玉山國家公園塔塔加─玉山主峰步道沿線高山植物物候與氣候變遷影響之研究(2/3)

受委託單位：國立中興大學

研究主持人：曾喜育

協同主持人：曾彥學

研究期程：中華民國 106 年 1 月至 106 年 12 月

研究經費：新臺幣 89 萬元

玉山國家公園管理處 委託研究

中華民國 106 年 12 月

本報告內容純屬研究小組意見

目錄

目錄 1
表目錄 2
圖目錄 3
摘要 4
Abstrcat 7
一、計畫緣起及目的 8
二、計畫工作項目及目標 10
三、前人研究 11
四、研究區概況 16
(一)計畫研究範圍 16
(二)地形、地質與土壤 16
(三)氣候 17
(四) 玉山主峰線步道植群帶 17
五、研究材料與方法 19
(一)資料蒐集與物候調查 19
(二)資料分析 20
六、結果與討論 22
(一)2017 年開花結實物候 22
(二)不同年度春季開花結實物候比較 43
七 玉山物候監測志工教育訓練計 73
八、引用文獻 74
附錄二、玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月開花結實物候譜 (資料來源：本研究團隊) 87
附錄三、玉山物候監測志工教育訓練活動紀錄 100
附錄四、期中報告意見回覆 101
附錄五、期末報告意見回覆 102

表目錄

表 1. 玉山主峰沿線步道之植群帶劃分 18
表 2. 玉山主峰線步道沿線植物物候調查物種數統計。 22
表.3 玉山北峰氣象站 2012-2017 與 1961-2017 年月均溫以及月均溫在 1961-2017 年 57 年間的高溫排名 44
表 4. 玉山主峰線步道 2017 年植物開花物候縮時攝影拍攝目標物種及其地理位置 62
表 5. 塔塔加玉山主峰線步道 2016 年植物開花物候縮時攝影拍攝目標物種及花期 63
表 6. 塔塔加玉山主峰線步道 2017 年植物開花物候縮時攝影拍攝目標物種及花期 63
表 7.玉山主峰線步道沿線 2017 年 1-10 月縮時攝影積溫推估 64
表 8. 玉山物候監測課程時間表 73

圖目錄

圖 1.玉山主峰沿線高山植物物候調查路線及範圍。 17
圖 2.玉山主峰沿線生態氣候圖。 19
圖 3.玉山主峰線沿線 2017 年 1-10 月植物物候調查主要開花科別。 22
圖 4.玉山主峰線步道沿線 2016 年與 2017 年逐月物種開花比較圖。 25
圖 5.玉山主峰步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查不同植群帶開花物種數比較。 27
圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。 28
圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。 36
圖 8.玉山主峰線步道沿線 2013 年 2-12 月、2016 年 3-12 月及 2017 年 1-10 月逐月開花種數與氣候比較。 46
圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2016-2017 年開花物候譜。 47
圖 10.玉山主峰線步道沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 8 及 15 在 3 種基礎準溫度的積溫累積圖。 65
圖 11.玉山主峰線步道 2017 年玉山杜鵑樣株 8(a)與樣株 15 (b)棲地時均溫分布圖。 66
圖 12.玉山主峰步道沿線玉山杜鵑花芽解剖圖。 67
圖 13.玉山主峰步道沿線玉山杜鵑花芽與枝芽。 67
圖 14.玉山主峰步道沿線玉山杜鵑花芽生長圖。 68
圖 15.玉山主峰沿線 2017 年玉山金梅物候縮時縮時攝影。 69
圖 16.玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 8 物候縮時縮時攝影。 69
圖 17.玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 10 物候縮時縮時攝影。 70
圖 18.玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 15 物候縮時縮時攝影。 70
圖 19 玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 16 物候縮時縮時攝影。 71
圖 20.玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 19 物候縮時縮時攝影。 72

摘要

一、研究緣起與背景

高山地區的低溫、高輻射及降雪等特殊環境，成為物種在生長過程中的限制因子。全球暖化及氣候變遷趨勢對高山植物之生存造成威脅，生存於高海拔的物種面臨繁衍和生存危機。植物物候直接反映在氣候的改變，其中，開花物候是植物繁殖生活史中最重要的一環，直接影響授粉成功率，亦影響後續成果率、種子散播率，其對氣候變化敏感，可作為氣候變遷的直接或間接指標。因此，本調查主要針對開花物候部分觀察，提供繁殖生態學術研究之基礎資料，進一步研究、探討物種的生存策略，對於物種資源保育提供重要資訊。

二、研究方法與過程

本調查於2016年3-12月及2017年1-10月在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3,952 m)，每月進行種子植物物候觀察，進一步了解之氣象因子與植物物候關係，不同海拔、生育地等環境對物候之影響，以及植物生活型、授粉方式、種子類型與氣象因子之關係等，並嘗試由植物物候觀察過程中，選擇可以作為氣候變遷之指標物種。另一方面，本調查成果可轉換成科普文章或教育解說手冊，提供玉山國家公園作為登山遊憩賞花資訊。

