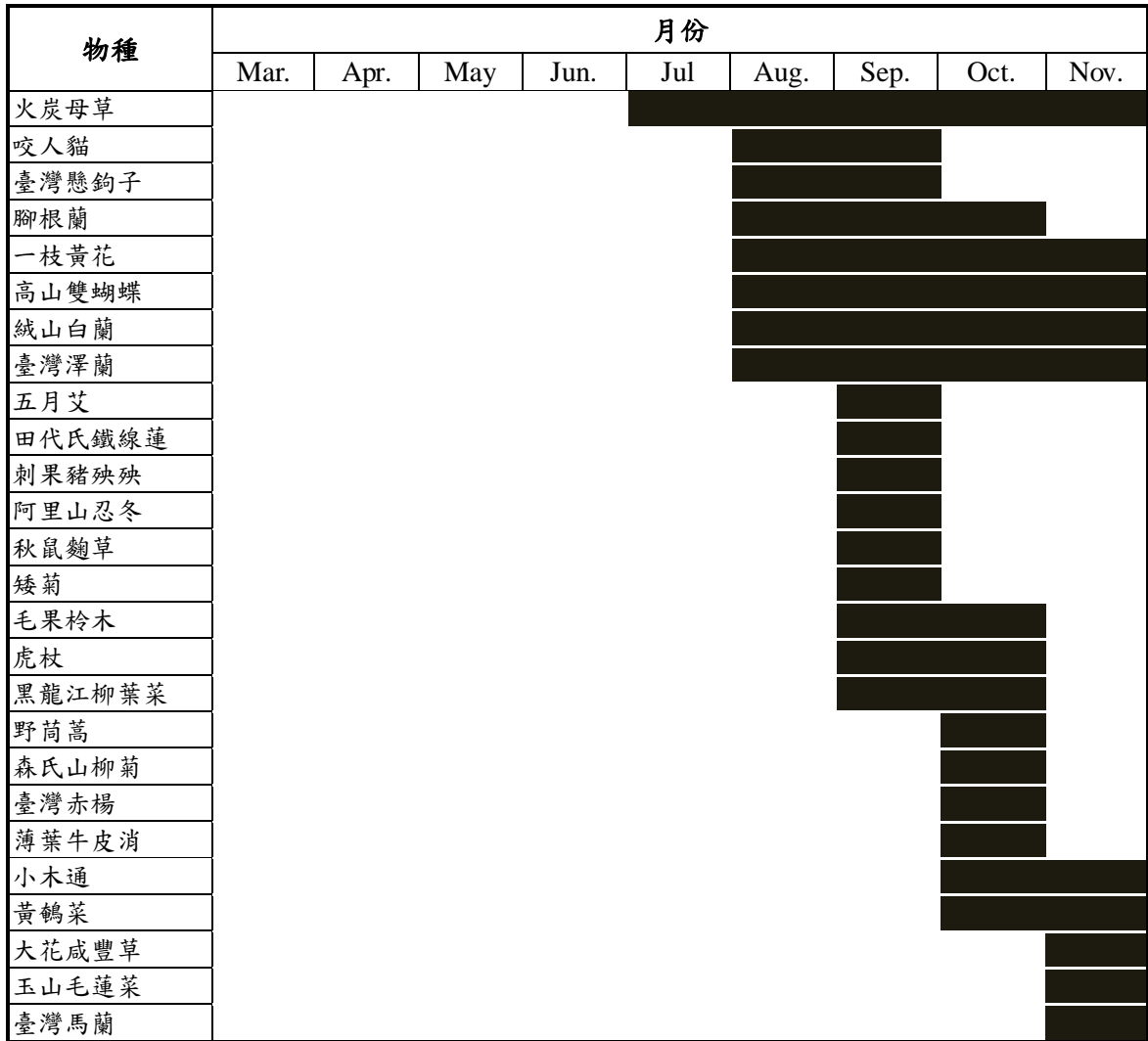


圖 2-14. 雪山主峰線沿線 2013 年 3-11 月櫟林帶上層開花物候譜。■ 表示花期，□ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

各植群帶的逐月開花物種數與生育地氣溫呈顯著正相關，於本區生長季溫度最高的 6 - 7 月達花期高峰，此現象與大多數北半球高山物候研究(呂理昌，1990；邦卡兒-海放南，2007；李向前等，2009；吳佳穎等，2013；曾喜育、曾彥學，2013；Zang *et al.*, 2010; Kudo and Hirao, 2006; Tébar *et al.*, 2004; Blionis *et al.*, 2001)及溫帶地區植群物候研究(Kang and Jang, 2004)結果相同，顯示影響高山地區植物開花物候最顯著的是氣溫，反映氣溫是高山地區植物最直接的限制因子。

比較雪山地區各植群帶之植物盛花期長度發現，高山植群帶為 1-4 個月，以 1 個月最多共 16 種；冷杉林帶的盛花期長度為 1-7 月，以 1 個月最多(28 種)，鐵杉雲杉林帶為 1-8 個月，盛花長以 1 個月的種類最多(28 種)；櫟林帶上層的植物為 1-6 個月，以 1 個月最多(32 種)(圖 2-15)。整體而言，高山植群帶短花

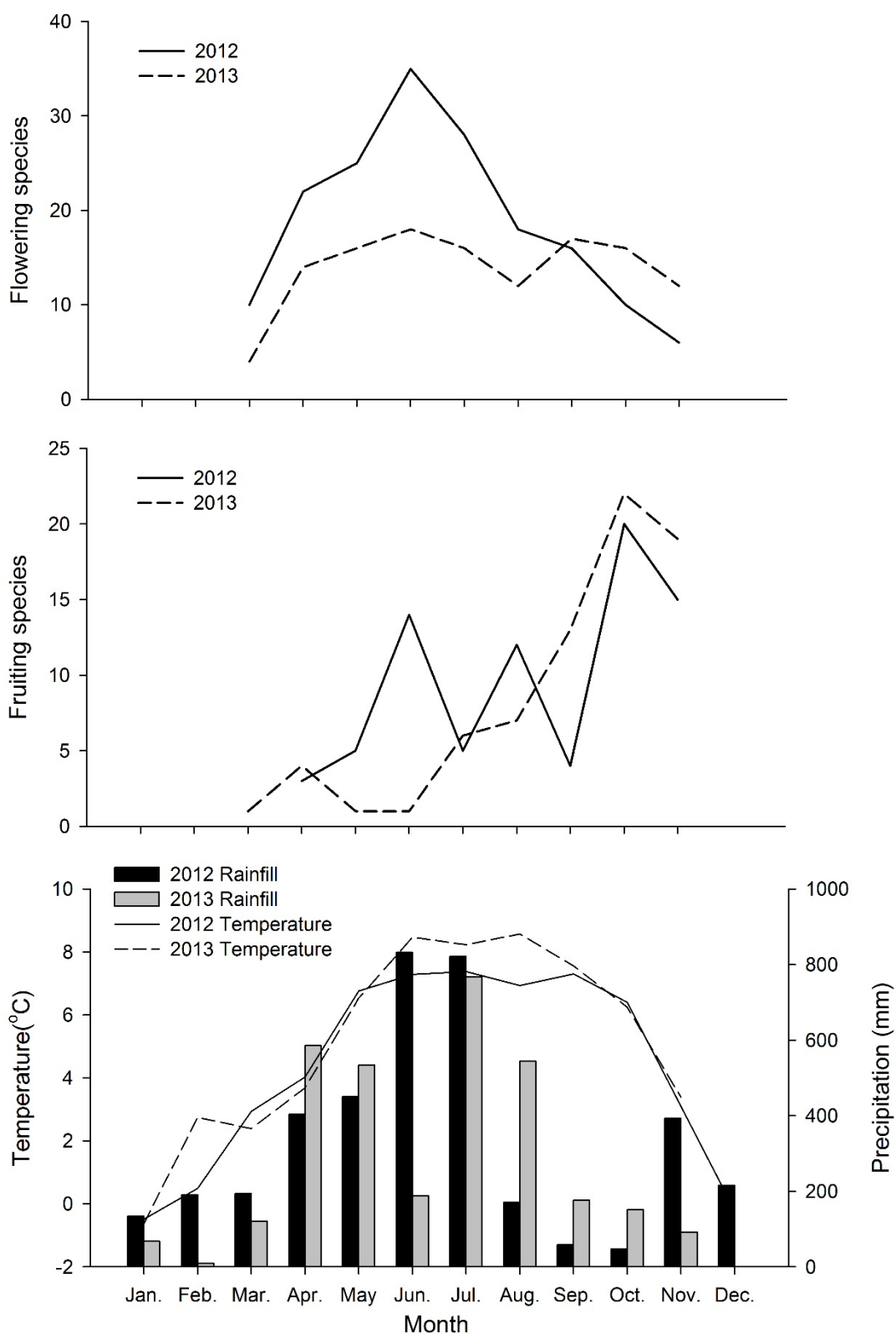


圖 2-15. 雪山主峰線櫟林帶上層(海拔 2,100-2,400 m)2012-2013 年 3-11 月之開花結實種數與氣候關係圖。

(資料來源：本研究資料)

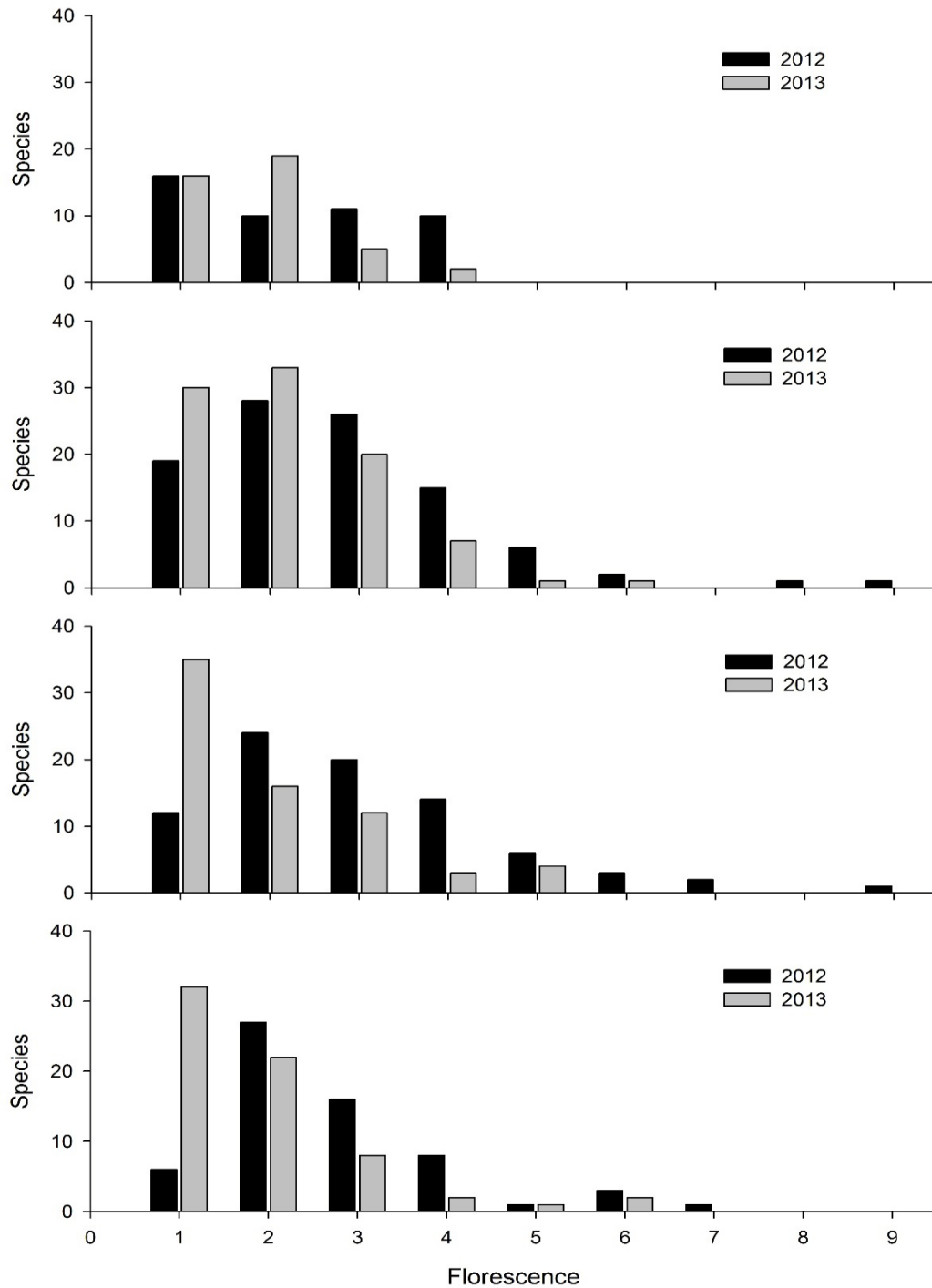


圖 2-16. 雪山雪東線 2012 年-2013 年 3-11 月各植群帶開花物種花期統計圖。a: 櫟林帶上層，b: 鐵杉-雲杉林帶，c: 冷杉林帶，d: 高山植群帶。
(資料來源：本研究資料)

期物種最多。高山植群帶之群落花期介於 6-10 月較冷杉林帶(4-11 月)、鐵杉雲杉林帶(3-11 月)與櫟林帶上層(3-11 月)來得短(圖 2-16)，植物開花的花期集中趨勢明顯；此現象可能反映出位處亞寒帶的高山植群帶生長季較短，熱量不足且低溫積雪及霜害不利生長等因素，致使本區植物必需在一年中最溫暖的時期完成開花，使得群落的植物開花物候期較其他植群帶來得短。雪山雪東線步道沿

線海拔 3,300 m 以上地區的昆蟲組成及季節動態主要出現高峰時間亦為 6-8 月 (葉文斌和李蕙宜, 2012)。由於高海拔地區生長季較短, 植物花期高峰與昆蟲活動期高度的配合性形成互利共生關係; 即蟲媒授粉植物需配合昆蟲活動期, 以降低花粉消耗量及提高授粉效率; 另一方面昆蟲亦需取食植物的花粉或花蜜, 滿足其生長發育及繁衍後代所需。

3. 不同生長型植物之花期

2012 年不同生長型植物的開花物種數逐月分布模式(圖 2-17), 雪山雪東線之草本植物逐月開花為單峰分布, 木質藤本與喬木為雙峰分布, 而灌木介於兩者之間。以超過種數 60% 開花標準來看, 草本植物花期高峰在 6-9 月, 木質藤本與灌木植物的花期較集中於 5-7 月, 喬木植物較集中於 5-6 月。

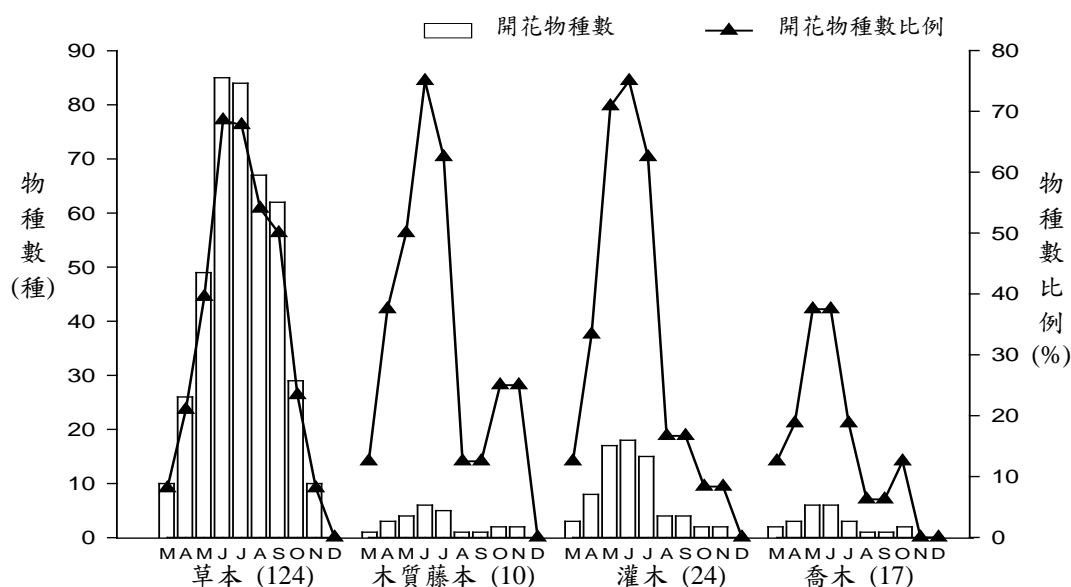


圖 2-17. 雪山雪東線步道 2012 年不同生長型植物逐月開花物種數及比例。括號內數字為該生長型物種數。

(資料來源：本研究資料)

就花期長度而言, 木質藤本植物約 75% 花期為 1-3 個月, 喬木植物約 93% 花期為 1-2 個月, 相對而言木質藤本與喬木植物花期較短, 灌木植物多為 1-5 個月, 草本植物多 2-4 個月(圖 2-18)。許多高山物候研究結果顯示木本植物花期較草本植物早(呂理昌, 1990; 邦卡兒-海放南, 2007; Kochmer and Handel, 1986), 推測其原因可能與光照、溫度及熱量累積有關。由於高山植物可利用之生長季較短, 於早春時節氣溫尚不穩定, 偶有霜害, 透過溫度和光週期的調控, 高山植物生長發育可避免發生有致命損傷的時候(Körner, 2003)。Heide

(1992)研究生長於高山和極地的禾本科植物 *Phippsia algida* 之開花條件，發現在相同溫度條件下(9°C 及 21°C)，日照時數分別達 19 小時及 17 小時以上始有開花現象，且隨日照長度增加至 24 小時，開花率及花序數提高至最大，

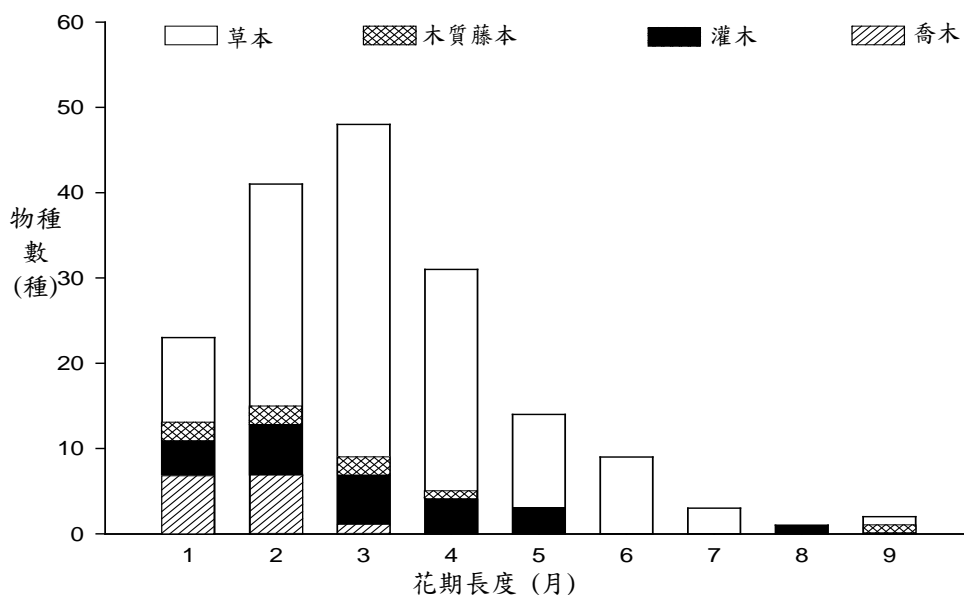


圖 2-18. 雪山雪東線步道 2012 年物候觀察物種之花期長度。
(資料來源：本研究資料)

進入花期時間也提早。Fisher 等(1996) 研究復活節百合 (*Li. longiflorum*) 花芽長度與溫度之相關模式時，發現處理溫度愈高，開花所需日數則相對減少。呂理昌 (1990)、邦卡兒-海放南(2007)高山地區植物開花物候的研究，皆發現同一物種於向陽區域花期較提早的現象。綜合上述研究結果，顯示日照長度增加可促進花期提早，而本研究中木質藤本、灌木及喬木等木本植物相較草本植物，可優先截取太陽光照，有利物種進入花期。

4. 科層級之開花物候

雪山地區高山植物主要組成的科在 2012-2013 年的開花物候，花期較早之科別有堇菜科(Violaceae)及松科(Pinaceae)，花期高峰 4-5 月，花期較晚之科別有柳葉菜科(Onagraceae)、蓼科(Polygonaceae)及龍膽科(Gentianaceae)，花期高峰 8-9 月。不同科別內物種花期呈現多樣化，本調查依 2 年內觀察科內物種數為 6 種以上之科別分述如下。

杜鵑花科(Ericaceae)共觀察 7 物種，盛花期 3-11 月，盛花期高峰為 6 月，多數物種花期分布於 3-7 月間(圖 2-19)。調查區內的 3 種杜鵑屬(*Rhododendron*)

植物的盛花期大致在 3 月開始，其中，紅毛杜鵑、細葉杜鵑(*Rh. noriakianum*) 在 2013 年的主要盛花期過後，尚發現少數植株有開花的現象，此在 2012 年並未發現；張又敏(2006)整理臺灣各大標本館之標本資料發現，屬於映山紅亞屬(subg. *Tsutsusi*)的紅毛杜鵑、細葉杜鵑和金毛杜鵑 1 年有 2 季以上開花的現象，植株開花時期與分布海拔有關；紀瑋婷(2009)調查金毛杜鵑開花物候發現，金毛杜鵑的開花模式與緯度、海拔有關，開花模式主要反映溫度差異。潘振彰等(2013)研究玉山杜鵑開花物候發現，玉山杜鵑開花時間與海拔、坡向等有關，反映在溫度的差異。白珠樹屬(*Gaultheria*)的高山白珠樹及冬青油樹在 2 年的開花物候表現屬於較長花期的種類，其中高山白珠樹是杜鵑花科中花期最長種類，冬青油樹屬於較晚生長季開花。

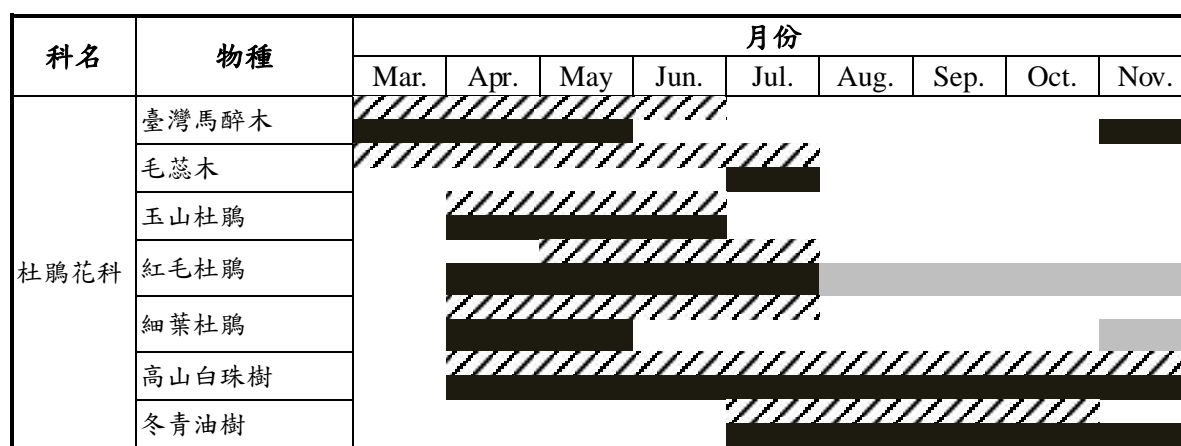


圖 2-19. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年杜鵑花科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，□ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

杜鵑屬物種包括盛花期 4-7 月，分布於櫟林帶上層至鐵杉雲杉林帶的細葉杜鵑；分布鐵杉雲杉林南至冷杉林帶的臺灣高山杜鵑(*Rh. rubropilosum* var. *taiwanalpinum*) 及紅毛杜鵑，花期均為 5-7 月，以及分布冷杉林帶至高山植群帶的玉山杜鵑，花期 4-6 月，大致屬內物種花期集中於 4-7 月，花期長度多為 3 個月，僅細葉杜鵑為 4 個月，推測因其所分布海拔最低，適宜開花期間較長所致。張又敏(2006)觀察臺灣杜鵑花屬植物標本，顯示海拔 1,500-2,500 m 地區花期主要為 4-5 月，且同一物種隨海拔升高花期或有延後現象，且物種間花期有所差異，大致與本研究結果相符。

龍膽科共觀察 6 物種，盛花期 3-11 月，盛花期高峰 8 月，花期長度 2-9 個月不等，花期開始時間愈早，花期長度愈長(圖 2-20)。3 種龍膽屬(*Gentiana*)植

物包括分布櫟林帶上層至冷杉林帶的臺灣龍膽(*G. davidii* var. *formosana*)(6-8月)，分布櫟林帶上層至高山植群帶的伊澤山龍膽(6-9月)，以及分布鐵杉雲杉林帶至高山植群帶的阿里山龍膽(4-10月)。巒大當藥(*Swertia randaiensis*)、玉山肺形草(*Tripterospermum lanceolatum*)、高山雙蝴蝶(*Tr. luzonense*)等3種龍膽科植物在夏季進入盛花期。

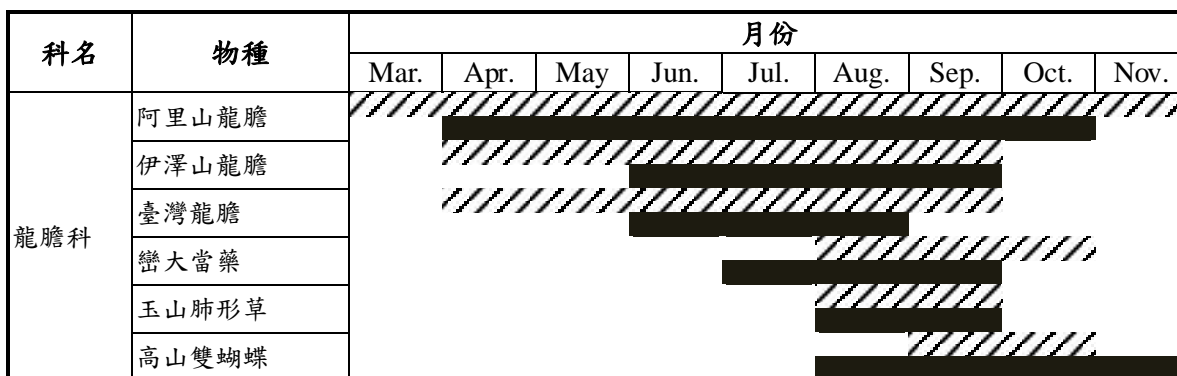


圖 2-20. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年龍膽科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

虎耳草科(*Saxifragaceae*) 5 物種的盛花期在 4-9 月，花期長度多為 2-3 個月(圖 2-21)。花期最短者為分布冷杉林帶的臺灣茶藨子，僅於 5 月開花。花期最長者為分布冷杉林帶至高山植群帶的梅花草，花期 7-10 月，長達 4 個月。

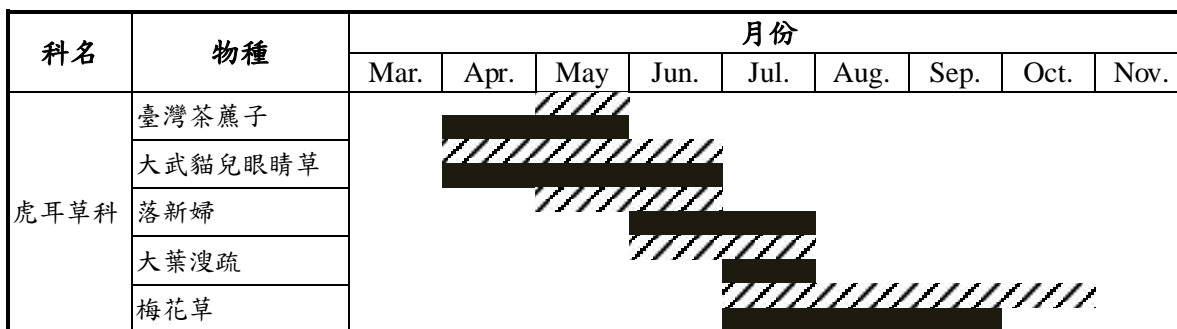


圖 2-21. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年虎耳草科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

玄參科(Scrophulariaceae)共觀察 7 種物種，盛花期 3-11 月，盛花期高峰為 7 月，花期長度多為 3 個月(圖 2-22)。碎雪草屬(*Euphrasia*)包括分布櫟林帶上層至冷杉林帶的高山通泉草(3-9 月)，長達 7 個月、分布於櫟林帶上層至高山植群帶的玉山小米草(5-11 月)，長達 6 個月，以及分布高山植群帶的南湖碎雪草，花期 6-8 月，碎雪草屬為該科內花期較長的屬。

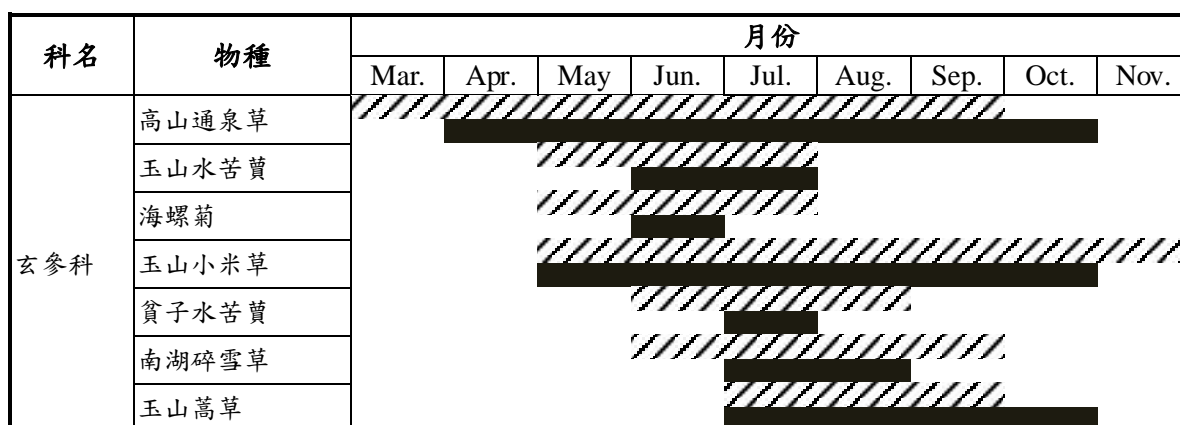


圖 2-22. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年玄參科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，□ 表示 2013 年特殊花期。(資料來源：本研究資料)

毛茛科(Ranunculaceae)植物有 5 種，盛花期在 4-9 月，盛花期高峰為 6 月，花期長度為 1-4 個月(圖 2-23)。蓬萊毛茛、鹿場毛茛(*Ra. taisanensis*)等 2 種毛茛屬(*Ranunculus*)的花期重疊；藤本植物的繡球藤進入盛花期時間是研究區毛茛科中最早的種。

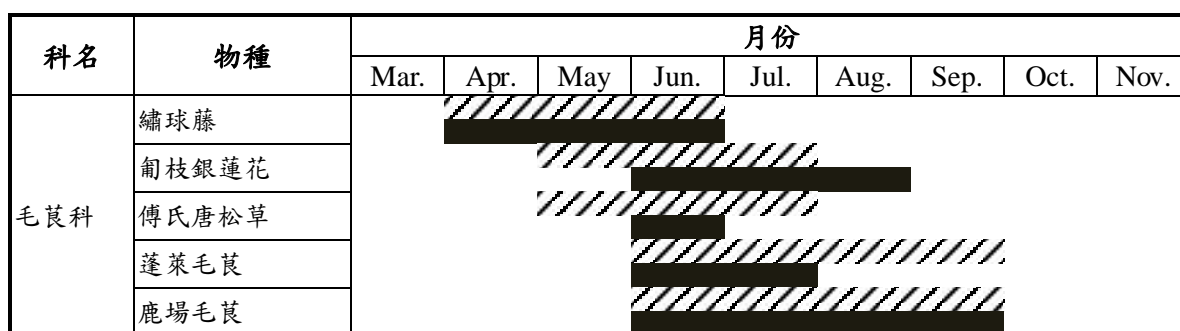


圖 2-23. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年毛茛科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，□ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

石竹科 5 種物種的盛花期 6-10 月，盛花期高峰為 7 月，屬於夏季開花植物，花期長度 2-6 個月不等 (圖 2-24)。同屬物種中，石竹屬(*Dianthus*)物種包括花期 6-9 月，分布於檫林帶上層至冷杉林帶的臺灣瞿麥 (*Di. superbus* var. *taiwanensis*)，以及花期 7-9 月，高山植群帶的玉山石竹，2 物種生育地均為日照充足的草叢環境，花期亦相近。

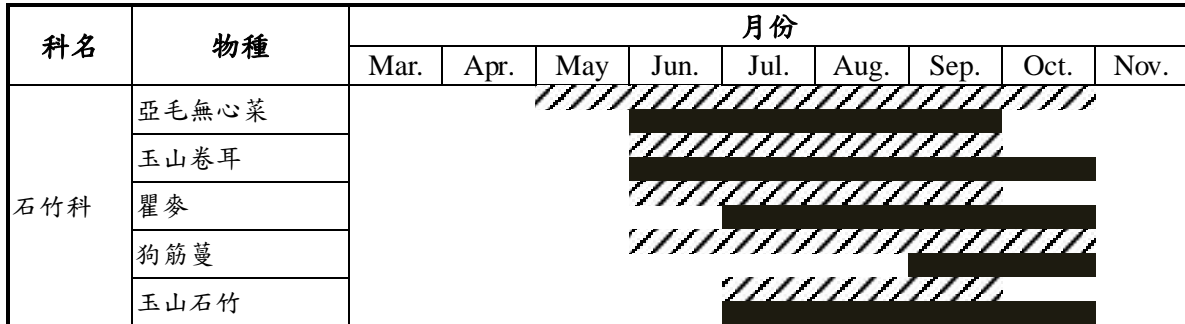


圖 2-24. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年石竹科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，□ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

薔薇科共觀察 14 物種，盛花期 3-9 月，盛花期高峰為 6 月，花期長度多為 2-4 個月(圖 2-25)。花期最短者為分布於高山植群帶的五蕊莓，僅於 6 月開花；花期最長者為假繡線菊，花期 5-9 月，長達 5 個月，與其適應環境範圍廣有關，於檫林帶上層植株花期 5-6 月，於冷杉林帶植株花期 6-9 月。5 種懸鉤子屬(*Rubus*)物種包括花期 3-5 月，分布於檫林帶上層的刺花懸鉤子；花期 4-7 月，分布於檫林帶上層至鐵杉雲杉林帶的刺萼寒莓(*Ru. pectinellus* var. *trilobus*)；花期 5-7 月，分布於檫林帶上層至冷杉林帶的玉山懸鉤子(*Ru. calycinoides*)；分布於檫林帶上層至高山植群帶的毛刺懸鉤子，花期 4-7 月；以及花期 5-6 月，分布於鐵杉雲杉林帶的苦懸鉤子 (*Ru. trianthus*)；懸鉤子屬植物的盛花期均於春季 3-5 月進入花期，屬較早花類型。薔薇屬(*Rosa*)物種包括分布於冷杉林帶至高山植群帶的玉山薔薇(*Ro. sericea* var. *morrisonensis*)及高山薔薇(*Ro. transmorrisonensis*)，花期均為 7 月。翻白草屬(*Potentilla*)有分布於檫林帶上層至鐵杉雲杉林帶的森氏萎陵菜(*Po. matsumurae* var. *pilosa*) (4-6 月)，以及花期約 6-8 月，主要分布於高山植群帶的玉山金梅，生育地均為日照充足環境，此花期分歧應為海拔高度造成溫度、太陽輻射強度等氣候因子不同所導致。

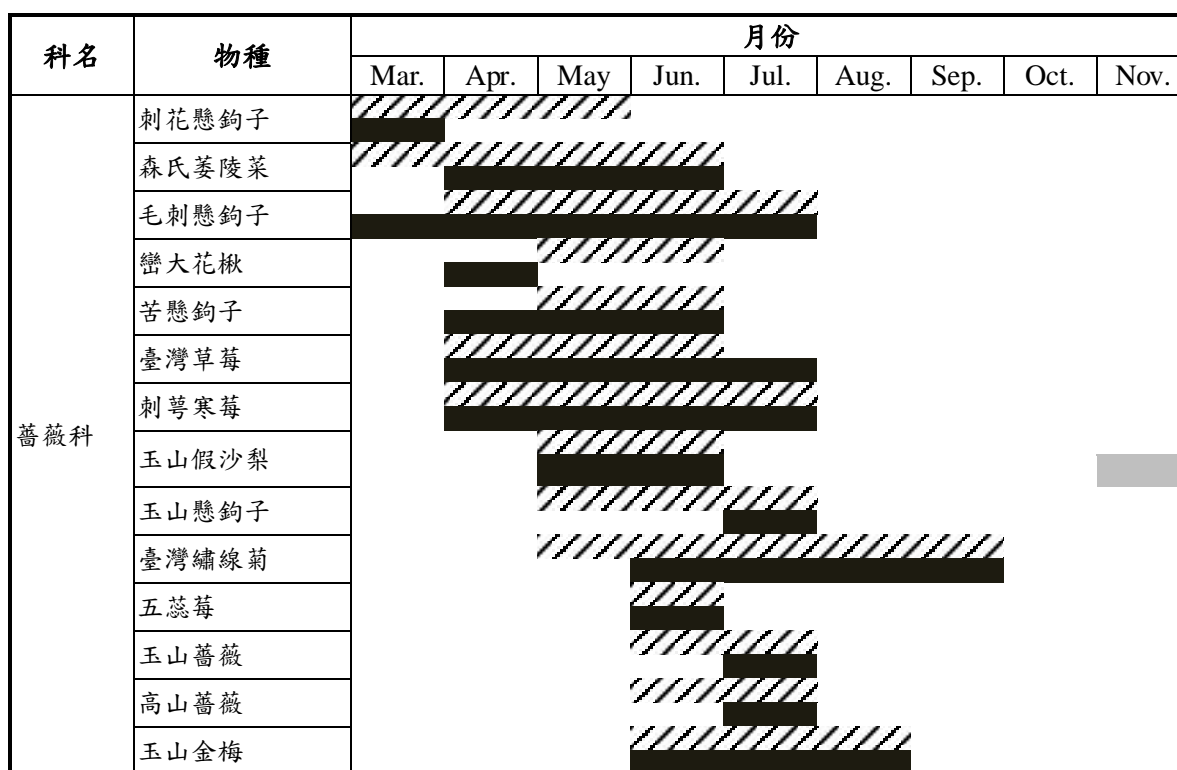


圖 2-25. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年薔薇科開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

菊科共觀察 23 種物種，盛花期 4-11 月，盛花期高峰為 7-8 月間，花期長度多 2-5 個月(圖 2-26)，花期最短者為分布於高山植群帶的高山艾(*Artemisia oligocarpa*)，僅於 7 月開花；花期最長(5-6 個月)者為刀傷草、一枝黃花、玉山毛蓮菜、黃菟等。籟簫屬(*Anaphalis*)包括分布櫟林帶上層至冷杉林帶的白花香青(*An. margaritacea* subsp. *morrisonicola*) (6-8 月)，以及分布高山植群帶的尼泊爾籟簫(*An. nepalensis*) (7-10 月)。紫菀屬(*Aster*)的物種包括花期 8-11 月，分布櫟林帶上層至鐵杉雲杉林帶的絨山白蘭 (*As. lasiocladus*)，花期 10-11 月，分布鐵杉雲杉林帶的臺灣馬蘭，以及花期 7-9 月，分布高山植群帶的雪山馬蘭 (*As. takasagomontanus*)，都是屬於夏秋開花植物。同屬蒿屬(*Artemisia*)的物種包括分布高山植群帶的川上氏艾(*Ar. kawakamii*)及高山艾，盛花期分別為 6-7 月及 7-8 月，屬於夏季開花物。

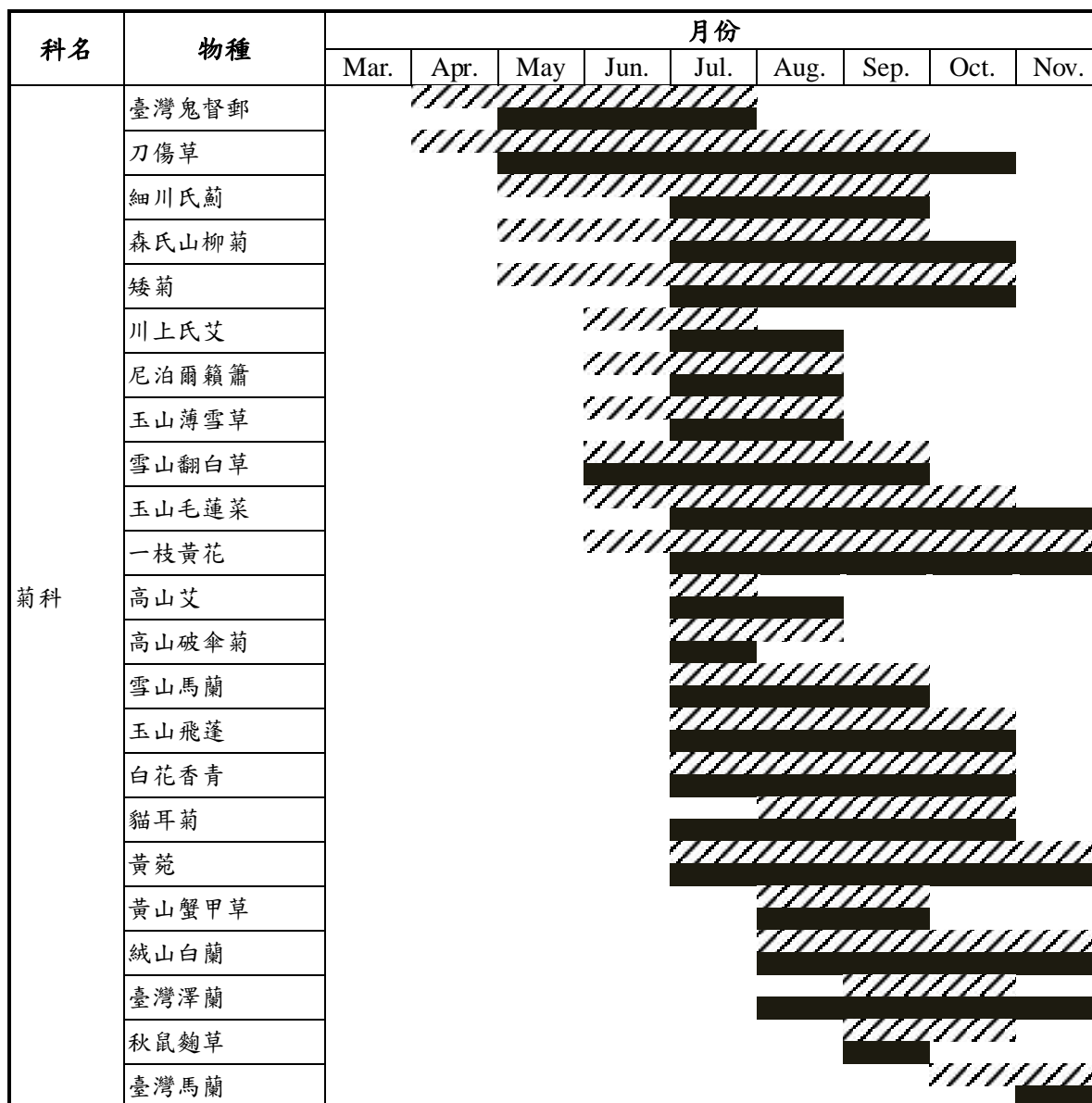


圖 2-26. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年菊科開花物候比較譜。 ▨ 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，□ 表示 2013 年特殊花期。
(資料來源：本研究資料)

菊科物種多於夏及秋季開花。於春季進入花期的早花型物種均為半地中植物(Hemicryptophytes)，如臺灣鬼督郵(*Ainsliaea latifolia* var. *taiwanensis*)、刀傷草、森氏山柳菊(*Hieracium morii*)、細川氏薊及矮菊(*Myriactis humilis*)。花期長度 1-6 個月不等。菊科花期較長(5 個月以上)的花色多為黃色，如刀傷草、森氏山柳菊、玉山毛蓮菜、一枝黃花等，花期較短(僅 1-2 個月)多為白花或花色偏淡之物種，如川上氏艾、高山艾、高山破傘菊(*Syneilesis subglabrata*)、尼泊爾籟簫、玉山薄雪草(*Leontopodium microphyllum*)、黃山蟹甲草及臺灣馬蘭，此不同花色物種花期的歧異可能與授粉媒介有關。

種系遺傳為另一影響面向，Torres 和 Galetto(2011)研究阿根廷森林 43 種菊科植物開花物候，發現造成花候特性同步性的因子，除了季節性氣候變化外，物種特性及種系遺傳亦有高度相關，而這些特性與授粉媒介有關，如薊亞科(Cardoideae)及帚菊木亞科(Mutisioideae)物種授粉媒介的訪花頻度較低，通常花期較長且族群花期分散。Torres 和 Galetto(2008)指出薊亞科(Asteroideae)相對為演化支序分出較晚，物種接受廣泛授粉媒介且花期長，可忍受授粉資源較不足的情況。本研究屬上述分類群支物種及其花期長度包括：薊亞科的細川氏薊，花期 5 個月；帚菊木亞科的臺灣鬼督郵，花期 4 個月；薊亞科的一枝黃花，花期 6 個月、矮薊，花期 6 個月、絨山白蘭，花期 4 個月、雪山馬蘭，花期 3 個月、玉山飛蓬，花期 4 個月，多較科內平均花期(3.4 個月)為長。植物花期與授粉媒介關係之相關研究，Waser 等(1996)探討動物授粉的普遍性，認為植物的花部形態能接受廣泛種類授粉媒介者，其授粉資源不足的風險愈低。Mani 和 Saravanan(1999)提及菊科植物為具此特性之類群。可反映授粉媒介與菊科植物開花物候間互相關聯。

本研究所觀察 3 種龍膽屬植物之分布，均屬於中央山脈及其西部山區類群，由華南或華中散布進入臺灣(陳志雄，1996)，彼此親緣關係較近，推測因此花候頗相似。而花期較長的現象應與提高花期授粉成功率有關，臺灣地區龍膽屬植物具有明顯鮮豔的花冠，花粉粒表面具凸出之紋飾，可能有利為螞蟻黏附攜帶，為蟲媒花植物(陳志雄，1996)，較高海拔地區，授粉媒介常因低溫及強風等限制因子而效率降低(Moldenke, 1979)，前人研究報告指出，影響龍膽屬植物授粉媒介效率的主要限制因子為氣候，如陰雨天時授粉媒介的活動力較低(Webb and Pearson, 1993)，藉由花期延長，可提高授粉媒介傳粉機會。肺形草屬(*Tripterospermum*)物種包括分布於櫟林帶上層至冷杉林帶的玉山肺形草，花期 8-9 月，以及分布櫟林帶上層的高山雙蝴蝶，花期 9-10 月，2 物種均生長於半遮陰林下至日照充足的草叢中，花期亦接近。

各科內多數同屬物種花期相近，如杜鵑屬、薔薇屬、石竹屬、碎雪草屬及龍膽屬等，可見花期在一定程度上受到種系演化影響。其餘同屬物種於花期上未明顯接近者，如翻白草屬的森氏萎陵菜，與分布較高海拔玉山金梅及雪山翻白草花期相差約 3 個月，以及紫菀屬、籟簫屬物種，花期亦有所差異，則可能受外在環境影響，花期可塑性較高，相關前人研究如 Pickering(1995)研究 5 種毛茛屬植物於 2 不同生育地及 2 年花季的花期，發現無論在種內或種間，隨生

育地及不同氣候環境的變化，花期均呈現差異性，作者推測環境壓力造成開花時間分歧，如避免授粉媒介的競爭以提高繁殖成功率，認為環境影響超過遺傳基因的影響。

不同地區植群尺度之花候相關研究，如 Kochmer 和 Handel(1986)研究美國 Carolina 地區(屬溫帶氣候)植群花期，多數物種花期分布於 5-10 月，包括百合科、蘭科(Orchidaceae)、玄參科、柳葉菜科等多數物種，而花期較早者為堇菜科、十字花科及杜鵑花科，花期較晚者為龍膽科、旋花科(Convulvaceae)及菊科。呂理昌(1990)觀察塔塔加至玉山主峰步道沿線 62 科 328 種植物之物候，植群花期高峰為 7-8 月，包括禾本科、蘭科、百合科、石竹科、毛茛科、茜草科(Rubiaceae)等多數物種，而早花類型者包括松科、殼斗科(Fagaceae)、楊柳科(Salicaceae)、樺木科(Betulaceae)、槭樹科(Aceraceae)及杜鵑花科，花期較集中 3-5 月；晚花類型者包括蓼科、景天科(Crassulaceae)、龍膽科、唇形科、菊科及桔梗科(Campanulaceae)期可延續至 8-9 月。Kang 和 Jang(2004)研究韓國溫帶植群 165 科 2,867 種被子植物開花特性，物種花期多分布 5-9 月，如石竹科、百合科、禾本科、毛茛科等多數物種，而薔薇科為植群中較早花者，花期集中春季、夏季，菊科植物屬植群中較晚花者，花期集中夏季、秋季，其研究結果與本研究相似。雪山雪東線步道植群以溫帶分布型之科、屬發展較好(鄭婷文，2012)，可反映植物地理演化上，分類群仍有繁殖期接近的特徵。

上述前人研究與本研究結果有相同之處，如堇菜科及松科同為植物社會中早花期者，龍膽科及蓼科同為晚花期者。此現象與花候中性假說(neutral theory)符合，認為植物進入花期時間多受遺傳影響，而與當地生態環境關係較小(Ollerton and Lack, 1992)。而部分科別花期則不盡相同，如呂理昌(1990)研究中，殼斗科、樺木科於春季開花，而於本研究中，殼斗科植物三斗石櫟、狹葉高山櫟及高山櫟，花期為 6-7 月，樺木科植物臺灣赤楊，花期為 10-11 月頗大，則應受當地環境影響較大。

5. 同一物種於不同植群帶之花期

2013 年物候觀察種類中，有 79 種植物分布植群帶 2 個以上，其中物種分布範圍較廣者，大多呈連續分布，少數出現不連續性分布現象者如刺果豬殃殃(*Galium echinocarpum*)、毛刺懸鉤子、咬人貓(*Urtica thunbergiana*)、秋鼠麴草、野茼蒿(*Conyza sumatrensis*)、臺灣鬼督郵等 6 種(圖 2-27)。在雪山雪東線步道沿線橫跨 3 個植群帶以上(海拔落差 1,500 m 以上)有 21 物種，其中 4 個植群帶

皆有分布的有玉山毛蓮菜和高山白珠樹等 2 種；分布 3 個植群帶有一枝黃花、玉山小米草等 19 種(圖 2-27)。

開花物候調查結果發現，橫跨 2 個植群帶以上的植物，盛花期起始與結束在各植群帶及不同種類間呈現不同；部分種類隨海拔升高而花期延後，例如高山白珠樹、玉山小米草、高山通泉草等；有些種類則在較高海拔開花較早的情況，例如一枝黃花、矮菊等；部分種類的盛花期並未隨海拔變化，例如白花香青、瞿麥等。本研究發現，雪山雪東線步道沿線盛花期與植群帶(海拔)的關係呈現多樣的變化，雖然海拔雖反映溫度的變化，但步道兩側生育地如森林覆蓋、坡向、坡度等環境異質大，植物生長其中受到光照及溫度等變化較海拔的影響來得大所致(曾喜育和曾彥學, 2013)；再者，有些植物的開花受光照(光周期、光波長等)的影響較溫度敏感(Körner, 2003)，致使生長分布不同植群帶的植物盛花期時間沒有明顯差異。

許多前人研究亦有相似結果，如呂理昌(1990)於玉山國家公園從塔塔加至玉山主峰，就同一物種不同的海拔分布做物候觀察，結果顯示隨海拔的升高開花期會延遲半個月至 1 個月，例如早田氏草莓分布海拔 2,600-3,800 m，於同時調查時塔塔加(2,600 m)已結紅果，但排雲山莊(3,500 m)只有開花現象。Blionis 等(2001)於 1992-1994 年間在希臘 Olympos 山脈，於海拔 300-2,700 m 研究區內觀測 9 種桔梗屬(*Campanula*) 植物花候。屬層級花期大致於 5 月中旬開始，至 9 月下旬結束，大部分海拔較低者較海拔高者有花期較早的傾向，平均海拔每上升 100 m，花期延後 2-3 天。張又敏(2006)探討金毛杜鵑垂直高度的開花模式，蒐集臺灣 5 個主要標本館，中部地區共有 109 筆開花期標本，統計結果顯示金毛杜鵑於全年均可開花，隨著海拔上升，盛花期由低海拔 2-5 月轉移至中海拔 7-10 月日照較盛的季節。Sandring 等(2007)研究筷子芥屬植物於高山和低地不同生育地的花候現象，樣區分別設置於挪威 Spiterstulen 樹木界線以上(61°38'N 8°24'E，海拔 1,106 m)，及瑞典 Stubbsand 波希尼亞灣礫石岸(63°58'N 18°17'E，海拔 0 m)，結果顯示 2000-2002 年間高山較低地族群花期開始時間相差不大，結束時間則較為延遲。

物種	分區	月份									
		Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
玉山毛蓮菜	A										■
	B					■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
	D					■	■	■	■	■	■
高山白珠樹	A		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	B		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
	D					■	■	■	■	■	■
一枝黃花	A						■	■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
玉山小米草	A			■	■	■	■	■	■	■	■
	B				■	■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
瓜子金	A		■	■	■	■	■	■	■	■	■
	B				■	■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
白花香青	A					■	■	■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
虎杖	A						■	■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
阿里山忍冬	A							■	■	■	■
	B				■	■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
森氏山柳菊	A								■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
黑龍江柳葉菜	A							■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■
臺灣龍膽	A				■	■	■	■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
	C					■	■	■	■	■	■

圖 2-27. 雪山主峰線不同植群帶之開花物候譜。A: 海拔 2,100-2,500m, B: 海拔 2,500-3,100m, C: 海拔 3,100-3,600m, D: 海拔 3,600m 以上。雪山沿線花候譜。■ 表示盛花期, □ 表示特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

物種	分區	月份									
		Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
臺灣繡線菊	A				■						
	B					■	■	■			
	C				■	■	■	■			
瞿麥	A					■	■	■			
	B					■	■	■	■		
	C					■	■	■	■		
矮菊	A							■	■		
	B							■	■		
	C							■	■		
高山通泉草	A	■	■	■	■	■	■	■	■		
	B	■	■	■	■	■	■	■	■		
	C				■						
細川氏薊	A					■	■	■			
	B					■	■	■	■		
	C					■	■	■	■		
刺果豬殃殃	A							■	■		
	C							■	■		
	D							■	■		
玉山水苦蕒	B				■	■	■	■			
	C				■	■	■	■			
	D					■	■	■			
阿里山龍膽	B			■	■	■	■	■	■		
	C	■	■	■	■	■	■	■	■		
	D				■	■	■	■	■		
高山沙參	B					■	■	■	■		
	C					■	■	■	■		
	D						■	■	■		
高山芒	B					■	■	■			
	C					■	■	■			
	D					■	■	■			
刀傷草	A			■	■	■	■	■			
	B			■	■	■	■	■	■		
長行天南星	A	■	■	■	■	■	■	■	■		
	B	■	■	■	■	■	■	■	■		
火炭母草	A					■	■	■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
冬青油樹	A					■	■	■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■	■
玉山金絲桃	A				■	■	■	■	■	■	■
	B				■	■	■	■	■	■	■
刺花懸鉤子	A	■	■								
	B	■	■								
海螺菊	A				■	■	■	■			
	B				■	■	■	■			
狹瓣八仙花	A				■	■	■	■			
	B				■	■	■	■			
細葉杜鵑	A			■	■	■	■	■			
	B		■	■	■	■	■	■			■
壺花英蒨	A					■	■	■			
	B					■	■	■			

圖 2-27 雪山主峰線不同植群帶之開花物候譜(續)。A: 海拔 2,100-2,500m, B: 海拔 2,500-3,100m, C: 海拔 3,100-3,600m, D: 海拔 3,600m 以上。雪山沿線花候譜。■ 表示盛花期, ■ 表示特殊花期。
(資料來源: 本研究資料)

物種	分區	月份									
		Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
森氏萎陵菜	A		■	■	■						
	B		■	■	■						
紫花地丁	A		■	■	■						
	B		■	■	■						
絨山白蘭	A						■	■	■	■	
	B						■	■	■	■	
腳根蘭	A					■	■	■	■	■	
	B					■	■	■	■	■	
落新婦	A				■	■					
	B				■	■					
臺灣二葉松	A	■	■	■							
	B		■	■	■						
臺灣赤楊	A								■	■	
	B								■	■	
臺灣馬醉木	A	■	■	■							
	B	■	■	■							
臺灣紫花鼠尾草	A					■	■	■	■	■	
	B					■	■	■	■	■	
臺灣堇菜	A		■	■	■						
	B	■	■	■							
臺灣澤蘭	A						■	■	■	■	
	B						■	■	■	■	
毛刺懸鈎子	A	■	■	■							
	C					■	■				
咬人貓	A					■	■	■	■	■	
	C					■	■				
秋鼠麴草	A							■	■		
	C							■	■		
野苧蒿	A								■	■	
	C							■	■		
臺灣鬼督郵	A			■	■	■					
	C			■	■	■					
水晶蘭	B				■	■					
	C				■	■					
玉山懸鈎子	B					■	■				
	C					■	■				
伊澤山龍膽	B				■	■	■	■	■	■	
	C				■	■	■	■	■	■	
厚唇粉蝶蘭	B				■	■					
	C				■	■					
刺柏	B			■	■						
	C		■	■	■						
尖山堇菜	B		■	■	■						
	C		■	■	■						
紅毛杜鵑	B		■	■	■	■	■	■	■	■	
	C		■	■	■	■	■	■	■	■	
高山薔薇	B					■	■				
	C					■	■				
細葉山艾	B						■	■	■	■	
	C						■	■	■	■	

圖 2-27 雪山主峰線不同植群帶之開花物候譜(續)。A: 海拔 2,100-2,500m, B: 海拔 2,500-3,100m, C: 海拔 3,100-3,600m, D: 海拔 3,600m 以上。雪山沿線花候譜。■表示盛花期, ■表示特殊花期。
(資料來源：本研究資料)

物種	分區	月份									
		Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	
黃芩	B							■			
	C							■			
繡球藤	B		■								
	C		■								
巒大當藥	B							■			
	C							■			
大武貓兒眼睛草	C		■								
	D				■						
玉山小蘗	C						■				
	D				■						
玉山山蘿蔔	C								■		
	D								■		
玉山杜鵑	C		■								
	D				■						
玉山卷耳	C								■		
	D								■		
玉山金梅	C							■			
	D							■			
玉山飛蓬	C								■		
	D								■		
玉山當歸	C							■			
	D							■			
玉山筷子芥	C							■			
	D							■			
玉山蒿草	C								■		
	D								■		
玉山薄雪草	C							■			
	D							■			
玉山櫻草	C			■							
	D				■						
合歡柳葉菜	C								■		
	D								■		
早田氏香葉草	C									■	
	D									■	
阿里山薊	C								■		
	D								■		
高山毛茛	C										
	D										
梅花草	C								■		
	D								■		
葉芽筷子芥	C								■		
	D								■		
蓬萊毛茛	C										
	D										
亞毛無心菜	C								■		
	D								■		

圖 2-27 雪山主峰線不同植群帶之開花物候譜(續)。A: 海拔 2,100-2,500m, B: 海拔 2,500-3,100m, C: 海拔 3,100-3,600m, D: 海拔 3,600m 以上。雪山沿線花候譜。■ 表示盛花期, ■ 表示特殊花期。

(資料來源: 本研究資料)

溫英杰等(2008)觀察比較塔山(海拔 2,200 m)、志良(海拔 2,000 m)、武陵農場(海拔 1,800 m)及思源啞口(海拔 2,100 m)的阿里山山櫻開花期，結果顯示阿里山櫻開花期隨著海拔上升而延後。王年金等(2010)於中國浙江省研究馬尾松(*Pinus massoniana*)開花物候之結果顯示，分布於海拔較低的個體花期較早。Pellerin 等(2012)研究阿爾卑斯山西部地區木本植物葉候，發現海拔每上升 100 m，植物抽芽展葉時間延後 2.4-3.4 天。潘振彰等(2013)針對雪山雪東線不同海拔之玉山杜鵑開花調查研究發現，玉山杜鵑的始花期、展葉期在 3 種不同海拔環境呈顯著差異，由於海拔反映溫度的變化，顯示隨海拔升高，熱量累積較緩慢，熱量多寡為造成玉山杜鵑物候時序變化的主因。植物社會之物候研究多顯示，物種隨海拔上升，花期有延後的現象。

由上述研究案例，可見於不同地區、不同分類群之物候研究中，普遍有同一物種隨海拔上升而物候延遲的現象。隨海拔升高，最明顯的變化因子為溫度隨之下降，一般絕乾熱遞減律為 $-0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}^2$ ，隨地區濕度而有所增減(高國棟和陸渝蓉，1994)。魏聰輝和林博雄(2012)統計 2009-2012 年雪山雪東線步道高山氣象資料，顯示哭坡頂站與三六九站間之氣溫遞減率為 $-0.83^{\circ}\text{C}/100\text{ m}^2$ ，三六九站與圈谷站間之氣溫遞減率為遞減率為 $-0.57^{\circ}\text{C}/100\text{ m}^2$ 。隨海拔升高溫度隨之遞減，應為造成花期延後的主要原因。

然而，少數物種的花期隨海拔上升而提前，例如臺灣鬼督郵於櫟林帶上層自 6 月始花，鐵杉雲杉林帶的植株自 5 月始花，植株分布於冷杉林帶的自 4 月始花，一枝黃花亦有相同情形。此可能因為海拔梯度包含了許多環境因子，綜合表現出不同海拔梯度上，生育地環境的複雜性(劉崇瑞和蘇鴻傑，1983)，顯示海拔梯度對植物開花物候的影響。海拔的變化亦伴隨環境梯度及生育地異質性，垂直高度分層上不同高度層次的生育地因子，在光量及濕度等上亦有所差異(劉崇瑞和蘇鴻傑，1983；陳學林和戚鵬程，2006)，降雪頻率、太陽輻射量等隨之增加也間接導致資源有效性降低(Körner, 2003)，皆影響植群的開花物候。本研究 4 植群帶環境均不相同，櫟林帶上層及鐵杉雲杉林帶為南向坡面，且植群以闊葉林為主，環境多為光度較低的林內，地面枯落葉層厚；冷杉林帶之玉山箭竹-高山芒草叢型為嶺線地形，少灌木、喬木植物遮陰，環境日照強且較乾燥，而冷杉林內則光度低且較潮溼，地面多為蘚苔覆蓋；高山植群帶則為冰河地形，植群為玉山圓柏及玉山杜鵑灌木叢，地表為碎石，日照及風均較強(王偉等；2010 呂金城，1999；楊建夫，2000)。

另一影響因子為植物內在生理，經長期適應之下，植物繁殖物候雖受物種生育之微環境及微氣候影響，但其內在基因的影響力仍不可忽略。Kawai 和 Kudo(2011)研究高山龍膽屬植物 *G. nipponica* 於日本 Taisetsu 山區不同海拔及坡向的花候差異，結果發現生長於晚融雪區植株進入花期時間較晚，受積雪限制，然而晚融雪區植株生理達開花狀態所需熱量較低，如移植於不同地區，仍保留其於融雪後迅速開花的特性。Körner(2003)將瑞士生長於高海拔 2,550 m 及低海拔 350-550 m 的西洋蒲公英(*Taraxacum officinale*)栽植於一處低海拔溫室中，雖溫室環境較溫暖，高海拔之植株物候仍較晚，與原生育地接近時期開花，推測西洋蒲公英的開花主要受光週期調控所致。隨海拔的上升，除溫度外，各種微生育地因子亦不同，且植物本身有其內在基因的生理調控，故部分物種於不同植群帶中，花期開始時間仍相同，或隨海拔升高而花期未有固定變化。

