

107 年度雪山高山生態系指標植物物候調查

成果報告

委託單位：雪霸國家公園管理處

受委託者：國立中興大學

執行單位：國立中興大學森林學系

研究主持人：曾喜育、曾彥學

研究人員：楊佳蓉、林嘉言、李佩樺

方韻茹、王偉、何郁庭

雪霸國家公園委託研究報告

中華民國 107 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)

摘要

關鍵詞：雪山、高山生態系、開花結實物候、氣候變遷

一、研究緣起與背景

全球暖化所造成的異常劇變天氣及氣候變遷現象，已對陸地生態系統產生影響，其中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，是極需長期進行調查及監測的區域。雪霸國家公園管理處於民國 101 年起進行雪山雪東線步道沿線植物物候調查，逐步建立雪山高山生態系植物物候基礎資料。本計畫在前期研究之基礎下，針對雪東線步道沿線植物物候進行調查監測，並配合雪山高山氣象站及資料庫進行分析，以期透過較長期的觀察，了解雪山地區植物物候年際變化趨勢，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，提供管理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、研究方法與過程

本研究選取步道兩旁較優勢、花朵鮮艷、臺灣特有及稀有物種進行開花觀察，並延續吳佳穎等 (2013) 和曾彥學、曾喜育 (2013b、2014) 的觀察，調查期間自 2016 年 2 月至 2018 年 11 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，記錄各月分之開花結實物種。單一植株花期以花冠開放、花藥成熟至凋謝期間為準，果期以果實開始發育至成熟為準，物種花期以族群內開花株數達 30% 以上為盛花期。除上述物候調查方法持續進行外，挑選指標物種進行展葉、花候等物候狀態的每日定時以 Reconyx (HC500)、Reconyx (XR6) 及 Ereagle (E1C) 等 3 款自動縮時攝影機自動拍攝記錄。

三、重要發現

1. 2018 年 1-11 月的逐月開花結實物種數調查發現，開花物種數隨著氣溫上升而逐步增加，在 6-9 月是研究區域開花高峰時期。果候趨勢與花候相似，

約晚花候 1-2 個月，8-11 月結實物種數的高峰期。

2. 比較 2018 年 1-11 月不同海拔開花物候發現，四個植群帶皆呈單峰分布，在冬季期間開花物種數最少，夏秋季最高峰，而高山植群帶因圈谷於 2017 年 12 月持續覆雪至 2018 年 4 月底才完全融雪，故僅有 2017 年 11 月及 2018 年 5 月調查資料。
3. 比較 2012-2018 年 1-5 月不同年度間春季開花物候發現，2012 年 3-5 月開花物種數是近 7 年以來的最佳狀態，而 2016 年與 2018 年的物種數與溫度有相似趨勢，這兩年 3 月的溫度均偏低，初春的晚雪對於已形成花苞的植物是一種傷害，致使植物遭受寒害而花苞枯萎敗育；2013 年花期亦可以看出春季低溫造成花苞的傷害。
4. 2012-2018 年逐月開花物種數高峰發生在夏秋 6-9 月，開花種數最高的月份發生在 6 月的年度有 2012、2014-2015 年，發生在 7 月的年度有 2013、2016-2018 年。自 2012 年以來，雪山圈谷夏秋季月均溫有明顯增加趨勢，秋季相對高溫將導致植物生長季延後結束，致使植物花期延長。
5. 在玉山杜鵑開花預測部分，預測 2010-2011 年及 2014-2017 年的開花時間，發現基準溫度於 4、4.5 及 5°C 時，其計算值與預測值有較小的差異，推測 4°C 以上為玉山杜鵑的基準溫度。利用不同的積溫起始日子進行開花預測，整體上當積溫起始日為 3/4 時與實際開花時間相差的天數較少，進一步透過以不同積溫起始時間及以冬季最低溫作為積溫起始時間時，發現 4°C 的預測時間較為準確，因此推測玉山杜鵑的基準溫度為 4°C。

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：

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。

(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

建議事項：

為了解氣候變遷對雪山高山地區植物開花結實物候的影響，建議持續調查雪山高山生態系植物開花物候時序資料，並接續整合前期調查研究成果，以了解全球暖化與氣候變遷的極端天氣對雪霸國家公園高山生態系的影響。另一方面，建立以公民科學參與物候調查模式，透過高山保育志工的參與、培訓，協助科學研究調查，保育志工每月上山執勤過程，協助步道沿線植物開花物候調查，並彙入管理處建置的電腦資料庫，由專家學者進行每月開花物種照片資料庫之種類確認等方法。最後，分析比較專家學者調查資料與志工調查成果之差異，透過3年開花物候調查、分析與修訂各項調查流程，建立高山保育志工參與高山生態系開花物候調查工作項目，收集更多植物照片及開花物候訊息，建立公民科學參與研究模式和普及環境教育。

Abstract

The alpine ecosystem is one of critical areas where study the global climate change in recent year. In the alpine ecosystem, the biological species, population structure and microenvironment changes have provided the indirect and/or direct evidence regarding the global climate change. Xue Mountain area is quite representative of Taiwan's mountain ecosystems, still holds a very full of natural resources. In the harsh climatic conditions many different plant society, animal resources from other ecosystems, is in great need of a long-term investigation and monitoring of the area. Flowering and fruiting phenology were survey along the East Xue Trail in Xue Mountain from January 2018 to November 2018. According to the Spearman rank correlation analysis, the number of monthly flowering and fruiting species showed positive significantly with temperature, but not precipitation. The relatively large number of blooming species occurred in January-February 2017 might be due to the rather higher temperature in autumn-winter of El Niño-Southern Oscillation in 2016-2017. And, the species flowering at alpine vegetation zone bloomed in November-December 2016, might affect by relative higher temperature in autumn-winter also. The phenomena of more than 30 species flowering in winter of 2017 and the number of blooming species in February 2017 was about twice more than recent surveys (2014-2016), might be due to the effect of the extreme high temperature in January 2017. The number of flowering species was lower in alpine vegetation zone in March-May 2017, because of the chilling requirement was shortage for plant blooming that effect by high temperature in January 2017. According to results of the thermal-time model, the base-temperature of 0°C of thermal-time model and S-shape model would be better predictive ability to fit the first flowering date for *Rhododendron pseudochrysanthum*. However, there was still a prediction error of -13 to 10 days. Further study on the flowering parameters of *R. pseudochrysanthum* is necessary.

Keywords: Xue Mountain, alpine ecosystem, flowering and fruiting phenology, climate change, *Rhododendron pseudochrysanthum*

目錄

摘要	I
Abstract	IV
目錄	V
表目錄	VII
圖目錄	VIII
照片目錄	IX
一、計畫緣由	10
二、計畫目標	11
(一) 工作項目	11
(二) 預期目標	11
三、前人研究	12
四、研究地區概況	22
(一) 地形、地質與土壤	22
(二) 氣候	23
(三) 雪山主峰線山地植群帶	24
五、研究方法	27
(一) 植物開花物候普查	27
(二) 指標物種監測與物候模式建立	27
六、結果與討論	30
(一) 2018 年開花結實物種種類調查清單	30
(二) 2018 年全線開花結實表現	31
(三) 2018 年不同海拔植物開花物候比較	33
(四) 雪山地區 2016-2018 年開花結實物候比較	36
(五) 雪山地區不同年度春季植物開花物候比較	39
(六) 雪山地區不同年度夏秋季植物開花物候比較	45
(七) 雪山地區玉山杜鵑開花積溫推估	47
(八) 雪山地區物候縮時攝影監測與沿線微環境資料比較	56
(九) 雪山地區玉山杜鵑葉片結構特徵沿海拔梯度的變化	61
七、結論及建議	76
八、雪山圈谷雪訓營地植被調查與監測	78
(一) 前言	78
(二) 材料與方法	79
(三) 結果與討論	82
(四) 結論及建議	89
九、參考文獻	90
附錄 1. 2012-2018 年雪山雪東線步道物候調查植物名錄	103

附錄 2. 雪山雪東線步道沿線 2018 年 1-11 月植物開花物候譜.....	115
附錄 3. 雪山雪東線步道沿線 2018 年 1-11 月植物結實物候譜.....	123
附錄 4. 雪山雪東線步道沿線 2018 年 1-11 月橫跨不同植群帶之植物開花物 候譜.....	130
附錄 5. 雪山雪東線步道沿線 2016-2018 年開花物候譜.....	143
附錄 6. 雪山雪東線步道沿線 2016-2018 年結實物候譜.....	165
附錄 7. 雪山雪東線步道沿線 2012-2018 年 1-5 月春季植物開花物候譜.....	184
附錄 8. 2016-2018 年雪山雪東線植物監測物種.....	196
附錄 9. 2018 年期中審查會議回覆辦理情形.....	207
附錄 10. 2018 年期末審查會議回覆辦理情形.....	211

表目錄

表 1. 雪山雪東線沿線海拔植群帶分布表	25
表 2. 雪山物候研究之雪東線步道里程碑及不同路段之植群帶劃分表	27
表 3. 雪山地區高山生態系植物物候長期監測指標種調查清單與樣株數	28
表 4. 雪山雪東線步道 2018 年 1-11 月沿線物候調查物種數統計表	30
表 5. 雪山雪東線步道 2016 年 2 月至 2018 年 11 月沿線開花物種數統計表 ..	36
表 6. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 1-5 月沿線開花物種數統計表	39
表 7. 雪山圈谷氣象站 2011-2018 年月均溫表	44
表 8. 玉山北峰氣象站 2012-2018 與 1961-2017 年月均溫以及月均溫 1961- 2017 年的高溫排名	44
表 9. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑在不同基礎溫度下始花期所需積溫表	47
表 10. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑在不同基礎溫度下始花期預測日期與實 際日期差值表	48
表 11. 雪山圈谷玉山杜鵑不同溫度與不同時間開始積溫的預測時間與實際開 花時間天數差異表	54
表 12. 雪山圈谷玉山杜鵑最低溫度作為積溫起始日的預測時間與實際開花時 間天數差異表	55
表 13. 雪山雪東線沿線物候監測相機與監測物種表	56
表 14. 雪山雪東線 2018 年沿線杜鵑屬植物監測花期表	57
表 15. 雪山雪東線步道各海拔梯度玉山杜鵑葉結構特徵比較表	63
表 16. 雪山雪東線線步道各海拔梯度玉山杜鵑繁殖枝與營養枝的葉結構特徵 比較表	69
表 17. 雪東線雪訓營地樣區之植物組成、重要值及生活型表	83
表 18. 雪東線雪訓營地之物種多樣性及土壤硬度表	84

圖目錄

圖 1. 玉山北峰氣象站 1952-2013 年地表氣溫變化之情形圖	13
圖 2. 雪山雪東線步道沿線 2012-2014 年開花種數與氣象因子關係圖	14
圖 3. 玉山國家公園不同年度開花與結實物候比較圖	15
圖 4. 中央氣象局玉山氣象站 2013 年與 1961-2012 年之 52 年平均氣溫與降 雨比較圖	16
圖 5. 本計畫研究地區範圍圖	22
圖 6. 雪山圈谷生態氣候圖	24
圖 7. 利用自動照相機定點定時自動拍攝花候之變化	28
圖 8. 雪山雪東線步道 2018 年 1-11 月沿線植物物候調查主要科別圖	30
圖 9. 雪山雪東線步道 2018 年 1-11 月沿線植物物候調查全線開花結實種數 與雪山圈谷氣候圖	31
圖 10. 雪山雪東線步道 2012 年 3 月至 2018 年 11 月沿線不同植群帶植物每 月開花種數變化圖	35
圖 11. 雪山雪東線步道 2016 年 2 月至 2018 年 11 月沿線物候調查主要科別圖	36
圖 12. 雪山雪東線步道 2016-2018 年沿線開花結實物種數與溫度、降雨關係圖	38
圖 13. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 1-5 月沿線物候調查主要科別圖	39
圖 14. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 1-5 月沿線開花物種數與月均溫、降雨量 圖	41
圖 15. 雪山雪東線步道 2012-2018 年沿線開花物種數與溫度、降雨關係圖 .	43
圖 16. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 6-11 月沿線開花物種數與月均溫、降雨 量圖	46
圖 17. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑的不同基礎溫度逆向積溫累積與變異係 數波動圖	48
圖 18. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑不同基礎溫度逆向積溫累積圖	49
圖 19. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑逆向積溫累積圖	50
圖 20. 雪山圈谷 2010-2011 年玉山杜鵑花芽寬度生長與氣溫變化圖	51
圖 21. 2010-2011 年及 2014-2017 年雪山圈谷氣溫變化圖	54
圖 22. 雪山地區 2017-2018 年南湖柳葉菜盛花花況比較圖	58
圖 23. 雪山雪東線步道四季沿線微環境資料比較圖	60
圖 24. 雪山雪東線步道玉山杜鵑繁殖枝與營養枝之葉解剖構造比較圖	64
圖 25. 雪山雪東線步道不同海拔梯度玉山杜鵑營養枝葉表下特徵比較圖	66
圖 26. 雪山雪東線步道不同海拔梯度玉山杜鵑葉結構特徵比較圖	67
圖 27. 雪山雪東線雪訓營地調查之研究區域	80
圖 28. 雪東線雪訓營地樣區之植物生活型圖譜	84

照片目錄

照片 1. 雪山雪東線之圈谷雪訓營地.....	81
照片 2. 雪山雪東線之圈谷雪訓營地之樣區設立.....	81
照片 3. 雪東線雪訓營地之玉山圓柏枝條健康度監測照片.....	86
照片 4. 雪東線雪訓營地之玉山圓柏枝條健康度監測照片.....	86
照片 5. 雪東線雪訓營地之倒伏玉山圓柏枝條健康度監測照片.....	87
照片 6. 雪東線雪訓營地之玉山杜鵑枝條健康度監測照片.....	87
照片 7. 雪東線雪季營地於 2018 年年初時，紅外線照相機所拍攝之登山團隊紮營照片.....	88

一、計畫緣由

工業革命以來，大氣中 CO₂ 濃度由工業革命以前 280 ppm 逐年升高，並於 2014 年起月平均濃度陸續超過 400 ppm 的紀錄 (NOAA, 2016)，全球氣候發生以變暖為主要特徵變化，劇烈天候變化發生機率增加。政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 第 4 次評估報告指出，過去 100 年來全球氣候平均氣溫上升 $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ，並預測到 21 世紀末，全球平均氣溫將升高 $1.8-4.0^{\circ}\text{C}$ (Rosenzweig *et al.*, 2007)。在 2013 年 9 月 27 日 IPCC 第 5 次評估報告針對全球與區域性氣候變遷科學之研究進行全面性的彙整與評估，第一工作小組 (WGI) 針對物理自然科學基礎提出新的氣候變遷 (climatic change) 證據，說明 2100 年大氣 CO₂ 濃度可能增加至 421-936 ppm；自 1950 年以來，全球每年陸地表面均溫呈線性上升，每 30 年皆比前 10 年更加溫暖，而近 10 年之全球海陸表面均溫較 130 年前升高 0.85°C ，若繼續排放溫室氣體，本世紀末將可能升高至 4.8°C ，極端天候事件如旱災、洪氾、熱浪與超級暴風雪等頻度驟增。這些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為最顯著的區域之一。

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，沿雪東線步道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*)、臺灣赤楊 (*Alnus formosana*)、高山櫟 (*Quercus spinosa* var. *miyabei*)、臺灣鐵杉 (*Tsuga chinensis* var. *formosana*)、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。部分受火燒干擾地區形成森林與玉山箭竹 (*Yushania niitakayamensis*)、玉山杜鵑、紅毛杜鵑 (*Rh. rubropilosum* var. *rubropilosum*)、高山芒 (*Miscanthus transmorrisonensis*)等灌叢草生地動態推移之森林界線。

本年度計畫在前期研究之基礎下，主要針對植物物候進行調查及監測，並配合雪山高山氣象站及資料庫進行分析，以期透過較長期的觀察，了解雪山地區植物物候年際變化趨勢，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，提供管理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

本計畫期程為 3 年 (含後續擴充 2 年)，探討植物物候與環境因子之關係，為持續臺灣高山生態系植物物候調查，並加強針對指標物種進行監測觀察，建立雪山地區長期物候資料，探討氣候變遷對高山生態系植物生長繁殖之影響，並配合「105 年至 108 年國家公園中程計畫」。

(一) 工作項目

1. 建立雪山雪東線步道沿線高山植物長期物候調查資料。
2. 應用縮時攝影機建立指標物種開花物候模式，並提供作管理處網頁科普影像資料。
3. 建立海拔分布廣泛物種植物功能性特徵沿海拔梯度之變化，探討植物對高山生態系之適應表現，提供全球暖化下植物對環境適應基礎資料。
4. 應用 Datalog 建立微環境資料，提供了解植物開花與環境關係。
5. 透過分析不同年度之物候表現，探討氣候變遷對高山植物繁殖之影響，提供雪霸國家公園對雪山高山生態系經營管理建議與參考。

(二) 預期目標

1. 調查分析雪山地區高山植物物候資料，並可作為解說教育之素材。
2. 雪山地區指標植物物種物候監測及物候模式建立。
3. 探討氣候變遷對植物物候之影響，並提供雪霸國家公園經營管理參考。

三、前人研究

物候現象不僅是生物對自然季節變化的行為表現，亦顯示出生態系統對全球環境變遷的反映與適應，被視為大自然的語言 (竺可楨、宛敏渭, 1973) 和全球氣候變化的診斷指紋 (fingerprints)(Root *et al.*, 2003)。植物物候 (plant phenology) 是指植物受氣候及其他環境因子的影響而出現周期性的自然現象，包括植物的發芽、展葉、開花、結果、葉變色及落葉等，是植物長期適應季節性變化環境而形成的生長發育節律。物候學 (phenology) 是研究受環境因素影響，特別是受氣溫等氣象和氣候條件變化影響的動、植物周期性變化等生物學現象的學科 (Schwartz, 2006)。植物的物候和其生長速率 (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、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 (Shen, 2000; 黃信源, 2007)。

植物物候能及時反映陸地生態系統對氣候變化的動態適應過程，其現象可作為氣候變化的生態指標 (ecological indicators)(Walther *et al.*, 2002; Root *et al.*, 2003; Rosenzweig *et al.*, 2007; 張學霞等, 2004; 李小豔等, 2009; 李向前等, 2011; 潘振彰等, 2013, 2017; 曾喜育等, 2014); 反過來說，氣候變化可以透過植物物候的年變化 (如展落葉、開花時間) 等來監測 (Rotzer *et al.*, 2000)，而物候變化是全球氣候變遷最重要而直接的獨立證據，致使物候學近年來逐漸被重視 (Walther *et al.*, 2002; Root *et al.*, 2003; Rosenzweig *et al.*, 2007; Cleland *et al.*, 2007)。升溫會加速物候啟始，使植物春季物候期提前，秋季物候推遲 (Sparks *et al.*, 1997; 徐雨晴等, 2005; 裴順祥等, 2011; 廖雪萍等, 2012)。Walther *et al.* (2002) 觀察近 30 年來氣候暖化對植物物候、植物沿緯度及海拔分布變化，以及植物間相互作用等關係有明顯影響，這些影響反映在生態系對氣候變化的反應與適應方式。

近年全球暖化造成氣溫上升影響氣候變遷，高山和兩極地區所受影響最大 (Guisan *et al.*, 1995; Körner, 1995)。玉山北峰氣象站於 1943 年設置迄今已逾 70 年，是臺灣高山研究重要的氣象資料來源，由 1952-2013 年的年平均

溫變化發現呈現顯著上升趨勢 ($P < 0.001$)，平均每 10 年上升約 0.1°C (圖 1)，顯示位於亞熱帶的臺灣高山地區仍受到全球氣變遷及暖化的影響。高山生態系的生育地環境，限制植物生長的因子較多，如冬季的低溫、降雪，不僅影響植物的營養生長，亦影響了植物的繁殖生長 (花季)(曾喜育等，2014)。

曾彥學、曾喜育 (2014) 比較雪山雪東線步道 2012-2014 年 126 種植物 3 年間開花物候種數月變化圖發現 (圖 2)，2014 年與 2012 年的全年開花種數月變趨勢較接近，兩年度逐月開花物種數差異較大的月分在 5 月和 8 月；其中，2012 年 5 月的開花物種數較 2014 年多，2014 年 8 月的開花物種較 2012 年多 (圖 2)。由於 2014 年 2-6 月雪山氣象資料欠缺，因此為使各年度資料可進行分析而採用玉山北峰氣象站之資料。比較 2012-2014 年各年度氣象資料與 1952-2013 年平均值發現 (圖 2)，2012 年的溫度變化特色為 2-3 月氣溫較高出平均值 $0.9-1.2^{\circ}\text{C}$ ，5 月以後的變化約略與 1952-2013 年的平均值變化相似；2013 年 2 月的高溫較平均值高出約 3.8°C ，是歷年來 2 月的最高溫，4、5 月的氣溫處在較低的狀態，此時期的降雨亦較 61 年的平均值高出甚多；2014 年的 1 月較平均值高約 1.8°C ，此外，6-10 月的氣溫明顯高出平均值 $1.4-1.9^{\circ}\text{C}$ ，其中，7、9-10 等 3 個月是玉山北峰氣象站歷史新高，2014 年的降雨明顯較平均值低。造成 2012-2014 年開花物候種數逐月變化的差異的主要因素應該是溫度的差異，其中以冬春季與秋季的高溫影響較劇烈 (曾彥學、曾喜育，2014)。

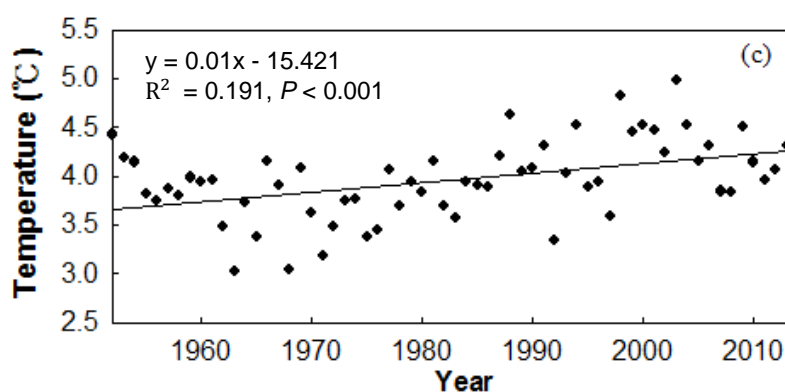


圖 1. 玉山北峰氣象站 1952-2013 年地表氣溫變化之情形圖。

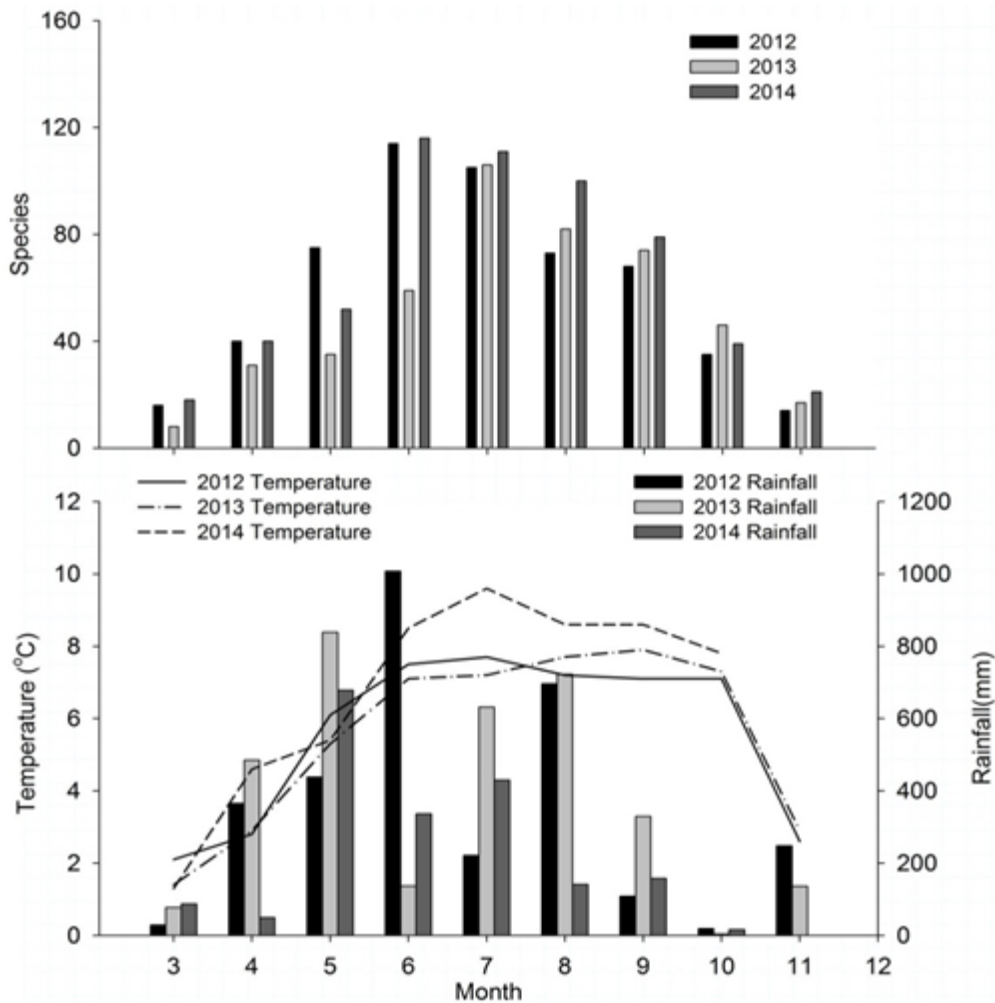


圖 2. 雪山雪東線沿線 2012-2014 年開花種數與氣象因子關係圖 (曾彥學、曾喜育, 2014)。

曾喜育等 (2014) 於 2013 年調查塔塔加-玉山主峰線步道沿線逐月開花物種數變化發現，開花的物種隨著平均氣溫增加，塔塔加-玉山主峰線步道沿線植物進入盛花期的種數亦增加，當研究區進入夏季時 (6-8 月)，進入盛花期的物種數達到高峰，此大致與呂理昌 (1990) 1986-1988 年的觀察結果相符 (7 月為開花種數最高峰期)(圖 3)；然而，可能因呂理昌 (1990) 的研究區域較本研究來得大，低海拔調查物種較多，致使開花種類高峰期發生較早 (6-7 月)，亦或是因兩次調查期間氣候因子差異所致，使得本研究開花物種高峰期有略晚發生現象。然有趣的是，2013 年的開花種數或進入盛花期種數的高峰期皆未發生在年度月均溫最高 (9 月) 的時期，此結果與呂理昌 (1990)、吳佳穎等 (2013)、潘振彰等 (2014) 調查結果不同；此可能因為在 9 月以後，氣溫明顯下降，累積熱量較少，要達到熱量累積的滿足相較困難，

致使在 9 月以後進入盛花期的種數減少。隨著月均溫的升高，盛花期僅 1 個月的物種數亦增加，直至 9 月種數達至最高峰；此現象或可解釋為何研究區植物開花最高峰時期未發生在 9 月。

然而比較 2013 年與 1961-2012 年的玉山氣象站資料發現 (圖 4)，2013 年 9 月的月均溫為年度最高溫，與以往最高月均溫發生在 7-8 月不同，而研究區 2013 年 7-8 月開花種數高峰期與呂理昌 (1990) 1986-1988 年調查結果比較發現而有略延遲的現象 (圖 3)。塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年開花種數高峰期較晚發生的因素是否因全球暖下的氣候變遷所造成，有待更長久的物候觀測才能獲得較完整的資料去驗證，但可以確認的是，高山植物的開花物候變化明顯反映在氣候差異。

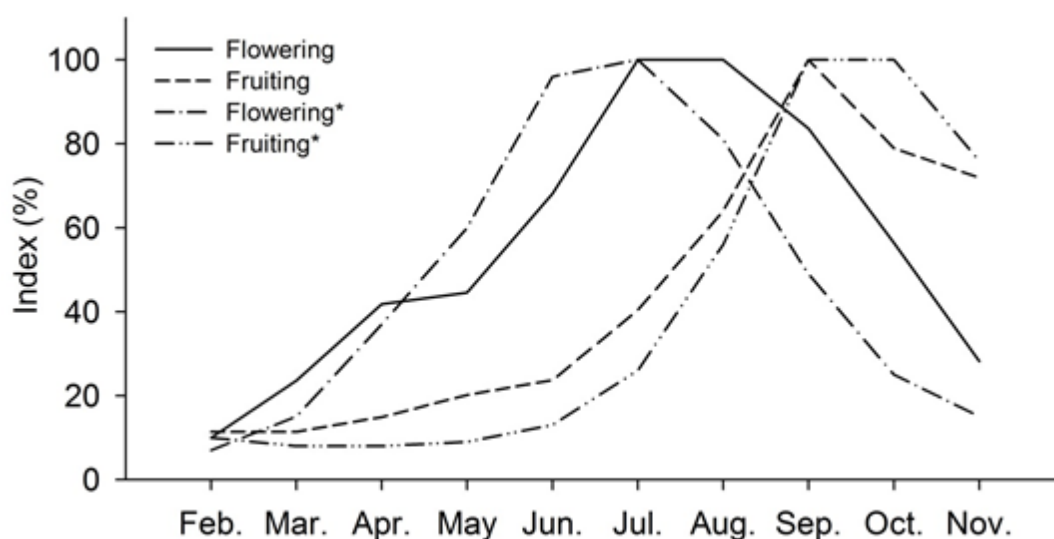


圖 3. 玉山國家公園不同年度開花與結實物候比較圖。星號為呂理昌 (1990) 調查結果 (曾喜育等, 2014)。

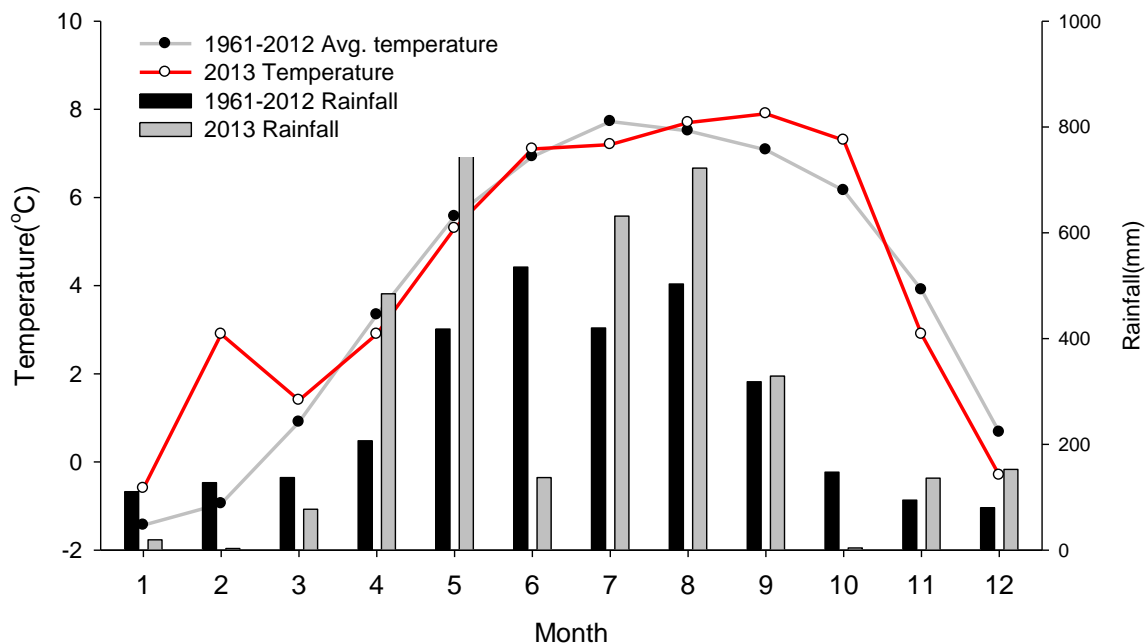


圖 4. 中央氣象局玉山氣象站 2013 年與 1961-2012 年之 52 年平均氣溫與降雨比較圖 (曾喜育等, 2014)。

2013 年玉山 (曾喜育等, 2014) 與雪山(曾彥學、曾喜育, 2013b)之開花物候結果比較發現, 玉山地區開花物候高峰期發生在 7-8 月, 雪山地區開花物候高峰期發生在 6-7 月, 各植群帶之植物開花物候高峰期比較結果亦顯示玉山地區植物開花物候要晚 1 個月的時間。此現象可能反應出相同海拔高度下, 在較低緯度的玉山, 開花物候高峰受到溫度限制相較於雪山來得小, 即可繁殖的時間較長, 而雪山地區的植物必需在較短而溫暖的時間內完成繁殖。

由於高山地區融雪時間決定高山植物生長季的來臨 (Inouye, 2008), 在生長季開始後的霜凍害對早花植物的影響甚大, 而晚開花者又將面臨其它更多的競爭及資源短缺的壓力 (Gimeñez-Benavides *et al.*, 2011)。相較於低海拔生育地環境而言, 異常氣候變化對高山地區的植物物候表現更加不利。潘振彰等 (2013) 於雪山地區觀察玉山杜鵑物候研究發現, 晚雪或春霜對於早花期的玉山杜鵑開花影響極大, 研究中指出 2011 年玉山杜鵑花苞因 4 月中旬的霜害而凋萎, 影響當年的開花與結實。

眾多的高山植物種類經過長期的適應進化形成了獨特的生命形式, 形成的植物群落多樣性對維繫高山生態系統的穩定性起到了重要的作用 (Körner, 2003)。事實上, 氣候變遷影響高山植群的物種組成和群落結構, 對

高山生物多樣性既有正面也有負面影響 (Yang and Rudolf, 2009)；一方面，溫度的升高可以導致更多的低地或低海拔的物種向高海拔區域遷移，從而在某種程度上增加了高海拔區域內物種多樣性 (Shen *et al.*, 2014)。另一方面，氣候變暖使得土壤營養狀況發生改變，導致土壤有機質、有效性氮等營養成分增加，降低環境的限制，使得原先無法生存於高山區域的物種進入高山；原先適應高山貧瘠環境的植物在其他物種入侵後無法與其競爭，最終導致高山原生種或特有種消失 (Phoenix *et al.*, 2006)。

此外，氣候變暖導致植物生長最適界的散失和破碎化，也是引起高山植物滅絕或被其它物種取代的主要因素之一 (Thuiller *et al.*, 2005)。氣候變遷對植物的影響最先反應在植物物候上，這種影響在極地和高山生態系中尤為突出和重要 (陳建國等, 2011)。溫度上升使得春季融雪與植物開花時間提前，這類現象在早花植物上特別明顯 (Smith *et al.*, 2010)。對一些具專一授粉者的植物而言，氣溫上升使開花物候與授粉者生命周期錯置，導致植物結實率下降，影響植物繁殖，進而威脅到植物族群的維持 (Hülber *et al.*, 2010)。Root *et al.* (2003) 彙整 143 項的研究結果發現，植物物候變化與近期的氣候變暖有密切關係，自然物候在全球氣候變化及未來氣候預測等研究中可提供有用的資訊。政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 第 4 次評估報告第二工作組報告引用歐盟科學技術合作計畫 (COST725) 物候項目研究結論 (Rosenzweig *et al.*, 2007)，整合分析 1971-2000 年 30 年間的物候發現，約 78% 的樣本展葉、開花和果熟有明顯提前趨勢，但秋季葉變色和落葉有延後現象，植物物候敏感反應在前月溫度變化，升溫 1°C 將導致春、夏季物候期大致提前 2.5 天。

大多數高山生態系植物物候研究結果顯示，植物物候變化主要受到氣溫影響 (Walther *et al.*, 2002 ; Root *et al.*, 2003; Aono *et al.*, 2008; Ghelardini *et al.*, 2010; Kreyling, 2010; Toledo *et al.*, 2011)。Ram *et al.* (1988) 在喜馬拉雅山中部地區 (3,250-4,200 m) 的研究發現，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，這些物種打破芽體休眠對溫度更加敏感，其生長季的調控主要取決於降雪出現的規律性 (Körner, 2003)。

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* 的植物)。

高海拔與高緯度生態系對溫度升高的反應可能更加敏感而迅速 (Grabherr *et al.*, 1994; Pauli *et al.*, 1996; Suzuki and Kudo, 1997)。在極地與高山地區，低溫和短暫生長季是植物生長發育的兩個重要限制因子。升溫可能延長植物生長季，刺激高山地區物種營養生長；植物提早展葉可能有利於資源利用，隨葉片的展開，淨光合作用速率隨之增加，有利於乾物質累積與植物生長 (Suzuki and Kudo, 1997; Loik *et al.*, 2000; Wada *et al.*, 2002; 徐振鋒等, 2009)。在高山地區，受到低溫及短暫生長季節影響，植群之物種組成開花多集中在夏季較溫暖的季節，開花時序多呈單峰分布 (邦卡兒·海放南, 2007; 李向前等, 2009; 曾彥學、曾喜育, 2013a; 2013b)。受到海拔上升、溫度遞減的影響，對大多數廣泛分布的植物而言，愈高海拔將愈晚開花，花期持續長度亦較短 (曾彥學、曾喜育, 2013a, 2013b; 曾喜育等, 2014)。

開花物候不僅是植物重要生活史特徵之一，亦是植物繁殖生態學研究的重要領域 (Fenner, 1998)。開花物候研究一般涉及植物開花時間、開花峰值期和開花持續時間等 (劉志民等, 2006)。物種間的開花時間、開花峰值期和開花持續時間的差異會影響植物社會的組成、結構、功能和多樣性 (Fenner, 1998; Bawa *et al.*, 2003; 劉志民等, 2006)；植物社會物種組成間的開花時序與模式特性是生態學研究的重點之一 (Kochmer and Handel, 1986; Inouye *et al.*, 2003)。

由 Reaumur (1735) 提出的生長度日模式 (Growth degree-day model) 是最早用在預測植物物候的數理模式，又稱熱量-時間模式 (thermal-time model) (Gordon and Bootsma, 1993)。生長度日模式是以累積基礎溫度以上的

平均溫度做為預測的獨立變數，計算植物不同發育階段所需熱量。其生態學意義在於說明基礎溫度以上，植物的發育速率與溫度呈線性關係，因此可藉由有效熱量的累積來預測植物達到某一階段的時間 (Gordon and Bootsma, 1993; Chuine *et al.*, 2014; 符瑜、潘學標, 2011)。生長度日模式形式簡單，容易量測計算，大部分現有發育模式均是描述物候對溫度的反應，以熱量累積來預測植物的發育速率。然而，生長度日模式對光周期不敏感的作物生長模擬效果較好，但沒考慮到高溫對發育的遲滯作用，當溫度變化範圍較大時，不能準確模擬發育期 (Swartz and Powell, 1989; 潘學標, 2003)。此外，多數植物的發育速率與溫度的反應呈現非線性關係 (non-linear)，採用非線性得關係來描述會更符合實際情形，因而不斷提出並發展不同非線性的溫度反應函數，如 β 函數、高斯函數 (Gauss function)、羅吉斯函數 (Logistic function) 以及 S 型函數 (sigmoid function)(Yin *et al.*, 1995; Linkosalo *et al.*, 2006; 韓小梅、申雙和, 2008; 符瑜、潘學標, 2011)。

當前木本植物的物候模式，多以植物芽體的休眠與綻放機制的研究為主。芽體發育可反映出植物生長與氣候變化的關係，可用以評估生長季節的起訖時間與長短，以及植物在氣候變遷下的反應，在區域性或全球的生態模擬模式中扮演著重要角色 (Running and Hunt, 1993; White *et al.*, 1997)。Murray (1989) 將描述解除芽休眠之模式歸納為下列 4 種不同的假說：(1) 芽綻放僅需滿足一定量之熱量和，而不需要考慮其他因子之效應；(2) 芽綻放需滿足一臨界量的冷激後，隨後之熱量和對於芽綻放才具有影響作用；(3) 冷激需求與有效熱量總和相互影響且同步進行，換言之，較低的冷激量則需要較高的熱量和來彌補，反之亦然；(4) 芽綻放之模式中亦考慮了光週期及秋天影響健化的情況。自此 4 種假說衍生各種不同的模式，如最基礎的生長度日模式；將冷激作用列入考量的循序模式 (sequential model)；假設隨著冷激時間的增加，芽綻放所需的熱量和就會相對地減少的平行模式 (parallel model)；假設芽綻放所需之熱量和與林木在秋天或冬天期間所累積之冷激日數二者間存有負相關 (negative relationship) 的交互模式 (alternating model)；考慮光週期影響的光熱能模式 (photothermal model)；考量休眠與促進作用的逆向模式 (reversing model)；考量休眠至熱量開始累積期間溫度波動的失效模式 (nullifying model)(Gordon and Bootsma, 1993; Häkkinen *et al.*, 1998; Linkosalo *et al.*, 2006; Caffarra *et al.*, 2011; Luedeling and Gassner,

2012)。Linkosalo *et al.* (2006) 考量溫帶植物芽體具有休眠性質，須經過一段冷積作用才會綻放。因此他們運用 S 型函數建立毛樺 (*Betula pubescens*) 芽體的有效冷積單位、有效溫度單位與溫度之關係，將冷積作用列入模式建立。

潘振彰 (2012) 在雪山地區觀察玉山杜鵑開花物候發現，樣株在不同海拔的開花時序最大相差 2 個月，對於其基因的交流產生時間的落差。在 2010 年與 2011 年的比較發現，花期差異隨海拔升高而有縮小之趨勢，但相對而言，在海拔較低處花期的差異卻趨大，如其對應之授粉昆蟲無法配合，可能會使其族群數量趨向於某一較適應其生長的海拔範圍。因此，若未來全球暖化情況持續，分布較低海拔的玉山杜鵑提早開花的情況會更形明顯，且在光週期不變的情況下，所能產生的光合產物可能會不足以供應開花及生長發育所需，或是因冷激需求不足導致芽綻放的比例下降及不正常開花，亦即如持續暖化，在高海拔者較能適應，而低海拔者則漸漸退縮趨勢。

不同垂直高度分層對生育地因子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 (劉崇瑞、蘇鴻傑，1983)。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。高海拔地區不同植物生長型有不同的花期高峰，邦卡兒·海放南 (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。呂理昌 (1990) 於玉山國家公園從塔塔加至玉山主峰，就同一物種不同海拔分佈做物候觀察，結果顯示隨海拔升高開花期會延遲半個月至 1 個月，例如早田氏草莓 (*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*) 開花模式，觀察標本發現中部地區全年有植株開花，花期主要為 2-5 月，但隨著海拔上升需要更多熱量累積，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 *et al.* (2007) 研究筷子芥屬 (*Arabidopsis*) 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 (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, 結束時間較延遲。潘振彰等 (2013) 調查雪山地區玉山鵲的展葉與開花時間發現, 玉山杜鵑的展葉與開花隨著海拔升高而較晚的趨勢, 可能反映較高海拔的平均溫度較低, 熱量累積需較長時間所致。

然而, 溫度高低與其變化狀態依植物種類及其功能性狀的物候影響不同, 曾彥學、曾喜育 (2013b) 調查 2012-2013 年雪山高山植物物候發現, 在冬季氣溫升高的情況下, 少數種類開花會提前, 有些不會改變, 但約一半的種類會延後。冬季氣溫偏高常不利於打破冬季的芽休眠, 反而使開花期延遲, 較冷的冬溫則有利於打破冬季休眠 (張福春, 1995); 但有些種類在冬季氣溫升高的情況下, 植物開花期有提前的現象 (Sparks and Carey, 1995; Sparks *et al.*, 1997); 有些植物則沒有差異 (Myking, 1997)。

四、研究地區概況

本計畫調查地點在雪山主峰沿線 (圖 5)，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 (3,886 m)。

(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 km 內爬升近海拔 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。

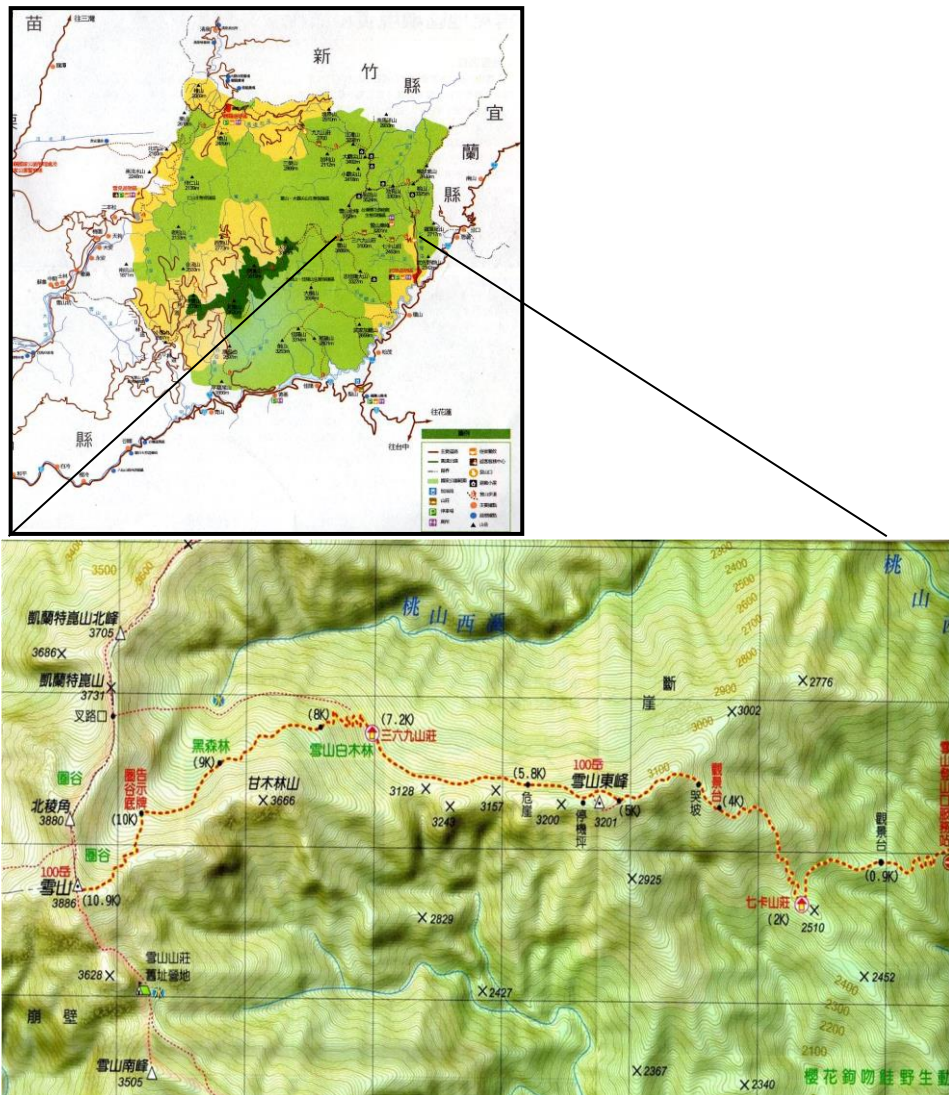


圖 5. 本計畫研究地區範圍圖。

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 (Cation exchange capability, 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/m^3 最高，黑森林 1.16 kg/m^3 次之，哭坡與火燒地幾乎一樣，各為 0.74 與 0.75 kg/m^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：

1. AC'_{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。
2. AC'_{2ra}'：涼而多溼，全年不缺，分布海拔 2,000 m 以上。

根據雪山圈谷氣象站氣候資料 (2010-2016)，月均溫高峰發生在 6 月 (8.7°C)，最低溫發生在 1 月 (-0.7°C)，全年皆為濕潤環境，重濕期為 3-11 月。

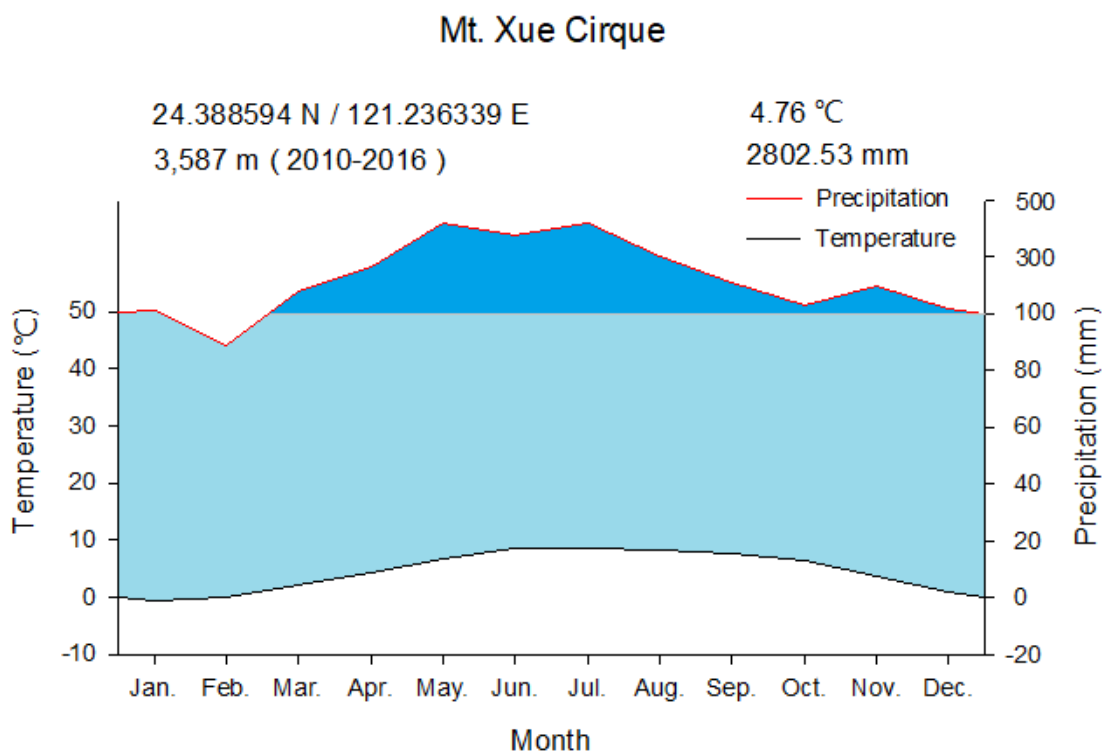


圖 6. 雪山圈谷生態氣候圖。

(三) 雪山主峰線山地植群帶

依海拔高度帶、植群帶與氣候帶之分類 (Su, 1984；邱清安，2006；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 冷杉林帶 (*Abies* forest zone)、2,500-3,100 m 鐵杉雲杉林帶 (*Tsuga-Picea* forest zone) 與 1,800-2,500 m 的櫟林帶上層 (Upper *Quercus* forest 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 (*Berberis morrisonensis*)、玉山薔薇(*Rosa sericea* var. *morrisonensis*)、高山艾 (*Artemisia oligocarpa*)、高山白珠樹 (*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；王偉等，2010)。

