

玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道開花與結實物候調查

曾喜育¹，郭礎嘉¹，陳玟璇¹，湯冠臻¹，曾彥學^{1,2}

¹國立中興大學森林學系；²通訊作者 E-mail: tseng2005@nchu.edu.tw

[摘要] 本調查於玉山國家公園境內之塔塔加-玉山主峰線步道，自塔塔加登山口起(海拔 2,600m)至玉山主峰(海拔 3,952m)，每月進行種子植物開花植物調查，進一步分析開花與結實物候種數與氣象因子關係，進行植物在不同海拔以及不同生長型、授粉媒介類型種類之開花物候比較並嘗試由植物物候觀察過程，以及相關文獻選擇可以作為研究區氣候變遷之指標物種。物候調查期間自 2013 年 2 月至同年 11 月止，開花與結實物候觀察種類計 58 科 247 種；227 種植物在調查期間開花，其中，有 11 種在冬季末期(2 月)進入盛花期，64 種植物在春季(3-5 月)進入盛花期，117 種在夏季(6-8 月)進入盛花期；29 種在秋季(9-11 月)進入盛花期。隨著氣溫上升，進入盛花期的植物種數亦增加，夏季進入盛花期的物種數達到高峰，而物種結實高峰期約較開花高峰期晚 1 個月。與氣象因子分析結果顯示，開花與結實種數與平均氣溫呈顯著正相關，而與降雨相關不顯著。本研究依 Su (1984)的山地植群海拔區域將 247 種植物進行海拔的劃分，其中 39 種植物橫跨 3 種海拔區域，57 種植物分布 2 種海拔區域，總觀海拔對植物盛花期時間的影響，大多數種類隨海拔增加而有較晚發生的現象。2013 年玉山與雪山開花物候結果比較發現，玉山地區各植群帶之植物開花物候高峰期約晚 1 個月。同一區域比較發現，2013 年開花種數高峰期較 1976-1978 年調查結果有延遲的現象，結實高峰期則沒有太大差異，春季(3-5 月)早花期種數有提早現象。基於研究結果，建議選擇玉山杜鵑等 8 種植物作為氣候指標物種供後續觀察研究，以提供作了解長期氣候變遷對臺灣高山植物繁殖之影響。

關鍵字：玉山國家公園、高山生態系、種子植物、開花與結實物候

Flowering and Fruiting Phenology along Yushan Peaks Trail from Tatachia to Yushan Main Peak in Yushan National Park

Hsy-Yu Tzeng¹, Chu Chia Kuo¹, Wen-hsuan Chen¹, Kuan-Chen Tang¹ and Yen-Hsueh Tseng^{1,2}

¹Department of Forestry National Chung Hsing University; ²Corresponding author E-mail: tseng2005@nchu.edu.tw

ABSTRACT A flowering and fruiting phenology survey was conducted once a month along Yushan Peaks Trail from Tatachia (2,600m) to Yushan Main Peak (3,952m) in Yushan National Park from February to November 2013. We analyzed the correlation between the monthly flowering and fruiting phenology and the meteorological factors, as well as compared plant phenology at different altitudes, pollination syndromes, and growth forms. Based on our results and research, we selected a few plants as indicators

of climate change in the alpine ecosystem of Yushan National Park. Flowering and fruiting phenology observations were conducted on 247 species, and the blossoms of 227 species were recorded during the survey period. Of these 227 flowering species observations, 11 species bloomed in late winter (February), 64 species bloomed in spring (March–May), 117 species bloomed in summer (June–August), and 29 species bloomed in fall (September–November). The number of flowering species in the study area increased with temperature, with most species blooming in July and August. The number of peak fruiting species were compared a month after the flowering period. The correlation analysis showed that the number of flowering and fruiting species were positively and significantly correlated with average temperature, but were insignificantly correlated with rainfall. Depending on the altitude of the Su's (1984) vegetation zones, the 247 species could be divided into three distribution types, with 39 species distributing across three different altitude regions, 57 species across two altitude regions, and the others only across one altitude region. The blossoming time of most species was delayed with increasing altitude. Compared with the flowering phenology of 2013 in Yushan and Xue Mountain area, the peak species flowering time was about one month later in Yushan. Compared to the flowering and fruiting phenology in a 1976–1978 survey in the same study region, the peak species flowering times were delayed in 2013, but the fruiting phenology was somewhat similar in the two phenology observation periods. The number of flowering species in the spring (March–May) occurred earlier in 2013. Based on these results, we suggested eight species as indicator plant for subsequent long-term survey on the impact of climate change on alpine plants in Taiwan.

Keywords: Yushan National Park, alpine ecosystem, seed plant, flowering and fruiting phenology

前言

低溫、生長季節短、土壤養分低、高輻射、日夜溫差大、特殊地形處尚有乾燥、強風等逆境等，是海拔地區限制植物生長的最重要因素(Nautiyal 2001, Körner 2003, Makrodimos *et al.* 2008, Zhang *et al.* 2010)，強烈的太陽輻射、積雪、強風等氣候變化更是決定植物是否在此生存的嚴峻考驗(Körner 2003)。然近年全球暖化(global warming)造成的氣候改變對陸域生態系已造成相當大的影響；其中，高山和兩極地區所受影響最大(Guisan *et al.* 1995, Körner 1995)；在全球暖化所造成的異常劇變天氣及氣候變遷下，高山生態系是面臨威脅最嚴重的生態系之一(Sala *et al.* 2000, Parmesan 2006)，而生長其中高山植物是面臨嚴重生存威脅。

植物物候(plant phenology)為植物生命週期中抽芽、展葉、開花、結實、落葉等現象，每年依循特定模式變化的現象，受到外在環境及植物生理適應的演化影響，各物種有不同的

物候模式，藉由對植物的定期觀測，可窺知植物與環境因子的交互關係。其中，開花與結實物候是植物繁殖生活史中最重要的一環，直接影響授粉成功率，亦影響後續成果率、種子散播率以及族群新生個體之建立。植物物候變化直接反映在區域氣候的變化，是氣候變遷最容易觀測和理想的重要感應器(Myneni *et al.* 1997)，透過長期的植物物候觀察可以監測氣候的變化(Parmesan 2006, Rötzer *et al.* 2000)。在全球暖化現象及氣候變遷情況下，在高山植物之物候受到氣候變遷的影響值得深入探討(曾喜育等 2013)。

玉山國家公園屬於高山型國家公園，是臺灣具代表性的高山生態系，保存著完整的自然資源，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，極需長期進行調查及監測的區域。因此，本研究主要針對塔塔加-玉山主峰線之高山植物建立物候基礎資料，分析開花、結實物候種數與氣候因子間關係，比較不同海拔生育地植物物候時序

差異, 以提供探討在全球氣候變遷對玉山地區植物物候可能影響, 並依調查結果選擇氣候敏感之指標植物作為長期監測觀察之物種, 提供玉山國家公園管理處在生態保育與解說教育之參考。

材料與方法

一、研究區概述

本研究區範圍為塔塔加-玉山主峰線步道, 自塔塔加登山口起(海拔 2,600m)至玉山主峰(海拔 3,952m)。據陳正祥(1957)對臺灣氣候分類, 本研究區屬於寒帶重溼氣候(AC'), 溫度低、溼度高, 冬季有霧雪。此類型氣候又可分為二型, 分別為: (1)AC'2ra': 涼而多溼, 全年不缺水, 分佈海拔 2,000-3,000m; (2)AC'1ra': 冷而多溼, 海拔 3,000m 以上, 冬季, 有積雪。依中央氣象局玉山北峰(3,858m)玉山氣象站(1981-2010 年)氣象資料顯示, 玉山氣象站年降雨量約 3,071.3mm, 本區屬夏雨集中型氣候, 10 月以後雨量減少, 無明顯之乾季。氣溫隨著海上升而呈連續之梯度變化, 最熱月為 7 月(7.6°C), 最冷月為 1 月(-1.1°C)。玉山高山地區在 11 月即可能降雪, 雪期一直延至翌年 4 月。山區之氣候頗為潮濕多霧, 故日照率低, 尤以夏季各月為然。