6. 不同年度物候比較

雪山主峰線步道沿線 2012 年與 2013 年觀察到 136 種相同種類的開花物候，比較 2 年開花物候差異發現，2012 年的開花物候種數高峰期在 6 月，2013 年發生在 7 月，約延遲 1 個月；而 2 個年度的結實高峰皆發生在 10 月(圖 2-28)。2 年開花物候比較發現，136 種植物中有 56 種盛花期啟始月分未改變，15 種植物的花期延後，65 種植物的花期提前。比較 2012 年與 2013 年氣溫發現，2013 年的冬季 2 月氣溫較高，3-7 月的氣溫較低，8-9 月的氣溫度較高。氣溫是高山植物開花最敏感的因子，春季至夏季的氣溫較低，反映出植物需要更長的時間累積熱量以滿足打破花芽休眠。

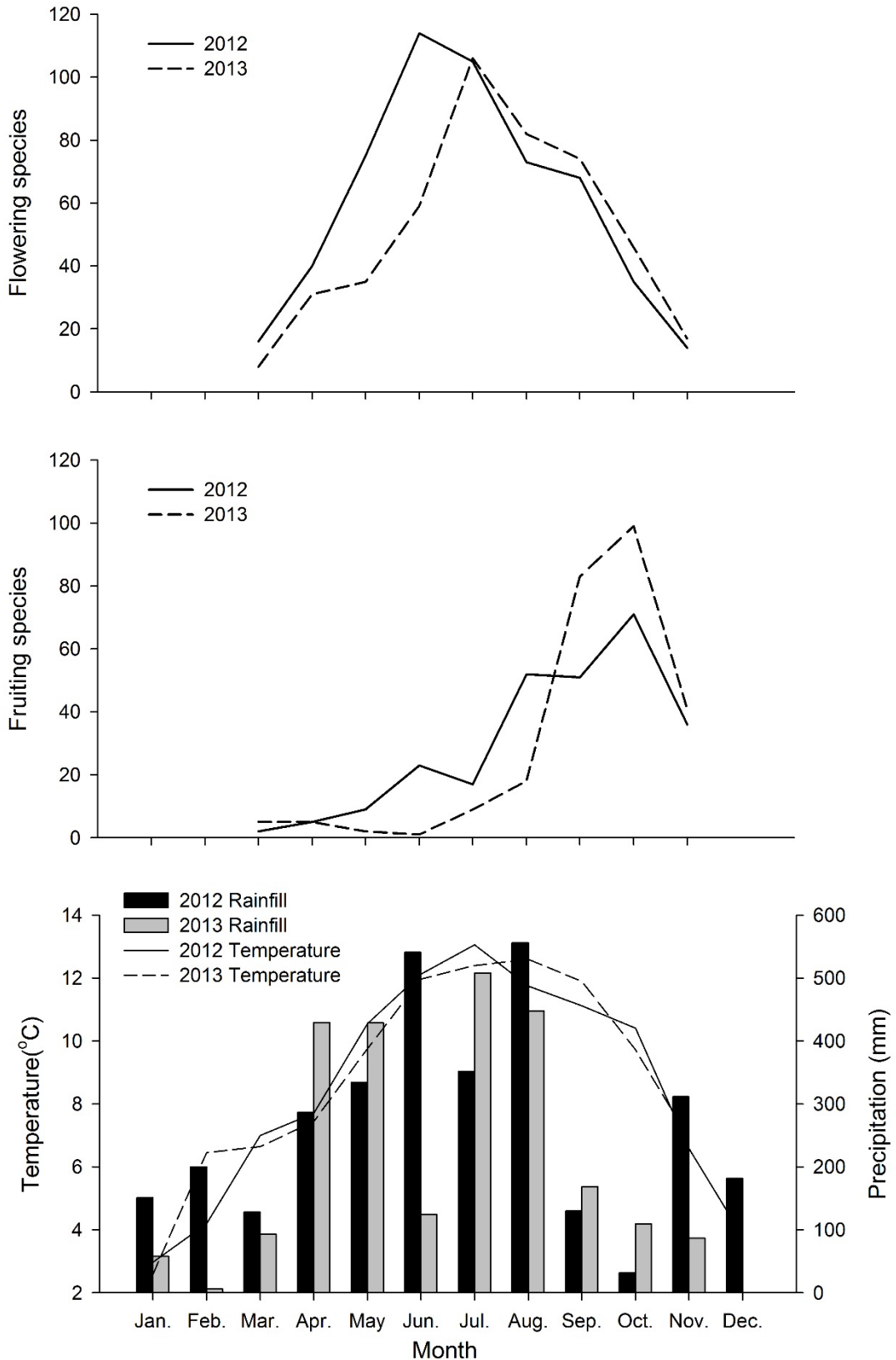


圖 2-28. 雪山主峰線全線 2012-2013 年氣候與開花結實種數圖。1 月、2 月及 12 月資料因故無資料。

(資料來源：本研究資料)

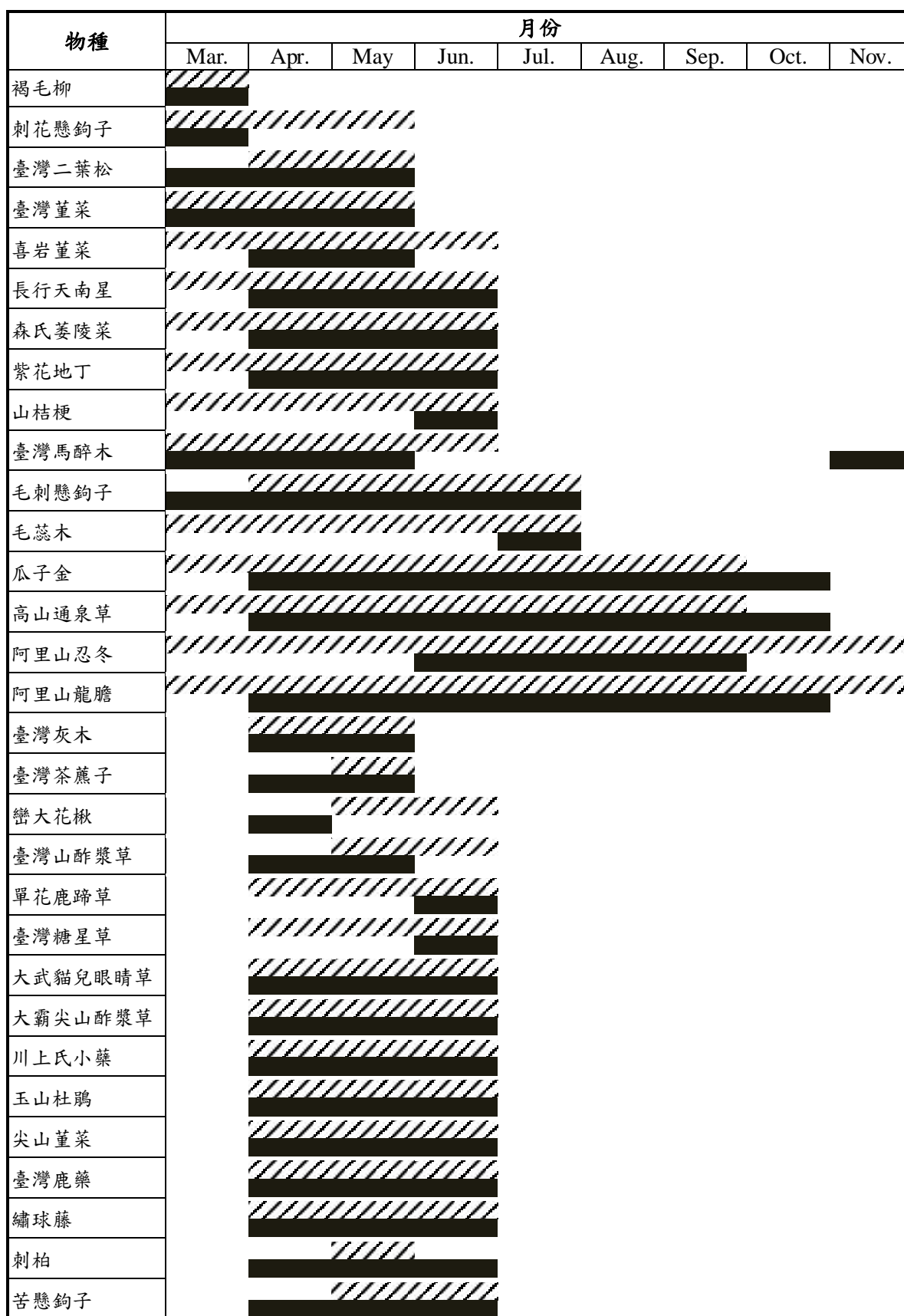


圖 2-29. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年逐月開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。
(資料來源：本研究資料)

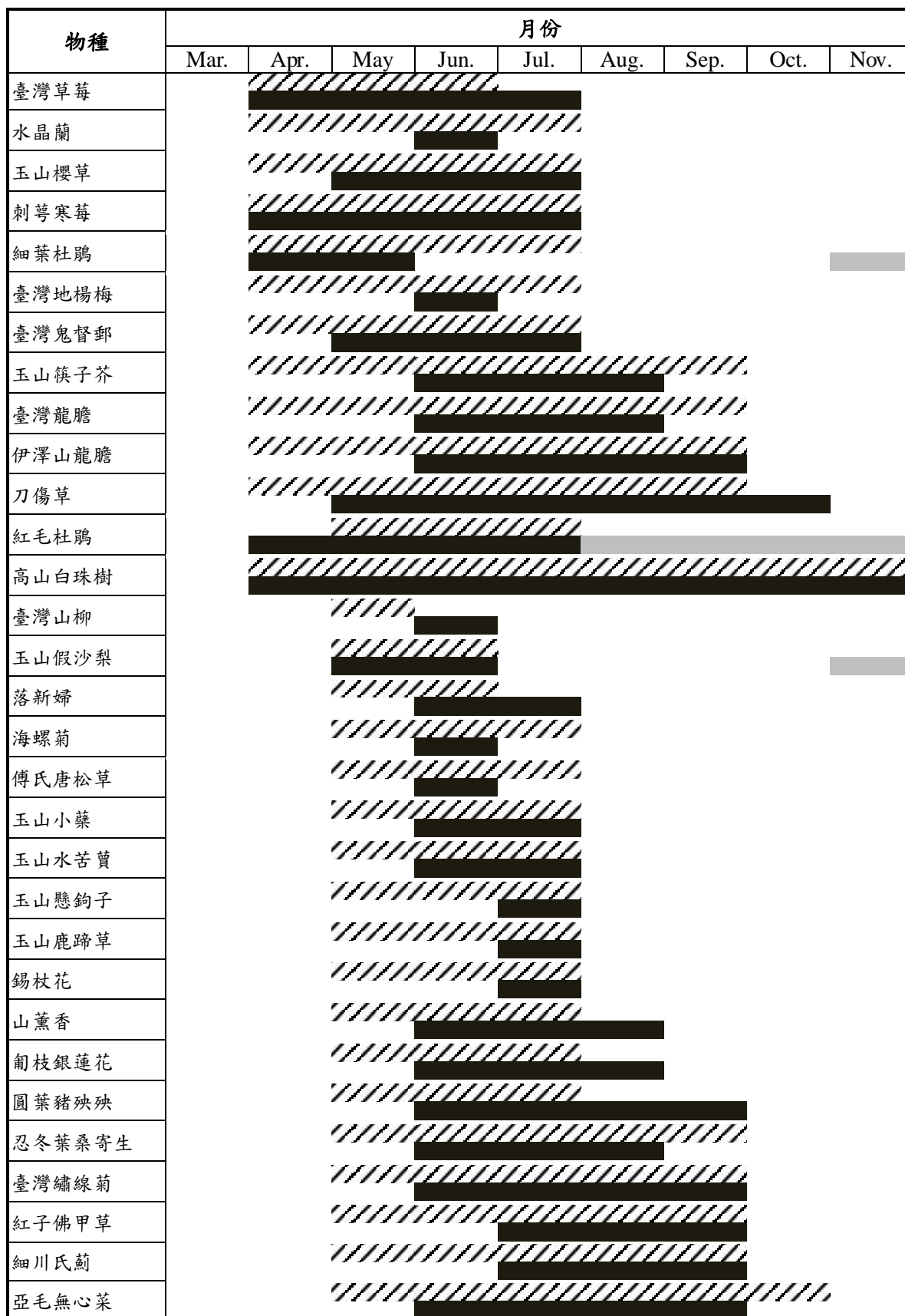


圖 2-29. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年逐月開花物候比較譜(續)。 ▨ 表示 2012 年花期， ■ 表示 2013 年花期， □ 表示 2013 年特殊花期。(資料來源：本研究資料)

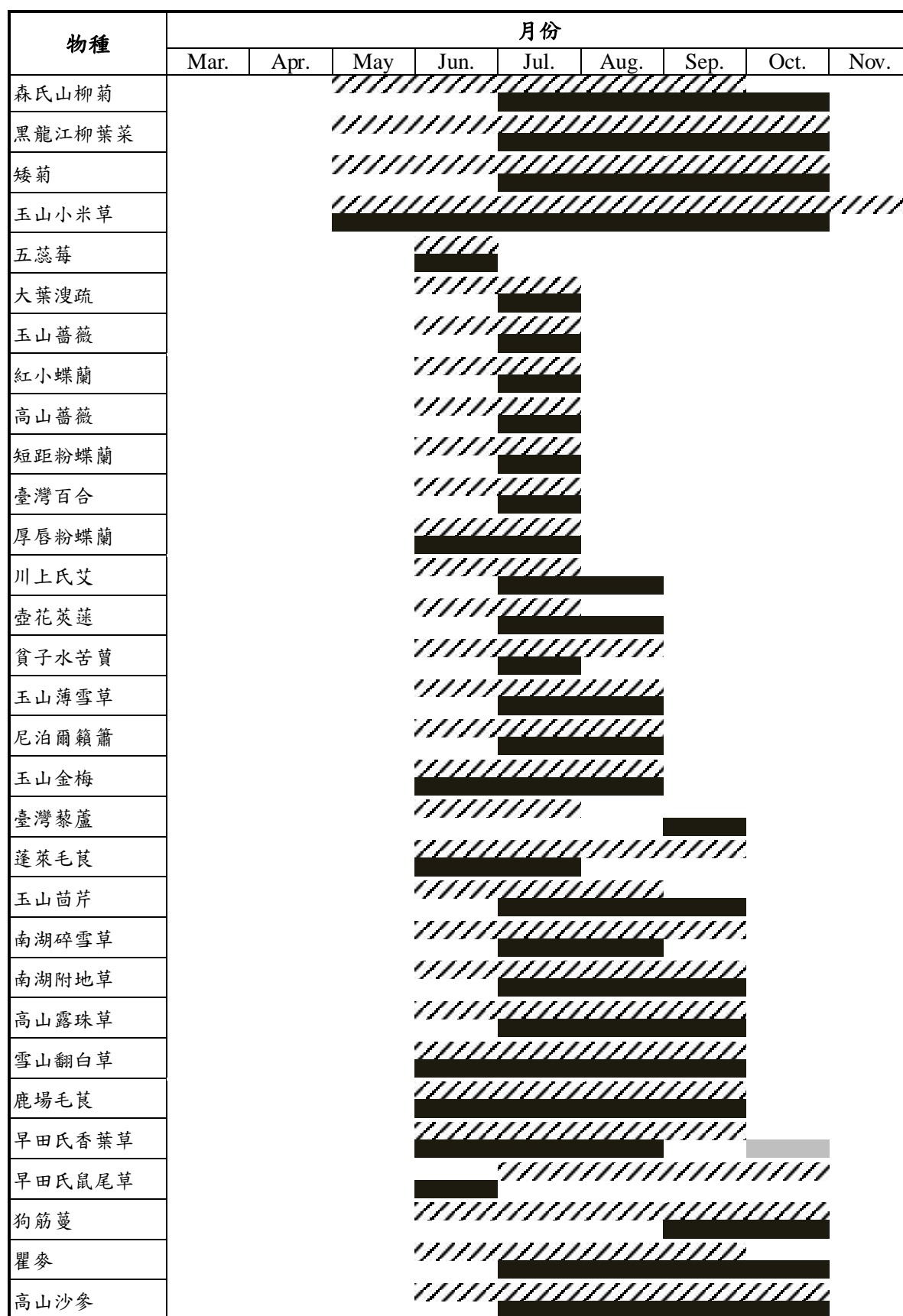


圖 2-29. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年逐月開花物候比較譜(續)。 ▨ 表示 2012 年花期， ■ 表示 2013 年花期， □ 表示 2013 年特殊花期。(資料來源：本研究資料)

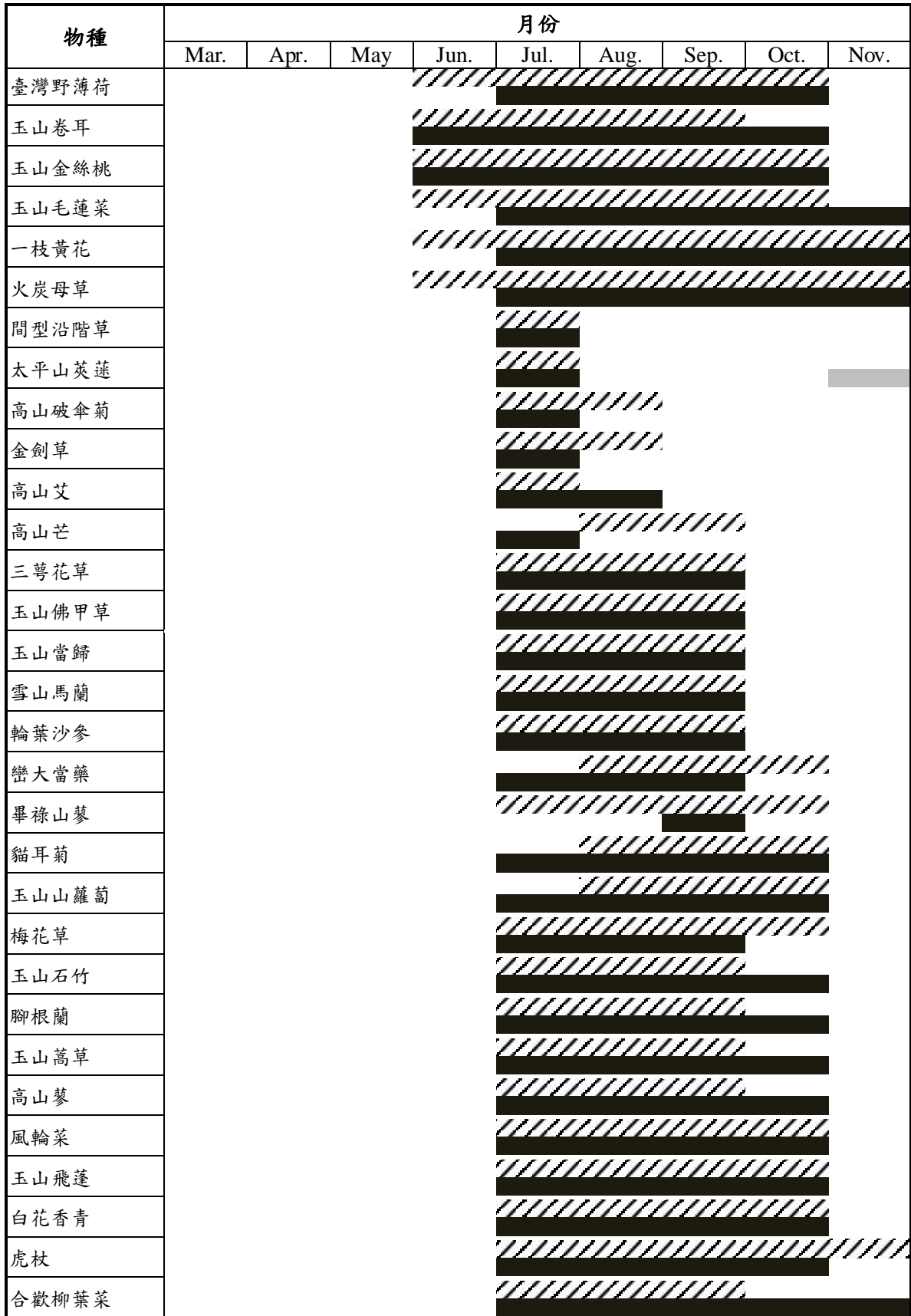


圖 2-29. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年逐月開花物候比較譜(續)。 ▨ 表示 2012 年花期， ■ 表示 2013 年花期， □ 表示 2013 年特殊花期。(資料來源：本研究資料)

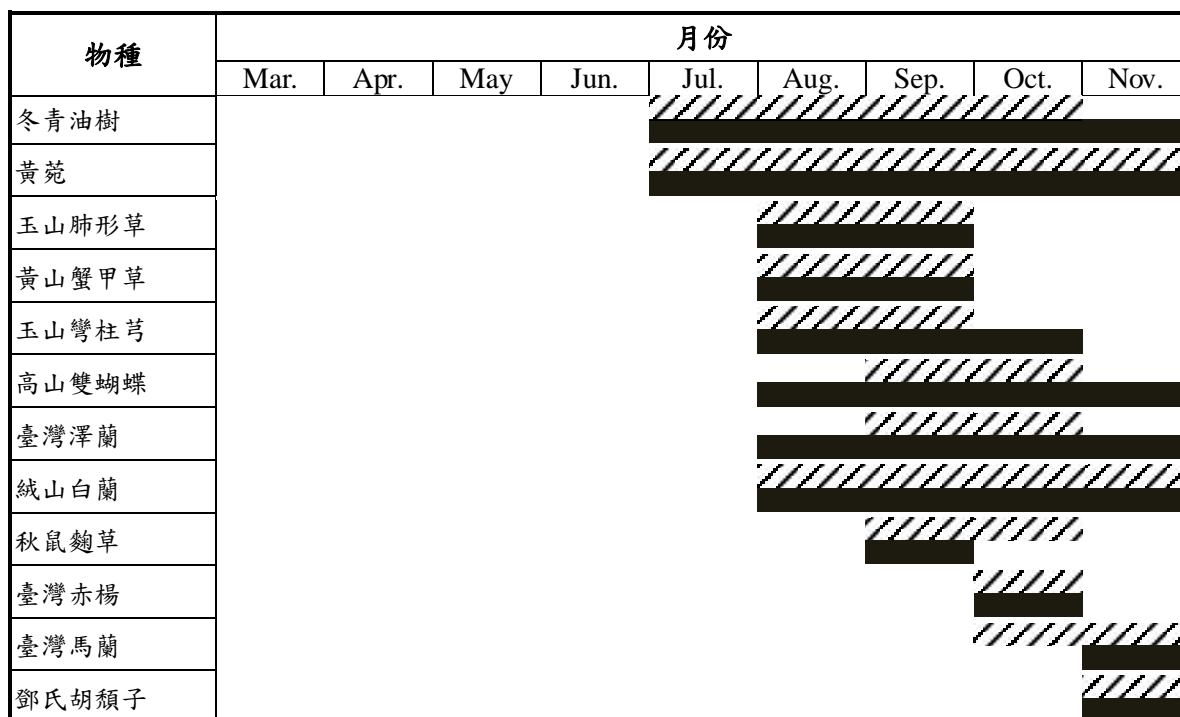


圖 2-29. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年逐月開花物候比較譜(續)。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，□ 表示 2013 年特殊花期。(資料來源：本研究資料)

2012-2013 年 136 種植物盛花期啟始時間比較發現(圖 2-29)，以進入盛花期的季節區分，分別各有 66 種在春季(3-5 月)和夏季(6-8 月)進入盛花期，只有秋鼠麴草、臺灣赤楊、臺灣馬蘭、鄧氏胡頹子等 4 種在秋季進入盛花期。春季進入盛花期的種類中，18 種植物在 2 年間盛花期時間沒有差異，40 種在 2012 年比較早，8 種在 2013 年比較早；夏季進入盛花期植物中，35 種盛花期在 2 年間沒有差異，24 種在 2012 年比較早，7 種在 2013 年比較。造成春季與夏季植物進入盛花期時序上年際間差異的主要原因在於氣溫；2013 年的 2 月冬季月均溫較高，但，2013 年 3 月開始進入春季後的月均溫要比 2012 年低，此影響春季開花的植物對熱量累積減緩，使得 2013 年春季有近 2/3 的植物開花較 2012 年慢。雖然 2013 年 3-7 月的月均溫較 2012 年來得低，但隨著夏季月均溫增加，熱量累積較快達到滿足，因此 2013 年夏季開花較晚的種類較春季少。

以縮小植物種類的分布海拔比較發現，2012 年與 2013 年的盛花期啟始時間在高山植群帶 31 種開花物候植物中，有 15 種(48.4%)的盛花期在 2012 年較早，2 種(6.5%)植物花期在 2013 年較早，14 種(45.2%)沒有差異；冷杉林帶 76 種共同植物中，32 種(42.1%)在 2012 年花期較早，10 種(13.2%)花期在 2013 年

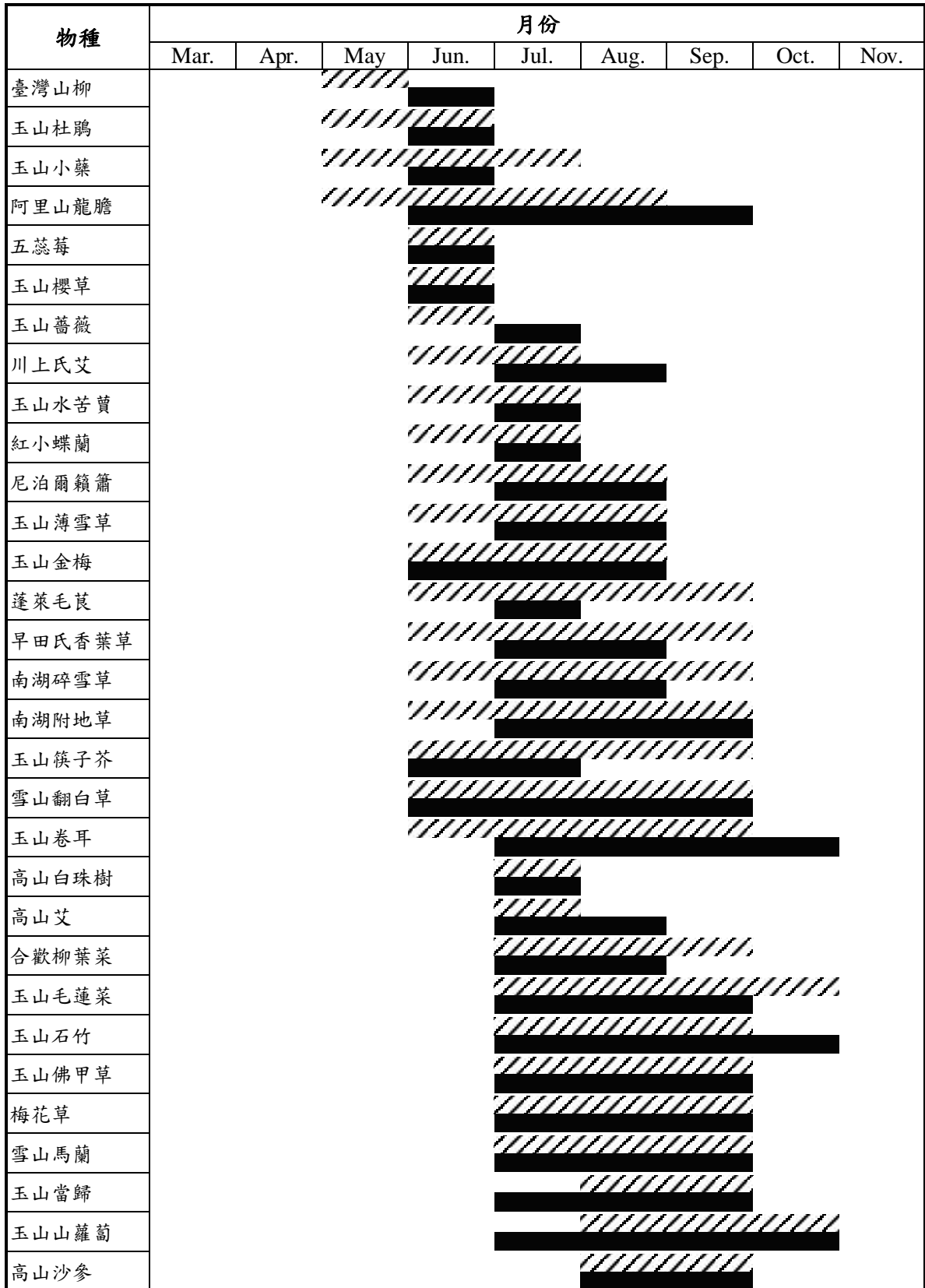


圖 2-30. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年高山植群帶開花物候比較譜。  表示 2012 年花期，  表示 2013 年花期。
(資料來源：本研究資料)

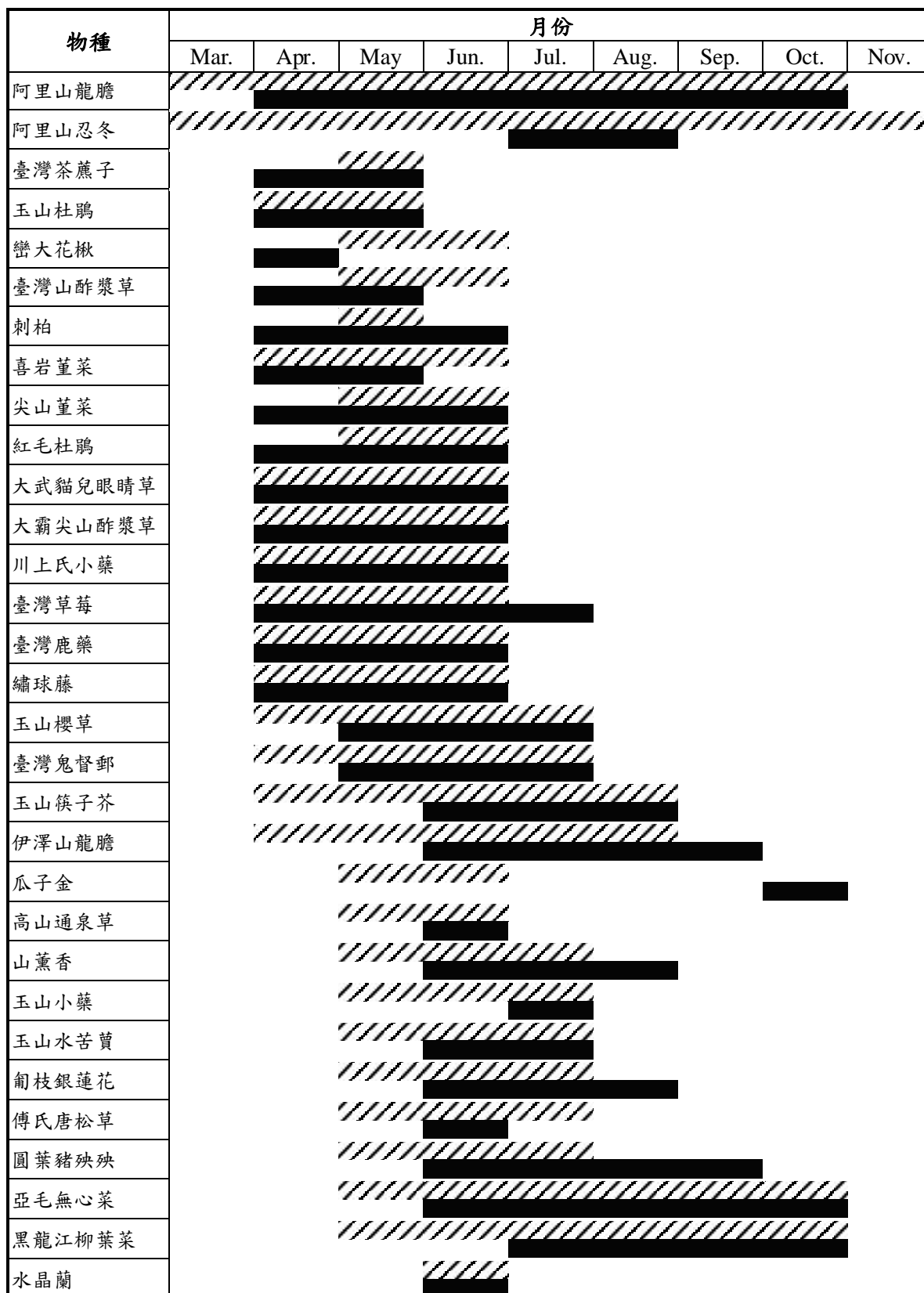


圖 2-31. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年冷杉林帶開花物候比較譜。 ▨ 表示 2012 年花期， ■ 表示 2013 年花期。
(資料來源：本研究資料)

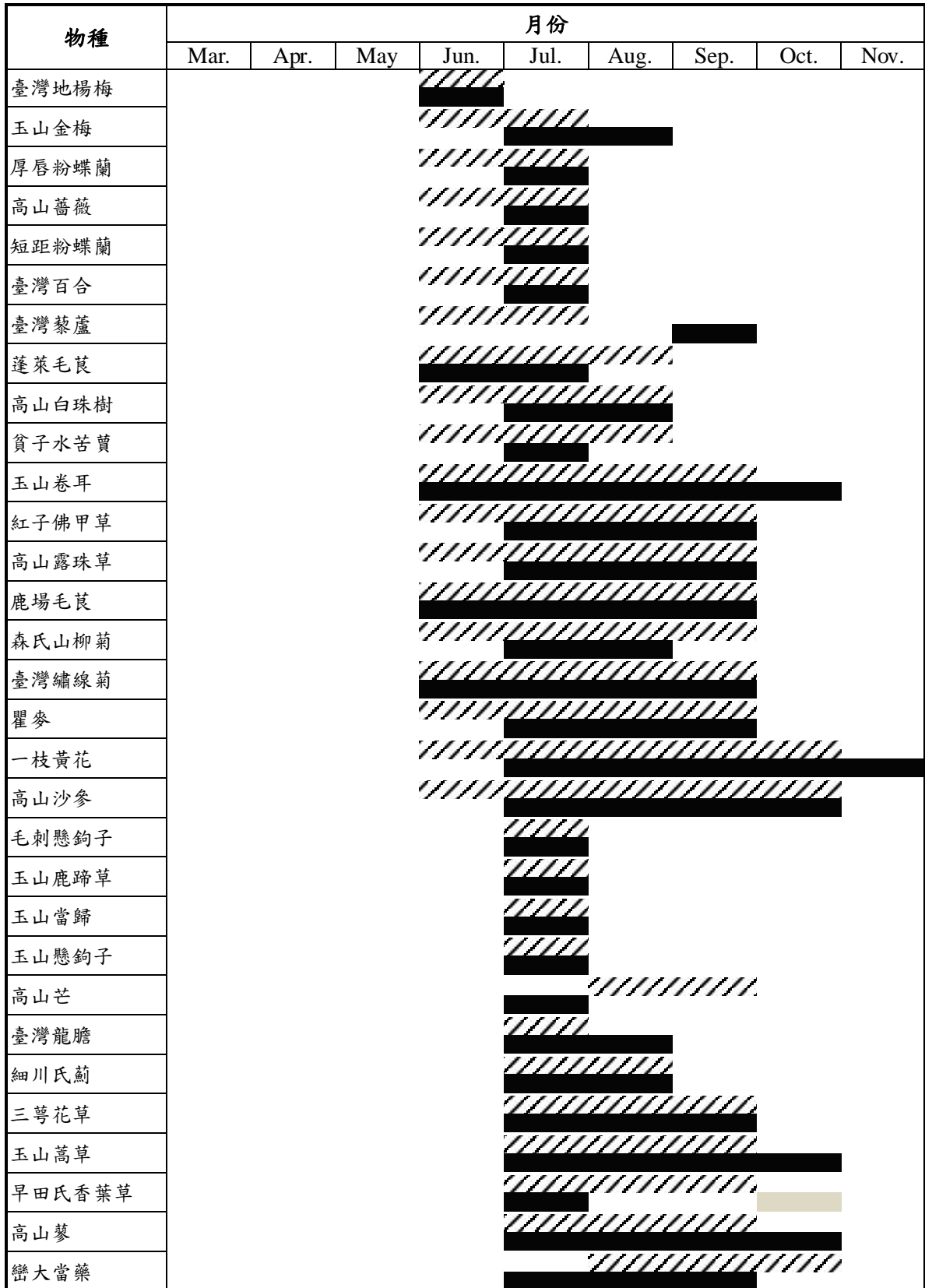


圖 2-31. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年冷杉林帶開花物候比較譜(續)。

//// 表示 2012 年花期， ■ 表示 2013 年花期。

(資料來源：本研究資料)

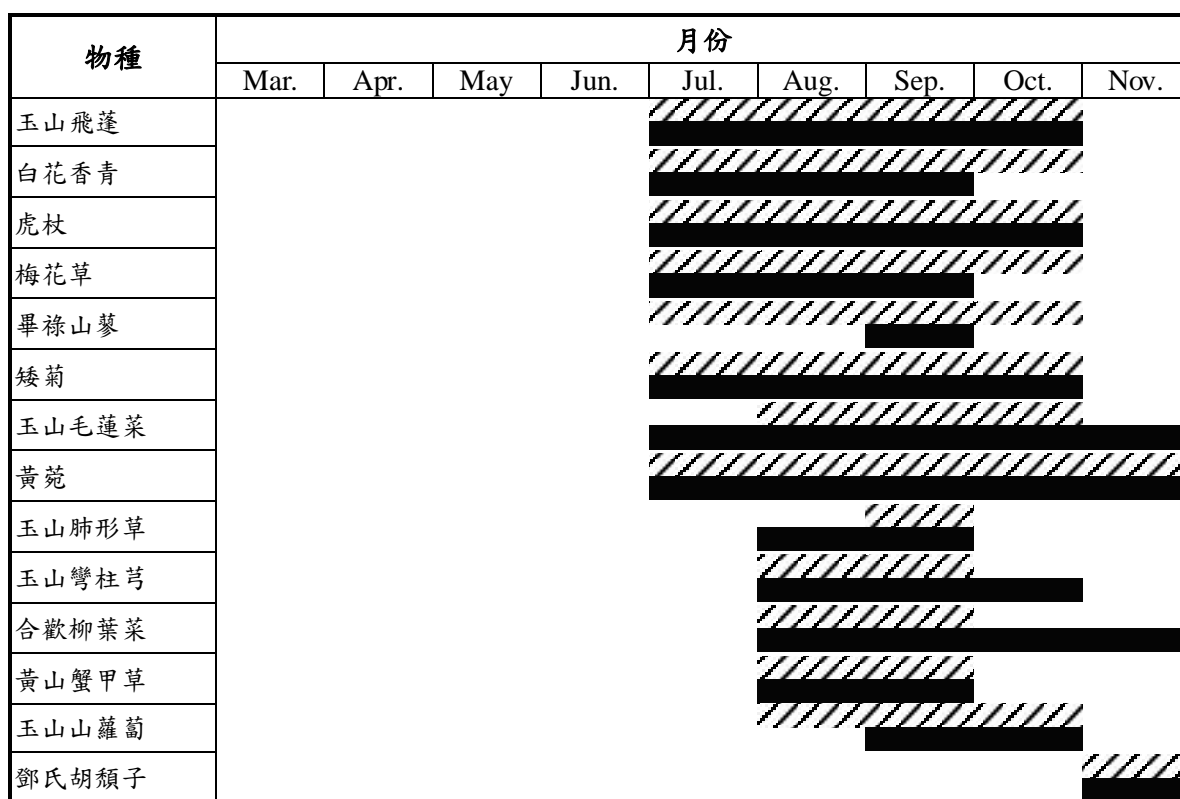


圖 2-31. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年冷杉林帶開花物候比較譜(續)。

//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期。

(資料來源：本研究資料)

較早，34 種(44.7%)沒有差異；54 種在鐵杉雲杉林帶的植物中，27 種(50.0%) 在 2012 年花期較早，9 種(16.7%)花期在 2013 年較早，18 種(33.3%)沒有差異； 櫟林帶 40 種植物中，17 種(42.5%)的花期在 2012 年較早，7 種(17.5%)在 2013 年較早，16 種(40.0%)沒有差異(圖 2-33)。整體而言，4 個植群帶中，約 42-50% 的物種在 2012 年盛花期啟始時間較早，多數植物提早 1-2 個月；2013 年盛花期較早的種類約佔 7-18%。

就盛花期長度而言，4 個植物帶 2012 與 2013 年的植物盛花期比較發現， 2012 年盛花期較長的種類比例在 42-50%，2013 年盛花期較長的比例在 13-18%。盛花期長度與盛花期啟始月分的年際間差異結果相似，大都反映在氣溫差異上。

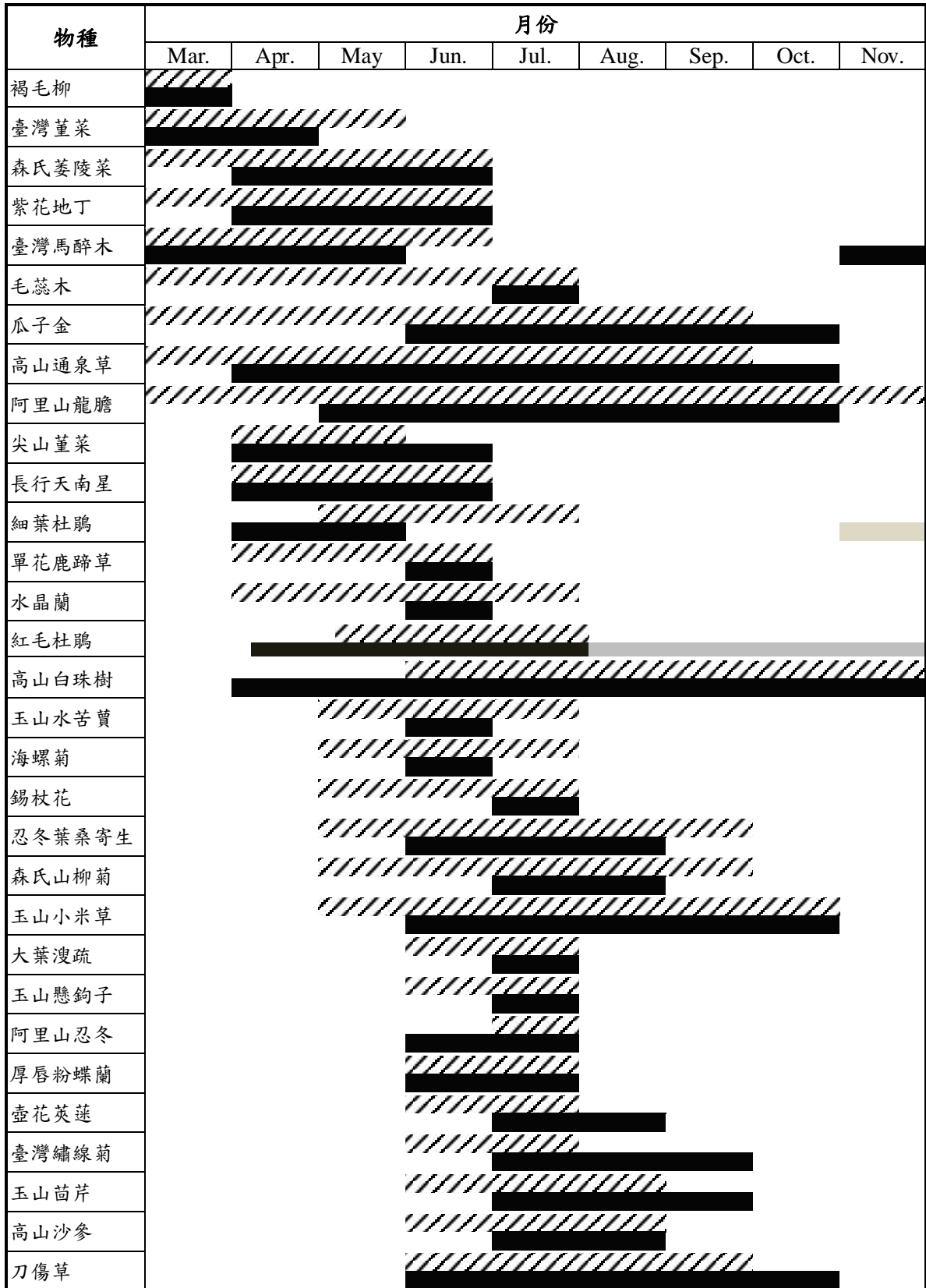


圖 2-32. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年鐵杉雲杉林帶開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

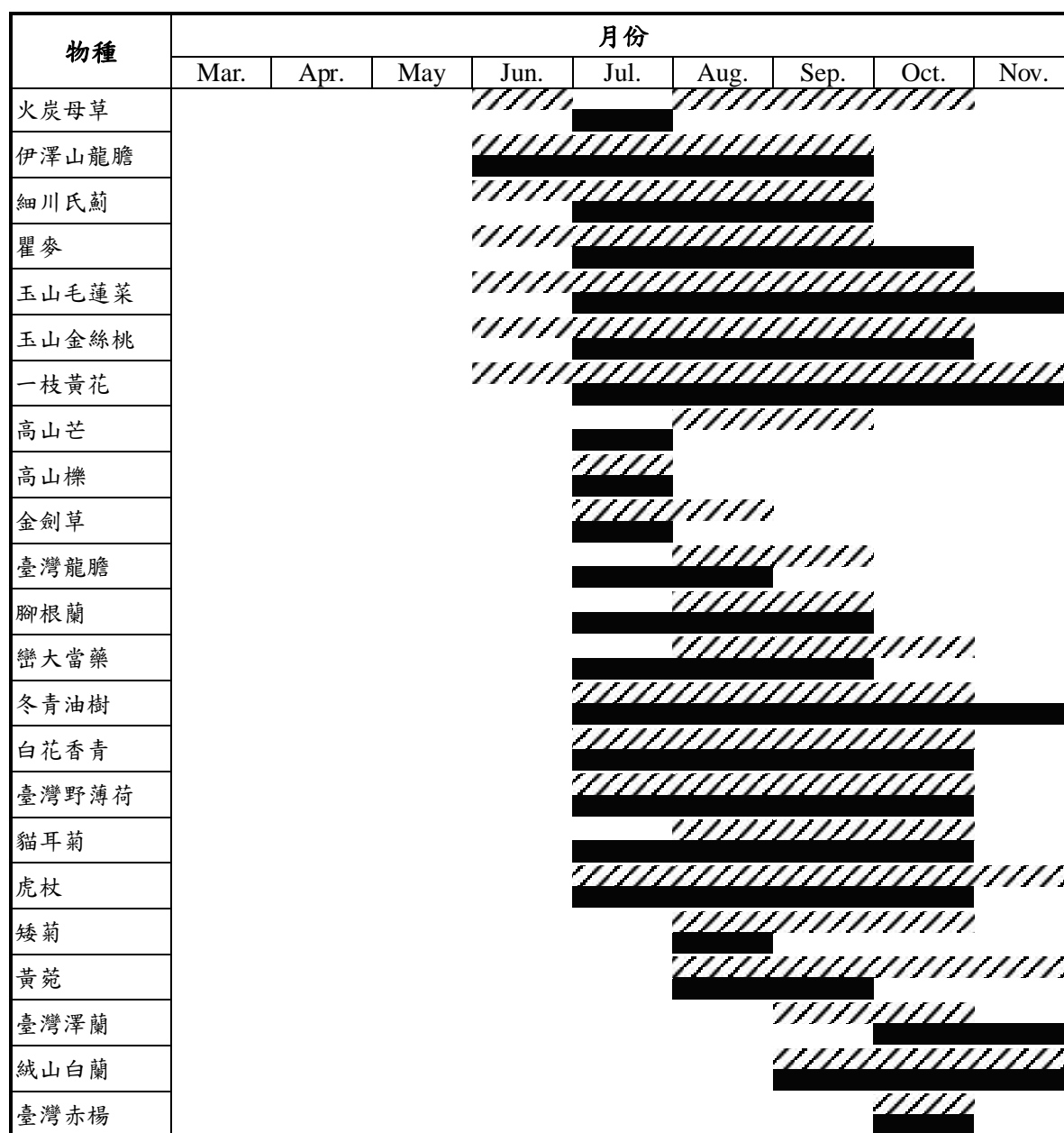


圖 2-32. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年鐵杉雲杉林帶開花物候比較譜(續)。

//// 表示 2012 年花期， ■ 表示 2013 年花期， □ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

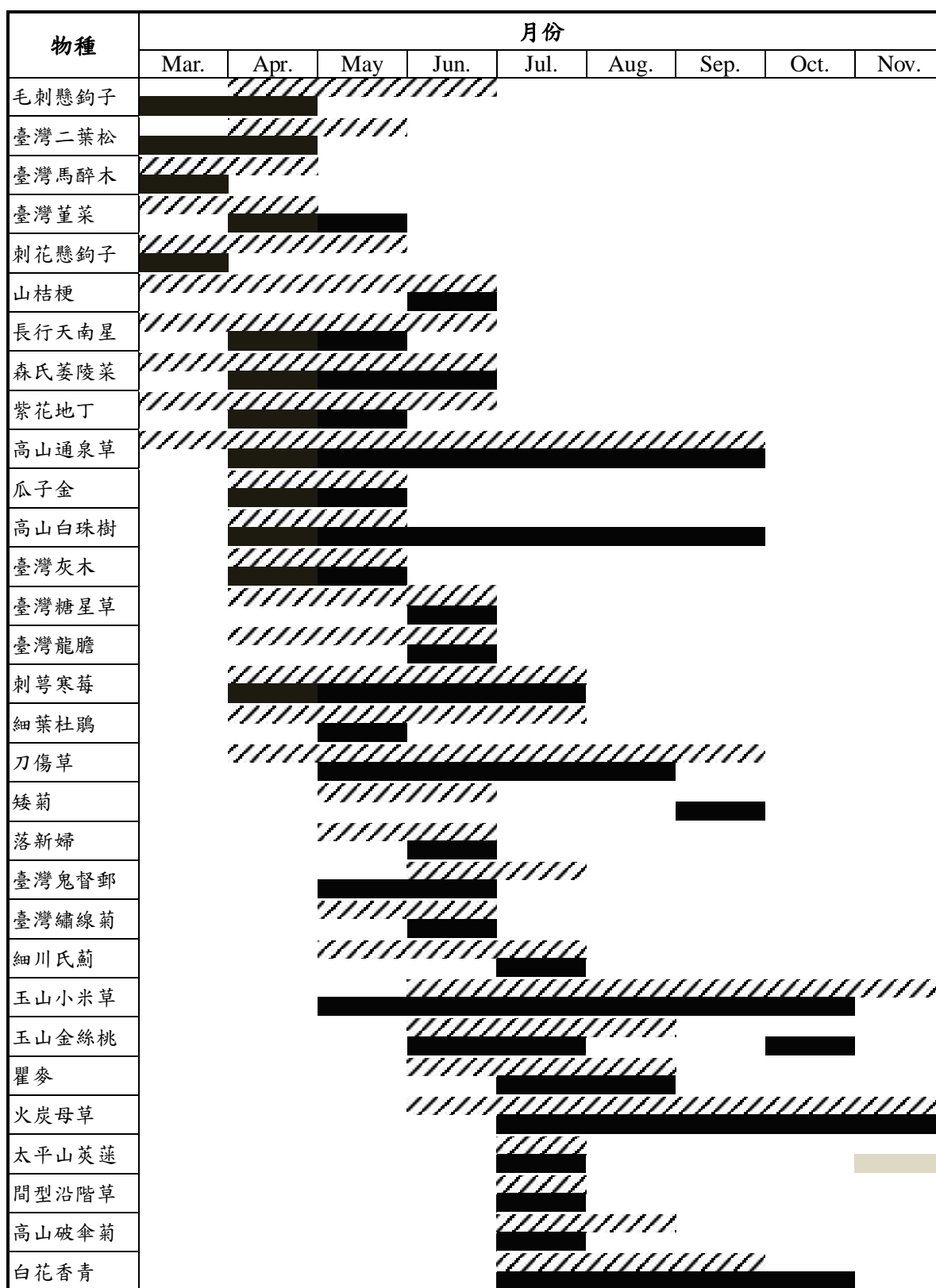


圖 2-33. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年櫟林帶開花物候比較譜。//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，■ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

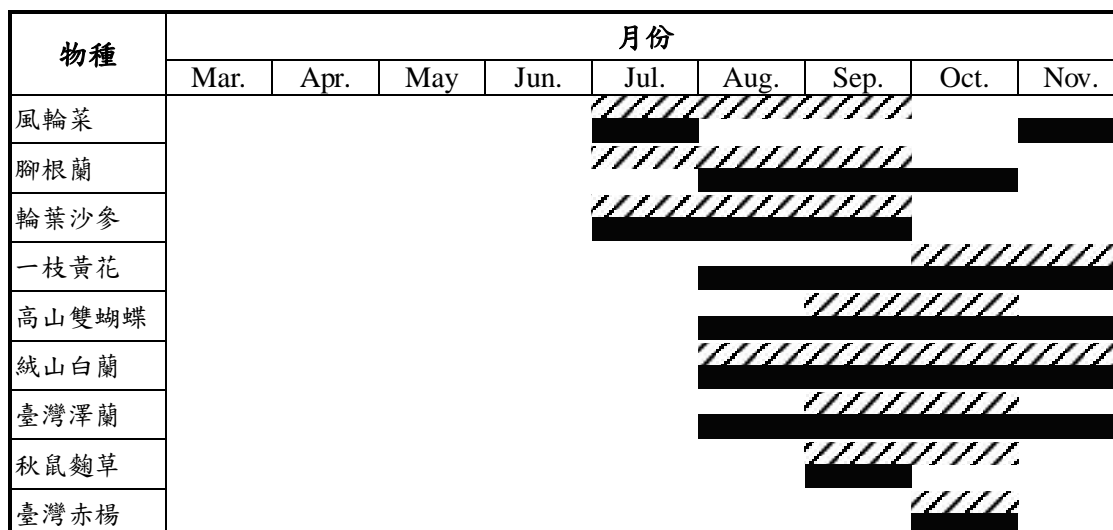


圖 2-33. 雪山主峰線沿線 2012 年與 2013 年櫟林帶開花物候比較譜(續)。

//// 表示 2012 年花期，■ 表示 2013 年花期，□ 表示 2013 年特殊花期。

(資料來源：本研究資料)

7. 雪山與玉山高山植物之開花物候比較

比較雪山與玉山地區於 2013 年開花物候結果發現(圖 2-34)，兩地區皆列入觀察的植物種類計有 84 種；其中，2,600-3,100 m 有 46 種，3,100-3,600 m 有 47 種，3,600 m 以上有 16 種。由於雪山主峰與玉山主峰差約 100 km，相當於海拔 100 m 的溫度差異，即雪山地區要比玉山地區在相同海拔、相似生育地情況下要低 0.5-0.8°C。這些共同植物的盛花期長度多以玉山地區較長，反映出玉山緯度較低，平均溫度較高而熱量累積亦較快的環境。在 2,600-3,100 m 的 46 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 17 種，雪山地區盛花期較早的有 9 種，玉山地區盛花期較早的有 20 種；在 3,100-3,600 m 的 47 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 16 種，雪山地區盛花期較早的有 16 種，玉山地區盛花期較早的有 15 種；在 3,600 m 以上的 16 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 7 種，雪山地區盛花期較早的有 4 種，玉山地區盛花期較早的有 5 種。

在兩地區春季(3-5 月)進入盛花期的植物有 44 種，多生長在鐵杉-雲杉林帶，其中，異葉紅珠、刺花懸鉤子、臺灣馬醉木、薄葉柃木、褐毛柳等 9 種在兩地區的盛花期發生時期幾近相同；紅毛杜鵑、玉山杜鵑、臺灣茶藨子、玉山筷子芥、高山通泉草、喜岩堇菜、繡球藤，以及瓜子金等 18 種植物在玉山地區的開花期較雪山地區早；僅海拔 2,600-3,100 m 的繡球藤、阿里山龍膽等 2 種，和 3,100-3,600 m 的刺柏、阿里山龍膽、臺灣草莓、川上氏小蘗(*B.*

kawakamii)、紅毛杜鵑等 5 種在雪山地區比較早開花。夏季(6-8 月)進入盛花期植物中，在海拔 2,600-3,100 m 的有 7 種植物盛花期相近，6 種在雪山地區比較早，6 種在玉山地區比較早；分布海拔 3,100-3,600 m 的植物，有 15 種盛花期開始時期相近，11 種在雪山地區比較早，11 種在玉山地區比較早；分布在海拔 3,600 m 以上的植物，7 種盛花期開始時間相近，4 種雪山地區比較早，5 種玉山地區比較早。秋季(9-11 月)開始進入盛花期植物僅 3 種，分布在海拔 2,600-3,100 m，火炭母草在兩地區盛花期開始時期相近，臺灣赤楊在雪山地區比較早進入盛花期；分布海拔 3,100-3,600 m 的玉山黃苑在兩地區進入盛花期時間相近。

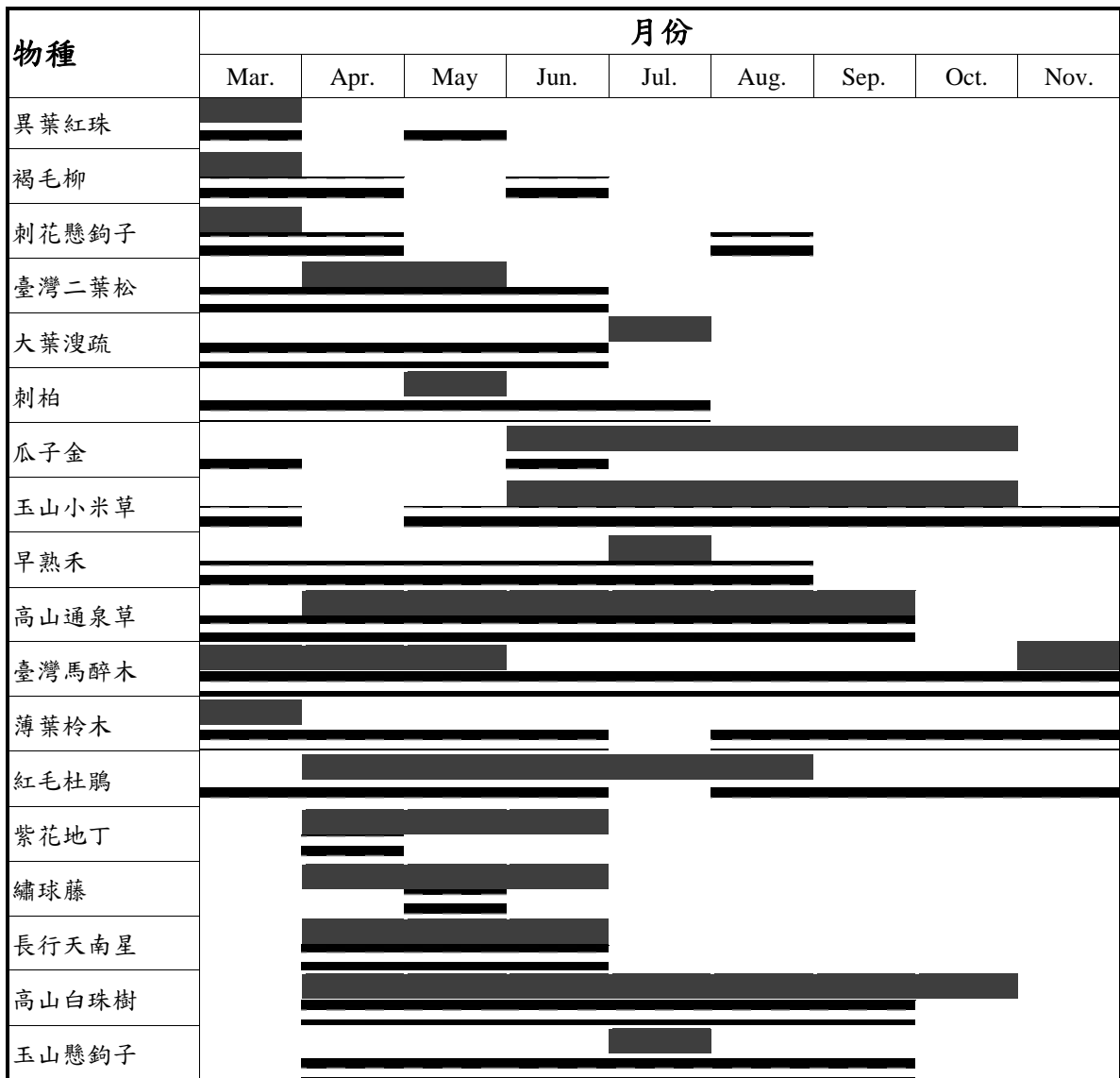


圖 2-34. 塔塔加-玉山主峰線步道與雪山雪東步道 2013 年海拔 2,600-3,100 m 之植物花候譜比較。中橫線為玉山資料，黑色為雪山資料。
(資料來源：本研究資料)



圖 2-34. 雪山雪東步道與塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年海拔 2,600-3,100 m 之植物花候譜比較(續)。中橫線為玉山資料，黑色為雪山資料。
(資料來源：本研究資料)

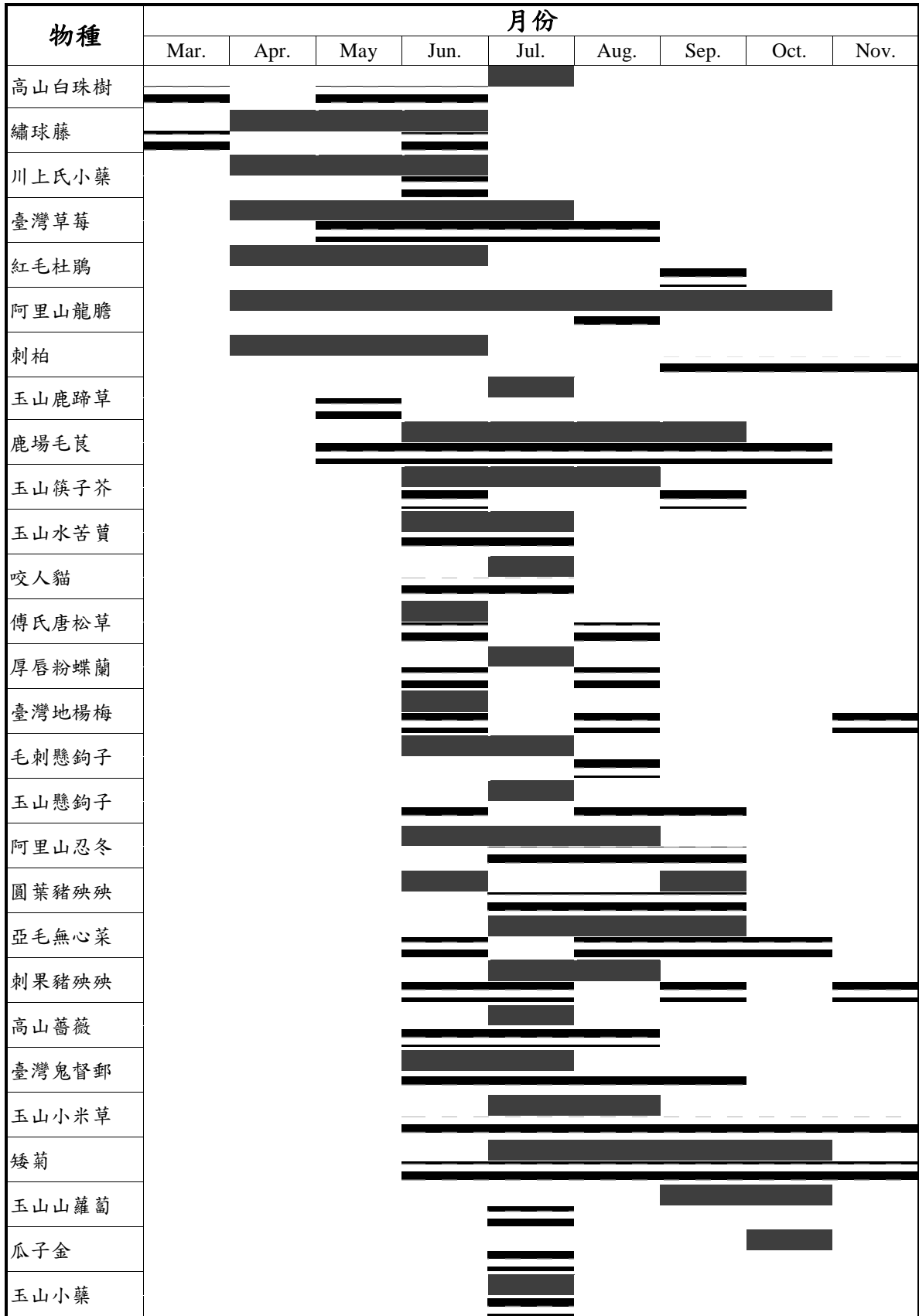


圖 2-35. 雪山雪東步道與塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年海拔 3,100-3,600 m 之植物花候譜比較。中橫線為玉山資料，黑色為雪山資料。