冷杉林帶以臺灣冷杉最優勢，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。臺灣冷杉林之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

表 1. 雪山雪東線沿線海拔植群帶分布表。修改自 Su (1984) 和邱清安 (2006)

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 vegetation 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	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	高山芒 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	Middle montane 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

型為以苔蘚、蕨類、臺灣鬼督郵 (*Ainsliaea reflexa*)、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 (廖敏君等, 2012)。臺灣冷杉林常因火燒造成玉山箭竹或高山芒 (*Miscanthus transmorrisonensis*) 優勢的灌叢草原景觀，在灌叢草生地與臺灣冷杉林形成動態推移，褐毛柳 (*Salix fulvopubescens*)、巒大花楸 (*Sorbus randaiensis*) 等小喬木組成之闊葉樹優勢植物社會，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 (*Lonicera kawakamii*)、高山芒、黃菟 (*Senecio nemorensis*)、臺灣繡線菊 (*Spiraea formosama*) 等 (王偉等, 2010)。

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; 王偉等, 2010, 2013)。雪山主峰沿線並未發現臺灣雲杉 (*Picea morrisonicola*) 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、紅毛杜鵑等入侵形成疏林景緻。造林地栽植樹種多以臺灣二葉松為主，間雜原生的高山櫟、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 (王偉等, 2010, 2013)。

登山口至七卡山莊以臺灣二葉松、臺灣赤楊、杉木 (*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為玉山假沙梨、紅毛杜鵑、細葉杜鵑 (*Rh. noriakianum*)、高山芒、巒大蕨 (*Pteridium aquilinum* subsp. *wightianum*) 等。近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*)、狹葉櫟 (*Cyclobalanopsis stenophylloides*) 等，林下有高山芒、臺灣瘤足蕨 (*Plagiogyria formosana*) 等植物 (王偉等, 2010)。

五、研究方法

(一) 植物開花物候普查

考慮海拔梯度、植群帶、植被類型及地形等條件，參考 Su (1984) 將臺灣中部森林依海拔高度劃分之植群帶及對應氣候帶 (表 2)，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 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，步道里程 4.4-8.9 K 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；步道里程 8.9-9.8 K 為冷杉林型，優勢物種為臺灣冷杉，林內日照較低。

表 2. 雪山物候研究之雪東線步道里程碑及不同路段之植群帶劃分表 (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	哭坡頂-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

參考鄭婷文 (2012) 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、臺灣特有及稀有物種進行開花觀察，並延續吳佳穎等 (2013)、曾彥學、曾喜育 (2013, 2014) 的觀察，調查期間自 2016 年 2 月起至 2018 年 11 月止，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，記錄各月分之開花結實物種。單一植株花期以花冠開放、花藥成熟至凋謝期間為準，果期以果實開始發育至成熟為準，物種花期以族群內開花株數達 30% 以上為盛花期 (吳佳穎等, 2013)。

(二) 指標物種監測與物候模式建立

本年度除上述物候調查方法持續進行外，並延續曾彥學、曾喜育 (2014) 雪山地區開花物候監測物種 (表 3)，挑選分布在海拔 3,000 m 以上之物種進行展葉、花候等物候狀態的每日定時自動相機拍攝記錄。自動縮時相機採用 Reconyx (HC500)、Reconyx (XR6) 及 Ereagle (E1C) 等 3 款 (圖 7)。

玉山杜鵑、紅毛杜鵑、細葉杜鵑、巒大花楸等早花類的木本植物，其花芽與葉芽的綻放對溫度十分敏感，常做為氣候變遷之指標。因玉山杜鵑分布海拔較廣，將依不同海拔生育地各取樣叢進行觀察。草本植物以臺灣特有種

與稀有種為主，春季開花植物以玉山櫻草 (*Primula miyabeana*) 做為指標，夏秋季開花植物以玉山山蘿蔔 (*Scabiosa lacerifolia*)、南湖柳葉菜 (*Epilobium nankotaizanense*)、雪山翻白草等，各選擇樣株/叢觀察。結合定點相機拍攝資料與 Datalog 取得之微環境資料，針對指標植物的展葉、開花之積溫、冷激時數等分析，嘗試建立物候模式。

表 3. 雪山地區高山生態系植物物候長期監測指標種調查清單與樣株數
(資料來源：本研究資料)

物種	科	生長型	花期	株數	新增
巒大花楸 <i>Sorbus randaiensis</i>	薔薇科	喬木	4 月	1	2 台
玉山杜鵑 <i>Rhododendron pseudochrysanthum</i>	杜鵑花科	灌木	4-6 月	9	
紅毛杜鵑 <i>Rhododendron rubropilosum</i>	杜鵑花科	灌木	4-7 月	4	1 台
細葉杜鵑 <i>Rhododendron noriakianum</i>	杜鵑花科	灌木	4-6 月	2	1 台
玉山櫻草 <i>Primula miyabeana</i>	報春花科	草本	5-7 月	1	1 台
雪山翻白草 <i>Potentilla tugitakensis</i>	薔薇科	草本	6-9 月	1	
玉山山蘿蔔 <i>Scabiosa lacerifolia</i>	續斷科	草本	7-10 月	1	1 台
玉山薄雪草 <i>Leontopodium microphyllum</i>	菊科	草本	6-8 月		1 台
南湖柳葉菜 <i>Epilobium nankotaizanense</i>	柳葉菜科	草本	7-9 月	1	
臺灣冷杉 <i>Abies kawakamii</i>	松科				1



圖 7. 利用自動照相機定點定時自動拍攝花候之變化。
(資料來源：本研究資料)

本次研究使用熱時間模式 (thermal-time model) 作為模擬開花時間的基礎模式。熱時間模式是從固定的時間開始計算積溫，固定的起始時間可做為每年例行發生的環境事件，本研究中以 1 月 1 日做為計算起始日。熱時間模式假設植物已經歷過內生性休眠，並且休眠在開始計算前就已被打破，故省略了休眠時期的計算，公式如下 (Reaumur, 1735)：

$$T_i = \begin{cases} 0 & \text{if } x_i \leq T_b \\ x_i - T_b & \text{if } x_i > T_b \end{cases} \quad \text{式 (1)}$$

$$F(t) = \sum_{i=1}^t T_i \quad \text{式 (2)}$$

式中 $F(t)$ 為植物到達特定階段所需積溫， i 為計算積溫的起始時間， t 為開花時間， x_i 為每小時均溫， T_b 為基礎溫度(°C)， T_i 為熱量 (degree-hours)。

為了求得玉山杜鵑生長的基礎溫度，本研究以 -2.5°C、0°C、2.5°C 及 5°C 四種溫度作為基準溫度分別求算積溫。傳統的熱時間模式假設溫度與熱量呈線性關係，本研究參考 Sarvas (1972) 針對溫帶樹種建立的 S 形函數作為溫度與熱量的關係式，其方程式如式 3:

$$T_i = \begin{cases} 0, & x_t \leq 0 \\ \frac{28.4}{1 + e^{-0.185(x_t - 18.4)}}, & x_t > 0 \end{cases} \quad \text{式(3)}$$

式中 T_i 為熱量 (degree-hours)，28.4 為植物發育的極限溫度，18.4 為最適溫度，-0.185 為 S 型的形數。

此外，依據過往研究顯示，光週期對於杜鵑的開花時間也具有一定程度的影響 (Lamsal and Welch, 2016)，且白天的溫度比夜間溫度對植物更具影響力 (Rossi, 2016)，因此本研究嘗試以白天 (6:00-18:00) 的溫度為主，進行積溫的估算。

六、結果與討論

(一) 2018年開花結實物候種類調查清單

本研究自2018年1月至2018年11月於雪山雪東線步道沿線共調查63科168屬280種開花結實植物(表4)，其中雙子葉植物(Dicotyledons)有54科132屬219種，佔所有物種的78.21%(表4)。在物候調查植物的科層級種數以菊科(Compositae)最多(32種)，依次為薔薇科(Rosaceae)(23種)、禾本科(Gramineae)(18種)、杜鵑花科(Ericaceae)(11種)、玄參科(Scrophulariaceae)(10種)、石竹科(Caryophyllaceae)(10種)、莎草科(Cyperaceae)(10種)(圖8)。

表4. 雪山雪東線步道2018年1月至2018年11月沿線物候調查物種數統計表 (資料來源：本研究資料)

	科	屬	種	比例(%)
裸子植物	2	6	8	2.86
被子植物	61	162	272	97.14
單子葉植物	7	30	53	18.93
雙子葉植物	54	132	219	78.21
總計	63	168	280	100.00

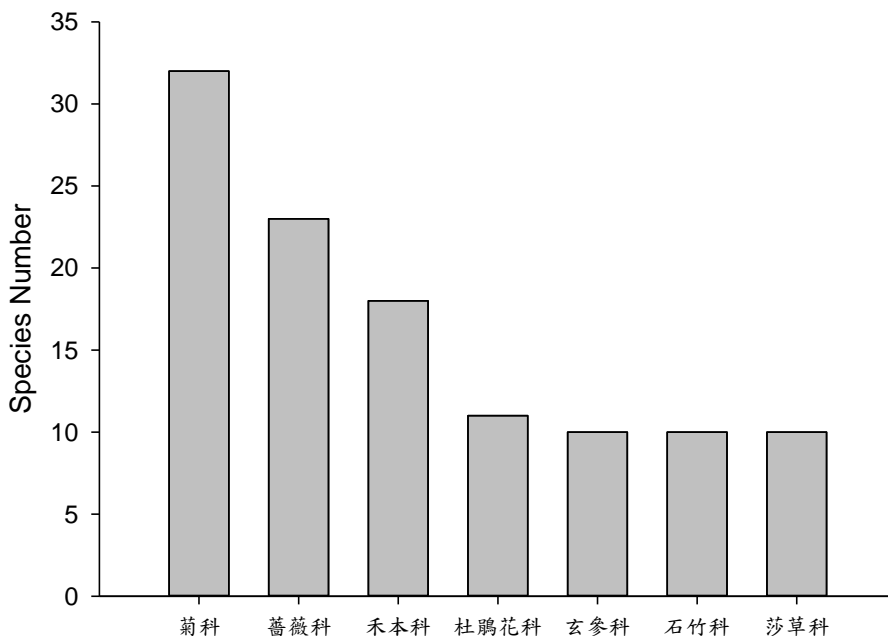


圖8. 雪山雪東線步道2018年1-11月沿線植物物候調查主要科別圖。’

(資料來源：本研究資料)

(二) 2018年全線開花結實表現

雪山地區 2018 年 1-11 月雪東線步道開花結實物候調查結果顯示，開花物種數隨著氣溫上升而逐步增加 (圖 9)，在 6-9 月是研究區域開花高峰時期，9 月過後則逐步減少。果候趨勢與花候相似，約晚花候 1-2 個月，8-11 月結實物種數的高峰期。

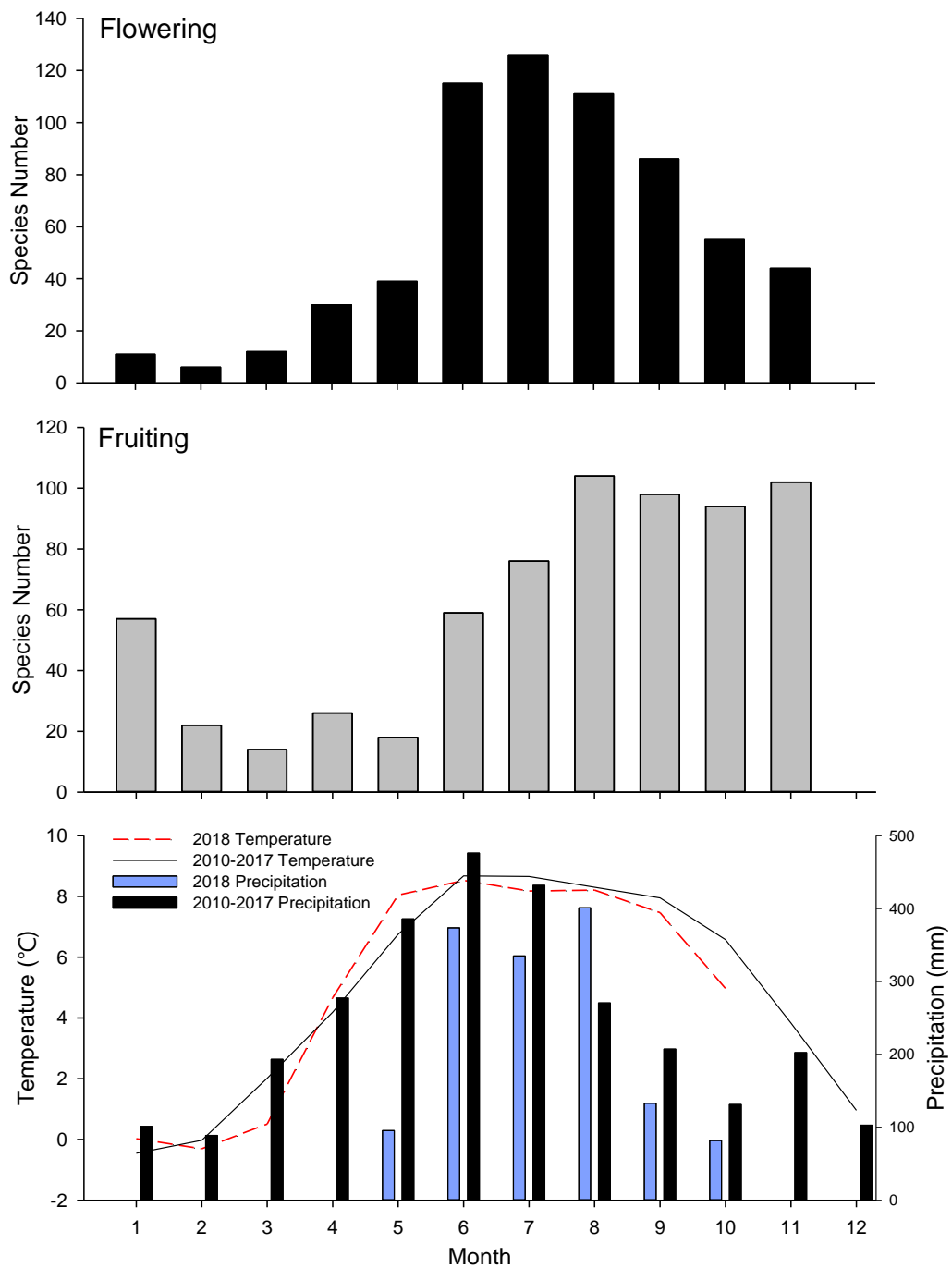


圖 9. 雪山雪東線步道 2018 年 1-11 月沿線植物物候調查全線開花結實種數與雪山圈谷氣候圖。(資料來源：本研究資料)

將研究區域分成春季 (3-5 月)、夏季 (6-8 月)、秋季 (9-11 月) 及冬季 (12-2 月)，在 2018 年冬季 (1-2 月) 調查發現 (附錄 2)，玉山假沙梨、臺灣馬醉木、蔓黃菀 (*Se. scandens*)、一枝黃花 (*Solidago virgaurea* var. *leiocarpa*)、玉山胡頹子 (*Elaeagnus morrisonensis*)、藤胡頹子 (*El. glabra*) 等 14 種物種仍可在較低海拔地區開花。僅在春季開花的物種有苦懸鈎子 (*Rubus trianthus*)、薄瓣懸鈎子 (*Ru. piptopetalus*)、笑靨花 (*Spiraea prunifolia* var. *pseudoprunifolia*)、喜岩堇菜 (*Viola adenothrix*)、臺灣胡麻花 (*Heloniopsis umbellata*) 等 19 種物種開花。大葉桑寄生 (*Taxillus liquidambaricolus*)、山薰香 (*Oreomyrrhis involucrate*)、毛蕊木 (*Vaccinium japonicum* var. *lasiostemon*)、玉山小蘗、玉山水苦蕒 (*Veronica morrisonicola*)、玉山懸鈎子 (*Ru. calycinoides*)、匍枝銀蓮花 (*Anemone stolonifera*) 等 97 種僅在夏季開花；細枝柃木 (*Eurya loquaiiana*)、絨山白蘭 (*Aster lasiocladus*)、黃山蟹甲草 (*Parasenecio hwangshanicus*)、臺灣常春藤 (*Hedera rhombea* var. *formosana*)、巒大當藥 (*Swertia randaiensis*) 等 23 種僅在秋季開花。

花期橫跨春夏兩季的有南燭、枇杷葉灰木 (*Sy. stellaris*)、長行天南星 (*Arisaema consanguineum*)、臺灣堇菜 (*Vio. formosana*)、褐毛柳、玉山櫻草等 16 種；亞毛無心菜 (*Arenaria subpilosa*)、貓兒菊 (*Hypochaeris radicata*)、玉山金絲桃 (*Hypericum nagasawai*)、刺果豬殃殃 (*Galium echinocarpum*)、鹿場毛茛 (*Ranunculus taisanensis*)、尼泊爾籟簫 (*Anaphalis nepalensis*)、玉山薄雪草 (*Leontopodium microphyllum*) 等 66 種物種花期橫跨夏秋兩季。花期長達半年以上的物種有玉山假沙梨、臺灣二葉松、高山白珠樹、臺灣龍膽 (*Gentiana atkinsonii* var. *formosana*)、雪山翻白草等 15 種。

結果物候觀察顯示 (附錄 3)，臺灣二葉松、臺灣馬醉木每月皆有果實著生；除了上述 2 種植物外，有毛果柃木 (*Eu. gnaphalocarpa*)、白珠樹 (*Gau. leucocarpa*)、玉山假沙梨、臺灣赤楊、刺柏 (*Ju. formosana*)、臺灣鐵杉等 28 種物種的著果期超過 5 個月。部分物種因為果實發育期長，如裸子植物的刺柏與臺灣二葉松需要將近 1 年至 1 年半果實才能成熟，因此幾乎全年可觀測到果實 (Lill, 1976; 梁立明、陳明義, 2000)；白珠樹、臺灣馬醉木等為研究區內一年多次開花或開花期較長的植物，因此幾乎全年可觀察到結果。

(三) 2018 年不同海拔植物開花物候比較

2018 年 1-11 月雪山雪東線步道沿線 4 個植群帶開花物候調查結果顯示 (圖 10)，櫟林帶上層和鐵杉雲杉帶調查期間各月份皆有植物開花，櫟林帶上層開花種數高峰發生在 6-8 月，櫟林帶上層在 1 及 2 月開花物種數最少 (5 種)；鐵杉雲杉帶在 2018 年 2 月的開花物種數最少，開花種數高峰發生在 6-9 月；2018 年冷杉林帶的植物開花延長至 1 月才結束，2-3 月因低溫且覆雪現象而沒有調查到植物開花，至 4 月有異葉紅珠 (*Hemiphragma heterophyllum*)、阿里山龍膽 (*Ge. arisanensis*)、玉山杜鵑、川上氏小蘗 (*Be. kawakamii*)、繁縷及褐毛柳等 6 種植物開花，開花種數高峰發生在 7-8 月；高山植群帶於 2017 年 12 月持續覆雪至 2018 年 4 月底才完全融雪，5 月才調查到阿里山龍膽、雪山翻白草和玉山圓柏等 3 種植物開花，開花種數高峰發生在 6-8 月。植物開花大致有隨海拔升高而開花物種數減少的趨勢，此現象反映在隨海拔升高，溫度與熱量累積相對較緩慢，對於大多需要足夠熱量才能開花的高山植物而言，植物開花的物種數將隨海拔升高而遞減 (吳佳穎等，2013；曾喜育等，2014)。

物候調查發現，有 115 種植物分布橫跨不同植群帶 (附錄 4)；其中，橫跨 4 個海拔的物種有一枝黃花、臺灣鬼督郵、高山白珠樹、羊茅共 4 種；橫跨 3 個海拔的有高山芒、臺灣龍膽、高山通泉草 (*Mazus alpinus*)、臺灣堇菜、阿里山龍膽等 29 種；橫跨 2 個海拔的有蔓黃菀、賽矜木 (*Eu. crenatifolia*)、臺灣馬醉木、紫花地丁 (*Vio. mandshurica*)、細葉杜鵑、臺灣二葉松、大武貓兒眼睛草 (*Chrysosplenium hebetatum*) 等 82 種。在植物物候研究中，普遍存在開花時間隨海拔上升而推遲的現象；同時，花期結束時間也隨海拔上升而提早 (呂理昌，1990；張又敏，2006；溫英杰等，2008；吳佳穎等，2013；潘振彰等，2013，2017；曾喜育等，2014；Blionis *et al.*, 2001; Pellerin *et al.*, 2012)。

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、陸渝蓉，1994)。魏聰輝、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 $-0.57^{\circ}\text{C}/100\text{ m}^2$ 。隨海

拔升高溫度隨之遞減，應為造成花期延後的主要原因。然而影響開花的環境因子眾多，除了溫度之外，降雨、植物的豐欠年、土壤環境以及地形環境也會間接影響植物開花時間。例如部分位於較高海拔冷杉林帶玉山杜鵑植株的花期較鐵杉雲杉林帶來得早，其主要因為這些植株位於較開闊區域，其開花較鐵杉雲杉林帶位於林下的植株早。植群帶是一種人為劃分方式，若植物分布在兩植群帶間，加上植被組成（森林與灌叢草地）、坡位（中坡與嶺線）等生育地的異質性，使得一些植物的開花時間未隨海拔升高而延後。

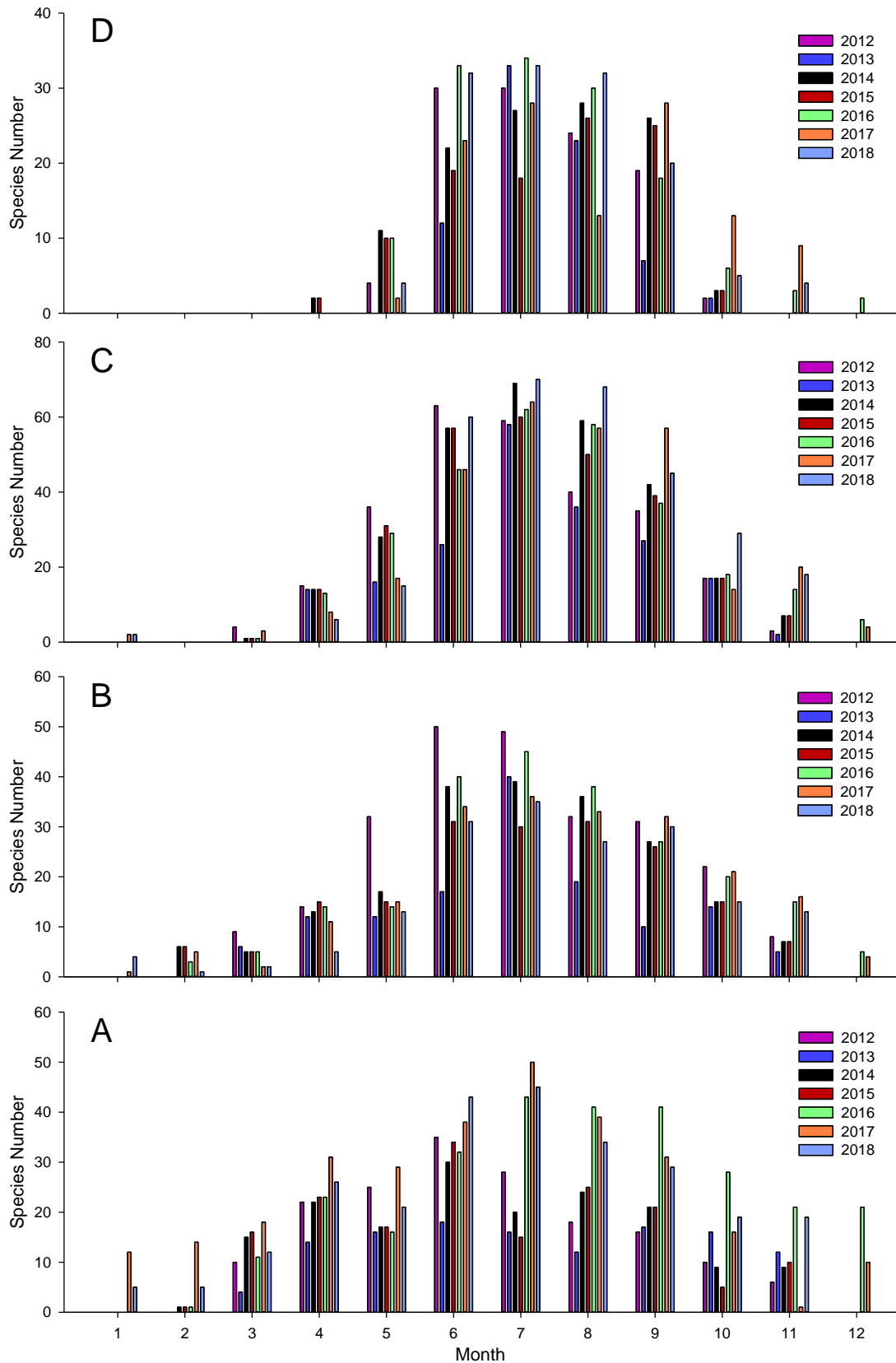


圖 10. 雪山雪東線步道 2012 年 3 月至 2018 年 11 月沿線不同植群帶植物每月開花種數變化圖。A：櫟林帶上層，B：鐵杉雲杉帶，C：冷杉林帶，D：高山植群帶。
(資料來源：本研究資料)

(四) 雪山地區2016-2018年開花結實物候比較

雪山雪東線沿線步道自2016年2月至2018年11月於雪山雪東線步道沿線共調查66科184屬346種開花結實植物(表5)，其中以雙子葉植物最多，共有57科146屬276種，佔所有物種的79.77%(表5)。在物候調查植物的科層級種數以菊科最多(41種)，依次為薔薇科(29種)、禾本科(22種)、毛茛科(Ranunculaceae)(12種)、玄參科(12種)及杜鵑花科(12種)(圖11)。

表 5. 雪山雪東線步道 2016 年 2 月至 2018 年 11 月沿線開花物種數統計表
(資料來源：本研究資料)

	科	屬	種	比例(%)
裸子植物	2	6	8	2.31
被子植物	64	178	338	97.69
單子葉植物	7	32	62	17.92
雙子葉植物	57	146	276	79.77
總計	66	184	346	100.00

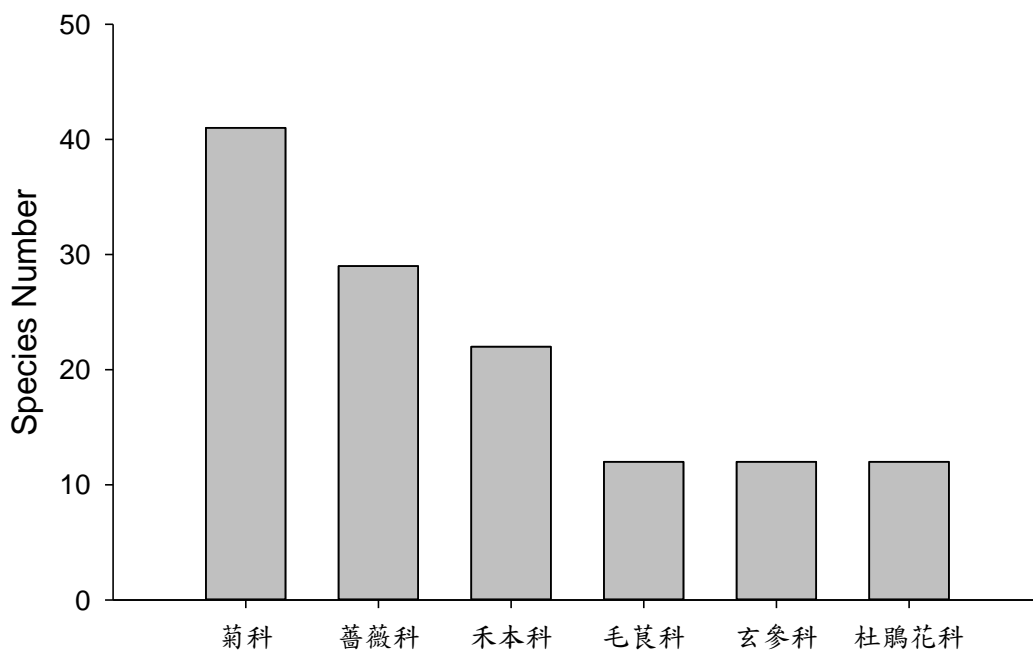


圖 11. 雪山雪東線步道 2016 年 2 月至 2018 年 11 月沿線物候調查主要科別圖。
(資料來源：本研究資料)

研究區域開花高峰期為 6-9 月，而果候趨勢與花候相似，8-11 月為結實高峰期，約晚花候 1-2 個月 (圖 12)。在花候的部分，2016 年 3 月的開花物種數較少，此可能受到同年 1-3 月較低溫的狀態所致；2016 年 12 月開花物種數多達 30 種，且 2017 年 2 月開花物種數是歷年 (2014-2016 年) 的兩倍，此結果可能受是到 2017 年 1 月的極端高溫影響，致使物種提前進入花期；而 2018 年 5 月開花物種數受 3-5 月降雨較低的影響，致使植株間的花期集中且提早結束。在果候的部分，2016 及 2017 年 12 月時結實種數驟降，2018 年 1-4 月結實種數是這 3 年以來最佳的狀態。

透過附錄 5 可以觀察到在 2016 年 2 月調查中，山胡椒 (*Litsea cubeba*)、臺灣馬蘭 (*As. baccharoides* var. *kanehirai*)、福建賽衛矛 (*Microtropis fokiensis*)、薄葉柃木 (*Eurya leptophylla*)、臺灣馬醉木、臺灣胡麻花、阿里山龍膽等 7 種植物最早開花；2017 年冬季 1 月調查發現，輪葉沙參 (*Adenophora triphylla*)、一枝黃花、臺灣馬蘭、蔓黃菀、阿里山龍膽、臺灣馬醉木、苦懸鉤子、細葉杜鵑、薄瓣懸鉤子等 14 種植物開花；在 2018 年冬季 (1-2 月) 調查發現，玉山假沙梨、臺灣馬醉木、蔓黃菀、一枝黃花、玉山胡頹子、藤胡頹子等 14 種物種仍可在較低海拔地區開花。

2016-2018 年全線物候比較發現 (附錄 5)，玉山小蘗在 2016 年 4 月紀錄到開花，而 2017 和 2018 年則是在 6 月才紀錄到開花，臺灣糖星草和繡球藤亦有相同的結果；阿里山龍膽在 2018 年花期明顯較晚，玉山假沙梨花期提前，臺灣馬醉木花期僅到 5 月，8 月過後未再看到其開花。

在結實物候觀察方面 (附錄 6)，臺灣馬醉木於調查期間 2016 年 2 月至 2018 年 11 月，每個月皆有果實著生，而在 3 年調查期間，每年果期皆長達半年以上的有白珠樹、刺柏、臺灣二葉松、異葉紅珠、臺灣冷杉、玉山杜鵑、玉山假沙梨、高山白珠樹、細葉杜鵑、南燭及臺灣鐵杉等 11 種。

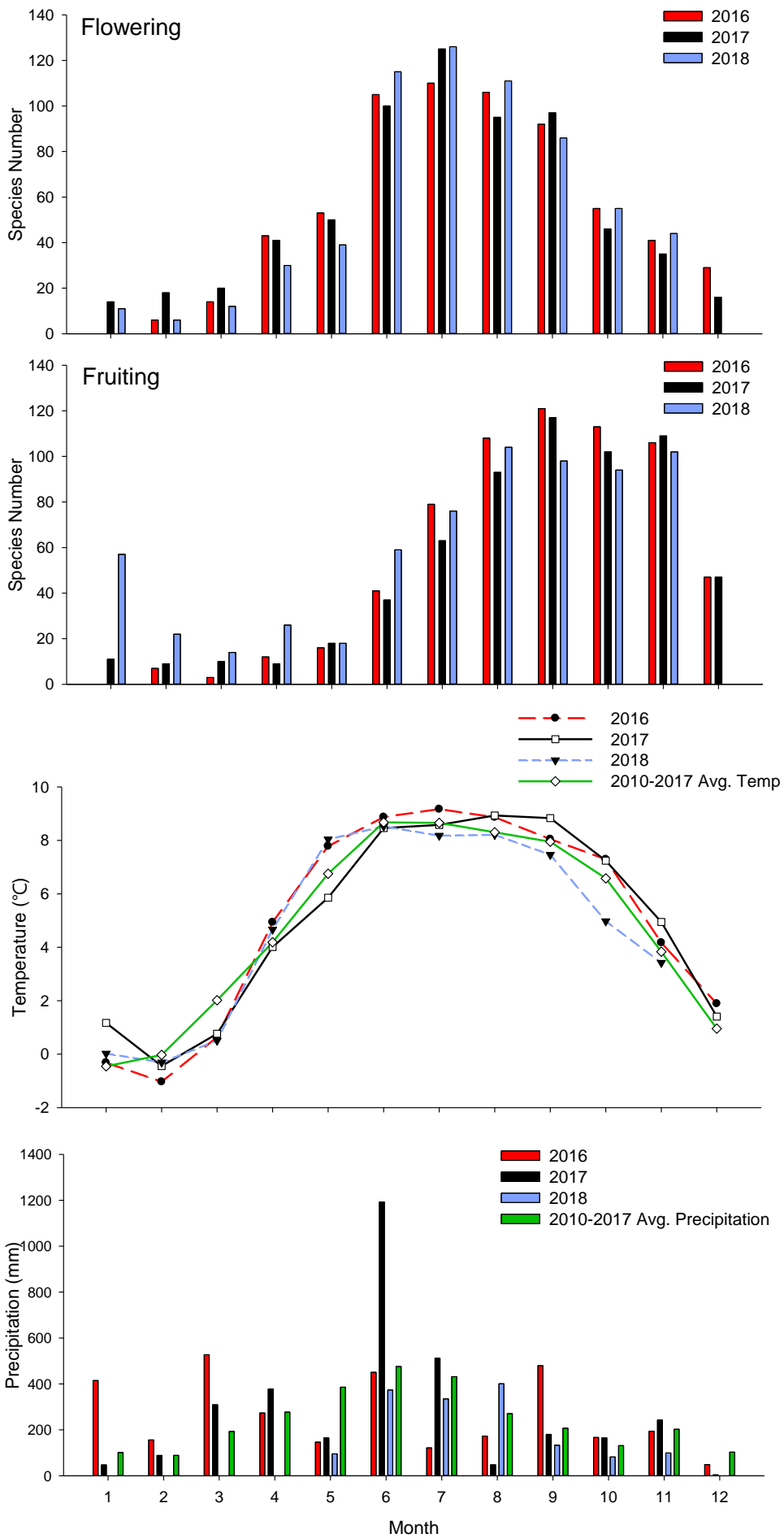


圖 12. 雪山雪東線步道 2016-2018 年沿線開花結實物種數與溫度、降雨關係圖。
(資料來源：本研究資料)

(五) 雪山地區不同年度冬春季植物開花物候比較

2012-2018 年 1-5 月開花物候共記錄 47 科 107 屬 155 種 (表 6)，包括裸子植物 (Gymnosperms) 7 種、單子葉植物 (Monocotyledons) 22 種、雙子葉植物 126 種；在開花物候調查植物的科層級種數以薔薇科最多 (18 種)，依次為菊科 (14 種)、杜鵑花科 (8 種)、虎耳草科 (6 種)、菝葜科 (Smilacaceae)(6 種)(圖 13)。

2012-2018 年 1-5 月沿線開花植物譜調查結果如附錄 7，受部分植物花期短於 2 次調查間隔，或是植物種類族群數量較低而未能每年調查到其開花，或是受到調查人員調查影響，或受到調查時天候不佳等因素影響，調

表 6. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 1-5 月沿線開花物種數統計表
(資料來源：本研究資料)

	科	屬	種	比例(%)
裸子植物	2	5	7	4.52
被子植物	45	102	148	95.48
單子葉植物	7	13	22	14.19
雙子葉植物	38	89	126	81.29
總計	47	107	155	100.00

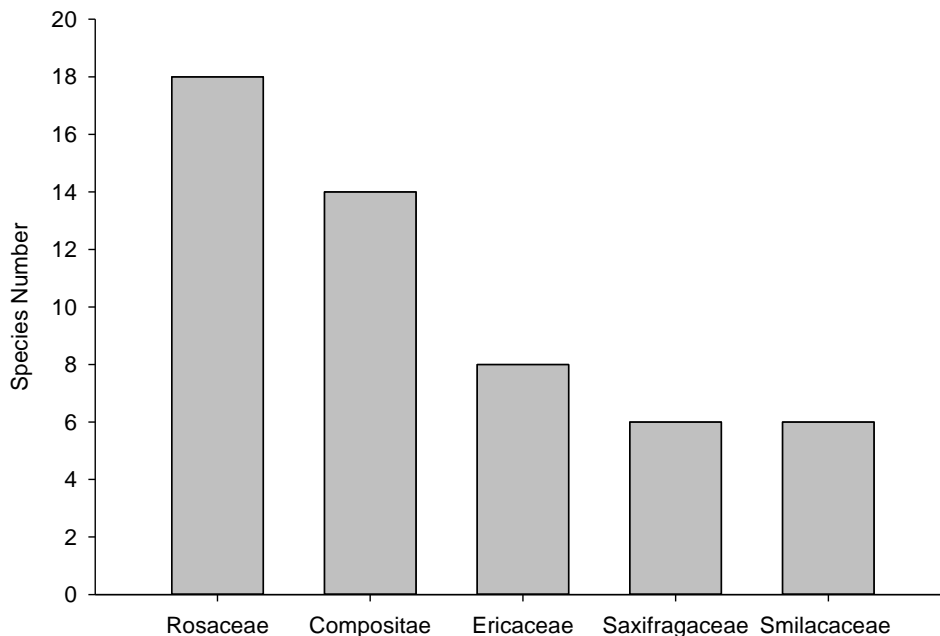


圖 13. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 1-5 月沿線物候調查主要科別圖。
(資料來源：本研究資料)

查的物種數年際間有些許差異，因此本研究僅針對出現 4 個年度以上的物種進行比較。根據中央氣象局報告，2012-2017 年的全球平均溫度皆有偏高的現象，而 2016 年 (0.95°C) 更創下歷史新高；調查期間，部分植物開花物候受到影響，有些物種花期提早或延後，亦有些植物花期幾乎沒有太大改變。其中阿里山龍膽、臺灣馬醉木、玉山杜鵑、細葉杜鵑、川上氏小蘗、玉山小蘗、臺灣草莓 (*Fragaria hayatai*)、玉山假沙梨、苦懸鈎子、刺花懸鈎子 (*Ru. taiitensis* var. *aculeatiflorus*) 及薄瓣懸鈎子等 17 種植物花期有提早的現象，多為木本植物組成 (12/17 種)；而高山通泉草、喜岩堇菜、箭葉堇菜 (*Vio. betonicifolia*)、玉山櫻草、臺灣鹿藥 (*Smilacina formosana*) 等 14 種植物花期有延後的現象，多為地被草本植物 (10/14 種)。

比較 2012-2018 年冬春季逐月開花物種數變化 (圖 14&15)，每年的逐月開花物種數隨著時序溫度升高變化而開花物種數增加；然 7 個年度 3-5 月的逐月開花物種數變化不一致，這可能反應在當時氣候的不同，特別是冬季與春季溫度差異 (表 7)。與大多數高山地區的開花物候研究結果相同，植物物候變化主要受到氣溫影響 (Walther *et al.*, 2002 ; Root *et al.*, 2003; Aono *et al.*, 2008; Ghelardini *et al.*, 2010; Kreyling, 2010; Toledo *et al.*, 2011; 曾喜育等, 2014)。

2012 年 3-5 月開花物種數是近 7 年以來的最佳狀態 (圖 14)，這可能是因為前年 11-12 月相對高溫 (表 7)，有助於亞高山植物熱量的累積，又 3-5 月平均氣溫偏高，熱量累積加快。此外，2012 年 1-5 月的月均溫變化與平均值最接近，因此我們以 2012 年 3-5 月的逐月開花物種數變化為基準進行各年度冬春季開花物候比較。

比較各年氣溫發現，2013 年的冬季 2 月氣溫較高，亦是玉山北峰測站歷年 2 月最高溫 (表 8)，3-5 月氣溫較低，因此提早打破花芽休眠；當溫度升高至植物基礎溫度時，植物才會解除休眠，生存芽開始發育 (Faust *et al.*, 1991)，使物種提早進入花期。但因 3 月降雪低溫影響，致使 3-4 月開花物種數相對較低，又在 4 月春季晚雪造成多數植物花苞敗育，5 月開花物種數明顯比其他年度來的少 (圖 14)。

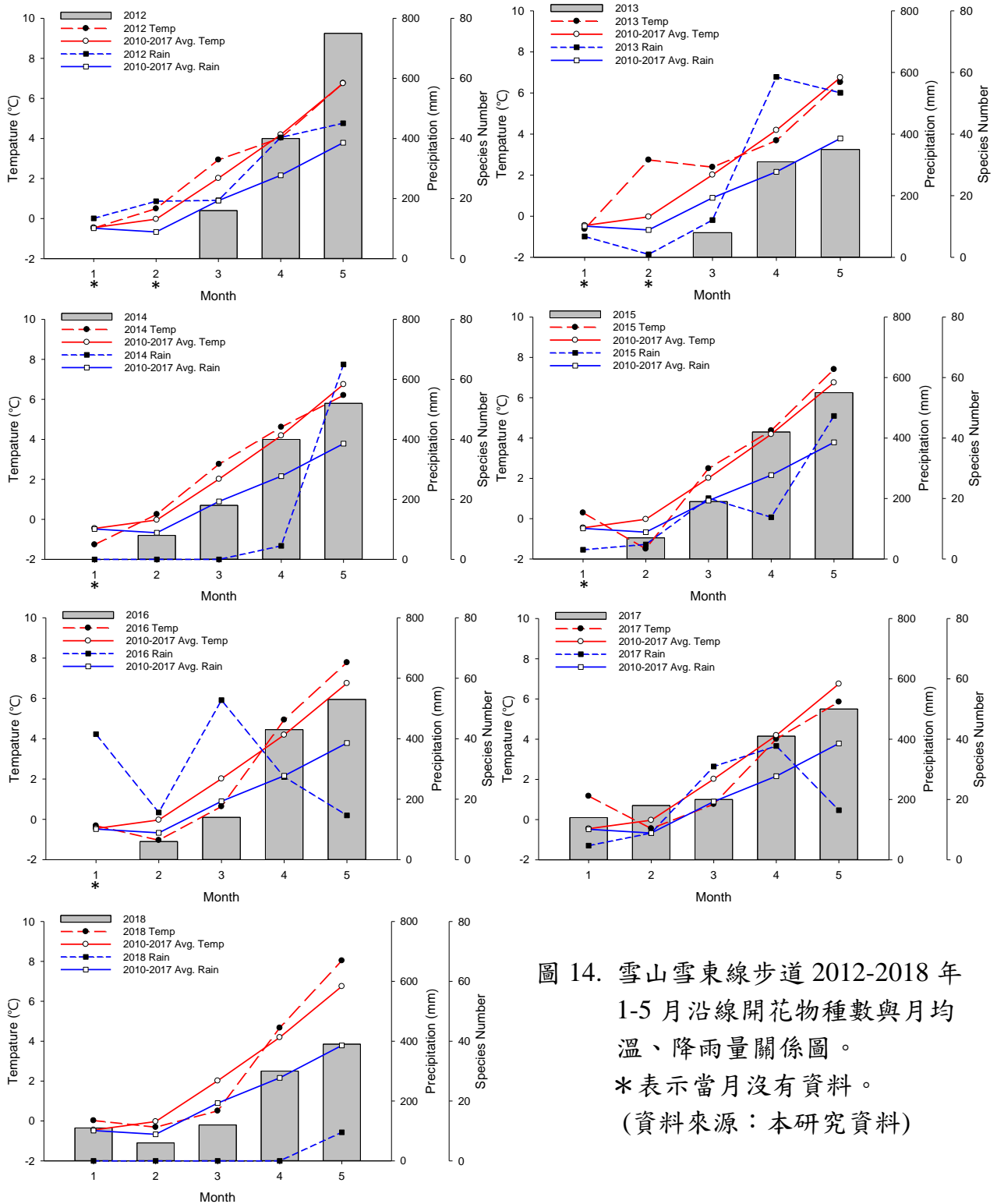


圖 14. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 1-5 月沿線開花物種數與月均溫、降雨量關係圖。
*表示當月沒有資料。
(資料來源：本研究資料)

2014-2016 年 2-5 月的逐月開花物種數變化趨勢相近，有趣的是，2015-2016 年 2-3 月的相對低溫似乎對研究區的春季逐月開花物種數變化沒有太大的影響。2017 年 2 月雖然較年平均月均溫低，但開花物種數是各年同月的兩倍，推測可能是受到 2016 年 12 月至 2017 年 1 月的相對高溫影響，致使植物仍處於尚可營養生長維持開花的環境狀態，在冬季開花的植物持續開花至 2 月所致；受 2-3 月的相對低溫影響，2017 年 4-5 月的逐月開花物種數變化與 2014-2016 年相似。氣溫是高山植物開花最敏感的因子，春季的氣溫較低，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。

2016 年與 2018 年 1-5 月的月均溫變化有相似趨勢 (圖 14)，2-3 月的月均溫皆較平均值低 (2016 年 -1.04 與 0.65 °C，2018 年 -0.31 與 0.50 °C)，但春季逐月開花物種數變化明顯不同；2018 年 4 月上旬的冰霰，造成低溫寒害使正在等待開花的花苞受損嚴重，導致其物種數比起各年份同月來的少，進而影響到 5 月的開花數量。除了溫度影響冬春季植物開花外，降雨亦是重要的因子，2018 年 5 月是近年最高溫的 5 月，相對春季高溫理應會對植物開花有所助益，但 2018 年春季 3-5 月降雨是歷年來最少的時期，此可能造成植物開花歷時長度變短而集中，調查的物種數僅較 2013 年 5 月略多；另一方面，由 5 月至 6 月的開花物種數變化發現，受到 2018 年 5 月底至 6 月的充沛降雨補充水分影響，6 月的開花物種數激增至與其他年度相近。2016 年 1 月 25 日的“霸王級寒流”對研究區的植物開花物候的影響，僅限於櫟林帶上層至鐵杉雲杉林帶等較低海拔的物種，相對於其他年度 2 月的開花物種數並沒有太大的影響。

初春的晚雪對於已形成花苞的植物是一種傷害，2013 年與 2018 年春季降雪低溫致使植物花苞遭受寒害而枯萎敗育；早春開花植物雖然較不受授粉媒介影響，但晚雪對於花苞造成不可逆的傷害 (Gime'nez-Benavides *et al.*, 2011; 潘振彰等, 2013; 薛兆翔, 2017)，導致當年度種子生產失敗而造成養分投資的浪費。冬季的相對高溫可能促使薔薇科、杜鵑花科等早春開花植物熱量累積較早達成，進而提早打破花芽休眠而提早開花；對於晚春開花的物種則可能會因低溫刺激不足而延後開花，此現象大致可以從 2012 年 5 月與 2013-2018 年 5 月開花物種數的比較發現得知。

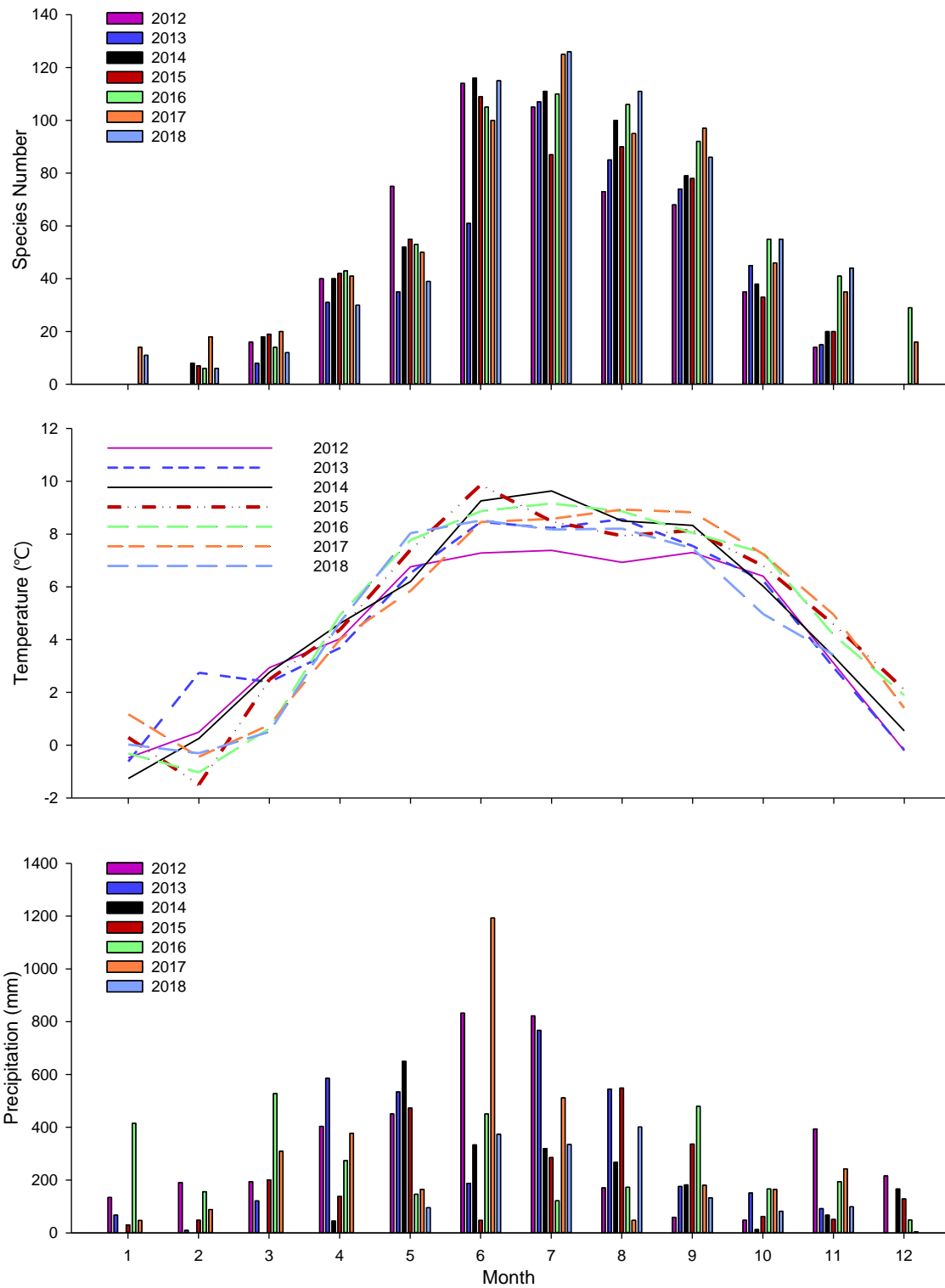


圖 15. 雪山雪東線步道 2012-2018 年沿線開花物種數與溫度、降雨關係圖。
(資料來源：本研究資料)