三、重要發現

(一) 本研究2017年1-10月物候調查中，記錄50科129屬194種植物開花，其中雙子葉植物有42科103屬138種，佔所有物種的81.96%。在物候調查植物的科層級種數中以菊科最多(31種)，薔薇科其次(17種)、其它數量較多的有龍膽科 (10種)、杜鵑花科 (6種)

(二) 研究區植物種類開花物候隨氣溫增加而增加，開花物種數與氣溫呈顯著正相關，雨量與開花物種數相關不若氣溫顯著。

(三)結實物種物候趨勢與開花相似，果期較長的物種可概略區分成兩群，一群為果實發育期長，發育到成熟可能要數月的時間，如玉山杜鵑以及臺灣紅榨槭；而裸子植物如刺柏、臺灣鐵杉、臺灣冷杉、臺灣二葉松等，自雌花授粉後到果實成熟，發育時間可能會長達 1-2 年，因此全年可以幾乎調查到果實。另一群植物如異葉紅珠、厚葉柃木、臺灣馬醉木等，生產周期較短，一年可有多次花期與果期，因此幾乎全年有果。

(四) 本研究總觀跨植群帶的植物種類開花物候現象發現，植物盛花期時間大多數種類隨海拔增加而有較晚發生的現象。

(五) 比較 2016 年以及 2013 年的玉山春季物候研究，這三年度開花物種數都隨著溫度上高而增加，深入比較玉山地區各時期開花物候與氣象資料比較發現，2013 年、2016 年及 2017 年各有特殊的氣候事件發生。進一步比較三年的開花物候，在極端氣候的影響下，2013 年的冬末春初的開花物種數較高，整年度的開花物種數也高於 2016 年，2017 年 1 月開花物種數高，除當年溫度較高外，還受到 2016 年的年尾高溫的影響。

(六) 本研究針對玉山櫻草、玉山金梅、塔山櫻、塔塔加繡線菊、紅毛杜鵑、玉山杜鵑、金毛杜鵑、阿里山薊及塔塔加薊等物種進行縮時攝影監測，得到玉山櫻草、玉山金梅、紅毛杜鵑、阿里山薊及塔塔加薊等物種的開花積溫。另外利用 datalog 測量樣株微環境的溫度資料，計算樣株 8 及樣株 15 的積溫，積溫值卻相差不多，兩者累積圖以基準溫度 0℃最為相近，雖然兩者海拔位置相差約 200m，推測因為開花時間相近，日均溫的分布也相近，因此有較相近的積溫值。

四、主要建議事項

根據本研究於玉山地區植物物候之調查，可做成建議事項如下：

主辦機關：玉山國家公園管理處

協辦機關：國立中興大學森林系

建議事項：

(一)長期物候調查與志工培訓

植物物候為植物適應環境所做之表現，隨著當時的溫度、水份及光週期等影響，若能長期監測本研究區之植物物候變化，有助於深入了解臺灣高山地區生態系和環境、氣候間之關係。現今氣候變遷明確，2013 年、2015 年以及 2016 年皆有極端氣候事件發生，然而缺乏 2014-2015 年的物候資料，難以顯現極端氣候的影響範圍以及作用機制。長期物候監測是重要的基本環境監測工作，而玉山國家公園具有完善的志工制度，或可配合志工培訓，一方面使物候監測可以持續進行，另一方面也能有效宣導氣候變遷下，環境保育的重要性。

(二)沿途氣象站修護

植物物候與氣象監測本為相輔相成，在推估植物開花物候積溫時，氣象資料的一致性與測站的穩定性十分重要。Datalog 可作為短期監測使用，然而在高山環境下，其壽命僅能維持 1-2 年。而玉山主峰線玉山主峰線步道步道在沿線皆有簡易氣象站，若持續維護，則玉山沿線皆有穩定且詳細的氣象資料，可作為許多相關研究的重要背景資料。

關鍵詞：玉山國家公園、高山生態系、氣候變遷、植物物候

Abstrcat

Yushan National Park is one of three representative alpine naitonal parks in Taiwan. The flowering and fruiting phenologies were surveyed along the Yushan Main Peak Trail from Tatachia (alt. 2,600 m) to the main peak of Mt. Jade (alt. 3,952 m) from January to October 2017 for each month. A total 229 species were recorded, among them, 174 species were found flowering during the suvey period. The numbers of flowering species increased with the temperature significantly, but not rainfall. The abundance of species bloomred in July-August, and the number of flowering species began decreasing in September. The most of fruiting species occurred in September 2017, which was about one to two months later than the peak of flowering species. With the elevation ascent, most of plants tended to bloom later than those of the same species distribute in lower altitudes. Compared with the flowering phenologies among different years in the same study area, the peak of flowering species was later in 2013, 2016 and 2017 than 1987-1989. In addition, the abundances of flowering species were higher during the autumn in 2013, 2016 and 2017 than in 1987-1989. Global warming seems affected the flowering phenology of alpine ecosystem in Yushan National Park. We also conducted time-lapse monitoring photographs on *Cirsium arisanense*, *C. tatakaensem*, *Potentilla leuconota*, *Primula miyabeana*, *Prunus obstusata*, *Rhododendron pseudochrysanthum*, *R. rubropilosum*, and *Spiraea tatakaensis* . And, the flowering accumulated temperature of *C. arisanens*e, *C. tatakaense Potentilla leuconota*, *Primula miyabeana*, *R. pseudochrysanthum*, and *R. rubropilosum* were calculated.