研究區域內的海拔梯度變化甚大, 由塔塔加登山口 2,600m 至玉山山頂 3,952m; 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, 玉山主峰線由塔塔加登山口至玉山山頂可劃分成鐵杉雲杉林帶 (*Tsuga-Picea* zone; 2,600-3,100m)、冷杉林帶 (*Abies* zone; 3,100-3,600m), 以及高山植群帶 (Alpine vegetation zone; 3,600-3,952m)等 3 個植群帶。

二、研究方法

本研究採沿線調查法(吳佳穎等 2013), 沿塔塔加登山口至玉山主峰之步道進行植物物候觀察, 針對步道兩旁生長分布之植物, 挑選

健康無病蟲害, 且達成熟開花結實之個體作為開花物候觀察對象, 並進行照片拍攝及標本採集協助物種鑑定。調查期間為 2013 年 2-11 月, 每月至少進行 1 次花期觀察, 按月分記錄開花物種。喬木植物選定繁殖成個體, 較高大者以望遠鏡觀察之; 草本植物因多成叢生長, 且越冬後隔年分布位置不定, 以同種族群為對象, 選取各植群帶內數量穩定者觀察。開花期之標準, 被子植物以花冠開放、花藥成熟至凋謝, 可為授粉媒介授粉期間為準, 裸子植物以花粉散逸或雌蕊可接受花粉時為主。植群帶內物種樣株或族群大於 30% 為開花與結實狀態時, 則予以該物種花期與果期記錄。

三、資料分析

依 Su (1984)海拔植群帶繪製花候譜, 整理統計研究區內各月開花與結實物種數, 並利用 SPSS 12.0 版進行斯皮爾曼(Spearman's rho)等級分析, 了解每月開花與結實物候種數與月平均溫和降雨之關係。為與呂理昌(1990)進行同域之開花與結實物候比較, 將每月開花與結實物候之種數除以該年度月份開花與結實物候種數之最大值, 進行最大值標準化, 求得每月開花與結實種數指標(index, %)。

結果

一、塔塔加-玉山主峰線開花物候譜

本物候調查期間自 2013 年 2 月至同年 11 月, 物候觀察種類計 58 科 247 種, 開花與結實物候調查種數最多的前三科依次為菊科 (Compositae, 38 種)、薔薇科 (Rosaceae, 18 種), 以及禾本科 (Gramineae, 16 種) (圖 1); 調查種類清單及開花物候譜如圖 2 所示。步道兩旁植物沿海拔的分布情況因生育地環境及分類群而異, 有些種類局限在狹小的區域內, 有些物種在海拔梯度跨越超過 2,000m 以上; 然而, 植物在空間上距離或海拔廣泛分布時, 因環境差異而在生理上進行適應性的調整, 以適應環境而求得生存繁衍。本研究依 Su (1984)

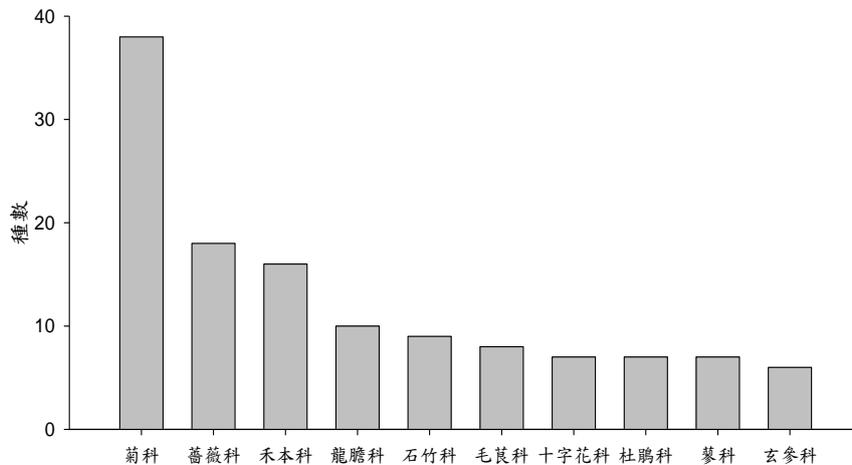


圖 1. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年 2-11 月開花與結實物候調查主要種類組成之科別

將塔塔加-玉山主峰線依海拔分成 2,600-3,100m、3,100-3,600m 及 3,600-3,952m 等 3 個海拔尺度劃分鐵杉雲杉林帶、冷杉林帶，以及高山植群帶等 3 植群帶。

本研究觀察之開花物候植物有 247 種，結實物候植物有 164 種，有 20 種只觀察到結果而未觀察到開花；於是故，227 種開花物候觀察有 38 種植物橫跨 3 植群帶，63 種植物分布 2 植群帶海拔尺度，其餘只分布在 1 個植群帶(圖 2)。調查期間開花的 227 種植物中，有 11 種植物在冬季末期的 2 月底即進入盛花期，包括有兔兒菜(*Ixeris chinensis*)、細葉山艾(*Artemisia morrisonensis*)、蔓黃苑(*Senecio scandens*)、玉山龍膽(*Gentiana scabrida*)、山櫻花(*Prunus campanulata*)、喜岩堇菜(*Viola adenothris*)、異葉紅珠(*Hemiphragma heterophyllum*)、西洋蒲公英(*Taraxacum officinale*)、玉山筷子芥(*Arabis lyrata* subsp. *kamtscatica*)、高山通泉草(*Mazus alpinus*)、臺灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*)等。在這些早花期物種中，兔兒菜、山櫻花的花期僅 1-2 個月，細葉山艾、蔓黃苑、玉山龍膽及喜岩堇菜具有不連續的開花花期，喜岩堇菜、異葉紅珠、西洋蒲公英、玉山筷子芥、高山通泉草、臺灣馬

醉木等具有超過 5 個月以上的花期；西洋蒲公英、玉山筷子芥、高山通泉草、臺灣馬醉木等 4 種在 10 個月的觀察期間都有植株開花。

春季(3-5 月)有 64 種植物進入盛花期，其中 3 月進入盛花期的植物有 20 種，法國菊(*Leucanthemum vulgare*)、鹿場毛茛(*Ranunculus taiwanensis*)、白花三葉草(*Trifolium repens*)等 3 種花期至 11 月底物候觀察結束時尚在開花；20 種 3 月開花的物種中，通條木(*Stachyurus himalaicus*)、臺灣茶藨子(*Ribes formosanum*)等 2 種植物的盛花期僅 1 個月左右。扁核木(*Prinsepia scandens*)、薄葉柃木(*Eurya leptophylla*)、長萼瞿麥(*Dianthus superbis* var. *longicalycinus*)、疏花繁縷(*Stellaria media*)、瓜子金(*Polygala japonica*)及刺花懸鉤子(*Rubus taitoensis* var. *aculeatiflorus*)等植物，其開花物候具有 2 個時期。4 月開始進入盛花期的種類有 27 種，其中塔山櫻(*Pru. obtusata*)等 7 種植物的盛花期長度僅 1 個月；金毛杜鵑(*Rhododendron oldhamii*)、黃花酢漿草(*Oxalis corniculata*)、厚葉柃木(*Eur. glaberrima*)等 3 種植物的盛花期不連續。玉山小米草(*Euphrasia transmorrisonensis*)、毛地黃(*Digitalis purpurea*)、傅氏唐松草(*Thalictrum urbaini*)、