表 7. 雪山圈谷氣象站 2011-2018 年月均溫表 (資料來源：本研究資料)

年份	月份												
	前年 12月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011		-2.28	-1.12	0.98	3.14	6.54	8.93	8.75	8.12	7.86	5.99	4.56	1.81
2012	1.81	-0.48	0.50	2.94	4.03	6.76	7.29	7.38	6.93	7.30	6.40	3.10	-0.21
2013	-0.21	-0.62	2.74	2.39	3.68	6.53	8.47	8.23	8.57	7.55	6.24	2.93	-0.18
2014	-0.18	-1.28	0.26	2.76	4.56	6.19	9.25	9.64	8.50	8.34	6.02	3.36	0.55
2015	0.55	0.29	-1.49	2.49	4.41	7.41	9.87	8.48	7.94	8.15	6.80	4.58	2.11
2016	2.11	-0.32	-1.04	0.65	4.94	7.79	8.87	9.17	8.86	8.07	7.30	4.10	1.91
2017	1.91	1.17	-0.45	0.77	4.01	5.86	8.48	8.56	8.94	8.83	7.25	4.95	1.43
2018	1.43	0.02	-0.31	0.50	4.67	8.04	8.53	8.18	8.21	7.46	4.98	3.42	-
2010-2017	-	-0.45	-0.03	2.02	4.19	6.75	8.67	8.66	8.30	7.95	6.58	3.83	0.96

表 8. 玉山北峰氣象站 2011-2018 與 1961-2017 年月均溫以及月均溫在 1961-2017 年的高溫排名(括弧內) (資料來源：本研究資料)

年度	月份 前年 12月	月均溫(排名)												年平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2011	-0.2 (25)	-2.2 (27)	-1.4 (24)	0.9 (17)	3.0 (22)	5.4 (16)	7.3 (11)	8.0 (12)	7.4 (17)	7.6 (7)	5.6 (19)	4.3 (13)	1.8 (11)	3.98 (29)
2012	1.8 (11)	-1.5 (22)	0.0 (11)	2.2 (7)	2.8 (24)	6.1 (9)	7.5 (9)	7.7 (14)	7.2 (19)	7.1 (12)	7.1 (6)	2.6 (26)	0.1 (22)	4.08 (25)
2013	0.1 (22)	-0.6 (15)	2.9 (1)	1.4 (13)	2.9 (23)	5.3 (17)	7.1 (13)	7.2 (19)	7.7 (14)	7.9 (5)	7.3 (4)	2.9 (24)	-0.3 (26)	4.31 (16)
2014	-0.3 (26)	0.4 (7)	-1.0 (21)	1.3 (14)	4.6 (6)	5.4 (16)	8.5 (3)	9.6 (1)	8.6 (5)	8.6 (2)	7.8 (2)	3.8 (16)	0.9 (17)	4.88 (4)
2015	0.9 (17)	1.5 (3)	-1.9 (28)	2.3 (6)	3.6 (16)	6.4 (6)	8.9 (1)	8.0 (12)	7.5 (16)	8.2 (4)	7.2 (5)	5.3 (4)	2.1 (9)	4.93 (3)
2016	2.1 (9)	-0.4 (13)	-1.2 (23)	0.3 (22)	4.1 (11)	7.0 (3)	8.0 (6)	8.7 (6)	9.0 (3)	7.7 (6)	7.2 (5)	4.5 (11)	2.0 (10)	4.74 (6)
2017	2.0 (10)	1.6 (2)	0.1 (10)	0.3 (22)	3.4 (18)	5.4 (16)	7.6 (8)	8.5 (8)	9.2 (1)	9.7 (1)	8.3 (1)	5.0 (6)	2.1 (9)	5.10 (1)
2018	2.1 (9)	0.5 (6)	-0.3 (14)	1.4 (13)	4.8 (4)	8.0 (1)	8.3 (5)	7.6 (15)	7.2 (19)	7.1 (12)	4.8 (23)	4.4 (12)	-	-
1961-2017	-	-1.3	-0.9	0.9	3.4	5.6	7	7.8	7.6	7.2	6.3	3.9	0.7	-

(六) 雪山地區不同年度夏秋季植物開花物候比較

雪山雪東線步道沿線植物逐月開花物種數高峰發在夏秋季 6-9 月，由圖 14 觀察可以看出，大致上物種數與溫度變化相似，隨著溫度降低，10 月過後的物種數明顯減少。2012-2018 年夏秋季植物開花物候比較發現（圖 16），開花種數最高的月份發生在 6 月的年度有 2012、2014-2015 年，發生在 7 月的年度有 2013、2016-2018 年。其中；2013 年受 2 月極端高溫，以及 3-4 月降雪低溫寒害影響後續 5-6 月的植物開花，開花物種高峰發生在 7 月。2015 年 7 月物種較 8 月少的原因在於 6 月降雨明顯較少，可能導致春季或夏季早期開花物種提早結束花期；此現象類似 2018 年 5 月開花物種數受 3-5 月降雨較低的影響，致使植株間的花期集中且提早結束。

2018 年 6-11 月月均溫皆低於 2010-2017 年平均溫度（圖 16），但其物候表現比起其他年度來得好，推測與 6-8 月降水量變化幅度不大及 8 月降水量較其他年度來得豐沛有關。

自 2012 年以來，雪山圈谷夏秋季月均溫有明顯增加趨勢，而高山地區生長季節短，秋季相對高溫將導致植物生長季延後結束，致使植物花期延長；此現象明顯發生在 2016-2017 年夏秋季的開花植物種數，受到 8-11 月相對高溫影響，植物花期有延長現象，致使 9-11 月的開花物種數較其他年度高出甚多（圖 16）。

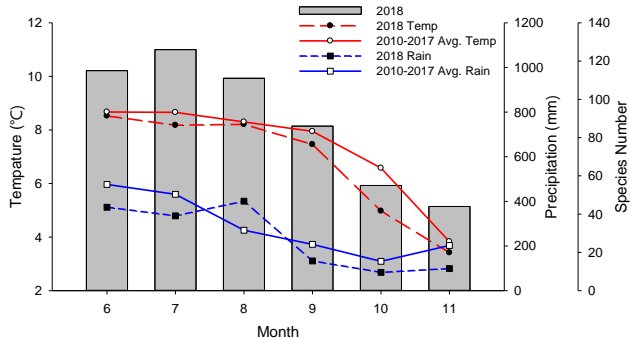
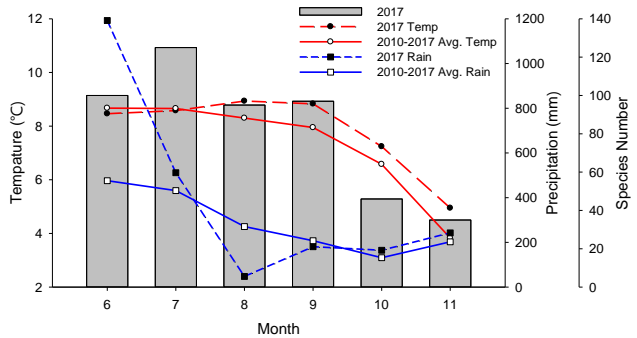
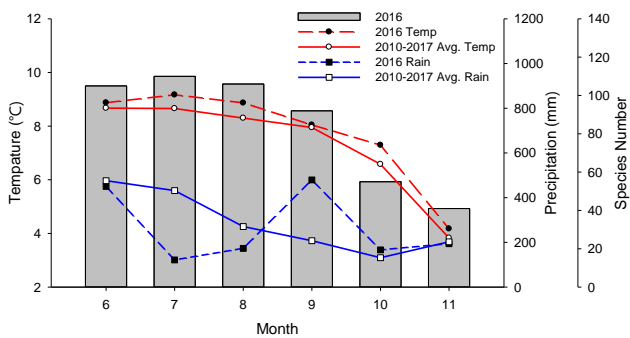
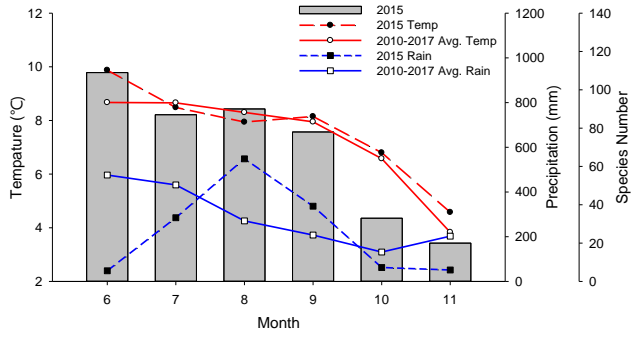
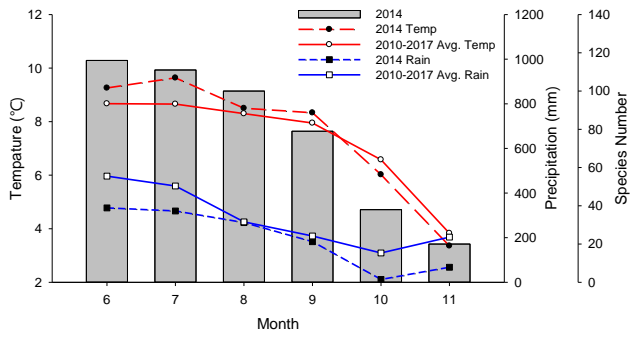
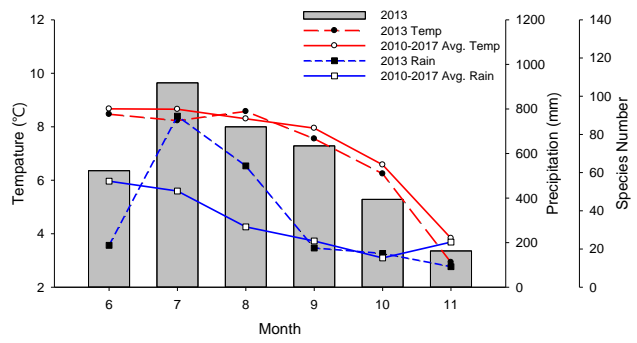
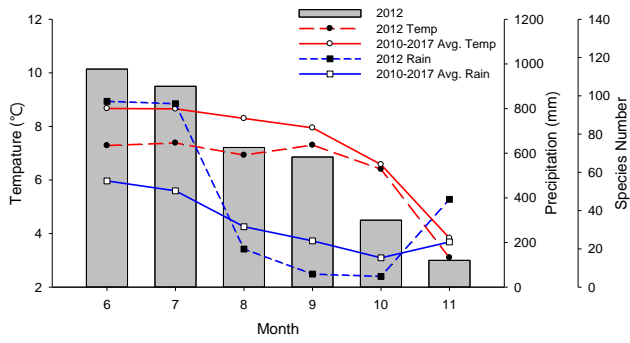


圖 16. 雪山雪東線步道 2012-2018 年 6-11 月沿線開花物種數與月均溫、降雨量關係圖。
(資料來源：本研究資料)

(七) 雪山地區玉山杜鵑開花積溫推估

由於開花為植物的繁殖機制，具有一定的生理過程與穩定性 (Schwartz, 2013)，在相同區域內的植株應當具有相近的積溫閾值。因此本研究目前先以雪山圈谷的玉山杜鵑為主，引用潘振彰 (2012) 2010-2011 年的調查資料，並綜合 2014-2016 年的調查資料進行玉山杜鵑積溫估計 (表 9)。結果顯示玉山杜鵑各年度的自儒略日 (1 月/1 日) 起的始花期為 137 ± 10.7 天，使用不同的基礎溫度時，計算出來的始花期所需積溫值不同。基礎溫度為 0°C 時，積溫為 9170.2 ± 1347.3 ；在 2.5°C 時，積溫為 4340.2 ± 816.6 ；在 5°C 時，積溫為 1409.7 ± 384.8 ；使用 S 型函數，積溫為 4582.2 ± 610.1 。變異係數 (coefficient of variation, CV) 可以看出積溫時數的離散程度，CV 值越小，表示數據的離散程度較小，一致性較高；從 CV 值來看，數值的離散程度隨著基礎溫度上升而提高，當使用 S 型函數推算玉山杜鵑熱量時有最小的 CV 值。本研究進一步以不同基礎溫度估算的平均積溫值，預測各年度的玉山杜鵑始花期。然而預測結果不盡理想 (表 10)，即使是一致性較高的 S 型曲線模式，預測日期與實際始花期差值自 -13 日至 10 日。

本研究使用 0 、 2.5 及 5°C 等 3 種基礎溫度進行模式推估，因此 4 種基礎溫度的生物學意義不同； 0°C 為水的冰點，推測可作為植物生長的臨界溫度；而前人研究顯示位於高山的植物基礎生長溫度可以略低於 0°C (Cannell and Smith, 1983)。另外溫帶區域的眾多木本植物研究顯示，在低於 5°C 時會植物

表 9. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑在不同基礎溫度下始花期所需積溫表
(資料來源：本研究資料)

年	始花期	儒略日	基礎溫度($^{\circ}\text{C}$)			S 形函數
			0	2.5	5	
2010	5/25	144	11586.0	5624.8	1965.2	5706.0
2011	6/2	152	9485.3	4924.4	1728.2	4587.2
2014	5/7	126	8314.4	3654.7	935.5	4099.5
2015	5/5	124	7662.4	3454.8	1096.5	3979.6
2016	5/19	139	8803.0	4042.3	1323.3	4538.9
Average	5/17	137	9170.2	4340.2	1409.7	4582.2
SD	10.7	10.7	1347.3	816.6	384.8	610.1
CV(%)	-	-	14.7	18.8	27.3	13.3

進入休眠，因此推測 5°C 為進入休眠的臨界溫度 (Cannell and Smith, 1983; Murray *et al.*, 1989; Hannerz, 1999)。然而利用 3 個基礎溫度與 S 型溫度求算的積溫閾值差異甚大，可能原因在於起始日期定於 1/1，可能與植物解除休眠的時間不符。為了求得解除休眠的概略日期，本研究以開花當日作為起始計算時間，逆向計算累積熱量，嘗試以圖解法計算。使用不同基礎溫度計算各年度的累積曲線仍有差異，但不同年度在 1000-1250 小時具有相似的積溫累積曲線趨勢，超過 1250 小時後開始產生分歧 (圖 17)。

表 10. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑在不同基礎溫度下始花期預測日期與實際日期差值表 (資料來源：本研究資料)

年	始花期	預測日期差值(days)			
		0°C	2.5°C	5°C	S 型
2010	5/25	-13	-9	-7	-13
2011	6/2	-1	-3	-3	1
2014	5/7	8	10	18	9
2015	5/5	11	10	9	10
2016	5/19	3	4	2	2

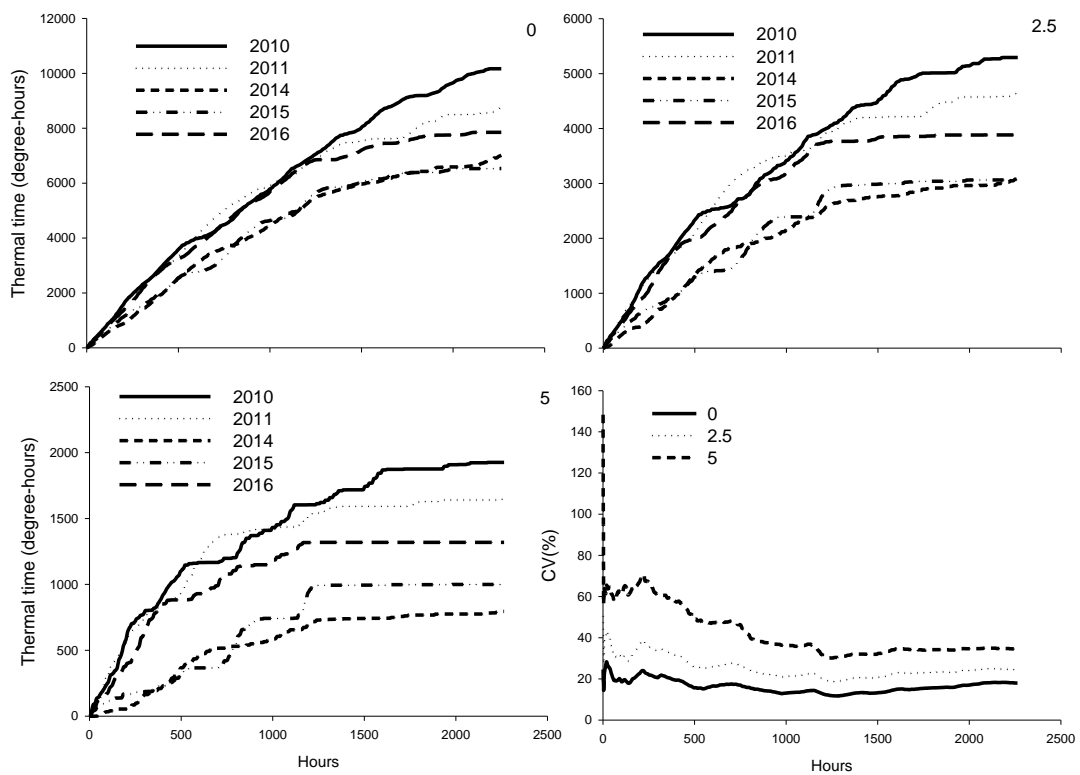


圖 17. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑的不同基礎溫度逆向積溫累積與變異係數波動圖。原點為始花期，hours 為回推小時數。

(資料來源：本研究資料)

白天是植物生理作用較旺盛的時間，也是植物主要的生長時間 (Rossi, 2016)，以白天的時均溫推估積溫應當較符合植物生理機制。因此，我們進一步以白天 (6:00-18:00) 的時均溫進行積溫估算 (圖 18)，比較圖 17 與圖 18， 0°C 的各年度累積曲線有接近的趨勢外，其他基礎溫度下的累積曲線差異增加。以 CV 值來看，在基礎溫度 0°C 時有最好的一致性。最後本研究以白天的時均溫配合 S 型函數進行積溫推估，並求算不同回推時數時的變異係數 (圖 19)，各年度的累積曲線變化較一致，且當回推時數達 636 小時，變異係數有最小值 (9.31)。綜合估算結果，S 型函數的積溫累積曲線的各年度變化趨勢較一致，而當回推天數在 52-53 天時，各年度的積溫最接近。根據潘振彰 (2012) 量測花芽生長曲線研究結果，推測玉山杜鵑的花芽解除休眠 (花芽開始膨大) 至開花的時間在 40-50 天之間，可能是累積曲線在 50 天時一致性提高的原因。雖然模式的推估有初步結果，實際參數如解除休眠的條件以及玉山杜鵑在不同海拔間的積溫時數是否相同等，仍需更進一步研究。

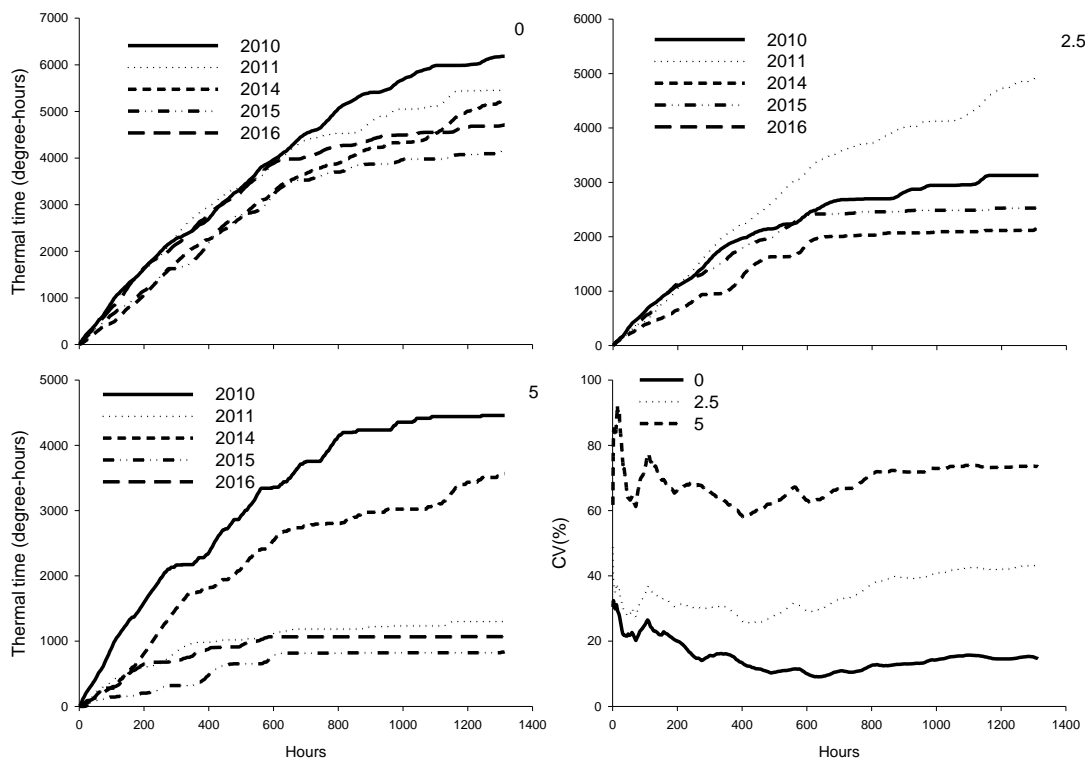


圖 18. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑不同基礎溫度逆向積溫累積圖。原點為始花期，hours 為回推小時數，一天中僅計算 6-18 時的溫度。

(資料來源：本研究資料)

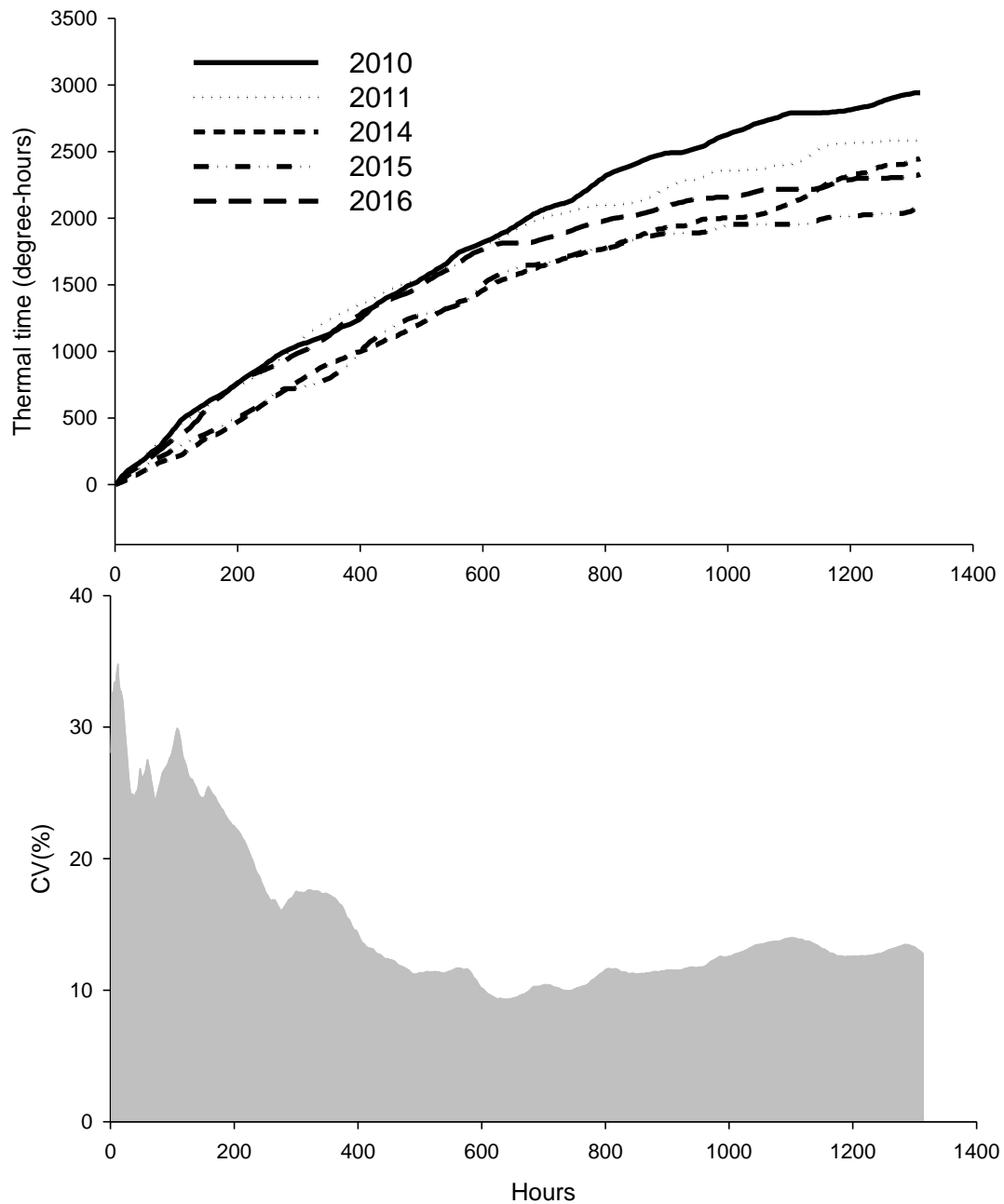


圖 19. 雪山圈谷不同年度玉山杜鵑逆向積溫累積圖。熱量以 S 型函數計算，0 為開花時間，hours 為回推小時數，一天中僅計算 6-18 時的溫度。
(資料來源：本研究資料)

利用上述的結果，假設花芽恢復生長至開花的時間，並且利用花芽生長圖對比日均溫變化圖推測玉山杜鵑的基準溫度，進行熱量累積閾值的計算，再進行開花時間的預測。

雪山 2010-2011 年不同海拔玉山杜鵑花芽生長資料，對比應對區域日均溫度變化發現 (圖 20)，玉山杜鵑花芽較快速膨大的時間，都在環境溫度長

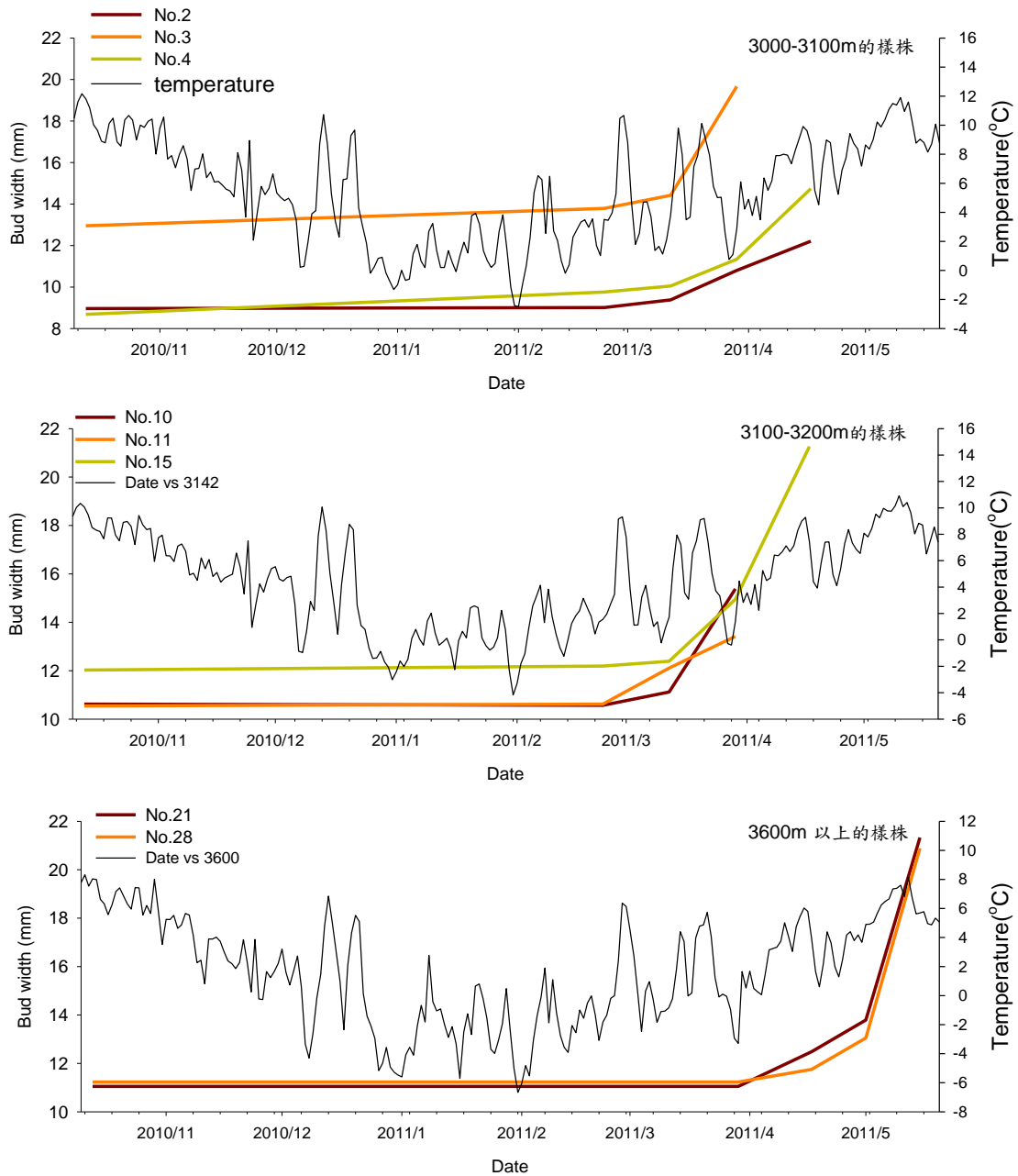


圖 20. 雪山圈谷 2010-2011 年玉山杜鵑花芽寬度生長與氣溫變化圖。
 註：圖例的數字為樣株編號 (資料來源引自潘振彰，2012)

期高於 0°C 之後有較明顯生長，推測玉山杜鵑的基礎溫度應該大於 0°C 後，但是玉山杜鵑開花前的日均溫度最高為者為 8°C 左右 (圖 20)，因此 0-8°C 之範圍都可能為基礎溫度。一般認為木本植物的基準溫度為 5°C (Cannell and Smith, 1983; Murray *et al.*, 1989; Hannerz, 1999)，但不同物種有不同的基準溫度，而本研究推測玉山杜鵑的基準溫度於 0-5°C 之間。0°C 為水的冰點，植物體內是以水溶液的型態輸送養分，在杜鵑花屬植物的抗寒實驗中，杜鵑花芽在 5°C 以下時，可以使花芽保持在休眠的狀態 (Kaku *et al.*, 1983)。在唐杜鵑

(*Rh. simsii*) 開花特性的研究裡，將唐杜鵑放置於 7°C，了解芽體內外離層素的含量變化，了解打破芽體休眠的生理機制 (Christiaens *et al.*, 2010)。Lamsal and Welch (2016) 在 *Rh. arboreum* 的生理模式研究是以植物的基準溫度、最適溫度、最高可適應溫度及最低可適應溫度作為模式參數，其以 -0.8°C 作為基準溫度來預測 *Rh. arboreum* 的開花時間。

因為不同物種其生長的基礎溫度不一樣，所以基準溫度若是使用不合適，可能會造成模式預測上有較大的誤差，因此下一節本研究將利用 0、1、2、2.5、3、3.5、4、4.5 及 5°C 作為基準溫度，進行閾值的計算及開花時間的預測，本研究假設預測結果較好的基準溫度，參照潘振彰(2012)研究，以分布海拔 3,600 m 以上玉山杜鵑的樣株為基準溫度分析探討。

近年來氣候變遷的影響，使溫度越來越高，甚至常有極端氣候的發生，像是 2016 年高溫之後的霸王級寒流，導致許多臺灣中高海拔的物種因此產生凍害 (薛兆翔, 2017)，而較高的海拔的植物則較不受影響，因此利用雪山圈谷 (3,500 m) 的 2010-2011、2014-2016 年玉山杜鵑開花資料，進行閾值的計算，再進行開花時間的預測。本研究預測 2010-2011 年及 2014-2017 年的開花時間，其中 2017 年及 2018 年的資料並沒有納入閾值計算，目的是想知道，沒有加入參數其中的年份的預測能力是否良好，實際開花時間與預測時間結果如表 10。預測開花時間與實際時間之差異天數，發現基準溫度於 4、4.5 及 5°C 時，計算值與預測值有較小的差異，平均的差異天數為 7.1 天，大致推測 4°C 以上為玉山杜鵑的基準溫度。

除生長基準溫度外，模式中另一個重要參數為積溫起始日，合適的積溫起始日，可以提升模式的預測及模擬的準確性，而熱時間模式中的積溫起始日通常會認為是有植物恢復活性的信號的日子，例如氣候變化的日子，像是環境溫度的極低點，或是溫度處於較高的時候，亦或是日照時數開始改變的日子，本研究利用不同的積溫起始日子進行開花預測。整體上當積溫起始日為 3/4 時 (表 11)，基準溫為 0°C、2°C、3.5°C、4°C 及 4.5°C 時預測時間與實際開花時間相差的天數較少，因此本研究檢視 2010-2011 年及 2014-2018 年 1-5 月的日均溫變化，想了解 3/4 前的溫度與 3/4 後的氣溫狀況的差別，了解各年的積溫起始前後是否有相似的溫度變化，若有則可推測該溫度變化後植物可能恢復生長的信號，適合作為積溫的起始日期。

2010-2011 年及 2014-2018 年 1-5 月的氣溫變化，雖然溫度起伏大，但整體為越來越高的趨勢，而 3/4 前的溫度大部分為 0°C 以下，只有少數幾天高於 0°C，在 1-2 月的平均溫度上，大部分也是低於 0°C，除 2017 年的溫度稍微高於 0°C，而細看這 6 年各日子的溫度變化，發現 3/4 前，都有溫度極低的時候，溫度大約低於 -6°C，2010 年及 2011 時約在 1 月底時，出現低於 -6°C 的低溫，2014 年約在 2 月底時，出現低於 -6°C 的低溫，2015 年與 2016 年在 1 月底及 2 月底時，出現低於 -6°C 的低溫，2017 年則是於 2 月中時，出現了 -6°C 的低溫，2018 年在 1 月 12 日時出現 -6°C 的低溫。觀察 2010-2011 年玉山杜鵑花芽寬度變化的觀察 (圖 20)，發現海拔 3,100-3,200 m 與 3,000-3,100 m 的溫度變化與圈谷地區相似，只是溫度稍微高一些，且於 1 月底時有較低的溫度，海拔 3,100 m 的地區其溫度約為 -4°C，而在海拔 3000 m 溫度為 -2°C，花芽變化方面，海拔 3,100 m 與圈谷地區的樣株在 2011 年 3 月以前，花芽生長狀況沒有明顯變化，但是海拔 3,000 m 樣株在 2011 年 3 月以前，可以看出其有較明顯的生長狀況，芽的變化可以做為進入休眠的階段 (Schneider, 1970)，且海拔 3,000-3,100 m 的樣株的環境溫度大多高於 0°C，推測海拔 3,000-3,100 m 的樣株可能沒有進入休眠狀態，而 2011 年 2-3 月時，圈谷因覆雪無法測量資料，但是海拔 3,100-3,200 m 的地區沒有覆雪，其生長變化也不明顯，推測 3,100 m 以上的樣株有進入休眠的狀態，且冬季的低溫可能是玉山杜鵑打破休眠的關鍵。

因此本研究從研究期間 1-5 月的日均溫的變化圖 (圖 21)，尋找 3/4 以前溫度低於 -6°C 的日子作為積溫起始日期，重新再計算一次閾值，並且進行開花時間預測，預測結果顯示 (表 12) 在 2011 年的預測結果在任何基準溫下都較好，只有 1 天之差；2010 年、2015 年與 2016 年的預測結果相似，只是 2015 年預測時間晚於實際開花時間，其與兩者提早，約差 5-7 天的時間，2014 年預測時間晚實際時間高達 10 多天，且各個基準溫度之間的時間差異不像其他年較一致，2017 年及 2018 年是沒有將納入閾值計算的一年，其預測結果顯示，2017 年的預測以最低溫日子作為積溫起始日，以基準溫為 4、4.5 及 5°C 時有較好的預測結果，2018 年的預測天數差較多，約提前 7-9 天。以不同積溫起始時間及以冬季最低溫作為積溫起始時間時，基準溫度於 4°C 左右時預測時間較為準確，因此推測模式中玉山杜鵑的基準溫度為 4°C。

表 11. 雪山圈谷玉山杜鵑不同溫度與不同時間開始積溫的預測時間與實際
開花時間天數差異表 (資料來源：本研究資料)

積溫起始日期	基準溫度(°C)										平均 差異
	0	1	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5		
2018/01/01	8.5	7.7	7.2	7.1	7.0	7.0	6.8	6.5	6.7	7.2	
2018/02/12	6.8	6.8	6.8	6.8	6.7	7.0	6.7	6.8	6.8	6.8	
2018/02/22	6.4	6.1	6.7	6.5	6.4	6.4	6.5	7.0	6.8	6.5	
2018/03/04	6.2	6.7	6.2	6.5	6.5	6.4	6.4	6.4	6.7	6.4	
2018/03/14	7.5	6.8	7.2	7.1	7.2	7.1	6.8	6.8	6.7	7.0	
2018/03/24	7.0	7.0	7.2	7.4	7.4	7.2	7.2	7.2	7.4	7.2	
2018/04/03	9.4	9.1	9.4	9.5	9.5	9.7	9.2	9.0	8.4	9.2	
平均差異	7.4	7.2	7.3	7.3	7.2	7.2	7.1	7.1	7.1		

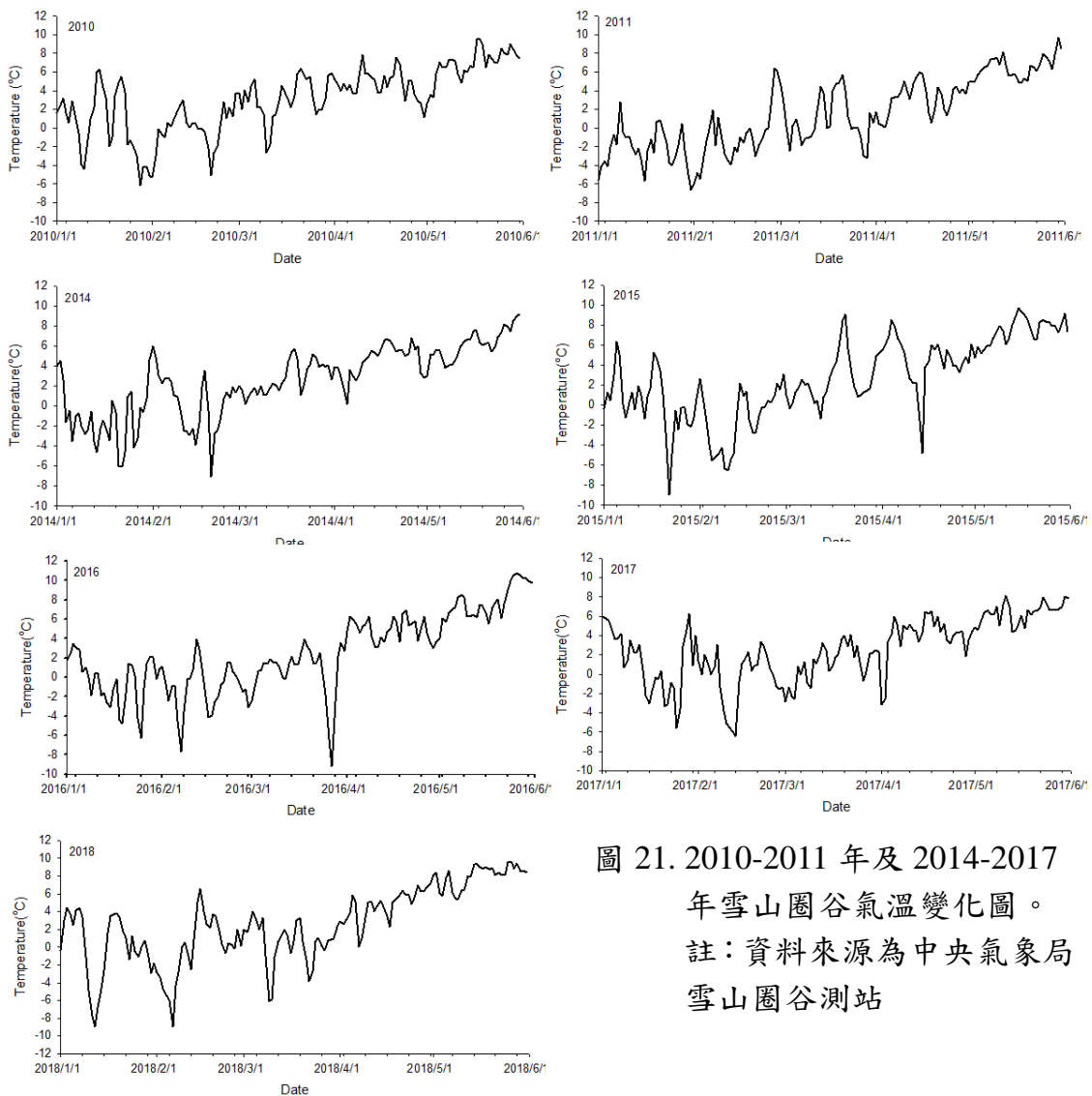


圖 21. 2010-2011 年及 2014-2017
年雪山圈谷氣溫變化圖。
註：資料來源為中央氣象局
雪山圈谷測站

表 12. 雪山圈谷玉山杜鵑最低溫度作為積溫起始日的預測時間與實際開花時間天數差異表

年度	2010	2011	2014	2015	2016	2017	2018	平均 差異
實際開花日期	2010/5/15	2011/5/23	2014/4/22	2015/5/5	2016/5/20	2017/5/21	2018/5/17	
積溫起始日	2010/1/28	2011/1/31	2014/1/22	2015/1/22	2016/2/7	2017/2/13	2018/1/12	
基準溫度								
0	-7.2	0	11.5	6	-5	-7	-9	6.9
1	-7.2	-1	12.5	6	-5	-5	-8	6.6
2	-6.2	-1	14.5	6	-5	-4	-8	6.3
2.5	-6.2	-1	16.5	6	-5	-3	-8	7.8
3	-6.2	-1	18.5	5	-5	-3	-8	6.6
3.5	-5.2	-1	19.5	5	-5	-2	-7	7.5
4	-5.2	-1	20.5	4	-5	-1	-7	6.2
4.5	-5.2	0	22.5	4	-5	0	-7	6.2
5	-5.2	1	23.5	4	-6	0	-7	6.6

(八) 雪山地區物候縮時攝影監測與沿線微環境資料比較

2016-2018 年共完成 28 台雪山雪東線步道植物候縮時攝影監測照相機的架設 (表 13)。2016 年完成監測的物種有玉山杜鵑 7 台、紅毛杜鵑 3 台、玉山櫻草 1 台、南湖柳葉菜 1 台；2017 年增設玉山杜鵑 2 台、細葉杜鵑 2 台、紅毛杜鵑 1 台、臺灣冷杉 1 台、巒大花楸 1 台、玉山山蘿蔔 1 台、雪山翻白草與玉山金梅 1 台；並於 2018 年增設玉山薄雪草 1 台、玉山山蘿蔔 1 台、細葉杜鵑 1 台、玉山櫻草 1 台、紅毛杜鵑 1 台及巒大花楸 2 台。

表 13. 雪山雪東線沿線物候監測相機與監測物種表 (資料來源：本研究資料)

編號	相機型號	物種	座標(WGS84)		安裝日期	海拔(m)	位置
1	HC500	玉山杜鵑	24°22'58"N	121°17'19"E	2016 年 3 月	2,497	七卡
2	HC500	紅毛杜鵑	24°23'15"N	121°17'00"E	2016 年 3 月	2,841	3.4 K
3	HC500	玉山杜鵑	24°23'22"N	121°15'50"E	2016 年 3 月	3,142	5.9-6K
4	HC500	紅毛杜鵑	24°23'22"N	121°15'47"E	2016 年 3 月	3,156	6K
5	HC500	紅毛杜鵑	24°23'26"N	121°16'40"E	2016 年 3 月	3,107	哭坡頂
6	HC500	玉山杜鵑	24°23'26"N	121°16'41"E	2016 年 3 月	3,102	哭坡頂
7	HC500	玉山杜鵑	24°23'37"N	121°15'04"E	2016 年 4 月	3,279	黑森林入口
8	HC500	玉山櫻草	24°23'39"N	121°14'43"E	2016 年 4 月	3,365	8.4 K
9	HC500	玉山杜鵑	24°23'20"N	121°14'09"E	2016 年 4 月	3,605	圈谷
10	XR6	玉山杜鵑	24°23'17"N	121°14'10"E	2016 年 4 月	3,601	圈谷
11	HC500	南湖柳葉菜	24°23'12"N	121°13'54"E	2016 年 6 月	3,803	北稜角底
12	HC500	玉山杜鵑	24°23'06"N	121°13'57"E	2016 年 12 月	3,870	主峰頂
13	HC500	細葉杜鵑	24°23'06"N	121°17'48"E	2017 年 2 月	2,277	0.3K
14	HC500	細葉杜鵑	24°22'59"N	121°17'16"E	2017 年 2 月	2,499	1.4K
15	HC500	玉山杜鵑	24°23'23"N	121°16'35"E	2017 年 3 月	3,122	4.5K
16	HC500	玉山杜鵑	24°23'19"N	121°16'06"E	2017 年 3 月	3,168	5.5K
17	XR6	紅毛杜鵑	24°23'21"N	121°15'54"E	2017 年 3 月	3,149	5.9K
18	HC500	臺灣冷杉	24°23'20"N	121°15'56"E	2017 年 6 月	3,167	5.7K
19	HC500	巒大花楸	24°23'31"N	121°15'16"E	2017 年 8 月	3,176	369 山莊後
20	HC500	玉山山蘿蔔	24°22'59"N	121°13'51"E	2017 年 8 月	3,886	主峰頂
21	HC500	雪山翻白草 +玉山金梅	24°22'59"N	121°13'59"E	2017 年 11 月	3,863	10.8K
22	E1C	玉山薄雪草	24°23'19"N	121°14'13"E	2018 年 9 月	3,594	圈谷底
23	E1C	玉山山蘿蔔	24°23'01"N	121°13'55"E	2018 年 9 月	3,878	主峰頂
24	E1C	細葉杜鵑	24°23'09"N	121°17'50"E	2018 年 10 月	2,280	0.3K
25	E1C	玉山櫻草	24°23'39"N	121°14'45"E	2018 年 10 月	3,364	8K
26	E1C	紅毛杜鵑	24°23'08"N	121°17'09"E	2018 年 11 月	2,575	2.5K
27	E1C	巒大花楸	24°23'25"N	121°16'37"E	2018 年 11 月	3,120	4.4K
28	E1C	巒大花楸	24°23'37"N	121°15'04"E	2018 年 11 月	3,279	黑森林入口

由自動相機監測照片資料顯示，2018年細葉杜鵑、紅毛杜鵑與玉山杜鵑的始花期大致延沿海拔上升有延後現象(表14)。以玉山杜鵑為例，位在圈谷的樣株(編號9、10)花期晚於位在5.5 Km處之玉山杜鵑(編號16)約半個月，較七卡山莊之樣株(編號1)晚約近2個月。比較海拔相近的紅毛杜鵑與玉山杜鵑，紅毛杜鵑之花期普遍晚於玉山杜鵑花期約1個月至1個半月。

另外，2018年玉山櫻草(編號8)始花期為6/17，盛花期為6/27-7/13，花謝期為7/13-7/30；南湖柳葉菜(編號11)始花期為6/4，盛花期為6/16-6/30，花謝期6/30-7/27；玉山山蘿蔔(編號20)始花期為7/30，盛花期為8/11-8/30，花謝期為8/30-9/16；雪山翻白草(編號21)始花期為5/21，盛花期為6/8-6/24，花謝期為6/24-7/18；臺灣冷杉(編號18)無結毬果；巒大花楸(編號19)葉變色期為9/9-11/3。

表 14. 雪山雪東線步道 2018 年沿線杜鵑屬植物監測花期表(資料來源:本研究資料)

物種	編號	位置	海拔(m)	始花期	盛花	花謝
細葉杜鵑	13	0.3K	2,277	4/18	5/1-5/17	5/17-5/25
細葉杜鵑	14	1.4K	2,499	5/7	5/13-5/20	5/20-6/1
紅毛杜鵑	2	3.4K	2,841	5/10	5/20-6/8	6/8-6/17
紅毛杜鵑	5	哭坡頂	3,107	5/12	5/20-6/13	6/13-6/30
紅毛杜鵑 ¹	17	5.9K	3,149	5/17	5/22-	-
紅毛杜鵑	4	6K	3,156	5/17	5/25-6/6	6/6-6/20
玉山杜鵑	1	七卡	2,497	3/25	3/29-4/10	4/10-4/21
玉山杜鵑 ²	6	哭坡頂	3,102	4/7	-	-
玉山杜鵑 ²	15	4.5K	3,122	4/1	-	-
玉山杜鵑	16	5.5K	3,168	4/21	4/30-5/7	5/7-5/20
玉山杜鵑 ³	3	5.9-6K	3,142	-	-	-
玉山杜鵑 ³	7	黑森林入口	3,239	-	5/1-5/13	5/13-5/20
玉山杜鵑	9	圈谷	3,605	5/16	5/21-6/2	6/2-6/13
玉山杜鵑	10	圈谷	3,601	5/13	5/25-6/2	6/2-6/14
玉山杜鵑	12	主峰頂	3,870	5/22	5/27-6/7	6/7-6/15