Keywords: Yushan National park, alpine ecosystem, climate change, flowering and fruiting phenology.

一、計畫緣起及目的

高山生態系位於氣候極端惡劣的環境，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，是高海拔地區限制植物生長的最重要因素(Nautiyal *et al*., 2001; Körner, 2003; Makrodimos *et al*., 2008; Zhang *et al*., 2010），強烈的太陽輻射、低溫、積雪、強風、土壤養分低、乾旱等環境更是決定植物是否在此生存的嚴峻考驗(Körner, 2003)。在全球暖化(global warming)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)；高山植物侷限位處於極限的環境中有如島嶼生態系之相對脆弱，是面臨威脅最嚴重的族群之一。

植物物候(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 (Giménez-Benavides, 2011)。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)。近年氣候變遷(climatic change)造成極端氣候事件頻繁，生態相對脆落的高山和兩極地區所受影響最大 (Guisan *et al*., 1995; Körner, 1995; Ernakovich et al., 2014)，較全球平均暖化幅度及速率高 (Liu and Chen, 2000; Ernakovich et al., 2014)，在氣候變遷及全球暖化現象情況下，在高山植物物候受到氣候變遷的影響值得深入探討。

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，保存著極為完整的自然資源，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。本研究為 3 年計畫，進行氣候變遷易敏感指標植物監測，以自動相機定時定點拍攝紀錄物候相起迄時間，分析植物物候與氣象因子間的關係與影響高山植物開花之機制，3 年計畫的工作內容包括：(一)建置塔塔加-玉山主峰線步道步道沿線高山植物開花物候普查資料；(二)建立玉山杜鵑(*Rhododendron pseudochrysanthum*)、紅毛杜鵑(*Rh. rubropilosum*)、金毛杜鵑(*Rh oldhamii*)、玉山櫻草(*Primula miyabeana*)、巒大花楸(*Sorbus randaiensis*)等植物的物候監

測；(三)完成玉山杜鵑、玉山櫻草等指標物種縮時影片；(四)比較步道沿線不同植物功能群的開花物候；(五)嘗試杜鵑屬(*Rhododendron*)、玉山櫻草等植物開花模式建模與預測等。

本研究期能達成以下成效：(一) 氣候變遷敏感物種之物候監測模式，瞭解全球氣候變遷對玉山高山植物物候的影響程度；(二)建置植物物候基本資料並推估其未來發展，進而提供植物資源保育參考；(三)高山植物開花機制的建立；(四)研究成果供科普及環境解說教育使用；(五)提供本處在全球氣候變遷下對高山生態系經營管理之參考。

二、計畫工作項目及目標

第 1 年：105 年 1 月至 12 月

(一)建立塔塔加-玉山主峰線步道步道沿線高山植物開花物候譜。

(二)建立玉山杜鵑、紅毛杜鵑及金毛杜鵑等植物之物候監測。

(三)完成玉山杜鵑等指標物種縮時影片 。

(四)比較杜鵑屬展葉-開花物候模式及結實。

(五)分析玉山杜鵑不同海拔梯度物候變化。

第 2 年：106 年 1 月至 12 月

(一)建立塔塔加-玉山主峰線步道步道沿線高山植物開花物候譜

(二)建立玉山櫻草等植物之物候監測

(三)完成玉山櫻草等指標物種縮時影片

(四)比較步道沿線開花物候譜比較

(五)嘗試杜鵑屬植物開花模式建模與預測

(六)完成玉山杜鵑等植物花芽分化觀察

(七)制定開花物候監測表格

(八)辦理開花物候志工教育訓練

第 3 年：107 年 1 月至 12 月

(一)建立塔塔加-玉山主峰線步道步道沿線高山植物開花物候譜

(二)建立巒大花楸等植物之物候監測

(三)完成巒大花楸等指標物種縮時影片

(四)比較步道沿線開花物候譜

(五)嘗試玉山櫻草等植物開花模式建模與預測

(六)完成杜鵑屬植物之物候模式建模與預測

(七)期望協助志工建立長期物候觀察作業程序

三、前人研究

全球環境變遷是目前世界各國都相當重視的議題。尤其氣候暖化已影響到動植物的生態。Root *et al.* (2003)認為氣候暖化造成物種特色改變可能有(1)物種族群密度發生改變，以及其分布範圍向高緯度或高海拔分布，即物種分布範圍在其代謝溫度耐受性極限的地區；(2)物種生活史特性若是因溫度改變而啟動者(例如遷徙、開花或產卵的時間)，其出現時間(生物時序，Phenology)產生更換；(3)形態改變，如體型大小、行為發生改變等；(4)族群遺傳基因的頻率可能產生改變等 4 種類型。對於植物及動物對全球氣候變遷的反應評估的結果顯示，近 700 種植物的 62%改變開花期，450 種動物中，約 80%改變其分布界限(Root *et al.*, 2003)。