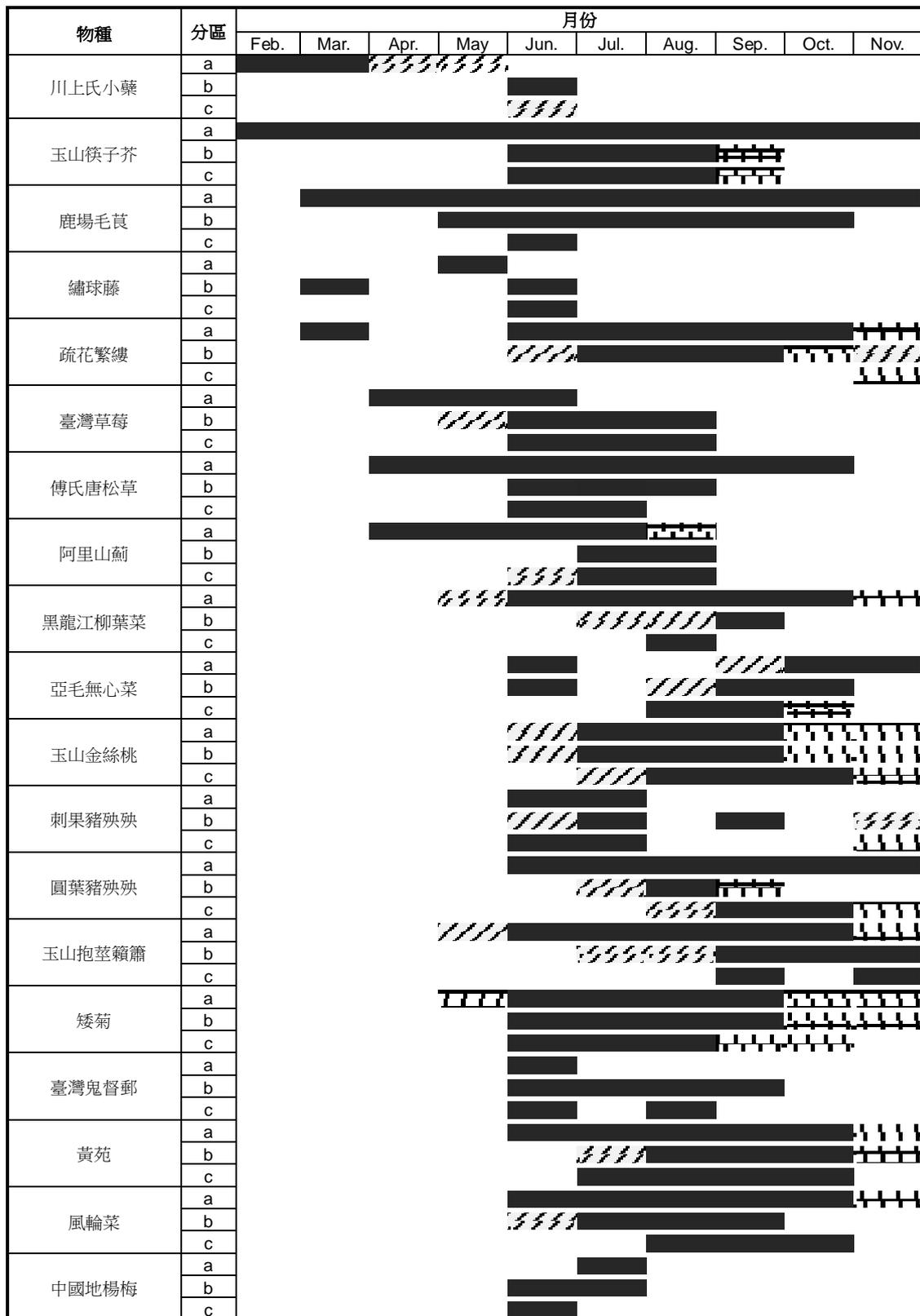
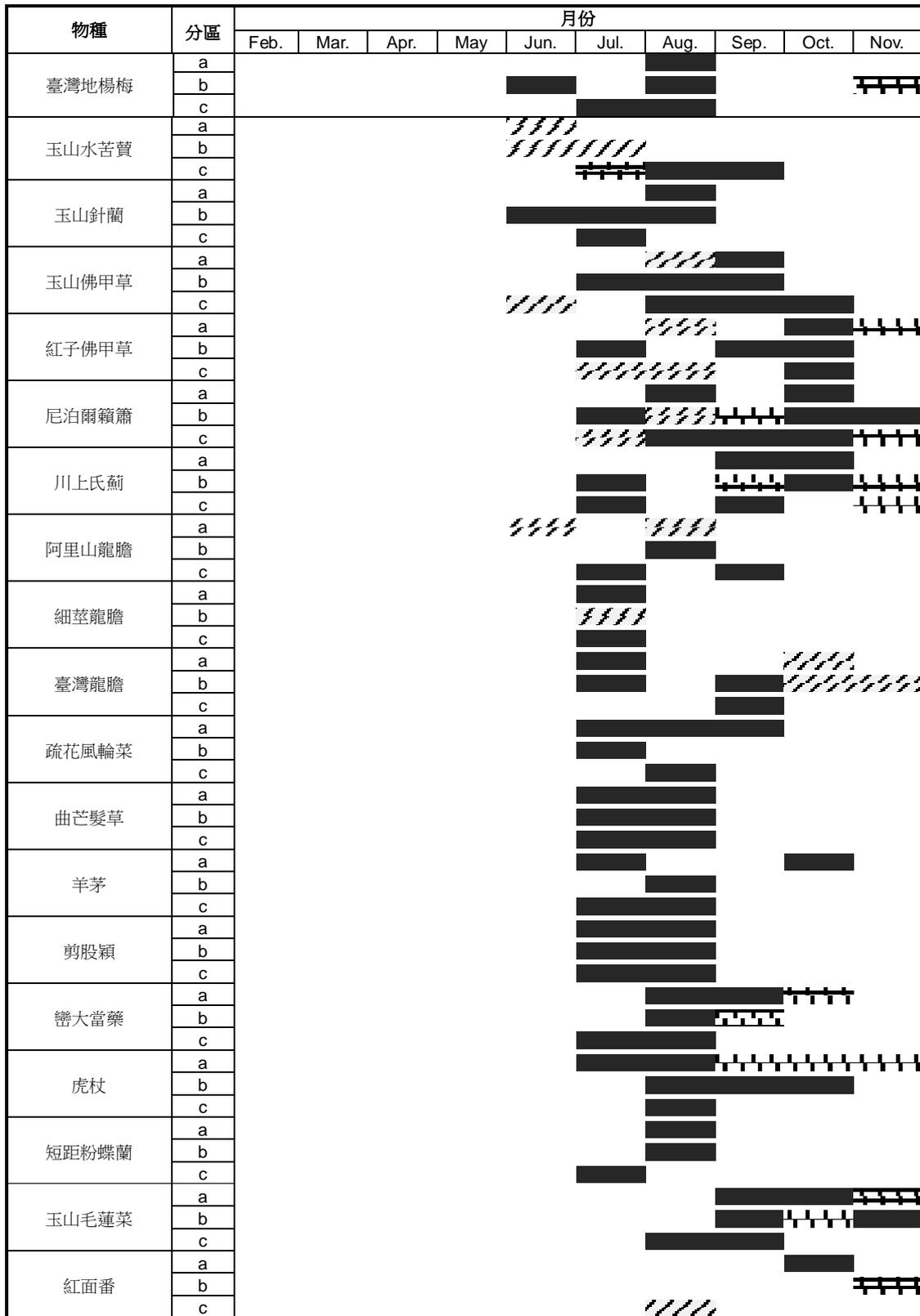
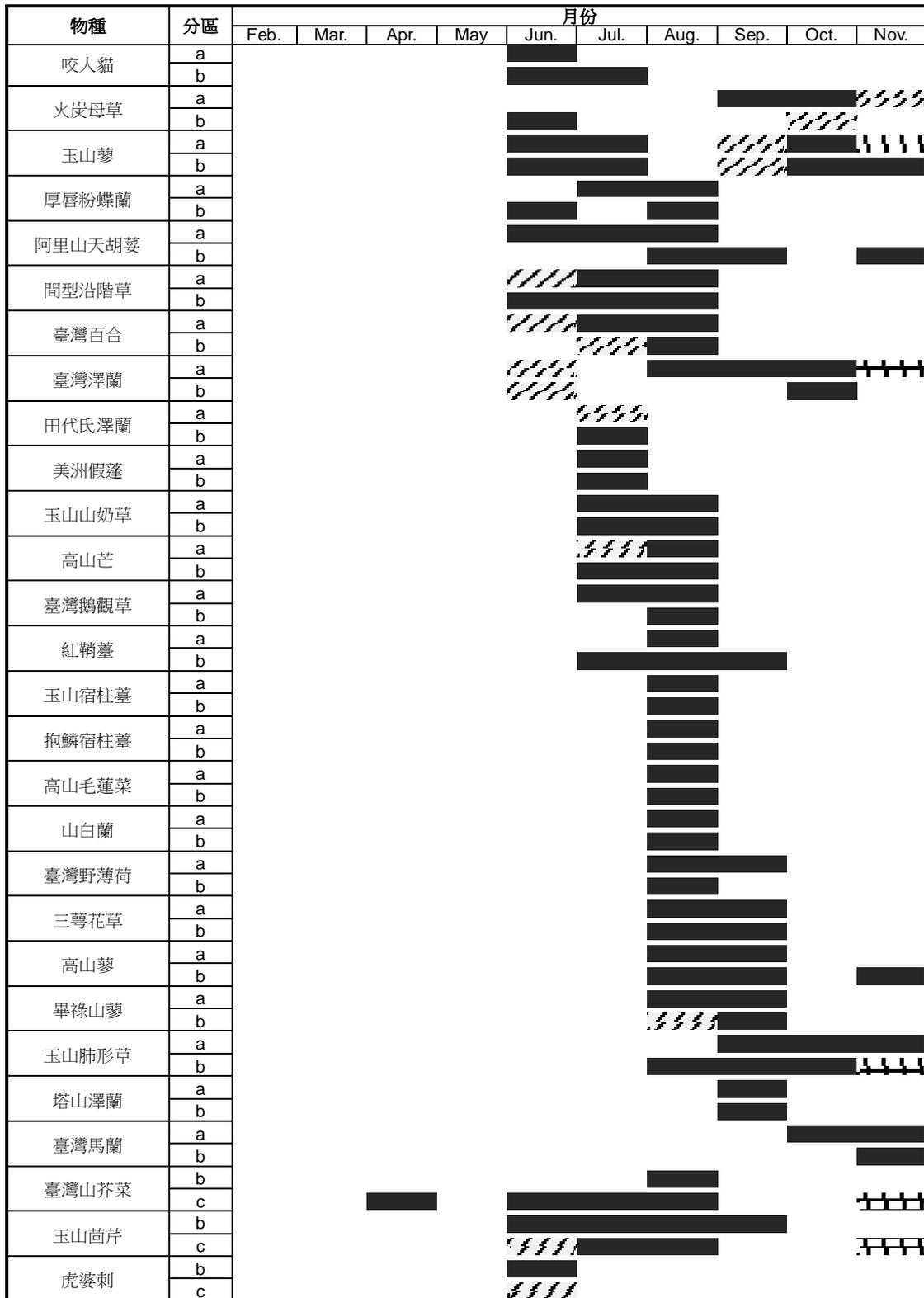