註：¹自動相機資料收至6/9，後因自動相機發生故障，無相片資料，故無完整花期資料。²相機鏡頭因故發生偏移，未針對目標物種進行拍攝。³自動相機因天候與機械發生故障，故無相片資料，故障已排除，目前正常運作。

透過自動相關監測拍攝的照片資料發現，今年（2018）南湖柳葉菜開花狀況與去年相比起來差異甚大（圖 22），不僅開花數量驟減，且始花期與去年相比提前約 1 個月，整體盛花期的天數也較長，此現象可能主要受到年度間氣候差異影響所致；即 2018 年 1-5 月的降雨較往年來得少，再者，4-5 月的相對高溫，尤其是 5 月是雪山圈谷氣象站設立以來氣溫最高的年度。雖然圈谷降雪與積雪量較多，但 4-5 月的高溫使南湖柳葉菜生長開花所需熱量可能提早獲得滿足，進而造成開花提前。另一方面，南湖柳葉菜的開花是否會受到植株生長繁殖豐欠年的影響，因目前只有 2 年監測資料，尚無法提供驗證。

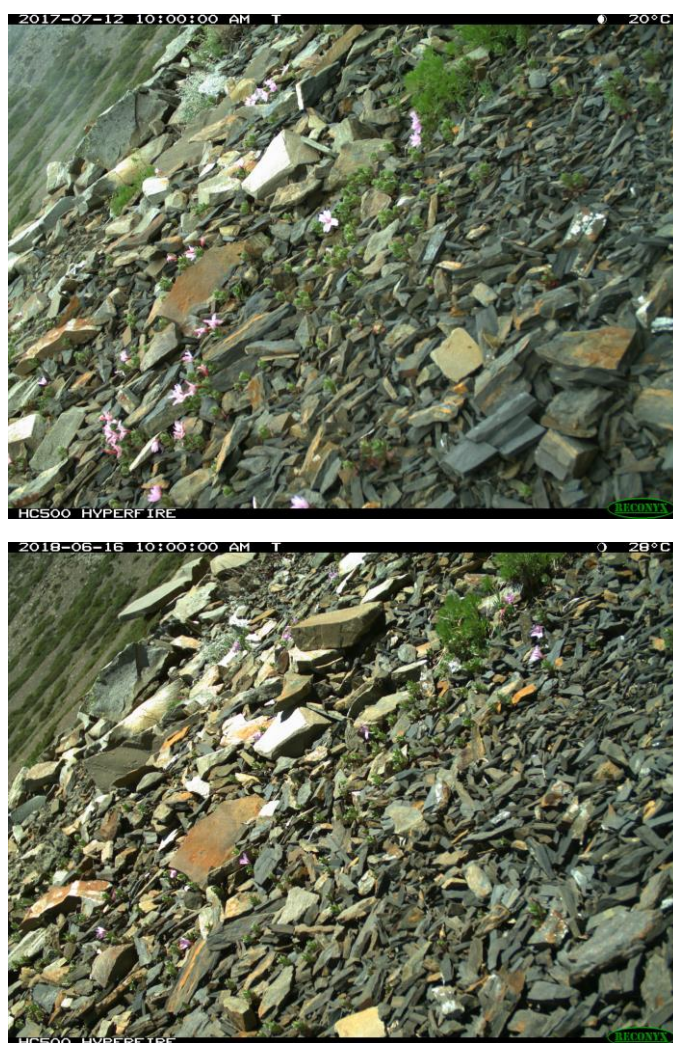


圖 22. 雪山地區 2017-2018 年南湖柳葉菜盛花花況比較圖。
(資料來源：本研究資料)

為能滿足對植物開花後續分析之微環境氣象資料，本研究沿雪東線步道從七卡山莊開始到雪山主峰頂，共設置 8 組 datalogger，收集溫度、濕度 (RH) 及光度 (Intensity) 等 3 項微環境資料；由圖 23 觀察沿線四季溫度變化可以發現，溫度隨著海拔升高而遞減，沿線春季溫度與夏季之間相差約 3-5 °C，夏季與秋季之間約差 1-3 °C，秋季與冬季之間約差 6-8 °C，冬季與春季間差約 3-4 °C，顯示著在山地區域主要生長的夏秋季變化較小，待秋季結束時，氣溫形成驟降，此造成植物在步道沿線開花物種數在 10 月時發現開花種數下降較明顯的現象，反應出氣溫對山地植物的開花影響。在沿線濕度的部分，全線春季約為 70-87 %，夏季約為 83-87 %，秋季約為 77-85 %，冬季約為 72-83 %；濕度較高的季節主要反映在春夏季的梅雨季與夏秋季的颱風季帶來的降雨，冬季相對濕度較高的時期可能顯示有較多濕潤的東北季風造成迎風坡面降雨。由於光度受到 datalogger 架設位置影響，步道沿線各樣點的數值差異會較為明顯，2K、3.5K 及 8.4K 架設位置位於林內，在同時期內相較於其他點位都來的少，大致上沿線各點位在夏季時光度較高，冬季較低，此外，7.8K 因光度計儀器損壞，故無秋季資料。

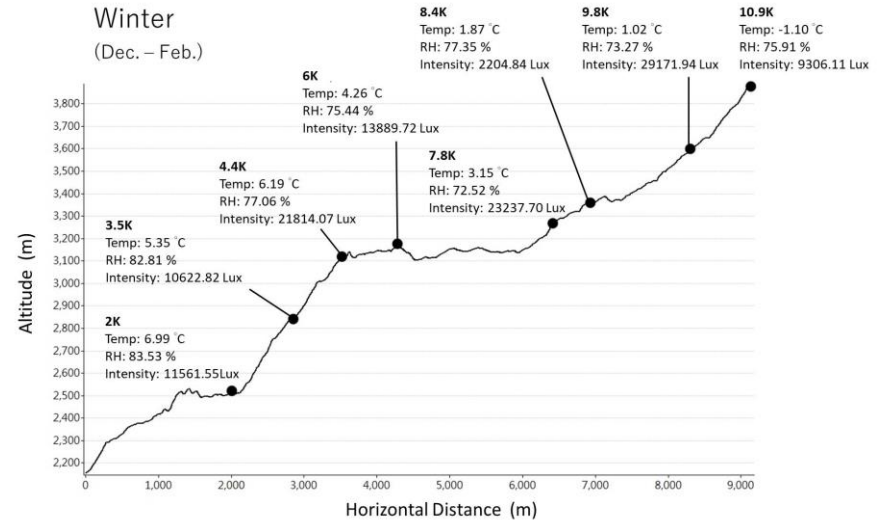
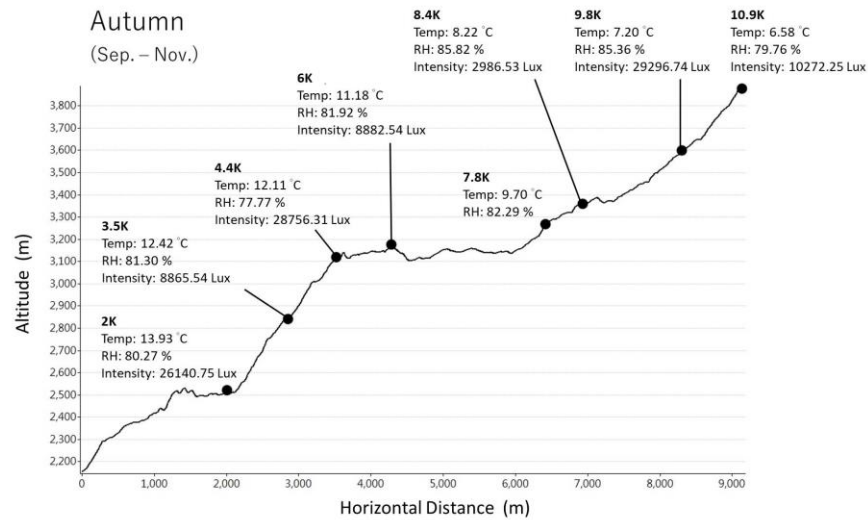
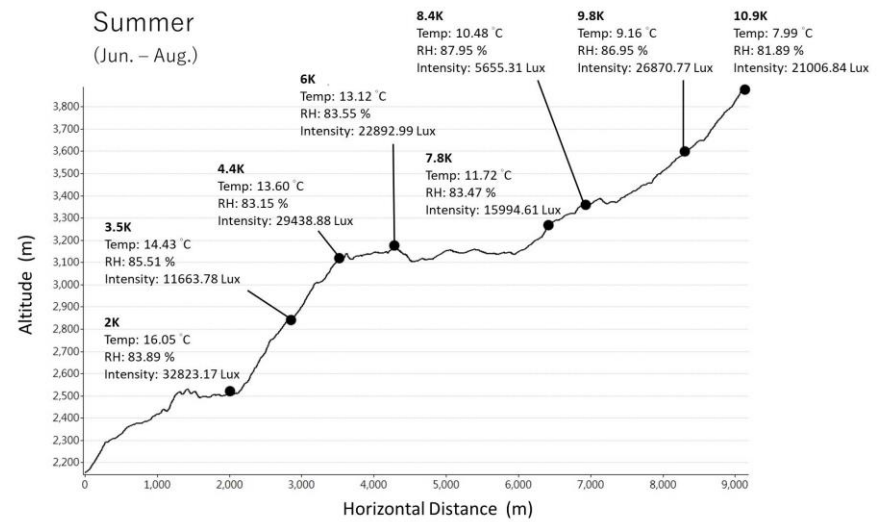
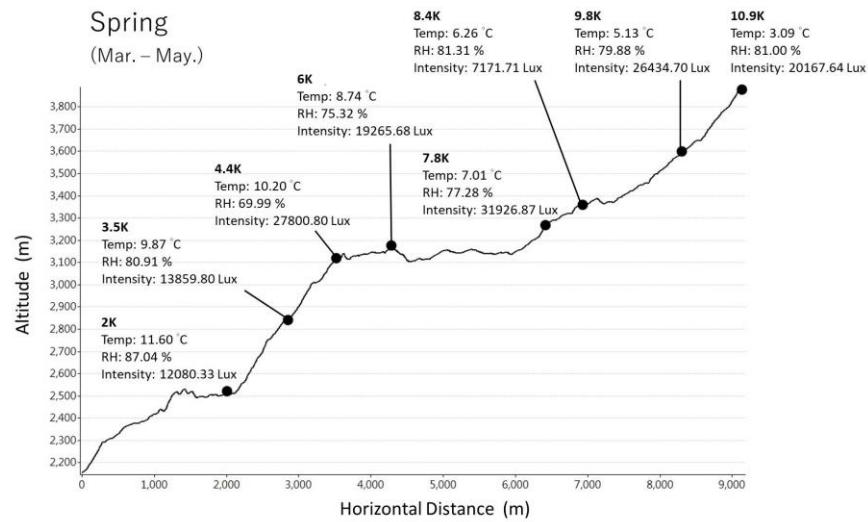


圖 23. 雪山雪東線步道四季沿線微環境資料比較圖。(資料來源：本研究資料)

(九) 雪山地區玉山杜鵑葉片結構特徵沿海拔梯度的變化

植物為了適應環境所表現出的內在（生理生化）和外在（形態構造）性狀表現稱為植物性狀 (plant traits)(Cornelissen *et al.*, 2003)；其中，葉片性狀 (leaf traits) 與植株的生物量和植物對環境資源的獲取、利用以及利用效率的關係最為密切，是探討植物適應環境所衍生的生存策略的關鍵指標之一 (Vendramini *et al.*, 2002)。葉片是植物與空氣接觸面積最大的器官，可以有效解釋植物於特定環境下的適應性，其性狀可區分為結構 (structural) 和功能 (functional) 性狀兩大類；前者為植物葉片的結構特徵，具相對穩定性，可反應植物對不同環境的適應對策，例如葉大小形狀、葉乾重 (leaf dry weight, LDW)、葉厚度 (leaf thickness, LT)、氣孔密度 (stomatal density, SD)、比葉面積 (specific leaf area, SLA)、比葉重 (specific leaf weight, SLW) 等；後者為葉片生長代謝的指標，隨著時間及空間的變化程度相對較大，例如光合速率 (photosynthetic rate)、蒸散速率 (transpiration rate) 及氣孔導度 (stomatal conductance) 等 (Reich *et al.*, 1991)。

海拔是一個綜合氣溫、降水、CO₂ 濃度、生長季長度、積（融）雪時間、土壤養分、太陽幅射等環境因素的因子 (Taguchi & Wada, 2001)，對植物生長而言則是個間接因子；隨海拔升高，通常伴隨著氣溫降低、生長季縮短、紫外線強度增加、水分利用減少，及強風等逆境，從而限制植物的分布。但對於分布海拔較廣泛的物種而言，如何改變其葉結構性狀，以適應較大的環境變化幅度是值得探討的議題。高山生態系是全球氣候變遷影響最劇的陸域生態系之一，在極端的氣候環境下，生長季節短和低溫是限制植物生長最主要的因素，融雪時間決定植物生長季的來臨，而強烈的太陽輻射、積雪、日夜溫差大、強風等氣候因子，更為植物能否生存的考驗之一 (Körner, 2003)。

植物的空間分布特性為其生態功能、性狀與棲息地交互作用的結果；植物的結構性狀是功能的基礎，其結構的差異和變化影響到植物生理和生態功能，使其能適應不斷變化的環境 (Kikuzawa, 1995; Poorter & Bongers, 2006)。本研究以雪山雪東線步道的玉山杜鵑為研究材料，以葉面積 (leaf area, LA)、葉乾重、厚度、SLA、比葉重、氣孔密度，以及解剖構造等性狀，探討葉結構性狀沿海拔梯度的變化，以及比較玉山杜鵑營養枝與繁殖枝的葉結構性狀差異。研究結果可提供了解玉山杜鵑葉結構特徵沿海拔梯度的變化，及其在

高山生態系的適應表現，探討高山生態系植物於氣候變遷下之適應對策，並提供玉山杜鵑種複合群系統分類的訊息參考。

雪山雪東線步道兩旁玉山杜鵑葉性狀結果顯示，玉山杜鵑葉片各性狀沿雪山雪東線海拔梯度皆呈顯著差異 ($p < 0.001$; 表 15&圖 24-26)。葉面積明顯隨海拔上升遞減，2400-2600 m 的葉片最大，3700-3886 m 的葉片最小；葉乾重以 3500-3700 m 最小，依次為 3300-3500 m、3700-3886 m、3000-3100 m、3100-3300 m 以及 2400-2600 m。SLA 大致沿海拔上升而遞減，最大值發生在 3300-3500 m 及 2400-2600 m，最小值為 3700-3886 m；葉片平均厚度、柵狀組織厚度、柵狀組織細胞長度、柵狀組織層數、海綿組織厚度、上表皮厚度，以及上表皮細胞層數，則沿海拔升高呈遞增趨勢，3700-3886 m 與 3500-3700 m 最厚，2400-2600 m 最薄；柵狀組織與葉厚度比最高者位於 3000-3100 m 處，最低位在 3300-3500 m；柵狀組織與海綿組織比最高位在 3000-3100 m，最低則發生在 3700-3886 m；葉下表皮厚度最厚位於 3500-3700 m 及 3300-3500 m，最薄則位於 2400-2600 m；氣孔密度可區分為 3700-3886 m 及 3500-3700 m，以及 3300-3500 m、3100-3300 m、3000-3100 m、2400-2600 m 等 2 群，以 3500-3700 m 的氣孔密度最高，最低為 2400-2600 m；氣孔長度最長發生 3000-3100 m 處，最小在 3500-3700 m 與 3700-3886 m。

玉山杜鵑營養枝與繁殖枝的葉結構性狀沿海拔梯度變化的趨勢大致相同 (表 16&圖 24-26)，葉面積、乾重等沿海拔增加而降低；SLA 沿海拔增加而下降，比葉重則呈相反趨勢。營養枝的葉面積與乾重對海拔的反映較繁殖枝大，而繁殖枝葉的 SLA 與比葉重對海拔的反映趨勢較營養枝大。

太陽輻射、溫度以及降水量等環境因子，常與海拔高度具一定關係，隨著海拔升高伴隨溫度遞減、短波輻射增強和降水減少等不利的環境因素會影響生活於高海拔地區的物種，例如夜晚低溫導致土壤水結凍而使植物根部無法吸收水分，形成夜晚的低溫乾旱現象。高海拔物種如何適應如此嚴苛的環境氣候，是其需面臨的生存課題之一。葉片是植物與外界接觸面積最大的器官，對環境的變化相對敏感且可塑性較大，玉山杜鵑葉片沿海拔升高而變小、增厚，此現象與在地中海型氣候下生存之植物在適應乾旱與強輻射 (含 UV-B) 的逆境相似；UV-B 影響葉片細胞分裂與細胞壁形成，進而影響葉片面積 (Mendes *et al.*, 2001; Hectors *et al.*, 2010)。葉片加厚且變小有助於抵抗外界低溫所造成的葉片傷害，除了暴露在寒害的葉面積減少外，並因葉片增厚，

表 15. 雪山雪東線步道各海拔梯度玉山杜鵑葉結構特徵比較表

Location	3700-3886 m	3500-3700 m	3300-3500 m	3100-3300 m	3000-3100 m	2400-2600 m
Leaf structural traits						
LA (cm ²)	7.12 ± 0.82a	7.64 ± 2.89a	10.59 ± 4.13b	11.91 ± 4.47b	12.15 ± 4.97b	17.10 ± 2.82c
LDW (g)	0.21 ± 0.03ab	0.18 ± 0.08a	0.18 ± 0.07a	0.25 ± 0.11bc	0.22 ± 0.10ab	0.30 ± 0.06c
SLA (cm ² /g)	33.85 ± 2.64a	45.00 ± 10.12b	60.12 ± 12.35d	49.30 ± 5.84bc	55.05 ± 3.47cd	57.97 ± 4.33d
SLW (g/m ²)	297.14 ± 23.55d	232.42 ± 47.19c	172.42 ± 31.30a	205.63 ± 24.19b	182.31 ± 10.94ab	173.41 ± 12.72a
LT (μm)	484.84 ± 15.18d	483.11 ± 28.31d	341.84 ± 41.21b	328.40 ± 27.17b	366.15 ± 26.84c	274.25 ± 13.72a
TPT (μm)	173.16 ± 19.17cd	188.00 ± 26.31d	122.05 ± 25.43b	131.75 ± 13.23b	168.20 ± 15.86c	101.27 ± 9.29a
LenPT (μm)	49.51 ± 4.85d	45.13 ± 5.07c	30.19 ± 3.20a	33.73 ± 3.57b	34.83 ± 3.55b	33.36 ± 3.35b
LayPT	5.15 ± 0.49d	4.20 ± 0.41c	3.55 ± 0.51b	3.20 ± 0.41ab	3.40 ± 0.60b	2.90 ± 0.55a
TST (μm)	148.39 ± 16.23d	134.92 ± 14.83c	96.00 ± 12.53b	96.83 ± 12.11b	91.32 ± 15.92b	81.70 ± 9.57a
TUE (μm)	57.56 ± 5.84c	56.59 ± 5.85c	45.12 ± 7.88b	37.60 ± 7.91a	52.71 ± 10.89c	32.65 ± 4.45a
LUE	3.55 ± 0.51c	3.40 ± 0.50c	2.80 ± 2.80b	2.80 ± 0.41b	2.80 ± 0.41b	2.20 ± 0.41a
TLE (μm)	25.78 ± 4.47b	49.19 ± 9.90d	49.43 ± 8.54d	29.69 ± 9.50bc	32.88 ± 4.75c	16.77 ± 2.97a
TPT/LT	0.36 ± 0.04ab	0.39 ± 0.04bc	0.36 ± 0.05a	0.40 ± 0.03c	0.46 ± 0.05d	0.37 ± 0.04abc
TPT/TST	1.20 ± 0.16a	1.42 ± 0.20c	1.29 ± 0.32ab	1.41 ± 0.22c	1.94 ± 0.29d	1.25 ± 0.17ab
SD (no./10000 μm ²)	7.63 ± 0.78b	7.98 ± 0.86b	5.43 ± 1.56a	5.68 ± 0.57a	5.74 ± 0.57a	4.50 ± 0.76a
SL (μm)	15.64 ± 1.65ab	15.18 ± 2.20a	16.63 ± 1.94cd	16.33 ± 1.63bcd	17.04 ± 3.32d	16.07 ± 2.04bc

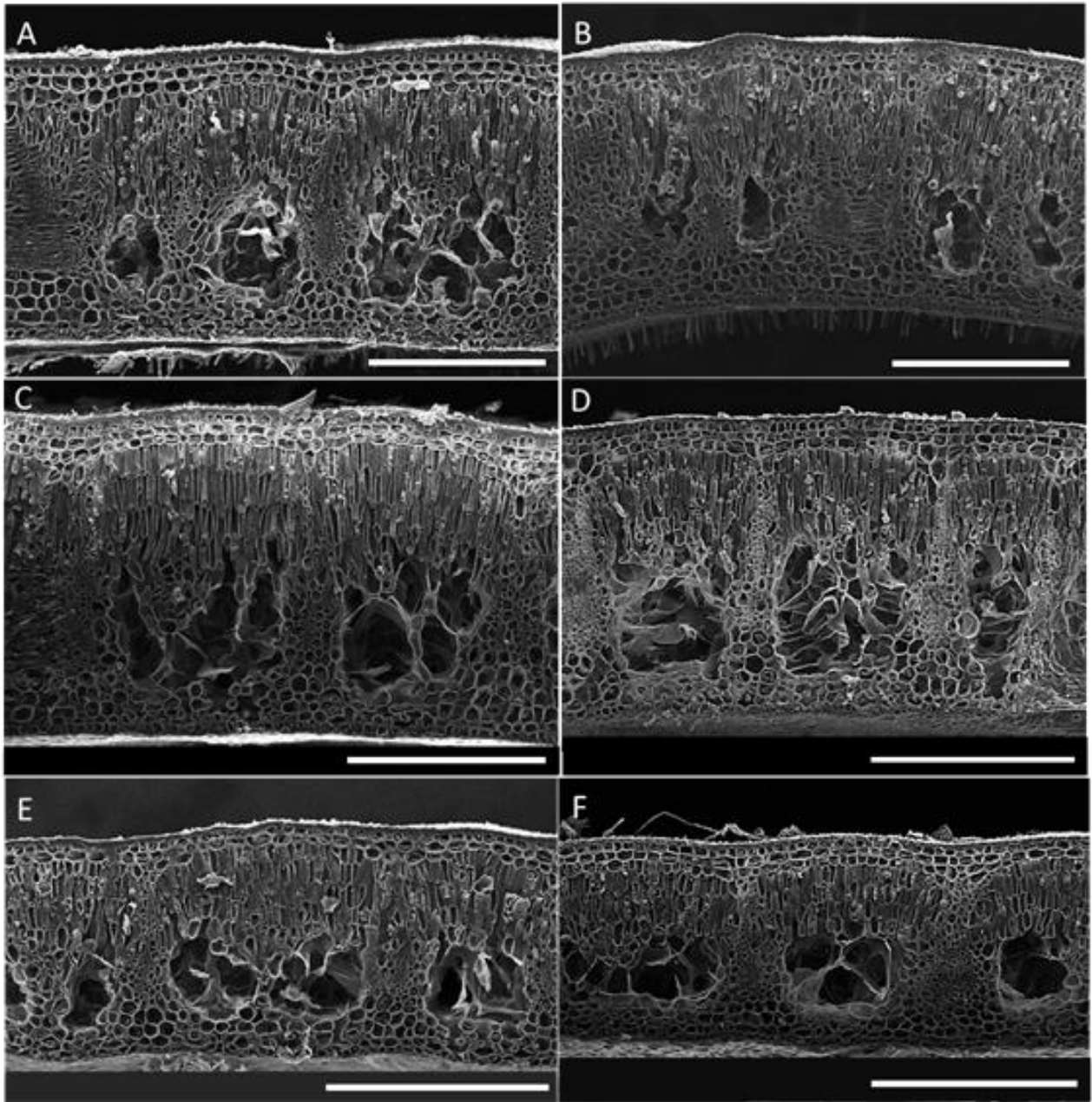


圖 24. 雪山雪東線步道玉山杜鵑繁殖枝與營養枝之葉解剖構造比較圖。A & B: 3700-3886 m; C & D: 3500-3700 m; E & F: 3300-3500 m。A, C & E 為營養枝之葉解剖構造；B, D & F 為繁殖枝之葉解剖構造。比例尺：300 μm 。

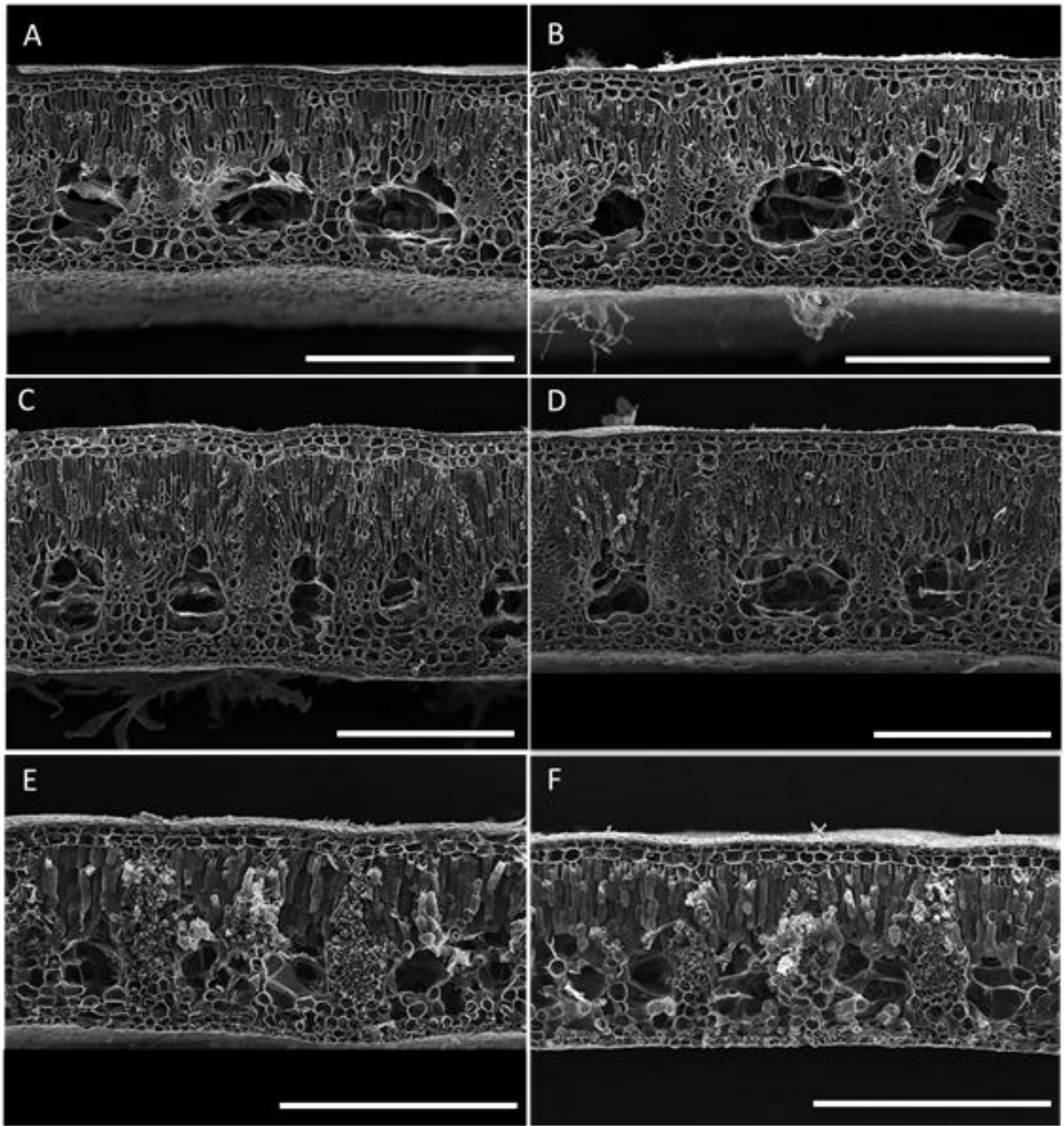


圖 24 (續). 雪山雪東線步道玉山杜鵑繁殖枝與營養枝之葉解剖構造比較圖。A & B: 3100-3300 m ; C & D: 3000-3100 m ; E & F: 2400-2600 m 。 A, C & E 為營養枝之葉解剖構造 ; B, D & F 為繁殖枝之葉解剖構造。比例尺：300 μm 。

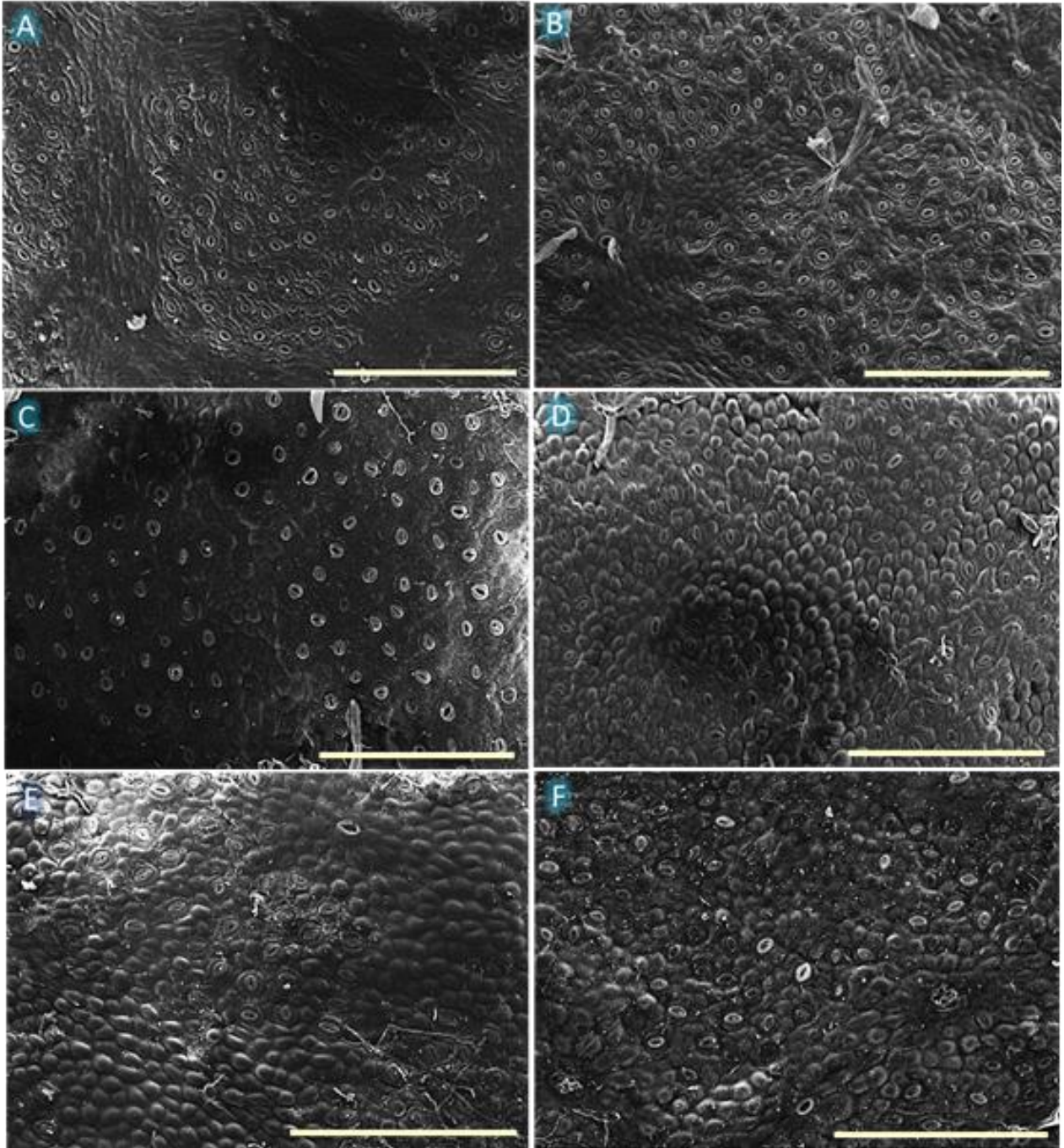


圖 25. 雪山雪東線步道不同海拔梯度玉山杜鵑營養枝葉表下特徵比較圖。A: 3700-3886 m ; B: 3500-3700 m ; C: 3300-3500 m ; D: 3100-3300 m ; E: 3000-3100 m ; F: 2400-2600 m 。比例尺：200 μm 。

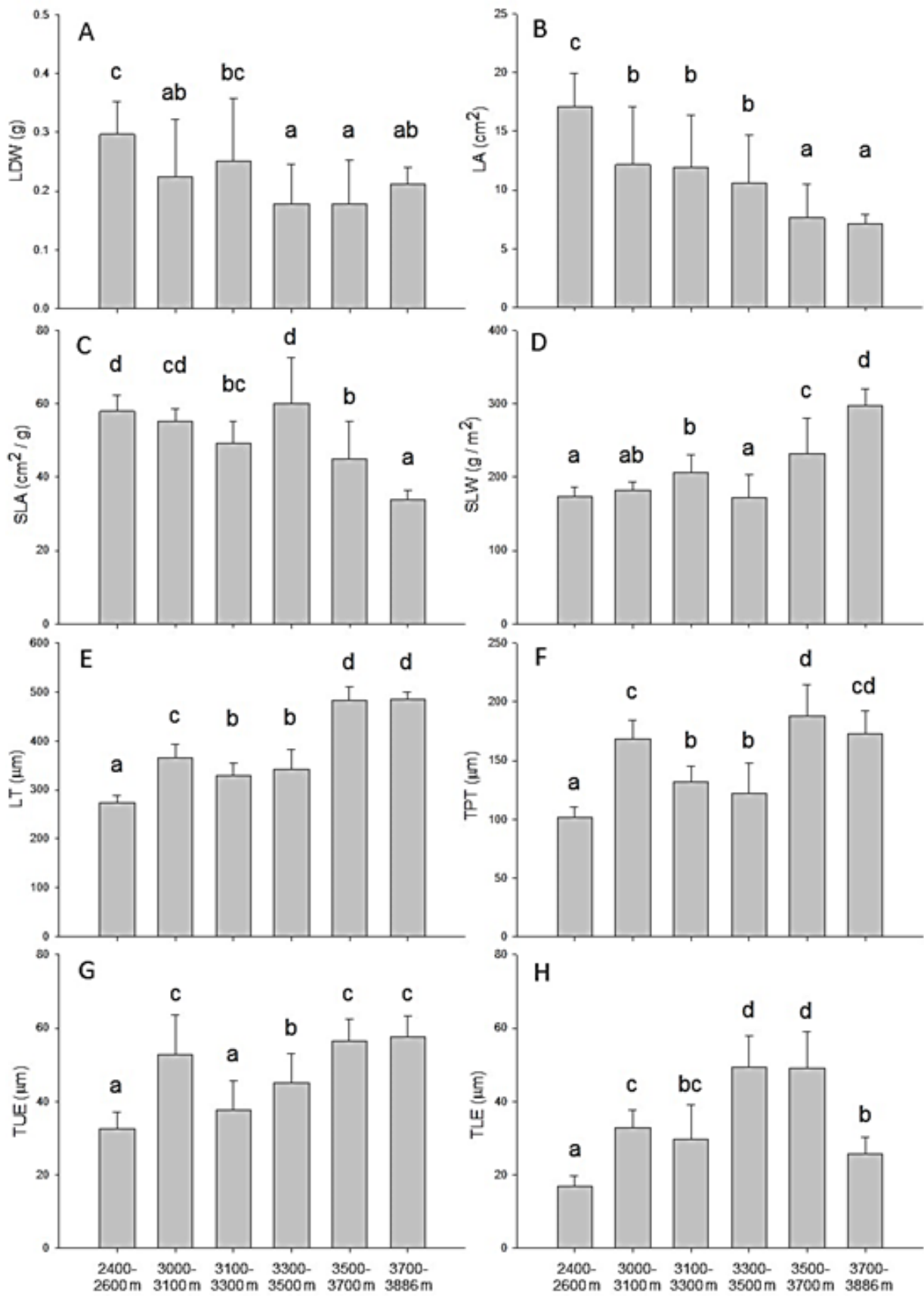


圖 26. 雪山雪東線步道不同海拔梯度玉山杜鵑葉結構特徵比較圖。

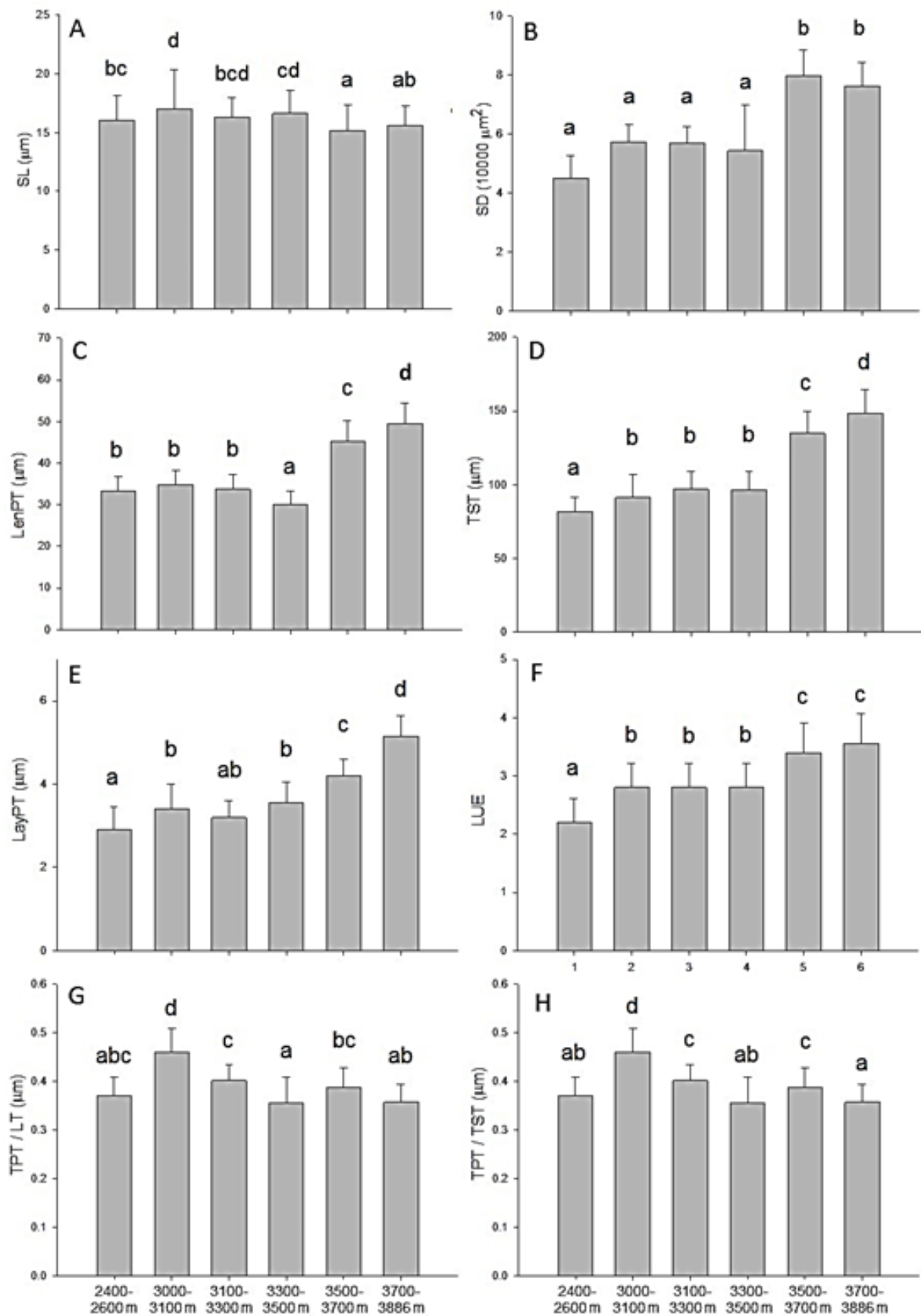


圖 26 (續). 雪山雪東線步道不同海拔梯度玉山杜鵑葉結構特徵比較圖。

表 16. 雪山雪東線線步道各海拔梯度玉山杜鵑繁殖枝與營養枝的葉結構特徵比較表

		Location		3700-3886 m		3500-3700 m		3300-3500 m		3100-3300 m		3000-3100 m		2400-2600 m	
Leaf structural traits															
LA (cm ²)	breeding	6.96 ± 0.70a		8.15 ± 3.13abc		10.96 ± 3.43abcd		11.92 ± 4.43bcd		12.09 ± 2.76cd		15.57 ± 1.54de			
	vegetative	7.28 ± 0.94ab	ns	7.13 ± 2.57a	ns	10.23 ± 4.80abc	ns	11.89 ± 4.56bcd	ns	12.20 ± 6.70cd	ns	18.64 ± 3.04e	ns		
LDW (g)	breeding	0.22 ± 0.03a		0.18 ± 0.08a		0.19 ± 0.07a		0.25 ± 0.10ab		0.22 ± 0.05ab		0.27 ± 0.04ab			
	vegetative	0.21 ± 0.03a	ns	0.18 ± 0.08a	ns	0.17 ± 0.06a	ns	0.25 ± 0.12ab	ns	0.23 ± 0.13ab	ns	0.32 ± 0.06b	ns		
SLA (cm ² /g)	breeding	32.39 ± 2.27a		48.07 ± 11.38bc		60.51 ± 14.53e		49.94 ± 6.26bcd		54.25 ± 2.02cde		58.28 ± 5.24cde			
	vegetative	35.32 ± 2.20a	ns	41.93 ± 7.64ab	**	59.73 ± 10.15d	ns	48.67 ± 5.41bc	ns	55.85 ± 4.48cde	ns	57.65 ± 3.49cde	ns		
SLW (g/m ²)	breeding	310.14 ± 22.08b		218.87 ± 47.82b		172.60 ± 33.18a		203.32 ± 25.33b		184.56 ± 6.69ab		172.78 ± 15.16a			
	vegetative	284.13 ± 17.61d	**	245.97 ± 42.93c	**	172.24 ± 30.26a	ns	207.93 ± 23.11b	ns	180.06 ± 14.08a	ns	174.05 ± 10.64a	ns		
LT (µm)	breeding	486.45 ± 15.12d		497.84 ± 38.95d		368.43 ± 32.05c		315.53 ± 15.43b		382.46 ± 6.51c		270.13 ± 13.61a			
	vegetative	482.83 ± 15.68d	ns	473.90 ± 13.05d	*	324.11 ± 37.24b	**	367.00 ± 14.29c	**	360.72 ± 28.93c	**	278.36 ± 12.89a	*		
TPT (µm)	breeding	180.71 ± 17.68d		207.02 ± 30.96e		140.45 ± 20.96c		129.34 ± 13.72bc		179.19 ± 1b5.61d		107.36 ± 7.91ab			
	vegetative	163.71 ± 17.19d	**	176.11 ± 13.29d	**	109.79 ± 20.42ab	**	139.00 ± 9.04c	ns	164.54 ± 14c.55d	*	95.18 ± 6.05a	*		
LenPT (µm)	breeding	48.65 ± 4.95e		48.27 ± 3.51e		31.32 ± 2.28ab		33.41 ± 4.11bc		33.74 ± 3.89bc		34.41 ± 2.47bc			
	vegetative	50.37 ± 4.68e	ns	41.98 ± 4.42d	ns	29.05 ± 3.61a	ns	34.05 ± 3.00bc	ns	35.91 ± 2.86c	ns	32.31 ± 3.81ab	ns		
LayPT	breeding	5.30 ± 0.48f		4.30 ± 0.48de		3.60 ± 0.52bcd		3.20 ± 0.42ab		3.10 ± 0.32ab		2.80 ± 0.63a			
	vegetative	5.00 ± 0.47ef	ns	4.10 ± 0.32cd	ns	3.50 ± 0.53abc	ns	3.20 ± 0.42ab	ns	3.70 ± 0.67	ns	3.00 ± 0.47ab	ns		

表 16 (續). 雪山雪東線線步道各海拔梯度玉山杜鵑繁殖枝與營養枝的葉結構特徵比較表

		Location		3700-3886 m		3500-3700 m		3300-3500 m		3100-3300 m		3000-3100 m		2400-2600 m	
Leaf structural traits															
TST (μm)	breeding	152.54 \pm 20.55e	*	141.58 \pm 13.13e	*	98.57 \pm 10.77c	ns	94.89 \pm 10.01 bc	ns	95.53 \pm 15.92bc	ns	84.04 \pm 10.03ab	ns		
	vegetative	144.25 \pm 8.93e		128.26 \pm 13.57d		94.63 \pm 14.02bc		98.76 \pm 13.83 c		87.10 \pm 15.07abc		79.36 \pm 8.65a			
TUE (μm)	breeding	58.80 \pm 6.00e	ns	53.86 \pm 5.07cde	*	45.77 \pm 9.28bc	ns	34.08 \pm 5.43a	**	58.41 \pm 5.91e	*	30.94 \pm 3.23a	ns		
	vegetative	56.01 \pm 5.49de		58.30 \pm 5.74e		44.69 \pm 6.96b		48.15 \pm 3.04bcd		50.81 \pm 11.61bcde		34.37 \pm 4.92a			
LUE	breeding	3.60 \pm 0.52c	ns	3.40 \pm 0.52bc	ns	2.80 \pm 0.42ab	ns	2.80 \pm 0.42ab	ns	2.80 \pm 0.42ab	ns	2.20 \pm 0.42a	ns		
	vegetative	3.50 \pm 0.53c		3.40 \pm 0.52bc		2.80 \pm 0.42ab		2.80 \pm 0.42ab		2.80 \pm 0.42ab		2.20 \pm 0.42a			
TLE (μm)	breeding	26.95 \pm 5.01bc	ns	52.72 \pm 8.99f	ns	52.80 \pm 9.07f	ns	25.99 \pm 5.16bc	**	31.27 \pm 4.29bc	ns	16.45 \pm 3.18a	ns		
	vegetative	24.32 \pm 3.34ab		46.99 \pm 9.98ef		47.19 \pm 7.52ef		40.80 \pm 11.29de		33.42 \pm 4.88cd		17.08 \pm 2.81a			
TPT/LT	breeding	0.37 \pm 0.03ab	ns	0.41 \pm 0.05bc	ns	0.38 \pm 0.05ab	ns	0.41 \pm 0.03bc	ns	0.47 \pm 0.04d	ns	0.40 \pm 0.03b	ns		
	vegetative	0.34 \pm 0.04a		0.37 \pm 0.03ab		0.34 \pm 0.05a		0.38 \pm 0.03ab		0.46 \pm 0.05cd		0.34 \pm 0.03a			
TPT/TST	breeding	1.24 \pm 0.19abc	ns	1.51 \pm 0.26c	ns	1.43 \pm 0.22abc	ns	1.40 \pm 0.24abc	ns	2.02 \pm 0.25d	ns	1.32 \pm 0.17abc	ns		
	vegetative	1.14 \pm 0.11a		1.37 \pm 0.13abc		1.20 \pm 0.35ab		1.44 \pm 0.17bc		1.91 \pm 0.31d		1.18 \pm 0.14ab			
SD (no./10000 μm^2)	breeding	6.97 \pm 0.40cdef	ns	8.56 \pm 0.17f	ns	4.34 \pm 1.30ab	ns	5.53 \pm 0.72abc	ns	5.52 \pm 0.22abc	ns	3.94 \pm 0.49a	ns		
	vegetative	8.28 \pm 0.31fef		7.13 \pm 0.64def		6.53 \pm 0.88cde		5.83 \pm 0.47abcd		6.22 \pm 0.21bcd		5.05 \pm 0.55abc			
SL (μm)	breeding	15.73 \pm 1.44abc	ns	14.58 \pm 2.08a	ns	15.98 \pm 1.97cd	ns	16.32 \pm 1.86bcd	ns	16.60 \pm 2.48bcd	ns	15.58 \pm 1.87ab	ns		
	vegetative	15.54 \pm 1.84ab		15.78 \pm 2.16abc		16.29 \pm 1.86bcd		16.34 \pm 1.37bcd		17.49 \pm 3.96d		16.57 \pm 2.10bcd			

使細胞內部水分蒸散至大氣的途徑增長，減緩水分散失速率，進而提高水分的利用率 (Hultine & Marshall, 2000)。

植物葉片變厚、上表皮增厚，是對高輻射、缺水逆境的適應表現，而柵狀組織發達亦是其中特色 (Mendes *et al.*, 2001)，何濤等 (2007) 認為高山植物葉片柵狀組織層數的增加，可能是對強輻射與低溫共同逆境下的適應結果；玉山杜鵑葉柵狀組織排列的密度、層數及厚度，隨著海拔升高愈增發達且緊密的現象，是對高海拔環境強輻射與低溫的適應表現。王豔萍等 (2012) 針對長白山牛皮杜鵑 (*R. chrysanthum*)、毛氈杜鵑 (*R. confertissimum*) 和苞葉杜鵑 (*R. redowskianum*) 等葉表皮的研究發現，3 種高山杜鵑的柵狀組織通常多層且發達，可減弱陽光對葉肉的灼傷，以維持正常的光合作用。柵狀組織為葉片主要行光合作用的場所，若排列緊密，細胞中的葉綠體會被擠壓到靠近細胞壁與細胞表面，使其快速吸收細胞膜的 CO_2 ，促進光合作用的進行 (Outlaw *et al.*, 1976)。沈介文等 (2004) 針對 5 種闊葉樹種子苗於不同光度試驗下的葉片結構進行分析，結果發現柵狀組織在全光環境下較細長且排列緊密，隨著光度遞減，柵狀組織漸呈縮短，且最下層之排列越趨鬆散，甚至消失。植物透過改變柵狀組織的形態，使當中的葉綠體排列較為密集，進而增加光量子收益 (Thompson *et al.*, 1988)。