(資料來源：本研究資料)

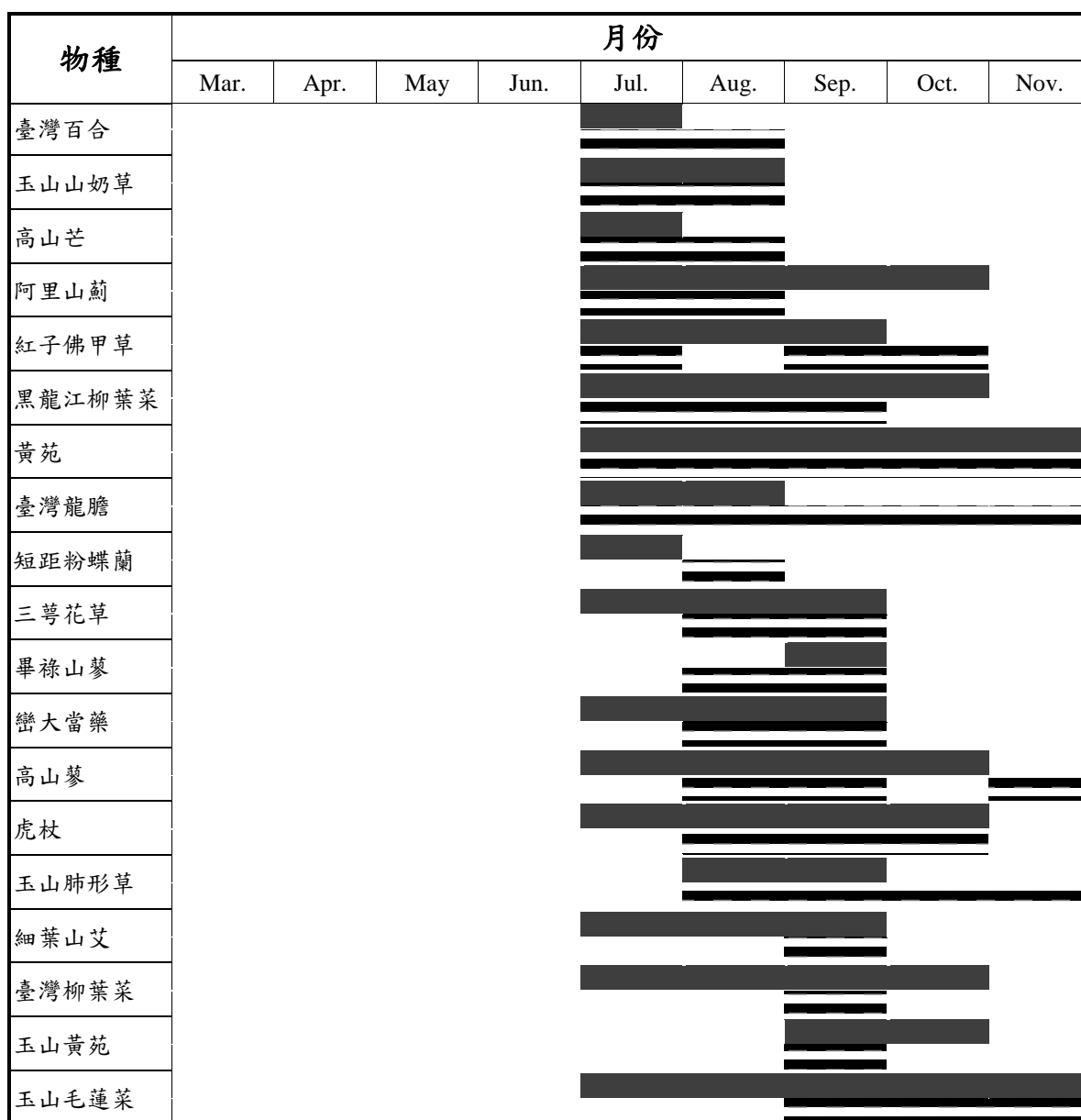


圖 2-35. 雪山雪東步道與塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年海拔 3,100-3,600 m 之植物花候譜比較(續)。中橫線為玉山資料，黑色為雪山資料。
(資料來源：本研究資料)

109種(重複計算含跨3種海拔區域的物種)植物中，40種植物在較溫暖的玉山較早進入盛花期，此類早花植物可能對溫度差異反映相對較為敏感；然而有40種植物的盛花期在2地沒有差異，雪山地區有29種植物較早進入盛花期。由不同季節及不同海拔區域的盛花期種類比較發現，春季開花的植物在玉山有較早進入盛花期的情形，此類春季進入盛花期植物亦多生長於海拔2,600-3100 m的鐵杉-雲杉林帶，反映出玉山緯度較低較溫暖的氣候特性。然而，在雪山地區較早進入盛花期的植物多生期於3,100-3,600 m的冷杉林帶，此海拔區域在雪山地區多為嶺線或開闊的草生地，可能顯示著光照環境補償緯度造成的溫度差異，使得部分植物開花得以較早進入盛花期。

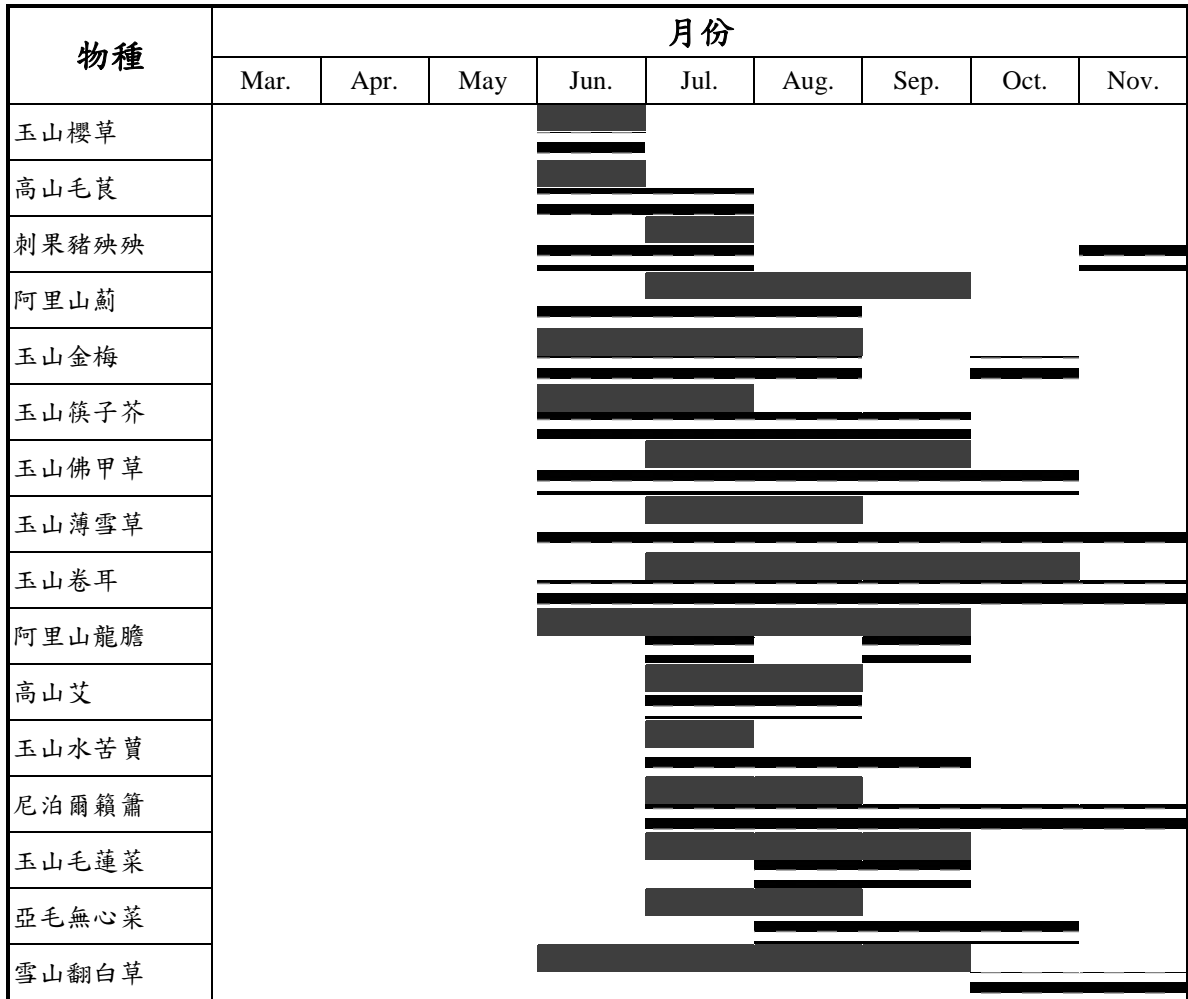


圖 2-36. 雪山雪東步道與塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年海拔 3,600 m 以上之植物花候譜比較。中橫線為玉山資料，黑色為雪山資料。
(資料來源：本研究資料)

由於雪山與玉山兩地區開花物候的比較層級在於群落尺度，加上生育地環境除了海拔差異外，植物可能在兩地分布於不同光照環境(林內或林外)、不同坡向或坡度等，因此可能造成環境因子間相互作用或因因子補償下，無法非常精準地明確區別兩地開花物候的時序差異是因受到溫度(或熱量)差異的影響。然而，相對於個別物種精密的開花物候觀察而言，群落的物候觀察顯得較為粗放，但此為了解群落物候節律非常重要的基礎資料，並由此資料提供了選取稀有植物，或對氣候因子敏感的指標植物進行更一步的物候觀察。

8. 雪山主峰線開花物候生態監測指標種選擇建議

本研究開花物候調查結果，針對不同木本、草本等生長型植物，選擇環境變化較敏感且容易觀察的物種，並考量其植物地理分布的代表性、族群數量稀少性等特性，本研究建議臺灣冷杉等植物作為雪山高山生態系植物物候

長期生態監測指標種(表2-4)。

由於植物物候是觀測是非常繁重的野外觀察工作，加上雪山地區地屬偏遠，交通往返研究區不便，物候資料蒐集不易；而利用數位照像機定時定點重複拍攝開始被廣泛利用作物候觀測(Michael and Theresa, 2008；潘振彰等，2013)，其優點為對物候觀測現象制定統一觀測的標準；節約人力資源，減少植物物候觀測工作量；以及電腦檔案方式管理；結合環境資料收集可更深入進行物候模式分析等。雖然數位相機價格較高，無法全面性普及所有植物進行物候觀測，但此方法可針對少數需監測目標種類進行長期物候觀測，以獲得更充足的物候資訊。

表2-4. 本研究建議之雪山地區高山生態系植物物候長期監測指標種

物種	科	生長型	植群帶	花期	果期
臺灣冷杉 <i>Abies kawakamii</i>	松科	喬木	B	3-4月	9-11月
刺柏 <i>Juniperus formosana</i>	柏科	灌木	BC	4-6月	3, 7-11月
褐毛柳 <i>Salix fulvopubescens</i>	楊柳科	喬木	C	3月	
巒大花楸 <i>Sorbus randaiensis</i>	薔薇科	喬木	B	4月	9-10月
高山薔薇 <i>Rosa transmorrisonensis</i>	薔薇科	灌木	BC	7月	10-11月
玉山薔薇 <i>Rosa sericea</i> var. <i>morrisonensis</i>	薔薇科	灌木	A	7月	
玉山懸鈎子 <i>Rubus rolfei</i>	薔薇科	木質藤本	BC	7月	9月
玉山杜鵑 <i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	杜鵑花科	灌木	AB	4-6月	9-10月
紅毛杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i>	杜鵑花科	灌木	BC	4-7月	11月
細葉杜鵑 <i>Rhododendron noriakianum</i>	杜鵑花科	灌木	CD	4-5月	
玉山小蘗 <i>Berberis morrisonensis</i>	小蘗科	灌木	AB	5-7月	9-10月
高山破傘菊 <i>Syneilesis subglabrata</i>	菊科	草本	CD	7-8月	9-11月
高山馬先蒿 <i>Pedicularis ikomai</i>	玄參科	草本	AB	6-8月	
雪山馬蘭 <i>Aster takasagomontanus</i>	菊科	草本	A	7-9月	10月
雪山翻白草 <i>Potentilla tugitakensis</i>	薔薇科	草本	A	6-9月	9-10月
黃山蟹甲草 <i>Parasenecio hwangshanicus</i>	菊科	草本	B	8-9月	9-11月
玉山人蔘 <i>Scabiosa lacerifolia</i>	續斷科	草本	AB	7-10月	
玉山櫻草 <i>Primula miyabeana</i>	報春花科	草本	AB	5-7月	8-10月
虎杖 <i>Polygonum yunnanense</i>	蓼科	草本	BCD	7-10月	10-11月
高山沙參 <i>Adenophora morrisonensis</i>	桔梗科	草本	ABC	7-10月	
臺灣百合 <i>Lilium formosanum</i>	百合科	草本	B	7月	

(資料來源：本研究資料)

(二)高山植群動態

雪山三六九山莊附近之草生地於2008年12月18日發生火燒，影響面積約20 ha。本研究在三六九山莊草生地火後(post-fire)現場分別設置36個系統樣區與35個隨機樣區之火燒樣區，共71個樣區。系統樣區及隨機樣區分別於2009年2月中旬至3月初完成初次調查(火後約3個月)，並在2009年4月(火後約4個月)、9月(火後約9個月)、2010年4月(火後約16個月)、2010年7月(火後約19個月)、2011年5月(火後約29個月)、2011年7月(火後約31個月)及2013年9月(火後約57個月)進行調查，共進行8次火後植生調查。此止，在三六九山莊附近未火燒區域(12個樣區)、雪山主峰線5k(12個樣區，2001年火燒)及6k(10個樣區，1963年火燒)之草生地進行對照組樣區之調查，以進行火後更新之時序比較。火後草生地植物名錄之植物學名依Flora of Taiwan VI(Editorial committee of the Flora of Taiwan, second Edition, 2003)。

雪山主峰沿線3,000 m以上草生地和三六九山莊火後調查之植物種類清單共調查81種維管束植物，其中蕨類植物有9種，蕨類商數為2.50，此結果與鄭婷文等(2011)調查本區3,100-3,600 m冷杉林帶之蕨類商數(4.60)來得低，此因本研究只針對冷杉林帶之草生地所致；再者，冷杉林帶之草生地多於嶺線較乾燥之生育地，其出現之蕨類植物亦較少的原因有關。本區之植物生活型譜(圖2-37)則與鄭婷文等(2011)研究相同。

1.火後植物種類清單

雪山三六九山莊火後草生地演替至今約5年，期間8次火後演替調查共調查79種維管束植物(含系統樣區、隨機樣區與對照組)，包括蕨類植物7科7屬9種，分別為玉山石松、地刷子(*Lycopodium complanatum*)、高山瓶爾小草(*Ophioglossum austro-asiaticum*)、臺灣絨假紫萁(*Osmunda claytoniana* var. *pilosa*)、玉山瓦葦(*Lepisorus morrisonensis*)、腺鱗毛蕨(*Dryopteris alpestris*)、瓦氏鱗毛蕨(*Dryopteris wallichiana*)、高山珠蕨(*Cryptogramma brunoniana*)、逆羽蹄蓋蕨(*Athyrium reflexipinnatum*)等9種蕨類植物；裸子植物有2科2屬3種，包括臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山圓柏(*Juniperus morrisonicola*)及刺柏(*Ju. formosana*)；被子植物共26科55屬67種，雙子植物有21科39屬47種，單子葉植物有5科16屬20種(表2-5)。

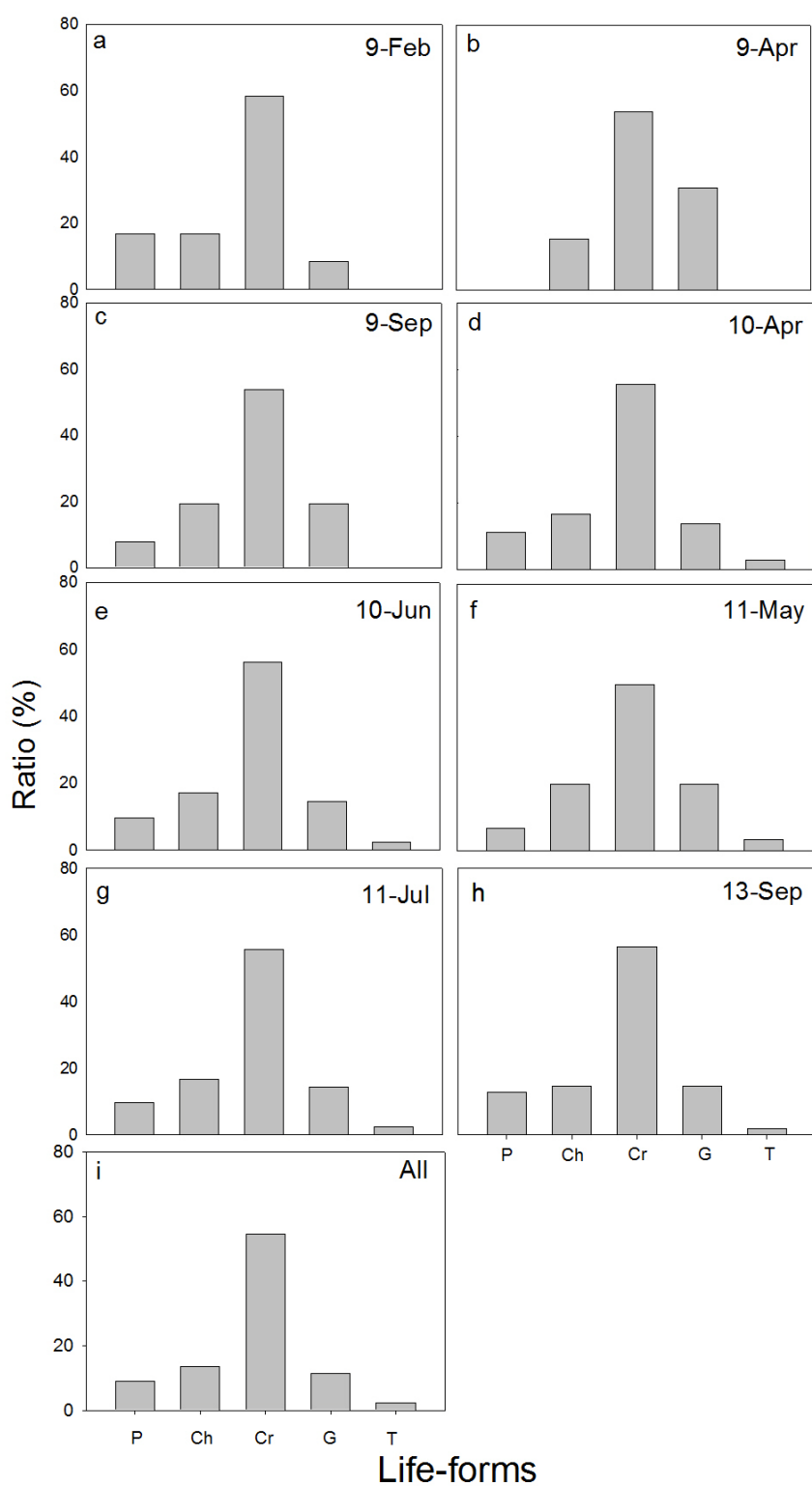


圖2-37. 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之生活型譜變化圖。
(資料來源：本研究資料)

火燒對原生植群之植物組成與結構造成破壞，可能有利外來物種在火後入侵(Guo, 2001; Schoennagel *et al.*, 2004; Nuñez and Raffaele, 2007)。本研究團隊亦發現(曾彥學等, 2010)，貓耳葉菊與大扁雀麥雖已進入三六九山莊附近之草生地，但此2種外來植物目前僅出現於步道兩旁，尚未發現火燒樣區內，未來應注意外來植物在火燒跡地之族群數量變動。

三六九山莊草生地火後各調查時期出現的維管束植物以禾本科(Poaceae)最多(8種)和菊科(Asteraceae, 8種)，其次是薔薇科(Rosaceae, 6種)、百合科(Liliaceae, 5種)、龍膽科(Gentianaceae, 4種)。禾本科與菊科屬熱帶植物區系，而薔薇科與百合科、龍膽科屬於溫帶植物區系，反映雪山地區之植物資源來源多樣，顯示本區地理位置之特殊與生育地環境之複雜(曾彥學等, 2010; 鄭婷文, 2010)。依植物生活史(life-history)分類，多年植物(含木本與草本)有78種，僅1種1年生植物(伊澤山龍膽*Gentiana itzershanensis*)；多年生植物中，木本植物佔21種(含木質藤本之高山藤繡球)，多年生草本共57種(包含蕨類)。本研究團隊發現，雪山主峰沿線之植物生活型組成以1年生植物比例最少(曾彥學等, 2010)。Korner(1998)指出亞高山生態系的主要植物組成為多年生植物，1年生植物種類相對較少。高山生態系因溫暖適宜生長的季節時期過短，1年生植物常無法在短暫的時間完成其生活史；因此，1年生植物在高山或亞高山生態系之維管束植物的比例最低。

將雪山三六九山莊草生地火後不同時期出現種子植物依Raunkia生活型(life-form)進行劃分，可以了解火後植物種類恢復之生活型變化趨勢。由火燒跡地所有出現過之70種種子植物之生活型10種挺空植物植物(12.66%)、8種地表植物(10.13%)、42種半地中植物(60.00%)、8種地中植物(10.13%)，以及1種1年生植物(1.43%)，與王偉等(2010)、鄭婷文等(2011)研究雪山主峰沿線之玉山箭竹-高山芒植物社會的生活型譜(life-form spectrum)相似，亦顯示亞高山草生地火後3年植物種類出現即可達到未火燒前之狀態。再者，由不同時期火後恢復之生活型譜得知，在火後16個月之恢復過程即可接近草生地生活型譜之狀態。

雪山三六九山莊草生地火後出現維管束植物之蕨類商數為2.46(表2-8)；火後不同時期之蕨類商數呈現波動(表2-8, 圖2-38)，以2009年4月最高(3.57)，隨後開始下降，至2010年4月達最低(1.32)後開始上升至3.16(2010年6月)，並於2011年7月下降至1.83，2013年9月又在一次增加至2.50。火後初期，維管束植物開始恢復，大多數種子植物地上部被燒死，少數未被火燒死之蕨類植物在此時期

即可在維管束植物種數中具有較高比例；隨著植物萌蘖或散殖體入侵種類的大量增加，加上蕨類植物在火後恢復之競爭過程較種子植物弱，因此在火後恢復過程蕨類商數逐漸下降並商數波動現象。其可能因亞高山草生地植物組成相對於低海來得少，火後提供新的生育地亦提供機會給各類散殖體建立，一但有蕨類植物進入，即可以使蕨類商數增加；另一方面可能反映出火燒跡地物種建立初期競爭激烈，蕨類植物建立族群不易，進而造成火後草生地蕨類商數的動態變化。

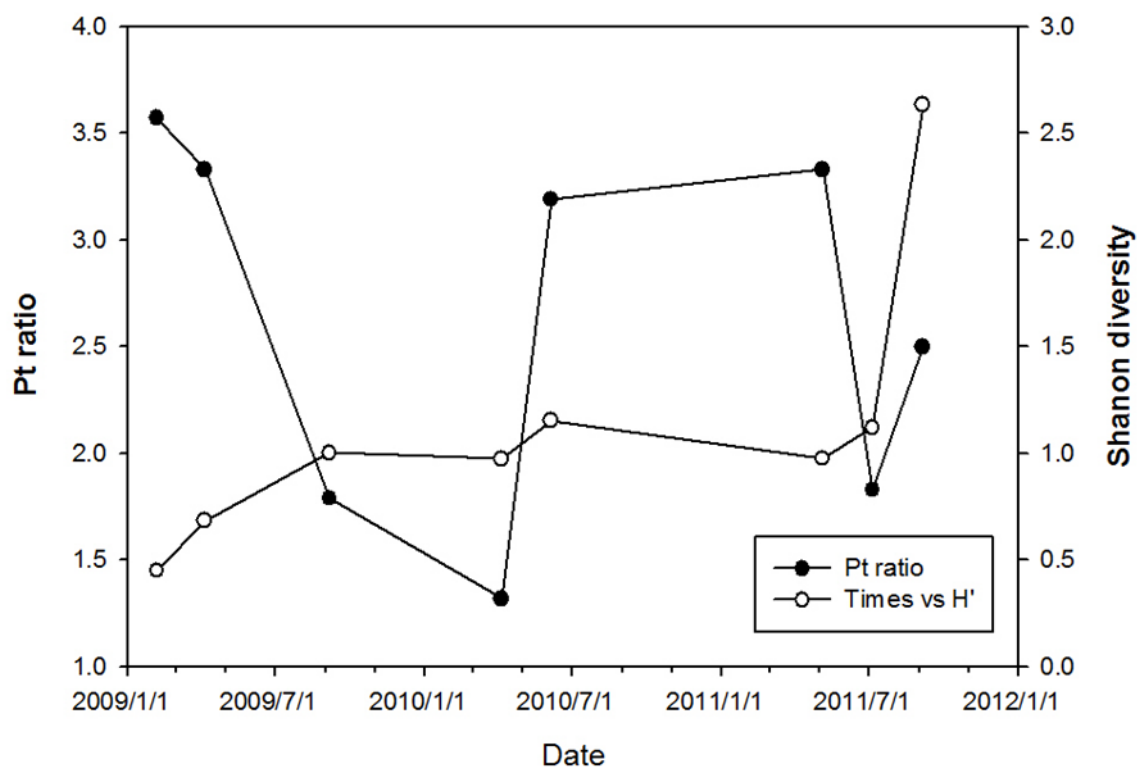


圖2-38. 雪山三六九山莊火後樣區於各時期之蕨類商數與Shannon多樣性指數之變化圖。

(資料來源：本研究資料)

表2-5. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物之生物與生態特性

分類群	代號	科	生活史	生活型	葉候	果實	散播
地刷子	<i>Lycopodium complanatum</i>	Lyc 石松科	Lycopodiaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
玉山石松	<i>Lycopodium veitchii</i>	Lyv 石松科	Lycopodiaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
高山瓶爾小草	<i>Ophioglossum austro-asiaticum</i>	Opa 瓶爾小草科	Ophioglossaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
玉山瓦葦	<i>Lepisorus morrisonensis</i>	Lem 水龍骨科	Polypodiaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
臺灣絨假紫萁	<i>Osmunda claytoniana</i> var. <i>pilosa</i>	Osc 紫萁科	Osmundaceae	多年生	Pt	冬枯 孢子	風
腺鱗毛蕨	<i>Dryopteris alpestris</i>	Dra 鱗毛蕨	Dryopteridaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
瓦氏鱗毛蕨	<i>Dryopteris wallichiana</i>	Drc 鱗毛蕨	Dryopteridaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
高山珠蕨	<i>Cryptogramma brunoniana</i>	Crb 鳳尾蕨科	Pteridaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
逆羽蹄蓋蕨	<i>Athyrium reflexipinnatum</i>	Atr 蹄蓋蕨科	Athyriaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
臺灣冷杉	<i>Abies kawakamii</i>	Abk 松科	Pinaceae	多年生木本	P	常綠 毬果	風
刺柏	<i>Juniperus formosana</i>	Juf 柏科	Cupressaceae	多年生木本	P	常綠 毬果	動物
圓柏	<i>Juniperus morrisonicola</i>	Jum 柏科	Cupressaceae	多年生木本	P	常綠 毬果	動物
褐毛柳	<i>Salix fulvopubescens</i>	Saf 楊柳科	Salicaceae	多年生木本	P	落葉 蒴果	風
玉山石竹	<i>Dianthus superbus</i>	Dis 石竹科	Caryophyllaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	重力、風
玉山卷耳	<i>Cerastium trigynum</i> var. <i>morrisonense</i>	Cet 石竹科	Caryophyllaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	重力、風
鹿場毛茛	<i>Ranunculus taisanensis</i>	Rat 毛茛科	Ranunculaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蓇葖果	重力
臺灣小蘗	<i>Berberis kawakamii</i>	Bek 小蘗科	Berberidaceae	多年生木本	P	常綠 核果	動物
玉山金絲桃	<i>Hypericum nagasawai</i>	Hyn 金絲桃科	Guttiferae	多年生木本	Ch	落葉 蒴果	風
高山藤繡球	<i>Hydrangea aspera</i>	Hya 虎耳草科	Saxifragaceae	多年生木質藤本	P	冬枯 蒴果	風
玉山佛甲草	<i>Sedum morrisonense</i>	Sem 景天科	Crassulaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蓇葖果	風
高山薔薇	<i>Rosa transmorrisonensis</i>	Rot 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 瘦果	動物
玉山薔薇	<i>Rosa sericea</i> var. <i>morrisonensis</i>	Ros 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 瘦果	動物
玉山懸鈎子	<i>Rubus calycinoides</i>	Ruc 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 核果	動物
毛刺懸鈎子	<i>Rubus hirsutopungens</i> var. <i>aculeatiflorus</i>	Ruh 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 核果	動物
巒大花楸	<i>Sorbus randaiensis</i>	Sor 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	P	落葉 核果	動物
假繡線菊	<i>Spiraea hayatana</i>	Sph 薔薇科	Rosaceae	多年生木本	Ch	落葉 瘦果	風、動物
大霸尖山酢醬草	<i>Oxalis acetocella</i> ssp. <i>taimoni</i>	Oxa 酢醬草科	Oxalidaceae	多年生草本	G	常綠 蒴果	自力
早田氏香葉草	<i>Geranium hayatanum</i>	Geh 牻牛兒苗科	Geraniaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	自力、風
瓜子金	<i>Polygala japonica</i>	Poj 遠志科	Polygalaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	風
逆羽蹄蓋蕨	<i>Athyrium reflexipinnatum</i>	Atr 蹄蓋蕨科	Athyriaceae	多年生	Pt	常綠 孢子	風
雪山堇菜	<i>Viola adenothrix</i>	Via 堇菜科	Violaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
尖山堇菜	<i>Viola senzanensis</i>	Vis 堇菜科	Violaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
森氏當歸	<i>Angelica morii</i>	Anm 繖形科	Umbelliferae	多年生草本	Cr	冬枯 離果	風
玉山當歸	<i>Angelica morrisonicola</i>	Ano 繖形科	Umbelliferae	多年生草本	Cr	冬枯 離果	風
玉山茴芹	<i>Pimpinella niitakayamensis</i>	Pin 繖形科	Umbelliferae	多年生草本	Cr	冬枯 離果	動物
玉山鹿蹄草	<i>Pyrola morrisonensis</i>	Pym 鹿蹄草科	Pyrolaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	風
高山白珠樹	<i>Gaultheria itoana</i>	Gai 杜鵑花科	Ericaceae	多年生木本	Ch	常綠 漿果	動物
玉山杜鵑	<i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	Rhp 杜鵑花科	Ericaceae	多年生木本	P	常綠 蒴果	風
臺灣高山杜鵑	<i>Rhododendron rubropilosum</i> var. <i>taiwanalpinum</i>	Rhr 杜鵑花科	Ericaceae	多年生木本	P	常綠 蒴果	風
阿里山龍膽	<i>Gentiana arisanensis</i>	Gea 龍膽科	Gentianaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
伊澤山龍膽	<i>Gentiana itzershanensis</i>	Gei 龍膽科	Gentianaceae	一年生草本	T	- 蒴果	水

表2-5. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物之生物與生態特性(續)

分類群	代號	科	生活史	生活型	葉候	果實	散播
臺灣龍膽	<i>Gentiana atkinsonii</i> var. <i>formosana</i>	Gef 龍膽科	Gentianaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	水
巒大當藥	<i>Swertia randaiensis</i>	Swr 龍膽科	Gentianaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	風
海螺菊	<i>Ellisiophyllum pinnatum</i>	Elp 玄參科	Scrophulariaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	水
玉山小米草	<i>Euphrasiatransmorrisonensis</i>	Eut 玄參科	Scrophulariaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	水
雪山水苦蕒	<i>Veronica morrisonicola</i>	Vem 玄參科	Scrophulariaceae	多年生草本	Cr	常綠 蒴果	水
阿里山忍冬	<i>Lonicera acuminata</i>	Loa 忍冬科	Caprifoliaceae	多年生木質藤本	P	常綠 漿果	動物
川上氏忍冬	<i>Lonicera kawakamii</i>	Lok 忍冬科	Caprifoliaceae	多年生木質藤本	P	常綠 漿果	動物
高山沙參	<i>Adenophora morrisonensis</i> spp. <i>uehatae</i>	Adm 桔梗科	Campanulaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	風
玉山人奶草	<i>Codonopsis kawakamii</i>	Cok 桔梗科	Campanulaceae	多年生草本	Cr	冬枯 蒴果	重力
玉山鬼督郵	<i>Ainsliaea reflexa</i> var. <i>nimborum</i>	Air 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山抱莖籜簫	<i>Anaphalis morrisonicola</i>	Anr 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山薊	<i>Cirsium kawakamii</i>	Cik 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山飛蓬	<i>Erigeron morrisonensis</i>	Erm 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
森氏山柳菊	<i>Hieracium morii</i>	Him 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
玉山毛蓮菜	<i>Picris hieracioides</i> ssp. <i>morrisonensis</i>	Pih 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
黃苑	<i>Senecio nemorensis</i>	Sen 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
一枝黃花	<i>Solidago virgaurea</i> var. <i>leiocarpa</i>	Sov 菊科	Asteraceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	風
臺灣粉條兒菜	<i>Aletris formosana</i>	Alf 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	水
臺灣百合	<i>Lilium formosanum</i>	Lif 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風
臺灣鹿藥	<i>Smilacina formosana</i>	Smf 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 漿果	動物
臺灣藜蘆	<i>Veratrum formosanum</i>	Vef 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風
雪山藜蘆	<i>Veratrum shuehshanarum</i>	Ves 百合科	Liliaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風
中國地楊梅	<i>Luzula effusa</i> var. <i>chinensis</i>	Lue 灯心草科	Juncaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
臺灣地楊梅	<i>Luzula taiwaniana</i>	Lut 灯心草科	Juncaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
川上氏苔	<i>Carex breviculmis</i>	Cab 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
油薹	<i>Carex satsumensis</i>	Cas 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
抱鱗宿柱薹	<i>Carex tristachya</i> var. <i>pocilliformis</i>	Cat 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	G	冬枯 瘦果	動物
玉山針蘭	<i>Scirpus subcapitatus</i>	Scs 莎草科	Cyperaceae	多年生草本	Cr	冬枯 瘦果	動物
臺灣鵝觀草	<i>Agropyron formosanum</i>	Agf 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	動物
玉山翦股穎	<i>Agrostis morrisonensis</i>	Agm 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
曲芒髮草	<i>Deschampsia flexuosa</i>	Def 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
羊茅	<i>Festuca ovina</i>	Feo 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
高山芒	<i>Miscanthus transmorrisonensis</i>	Mit 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
臺灣三毛草	<i>Trisetum spicatum</i> var. <i>formosanum</i>	Trs 禾本科	Poaceae	多年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
玉山箭竹	<i>Yushania niitakayamensis</i>	Yun 禾本科	Poaceae	多年生木本	Cr	常綠 穎果	動物
短距粉蝶蘭	<i>Platanthera brevicealcarata</i>	Plb 蘭科	Orchidaceae	多年生草本	G	冬枯 蒴果	風
山桔梗	<i>Peracarpa camosa</i>	Pep 桔梗科	Campanulaceae	多年生草本	Cr	冬枯 漿果	動物
白頂早熟禾	<i>Poa acroleuca</i>	Poa 禾本科	Poaceae	一年生草本	Cr	冬枯 穎果	風
刺果豬殃殃	<i>Galium echinocarpum</i>	Gae 茜草科	Rubiaceae	多年生草本	CH	常綠 蒴果	動物

¹生活型：Pt表示蕨類植物，P表示挺空植物，Ch表示地表植物，Cr表示半地中植物，G表示地中植物，T表示一年生植物。

(資料來源：本研究資料)

2. 火後植物種類變化

火燒對一生態系有相當程度的影響，其為決定植群演替方向及速度之主要因子(賴國祥和陳明義，1992)。火燒強度更影響恢復植物之種類，一般草本植物藉種子及萌蘖更新，若輕度干擾，原有種類可快速回復；重干擾區則所有種類拓殖較慢(林朝欽和陳子英，2002)。三六九山莊草生地火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢(表2-6、表2-8)。其中，物種數在2009年2月為14種，4月調查有15種，9月增至28種，2010年4月調查到38種，2010年6月調查到47種，2011年5月則調查到34種、2011年7月調查45種、2013年9月調查44種(表2-6)，8次調查種類出現頻度不一。

透過火後各時期物種出現有無之對應分析結果顯示(圖2-39)，不同調查時期與物種出現之排序圖反映出火後演替之時序變化；火後3年內8次調查只出現1次的物種分別分布於排序圖軸1的兩端，表示火後的時間變化軸1右端為只出現在2008年2月的物種，軸1左端與軸2下方為只出現在2013年9月的物種，軸2的最上部位只出現於2009年4月的物種。火後第1次調查於2009年2月(火後2個月)，然此時期為研究區域最冷冽的時期，所調查植物的常綠種類可能在火燒過程中存活的種類。其中，臺灣冷杉(abk)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense*, sem)僅於2009年2月發現，往後調查中未發現有存活植株，其可能因此2種植物在火後並未完全枯黃，植株葉片仍保留綠色致使認定尚未枯死，或因在火後由鄰近地區傳播的繁殖體，但因後續建立過程中競爭不過其他物種而死亡，所以未能在後續調查中再發現。

2009年4月出現種類多在2009年2月或後續調查中出現的種類，雪山主峰線3,000 m亞高山地區的植物多於4-5月陸續進入萌芽時期，此時期之火後更新者幾乎全部是萌蘖植物。Bell(2001)將澳洲西部火後反應特徵植物區分成2大類，一為再萌蘖者(resprouter)，另一為再播種者(re Seeder)，而前者通常是火後最早反應出現者(Guo, 2001; Luciana *et al.*, 2004; Bond and Midgley, 2005; Buhk *et al.*, 2005; Ojeda *et al.*, 2005)。在2009年4月調查中，森氏當歸(*Angelica morii*, Anm)僅出現本次調查(表2-6，圖2-39)，雖然其為多年生植物，但在隨後調查中皆未再出現，可能是後期競爭過程中消失。

在2009年9月調查首次出現的植物種類，如高山藤繡球(*Hydrangea aspera*, Hya)、玉山抱莖籟簫(*Anaphalis morrisonicola*, Ano)、玉山黃苑(*Senecio morrisonensis*, Seo)、黃苑(*Senecio nemorensis*, Sen)、玉山茴芹(*Pimpinella*

niitakayamensis, Pin)、玉山沙參(*Adenophora morrisonensis*, Adm)、臺灣瞿麥(*Dianthus superbus*, Dis)、巒大當藥(*Swertia randaiensis*, Swr), 以及玉山鹿蹄草(*Pyrola morrisonensis*, Pym)等9種, 可能因根株發芽時間較遲或種子發芽較晚, 致使在2010年4月尚未調查到(表2-6)。

三六九山莊草生地火後5年內8次調查中出現頻度大於4次, 可能反應其對火燒的適應, 幾乎為萌蘖型者。火後8次調查皆出現的物種有玉山石松(Lyv)、玉山毛蓮菜(*Picris hieracioides* ssp. *morrisonensis*, Pih)、一枝黃花(Sov)、臺灣粉條兒菜(*Aletris formosana*, Alf)、高山芒(Mit), 以及玉山箭竹(Yun)等6種(表2-6, 圖2-41)。火後樣區調查出現4次以上的種類有臺灣絨假紫萁(*Osmunda claytoniana* var. *pilosa*, Osc)、玉山金絲桃(*Hypericum nagasawai*, Hyn)、假繡線菊(Sph)、高山薔薇(*Rosa transmorrisonensis*, Rot)、玉山當歸(*Angelica morrisonicola*, Ano)、高山白珠樹(Gai)、玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*, Rhp)、阿里山龍膽(*Gentiana arisanensis*, Gea)、臺灣百合(*Lilium formosanum*, Lif)、臺灣鹿藥(*Smilacina formosana*, Smf)、臺灣藜蘆(Veg)等11種。

僅在後期出現的物種且出現頻度1-2次者, 例如玉山瓦葦(Lem)、瓦氏鱗毛蕨(Dra)、腺鱗毛蕨(Drc)、伊澤山龍膽(Gei)、玉山剪股穎(Agm)、瓜子金(Poj)、玉山山奶草(Cok)、抱鱗宿柱臺(Cat)、油臺(Cas)、羊茅(Feo)等, 此類植物對火燒較不具耐受性, 多為依火後依賴種子或孢子繁殖者。其中褐毛柳(*Salix fulvopubescens*, Saf)、山結梗(*Peracarpa carnosus*, Pec)、刺果豬殃殃(*Galium echinocarpum*, Gae)、玉山圓柏(Jum)、臺灣龍膽(*Gentiana atkinsonii* var. *formosana*, Gef)及早熟禾(*Poa acroleuca*, Poa)為2011年7月才出現的物種。

表2-6. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物再生策略及出現頻度

分類群	9-Feb	9-Apr	9-Sep	10-Apr	10-Jun	11-May	11-Jul	13-Sep	Frequency ²	Control ³	5K ⁴	6K ⁵	7K ⁶	Unburn ⁷	Total ⁸
地刷子	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	1	2	2	4
玉山石松	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	0	1	8	2	9
高山瓶爾小草	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
玉山瓦葎	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	2	2	3
臺灣絨假紫萁	0	1	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0	6	0	6
腺鱗毛蕨	0	0	0	0	1	1	1	0	3	1	0	0	4	1	4
瓦氏鱗毛蕨	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	3	1	3
高山珠蕨	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2
逆羽蹄蓋蕨	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
臺灣冷杉	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	2
刺柏	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	1	0	1	1
圓柏	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
褐毛柳	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1
玉山石竹	0	0	1	1	1	1	1	0	5	0	1	1	5	2	7
玉山卷耳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
鹿場毛茛	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	2	2
臺灣小蘗	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	1	2	1	3
玉山金絲桃	0	1	1	1	1	1	1	1	6	0	0	1	6	1	7
高山藤繡球	0	0	1	1	1	0	0	0	3	0	0	0	3	0	3
玉山佛甲草	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2
高山薔薇	1	0	1	1	1	1	1	1	6	0	0	1	6	1	7
玉山薔薇	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
玉山懸鈎子	0	0	0	1	1	1	1	1	4	0	0	1	4	1	5
毛刺懸鈎子	0	0	1	1	1	1	1	1	5	0	0	0	5	0	5
巒大花楸	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	1	1	1
假繡線菊	0	1	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	7	2	8
大霸尖山酢醬草	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	1	2
早田氏香葉草	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
瓜子金	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	1	2	1	3
玉山櫻草	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
雪山堇菜	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	2
尖山堇菜	0	0	1	1	1	1	1	1	5	0	1	1	5	2	7
森氏當歸	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
玉山當歸	0	1	1	1	1	1	1	1	6	1	0	1	7	2	8
玉山茴芹	0	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	2
玉山鹿蹄草	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2
高山白珠樹	1	0	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	7	3	9
玉山杜鵑	1	0	1	1	1	1	1	1	6	0	0	1	6	1	7
臺灣高山杜鵑	0	0	0	1	1	1	1	1	4	0	0	1	4	1	5
阿里山龍膽	1	1	0	1	1	1	1	1	6	0	1	0	6	1	7
伊澤山龍膽	0	0	0	1	1	1	1	1	4	0	0	1	4	1	5
臺灣龍膽	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2
巒大當藥	0	0	1	1	1	0	1	1	4	1	1	1	5	3	7
海螺菊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1

表2-6. 雪山3,000 m以上草生地與三六九山莊草生地火後出現維管束植物再生策略及出現頻度(續)

分類群	9-Feb	9-Apr	9-Sep	10-Apr	10-Jun	11-May	11-Jul	13-Sep	Frequency ²	Control ³	5K ⁴	6K ⁵	7K ⁶	Unburn ⁷	Total ⁸
玉山小米草	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
雪山水苦蕒	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
阿里山忍冬	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
高山沙參	0	0	1	0	1	1	1	0	4	0	0	1	4	1	5
玉山山奶草	0	0	0	0	1	1	1	1	3	0	0	0	3	0	3
玉山鬼督郵	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	3	2	4
玉山抱莖籜簾	0	0	1	1	1	0	1	1	4	0	0	0	4	0	4
玉山薊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
玉山飛蓬	0	0	0	1	1	0	1	1	3	1	0	1	4	2	5
森氏山柳菊	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
玉山毛蓮菜	1	1	1	1	1	1	1	1	7	0	1	1	7	2	9
黃苑	0	0	1	0	1	1	1	0	4	0	0	0	4	0	4
一枝黃花	1	1	1	1	1	1	1	1	7	0	1	1	7	2	9
臺灣粉條兒菜	1	1	1	1	1	1	1	1	7	0	1	0	7	1	8
臺灣百合	0	1	1	1	1	1	1	1	6	0	0	0	6	0	6
臺灣鹿藥	0	1	1	1	1	1	1	0	6	1	0	0	7	1	7
臺灣藜蘆	0	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	7	3	9
雪山藜蘆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
中國地楊梅	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
臺灣地楊梅	0	0	1	1	1	0	1	1	4	0	1	1	4	2	6
川上氏苔	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
油荳	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	2	0	2
抱鱗宿柱莖	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	2	3	4
玉山針蘭	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
臺灣鵝觀草	0	0	0	1	1	0	1	0	3	1	1	1	4	3	6
玉山翦股穎	0	0	0	1	1	1	1	1	4	0	1	1	4	2	6
曲芒髮草	0	0	0	1	1	1	1	1	4	1	1	1	5	3	7
羊茅	0	0	0	0	1	1	1	1	3	1	1	1	4	3	6
高山芒	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	8	3	10
臺灣三毛草	0	0	0	1	1	0	1	1	3	0	1	0	3	1	4
玉山箭竹	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	8	3	10
短距粉蝶蘭	0	0	1	1	1	1	1	1	5	0	1	1	5	2	7
山桔梗	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
早熟禾	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1
刺果豬殃殃	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1

註¹：再生策略為植物於火後更新之方式，A為萌蘖，B為種子更新。

註²：Frequency為三六九山莊草生地火後不同時期調查之物種出現頻度總和。

註³：Control為三六九山莊2008年12月未火燒之草生地。

註⁴：5k為雪山東峰之草生地。

註⁵：6k為雪山主峰線步道6k之草生地。

註⁶：7k為三六九山莊草生地火燒和未火燒之物種出現頻度總和

註⁷：Unburn為Control、5k和6k未火燒草生地之物種出現頻度總和。

註⁸：Total為所有草生地調查樣區之物種出現頻度總和。

*：為木本植物萌蘖性調查物種，但未在其他草生地樣區調查到之物種。

(資料來源：本研究資料)

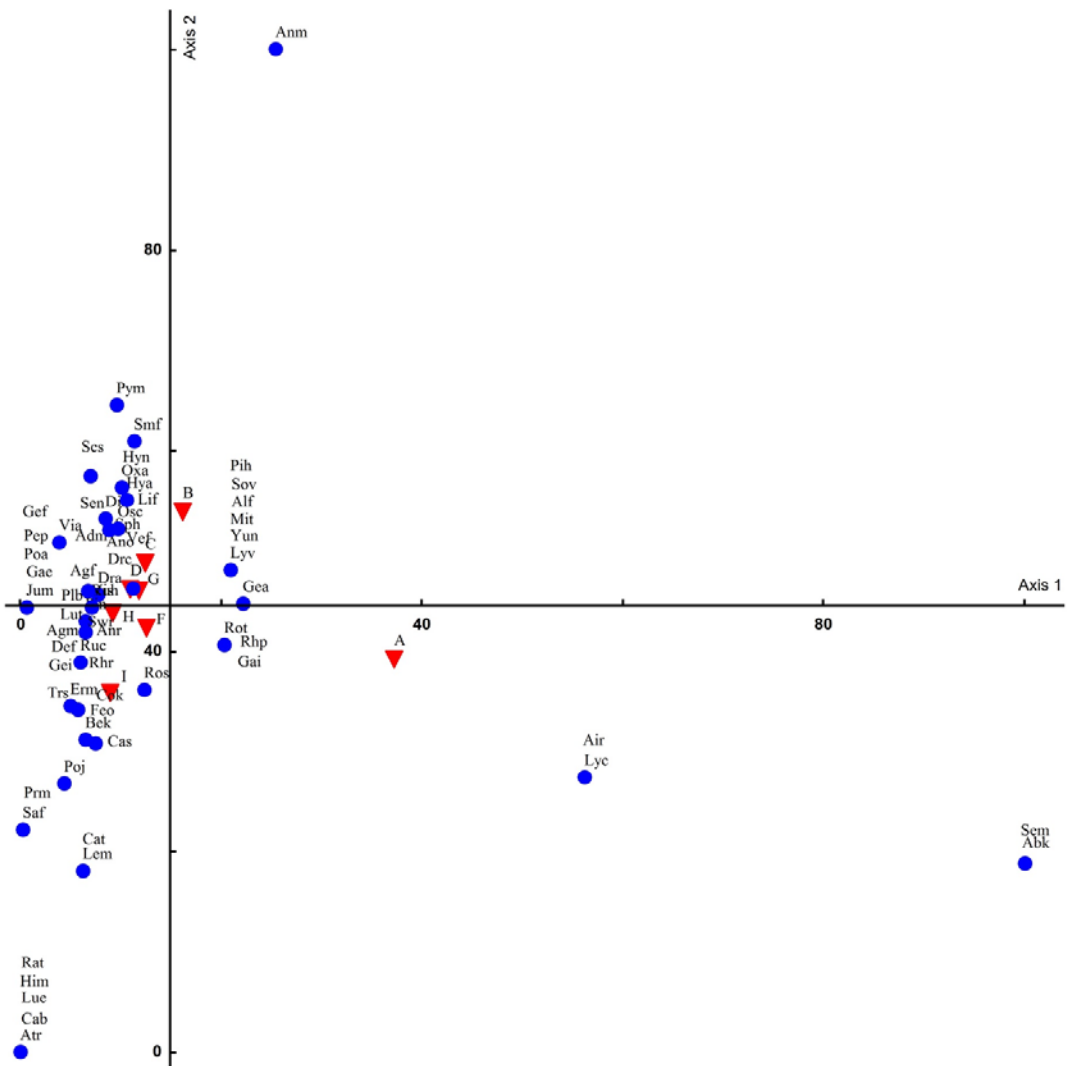


圖2-39. 三六九山莊草生地火後各時期之物種CA排序圖。A-G為火後調查時期；A：2009年2月；B：2009年4月；C：2009年9月；D：2010年4月；F：2010年6月；G：2011年5月；H：2011年7月；I：2013年9月。
(資料來源：本研究資料)

表2-7. 三六九山莊草生地火後物種出現對應分析(CA)前3軸之特徵值與各軸變異性

0.9769	軸1	軸2	軸3
特徵值(eigenvalue)	0.282	0.181	0.151
變異解釋率(%)	28.894	18.572	15.509
累積變異解釋率(%)	28.894	47.466	62.976

(資料來源：本研究資料)

3. 三六九山莊草生地短期火後植物種類多樣性變化

本研究發現，三六九山莊草生在2008年12月火後至今，每樣區種密度 (spp./4m²)、物種豐富度、多樣性指數隨著萌蘗植物萌發與散殖體的進入而逐漸增加，在2010年6月的火燒查結果顯示達到最高(表2-8)。三六九山莊草生地之地表火為一個低強度之火燒，其對於物種多樣性的主要作用有二：一方面在短期間內抑制少數優勢物種(此類物種多具萌蘗特性)，使其他較低矮的萌蘗性植物得以不再被壓迫；另一是低強度火燒有助增加新的生育地，其他利用種子等散殖體作為繁殖的物種可以有機會進入生育地內。

表2-8. 三六九山莊草生地火燒與未火燒樣區之種數、總覆蓋度、覆蓋百分比、火後反應策略、生命史、生活型、以及物種歧異度變化

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11	Sep-13
調查樣區數	69	39	71	71	71	71	71	71
種數	14	15	28	38	47	34	45	44
平均種密度	1.3	3.7	8.7	8.3	12	7.7	11.2	9.0
總覆蓋度(m ² /4 m ²)	0.09	0.05	1.42	1.16	2.13	1.11	3.63	3.56
覆蓋百分比(%)	2.2	1.4	35.6	29.1	53.4	38.6	62.7	87.7
常綠v.s.落葉	75	15.4	16.7	19.4	31.4	30.8	25.7	26.5
多年生resprouters(%)	78.6	93.3	85.7	76.3	63.8	70.5	62.2	61.4
多年生recruiters(%)	21.4	6.7	14.3	23.7	36.2	29.4	33.3	36.4
1-2年生草本(%)	0.0	0.0	0.0	2.6	2.1	2.9	2.2	2.3
多年生木本(%)	35.7	20	28.6	28.9	25.5	26.5	24.4	25.0
多年生草本(%)	50	66.7	71.4	63.2	59.6	58.8	64.4	63.6
蕨類植物(%)	14.3	13.3	7.1	5.3	12.8	11.8	0.1	9.1
挺空植物(%)	16.7	0.0	7.7	11.1	9.8	6.7	9.5	9.1
地表植物(%)	16.7	15.4	19.2	16.7	17.1	20.0	16.7	13.6
半地中植物(%)	58.3	53.8	53.8	55.6	56.1	50.0	55.6	54.5
地中植物(%)	8.3	30.8	19.2	13.9	14.6	20.0	14.3	11.4
1年生植物(%)	0.0	0.0	0.0	2.8	2.4	3.3	2.2	2.3
蕨類商數	3.57	3.33	1.79	1.32	3.19	2.94	1.67	2.50
Diversity H	0.451	0.684	1.002	0.975	1.153	0.977	1.121	2.633
Evenness J	0.393	0.581	0.692	0.626	0.689	0.638	0.678	0.696

(資料來源：本研究資料)

Connell(1978)認為干擾可去除優勢物種(或降低其優勢程度)為增加物種豐富度的一種機制(Huston, 1979)。Tilman(1982)認為空間是一種資源，火燒干擾是一種提供新的生育地的方式。Overbeck等(2005)研究發現，在火後第1年的物種數、歧異度和均勻度顯著地增加，顯示出物種在火後生育地快速的拓殖過程。在許多草生地系統，火燒增加物種豐富度通常在火後1或數年後達到高峰(Denslow, 1980)，具有小型種子的植物或1-2年生的物種等通常在火後早期演替中出現(Ghermandi *et al.*, 2004; Overbeck *et al.*, 2005)。

隨著火後時間增加，植物功能群組成亦隨之變化。常綠植物比例在火後2個月達最高，在火後4月最低(表2-8)；此時因2009年2月調查時常綠植物尚未全枯死所致，而其他物種萌蘗或發芽較少。在4月之後，隨著火後時間增加，常綠植物的比例亦增加。多年生萌蘗型的物種在2009年4月最高，然隨著火後時間增加而逐漸遞減；反之，以種子或散殖體拓殖的多年生補充者(recruiter)則是在4月之後隨火後時間增加而逐漸增加。火後的物種豐富度高原因來自於植物組成包含入侵植物、因機會散布而來的先鋒樹種以及一年生和多年生植物的不同生活史的物種(Vogl, 1974)。

雪山地區亞高山草原生態系主要組成為多年生植物，在火後初期，萌蘗型的種類最早佔據火燒後的空地與資源，接著再播種型或部分再萌蘗型的種子苗開始進入，增加火燒跡地的物種多樣性。由豐度比例曲線圖發現(圖2-41)，2009年2月與2009年4月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘗方式快速生長佔據空缺的生育地。2009年9月與2010年4月之豐度比例曲線開始緩和，至2011年及2013年9月之豐度比例曲線變化趨於緩和且穩定，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓植的種類使組成增加而更加均勻。

由三六九山莊草生地系統樣區火後各時期物種-面積曲線分析結果發現(圖2-41)，因火燒致使草生地退化，系統樣區內僅數種在火後殘存；隨火後恢復演替過程，植物透過萌蘗與散殖體拓殖方式種數逐漸增加。在2009年4月至2010年4月的種數-面積曲線非常相似，可能反映出原生育地之相同物種利用萌蘗方式快速回復佔領生育地；2010年6月與前3期之種數-面積曲線不同，反映出有較多利用種子或孢子等散殖體的物種侵入火後草生地。

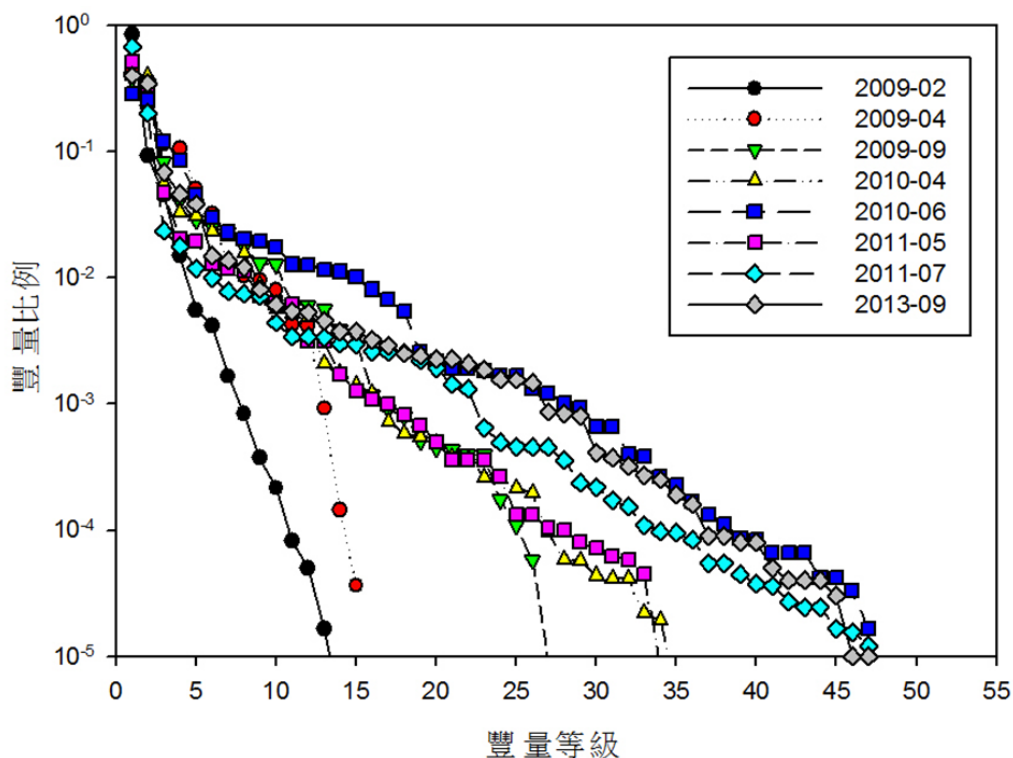


圖2-40. 雪山三六九山莊草生地火後植物組成恢復序列物種豐多度格局變化。
(資料來源：本研究資料)

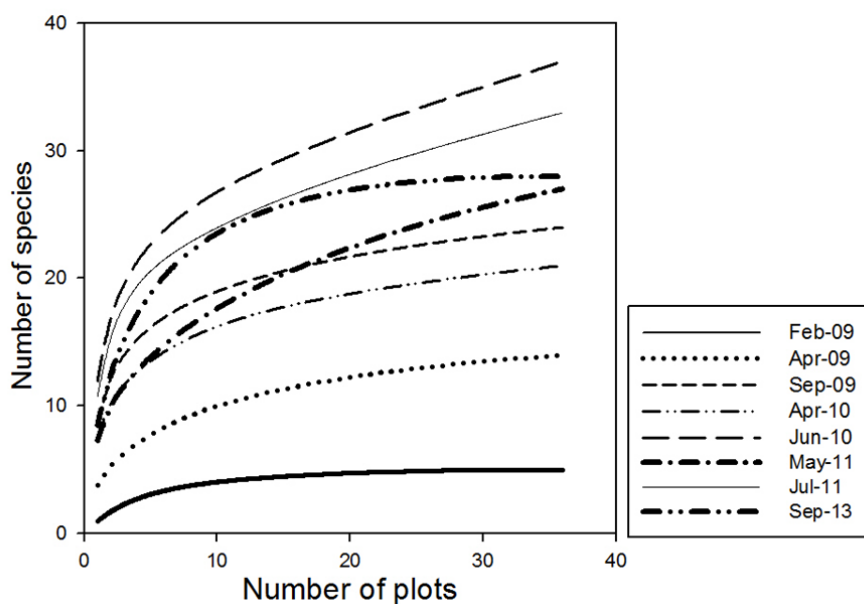


圖2-41. 雪山三六九山莊草生地系統樣區火後不同時期之物種-面積曲線變化趨勢。

(資料來源：本研究資料)

4. 三六九山莊草生地短期火後植物覆蓋度與優勢度變化

以玉山箭竹與高山芒為優勢組成之草生地，隨著火後生育地內物種萌蘗、土壤種子庫與外來繁殖體輸入，總覆蓋度由2009年2月的2.1%增至2009年9月35.6%，2010年4月調查時降總覆蓋度至29.1%，2010年6月總覆蓋度升到53.4%，然2011年5月總覆蓋度下降至38.6%，2013年9月又回升至87.7%(表2-6)。亞高山地區草生地火後之覆蓋度，本研究至2009年9月(火後9個月)為34.9%，與太魯閣國家公園合歡山區1990年2月之火燒相差不遠(火後7個月為28%)(賴國祥及陳明義，1992)，但與1993年1月玉山國家公園塔塔加地區火燒後6個月達65%(陳隆陞，1995)差異較大，可能因所在海拔、緯度、當年氣候不同有關，但具地下部之玉山箭竹及高山芒是臺灣亞高山地區火燒復原最快速的種類。Luciana等(2004)研究指出，火後的乾燥氣候條可能會影響1年生植物種子的萌芽，但更新策略與繁殖體是否可到達火燒跡地才是火後演替成功的最主要關鍵。

本研究2009年2月之植生覆蓋度高於同年4月，可能顯示樣區的植生演替可能發生停頓甚至倒退的情形，一方面可能因火後2個月，部份常綠植物的植株上尚保持綠葉，2009年2月調查時尚存活，但歷經過研究區最冷時期而導致乾枯死亡。由於6-9月的梅雨季與颱風為樣區環境帶來豐沛降水，2009年9月調查結果顯示物種覆蓋度及種數均有大幅增加，推測在6-9月土壤水已得到相當的補充，促進萌蘗生長及種子發芽。2010年4月的植生覆蓋度較2009年9月低的原因主要在於雪山亞高山草原生態系的組成大多為冬枯植物組成(表2-5)，因大多數植物在2010年4月尚未萌芽至使火燒跡地的植生覆蓋度降低，此情形亦出現在2011年5月。總覆蓋度於火後時期之推演成波動現象，一方面主要在構成三六九山莊草生地主要優勢植物之高山芒和玉山箭竹在冬天枯萎，另一方面本區植物組成多為冬枯型多年生植物所致(表2-5)。