圖 2. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道不同植群帶 2013 年 2-11 月開花物候譜
 a: 海拔 2,600-3,000 m, b: 海拔 3,000-3,600 m, c: 海拔 3,600-3952 m
 // 表示花苞期, ■ 表示盛花期, ▣ 表示花謝期



(續)圖 2. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道不同植群帶 2013 年 2-11 月開花物候譜
 a: 海拔 2,600-3,000 m, b: 海拔 3,000-3,600 m, c: 海拔 3,600-3952 m
 /// 表示花苞期, ■ 表示盛花期, ■ 表示花謝期



(續)圖 2. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道不同植群帶 2013 年 2-11 月開花物候譜

a: 海拔 2,600-3,000 m, b: 海拔 3,000-3,600 m, c: 海拔 3,600-3952 m

▨ 表示花苞期, ■ 表示盛花期, ▩ 表示花謝期

物種	分區	月份									
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
毛刺懸鉤子	b										
	c										
玉山黃苑	b										
	c										
臺灣柳葉菜	b										
	c										
齒葉筷子芥	a										
	c										
高山毛茛	a										
	c										
高山艾	a										
	c										
玉山卷耳	a										
	c										
兔兒菜	a										
蔓黃苑	a										
高山沙參	a										
山櫻花	a										
喜岩堇菜	a										
高山通泉草	a										
西洋蒲公英	a										
臺灣茶藨子	a										
通條木	a										
法國菊	a										
臺灣馬桑	a										
褐毛柳	a										
大葉溲疏	a										
臺灣堇菜	a										
薄葉柃木	a										
白花三葉草	a										
繖大菝契	a										
能高刀傷草	a										
紫花地丁	a										
阿里山清風藤	a										
阿里山燈心草	a										
繖大菝契	a										
臺灣鹿藥	a										
塔山櫻	a										
長萼瞿麥	a										
臺灣黃鸝菜	a										
臺灣紅榨槭	a										
臺灣二葉松	a										
臺灣雲杉	a										
金毛杜鵑	a										
桑寄生	a										
黃花酢漿草	a										
毛地黃	a										
華山松	a										
雲葉	a										
夏皮楠	a										

(續)圖 2. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道不同植群帶 2013 年 2-11 月開花物候譜