葉片特徵的表現反映在對不同環境的適應性。植物葉片加厚且變小、上表皮增厚與層數增加、氣孔變小、保衛細胞加厚、氣孔密度增加等，有助於減少水分散失；除此之外，柵狀組織與海綿組織的特性，亦可能顯示玉山杜鵑對高山乾旱環境的適應。玉山杜鵑葉片柵狀組織隨海拔升高而愈趨發達，不僅層數增加，柵狀的細胞亦隨之變小，且排列更加緊密；海綿組織則隨著海拔增加逐漸減少，取而代之的是通氣組織漸趨發達。Chartzoulakis *et al.* (2002) 指出柵狀組織與海綿組織的分化程度可間接反映環境中的水分狀態，例如當柵狀組織的細胞排列緻密、細胞體積變小、柵狀組織細胞層數增加，而海綿組織相對減少、細胞間形成通氣組織等，是植物在水分逆境的環境下所產生的相對適應特徵 (曹曉娟等, 2009)；此特徵一方面減少 CO_2 由氣孔進入至光合作用的主要部位—柵狀組織的傳導距離，另一方面可抵消因水分逆境及氣孔關閉所導致的 CO_2 傳導率降低，並增加水分的利用率，是一種對乾旱的適應表現。

植物透過氣孔作為與外界交換水分及氣體的通道，氣孔的數量、密度、分布，以及形態結構等，影響著植物蒸散作用、光合作用、水分利用，以及有機物的累積速率。玉山杜鵑的氣孔大小雖隨海拔升高而有變小的趨勢，但差異不顯著；然而，在單位面積的氣孔數（氣孔密度）則隨著海拔升高明顯增加，且呈聚集分布。強光和缺水會使得葉片氣孔傾向小而密集的分布 (Xu & Zhou, 2008)，小而密集的氣孔對於乾燥的棲息地能有更大的水分利用效率，其對環境變化有較快速的反應 (Franks *et al.*, 2009)，此可能顯示玉山杜鵑的葉片氣孔特性隨海拔的變化是有助其對高海拔強光與水分逆境下的適應。Cai *et al.* (2014) 研究發現，馬纓杜鵑 (*R. delavayi*) 較雲南杜鵑 (*R. yunnanense*) 和露珠杜鵑 (*R. irroratum*) 具有小且密集的氣孔分布，顯示馬纓杜鵑可能有較強的水分與 CO₂ 調節能力，反映其在野外生育地可以適應在更乾旱和高光的環境。徐浩傑等 (2012) 研究高山杜鵑 (*R. lapponicum*) 與烈香杜鵑 (*R. anthopogonoides*) 的氣孔長度與密度對海拔變化的反映發現，高山杜鵑的氣孔長度隨海拔增加而減少，氣孔密度則隨海拔上升而增加；烈香杜鵑氣孔長度隨海拔升高則先增大而後減小，氣孔密度則先減小、後增大。不同物種的氣孔特性對於海拔梯度的變化反應不一，此因海拔的改變通常伴隨著溫度、降雨、地形 (坡向、坡度等)、CO₂ 濃度等環境因子的變化，使得不同種類的葉片性狀在環境因子綜合作用下，各有不同的反應結果所致 (徐浩傑等，2012)。

氣孔調節是植物在水分逆境下對乾旱環境的適應機制之一。氣孔密度通常會隨著環境中水分與濕度的減少而增加，而部分物種的氣孔器甚至具有向外突起的角質層 (Bosabalidis & Kofidis, 2002)。氣孔密集的特性使得水分在蒸散過程中，會在氣孔周圍形成水霧，除了可減少水分散失外，亦可增加 CO₂ 的傳導，利於植物保持其體內水分及保證有效的呼吸作用，此舉亦是植物適應乾旱的表現。由於高山氣候的大氣壓力較小，O₂ 與 CO₂ 的濃度相對較低，氣孔密度增加可有助提高 CO₂ 進入葉片組織 (徐浩傑等，2012)。此外，植物對高山環境 CO₂ 濃度降低之適應，表現在葉片的氣孔密度增加、海綿組織分化形成通氣組織 (形成空腔) 等結構特徵上 (何濤等，2007)。玉山杜鵑氣孔密度隨海拔升高而增加的特性，以及發達的通氣組織等葉片特徵，有助其適應高山生態系的乾冷與低濃度 CO₂ 之環境。

SLA 為單位乾重下所佔的葉面積，一定程度上反映葉片截取光照的能力，以及在強光下自我保護的能力；SLA 亦是反應植物碳收穫策略的指標之一，為植物在葉片的資源投資上是趨向快速生長（高 SLA），還是養分維持（低 SLA）間的權衡 (trade-off)(Wright *et al.*, 2002)。SLA 越高，單位乾重上的葉片面積越大，利於獲取更多光照資源，使植物具有較佳的光合及生長速率，然其葉片相對較薄，單位面積的碳投資較少，用於建構防禦與保護組織的碳也越少，葉片壽命通常較短 (Cornelissen *et al.*, 1996; Wright *et al.*, 2002)；SLA 較低者，葉片中有較多物質投資在建構保衛構造上（防蟲食、防止過度失水等），抑或增加葉肉細胞密度，形成厚度較高而面積較小的葉片以延長壽命 (Körner, 1989; He *et al.*, 2006)；即低 SLA 植物其葉片較小、較厚，且葉壽命較長。

前人研究指出，同種植物的 SLA 在低海拔地區會比高海拔來得高 (Körner, 1989; Reich *et al.*, 1991, 1992; Hultine & Marshall, 2000, Wright *et al.*, 2002; He *et al.*, 2006)，本研究量測玉山杜鵑 SLA 之結果與其大致相似；上述現象可能為植物對高海拔的寒冷環境採取減少葉長及葉面積等特徵變化之適應表現 (Körner, 1989)；或是高海拔地區較低的土溫，限制根系對水分的吸收，使植物在水分逆境的情況下，利用增加葉片厚度和 SLA 減少，來降低水分散失及增加對乾旱的抵抗 (Hultine & Marshall, 2000)。SLA 亦隨著降水的減少而減少，是植物為了獲得最大碳收穫和最少水消耗所採取的生存適應策略 (Wright *et al.*, 2004)，這些現象反映在植物葉片厚度增加和葉肉細胞密度增大，不僅利於高海拔植物葉片充分利用光能以增加固碳能力，並強化葉片對於強光的保護作用。玉山杜鵑葉片在 3500-3886 m (圈谷至主峰頂) 較其他分布在低海拔的個體小，用於呼吸和蒸散作用的能量消耗因而降低 (Hultine & Marshall, 2000)，可減少維持植株生命所需的能量與在養分投資上的消耗，此皆利於葉片壽命的延長 (Reich *et al.*, 1992)。然而，位於較高海拔的玉山杜鵑葉片壽命是否較長，仍待進一步觀察分析。

葉結構性狀中，葉面積、氣孔密度等會隨海拔梯度上升而改變，而部分性狀則未呈明顯關係，如 SLA、柵狀組織厚度、葉上下表皮厚度等，顯示雪山雪東線步道沿線的玉山杜鵑在隨海拔梯度上升的過程中，其葉結構性狀仍受許多環境因子影響，例如光度（位於林下或開闊地）及坡向等。「海拔」是個複雜的綜合因子，而葉結構性狀對環境因子及其間的交互作用呈現高度敏

感性。本研究中玉山杜鵑 SLA 最大值發生在海拔 3450 m，顯示此海拔區域可能為玉山杜鵑的最適生長環境；現場檢視在此海拔分布的玉山杜鵑植株，其多生長於臺灣冷杉的林緣，推測玉山杜鵑可能因鄰近臺灣冷杉林之遮蔽而擴大其葉片面積（高 SLA）來獲取較多的光照資源，以維持葉片較高的光合作用（高 SLA）。另外，玉山杜鵑可能透過增加氣孔密度、葉片與柵狀組厚度，以及特化的通氣組織構造等方式，在減少水分散失的最大限度下對葉片構造有所保護外，亦促進對 CO₂ 的吸收，以適應圈谷及山頂稜線乾燥、寒冷的環境。上述葉結構性狀隨著環境變動而改變之特性，顯示玉山杜鵑透過性狀間的調整來達到其對環境的最大適合度 (fitness)。

玉山杜鵑營養枝與繁殖枝的葉片性狀，在葉形、大小等外觀形態上兩者差異極小，主要以枝頂是否有結果來做區分。植物開花結實之部位是非常強烈的碳匯 (carbon sink)，葉片則為其碳源 (carbon source)，玉山杜鵑開花結實的過程中，繁殖枝上的葉片即為最近的碳源，是主要的養分供給者；然而在此過程中，玉山杜鵑繁殖枝與營養枝的葉結構性狀是否會因此產生差異，從本研究分析之結果發現，玉山杜鵑營養枝與繁殖枝的葉片性狀在柵狀組織平均厚度、葉上表皮厚度、柵狀組織與葉片厚度比，以及氣孔長度等呈顯著差異，其餘則無法區分營養枝及繁殖枝。上述葉片性狀的差別可能反應在其功能上，亦可能來自於不同年度的生長差異，或為環境因素所致。

玉山杜鵑葉結構性狀對其生長環境相當敏感，但在株內營養枝與繁殖枝上僅部分性狀具明顯差異，顯示玉山杜鵑的葉性狀特徵對環境的可塑性大，而營養枝及繁殖枝因生在同株，生育地相同，葉片性狀因而差異不大；在株內營養枝與繁殖枝差異較顯著的性狀中，與光合作用關係較密切的是柵狀組織，營養枝的柵狀組織明顯較繁殖枝厚，顯示營養枝的葉片可能有特化成具有較大光合作用能力的趨勢，此現象亦能從營養枝的葉上表皮較薄，SLA 較大等性狀上得到相同的變化趨勢，顯示葉結構性狀在玉山杜鵑營養枝與繁殖枝上具有分化之現象，其機制則待更進一步研究。

雪山雪東線步道沿線分布的玉山杜鵑種複合群，包括分布於較低海拔的森氏杜鵑與較高海拔的玉山杜鵑；前者的葉較大型，葉緣平整且通常不反捲，葉背披毛較少；後者葉小型且葉緣反捲，葉背披有較多絨毛 (Hayata, 1908, 1911)。由於玉山杜鵑與森氏杜鵑在海拔分佈上的重疊，因此形態上存在著許多中間型，過去在分類處理上因而難以區分，Yamazaki (1981) 將森氏杜鵑處

理成玉山杜鵑的亞種 (*R. pseudochrysanthum* ssp. *morii*)；潘富俊 (1988) 以葉片大小等特徵，發現兩分類群存在著連續性變異；呂勝由和楊遠波 (1989) 認為兩者的外觀形態非常相近，將森氏杜鵑處理成玉山杜鵑的同物異名 (Li *et al.*, 1998)。隨著分子生物技術的精進，透過細胞核或葉綠體 DNA 之分析發現，森氏杜鵑與玉山杜鵑非常相近，應可合併成一種 (徐瓏綺，2004；黃啟俊，2005；謝鎮宇，2006；梁博凱，2011；Tsai *et al.*, 2003; Chung *et al.*, 2007; Huang *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2014)。

本研究在雪山雪東線步道沿線觀察不同海拔之玉山杜鵑葉結構性狀，發現葉面積、厚度及氣孔密度等大致可區分成 2400-3100 m、3100-3500 m 及 3500-3886 m 等 3 群，與潘富俊 (1988) 對玉山杜鵑與森氏杜鵑在葉片形態大小等分析結果上大致相符。然而，玉山杜鵑在 SLA、柵狀組織、上表皮及下表皮等特徵上則無沿著海拔梯度呈現變化的趨勢，這部分可能因玉山杜鵑在雪東線步道沿線的分布環境較為歧異所致，其分布環境有開闊的灌叢草生地、圈谷、稜線、林緣和森林下層等多樣的環境，除了反應在其葉結構性狀的變化外，亦反應在其物候模式上的不同 (潘振彰等，2013)，呈現玉山杜鵑對高山微環境差異下不同的適應特性。

對廣泛分布的玉山杜鵑種複合群，葉片結構性狀除了可提供了解玉山杜鵑此類高山植物對全球暖化與氣候變遷等適應的參考訊息外，亦可結合高山植物之生理生態學、植物物候學、繁殖生物學等研究進行更深入的探討。未來可增加在玉山與南湖大山等地分布的玉山杜鵑樣株外，並應增加玉山杜鵑種複合群中森氏杜鵑、紅星杜鵑及南湖杜鵑等之研究，提供葉結構性狀在玉山杜鵑種複合群研究的參考。

七、結論及建議

- (一) 2018 年 1-11 月的逐月開花結實物種數調查發現，隨著溫度遞減，開花物種亦減少，2018 年 2 月的開花物種數達最少；伴隨溫度升高，3 月以後的開花物種數亦隨著增加，顯示溫度是影響雪山地區開花物候的主要因素。
- (二) 櫟林帶上層和鐵杉雲杉帶調查期間各月皆有植物開花，開花種數高峰皆發生在 6-7 月，冷杉帶開花種數高峰發生於 7-8 月，高山植群帶發生於 6-8 月。櫟林帶上層在 1 及 2 月開花物種數最少；冷杉林帶的植物開花延長至 1 月結束，2018 年 2-3 月因覆雪及低溫沒有調查到植物開花，至 4 月有異葉紅珠等 6 種植物開花；圈谷於 2017 年 12 月持續覆雪至 2018 年 4 月底才完全融雪，5 月調查到阿里山龍膽、雪山翻白草和玉山圓柏等 3 種植物開花。開花數量因隨海拔升高，溫度與熱量累積相對較緩慢，大致有隨海拔升高而開花物種數減少之趨勢。
- (三) 比較不同年度間冬春季開花物候資料發現，冬季高溫與春季低溫，以及極端天氣事件確實對雪山地區植物開花物候造成影響。
- (四) 2012-2018 年逐月開花物種數高峰發在夏秋 6-9 月，開花種數最高的月份發生在 6 月的年度有 2012、2014-2015 年，發生在 7 月的年度有 2013、2016-2018 年。自 2012 年以來，雪山圈谷夏秋季月均溫有明顯增加趨勢，秋季相對高溫將導致植物生長季延後結束，致使植物花期延長。
- (五) 預測玉山杜鵑 2010-2011 年及 2014-2017 年的開花時間，發現基準溫度於 4、4.5 及 5°C 時，其計算值與預測值有較小的差異，推測 4°C 以上為玉山杜鵑的基準溫度。利用不同的積溫起始日子進行開花預測。整體上當積溫起始日為 3/4 時與實際開花時間相差的天數較少，進一步透過以不同積溫起始時間以及以冬季最低溫作為積溫起始時間時，發現 4°C 時的預測時間較為準確，因此推測玉山杜鵑的基準溫度為 4°C。
- (六) 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。

(七) 為了解氣候變遷對雪山高山地區植物開花結實物候的影響，建議持續調查雪山高山生態系植物開花物候時序資料，並接續整合前期調查研究成果，以了解全球暖化與氣候變遷的極端天氣對雪霸國家公園高山生態系的影響。另一方面，建立以公民科學參與物候調查模式，透過高山保育志工的參與、培訓，協助科學研究調查，保育志工每月上山執勤過程，協助步道沿線植物開花物候調查，並彙入管理處建置的電腦資料庫，由專家學者進行每月開花物種照片資料庫之種類確認等方法。最後，分析比較專家學者調查資料與志工調查成果之差異，透過 3 年開花物候調查、分析與修訂各項調查流程，建立高山保育志工參與高山生態系開花物候調查工作項目，收集更多植物照片及開花物候訊息，建立公民科學參與研究模式。

八、雪山圈谷雪訓營地植被調查與監測

(一)、前言

雪山，一直是許多登山客喜愛的百岳之一；其中，雪東線在攻克路線相對較短，且途中亦有七卡山莊及三六九山莊可供登山客作行程上的安排，所以備受關注成為攻上雪山主峰的熱門路線，尤其在雪季時，為一睹圈谷雪景風采的登山客更是絡繹不絕。然而，面對民眾對登山休閒活需求殷切與雪季登山安全訓練需求，雪山圈谷雪季營地面臨開放申請使用，但如何維持雪訓營地環境及使用承載量則需要進一步調查。

劉儒淵 (1996) 指出遊憩活動對生態旅遊環境的衝擊最容易反應在植群與土壤的改變，這 2 種遊憩衝擊效應在環境空間型態也最為固定，因此容易造成遊客的視覺衝擊，進而為經營者所重視。土壤的改變主要因遊客踐踏所造成的土壤物理性、化學性與生物性改變的土壤衝擊，導致土表有機物質的破壞與土壤的緊壓化，造成土壤通氣、水分滲透速率、溫度、溼度、養分及土中生物等各種土壤的基本特質的改變，不利於地被植群的生育 (劉儒淵，2004)。常用評估土壤衝擊效應的指標項目包括土壤硬度、土壤抗穿透強度、土壤容量、土壤沖蝕量等 (王相華，1988；林國銓等，1991；劉儒淵，1992，2004)。其中，土壤硬度的變化可以反應土壤的緊壓化因而引起的一系列連鎖的踐踏效應，許多調查研究結果均顯示其對地被植物生長有顯著之影響，也顯示與遊客使用頻度有關 (郭岱宜，1999)。

蘇鴻傑 (1987) 指出植群對遊憩衝擊具有較高之敏感度，且易於觀測，常可作為步道環境衝擊監測上之指標，並提供在經營決策或容納量之決定。有關植群衝擊介量主要包括植群覆蓋、植群組成及植物生長情況三大類；植群覆蓋度為單位面積內植物地上部垂直投影覆蓋面積的百分比，此方法常被應用在生態旅遊地之露營區與步道遊憩衝擊效應之調查監測上，甚至作為衝擊監測的單一指標 (劉儒淵等，2001；林晏州，2002)；植群組成則是調查植群植物種類及相對豐富度 (劉儒淵，2004)；植物生長情況指的是記錄與描述植物 (尤其是樹木) 遭受各種型態之傷害，包括植物高度的變化、根系暴露或樹幹遭嚴重割刻等之百分比、數目或密度等 (劉儒淵，1993；劉吉川，2004)。

過去較多研究針對步道衝擊，劉儒淵 (1992，1993) 針對塔塔加、玉山

步道沿線和八通關地區進行遊客踐踏程度對植群衝擊的影響，植群覆蓋度減少率、植株高度降低率和植相變異度可作為指標，其中以植群覆蓋度減少率、植株高度降低率對遊客踐踏衝擊影響表示較佳。劉儒淵 (2004) 合歡山步道衝擊研究指出，遊客使用率越大其對步道及兩側植群的衝擊也愈為嚴重。李彥樑、黃柏鈞 (2005) 在雪霸國家公園雪山東線、四秀線步道土壤侵蝕監測發現，遊客較多的雪山東線平均每單位寬度侵蝕為 0.33 cm，而四秀線步道每單位寬度侵蝕為 0.21 cm。

Raunkiaer (1934) 最早提出半地中植物 (hemicryptophyte) 氣候可以反映出植物處於高海拔地區或寒冷潮濕之環境，Daubenmire (1968) 根據 Raunkiaer 植物生活型整理世界各地的植物生活型譜，結果顯示半地中植物於冷溫帶氣候中，所佔比例最高，此因半地中植物之生存芽可被冬雪及枯落物保護 (劉崇瑞、蘇鴻傑 1983)；雪山的相關研究中，王偉 (2013) 對雪山雪東線沿線植群之物種多樣性探討中，發現矮盤灌叢植物社會組成以半地中植物較多，且隨著海拔高度上升，半地中植物之物種多樣性也隨之提升，鄭婷文 (2012) 亦對雪山雪東線之植物生活型進行劃分，結果顯示海拔 3,600 m 以上之植群組成，半地中植物組成比例最高 (72.5%)，依序為地中植物 (12.1%)、地表植物 (6.6%)、挺空植物 (5.5%) 及一年生種子植物 (3.3%)，大致呼應高山植物生活型之相關研究 (王國宏等，2001；Georghiou & Delipetrou, 2010)。

為滿足雪地訓練之需求，雪霸國家公園管理處 2018 年公告之雪山圈谷雪訓營地；然為了解雪訓營地使用前後的環境改變，本研究著手針對營地進行植物社會與土壤質地調查，期透過樣區設置與植被調查分析與土壤硬度變化，提供了解雪訓前後植物組成差異與土壤質地變化，透過長期觀察當地的環境是否受到雪訓營地使用干擾而影響，供管理單位作後續參考。

(二)、材料與方法

1. 研究區域及樣區架設

研究區域為雪山雪東線圈谷地區，雪山 1 號圈谷位於雪山主峰的東北方，形狀呈長橢圓形，開口朝向東北，長約 1,000 m，最寬處約 600 m。圈谷最低處在長軸的最東北處，海拔高度約 3,500 m，大略位在通往雪山主峰的步道出黑森林處，這裡也是觀看雪山 1 號圈谷最佳的觀景點，尤其是冰雪覆蓋

的冬季。雪山 1 號圈谷的谷底與兩側山坡都布滿了碎石，與一叢叢玉山杜鵑及成匍匐狀生長的玉山圓柏。這些碎石堆是台灣高山稜頂兩側常見的景觀。雖然某些碎石堆位於岩崖或岩溝（又可稱蝕溝）的坡腳處，但是雪山圈谷內的許多碎石堆，布滿在非岩崖或崖溝坡腳下的坡頂附近。這應該是屬於冰緣區冰風化作用在原地造成岩石崩裂或碎裂的結果，而不是落石型的崩山作用所造成的（楊建夫，1996）。至於臺灣的圈谷是否為冰斗地形，仍有許多疑點待地球科學家研究澄清。

雪訓紮營點位為道路旁一處圓柏環繞之草地（圖 27、照片 1），此為雪霸國家公園 108 年度預計開放雪訓的主要場所。本研究針對此營地設立穿越線，每 5 m 便設立 1 個 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 的小樣區（照片 2），並針對樣區內之物種組成進行辨識和記載其覆蓋面積，供日後複查時比對物種組成之變化，除調查樣區內植物組成和生態介量。

另外，本研究將營地周邊較突出之枝條，作上些許記號並用相機拍照（Reconyx HC500），後續複查將針對這些枝條的生長情況來了解各單位雪訓時是否有攀折枝條的行為；本研究亦於此營地附近架設紅外線照相機，可對營地作長期的物候觀察及監測。



圖 27. 雪山雪東線雪訓營地調查之研究區域。圖中黃色區域即為雪霸國家公園 2018 年公告可進行雪訓紮營位置。



照片 1. 雪山雪東線之圈谷雪訓營地。照片中紅圈指示處為紅外線照相機 (Reconyx HC500) 所在位置。



照片 2. 雪山雪東線之圈谷雪訓營地之樣區設立。其樣區為 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 之正方形樣區，除調查其內物種組成，亦對各物種之覆蓋面積進行量測。

2. 土壤硬度調查

針對各小樣區之中心點進行土壤硬度測試 (agraTronix 握把式)，以了解日後此營地之土壤物理性質是否因雪訓頻度而有所變化。其所量測之硬度單位為每平方英吋的磅力 (psi)，而多數文獻是以不同硬度計壓入土壤的距離，經轉換為每平方公分公斤 (kg/cm^2) (林晏州，2002；劉吉川，2005)，本研究亦會將兩者進行換算比較。

3. 資料分析

除分析雪訓營地物種組成及其生活型 (Raunkiaer, 1934) 結構等定性的分析，本研究將地被調查的資料經文書處理軟體 (EXCEL) 轉換為相對優勢度 (relatively dominance) 及相對頻度 (relatively frequency) 計算出重要值 (important value, IV)，再依不同調查時序來探討其組成變化之差異。

本研究所使用之公式如下：

頻度 = 某種植物出現之總樣區數 / 所調查之總樣區數

優勢度 = 某種植物覆蓋面積總合 / 所調查之樣區總面積

相對頻度 = 某種植物之頻度 / 所有植物頻度之總和 $\times 100\%$

相對優勢度 = 某種植物之優勢度 / 所有植物優勢度之總和 $\times 100\%$

重要值指數 (IV) = 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

另外，本研究將針對調查區域內不同小樣區內之土壤硬度 (單位為每平方英寸英磅，psi)、物種多樣性 (物種數量、夏農歧異度、均勻度)、植物覆蓋率 (單位為平方公分， cm^2) 進行製表，以供後續複查時之資料對照比較。

本研究物種多樣性之公式如下：

夏農歧異度指數 $H = -\sum (n_i/N) \times \log(n_i/N) = -\sum p_i \times \log p_i$

(Shannon & Wiener, 1949)

均勻度 $J = H / \log S$

(Pielou, 1966)

其中 n_i 為某一種物種隻個體數， N 為樣區所有物種個體總數， S 為物種數。

(三)、結果與討論

本研究對雪東線雪訓營地之植物組成調查共 3 次 (2016、2017、2018)(表

17)，共計 9 科 16 屬 17 種，以禾本科 (Poacea) 4 種最多，其次為薔薇科 (Rosaceae) 3 種，依序為玄參科 (Scrophulariaceae)(2 種)、茜草科 (Rubiaceae)(2 種)、菊科 (Asteraceae)(2 種)、小蘗科 (Berberidaceae)(1 種)、酢醬草科 (Oxalidaceae)(1 種)、繖形科 (Apiaceae)(1 種) 及冷蕨科 (Cystopteridaceae)(1 種)。生活型組成部分 (表 17，圖 28)，以地面型植物最多 (11 種，68.75%)，依序為地中型植物 (3 種，18.75%)，一年生植物和挺空植物皆為 1 種 (6.25%)。研究結果顯示，不同年份所調查的物種組成略有不同，但整體組成相似，曲芒髮草於前兩次調查相對較為優勢，然 2018 年調查卻未出現，推測研究區域雖相同，然而取樣面積有別，且為避免雪訓人員及遊客擾動，樣區調查後皆會將樣繩收回，致使調查小區難以重複，且因調查季節不同所致，故將針對此植物覆蓋面積及物種多樣性於三個調查時序變化作探討。

將樣區內之植物覆蓋面積與物種多樣性分析之結果顯示 (表 18)，隨著調

表 17. 雪東線雪訓營地樣區之植物組成、重要值及生活型表

物種俗名	學名	科名	IV			生活型
			2016	2017	2018	
玉山小蘗	<i>Berberis morrisonensis</i>	小蘗科	6.79	0.00	9.92	P
玉山水苦蕒	<i>Veronica morrisonicola</i>	玄參科	7.17	0.00	6.59	H
異葉紅珠	<i>Hemiphragma heterophy</i>	玄參科	7.34	0.00	0.00	H
玉山翦股穎	<i>Agrostis infirma var. infirma</i>	禾本科	24.84	58.18	66.00	H
羊茅	<i>Festuca ovina</i>	禾本科	0.00	6.36	4.47	H
臺灣三毛草	<i>Trisetum spicatum var. formosanum</i>	禾本科	13.03	13.53	4.24	H
曲芒髮草	<i>Deschampsia flexuosa</i>	禾本科	98.89	65.46	0.00	H
寬葉冷蕨	<i>Cystopteris moupinensis</i>	冷蕨科	0.00	0.00	15.30	Y
刺果豬殃殃	<i>Galium echinocarpum</i>	茜草科	0.00	0.00	8.49	H
圓葉豬殃殃	<i>Galium formosense</i>	茜草科	10.16	6.86	8.41	H
阿里山薊	<i>Cirsium arisanense</i>	菊科	7.17	18.98	19.17	T
山薰香	<i>Oreomyrrhis involucrate</i>	菊科	7.29	6.79	17.16	H
大霸尖山酢醬草	<i>Oxalis acetosella</i>	酢醬草科	7.00	0.00	0.00	C
玉山金梅	<i>Potentilla leuconota</i>	薔薇科	0.00	0.00	26.14	H
臺灣草莓	<i>Fragaria hayatai</i>	薔薇科	10.33	8.39	8.41	H
雪山翻白草	<i>Potentilla tugitakensis</i>	薔薇科	0.00	15.46	0.00	C
玉山當歸	<i>Angelica morrisonicola</i>	繖形科	0.00	0.00	5.68	C

註：生活型 P 為挺空植物，H 為地面型植物，C 地中型植物，T 為一年生植物，Y 為蕨類植物。

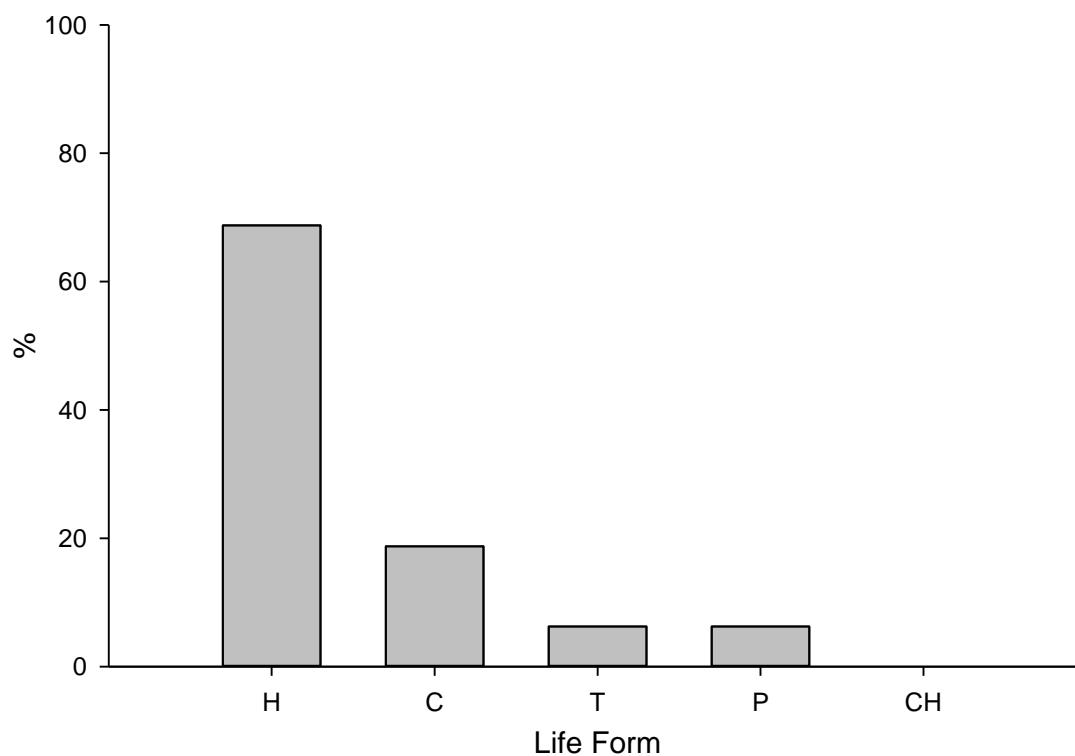


圖 28. 雪東線雪訓營地樣區之植物生活型圖譜。註:生活型 P 為挺空植物，H 為地面型植物，C 地下型植物，T 為一年生植物。

表 18. 雪東線雪訓營地之物種多樣性及土壤硬度表

調查時序	2016-12	2017-4	2018-10
覆蓋面積(cm ²)	20028	12364	32988
物種數	11	9	13
夏農指數	0.94	0.86	1.01
均勻度	0.39	0.39	0.39
土壤硬度(psi)	-	-	85.42±11.20
土壤深度(cm)	-	-	8.50± 1.38

註:“-“為未取得之數據。

查時序植物覆蓋面積及物種多樣性都略有增加，然 2017 年 4 月之植物覆蓋面積及物種多樣性則有明顯下降趨勢。此即為季節變動所致，且 2017 年 4 月相較 2016 及 2018 年氣溫低 (曾喜育&曾彥學，2017)，使整體生長季延後，使植物覆蓋面積下降，亦使物種多樣性相對較低。

土壤硬度較低時，根系穿透率比較高，然踐踏過程會造成土壤密實進而可能會透過壓抑水分供應而使植物生長受到阻礙。為了解雪訓營地使用過程對土壤硬度變化之影響，本研究以土壤硬度於 10 月調查計進行土壤量測，實

地測量結果顯示土壤硬度約 85.42 psi，土壤深度為 8.50 cm；雖無法與往年資料進行比對，但能以現有文獻進行比對，列如塔塔加約為 43.24 psi (林晏州，2002)，八通關約為 19.12 psi (林晏州，2002)，北大武山國家步道則介於 133.73-497.32 psi (劉吉川，2005)，低於 200 psi 之土壤屬於良好地質可供植物之根系良好發展。本研究區域之土壤雖仍屬安全範疇，然而近年雪季登山活動盛行仍有監測的必要，此數據仍可供日後複查佐證對照。劉儒淵 (2004) 於合歡山登山步道中研究指出，遊客量越大其對環境的衝擊如覆蓋度的縮減及土壤硬度增加率都有明顯的相關性，因此往後的複查除植物組成及覆蓋度的調查、土壤硬度測量外，亦須納入複查期間雪訓人數紮營的數量及天數，方為獲得較為客觀的推論。

本研究亦針對雪訓營地周邊的植物枝條進行健康度檢測 (照片 3-6)，雖然於 3 次的調查尚未發現雪訓營地有被破壞的狀況，但此一區域為雪霸國家公園於 2018 年年底公告開放成為雪訓營地 (https://npm.cpami.gov.tw/news_1main.aspx?id=3118&fbclid=IwAR2w6CkserI441UMs4vWg6sRGLdQVLYGBL2OgLc1xxcmN5CKH7W6ZtYs2WA)，本研究所設置之紅外線相機卻於 2018 年年初拍到 2 隊登山團隊於此地進行紮營 (照片 7)，紮營時間分別為 2018 年 2 月 2 日至 2018 年 2 月 3 日及 2018 年 2 月 10 日至 2018 年 2 月 11 日離開，皆在此營地滯留一天不等。



照片 3. 雪東線雪訓營地之玉山圓柏 (*Juniperus squamata* var. *morrisonicola*) 枝條健康度監測照片。照片中，紅圈中綁上綠色魔帶之枝條即為本研究觀測之對象。



照片 4. 雪東線雪訓營地之玉山圓柏 (*Juniperus squamata* var. *morrisonicola*) 枝條健康度監測照片。照片中，紅圈中綁上綠色魔帶之枝條即為本研究觀測之對象。



照片 5. 雪東線雪訓營地之倒伏玉山圓柏 (*Juniperus squamata* var. *morrisonicola*) 枝條健康度監測照片。



照片 6. 雪東線雪訓營地之玉山杜鵑 (*Rhododendron pseudochrysanthum*) 枝條健康度監測照片。



照片 7. 雪東線雪季營地於 2018 年年初時，紅外線照相機所拍攝之登山團隊紮營照片。照片左側和右側分別為兩個不同團隊，左側那隊於 2018 年 2 月 2 日紮營至 2018 年 2 月 3 日離開，右側團隊於 2018 年 2 月 10 日紮營至 2018 年 2 月 11 日離開。

(四)、結論及建議

1. 研究對雪東線雪訓營地之植物組成調查共 3 次 (2016、2017、2018)，共計 9 科 16 屬 17 種，以禾本科 4 種最多，其次為薔薇科 3 種，依序為玄參科 2 種、茜草科 2 種、菊科 2 種、小蘗科 1 種、酢醬草科 1 種、繖形科 1 種及冷蕨科 1 種。生活型組成部分，以地面型植物最多 (11 種，68.75%)，依序為地中型植物 (3 種，18.75%)，一年生植物和挺空植物皆為 1 種 (6.25%)。
2. 雪東線雪訓營地之植物覆蓋面積與物種多樣性分析之結果顯示，隨著調查時序植物覆蓋面積及物種多樣性都略有增加，然 2017 年 4 月之植物覆蓋面積及物種多樣性則有明顯下降趨勢。此即為季節變動所致，且 2017 年 4 月相較 2016 及 2018 年氣溫低，使整體生長季延後，使植物覆蓋面積下降，亦使物種多樣性相對較低。
3. 雪訓營地區域之土壤硬度於 2018 年調查結果，土壤硬度為 85.42 psi，土壤深度為 8.50 cm；比對台灣高海拔地區之相關研究，此一區域之土壤屬於良好地質可供植物之根系良好發展，屬安全範疇，但根據近年雪計登山活動盛行仍有監測的必要，此數據仍可供日後複查佐證對照。
4. 針對雪訓營地周邊的植物枝條進行健康度檢測雖然於調查尚未發現環境有被破壞的狀況，然而因此一區域為雪霸國家公園於 2018 年年底開放為雪訓營地，本研究所設置之紅外線相機卻於 2018 年年初拍到 2 隊登山團隊於此地進行紮營。

九、參考文獻

- 內政部營建組國家公園組 (2008) 臺灣國家公園發展新願景。與世界接軌：保護區經營管理暨生物多樣性國際研討會大會手冊、論文集。第 29-47 頁。行政院農業委員會林務局，臺灣大學第二學生活動中心 B1 蘇格拉底廳。
- 王相華 (1988) 遊樂活動對天然植群之影響及其經營計劃體系。台大森林學研究所碩士論文。
- 王國宏、任繼周、張自和 (2001) 河西山地綠洲荒漠植物群落種群多樣性研究。草業學報 10(1): 1-12。
- 王偉、邱清安、曾彥學、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。
- 王偉、蔡尚惠、邱清安、曾喜育、呂金誠 (2013) 雪山雪東線之物種與生活型多樣性沿海拔梯度變化。林業研究季刊。
- 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。
- 王豔萍、劉勝利、陳玉珍、盧存福 (2012) 3 種長白山高山杜鵑葉片結構及其對環境的適應性。北京林業大學學報 34(4): 18-25。
- 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。
- 符瑜、潘學標 (2011) 草本植物物候及其物候類比模型的研究進展。中國農業氣象 32(3): 319-325。
- 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) 雪山東峰火燒後玉山箭竹開花之研究(I)。內政部營建署雪霸國家公園管理處研究報告。
- 呂金誠、歐辰雄、廖敏君 (2004) 雪山東峰玉山箭竹開花之研究(III)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 何春蓀 (1986) 臺灣地質概論。經濟部中央地質調查所，共 153 頁。
- 何濤、吳學明、賈敬芬 (2007) 青藏高原高山植物的形態和解剖結構及其對環境的適應性研究進展。生態學報 27(6): 2574-2583。
- 呂理昌 (1990) 玉山國家公園植物開花物候週期之研究(塔塔加~玉山主峰)。內政部營建署玉山國家公園管理處。共 88 頁。
- 呂勝由和楊遠波 (1989) 臺灣杜鵑花屬植物之訂正。林業試驗所研究報告季刊 4(4): 155-166。

- 沈介文、劉興旺、郭幸榮 (2004) 5種台灣原生闊葉樹苗木於不同光度下之葉部形態與解剖性狀之改變。臺大實驗林研究報告 18(2): 85-99。
- 李小豔、張遠彬、潘開文、孫成仁、王開遠、王進闖、元東明 (2009) 溫度升高對林線交錯帶西川韭與草玉梅生殖物候生長的影響。生態學雜誌 28(1): 12-18。
- 李向前、賈鵬、章志龍、杜國禎 (2009) 青藏高原東緣高寒草甸植群群落的開花物候。生態學雜誌 28(11): 2202-2207。
- 李彥樑、黃柏鈞 (2005) 雪霸國家公園步道之土壤侵蝕監測(一) —以雪山東線、四秀線為例。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託辦理計畫。
- 吳佳穎、曾喜育、邱清安、王秋美、劉思謙、曾彥學 (2013) 雪山主峰線之植物物候研究。林業研究季刊 35(4): 223-240。
- 林晏州 (2002) 玉山國家公園高山步道遊憩承載量調查研究。內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究報告。
- 林國銓、邱文良、施炳霖 (1991) 恆春熱帶植物園步道兩側植群及土壤的受害調查，林業試驗所研究報告季刊，6(4): 357-365。
- 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、廖敏君、曾喜育、呂金誠 (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。
- 竺可楨、宛敏渭 (1973) 物候學。科學出版社 131 頁。
- 柳楷 (1963) 小雪山高山草原生態之研究。林試所報告第九十二號。
- 陳正祥 (1957) 「氣候之分類與分區」。國立臺灣大學農學院實驗林林業叢刊第七號。
- 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。
- 陳建國、楊揚、孫航 (2011) 高山植物對全球氣候變暖的回應研究進展。應用與環境生物學報 17(3): 35-446。
- 徐雨晴、陸佩玲、于強 (2005) 近 50 年北京樹木物候對氣候化的響應。地理研究 24(3): 412-420。
- 徐振鋒、胡庭興、張力、張遠彬、鮮駿仁、王開遠 (2009) 模擬增溫對川西亞高山林線交錯帶綿穗柳生長、葉物候和葉性狀的影響。應用生態學報 20(1): 7-12。
- 徐浩傑、楊太保、曾彪 (2012) 杜鵑葉片氣孔長度和密度對海拔變化的響應。乾旱區研究 29(6): 1054-1058。
- 徐國士 (1994) 雪霸國家公園特有及稀有植物之研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 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。

- 高國棟、陸渝蓉 (1994) 氣候學。明文書局。共 25 頁。
- 曹曉娟、劉建軍、楊梅 (2009) 太白山 5 種杜鵑屬植物葉片光合特性及解剖結構的生態適應性研究。西北植物學報 29(12): 2483-2491。
- 梁立明、陳明義 (2000) 關刀溪森林生態系台灣二葉松與台灣五葉松之物候現象。林業研究季刊 22(3): 69-80。
- 梁博凱 (2011) 玉山杜鵑複合群物種於更新世冰期過後之族群退縮與物種分歧。國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文。
- 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。
- 張福春 (1995) 氣候變化對中國木本植物物候的可能影響。地環學報 50(5): 402-410。
- 張學霞、葛全勝、鄭景云 (2004) 北京地區氣候變化和植被的關化-基於遙感數據和物候資料的分析。植物生態學報 28(4): 499-506。
- 許俊凱、呂金誠、歐辰雄 (2000) 武陵地區雪山主峰線植群之研究。國家公園學報 10(1): 50-72。
- 曾彥學、曾喜育 (2013a) 玉山國家公園高山生態系植物物候週期調查。內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究計劃。
- 曾彥學、曾喜育 (2013b) 雪山高山生態系指標植物物候調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 曾彥學、曾喜育 (2014) 雪山高山生態系指標植物物候調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 曾喜育、郭礎嘉、陳玟璇、湯冠臻、曾彥學 (2014) 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道開花與結實物候。國家公園學報 24(1): 58-75。
- 曾喜育、曾彥學 (2016) 雪山高山生態系指標植物物候調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 曾喜育、曾彥學 (2017) 雪山高山生態系指標植物物候調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 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) 台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。
- 黃增泉 (1987) 雪山—大霸尖山地區植物生態資源先期調查研究報告。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 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。
- 楊建夫 (1996) "臺灣高山區的圈谷地形是冰斗還是雪蝕斗？以雪山為例"，中日地形學大會論文集，pp.119-122。

- 董景生、徐嘉君、余偲媽 (2008) 全球氣候變遷對雪山圈谷寒原生態系的潛在影響分析，雪霸國家公園管理處委託辦理報告。
- 裴順祥、郭泉水、辛學兵、劉璋、洪明 (2011) 我國東北 4 種常見闊葉喬木物候對氣候變化的響應。林業科學 47(11): 181-187。
- 廖雨萍、李耀先、黃梅麗、李永健、史彩霞、徐聖璇 (2012) 氣候變化對桂林植物物候的影響。廣西植物 32(4): 487-493。
- 廖敏君、邱清安、林鴻志、曾彥學、曾喜育、呂金誠 (2012) 雪山山脈臺灣冷杉林 (*Abies kawakamii* (Hayata) Ito) 地被植群多樣性。林業研究季刊。34(3): 179-192。
- 鄭婷文、曾喜育、邱清安、劉思謙、王秋美、曾彥學 (2012) 雪山主峰東線步道維管束植物生活型之研究。國家公園學報 22(1): 41-51。
- 歐辰雄、曾喜育 (2008) 雪山主峰線臺灣冷杉族群動態監測。雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 潘振彰 (2010) 雪山高山生態系植物物候因應氣候變遷衝擊之探討。雪霸國家公園管理處自行研究報告。
- 潘振彰 (2012) 溫度對雪山地區玉山杜鵑開花物候之影響。國立中興大學碩士論文。
- 潘振彰、邱清安、曾彥學、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。
- 潘振彰、邱清安、曾彥學、郭礎嘉、曾喜育 (2017) 雪山雪東線步道蟲媒花植物開花物候及其與溫度之關聯。林業研究季刊 35(2): 159-176。
- 潘富俊 (1988) 玉山杜鵑和森氏杜鵑之海拔變異。中華林學季刊 21(2): 99-102。
- 潘學標 (2003) 作物模型原理。氣象出版社。
- 劉吉川 (2004) 北大武山國家步道之土壤踐踏監測。中華林學季刊 37(4): 393-405。
- 劉吉川 (2005) 北大武山國家步道踐踏效應監測與經營議題之探討。2005 年國家步道系統研討會。
- 劉志民、閻巧玲、馬君玲 (2006) 生植物候與草甸草地多年生植物的消長。生態學報 26(3): 773-779。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑 (1983) 森林植物生態學。臺灣商務印書館。共 462 頁。
- 劉儒淵 (1989) 戶外遊憩對環境之衝擊及其管理維護。戶外遊憩研究 2(1):3-18
- 劉儒淵 (1990) 遊憩資源衝擊之監測與控制。台大實驗林研究報告 4(2): 161-172。
- 劉儒淵 (1992) 遊客踐踏對塔塔加地區植群衝擊之研究。台大實驗林研究報告季刊 6(4): 1-40 39。
- 劉儒淵 (1995) 塔塔加地區步道土壤沖蝕及其監測之研究。台灣大學研究報告季刊 9(3): 1-19。
- 劉儒淵 (1996) 戶外遊憩對天然植群之衝擊。中華林學季刊 29(2): 35-58

- 劉儒淵 (2004) 合歡山區登山步道土壤沖蝕之研究。國家公園學報 14(1): 55-73。
- 韓小梅、申雙和 (2008) 物候模型研究進展。生態學雜誌 27(1): 89-95。
- 薛兆翔 (2017) 雪見地區植物開花結實物候及特殊低溫事件之影響。中興大學森林學系碩士論文。
- 應紹舜 (1976) 雪山地區高植群的研究。中華林學季刊 9(3): 119-135。
- 謝鎮宇 (2006) 利用 LEAFY 基因序列探討台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報告。共 48 頁。
- 魏聰輝、林博雄 (2012) 第一章、雪山高山微氣象與水量與熱量時空分布特性，第 1-1 頁-第 1-66 頁。收錄於曾彥學、曾喜育 (2012) 雪山地區高山生態系長期生態調查研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託報告。
- Anderson J.T., D.W. Inouye, A.M. McKinney, R.I. Colautti and T. Mitchell-Olds (2012) Phenotypic plasticity and adaptive evolution contribute to advancing flowering phenology in response to climate change. *Proceedings of the Royal Society B* 279: 3843-3852.
- Aono Y. and K. Kazui (2008) Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to reconstruction of springtime temperatures since the 9th century. *International Journal of Climatology* 28(7): 905-914.
- Balandier P., M. Bonhomme, R. Rageau, F. Capitan and E. Parisot (1993). Leaf bud endodormancy release in peach trees: evaluation of temperature models in temperate and tropical climates. *Agricultural and Forest Meteorology*, 67(1-2): 95-113.
- Bawa K.S., H. Kang and M.H. Grayum (2003) Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical rain forest trees. *American Journal of Botany* 90: 877-887.
- Blionis G.J., J.M. Halley and D. Vokou (2001) Flowering phenology of *Campanula* on Mt. Olympos, Greece. *Ecography* 24: 696-706.
- Bosabalidis A.M. and G. Kofidis (2002) Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science* 163: 375-379.
- Caffarra A., A. Donnelly, I. Chuine and M.B. Jones (2011) Modelling the timing of *Betula pubescens* budburst.: I. Temperature and photoperiod: a conceptual model.
- Cai Y.F., S.F. Li, S.F. Li, W.J. Xie and J. Song (2014) How do leaf anatomies and photosynthesis of three *Rhododendron* species relate to their natural environments? *Botanical Studies* 55:36 <http://www.as-botanicalstudies.com/content/55/1/36>
- Cannell M.G. (1989) Chilling, thermal time and the date of flowering of trees. C. J.