草生地的優勢物種對火燒通常有較大的適應性(Collins *et al.*, 1995; Collins and Glenn, 1997)。優勢物種覆蓋度一般有季節性變化，尤以冬枯種類更甚，冬季時明顯下降，至隔年生長季再次大量增加。除玉山箭竹、高山芒外，部分物種如一枝黃花、臺灣粉條兒菜、假鋪線菊及臺灣藜蘆等，亦會隨時間而重要值或覆蓋度改變而顯現季節優勢(表2-9、表2-10、圖2-42、圖2-43)。2009年2月樣區內以玉山箭竹、玉山石松、高山白珠樹、臺灣粉條兒菜、玉山杜鵑為三六九山莊草生地火後2個月最優勢或覆蓋度最大的前5種植物(表2-9、表2-10)；其中，玉山箭竹為單一優勢種，此亦反映火燒前玉山箭竹為本區的優勢組成。

表2-9. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)前5名物種

Feb-2009	IVI	Apr-2009	IVI	Sep-2009	IVI	Jun-2010	IVI	Apr-2010	IVI	Jun-2010	IVI	May-2011	IVI	Sep-2013	IVI
玉山箭竹	139.12	玉山箭竹	77.37	高山芒	55.11	玉山箭竹	139.12	玉山箭竹	63.50	高山芒	41.08	高山芒	62.74	高山芒	55.7
玉山石松	30.16	臺灣粉條兒菜	33.44	玉山箭竹	47.88	玉山石松	30.16	高山芒	49.93	玉山箭竹	38.02	玉山箭竹	37.32	玉山箭竹	48.1
高山白珠樹	6.55	高山芒	26.83	臺灣藜蘆	20.38	高山白珠樹	6.55	臺灣藜蘆	12.43	臺灣藜蘆	22.13	假繡線菊	15.30	臺灣藜蘆	20.1
臺灣粉條兒菜	2.12	一枝黃花	25.48	一枝黃花	11.52	臺灣粉條兒菜	2.12	假繡線菊	11.23	假繡線菊	10.67	臺灣藜蘆	11.09	假繡線菊	13.2
玉山杜鵑	2.01	臺灣藜蘆	7.85	假繡線菊	10.46	玉山杜鵑	2.01	一枝黃花	10.58	玉山金絲桃	6.81	一枝黃花	9.20	一枝黃花	12.4

(資料來源：本研究資料)

表2-10. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之覆蓋度前5名物種

Feb-2009	Cover (%)	Apr-2009	Cover (%)	Sep-2009	Cover (%)	Apr-2010	Cover (%)	Jun-2010	Cover (%)	May-2011	Cover (%)	Jul-2011	Cover (%)	Sep-2013	Cover (%)
玉山箭竹	1.75	玉山箭竹	0.30	高山芒	13.35	玉山箭竹	6.89	高山芒	15.10	高山芒	19.72	高山芒	28.65	高山芒	35.41
玉山石松	0.19	高山芒	0.16	玉山箭竹	12.19	高山芒	4.69	玉山箭竹	13.67	玉山箭竹	12.84	玉山箭竹	16.12	玉山箭竹	30.62
高山白珠樹	0.09	一枝黃花	0.08	臺灣藜蘆	2.87	假繡線菊	0.71	臺灣藜蘆	6.45	假繡線菊	1.80	臺灣藜蘆	3.37	臺灣藜蘆	6.10
玉山杜鵑	0.03	臺灣粉條兒菜	0.08	假繡線菊	1.43	高山白珠樹	0.30	假繡線菊	2.42	羊茅	0.78	假繡線菊	2.53	假繡線菊	4.13
臺灣粉條兒菜	0.01	臺灣藜蘆	0.04	玉山金絲桃	0.93	臺灣藜蘆	0.29	玉山金絲桃	1.59	臺灣藜蘆	0.74	玉山金絲桃	1.70	一枝黃花	3.42

(資料來源：本研究資料)

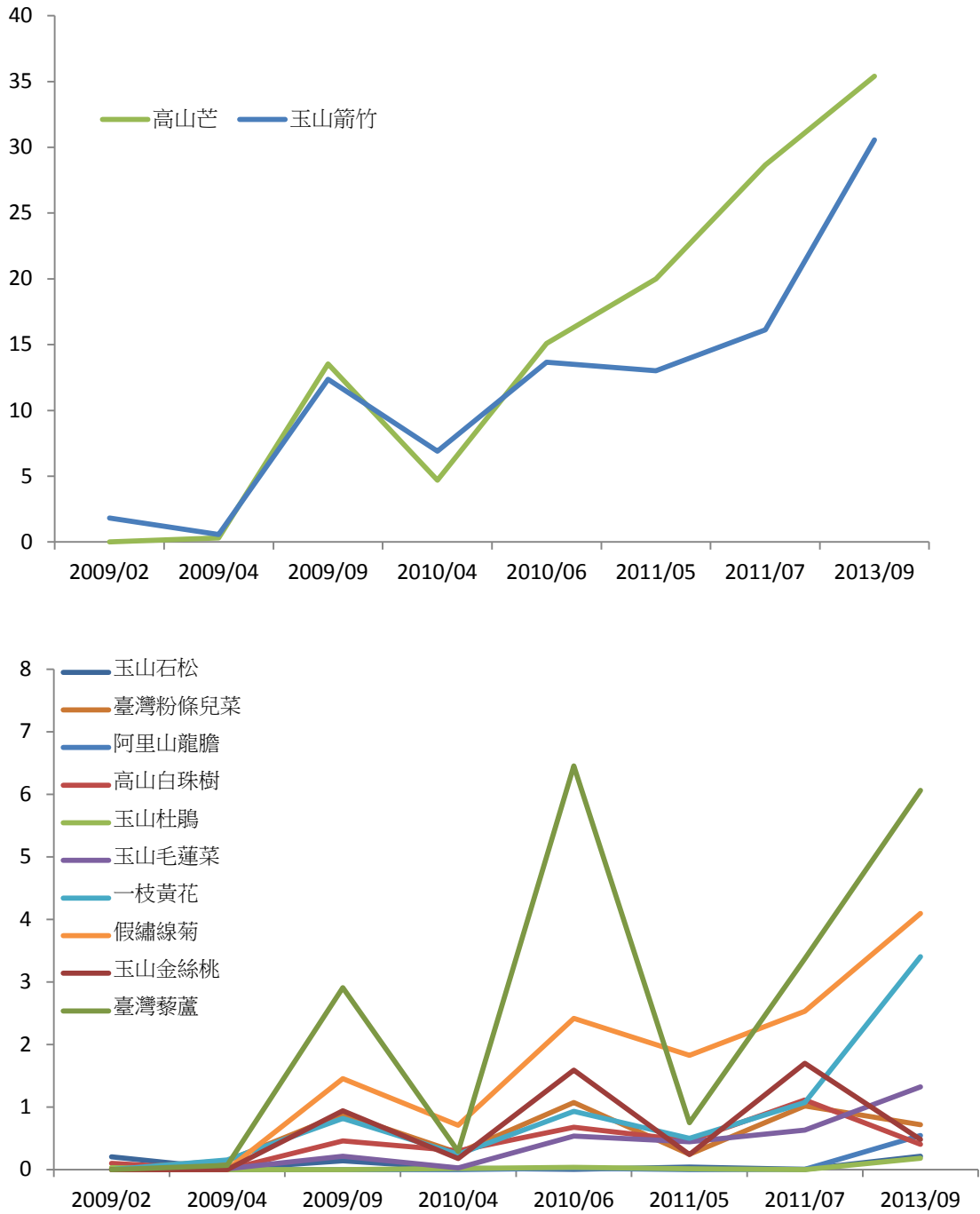


圖2-42. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之主要組成覆蓋度變化情形。
(資料來源：本研究資料)

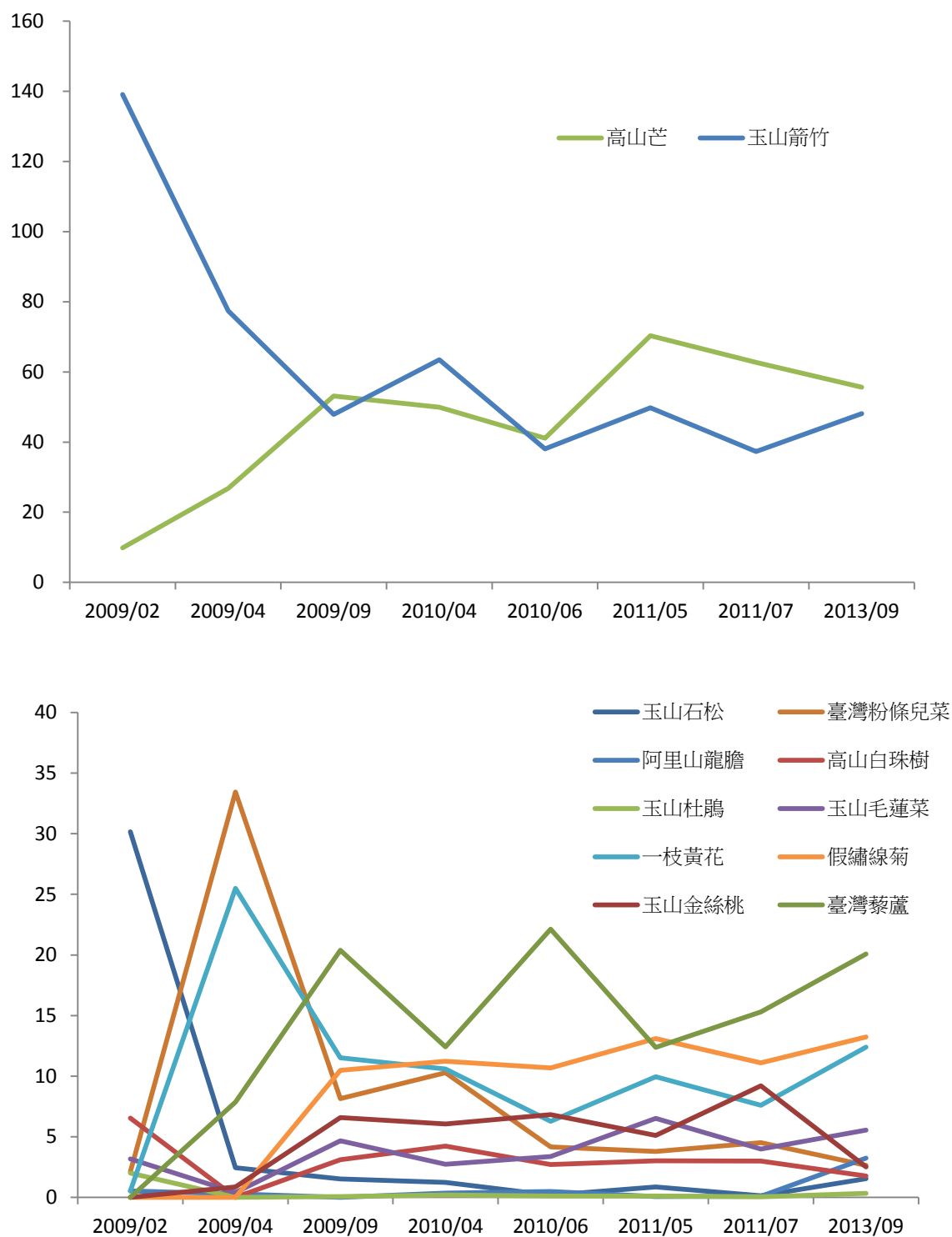


圖2-43. 三六九山莊草生地火後各時期樣區之重要值指數(IVI)變化情形。
(資料來源：本研究資料)

2009年4月以玉山箭竹、臺灣粉條兒菜、高山芒、一枝黃花及臺灣藜蘆為優勢物種；其中，玉山箭竹為火後4個月時的最優勢物種，高山芒為次優勢。由於高山芒較玉山箭竹易燃的燃料特性和較晚萌蘖的性質，高山芒在火後早期萌蘖恢復的優勢度和覆蓋度不若玉山箭竹。因玉山箭竹與高山芒組成之草生地火燒速度相當快(賴國祥和陳明義，1992)，玉山石松與高山白珠樹等下層的組成物種多未完全燒死而殘存，但火後4個月玉山石松與高山白珠樹的萌蘖速度不若禾本科、菊科、百合科的種類。Eggers和Porto(1994)亦提到草生地火後植被物種組成可快速回復到未火燒的狀態，就像植被覆蓋可藉由主要組成物種的萌蘖快速回復一樣。臺灣粉條兒菜屬於早春萌芽的物種，除常綠植物外，在此時期雪山3,000 m以上草生地大多數多年生落葉植物尚未萌發新芽，因此在2009年4月調查發現其較高山芒優勢。玉山杜鵑在研究區數量零星，除少數為火燒幸存者外，開始有少數種子苗產生。

2009年4月至2009年9月的差異在於其中玉山箭竹之IVI值因高山芒、一枝黃花、臺灣藜蘆、假繡線菊、玉山金絲桃等種類出現而漸減，但此時期主要因高山芒則漸增，9月的重要值已超越玉山箭竹，顯示其強勢之生長力。2009年9月與2010年4月分析火燒跡地的重要值皆顯示，高山芒、玉山箭竹為共優勢組成，臺灣藜蘆、假繡線菊及一枝黃花為主要的伴生植物，但因生長季節差異而產生優勢程度變化。高山芒於2010年4月調查時，因冬枯較玉山箭竹嚴重，重要值和覆蓋度下降較多；但2010年6月調查發現，高山芒逐漸較玉山箭竹優勢，重要值與覆蓋度均略較玉山箭竹大；至2011年5月和同年7月調查結果發現，高山芒之覆蓋度及重要值指數皆明顯的大於玉山箭竹，此可能反映出高山芒在火後之地上部的物質投資速度較玉山箭竹來得快，或是高山芒之種子苗在火後建立過程中可較玉山箭竹快速佔領生育地，2013年9月複查結果與2011年之結果代蓋似，然高山芒之覆蓋率較玉山箭竹略為下降，應是該調查季節趨於秋季，使高山芒的覆蓋率因冬枯下降，是否為玉山箭竹在長期競爭下取得空間上的優勢仍需再做進一步的確認；雖然同為禾本科植物，但高山芒草本植物之生活型較木本植物之玉山箭竹在火後恢復之短期競爭具有優勢。

5. 火後演替趨勢變化

利用Sørensen相似性指數分析火後不同時期調查之出現物種相似性發現(表2-11)，隨火後恢復時間的增加，每季植物組成相似亦增加。三六九山莊草生地在火後2個月(2009年2月調查)出現的植物種類與其他時期的調查物種差異

最大，萌蘖植株或由土壤種子庫發芽的種子苗在此時期皆未開始萌發，樣區內個體多為火後殘存的種類。隨著火後恢復時間的增加，物種相似性有愈高趨勢，2009年4月調查結果與2009年9月和2010年4月的物種相似性差異不大，2011年至2013年之物種相似性指數達到8次調查的最高，顯示火後裸露的生育地為萌蘖植株先佔領，其他種類陸續進入。亞高山草生地火後雖地上部燃燒殆盡，然其燃燒速度快，屬輕度干擾，火後出現之物種以原有種類並具地下部可萌蘖之物種為主，如玉山箭竹、高山芒、巒大蕨 (*Pteridium aquilinum* ssp. *wightianum*)、一枝黃花、臺灣粉條兒菜、臺灣藜蘆等(賴國祥和陳明義，1992)，其中除巒大蕨外，皆與本研究相仿。其早期建立之植物大部分是來自火燒區內之繁殖體，至中後期才會有較多區外之種子進入繁殖，因此物種相似性指數會隨著時序增長而相似性漸漸增加。

植物組成隨火後回復時間增加而改變，反映在植物社會演替過程(Engle *et al.*, 2000)。由Cody多樣性指數分析發現，三六九山莊草生地火後物種轉換率呈現季節波動(表2-11)，可能顯示散殖體拓殖的物種、種子庫萌發的物種新增、或火後不適的物種死亡等季節性變化；此外，物種交換率有遞減的趨勢，可能反映出火後環境漸趨穩定，物種隨時間的轉換率漸少。這個現象在火後不同時期的拓殖率(2次調查期間的新增物種數/前期種數)與死亡率(2次調查期間的消失物種數/前期種數)可以驗證(表2-12)，不論在拓殖率或是死亡率的部分都是漸趨穩定趨勢，然隨著季節更迭仍有些許波動。

表2-11. 三六九山莊草生地火後7次調查出現物種之相似性(左下)與物種轉換率(右上)

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11	Sep-13
Feb-09		7.5						
Apr-09	0.500		8.5					
Sep-09	0.439	0.605		7.0				
Apr-10	0.392	0.528	0.788		8.0			
Jun-10	0.400	0.452	0.693	0.800		7.5		
May-11	0.426	0.571	0.710	0.722	0.815		6.0	
Jul-11	0.377	0.509	0.735	0.846	0.874	0.838		5.5
Sep-13	0.392	0.500	0.677	0.827	0.857	0.761	0.842	

(資料來源：本研究資料)

火後恢復過程中，物種拓殖率最大值在第1年發生，尤其在2009年9月調查新增物種為2009年4月的100%；隨演替發育，新增物種數漸減，可能反映生育地空間漸達穩定飽和所致。此外，隨著火後環境漸趨穩定，消失(死亡)的物種

率亦隨著減少，反映大多數物種對此時環境的適應。一般演替模式可以透過排序方法分析固定樣區隨時間演變的過程(Austin, 1977)。本研究將三六九山莊草生地火後不同時期調查結果進行DCA分析(圖2-11)，大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符(表2-11)。DCA的2個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異，第1軸(變異解釋率為15.2%)由左至右顯示火後2個月至火後57個月的樣區恢復狀態，反映出火後2個月出現的物種與優勢程度與其後期出現的種類差異(表2-12)。DCA第2軸(變異解釋率為6.3%)由下往上顯示火後4個月至2013年9月的變化趨勢，此種趨勢可能反映出有一些物種的繁殖體開始進入火燒跡地，或是可能反映火後萌蘗速度較慢的物種開始建立。

表2-12.三六九山莊草生地火後各時期出現物種之拓殖率(右上)與死亡率(左下)

	Feb-09	Apr-09	Sep-09	Apr-10	Jun-10	May-11	Jul-11	Sep-13
Feb-09		57.1						
Apr-09	50.0		100.0					
Sep-09		13.3		42.9				
Apr-10			7.1		34.2			
Jun-10				10.5		2.1		
May-11					29.8		7.5	
Jul-11						22.5		8.1
Sep-13							24.3	

(資料來源：本研究資料)

2009年9月與2010年4月樣區未能在DCA分析中顯示火燒跡地物種變化的時序差異，在火後9個月時出現在樣區的物種及數量與2010年4月調查結果的主要差異在於後者部份種類因冬枯尚未萌發所致。2010年6月樣區分布在第1軸的最左端，而部份樣區與前2期火後調查結果並未明顯區分，主要原因為2010年6月樣區內含有大部份前期之萌蘗性或散殖體傳播建立的種類構成優勢，於2013年資料可反映火燒跡地之植物組成已漸趨穩定，且和2011年之樣區分布狀況幾近相同；另一方面，新拓殖的物種多為以種子或孢子繁殖的種類，亦多屬不耐火燒的類群，或為亞高山草生地生態系演替較中後期的物種，DCA排序結果呈現火後植群恢復的時序變化。

由物種多度格局變化圖(圖2-40)、物種-面積曲線變化趨勢(圖2-41)和DCA排序圖(圖2-44)之結果顯示，雪山三六九山莊草生地植物組成序列在火後第2年即快速恢復，且物種多樣性即可回復到與雪山主峰沿線步道6k，以及三六九山莊未火燒區域等火燒時間超過50年以上之草生地狀態，反映出雪山亞高山地區之玉山箭竹和高山芒為優勢之草生地若發生火燒，可以在2-3年快速的回復至未火燒之物種組成狀態。

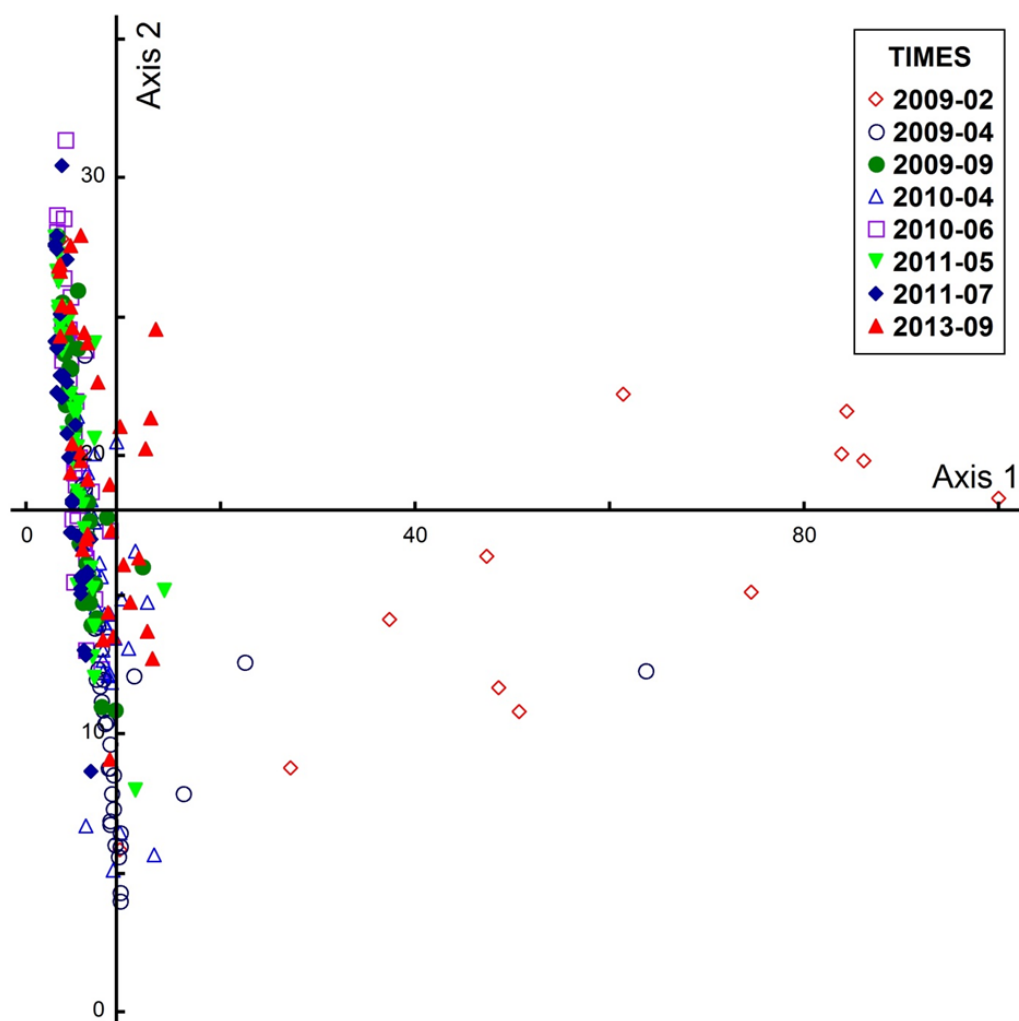


圖2-44. 三六九山莊草生地系統樣區火後各時期樣區DCA雙序圖。
(資料來源：本研究資料)

表2-13. 三六九山莊草生地系統樣區火後恢復降趨對應分析(DCA)前3軸之特徵值與各軸變異性

Total inertia=3.1144	軸1	軸2	軸3
特徵值(eigenvalue)	0.630	0.230	0.161
軸長(length of gradient)	1.952	2.400	2.822
變異解釋率(%)	20.2	7.4	5.2
累積變異解釋率(%)	20.2	27.6	32.8

(資料來源：本研究資料)

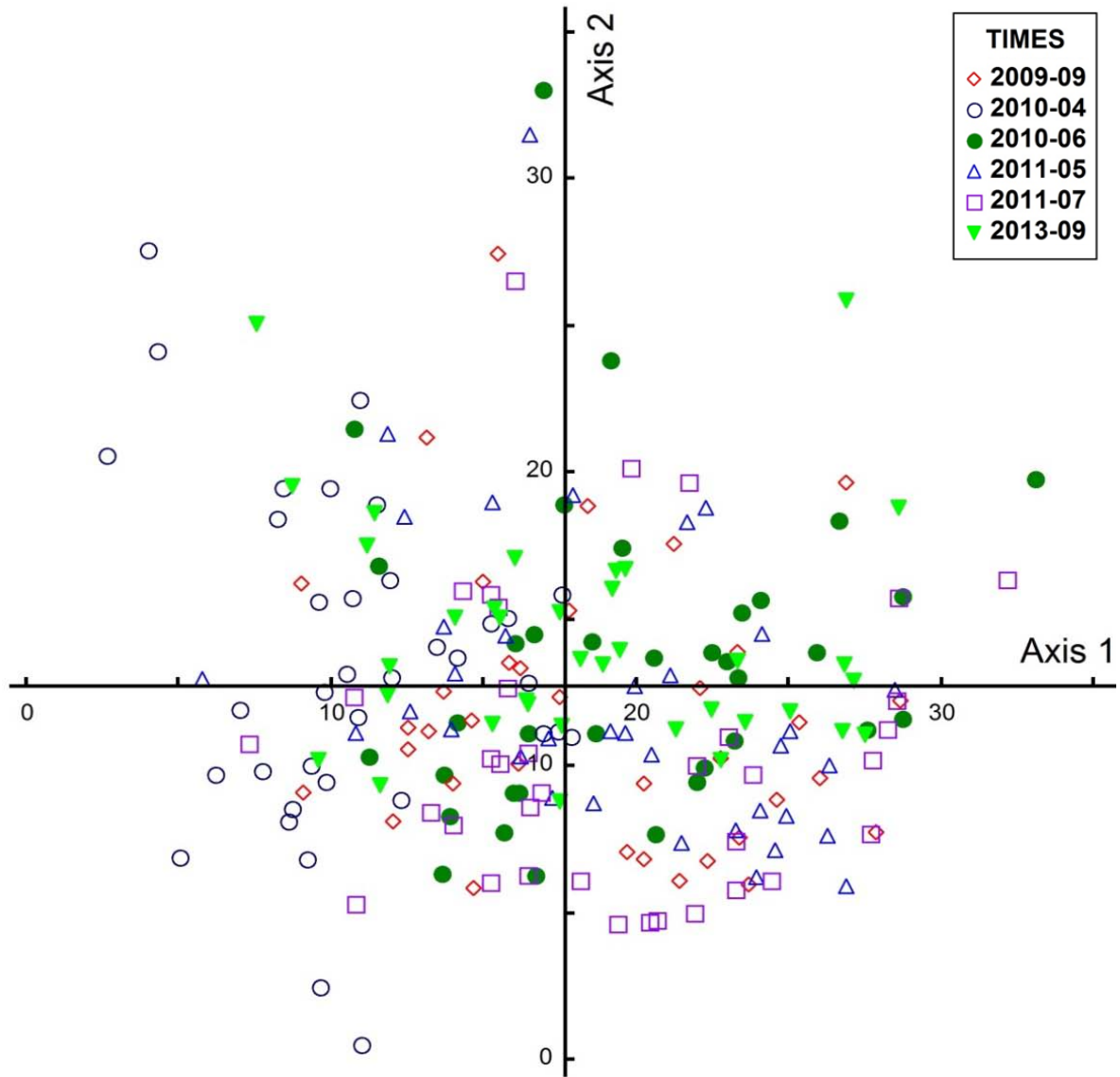


圖2-45. 三六九山莊草生地火後系統樣區排除2009年2月及2009年4月樣區各時期樣區DCA雙序圖。

(資料來源：本研究資料)

表2-14. 三六九山莊草生地火後系統樣區排除2009年2月及2009年4月樣區降趨對應分析(DCA)前3軸之特徵值與各軸變異性

Total inertia=2.309	軸1	軸2	軸3
特徵值(eigenvalue)	0.231	0.170	0.130
軸長(length of gradient)	2.187	2.540	1.909
變異解釋率(%)	10.0	7.4	5.6
累積變異解釋率(%)	10.0	17.4	23.0

(資料來源：本研究資料)

四、結論與建議

(一)結論

1. 高山植物開花物候

- (1) 本研究 2013 年 175 種植物之盛花期種數隨溫度升高而增加，高峰期發生在 7 月，隨後開花物種數開始下降；果熟時期高峰期發生在 10 月，約晚開花物種高峰期 3 個月。開花物種數與氣溫、降雨呈顯著正相關，而結實物種數與氣溫、降雨相關不顯著。
- (2) 雪山雪東線步道沿線物種開花時序與盛花期長度呈現多樣性，開花時間長度而言，因種類不同而異，盛花期長度 1-9 個月不等，以 1-2 個月短花期最多，占總物種數約 50% 以上。
- (3) 2013 年於春季(3-5 月)進入盛花期的物種共 41 種，其中，花期於 3 月就進入盛花期的植物有臺灣二葉松等 8 種；盛花期於秋季 9 月後進入的有 18 種，此類植物屬於晚花期者，其中，最晚(11 月)進入盛花期的有臺灣馬蘭、鄧氏胡頹子、大花咸豐草等 3 種。
- (4) 依臺灣維管束植物紅皮書初評名錄(王震哲等，2012)，雪山地區屬生存危機物種有雪山馬蘭等 16 種，盛花期都主要集中在 5-9 月。
- (5) 2013 年高山植群帶 43 種植物於 6 月開始陸續進入盛花期，開花物種數高峰期發生在 7 月；冷杉林帶調查 94 種植物的盛花期分布在 4-11 月，植物開花集中 6-8 月，盛花高峰期在 7 月；鐵杉雲杉林帶 71 種植物的盛花期分布在 3-11 月，7 月為盛花期物種數最高的月份，6-8 月是主要花期；櫟林帶上層 69 種植物的逐月開花物種數呈雙峰分布。雪山地區 4 個植群帶的逐月開花物種數皆與溫度呈顯著相關，與降雨相關不顯著；結實物種數高峰期主要發生在 9-10 月。
- (6) 廣泛分布的物種位於不同海拔梯度花期大多有所不同，多數種類隨海拔下降而有花期提早的現象。雪山雪東線步道沿線在坡向、坡度、森林下層等環境呈現多樣變化，造成部分廣分布植物開花未隨海拔梯度改變。
- (7) 雪山地區高山植物主要物種組成的科層級開花物候顯示，不同科別內物種花期呈現多樣化；盛花期較早科有堇菜科和松科，花期高峰 4-5 月，花期較晚之科別有柳葉菜科、蓼科、菊科及龍膽科，花期高峰 8-9 月。
- (8) 比較雪山主峰線步道沿線 2012 與 2013 年觀察 136 種相同種類開花物候發現，2012 年的開花物候種數高峰期在 6 月，2013 年發生在 7 月，約延遲 1 個月；2 個年度的結實高峰皆發生在 10 月。

- (9) 136 種植物開花物候觀察發現，56 種盛花期啟始月分未改變，15 種植物在 2012 年盛花期較晚，65 種植物的盛花期在 2012 年比較早。比較 2012 年與 2013 年氣溫發現，2013 年的冬季 2 月氣溫較高，3-7 月的氣溫較低，8-9 月的氣溫度較高。氣溫是高山植物開花最敏感的因子，春季至夏季的氣溫較低，反映出植物需要更長的時間累積熱量以滿足打破花芽休眠，此可能為 2013 年多數植物開花較晚原因。
- (10) 2012 與 2013 年不同季節盛花期啟始差異比較，春季進入盛花期種類中，18 種植物在 2 年間盛花期時間沒有差異，40 種在 2012 年比較早，8 種在 2013 年比較早；夏季進入盛花期植物中，35 種盛花期在 2 年間沒有差異，24 種在 2012 年比較早，7 種在 2013 年比較。造成春季與夏季植物進入盛花期時序上年際間差異的主要原因在於氣溫，2013 年 3 月開始進入春季後的月均溫要比 2012 年低，此可能影響春季開花的植物對熱量累積減緩，使得 2013 年春季有近 2/3 的植物開花較 2012 年慢。雖然 2013 年 3-7 月的月均溫較 2012 年來得低，但隨著夏季月均溫增加，熱量累積較快達到滿足，因此 2013 年夏季開花較晚的種類較春季少。
- (11) 比較雪山與玉山地區於 2013 年開花物候結果發現，在 2,600-3,100 m 的 46 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 17 種，雪山地區盛花期較早的有 9 種，玉山地區盛花期較早的有 20 種；在 3,100-3,600 m 的 47 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 16 種，雪山地區盛花期較早的有 16 種，玉山地區盛花期較早的有 15 種；在 3,600 m 以上的 16 種植物中，兩地區的盛花期開始時間相同者有 7 種，雪山地區盛花期較早的有 4 種，玉山地區盛花期較早的有 5 種。由於雪山主峰與玉山主峰差約 100 km，相當於海拔 100 m 的溫度差異，即雪山地區要比玉山地區在相同海拔、相似生育地情況下要低 0.5-0.8°C。這些共同植物的盛花期長度多以玉山地區較長，反映出玉山緯度較低，平均溫度較高而熱量累積亦較快的環境。

2. 高山火燒植群動態

- (1) 雪山三六九山莊火後草生地演替至今約 5 年，共調查 79 種維管束植物，包括蕨類植物 7 科 7 屬 9 種，裸子植物有 2 科 2 屬 3 種，被子植物共 26 科 55 屬 67 種；生活型變化不大。
- (2) 火後樣區出現種數及植物覆蓋度隨時間有增加之趨勢，其中 2009 年 2

月和 4 月分別為 14 種及 15 種，2009 年 9 月增至 28 種，與 2010 年 4 月調查 38 種，2010 年 6 月共調查 47 種，2011 年 5 月共調查 34 種，2011 年 7 月共調查 45 種，2013 年 9 月共調查 44 種。

- (3) 三六九山莊草生地火後 5 年內 8 次調查中出現頻度大於 4 次，可能反應其對火燒的適應，幾乎為萌蘗型者；在火燒後期演替出現的物種且出現頻度 1-2 次者，多為依火後依賴種子或孢子繁殖者。
- (4) 豐度比例曲線圖發現，2009 年 2 月與 2009 年 4 月之豐度比例曲線變化較劇烈，最優勢物種之佔有多數資源，顯示物種組成及覆蓋較不平均；此時期的物種組成大抵反映顯示其對火燒的適應，少數物種以萌蘗方式快速生長佔據空缺的生育地。2009 年 9 月與 2010 年 4 月之豐度比例曲線開始緩和，至 2011 年及 2013 年 9 月之豐度比例曲線變化趨於緩和且穩定，優勢物種已由玉山箭竹與高山芒共同組成，後續拓植的種類使組成增加而更加均勻。
- (5) 三六九山莊草生地火燒後總覆蓋度由 2009 年 2 月的 2.1% 增至 2013 年 9 月 87.7%；調查發現優勢組成物種之覆蓋度具明顯的季節性變化，冬季時明顯下降，至隔年生長季回覆。
- (6) Sørensen 相似性指數分析不同時期調查之出現物種相似性發現，三六九山莊草生地在火後 2 個月出現的植物種類與其他時期的調查物種差異最大，樣區內個體多為火後殘存的種類；隨著火後恢復時間的增加，物種相似性有愈高趨勢，2009 年 4 月調查結果與 2009 年 9 月和 2010 年 4 月的物種相似性差異不大，2011 年與 2013 的物種組成亦趨於穩定。
- (7) Cody 多樣性指數分析發現，三六九山莊草生地火後物種轉換率呈現季節波動，可能顯示散殖體拓殖的物種、種子庫萌發的物種新增、或火後不適的物種死亡等季節性變化；此外，物種交換率有遞減的趨勢，可能反映出火後環境漸趨穩定，物種隨時間的轉換率漸少。這個現象在火後不同時期的拓殖率(2 次調查期間的新增物種數/前期種數)與死亡率(2 次調查期間的消失物種數/前期種數)可以驗證，不論在拓殖率或是死亡率的部分都是漸趨穩定趨勢，然隨著季節更迭仍有些許波動。
- (8) 降趨對應分析(DCA)結果大致與不同時期樣區出現物種之相似性結果相符，DCA 的 2 個軸皆可大致顯示火後物種更新恢復的時序差異。
- (9) 由火燒後 5 年之物種多樣性、組成相似性，以及 DCA 分析等結果顯示，雪山亞高山玉山箭竹和高山芒優勢草生地生態系統植群演替動態約可以在火燒 2-3 年內快速回復至一相對穩定狀態。

(二)建議

根據本研究於雪山地區植物物候之調查，可做成立即可行及長期建議事項，分述如下：

1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林學系

建議事項：

- (1) 經過植物物候之調查，雪山主峰線種子植物花期高峰為6-8月，可提供雪霸國家公園做生態旅遊之簡介，使民眾更貼近的欣賞雪山之美，並達到保護自然資源之教育功能。
- (2) 亞高山生態系之草生地的優勢組成多具冬枯特性，加上冬季較為乾燥，應加強提醒登山民眾用火安全。

2. 長期性建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學森林學系、環球科技大學環境資源管理系

建議事項：

- (1) 植物物候為植物適應環境所做之表現，隨環境溫度、水分、植物光週期等影響而變化，而物候是能提供多面向的重要資料，若能長期監測本研究區之植物物候變化，有助於深入了解臺灣高山地區生態系和環境、氣候間之變異關係。
- (2) 雪山三六九山莊草生地火後5年的季節調查發現，物種多樣性隨著季節與年際增加的趨勢，且較對照樣區高，顯示此種輕度地表火的干擾有助於增加早期火後生育地的物種多樣性。火燒雖明顯的耗損自然資源，但其對生物多樣性之維持有相當之助益，亦即在亞高山地區其應視為一生態程序，而非災害事件。必需瞭解火對生態系的重要性，除防止不當引火外，更可利用控制燃燒，進行適切影響，進而綜合火燒體制、生態系及其過程，作為自然資源經營之依據。

五、參考文獻

- 方瑞征、閔天祿(1995)杜鵑屬植物區系的研究。雲南植物研究 17(4): 1-3。
- 王年金、何玉友、秦國峰、儲德裕、胡健生(2010)馬尾松雄球花成熟期及受氣溫影響的觀測。林業科學研究 23(6): 905-909。
- 王利琳、龐基良、胡江琴、梁海曼 (2002) 溫度對成花的影響。植物學報 19(2): 176-183。
- 王忠魁(1974)台灣高山草原之由來及其演進與亞極群落之商榷。生物研究中心專刊 4: 1-16。
- 王偉、邱清安、蔡尚惠、許俊凱、曾喜育、呂金誠(2010)雪山主峰沿線植物社會調查研究。林業研究季刊 32(3): 15-34。
- 王連喜、陳懷亮、李琪、余衛東(2010)植物物候與氣候研究進展。生態學報 30(2): 447-454。
- 白潔、葛全勝、戴君虎、王英(2010)西安木本植物物候與氣候要素的關係。植物生態學報 34(11): 1274-1282。
- 何明友、方明淵、胡文光、胡琳貞(2006)中國植物志-杜鵑花科。中國植物志第57卷第2分冊。
- 何春蓀(1986)臺灣地質概論-臺灣地質圖說明書。經濟部中央地質調查所第二版。
- 何春蓀(2003)台灣地質概論。經濟部中央地質調查所。共40頁。
- 余新曉、岳永杰、王小平(2010)森林生態系統結構及空間格局。科學出版社。北京。共245頁。
- 吳佳穎(2013)雪山雪東線步道種子植物開花物候之調查。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 吳佳穎、曾喜育、邱清安、王秋美、劉思謙、曾彥學 (2013) 雪山雪東線步道種子植物開花物候之調查 35(4): 223-240。
- 呂金誠(1989)野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學植物學研究所博士論文。
- 呂金誠(1990)野火對臺灣主要森林生態系影響之研究。國立中興大學實驗林研究彙刊 20(2): 1-15。
- 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委託研究報告。共93頁。
- 呂理昌(1990a)玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(一)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。
- 呂理昌(1990b)玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(二)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。
- 呂理昌(1991)玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(三)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。
- 呂理昌(1991)玉山國家公園植物開花週期之研究。內政部營建署玉山國家公園管理處。共77頁。
- 呂福原、歐辰雄、廖秋成、陳慶芳(1984)林火對森林土壤及植群演替影響之研究(二)。嘉義學報 10: 47-72。
- 李向前、賈鵬、章志龍、杜國楨(2009)青藏高原東緣高寒草甸植物群落的開花物候。生態學雜誌 28(11): 2202-2207。
- 邦卡兒·海放南(2007)塔塔加地區高山植物的物候期。林業研究專訊 14(5): 16-22。
- 周愛琴、宋玉麗、于青(2001)溫度對桃樹萌芽開花生物學特性的影響。煙臺果樹 2001(3): 30-31。

- 林永發、邱清安(2002)環山與雪山東峰火燒後植群之變化。內政部營建署雪霸國家公28園管理處。全38頁。
- 林朝欽(1993)玉山、太魯閣及雪霸地區國有林森林火災之研究。中華林學季刊 26(2): 51-61。
- 林朝欽、陳子英(2002)林火對森林植群多樣性之影響。2002年生物多樣性保育研討會論文集。農委會特有生物研究保育中心。121-142頁。
- 邱清安(2006)應用生態氣候指標預測臺灣潛在自然植群之研究。國立中興大學森林學系博士論文。
- 邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育(2008)臺灣潛在植群形相分類方案。林業研究季刊 30(4): 89-112。
- 邱清安、曾彥學、王志強、廖敏君、曾喜育(2010)臺灣高山寒原植群之商榷及其在生態氣候觀點下的潛在位置。林業研究季刊 32(3): 89-102。
- 柳楮(1963)小雪山高山草原生態之研究。林試所報告第九十二號。
- 紀瑋婷(2009)臺灣西半部金毛杜鵑開花韻律分析與族群分布關係之研究。國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 徐瓏綺(2004)玉山、森氏與紅星杜鵑之親緣關係與後冰河期之遷徙。中國文化大學生物科技研究所碩士論文。
- 海放南-邦卡兒(2007)塔塔加地區高山植物的物候期。林業研究專訊 14(5): 16-22。
- 高景輝、湯文通(1978)植物生長與分化。台灣商務。共16頁。
- 常兆丰、邱國玉、趙明、楊自輝、韓富貴、仲生年、李愛德、劉淑娟 (2009) 民勤荒漠區植物物候對氣候變暖的響應。生態學報 29(10): 5195-5206。
- 張又敏(2006)金毛杜鵑開花模式之研究。靜宜大學生態學系碩士論文。共57頁。
- 郭城孟(1990)墾丁國家公園既有路徑沿線植物生態基礎資料調查及其解說教育系統規劃研究，墾丁國家公園管理處。
- 陳正祥(1957)氣候之分類與分區。國立臺灣大學農學院實驗林。共52頁。
- 陳明義(1997)野火對環山、雪山地區植群影響之研究I。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 陳明義(1998)野火對環山、雪山地區植群影響之研究II。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 陳明義、劉業經、呂金誠、林昭遠(1986)東卯山臺灣二葉松林火後第一年之植群演替。中華林學季刊 19(2): 1-15。
- 陳盈雯(2010)臺灣原生杜鵑棲地地文環境特性之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。
- 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。
- 陳學林、戚鵬程(2006)白水江國家級自然保護區野生資源植物的垂直分異研究。西北植物學報 26(5): 1014-1020。
- 陸佩玲、于強、賀慶棠(2006)植物物候對氣候變化的響應。生態學報 26(3): 923-929。
- 曾彥學、鄭婷文、王秋美、劉思謙(2010)雪山地區高山生態系整合研究-維管束植物調查及植相研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告。共53頁。
- 黃信源(2007)苗栗地區油桐物候生物學之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。共88頁。

- 黃啟俊(2005)臺灣產玉山杜鵑複合群之親緣地理學研究。國立成功大學生命科學系碩士論文。
- 楊建夫(2006)冰河曾經來過-雪山圈谷。內政部營建署雪霸國家公園管理處。共90頁。
- 溫英杰、張靜誼、高建元(2008)阿里山山櫻遺傳多樣性之研究。臺灣農業研究 57(4): 233-242。
- 葉文彬和李蕙宜(2012)昆蟲相調查暨指標物種建立與監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。共32頁。
- 趙安玖、胡庭興、黃從德、陳小紅(2008)山地常綠落葉闊葉林空間點格局特徵。浙江林業科技 28(4): 1-7。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1978)大甲溪上游臺灣二葉松天然林之群落組成及相關環境之研究。國立臺灣大學實驗林研究報告 121: 207-239。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑(1983)森林植物生態學。臺灣商務印書館。共462頁。
- 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。
- 歐辰雄、呂金誠、曾彥學(2006)雪霸國家公園植群分類及空間分布之研究(一)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 歐辰雄、呂金誠、曾彥學(2007)雪霸國家公園植群分類及空間分布之研究(二)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 潘振彰(2012)溫度對雪山地區玉山杜鵑開花物候之影響。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 潘振彰、曾彥學、邱清安、曾喜育(2013)雪山地區玉山杜鵑物候之研究。林業研究季刊 35(2): 71-86。
- 鄭婷文(2010) 雪山主峰東線步道維管束植物相之研究。中興大學森林學系碩士論文。共107頁。
- 賴國祥(2003)臺灣亞高山地區的林火生態。林火生態與管理研討會。農委會林務局、臺灣生物多樣性保育學會。49-52頁
- 賴國祥(2005)合歡北峰臺灣二葉松林火燒後之天然更新。特有生物研究 7(1): 61-68。
- 賴國祥、陳明義(1992)合歡北峰臺灣二葉松林火燒後之植群與嚙齒類消長。中華林學季刊 25(2): 33-42。
- 應紹舜(1976)雪山地區高山植群的研究。中華林學季刊 9(3): 119-135。
- 謝鎮宇(2006)利用LEAFY基因序列探討臺灣玉山杜鵑複合群的起源及演化。中國文化大學生物科技研究所碩士論文。
- 顏江河(2009)高山地區土壤性質研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。共48頁。
- 魏聰輝和林博雄(2011)雪山高山微氣象與水量與熱量時空分布特性。共35頁。
- Arroyo, M. K., E. Medina, H. Zieglar (1982) Distribution and values of Potulaceae species of the high Andes in northern Chile. Acta Botanica Brasiliensis 103: 291-295.
- Austin, M. P. (1977) Use of ordination and other multivariate descriptive methods to study succession. Vegetatio 35: 165-175.
- Bader, M., I. van Geloof, and M. Rietkerk (2007) High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. Vegetatio 191(1): 33-45.
- Bell, D. (2001) Ecological response syndromes in the flora of southwestern Western Australia: fire

- reproducers versus reseeders. *The Botanical Review* 67(4): 417-440.
- Bergman, P., U. Molau and B. Holmgren (1996) Micrometeorological impacts on insect activity and plant reproductive success in an alpine environment, Swedish Lapland. *Arctic and Alpine Research* 28(2): 196-202.
- Bermann, P., U. Molau and B. Holmgren (1996) Micrometeorological impact on insect activity and plant reproductive success in an alpine environment, Swedish Lapland. *Arctic and Alpine Research* 28: 196-202.
- Billings, W. D. (1974) Adaptations and origins of alpine plants. *Arctic and Alpine Research* 6(2): 129-142.
- Blionis, G. J. and D. Vokou (2001) Pollination ecology of *Campanula* species on Mt. Olympus, Greece. *Ecography* 24:287-297.
- Blionis, G. J., J. M. Halley and D. Vokou (2001) Flowering phenology of *Campanula* on Mt. Olympus, Greece. *Ecography* 24: 696-706.
- Blionis, G. J., J. M. Halley and D. Vokou (2001) Flowering phenology of *Campanula* on Mt. Olympus, Greece. *Ecography* 24: 696-706.
- Bond, W. J. and J. J. Midgley (1995) Kill the neighbour: an individualistic argument for the evolution of flammability. *Oikos* 73: 79-85.
- Böse, M. (2006) Geomorphic altitudinal zone of the high mountains of Taiwan. *Quaternary International* 147: 55-61.
- Brown, D. S. (1953) Climate in relation to deciduous fruit production in California. VI. The apparent efficiencies of different temperatures for the development of apricot fruit. *American Society for Horticultural Science* 62: 173-183.
- Buhk, C., P. S. Gómez and I. Hensen (2005) Plant regeneration mechanisms during early post-fire succession in south-eastern Spain. *Feddes Repertorium* 116(5-6): 392-404.
- Camarero, J. J., E. Gutiérrez, M.-J. Fortin (2000) Boundary detection in altitudinal treeline ecotones in the Spanish Central Pyrenees. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 32(2): 117-126.
- Cannell, M. G. R. and R. I. Smith (1983) Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis*. *Journal of Applied Ecology* 20: 951-963.
- Carpenter, F. L. (1976) Plant-pollinator interactions in Hawaii: pollination energetics of *Metrosideros collina* (Myrtaceae). *Ecology* 57: 1125-1144.
- Chuine, I., P. Cour and D. D. Rousseau (1999) Selecting models to predict the timing of flowering of temperate tree: implications for tree phenology modeling. *Plant, Cell & Environment* 22: 1-13.
- Cierjacks, A., S. Salgado, K. Wesche and I. Hensen (2008) Post-Fire Population Dynamics of Two Tree Species in High-Altitude Polylepis Forests of Central Ecuador. *Biotropica* 40(2): 176-182.
- Cleary B. D. and R. H. Waring (1969) Temperature: collection of data and its analysis for the interpretation of plant growth and distribution. *Canadian Journal of Botany* 47(1): 167-173.
- Clément, B. and J. Touffet (1990) Plant strategies and secondary succession on Brittany heathlands after severe fire. *J. Vegetation Science* 1: 195-202.
- Collins, S. L. and S. M. Glenn (1997) Intermediate disturbance and its relationship to within- and

- between-patch dynamics. *New Zealand Journal of Ecology* 21: 103-110.
- Collins, S. L., S. M. Glenn and D. J. Gibson (1995) Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: decoupling cause and effect. *Ecology* 76: 486-492.
- Connell, J. H. (1978) Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- De Las Heras, J., A. I. Gonzalez-Ochoa and P. TORRES(2002)Afforestation of burnt forests using mycorrhized *Pinus halepensis* and *P. pinaster* saplings. En: Trabaud L., Prodon R.(eds). *Fire and Biological Processes*. Backhuy Publishers, Leiden, The Netherlands. p. 255-263.
- Denslow, J. S. (1980) Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica* 12(Supplement): 47-55.
- Eggers, L. and M. L. Porto (1994) Acãõ do fogo em uma comunidade campestre secundaria, analisada em bases fitossociologicas. *Bol. Inst. Biociências UFRGS* 53: 1-88.
- Engle, D. M., M. W. Palmer, J. S. Crockett, R. L. Mitchell and R. Stevens (2000) Influence of late season fire on early successional vegetation of an Oklahoma prairie. *Journal of Vegetation Science* 11: 135-144.
- Eshel, A., N. Henig-Sever and G. Ne'eman (2000) Spatial variation of seedling distribution in an east Mediterranean pine woodland at the beginning of post-fire succession. *Vegetatio* 148(2): 175-182.
- Fisher P. R., J. H. Leith and R. D. Heins (1996) Modeling flower bud elongation in Easter lily (*Lilium longiflorum* Thumb.) in response to temperature. *Hortscience* 31: 349-352.
- Germino, M. J., W. K. Smith and A. C. Resor (2002) Conifer seedling distribution and survival in an alpine-treeline ecotone. *Vegetatio* 162(2): 157-168.
- Ghermandi, L., N. Guthmann and D. Bran (2004) Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *Journal of Vegetation. Science* 15: 67-76.
- Gime'nez-Benavides, L., R. Garcí'a-Camacho, J. Mari'aIriondo and A. Escudero (2011) Selection on flowering time in Mediterranean high-mountain plants under global warming. *Evolutionary Ecology* 25: 777-794.
- Golluscio, B. A., M. Oesterheld and M. R. Aguiar (2005) Relationship between phenology and life form: atese with 25 Patagonian species. *Ecology* 28:273-282.
- Grabherr, G., M. Gottfried and H. Pauli (1994) Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.
- Guo, Q. (2001) Early post-fire succession in California chaparral: Changes in diversity, density, cover and biomass. *Ecological Research* 16: 471-485.
- Hannerz, M. (1999) Evaluation of temperature models for predicting bud burst in Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 9-19.
- Harsch, M. A., P. E. Hulme, M. S. McGlone and R. P. Duncan (2009) Are treelines advancing?A global meta-analysis of treeline response to climate warming. *Ecology Letters* 12(10): 1040-1049.
- Heide, O. M. (1992) Flowering strategies of the high-arctic and high-alpine snow bed grass species *Phippisia algida*. *Physiologia Plantarum* 85: 606-610.
- Heinrich, B. (1976) Flowering phonologies: bog, woodland, disturbed habitats. *Ecology* 57:

- 890-899.
- Heltshe, J. F. and T. A. Ritchey (1984) Spatial pattern detection using quadrat samples. *Biometrics* 40(4): 877-885.
- Holdridge, L. R. (1947) Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105: 367-368.
- Holtmeier, F.-K. (2003) Mountain timberlines-ecology, patchiness, and dynamics. *Advances in global change research vol. 14*. Kluwer Academic, Dordrecht. p. 369.
- Hsieh, C. F. (2003) Composition, endemism and phytogeographical affinities of the Taiwan flora. p. 1-14 in Boufford, D. E., C. F. Hsieh, T. C. Huang, C. S. Kuoh, H. Ohashi, C. I Peng, J. L. Tsai and K. C. Yang (2003) *Flora of Taiwan* 2nd. p. 343.
- Huston, M. A. (1979) A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist* 113: 81-101.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. p. 104.
- Irving, E. and R. J. Hebda (1993) Concerning the origin and distribution of *Rhododendrons*. *Journal of the American Rhododendron Society* 47: 139-162.
- Jackson, M. T. (1996) Effects of microclimate on spring flowering phenology. *Ecology* 47: 407-415.
- Jonas, C. S. and M. A. Geber (1999) Variation among populations of *Clarkia unguiculata* (Onagraceae) along altitudinal and latitudinal gradients. *American Journal of Botany* 86: 333-343.
- Kalamees, R., K. Püssa, I. Vanha-Majama, and K. Zobel (2005) The effects of fire and stand age on seedling establishment of *Pulsatilla patens* in a pine-dominated boreal forest. *Canadian Journal of Botany* 83(6): 689-693.
- Kalisz, S. and G. M. Wardle (1994) Life history variation in *Campanula americana* (Campanulaceae): population differentiation. *American Journal of Botany* 81: 521-527.
- Kazakis, G., D. Ghosn, I. N. Vogiatzakis, and V. P. Papanastasis (2007) Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Lefka Ori, Crete. *Biodiversity and Conservation* 16: 1603-1615.
- Kemball, K. J., G. G. Wang, and A. R. Westwood (2006) Are mineral soils exposed by severe wildfire better seedbeds for conifer regeneration? *Canadian Journal of Forest Research* 36(8): 1943-1950.
- Kikuzawa, K. (1995) Leaf phenology as an optimal strategy for carbon gain in plants. *Canadian Journal of Botany* 73:158-163.
- Kochmer, J. P. and S. N. Handel (1986) Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs* 56(4): 303-325.
- Körner, C. (1998) A Re-Assessment of High Elevation Treeline Positions and their Explanation. *Oecologia* 115: 445-459.
- Körner, C. (2003) *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystem*. 2nd edition. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 344.

- Körner, C (2007) The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology and evolution* 22(11): 569-574.
- Körner, C. and J. Paulsen (2004) A world-wide study of high altitude treeline temperature. *Journal of Biogeography* 31: 713-732.
- Kudo, G. and A. S. Hirao (2006) Habitat-specific responses in the flowering phenology and seed set of alpine plants to climate variation: implications for global-change impacts. *Population Ecology* 48: 49-58.
- Kudo, G. and Suzuki S. (2004) Flowering phenology of tropical-alpine dwarf trees on Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 20: 563-571.
- Li, H. L., S. Y. Lu, Y. P. Yang and Y. H. Tseng (1998) Ericaceae. *Flora of Taiwan II* 4: 17-39.
- Lin, C. (2000) Photoreceptors and regulation of flowering time. *Plant physiology* 123:39-50.
- Luciana, G., G. Nadia and B. Donaldo (2004) Early post-fire succession in northwestern Patagonia grasslands. *J. Vegetation Science* 15: 67-76.
- Makrodimos, N., G. J. Blionis, N. Krigas and D. Vokou (2008) Flower morphology, phenology and visitor patterns in an alpine community on Mt. Olympos, Greece. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 203: 449-468.
- McCune, B. and M. J. Mefford (1999) *Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Menzel, A. (2002) Phenology: its importance to the global change community. *Climate Change* 54: 379-385.
- Menzel, A., T. H. Sparks, N. Estrella, E. Koch, A. Aasa, R. Ahas, K. Alm-Kubler, P. Bissolli, O. Braslavská, A. Briede, F. M. Chmielewski, Z. Crepinsek, Y. Curnel, A. Dahl, C. Defila, A. Donnelly, Y. Filella, K. Jatczak, F. Mages, A. Mestre, O. Nordli, J. Penuelas, P. Pirinen, V. Remisova, H. Scheffinger, M. Striz, A. Susnik, A.J.H.V. Vliet, F.E. Wielgolaski, S. Zach and A. Züst (2006) European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12: 1969-1976.
- Michael, F. (1998) The phenology of growth and reproduction in plants. *Biological Sciences* 1: 78-91.
- Miller-Rushing, A. J. and B. P. Richard (2008) Global warming and flowering times in Thoreau's Concord: a community perspective. *Ecology* 89(2): 332-341.
- Murali, K. S. and R. Sukumar (1994) Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, southern India. *Journal of Ecology* 82:759-767.
- Murray, M. B., M. G. R. Cannel and R. I. Smith (1989) Date of bud burst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. *Journal of Applied Ecology* 26: 693-700.
- Myneni, R.B., C. D. Keeling, C.J. Tucker, G. Asrar and R. R. Nemani (1997) Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981-1991. *Nature* 386:698-702.
- Nautiyal, M. C., B. P. Nautiyal and V. Prakash (2001) Phenology and growth form distribution in an alpine pasture at Tungnath, Garhwal, Himalaya. *Mountain Research and Development* 21(2):168-174.
- Nuñez, M. A. and E. Raffaele (2007) Afforestation causes changes in post-fire regeneration in native shrubland communities of northwestern Patagonia, Argentina. *Journal of Vegetation*

- Science 18(6): 827-834.
- Nuttonson, M. Y. (1955) Wheat-climate relationship and the use of phenology in ascertaining the thermal and photothermal requirements of wheat. Washington, DC: American Institute of Crop Ecology. p.54-55.
- Ojeda, F., F. G. Brun and J. J. Vergara (2005) Fire, rain, and the selection of seeder and resprouter life-histories in fire-recruiting, woody plants. *New Phytol* 168: 155-165.
- Overbeck, G.E., Müller, S.C., Pillar, V.D., Pfadenhauer, J., (2005) Small-scale dynamics after fire in South Brazilian humid subtropical grassland. *J. Veg. Sci.* 16: 655–664.
- Parmesan, C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637-669.
- Parmesan, C. and G. Yohe (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Pauli, H., M. Gottfried and G. Grabherr (2001) High summits of Alps in a changing climate. In: Walter A., A. Burga, P. J. Edwards(eds) Fingerprints of climate change, adapted behavior and shifting species range. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. p. 139-149.
- Peterson, D. W. and P. B. Reich (2008) Fire frequency and tree canopy structure influence plant species diversity in a forest-grassland ecotone. *Plant Ecol.* 194: 5-16.
- Pickering, C. M. (1995) Variation in flowering parameters within and among five species of Australian alpine *Ranunculus*. *Australian Journal of Botany* 43:103-112.
- Pickering, C., W. Hill and K. Green (2008) Vascular plant diversity and climate change in the alpine zone of the Snowy Mountains, Australia. *Biodiversity and Conservation* 17(7): 1627-1644.
- Ram, J., S. P. Singh and J. S. Singh (1988) Community level phenology of grassland above treeline in Central Himalaya, India. *Arctic and Alpine Research* 20(3): 325-332.
- Richardson, E. A., S. D. Seeley and D. R. Walker (1974) A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. *Hortscience* 9(4): 331-332.
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig, and J. A. Pounds (2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Rötzer, T., M. Wittenzeller, H. Haeckel and J. Nekovar (2000) Phenology in Central Europe-differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *International Journal of Biometeorology* 44: 60-66.
- Sakagame, S. F., R. Ohgushi and D. W. Roubik (1990) Natural History of Social wasps and bees in equatorial Sumatra. Hokkaido University Press, Sapporo. p.274.
- Sala, O. E., F. S. Chapin III, J. J. Armesto, R. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker and D. H. Wall (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Sandring, S., M.-A. Riihimäki, O. Savolainen, and J. Ågren (2007) Selection on flowering time and floral display in an alpine and a lowland population of *Arabidopsis lyrata*. *Journal of Evolutionary Biology* 20:558-567
- Schoennagel, T., T. T. Veblen and W. H. Romme (2004) The interaction of fire, fuels, and climate

- across Rocky Mountain forests. *BioScience* 54: 661-676.
- Shen, Z. K. (2000) Study in the phenological phase in *Eulapiopsis Binata*. *Journal of Hubei Institute for Nationalities* 18(2):24-26.
- Sosebee, R. E. and W. Wiebe (1973) Effect of phenological development on radio phosphorus translocations from leaves in crested wheat grass. *Oecologia* 13:103-112.
- Sousa, W.P. (1984) The role of disturbance in natural communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 15: 323-391.
- Spano, D., C. Cesaraccio, P. Duce and R. L. Snyder (1999) Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *International Journal of Biometeorology* 42:124-133.
- Su, H. J. (1984a) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (I): Analysis of the variations in climatic factors. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(3): 1-14.
- Su, H. J. (1984b) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II). Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4): 57-73.
- Swartz, H. J. and L. E. Powell (1981) The effect of long chilling requirement on time of bud break in apple. *Acta Horticulturae* 120: 173-178.
- Taylor, F. G. J. (1974) Phenodynamics of production in a mesic deciduous forest. In: Lieth H, editor: phenology and seasonality modeling. *Ecological Studies* 8. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 237-254.
- Tébar, F. J., L. Gil and L. Llorens (2004) Flowering and fruiting phenology of a xerochamaephytic shrub community from the mountain of Mallorca (Balearic islands, Spain). *Plant Ecology* 174: 293-303.
- Ter BRAAK, C. J. F. (1985) Correspondence analysis of incidence and abundance data: properties in terms of a unimodal response model. *Biometrics* 41: 859-873.
- Ter BRAAK, C. J. F. (1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Ter BRAAK, C. J. F. (1987) The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* 69: 69-77.
- Tilman, D. (1982) Resource competition and community structure. *Monographs in population biology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Vogl, R. J. (1974) Effects of fire on grasslands. In: Kozłowski, T.T., Ahlgren, C.E. (Eds.), *Fire and Ecosystems*. Academic Press, New York. p. 139-194.
- Wahren, C-H. A., W. A. Papst and R. J. Williams (2001) Early post-fire regeneration in subalpine heathland and grassland in the Victorian Alpine National Park, south-eastern Australia. *Austral Ecology* 26: 670-679.
- Waser, N. M. (1983) Competition for pollination and floral character differences among sympatric plant species: a review of evidence. *Van Nostrand Reinhold*. p. 277-293.
- Wielgolaski, F. E. (1997) Adaptions in plants. p. 7-10 in F. E. Wielgolaski, editor. *Ecosystem of the World 3-polar and alpine tundra*. Elsevier, Amsterdam.
- Zalmen, H., G. S. No'am, N-M. Imanuel and K. Uzi (1999) Secondary succession after fire in a

Mediterranean dwarf-shrub community. *Journal Vegetation Science* 10: 503-513.

Zang, L., R. Turkington and Y. Tang (2010) Flowering and fruiting phenology of 24 plant species on the north slope of Mt. Qomolangma(Mt. Everest). *Journal of Mountain Science* 7: 45-54.

Zimmermann, J., S. I. Higgins, V. Grimm, J. Hoffmann, T. Münkemüller and A. Linstädter (2008) Recruitment filters in a perennial grassland: the interactive roles of fire, competitors, moisture and seed availability. *Journal of Ecology* 96(5): 1033-1044.