a: 海拔 2,600-3,000 m, b: 海拔 3,000-3,600 m, c: 海拔 3,600-3952 m

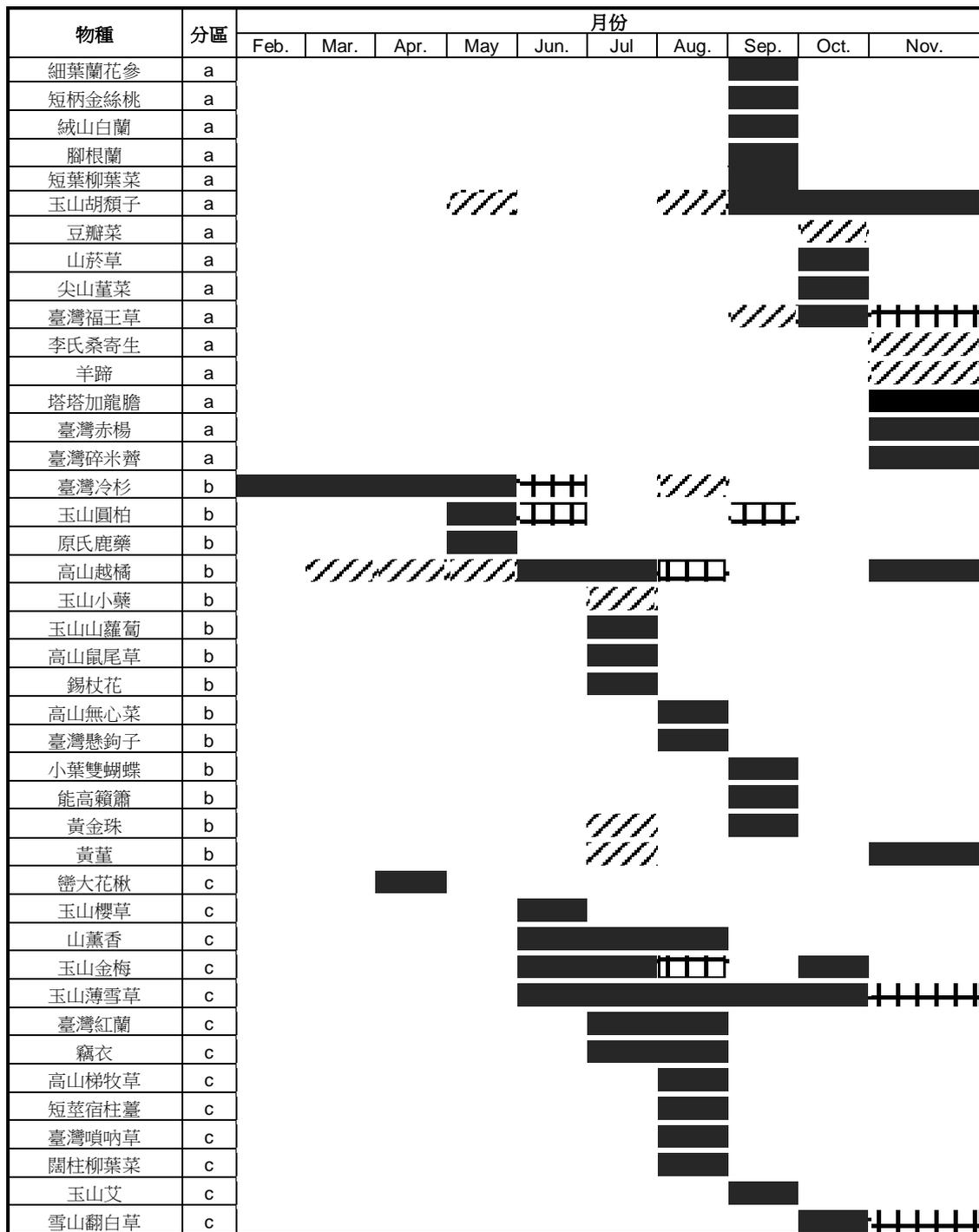
▨ 表示花苞期, ■ 表示盛花期, ▩ 表示花謝期

物種	分區	月份									
		Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
玉山鋪地蜈蚣	a			▨	■	■	■	■	■		
球序卷耳	a			▨	■	■	■	■			
鵝仔菜	a				■	■	■				
玉山木薑子	a				■	■	■				
鴨茅	a				■	■	■				
玉山女貞	a			▨	■	■	■				
大葉桑寄生	a				■	■	■				
狗筋蔓	a				■	■	■				
玉山飛蓬	a				■	■	■	▨			
小實女貞	a			▨	■	■	■	■			
纈草	a			▨	■	■	■	■	▨		
森氏山柳菊	a				■	■	■	■	▨		
大枝掛繡球	a			▨	■	■	■	■	▨		
車前草	a				▨	■	■	■	■	▨	
一枝黃花	a				■	■	■	■	■	▨	
黃菖草	a				■	■	■	■	■	▨	
海螺菊	a				■	■	■	■	■	▨	
南燭	a				▨	■	■	■	▨		
祝山柃木	a					■	■	■	▨		
小苜蓿	a					■	■	■			
小酸模	a					■	■	■			
直立紅藤草	a					■	■	■			
南湖大山紫雲英	a					■	■	■			
球花繁縷	a					■	■	■			
福山氏飛蓬	a					■	■	■			
劉氏薑	a					■	■	■			
蓬萊毛茛	a					■	■	■			
山薄荷	a					■	■	■		■	
粗毛小米菊	a					■	■	■		■	
能高大山紫雲英	a					▨	■	■			
太平山莢蒾	a			▨	▨	▨	▨	▨			
金劍草	a					■	■	■	▨		
小白頭翁	a					▨	■	■	■	▨	
紫花鳳仙花	a					■	■	■	■	▨	
冇骨消	a						■	■	■		
長梗盤花麻	a						■	■	▨		
高山油點草	a						■	■	▨		
黃花月見草	a						■	■			
臺灣粉條兒菜	a						■	■			
齒葉南芥	a						■	■			
高山鴨腳木	a						▨	■	■		
高山當藥	a						■	■	■		
彎果黃堇	a						■	■	■		
阿里山瑞香	a						■	■	▨		
山槲牛兒苗	a							■	■		
長葉蜻蛉蘭	a							■	■		
狹葉簇生卷耳	a							■	■		

(續)圖 2. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道不同植群帶 2013 年 2-11 月開花物候譜

a: 海拔 2,600-3,000 m, b: 海拔 3,000-3,600 m, c: 海拔 3,600-3952 m

▨ 表示花苞期, ■ 表示盛花期, ▨ 表示花謝期



(續)圖 2. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道不同植群帶 2013 年 2-11 月開花物候譜

a: 海拔 2,600-3,000 m, b: 海拔 3,000-3,600 m, c: 海拔 3,600-3952 m

▨ 表示花苞期, ■ 表示盛花期, ▨ 表示花謝期

玉山懸鉤子(*Ru. rolfei*)等 4 種植物的盛花期可長達半年以上。5 月開始進入盛花期的物種有 16 種，鐵杉(*Tsuga chinensis*)等 7 種植物的盛花期長度僅 1 個月；矮菊(*Myriactis humilis*)、

高山白珠樹、臺灣龍膽(*Ge. davidii* var. *formosana*)等 3 種植物的花期超過半年。

夏季(6-8 月)進入盛花期有 117 種，其中 6 月進入盛花期的種類有 42 種，玉山櫻草等 9

種的盛花期長度僅 1 個月；花期可長達半年以上的種類有黑龍江柳葉菜(*Epilobium amurense*)等 9 種。7 月進入盛花期的種類有 47 種，玉山山蘿蔔等 15 種的盛花期僅 1 個月。8 月有 28 種進入盛花期種類，高山芒(*Miscanthus sinensis*)等 14 種植物的盛花期僅 1 個月。

秋季(9-11 月)進入盛花期的有 29 種，屬於晚花期植物；9 月進入盛花期種類有 21 種，其中玉山黃苑(*Se. morrisonensis*)等 17 種盛花期僅 1 個月。10 月有 4 種植物進入盛花期；11 月進入盛花期有臺灣碎米薺(*Cardamine hirsuta*)、臺灣赤楊(*Alnus formosana*)、塔塔加龍膽(*Gentiana tatakensis*)、黃堇(*Corydalis pallida*)等 4 種，此類植物為本區最晚進入開花的物種。

38 種橫跨 3 種海拔的植物中，川上氏小蘗(*Berberis kawakamii*)、玉山筷子芥、鹿場毛茛等 18 種在較低海拔分布的個體開花要比較高海拔來得早約 1-4 個月不等；矮菊、臺灣鬼督郵(*Ainsliaea latifolia* subsp. *henryi*)、曲芒髮草(*Deschampsia flexuosa*)、剪股穎(*Agrostis clavata*)等 4 種在 3 種海拔沒有差異；玉山毛蓮菜(*Picris hieracioides* subsp. *morrisonensis*)、短距粉蝶蘭(*Platanthera brevicealcarata*)、中國地楊梅(*Luzula effusa*)、密大當藥(*Swertia macrosperma*)、川上氏薊(*Cirsium kawakamii*)等 5 種植物在較高海拔植株有較早進入盛花期的現象；而繡球藤(*Clematis montana*)、阿里山忍冬(*Lonicera acuminata*)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense*)、尼泊爾籟簫(*Anaphalis nepalensis*)等 12 種植物的盛花期沒有與海拔呈明顯關係。

63 種分布 2 種海拔區域的植物中，高山薔薇(*Rosa transmorrisonensis*)、高山白珠樹(*Gaultheria itoana*)、玉山蓼(*Polygonum runcinatum*)等 23 種植物的盛花期隨海拔增加而延後，胡氏懸鉤子(*Ru. hui*)、異葉紅珠、塔山澤蘭(*Eupatorium chinense*)、玉山黃苑等 18 種植物的盛花期與海拔沒有明顯關係，高山

芒、間型沿階草(*Ophiopogon intermedius*)、厚唇粉蝶蘭(*Pl. mandarinorum* subsp. *pachyglossa*)、玉山肺形草(*Tripterispermum lanceolatum*)等 10 種植物盛花期隨海拔增加而較早發生。總觀海拔對植物盛花期時間的影響，大多數種類隨海拔增加而有較晚發生的現象。

二、植物開花、結實物候與氣象因子之關係

塔塔加-玉山主峰線 2013 年 2-11 月之植物開花之物種數隨著月份而增加，即隨氣溫增加而增加，開花物種數高峰期發生在 7-8 月，後開始下降；開花物種數高峰期較 9 月最高月均溫晚 1 個月；結實物候種類高峰期在 9 月，較開花物種高峰期晚約 1 個月(圖 3)。結合玉山氣象站資料分析顯示，塔塔加-玉山主峰線步道植物開花物種數大致有隨著氣溫升高有明顯增加趨勢($\rho=0.868$, $p=0.001$)，與降雨量相關亦為顯著($\rho=0.620$, $p=0.028$)；逐月結實物候種數與氣溫呈正相關($\rho=0.782$, $p=0.004$)，與降雨相關不顯著($\rho=0.128$, $p=0.363$)，表 1、圖 4)。因 5 月調查期間豪大雨，排雲山莊至玉山頂封閉而無法調查，僅能調查排雲山莊前的開花植物，加上梅雨季節連日豪大雨使花朵凋謝，致使 5 月開花物種數增加減少，此現象可由 3,100-3,600m 以上開花植物數量減少亦可佐證(圖 4)。