- Wright (ed.), Manipulation of fruiting 99-113.
- 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.
- Chartzoulakis K., A. Patakas, G. Kofidis, A. Bosabalidis and A. Nastou (2002) Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae* 95: 39-50.
- Chen C.Y., B.K. Liang, J.D. Chung, C.T. Chang, Y.C. Hsieh, T.C. Lin and S.Y. Hwang (2014) Demography of the upward-shifting temperate woody species of the *Rhododendron pseudochrysanthum* complex and ecologically relevant adaptive divergence in its trailing edge populations. *Tree Genetics & Genomes* 10: 111-126.
- Christiaens, A., M.C. Van Labeke, E. Pauwels, B. Gobin, E. De Keyser and J. De Riek (2010) Flowering Quality of Azalea (*Rhododendro simii*) Following Treatments with Plant Growth Regulatore. *International Society for Horticultural Science* 937: 219-224.
- Chuine I., M. Bonhomme, J. M. Legave, I. Garcia de Cortazar-Atauri, G. Charrier, A. Lacoite and T. Améglio (2014) Can phenological models predict tree phenology accurately under climate change conditions? EGU General Assembly Conference Abstracts 16: 12973.
- Chung J.D., T.P. Lin, Y.L. Chen, Y.B. Cheng and S.Y. Hwang (2007) Phylogeographic study reveals the origin and evolutionary history of a *Rhododendron* species complex in Taiwan. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 42: 14-24.
- Cleland E.E., I. Chuine, A. Menzel, H.A. Mooney and M.D. Schwartz (2007) Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology and Evolution* 22(7): 357-365.
- Cornelissen J.H.C., P.C. Diez and R. Hunt (1996) Seedling growth, allocation and leaf attributes in wide range of woody plants species and types. *Journal of Ecology* 84: 755-765.
- Cornelissen J.H.C., S. Lavorel, E. Garnier, S. Diaz, N. Buchmann, D.E. Gurvich, P.B. Reich, H. Ter Steege, D. Morgan, M.G.A. Van Der Heijden, J.G. Pausa and H. Poorter (2003) A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51(4): 335-380.
- Daubenmire, R. (1968) *Plant Communities: A Textbook of Plant Synecology*. Harper & Row. Inc, New York. pp. 300.
- Faust M., D. Liu, M.M. Millard and G.W. Stutte (1991) Bound versus free water in dormant apple buds—a theory for endodormancy. *HortScience*, 26(7): 887-890.
- Fenner M. (1998) The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspective in*

- Plant Ecology, Evolution and Systematics 1:78-91.
- Franks P.J., P.L. Drake and D.J. Beerling (2009) Plasticity in maximum stomatal conductance constrained by negative correlation between stomatal size and density: an analysis using *Eucalyptus globulus*. *Plant, Cell & Environment* 32: 1737-1748.
- Georghiou K. and P. Delipetrou. (2010) Patterns and Traits of The Endemic Plants of Greece. *Botanical Journal of the Linnean Society* 162: 130-422.
- Ghelardini L., A. Santini, S. Black-Samuelsson, T. Myking and M. Falusi (2010) Buddormancy release in elm (*Ulmus* spp.) clones-a case study of photoperiod and temperature responses. *Tree Physiology* 30: 264-274.
- Gime'nez-Benavides L., R. Garcı'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.
- Gordon R. and A. Bootsma (1993) Analyses of growing degree-days for agriculture in Atlantic Canada. *Climate Research* 3: 169-176.
- Grabherr G., M. Gottfried and H. Pauli (1994) Climate effects of mountain plants. *Nature* 396: 448-450.
- Guisan A.J., I. Holten and R. Spichiger (1995) Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains: an annex to the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) second assessment report, Working Group 2-C (Impacts of climate change on mountain regions). Geneve: Ville de Geneve. 194p.
- Häkkinen R., T. Linkosalo and P. Hari (1998) Effects of dormancy and environmental factors on timing of bud burst in *Betula pendula*. *Tree Physiology*. 18(10): 707-712.
- Hannerz M. (1999) Evaluation of temperature models for predicting bud burst in Norway spruce. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 9-19.
- Hayata B (1908) *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata. *Flora Montana Formosae* 154-155.
- Hayata B (1911) *Rhododendron morii* Hayata. *Materials for a Flora of Formosa* p.173.
- He J.S., Z. Wang, X. Wang, B. Schmid, W. Zuo, M. Zhou, C. Zheng, M. Wang and J. Fang (2006) A test of generality of leaf trait relationship on the Tibetan Plateau. *New Phytology* 170(4): 835-848.
- Hectors K, E. Jacques, E. Prinsen, Y. Guisez, J.P. Verbelen, M.A.K. Jansen and K. Vissenberg (2010) UV radiation reduces epidermal cell expansion in leaves of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany* 61: 4339-4349.
- Huang C.C., K.H. Hung, C.C. Hwang, J.C. Huang, H.D. Lin, W.K. Wang, P.Y. Wu, T.W. Hsu and T.Y. Chiang (2011) Genetic population structure of the alpine species *Rhododendron pseudochrysanthum* sensu lato (Ericaceae) inferred from chloroplast

- and nuclear DNA. *BMC Evolutionary Biology* 11:108.
DOI:10.1186/1471-2148-11-108.
- Hülber K., M. Winkler and G. Grabherr (2010) Intraseasonal Climate and habitat-specific variability controls the flowering phenology of high alpine plant species. *Functional Ecology* 24(2): 245-252.
- Hultine K.R. and J.D. Marshall (2000) Altitude trends in conifer leaf morphology and stable carbon isotope composition. *Oecologia* 123(1): 32-40.
- Inouye D., W.F. Saavedra and W.L. Yang (2003) Environmental influences on the phenology and abundance of flowering by *Androsace septentrionalis* (Primulaceae). *American Journal of Botany* 90: 905-910.
- Inouye D.W. (2008) Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane. *Ecology* 89(2): 321-331.
- Kaku S., M. Iwaya-Inoue and K.B. Jeon (1983) Effects of Temperature on Cold Acclimation and Deacclimation in Flower Buds of Evergreen Azaleas. *Plant and Cell Physiology* 24(3): 557-564.
- 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: 303-325.
- Körner C. (1989) The nutritional status of plants from high altitudes. *Oecologia* 81: 379-391.
- Körner C. (1995) Towards a better experimental basis for upscaling plant responses to elevated CO₂ and climate warming. *Plant, Cell and Environment* 18: 1101-1110.
- Körner C. (2003) *Alpine Plant Life - Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. 2 edition. Springer, Heidelberg. 344 p.
- Körner C. and J. Paulsen (2004) A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography* 31: 713-732.
- Körner C. (2007) *Alpine Ecosystems*. *Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester. 1-6p.
- Körner C. and D. Basler (2010) Phenology under global warming. *Science* 327: 1461-1462.
- Kreyling J. (2010) Winter climate change: a critical factor for temperate vegetation performance. *Ecology* 91: 1939-1948.
- Lamsal A. and S.M. Welch (2016) Modelling flowering time of rhododendron. *Journal of Hill Agriculture* 7(2): 231-236.

- Li H.L., S.Y. Lu, Y.P. Yang and Y.H. Tseng (1998) Ericaceae. In Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Flora of Taiwan, 2nd Ed., vol. 4, pp.17-39.
- Lill B.S. (1976) Ovule and seed development in *Pinus radiata*: postmeiotic development, fertilization, and embryogeny Canadian Journal of Botany 54(18): 2141-2154.
- Linkosalo T., R. Hänninen and H. Hänninen (2006) Model of the phenology of boreal and temperate tree: is there something missing? Tree Physiology 26: 1165-1172.
- Loik M.F., S.P. Redar and J. Hrte (2000) Photosynthetic responses to a climate-warming manipulation for contrasting meadow species in the Rocky Mountains, Colorado, USA. Functional Ecology 14: 166-175.
- 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 203: 449-468.
- Martínková J., P. Smilauer and S. Mihuka (2002) Phenological pattern of grassland species: Relation to the ecological and morphological traits. Flora 197: 290-302.
- Mendes W.B., J. Blascovich, B. Major and M.D. Seery (2001) Challenge and threat during upward and downward social comparisons. European Journal of Social Psychology 31: 477-479.
- Michael A.C. and M.C. Theresa (2008) Monitoring plant phenology using digital repeat photography. Environmental Management 41: 949-958.
- Murray M.B., M.G.R. Cannel and R.I. Smith (1989) Date of budburst of fifteen tree species in Britain following climatic warming. Journal of Applied Ecology 26: 693-700.
- Myking T. (1997) Effect of constant and fluctuating on time to budburst in *Betula pubescens* and its relation to bud respiration. Tree 12(2): 107-112.
- 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.
- NOAA (2016) Recent monthly average Mauna Loa CO₂. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory, Global Monitoring Division. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html>
- 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. 54-55p.
- Pauli H., M. Gottfried and G. Grabherr (1996) Effects of climate change on mountain ecosystems – upward shifting of alpine plants. World Resource Review 8(3):

382-390.

- Pellerin M, A. Delestrade, G. Mathieu, O. Rigault and N.G. Yoccoz (2012) Spring tree phenology in the Alps: effects of air temperature, altitude and local topography. *European Journal of Forest Research* 131(6): 1957-1965.
- Phoenix G.K., W. K. Hicks, S. Cinderby, J.C.I. Kuylenstierna, W. Stock, F.J. Dentener, K.E. Giller, A.T. Austin, R.D.B. Lefroy, B.S. Gimeno, M.R. Ashmore and P. Ineson (2006) Atmospheric nitrogen deposition in world biodiversity hotspots: the need for a greater global perspective in assessing N deposition impacts. *Global Change Biology* 12(3): 470-476.
- Pielou, E.C. (1966) The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal Theoret Biology* 13: 131-144.
- Poorter L. and F. Bongers (2006) Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. *Ecology* 87: 1733-1743.
- Rathcke B. and E.P. Lacey (1985) Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.
- 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.
- Raunkiaer, C. (1934) *The life forms of plants and statistical geography*. Clarendon, Oxford.
- Reaumur M. (1735) Observations du thermomètres, faites à Paris pendant l'année 1735, comparées avec celles qui ont été faites sous la ligne, à l'isle de France, à Alger et quelques unes de nos isles de l'Amérique. *Academie des Sciences, Paris*. 545p.
- Reich P.B., M.B. Walters and D.S. Ellsworth (1991) Leaf life-span as a determinant of leaf structure and function among 23 tree species in Amazonian forest communities. *Oecologia* 86(1): 16-24.
- Reich P.B., M.B. Walters and D.S. Ellsworth (1992) Leaf life-span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monograph* 62(3): 365-392.
- 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.
- Rosenzweig C., G. Casassa, D.J. Karoly, A. Imeson, C. Liu, A. Menzel, S. Rawlins, T.L. Root, B. Seguin and P. Tryjanowski (2007) Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry,

- O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 79-131.
- Rossi S. and N. Isabel (2016) Bud break responds more strongly to daytime than night-time temperature under asymmetric experimental warming. *Global Change Biology* 23: 446-454.
- 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(2): 60-66.
- Running S.W. and E.R.Jr. Hunt (1993) Generalization of a Forest Ecosystem Process Model for Other Biomes, BIOME-BCG, and an Application for Global-Scale Models. Academic Press, Inc.
- Sala O.E., F.S. Chapin, J.J. Armesto III, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Hueneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M.I.N. 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.
- Sarvas R. (1972) Investigation on the annual cycle of development of forest tree . II. Autumn dormancy and winter dormancy. *Commun.Inst. For. Fenn.* 84: 1-101.
- Schneider E.F. (1970) The Rest Period of Rhododendron Flower Buds: II. STUDIES ON THE REST PERIOD IN TISSUE 3IN SITU *Journal of Experimental Botany* 21(3): 799-807.
- Schwartz M.D., R. Ahas and A. Aasa (2006) Onset of spring starting earlier across the Northern Hemisphere. *Global Change Biology* 12(2): 343-351.
- Schwartz M.D. (2013) *Phenology: An Integrative Environmental Science*. Kluwer Academic Publishers. 564p.
- Shannon, C.E. and W. Wiener (1949) *The mathematical theory of communication*, University Illinois press, Urbana, IL, Urbana.
- Shen Z.K. (2000) Study in the phenological phase in *Eulapiopsis Binata*. *Journal of Hubei Institute for Nationalities* 18(2): 24-26.
- Shen S.F., E. Akcay and D.R. Rubenstein (2014) Group size and social conflict in complex societies. *American Naturalist* 18(2): 301-310.
- Smith P.C., D. Noblet-Ducoudré, P. Ciais, P. Peylin, N. Viovy, Y. Meurdesoif and A. Bondeau (2010) European-wide simulations of croplands using an improved

- terrestrial biosphere model: Phenology and productivity. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 155(G1).
- 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.
- Sparks T.H. and P.D. Carey (1995) The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marshan phenological record, 1736-1947. *Journal of Ecology* 83: 321-329.
- Sparks T.H., P.D. Carey and J. Combes (1997) First leafing dates of trees in Surey between 1947 and 1996. *London Naturalis* 76: 15-20.
- Su H. J. (1984) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(II): altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly J. Chinese. For.* 17(4): 57-73.
- Suzuki S. and G. Kudo (1997) Short-term effects of simulated environmental change on phenology, leaf traits, and shoot growth of alpine on a temperate mountain northern Japan. *Global Change Biology* 3: 108-118.
- 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.
- Taguchi Y. and N. Wada (2001) Variations of leaf traits of an alpine shrub *Sieversia pentapetala* along an altitudinal gradient and under a simulated environmental change. *Polar Biosciences* 14: 79-87.
- 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. 237-254.
- Thompson W.A., G.C. Stocker and P.E. Kriedemann (1988) Growth and photosynthetic response to light and nutrients of *Flindersia brayleyana* F. Mull., a rainforest tree with broad tolerance to sun and shade. *Australia Journal Plant Physiology* 15:299-315.
- Thuiller W., S. Lavorel, M.B. Araújo, M.T. Sykes and I.C. Prentice (2005) Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 102, 8245-8250.
- Toledo M., L. Poorter, M. Peña-Claros, A. Alarcón, J. Balcázar, C. Leño, J.C. Licona, O. Llanque, V. Vroomans, P. Zuidema and F. Bongers (2011) Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. *Journal of Ecology* 99: 254-264.
- Tsai C.C., S.C. Huang, C.H. Chen, Y.H. Tseng, P.L. Huang, S.H. Tsai and C.H. Chou

- (2003) Genetic relationships of *Rhododendron* (Ericaceae) in Taiwan based on the sequence of the internal transcribed spacer of ribosomal DNA. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78(2): 234-240.
- Vendramini F., S. Diaz, D.E. Gurvich, P.J. Wilson, K. Thompson and J.G. Hodgson (2002) Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. *New Phytology* 154: 147-157.
- Wada N., M. Shinomi, M. Miyamoto and S. Kojima (2002) Warming effects on shoot developmental growth and biomass production in sympatric evergreen alpine dwarf shrubs *Empetrum nigrum* and *Loiseleuria procumbens*. *Ecological Research* 17: 125-132.
- Walther G.R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J. Beebee, J.M. Fromentin, O. Hoegh-Guldberg and Bairlein F. (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- White M.A., P.E. Thornton and S.W. Running (1997) A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability. *Global Biogeochemical Cycle* 11(2):217-234.
- Wright I.J., P.B. Reich, M. Westoby, D.D. Ackerly, Z. Baruch, F. Bongers, J. Cavender-Bares, T. Chapin, J.H.C. Cornelissen, M. Diemer, J. Flexas, E. Garnier, P.K. Groom, J. Gulias, K. Hikosaka, B.B. slwont, T. Lee, W. Lee, C. Lusk, J.J. Midgley, M. Navas, Ü. Niinemets, J. Oleksyn, N. Osada, H. Poorter, P. Poot, L. Prior, V.I. Pyankov, C. Roumet, S.C. Thomas, M.G. Tjoelker, E.J. Veneklaas and R. Villar (2004) The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428: 821-827.
- Wright I.J., M. Westoby and P.B. Reich (2002) Convergence towards higher leaf mass per area in dry and nutrient poor habitats has different consequences for leaf life span. *Journal of Ecology* 90: 534-543.
- Xu Z.Z. and G.S. Zhou (2008) Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany* 59: 3317-3325.
- Yamazaki T. (1981) Some new taxa of *Rhododendron* from Japan and Taiwan. *Journal of Japan Botany* 56: 357-366.
- Yang L.H. and V.H.W. Rudolf (2009) Phenology, ontogeny and the effects of climate change on the timing of species interactions. *Ecology Letters* 13(1): 1-10.
- Yin X., M.J. Kropff, G. McLaren and R.M. Visperas (1995) A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agricultural and Forest Meteorology* 77: 1-16.

附錄 1. 2012-2018 年雪山雪東線步道物候調查植物名錄

1. Pinaceae 松科

1. *Abies kawakamii* (Hayata) Ito 臺灣冷杉
2. *Picea morrissonicola* Hayata 臺灣雲杉
3. *Pinus armandii* Franchet var. *masteriana* Hayata 臺灣華山松
4. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松
5. *Tsuga chinensis* (Franchet) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng 臺灣鐵杉

2. Cupressaceae 柏科

6. *Chamaecyparis formosensis* Matsum. 紅檜
7. *Juniperus formosana* Hayata 刺柏
8. *Juniperus squamata* Lamb. var. *morrisonicola* (Hayata) Li & Keng 玉山圓柏

3. Myricaceae 楊梅科

9. *Myrica rubra* (Lour.) Sieb. & Zucc. 楊梅

4. Salicaceae 楊柳科

10. *Salix fulvopubescens* Hayata 褐毛柳
11. *Salix taiwanalpina* Kimura 臺灣山柳
12. *Salix taiwanalpina* Kimura var. *morrisonicola* (Kimura) Yang & Huang 玉山柳
13. *Salix taiwanalpina* Kimura var. *takasagoalpina* (Koidz.) Ying 高山柳

5. Celastraceae 樺木科

14. *Alnus formosana* (Burkill ex Forbes & Hemsl.) Makino 臺灣赤楊

6. Fagaceae 殼斗科

15. *Cyclobalanopsis stenophylloides* (Hayata) Kudo & Masam. ex Kudo 狹葉櫟
16. *Lithocarpus hancei* (Benth.) Rehd. 三斗石櫟
17. *Quercus spinosa* A. David ex Fr. 高山櫟
18. *Quercus variabilis* Bl. 栓皮櫟

7. Urticaceae 蕁麻科

19. *Debregeasia orientalis* C. J. Chen 水麻
20. *Elatostema trilobulatum* (Hayata) Yamazaki 裂葉樓梯草
21. *Pilea aquarum* Dunn subsp. *brevicornuta* (Hayata) C. J. Chen 短角冷水麻
22. *Urtica thunbergiana* Sieb. & Zucc. 咬人貓

8. Loranthaceae 桑寄生科

23. *Taxillus liquidambaricolus* (Hayata) Hosokawa 大葉桑寄生
24. *Taxillus lonicrifolius* (Hayata) Chiu var. *lonicerifolius*. 忍冬葉桑寄生

9. Polygonaceae 蓼科

25. *Polygonum chinense* L. 火炭母草
26. *Polygonum filicaule* Wall. ex Meisn. 高山蓼
27. *Polygonum nepalense* Meisn. 尼泊爾蓼

28. *Polygonum pilushanense* Liu & Ou 畢祿山蓼
 29. *Polygonum runcinatum* Buch.-Ham. ex D. Don 玉山蓼
 30. *Polygonum yunnanense* Leveille 虎杖
 31. *Rumex crispus* L. var. *japonicus* (Houtt.) Makino 羊蹄
 32. *Rumex obtusifolius* L. 大羊蹄

10. Caryophyllaceae 石竹科

33. *Arenaria subpilosa* (Hayata) Ohwi 亞毛無心菜
 34. *Cerastium arisanensis* Hayata 阿里山繁縷
 35. *Cerastium trigynum* Vill. var. *morrisonense* (Hayata) Hayata 玉山卷耳
 36. *Cucubalus baccifer* L. 狗筋蔓
 37. *Dianthus pygmaeus* Hayata 玉山石竹
 38. *Dianthus superbus* L. var. *taiwanensis* (Masam.) Liu & Ying 長萼瞿麥
 39. *Dianthus superbus* var. *superbus* 瞿麥
 40. *Silene glabella* (Ohwi) Ying 南湖大山蠅子草
 41. *Silene morrison-montana* (Hayata) Ohwi & Ohashi 玉山蠅子草
 42. *Silene morrisonmontana* (Hayata) Ohwi & Ohashi var. *glabella* (Ohwi) Ohwi & Ohashi 禿玉山蠅子草
 43. *Stellaria aquatica* (L.) Scop. 鵝兒腸
 44. *Stellaria media* (L.) Vill. 繁縷

11. Lauraceae 樟科

45. *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon 山胡椒
 46. *Neolitsea acuminatissima* (Hayata) Kanehira & Sasaki 高山新木薑子

12. Trochodendraceae 昆欄樹科

47. *Trochodendron aralioides* Sieb. & Zucc. 雲葉

13. Ranunculaceae 毛茛科

48. *Anemone stolonifera* Maxim. 匍枝銀蓮花
 49. *Clematis gouriana* Roxb. ex DC. subsp. *lishanensis* Yang & Huang 梨山小蓼衣藤
 50. *Clematis grata* Wall. 串鼻龍
 51. *Clematis henryi* Oliv. var. *morii* (Hayata) Yang & Huang 森氏鐵線蓮
 52. *Clematis lasiandra* Maxim. 小木通
 53. *Clematis montana* Buch.-Ham. ex DC. 繡球藤
 54. *Clematis tashiroi* var. *tashiroi* 田代氏鐵線蓮
 55. *Ranunculus formosa-montanus* Ohwi 蓬萊毛茛
 56. *Ranunculus junipericola* Ohwi 高山毛茛
 57. *Ranunculus taisanensis* Hayata 鹿場毛茛
 58. *Thalictrum myriophyllum* Ohwi 密葉唐松草
 59. *Thalictrum rubescens* Ohwi 南湖唐松草
 60. *Thalictrum sessile* Hayata 玉山唐松草

61. *Thalictrum urbaini* Hayata 傅氏唐松草
62. *Thalictrum urbaini* Hayata var. *majus* T. Shimizu 大花傅氏唐松草

14. Berberidaceae 小蘗科

63. *Berberis brevisepala* Hayata 高山小蘗
64. *Berberis kawakamii* Hayata 川上氏小蘗
65. *Berberis morrisonensis* Hayata 玉山小蘗
66. *Berberis nantoensis* C. K. Schneid. 南投小蘗

15. Lardizabalaceae 木通科

67. *Stauntonia hexaphylla* (Thunb.) Dcne. 石月

16. Theaceae 茶科

68. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 賽矜木
69. *Eurya glaberrima* Hayata 厚葉矜木
70. *Eurya gnaphalocarpa* Hayata 毛果矜木
71. *Eurya leptophylla* Hayata 薄葉矜木
72. *Eurya loquaiana* Dunn 細枝矜木

17. Guttiferae 金絲桃科

73. *Hypericum nagasawai* Hayata 玉山金絲桃

18. Fumariaceae 紫堇科

74. *Corydalis koidzumiana* Ohwi 密花黃堇
75. *Corydalis ophiocarpa* Hook. f. & Thoms. 彎果黃堇

19. Cruciferae 十字花科

76. *Arabis formosana* (Masam. ex S. F. Huang) Liu & Ying 臺灣筷子芥
77. *Arabis gemmifera* (Matsumura) Makino ex Hara 葉芽筷子芥
78. *Arabis lyrata* L. subsp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten 玉山筷子芥
79. *Arabis serrata* Franch. & Sav. 齒葉筷子芥
80. *Barbarea taiwaniana* Ohwi 臺灣山芥菜
81. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. 薺
82. *Cardamine scutata* Thunb. var. *rotundiloba* (Hayata) Liu & Ying 臺灣碎米薺
83. *Draba sekiyana* Ohwi 臺灣山薺
84. *Rorippa indica* (L.) Hiern 葶藶

20. Crassulaceae 景天科

85. *Hylotelephium subcapitatum* (Hayata) Ohba 穗花八寶
86. *Kalanchoe tomentosa* Bak. 兔耳草
87. *Sedum actinocarpum* Yamamoto 星果佛甲草
88. *Sedum erythrospermum* Hayata 紅子佛甲草
89. *Sedum morrisonense* Hayata 玉山佛甲草
90. *Sedum taiwanianum* 臺灣佛甲草

21. Saxifragaceae 虎耳草科

91. *Astilbe longicarpa* (Hayata) Hayata 落新婦
 92. *Astilbe macroflora* Hayata 大花落新婦
 93. *Chrysosplenium hebetatum* Ohwi 大武貓兒眼睛草
 94. *Chrysosplenium lanuginosum* Hook. f. & Thoms. var. *formosanum* (Hayata) Hara 臺灣貓兒眼睛草

95. *Deutzia pulchra* Vidal 大葉溲疏
 96. *Hydrangea angustipetala* Hayata 狹瓣八仙花
 97. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球
 98. *Parnassia palustris* L. 梅花草
 99. *Ribes formosanum* Hayata 臺灣茶藨子
 100. *Schizophragma integrifolium* Oliv. var. *fauriei* (Hayata) Hayata 圓葉鑽地風

22. Pittosporaceae 海桐科

101. *Pittosporum illicioides* Makino 疏果海桐

23. Rosaceae 薔薇科

102. *Cotoneaster morrisonensis* Hayata 玉山鋪地蜈蚣
 103. *Cotoneaster rosiflorus* K. C. Chang & F. Y. Lu 粉紅花鋪地蜈蚣
 104. *Fragaria hayatai* Makino 臺灣草莓
 105. *Photinia niitakayamensis* Hayata 玉山假沙梨
 106. *Potentilla leuconota* D. Don 玉山金梅
 107. *Potentilla matsumurae* Th. Wolf. var. *pilosa* Koidz. 高山翻白草
 108. *Potentilla tugitakensis* Masam. 雪山翻白草
 109. *Prunus campanulata* Maxim. 山櫻花
 110. *Prunus spinulosa* Sieb. & Zucc. var. *globosa* Lu & Pan 圓果刺葉桂櫻
 111. *Prunus transarisanensis* Hayata 阿里山櫻花
 112. *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam. 玉山薔薇
 113. *Rosa transmorrisonensis* Hayata 高山薔薇
 114. *Rubus calycinoides* Hayata 玉山懸鉤子
 115. *Rubus corchorifolius* L. f. 變葉懸鉤子
 116. *Rubus formosensis* Ktze. 臺灣懸鉤子
 117. *Rubus niveus* Thunb. 白絨懸鉤子
 118. *Rubus parviaraliifolius* Hayata 小椴葉懸鉤子
 119. *Rubus pectinellus* Maxim. var. *trilobus* Koidz. 刺萼寒莓
 120. *Rubus piptopetalus* Hayata ex Koidz. 薄瓣懸鉤子
 121. *Rubus pungens* Camb. var. *oldhamii* (Miq.) Maxim. 毛刺懸鉤子
 122. *Rubus rolfei* Vidal 高山懸鉤子
 123. *Rubus taitoensis* Hayata var. *aculeatiflorus* (Hayata) H. Ohashi & Hsieh 刺花懸鉤子
 124. *Rubus trianthus* Focke 苦懸鉤子
 125. *Rubus wallichianus* Wight & Arnott 鬼懸鉤子

126. *Sibbaldia procumbens* L. 五蕊莓
127. *Sorbus randaiensis* (Hayata) Koidz. 巒大花楸
128. *Spiraea formosana* Hayata 臺灣繡線菊
129. *Spiraea hayatana* Li 假繡線菊
130. *Spiraea prunifolia* Sieb. & Zucc. var. *pseudoprunifolia* (Hayata) Li 笑靨花
- 24. Fabaceae 豆科**
131. *Trifolium dubium* Sibth. 黃菽草
132. *Trifolium repens* L. 菽草
- 25. Oxalidaceae 酢漿草科**
133. *Oxalis acetocella* L. ssp. *griffithii* (Edgew. & Hook f.) Hara var. *formosana* (Terao) Huang & Huang 臺灣山酢漿草
134. *Oxalis acetocella* L. ssp. *taemoni* (Yamamoto) Huang & Huang 大霸尖山酢漿草
135. *Oxalis acetosella* L. subsp. *griffithii* (Edgew. & Hook. f.) Hara 山酢漿草
136. *Oxalis corniculata* L. 黃花酢漿草
- 26. Geraniaceae 牻牛兒苗科**
137. *Geranium hayatanum* Ohwi 單花牻牛兒苗
- 27. Rutaceae 芸香科**
138. *Toddalia asiatica* (L.) Lam. 飛龍掌血
- 28. Polygalaceae 遠志科**
139. *Polygala japonica* Houtt. 瓜子金
- 29. Aceraceae 槭樹科**
140. *Acer kawakamii* Koidzumi 尖葉槭
141. *Acer morrisonense* Hayata 臺灣紅榨槭
- 30. Aquifoliaceae 冬青科**
142. *Ilex asprella* (Hook. & Arn.) Champ. 燈檉花
143. *Ilex pedunculosa* Miq. 刻脈冬青
- 31. Celastraceae 衛矛科**
144. *Euonymus spraguei* Hayata 刺果衛矛
145. *Microtropis fokienensis* Dunn 福建賽衛矛
- 32. Rhamnaceae 鼠李科**
146. *Rhamnus crenata* Sieb. & Zucc. 鈍齒鼠李
147. *Rhamnus parvifolia* Bunge 小葉鼠李
148. *Rhamnus pilushanensis* Liu & Wang 畢祿山鼠李
- 33. Vitaceae 葡萄科**
149. *Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep. 烏斂莓
- 34. Elaeagnaceae 胡頹子科**
150. *Elaeagnus glabra* Thunb. 藤胡頹子
151. *Elaeagnus morrisonensis* Hayata 玉山胡頹子

152. *Elaeagnus thunbergii* Serv. 鄧氏胡頹子

35. Violaceae 堇菜科

153. *Viola adenothrix* Hayata 喜岩堇菜

154. *Viola adenothrix* Hayata var. *tsugitakaensis* (Masam.) Wang & Huang 雪山堇菜

155. *Viola betonicifolia* J. E. Smith 箭葉堇菜

156. *Viola biflora* L. 雙黃花堇菜

157. *Viola formosana* Hayata 臺灣堇菜

158. *Viola mandshurica* W. Becker 紫花地丁

159. *Viola senzanensis* Hayata 尖山堇菜

36. Cucurbitaceae 葫蘆科

160. *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino 絞股藍

161. *Thladiantha nudiflora* Hemsl. ex Forbes & Hemsl. 青牛膽

37. Onagraceae 柳葉菜科

162. *Circaea alpina* L. subsp. *imaicola* (Asch. & Mag.) Kitam. 高山露珠草

163. *Epilobium amurense* Hausskn. 黑龍江柳葉菜

164. *Epilobium brevifolium* D. Don subsp. *trichoneurum* (Hausskn) Raven 短葉柳葉菜

165. *Epilobium hohuanense* Ying ex Chen, Hoch & Raven 合歡柳葉菜

166. *Epilobium taiwanianum* Chen, Hoch & Raven 臺灣柳葉菜

38. Araliaceae 五加科

167. *Aralia bipinnata* Blanco 裡白椴木

168. *Aralia decaisneana* Hance 臺灣椴木

169. *Hedera rhombea* (Miq.) Bean var. *formosana* (Nakai) Li 臺灣常春藤

39. Umbelliferae 繖形科

170. *Angelica morii* Hayata 森氏當歸

171. *Angelica morrisonicola* Hayata 玉山當歸

172. *Conioselinum morrisonense* Hayata 玉山彎柱芎

173. *Hydrocotyle batrachium* Hance 臺灣天胡荽

174. *Hydrocotyle setulosa* Hayata 阿里山天胡荽

175. *Hydrocotyle sibthorpioides* Lam. 天胡荽

176. *Oreomyrrhis involucrata* Hayata 山薰香

177. *Oreomyrrhis nanhuensis* C. H. Chen & J. C. Wang 南湖山薰香

178. *Oreomyrrhis taiwaniana* Masam. 臺灣山薰香

179. *Pimpinella niitakayamensis* Hayata 玉山茴芹

180. *Torilis japonica* (Houtt.) DC. 竊衣

40. Pyrolaceae 鹿蹄草科

181. *Cheilotheca humilis* (D. Don) H. Keng 水晶蘭

182. *Chimaphila japonica* Miq. 日本愛冬葉

183. *Moneses uniflora* (L.) A. Gray 單花鹿蹄草

184. *Monotropa hypopithys* L. 錫杖花
185. *Pyrola morrisonensis* (Hayata) Hayata 玉山鹿蹄草

41. Ericaceae 杜鵑花科

186. *Gaultheria itoana* Hayata 高山白珠樹
187. *Gaultheria leucocarpa* Blume 白珠樹
188. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude 南燭
189. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木
190. *Rhododendron noriakianum* T. Suzuki 細葉杜鵑
191. *Rhododendron oldhamii* Maxim. 金毛杜鵑
192. *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata 玉山杜鵑
193. *Rhododendron rubropilosum* Hayata 紅毛杜鵑
194. *Rhododendron rubropilosum* Hayata var. *taiwanalpinum* (Ohwi) S. Y. Lu, Yuen P. Yang & Y.

H. Tseng 臺灣高山杜鵑

195. *Vaccinium bracteatum* Thunb. 米飯花
196. *Vaccinium japonicum* Miq. var. *lasiostemon* Hayata 毛蕊木
197. *Vaccinium randaiense* Hayata 巒大越橘

42. Myrsinaceae 紫金牛科

198. *Ardisia virens* Kurz 黑星紫金牛

43. Primulaceae 報春花科

199. *Primula miyabeana* Ito & Kawakami 玉山櫻草

44. Symplocaceae 灰木科

200. *Symplocos anomala* Brand 玉山灰木
201. *Symplocos formosana* Brand 臺灣灰木
202. *Symplocos stellaris* Brand 枇杷葉灰木

45. Gentianaceae 龍膽科

203. *Gentiana arisanensis* Hayata 阿里山龍膽
204. *Gentiana atkinsonii* Burk. var. *formosana* (Hayata) Yamamoto 臺灣龍膽
205. *Gentiana itzershanensis* T. S. Liu & Chiu C. Kuo 伊澤山龍膽
206. *Gentiana scabrida* Hayata var. *punctulata* S. S. Ying 黑斑龍膽
207. *Gentiana tatakensis* Masam. 塔塔加龍膽
208. *Swertia randaiensis* Hayata 巒大當藥
209. *Tripterospermum lanceolatum* (Hayata) Hara ex Satake 玉山肺形草
210. *Tripterospermum luzonense* (Vidal) J. Murata 高山雙蝴蝶

46. Apocynaceae 夾竹桃科

211. *Cynanchum boudieri* H. Lév. & Vaniot 薄葉牛皮消

47. Rubiaceae 茜草科

212. *Damnacanthus indicus* Gaertn. 伏牛花
213. *Galium echinocarpum* Hayata 刺果豬殃殃

214. *Galium formosense* Ohwi 圓葉豬殃殃
215. *Galium lutchuense* Nakai ex Kitagawa 琉球豬殃殃
216. *Galium spurium* L. 豬殃殃
217. *Galium taiwanense* Masam. 臺灣豬殃殃
218. *Nertera nigricarpa* Hayata 黑果深柱夢草
219. *Rubia lanceolata* Hayata 金劍草

48. Boraginaceae 紫草科

220. *Cynoglossum alpestre* Ohwi 高山倒提壺
221. *Cynoglossum zeylanicum* (Vahl) Thunb. ex Lehmann 琉璃草
222. *Trigonotis formosana* Hayata 臺灣附地草
223. *Trigonotis nankotaizanensis* (Sasaki) Masam. & Ohwi ex Masam. 南湖附地草

49. Verbenaceae 馬鞭草科

224. *Callicarpa randaiensis* Hayata 巒大紫珠

50. Labiatae 唇形科

225. *Clinopodium umbrosum* (Bieb.) C. Koch 風輪菜
226. *Origanum vulgare* L. var. *formosanum* Hayata 臺灣野薄荷
227. *Salvia arisanensis* Hayata 阿里山紫花鼠尾草
228. *Salvia formosana* (Murata) Yamazaki 臺灣紫花鼠尾草
229. *Salvia hayatana* Makino ex Hayata 早田氏鼠尾草

51. Solanaceae 茄科

230. *Solanum nigrum* L. 龍葵

52. Scrophulariaceae 玄參科

231. *Ellisiophyllum pinnatum* (Wall. ex Benth.) Makino 海螺菊
232. *Euphrasia durietziana* Ohwi 多腺毛小米草
233. *Euphrasia nankotaizanensis* Yamamoto 南湖碎雪草
234. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata 玉山小米草
235. *Hemiphragma heterophyllum* Wall. 異葉紅珠
236. *Mazus alpinus* Masam. 高山通泉草
237. *Mazus delavayi* Bonati 阿里山通泉草
238. *Mazus fauriei* Bonati 佛氏通泉草
239. *Pedicularis ikomai* Sasaki 高山馬先蒿
240. *Pedicularis nanfutashanensis* Yamazaki 南湖蒿草
241. *Pedicularis verticillata* L. 馬先蒿
242. *Veronica linariifolia* Pallas ex Link 細葉婆婆納
243. *Veronica morrisonicola* Hayata 玉山水苦蕒
244. *Veronica oligosperma* Hayata 貧子水苦蕒

53. Orobanchaceae 列當科

245. *Boschniakia himalaica* 丁座草

54. Plantaginaceae 車前科

246. *Plantago asiatica* L. 車前草

55. Caprifoliaceae 忍冬科

247. *Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬

248. *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam. 川上氏忍冬

249. *Viburnum betulifolium* Batal. 樺葉英薺

250. *Viburnum foetidum* Wall. var. *rectangulatum* (Graebner) Rehder 太平山英薺

251. *Viburnum luzonicum* Rolfe 呂宋英薺

252. *Viburnum luzonicum* Rolfe var. *morrisonense* (Hayata) Ying 玉山英薺

253. *Viburnum parvifolium* Hayata 小葉英薺

254. *Viburnum urceolatum* Sieb. et Zucc. 壺花英薺

56. Valerianaceae 敗醬科

255. *Triplostegia glandulifera* Wall. 三萼花草

256. *Valeriana fauriei* Briquet 纈草

257. *Valeriana flaccidissima* Maxim. 嫩莖纈草

258. *Valeriana kawakamii* Hayata 高山纈草

57. Dipsacaceae 續斷科

259. *Scabiosa lacerifolia* Hayata 玉山山蘿蔔

58. Campanulaceae 桔梗科

260. *Adenophora morrisonensis* Hayata 玉山沙參

261. *Adenophora morrisonensis* Hayata subsp. *uehatae* (Yamamoto) Lammers 高山沙參

262. *Adenophora triphylla* (Thunb.) A. DC. 輪葉沙參

263. *Codonopsis kawakamii* Hayata 玉山山奶草

264. *Lobelia nummularia* Lam. 普刺特草

265. *Peracarpa carnosa* (Wall.) Hook. f. & Thomson 山桔梗

59. Compositae 菊科

266. *Ainsliaea reflexa* Merr. 臺灣鬼督郵

267. *Anaphalis margaritacea* (L.) Benth. & Hook. f. subsp. *morrisonicola* (Hayata) Kitam. 玉山抱
莖籟簫

268. *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz. 尼泊爾籟簫

269. *Artemisia campestris* L. 細葉山艾

270. *Artemisia indica* Willd. 艾

271. *Artemisia kawakamii* Hayata 山艾

272. *Artemisia niitakayamensis* Hayata 玉山艾

273. *Artemisia niitakayamensis* Hayata var. *tsugitakaensis* Kitam. 雪山艾

274. *Artemisia oligocarpa* Hayata 高山艾

275. *Aster lasiocladus* Hayata 絨山白蘭

276. *Aster taiwanensis* Kitam. 臺灣馬蘭

277. *Aster takasagomontanus* Sasaki 雪山馬蘭
 278. *Carpesium abrotanoides* L. 天名精
 279. *Carpesium nepalense* Less. 黃金珠
 280. *Cirsium arisanense* Kitam. 阿里山薊
 281. *Cirsium arisanense* Kitam. f. *purpurescens* Kitam. 紫花阿里山薊
 282. *Cirsium hosokawae* Kitam. 細川氏薊
 283. *Conyza canadensis* (L.) Cronq. 加拿大蓬
 284. *Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker 野苧蒿
 285. *Crassocephalum rubens* (Juss. ex Jacq.) S. Moore 昭和草
 286. *Erigeron morrisonensis* Hayata 玉山飛蓬
 287. *Eupatorium chinense* L. var. *tozanense* (Hayata) Kitam. 塔山澤蘭
 288. *Eupatorium formosanum* Hayata 臺灣澤蘭
 289. *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. 粗毛小米菊
 290. *Gnaphalium adnatum* Wall. ex DC. 紅面番
 291. *Gnaphalium affine* D. Don 鼠麴草
 292. *Gnaphalium hypoleucum* DC. 秋鼠麴草
 293. *Gnaphalium involucreatum* Forst. var. *simplex* DC. 細葉鼠麴草
 294. *Hieracium morii* Hayata 森氏山柳菊
 295. *Hypochaeris radicata* L. 貓兒菊
 296. *Ixeris chinensis* (Thunb.) Nakai 兔兒菜
 297. *Ixeris laevigata* (Blume) Schultz-Bip. ex Maxim var. *oldhami* (Maxim.) Kitam. 刀傷草
 298. *Ixeris transnokoensis* (Sasaki) Kitam. 能高刀傷草
 299. *Leontopodium microphyllum* Hayata 玉山薄雪草
 300. *Myriactis humilis* Merr. 矮菊
 301. *Parasenecio hwangshanicus* (Ling) C.-I Peng & S. W. Chung 黃山蟹甲草
 302. *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hayata) Kitam. 玉山毛蓮菜
 303. *Senecio morrisonensis* Hayata 玉山黃菀
 304. *Senecio nemorensis* L. 黃菀
 305. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don 蔓黃菀
 306. *Solidago virgaurea* L. var. *leiocarpa* (Benth.) A. Gray 一枝黃花
 307. *Sonchus oleraceus* L. 苦蕒菜
 308. *Syneilesis subglabrata* (Yamamoto & Sasaki) Kitam. 高山破傘菊
 309. *Youngia japonica* (L.) DC. 黃鵪菜

60. Liliaceae 百合科

310. *Aletris formosana* (Hayata) Sasaki 臺灣粉條兒菜
 311. *Aletris spicata* Thunb. 束心蘭
 312. *Heloniopsis umbellata* Baker 臺灣胡麻花
 313. *Lilium formosanum* Wallace 臺灣百合

314. *Ophiopogon intermedius* D. Don 間型沿階草

315. *Smilacina formosana* Hayata 臺灣鹿藥

316. *Veratrum formosanum* O. Loes. 臺灣藜蘆

317. *Veratrum shueshanarum* S. S. Ying 雪山藜蘆

61. Smilacaceae 菝葜科

318. *Smilax arisanensis* Hayata 阿里山菝葜

319. *Smilax china* L. 菝葜

320. *Smilax elongato-umbellata* Hayata 細葉菝葜

321. *Smilax glabra* Roxb. 光滑菝葜

322. *Smilax lanceifolia* Roxb. 臺灣菝葜

323. *Smilax menispermoidea* subsp. *randaiensis* (Hayata) T. Koyama 巒大菝葜

62. Juncaceae 燈心草科

324. *Juncus bufonius* L. 小燈心草

325. *Juncus effusus* L. 燈心草

326. *Juncus triflorus* Ohwi 玉山燈心草

327. *Luzula effusa* Buchen. 中國地楊梅

328. *Luzula multiflora* Lejeune 山間地楊梅

329. *Luzula plumosa* E. Meyer 臺灣糖星草

330. *Luzula taiwaniana* Satake 臺灣地楊梅

63. Cyperaceae 莎草科

331. *Carex alopecuroides* D. Don ex Tilloch & Taylor 川上氏薹

332. *Carex atrata* L. 南湖扁果薹

333. *Carex brachyathera* Ohwi 垂穗薹

334. *Carex breviculmis* R. Br. 短莖宿柱薹

335. *Carex chrysolepis* Franch. & Sav. 黃花薹

336. *Carex cruciata* Wahl. 煙火薹

337. *Carex filicina* Nees 紅鞘薹

338. *Carex liuii* T. Koyama & Chuang 劉氏薹

339. *Carex nubigena* D. Don ex Tilloch & Taylor 聚生穗序薹

340. *Carex oxyandra* (Franch. & Sav.) Kudo 球穗薹

341. *Carex tristachya* Thunb. subsp. *pocilliformis* (Boott) T. Koyama 抱鱗宿柱薹

64. Gramineae 禾本科

342. *Agropyron formosanum* Honda 臺灣鵝觀草

343. *Agropyron mayebaratum* Honda 前原鵝觀草

344. *Agrostis morrisonensis* Hayata 玉山翦股穎

345. *Bromus catharticus* Vahl 大扁雀麥

346. *Bromus morrisonensis* Honda 玉山雀麥

347. *Cyrtococcum accrescens* (Trin.) Stapf 散穗弓果黍

348. *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. var. *festucifolia* Honda 髮草
349. *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. 曲芒髮草
350. *Festuca ovina* L. 羊茅
351. *Helictotrichon abietetorum* (Ohwi) Ohwi 冷杉異燕麥
352. *Holcus lanatus* L. 絨毛草
353. *Lolium perenne* L. 黑麥草
354. *Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex K. Schum. & Lauterb. 五節芒
355. *Miscanthus transmorrisonensis* Hayata 高山芒
356. *Oplismenus compositus* (L.) P. Beauv. 竹葉草
357. *Oplismenus hirtellus* (L.) P. Beauv. 求米草
358. *Panicum maximum* Jacq. 大黍
359. *Paspalum dilatatum* Poir. 毛花雀稗
360. *Paspalum scrobiculatum* L. 鴨草
361. *Phleum alpinum* L. 高山梯牧草
362. *Poa annua* L. 早熟禾
363. *Trisetum spicatum* (L.) Rich. var. *formosanum* (Honda) Ohwi 臺灣三毛草
364. *Yushania niitakayamensis* (Hayata) Keng f. 玉山箭竹

65. Araceae 天南星科

365. *Arisaema consanguineum* Schott 長行天南星
366. *Arisaema formosanum* (Hayata) Hayata 臺灣天南星
367. *Arisaema taiwanense* J. Murata 蓬萊天南星

66. Orchidaceae 蘭科

368. *Androcorys pusilla* (Ohwi & Fukuy.) Masam. 小兜蕊蘭
369. *Cephalanthera alpicola* Fukuy. 高山頭蕊蘭
370. *Coeloglossum viride* (L.) Hartm. 綠花凹舌蘭
371. *Epipactis ohwii* Fukuy. 臺灣鈴蘭
372. *Goodyera kwangtungensis* C. L. Tso 花格斑葉蘭
373. *Goodyera nankoensis* Fukuy. 南湖斑葉蘭
374. *Herminium lanceum* (Thunb. ex Sm.) Vuijk 腳根蘭
375. *Orchis kiraishiensis* Hayata 奇萊紅蘭
376. *Oreorchis indica* Hook. f. 印度山蘭
377. *Platanthera angustata* Lindl. 厚唇粉蝶蘭
378. *Platanthera brevicealcarata* Hayata 短距粉蝶蘭
379. *Platanthera devolii* (T. P. Lin & T. W. Hu) T. P. Lin & K. Inoue 長葉蜻蛉蘭
380. *Ponerorchis kiraishiensis* (Hayata) Ohwi 紅小蝶蘭

附錄 2. 雪山雪東線步道沿線 2018 年 1-11 月植物開花物候譜

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
玉山假沙梨											
臺灣馬醉木											
蔓黃菀											
臺灣二葉松											
高山白珠樹											
臺灣冷杉											
高山芒											
薄葉柃木											
火炭母草											
一枝黃花											
玉山胡頹子											
賽柃木											
臺灣龍膽											
藤胡頹子											
高山通泉草											
繁縷											
苦懸鈎子											
薄瓣懸鈎子											
笑靨花											
喜岩堇菜											
臺灣胡麻花											
南燭											
大枝掛繡球											
早熟禾											
阿里山龍膽											
玉山杜鵑											
枇杷葉灰木											
長行天南星											
臺灣堇菜											
高山翻白草											
臺灣灰木											

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
臺灣鬼督郵				■		■	■	■	■	■	
異葉紅珠				■		■					
紫花地丁				■		■					
褐毛柳				■			■	■			
山櫻花				■							
川上氏小蘗				■							
尖葉槭				■							
栓皮櫟				■							
黃花酢漿草				■							
楊梅				■							
臺灣紅榨槭				■							
羊蹄					■	■	■	■	■	■	■
玉山筷子芥					■	■	■	■	■	■	■
刀傷草					■	■	■	■	■	■	■
雪山翻白草					■	■	■	■	■	■	■
紅毛杜鵑					■	■	■	■	■	■	■
玉山櫻草					■	■	■	■	■	■	■
瓜子金					■	■	■	■	■	■	■
細葉杜鵑					■	■	■	■	■	■	■
大扁雀麥					■	■	■	■	■	■	■
刺萼寒莓					■	■	■	■	■	■	■
臺灣草莓					■	■	■	■	■	■	■
大武貓兒眼睛草					■	■	■	■	■	■	■
大霸尖山酢漿草					■	■	■	■	■	■	■
玉山圓柏					■	■	■	■	■	■	■
南投小蘗					■	■	■	■	■	■	■
彎果黃堇					■	■	■	■	■	■	■
變葉懸鈎子					■			■			
山間地楊梅					■						
呂宋莢蒾					■						
臺灣茶藨子					■						
臺灣鐵杉					■						

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
箭葉堇菜					■						
亞毛無心菜						■	■	■	■	■	■
貓兒菊						■	■	■	■	■	■
玉山金絲桃						■	■	■	■	■	
刺果豬殃殃						■	■	■	■	■	
鹿場毛茛						■	■	■	■	■	
尼泊爾籟簫						■	■	■	■		■
玉山薄雪草						■	■	■	■		■
早田氏鼠尾草						■	■	■	■		■
玉山金梅						■	■	■	■		
伊澤山龍膽						■	■	■	■		
狹瓣八仙花						■	■	■	■		
玉山佛甲草						■	■	■		■	
大葉桑寄生						■	■	■			
山薰香						■	■	■			
毛蕊木						■	■	■			
玉山小蘗						■	■	■			
玉山水苦蕒						■	■	■			
玉山懸鉤子						■	■	■			
金毛杜鵑						■	■	■			
匍枝銀蓮花						■	■	■			
南湖附地草						■	■	■			
傅氏唐松草						■	■	■			
單花牻牛兒苗						■	■	■			
臺灣繡線菊						■	■	■			
五蕊莓						■	■		■		
圓葉豬殃殃						■	■		■		
青牛膽						■	■			■	
川上氏忍冬						■	■				
中國地楊梅						■	■				
玉山薔薇						■	■				
刺果衛矛						■	■				

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
刺柏						■	■				
刻脈冬青						■	■				
海螺菊						■	■				
狹葉櫟						■	■				
粉紅花鋪地蜈蚣						■	■				
裂葉樓梯草						■	■				
鈍齒鼠李						■	■				
臺灣山芥菜						■	■				
臺灣天胡荽						■	■				
臺灣地楊梅						■	■				
齒葉筷子芥						■	■				
穗花八寶						■	■				
繡球藤						■	■				
雙黃花堇菜						■	■				
巒大紫珠						■	■				
細葉山艾						■		■	■		
臺灣藜蘆						■		■	■		
假繡線菊						■		■			
貧子水苦蕒						■		■			
鵝兒腸						■			■	■	■
羊茅						■			■		
抱鱗宿柱臺						■			■		
高山櫟						■			■		
臺灣附地草						■			■		
臺灣懸鈎子						■			■		
玉山翦股穎						■				■	■
小葉莢蒾						■					
小葉鼠李						■					
山桔梗						■					
川上氏臺						■					
毛刺懸鈎子						■					
玉山莢蒾						■					

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
玉山箭竹						■					
伏牛花						■					
兔兒菜						■					
高山毛茛						■					
球穗薹						■					
短莖宿柱薹						■					
黃花薹						■					
黃菽草						■					
黑果深柱夢草						■					
落新婦						■					
聚生穗序薹						■					
臺灣山薰香						■					
臺灣山薺						■					
臺灣鹿藥						■					
臺灣糖星草						■					
臺灣貓兒眼睛草						■					
劉氏薹						■					
巒大花楸						■					
玉山小米草							■	■	■	■	■
玉山飛蓬							■	■	■	■	■
車前草							■	■	■	■	■
阿里山薊							■	■	■	■	■
咬人貓							■	■	■	■	■
臺灣野薄荷							■	■	■	■	■
玉山毛蓮菜							■	■	■	■	
玉山卷耳							■	■	■	■	
玉山當歸							■	■	■	■	
長萼瞿麥							■	■	■	■	
星果佛甲草							■	■	■	■	
玉山石竹							■	■	■	■	
玉山沙參							■	■	■	■	
玉山茴芹							■	■	■	■	