第三章 雪山地區鳥類群聚與生態研究

孫元勳、林惠珊、陳仁真

國立屏東科技大學野生動物保育研究所

摘要

關鍵詞：雪山、群聚、季節波動、氣象因子

一、研究緣起

有鑑於氣候變遷問題可能對高山生態系造成影響，本研究在雪山圈谷和雪山東峰間海拔 3,000 m 以上地區監測高山生態系鳥類群聚組成的時空結構，作為日後雪霸國家公園經營高山生態系的參考資料及解說教育之用。透過釐清全球暖化及氣候變遷影響，進而調整保護區的保育手段。

二、研究方法及過程

利用樣站法調查臺灣冷杉 (*Abies kawakamii*)、玉山箭竹 (*Yushania niitakayamensis*)-高山芒 (*Miscanthus sinensis*)、玉山杜鵑 (*Rhododendron pseudochrysanthum*)-玉山圓柏灌叢 (*Juniperus morrisonicola*)、玉山箭竹-高山芒的火燒與非火燒跡地與推移帶等 6 個生態系的鳥相的季節性變化，探討不同尺度的鳥類與棲地結構之關聯。另架設鳥網進行繫放，研究常見鳥類的食性組成、繁殖情況和存活率之季節間與年間變化。

三、重要發現

本研究於 2012 年 12 月至 2013 年 11 月在雪山地區共計記錄到 24 科 59 種鳥類，包含台灣特有種 12 種、特有亞種 28 種；保育類鳥類 17 種，期間新增鳥種為臘嘴雀、斑點鵝、白鵝鴿、白背鵝、斑紋鷓鴣、黃嘴角鴉、黃鵝鴿、赤頸鵝等 8 種。自 2009 年至 2013 年 11 月本研究累計在雪山地區記錄到 34 科 96 種鳥類。由於 2012 年秋冬季及 2013 年初春降雨量相當少，巒大花楸果實至 3 月仍高掛樹上，因此吸引許多食果性鳥類取食，包含大量過境的斑點鵝及度冬的白腹鵝。黃眉柳鶯在雪山地區出現的單日最大數量有逐年增加的趨勢。

2012 年年底 369 山屋洗手台旁釘設木條阻止山友傾倒廚餘，且適逢山屋缺水，登山的山友大幅減少，整個冬季僅在 2 月時回收到 2 隻酒紅朱雀，和之前同期相較，繫放捕獲量大幅降低，可見酒紅朱雀當沒有廚餘可以依賴時，冬季留在山上的族群密度會大幅下降，甚至在 12 月、3 月完全沒有廚餘時，酒紅朱雀就完全消失了。2013 年 5 月山友恢復廚餘傾倒，酒紅朱雀數量自 6 月明顯回升。2011、2012 年酒紅朱雀存活率低於 2009、2010 年，趨勢和酒紅朱雀的密度在 2012-2013 年間的密度較低的情況相符。

利用複迴歸分析雪山的 7 種高海拔食蟲性鳥類的密度之月變化和氣溫、雨量及風速的相關性。結果顯示，在本研究中，氣溫為影響 3 種鳥種密度變化的主要因子，推測是因為氣溫的變化幅度大，並和當地的昆蟲量呈高度相關。觀察到栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯在多個樣區中只要溫度低於 3°C 則該鳥種就會消失，哭坡深山鶯的消失門檻則為 6°C。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對鳥類研究，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

(一) 立即可行建議：

遊客提供的廚餘是否造成會對野鳥健康造成影響，需進行調查。

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

(二) 長期性建議：

建議長期且規律地進行調查，以期了解雪山生態系的年間波動，建立完善的高海拔鳥類生態資訊。

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

ABSTRACT

【Keywords】 Bird population, survival rate, seasonal fluctuation, weather

In order to monitor the effect of climate change on alpine ecosystem for future conservation measures, this study was conducted at Sheshan area to monitor the seasonal and yearly differences in avifauna among *Abies kawakamii*, *Yushania niitakayamensis*-*Miscanthus sinensis*, *Rhododendron pseudochrysanthum*-*Juniperus morrisonicola*, burned *Yushania niitakayamensis*-*Miscanthus sinensis*, *Juniperus morrisonicola*, and ecotone. In addition, to determine breeding and survival rate of several common bird species, mist-nets were set up and captured birds were aged, sexed, and banded. A total of 59 bird species, including 8 new ones, of 24 families were recorded at Sheshan during Dec. 2012-Nov. 2013. A total of 96 bird species of 34 families were recorded since 2009. Fruits of *Sorbus randaiensis* could be seen in March, which attracted fruit-eating birds such as staging Dusky Thrush (*Turdus naumanni*) and wintering Pale Thrush (*Turdus pallidus*). This may be related to drier weather of early spring. Number of Vinaceous Rosefinchs (*Carpodacus vinaceus*) dropped dramatically at Cottage369 because leftover was rarely seen this winter and spring, and the bird was disappeared in December and March, but it reappeared after the leftover occurred again in May. The annual survival rate of Vinaceous Rosefinchs was lower in 2011-2012 than in 2009-2010, and it coincided with the population fluctuation of the species. Three out of seven bird species, Collared Bush Robin (*Erithacus johnstoniae*), Wren (*Troglodytes troglodytes* showed), Yellowish-bellied Bush Warbler (*Cettia acanthizoides*) showed significant relationship between their abundance and weather factors, of which temperature was the main one. These birds would migrate downward along slope with the threshold of 3°C, and that of the Bush Warbler at Kupo station was 6°C.

一、前言

雪霸國家公園是本島三座高山型國家公園之一，面積廣達 76,850 ha。區內雪山標高 3,886 m，為本島第二高的大山，擁有數量最多的 35 個冰河遺跡-雪山圈谷(林朝榮，1957；王鑫等，1998、1999)。民國 81 年雪霸國家公園成立之初，曾進行了全園區動物資源初步調查(林曜松 1989)，惟之後的鳥類生態調查和研究，主要集中在中海拔的武陵(袁孝維 1995；孫元勳，1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008)、觀霧(李培芬，2003)和雪見地區(李培芬，2004)，至於 3,000 m 以上的高山生態系，除植物有比較系統化的調查(呂金誠 1999；呂金誠等，2002；邱清安，2002；陳明義 1998)之外，鳥類部分較少涉獵，僅袁孝維(1995)與羅宏仁(1996)調查雪山東峰至翠池間鳥相及周大慶(2001)調查雪山東峰火災後鳥相變化，惟調查內容並未對玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)、高山芒(*Miscanthus sinensis*)、冷杉(*Abies kawakamii*)、玉山圓柏(*Juniperus squamata*)灌叢等生態系分別進行說明，故無從得知各生態系鳥類密度，以及其昆蟲、氣候、物候條件對鳥類密度的影響。

為此，在雪山地區調查、研究臺灣冷杉林、玉山箭竹-高山芒、圈谷玉山圓柏灌叢，以及玉山箭竹-高山芒火燒跡地等生態系中鳥類群聚組成的季節性變化，探討不同尺度的鳥類與棲地結構之關聯。記錄內容包括鳥種、數量、繁殖與覓食行為。此外，另架設鳥網捕捉與繫放鳥類，以估計其繁殖率、存活率、返回率之季變化及年變化(Nott *et al.*, 2008; Ralph *et al.*, 2004; White and Burnham, 1999)。

近年來，由於全球年均溫逐漸上升，台灣百年來的年均溫增加超過攝氏一度，海水增溫、氣候變化極端，降雨量變化幅度增加(汪中和，2007)，台灣年均溫的增加更是超越過去全球平均溫度上升的兩倍(劉紹臣等，2007)。Sala 等(2000) 在 2100 年全球生物多樣性的評估報告中，明確指出全球氣候變遷將對某些處於極端氣候的生態系影響最大，例如極地、高山以及沙漠生態系。因為環境條件嚴苛，此地的生物本來就處於最低條件的生存條件上，只要微小的氣溫或雨量變化就可能對這些脆弱生態系中的生物多樣性與物種組成帶來劇烈的衝擊。全球暖化及氣候變遷對生態系造成的衝擊，在高山生態系特別明顯(Hilbert *et al.*, 2004; Root *et al.*, 2003)，還可能加速高山生態系物種滅絕(Hilbert *et al.*, 2004; Sekercioglu *et al.*, 2008)，因此瞭解全球氣候變遷對高山生態系的影響相當重要。本計畫自 2009 年開始進行，在雪山圈谷和雪山東峰

間海拔 3,000 m 以上地區監測高山生態系鳥類群聚組成及其生態功能，作為日後雪霸國家公園經營高山生態系的參考資料及解說教育。

二、材料與方法

(一)各生態系定點調查

本研究位於雪霸國家公園境內雪山山脈海拔 3,000 m 以上的雪山步道沿線兩側，調查範圍介於雪山東峰至雪山主峰間。沿線選取玉山箭竹-高山芒、臺灣冷杉林、火燒跡地、圈谷玉山圓柏-玉山杜鵑灌叢等 4 個生態系樣區，2009 年 6 月起增設針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)樣區，此外，為配合氣象站架設位置蒐集鳥類相資料，於 2009 年 7 月起在七卡山莊增設針闊葉混合林樣區，於 2011 年 6 月將該樣區提升為 4 樣站。生態系樣區各設置 4-7 個樣站，雪東線全區總計共有 30 個定點調查樣站(圖 3-1) (附錄 3-1)，各樣站間距至少 200 m，以避免重複記錄。

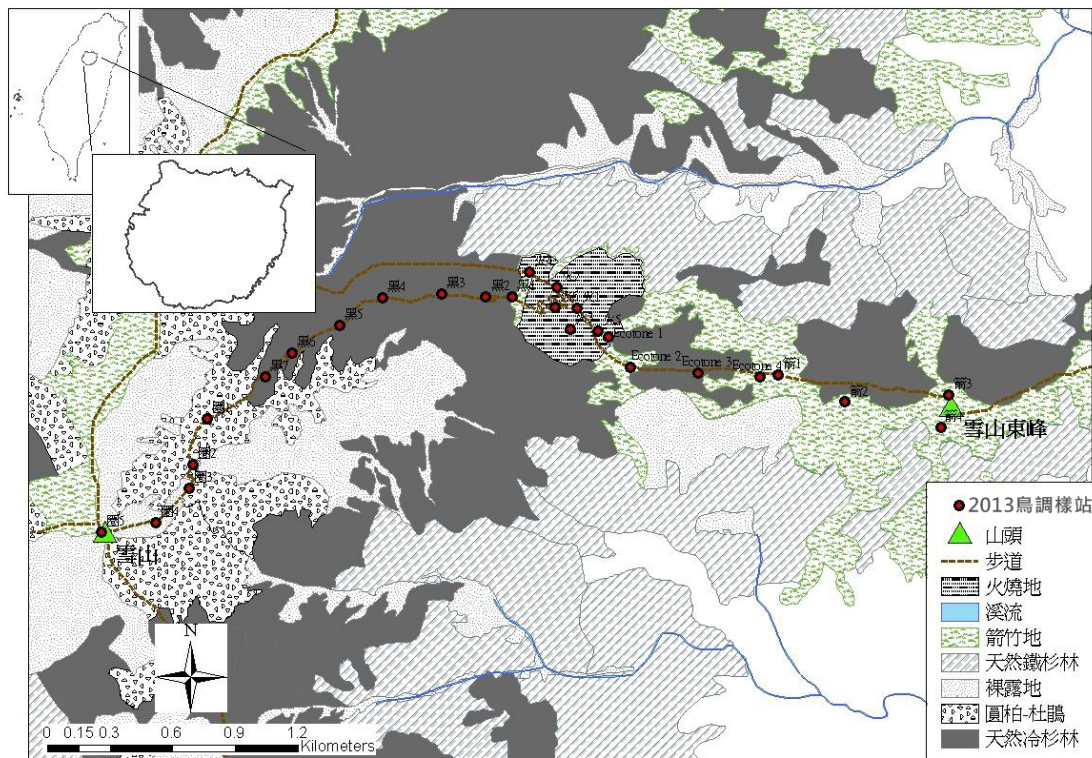


圖 3-1. 樣區植被和雪山主東峰間鳥相調查樣站位置。
(資料來源：本研究資料)。

各樣站鳥相調查時間選擇在日出後 4 小時內完成，每個樣站停留 6 分鐘(丁宗蘇, 1993)，以方便比較，在定點調查時間之外所記錄到的鳥類則列為額外記錄，僅列入本研究鳥類名錄及海拔分析之中，不使用於鳥類密度計算。遇到下雨或下雪則無法進行鳥相調查，此外倘若雪季時樣站積雪過深且路跡不明顯，為求安全亦不進行資料蒐集。調查採不定半徑圓圈法(variable circular-plot method) (Reynolds *et al.*, 1980)，記錄停留時目擊和聽聞的鳥種、數量及鳥隻與研究者的水平距離，對於持續於空中飛行的種類(如燕科 [Hirundinidae]、雨燕科 [Apodidae]、鷹鵟科 [Accipitridae])由於較難確認其棲地使用範圍及類型，因此不列入分析。將 3-9 月的鳥類相調查資料定義為繁殖季資料，10-2 月定義為非繁殖季資料。鳥種的族群密度(隻/ha)以公式(密度 = $N/\pi r^2 C \times 10^4$) 計算，公式中 N 為特定基礎半徑(specific basal radius)內所記錄的總隻數，r 為某鳥種的特定基礎半徑(m)，C 為調查次數。繁殖季的特定基礎半徑內所記錄的總隻數，以聽到 1 次鳴叫聲乘以 2 作為加權值；非繁殖季若為結群鳥種則同一群僅記錄 1 次，再乘以該鳥種的平均結群隻數(孫元勳和裴家騏, 2001)，非結群出現鳥種，1 次鳴叫聲仍以 1 隻個體計算。平均結群隻數的計算方式，係使用本研究非繁殖季(2009 年 1 月、2010 年 10 月至 2011 年 2 月)目擊記錄到的結群鳥種隻數進行平均。用來計算密度的鳥類特定基礎半徑，則參考丁宗蘇(1993)及廖煥彰(2006)文章，所使用的鳥類特定基礎半徑加以運算。

(二)鳥類繫放

鳥類繫放部分，在 2009 年 5 月至 6 月在冷杉林生態系(黑森林)、圈谷、火燒跡地跡(369 山莊周邊)、箭竹等 4 個生態系各架設 5 面鳥網(附錄 3-2)，但由於除火災跡地張網捕捉率較高之外，其餘生態系捕捉率均低，由於捕捉數量少、回收率低時不易長期監測族群變化，因此 2009 年 8 月至 2010 年 3 月僅在捕捉率較高的火燒跡地跡及箭竹生態系各架設 1-2 張網。自 2010 年 4 月起在火燒跡地進行 2 張霧網架設，以增加單一生態系之繫放網時數。每月上山捕捉 2-3 天，每日開網時間均設在 05:00-18:00 間，但避免在下雨以及強風天候下張網。將捕獲的非保育類鳥類繫上金屬腳環、色環，進行形值測量，並記錄換羽情形、孵卵斑狀態、年齡和性別(Svensson, 1992)，其中參考中華民國野鳥學會繫放手冊將孵卵斑狀態分為四級。但由於過去台灣高山生態系

繁殖鳥類繫放資料參考缺乏，因此 2009 年實驗初期本研究僅先累積孵卵斑、年齡之判讀經驗，到 2010 年 3 月後孵卵斑及年齡判讀技術較為成熟後，方進行該記載資料之分析。保育類鳥類則經捕獲後，不進行任何測量及操作，隨即原地釋放。鳥網捕獲率日後用來作為常見鳥類的族群生態學研究，包括遷入、遷出、存活率和繁殖率等族群參數(White and Burnham, 1999)。

使用繫放資料計算酒紅朱雀在 369 山莊的存活率，由於鳥類會有出生、死亡、移入、移出等狀態，將 369 山莊前的酒紅朱雀族群視為開放族群，以 Program Mark 軟體估算每年的存活率，由於捕捉到的個體進行色環標誌後會釋放回原棲息地，所以使用 Program Mark 中的 Cormack-Jolly-Seber Model 以標誌後再遭遇的年度及次數進行估計(Lebreton *et al.*, 1992)，將酒紅朱雀紅色羽色與褐色羽色定義為不同的組別，考慮不同年間的時間效應(t)、恆定值及組效應(g)，進行存活率模型計算，並取 AIC 值最小者視為最佳解釋模型(White and Burnham, 1999)。

(三)氣候變遷分析--各生態系氣象因子與食蟲性鳥類密度間的關係

為瞭解雪山高山生態系鳥類密度和各氣象因子之間的關係，使用雪山主東峰線沿途各站的氣象資料，搭配本研究各月份的鳥類密度資料進行探討。以全年資料為單位，本研究只取 2010-2012 年間的氣象資料與鳥類密度資料進行分析。在資料使用上，本研究先以 Pearson 相關檢定初步檢視各樣區中的氣溫、雨量及風速三個自變數間是否存在共線性，將兩自變數間的相關係數 $|r|$ 門檻設為 0.7，若大於此值，則剔除對鳥種密度月變化解釋力較低的那個自變數；反之，若任兩個自變數的相關係數 $|r| < 0.7$ ，則判定自變數間不存在共變性。複迴歸分析時以逐步回歸法(stepwise)挑選自變數進入模式中。而做為依變數的鳥種密度因呈現 skewed 分佈，所以以自然對數轉換，使分佈較呈常態。但若當月資料為 0，因 0 值資料無法經由自然對數轉換，所以本研究將所有密度加上 0.01 之後再進行轉換，使 -4.61 代表密度為 0 的月份。

三、結果

(一)鳥相結構

2012年12月至2013年11月，共計進行10次調查，每次上山5天，每次3-4人。其中5月、8月受下雨影響部分生態系無法進行鳥類相調查。本次調查期間共計記錄到24科59種鳥類，包含台灣特有種12種、特有亞種28種；保育類鳥類17種，自2009年至2013年11月在本區總計累積記錄到34科96種鳥類(附錄3-3)。本調查期間新增鳥種為臘嘴雀、斑點鵝、白鵝鴿、白背鸚、斑紋鷓鴣、黃嘴角鴉、黃鵝鴿、赤頸鵝，共計新增8種。臘嘴雀及白背鸚在台灣屬於稀有鳥種，臘嘴雀係在5.8K處目擊到有6隻結群、1隻白背鸚則在雪山東峰。白鵝鴿、斑紋鷓鴣、黃鵝鴿均在369山莊附近的火災地的出現，白鵝鴿在調查員行經時迅速飛離；斑紋鷓鴣和調查者相距僅15公尺，站上枯枝上大聲鳴唱近三分鐘。黃嘴角鴉是夜晚在0.8K處記錄到鳴叫聲，海拔高度約2366公尺。斑點鵝則在2013年3月在369山屋後方之字坡上發現85隻個體大量結群過境在取食巒大花楸的果實，翌日仍發現該群在同一地點停留覓食(圖3-2)。赤頸鵝在台灣是迷鳥，全台灣只有零星紀錄，11月出現在雪山369山莊附近，是赤頸鵝的1齡雌鳥，後背部鼠灰色調，尾羽偏紅，和金翼白眉混合在吃巒大花楸的果實。



圖 3-2. 2013 年 3 月 369 山莊後方巒大花楸果實。

(資料來源：本研究資料)

2013年1月在海拔3,176公尺的定點調查樣區內記錄到3隻五色鳥和3隻白腹鵝結群取食巒大花楸的紅色果實，五色鳥是第二次在樣區內記錄到，前次2009年6月係在海拔2,500公尺處記錄到。另外，白腹鵝的數量明顯較

往年多，之前僅於 2009 年 4 月及 2010 年 1 月在七卡曾有白腹鶇的鳴叫紀錄，後來就未有紀錄，直到在 2012 年 12 月至 2013 年 3 月間冬季共記錄到 12 筆的白腹鶇鳴叫及目擊的紀錄。

2011 年 6 月至 8 月間，本研究團隊首次記錄到黃眉柳鶇在雪山黑森林夏季出現的紀錄，單日至少 3 隻不同個體(林惠珊等，2011)。2012 年 6 月至 8 月間在黑森林再度目擊及聆聽到黃眉柳鶇繁殖季的鳴唱，單日至少 7 隻不同的個體，除了黑森林 9.0-9.6K 可以穩定發現之外，在 369 山莊後方之字路，也有 2 隻黃眉柳鶇的鳴唱聲。2013 年 6-7 月間，單日最大數量至少發現 9 隻不同的個體分散在 369 山莊後方的之字路、黑森林、圈谷等地。

鳥相結構方面，定點調查資料扣除在基礎半徑以外的記錄，本調查期間內，針闊葉混合林生態系(七卡)的前三優勢鳥種依序為冠羽畫眉、紅頭山雀、火冠戴菊鳥；玉山箭竹-高山芒生態系為火冠戴菊鳥、褐頭花翼、深山鶇；針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)為火冠戴菊鳥、深山鶇、褐頭花翼；火燒跡地的優勢鳥種依序為深山鶇、酒紅朱雀、鷓鴣；冷杉林生態系(黑森林)為火冠戴菊鳥、鷓鴣、煤山雀；玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(圈谷)為鷓鴣、金翼白眉、酒紅朱雀(表 3-1~6)。

2008 年底在 369 山莊周圍因大火而形成的火燒跡地，2009 年 3 月時觀察到火燒跡地的植被均被燒毀，礫石裸露，隨著時間長度增加，箭竹植被逐漸長高，2013 年同一地點的箭竹草原可以發現增高且濃密(圖 3-3)，在鳥相密度的變化上，栗背林鴿、金翼白眉 2009-2010 年間數量較多，但在 2011-2013 年間則是數量減少。台灣叢樹鶇的數量在 2009 年時仍可偵測到少數個體在裸露地，2010-2011 年時數量最低，2012 至 2013 年間，明顯數量增加。但同為鶇亞科的深山鶇則數量的波動變化並不大(表 3-4)(圖 3-4)。

2013 年的 10-11 月較為寒冷，尤其是在 11 月，遭遇自調查以來的 11 月下雪的紀錄，可以發現，在各個生態系中 2013 年的 10-11 月間所偵測到的鳥類密度均較以往各年來得低(圖 3-5~8)。



圖 3-3. 2009 年 3 月及 2013 年 5 月 369 山莊後方火燒跡地同一地點的植被變化。
(資料來源：本研究資料)

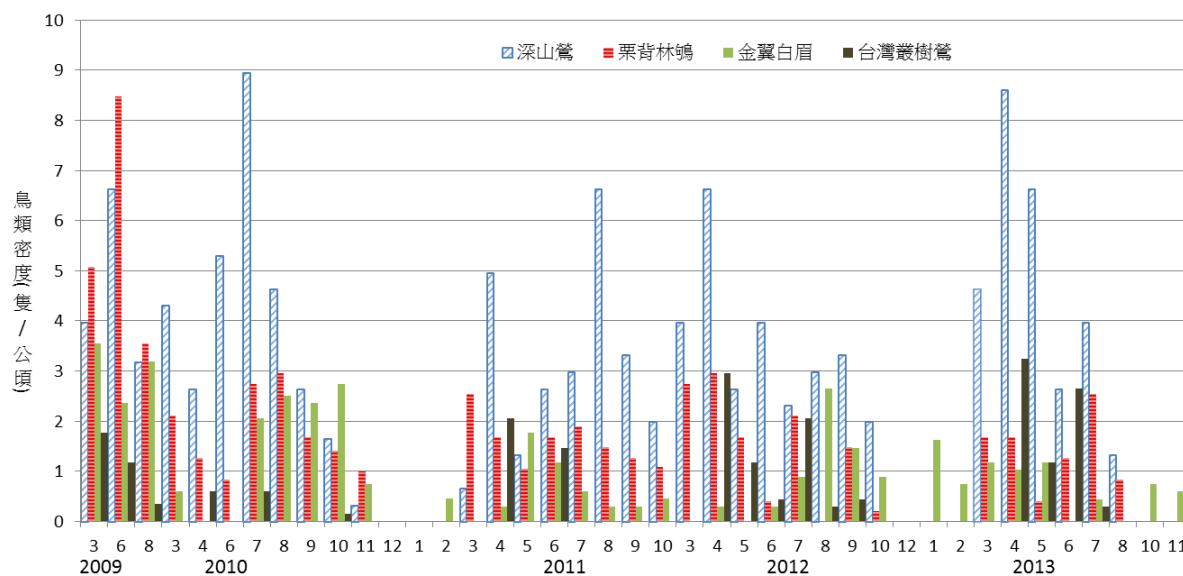


圖 3-4. 2009 年 3 月至 2013 年 11 月火燒跡地主要鳥種密度變化。
(資料來源：本研究資料)

表 3-1. 針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/7	2009/8	2009/9	2010/3	2010/4	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/1	2011/2	2011/3	2011/4	2011/5	2011/6	2011/7	2011/8	2011/9	2011/10	2011/11
樣點數	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=1	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4
鱗胸鷓鴣	2.55	0	0	2.55	0	0	0	0	0	1.27	0	0	0	2.55	0	0	0	0.64	0.64	0.64	0.64	0
藪鳥	5.09	0	0	2.55	0	0	2.55	7.64	0	0	0	0	0	0	0	0	1.91	0	0	0	0	0
繡眼畫眉	0	0	7.96	9.95	0	0	0	7.96	0	0	0	0	15.92	31.83	0	0	0	2.98	0.99	0	0	1.49
褐鶯	2.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
褐頭花翼	0	14.15	0	0	0	0	35.37	14.15	26.08	0	0	0	0	56.59	0	0	0	0	7.07	0	19.58	6.52
煤山雀	2.55	0	0	2.55	0	0	2.55	7.64	0	0	11.17	0	3.82	5.09	2.55	0	4.46	1.27	1.27	3.18	2.79	0
黃胸青鶇	0	0	0	0	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0	0	0	0
黃腹琉璃	0	2.55	0	0	0	0	0	0	1.27	0	0	0	0	0	0	2.55	0	0.64	0	0	0	0
棕面鶯	0	0	0	0	3.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
深山鶯	11.94	7.96	0	7.96	3.98	0	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	3.98	1.49	3.98	1.99	1.99	0.50	0
栗背林鶇	0	2.55	2.55	0	2.55	0	0	1.27	3.27	0	0	0	0	2.55	2.55	0	0.32	1.27	1.91	0.95	0.50	0.64
紅胸啄花鳥	3.98	3.98	7.96	0	0	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0	0	0	0	0
紅尾鶇	0	0	7.07	0	0	0	0	0	3.54	0	0	0	0	0	0	0	1.77	0	1.77	0	1.77	0
星鴉	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0
冠羽畫眉	2.55	12.73	2.55	3.82	7.64	45.84	25.47	5.09	0	24.83	0	0	0	63.66	10.19	19.10	12.10	19.10	10.82	21.01	18.62	6.21
青背山雀	3.98	7.96	7.96	0	3.98	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.96	0	0	0	3.98	0	0.50
金翼白眉	1.77	1.77	3.54	0	0	0	3.54	3.54	2.73	5.08	0	0	2.73	0	3.54	0	3.32	3.09	3.54	2.21	1.37	0
松鴉	2.55	0	7.64	0	0	0	2.55	0	0	0	0	0	2.12	0	0	0	0	1.27	0	1.27	0.64	0.64
白尾鶇	0	3.98	1.99	0	0	3.98	1.99	0	0	0	0	0	0	0	1.99	3.98	0	0	0	0.99	1.49	0
白耳畫眉	0	3.54	0	0	1.77	1.77	7.07	0	1.77	0	0	0	0	0	1.99	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	0	0	0	31.83	0	0	47.75	0	0	75.16	0	0	0	0	0	0	11.94	0	15.92	0	0	20.66
山紅頭	0	0	0	0	2.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0	0	0.64
小翼鶇	1.77	1.77	0	0	0	0	0	0	1.77	0	0	0	0	0	1.77	1.77	0.88	0.88	0.88	0.88	0.44	0
藍腹鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深山竹雞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0
灰喉山椒鳥	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.91	0	0	0	0
白眉林鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.77	0	0
紅頭山雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.37	7.07	0	0	0	4.42	45.98
綠啄木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.22
黃山雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99
茶腹鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灰林鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
酒紅朱雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-1. 針闊葉混合林生態系(七卡)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)(續)

鳥種	2012/3	2012/5	2012/6	2012/7	2012/8	2012/9	2012/10	2012/12	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/5	2013/6	2013/7	2013/8	2013/10	2013/11
樣點數	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4
鱗胸鷓鴣	2.55	0	0.64	1.27	0.64	1.27	0	0.32	0	0	1.91	0.64	1.91	0.64	1.91	0	0	0
數鳥	0	1.91	0.64	7.64	3.18	0	0	0	0	0	0	0	0	1.27	0	2.55	0	0
繡眼畫眉	0	1.99	0	0	0	0	4.97	0	0	6.47	0	0	0	0	0	0	0	0
褐鶯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
褐頭花翼	0	5.31	10.61	11.49	5.31	8.84	3.54	0	0	0	0	0	3.54	1.77	5.31	0	0	0
煤山雀	0	2.55	1.27	0.64	2.55	1.27	1.27	3.18	0.32	0.95	3.18	0	1.27	1.27	3.82	1.27	0	0.64
黃胸青鶉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0.99	0	0	0	0	0	0
黃腹琉璃	0	0.64	1.27	0.64	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棕面鶯	0	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0.99	0	0.99	0	0	0	0	0	0
深山鶯	0	1.99	4.97	3.98	0	0	0	0	0	0	9.95	7.46	1.99	1.99	0	0	0	0
栗背林鴿	0.64	1.91	1.27	1.27	1.59	0	0.64	0	0	0	3.82	2.55	1.27	1.27	0.64	2.23	0	0.32
紅胸啄花鳥	0	0	0	1.99	3.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0	0
紅尾鶉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0.25	0	0	0	0.25	0.50	0	0	0	0	0.99	0	0	0	0	0.25	0
冠羽畫眉	28.65	16.55	8.28	7.64	13.37	3.82	8.75	0.32	0	6.53	30.56	15.28	8.28	2.55	17.83	2.55	6.21	0
青背山雀	0	0	1.99	0.99	0	0	1.99	0	0	0	2.98	1.99	3.98	0	3.98	0	0	0
金翼白眉	0.44	0.88	1.33	1.33	0.44	1.77	1.77	0	0	0	1.33	0	0	2.21	1.33	0.44	0	0.22
松鴉	0	0	0	0	0	0.64	1.27	0	0	0.32	1.27	0	0	0	0	0	0	0.32
白尾鴿	0.99	0.99	0.99	0	0	0	0	0	0	0	0	1.99	0.99	0.99	0.50	0	0	0
白耳畫眉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.33	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	7.96	11.94	0	0	0	0	3.98	5.97	1.99	9.95	7.96	0	0	0	0	0	0	0
山紅頭	0	0	0	0	0.64	0	0	0	0	1.27	3.82	0.64	0	0	0	0	0	0.32
小翼鶉	0	2.21	2.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0.44	2.21	0.88	0.44	0	0	0
藍腹鶉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深山竹雞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灰喉山椒鳥	1.27	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白眉林鴿	0	1.77	0	0	0	0	0	0	0	0	5.31	0	0	0	0	0	0	0
紅頭山雀	8.84	17.68	0	0	0	0	1.77	0	0	0	8.84	0	7.07	26.53	17.68	0	0	0
綠啄木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃山雀	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茶腹鶉	0	0	1.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.77	0	0
灰林鴿	0	0	0	0	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	0.44	0	1.33	0.44	0	0	0	0	0	0	0.44	0	0.44	0.44	0	0	0
酒紅朱雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-2. 箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/6	2009/8	2009/9	2010/1	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/1	2011/2	2011/3	2011/4	2011/5	2011/6	2011/7	2011/8	2011/9	2011/10	
樣點數	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	
鷓鴣	2.55	0	0	0.42	0	0	0.85	0.85	0	1.70	1.70	0	0.85	0.85	0	0.85	0.85	2.55	0	0	1.70	0.42	1.27	
褐頭花翼	5.89	0	11.79	14.59	0	9.43	4.72	0	7.07	2.36	22.11	8.69	17.39	0	0	0	0	9.43	3.54	2.36	2.36	7.07	0	
煤山雀	0	0	1.70	0	6.79	0	0	0	1.70	4.24	4.15	11.17	3.72	0	17.54	1.27	2.12	0.85	0	0	0	0	3.72	
黃羽鸚嘴	2.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.99	
深山鶯	3.98	5.31	0	0	7.96	6.63	2.65	9.95	9.28	4.64	1.99	0.66	0	0	0	0	1.99	9.28	5.31	5.97	0	5.31	0.66	
酒紅朱雀	1.33	2.65	2.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.99	0	0	4.64	0.66	0	0	
栗背林鴿	4.67	0.85	1.27	0	3.40	0.85	1.70	0.42	1.70	0.42	1.33	1.33	0	0	1.00	0.42	0.85	2.55	1.70	0	0.85	2.12	0.67	
冠羽畫眉	0	2.12	0.85	0	0.85	0	0	0	2.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
青背山雀	0	0	2.65	0	0	0	0	0.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	2.95	4.13	2.36	0.91	1.18	1.18	0.59	1.77	0	0	0.91	0	0	0	3.09	0	1.77	2.95	0.29	0	1.18	2.06	0	
灰鶯	2.55	0	0	0	0	0	0	0	1.70	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.40	0	
白眉林鴿	0	0	0	0	0	4.72	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.36	0	0	
台灣叢樹鶯	1.18	0	0	0	0	1.18	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	0	0	0	0	0	0	
火冠戴菊鳥	5.31	0	15.92	0	0	21.22	53.05	18.57	66.32	31.83	57.75	27.55	27.55	5.31	17.54	5.31	15.92	0	0	15.92	10.61	10.61	55.07	
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
小翼鸚	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
茶腹鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
中杜鵑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(資料來源：本研究資料)

表 3-2. 箭竹-高山芒(箭竹樣區)生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha) (續)

鳥種	2012/3	2012/4	2012/5	2012/6	2012/7	2012/8	2012/9	2012/10	2012/12	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/5	2013/6	2013/7	2013/8	2013/10	2013/11
樣點數	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3	n=3
鷓鴣	0	1.70	0	0	0	0.85	0	0	0	0	0	0.85	0	0	0	0	0	0	0
褐頭花翼	0	4.72	3.54	0	0	11.79	18.86	2.36	0	0	0	0	4.72	4.72	2.36	4.72	0	0	8.69
煤山雀	2.55	1.70	0	4.24	9.76	2.55	0.85	1.70	0	0.85	1.70	3.40	0.85	0.85	0.85	1.70	0	3.72	0
黃羽鸚嘴	0	0	0	0	1.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.65	3.98	0	0	0
深山鶯	6.63	6.63	5.31	6.63	3.98	3.98	2.65	0	0	0	1.33	5.31	5.31	5.31	1.33	5.31	1.33	0	0
酒紅朱雀	0	0	1.33	1.33	0	1.33	0	0.66	0	0	0	2.65	3.98	3.98	1.33	1.33	1.33	0.66	0
栗背林鴿	0.42	0.85	0.85	0	0	0.85	0.85	0.85	0	0	0.42	0.85	1.70	1.70	1.70	0	0	0	0
冠羽畫眉	0	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.27	0	0	0	0	0	0	0
青背山雀	0	0	0	0	0	0	0	1.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	0	1.18	0.59	0	0.88	0.59	1.18	0.59	0.91	0	0	0	2.36	2.36	2.36	0.59	0.88	0	0
灰鶯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.85	0	0	0	0
白眉林鴿	4.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.36	2.36	1.77	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	26.53	31.83	5.31	39.79	74.27	0	5.31	0	2.65	27.55	0	15.92	31.83	31.83	0	15.92	0	0	0
星鴉	0	0	0	0	0	0.17	0	5.31	0	0.17	0.17	0.33	0	0	0	0	0	0	0
小翼鸚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茶腹鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中杜鵑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.42	0.42	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-3. 針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/8	2010/1	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/1	2011/2	2011/3	2011/4	2011/5	2011/6	2011/7	2011/8	2011/9	2011/10
樣點數	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4
鷓鴣	15.92	0.32	0	1.27	1.27	0	0	0.64	1.27	0.95	0	0.64	0.64	1.27	1.27	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0
褐頭花翼	0	13.04	12.38	5.31	10.61	28.30	1.77	17.68	13.59	0	13.04	7.07	13.04	17.68	14.15	0	1.77	0	1.77	6.19	6.52
煤山雀	1.27	0.64	3.18	1.91	0	1.91	0.64	2.55	5.58	8.69	0	0	2.55	1.91	1.91	2.55	0	1.27	1.91	0	2.79
深山鶯	5.97	0	8.95	3.98	5.97	6.96	7.46	9.95	2.98	0.99	0	0	0	2.98	6.96	7.96	3.98	3.98	5.97	6.96	1.99
酒紅朱雀	2.98	0	0	0.99	0.99	3.48	1.99	0	4.70	4.20	0	0	2.10	0	3.48	0	0	0	1.49	1.49	0.99
栗背林鴉	1.27	0	0	1.27	1.27	1.27	2.55	0	1.50	0	0	0	0	2.55	1.27	1.27	2.55	0.64	0.95	0.64	0.82
紅尾鴉	7.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0.25	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冠羽畫眉	0	0	0	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.91	0	0
金翼白眉	2.21	0.90	0.88	0.88	0.88	1.33	3.32	0	2.73	0.68	0	0	1.37	0.93	0	1.33	1.77	1.77	0	0	1.37
灰鶯	1.91	0	0	0	0	0	0.64	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0.44	0	0.44	1.55	0	0.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	27.85	11.94	15.92	15.92	45.76	31.83	11.94	31.83	65.96	0	0	0	0	51.73	11.94	3.98	11.94	11.94	15.92	7.96	0
白眉林鴉	0	0	0	0	5.31	0	0	0	0	0	0	0	0	5.31	0	1.77	1.77	0	0	0	0.88
深山竹雞	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
巨嘴鴉	0	0	0	0	0	0	0.32	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃羽鸚嘴	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.99	0	1.99	0
茶腹鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.77	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-3. 針葉林-玉山箭竹生態交會帶(推移帶)各月分組成鳥種和密度(隻/ha) (續)

鳥種	2012/3	2012/4	2012/5	2012/6	2012/7	2012/8	2012/9	2012/10	2012/12	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/06	2013/07	2013/08	2013/10	2013/11
樣點數	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4	n=4
鷓鴣	0.95	0.64	0	0.64	0.64	0	0.64	1.27	0.32	0.32	0	0.64	1.27	1.27	0	0	0	0
褐頭花翼	4.42	8.84	2.65	14.15	7.07	7.07	8.84	10.61	9.73	4.42	0	5.31	0	10.61	3.54	0	0	0
煤山雀	1.91	3.82	0.64	2.55	2.55	2.86	5.41	2.55	0	1.59	0.64	9.55	3.50	0.64	0	1.27	0.64	0.95
深山鶯	8.46	8.95	6.96	7.46	5.97	6.47	6.96	2.98	0	0	0.50	7.46	10.94	7.96	5.47	4.97	0.50	0
酒紅朱雀	0	0.99	1.99	1.99	0.99	0	1.99	0	0	1.49	0	0	0.99	1.99	3.48	0	0	0
栗背林鴿	2.86	1.27	1.27	0	0.95	0.64	0.64	0.95	0	0	0.64	0.64	3.82	0.64	1.27	0.64	0	0
紅尾鷓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0
冠羽畫眉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	1.77	1.11	0.44	0	0	0.66	1.77	4.42	0.22	2.43	0.88	3.54	1.33	1.33	0.88	0.88	0	0
灰鶯	0	0	0	0.32	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0.44	0	0.44	0.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0.88	1.33	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	11.94	35.81	7.96	25.86	27.85	11.94	15.92	15.92	3.98	5.97	15.92	55.71	15.92	0	7.96	0	0	0
白眉林鴿	1.77	1.77	1.77	1.77	0.88	0	0	1.77	0	0	0	3.54	0	0	0	0	0	0
深山竹雞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
巨嘴鴉	0	0	0	0	0	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃羽鸚嘴	0	0	0	0	11.44	0	0	0	0	0	1.99	0	0	0	1.99	0	0	0
茶腹鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-4. 火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/3	2009/6	2009/8	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/1	2011/2	2011/3	2011/4	2011/5	2011/6	2011/7	2011/8	2011/9	2011/10
樣點數	n=1	n=3	n=5	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6
鷓鴣	2.55	1.70	0	0.85	0	0.85	1.27	0.42	1.27	0.64	1.70	1.27	0.42	1.06	1.27	2.76	1.27	0.85	0.42	0	1.27	0.85
褐頭花翼	0	2.36	5.66	0	0	2.36	2.95	12.97	2.36	8.69	0	4.35	4.35	4.35	0	1.18	2.36	0	0	0	3.54	0
煤山雀	0	1.70	0	0	0	0	0.42	0.42	0	0	3.72	0	0	0	0	0	0.85	0	0	1.70	0	0.42
深山鶯	3.98	6.63	3.18	4.31	2.65	5.31	8.95	4.64	2.65	1.66	0.33	0	0	0	0.66	4.97	1.33	2.65	2.98	6.63	3.32	1.99
酒紅朱雀	11.94	0	2.39	2.32	0.66	7.96	0.99	5.31	5.97	8.25	4.79	2.80	1.73	0.99	0.66	2.98	2.65	1.99	3.65	3.98	1.66	2.32
栗背林鴿	5.09	8.49	3.57	2.12	1.27	0.85	2.76	2.97	1.70	1.42	1.00	0	0	0	2.55	1.70	1.06	1.70	1.91	1.49	1.27	1.09
紅尾鷓	0	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	3.54	2.36	3.18	0.59	0	0	2.06	2.51	2.36	2.73	0.75	0	0	0.46	0	0.29	1.77	1.18	0.59	0.29	0.29	0.46
灰鶯	0	0.85	1.02	0	0	0	0.64	0.42	0.85	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.42	0
巨嘴鴉	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0.21	0
台灣叢樹鶯	1.77	1.18	0.35	0	0.59	0	0.59	0	0	0.15	0	0	0	0	0	2.06	0	1.47	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	0	5.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中杜鵑	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白眉林鴿	0	0	0	0	0	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-4. 火燒跡地生態系各月分組成鳥種和密度(隻/ha) (續)

鳥種	2012/3	2012/4	2012/5	2012/6	2012/7	2012/8	2012/9	2012/10	2012/12	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/5	2013/6	2013/7	2013/8	2013/10	2013/11
樣點數	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6	n=6
鷓鴣	2.97	2.12	0.85	0.42	0	0.85	0	2.12	1.06	1.49	0.64	1.70	2.12	1.27	0.85	0	0	0	0
褐頭花翼	4.13	2.36	0	1.18	6.48	0	5.89	2.36	1.18	0	0.59	3.54	0	0	0	1.18	0	0	1.77
煤山雀	0	2.97	0	0	0	0	0.42	0.42	0	2.71	0	0	0	0	0.85	0	0	0	0
深山鶯	3.98	6.63	2.65	3.98	2.32	2.98	3.32	1.99	0	0	0	4.64	8.62	6.63	2.65	3.98	1.33	0	0
酒紅朱雀	0.99	5.97	3.65	4.97	3.32	1.33	2.65	2.65	0	0.66	0.33	0	5.31	2.65	1.99	2.32	1.33	1.99	0.66
栗背林鴿	2.76	2.97	1.70	0.42	2.12	0	1.49	0.21	0	0	0	1.70	1.70	0.42	1.27	2.55	0.85	0	0
紅尾鴿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0	0	0	0
金翼白眉	0	0.29	0	0.29	0.88	2.65	1.47	0.88	0	1.62	0.75	1.18	1.03	1.18	0	0.44	0	0.74	0.59
灰鶯	0	0	0	0	1.27	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
巨嘴鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	2.95	1.18	0.44	2.06	0.29	0.44	0	0	0	0	0	3.24	1.18	2.65	0.29	0	0	0
火冠戴菊鳥	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中杜鵑	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.21	0	0	0	0	0
白眉林鴿	0	1.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.18	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-5. 冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/3	2009/5	2009/8	2010/1	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/3	2011/4	2011/5	2011/6	2011/7	2011/8	2011/9
樣點數	n=5	n=6	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7
鷓鴣	4.33	10.40	3.27	0.36	6.37	5.09	5.64	4.55	5.09	3.09	1.82	1.09	0	0.18	4.73	5.28	1.27	4.37	2.00	0.73
褐頭花翼	0	1.18	0	0	0	0	0	0	0	0	3.73	0	0	0	0	0	0	0	2.02	0
煤山雀	1.02	2.33	2.18	0.36	2.18	1.09	0.36	3.46	0.73	2.55	3.19	6.74	5.88	2.73	2.18	4.00	1.27	2.18	0.73	2.18
深山鶯	0.80	0.66	0	0	2.84	1.14	0.57	1.14	2.27	0.57	0	0	0	0	0.57	0.57	0	0	0	2.27
酒紅朱雀	0	1.33	1.14	0	0	0	0	0	3.41	0	1.20	0	0	0	0.57	1.14	0	0.85	0.28	0
茶腹鵝	1.41	0	0	0.51	0.51	0	0	0	0	0.51	0	0	4.43	0	0	0	0	0	0	0
栗背林鴿	1.02	2.12	0.73	0	2.55	2.73	2.00	4.91	1.64	2.91	0.86	0.57	0	0.73	2.00	2.55	0.36	1.82	1.82	0
紅尾鵝	0	0	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0
青背山雀	0	0	3.41	0	0	0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	0	1.77	1.01	0.25	3.03	0.51	0.25	1.26	0.76	2.27	1.30	1.90	0	0	1.26	0.25	0	1.01	0	0.51
岩鷓	0	0	1.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灰鶯	0	0	1.09	0	0	0	0	0	0.73	0	0.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18
白眉林鴿	0	0	5.05	0	2.02	1.01	3.03	0	5.05	1.01	0	0	0	0	0	0	0	1.01	0	0
巨嘴鴉	0	0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	6.37	25.20	6.82	11.81	36.38	29.56	55.71	26.15	68.21	50.02	31.57	23.61	40.66	4.55	7.96	4.55	4.55	6.82	28.42	11.37
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-5. 冷杉林生態系(黑森林)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)(續)

鳥種	2012/3	2012/5	2012/6	2012/7	2012/8	2012/9	2012/10	2012/12	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/5	2013/6	2013/7	2013/10	2013/11
樣點數	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7	n=7
鷓鴣	3.64	3.27	1.82	1.09	1.09	0.73	0.73	0	0	0	1.46	4.00	2.91	1.46	1.46	0	0
褐頭花翼	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
煤山雀	3.27	1.09	0.73	2.18	0.36	4.00	2.18	0.91	0.36	0.36	2.55	3.27	1.09	1.09	2.00	0.36	0.73
深山鶯	0	1.14	0	0	1.14	0	0	0	0	0	1.14	1.14	0	0	0.57	0	0
酒紅朱雀	0	7.39	0	1.71	1.14	2.27	0	0	0	0.28	1.71	3.41	2.18	0.57	2.56	0	0
茶腹鵝	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
栗背林鴉	2.00	2.73	1.64	1.27	0.73	1.09	0	0	0	0	0.36	1.09	3.64	0.73	1.09	0	0
紅尾鶇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0	0	0
青背山雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
金翼白眉	0	0.51	0.51	0.25	0.25	1.01	0	0	0.13	0	0.76	0.25	0.13	0.76	0.51	0	0.25
岩鷓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
灰鶯	0	0	0	0	0	1.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0.36	0	0
白眉林鴉	3.03	4.55	2.02	0	0	0	0	0	0	0	1.01	4.04	0	0	0	0	0
巨嘴鵝	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	28.42	22.74	36.38	11.37	9.09	20.46	13.64	11.81	3.41	12.94	6.82	22.74	15.92	0	22.74	0	0
大赤啄木	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0.76	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-6. 玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(圈谷)各月分組成鳥種和密度(隻/ha)

鳥種	2009/3	2009/6	2009/8	2010/3	2010/4	2010/6	2010/7	2010/8	2010/9	2010/10	2010/11	2010/12	2011/4	2011/5	2011/6	2011/7	2011/8	2011/9
樣點數	n=1	n=3	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5
鷓鴣	0	5.09	1.02	5.94	4.58	2.55	2.55	1.78	5.09	3.06	0	0	2.55	5.60	1.53	1.53	3.06	2.55
褐頭花翼	7.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃羽鸚嘴	0	1.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深山鶯	0	1.33	3.18	1.33	0	1.59	1.19	3.98	4.77	1.59	0	0	0	0.80	0	0.80	0	1.59
酒紅朱雀	0	3.98	0	0	0	0	0.40	2.39	0	2.08	0	0	0	0	1.99	0	0.40	0
栗背林鴉	0	4.24	1.53	0.85	2.55	0.51	1.02	0	2.29	1.93	0	0	1.78	1.02	2.04	1.02	1.53	0
金翼白眉	1.77	1.77	2.83	1.18	0.88	0.71	1.24	3.01	2.12	5.43	2.73	0.53	0	0.71	0	0.35	0.71	0
岩鷓	0	1.18	1.41	0	0	0	1.41	0	0.71	0.71	0	0	0	0	2.83	0	0	0
灰鶯	0	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白眉林鴉	0	2.36	0	4.72	0	0	0	4.24	0	0	0	0	0	0	1.41	0	0	0
巨嘴鴉	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
台灣叢樹鶯	0	0.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	0	10.61	6.37	0	0	0	0	12.73	3.18	0	16.53	0	0	6.37	0	0	0	0
星鴉	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
煤山雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(資料來源：本研究資料)

表 3-6. 玉山杜鵑-圓柏灌叢生態系(圈谷)各月分組成鳥種和密度(隻/ha) (續)

鳥種	2012/5	2012/6	2012/7	2012/8	2012/9	2012/10	2012/12	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/5	2013/6	2013/7	2013/10	2013/11
樣點數	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5	n=5
鷓鴣	2.29	1.27	1.02	1.27	2.55	0.51	0	0	0	0	3.31	0.51	2.04	2.55	0	0
褐頭花翼	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃羽鸚嘴	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
深山鶯	0.80	0	0.80	0	1.99	0	0	0	0	0	1.59	0	0	0	0	0
酒紅朱雀	0.80	0	0.40	1.19	1.19	1.59	0	0	0	0	0	1.59	1.59	1.99	0.40	0
栗背林鴉	1.02	2.04	0.51	0	1.53	0	0	0	0	0	1.53	0.51	0	0	0	0
金翼白眉	0.35	1.02	0	0.35	1.06	1.77	0.35	0.71	0.54	0.71	0.35	1.24	2.48	0.53	0.72	0
岩鸚	0	0	0	0	0.71	1.41	0	0	0	0	0	0.71	1.41	0	0	0.71
灰鶯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白眉林鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
巨嘴鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0	0	0.06
台灣叢樹鶯	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火冠戴菊鳥	0	0	14.32	0	3.18	0	0	0	3.18	0	0	0	0	0	0	0
星鴉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
煤山雀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.02	0	0.76

(資料來源：本研究資料)

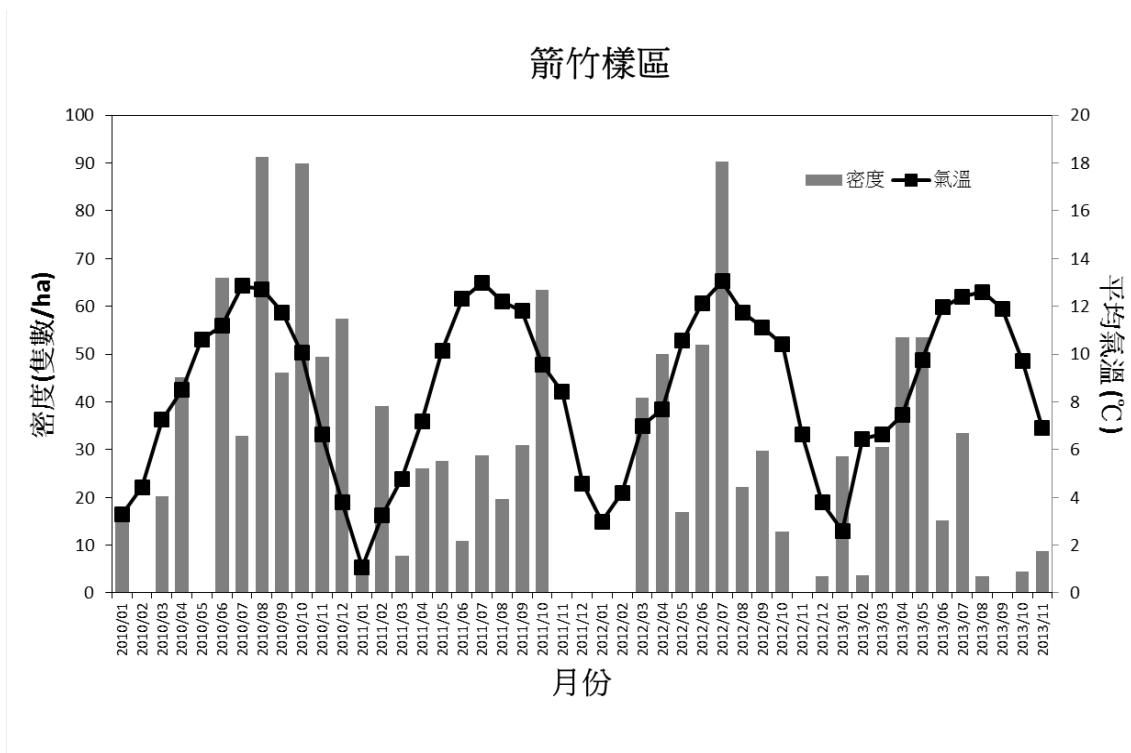


圖 3-5. 箭竹樣區鳥類密度及哭坡氣象站氣溫變化圖。
(資料來源：本研究資料)

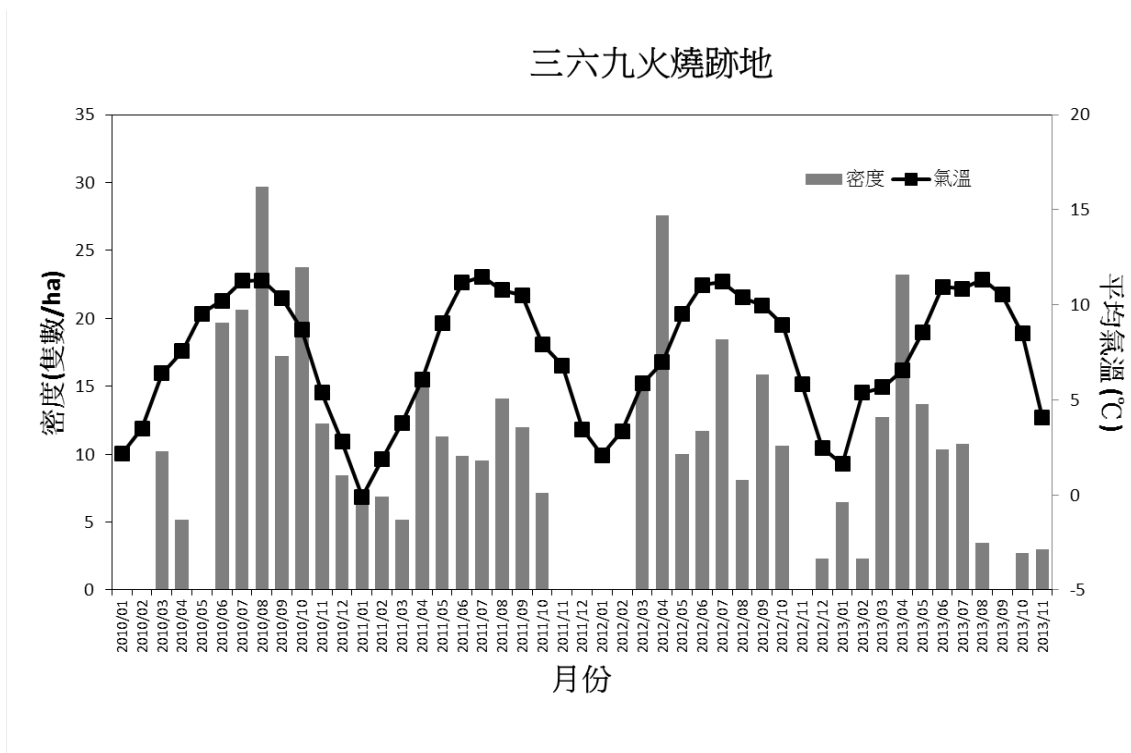


圖 3-6. 三六九火燒跡地鳥類密度及該地氣溫變化圖。
(資料來源：本研究資料)

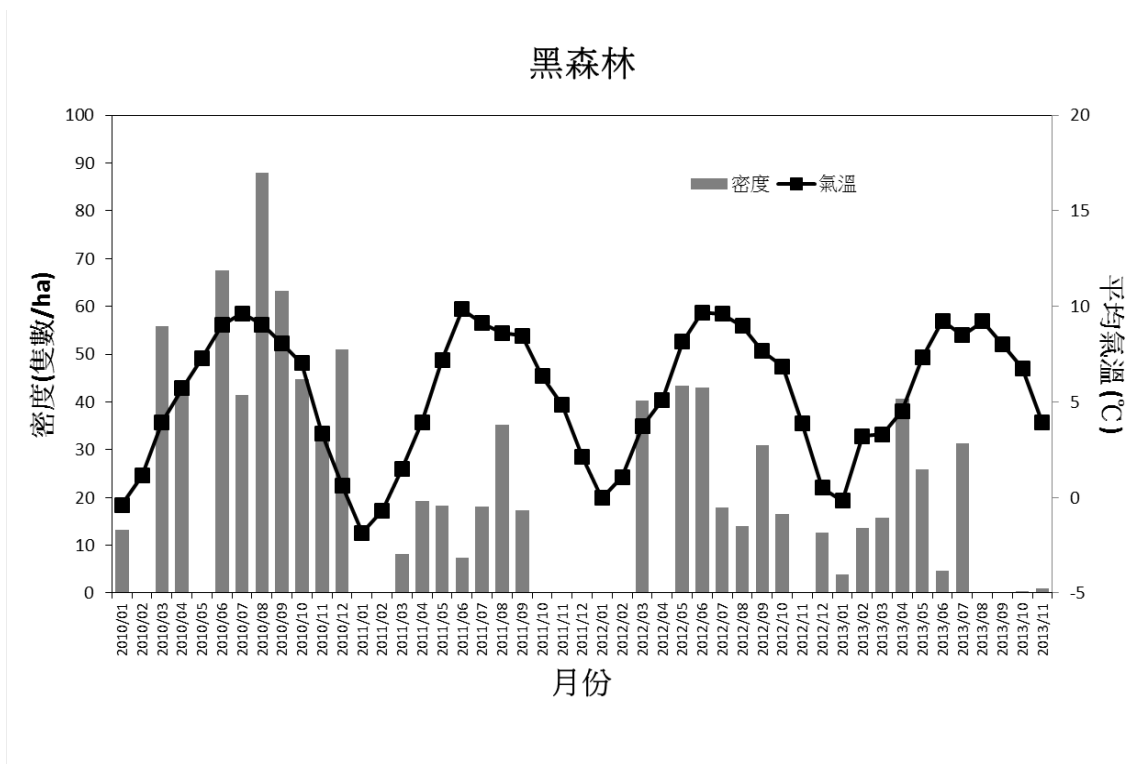


圖 3-7. 黑森林鳥類密度及該地氣溫變化圖。
(資料來源：本研究資料)

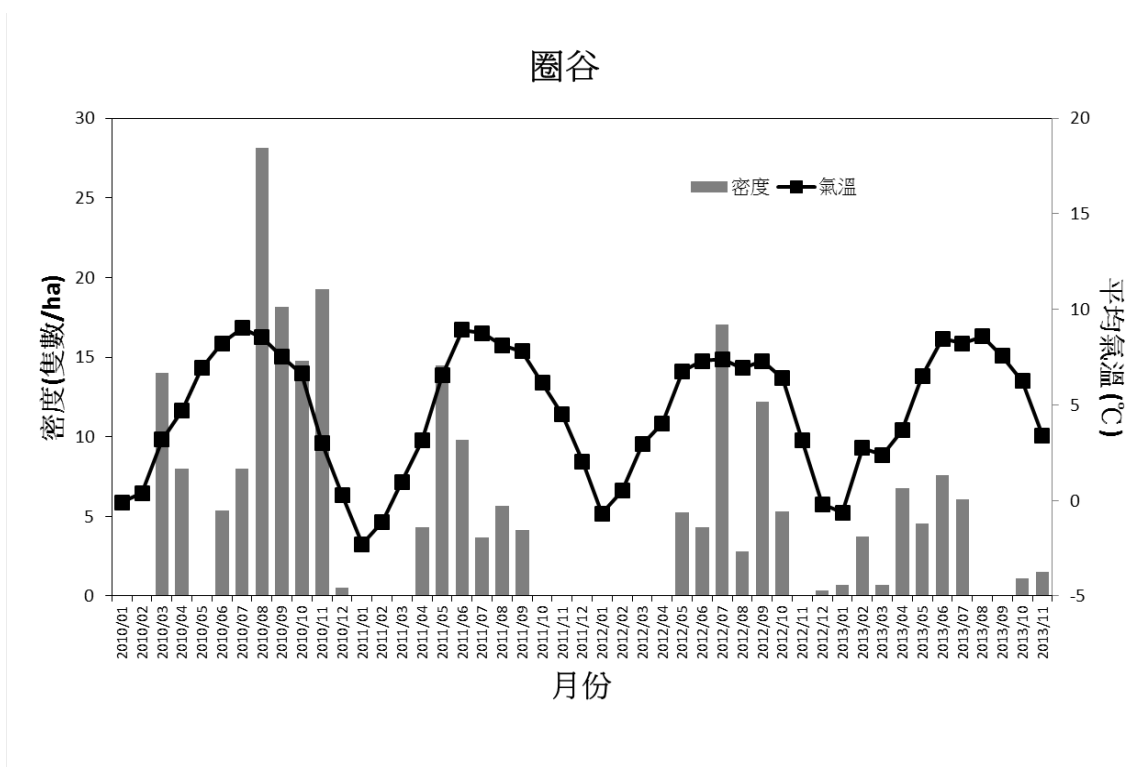


圖 3-8. 圈谷鳥類密度及該地氣溫變化圖。
(資料來源：本研究資料)

(二) 繫放研究

1. 繫放鳥種隻數

本次調查期間進行 178 個網-小時的繫放工作，共計捕捉繫放到 6 種 70 隻次，包含 38 隻新繫放捕捉的個體、32 隻重複回收的個體，新增一種繫放鳥種為白腹鶇。合計自 2009 年 5 月至 2013 年 11 月間，捕捉了 15 種 732 隻次，包含有 491 隻不同的個體有繫上金屬腳環。本研究期間新繫放到的 38 隻個體中，酒紅朱雀的數量最多 (22 隻，58%)，其次為白腹鶇(8 隻，21%) (圖 3-9)。白腹鶇不僅是在鳥調表現上的增加，在繫放上其中一隻白腹鶇 D13403 在 2012 年 12 月初次繫放時體重為 73.5g，而在 2013 年 1 月及 2 月重複回收到該個體的體重分別為 78g、74g，這筆紀錄證實白腹鶇在高海拔地區度冬。

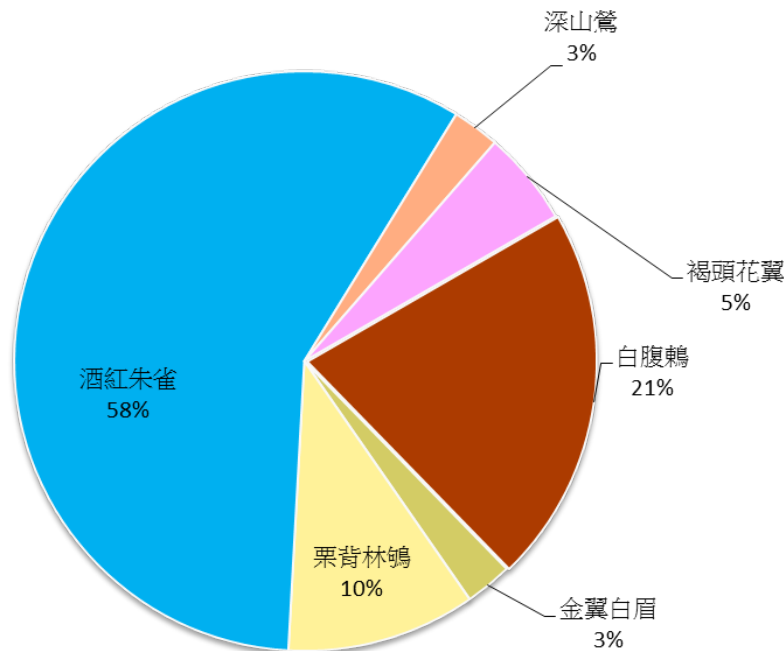


圖 3-9. 2012 年 12 月至 2013 年 11 月間新繫放捕捉的各鳥種百分比。
(資料來源：本研究資料)