研究區各個植群帶的植物開花物候種數高峰期皆發生在 8 月，逐月結實物種數在各植群帶之高峰期皆為 9 月，較開花物候數高峰期晚約 1 個月(圖 4)。將研究區之開花物候區分不同海拔(植群帶)與氣溫、降雨進行分析結果顯示，除了 2,600-3,100m(鐵杉-雲杉林帶)之開花種數與氣溫、降雨呈顯著正相關外(表 1、圖 4)，3,100-3,600m(冷杉林帶)與 3,600~3,952m(高山植群帶)之開花物候種數只與氣溫呈顯著正相關(表 1、圖 4)；鐵杉-雲杉林帶的開花物候與降雨呈顯著正相關($\rho=0.721$, $p=0.009$)。植物的結實物候中，除 2,600-3,100m 的結實種數未與氣溫呈顯著正

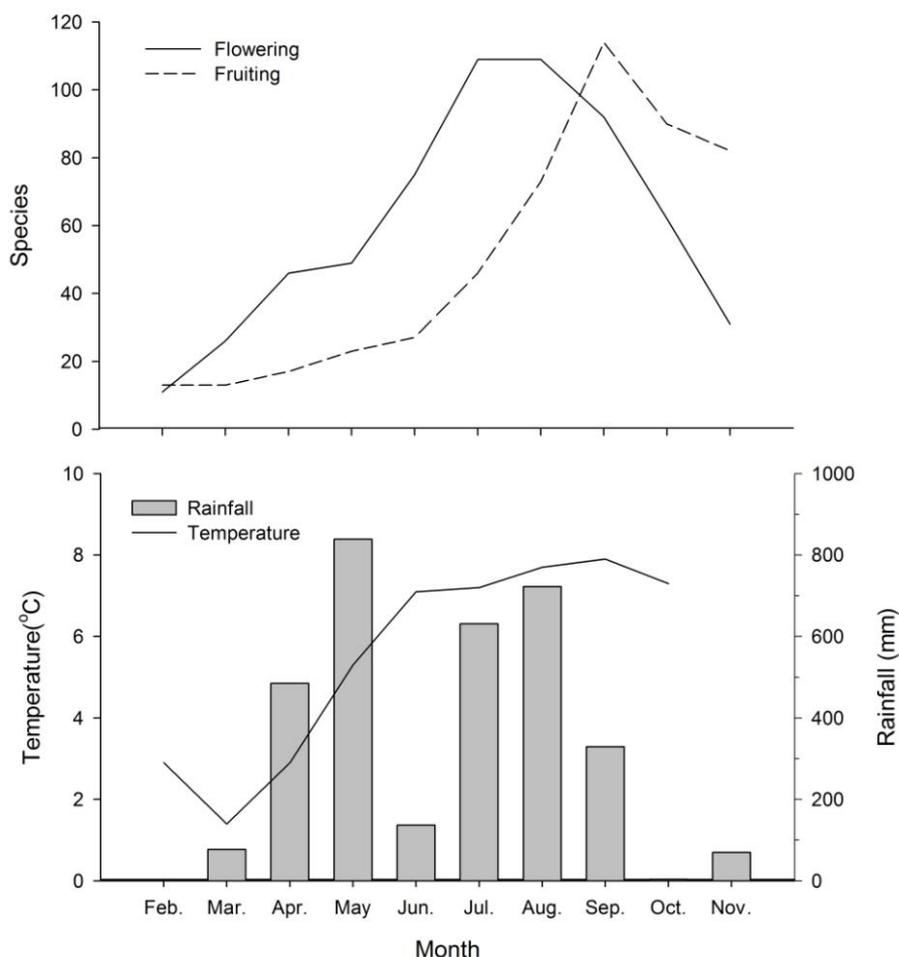


圖 3. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道沿線 2013 年 2-11 月之每月開花與結實種數與氣象關係圖(氣象資料來源：中央氣象局玉山氣象站)

表 1. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年 2-11 月之每月開花及結實物候種數與玉山氣象站之氣溫、降雨斯皮爾曼(Spearman's rho)等級相關分析

		全區 花候	全區 果候	2,600~ 3,100 m 花候	2,600~ 3,100 m 果候	3,100~ 3,600 m 花候	3,100~ 3,600 m 果候	3,600~ 3,952 m 花候	3,600~ 3,952 m 果候
氣溫	rho	0.868	0.782			0.769	0.644	0.735	0.766
	p	0.001	0.004			0.005	0.022	0.008	0.005
雨量	rho	0.620	0.128			0.456	-0.091	0.375	0.125
	p	0.028	0.363			0.093	0.401	0.143	0.365

相關($\rho=0.378$, $p=0.141$)外，在全區或其餘海拔區域的結果種數皆與氣溫呈顯著正相關，而與雨量相關不顯著(表 1)。

本研究與呂理昌(1990)在塔塔加-玉山主

峰線之開花與結實物候比較發現(圖 5)，本研究 2013 年開花種數高峰期發生在 7-8 月，較與呂理昌(1990)1976-1978 年調查結果有延遲的現象，結實高峰期則沒有太大差異；此外，

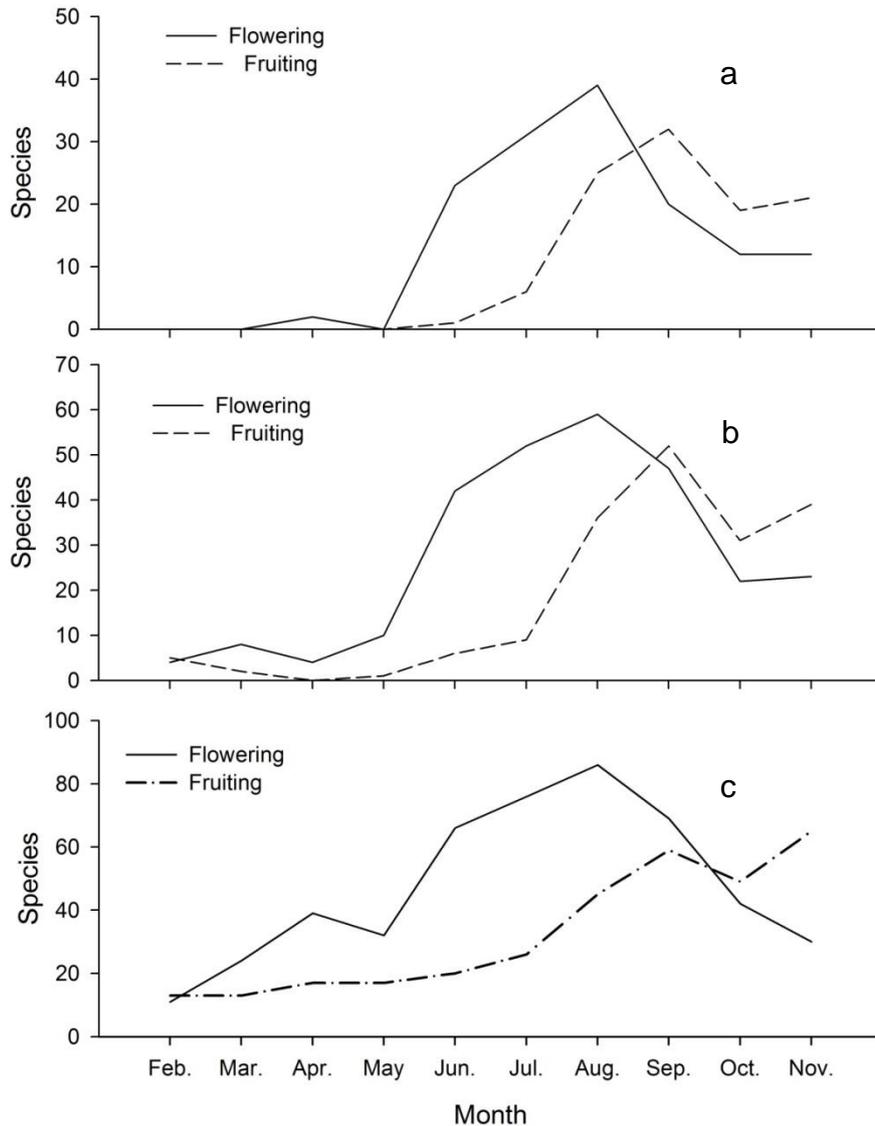


圖 4. 玉山國家公園塔塔加-玉山主峰線步道 2013 年 2-11 月不同植群帶之開花與結實種數月變化趨勢 a. 海拔 3,600-3,952 m (高山植群帶)；b. 海拔 3,100-3,600 m (冷杉林帶)；c. 海拔 2,600-3,100 m (櫟林帶)