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
高山破傘菊							■	■	■		
細川氏薊							■	■	■		
雪山馬蘭							■	■	■		
森氏山柳菊							■	■	■		
短距粉蝶蘭							■	■	■		
輪葉沙參							■	■	■		
高山露珠草							■	■		■	
黑龍江柳葉菜							■	■		■	
玉山山奶草							■	■			■
太平山莢蒾							■	■			
水晶蘭							■	■			
奇萊紅蘭							■	■			
阿里山忍冬							■	■			
南湖大山蠅子草							■	■			
南湖碎雪草							■	■			
紅鞘薹							■	■			
馬先蒿							■	■			
高山薔薇							■	■			
普刺特草							■	■			
間型沿階草							■	■			
煙火薹							■	■			
臺灣百合							■	■			
臺灣鵝觀草							■	■			
薺							■		■		
竊衣							■		■		
尼泊爾蓼							■			■	
丁座草							■				
小椴葉懸鈎子							■				
山艾							■				
玉山燈心草							■				
佛氏通泉草							■				
長葉蜻蛉蘭							■				

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
南湖扁果薹							■				
高山倒提壺							■				
雪山藜蘆							■				
單花鹿蹄草							■				
壺花莢蒾							■				
黑星紫金牛							■				
黑麥草							■				
臺灣粉條兒菜							■				
樺葉莢蒾							■				
錫杖花							■				
巒大越橘							■				
玉山抱莖籟簫								■	■	■	■
虎杖								■	■	■	■
風輪菜								■	■	■	■
黃菀								■	■	■	■
矮菊								■	■	■	■
白珠樹								■	■	■	
高山沙參								■	■	■	
瞿麥								■	■		■
三萼花草								■	■		
玉山艾								■	■		
玉山蓼								■	■		
梅花草								■	■		
玉山山蘿蔔								■		■	
玉山彎柱芎								■		■	
天名精								■			
合歡柳葉菜								■			
冷杉異燕麥								■			
狗筋蔓								■			
阿里山紫花鼠尾草								■			
高山梯牧草								■			
疏果海桐								■			

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
散穗弓果黍								■			
腳根蘭								■			
細枝柃木									■	■	
絨山白蘭									■	■	
黃山蟹甲草									■	■	
臺灣常春藤									■	■	
巒大當藥									■	■	
秋鼠麴草									■	■	
竹葉草									■		■
玉山肺形草									■		
玉山蠅子草									■		
花格斑葉蘭									■		
飛龍掌血									■		
高山蓼									■		
雪山艾									■		
臺灣三毛草									■		
臺灣紫花鼠尾草									■		
毛果柃木										■	■
臺灣赤楊										■	■
臺灣澤蘭										■	■
加拿大蓬										■	
求米草										■	
玉山灰木											■
細葉鼠麴草											■
臺灣馬蘭											■

附錄 3. 雪山雪東線步道沿線 2018 年 1-11 月植物結實物候譜

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
臺灣二葉松											
臺灣馬醉木											
毛果柃木											
白珠樹											
玉山假沙梨											
太平山莢蒾											
巒大越橘											
臺灣赤楊											
玉山金絲桃											
絨山白蘭											
南燭											
細葉杜鵑											
金毛杜鵑											
紅毛杜鵑											
大枝掛繡球											
刺果衛矛											
雲葉											
刺柏											
玉山胡頹子											
臺灣鐵杉											
高山芒											
玉山水苦蕒											
臺灣鬼督郵											
假繡線菊											
玉山抱莖籟簫											
玉山杜鵑											
臺灣冷杉											
高山白珠樹											
高山通泉草											
玉山翦股穎											
玉山小蘗											

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
高山薔薇											
早熟禾											
臺灣地楊梅											
臺灣粉條兒菜											
落新婦											
玉山毛蓮菜											
亞毛無心菜											
虎杖											
細葉山艾											
巒大紫珠											
細川氏薊											
火炭母草											
高山櫟											
臺灣藜蘆											
蔓黃菀											
羊茅											
咬人貓											
一枝黃花											
阿里山龍膽											
矮菊											
山薰香											
臺灣野薄荷											
巒大當藥											
米飯花											
束心蘭											
鼠麴草											
臺灣常春藤											
五節芒											
狹瓣八仙花											
臺灣繡線菊											
疏果海桐											
臺灣華山松											

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
薄瓣懸鉤子			■		■	■	■	■	■		
繁縷			■		■			■			
森氏鐵線蓮			■								
抱鱗宿柱臺				■	■	■	■	■	■	■	■
異葉紅珠				■		■	■	■	■	■	■
玉山燈心草				■				■	■	■	■
丁座草				■				■	■	■	
高山雙蝴蝶				■							
臺灣茶藨子					■	■	■	■	■	■	
玉山圓柏					■	■	■	■	■		■
長行天南星					■	■		■	■		
變葉懸鉤子					■	■		■			
笑靨花					■	■					
中國地楊梅					■			■	■	■	■
山櫻花					■						
玉山櫻草						■	■	■	■	■	■
臺灣糖星草						■	■	■	■	■	■
南投小蘗						■	■	■	■	■	■
臺灣灰木						■	■	■	■	■	■
巒大花楸						■	■	■	■	■	■
齒葉筷子芥						■	■	■	■	■	■
聚生穗序臺						■	■	■	■	■	■
刀傷草						■	■	■	■	■	■
紅檜						■	■	■	■	■	■
臺灣天南星						■	■	■	■	■	■
臺灣山芥菜						■	■		■		
大霸尖山酢漿草						■	■	■	■	■	■
苦懸鉤子						■	■	■	■	■	■
彎果黃堇						■	■	■	■	■	■
栓皮櫟						■		■	■	■	■
小燈心草						■		■		■	■
玉山筷子芥						■		■		■	■

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
川上氏小蘗						■		■			
呂宋莢蒨						■		■			
匍枝銀蓮花						■		■			
菝葜						■			■		
高山毛茛						■				■	
葶蘼						■				■	
大武貓兒眼睛草						■					
石月						■					
阿里山櫻花						■					
球穗薹						■					
短莖宿柱薹						■					
黃花薹						■					
臺灣山薺						■					
臺灣胡麻花						■					
褐毛柳						■					
貓兒菊						■					
雙黃花堇菜						■					
鵝兒腸						■					
大扁雀麥							■	■	■	■	■
刺果豬殃殃							■	■	■	■	■
高山梯牧草							■	■	■	■	■
普刺特草							■	■	■	■	
玉山茴芹							■	■	■		■
刺萼寒莓							■	■	■		
南湖扁果薹							■	■	■		
鈍齒鼠李							■	■	■		
臺灣鵝觀草							■	■	■		
樺葉莢蒨							■	■	■		
玉山山奶草							■	■			■
粉紅花鋪地蜈蚣							■	■			■
臺灣天胡荽							■	■			■
臺灣雲杉							■	■			■

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
小椴葉懸鉤子											
玉山灰木											
冷杉異燕麥											
枇杷葉灰木											
散穗弓果黍											
森氏山柳菊											
臺灣鹿藥											
阿里山忍冬											
薺											
星果佛甲草											
玉山柳											
單花牻牛兒苗											
單花鹿蹄草											
黑麥草											
巒大菝葜											
玉山金梅											
玉山當歸											
梅花草											
短距粉蝶蘭											
黑龍江柳葉菜											
雪山翻白草											
紅鞘薹											
穗花八寶											
賽矜木											
高山破傘菊											
傅氏唐松草											
鹿場毛茛											
玉山懸鉤子											
玉山彎柱芎											
玉山薔薇											
刻脈冬青											
劉氏薹											

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
川上氏忍冬								■			
合歡柳葉菜								■			
長萼瞿麥								■			
南湖附地草								■			
壺花莢蒾								■			
煙火臺								■			
曲芒髮草									■	■	■
車前草									■	■	■
阿里山薊									■	■	■
馬先蒿									■	■	■
玉山山蘿蔔									■	■	■
玉山蠅子草									■	■	■
高山露珠草									■	■	■
臺灣三毛草									■	■	■
臺灣龍膽									■	■	■
臺灣百合									■		■
毛蕊木									■		
長葉蜻蛉蘭									■		
高山沙參									■		
細枝柃木									■		
圓葉豬殃殃									■		
腳根蘭									■		
臺灣附地草									■		
臺灣菝葜									■		
竊衣									■		
玉山佛甲草										■	■
玉山飛蓬										■	■
梨山小蓼衣藤										■	■
貧子水苦蕒										■	■
黃山蟹甲草										■	■
臺灣紅榨槭										■	■
三萼花草										■	

物種	月份										
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
大黍											
尼泊爾籟簫											
玉山薄雪草											
厚唇粉蝶蘭											
風輪菜											
高山馬先蒿											
雪山堇菜											
森氏當歸											
黃花酢漿草											
薄葉鈴木											
三斗石櫟											
大葉溲疏											
五蕊莓											
玉山小米草											
玉山艾											
伊澤山龍膽											
早田氏鼠尾草											
串鼻龍											
前原鵝觀草											
狹葉櫟											
高山新木薑子											
細葉鼠麴草											
野苧蒿											
雪山艾											
雪山馬蘭											
臺灣澤蘭											

附錄 4. 雪山雪東線步道沿線 2018 年 1-11 月橫跨不同植群帶之植物開
花物候譜 (註：A：櫟林帶上層，B：鐵杉雲杉帶，C：冷杉林
帶，D：高山植群帶)

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
一枝黃花	A	■								■	■	
	B								■	■	■	
	C								■	■	■	
	D									■		
臺灣鬼督郵	A				■		■	■				
	B						■	■		■		
	C						■	■	■	■		
	D							■	■			
高山白珠樹	A					■	■	■				
	B	■					■	■		■		
	C						■	■	■	■		■
	D							■	■	■		
羊茅	A						■					
	B						■					
	C									■		
	D						■					
高山芒	A	■					■				■	
	B								■	■	■	
	C									■	■	
臺灣龍膽	A		■		■		■	■				
	B						■	■	■	■		
	C								■	■		
高山通泉草	A			■	■	■	■	■	■	■	■	■
	B					■	■	■	■	■		
	C						■					
褐毛柳	A				■							
	B				■				■			
	C				■			■	■			

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
臺灣堇菜	A											
	B											
	C											
阿里山龍膽	B											
	C											
	D											
長行天南星	A											
	B											
	C											
早熟禾	A											
	B											
	C											
玉山杜鵑	B											
	C											
	D											
瓜子金	A											
	B											
	C											
臺灣地楊梅	B											
	C											
	D											
玉山翦股穎	B											
	C											
	D											
玉山金絲桃	A											
	B											
	C											
玉山水苦蕒	B											
	C											
	D											

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
山桔梗	A						■					
	B						■					
	C						■					
貓兒菊	A							■				
	B						■	■	■	■	■	■
	C						■					
森氏山柳菊	B							■				
	C							■	■	■		
	D							■				
細川氏薊	A							■				
	B							■		■		
	C								■			
紅毛杜鵑	A							■				
	B					■	■	■	■			■
	C					■	■	■	■			
星果佛甲草	A							■				
	B								■		■	
	C							■	■	■		
刺果豬殃殃	A							■	■	■		
	C						■	■	■	■	■	
	D						■	■	■			
玉山懸鈎子	A							■	■			
	B							■				
	C						■	■	■			
玉山毛蓮菜	B							■	■	■		
	C							■	■	■	■	
	D								■	■		
高山沙參	B								■	■		
	C								■		■	
	D								■	■		

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
長萼瞿麥	B								■	■	■	■
	C							■	■	■		
	D								■	■		
玉山小米草	A								■			■
	B							■	■	■	■	■
	C							■	■			
矮菊	A								■	■	■	■
	B								■	■	■	■
	C								■	■	■	■
黃苑	B								■	■		
	C								■	■	■	■
	D								■	■		
細葉山艾	B								■	■		
	C								■	■		
	D						■		■	■		
蔓黃苑	A	■	■						■	■		■
	C								■	■		
賽矜木	A		■	■	■					■		
	B			■								
臺灣馬醉木	A		■	■	■							
	B	■		■	■	■						
繁縷	A			■	■							
	C				■	■		■	■			
紫花地丁	A				■							
	B						■					
變葉懸鉤子	A					■			■			
	B					■						
臺灣鐵杉	B					■						
	C					■						
臺灣二葉松	A					■	■				■	
	B	■				■	■	■	■	■	■	■

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
細葉杜鵑	A					■	■					■
	B					■	■	■				
羊蹄	A					■	■	■	■			■
	C									■	■	
玉山櫻草	C					■	■	■	■			
	D						■					
玉山筷子芥	C					■	■	■	■	■		
	D						■	■		■	■	
大武貓兒眼睛草	C					■	■					
	D						■					
刀傷草	A					■	■	■	■	■		
	B						■	■	■	■		
薄葉柃木	A						■					
	B	■					■					
穗花八寶	C						■					
	D						■	■				
齒葉筷子芥	C						■	■				
	D						■	■				
臺灣懸鈎子	A						■			■		
	C						■					
臺灣繡線菊	B						■	■				
	C							■	■			
臺灣附地草	C						■					
	D									■		
臺灣山芥菜	C						■					
	D						■	■				
圓葉豬殃殃	A						■	■				
	C							■		■		
黃花臺	C						■					
	D						■					
裂葉樓梯草	A						■					
	C							■				

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
傅氏唐松草	C						■	■	■			
	D							■				
假繡線菊	B						■					
	C						■		■			
高山毛茛	C						■					
	D						■					
狹葉櫟	A						■	■				
	B							■				
金毛杜鵑	A						■	■	■			
	B						■	■				
刻脈冬青	A						■					
	B							■				
刺柏	B						■	■				
	C						■	■				
亞毛無心菜	C						■	■	■	■	■	■
	D								■			
伊澤山龍膽	B						■	■	■	■		
	C						■	■	■	■		
玉山薔薇	C						■	■				
	D							■				
玉山薄雪草	C						■	■	■	■		■
	D							■	■	■		
玉山圓柏	C						■					
	D					■	■					
玉山金梅	C						■	■	■	■		
	D						■	■	■			
玉山佛甲草	C						■				■	
	D							■	■			
玉山小蘗	C						■	■	■			
	D						■	■				
中國地楊梅	B						■					
	C							■				

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
山艾	C						■					
	D						■					
輪葉沙參	A							■	■			
	C									■		
臺灣鵝觀草	A							■				
	C								■			
臺灣草莓	B							■				
	C					■	■	■				
臺灣粉條兒菜	B							■				
	C							■				
臺灣百合	B							■				
	C							■	■			
單花牻牛兒苗	C							■	■			
	D						■	■	■			
雪山藜蘆	B							■				
	C							■				
高山破傘菊	A							■	■			
	C									■		
馬先蒿	C							■	■			
	D								■			
咬人貓	A							■	■	■	■	■
	C							■	■			
阿里山薊	C							■	■	■	■	■
	D							■	■	■	■	■
阿里山忍冬	A							■	■			
	C								■			
長葉蜻蛉蘭	B							■				
	C							■				
奇萊紅蘭	C							■	■			
	D							■	■			
玉山當歸	C							■	■		■	
	D								■	■		

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
玉山茴芹	B							■	■			
	C							■	■	■		
玉山卷耳	C							■	■	■	■	
	D							■	■	■		
玉山沙參	B							■	■			
	C							■	■	■		
玉山石竹	C							■		■		
	D							■	■			
水晶蘭	C							■	■			
	D							■				
毛蕊木	A							■	■			
	B						■	■				
臺灣藜蘆	B								■	■		
	C						■		■			
臺灣野薄荷	B								■	■	■	■
	C							■				
散穗弓果黍	A								■	■		
	B								■	■		
梅花草	C								■	■		
	D								■	■		
高山梯牧草	C								■	■		
	D								■	■		
風輪菜	A								■	■		
	C								■		■	
虎杖	A								■	■		
	C								■	■	■	■
合歡柳葉菜	C								■			
	D								■			
白珠樹	A								■	■	■	
	B								■	■		
玉山飛蓬	C								■	■	■	■
	D							■	■			

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
玉山抱莖籟簫	A									■	■	
	B									■	■	■
巒大當藥	B										■	■
	C										■	■
薺	A									■		
	C							■				
絨山白蘭	A									■	■	■
	B									■	■	■
細枝柃木	A									■	■	■
	B											■
高山櫟	A									■		
	B						■					
秋鼠麴草	A									■	■	■
	B									■		
抱鱗宿柱臺	A									■		
	B						■					
車前草	B									■		
	C								■	■	■	■
臺灣赤楊	A										■	■
	B											■
臺灣冷杉	C	■				■	■				■	
玉山假沙梨	A	■	■	■	■	■	■					
玉山胡頹子	C	■										■
火炭母草	A	■							■	■	■	■
藤胡頹子	B		■									
薄瓣懸鉤子	A			■	■	■	■					
臺灣胡麻花	A			■	■	■						
喜岩堇菜	A			■	■	■						
笑靨花	A			■	■	■						
苦懸鉤子	A			■	■	■	■					
南燭	A			■			■	■				
大枝掛繡球	A			■				■	■	■		

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
臺灣紅榨槭	A				■							
臺灣灰木	A				■	■						
楊梅	A				■							
黃花酢漿草	A				■							
異葉紅珠	C				■		■					
高山翻白草	A				■	■						
栓皮櫟	A				■							
枇杷葉灰木	A				■	■						
尖葉槭	A				■							
川上氏小蘗	C				■							
山櫻花	A				■							
彎果黃堇	C					■	■					
箭葉堇菜	B					■						
臺灣茶藨子	C					■						
雪山翻白草	D					■	■	■	■		■	
南投小蘗	C					■	■					
刺萼寒莓	A					■	■	■				
呂宋莢蒾	A					■						
山間地楊梅	A					■						
大霸尖山酢漿草	C					■	■					
大扁雀麥	A					■	■	■				
巒大紫珠	A						■	■				
巒大花楸	C						■					
鵝兒腸	C						■			■	■	
雙黃花堇菜	D						■	■				
繡球藤	C						■	■				
劉氏臺	B						■					
臺灣貓兒眼睛草	D						■					
臺灣糖星草	A						■					
臺灣鹿藥	D						■					
臺灣天胡荽	A						■	■				
臺灣山薺	D						■					

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
臺灣山薰香	D						■					
聚生穗序薹	B						■					
落新婦	A						■					
黑果深柱夢草	A						■					
黃菽草	A						■					
鈍齒鼠李	A						■	■				
短莖宿柱薹	C						■					
鹿場毛茛	C						■	■	■	■	■	
貧子水苦蕒	C						■		■			
球穗薹	D						■					
粉紅花鋪地蜈蚣	C						■	■				
狹瓣八仙花	A						■	■	■	■		
海螺菊	A						■	■				
南湖附地草	D						■	■	■			
匍枝銀蓮花	C						■	■	■			
青牛膽	A						■	■			■	
刺果衛矛	A						■	■				
兔兒菜	A						■					
早田氏鼠尾草	A						■	■	■	■		■
伏牛花	A						■					
玉山箭竹	C						■					
玉山莢蒾	C						■					
尼泊爾籟簫	D						■	■	■	■		■
毛刺懸鉤子	D						■					
五蕊莓	D						■	■		■		
川上氏薹	A						■					
川上氏忍冬	C						■	■				
山薰香	C						■	■	■			
小葉鼠李	C						■					
小葉莢蒾	A						■					
大葉桑寄生	A						■	■	■			
竊衣	B							■		■		

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
巒大越橘	A							■				
錫杖花	B							■				
樺葉莢蒾	C							■				
煙火臺	A							■	■			
黑龍江柳葉菜	C							■	■		■	
黑麥草	A							■				
黑星紫金牛	A							■				
間型沿階草	A							■	■			
短距粉蝶蘭	C							■	■	■		
普刺特草	A							■	■			
壺花莢蒾	A							■				
單花鹿蹄草	C							■				
雪山馬蘭	D							■	■	■		
高山露珠草	C							■	■		■	
高山薔薇	C							■	■			
高山倒提壺	C							■				
紅鞞臺	A							■	■			
南湖碎雪草	D							■	■			
南湖扁果臺	D							■				
南湖大山蠅子草	D							■	■			
佛氏通泉草	C							■				
玉山燈心草	C							■				
玉山山奶草	C							■	■		■	
尼泊爾蓼	C							■			■	
太平山莢蒾	A							■	■			
小椴葉懸鉤子	C							■				
丁座草	C							■				
瞿麥	A								■			
腳根蘭	B								■			
疏果海桐	A								■			
阿里山紫花鼠尾草	A								■			
狗筋蔓	C								■			

物種	分區	月份										
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
冷杉異燕麥	C								■			
玉山彎柱芎	C								■		■	
玉山蓼	C								■	■		
玉山艾	D								■	■		
玉山山蘿蔔	D								■		■	
天名精	C								■			
三萼花草	C								■	■		
臺灣紫花鼠尾草	A									■		
臺灣常春藤	A									■	■	■
臺灣三毛草	D									■		
黃山蟹甲草	C									■	■	■
雪山艾	D								■			
高山蓼	C								■			
飛龍掌血	A								■			
花格斑葉蘭	A								■			
竹葉草	A								■			■
玉山蠅子草	C								■			
玉山肺形草	A								■			
臺灣澤蘭	A									■	■	■
求米草	A									■		
加拿大蓬	A									■		
毛果柃木	A									■	■	■
臺灣馬蘭	A											■
細葉鼠麴草	A											■
玉山灰木	A											■

附錄 5. 雪山雪東線步道沿線 2016-2018 年開花物候譜

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
阿里山龍膽	2016		█										
	2017	█				█							
	2018			█								█	
臺灣馬醉木	2016		█						█				
	2017	█							█				
	2018	█											
臺灣馬蘭	2016		█										█
	2017	█											
	2018											█	
薄葉柃木	2016		█							█			
	2017		█										
	2018	█					█						
山櫻花	2016			█									
	2017			█									
	2018				█								
玉山杜鵑	2016			█									
	2017			█							█		
	2018			█					█		█		
長行天南星	2016			█									
	2017				█								
	2018				█								
苦懸鈎子	2016			█									█
	2017	█			█								
	2018			█									
高山翻白草	2016			█								█	
	2017						█						
	2018				█								
臺灣二葉松	2016			█									
	2017				█								
	2018	█				█							

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
臺灣胡麻花	2016			■									
	2017			■									
	2018			■	■								
臺灣堇菜	2016			■	■								
	2017			■	■	■							
	2018			■	■	■	■						
箭葉堇菜	2016			■	■	■							
	2017			■	■	■	■						
	2018					■							
褐毛柳	2016			■	■	■							
	2017			■	■	■							
	2018				■			■	■				
薄瓣懸鈎子	2016			■	■		■	■					■
	2017	■	■	■	■	■	■	■	■				
	2018			■	■	■	■						
大武貓兒眼睛草	2016				■	■	■						
	2017				■	■	■						
	2018					■	■						
川上氏小蘗	2016				■	■	■	■					
	2017			■		■	■						
	2018				■								
玉山小蘗	2016												
	2017						■	■					
	2018						■	■	■				
玉山假沙梨	2016				■	■	■	■					
	2017		■	■		■	■			■			
	2018	■	■	■	■	■	■						
玉山筷子芥	2016				■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2017				■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2018				■	■	■	■	■	■	■	■	■
呂宋莢蒾	2016				■								
	2017				■								
	2018					■							

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
車前草	2016				■	■	■	■	■	■			
	2017					■	■		■	■			
	2018							■	■	■	■	■	
刺萼寒莓	2016				■	■	■	■					
	2017				■		■	■	■				
	2018					■	■	■					
紅毛杜鵑	2016				■	■	■	■					■
	2017					■	■	■	■				
	2018					■	■	■				■	
笑靨花	2016				■								
	2017				■	■							
	2018			■	■								
高山白珠樹	2016				■	■	■	■				■	
	2017					■	■	■	■	■	■	■	
	2018	■				■	■	■	■	■		■	
高山通泉草	2016				■	■	■	■	■			■	■
	2017				■	■	■	■	■	■			
	2018			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
細葉杜鵑	2016				■	■	■					■	■
	2017	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	2018					■	■	■				■	
雪山翻白草	2016				■	■	■	■			■	■	
	2017						■	■		■	■	■	
	2018					■	■	■	■		■	■	
喜岩堇菜	2016				■	■							
	2017				■	■	■						
	2018			■	■								
楊梅	2016				■								
	2017			■									
	2018				■								
臺灣灰木	2016				■								
	2017				■								
	2018				■	■							

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
臺灣紅榨槭	2016				■								
	2017				■								
	2018				■								
臺灣茶藨子	2016				■								
	2017				■								
	2018					■							
臺灣草莓	2016				■	■	■						
	2017			■	■	■	■						
	2018					■	■	■					
臺灣鹿藥	2016				■	■	■						
	2017					■	■	■					
	2018						■						
臺灣糖星草	2016				■								
	2017						■	■					
	2018						■						
繡球藤	2016				■	■	■						
	2017					■	■	■					
	2018						■	■					
鵝兒腸	2016				■	■							
	2017											■	
	2018						■			■	■		
大霸尖山酢漿草	2016					■	■	■					
	2017						■						
	2018					■	■						
五蕊莓	2016					■	■	■					
	2017						■	■					
	2018						■	■		■			
玉山水苦蕒	2016					■	■	■					
	2017						■	■	■		■		
	2018						■	■					
玉山薄雪草	2016					■	■	■	■				
	2017						■	■	■			■	
	2018						■	■	■			■	

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
齒葉筷子芥	2016					■							
	2017								■	■			
	2018						■	■					
穗花八寶	2016					■	■		■				
	2017						■	■					
	2018						■	■					
巒大花楸	2016					■							
	2017						■						
	2018						■						
一枝黃花	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017	■						■	■	■	■	■	■
	2018	■							■	■	■	■	■
大扁雀麥	2016						■	■	■	■			■
	2017				■	■	■	■	■	■			
	2018					■	■	■	■	■			
山間地楊梅	2016						■	■					
	2017								■	■			
	2018					■							
川上氏忍冬	2016						■						
	2017							■					
	2018						■	■					
毛蕊木	2016						■	■	■	■	■		
	2017						■	■	■	■	■		
	2018						■	■	■	■	■		
尼泊爾籟簫	2016						■	■	■	■	■		
	2017					■	■	■	■	■	■	■	
	2018						■	■	■	■	■	■	■
玉山小米草	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山佛甲草	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
玉山卷耳	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山抱莖籟簫	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018								■	■	■	■	■
玉山金梅	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山金絲桃	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山茴芹	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山當歸	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山箭竹	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山薔薇	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山懸鈎子	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017				■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
瓜子金	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
伊澤山龍膽	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
刺果衛矛	2016						■						■
	2017		■	■	■	■	■	■	■	■			
	2018						■	■					
刺柏	2016						■						
	2017						■	■					
	2018						■	■					
金毛杜鵑	2016						■						
	2017						■	■					
	2018						■	■	■				
長萼瞿麥	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017	■	■				■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
南湖附地草	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■		■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
南湖碎雪草	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■		■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
南燭	2016						■						
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018			■			■	■					
咬人貓	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017	■					■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
風輪菜	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
狹葉櫟	2016						■						
	2017				■		■						
	2018						■	■					
狹瓣八仙花	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
高山薔薇	2016						■	■	■	■			
	2017							■	■	■	■		
	2018							■	■	■			
高山櫟	2016						■	■					
	2017							■					
	2018						■			■			
梅花草	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017					■	■	■	■	■	■	■	
	2018								■	■	■		
異葉紅珠	2016						■		■				
	2017				■		■						
	2018				■		■						
細川氏薊	2016						■	■	■	■	■		
	2017						■	■	■	■	■		
	2018							■	■	■	■		
細葉山艾	2016						■	■	■	■	■		
	2017						■	■	■	■	■	■	
	2018						■		■	■	■		
貧子水苦蕒	2016						■	■	■	■	■		
	2017						■		■				
	2018						■		■				
鹿場毛茛	2016						■	■	■	■	■	■	
	2017						■	■	■	■	■	■	
	2018						■	■	■	■	■	■	
單花牻牛兒苗	2016						■	■	■	■	■		
	2017							■	■	■	■		
	2018						■	■	■	■	■		
森氏山柳菊	2016						■	■	■	■	■	■	
	2017		■				■		■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■		
短距粉蝶蘭	2016						■	■					
	2017								■				
	2018							■	■	■	■		

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
裂葉樓梯草	2016						■						
	2017							■					
	2018						■	■					
間型沿階草	2016						■	■					
	2017							■	■				
	2018							■	■				
黑龍江柳葉菜	2016						■	■	■	■	■		
	2017				■		■	■	■	■	■		
	2018							■	■		■		
落新婦	2016						■	■					
	2017						■	■					
	2018						■						
臺灣百合	2016						■	■					
	2017							■					
	2018							■	■				
臺灣粉條兒菜	2016						■	■	■				
	2017						■	■		■			■
	2018							■					
臺灣鬼督郵	2016						■	■					
	2017					■	■	■	■	■			
	2018				■		■	■	■	■			
臺灣野薄荷	2016						■	■	■	■	■		
	2017								■	■	■	■	
	2018							■	■	■	■	■	
臺灣龍膽	2016						■	■	■				
	2017					■	■	■	■	■	■		■
	2018		■		■		■	■	■	■			
臺灣藜蘆	2016						■	■	■	■			
	2017						■	■	■	■	■		
	2018						■		■	■			
樺葉莢蒾	2016						■						
	2017				■		■	■	■				
	2018							■					

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
貓兒菊	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
錫杖花	2016						■						
	2017							■					
	2018							■					
巒大越橘	2016						■	■					
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018							■					
刀傷草	2016							■	■				
	2017				■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2018					■	■	■	■	■	■	■	■
山薰香	2016							■					
	2017						■	■					
	2018						■	■	■				
中國地楊梅	2016							■					
	2017				■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■					
太平山莢蒾	2016							■					
	2017							■	■				
	2018							■	■				
火炭母草	2016							■	■	■	■	■	■
	2017	■					■	■	■	■	■	■	■
	2018	■					■	■	■	■	■	■	■
玉山毛蓮菜	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
玉山艾	2016							■	■	■	■	■	■
	2017									■			
	2018								■	■			
玉山飛蓬	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
玉山蠅子草	2016							■	■				
	2017							■					
	2018									■			
白珠樹	2016							■	■	■	■		
	2017											■	■
	2018								■	■	■		
亞毛無心菜	2016							■	■	■	■		■
	2017						■	■	■	■	■	■	
	2018						■	■	■	■	■	■	
奇萊紅蘭	2016							■					
	2017						■	■					
	2018							■	■				
虎杖	2016							■	■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	
	2018								■	■	■	■	
阿里山忍冬	2016							■					
	2017						■	■	■				
	2018							■	■				
阿里山薊	2016							■					
	2017								■	■		■	
	2018							■	■	■	■	■	
青牛膽	2016							■	■	■			
	2017								■	■			
	2018						■	■			■		
星果佛甲草	2016							■	■	■			
	2017							■		■			
	2018							■	■	■	■		
馬先蒿	2016							■	■	■			
	2017						■	■	■				
	2018							■	■				
高山沙參	2016							■	■	■	■	■	
	2017								■	■			
	2018								■	■	■		

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
高山芒	2016							██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	2017							██████		██████████	██████████	██████████	██████████
	2018	██████					██████		██████████	██████████	██████████		
高山破傘菊	2016							██████████					
	2017						██████████	██████████	██████████	██████████			
	2018							██████████	██████████	██████████			
高山露珠草	2016							██████████	██████████	██████████			
	2017							██████████	██████████	██████████			
	2018							██████████			██████		
雪山艾	2016							██████████					
	2017							██████		██████			
	2018									██████			
雪山馬蘭	2016							██████████	██████████	██████████			
	2017									██████████	██████████		
	2018							██████████	██████████	██████████			
黃菀	2016							██████████	██████████	██████████	██████████		
	2017								██████████	██████████	██████████		
	2018								██████████	██████████	██████████		
矮菊	2016							██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	2017							██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	2018								██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
臺灣地楊梅	2016							██████					
	2017						██████						
	2018						██████████						
臺灣紫花鼠尾草	2016							██████████	██████████	██████████	██████████		
	2017							██████████	██████████	██████████			
	2018									██████			
輪葉沙參	2016							██████████	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
	2017	██████						██████████	██████████	██████████			
	2018							██████████	██████████	██████████			
玉山山奶草	2016								██████████	██████████			
	2017								██████████	██████████			
	2018							██████████	██████████			██████	

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
玉山山蘿蔔	2016								■	■	■		■
	2017									■		■	
	2018								■		■		
玉山石竹	2016								■	■	■		
	2017							■	■	■	■		
	2018							■	■	■			
玉山沙參	2016								■				
	2017							■	■	■			
	2018							■	■	■			
玉山翦股穎	2016								■	■			
	2017						■	■	■	■			
	2018						■				■	■	
合歡柳葉菜	2016								■	■			
	2017							■	■	■			
	2018								■	■			
高山蓼	2016								■	■			
	2017								■	■	■		
	2018									■	■		
紫花地丁	2016								■	■		■	■
	2017		■		■	■	■						■
	2018				■		■						
黃花酢漿草	2016								■	■			
	2017			■	■	■		■					
	2018				■								
腳根蘭	2016								■	■	■		
	2017								■	■	■		
	2018								■	■			
巒大當藥	2016								■	■	■		
	2017								■	■	■		
	2018									■	■	■	
加拿大蓬	2016									■	■	■	
	2017	■											
	2018										■	■	

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
早田氏鼠尾草	2016									■	■		
	2017					■	■	■	■	■	■		
	2018						■	■	■	■		■	
秋鼠麴草	2016									■	■		
	2017					■		■		■			
	2018									■	■		
飛龍掌血	2016									■			
	2017								■	■			
	2018									■			
絨山白蘭	2016									■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018									■	■	■	■
黃山蟹甲草	2016									■			
	2017								■	■		■	
	2018									■	■	■	
臺灣澤蘭	2016									■			
	2017									■	■		
	2018										■	■	■
大枝掛繡球	2016										■		
	2017		■				■	■	■	■	■		
	2018			■				■	■	■			
臺灣赤楊	2016										■		■
	2017											■	■
	2018										■	■	■
玉山胡頹子	2016											■	
	2017											■	■
	2018	■										■	■
蔓黃菀	2016											■	■
	2017		■	■								■	■
	2018		■	■					■	■	■	■	
藤胡頹子	2016											■	
	2017		■										■
	2018		■										■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
山胡椒	2016		■										
	2017		■										■
臺灣山酢漿草	2016				■	■	■						
	2017					■							
大葉溲疏	2016					■	■	■					
	2017					■	■	■					
束心蘭	2016					■	■	■					
	2017						■						
能高刀傷草	2016					■	■	■	■	■	■	■	
	2017						■	■	■	■	■	■	
葉芽筷子芥	2016					■	■						■
	2017											■	
蓬萊毛茛	2016					■	■	■					
	2017							■		■			
厚唇粉蝶蘭	2016						■	■	■	■			
	2017						■	■	■	■			
鼠麴草	2016						■	■	■	■			
	2017						■						
臺灣高山杜鵑	2016						■						
	2017				■	■	■	■					
日本愛冬葉	2016							■	■				
	2017						■						
玉山鹿蹄草	2016							■	■				
	2017							■	■				
密葉唐松草	2016							■	■				
	2017							■	■	■			
森氏當歸	2016							■	■	■	■		
	2017							■	■	■	■		
菽草	2016							■	■	■			
	2017							■					
大羊蹄	2016								■	■			
	2017							■		■			

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
玉山黃苑	2016								■	■			
	2017								■			■	
南湖唐松草	2016								■	■			
	2017						■	■					
高山雙蝴蝶	2016								■	■	■	■	
	2017									■	■		
畢祿山蓼	2016								■	■	■	■	
	2017								■			■	
天胡荽	2016									■			
	2017					■	■	■	■				
南湖斑葉蘭	2016									■			
	2017								■	■			
昭和草	2016									■	■	■	■
	2017	■											■
龍葵	2016												■
	2017									■			
羊蹄	2016				■								
	2018					■	■	■	■	■	■	■	■
臺灣鐵杉	2016				■	■		■					
	2018					■							
小葉莢蒾	2016					■							
	2018						■						
小椏葉懸鈎子	2016						■						
	2018							■					
南湖扁果薹	2016						■	■					
	2018							■					
臺灣山薺	2016						■						
	2018						■						
臺灣繡線菊	2016						■	■	■	■	■	■	
	2018						■	■	■				
臺灣鵝觀草	2016						■						
	2018							■	■				

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
彎果黃堇	2016						■						
	2018					■	■						
散穗弓果黍	2016							■	■	■			
	2018								■	■			
三萼花草	2016								■	■			
	2018								■	■	■		
毛果柃木	2016								■	■	■	■	
	2018										■	■	
細葉鼠麴草	2016								■	■			
	2018											■	■
黃菽草	2016								■	■			
	2018					■	■						
山艾	2016									■	■		
	2018							■	■				
玉山肺形草	2016									■	■		
	2018									■	■		
抱鱗宿柱臺	2016									■	■		
	2018					■	■			■	■		
臺灣常春藤	2016										■	■	■
	2018									■	■	■	■
變葉懸鉤子	2017				■	■							
	2018					■	■		■	■			
聚生穗序臺	2017					■	■						
	2018						■	■					
佛氏通泉草	2017						■	■	■				
	2018							■	■				
南投小蘗	2017						■	■					
	2018					■	■	■	■	■	■		
假繡線菊	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■			
雙黃花堇菜	2017						■	■	■				
	2018						■	■	■				

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
山桔梗	2017							■					
	2018						■						
水晶蘭	2017							■					
	2018							■	■				
玉山燈心草	2017							■					
	2018							■					
紅鞘薹	2017							■					
	2018							■	■				
壺花莢蕨	2017							■					
	2018							■					
高山梯牧草	2017								■	■	■		
	2018								■				
臺灣懸鉤子	2017								■				
	2018						■			■			
玉山灰木	2017									■			■
	2018									■		■	
竊衣	2017									■			
	2018							■		■			
玉山圓柏	2017											■	
	2018					■	■						
福建賽衛矛	2016	■						■					
尖山堇菜	2016			■	■	■							
刺花懸鉤子	2016			■									
高山懸鉤子	2016			■									
葶蘚	2016			■	■	■							
臺灣雲杉	2016			■									
臺灣華山松	2016					■							
曲芒髮草	2016						■	■	■	■	■	■	
臺灣山柳	2016						■						
毛花雀稗	2016								■				
金劍草	2016								■				
烏斂莓	2016								■				
黃金珠	2016								■	■			

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
艾	2016									■	■	■	
粗毛小米菊	2016									■	■	■	
臺灣椴木	2016									■			
薄葉牛皮消	2016									■			
塔山澤蘭	2016										■		
高山小蘗	2016											■	
巒大菝葜	2017		■	■	■	■							
鬼懸鈎子	2017			■	■								
細葉菝葜	2017			■	■								
絨毛草	2017			■	■	■		■		■			
塔塔加龍膽	2017			■	■								
光滑菝葜	2017				■	■							
臺灣菝葜	2017				■	■							
纈草	2017				■	■							
垂穗薹	2017						■						
高山柳	2017						■						
高山纈草	2017						■						
雪山堇菜	2017						■						
白絨懸鈎子	2017							■					
兔耳草	2017							■					
畢祿山鼠李	2017							■					
紫花阿里山薊	2017							■					
絞股藍	2017							■					
鴨草	2017							■					
五節芒	2017								■		■		
野苧蒿	2017								■	■		■	
南湖蒿草	2017									■			
細葉婆婆納	2017									■			
裡白椴木	2017									■			
嫩莖纈草	2017									■			
黑斑龍膽	2017										■		
臺灣筷子芥	2017										■		
賽矜木	2018		■	■	■					■			

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
繁縷	2018			■	■	■	■	■	■				
尖葉槭	2018				■								
枇杷葉灰木	2018			■	■	■	■						
栓皮櫟	2018			■									
大葉桑寄生	2018						■	■	■				
小葉鼠李	2018						■						
川上氏薹	2018						■						
毛刺懸鉤子	2018						■						
玉山莢蒾	2018						■						
伏牛花	2018						■						
羊茅	2018						■			■			
兔兒菜	2018						■						
刻脈冬青	2018						■	■					
粉紅花鋪地蜈蚣	2018						■	■					
高山毛茛	2018						■						
球穗薹	2018						■						
短莖宿柱薹	2018						■						
鈍齒鼠李	2018						■	■					
黃花薹	2018						■						
黑果深柱夢草	2018						■						
臺灣山薰香	2018						■						
臺灣天胡荽	2018						■	■					
臺灣附地草	2018						■			■			
臺灣貓兒眼睛草	2018						■						
劉氏薹	2018						■						
巒大紫珠	2018						■	■					
丁座草	2018							■					
尼泊爾蓼	2018							■			■		
長葉蜻蛉蘭	2018							■					
南湖大山蠅子草	2018							■	■				
高山倒提壺	2018							■					
雪山藜蘆	2018							■					
普刺特草	2018							■	■				

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
黑星紫金牛	2018							■					
黑麥草	2018							■					
煙火臺	2018							■	■				
薺	2018							■		■			
天名精	2018								■				
玉山蓼	2018								■	■			
玉山彎柱芎	2018								■		■		
冷杉異燕麥	2018								■				
阿里山紫花鼠尾草	2018								■				
疏果海桐	2018								■				
瞿麥	2018								■	■		■	
竹葉草	2018									■		■	
花格斑葉蘭	2018									■			
細枝柃木	2018									■	■	■	
臺灣三毛草	2018									■			
求米草	2018										■		

附錄 6. 雪山雪東線步道沿線 2016-2018 年結實物候譜

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
白珠樹	2016												
	2017												
	2018												
刺柏	2016												
	2017												
	2018												
阿里山龍膽	2016												
	2017												
	2018												
臺灣二葉松	2016												
	2017												
	2018												
臺灣馬醉木	2016												
	2017												
	2018												
臺灣常春藤	2016												
	2017												
	2018												
川上氏小蘗	2016												
	2017												
	2018												
早熟禾	2016												
	2017												
	2018												
異葉紅珠	2016												
	2017												
	2018												
細枝柃木	2016												
	2017												
	2018												

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
臺灣紅榨槭	2016				■								
	2017											■	
	2018										■	■	
薄瓣懸鉤子	2016				■	■	■		■				■
	2017	■		■	■	■	■						
	2018			■		■	■	■	■				
太平山莢蒾	2016					■	■	■	■	■	■	■	
	2017								■	■	■		■
	2018	■	■	■	■				■	■	■		
玉山圓柏	2016					■			■	■			
	2017										■		
	2018					■	■	■	■			■	
落新婦	2016					■	■	■	■				
	2017								■	■			
	2018	■						■				■	
葶藶	2016					■	■						
	2017						■						
	2018						■				■		
臺灣冷杉	2016					■	■	■	■	■	■	■	
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018	■					■	■	■	■	■	■	
臺灣胡麻花	2016					■							
	2017				■		■						
	2018						■						
臺灣鹿藥	2016					■	■	■	■	■			
	2017									■			
	2018							■	■				
臺灣糖星草	2016					■							
	2017						■	■		■			■
	2018						■	■	■	■	■	■	
薄葉柃木	2016					■	■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■			
	2018										■		

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
大扁雀麥	2016						■	■	■	■			
	2017						■		■	■		■	
	2018						■	■	■	■	■	■	
大葉溲疏	2016						■	■	■	■	■	■	
	2017						■	■	■		■		
	2018											■	
中國地楊梅	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017					■	■	■	■	■	■	■	■
	2018					■	■	■	■	■	■	■	■
毛果柃木	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
玉山杜鵑	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017					■	■	■	■	■	■	■	■
	2018	■				■	■	■	■	■	■	■	■
玉山假沙梨	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017		■				■	■	■	■	■	■	■
	2018	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
玉山懸鈎子	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017					■	■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
玉山櫻草	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
刺果豬殃殃	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
南湖扁果薹	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
紅毛杜鵑	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017				■		■	■	■	■	■	■	■
	2018	■	■				■	■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
苦懸鈎子	2016						■						
	2017	■	■		■	■		■	■				
	2018						■	■					
高山白珠樹	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018	■					■	■	■	■	■		
細葉杜鵑	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2018	■	■				■	■	■	■		■	
雲葉	2016						■	■	■				
	2017		■	■			■	■	■	■			
	2018	■	■										
圓葉豬殃殃	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■			
	2018									■			
臺灣地楊梅	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018	■						■		■	■		
臺灣茶藨子	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017					■	■	■	■	■	■	■	■
	2018					■	■	■	■	■			
臺灣龍膽	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■		■	■	■
	2018								■	■	■		
褐毛柳	2016						■	■			■		
	2017						■						
	2018						■						
巒大花楸	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■		■	
丁座草	2016							■	■	■	■	■	■
	2017											■	
	2018				■				■	■	■		

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
山薰香	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■				
	2018	■									■		
毛蕊木	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018									■			
玉山毛蓮菜	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018	■							■	■	■	■	■
玉山水苦蕒	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018	■			■			■	■	■	■	■	■
玉山金絲桃	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018	■	■		■			■		■	■	■	■
玉山筷子芥	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
玉山薔薇	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
伊澤山龍膽	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018										■	■	■
曲芒髮草	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018									■	■	■	■
刺萼寒莓	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
金毛杜鵑	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018	■	■				■	■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
南燭	2016												
	2017												
	2018												
馬先蒿	2016												
	2017												
	2018												
高山芒	2016												
	2017												
	2018												
高山薔薇	2016												
	2017												
	2018												
細川氏薊	2016												
	2017												
	2018												
貧子水苦蕒	2016												
	2017												
	2018												
雪山翻白草	2016												
	2017												
	2018												
鹿場毛茛	2016												
	2017												
	2018												
單花牻牛兒苗	2016												
	2017												
	2018												
森氏山柳菊	2016												
	2017												
	2018												
黑龍江柳葉菜	2016												
	2017												
	2018												

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
臺灣山芥菜	2016							■					
	2017							■				■	
	2018						■	■		■			
臺灣赤楊	2016							■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018	■	■		■		■		■	■		■	
臺灣粉條兒菜	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018	■						■		■		■	
臺灣繡線菊	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018		■					■	■	■		■	
臺灣鵝觀草	2016							■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
臺灣鐵杉	2016							■	■	■	■	■	■
	2017			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2018	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
樺葉莢蒾	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
貓兒菊	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
穗花八寶	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
大霸尖山酢漿草	2016							■	■	■	■	■	■
	2017						■	■	■	■	■	■	■
	2018						■	■	■	■	■	■	■
川上氏忍冬	2016							■	■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
火炭母草	2016								■	■	■	■	■
	2017								■		■		■
	2018	■							■	■		■	
玉山小蘗	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018	■						■	■	■	■	■	
玉山山奶草	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018							■	■		■	■	
玉山金梅	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018								■	■	■	■	■
玉山茴芹	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018							■	■	■		■	
玉山翦股穎	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018	■					■		■	■	■	■	
合歡柳葉菜	2016								■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018								■	■	■	■	■
羊茅	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018	■							■	■	■	■	■
車前草	2016								■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018								■	■	■	■	■
虎杖	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018	■							■	■	■	■	■
阿里山忍冬	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
阿里山薊	2016								■	■	■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018									■	■	■	■
狹瓣八仙花	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018		■					■	■	■	■	■	■
高山沙參	2016								■	■	■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018									■	■	■	■
高山破傘菊	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018								■	■	■	■	■
高山梯牧草	2016								■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	■
細葉山艾	2016								■	■	■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018	■							■	■	■	■	■
細葉鼠麴草	2016								■	■	■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018										■	■	■
傅氏唐松草	2016								■	■	■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018								■	■	■	■	■
菝葜	2016								■	■	■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018						■			■	■	■	■
煙火臺	2016								■	■	■	■	■
	2017							■	■	■	■	■	■
	2018								■	■	■	■	■
臺灣百合	2016								■	■	■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018									■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
臺灣鬼督郵	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	■
	2018	■			■			■		■	■	■	
臺灣藜蘆	2016								■	■	■	■	
	2017								■	■	■	■	
	2018	■								■	■	■	
巒大菝葜	2016								■	■	■	■	
	2017							■		■	■		
	2018							■					
巒大越橘	2016								■	■	■	■	■
	2017		■						■	■	■		■
	2018	■	■	■	■	■							
一枝黃花	2016								■	■	■	■	■
	2017	■							■	■	■	■	
	2018	■									■	■	
五蕊莓	2016								■	■	■	■	
	2017								■	■	■	■	
	2018											■	
尼泊爾籟簫	2016								■	■	■	■	
	2017							■			■	■	
	2018										■		
玉山佛甲草	2016								■	■	■	■	■
	2017								■	■	■	■	
	2018									■	■	■	
玉山當歸	2016								■	■	■	■	
	2017								■	■	■	■	
	2018								■	■	■	■	
長行天南星	2016									■			
	2017							■	■	■			
	2018					■	■	■	■	■			
長萼瞿麥	2016								■	■	■	■	
	2017								■	■	■	■	
	2018								■				

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
咬人貓	2016									■			
	2017								■				
	2018	■								■			
星果佛甲草	2016									■			
	2017								■	■		■	
	2018						■					■	
高山露珠草	2016									■	■	■	■
	2017							■				■	
	2018									■	■		
梅花草	2016									■	■	■	■
	2017									■	■	■	
	2018							■	■	■	■		
雪山艾	2016									■	■	■	■
	2017									■		■	
	2018											■	
短距粉蝶蘭	2016									■			
	2017							■	■				
	2018								■	■	■	■	
臺灣野薄荷	2016									■	■	■	■
	2017									■	■	■	
	2018	■										■	
玉山山蘿蔔	2016										■		
	2017									■	■	■	■
	2018									■	■		
玉山飛蓬	2016										■	■	■
	2017									■	■	■	■
	2018										■	■	
玉山薄雪草	2016										■	■	■
	2017							■	■			■	
	2018										■		
刺果衛矛	2016										■	■	■
	2017	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■
	2018	■	■						■	■			