2. 各月份捕捉率比較

過去曾發現 369 山屋旁的酒紅朱雀捕捉率和廚餘之間呈現正相關(林惠珊和孫元勳，2012)，在 2012 年的 11 月 369 廚房旁邊的洗手台右側釘設木條阻擋山友們傾倒廚餘的出入處，也因此 2012 年 12 月至 2013 年 3 月期間，廚餘數量大幅下降，僅殘存少許食餘在水管出水口處，且適逢山屋缺水季節，登山的山友人數較少。和之前同期相較，酒紅朱雀的捕捉率大幅降低，甚至在 2012 年 12 月及 2013 年 1 月、3 月完全沒有繫放到酒紅朱雀。酒紅朱雀的

數量驟降不僅是呈現在捕捉率，在鳥調結果尚其中 12 月、3 月火災地完全沒有酒紅朱雀的蹤跡，1 月時僅目擊到 1 隻個體、直到 5 月酒紅朱雀的數量都相當零星(表 3-4)。5 月下旬登山的山友在 369 山莊廚房後方另闢一條小路到後方傾倒廚餘，從 6 月開始酒紅朱雀的繫放總數量開始大幅增加(圖 3-10) (表 3-7)。

表 3-7. 2012 年 12 月至 2013 年 11 月 369 山莊每個月份各鳥種的捕捉情況

鳥種	月份別	2012/12	2013/1	2013/2	2013/3	2013/4	2013/5	2013/6	2013/7	2013/8	2013/10	2013/11	總量
酒紅朱雀	數量	0	0	2	0	2	1	9	12	1	13	0	40
	網-小時	20	20	20	20	20	10	20	20	4	20	4	178
	捕捉率 ^a	0	0	10	0	10	10	45	60	25	65	0	22.47
栗背林鴿	數量	0	0	0	3	2	1	0	0	0	3	0	9
	網-小時	20	20	20	20	20	10	20	20	4	20	4	178
	捕捉率	0	0	0	15	10	10	0	0	0	15	0	5.06
褐頭花翼	數量	0	3	2	2	0	0	0	0	0	1	0	8
	網-小時	20	20	20	20	20	10	20	20	4	20	4	178
	捕捉率	0	15	10	10	0	0	0	0	0	5	0	4.49
深山鶯	數量	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	網-小時	20	20	20	20	20	10	20	20	4	20	4	178
	捕捉率	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0.56
白腹鷓	數量	3	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	10
	網-小時	20	20	20	20	20	10	20	20	4	20	4	178
	捕捉率	15	5	20	5	5	0	0	0	0	0	0	5.62
金翼白眉	數量	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	網-小時	20	20	20	20	20	10	20	20	4	20	4	178
	捕捉率	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	1.12

^a 捕捉率=隻/網-小時×100。

(資料來源：本研究資料)

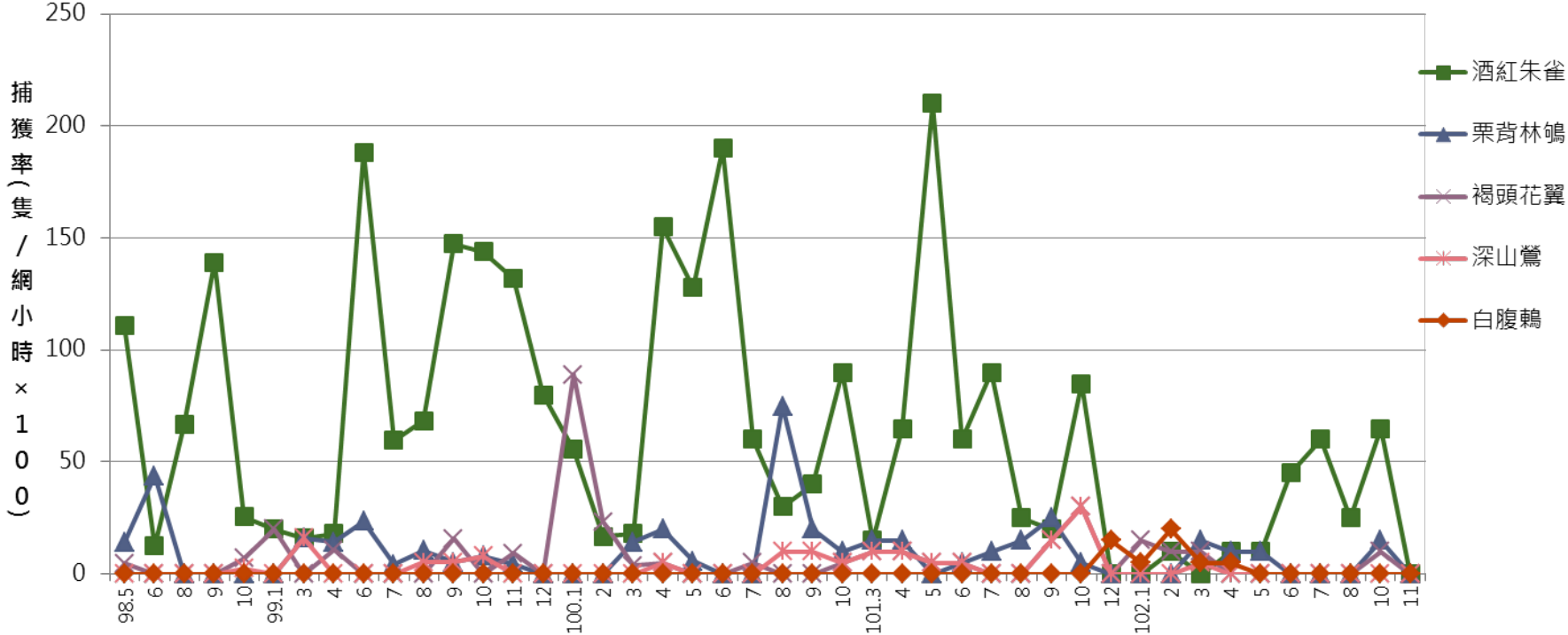


圖 3-10. 2009 年 5 月至 2013 年 11 月 369 山莊周圍主要鳥種的捕獲率。
(資料來源：本研究資料)

3. 存活率分析

使用 Program Mark 軟體進行 2009 年至 2013 年酒紅朱雀的存活率分析，將酒紅朱雀分成紅色羽色及褐色羽色兩組，使用擁有最小 AIC 值的最佳模型為 $\{\Phi(t) p(g)\}$ (表 3-8)，表示存活率會隨著年度的不同而有所差異，再捕捉率則會隨著不同組別而有差異。酒紅朱雀各個年份的存活率為 2009 年 0.79、2010 年 0.82、2011 年 0.39、2012 年 0.37。為了瞭解酒紅朱雀不同組別的存活率，檢視模型為 $\{\Phi(g) p(t)\}$ ，其中酒紅朱雀公鳥的存活率約為 0.79、母鳥約為 0.34。

檢視繫放資料後發現，2009 年繫放的 77 隻個體，不分性別在 2010-2013 年間曾被再捕捉回收到的個體約有 31 隻。

表 3- 8. 2009 至 2013 年酒紅朱雀族群存活率(Φ)及再捕獲率(p)的模型選擇及 AIC 值，包括時間效應(t)、組效應(g)及恆定值(\cdot)

	p(g)	p(g*t)	p(·)	p(t)
$\Phi(g)$	534.27	519.33	544.84	524.14
$\Phi(g*t)$	517.42	520.56	527.41	529.59
$\Phi(\cdot)$	532.26	517.41	579.65	559.57
$\Phi(t)$	512.03	517.68	560.93	562.58

(資料來源：本研究資料)

4. 存活年齡

分析 2009 年 5 月至 2013 年 11 月所繫放的 350 隻酒紅朱雀不同個體的回收資料後發現，有 2 隻酒紅朱雀羽色為紅色的個體在 2009 年繫放後於 2013 年回收，環號分別為酒紅朱雀公鳥 A32910、母鳥 A29322，按酒紅朱雀換羽模式得知紅色羽色個體在第一次捕捉時至少已達 3 齡，因此可以估計該隻公鳥酒紅朱雀個體至少存活超過 7 年。

(三)氣候變遷分析--各生態系氣象因子與食蟲性鳥類密度間的關係

在樣區內，冬季仍有部分鳥種仍在山上活動，夏季也有許多鳥類的密度變化相當大，然而這些密度上的變化，不完全都跟氣象因子的變化相符合。火冠戴菊鳥的密度在該鳥種有分佈的樣區內皆較其他鳥種的密度高，相較之下，同為樹層蟲食者的煤山雀密度卻較低，分佈的樣區也與火冠戴菊鳥稍有差異(圖 3-11)。此兩種樹層蟲食者皆在 11 月時有突然密度增加的傾向，且在 4 個樣區中都有這個趨勢。相較之下，其它鳥種似乎沒有較明顯的變動。

三項自變數之間，氣溫及雨量在 4 個樣區內皆呈正相關，但在火燒地並無達到顯著水準，在圈谷則在顯著邊緣($p = 0.056$)。氣溫和風速呈現負相關，但只有在火燒地有顯著($p = 0.004$)。雨量和風速之間的關係比較沒有一定性，不僅沒有顯著，兩者之間的相關係數也非常小($r = < 0.2$)。所有雙變數相關檢定中，以黑森林中的氣溫與雨量之間的相關性最高($r = 0.621$, $p < 0.001$)，但並無任何兩氣象因子的相關係數絕對值大於 0.7，因此三項自變數全部都被放入軟體中分析。

複迴歸所分析的 7 種食蟲性鳥種中，只有其中 3 種可見其密度月變化與氣象因子的趨勢有相關，分別為栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯；其餘的 4 種鳥種則因密度過於稀少或整體密度變動無明顯趨勢而無法分析出顯著的氣象因子。在有明顯趨勢的 3 種鳥種中，栗背林鴿在較高海拔的 2 個樣區內和當月的雨量呈正相關(表 3-9a、圖 3-12)，在較低海拔的火燒地及哭坡則和月均溫呈正相關(表 3-9a、圖 3-13)，而在哭坡中，整體模式解釋力又會因雨量的加入而上升 11.8%。值得一提的是，雖然雨量於在圈谷及黑森林中和栗背林鴿的密度為正相關，但在哭坡中卻為負相關($\beta = -0.405$, $t = -2.118$, $p = 0.044$ ；整體模式 $F = 5.925$, $r^2 = 0.313$, $p = 0.008$)。鷓鴣的主要分佈棲地在圈谷與黑森林，在兩樣區也都與氣溫有顯著的正相關(表 3-9b、圖 3-13)，且在圈谷中會因風速的加入而使整體模式解釋力上升 13.4%。但不同於預期中風速應該會對鳥類密度有負面影響，風速在圈谷和鷓鴣密度的關係卻是正相關($\beta = 0.378$, $t = 2.542$, $p = 0.020$ ；整體模式 $F = 14.710$, $r^2 = 0.608$, $p < 0.001$)。除圈谷與黑森林外，鷓鴣在火燒地中也與氣溫呈顯著相關，但相關性為負值(表 3-9b、圖 3-13)，而在哭坡中並無顯著氣象因子被選出。深山鶯屬灌叢性鳥種，所以在黑森林的分佈月份很少，也未分析出顯著因子，但在其他三個樣區內都和氣

溫呈顯著正相關(表 3-9c、圖 3-13)。其中，深山鶯的月變化在火燒地中的模式解釋力高達 67.6%，為所有模式中解釋力最高的。

表 3-9. 有顯著相關結果的三種食蟲性鳥種在各樣區的最佳解釋模式

(a) 栗背林鴿

樣區(n)	模式	F	r2	β	t	p
圈谷(22)	雨量	5.085	0.203	0.450	2.255	0.035
黑森林(25)	雨量	9.367	0.289	0.538	3.061	0.006
火燒地(28)	氣溫	14.181	0.353	0.594	3.766	0.001
哭坡(29)	氣溫	6.523	0.195	0.441	2.554	0.017

(b) 鷓鴣

樣區 (n)	模式	F	r2	β	t	p
圈谷(22)	氣溫	18.037	0.474	0.689	4.247	< 0.001
黑森林(25)	氣溫	10.208	0.307	0.554	3.195	0.004
火燒地(28)	氣溫	5.459	0.174	-0.417	-2.337	0.027
哭坡(29)	無	--	--	--	--	--

(c) 深山鶯

樣區 (n)	模式	F	r2	β	t	p
圈谷(22)	氣溫	6.595	0.248	0.498	2.568	0.018
黑森林(25)	無	--	--	--	--	--
火燒地(28)	氣溫	54.256	0.676	0.822	7.366	< 0.001
哭坡(29)	氣溫	20.292	0.429	0.655	4.505	< 0.001

(資料來源：本研究資料)

氣溫—鳥類密度相關圖(圖 3-13)顯示在多個樣區中可見一大致的氣溫門檻—3°C(哭坡的深山鶯則為 6°C)，在此氣溫以下，栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯的密度有明顯斷層，會從有跳到無。此斷層差距並非資料處理時所放大，鳥類密度在歸零前，該樣區內至少都還存在著一定數量的鳥隻。

單看氣溫的影響，雖然圈谷及黑森林兩地的氣溫和較低海拔的兩個樣區的氣溫有顯著差異(ANOVA: $F = 9.210, p < 0.001$; post-hoc = Duncan)，檢視 4 個樣區的密度月變化，無法指出樣區間鳥類明顯的流動(圖 3-14)，雖然在圈谷或黑森林都有鳥種的密度在 11 月及 12 月下降，但在同時間卻並沒有在較低海拔的火燒地或哭坡觀察到該鳥種的密度增加的趨勢；早春時也有許多鳥種在 4 個樣區內的密度都在同一個月開始增加，而非如預期一般隨海拔上升而延後。唯哭坡的煤山雀在 2 月及 11 月時密度皆突然上升，隨後又立即下降。

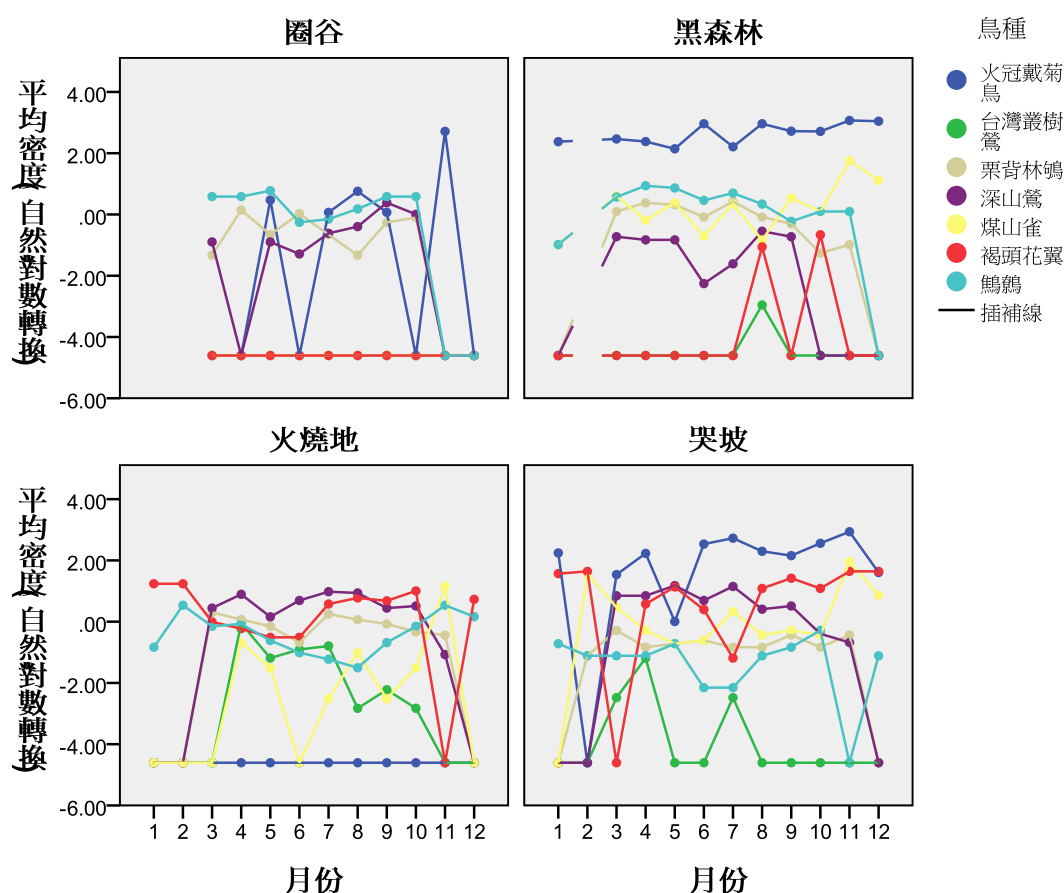


圖 3-11. 四個樣區內各食蟲性鳥種的密度月變化。
(資料來源：本研究資料)

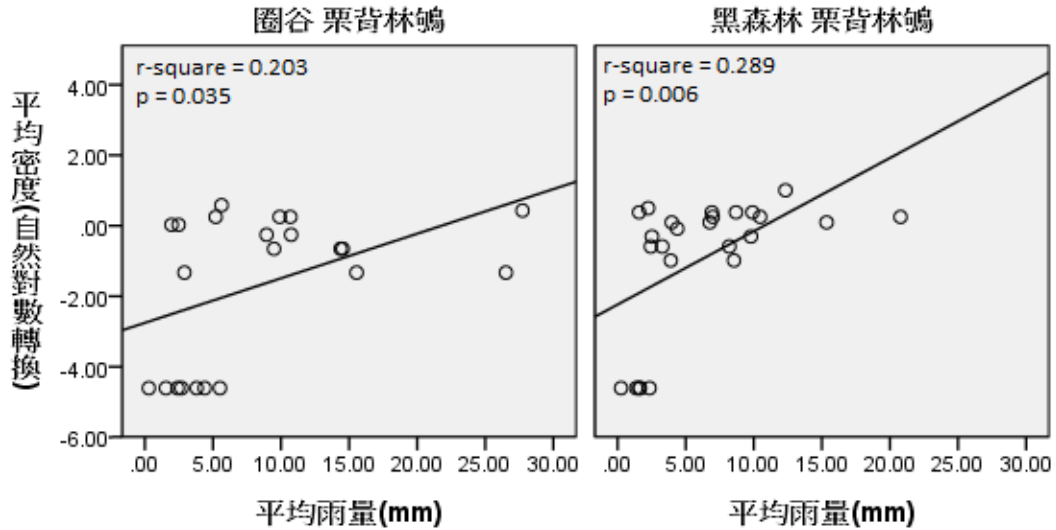


圖 3-12. 栗背林鴉在圈谷及黑森林兩地的最佳解釋因子為雨量。
(資料來源：本研究資料)

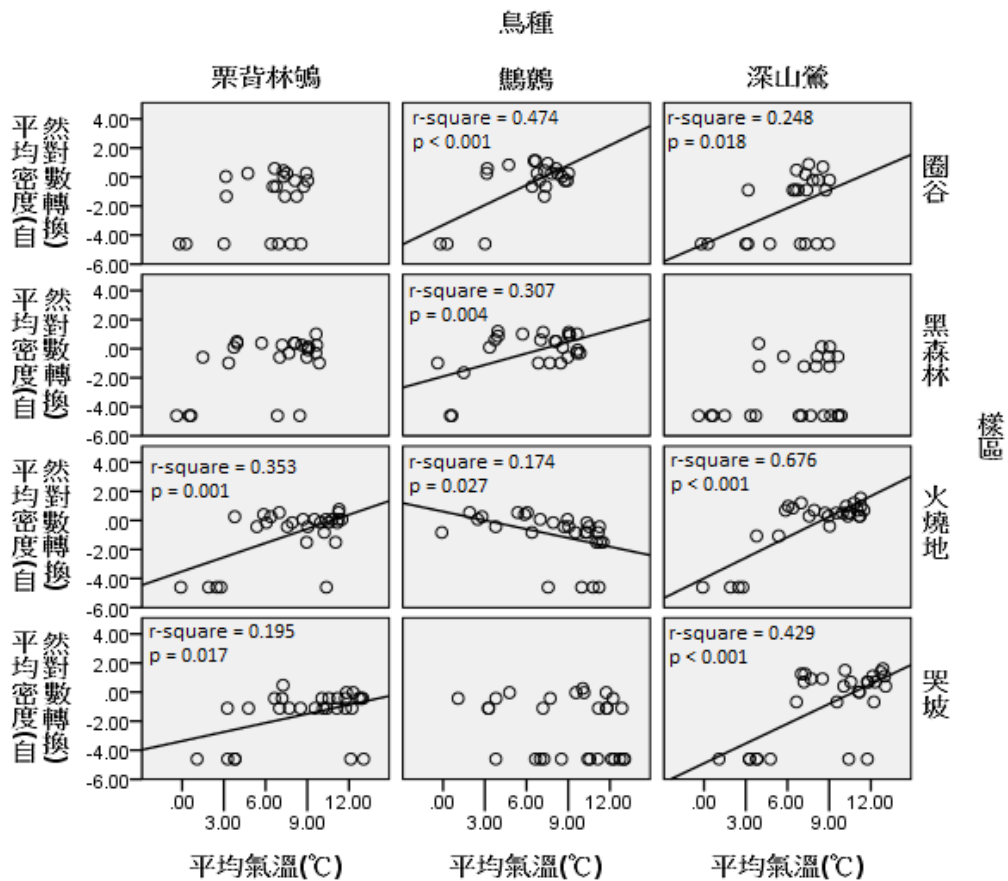


圖 3-13. 栗背林鴉、鷓鴣及深山鶯在 4 個樣區內的每月密度(自然對數轉換)和月均溫的相關圖。

(資料來源：本研究資料)

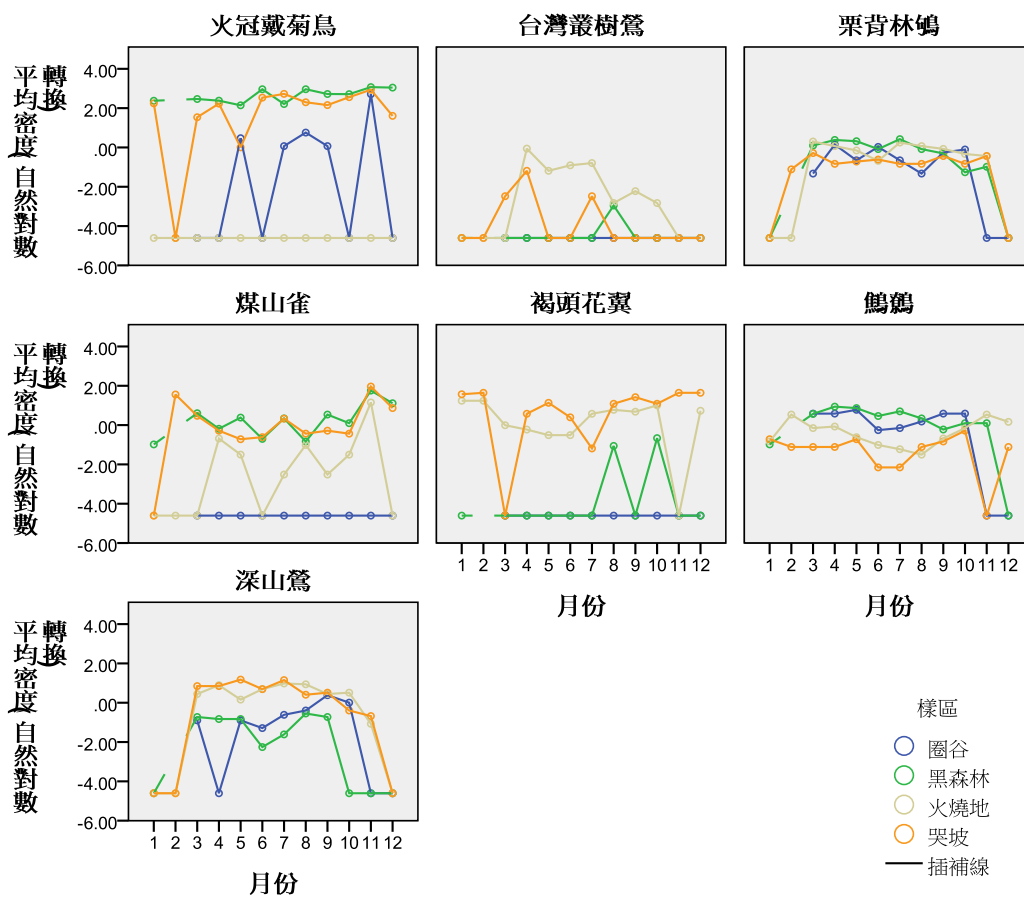


圖 3-14. 各食蟲性鳥種於各樣區內的密度月變化。
(資料來源：本研究資料)

四、討論

(一)鳥相結構

本研究期間新增的鳥種中，斑紋鷓鴣屬於中、低海拔的鳥種，在武陵農場不難發現其蹤影，過去雪山地區斑紋鷓鴣的調查紀錄，在 1996 年羅宏仁等人及 2001 年周大慶等人的調查，各有 3-4 筆紀錄，當時記錄到的最高分布位置為東峰停機坪(5.2K)附近，但本研究在 2009 年迄今，僅有這 1 筆在 369 山莊的紀錄。先前的報告中提及東峰火災後，斑紋鷓鴣同時會利用火災棲地及沒有火災發生的棲地(周大慶等，2001)，這說明了斑紋鷓鴣不是因為火災棲地變化而導致觀測次數降低，目前我們還不知道為何斑紋鷓鴣的密度會在研究期間降低。

巒大花楸的果實在先前的觀察中都是在 10 月至 11 月間結果，而在 11 月後陸續會開始落果，但是 2012 年 11 月時巒大花楸結果後，落果情況不嚴重，直到 2013 年 3 月仍有果實在樹上，這可能冬季及早春降雨量很少有關，儘管 3 月時果實已經不是新鮮的果實，而是直接在樹上形成被風乾的果乾，但是仍可以目擊金翼白眉、白腹鵝及大量過境的斑點鵝在取食巒大花楸的果乾，當這些個體離去後，樹旁沿途可見食果性鳥類的紅色排遺。本次調查到五色鳥在海拔 3,176 公尺的地方取食巒大花楸的果實，過去認為五色鳥是在中、低海拔闊葉林出現的鳥種，但也有研究指出，五色鳥在冬季時會有海拔向上遷移的行為(許皓捷，2003)，這和本次的觀察相符。過去筆者也有在海拔 3,310 公尺的嘉明湖湖畔拾獲五色鳥的屍體，該屍體身上有猛禽爪痕，很可能是猛禽在高海拔處獵捕到的食物。2013 年 11 月巒大花楸的果實幾乎都已經落完，這可能和 2013 年秋季雨水較多有關係，這樣的結果可能導致秋冬季食果性鳥類食物缺乏，度冬的鵝科鳥類(如白腹鵝、斑點鵝)可能需要找尋其他地點度冬覓食。

先前連續 3 年(2009-2011 年)都有 1 隻紅隼穩定在 369 山莊附近度冬，然而 2012-2013 年冬季沒有紅隼出現，紅隼的食性為小型鳥類、小型鼠類及大型昆蟲(劉小如等，2010)，是否因為冬季及早春食物減少導致紅隼沒有出現，可以再檢視東海大學哺乳類研究團隊的自動相機資料進行比對。

黃眉柳鶯的出現自 2011 年發現至少 3 隻不同個體，2012 年至少 7 隻不同個體，而至 2013 年增至至少 9 隻不同個體，似乎有逐年增加的趨勢。此外，玉山國家公園在玉山沿線的鳥類相調查中，於 2013 年 6 月首次有調查員在玉山地區也聽到黃眉柳鶯的鳴唱(柯智仁，私人通訊)。目前由於高山地區夏季的黃眉柳鶯數量仍少，且柳鶯科鳥類體型較小觀察不易，可以預期的是，倘若未來在雪山地區的黃眉柳鶯度夏數量持續增加，就有可能可以觀察到黃眉柳鶯的繁殖行為。

2013 年 11 月降下瑞雪，相當寒冷，可以發現 2013 年 10-11 月間的鳥類密度相當低，在極端氣候的發生時，鳥類有可能因為躲避寒冷而提早向下遷移。2008 年的火災發生，形成的火燒跡地，在灌叢形成、箭竹逐漸長高之後，台灣叢樹鶯的數量明顯自 2012 年後開始增加，這樣的現象並沒有發生在深山鶯上，深山鶯的數量一直維持相當穩定，為何深山鶯在火災後數量較不受影響，是否係因台灣叢樹鶯的體型較深山鶯體型大，相對不容易躲藏避風，也可能是其他因素如領域性的強烈程度，或其他可能原因，值得探討。栗背林鴿及金翼白眉在 2009-2010 年間數量較多，而後逐年減少，可能跟這兩種鳥類大多在地面中找尋食物或昆蟲有關，在火災之後，裸露的地面有助於此兩種地層鳥類覓食，而當箭竹植被長高後，可能較不利於地層鳥類活動。

(二) 繫放研究

火燒跡地的繫放調查中，2013 年上半年所繫放到的酒紅朱雀數量大幅下降，反而是白腹鶉的數量比起之前增加許多。先期研究得知，當廚餘越多的情況下越容易捕捉到酒紅朱雀(孫元勳和林惠珊，2012)，而在 2012 年年底，釘設木條阻擋山友傾倒廚餘的去路，因此廚餘數量大幅下降，這或許是酒紅朱雀繫放到的數量大幅下降的最重要原因。由於本次調查期間是在冬季及早春，並非種子成熟的季節，因此和 369 山屋外的棲地也有所改變之間較無關聯。不過 369 山屋外的棲地變化，可能會影響到之後種子成熟的季節的鳥相密度，包括山屋旁及廚房後方的毛刺懸鉤子被砍除，黑龍江柳葉菜消失，咬人貓數量增加，冬枯後新生的黃苑及假繡線菊數量驟減、箭竹長高、高山芒成為優勢植物，在之字坡上，台灣藜蘆、台灣百合、巒大當藥、假繡線菊的數量明顯減少。預料這樣的棲地變化，之後可能會造成火災地鳥類密度的變化。

白腹鶇數量無論在繫放或鳥調數量上都明顯比往年多，這是否跟白腹鶇春天在溫帶國家的繁殖地氣候狀況或食物條件的周期性有關，可能導致白腹鶇周期性的出生率提高，而會有度冬數量大增的現象，值得未來持續紀錄，另外研究人員觀察到白腹鶇會取食風乾的巒大花楸果實，本次研究調查期間白腹鶇繫放到的數量較多，可能跟巒大花楸果實並未落果提供了額外的食物來源有關。另外，由於調查期間未觀察到白腹鶇與酒紅朱雀之間的互動情況，因此不清楚白腹鶇的增加是否會有渡冬領域及資源競爭間的關係。

白腹鶇 D13403 在 369 山莊周圍度冬的紀錄，連續 3 個月的體重變化為 73.5 g、78 g、74 g，初次捕捉到時體重明顯較輕，而第二次捕捉到時明顯胸肌較為飽滿，但是第三次回收時未見白腹鶇體重大增以儲備春返時所需的能量，這是否和高海拔地區食物資源缺乏有關，或者和白腹鶇的遷移策略有關，還需要更多的樣本及搭配取食資料才能進行更多分析。

探討酒紅朱雀的存活率時，隨著酒紅朱雀逐年繫放年度的增加，可以發現 2009 及 2010 年酒紅朱雀的存活率較高，而 2011 及 2012 年的酒紅朱雀存活率較低，這樣的結果不只是在繫放回收的再捕獲中可以看的到，另外從酒紅朱雀的密度資料也可以發現，2012-2013 年的酒紅朱雀密度較低(表 3-4)。

(三) 氣候變遷分析--各生態系氣象因子與食蟲性鳥類密度間的關係

生態系中的各種氣象因子都可能影響食蟲性鳥類的密度，其中氣溫向來是許多研究中和生物量相關的重要因子，原因在於氣溫常常反映了一地的日照量及生產季。氣溫不但可能影響鳥類的散熱率，導致直接死亡(Heenan and Seymour, 2012)，也會因影響食物資源的可利用性而讓鳥類面臨覓食困難。雖然食物資源的可利用性也受限於其他因子(如雨量)，但除非該因子有明顯的季節性變化，並為食物資源生產的限制因子，否則很難辨認出該因子是否和食物資源的可利用性有顯著相關。在本研究中，月均溫有明顯的幅度變化，且為本研究內的三項自變數中相關性最普遍的。有 3 種鳥種—栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯的密度都以溫度為最佳解釋因子，且這 3 種鳥種皆為有領域性的鳥種，且在同一季節的月和月之間變化幅度不大，反映出這些個體都在樣區內都有固定的活動範圍或領域，並不會如許多食果性鳥種一樣為追逐果量而跨越不同棲地間的界線(Garcia and Ortiz-Pulido, 2004; García *et al.*, 2011; Mulwa *et al.*, 2012)。這暗示了具有固定活動範圍的鳥種，因食物來源只侷限在活動範

圍之內，所以可推測對於當地的食物資源及影響食物資源的氣象因子(即氣溫)的變化會較敏感。栗背林鴿及鷓鴣大致上都在二、三月時就大量出現，但在接下來的月份都大致維持在一樣的水平上，推測很可能是因為當地的資源只能維持一定數量的領域，所以當所有可用的領域被佔領後，縱使夏季溫度再上升，鳥的豐富度也無法再增加；火燒地及哭坡的深山鶯也有同樣的現象，應為導致溫度的模式解釋力並不高的原因之一。

在氣溫無法解釋的變異中，有部分是雨量及風速能夠解釋的。雨量在熱帶地區常有乾溼季的區分，而當地的生產力、昆蟲量都在溼季開始的時候大量出現(Kato *et al.*, 1995; Williams and Middleton, 2008)，也一併為當地鳥種的繁殖季拉開序幕，而栗背林鴿的密度在圈谷及黑森林也呈現相符合的正相關表現。雪山的雨量雖然也有輕微的乾溼季的差別，但乾季的時間並不長，這可能是本研究結果中雨量並非普遍影響鳥類密度的主要原因，乾季不長的情況，乾濕季可能並非控制當地食物資源的主要因素。風速在過去針對鳥類季節性變化的研究中較少被探討。此原因可能在於風速在一年內的變化較小，較不能反映出鳥類季節性密度變化的趨勢。雖然如此，也不能排除風速可能會在特定條件下對鳥類產生較大的影響。Evans (1976)在水鳥中發現當風速強時，鳥類的活動頻度會下降。當某個體在低溫下因風速而無法有效率的捕捉昆蟲(特別是樹層蟲食者或空中蟲食者)補充能量，依據最佳覓食策略理論，此個體便會遷移至它地以尋找更好的棲地(Pyke, 1984)，但這尚須進一步的操弄性實驗來證實，或者使用相同季節但瞬間風速差異影響的鳥類密度變化來進行分析。圈谷在 4 個樣區中海拔最高，且有許多地方為裸露地，加上地形造成的平均風速相當強，因此鳥種數較少並不意外。相較之下，火燒地雖然也只有零星的新生冷杉及其它喬木，但濃密的箭竹叢和芒草叢卻能提供相當好的避風處(With and Webb, 1993)，可能是冬季還有鳥可以分布的原因之一。單有防風效果良好的棲地可能還不足以成為鳥類願意留在繁殖地度冬的條件，食物的可利用性多寡，較可能是影響鳥類是否願意留下來度冬的原因。

在栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯的密度與氣溫的相關圖中，劃分鳥種有無存在於一地的差別多為 3°C。此數值是否只是隨機的巧合，還是與高海拔食蟲性鳥類的新陳代謝率有關，目前並無相關研究探討，但 Duriez *et al.* (2009)發現粉腳雁(*Anser brachyrhynchus*)在不同地點的開始遷移時間與當地的氣溫有相關，雖然此氣溫平均值較本研究中的數值稍高(5-11°C，依據地區而不同)。且

氣溫門檻也存在於許多鳥類的生理機制中(O'Connor, 1995; Willis, 2007)，因此本研究認為雪山的食蟲性鳥類的遷移與此氣溫門檻有相關的可能性也很高，會是一個值得去探討的議題。

本研究的調查間隔則不足以觀察到樣區之間的鳥類流動。另外，雖然目前並無研究探討山區海拔的遷移模式是屬於鏈狀遷移(chain migration)或是蛙跳式遷移(leap-frog migration)，但若雪山的鳥類在遷移模式上與跨緯度的鏈狀遷移類似，則有另一可能性可解釋為何樣區間無法看出鳥類流動：當一地的鳥類離開後，會由來自其它地區的鳥類遞補而產生一地鳥類密度沒有變化、下降不明顯，甚至上升的現象(Loiselle and Blake, 1991; Berthold, 2001)。此解釋也許符合在黑森林全年密度都穩定的火冠戴菊鳥及煤山雀，還有火燒地的鷓鴣。在本研究中還有另一結果可以支持冬季火燒地的鷓鴣可能來自其它地方，因火燒地中，鷓鴣的密度變化和氣溫呈現負相關，極有可能是更高海拔的更低溫環境，導致該地的個體移入火燒地的結果。雖然有此 3 個案例，但由 4 個樣區在 12 月時大多鳥種都不見蹤影的情況來看，牠們可能都遷往哭坡以下的山區，但若要確定更高海拔的個體在哪裡度冬，仍須依賴繫放個體的目擊回收或是無線電追蹤研究方能斷定。

在冬季仍有分佈的鳥種，是否因有其他影響因子而使其較不畏低溫，有研究認為食物扮演關鍵角色。雪山的昆蟲量和氣溫呈現高度的正相關(孫元勳和林惠珊，2012)，代表氣溫有極高的可能性是透過影響食物量在間接影響鳥類的豐富度，或者是與食物量之間有交互作用。過去也有許多研究認為食蟲性鳥類在面對食物短缺時會轉換食性，從而以其他類型的食物維生(Borghesio and Laiolo, 2004; Carnicer *et al.*, 2008)。在雪山地區的食蟲性鳥類是否會轉換食性或改變覓食層來支持生活，還需要更多的鳥類食性資料及覓食高度資料方能進行探討，然而先前研究人員也在樣區觀察到：褐頭花翼、深山鶯在雪山降雪時會至地面層啄食昆蟲(孫元勳和林惠珊，2011)，這就是一種透過改變覓食層以獲取食物的方式。

五、結論與建議

(一) 研究成果

1. 本研究於 2012 年 12 月至 2013 年 11 月在雪山地區共計記錄到 24 科 59 種鳥類，包含台灣特有種 12 種、特有亞種 28 種；保育類鳥類 17 種，期間新增鳥種為臘嘴雀、斑點鵝、白鵝鴿、白背鸚、斑紋鷓鴣、黃嘴角鴉、黃鵝鴿、赤頸鵝。自 2009 年至 2013 年 11 月本研究累計在雪山地區記錄到 34 科 96 種鳥類。
2. 2012 年秋冬季巒大花楸結果直到翌年 3 月仍有果實在樹上，這可能冬季及早春降雨量很少有關，儘管 3 月時果實已經不是新鮮的果實，而是直接在樹上形成被風乾的果乾，但是仍可以目擊金翼白眉、白腹鵝及大量過境的斑點鵝在取食。2013 年秋冬季巒大花楸落果明顯，樹上已無果實，預期度冬鵝科鳥類應會減少。
3. 2012 年年底 369 山屋洗手台旁釘設木條阻止山友傾倒廚餘，且適逢山屋缺水，登山的山友大幅減少，整個冬季僅在 2 月時回收到 2 隻酒紅朱雀，和之前同期相較，捕獲量大幅降低，可見酒紅朱雀當沒有廚餘可以依賴時，冬季留在山上的族群密度會大幅下降，甚至在 12 月、3 月完全沒有廚餘時，酒紅朱雀就完全消失了。2013 年 5 月山友恢復傾倒廚餘，6 月開始酒紅朱雀數量大增。
4. 利用複迴歸分析雪山的 7 種高海拔食蟲性鳥類的密度月變化和氣溫、雨量及風速的相關性。結果顯示，在本研究中，氣溫為影響 3 種鳥種密度變化的主要因子，推測是因為氣溫的變化幅度大，並和當地的昆蟲量呈高度相關。
5. 觀察到栗背林鴿、鷓鴣及深山鶯在多個樣區中只要溫度低於 3°C 則該鳥種就會海拔下降離開，哭坡深山鶯的消失門檻則為 6°C。

(二) 建議

1. 立即可行建議

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

建議事項：

遊客提供的廚餘是否造成會對野鳥健康造成影響，需進行調查。評估是否設立高山廚餘乾燥機的可能性。

2. 長期建議事項

主辦機關：雪霸國家公園保育研究課

協辦機關：武陵管理站

建議事項：

建議長期且規律地進行調查，以期了解雪山生態系的年間波動，建立完善的高海拔鳥類生態資訊。

六、參考文獻

- 丁宗蘇(1993)玉山地區成熟林之鳥類群聚生態。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 王鑫、宋國城、崔之久(1998)雪山圈谷群第四紀冰河遺跡研究(I)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 王鑫、宋國城、崔之久(1999)雪山圈谷群第四紀冰河遺跡研究(II)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 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委託研究報告。
- 呂金誠、歐辰雄、廖敏君(2002)雪山東峰玉山箭竹開花之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 李培芬(2003)雪霸國家公園鳥類相之調查—觀霧地區。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 李培芬(2004)雪霸國家公園鳥類監測模式之研究—以雪見地區為地。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 汪中和(2007)氣候變化對台灣地下水文環境的衝擊：回顧與前瞻。經濟部中央地質調查所特刊 18: 239-255。
- 周大慶(2001)雪山東峰火燒後鳥類族群變化研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 林朝榮(1957)台灣地形。台灣省文獻委員會出版。
- 林曜松、楊懿如、黃光瀛、呂佩義(1989)雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究。內政部營建署。
- 孫元勳(1999)七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(I)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳(2000)七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(II)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳(2001)七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(III)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳(2002)七家灣溪鴛鴦族群、生態研究(IV)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 孫元勳(2003)七家灣溪櫻花鉤吻鮭天敵之研究(I)。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳(2004)七家灣溪櫻花鉤吻鮭天敵之研究(II)。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳(2005)武陵地區長期生態監測暨生態模式建立—溪流鳥類群聚生態監測。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳(2006)武陵地區長期生態監測暨生態模式建立—溪流鳥類群聚生態監測。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳(2007)武陵地區外來物種生態衝擊與防除研究。雪霸國家公園管理處研

究報告。

- 孫元勳(2008)武陵地區長期生態監測暨生態模式建立--溪流鳥類群聚生態監測。雪霸國家公園管理處研究報告。
- 孫元勳、林惠珊(2011)雪山地區高山生態系長期生態調查與研究—鳥類群聚與生態研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告第10002號，54頁。
- 孫元勳、林惠珊(2012)雪山地區高山生態系長期生態調查研究—鳥類群聚與生態研究。雪霸國家公園管理處委託研究報告第10102號，59頁。
- 孫元勳、裴家騏(2001)野火強度對環山地區二葉松林鳥類群聚的影響。中華林學季刊 34(2): 131-145。
- 袁孝維(1995)武陵地區登山步道沿線野生動物景觀資源調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 許皓捷(2003)台灣山區鳥類群聚的空間及季節變異。國立台灣大學動物學研究所博士論文。187頁。
- 陳明義(1998)野火影響環山、雪山地區植群之研究II。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 廖煥彰(2006)塔塔加地區不同植群演替階段之鳥類群聚研究。國立台灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威(2010)台灣鳥類誌。行政院農業委員會林務局，台北。
- 劉紹臣、許乾忠、陳正平(2007)台灣地區之氣候變遷：區域及全球效應。中央研究院學術諮詢總會通訊 15(2):72-75。
- 羅宏仁、周大慶、黃嘉隆、余弘恕(1996)雪霸國家公園雪山步道解說資源之調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- Berthold, P. (2001) Bird migration: a general survey. Volume 12. Oxford University Press, USA.
- Borghesio, L., and P. Laiolo (2004) Seasonal foraging ecology in a forest avifauna of northern Kenya. *Journal of tropical ecology* 20: 145-155.
- Carnicer, J., P. A. Abrams, and P. Jordano (2008) Switching behavior, coexistence and diversification: comparing empirical community-wide evidence with theoretical predictions. *Ecology letters* 11: 802-808.
- Duriez, O., S. Bauer, A. Destin, J. Madsen, B. A. Nolet, R. A. Stillman, and M. Klaassen (2009) What decision rules might pink-footed geese use to depart on migration? An individual-based model. *Behavioral Ecology* 20: 560-569.
- Evans, P. (1976) Energy balance and optimal foraging strategies in shorebirds: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season. *Ardea* 64: 366.
- Garcia, D., and R. Ortiz-Pulido (2004) Patterns of resource tracking by avian frugivores at multiple spatial scales: two case studies on discordance among scales. *Ecography* 27: 187-196.
- García, D., R. Zamora, and G. C. Amico (2011) The spatial scale of plant-animal interactions: effects of resource availability and habitat structure. *Ecological monographs* 81: 103-121.
- Heenan, C. B., and R. S. Seymour (2012) The effect of wind on the rate of heat loss

- from avian cup-shaped nests. *PloS one* 7: e32252.
- Hilbert, D. W., M. Bradford, T. Parker, and D. A. Westcott (2004) Golden bowerbird (*Prionodura newtonia*) habitat in past, present and future climates: predicted extinction of a vertebrate in tropical highlands due to global warming. *Biological Conservation* 116: 367-377.
- Kato, M., T. Inoue, A. A. Hamid, T. Nagamitsu, M. B. Merdek, A. R. Nona, T. Itino, S. Yamane, and T. Yumoto (1995) Seasonality and vertical structure of light-attracted insect communities in a dipterocarp forest in Sarawak. *Researches on Population Ecology* 37: 59-79.
- Loiselle, B. A., and J. G. Blake (1991) Temporal variation in birds and fruits along an elevational gradient in Costa Rica. *Ecology*: 180-193.
- Mulwa, R. K., E. L. Neuschulz, K. Böhning-Gaese, and M. Schleuning (2012) Seasonal fluctuations of resource abundance and avian feeding guilds across forest-farmland boundaries in tropical Africa. *Oikos*.
- Nott, P., P. Pyle, and D. Kaschube (2008) The 2007 Report of the Monitoring Avian Productivity and Survivorship (MAPS) Program on Fort Bragg. The Institute for Bird Populations.
- O'Connor, T. (1995) Metabolic characteristics and body composition in house finches: effects of seasonal acclimatization. *Journal of Comparative Physiology B* 165: 298-305.
- Pyke, G. H. (1984) Optimal foraging theory: a critical review. *Annual review of ecology and systematics* 15: 523-575.
- Ralph, C. J., K. Hollinger, and S. Miller (2004) Monitoring productivity with multiple mist-net stations. *Studies in Avian Biology* 29: 12-20.
- Reynolds, R. T., J. M. Scott, and R. A. Nussbaum (1980) A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82: 309-313.
- Root, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig, and J. A. Pounds (2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.
- Sala, O. E., F. S. Chapin, III, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, iacute, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker, and D. H. Wall (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Sekercioglu, C. H., S. H. Schneider, J. P. Fay, and S. R. Loarie (2008) Climate change, evational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology* 22: 140-150.
- Svensson, L. (1992) Identification guide to European passerines. (3 edition). Stockholm, Sweden.
- White, G. C., and K. P. Burnham (1999) Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120-139.
- Williams, S. E., and J. Middleton (2008) Climatic seasonality, resource bottlenecks, and abundance of rainforest birds: implications for global climate change. *Diversity and Distributions* 14: 69-77.
- Willis, C. K. (2007) An Energy-Based Body Temperature Threshold between

Torpor and Normothermia for Small Mammals. *Physiological and Biochemical Zoology* 80: 643-651.

With, K. A., and D. Webb (1993) Microclimate of ground nests: the relative importance of radiative cover and wind breaks for three grassland species. *Condor*: 401-413.

附錄 3-1. 雪山地區鳥相調查樣站座標

樣點里程	樣站名稱	經度	緯度	X 座標_TWD67	Y 座標_TWD67	海拔
2K	七卡	121.2862	24.3834	278207	2697715	2527
2.3K	七卡 2	121.2855	24.3846	278136	2697858	2584
2.6K	七卡 3	121.2856	24.3856	278144	2697963	2654
2.9K	七卡 4	121.2851	24.3866	278086	2698077	2741
4.3K	哭 1	121.2783	24.3908	277395	2698534	3116
4.5K	哭 2	121.2767	24.3901	277238	2698461	3141
7.8K 黑森林	黑 1	121.2510	24.3936	274631	2698839	3301
8.1K 黑森林	黑 2	121.2481	24.3937	274335	2698849	3345
8.4K 黑森林	黑 3	121.2456	24.3944	274079	2698930	3350
8.7K 黑森林	黑 4	121.2431	24.3934	273824	2698818	3343
9.0K 黑森林	黑 5	121.2403	24.3912	273542	2698578	3449
9.3K 黑森林	黑 6	121.2390	24.3901	273415	2698455	3506
9.6K 黑森林	黑 7	121.2377	24.3891	273281	2698341	3545
9.8K 圈谷	圈 1	121.2363	24.3884	273140	2698270	3602
10.1K 往主峰	圈 2	121.2356	24.3864	273071	2698046	3654
10.4K 缺口	圈 3	121.2357	24.3850	273078	2697892	3725
10.7K 往主峰	圈 4	121.2332	24.3835	272829	2697723	3833
10.9K 主峰頂	圈 5	121.2317	24.3834	272676	2697710	3886
火 7.2K	火 1	121.2539	24.3931	274924	2698783	3177
火往水源地牌子前	火 2	121.2522	24.3930	274753	2698780	3202
火 369 山莊後方約 50m	火 3	121.2537	24.3924	274901	2698713	3186
火往水源地 150m	火 4	121.2521	24.3943	274737	2698920	3222
火 369 山莊前	火 5	121.2546	24.3923	274999	2698701	3146
火 7.6K	火 6	121.2522	24.3930	274753	2698780	3265
東峰 7.0K	Ecotone 1	121.2548	24.3915	275016	2698610	3176
東峰 6.7K	Ecotone 2	121.2568	24.3898	275218	2698424	3202
東峰 6.4K	Ecotone 3	121.2596	24.3898	275506	2698421	3187
東峰 6.1K	Ecotone 4	121.2626	24.3897	275809	2698409	3167
東峰 5.9K	箭 1	121.2644	24.3894	275987	2698378	3178
東峰 5.7K	箭 2	121.2662	24.3890	276174	2698339	3189
東峰 5.2K 北面坡	箭 3	121.2707	24.3889	276631	2698332	3187
東峰 5.2K 南面坡	箭 4	121.2707	24.3886	276633	2698291	3188
東峰 5.7K-4.4K	穿越線					

(資料來源：本研究資料)

附錄 3-2. 雪山地區鳥類繫放架網地點座標

繫放地點編號	經度	緯度	X 座標_TWD67	Y 座標_TWD67	生態系
黑 1	121.2507	24.3939	274601	2698877	冷杉林
黑 2	121.2496	24.3938	274484	2698868	冷杉林
黑 3	121.2492	24.3934	274450	2698820	冷杉林
黑 4	121.2502	24.3932	274549	2698794	冷杉林
黑 5	121.2505	24.3928	274579	2698754	冷杉林
箭 1	121.2564	24.3924	275175	2698708	箭竹-高山芒
箭 2	121.2569	24.3924	275229	2698709	箭竹-高山芒
箭 3	121.2572	24.3925	275264	2698721	箭竹-高山芒
箭 4	121.2575	24.3927	275288	2698749	箭竹-高山芒
箭 5	121.2739	24.3889	276950	2698330	箭竹-高山芒
火 1	121.2559	24.3922	275130	2698688	火燒跡地
火 2	121.2554	24.3929	275080	2698768	火燒跡地
火 3	121.2535	24.3918	274880	2698640	火燒跡地
火 4	121.2546	24.3924	275000	2698710	火燒跡地
火 5(369 山莊)	121.2546	24.3924	274994	2698710	火燒跡地
圈 1	121.2366	24.3877	273173	2698188	圈谷
圈 2	121.2363	24.3890	273141	2698330	圈谷
圈 3	121.2359	24.3883	273100	2698250	圈谷

(資料來源：本研究資料)

附錄 3-3. 2009 年 3 月至 2013 年 11 月雪山登山口到雪山主峰鳥類名錄

科別 ^a	中文名	學名 ^b	生息狀態 ^c	特有性 ^d	保育等級 ^e	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
雉科	深山竹雞(台灣山鷓鴣)	<i>Arborophila crudigularis</i>	留、不普	特有種	第三級		*	*	*	*
雉科	竹雞	<i>Bambusicola thoracicus</i>	留、普	特有亞種		*	*			
雉科	藍腹鵒	<i>Lophura swinhoii</i>	留、不普	特有種	第二級	*	*	*		*
雉科	帝雉(黑長尾雉)	<i>Syrnaticus mikado</i>	留、稀	特有種	第二級	*	*	*	*	*
鷹科	東方蜂鷹	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	留、不普/過、普		第二級			*		
鷹科	大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	留、普	特有亞種	第二級		*			*
鷹科	鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	留、普	特有亞種	第二級		*			
鷹科	赤腹鷹	<i>Accipiter soloensis</i>	過、普		第二級		*			
鷹科	松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	留、不普	特有亞種	第二級	*	*	*		*
鷹科	蒼鷹	<i>Accipiter gentilis</i>	冬、稀		第二級	*				
鷹科	灰面鵟鷹	<i>Butastur indicus</i>	過、普/冬、稀		第二級			*		
鷹科	大鵟	<i>Buteo hemilasius</i>	冬、稀		第二級	*	*			
鷹科	赫氏角鷹(熊鷹)	<i>Spizaetus nipalensis</i>	留、稀		第一級	*	*		*	
隼科	紅隼	<i>Falco tinnunculus</i>	冬、普		第二級		*	*		
隼科	遊隼	<i>Falco peregrinus</i>	留、稀/冬、不普/過、不普		第一級				*	*
鷓鴣科	山鷓	<i>Scolopax rusticola</i>	冬、稀					*		
鳩鴿科	野鴿	<i>Columba livia</i>	引進種、普				*	*		
鳩鴿科	灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>	留、不普				*	*	*	
鳩鴿科	金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>	留、普	特有亞種		*				
杜鵑科	鷹鵑	<i>Cuculus sparveroides</i>	夏、普			*				
杜鵑科	中杜鵑	<i>Cuculus saturatus</i>	夏、普			*	*	*	*	*
鴟鵂科	黃嘴角鴟	<i>Otus spilocephalus</i>	留、普	特有亞種	第二級					*
鴟鵂科	鵯鵯	<i>Glauclidium brodiei</i>	留、不普	特有亞種	第二級		*	*		
鴟鵂科	灰林鴟	<i>Strix aluco</i>	留、稀	特有亞種	第二級		*	*	*	*
夜鷹科	?夜鷹	<i>Caprimulgus spp.</i>				*				
雨燕科	針尾雨燕	<i>Hirundapus spp.</i>					*	*	*	
雨燕科	叉尾雨燕	<i>Apus pacificus</i>	留、不普/過、不普			*	*	*	*	*
雨燕科	小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	留、普	特有亞種		*	*			
鬚鴉科	五色鳥	<i>Megalaima oorti nuchalis</i>	留、普	特有種		*				*
啄木鳥科	小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>	留、普				*			
啄木鳥科	大赤啄木	<i>Dendrocopos leucotos</i>	留、不普	特有亞種	第二級		*	*	*	*
啄木鳥科	綠啄木	<i>Picus canus</i>	留、稀		第二級	*	*	*		*
山椒鳥科	灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>	留、普			*		*	*	*
鴉科	松鴉	<i>Garrulus glandarius</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
鴉科	星鴉	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
鴉科	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>	留、普			*	*	*	*	*
燕科	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	夏、普/冬、普/過、普			*	*			
燕科	洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	留、普			*				
燕科	赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>	留、普			*				

科別 ^a	中文名	學名 ^b	生息狀態 ^c	特有性 ^d	保育等級 ^e	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
燕科	毛腳燕	<i>Delichon dasypus</i>	留、不普			*	*	*	*	*
山雀科	煤山雀	<i>Parus ater</i>	留、普	特有亞種	第三級	*	*	*	*	*
山雀科	青背山雀	<i>Parus monticolus</i>	留、普	特有亞種	第三級	*	*	*	*	*
山雀科	黃山雀	<i>Parus holsti</i>	留、稀	特有種	第二級	*	*	*	*	
樹鶯科	小鶯	<i>Cettia fortipes</i>	留、普/過、稀	特有亞種		*		*	*	
樹鶯科	深山鶯	<i>Cettia acanthizoides</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
樹鶯科	棕面鶯	<i>Abroscopus albugularis</i>	留、普			*	*	*	*	*
長尾山雀科	紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>	留、普			*	*	*	*	*
鴉科	茶腹鴉	<i>Sitta europaea</i>	留、普			*	*	*	*	*
鷓鴣科	鷓鴣	<i>Troglodytes troglodytes</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
鶇科	紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	留、普	特有亞種		*				*
戴菊科	火冠戴菊鳥	<i>Regulus goodfellowi</i>	留、普	特有種	第三級	*	*	*	*	*
柳鶯科	黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	冬、不普					*	*	*
大尾鶯科	台灣叢樹鶯	<i>Bradypterus alishanensis</i>	留、普	特有種		*	*	*	*	*
扇尾鶯科	斑紋鷓鶯	<i>Prinia crinigera</i>	留、普	特有亞種						*
鶯科	粉紅鸚嘴	<i>Paradoxornis webbianus</i>	留、普	特有亞種				*		
鶯科	黃羽鸚嘴	<i>Paradoxornis verreauxi</i>	留、稀	特有亞種		*	*	*	*	*
鶇科	紅尾鶇	<i>Muscicapa ferruginea</i>	夏、不普			*	*	*	*	
鶇科	黃胸青鶇	<i>Ficedula hyperythra</i>	留、普	特有亞種		*	*	*		*
鶇科	黃腹琉璃	<i>Niltava vivida</i>	留、不普	特有亞種	第三級	*	*	*	*	*
鶇科	白眉林鶇	<i>Luscinia indica</i>	留、稀	特有亞種	第三級	*	*	*	*	*
鶇科	栗背林鶇	<i>Luscinia johnstoniae</i>	留、普	特有種		*	*	*	*	*
鶇科	黃尾鶇	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	冬、不普				*			
鶇科	鉛色水鶇	<i>Rhyacornis fuliginosa</i>	留、普	特有亞種	第三級	*				
鶇科	白尾鶇	<i>Myiomela leucura</i>	留、不普	特有亞種	第三級	*	*	*	*	*
鶇科	台灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	留、普	特有種		*			*	*
鶇科	虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>	冬、普					*		
鶇科	白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>	冬、普			*	*			*
鶇科	赤腹鶇	<i>Turdus chrysolaus</i>	冬、普			*				
鶇科	赤頸鶇	<i>Turdus ruficollis</i>	述							*
鶇科	斑點鶇	<i>Turdus naumanni</i>	冬、不普							*
鶇科	小翼鶇	<i>Brachypteryx montana</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
畫眉科	白喉笑鶇(白喉噪眉)	<i>Garrulax albogularis</i>	留、稀	特有亞種	第二級			*		
畫眉科	竹鳥(棕噪眉)	<i>Garrulax poecilorhynchus</i>	留、不普	特有亞種	第二級			*	*	*
畫眉科	金翼白眉(台灣噪眉)	<i>Garrulax morrisonianus</i>	留、普	特有種		*	*	*	*	*
畫眉科	藪鳥(黃胸藪眉)	<i>Liocichla steerii</i>	留、普	特有種		*	*	*	*	*
畫眉科	鱗胸鷓鴣	<i>Pnoepyga albiventer</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
畫眉科	山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
畫眉科	紋翼畫眉	<i>Actinodura morrisoniana</i>	留、普	特有種	第三級		*	*		
畫眉科	褐頭花翼(灰頭花翼)	<i>Alcippe cinereiceps</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
畫眉科	繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
畫眉科	白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	留、普	特有種		*	*	*	*	*
畫眉科	冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	留、普	特有種		*	*	*	*	*
啄花科	紅胸啄花鳥	<i>Dicaeum ignipectum</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*

科別 ^a	中文名	學名 ^b	生息狀態 ^c	特有性 ^d	保育等級 ^e	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
岩鷓科	岩鷓	<i>Prunella collaris</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
鵲鴝科	黃鵲鴝	<i>Motacilla flava</i>	冬、普/過、普							*
鵲鴝科	白鵲鴝	<i>Motacilla alba</i>	留、普/冬、普							*
鵲鴝科	樹鷓	<i>Anthus hodgsoni</i>	冬、普				*			
鵲鴝科	白背鷓	<i>Anthus gustavi</i>	過、稀							*
鷓科	小鷓	<i>Emberiza pusilla</i>	冬、稀/過、不普					*		
鷓科	田鷓	<i>Emberiza rustica</i>	過、稀						*	*
雀科	普通朱雀	<i>Carpodacus erythrinus</i>	冬、稀				*			
雀科	酒紅朱雀	<i>Carpodacus vinaceus</i>	留、普	特有亞種		*	*	*	*	*
雀科	褐鷺	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	留、不普	特有亞種		*	*			
雀科	灰鷺	<i>Pyrrhula erythaca</i>	留、不普	特有亞種		*	*	*	*	*
雀科	臘嘴雀	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	冬、稀							*
麻雀科	麻雀	<i>Passer montanus</i>	留、普			*		*		

^a科別引用2010年中華民國野鳥學會鳥類名錄。

^b學名引用Howard和Moore (2003)鳥類名錄。

^c普：台灣普遍分布種。不普：台灣不普遍分布種。稀：台灣稀有種。

^d特：台灣特有種。特亞：特有亞種。留：不行遷移之鳥種。過：春、秋過境鳥。冬：冬候鳥。夏：夏候鳥。

^e保育等級 第一級：瀕臨絕種保育類野生動物；第二級：珍貴稀有保育類野生動物；第三級：其他應予保育類野生動物。

星號(*)表示該年度有記錄到的鳥種。

(資料來源：本研究資料)

第四章 氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究- 雪山地區哺乳類群聚生態研究

林良恭、陳逸文
東海大學生命科學系

摘要

關鍵詞：哺乳動物、紅外線自動相機、海拔梯度

一、研究緣起

本計畫目的針對雪霸國家公園武陵地區的哺乳動物進行調查，本計畫成果將提供雪霸國家公園在未來生態系經營管理、教育解說及生態旅遊上之參考依據。調查範圍以武陵雪山登山口至雪山頂，將依據海拔高度及不同林相植被，設置樣區及穿越線進行哺乳動物相普查。調查對象涵蓋中大型哺乳動、小型嚙齒類及鼯型目動物、蝙蝠等三大類。調查結果除詳列物種名錄外，並將計算各樣區的物種多樣性(Species diversity)，各物種相對數量並分析海拔梯度的分布變化，以鹿野忠雄 1940 年的調查資料做比較，瞭解環境與氣候變遷對哺乳動物生息衝擊。

二、研究方法及過程

沿雪山步道設立 9 個樣區，以薛爾曼式活捕捉器(Sherman live trap)、掉落式陷阱(Pitfall trap)、紅外線自動相機、豎琴網(Harp trap)、蝙蝠偵測器(Anabat II system)與沿線調查方式來記錄雪山地區的哺乳動物，已自 2009 年 3 月至 2013 年 11 月進行調查。

三、重要發現

本年度從 2012 年 12 月至 2013 年 11 月共捕獲 7 種哺乳動物：5 種嚙齒目，分別為森鼠(*Apodmus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*) 與巢鼠(*Micromys minutus*)；2 種鼯型目，分別為短尾鼯(*Anourosorex aquamipes*)與長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)。分析不同海拔樣區森鼠體重差異發現森鼠體重與海拔高度無明顯相關。

紅外線自動相機調查結果，總共紀錄 11 種哺乳類動物，分別是森鼠 (*Apodemus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、長吻松鼠(*Dremomys pernyi owstoni*)、白面鼯鼠(*Petaurista alborufus lena*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)、鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)與水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)。分析山羌在各樣區的活動模式發現，七卡山莊樣區的山羌白天皆有穩定活動，在圈谷樣區則在早晨有較晚活動的趨勢，且入夜後較無活動。

自 2009 年至 2013 年 11 月的蝙蝠捕捉及超音波調查結果，共有 3 科 10 種，分別是臺灣大蹄鼻蝠(*Rhinolophus formosae*)、臺灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)、金芒管鼻蝠(*Harpiola isodon*)、姬管鼻蝠(*Murina gracilis*)、寬吻鼠耳蝠(*Myotis latirostris*)、摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、山家蝠(*Pipistrellus montanus*)、堀川氏棕蝠(*Eptesicus sertinus*)及東亞游離尾蝠(*Tadarida insignis*)。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對雪霸國家公園武陵地區哺乳動物經營與管理，提出下列兩點具體建議。

建議一：設立哺乳類動物解說牌

建議二：雪山地區生物自動監測系統架設

Abstract

【Key words】 mammal, infrared automatic camera, altitude gradient

The objectives of this field study are investigated the mammalian fauna of Wulin area, Shei-Pa National Park. The results of this investigation will provide the valuable information for Park in ecosystem management, ecological education and eco-tourism in future. The study areas set eight plots and transect lines along the entrance of climbing mountain to the top of Mt. Sheisan, according to the different altitudes and vegetation covers. We used the living traps for trapping rodents, shrews and moles, Infrared auto-cameras for surveying large-middle size mammals, harp trap for trapping bats. The data analyses make a complete mammalian species list and also to show the mammal species richness in each sampling areas, vertical distribution pattern and relative abundance of each species. Finally we compare to the Kanos results done in 1940 for evaluation the climate and habitat changes.