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(劉棠瑞和蘇鴻傑,1983)。植物的物候表現為植物在一年生長過程中，隨氣候季節性變化而發生萌芽、展葉、開花、結實及落葉等規律性變化的現象(陸佩玲等，2006)。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。植物生活史為每年依循固定的周期性變化，受環境內外在因子影響，生活史階段受環境影響而變化。其中，開花物候是最廣為研究的部分，花期時間直接影響花之存活率及授粉成功率，亦影響後續種子成熟季節及散播時間，為植物繁殖中的重要的一環(Michael, 1998)。

植物開花一方面受內在遺傳控制，經長期的演化結果，植物在科(family)內或生活型(life form)的親緣物種，因生理、生長以及繁殖策略上的差異，導致花期分化(Kochmer and Handel, 1986; Golluscio *et al.*, 2005)；另一方面受外在環境的控制，植物開花物候在空間尺度上變異性亦相當大，植物花期因所處生育地之氣候帶(Blionis *et al.*, 2001; Jackson, 1996)、緯度(Kaliasz and Wardle, 1994; Jonas and Geber, 1999)，以及海拔(Carpenter, 1976; Blionis *et al.*, 2001)不同而變化。在不同生育地環境下，植物通常於光照、氣溫、降水，或授粉媒介等環境資源有利的時期開花，經競爭後分化出一套最佳資源利用的物種開花時序(Waser, 1983; Pickering, 1995)。

植物物候除了受到本身的遺傳組成影響，亦隨著生育地中的光週期(photoperiod)、水分供應的多寡及溫度變化等環境因子而改變(劉棠瑞和蘇鴻

傑，1983)。高山植物開花受諸多環境因子的影響，其中以溫度和光週期為主要的影響因子(Körner, 2003)。Ram et al. (1988)在喜馬拉雅山(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，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)認為物種在進化的過程中，會逐漸利用光週期的變化，使得其生長期不會發生或持續到對本身新生組織會造成傷害的時期，到冬季後期，光週期對植物的限制也會逐漸減少，取而代之的是熱量的多寡成為影響植物生長的主要因素。在高山生態系中的百合科(Liliaceae)的百合屬(Lilium)、鹿藥屬(Maianthemum)、續斷科(Dipsacaceae)的山蘿蔔屬(Scabiosa)等具有休眠機制的物種，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)。

潘振彰 (2012)觀察雪山地區玉山櫻草物候發現，玉山櫻草在 2 個不同年度的溫度差異的情況下，卻有相當接近的始花期前累積熱量，顯示其為對溫度變化敏感之物種，可作為氣候變遷指標植物。潘振彰等(2013)研究雪山地區之玉山杜鵑物候發現，海拔是影響玉山杜鵑物候最主要的環境因子，光照、坡向等亦與物候有關。2010 年調查發現，玉山杜鵑之始花期、終花期、展葉期與海拔呈現顯著正相關；開花歷時、每花序花朵數、每枝條新葉數與海拔呈顯著負相關。此現象反映出玉山杜鵑物候期隨海拔升高而愈慢開始，每枝條的花朵數與葉數隨海拔升高而減少。再者，玉山杜鵑的始花期、展葉期在 3 種不同海拔環境呈顯著差異，由於海拔反映溫度的變化，顯示隨海拔升高，熱量累積較緩慢，熱量多寡是造成玉山杜鵑物候時序變化的主要因子。

在高山生態系生育地環境對植物生長的限制因子較多，不僅影響植物的營養生長季，亦影響植物的繁殖生長季(花季)。Körner (2003)依環境特性、生長季與開花季的關係劃分成以下 3 種開花特性：

(一) 早期開花型：在積雪融化或土壤開始解凍時開花(如部分薹屬*Carex*和地楊梅屬*Luzula*植物)。

(二) 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)。

(三) 晚期開花型：在生長季快結束時開花(如部分蓼屬*Polygonum*的植物)。

不同植物生長型在開花物候的反應上有不同的花期高峰時序。邦卡兒．海放南(2007)研究玉山國家公園塔塔加區域植物物候結果顯示，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。曾彥學等(2012)於雪山地區植物開花物候發現，草本植物及木質藤本植物之花期高峰為 6-7 月，較灌木及喬木植物 5-6 月晚。