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
厚唇粉蝶蘭	2016										■	■	
	2017									■			
	2018										■		
絨山白蘭	2016										■	■	■
	2017										■	■	■
	2018	■	■		■								
矮菊	2016										■	■	
	2017									■	■	■	
	2018	■									■	■	
巒大當藥	2016										■	■	■
	2017										■	■	
	2018	■										■	
玉山小米草	2016											■	
	2017											■	
	2018											■	
玉山艾	2016											■	
	2017										■		
	2018											■	
玉山抱莖籜簫	2016											■	■
	2017										■	■	■
	2018	■			■					■	■		
亞毛無心菜	2016											■	
	2017								■	■		■	■
	2018	■							■	■	■		
雪山馬蘭	2016											■	
	2017									■	■	■	
	2018											■	
蔓黃菀	2016											■	■
	2017	■	■									■	■
	2018	■							■	■	■		
臺灣馬蘭	2016		■										
	2017												■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
刺花懸鈎子	2016					■							
	2017									■			
山間地楊梅	2016						■				■		
	2017						■		■	■	■		
天胡荽	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2017					■		■	■	■	■		
狗筋蔓	2016						■	■	■				
	2017									■		■	
臺灣高山杜鵑	2016						■	■	■	■	■	■	
	2017						■			■	■		
大羊蹄	2016							■	■	■			
	2017						■	■	■		■		
奇萊紅蘭	2016							■		■			
	2017							■	■				
能高刀傷草	2016							■	■				
	2017								■	■			
輪葉沙參	2016							■	■	■	■	■	
	2017								■				
繡球藤	2016							■					
	2017						■	■	■	■	■	■	■
日本愛冬葉	2016								■	■	■	■	■
	2017								■				
玉山沙參	2016								■				
	2017									■			
瓜子金	2016								■	■	■	■	
	2017								■			■	
加拿大蓬	2016									■	■	■	■
	2017	■											
玉山石竹	2016									■	■	■	■
	2017									■	■		
高山翻白草	2016									■			
	2017							■				■	

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
圓果刺葉桂櫻	2016									■			
	2017							■					
玉山黃菀	2016										■		
	2017									■	■	■	
黃菀	2016										■	■	■
	2017								■		■		
葉芽筷子芥	2016											■	
	2017											■	
玉山肺形草	2016												■
	2017											■	
刻脈冬青	2016				■								
	2018								■			■	
山櫻花	2016					■							
	2018					■							
三斗石櫟	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2018											■	
小椴葉懸鈎子	2016						■	■	■	■			
	2018							■	■	■			
散穗弓果黍	2016						■	■	■	■	■	■	■
	2018							■	■	■			
玉山蠅子草	2016							■	■	■	■		
	2018									■	■		
呂宋莢蒾	2016							■					
	2018						■		■				
黃花酢漿草	2016							■					
	2018										■		
石月	2016								■				
	2018						■						
森氏當歸	2016								■	■	■		
	2018										■		
高山馬先蒿	2016									■	■	■	
	2018										■		

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
高山新木薑子	2016									■			
	2018											■	
大枝掛繡球	2017			■						■	■		■
	2018	■	■						■	■	■	■	
笑靨花	2017					■							
	2018					■	■						
臺灣菝葜	2017					■							
	2018									■			
大武貓兒眼睛草	2017						■						
	2018						■						
玉山胡頹子	2017						■						■
	2018	■		■	■	■							
南投小蘗	2017						■	■					
	2018						■	■	■	■	■		
臺灣灰木	2017						■	■	■				
	2018						■	■	■	■	■		
繁縷	2017						■						
	2018			■		■			■				
變葉懸鉤子	2017						■						
	2018					■	■		■				
刀傷草	2017							■	■		■		
	2018						■	■	■				
五節芒	2017							■	■		■		
	2018		■		■			■					
玉山燈心草	2017							■		■		■	
	2018				■				■	■	■	■	
束心蘭	2017							■			■		
	2018	■											
抱鱗宿柱臺	2017							■		■			
	2018				■	■	■	■	■	■	■	■	■
枇杷葉灰木	2017							■					
	2018							■	■				

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
栓皮櫟	2017							■					
	2018						■		■	■	■	■	■
假繡線菊	2017							■	■	■	■	■	■
	2018	■			■				■	■	■		
黑麥草	2017							■					
	2018							■					
聚生穗序薹	2017							■		■		■	
	2018						■	■	■	■	■	■	
賽矜木	2017							■		■	■		■
	2018								■	■	■	■	
紅鞘薹	2017								■	■			
	2018								■	■		■	
鈍齒鼠李	2017								■	■	■		
	2018						■	■	■	■	■		
齒葉筷子芥	2017								■				
	2018						■	■	■	■	■		
高山通泉草	2017									■	■	■	
	2018	■					■	■	■	■	■	■	
高山櫟	2017									■	■	■	■
	2018	■							■	■	■	■	
野苧蒿	2017									■		■	
	2018									■		■	
單花鹿蹄草	2017									■			
	2018						■	■		■			
壺花莢蕨	2017									■	■	■	■
	2018							■	■	■	■	■	
腳根蘭	2017									■			
	2018									■			
巒大紫珠	2017									■	■	■	■
	2018	■							■	■	■	■	
玉山灰木	2017										■		
	2018							■	■				

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
早田氏鼠尾草	2017										■		
	2018											■	
狹葉櫟	2017										■		
	2018											■	
臺灣華山松	2017										■		■
	2018			■	■	■							
臺灣澤蘭	2017										■		
	2018											■	
三萼花草	2017											■	
	2018										■		
大黍	2017											■	
	2018										■		
玉山彎柱芎	2017											■	
	2018								■		■		
南湖附地草	2017											■	
	2018								■				
風輪菜	2017											■	
	2018										■		
黃山蟹甲草	2017											■	
	2018										■	■	
高山雙蝴蝶	2017												■
	2018				■								
疏果海桐	2017												■
	2018	■									■		
忍冬葉桑寄生	2016				■								
鄧氏胡頹子	2016				■								
高山懸鈎子	2016					■							
高山小蘗	2016						■	■	■	■	■	■	■
福建賽衛矛	2016						■	■	■	■	■	■	■
玉山鹿蹄草	2016							■	■	■	■	■	■
紫花地丁	2016								■			■	
毛花雀稗	2016									■			
玉山卷耳	2016									■	■	■	■

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
金劍草	2016									■			
南湖斑葉蘭	2016									■	■		
密葉唐松草	2016									■			
喜岩堇菜	2016									■		■	
臺灣堇菜	2016									■	■		
黃金珠	2016										■	■	
臺灣椴木	2016										■		
臺灣山酢漿草	2016											■	
畢祿山蓼	2016												■
昭和草	2017	■											
藤胡頹子	2017		■										
鬼懸鈎子	2017					■							
絨毛草	2017						■	■			■		
水晶蘭	2017							■					
兔耳草	2017							■					
南湖唐松草	2017							■	■				
鴨草	2017							■					
南湖山薰香	2017								■		■		
玉山箭竹	2017									■			
南湖蒿草	2017									■			
間型沿階草	2017									■			
裡白椴木	2017									■			
臺灣紫花鼠尾草	2017									■			
龍葵	2017									■			
高山艾	2017										■		
短葉柳葉菜	2017										■		
蓬萊天南星	2017										■		
纈草	2017										■		
大花傅氏唐松草	2017											■	
玉山雀麥	2017											■	
玉山鋪地蜈蚣	2017											■	
阿里山繁縷	2017											■	
琉球豬殃殃	2017											■	

物種名	年份	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
臺灣山薰香	2017											■	
大葉桑寄生	2017												■
米飯花	2018	■											
鼠麴草	2018	■											
森氏鐵線蓮	2018			■									
小燈心草	2018						■		■		■	■	
阿里山櫻花	2018						■						
匍枝銀蓮花	2018						■		■				
紅檜	2018						■	■	■				
高山毛茛	2018						■				■		
球穗薹	2018						■						
短莖宿柱薹	2018						■						
黃花薹	2018						■						
臺灣山薺	2018						■						
臺灣天南星	2018						■	■	■				
雙黃花堇菜	2018						■						
鵝兒腸	2018						■						
彎果黃堇	2018						■	■					
玉山柳	2018							■					
冷杉異燕麥	2018							■	■				
粉紅花鋪地蜈蚣	2018							■	■			■	
普刺特草	2018							■	■	■	■		
臺灣天胡荽	2018							■	■			■	
臺灣雲杉	2018							■	■			■	
薺	2018							■		■			
劉氏薹	2018								■			■	
長葉蜻蛉蘭	2018									■			
臺灣三毛草	2018									■	■		
臺灣附地草	2018									■			
竊衣	2018									■			
梨山小蓼衣藤	2018										■	■	
雪山堇菜	2018										■		
串鼻龍	2018											■	
前原鵝觀草	2018											■	

附錄 7. 雪山雪東線步道沿線 2012-2018 年 1-5 月春季植物開花物候譜

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
長行天南星	2012			■	■	■
	2013				■	■
	2014			■	■	■
	2015			■	■	■
	2016			■	■	■
	2017				■	■
	2018				■	■
阿里山龍膽	2012			■	■	■
	2013				■	■
	2014		■	■	■	■
	2015		■	■	■	■
	2016		■	■	■	■
	2017	■	■	■	■	■
	2018				■	■
高山通泉草	2012			■	■	■
	2013				■	■
	2014				■	■
	2015				■	■
	2016				■	■
	2017				■	■
	2018			■	■	■
喜岩堇菜	2012			■	■	■
	2013				■	■
	2014				■	■
	2015				■	■
	2016				■	■
	2017				■	■
	2018			■	■	■

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
臺灣馬醉木	2012			██████████		
	2013			██████████		
	2014		██████████			
	2015		██████████			
	2016		██████████			
	2017	██████████				
	2018		██████████			
臺灣堇菜	2012			██████████		
	2013			██████████		
	2014			██████████		
	2015			██████████		
	2016			██████████		
	2017			██████████		
	2018				██████████	
褐毛柳	2012			██████		
	2013			██████		
	2014		██████████			
	2015		██████████			
	2016			██████████		
	2017			██████████		
	2018				██████	
大武貓兒眼睛草	2012				██████████	
	2013				██████████	
	2014				██████████	
	2015				██████████	
	2016				██████████	
	2017				██████████	
	2018					██████

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
川上氏小蘗	2012				■	
	2013				■	
	2014				■	
	2015				■	
	2016				■	
	2017			■		■
	2018				■	
玉山杜鵑	2012				■	
	2013				■	
	2014			■	■	
	2015			■	■	
	2016			■	■	
	2017				■	
	2018				■	
玉山櫻草	2012				■	
	2013					■
	2014					■
	2015					■
	2016					■
	2017					■
	2018					■
刺萼寒莓	2012				■	
	2013				■	
	2014				■	
	2015				■	
	2016				■	
	2017				■	
	2018					■

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
高山白珠樹	2012					
	2013					
	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
	2018					
細葉杜鵑	2012					
	2013					
	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
	2018					
臺灣二葉松	2012					
	2013					
	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
	2018					
臺灣灰木	2012					
	2013					
	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
	2018					

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
臺灣草莓	2012				■	
	2013				■	
	2014				■	
	2015				■	
	2016				■	
	2017			■	■	■
	2018					■
玉山假沙梨	2012					■
	2013					■
	2014				■	■
	2015				■	■
	2016				■	■
	2017		■	■		■
	2018			■	■	
紅毛杜鵑	2012					■
	2013				■	■
	2014				■	■
	2015				■	■
	2016				■	■
	2017					■
	2018					■
苦懸鈎子	2012					■
	2013				■	■
	2014			■	■	■
	2015			■	■	■
	2016			■	■	■
	2017	■	■	■	■	■
	2018	■	■	■	■	■

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
臺灣茶藨子	2012					
	2013					
	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
	2018					
高山翻白草	2012					
	2013					
	2014					
	2015					
	2016					
	2018					
臺灣胡麻花	2012					
	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
	2018					
大霸尖山酢漿草	2012					
	2013					
	2014					
	2015					
	2016					
	2018					

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
玉山筷子芥	2012				██████████	
	2014				██████████	
	2015				██████████	
	2016				██████████	
	2017				██████████	
	2018					██████████
臺灣鹿藥	2012				██████████	
	2013				██████████	
	2014				██████████	
	2015				██████████	
	2016				██████████	
	2017					██████████
繡球藤	2012				██████████	
	2013				██████████	
	2014				██████████	
	2015				██████████	
	2016				██████████	
	2017					██████████
臺灣山酢漿草	2012					██████████
	2013				██████████	
	2014				██████████	
	2015				██████████	
	2016				██████████	
	2017					██████████
山櫻花	2014		██████████			
	2015			██████████		
	2016			██████████		
	2017			██████████		
	2018				██████████	

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
刺花懸鈎子	2012			██████████		
	2013			██████████		
	2014					██████████
	2015				██████████	
	2016				██████████	
箭葉堇菜	2014			██████████		
	2015			██████████		
	2016			██████████		
	2017			██████████		
	2018					██████████
臺灣冷杉	2012			██████████		
	2014					██████████
	2015					██████████
	2016					██████████
	2018	██████████				██████████
薄瓣懸鈎子	2014			██████████		
	2015			██████████		
	2016			██████████		
	2017	██████████				
	2018			██████████		
笑靨花	2014			██████████		
	2015			██████████		
	2016				██████████	
	2017				██████████	
	2018			██████████		
楊梅	2014			██████████		
	2015			██████████		
	2016				██████████	
	2017			██████████		
	2018				██████████	

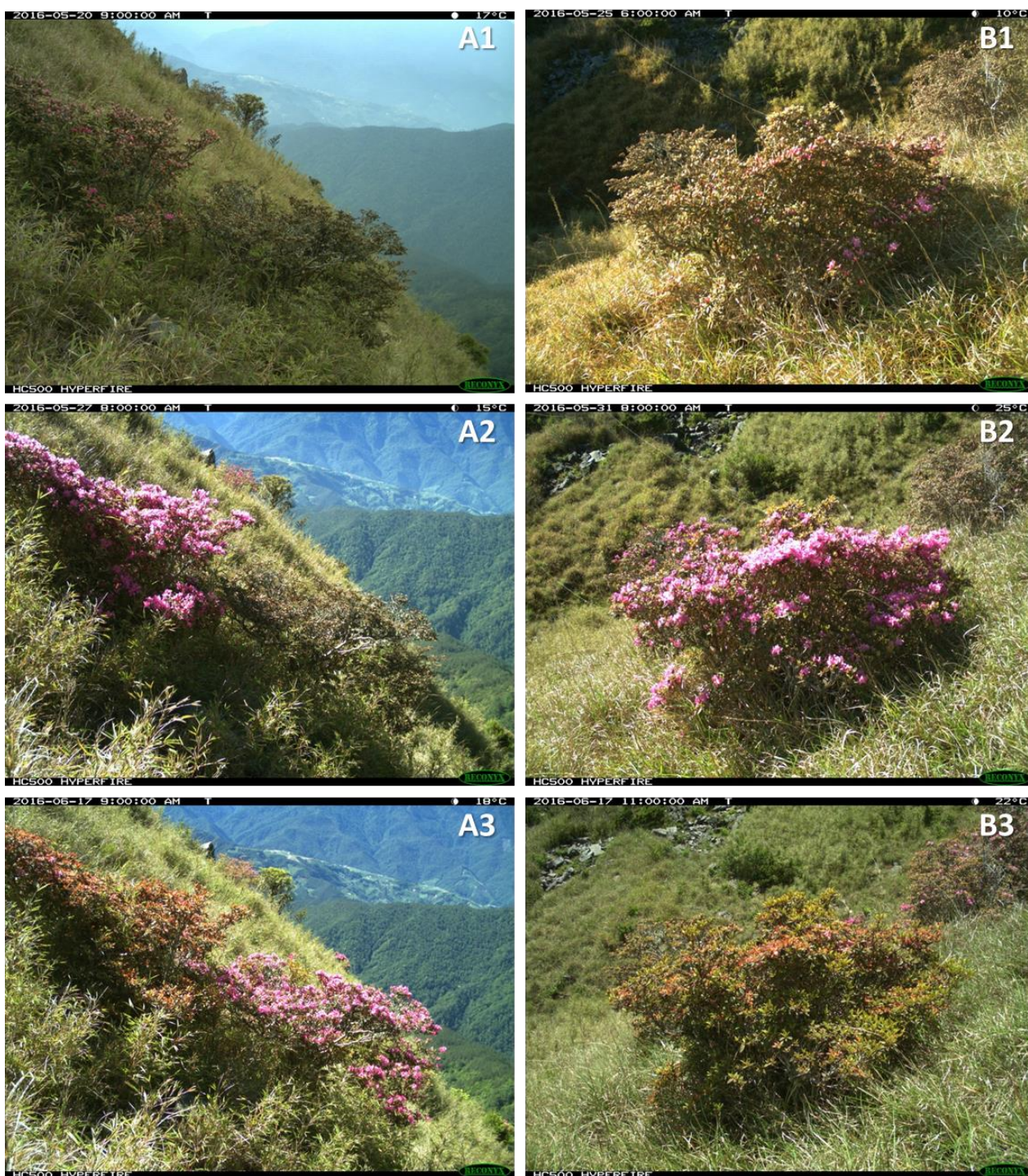
物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
薄葉鈴木	2013			■		
	2014		■	■		
	2015		■	■		
	2016		■	■		
	2017		■	■		
刀傷草	2012				■	■
	2013					■
	2015					■
	2017				■	■
	2018					■
尖山堇菜	2012				■	■
	2013				■	■
	2014				■	■
	2015				■	■
	2016				■	■
單花鹿蹄草	2012				■	■
	2014					■
	2015					■
	2016					■
	2017					■
呂宋莢蒾	2014				■	
	2015				■	
	2016				■	
	2017				■	
	2018					■
臺灣紅榨槭	2013				■	
	2014			■		
	2015			■		
	2016				■	
	2017				■	

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
早熟禾	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
	2018					
海螺菊	2012					
	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
臺灣鐵杉	2012					
	2014					
	2015					
	2016					
	2018					
山胡椒	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
臺灣馬蘭	2014					
	2015					
	2016					
	2017					
瓜子金	2012					
	2013					
	2017					
	2018					

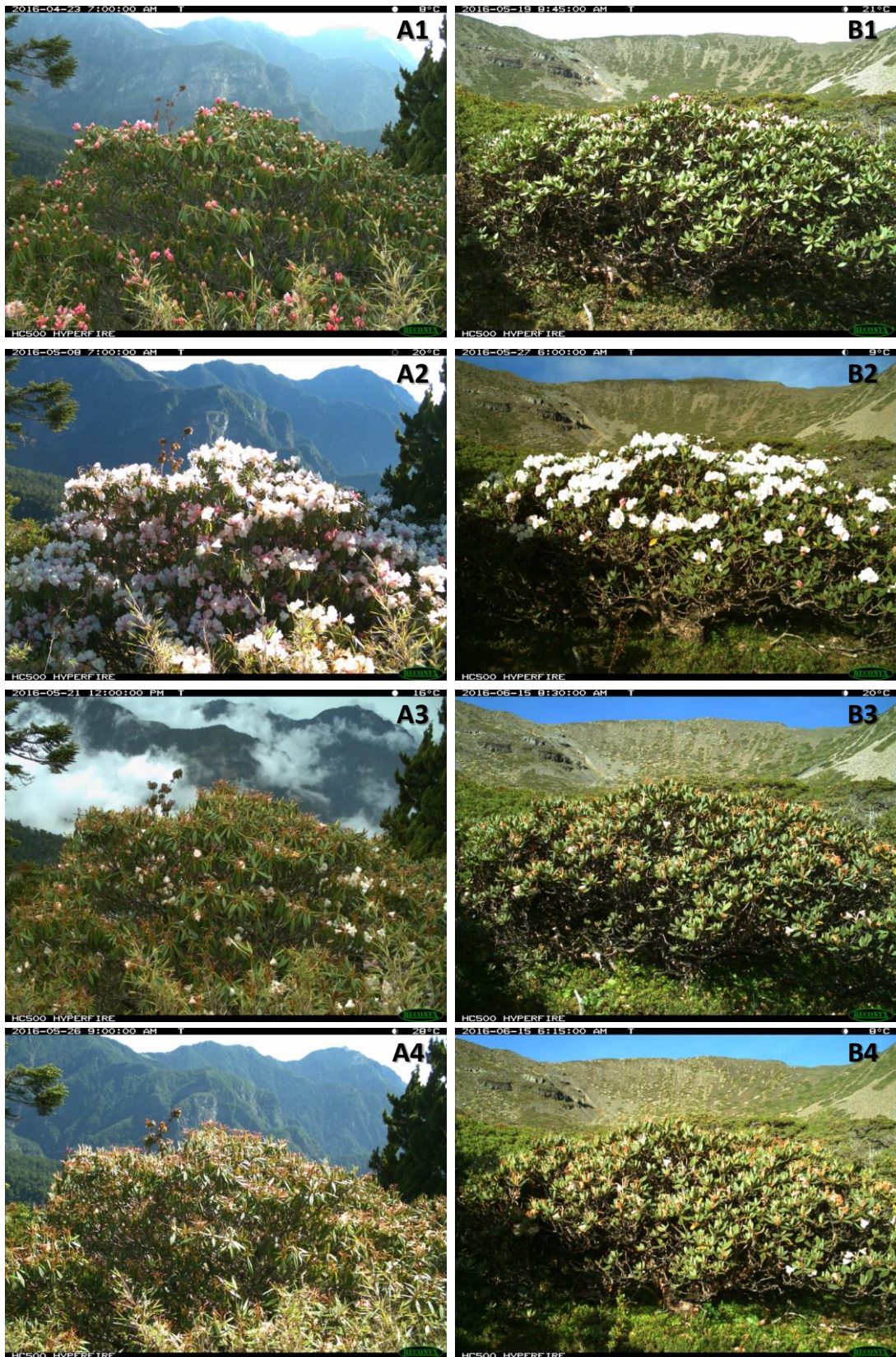
物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
紫花地丁	2012			██████████	██████████	██████████
	2013				██████████	██████████
	2017		██████████		██████████	██████████
	2018				██████████	
車前草	2014				██████████	██████████
	2015				██████████	██████████
	2016				██████████	██████████
	2017					██████████
雪山翻白草	2014				██████████	██████████
	2015				██████████	██████████
	2016				██████████	██████████
	2018					██████████
臺灣糖星草	2012				██████████	██████████
	2014				██████████	██████████
	2015				██████████	
	2016				██████████	
羊蹄	2014				██████████	
	2015				██████████	
	2016				██████████	
	2018					██████████
大葉溲疏	2014					██████████
	2015					██████████
	2016					██████████
	2017					██████████
玉山小蘗	2012					██████████
	2014				██████████	██████████
	2015				██████████	██████████
	2016				██████████	

物種	年份	月份				
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
玉山水苦蕒	2012					
	2014					
	2015					
	2016					
匍枝銀蓮花	2012					
	2014					
	2015					
	2016					
傅氏唐松草	2012					
	2014					
	2015					
	2016					
圓葉豬殃殃	2012					
	2014					
	2015					
	2016					
臺灣山芥菜	2012					
	2014					
	2015					
	2016					

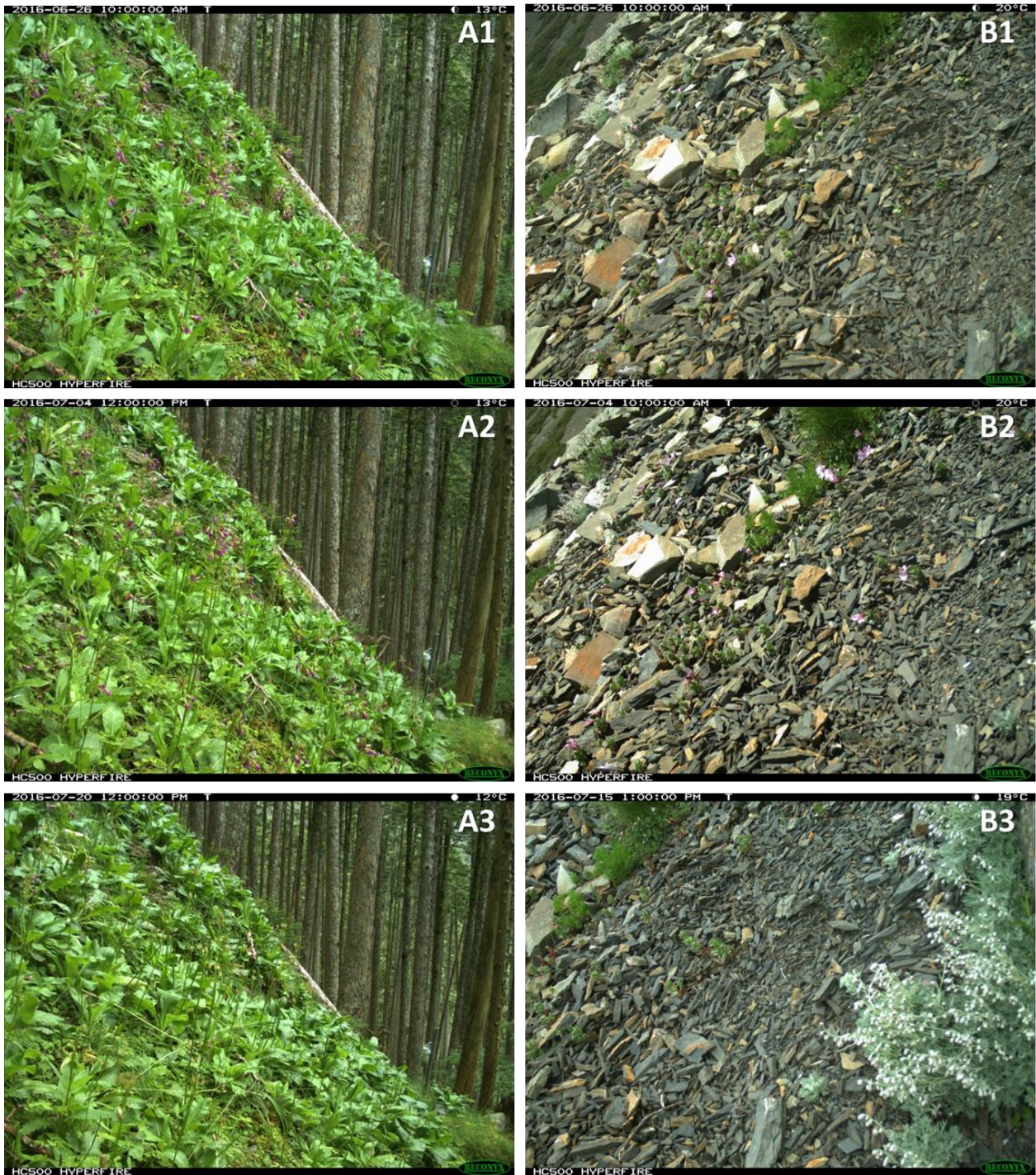
附錄 8. 2016-2018 年雪山雪東線物候監測物種照片



附圖 1. 2016 年長期監測樣株。A：紅毛杜鵑 (編號 5)，B：紅毛杜鵑 (編號 4)。1：始花，2：盛花，3：花謝。



附圖 2. 2016 年長期監測樣株。A：玉山杜鵑 (編號 3)，B：玉山杜鵑 (編號 9)。1：始花，2：盛花，3：花謝，4：展葉。



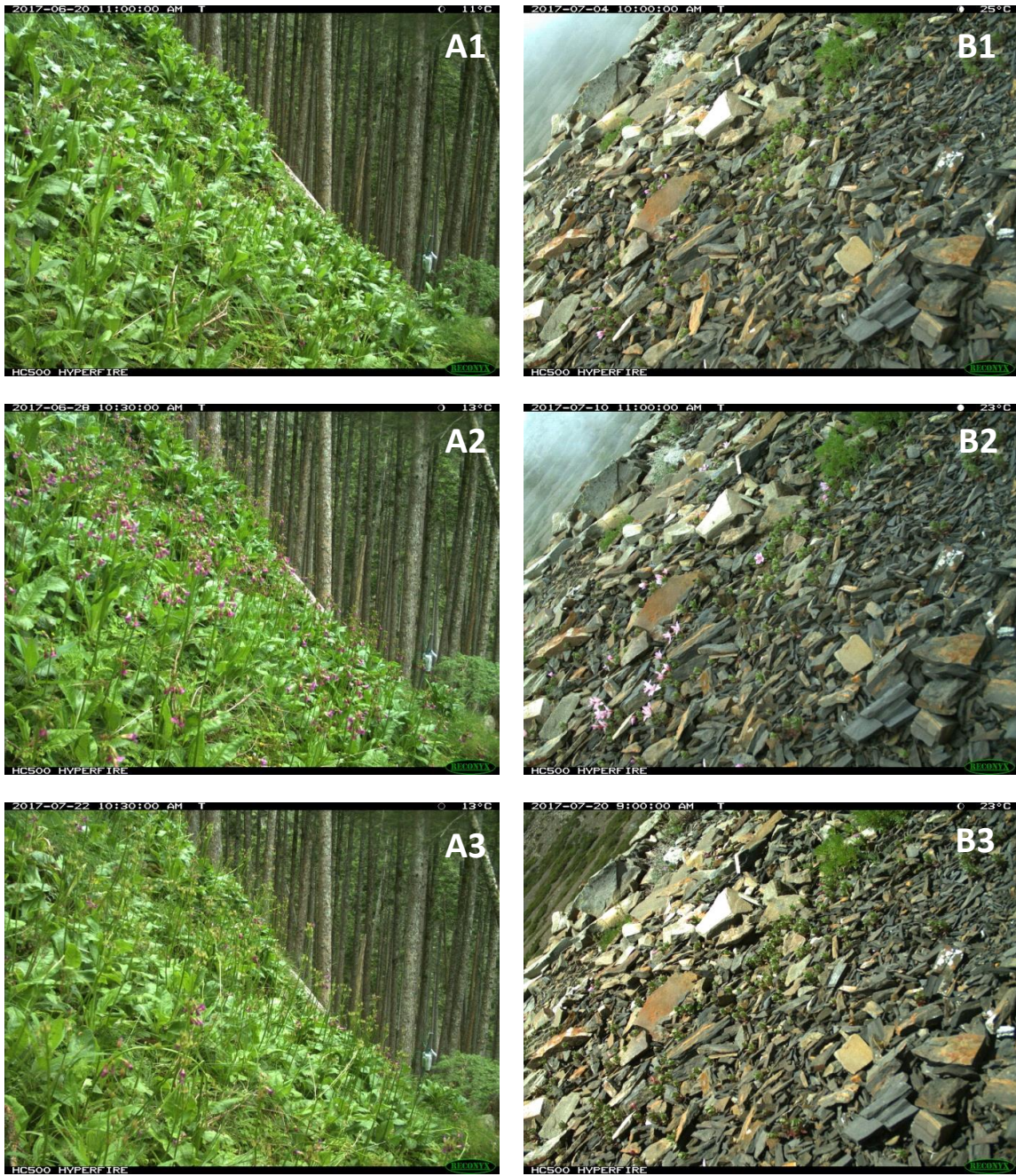
附圖 3. 2016 年長期監測樣株。A：玉山櫻草（編號 8），B：南湖柳葉菜（編號 11）。1：始花，2：盛花，3：花謝。



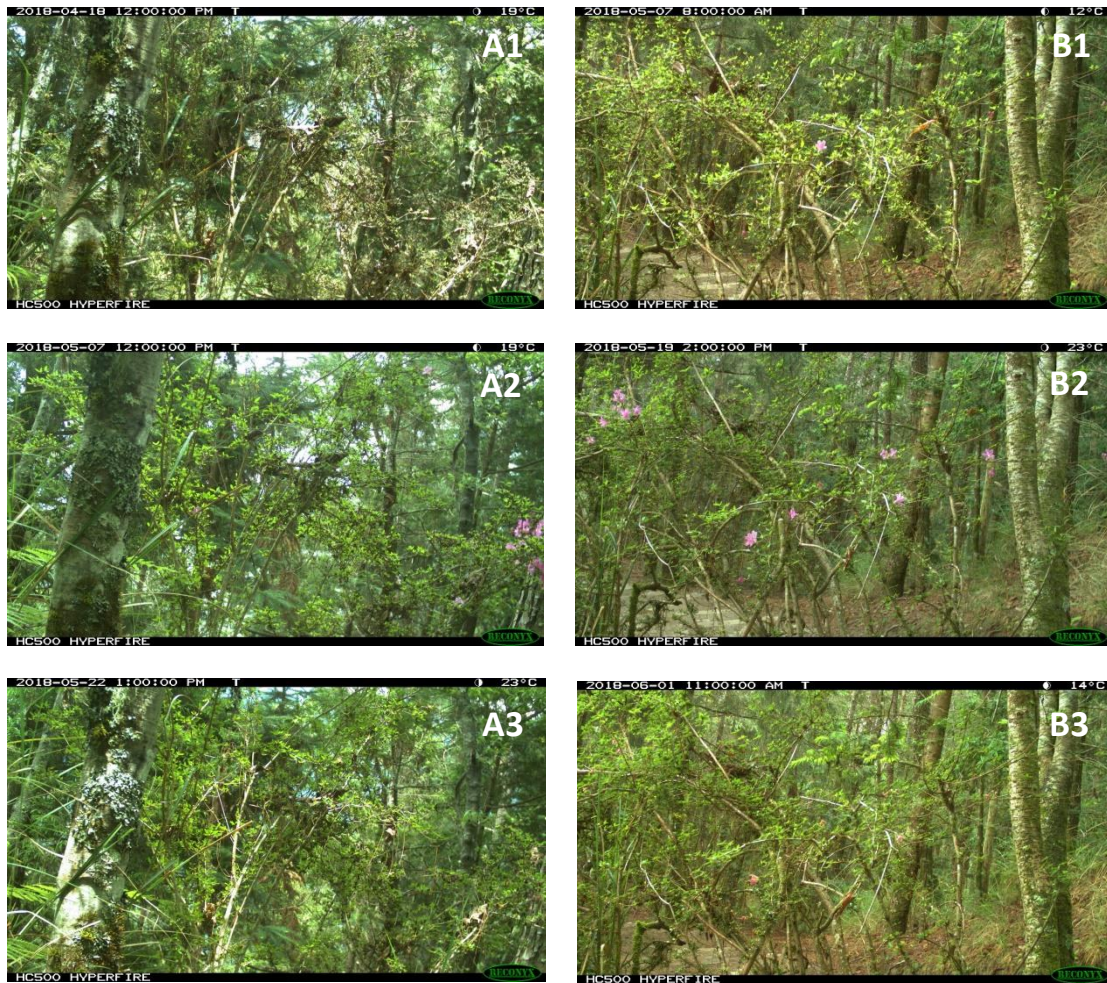
附圖 4. 2017 年長期監測樣株。A：紅毛杜鵑 (編號 2)，B：紅毛杜鵑 (編號 4)。1：始花，2：盛花，3：花謝。



附圖 5. 2017 年長期監測樣株。A：玉山杜鵑（編號 9），B：玉山杜鵑（編號 12）。1：始花，2：盛花，3：花謝。



附圖 6. 2017 年長期監測樣株。A：玉山櫻草（編號 8），B：南湖柳葉菜（編號 11）。1：始花，2：盛花，3：花謝。



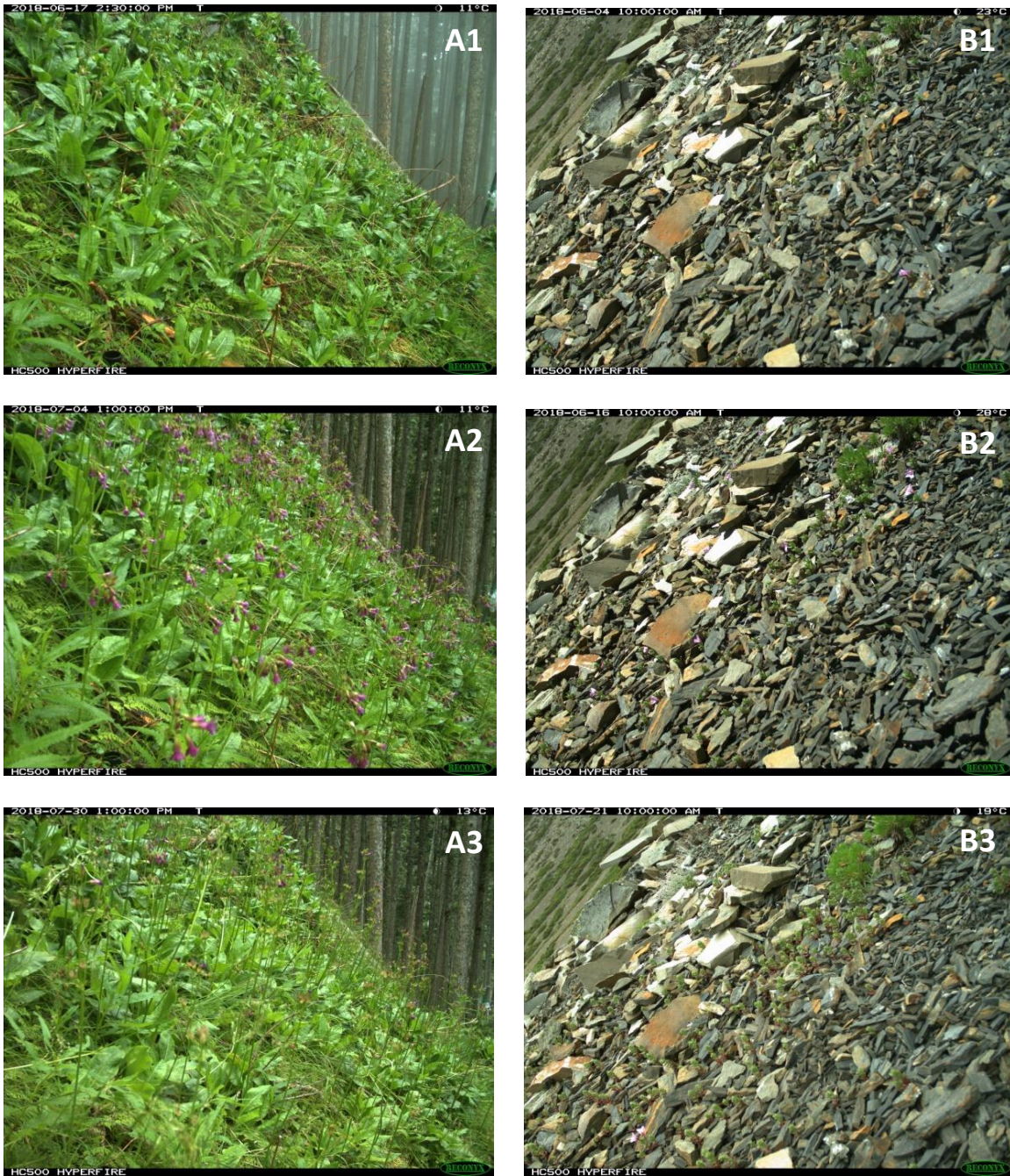
附圖 7. 2018 年長期監測樣株。A：細葉杜鵑 (編號 13)，B：細葉杜鵑 (編號 14)。1：始花，2：盛花，3：花謝。



附圖 8. 2018 年長期監測樣株。A：紅毛杜鵑（編號 2），B：紅毛杜鵑（編號 4）。1：始花，2：盛花，3：花謝。



附圖 9. 2018 年長期監測樣株。A：玉山杜鵑（編號 16），B：玉山杜鵑（編號 9）。1：始花，2：盛花，3：花謝。



附圖 10. 2018 年長期監測樣株。A：玉山櫻草（編號 8），B：南湖柳葉菜（編號 11）。1：始花，2：盛花，3：花謝。



附圖 11. 2018 年長期監測樣株。A：玉山山蘿蔔（編號 20），B：雪山翻白草+玉山金梅（編號 21）。1：始花，2：盛花，3：花謝。

附錄 9. 2018 年期中審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p>王志強委員：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫持續調查雪山高山生態系之植物物候，資料詳實，頗具科學價值及管理經營參考。 2. 植物之開花物候著重討論夏秋季高溫及初春是否有寒害影響。建議亦可考慮秋冬低溫的春化效應。 3. 可比較 2011-2018 年間不同物種在不同年度之開花表現及週期。了解各物種豐欠年及探討氣候之反應。 4. 報告書內之文體格式內容可再加以修改調整。 5. 縮時攝影機之架設，建議增加小型說明牌示。 6. 建議於期末報告內之主要建議事項或結論內，明確提供管理處未來之調查監測等相關事項。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝 王委員的肯定。 2. 此部分會嘗試著手進行分析；然近年的秋冬季溫度偏高，多為較溫暖環境。 3. 因開花物候調查間隔時間約 1 個月，植物在不同年度的開花表現與週期難以比較；因此，本研究利用縮時攝影方法，針對物候相變化較明顯的物種進行拍攝，以提供不同年度的開花表現比較。 4. 謝謝委員建議。 5. 遵照辦理。 6. 此部分會在期末報告中補充，謝謝委員建議。
<p>賴國祥委員：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究方法「熱時間模式」最後選 3 月 4 日為起始日，說明其理由或標準。 2. 雨量影響開花物種數，如果資料足夠，建議探討最低需求量。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 熱時間模式選定 3 月 4 日為起始日是因為在儒略日(1 月 1 日)後的第 90 天作為模式起啟日。 2. 雨量是影響植物生長發育與繁殖的重要氣候因子，因每種植物對水分需求不同，且缺乏各種植物

<p>3. P.48 「冬季低溫是打破玉山杜鵑休眠的關鍵」，請再說明清楚。</p> <p>4. P.50 表 13，2014 年 4 月 22 日開花日期請再檢核是否正確。</p>	<p>缺水逆境的基本資料，難以探討影響雪山地區開花物種數的雨量最低需求量為何?但我們可以使用蒸發散來討論每月雨量是否能滿足植物需求。</p> <p>3. 此部分文字說明已在報告書完成修訂。</p> <p>4. 已確認 4 月 22 日為樣株所拍攝的樣枝第 1 個花序開花，但該樣株的花序大多處於花芽階段，未來將會排除此種特殊開花狀態。</p>
<p>潘振彰技正：</p> <p>1. 開花物種建議可依照一至二年生及多年生分開比較分析。</p> <p>2. 今年度雪季開放之圈谷紮營地因融雪即不宜紮營，故將再另選適宜地點，請受託團隊協助一同至現場再次進行評估。</p> <p>3. 豐欠年之影響因子為何？請納入分析提供環境教育宣導使用。</p>	<p>1. 雪山高山地區以多年生植物最為優勢，1 年生僅 1 種；此部分我們會朝向分析草本、灌木及喬木等不同生活型物種的開花物候表現。</p> <p>2. 本研究團隊會配合管理處辦理。</p> <p>3. 植物開花結實的豐欠年影響因子有主要有 3 點：1 是受到環境因子，氣候因子中的氣溫與降雨是重要因子；2 是植物本身的營養與繁殖的配合；3 則是植物與環境因子的交互作用影響。此外，病蟲害有時亦會干擾植物豐欠</p>

	年。
<p>于淑芬課長：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 調查結果中橫跨數個植群帶之物種，是否與前人研究有所差異，請加入說明。 2. P.39「秋季相對高溫會導致植物生長季延後結束亦使花期延長」，是否影響明年度花期狀況與花期延後？與其他地區是否有類似情形？請說明後續影響。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 此部分會針對橫跨數個植群帶之物種進行前人研究分布的比較。 2. 「秋季相對高溫會導致植物生長季延後結束亦使花期延長」，是否會影響明年度花期狀況與花期延後，此部分受外在環境與植物內在生長因素的交互作用，難以明確區分其對下一年度植物開花物候的影響；本研究會針對此問題嘗試結合玉山杜鵑縮時攝影與花芽數分化進行探討。
<p>陳俊山秘書：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 附錄 2、3 物種排列順序不同，是否有特殊依據？其中高山白珠樹於 11、1 及 5 月皆有開花，而結實則為 11、1 月；好像同一時間有開花及結實情形，但 5 月又無結實，是何原因？其他如台灣龍膽及台灣鐵杉等等也有類似情形。 2. 由於本案有企圖論證氣候變遷與物候關係，在極端天氣的加劇情境，將造成立地環境的差的植株受較大的影響。則如未來在有限的人、物力下以志工監測或以縮時攝影監測，則應有指標種及指標株的建議，即那些種較屬氣候變遷敏感？同 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 附錄 2 與附錄 3 分別表示植物的開花與結實物候譜，物候譜的物種順序表示開花或結實的時序，因此會造成開花與結實物候的差異。植物記錄到開花時，其可能沒有結實，亦有可能沒有在物候調查時因果實未熟呈現綠色而未調查到。研究團隊會再確認調查資料。 2. 志工監測或以縮時攝影監測的指標物種建議部分，研究團隊以目前調查研究結果建議，可以朝向物候變化受氣候影響敏感、物候相變化易於觀測、對生態系穩定影響較大的物種，以及屬於稀有或特有的物種等 4 點討論。

<p>種中那些因立地環境較差而會加重反應?建議列出以利未來監測。</p>	<p>建議未來提供志工監測或以縮時攝影監測的物種有玉山杜鵑、紅毛杜鵑、細葉杜鵑、南湖大山柳葉菜、伊澤山龍膽、玉山櫻草、玉山山蘿蔔、巒大花楸等。</p>
<p>鍾銘山處長</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 針對雪山圈谷植物監測，請受託單位於期末報告詳細說明雪地紮營是否對棲地造成影響。 2. 各項影響開花結實等因子建議數據化說明，如最小雨量、最低溫度等。 3. 報告書中建議於結果與討論標題中新增如簡報中討論議題之子標題，並與結論連結。 4. 有關調查結果內發現之特殊現象，建議團隊轉化成議題，並利用歷年來收集之數據加以說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理。 2. 依建議辦理。 3. 遵照辦理。 4. 依建議辦理。

附錄 10. 2018 年期末審查會議回覆辦理情形

審查意見	辦理情形
<p>王志強委員：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案之期末報告內容項目符合計畫要求。 2. 結案報告建議整合前述幾年(2016-2018)之研究成果。 3. 2018 年春季高溫及少雨，有哪些物種開花物候有較大之差異？ 4. 雪山圈谷營地在同一地點不同年度之同月份之影響為何？ 5. 南湖柳葉菜長在地貌不穩定之處，兩年的資料尚不足以推測數量變化的原因。除此玉山杜鵑與南湖柳葉菜以外，未來須持續監測的物種還有什麼？ 6. 今年的高山櫟結實量很大，未來或許也可以考量監測。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員肯定。 2. 遵照辦理，將於成果報告中呈現。 3. 2016-2018 年全線物候比較發現，阿里山龍膽花期明顯較晚；玉山假沙梨花期提前；臺灣馬醉木花期僅到 5 月，8 月過後未再看到其開花；箭葉堇菜僅有在 5 月紀錄到開花；川上氏小蘗僅在 4 月紀錄到開花等物種。 4. 雪山圈谷營地的地被組成變化主要受到植物季節性冬枯影響而改變。 5. 南湖柳葉菜等生長在圈谷的草本植物，其具有根系非常深的特性以適應地質不穩定的生育地。除玉山杜鵑與南湖柳葉菜外，雪山可持續監測的物種有臺灣冷杉、巒大花楸、伊澤山龍膽等。 6. 謝謝委員提供的訊息；未來有機會可進行高山櫟的監測。
<p>賴國祥委員：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫物候調查紀錄詳實，玉山杜鵑花期應用多種方法推估分析，值得肯定。 2. p42 玉山杜鵑的開花積溫推估，雖然有些差異，但已經算有初步結果，可再說明其差異原因，或許並非單一因子影響。 3. p48 有關玉山杜鵑花芽休眠及打破休眠關鍵仍須說明清楚。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員肯定。 2. 玉山杜鵑積溫研究部分，除了目前分析方法外，目前仍嘗試其他模式，並加入冷激時數進行分析。 3. 將於成果報告中進行修改。

<p>4. p49 玉山杜鵑的基準溫度是 4 度，選擇的原因請再說明清楚。</p> <p>5. p59 開花物種數與海拔升高之說明，請再詳述之。</p> <p>6. p79 附錄 2，開花物候若係僅單一或少數植株開花宜敘明。有些物種橫跨夏秋兩季，在判定上需要小心。</p> <p>7. 就現場調查，雪山地區植物景觀除了杜鵑以外，有無其他物種具有觀賞價值？</p>	<p>4. 目前玉山杜鵑基準溫度計算是以不同起始時間以及該年冬季最低溫時間時啟始等 2 種方式推估，目前模擬結果以基準溫度於 4°C 左右時預測時間較為準確，因此推測模式中玉山杜鵑的基準溫度為 4°C。</p> <p>5. 將於成果報告中進行修改。</p> <p>6. 感謝委員意見。</p> <p>7. 有關於觀賞價值的物種部分，在地被層有雪山翻白草，若是要大面積一整片變化的物種，則可以考量巒大花楸。</p>
<p>于淑芬課長：</p> <p>1. 秋季或初春氣候導致開花延後或敗育，其對物種的影響為何？請於報告中敘明。</p> <p>2. 2016 年有哪些延長或提早開花的物種？是否在 2018 年也有相同的反應？</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 影響較為明顯的為玉山小蘗，其在 2016 年 4 月紀錄到開花，而 2017 和 2018 年則是在 6 月才紀錄到開花，臺灣糖星草和繡球藤亦有相同的結果。</p>
<p>潘振彰技正：</p> <p>1. 自動相機在七卡山莊附近曾有一個樣點。若是許可，可以增加針對中海拔植株的觀察樣株，以比較不同海拔環境對物候的影響。</p>	<p>1. 謝謝潘技正提供訊息。本研究會新在七卡山莊合適樣株進行自動相機監測。</p>
<p>陳俊山秘書：</p> <p>1. p40 有些極端事件常引用詞 13 說明，但對一般人而言較難閱讀，是否可以抽出單獨說明、作圖與比較。</p> <p>2. 圖 14，各年間溫度與開花物種的比較上，能否把降水的趨勢與物候變化的趨勢合併在同一個圖內，方便</p>	<p>1. 將依委員意見重繪圖 13-14，做更細緻的分析。</p> <p>2. 謝謝秘書建議，會依溫度與降雨資料彙整在同一圖上，以利閱讀比較。</p>

<p>閱讀。</p>	
<p>鄭瑞昌副處長：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本年度為三年計畫的第三年，應納入前兩年的資料，繳交一個完整報告。 2. 有些物種因氣溫變化而導致較晚開花，因而面對授粉的競爭壓力，這部分是否有任何證據佐證，或者為前人研究？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理，將於成果報告中呈現。 2. 較晚開花導致授粉的競爭主要是國外研究的成果。本區的授粉昆蟲主要是雙翅目的蠅蚋或者小型鞘翅目昆蟲。若植物能早點開花，就能獨享授粉者，減少與其他物種的競爭。當植物晚開花時，授粉者在多種花間穿梭，減少授粉的專一。