This year, from December 2012 to May 2013, there were night plots set along path of Mt. Sheisan. Sherman live trap, infrared automatic camera and Harp trap were used to investigate mammals in Mt. Sheisan. There were total 7 kinds of mammals captured, including *Apodemus semotus*, *Niviventer cultratus*, *Microtus kikuchii*, *Eothenomys melanogaster*, *Micromys minutus*, *Episoriculus fumidus*, and *Anourosorex aquamipes*. Analyzing the *Apodemus semotus* in different sampling plots, we found the weight of male individuals show the negative correlation with elevation.

In This year, there were total 11 kinds of mammals camera-trapped, including *Apodemus semotus*, *Niviventer cultratus*, *Callosciurus erythraeus*, *Dremomys pernyi owstoni*, *Petaurista alborufus lena*, *Mustela sibirica taivana*, *Melogale moschata subaurantiaca*, *Macaca cyclopis*, *Sus scrofa taivanus*, *Capricornis swinhoei*, *Muntiacus reevesi micrurus*, and *Cervus unicolor swinhoei*. Analyzing the activities of *Muntiacus reevesi* in different sampling plots, we found there are highly activities at day time at Cika cabin and delayed activities in morning at cirque sampling plot.

These five years, from March 2009 to November 2013, there were 10 species of bat captured, including *Rhinolophus formosae*, *Rhinolophus monoceros*, *Murina puta*, *Harpiola isodon*, *Murina gracilis*, *Myotis latirostris*, *Miniopterus schreibersii*, *Pipistrellus montanus*, *Eptesicus sertinus*, and *Tadarida insignis*.

According to this research, in order to promote management of mammals, there are three suggestions:

- (1) Set exposition billboards for mammals;
- (2) Establish long-term monitoring system of medium-to-large mammals.

一、研究緣起與背景

雪霸國家公園範圍涵蓋了國內第二高峰-雪山山脈，園區內 3000 公尺以上的高山林立，豁壑深谷密布，複雜的自然地理切割，將動物的自然棲地塑造高山島嶼形的分布。面臨氣候溫暖化的趨勢，高山地區哺乳動物垂直分布界線的移動與否值得關切。以保育的長久觀點而言，為保存動物族群的長久續存，應避免地域性小族群(*small local population*)的形成。已知當氣候變化或棲地干擾時，愈高海拔族群受到影響愈大，因此沿著海拔不同梯度進行監測調查，將有助於瞭解哺乳動物的分布變化狀況。

自 2009 年度開始至今，已完成四年針對武陵地區雪東線海拔梯度變化的監測調查，並將哺乳動物相調查及名錄建置，共捕獲 9 種小型哺乳動物；其中包含 5 種啮齒目動物，分別為森鼠(*Apodemus semotus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)與條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)；2 種齧型目動物，分別為短尾鼯(*Anurosorex aquamipes*)與長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)；2 種食肉目動物，分別是黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與小黃鼠狼(*Mustela nivalis*)。利用紅外線自動相機針對中大型哺乳動物進行記錄的結果，則是共記錄有 15 種哺乳類動物，分別是水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)、山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)、鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)、白面鼯鼠(*Petaurista alborufus lena*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、長吻松鼠(*Dremomys pernyi owstoni*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)與森鼠(*Apodemus semotus*)。此外，利用豎琴網及超音波偵測器針對翼手目動物的調查發現共有 3 科 10 種，分別是臺灣大蹄鼻蝠(*Rhinolophus formosae*)、臺灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)、金芒管鼻蝠(*Harpiola isodon*)、姬管鼻蝠(*Murina gracilis*)、寬吻鼠耳蝠(*Myotis latirostris*)、摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、山家蝠(*Pipistrellus montanus*)、堀川氏棕蝠(*Eptesicus sertinus*)及東亞游離尾蝠(*Tadarida insignis*)。此五年計畫除補充及更新物種名錄外，有助檢討規劃園區內哺乳動物經營管理工作之維護，作為生態系經營管理、生態教育與生態旅遊之參考。

二、研究設計

(一)、研究地點

本計畫以雪山主東線為調查區域，計畫區域主要是自雪山登山口經七卡山莊、三六九山莊至雪山圈谷、翠池止，海拔 1,700 至 3,886 公尺，全長約 11 公里，目前調查時間自 2009 年 3 月至 2013 年 11 月，本年度計畫已於 2013 年 2 月、5 月、9 月及 11 月，共進行 4 次調查。本實驗在 2012 年改由一季進行一次雪東線登山步道的全線調查，樣區包含：登山口(海拔約 2,100 m)、七卡山莊(海拔約 2,400 m)及 3.6K 處(海拔約 2,700 m)、東峰停機坪旁 5.2K 處(海拔約 3,160m)、369 山莊(海拔約 3,000 m)、黑森林(海拔約 3,300 m)、圈谷(海拔約 3,600 m)、雪山山頂(海拔約 3,886 m)與翠池(海拔約 3,400m)，共九個樣區(圖 4-1)。

登山口樣區在雪山登山步道上約 0.1K-0.3K 處，於步道兩旁的芒草叢與針闊葉混合林放置陷阱；七卡山莊樣區則是在山莊前方的針闊葉混合林；3.6K 樣區位於步道 3.3K-3.6K 處兩側，主要的以芒草與針闊葉混合林為主；東峰樣區主要於停機坪週邊，以玉山箭竹草叢為主；369 山莊樣區則主要設置在步道約 6.8K 處至 369 山莊前玉山箭竹草原，以及 369 山莊至 7.2K 處兩旁火燒地，主要的樣區環境皆為玉山箭竹草叢；黑森林樣區設置於雪山登山步道上 8.4K 及 8.9K 處，主要的環境為冷杉林與玉山箭竹草叢；圈谷樣區則設置在步道 9.8K 處石頭椅右側玉山杜鵑叢裡，主要的環境為玉山杜鵑與玉山圓柏，雪山山頂樣區設於雪山主峰 10.9K 處四周，棲地主要以玉山杜鵑為主，翠池樣區設於翠池山屋四周與下翠池四周，棲地類型主要以玉山圓柏為主。



登山口



七卡山莊



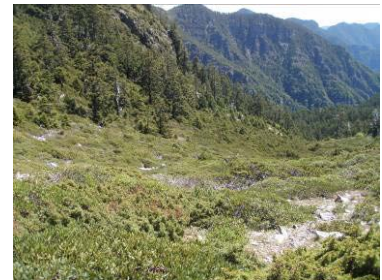
3.6K



369 山莊



黑森林



圈谷



雪山山頂



翠池



東峰

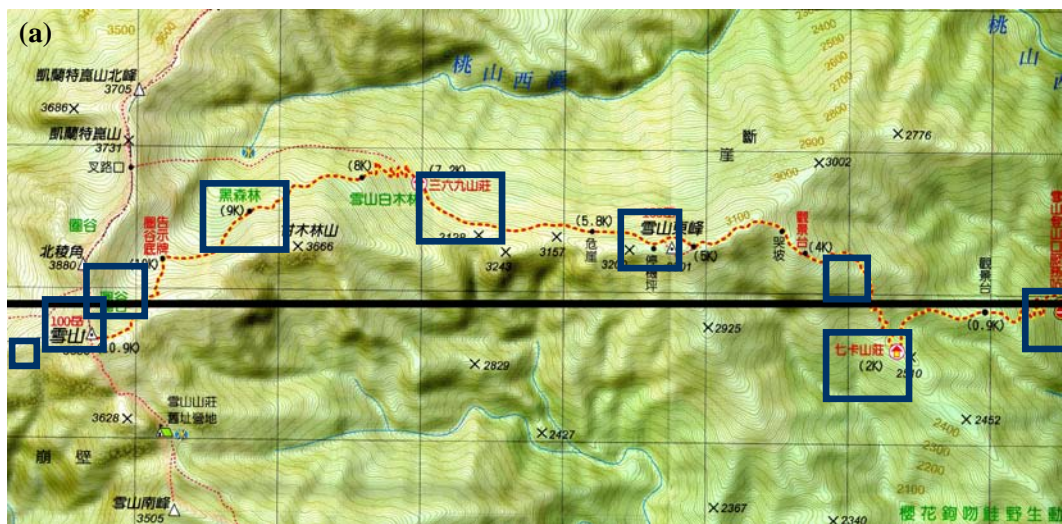


圖 4-1. (a)小型哺乳類調查樣區與紅外線自動相機樣區(b)豎琴網調查樣區。

(二)、研究方法

各區域均使用下列方法，即依海拔、方位與林相，設置調查樣區進行小型哺乳動物、中大型哺乳動物及蝙蝠類調查。

1. 小型哺乳類捕捉調查：本年度計畫每三個月進行 1 次捕捉，每樣區進行 2~3 條貫穿整樣區之固定 10 公尺間隔樣點總長 100 公尺的穿越線調查。每條樣線穿插設置 2 種不同薛爾曼式捕捉器為中(3 x 3.5 x 9")及小型(2 x 2.5 x 6.5")薛爾曼式活捕捉器(Sherman live trap)。所有陷阱皆於次日早晨 7:00-12:00 檢查，新捕獲動物以剪趾法標記號碼，除記錄物種種別、性別、生殖狀況、GPS 定位點、編號和體重之外，並取少量體表組織(耳及腳趾)以供日後遺傳結構相關分析之用，並於原捕捉採樣點釋放。各物種相對數量以每 100 捕捉夜(trap-night)共捕獲多少隻個體數為準計算之。



2. 中大型哺乳動物：利用紅外線自動照相機記錄動物出現。紅外線自動相機採用 RECONYX 的紅外線數位自動相機(黑森林、圈谷與翠池)及上美照相器材行製的 SM-04 型，相機採用 Olympus μ -II(登山口、七卡山莊、3.6K 處、369 山莊)(圖 4-1a)，於 2011 年四月份之後已將底片型紅外線自動照相機皆更換為 RECONYX 紅外線數位自動相機。分別為 RC-55 型及 PC800 型兩種。各樣區設置固定樣點(plot)放置 2 台自動相機(#1 & #2，相機各 GPS 定位點請見附錄 4-1)，本年度每路線記憶卡回收以 3 個月為基準，並同時更換電池及記憶卡，資料攜回實驗室上傳電腦後進行相片物種辨識。

另外，於樣區內以穿越線方式記錄中大型哺乳動物之特殊痕跡(排遺、足跡、磨角痕跡與食痕等)，亦記錄調查人員於樣區與樣區間移動行進時所發現的任何跡象。各相機出現物種有效照片，以出沒指數(Occurrence Index, OI)代表族群相對豐富度，指數計算公式為 $OI=(\text{半小時內有效照片數}/\text{相機有效工作時數})\times 1000$ 。



3. 翼手目動物調查：利用蝙蝠偵測器(Anabat II system)測錄蝙蝠夜間活動所發出之超音波頻率，記錄的資料攜回實驗室進行種類及數量的判別；每次調查時，於樣區周遭選擇適合地點，架設一具豎琴網(Harp trap)進行捕捉，次日早晨檢視有無蝙蝠，辨識物種後，記錄種類、性別、數量及各項測量形質，再以標示號碼之塑膠翼環編號後原地釋回。此實驗選定七卡山莊(海拔 2,400 m) 與黑森林(海拔 3,300 m) 兩個樣區進行調查(圖 4-1b)。



三、結果與討論

(一) 小型哺乳類採集結果

2009 年 3 月至 2013 年 11 月以來，一共捕獲 10 種的哺乳動物；6 種啮齒目，分別為森鼠(*Apodemus semotus*)、黑腹絨鼠(*Eothenomys melanogaster*)、高山白腹鼠(*Niviventer cultratus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)、巢鼠(*Micromys minutus*)與條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)；2 種鼯型目，分別為短尾鼯(*Anourosorex aquamipes*)與長尾鼯(*Episoriculus fumidus*)；2 種食肉目，分別是黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與小黃鼠狼(*Mustela nivalis*)(表 4-1)，本年度捕獲新紀錄的物種為巢鼠，其餘以森鼠、黑腹絨鼠、高山白腹鼠、高山田鼠、短尾鼯及長尾鼯為主。詳細捕捉資料請見附錄 8-2。

本年度捕獲森鼠、黑腹絨鼠、高山白腹鼠、高山田鼠、巢鼠、長尾鼯及短尾鼯等七種，分別為 57、12、6、7、1、4 及 1 隻次(表 4-1)。將本年度調查結果一併列入往年調查結果計算，並依各海拔樣區作區分，森鼠於各海拔樣區皆有被捕捉到的紀錄，分別在登山口捕捉到 68 隻個體，七卡山莊捕捉到 140 隻個體，3.6K 捕捉到 60 隻個體，東峰 5.2K 樣區捕捉到 8 隻個體，369 山莊捕捉到 123 隻個體，黑森林捕捉到 49 隻個體，圈谷捕捉到 33 隻個體，雪山主峰捕捉到 10 隻個體，翠池捕捉到 47 隻個體；高山田鼠僅於雪山東峰海拔以上的樣區才有所捕獲，分別於東峰 5.2K 捕捉到 19 隻個體，369 山莊捕捉到 9 隻個體，黑森林捕捉到 24 隻個體，圈谷捕捉到 23 隻個體，雪山主峰捕捉到 8 隻個體，翠池捕捉到 1 隻個體；黑腹絨鼠則與高山田鼠相反，僅在海拔較低的樣區捕獲，其分別在登山口捕捉到 75 隻個體，七卡山莊捕捉到 6 隻個體，3.6K 捕捉到 15 隻個體；高山白腹鼠亦僅於較低海拔的樣區捕獲，分別在登山口捕捉到 3 隻個體，七卡山莊捕捉到 44 隻個體，3.6K 捕捉到 2 隻個體；而本年度 2 月份於 369 樣區增加一新紀錄物種-巢鼠，共捕獲 1 隻個體，為 2009 年以來第 1 隻樣本；條紋松鼠則只於七卡山莊捕獲 2 隻；長尾鼯於登山口、七卡、3.6K、東峰 5.2k、369、黑森林、圈谷與翠池都有捕捉紀錄，為 3、2、4、7、1、2、2 和 3 隻；短尾鼯於登山口、3.6K 和東峰 5.2k 各捕獲 3、1 和 1 隻；3.6K、369 山莊與圈谷都有捕獲黃鼠狼的紀錄，分別為 1 隻、1 隻和 2 隻；小黃鼠狼則於黑森林及翠池各捕獲 1 隻個體(表 4-2)。將捕捉到的小型哺乳類隻數計算 Shannon's diversity index 和 Simpson's diversity index，不論是 Shannon's diversity index 和 Simpson's diversity index，數據較高值主要出現在登山口、東峰 5.2K 及圈谷樣

區，Shannon's diversity index 和 Simpson's diversity index 的較低值出現在 369 山莊樣區及翠池樣區(表 4-2)。

因為每個樣區的捕捉天數與設老鼠籠數量不盡相同，所以我們將資料轉換成每 100 Trap Night (100TN)：

$$100 \text{ Trap Night} = \left(\frac{\text{每月每物種捕捉個體數}}{\text{每月總共設置老鼠籠數}} \right) \times 100$$

將資料標準化來看各樣區物種的豐富程度。森鼠在七卡山莊的數量最高，100TN 值為 75.07，其次為 369 山莊，為 67.55，數量較低的樣區為東峰 5.2K 與雪山主峰，100TN 值只有 4.52 與 5.39；高山田鼠與黑腹絨鼠則分別以圈谷與登山口數量最多，100TN 值分別為 11.96 與 42.81；高山白腹鼠在七卡山莊的 100TN 值為 23.47 最高。以各樣區來說，3.6K 所捕捉到的物種數量最多，為 6 種，雪山主峰最少，僅 2 種(表 4-3)。一樣利用 100TN 的值來計算 Shannon's diversity index 和 Simpson's diversity index，其較高值依然出現在登山口、東峰 5.2K 及圈谷樣區，較低點則出現在 369 山莊與翠池樣區(表 4-3)。

將主要捕捉到的優勢物種：森鼠、黑腹絨鼠、高山白腹鼠與高山田鼠，結合前四年度(2009 至 2012 年度)的捕捉資料，進行其族群變動情形的分析。因為森鼠於各月份各樣點都有捕獲紀錄，為合併本年度與前三年度的資料分析，將森鼠按照前三年度的資料區分為七卡山莊路線及三六九山莊路線的捕捉記錄來進行分析，在七卡山莊路線中，可見數量最少為 2012 年 11 月份，最多為 2010 年 11 月份；三六九山莊路線數量最多出現於 2010 年 6 月，數量較少的則是出現在 2010、2011 及 2012 年的 2 月份(圖 4-2)；黑腹絨鼠亦是每次皆有捕捉到個體，數量高峰出現在 2011 年 3 月份及 11 月份，最低則為 2010 年 3 月份及 2012 年的 11 月份和 2013 年的 11 月份，本年度捕獲數量多集中於登山口樣區(圖 4-3)；高山白腹鼠除了 2009 年 11 月份、2010 年 1 及 11 月份、2011 年 9 月份、2012 年 11 月份與 2013 年 11 月份外，其他月份都有捕獲，其數量高點出現在 2011 年 11 月份，而捕獲數量穩定集中於七卡山莊樣區(圖 4-4)；高山田鼠除了 2010 及 2012 年的 2 月份與 2013 年 5 月及 9 月無捕獲記錄外，其餘月份都有捕捉到個體，本年度 5 月份則是因為梅雨鋒面影響，導致黑森林以上的樣區皆無進行捕捉調查，高山田鼠的捕捉數量較高峰出現在 2010 年 6 月份及 2011 年 8 月份(圖 4-5)。高山田鼠與三六九山莊路線的森鼠於 2010 年間與 2011

年間的數量高峰期皆出現於夏季，似乎有固定族群消長的模式，但相對於較低海拔的森鼠、黑腹絨鼠及高山白腹鼠似乎並沒有明顯的模式(圖 4-2、4-3、4-4 及 4-5)。

根據伯格曼法則 (Bergmann's rule)，同一種類恆溫動物的體型會隨著生活地區緯度的增高而變大。由於隨著體型的增大，動物的相對體表面積 (即體表面積與動物體積之比) 變小，從而導致體表發散比率變小，因而能更好地保存熱量以適應高緯度地區的寒冷環境。相較於臺灣地區的高山，緯度的變化或許可以轉換成海拔梯度的變化，較高海拔的環境可能與高緯度地區的寒冷環境相似，因此本年度將這五年所捕獲的森鼠，排除尚未達性成熟的個體，將這些記錄中的體重進行分析，並且觀察個體間的體重在相同海拔分布的樣點是否有差異。迴歸分析的結果顯示體重與海拔高度並無顯著相關($P=0.282$)，但是統計量稍微呈現正相關，此說明雖然不符合伯格曼法則，但是海拔的差異仍然呈現些微影響，但可能因為樣區海拔的差異不夠，從登山口到主峰的環境溫度變化尚無法從森鼠的體重看出變化，或者可能是因為此法則著重於體型大小造成體表發散比率的高低，只是單從森鼠的體重來看並無法完全符合(圖 4-6)。

表 4-1. 2009 年至 2013 年 11 月齧齒目、鼬型目與食肉目捕捉資料(隻次)

	齧齒目						鼬型目		食肉目	
	森鼠 (<i>Apodmus semotus</i>)	黑腹絨鼠 (<i>Eothenomys melanogaster</i>)	高山白腹鼠 (<i>Niviventer culturatus</i>)	高山田鼠 (<i>Microtus kikuchii</i>)	巢鼠 (<i>Micromys minutus</i>)	條紋松鼠 (<i>Tamiops maritimus</i>)	長尾鼬 (<i>Episoriculus fumidus</i>)	短尾鼬 (<i>Anourosorex aquamipes</i>)	黃鼠狼 (<i>Mustela sibirica</i>)	小黃鼠狼 (<i>Mustela nivalis</i>)
2013 年 2 月份	11	5	2	5	1	0	1	1	0	0
2013 年 5 月份	17	4	1	0	0	0	2	0	0	0
2013 年 9 月份	22	3	3	0	0	0	0	0	0	0
2013 年 11 月份	7	0	0	2	0	0	1	0	0	0
2009 年	110	33	15	15	0	1	3	0	2	0
2010 年	192	13	8	30	0	0	3	2	1	1
2011 年	134	31	14	23	0	1	10	2	1	1
2012 年	37	6	5	6	0	0	4	0	0	0
2013 年	57	12	6	7	1	0	4	1	0	0
總和	530	95	48	81	1	2	24	5	4	2

註：2009-2011 年皆為每個月捕捉調查，2012-2013 年皆為一季一次捕捉調查。

(資料來源：本研究資料)

表 4-2. 2009 年至 2013 年 11 月小型哺乳動物各樣區捕捉資料(隻次)

	登山 口	七卡 山莊	3.6K	東峰 5.2K	369 山莊	黑森 林	圈谷	雪山 主峰	翠池	總計
森鼠	68	140	60	8	123	49	33	10	47	538
高山白腹鼠	3	44	2	0	0	0	0	0	0	49
黑腹絨鼠	75	6	15	0	0	0	0	0	0	96
高山田鼠	0	0	0	19	9	24	23	8	1	84
巢鼠	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
條紋松鼠	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
長尾鼯	3	2	4	7	1	2	2	0	3	24
短尾鼯	3	0	1	1	0	0	0	0	0	5
黃鼠狼	0	0	1	0	1	0	2	0	0	4
小黃鼠狼	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
總計	152	194	83	35	135	76	60	18	52	805
Shannon's index	0.41	0.34	0.38	0.47	0.16	0.35	0.40	0.30	0.18	
Simpson's index	0.56	0.43	0.45	0.63	0.17	0.49	0.56	0.52	0.18	

註：Shannon's index 為以 log10 計算

(資料來源：本研究資料)

表 4-3. 2009 年至 2013 年 5 月小型哺乳動物各樣區捕捉資料(100 Trap Night)

	登山口	七卡 山莊	3.6K	東峰 5.2K	369 山莊	黑森林	圈谷	雪山 主峰	翠池
森鼠	40.52	75.07	34.24	4.52	67.55	25.40	17.11	5.39	23.04
高山白腹鼠	2.01	23.47	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑腹絨鼠	42.81	3.38	7.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
高山田鼠	0.00	0.00	0.00	9.86	4.17	11.78	11.96	4.16	0.51
巢鼠	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00
條紋松鼠	0.00	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
長尾鼯	1.47	0.75	2.79	3.47	0.92	1.02	0.98	0.00	1.43
短尾鼯	2.21	0.00	0.50	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黃鼠狼	0.00	0.00	0.37	0.00	0.50	0.00	0.89	0.00	0.00
小黃鼠狼	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.51
Shannon's index	0.41	0.33	0.38	0.47	0.16	0.34	0.39	0.30	0.18
Simpson's index	0.57	0.43	0.44	0.65	0.16	0.49	0.56	0.55	0.19

註：Shannon's index 為以 log10 計算

(資料來源：本研究資料)

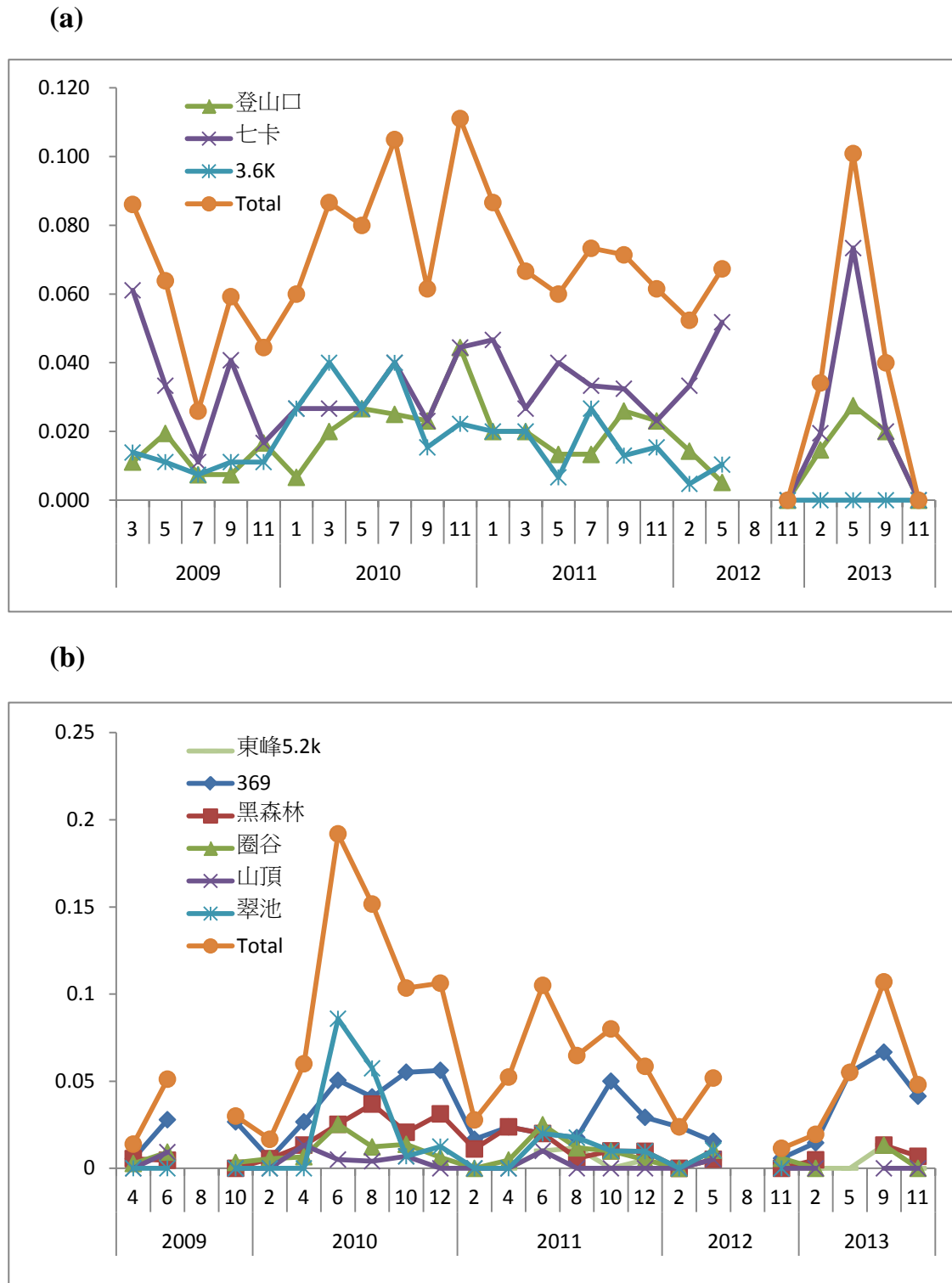


圖 4-2. 2009 年至 2013 年 11 月森鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料(a)七卡山莊路線(b)369 山莊路線。

(資料來源：本研究資料)

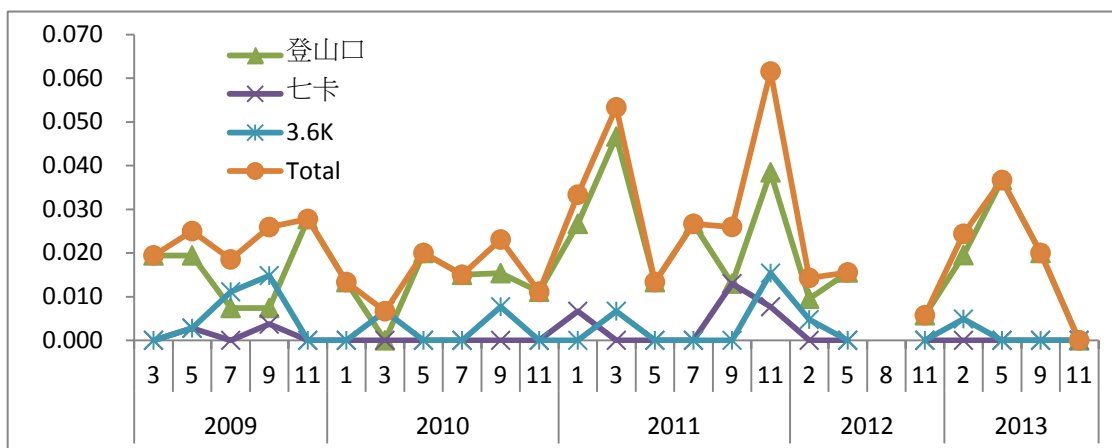


圖 4-3. 2009 年至 2013 年 11 月黑腹絨鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料。
(資料來源：本研究資料)

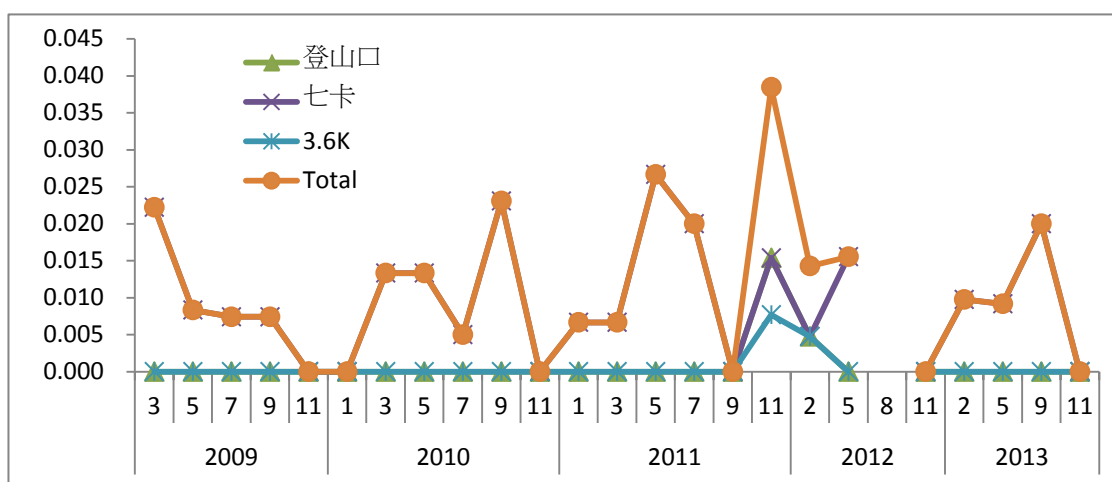


圖 4-4. 2009 年至 2013 年 11 月高山白腹鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料。
(資料來源：本研究資料)

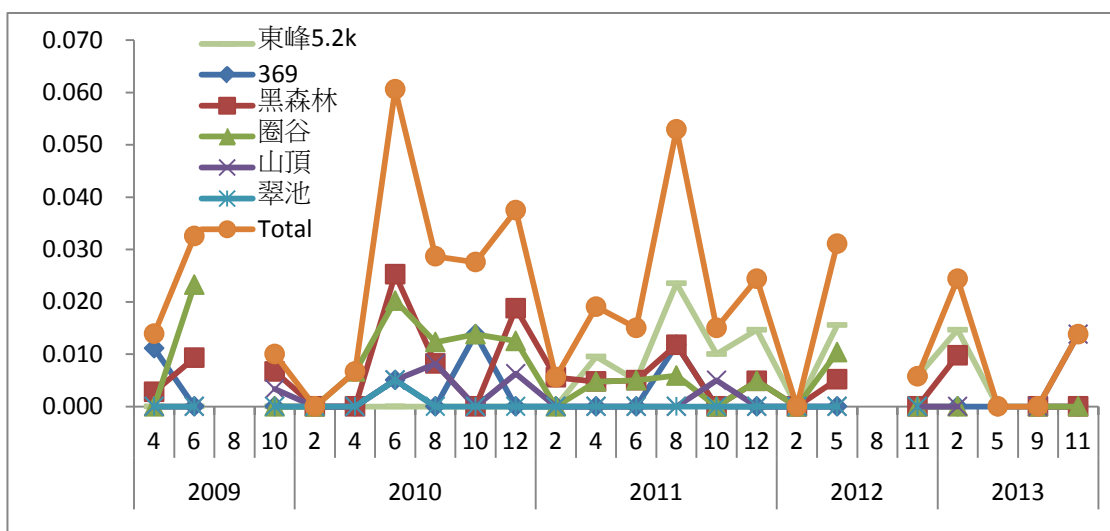


圖 4-5. 2009 年至 2013 年 11 月高山田鼠每 100 捕捉夜(100 Trap Night)資料
(資料來源：本研究資料)

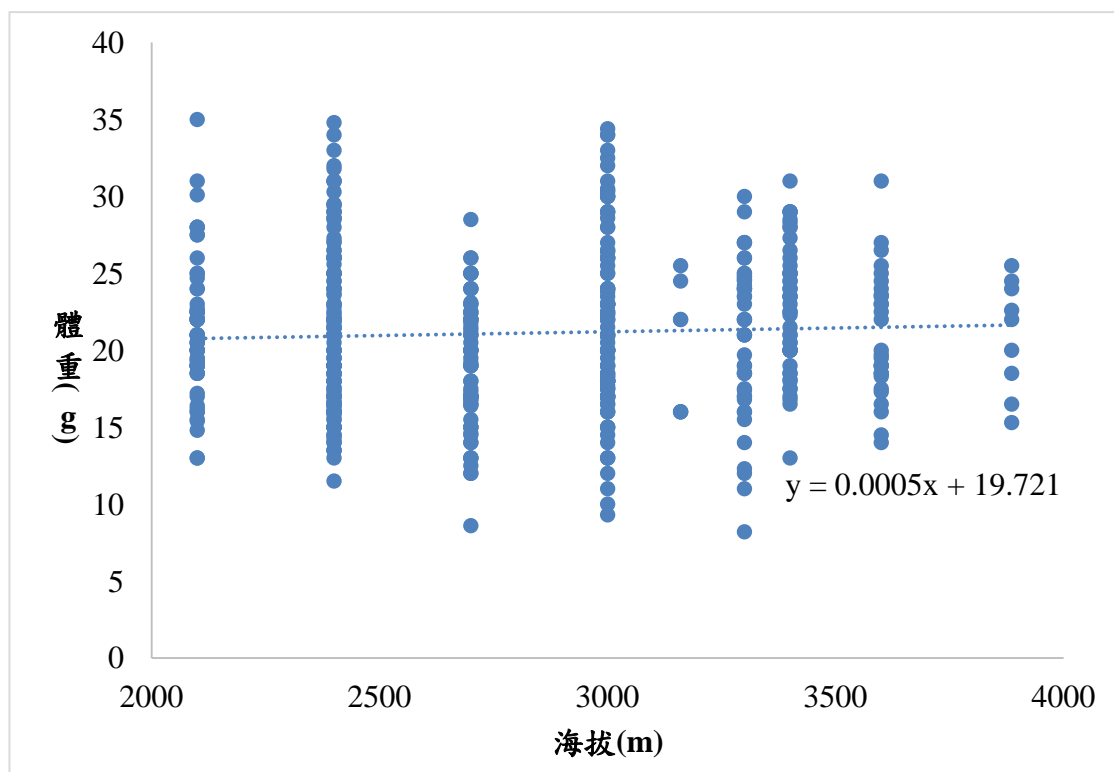


圖 4-6. 2009 至 2013 年 11 月各樣區之森鼠體重差異分布。
(資料來源：本研究資料)

(二) 中大型哺乳類自動相機結果

2009 年的調查中，紅外線自動相機的有效照片結果中，拍到 9 種哺乳類動物，分別是山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)、長鬃山羊(*Capricornis swinhoci*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、白面鼯鼠(*Petaurista alborufus lena*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、長吻松鼠(*Dremomys pernyi owstoni*)、高山白腹鼠(*Niviventer cullturatorus*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)與鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)；2010 年度的相機資料中，調查到 12 種哺乳動物，其中有 3 種是新紀錄的哺乳動物，分別為水鹿(*Cervus unicolor swinhoei*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)與臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)，2011 年度相機資料中，紀錄到 14 種哺乳動物，有 3 種是新紀錄的哺乳動物，分別是條紋松鼠(*Tamiops maritimus formosanus*)、高山田鼠(*Microtus kikuchii*)、森鼠(*Apodemus semotus*)，其中白鼻心在此年度並沒有紀錄到。2012 年度則記錄有 9 種哺乳動物，然並無新紀錄的哺乳動物種類。2013 年度共記錄有 11 種哺乳動物，但是無新紀錄物種。總和目前五年的資料，一共紀錄有 15 種哺乳動物。詳細紀錄之物種及有效照片張數請見表 8-4。各樣區紅外線自動照相機工作時數請見表 4-5。

數位式紅外線自動相機與傳統式底片型紅外線自動相機相比，工作時數明顯較高，在 2011 年 3 月份調查時已將傳統式自動相機全數置換成 Reconyx PC800 型數位式紅外線自動相機，目的是為了增加工作效率及資料完整度，更可減少調查人員造成的人為干擾，然本計畫至今已進行至第五年，雖已將底片型的自動相機換為數位型，但是於計畫第一年開始即架設的數位型自動相機開始有故障情形發生，黑森林樣區在本年度發現兩台相機皆發生休眠的情形，翠池樣區的相機也出現故障無法拍照的狀況，雖有進行維修更換，但是仍然缺少了某些月份的相機資料(表 4-5)。

在各物種之中，以山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴數量最多(表 4-4 及表 4-6)，其中山羌最為優勢(有效照片數量較多，平均 OI 值較高)，除了翠池與圈谷的平均 OI 值低於長鬃山羊之外，山羌平均 OI 值在各樣區皆為最高，各樣區皆有山羌拍攝紀錄，但其分佈還是以黑森林以下的海拔高度為主，山羌平均 OI 值最低為圈谷樣區(平均 OI=5.07)，最高為 3.6K 樣區(平均 OI=80.03)，另外 369 山莊的平均 OI 值不高，推測 369 山莊人為干擾較大，所以對山羌的出沒頻度影響也較大，而圈谷最低可能是因為山羌主要分佈以較中海拔環境為主(圖 4-7)。

本年度於登山口新記錄到長鬃山羊，顯示雪東線全線皆有長鬃山羊出沒，長鬃山羊平均 OI 值最低為登山口樣區(平均 OI=1.80)，最高為翠池樣區(平均 OI=16.20)，推測可能因素為長鬃山羊多分佈於較高海拔的環境(圖 4-8)，且黑森林至翠池樣區屬於較為連續性的森林環境，可提供較好的棲息地。臺灣獼猴亦是從登山口至翠池都有拍攝紀錄，臺灣獼猴平均 OI 值最低的出現在登山口樣區(平均 OI=2.34)，最高為黑森林樣區(平均 OI=8.87)，黑森林為一連續的森林樣區，可以提供臺灣獼猴較好的棲息環境與較多的食物來源，因此黑森林的臺灣獼猴族群密度明顯較高，但是獼猴並沒有特別偏好分佈於何種海拔環境，從登山口至翠池樣區皆呈現穩定分佈(圖 4-9)。在各樣區中，以黑森林樣區所拍攝到的物種數為最多，共 12 種(山羌、長鬃山羊、臺灣獼猴、白面鼯鼠、赤腹松鼠、長吻松鼠、高山白腹鼠、森鼠、黃鼠狼、臺灣野豬、白鼻心和高山田鼠)，而拍攝物種數最少的樣區為圈谷，僅只 5 種(山羌、長鬃山羊、臺灣獼猴、白面鼯鼠與黃鼠狼)。

將山羌、長鬃山羊及臺灣獼猴依據不同海拔樣區，分析不同年度的平均 OI 值差異，可發現較低海拔的登山口至 3.6K 樣區的山羌，在 2012 至 2013 年於 3.6K 樣區有較高的平均 OI 值，而 369 以上的樣區則是較為一致(圖 4-7)。而長鬃山羊的分布情形則是在圈谷及黑森林樣區有較高的平均 OI 值，另外，2012 至 2013 有在較低海拔的樣區零星記錄到長鬃山羊的個體，大致上長鬃山羊仍以較高海拔的黑森林、圈谷及翠池樣區為棲息環境，亦可能這些樣區具有較為適合的環境提供棲息(圖 4-8)。在臺灣獼猴的部分更是看不出來海拔梯度的變化對其分布有何影響，各年度間並無明顯差異，而在不同海拔樣區間則可看出臺灣獼猴較傾向於黑森林樣區，此應為樣區環境差異造成，因黑森林為一連續的森林樣區，可以提供臺灣獼猴較好的棲息環境與較多的食物來源(圖 4-9)。

將較優勢的物種，山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴的有效照片，依出沒時間不同作為區別，分析其 1 日間活動模式的不同。總有效照片數量去計算各時間的百分比，將資料標準化，山羌的活動模式為整天都有活動，但有 2 個主要的活動高峰期，分別為 05:00 至 08:00 與 16:00 至 18:00(圖 4-10)；而長鬃山羊亦是整日皆活動，但是在上午時段較不活躍，活動高峰期主要是從下午的 14:00 開始漸增至 17:00 達到高峰，隨後降低待 21:00 後維持較穩定的整夜活動(圖 4-10)；臺灣獼猴在晚上則幾乎完全不活動，其活動主要是從 05:00-18:00，而活動高峰期為 06:00-16:00(圖 4-10)。

單獨探討山羌於不同樣區的活動模式，可發現七卡樣區的山羌似乎呈現白天皆有活動，晨昏頻度稍微高一點。而高海拔的圈谷樣區在清晨有稍微較晚一點才活動的趨勢，而在入夜後至隔日清晨幾乎無活動。其餘樣區皆呈現明顯的晨昏兩個高峰的活動模式(圖 4-11)。

將本年度資料與 2011 至 2012 年記錄的各物種幼獸的有效照片，依出沒的月份進行分析，可發現山羌及長鬃山羊趨向於整個年度皆有育幼行為，但在冬季約 2、3 月份比例偏低，山羌多於夏季可見幼獸，而長鬃山羊則是在春末夏初可見較多幼獸被記錄到，另外臺灣野豬幼獸主要是在 2011 年的 8 至 10 月以及 2013 年的 10 月有被紀錄到，而臺灣獼猴則是於 2012 年夏季的 6 月過後至隔年 2 月皆有被紀錄，另外 2013 年度在夏季 5 至 10 月份亦有被記錄到(圖 4-12)。

將五年來各相機所拍攝到的動物記錄與相機架設的海拔高度進行分析，以每個月份來看，山羌基本上在分布下界較無明顯變化，但是在分布上界大約可以看出在冬季到春季之間，傾向於在 3500 公尺以下的地區活動，夏季過後的月份會較容易在 3500 公尺以上的地區活動(圖 4-13)。長鬃山羊則是在分布上界較無明顯差異，反而是分布下界較有變化，尤其在 2009 年的冬季在較低海拔的範圍容易被記錄到，但後幾年發現長鬃山羊的分布呈現較為廣泛分布的趨勢，但是主要還是分布於 2500 公尺以上(圖 4-14)，而此發現的時間點也剛好落於本研究將自動照相機全面換成數位型相機的時候，或許可能因為調查工具的進步造成了更有效的調查結果。臺灣獼猴則較沒有明顯的分布上界或下界，但是在冬末春初的時段較為零星分布，且冬季在高海拔地區有較多的活動，此結果尚無明確的現象可以解釋(圖 4-15)。

將五年來的氣象因子資料與動物的平均 OI 值進行相關分析，發現不論是圈谷或黑森林樣區的山羌、長鬃山羊和臺灣獼猴的出沒指數皆與氣溫有顯著相關，唯獨長鬃山羊在黑森林樣區呈現負相關。另外長鬃山羊在圈谷與濕度因子呈現顯著負相關，其餘皆未達顯著。而雨量因子在黑森林樣區與此三種動物皆呈現顯著相關，其中山羌與長鬃山羊呈現負相關，臺灣獼猴呈現正相關。另外長鬃山羊在圈谷亦與雨量因子呈現顯著負相關(表 4-8)。

根據 2012/11/1 至 2013/10/31 的雪山線入園人數，以及山羌在登山口樣區的平均 OI 值進行相關性分析，結果所得到的 Pearson 相關係數為 0.018，顯著性為 0.739，並未達統計顯著，顯示入園人數的多寡與山羌在登山口樣區出沒

的活動並沒有影響。

表 4-4. 2009 年至 2013 年 11 月紅外線自動相機拍攝之有效照片(張數)

物種名稱	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	總計
山羌	860	637	2589	2886	3139	10111
水鹿	0	9	26	29	2	66
長鬃山羊	149	426	673	798	534	2580
臺灣野豬	0	2	14	35	7	58
臺灣獼猴	150	148	212	200	175	885
白面鼯鼠	2	18	20	31	20	91
赤腹松鼠	5	29	9	1	0	44
長吻松鼠	3	12	45	31	18	109
條紋松鼠	0	0	1	0	0	1
森鼠	0	15	31	0	1	47
高山田鼠	0	0	2	0	0	2
高山白腹鼠	2	9	35	1	1	48
黃鼠狼	25	16	24	23	20	108
鼬獾	11	7	15	12	6	51
白鼻心	0	1	0	0	0	1
總計 15 種	1207	1329	3696	4047	3923	14202

(資料來源：本研究資料)

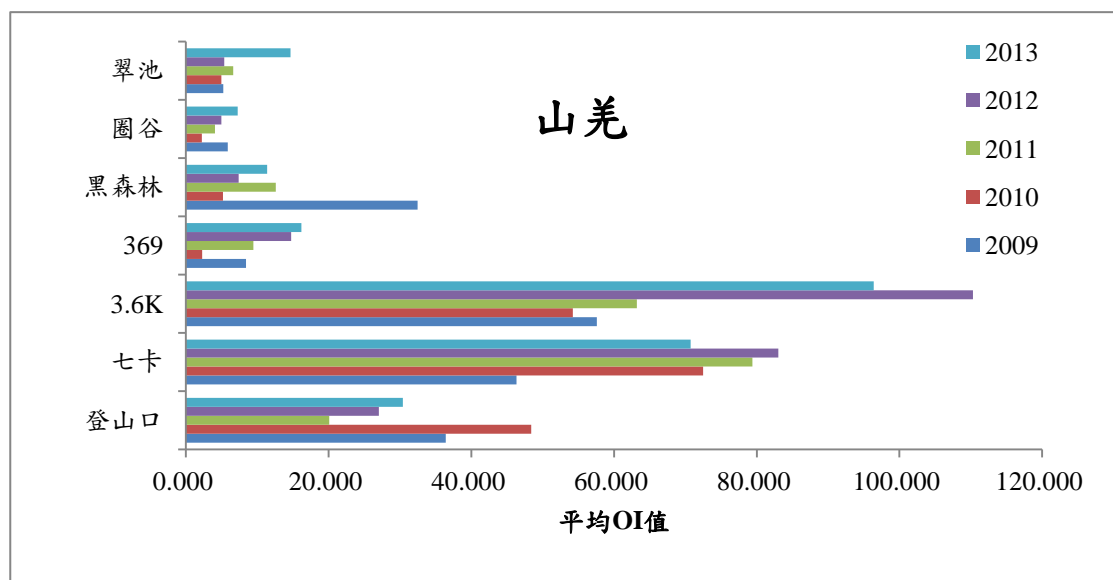


圖 4-7. 2009 年至 2013 年 11 月山羌在各海拔樣區分佈的 & 平均 OI 值。

(資料來源：本研究資料)

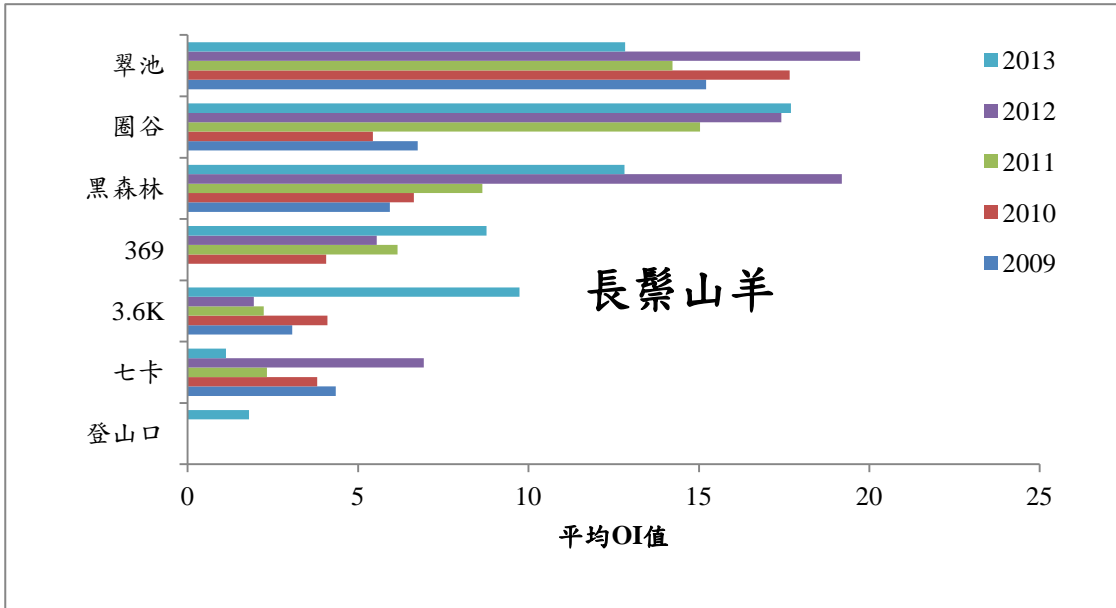


圖 4-8. 2009 年至 2013 年 11 月長鬃山羊在各海拔樣區分佈的&平均 OI 值。
(資料來源：本研究資料)

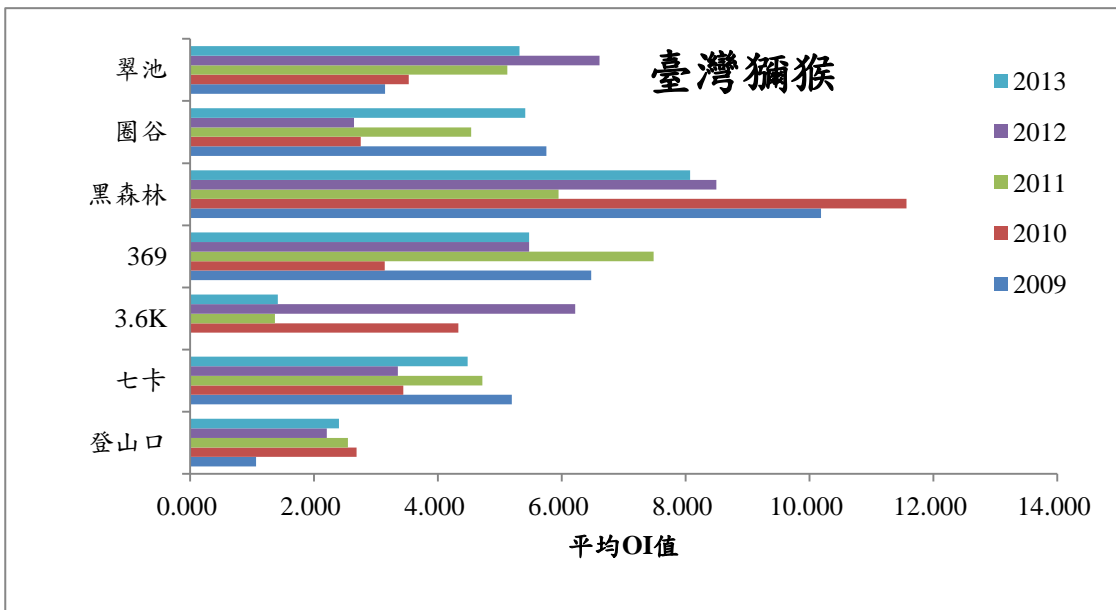


圖 4-9. 2009 年至 2013 年 11 月臺灣獼猴在各海拔樣區分佈的&平均 OI 值。
(資料來源：本研究資料)

表 4-5. 2009 年至 2013 年 11 月各樣區紅外線自動相機工作時數(hr)

	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	總計
登山口	7750.20	6359.13	17191.03	12266.23	14800.76@	58367.35
七卡	4199.15	4224.25	16073.57	11805.33	11722.75	48025.05
3.6K	2520.78	5677.08	14832.89	10255.22	16925.76	50211.73
369	1802.30	5055.34	16897.20	6916.57@	14884.66	45556.07
黑森林	9515.21	15785.83	17691.17	12208.10	8480.81@	63681.12
圈谷	7941.72	11083.05	14435.42*	11343.85	14906.64	59710.68
翠池	1907.00	13729.15	18643.06	12328.04	10014.60@	56621.85
總計	35636.36	61913.83	115764.33	77123.33	91736.00	382173.85

*：調查過程中遇相機或記憶卡失竊導致資料缺損。 @：調查過程中遇相機休眠或故障。

(資料來源：本研究資料)

表 4-6. 2009 年至 2013 年 11 月各樣區紅外線自動相機照片資料(平均 OI 值)

	登山口	七卡	3.6K	369	黑森林	圈谷	翠池	總平均
山羌	30.98	72.15	80.03	13.02	12.52	5.07	8.24	36.97
水鹿	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.91	3.91
長鬃山羊	1.80	4.03	5.05	6.82	10.84	14.25	16.20	11.31
臺灣野豬	0.00	5.03	3.69	0.00	3.16	0.00	1.29	4.15
臺灣獼猴	2.34	4.35	3.88	5.60	8.87	4.17	5.17	5.63
白面鼯鼠	1.55	3.38	3.82	3.51	1.53	1.49	1.45	2.86
赤腹松鼠	6.00	0.00	3.67	2.12	0.93	0.00	0.00	4.31
長吻松鼠	2.95	4.84	4.63	1.91	2.79	0.00	0.00	3.76
條紋松鼠	0.00	0.00	0.00	2.04	0.00	0.00	0.00	2.04
森鼠	3.32	0.00	3.51	4.28	1.40	0.00	0.00	3.61
高山白腹鼠	3.02	0.00	3.31	6.80	4.29	0.00	0.00	4.55
高山田鼠	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	0.00	2.80
黃鼠狼	3.67	4.60	2.75	2.97	1.63	1.51	1.20	2.93
鼬獾	3.18	9.93	2.11	1.35	0.00	0.00	0.00	4.44
白鼻心	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.83
物種數	10	8	11	11	12	5	7	共 15 種
Shannon's index	0.74	0.55	0.58	0.95	0.92	0.55	0.68	

註：Shannon's index 為以 log10 計算。

(資料來源：本研究資料)

表 4-7. 2009 年至 2013 年 11 月各月份紅外線自動相機照片資料(平均 OI 值)

年份	月份	山羌	水鹿	長鬃山羊	臺灣野豬	臺灣獼猴	白面鼯鼠	赤腹松鼠	長吻松鼠	條紋松鼠	森鼠	高山白腹鼠	高山田鼠	黃鼠狼	鼬獾	白鼻心	
2009	3-4	4.788				1.102										9.064	
	4-5	25.530		7.261		1.927											
	5-6	54.130		5.657		6.144											
	6-7	30.736		4.711		7.637		1.872	1.872					1.872			
	7-8	63.249		9.301		8.072			3.640								
	8-9	22.626		3.449		13.019		1.434									
	9-10	33.643		6.299		8.983	0.955					2.308		4.260	1.117		
	10-11	19.940		9.501		4.195		2.160				1.165		5.221	0.990		
	2010	12-1	37.056		5.790		3.964		0.848	12.573					3.491		
		2-3	22.510		9.956		1.884										
		3-4	19.147		6.206		2.067	2.230	0.954	1.384					3.024	4.382	
4-5		28.459	1.299	8.197		2.041	7.011	3.089	2.327					1.440	1.737		
5-6		44.744		6.105		2.775	3.848	3.862				3.862		6.555		0.833	
6-7		54.576	1.395	15.371	1.212	8.142	6.410	8.006	3.082					14.656			
7-8		2.322	2.058	10.194		14.240											
8-9		58.818	5.690	7.127	12.394	10.602		30.184				3.018		1.548	3.130		
9-10		37.083	2.097	8.303		5.701	0.991	12.353				9.107					
10-11		22.323		13.947		2.400	3.344	3.564	4.254			5.528					

(資料來源：本研究資料)

表 4-7(續). 2009 年至 2013 年 11 月各月份紅外線自動相機照片資料(平均 OI 值)

年份	月份	山羌	水鹿	長鬃山羊	臺灣野豬	臺灣獼猴	白面鼯鼠	赤腹松鼠	長吻松鼠	條紋松鼠	森鼠	高山白腹鼠	高山田鼠	黃鼠狼	鼬獾	白鼻心
2011	12-1	26.019	1.063	12.112	3.242	3.732		0.968	6.762		2.196	9.602		1.920	2.196	
	1-2	27.140		11.425		5.416	5.113	1.432	17.804		7.274	7.122		5.159		
	2-3	21.899		4.263			2.429	2.459			2.459					
	3-4	10.802		8.647		7.717				2.043	1.929			4.541		
	4-5	25.607	2.479	6.758		1.041	1.047	0.976	4.487		0.997	0.997		0.997		
	5-6	27.423		8.915	1.193	1.264	1.333	3.790	7.539		3.458			1.336		
	6-7	46.022		9.023		2.386	1.147		1.911		2.637	5.266		5.301	1.344	
	7-8	52.819		11.557	1.485	8.360	2.189	1.468	5.723		1.418			1.418	7.360	
	8-9	48.476	2.901	8.892	3.043	6.360	1.443		2.896		2.890	1.445		3.638	2.180	
	9-10	35.670		11.121	1.661	8.277	1.703		5.622		6.882	7.496		1.874	6.574	
	10-11	27.492	20.386	10.398	1.646	4.219	3.277		1.430		1.398	2.872	2.796			
11-12	28.115	6.872	10.899	1.336	4.148	1.120		2.593		3.585	7.018		1.510			
2012	12-1	32.612		14.116	6.282	2.980										
	1-2	37.076		14.597		2.914	1.574							1.624		
	2-3	20.567	4.933	10.215		4.245										
	3-4	17.877	1.506	14.034	1.567	6.417			2.859					1.396		
	4-5	33.022	2.280	9.054	1.867	1.845										
	5-6	34.396	3.339	16.032	6.746	3.239	0.820		2.027							
	6-7	81.555	3.338	19.758	2.402	8.410	2.324		2.550					3.504	2.347	
	7-8	44.487	6.892	15.190	4.371	6.821			4.546					2.897		
	8-9	42.765	4.425	19.089	5.174	7.781	1.199							1.960	14.745	
	9-10	39.184	5.438	21.371	5.390	4.459	4.681		2.084					2.725	3.709	
	10-11	61.162	1.466	14.065		5.947	9.487		10.900							
11-12	30.384		10.024		2.432	3.131	1.373	1.812			1.334		1.343	1.351		

(資料來源：本研究資料)

表 4-7(續). 2009 年至 2013 年 11 月各月份紅外線自動相機照片資料(平均 OI 值)

年份	月份	山羌	水鹿	長鬃山羊	臺灣野豬	臺灣獼猴	白面鼯鼠	赤腹松鼠	長吻松鼠	條紋松鼠	森鼠	高山白腹鼠	高山田鼠	黃鼠狼	鼬獾	白鼻心
2013	12-1	26.059	1.717	17.852	26.960	2.573	4.187		4.971							1.396
	1-2	34.779		6.987		5.975	1.428									3.005
	2-3	26.186	1.670	6.667		6.111	5.761		1.433							2.946
	3-4	27.785		7.482		8.559	2.289		3.605		1.388	1.388				1.426
	4-5	29.411		16.597		1.618	2.833		2.891							1.445
	5-6	38.449		24.797												
	6-7	47.644		9.580	1.718	4.344	2.532		3.448							0.822
	7-8	63.695		14.579		6.005	1.450		2.740							2.158 1.575
	8-9	46.924		15.438	3.795	7.007	2.550		1.275							1.257 2.422
	9-10	46.553	1.702	11.945	1.595	5.717			1.555							3.089 2.322
	10-11	39.618		10.195	1.189	5.601	1.777		2.973							1.189

(資料來源：本研究資料)

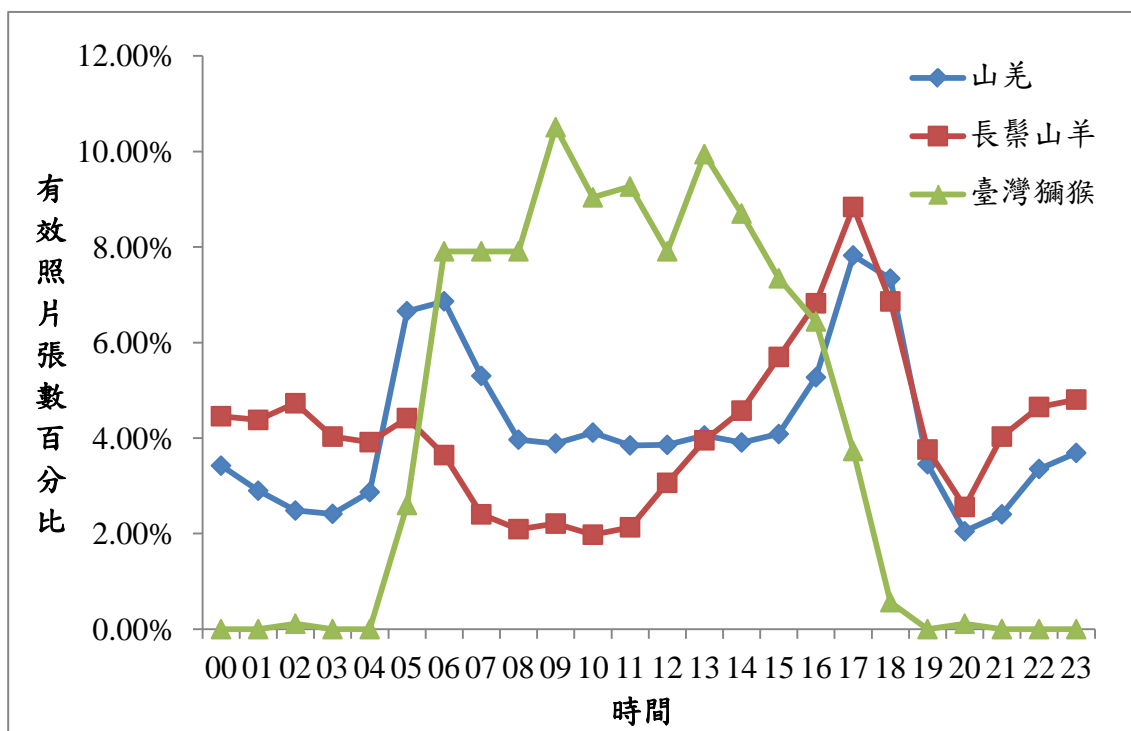


圖 4-10. 山羌、長鬃山羊及臺灣獼猴 1 日間活動模式。

(資料來源：本研究資料)