Zhang et al. (2009) 研究珠穆朗瑪峰北坡之開花與結果物候時指出，高山植物在有限的授粉者及資源的競爭下，早花者寡佔了環境資源，且因競爭者較少，雖須面臨初夏的霜凍害等環境壓力，在高山環境較短的生長季中具有其一定之優勢。然而更多的植物仍選擇在夏季(7-8 月)開花，因為在同一時間，正好是該區域一年之中降雨量及溫度最高的時候，提供了高寒植被最有利的條件。曾彥學等(2011，2012)於雪山主峰線步道植物物候觀察發現，6-7 月為本區植物開花之高峰期，各植群帶的物候高峰時期一致；植物花期長度以 2-3 個月最多，而以高山植群帶物種開花時期最短，花期長度多為 1 個月。雪山地區之花期高峰主要集中在夏季，此與大多數高山植物開花物候觀察相同(邦卡兒 · 海放南，2007；呂理昌，1990; Tébar et al., 2002; Zang et al., 2010; Kudo and Hirao, 2006; Blionis and Vokou, 2001)，可能反映出高山植物在氣溫較高時期適宜植物開花。再者，植物開花高峰時期與本區訪花昆蟲最活躍時期相同(葉文斌、李蕙宜，2012)；由於高山植群帶生長季最短，植物藉授粉媒介以提高效率，昆蟲亦需授粉植物供食，故花期與昆蟲活動高峰的配合性高。

海拔涵蓋許多環境因子之綜合結果，主要反映在溫度之變化。植物物候沿海拔梯度呈現時序性的變化。呂理昌(1990)於玉山國家公園從塔塔加至玉山主峰，就同一物種不同的海拔分佈做物候觀察，結果顯示隨海拔的升高開花期會延遲半個月至 1 個月，例如臺灣草莓(Fragaria hayatai)分部海拔 2,600-3,800 m，於同時間調查時塔塔加(2,600 m)已結紅果，但排雲山莊(3,500 m)只有開花現象。張又敏(2006)研究金毛杜鵑之開花模式，其觀察標本發現中部地區全年有植株開花，花期主要為 7-10 月的夏末秋初，隨著海拔上升，盛花期由 2-5 月轉移至 7-10 月。溫英杰等(2008)研究阿里山山櫻(Prunus transarisanensis)遺傳多樣性，觀察 1 份霧社櫻與 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)研究挪威(Norway) Spiterstulen 樹木界線以上(海拔 1,106 m)，以及瑞典(Sweden) Stubbsand 波希尼亞灣礫石岸(海拔 0 m)之筷

子芥屬植物(Arabidopsis lyrata)於高山和低地等2種不同生育地的花候現象，結果顯示 2000-2002 年間高山較低地族群花期開始時間相差不大，結束時間則較為延遲。

曾彥學等(2011，2012)於雪山主峰線步道植物物候觀察發現，植物開花時間隨著物種不同而異，且同一物種位於不同海拔梯度花期亦有所不同，多隨海拔下降而有花期提早的現象，如雪山主峰東線步道分布海拔廣的高山白珠樹(Gaultheria itoana)，於海拔 2,500 m 以下的櫟林帶上層，花期自 4 月開始；於海拔 2,510-3,600 m 以下的鐵杉雲杉林帶及冷杉林帶，花期自 6 月開始；於海拔 3,600 m 以上的圈谷地區，花期於 7 月開始。另川上氏薊(Cirsium kawakamii)、伊澤山龍膽(Gentiana itzershanensis)、玉山水苦蕒(Veronica morrisonicola)等分布較廣之物種，亦有相同現象。花期最早為臺灣胡麻花(Helonias umbellata)，於 3 月花瓣多已凋謝，花期最晚為蔓黃菀(Senecio scandens)及鄧氏胡頹子(Elaeagnus thunbergii)，於 11 月始開花。科花期則以松科(Pinaceae)、楊柳科(Salicaece)及堇菜科(Violaceae)花期最早，較集中 3-4 月；蓼科(Polygonaceae)、龍膽科(Gentianaceae)及菊科(Compositae)最晚，較集中 8-9 月。遊客於 6-7 月可觀賞開花物種最多，而冷杉林及圈谷高海拔地區特有物種，如臺灣山薺(Draba sekiyana)、齒葉筷子芥(Arabis serrata)、雙黃花堇菜(Viola biflora)於 6 月開花，雪山馬蘭(Aster takasagomontanus)、玉山佛甲草(Sedum morrisonense)於 7 月開花，玉山山蘿蔔(Scabiosa lacerifolia)、黃山蟹甲草(Parasenecio hwangshanicus)於 8 月開花。

曾喜育等(2014)於 2013 年針對玉山國家公園塔塔加-玉山主峰沿線進行物候調查發現，開花與結實物候觀察種類計 58 科 247 種，共記錄 227 種植物在調查期間開花；其中，有 11 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 1986-1988 年調查結果有延遲的現象，結實高峰期則沒有大太差異，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。