本研究調查發現，春季(3-5 月)早花期種數部分則較呂理昌(1990)有提早現象，結實物種數亦有提早情形(圖 5)。

討論

一、塔塔加-玉山主峰線開花物候譜

大多數研究報告指出，隨海拔升高，植物開花物候有延後的現象(呂理昌 1990，張又敏

2006，溫英杰等 2008，潘振彰 2012，王年金等 2010，潘振彰等 2013，吳佳穎等 2013，Blionis *et al.* 2001, Pellerin *et al.* 2012)。例如呂理昌(1990)觀察玉山國家公園相同物種開花物發現，隨海拔的升高開花期會延遲半個月至 1 個；Blionis *et al.* (2001)觀測 9 種桔梗屬 (*Campanula*)植物花候，發現大部分海拔較低者較海拔高有花期較早的傾向；張又敏(2006)探討金毛杜鵑垂直高度的開花模式，發現金毛

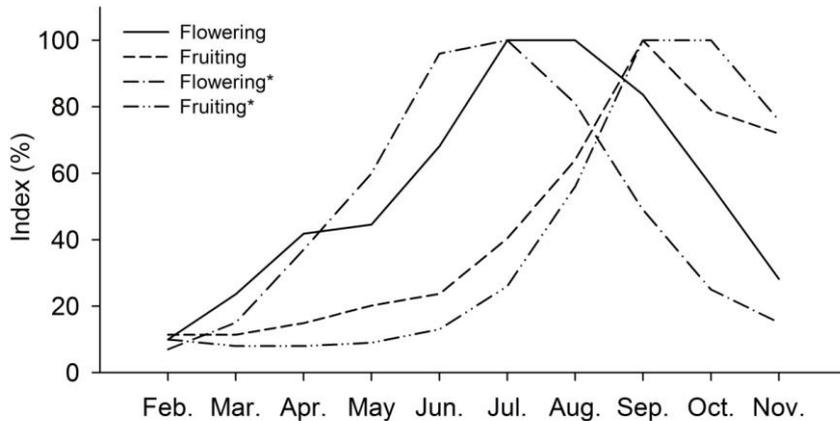


圖 5. 玉山國家公園不同年度開花與結實物候比較圖。星號為呂理昌(1990)調查結果

杜鵑全年開花，隨著海拔上升，盛花期由低海拔 2-5 月轉移至中海拔 7-10 月；溫英杰等(2008)觀察比較阿里山山櫻(*Pru. transarisanensis*)開花期顯示，阿里山櫻開花期隨著海拔上升而延後。王年金等(2010)研究馬尾松(*Pinus massoniana*)開花物候顯示，分布於海拔較低的個體花期較早；Pellerin *et al.* (2012)研究木本植物葉候發現海拔每上升 100 m，植物抽芽展葉時間延後 2.4 - 3.4 天；潘振彰等(2013)觀察不同海拔玉山杜鵑物候發現，玉山杜鵑的始花期、展葉期在 3 種不同海拔環境呈顯著差異。

隨海拔升高，最明顯的變化因子為溫度隨之下降，一般絕熱遞減律(adiabatic lapse rate)為每上升 100m，溫度下降 0.6-1°C，隨地區濕度而有所增減。海拔是一個間接因子，反映溫度等環境因子的變化，顯示隨海拔升高，熱量累積較緩慢，而熱量多寡為造成物候時序變化的主因。上述植物隨海拔升高而開花物較慢的物種，其可能因熱量累積較慢致使開花期較慢的原因。然而，亦有研究發現有些植物開花物候未隨海拔升高而有明顯提早現象。Sandring *et al.* (2007)研究筷子芥屬(*Arabis*)植物不同海拔之開花物候比較發現，高山較低地族群花期開始時間相差不大，但結束時間較為延遲。此外，吳佳穎等(2013)觀察雪山地區物候發現，部分物種如臺灣鬼督郵和一枝黃花(*Solidago virgaurea*)的花期隨海拔上升而提前的現象。

隨著海拔升高，平均溫度愈低，對植物的熱量累積愈不易。然在高山生態系中，海拔除了反映在溫度的差異外，坡向、坡度、土壤性質等環境，以及木本植物建構的林下生育地等不同，造成棲地的異質性增加，此反映在光照、溫度、相對濕度等生態因子的差異，可能造成植物盛花期未隨著海拔增加而有延後現象。吳佳穎等(2013)研究發現，對分布海拔較大的多數種類而言，隨海拔增加其進入盛花期的時間較慢，部分種類的盛花期則沒有與海拔有關，而少數種類在較高海拔植株盛花期有較早發生，此反映在高山微環境異質性。海拔的變化伴隨環境梯度及生育地異質性，垂直高度分層上不同高度層次的生育地因子，除了反映在溫度的變化外，在光量、濕度等環境因子亦有所差異(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983)；再者，降雪頻率、太陽輻射量等隨海拔升高間接導致資源有效性降低(Körner 2003)。因為海拔梯度包含許多環境因子，綜合表現出不同海拔梯度生育地環境的複雜性(劉棠瑞、蘇鴻傑 1983)，影響植物在海拔分布上開花物候時序的變化。

扁核木(*Prinsepia scandens*)、薄葉柃木(*Eurya leptophylla*)、長萼瞿麥(*Dianthus superbus* var. *longicalycinus*)、疏花繁縷(*Stellaria media*)、瓜子金(*Polygala japonica*)及刺花懸鉤子(*Rubus taitoensis* var. *aculeatiflorus*)等植物，其開花物候具有 2 個時期，此可能因

沿步道取樣調查數量不足，或這些物種實際的開花物候呈現。

二、植物開花、結實物候與氣象因子之關係

吳佳穎等(2013)研究雪山地區高山植物開花物候發現，氣溫是影響高山地區植物開花物候最顯著因子，反映氣溫是高山地區植物生長、繁殖最直接的限制因子。呂理昌(1990)指出，由於 1978 年平均溫度較低，致使植物較 1976-1977 年有延遲開花的現象。然而，隨著海拔升高，年平均溫度愈低，反映出植物所需熱量不足；高山(呂理昌 1990，邦卡兒·海放南 2007，李向前等 2009，吳佳穎等 2013，曾喜育等 2013，Tébar *et al.* 2004，Zang *et al.* 2010，Kudo and Hirao 2006，Blionis *et al.* 2001)及溫帶地區(Kang and Jang 2004)的植物物候研究發現，植物種類開花物候多發生在其生育地環境高溫的時期。高山植群帶的植物開始開花的時間最晚，4-5 月才開始有植物開花，反映出隨塔塔加-玉山主峰線步道的海拔增加，熱能相較累積較慢，植物開始開花的時間就相對較慢。

隨著平均氣溫增加，塔塔加-玉山主峰線步道沿線的進入盛花期的植物種數亦增加，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，以 7、8 月(42 種)最高，此大致與呂理昌(1990)1976-1978 年的觀察結果相符(7 月為開花種數最高峰期)(圖 5)；然而，可能因呂理昌(1990)的研究區域較本研究來得大，較低海拔調查物種較多，致使開花種類高峰發生較早(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。鐵杉-雲杉林帶的開花物候與降雨呈顯著正相關，此可能顯示著較低海拔的植物開花物候除受氣溫影響外，對降雨的作用性較其他較高海拔植物來得敏感。

然有趣的是，本研究開花種數或進入盛花期種數的高峰期皆未發生在本(2013 年)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)、曾喜育等(2013)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。而隨著月均溫的升高，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 1980-2012 年的玉山氣象站資料發現(圖 6)，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)1976-1978 年調查結果比較發現而有略延遲的現象(圖 5)。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化的氣候變遷所造成，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。