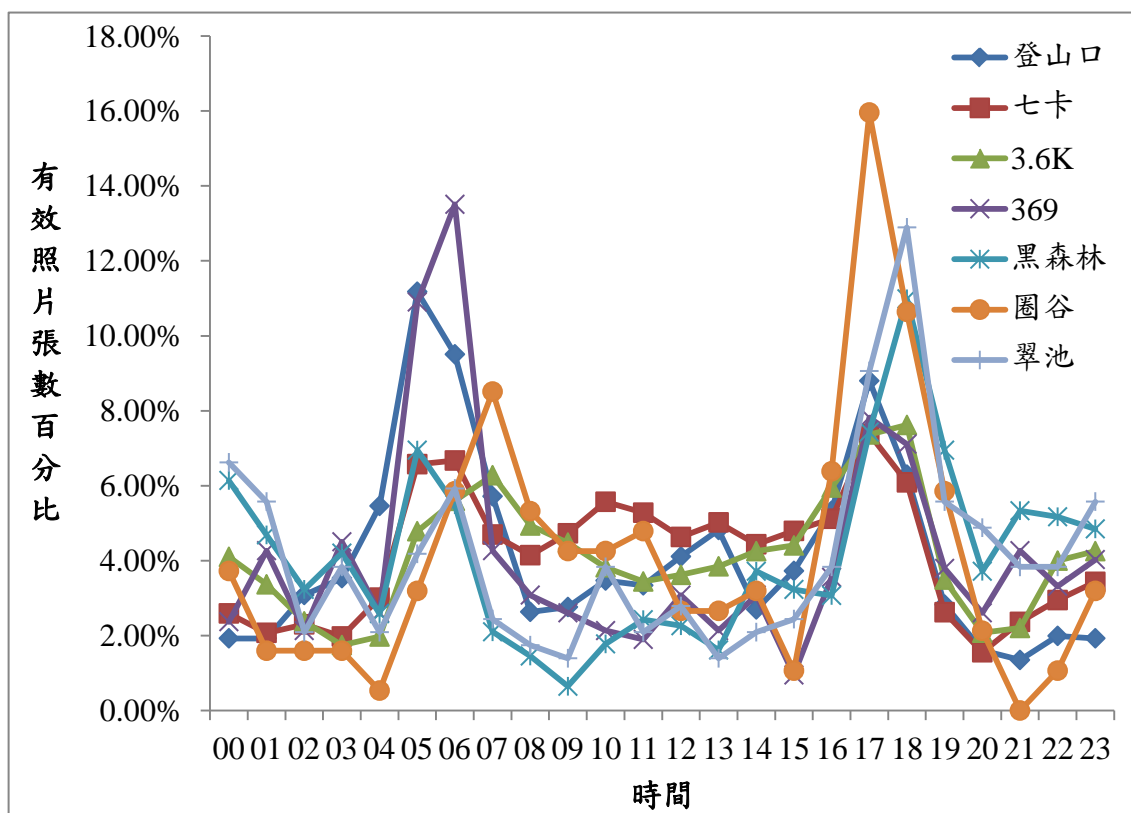


圖 4-11. 山羌在各個樣區的 1 日間活動模式

(資料來源：本研究資料)

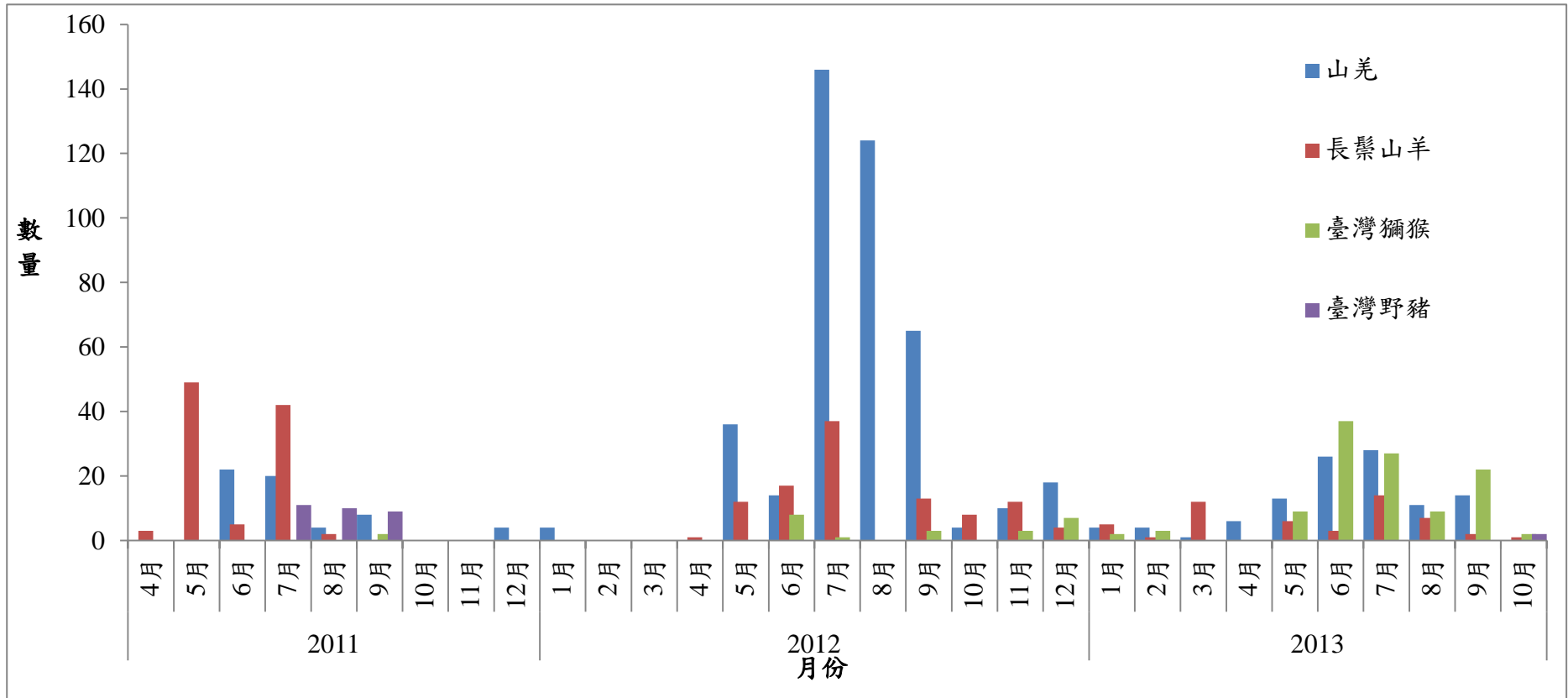


圖 4-12. 2011 年 4 月至 2013 年 11 月山羌、長鬃山羊、臺灣野豬及臺灣獼猴幼獸出沒月份。

(資料來源：本研究資料)

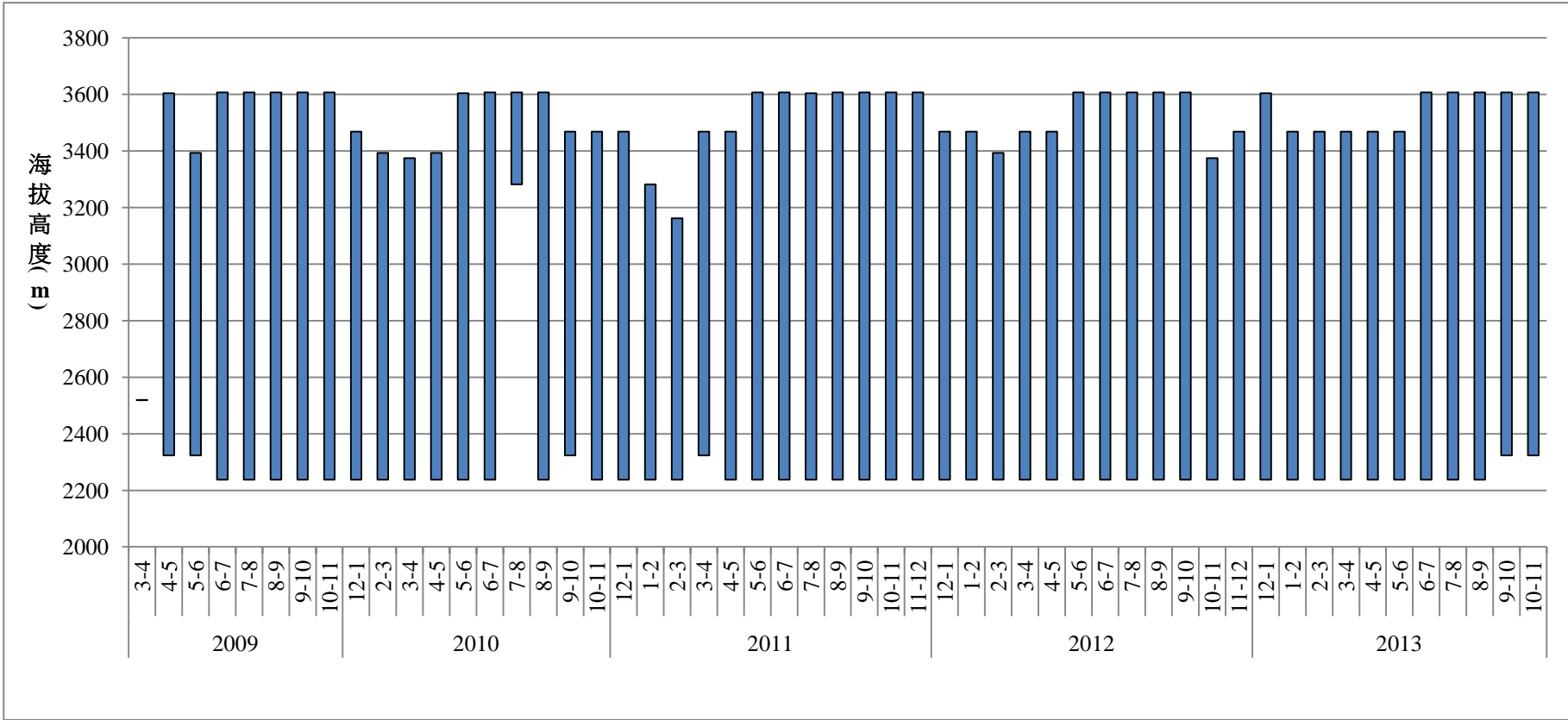


圖 4-13. 五年度間山羌被相機拍攝記錄之海拔高度變化。

(資料來源：本研究資料)

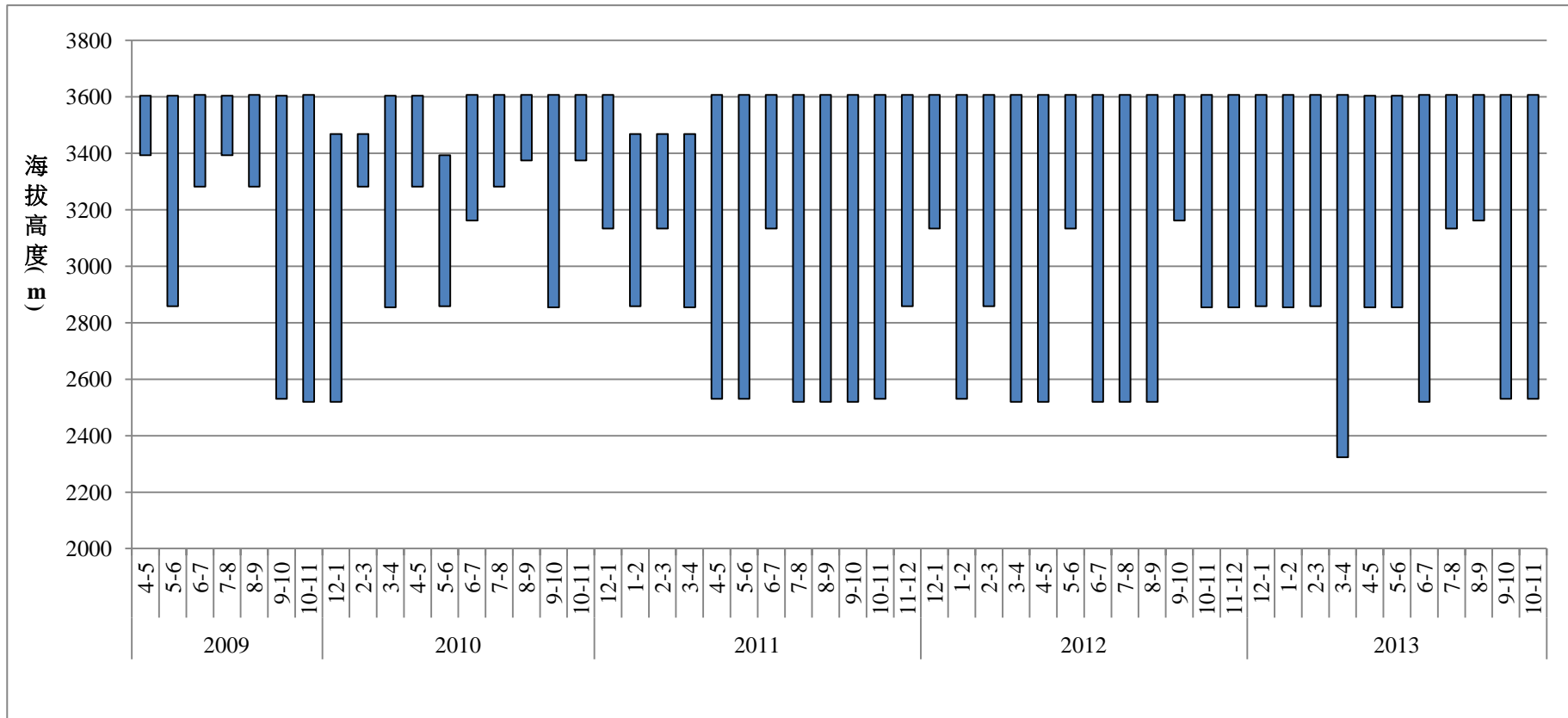


圖 4-14. 五年度間長鬃山羊被相機拍攝記錄之海拔高度變化。

(資料來源：本研究資料)

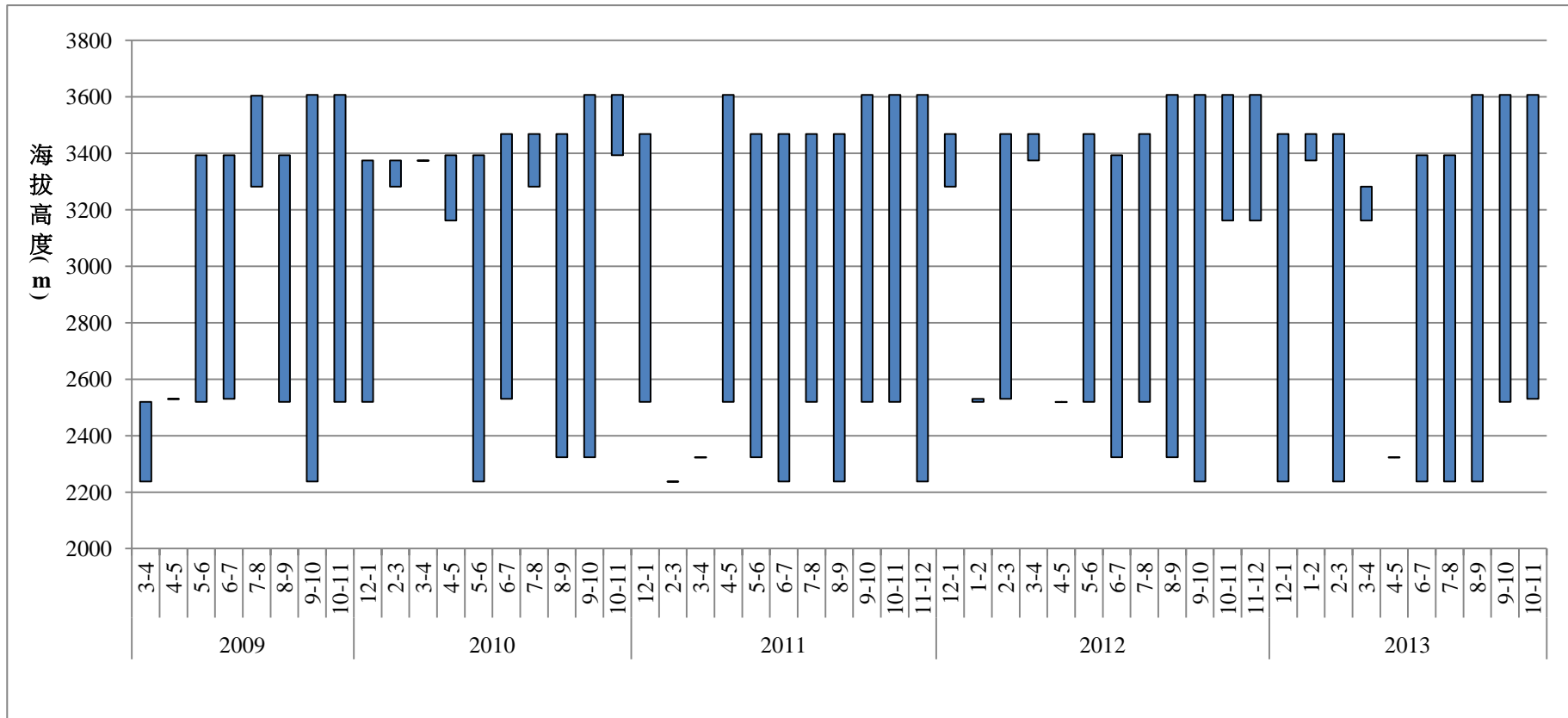


圖 4-15. 五年度間臺灣獼猴被相機拍攝記錄之海拔高度變化。

(資料來源：本研究資料)

表 4-8. 山羌、長鬃山羊與臺灣獼猴每日平均 OI 值與氣象因子的相關分析

圈谷 SP1		山羌	長鬃山羊	臺灣獼猴
氣溫(°C)	Pearson 相關係數	0.189**	0.171**	0.082**
	顯著性	0.000	0.000	0.002
濕度(%)	Pearson 相關係數	-0.040	-0.118**	0.028
	顯著性	0.120	0.000	0.285
雨量(mm)	Pearson 相關係數	-0.023	-0.059*	-0.012
	顯著性	0.368	0.022	0.648
黑森林 SP2		山羌	長鬃山羊	臺灣獼猴
氣溫(°C)	Pearson 相關係數	0.081**	-0.073**	0.240**
	顯著性	0.002	0.005	0.000
濕度(%)	Pearson 相關係數	0.006	-0.045	0.008
	顯著性	0.809	0.084	0.765
雨量(mm)	Pearson 相關係數	-0.060*	-0.098**	0.240**
	顯著性	0.020	0.000	0.000

(資料來源：本研究資料)

(三)翼手目哺乳動物調查結果

1、網具調查結果

蝙蝠捕捉的結果自 2009 年至 2013 年 11 月，總計是 5 種 17 隻個體(表 4-9)。本年度 9 月份時於七卡山莊捕獲 2 隻個體，兩隻個體皆為雄性，分別是金芒管鼻蝠(*Harpiola isodon*)與寬吻鼠耳蝠(*Myotis latirostris*)。

表 4-9. 蝙蝠個體資料

日期	樣點	物種	體重(g)	性別
2009/03/21	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.3	F
2009/07/21	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	4.4	F
2009/09/07	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	4	F
2009/09/07	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	3.5	M
2009/09/07	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M
2010/07/03	黑森林	姬管鼻蝠	未記錄	M
2010/11/30	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.1	M
2010/12/01	七卡山莊	姬管鼻蝠	3.4	M
2010/12/03	七卡山莊	臺灣小蹄鼻蝠	5.4	F
2011/07/25	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	未記錄	未記錄
2011/08/26	七卡山莊	姬管鼻蝠	未記錄	F
2011/08/26	七卡山莊	姬管鼻蝠	未記錄	F
2011/09/16	七卡山莊	金芒管鼻蝠	5	M
2011/10/13	七卡山莊	臺灣大蹄鼻蝠	未記錄	M
2011/11/16	七卡山莊	金芒管鼻蝠	4.7	F
2013/09/03	七卡山莊	金芒管鼻蝠	4.1	M
2013/09/03	七卡山莊	寬吻鼠耳蝠	3.6	M

(資料來源：本研究資料)



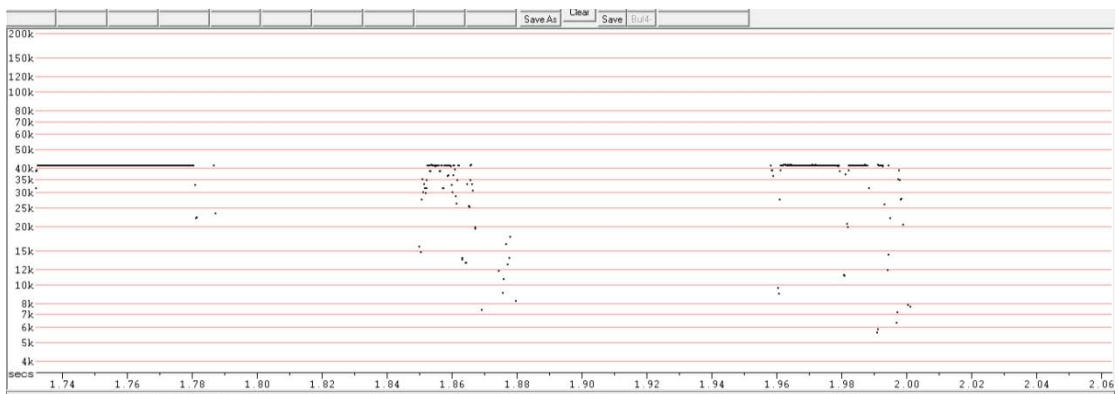
2、蝙蝠偵測器(AnabatII system)調查結果

本年度於 2013 年 2 月在七卡山莊及黑森林樣區，皆利用蝙蝠偵測器進行一個夜晚的側錄。5 月份進行調查時，遇上梅雨鋒面夜晚天候不佳，無法於兩個樣區進行超音波錄音。9 月份時分別在七卡山莊及黑森林樣區進行各 2 夜的紀錄，11 月份時則僅在七卡山莊進行 1 夜的錄音。結果共紀錄有四種蝙蝠的回聲定位音波，分別為七卡山莊樣區的臺灣大蹄鼻蝠(*Rhinolophus formosae*)和黑森林樣區的東亞游離尾蝠(*Tadarida insignis*)、寬吻鼠耳蝠及堀川氏棕蝠(*Eptesicus sertinus*)，其音波頻譜圖請見圖 4-16。另外將本年度錄到的超音波資料進行整夜活動模式分析，可發現臺灣大蹄鼻蝠於剛入夜的 18:00 紀錄到，之後整頁皆無紀錄。寬吻鼠耳蝠則於入夜的 18:00 至 20:00 皆有活動，以及清晨天亮前的 05:00 有活動。東亞游離尾蝠則於 19:00 時段有活動紀錄。堀川氏棕蝠則於 20:00 的時間有活動。但是這些超音波的紀錄筆數偏少，以此分析活動模式可能會有低估(圖 4-17)。

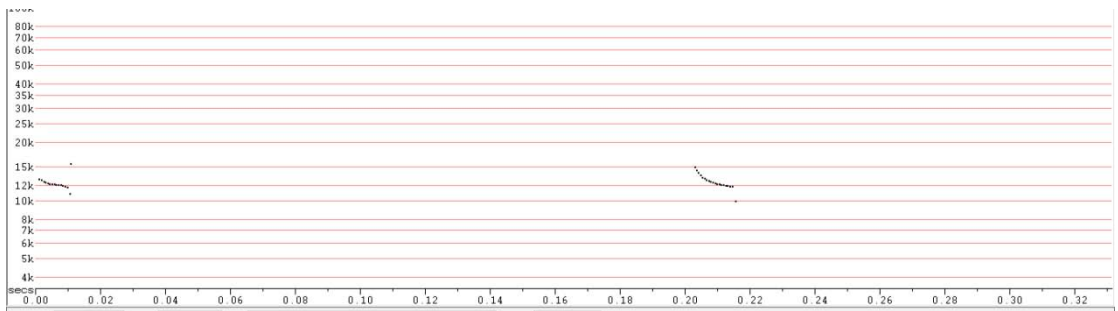
綜合五年調查結果可發現雪山地區的蝙蝠種類共有 3 科 10 種，分別是臺灣大蹄鼻蝠、臺灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)、金芒管鼻蝠、姬管鼻蝠(*Murina gracilis*)、寬吻鼠耳蝠、摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、山家蝠(*Pipistrellus montanus*)、堀川氏棕蝠及東亞游離尾蝠。

若將七卡山莊及黑森林兩樣區的資料分開來看，高海拔的黑森林樣區有姬管鼻蝠、東亞游離尾蝠、寬吻鼠耳蝠、堀川氏棕蝠、台灣管鼻蝠及山家蝠等 6 種蝙蝠分布，較低海拔的七卡山莊樣區則是有寬吻鼠耳蝠、臺灣小蹄鼻蝠、姬管鼻蝠、金芒管鼻蝠、臺灣大蹄鼻蝠及摺翅蝠等 6 種蝙蝠紀錄。

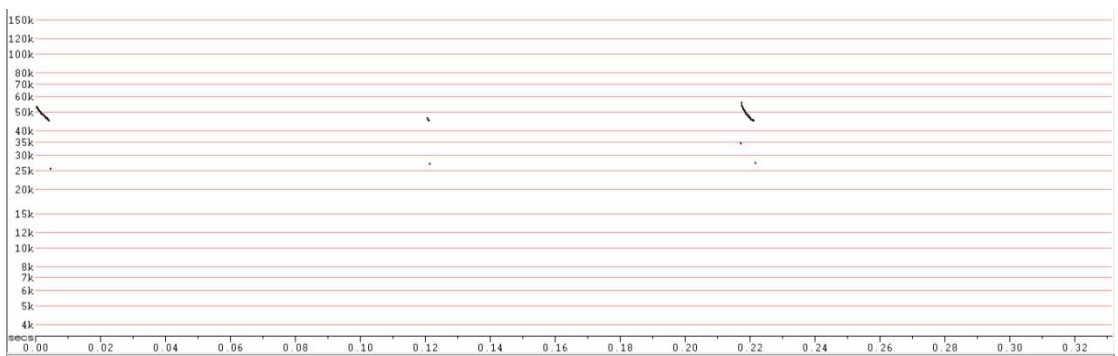
(a) 台灣大蹄鼻蝠 39-42kHz



(b) 游離尾蝠 11-19kHz



(c) 寬吻鼠耳蝠 50-72kHz



(d) 堀川氏棕蝠 25-43kHz

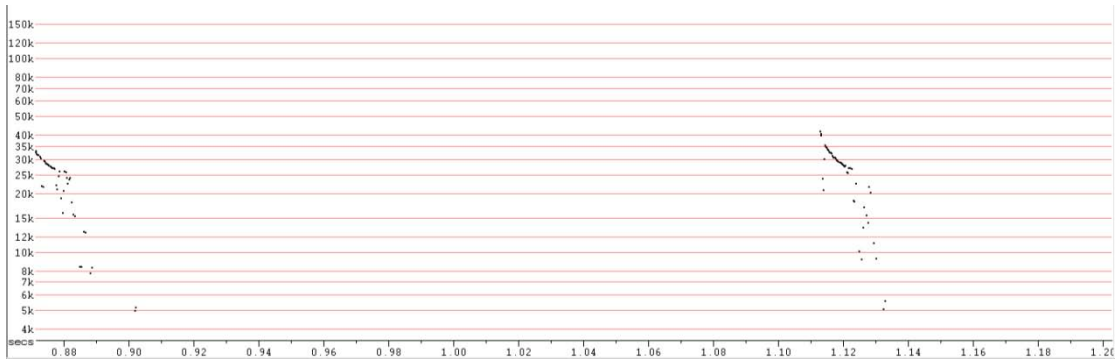
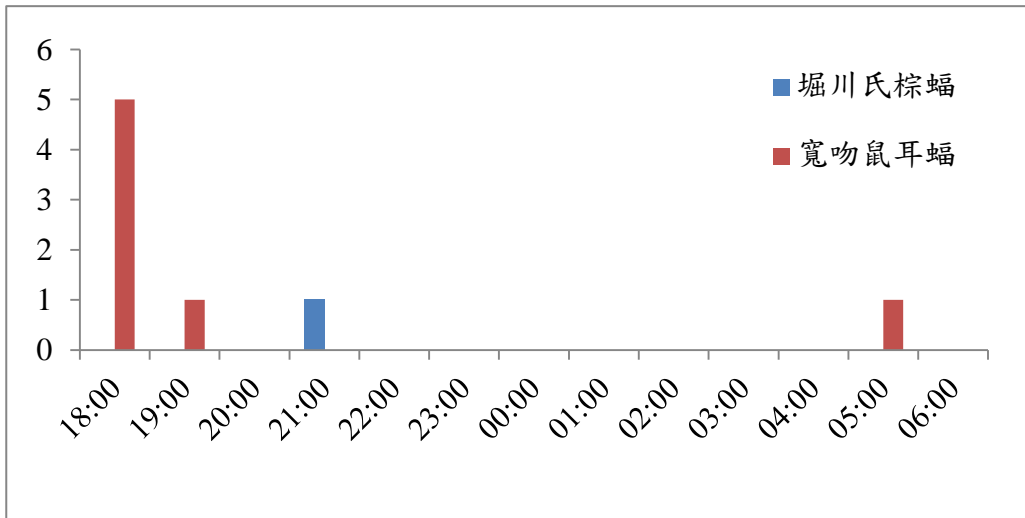


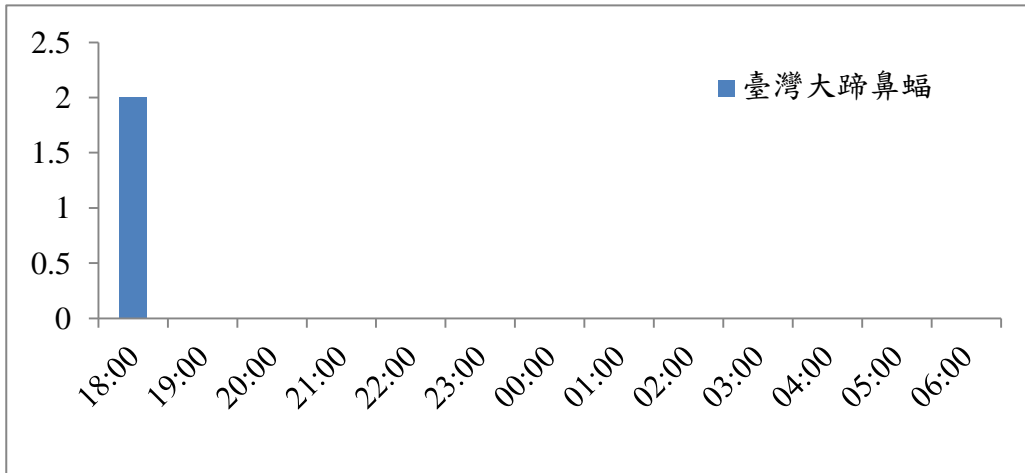
圖 4-16. 本年度調查紀錄的蝙蝠音波頻譜圖。

(資料來源：本研究資料)

(a) 2013 年 2 月黑森林樣區調查之蝙蝠活動模式



(b) 2013 年 9 月七卡樣區調查之蝙蝠活動模式



(c) 2013 年 9 月黑森林樣區調查之蝙蝠活動模式

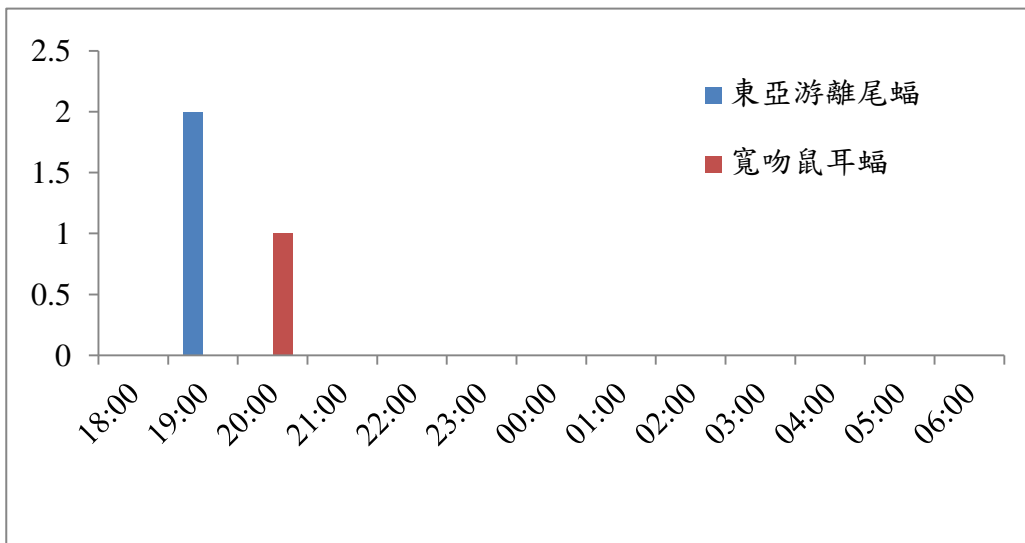


圖 4-17. 本年度調查紀錄的蝙蝠整夜活動模式。

(資料來源：本研究資料)

四、結論與建議事項

(一)、結果與討論

自 2009 年 3 月至 2013 年 11 月止，森鼠總共捕捉 530 隻，高山田鼠總共捕捉 81 隻，黑腹絨鼠總共捕捉 95 隻，高山白腹鼠總共捕捉 48 隻，條紋松鼠總共捕獲 2 隻，長尾鼯總共捕獲 24 隻，短尾鼯總共捕捉 5 隻，黃鼠狼共捕獲 4 隻，臺灣小黃鼠狼總共捕獲 2 隻，本年度亦新增一記錄物種巢鼠共捕獲 1 隻(表 4-1)，其中捕獲數量最高的是森鼠，為高山生態區域中小型哺乳類的優勢物種，並且從登山口至雪山山頂皆有捕獲紀錄，顯示森鼠的分布區域極廣，從中海拔(約 2,100 m)至高海拔(3,886 m)都可以發現(表 4-2)，森鼠捕獲數量主要集中於七卡與三六九山莊處，可能受到兩山莊有大量登山活動後殘留的食物所影響。高山白腹鼠、黑腹絨鼠和短尾鼯則多侷限在登山口至 3.6K 樣區捕獲，已知黑腹絨鼠與短尾鼯主要分布在中海拔，但是本年度於東峰 5.2K 樣區有捕獲 1 隻短尾鼯，此為目前紀錄海拔最高的捕獲地點，高山白腹鼠屬分布由中海拔至高海拔森林性物種，雖然根據目前連續五年的捕捉調查都未在超過 3,000 公尺以上的海拔捕獲，但是經由紅外線自動相機仍然在 369 樣區及黑森林樣區有紀錄到此物種。高山田鼠則是在東峰 5.2K、369 山莊、黑森林、圈谷與雪山山頂等較高海拔的樣區有所捕獲，在中海拔地區(登山口、七卡山莊和 3.6K 處)則無任何發現，本種與黑腹絨鼠在海拔分佈明顯區分。就鹿野(1940)之高山田鼠分佈資料相比，過去分布海拔高度 2,400 m 起至 2,700 m，而現今雪山線地區則為 3,201m 起至 3,886 m。因此大致上可看出，以黑腹絨鼠與高山田鼠目前分布海拔高度區隔約在 2800-3100 公尺而言，與 Kano(1940)的 2400-2700 公尺相比較，提升約 400 公尺。森鼠分布上界由 Kano(1940)的 3300 公尺提升至本計畫 3886 公尺的樣區，提升約 500 公尺。短尾鼯分布上界由 Kano(1940)的 3000 公尺提升至本計畫 3200 公尺的樣區，提升 200 公尺。此外，2011 年度調查在黑森林樣區捕獲到小黃鼠狼 1 隻，自 2009 年度至今，僅 2010 年度於翠池樣區有捕獲小黃鼠狼個體，而桃園縣野鳥學會理事長吳豫州等一行人在 2012 年 7 月份於圈谷地區有目擊 2 隻小黃鼠狼捕食高山田鼠的記錄，此外，在本計畫樣區附近的北稜角基點附近亦有目擊 1 隻小黃鼠狼的記錄(附錄 4-2)，本年度 5 月份經由另一子計畫鳥類團隊於黑森林 8.3 至 8.4K 之間有觀察到 1 隻小黃鼠狼，顯示小黃鼠狼的分布比以往所知更為廣泛，但是族群數量仍然未知，需要更進一步詳細且針對食肉目動物的調查方能知曉。然本年度亦未捕獲任何食肉目動物，僅

自動照相機、目擊及排遺有所記錄。

紅外線自動相機所拍攝到的 30 分鐘內有效照片中，其中以山羌的 OI 值最高，這表示山羌是高山生態區域中，中大型哺乳類的優勢物種，並且從登山口至圈谷及翠池皆有相片紀錄，顯示山羌的分布區域極廣，從中海拔(約 2,100 m)至高海拔(約 3,600 m)都可以發現，此與當年鹿野(1940)之調查明顯不同，當年山羌分布為 0 m 至 1,800 m。鼬獾在登山口、七卡山莊、3.6K 和 369 樣區皆有照片紀錄，推測海拔約 3,100 m 應為物種的海拔垂直分布上界，與鹿野(1940)資料相比(0 至 900 m)，海拔分布上升近 2,200 m。臺灣獼猴在各樣區都有相片紀錄，此外 2011 年度 10 月份進行調查時，研究人員經過雪山主峰基石附近亦有目擊臺灣獼猴的紀錄，主峰海拔 3,886m，應為目前已知臺灣獼猴最上限，近兩年亦持續在圈谷樣區記錄到臺灣獼猴出沒，鹿野的資料指出臺灣獼猴的分佈上限為 3,000 m(依海拔高度判斷應該是現今的黑森林樣區一帶)，而李玲玲(1994)調查曾經在圈谷聞其叫聲，但未有目擊，依據本計畫自動照相機的調查，明確證實臺灣獼猴可分布至此，可以知道臺灣獼猴的海拔分布極廣，亦是高山生態系中優勢物種之一。長鬃山羊在本年度亦在登山口樣區有紀錄，而在七卡山莊、3.6K、369、黑森林、圈谷與翠池樣區也都有相片紀錄，過去鹿野(1940)之調查顯示長鬃山羊分佈範圍為 600~3,600 m，但是本調查未能在低於海拔 2200 m 處進行調查無法說明低海拔地區是否尚存在長鬃山羊的族群，但是從登山口至 369 等四個調查樣區的 OI 值皆不高(表 4-6)，顯示長鬃山羊應該屬於分布在較高海拔的物種，亦可能此物種分佈已逐漸往高海拔處集中。另外，於 2010 年度於黑森林樣區拍攝到食肉目動物-白鼻心(海拔約 3,300 m)，遠遠超過鹿野調查的海拔高度(0-1,500 m)，亦是目前白鼻心被紀錄到最高海拔處，但是五年來的調查僅拍到一張有效照片即無再紀錄，是否在其他海拔樣區也有族群活動更待進一步的食肉目動物監測與調查。整體而言，七十年來的環境變遷影響中大型哺乳動物的垂直分布高度至少提升 1000 公尺左右。

氣象因子資料與動物的平均 OI 值相關分析，發現不論是圈谷或黑森林樣區的山羌、長鬃山羊和臺灣獼猴的出沒指數皆與氣溫呈正相關，而與降雨量多呈現負相關，根據國外研究，Haythornthwaite 和 Dickman(2006)調查在鬣刺屬植物草生地的 6 種共域的袋鼬物種，發現其中一種的分布受到降雨的限制，可能與其覓食策略有關，無法以單一的氣候或環境因子來有效說明與分布之間的關聯。Rowe(2009)在美國猶他州的山區分析氣溫、降雨量及其他環境因子與小

型哺乳動物在山區分布的關係，發現夏季七月的降雨量與氣溫對於物種海拔分布多樣性有相對較大的影響。Yu 等(2013)研究中國西南地區巴郎山的底棲鞘翅目昆蟲的垂直海拔分布與環境因子和生物交互作用之間的關係，結果發現氣溫、面積及落葉覆蓋度等因子與大多數的類群物種豐富度有明顯關聯。因此未來針對氣溫及降雨量等氣候因子的分析，應該配合其他相關環境因素進行一併的分析，並且需要針對各不同類群的物種生活特性來比較會較為適當。

將本年度資料與 2011 至 2012 年記錄的各物種幼獸的有效照片，依出沒的月份進行分析，可發現山羌及長鬃山羊趨向於整個年度皆有攜帶幼獸覓食的行為，但在冬季比例較低，顯示此兩種動物偏向於整個年度皆可生殖的情形，但是長鬃山羊以春末夏初紀錄較多，山羌則是以夏季為主；而臺灣獼猴則以下半年紀錄較多，主要於 2012 年夏季的 6 月過後至隔年 2 月皆有被紀錄，另外於 2013 年度在夏季 5 至 10 月份亦有被記錄到，顯示臺灣獼猴主要於春、夏季之間進行生殖。臺灣野豬幼獸主要是在 2011 年的 8 至 10 月以及 2013 年的 10 月有被紀錄到，然此物種紀錄的資料紀錄數量較少，應該無法完整說明此物種的生殖育幼狀況(圖 4-10)。但是根據其它文獻結果來看，裴家騏(1995)在台灣北部屍體調查的山羌出生記錄，結果均顯示在全年的各個月份中，均有產仔紀錄，推測山羌全年皆具有生殖的能力。顯示高海拔地區的山羌確實與中低海拔的山羌有所不同。而吳海音(1985)在墾丁地區針對臺灣獼猴的行為與生態學研究，發現獼猴的交配季節集中在 9 月到次年 2 月。以及黃志堅(2003)在壽山地區的山羌生殖行為研究發現，在 4 至 6 月有幼猴出現。此與雪山地區獼猴的結果似乎不相同，雪山地區的山羌似乎有較晚出現幼猴的現象，或許可能與海拔高度差異有關。

迄今調查一些高山型食肉目動物，如黃喉貂及黑熊並未發現，或因相機位置，或因族群量稀少之故，尚待未來更長期或投入更大努力量的調查資料收集，方有可能進一步說明。但是仍陸續聽聞登山客有目擊臺灣黑熊的記錄，例如首長信箱案件分辦通知(列管號：101013)，於 2012 年 2 月 16 日上午 09:30 在黑森林 9.1K 處發現疑似黑熊兩隻，但無法確認。此外，亦有接獲登山客於前往雪北山屋的途中拍攝到雪地上疑似黑熊的腳印照片，雖然不在本計畫調查範圍內，但是此紀錄亦十分仍屬珍貴，建議未來雪霸國家公園或許可以建立一個可提供登山民眾回報目擊特定動物的平台，或許有助於了解尚未被調查所發現的物種。

從 2009 年至 2013 年 11 月止，所捕獲的蝙蝠，總計是 2 科 5 種 17 隻個體。以目前臺灣地區總計至少 5 科 35 種蝙蝠來看，本調查所紀錄的物種偏少，相較於雪霸國家公園境內的觀霧 18 種(林良恭，2008；李玲玲，2007)與雪見 20 種(陳家鴻，2010)亦少，推測可能原因為雪山地區調查樣區海拔高度較高、氣溫較低，以及調查網具數量較少所導致。本年度於 9 月調查時在七卡山莊樣區捕獲 2 隻蝙蝠個體，為以往曾紀錄過的種類。而從 2012 年度開始的超音波偵測器調查結果，可發現尚有 3 種蝙蝠物種的記錄，由夏季 6 及 8 月份的調查顯示，蝙蝠物種多於入夜後至半夜 1 點之間活動，下半夜則較少活動，但在 11 月份的資料卻顯示下半夜有山家蝠的活動，此結果是因為在 11 月份的調查時，上半夜有大量降雨所導致。而本年度的超音波偵測器的結果，則是發現共有 4 種蝙蝠物種的紀錄，分別為七卡山莊樣區的臺灣大蹄鼻蝠和黑森林樣區的東亞游離尾蝠、寬吻鼠耳蝠及堀川氏棕蝠，從整夜活動模式分析結果來看，可發現臺灣大蹄鼻蝠於剛入夜的 18:00 紀錄到，之後整夜皆無紀錄。寬吻鼠耳蝠則於入夜的 18:00 至 20:00 皆有活動，以及清晨天亮前的 05:00 有活動。東亞游離尾蝠則於 19:00 時段有活動紀錄。堀川氏棕蝠則於 20:00 的時間有活動。但是這些超音波的紀錄筆數偏少，以此分析活動模式可能會有低估。但是經由超音波偵測器的結果可知，尚有許多蝙蝠物種能適應高山寒冷氣候，或許礙於網具使用上的限制而無法捕捉到，像是黑森林樣區的高大冷杉林即讓豎琴網面臨網具不夠高的情形，霧網則受限於調查人員需在入夜後寒冷氣溫下久待的困境，但從超音波偵測器仍能了解此區域蝙蝠物種多出現於夏季較為溫暖的季節。而合併捕捉與超音波偵測器的結果，顯示雪山地區的蝙蝠目前記錄有 3 科 10 種。未來或許能廣設超音波偵測樣點，進行全面性大規模的蝙蝠物種調查。

(二)、建議事項

1. 立即可行之建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學水土保持學系

建議事項：設立哺乳類動物解說牌

雪霸國家公園自創立以來，至今在生態解說與教育方面努力不遺餘力，在雪山步道上有著各式各樣的生態解說牌，但是多為植物、鳥類、地質與環境介紹，鮮少有哺乳動物類的解說牌，實為可惜，尤其哺乳類動物為人類所最為關注與關心，也最為吸引登山客的注意，在哺乳類動物解說與教育的責任，國家公園應責無旁貸。

本計畫在整個雪山地區的調查中，會將所觀察到哺乳類動物的痕跡以及常出沒的地點用 GPS 記錄下來，此資料可供雪霸國家公園利用，在這些地點設置解說牌，讓登山的民眾有機會可以分辨哺乳類動物的叫聲、排遺，進一步對自然環境感到興趣，自然而然就會認同其身處的生態環境，進而去瞭解他，愛護他，最終達到生態保育教育的目的。

2. 中長期性之建議

主辦機關：雪霸國家公園

協辦機關：國立中興大學水土保持學系

建議事項：雪山山區生物自動監測系統架設

由於高山地區調查費力費時，完全仰賴專家學者或園區員工自行研究，皆僅能於短時間進行。未來應可透過數位錄音機聲音測錄調查方式，於樣點附近選擇合適地點架設數位錄音系統定點收錄動物發出之聲音，測錄 12 小時以上，攜回後鑑定錄得聲音為何種動物，架設地點以 GPS 記錄衛星定位資訊。

五、參考文獻

- 甘慕龍(1995)武陵地區三種齧齒動物(森鼠、黑腹絨鼠、巢鼠)的食性與棲地研究。臺灣大學動物學碩士論文。
- 吳海音(1985)墾丁地區臺灣獼猴的行為與生態學研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 李玲玲(1994)雪霸國家公園大型哺乳動物族群與習性之研究(武陵地區)。雪霸國家公園管理處。
- 李玲玲(2007)大鹿林道東線工程之環境監測。雪霸國家公園管理處。62 頁。
- 林良恭(2008)雪霸國家公園觀霧地區蝙蝠族群調查及蝙蝠巢箱設置。雪霸國家公園管理處。42 頁。
- 林曜松、楊懿如、黃光瀛、呂佩義、蘇逸峰(1989)雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究。內政部營建署。85 頁。
- 陳家鴻(2010)雪霸國家公園雪見地區蝙蝠多樣性研究 III。雪霸國家公園管理處。62 頁。
- 黃志堅(2003)壽山地區臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)之生殖行為。國立中山大學生物科學系碩士論文。75 頁。
- 歐保羅、林良恭(1990)玉山國家公園東埔地區哺乳類動物調查報告(三)。玉山國家公園研究叢刊 1025 號。58 頁。
- Kano, T. (1940) Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. Shobusawa Institute for Ethnographical Researches, Tokyo.
- Pei, k., R. D. Taber, B. W. O'Gara, and Y. Wang. (1995) Breeding cycle of the Formosan Reeves' muntjac (*Muntiacus reevesi micrurus*) in northern Taiwan, R.O.C. *Mammalia* 59: 223-228.

附錄 4-1. 紅外線自動相機 GPS 定位點資料

相機編號	TWD		Altitude
登山口 #1	280203	2697809	2238 m
登山口 #2	280047	2697722	2324 m
七卡 #1	279203	2697496	2520 m
七卡 #2	279136	2697444	2530 m
3.6K #1	278716	2697950	2858 m
3.6K #2	278757	2697950	2854 m
369 #1	274561	2698777	3222 m
369 #2	276227	2697632	3134 m
黑森林 #1	274367	2698526	3393 m
黑森林 #2	274547	2698750	3282 m
圈谷 #1	274026	2698026	3607 m
圈谷 #2	274001	2698005	3604 m
翠池 #1	272194	2697814	3468 m
翠池 #2	271882	2697694	3375 m

(資料來源：本研究資料)

附錄 4-2. 本年度雪山小型哺乳類捕捉資料

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
2	20130129	七卡	401	高山白腹鼠	69	M
2	20130129	七卡	20130129-1N	高山白腹鼠	59	M
2	20130129	七卡	20130129-2F	森鼠	16	F
2	20130129	登山口	20130129-3F	森鼠	15.4	F
2	20130129	登山口	20130129-4B	黑腹絨鼠	18	F
2	20130129	登山口	20130129-5F	森鼠	18.5	M
2	20130129	登山口	20130129-6B	黑腹絨鼠	23	M
2	20130129	登山口	402	黑腹絨鼠	23.5	M
2	20130130	七卡	20130130-1F	森鼠	20	M
2	20130130	3.6K	743	黑腹絨鼠	23	F
2	20130130	七卡	20130130-2F	森鼠	17.6	M
2	20130130	登山口	20130130-3F	森鼠	16.2	M
2	20130130	登山口	20130130-4B	黑腹絨鼠	23.2	M
2	20130130	七卡	20130130-5F	森鼠	21.4	M
2	20130202	369	20130202-1F	森鼠	22.4	M
2	20130202	369	403	森鼠	—	F
2	20130202	369	999	巢鼠	—	—
2	20130202	黑森林	20130202-2F	森鼠	24.2	F
2	20130202	黑森林	20130202-3M	高山田鼠	40.4	M

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
2	20130203	黑森林	404	高山田鼠	34	F
2	20130203	369	20130203-1F	森鼠	28.6	M
2	20130203	東峰 5.2k	20130203-1M	高山田鼠	—	—
2	20130203	東峰 5.2k	20130203-2M	高山田鼠	—	—
2	20130203	東峰 5.2k	20130203-3M	高山田鼠	—	—
2	20130203	東峰 5.2k	20130203-4S	長尾鮑	—	—
2	20130203	東峰 5.2k	20130203-5S	短尾鮑	—	—
5	20130509	登山口	500	森鼠	19	M
5	20130509	登山口	501	森鼠	20	F
5	20130509	登山口	502	森鼠	26	M
5	20130509	登山口	500	黑腹絨鼠	13	M
5	20130509	登山口	20130509-1B	黑腹絨鼠	—	F
5	20130509	登山口	20130509-2S	長尾鮑	—	—
5	20130509	登山口	—	黑腹絨鼠	—	M
5	20130509	登山口	—	黑腹絨鼠	—	M
5	20130509	七卡	600	高山白腹鼠	76	F
5	20130509	七卡	503	森鼠	22	F
5	20130509	七卡	504	森鼠	21	F
5	20130509	七卡	505	森鼠	22	M
5	20130509	七卡	506	森鼠	25	M
5	20130509	七卡	—	森鼠	21	F
5	20130509	七卡	20130509-3F	森鼠	25.6	M
5	20130509	七卡	20130509-4F	森鼠	25	M
5	20130509	七卡	20130509-5F	森鼠	—	M
5	20130511	369	20130511-1S	長尾鮑	8.4	—
5	20130511	369	507	森鼠	20	F
5	20130511	369	508	森鼠	29	F
5	20130511	369	510	森鼠	15	F
5	20130511	369	511	森鼠	17	F
5	20130511	369	512	森鼠	18	F
5	20130511	369	—	森鼠	—	M
*5	20130520	黑森林 8.3-8.4K	—	小黃鼠狼	—	—
9	20130903	七卡	601	森鼠	22.2	M
9	20130903	七卡	602	森鼠	NA	F
9	20130903	七卡	603	森鼠	NA	M
9	20130902	七卡	600	高山白腹鼠	NA	F
9	20130903	七卡	604	高山白腹鼠	NA	M
9	20130903	七卡	605	高山白腹鼠	NA	M

月份	日期	樣點	編號	物種	體重	性別
9	20130904	369	20130904-1F	森鼠	24	M
9	20130904	369	608	森鼠	16	M
9	20130904	369	606	森鼠	23	F
9	20130904	369	607	森鼠	25	F
9	20130904	369	20130904-3F	森鼠	34	M
9	20130904	369	20130904-2F	森鼠	30	M
9	20130904	369	610	森鼠	26	M
9	20130904	369	611	森鼠	23	F
9	20130904	369	612	森鼠	20	F
9	20130904	369	20130904-4F	森鼠	22	M
9	20130905	黑森林	613	森鼠	19	M
9	20130905	黑森林	20130905-1F	森鼠	26	M
9	20130905	圈谷	614	森鼠	19	F
9	20130905	圈谷	615	森鼠	23	F
9	20130903	登山口	653	黑腹絨鼠	NA	M
9	20130906	東峰 5.2k	616	森鼠	16	F
9	20130906	東峰 5.2k	617	森鼠	16	M
9	20130903	登山口	20130903-1B	黑腹絨鼠	16.5	F
9	20130903	登山口	20130903-2B	黑腹絨鼠	19	F
9	20130903	登山口	650	森鼠	21	M
9	20130903	登山口	651	森鼠	19	M
9	20130903	登山口	652	森鼠	20	F
11	20131103	3.6K	—	長尾鮑	NA	NA
11	20131105	黑森林	R026	森鼠	24	M
11	20131105	369	—	森鼠	13	F
11	20131105	369	—	森鼠	20	F
11	20131105	369	—	森鼠	15	F
11	20131105	369	—	森鼠	33	F
11	20131105	369	369-A	森鼠	17	M
11	20131105	369	369-B	森鼠	14	M
11	20131105	山頂	20131105-1M	高山田鼠	43	M
11	20131105	山頂	20131105-2M	高山田鼠	52	F

—：無紀錄。

*：回報的目擊資料。

(資料來源：本研究資料)

附錄

附錄 5-1. 期中報告會議委員意見回覆

王委員志強

問題與建議	回覆
1. 本研究案始於 98 年，已獲致連續而豐富的資料累積，其中植群調查於 99-100 年完成，101-102 年開始進行植物開花物候之調查，103 年仍建議持續監測調查，以作為比較探討之用。	研究團隊希望在管理處能支援持續辦理植物物候監測調查。
2. 植物物候開花習性和授粉昆蟲媒介相關密切，建議於調查期間盡量記錄授粉昆蟲種類。	在物候觀察過程中會列入調查記錄。
3. 建議於調查研究中，分析各物種開花、結實現況之量，以比較每年植物豐欠年之參考。	研究團隊後續會針對調查記錄。
4. 文資法公告之「南湖柳葉菜」，曾由鹿野忠雄博士描述曾出現於雪山圈谷，惟目前紀錄不明，可稍加以留意。	本物種確實在南湖大山區域很多，但團隊在雪山地區一直以來卻未能記錄到，也不知是否是以往學者的誤傳？後續本團隊仍會留意是否存在於雪山地區

趙委員榮台

問題與建議	回覆
1. 植物開花物候的研究方法，建議參考國際物候標準研究法，以便與其他相關資料案比對。	在植物物候上有參考國外方法，基本上團隊成員每個月觀察記錄乙次，而且所有物種資料期末都會轉成可供分享的國際標準化資料庫格式。
2. 本研究發現多種植物的花期高峰，可供遊憩觀賞之用，建議進一步指出較為特殊的花及開花現象，同時選擇可及性較高、較豐富、較明顯的種類。	將於期末報告中列出。
3. 就保育的觀點，結實率比開花對物種	結實率確認是很重要的指標項目，未來

<p>的存活更為重要，建議明年以後併同開花物候進行紀錄、監測。</p>	<p>將列入結實率之監測。</p>
<p>4. 酒紅朱雀依賴廚餘的現象是一種警訊，長期下來將不利於其自行覓食能力，並有害於酒紅朱雀族群存續。因此，目前阻止山友傾倒樂廚餘的做法是正確的，垃圾管理是生態保護區最重要的措施之一。</p>	<p>本研究本來要分析廚餘對酒紅朱雀體內生化質高低之影響，但目前因管理處設了禁倒廚餘的阻絕措施，造成廚餘減少，所以目前無法比較，但國外有研究案例顯示，廚餘會讓鳥類改變遷徙而留在山上。</p>
<p>5. 嚙齒目和食蟲目在捕捉器內的死亡率有多高？建議在捕捉器內加入乾草、食物，以降低被捕動物的死亡。</p>	<p>本研究捕捉中有放棉花使其保暖，所以被捕之嚙齒目死亡率低；但食蟲目因本身的關係死亡率比較高。</p>
<p>6. 自動相機的記錄中，台灣野豬的外型有無異常之處？亦即是否為家豬雜交的後代？</p>	<p>目前並未仔細檢視所拍照片的型態是否有所不同，之後會依序檢視並比對相關照片，確認是否有雜交現象。</p>

李委員玲玲

問題與建議	回覆
<p>1. 建議期末報告時將 98 年起至今之長期研究既有成果做一摘要回顧，並說明與本年度計畫之關聯。</p>	<p>會於期末報告列出 98 年至今之摘要回顧。</p>
<p>2. 本長期計畫針對氣候變遷衝擊部分之研究重點為何？報告中有提到 3.6k 是哺乳動物分布的轉折點，是否可挑些重點監測區塊？此轉折點與植物物候、鳥類分布、氣象資料是否有類似之結果？</p>	<p>3.6k 位置剛好在哭坡附近，在森林植群帶分析來說剛好從鐵杉雲杉林帶轉入臺灣冷杉林帶，或許是因為這樣造成環境條件不同以致哺乳動物出現種類有較明顯區分。同樣的，在黑森林、雪山圈谷都是林相變化的轉折點，而且也都設有氣象監測資料，也是本研究在後續針對氣候變遷對物種分布影響分析比較上的重點。</p>
<p>3. 人為活動對於生態之影響比氣候變遷之衝擊要來的大？</p>	<p>雪山登山線因遊客量多，相對的所造成的衝擊也比較大，像鳥類吃廚餘的問題，還有登山客衣褲、鞋子等不明情況下把外來草種(如貓耳葉菊)帶上山等問題，都是人為干擾大於氣候變遷衝擊</p>

	之顯著案例。
4. 火燒跡地變遷之追蹤是否整體變化已趨緩?	將於期末報告整理 5 年內火燒跡地之變化情形，部分樣區因被人為破壞，將用 GPS 座標重新找回後調查。
5. 98 年以來氣候變遷之趨勢如何?或是有更早以前的氣象資料記錄?鹿野忠雄調查動物地理學時是否有紀錄氣象資料?	鹿野忠雄那時並未紀錄雪山地區的氣象資料，所以要比對也只能找離這裡較近的氣象站資料，至於近 5 年來的氣象變遷情形，將分析本研究微氣象站的資料後加以比對。

雪霸國家公園管理處

問題與建議	回覆
1. 植物物候之觀測紀錄不知離步道多遠?能否協助挑選代表性種類作為解說摺頁介紹?	植物的物候調查位置都在離步道 5 m 以內，所以是適合未來當作植物解說點的，本研究所調查的 175 種植物中，將協助挑選出數十種供解說摺頁介紹。
2. 臺灣獼猴族群是否有變大?是否會騷擾遊客?如何解決?	目前看來臺灣獼猴族群並未增加，應宣導民眾勿餵食野生動物，長期觀察發現如果未受餵食之猴群，本身較有警覺性，會與人類保持一定距離。
3. 報告書內容部分圖表不清楚，以及撰寫內容不符內政部要求部分，請修正。	會於期末報告書中一併修正。
4. 報告書 3-39 頁，請加上發現地點資料。	會於期末報告書中一併修正。

附錄 5-2. 期末中報告會議委員意見回覆

李委員玲玲

問題與建議	回覆
1. 報告內容提及研究目標包含對雪山高山生態系長期監測，但監測目的、目標、對象等，是否為特殊具代表性指標物種，與其他物種互動狀況為何？如植物物後配合鳥類、哺乳類動物活動時機，建議先釐清後再進行。	植物物候監測物種的選擇上，主要取決於瀕危易受害物種、較敏感之物種，以及便於觀察調查監測之特色物種，部分可列為指標性物種。
2. 研究期間是否有觀察哪些植物物種消長或植群組成變動，能否預測未來族群變動情況。	就 2 年物候調查結果，尚未發現有植物明顯消長或植群劇烈變動的情形；三六九山莊草生地火燒後 5 年的回復狀態大致良好，與火燒後 3 年比較並無明顯差異。
3. 植物物候所選定長期監測對象，建議詳述其選定目的、方式。	會於成果報告中呈現。
4. 火燒跡地之植群演替是否五年後已趨向穩定？	此時火燒地植群已進入穩定階段，下階段演替預估為 20-30 年，才會有灌木物種演替。
5. 鳥類調查結果建議與海拔變化作關聯比較。另外酒紅朱雀對廚餘之依賴是否可能反映在其分部而非數量上之變化？	目前國內針對野生生物利用人類廚餘可能造成的影響之資訊少，若能進一步對酒紅朱雀使用廚餘等進行相關研究，更能有效對民眾宣導。
6. 小型獸類為食物網底層成員，所採取監測方式、目的、目標及內容應詳述。	本研究會再收集國外氣象研究文獻資料回顧，來比對哺乳動物分布之影響。
7. 報告內容相當豐富，建議未來監測以及國家公園經營管理方面更多著墨。	未來計畫將著重於監測與森林健康。

趙委員榮台

問題與建議	回覆
1. 建議報告中詳述火燒的背景資料，當時火燒強度會影響後續植群恢復狀況，包含當地種子庫及周遭植被組成都是決定演替之重要因子。	會於成果報告書呈現火燒地之火燒背景資料。
2. 植物物後研究所挑選長期監測對象建議再詳述所選擇之理由，宜再精簡所選擇之指標。	本研究提出的眾多指標物種，主要是供管理處參考，讓管理處可依需求再精簡。
3. 植物物後調查過程，是否發現那些物種正面臨威脅，是否需要移地保育。	目前未發現有面臨威脅需要移地保育的種類。
4. 所觀察酒紅朱雀對廚餘的依賴，建議雪霸處全面禁止登山遊客任意丟棄廚餘垃圾，避免對野生生物之干擾。	關於酒紅朱雀廚餘利用，很難完全禁止登山遊客之任意丟棄廚餘行為，只能盡量以宣導方式呼籲。
5. 食蟲性鳥類分布狀況，顯然會受到食物即昆蟲分布影響。報告資料顯示溫度及雨量為最重要環境因子，這些因子與昆蟲關係如何？有無調查資料或相關文獻說明？	食蟲鳥類研究在本研究早期已有相關探討，也有請中興大學昆蟲系老師協助收集。
6. 自動照相機是否有拍到登山遊客紀錄？遊客活動範圍是否與相機設置地點重複？	自動相機多放置在離步道較遠處，非常少有拍攝到登山遊客紀錄。
7. 蝙蝠調查種類偏少，在海拔較高環境，蝙蝠食物也可能很少，建議未來對其為內含物進一步探討。	哺乳類動物分布上、下限變化，會與食性、生活史等因子有關，會再整合其他相關資料呈現於報告中。

雪霸國家公園管理處

問題與建議	回覆
1. 雪山高山生態系研究已逐漸從早期調查研究轉為監測計畫，應逐漸找出監測指標，以在未來有限經費下進行長期監測。建議在報告中呈現未來可行的監測模式，並能於監測過程中發現異常，分析原因並配合經營改善。	針對高山生態系植物長期監測，於報告中建議採用數位照相機定點定時拍攝，可有效節省人力資源，及植物物候觀察工作。