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上最大相差了 2 個月，對於其基因的交流產生時間的落差。在 2010 年與 2011 年的比較中也發現，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。

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)；該模式的通式如式(1)和式(2)。

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

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

式中 Ti 為有效熱量；x_i為第 i 期時的溫度；Tb 為基礎溫度；t 為植物達到某一階段所需時間；S 為讓植物達到某一階段所需熱量。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：在基礎溫度以上，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(符瑜與潘學標，2011；Gordon and Bootsma, 1993；Chuine et al., 2014)。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響應，以熱量累積來預測植物的發育速率；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(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)(符瑜與潘學標，2011)。

Yin 等人(1995)首次運用 β 函數建立水稻(Oryza sativa)的生長速率模式。Yin 等人認為 β 函數建立的生長模式能適當的表現水稻(O. sativa)生長速率與溫度的非線性關係，並能從中找出植物生長的最適溫度。Linkosalo 等人(2006)考量溫帶植物芽體具有休眠的性質，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的建立。

四、研究區概況

(一)計畫研究範圍

塔塔加地區海拔高度在 2,600 m 以上，位於玉山國家公園西北部之入口，為攀登玉山群峰必經之地，也是楠梓仙溪、沙里仙溪、神木溪的上游。玉山是園區最高峰(3,952 m)，亦是東北亞最高峰。本研究區主要範圍為塔塔加登山口起至玉山頂之塔塔加玉山主峰線步道。調查路線及範圍如圖 1。

(二)地形、地質與土壤

研究區域地質較為脆弱，主要受到自塔塔加鞍部至東埔連線為塔塔加斷層，斷層以西之東埔山塊的地質特徵為中新世末變質沈積岩區，主要岩性為砂岩、深灰色頁岩或砂頁岩互層，屬於南莊層。塔塔加斷層以東之玉山山塊則為古第 3 紀變質板岩系之新高層，出露之岩性主要有變質砂岩及幾種變質程度或組成分相異的板岩所構成(王鑫，1984；程延年等，1988)。本區成土作用概屬灰壤化，受海拔高度、溫度差異，以及淋洗作用程度不同，可區分為灰壤、棕色灰土化、灰棕壤及紅黃色灰土化等。由於本區地勢陡峭，容易沖蝕，土壤較難發育，土層淺而貧瘠，多岩石露頭，故高山峻嶺地帶，以崩積之石質土，與灰壤、棕色灰化土等 3 者混合存在，為臺灣高山針葉林之土壤代表(梁鉅榮，1961)。