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(Giménez-Benavides *et al.* 2011)。相較於較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。

2013 年玉山與雪山(曾喜育等 2013)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所致。

基於本物候調查結果和前人研究(潘振彰

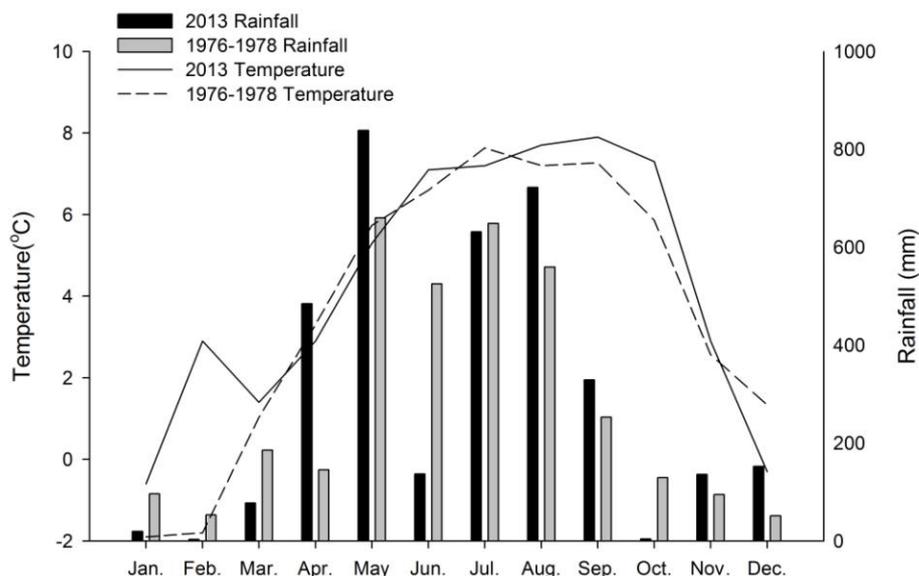


圖 6. 中央氣象局玉山氣象站 2013 年與 1981-2012 年之 23 年平均氣溫與降雨比較圖

2012, 潘振彰等 2013, 吳佳穎等 2013, 曾彥學等 2013), 建議本研究區選擇適當的物種為氣候指標, 進一步使用數位照像機進行每日定時拍攝以形成縮時攝影方式, 可提供了解並探討長期氣候變遷對臺灣高山植物繁殖的影響。依植物地理分布代表性(特有種)、稀有性, 以及物候相對敏感等特性, 適合可供作物候指標的建議種類有木本植物的玉山杜鵑、紅毛杜鵑(*Rh. oldhamii*)、塔山櫻、臺灣馬桑(*Coriaria japonica* subsp. *intermedia*)、褐毛柳(*Salix fulvopubescens*)等, 草本植物有玉山櫻草(*Primula miyabeana*)、玉山黃菀、雪山翻白草(*Potentilla tugitakensis*)等 8 種植物作玉山高山生態系長期物候調查之氣候指標物種, 以進一步提供探討長期氣候變遷對臺灣高山植物繁殖的影響。

結論

本年度(2013 年)的調查中, 雖然有發現少數異常開花現象, 然而氣候變遷是否為肇因, 由於研究區物候調查僅近 1 年資料尚無法下結論, 此有待更長久的物候觀測才能獲得較完整的資料去驗證。2013 年 2-11 月塔塔加-玉山

主峰線之植物種類開花物候隨氣溫增加而增加, 種類數量與氣溫呈顯著正相關, 而雨量與開花物種數相關不若氣溫顯著。當研究區進入夏季時, 進入盛花期的物種數達到高峰; 多數植物之盛花期有隨著海拔提升而延後的趨勢。

引用文獻

- 王年金、何玉友、秦國峰、儲德裕、胡健生。2010。馬尾松雄球花成熟期及受氣溫影響的觀測。林業科學研究 23 (6):905-909。
- 吳佳穎、曾喜育、邱清安、王秋美、劉思謙、曾彥學。2013。雪山雪東線步道種子植物開花物候之調查。林業研究季刊 35(4):223-240。
- 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委託報告, 共 51 頁。
- 李向前、賈鵬、章志龍、杜國楨。2009。青藏高原東緣高寒草甸植物群落的開花物候。生態學雜誌 28(11):2202-2207。
- 邦卡兒·海放南。2007。塔塔加地區高山植物的物候期。林業研究專訊 14(5):16-22。

- 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。
- 陳正祥。1957。氣候之分類與分區。國立臺灣大學農業實驗林林業叢刊第七號，174 頁。
- 曾彥學、曾喜育、王偉、王建皓、劉思謙。2013。第二章：雪山植物開花物候與植群動態之研究。曾彥學、曾喜育，氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告，2-1~2-132 頁。
- 溫英杰、張靜誼、高建元。2008。阿里山山櫻遺傳多樣性之研究。臺灣農業研究 57 (4):233-242。
- 劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。臺灣商務印書館，233-238 頁。
- 潘振彰、曾彥學、邱清安、曾喜育。2013。雪山地區玉山杜鵑物候之研究。林業研究季刊 35(2):71-86。
- 潘振彰。2012。溫度對雪山地區玉山杜鵑開花物候之影響。國立中興大學森林學系碩士論文，共 68 頁。
- Blionis GJ, JM Halley, and D Vokou. 2001. Flowering phenology of *Campanula* on Mt. Olympos, Greece. *Ecography* 24:696-706.
- Guisan AJ, 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). Geneva: Ville de Geneve. 194pp.
- Gimeñez-Benavides L, R Garcı́a-Camacho, J Marı́a Iriondo and A Escudero. 2011. Selection on flowering time in Mediterranean high-mountain plants under global warming. *Evolutionary Ecology* 25:777-794.
- Inouye DW. 2008. Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane. *Ecology* 89(2):321-331.
- Kang H and J Jang. 2004. Flowering patterns among angiosperm species in Korea: diversity and constraints. *Journal of Plant Biology* 47(4):348-355.
- 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 ecosystem. 2nd ed. Springer incorporation. p.223-335.
- Kudo G and AS. Hira. 2006 Habitat-specific responses in the flowering phenology and seed set of alpine plants to climate variation: implications for global-change impacts. *Population Ecology* 44(1):49-58.
- Makrodimos N, GJ Blionis, N Krigas and D Vokou. 2008. Flower morphology, phenology and visitor patterns in an alpine community on Mt. Olympos, Greece. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 203:449-468.
- Myneni RB, CD Keeling, CJ Tucker, G Asrar and RR Nemani. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981-1991. *Nature* 386:698-702.
- Nautiyal P. 2001. Spawning ecology and threats to Mahseer. In: Coldwater Aquaculture and Fisheries (eds. Singh HR and WS Lakra), Narendra Publishing House p.291-306.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Ecology, Evolution, and Systematics* 37:637-669.
- Pellerin M, A Delestrade, G Mathieu, O Rigault and NG 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.
- Rötzer T, M Wittenzeller, H Haeckel and J Nekovar. 2000. Phenology in Central Europe-differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *International Journal of Biometeorology* 44:60-66.
- Sala OE, FS Chapin III, JJ Armesto, R Berlow, J Bloomfield, R Dirzo, E Huber-Sanwald, LF Huenneke, RB Jackson, A Kinzig, R Leemans, D Lodge, HA Mooney, M Oesterheld, NL Poff, MT Sykes, BH Walker, M Walker and DH Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.
- Sandring S, MA Riihimaki, O Savolainen, and J Agren. 2007. Selection on flowering time and floral display in an alpine and a lowland population of *Arabidopsis lyrata*. *Journal of Evolutionary Biology* 20(2):558-567.
- Su HJ. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II). Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4):57-73.
- Tébar FJ, L Gil and L Llorens. 2004. Flowering and fruiting phenology of a xerophytic shrub community from the mountain of Mallorca (Balearic islands, Spain). *Plant Ecology* 174:293-303.
- Zhang L, R Turkington, and Y Tang. 2010. Flowering and fruiting phenology of 24 plant species on the north slope of Mt. Qomolangma (Mt. Everest). *Journal of Mountain Science* 7(1):45-54.