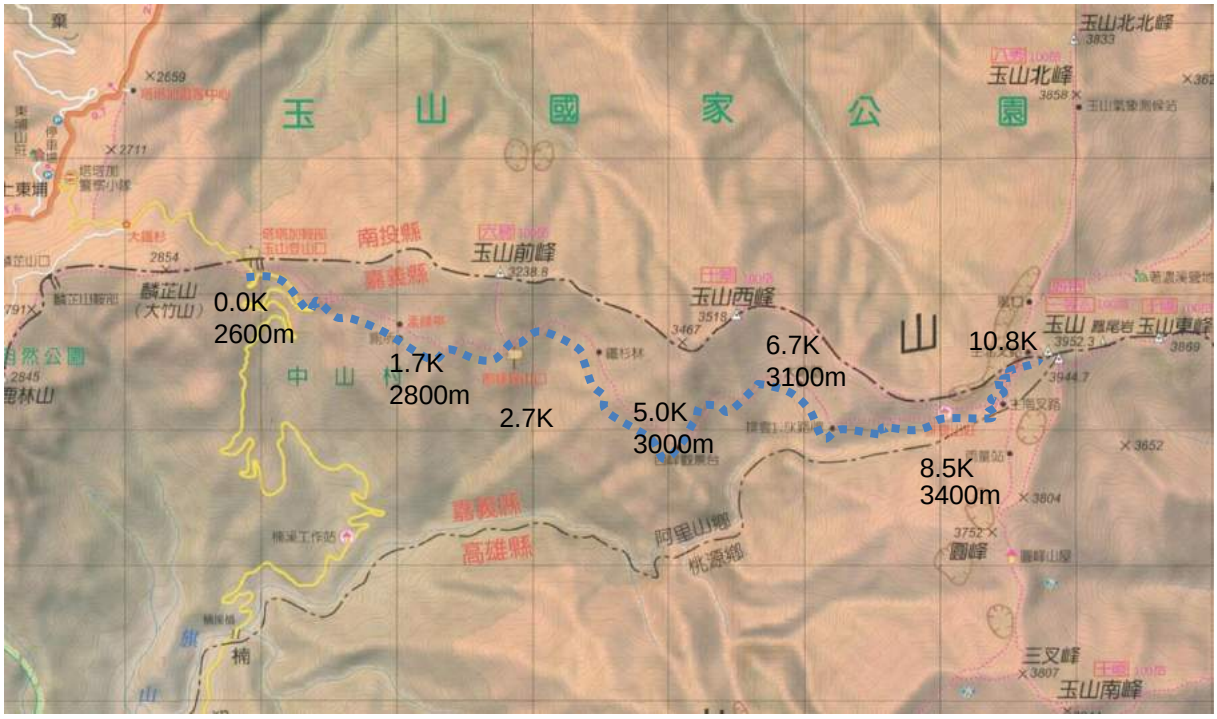


圖 1.玉山主峰沿線高山植物物候調查路線及範圍。

(三)氣候

據陳正祥(1957)對臺灣氣候分類，本研究區屬於寒帶重溼氣候(AC')，溫度低、溼度高，冬季有霧雪。此類型氣候又可分為二型，分別為：(1)AC'2ra': 涼而多溼，全年不缺水，分佈海拔 2,000 m 以上；(2)AC'1ra': 冷而多溼，海拔 3,000 m 以上，冬寒，有積雪。依中央氣象局玉山北峰(3,858 m)玉山氣象站(1981-2010)和阿里山氣象站(2,414 m)之氣象資料顯示，玉山氣象站年降雨量約 3,071.3 mm，阿里山氣象站約 3,932.3 mm；地勢對降雨分布影響明顯，雨量隨著高度上升而增加，至海拔 2,400 mm 為最大降雨量區域；之後，隨海拔升高，降雨隨海拔上升而逐漸減少。本區屬夏雨集中型氣候，10 月以後雨量減少，無明顯之乾季(圖 2)。氣溫隨著海上升而呈連續之梯度變化，其年平均氣溫約在 4.0~17.5℃之間，玉山氣象站最熱月為 7 月(7.6℃)，最冷月為 1 月(-1.1℃)，阿里山氣象站最熱月為 7 月(14.6℃)，最冷月為 1 月(6.2℃)。臺灣中低海拔冬季絕少霜雪，但在高山地帶，霜雪乃屬常見，海拔超過 2,000 m 以上平均霜期可達 180 天，玉山在 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。

(四) 玉山主峰線步道植群帶

研究區域內的海拔梯度變化甚大，由塔塔加登山口 2,600 m 至玉山山頂

3,952 m。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，玉山主峰線步道由塔塔加登山口至玉山山頂可劃分成 3 個植群帶，海拔由高至低為：高山植群帶、冷杉林帶及鐵杉雲杉林；主要組成及優勢植群如表(Su, 1984；呂理昌，1990；鍾年鈞，1994)。

依鍾年鈞(1994)沙里仙溪流域 2,500 m 至玉山山頂主要植群型為：

1. 高山植群帶：玉山薄雪草(*Leontopodium microphyllum*) —尼泊爾籟簫(*Anaphalis nepalensis*) 草本型、玉山圓柏(*Juniperus squamata* var. *morrisonicola*) —玉山小蘗(*Berberis morrisonensis*)灌叢；
2. 冷杉林帶：臺灣冷杉(Abies kawakamii)林型；
3. 鐵杉雲杉林帶：臺灣鐵杉(Tsuga chinensis var. formosana)林型、臺灣二葉松(Pinus taiwanensis)林型、臺灣赤楊(Alnus formosana) ─金毛杜鵑林型、玉山箭竹(Yushania niitakayamensis) ─紅毛杜鵑灌叢、臺灣雲杉(Picea morrisonicola)林型。

表 1. 玉山主峰沿線步道之植群帶劃分(資料來源：Su, 1984)

Vegetation Zone 植群帶	Equivalent Climate 相當氣候帶	Alt. (m) 海拔高度	玉山主峰線步道 相對位置	Dominant Vegetation 優勢植群	Dominant Taxa 優勢分類群
Alpine Vegetation 高山植群帶	Subarctic 亞寒帶	3,600-3,952	南峰叉路口-玉山山頂	玉山圓柏-玉山杜鵑-玉山小蘗之矮盤灌叢、玉山薄雪草等草本植物	玉山圓柏、玉山杜鵑、玉山小蘗、玉山薄雪草、尼泊爾籟簫等
Abies Zone 冷杉林帶	Cold-temperate 冷溫帶	3,100-3,600	大峭壁-排雲山莊-南峰叉路口	臺灣鐵杉-臺灣冷杉混交林、臺灣冷杉林、玉山圓柏林	臺灣冷杉、玉山圓柏
Tsuga-Picea Zone 鐵杉雲杉林帶	Cool-temperate 涼溫帶	2,600-3,100	玉山前峰口-白木林-大峭壁 登山口-玉山前峰口	玉山杜鵑-馬醉木-褐毛柳等組成之次生灌叢 玉山箭竹-高山芒草生地、臺灣二葉松林	臺灣鐵杉、臺灣雲杉、臺灣二葉松、臺灣赤楊、玉山杜鵑、紅毛杜鵑、玉山箭竹、高山芒等

因研究區域主要位於南向坡，環境較乾燥，且多處遭到火燒等干擾，原始森林面積較少，多為火燒干擾後發育之灌叢-草生地或草生地植物社會；排雲山莊附近有較大面積的臺灣冷杉林，在 3,600 m 以上為玉山圓柏的矮盤灌叢及草生地植物社會。

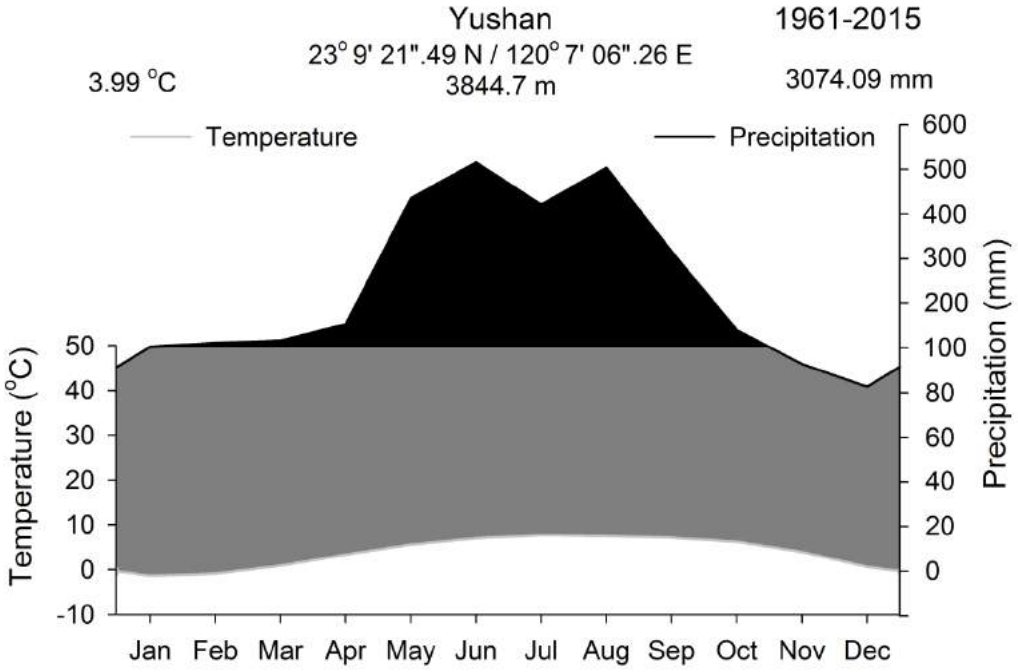


圖 2.玉山主峰沿線生態氣候圖。資料來源：中央氣象局玉山北峰氣象站 1961-2015 年氣象資料。黑色區塊：重濕期、灰色區塊：相對潮濕期。

五、研究材料與方法

(一)資料蒐集與物候調查

1. 植物物候調查研究資料蒐集

2. 塔塔加-玉山主峰線步道沿線植物物候普查

(1)物候觀察頻度：由塔塔加-玉山主峰線步道進行每月一次週期性的物候調查。

(2)物候觀察記錄狀態：展新葉、黃葉、開花、結實等狀態，對特別針對開花和結實狀態進行記錄。

(3)訪花昆蟲記錄：植物物候觀察期間，記錄蟲媒花訪花昆蟲。

(4)物候觀察植物選定：族群數量較穩定之物種觀察物候，記錄各月分之各物候狀態出現之物種。單一植株花期以花冠開放、花藥成熟至凋謝期間為準，物種花期以族群內開花株數達 30 %以上為準。

3. 植物物候調查方式

(1)草本植物

a.自塔塔加登山口起，沿步道兩旁觀察記錄沿線植物物候狀態。

b. 特定物種取樣：針對研究區域特有種或稀有種植物進行標定觀察。

(2)木本植物

選取並標定灌木及喬木的植株，以外表健康且成熟的個體為標的進行物候觀察。

(3)定位：植物物候觀察樣株位置 GPS 定位，並上傳國家公園生物多樣性資料庫。

(4)拍照：物候觀察期間進行各種物候狀態之拍照，並提供作玉山國家公園管理處保育及科普解說教育之用。

4. 縮時攝影物候記錄

針對玉山杜鵑、玉山櫻草等物種進行縮時攝影拍攝，於樣株適當位置架設照像機；玉山杜鵑分布海拔梯度大，因此依不同海拔、生育地環境架設照像機。因高山天候難以預測，相機每天早上與下午各拍攝 1 張照片，最後於利用縮時攝影製作軟體(Virtual Dub)製作縮時影片。

(二)資料分析

1. 比較不同海拔、植物生活型、授粉方式、果實類型等植物的開花物候模式。

2. 進行植物物候與環境因子間相關分析。

本研究採用 SPSS v.16 套裝統計軟體進行每月開花物種數與氣溫、降雨之 Spearman 等級相關分析(Spearman rank correlation, rho)，並以 SigmaPlot 10.0 繪圖軟體進行繪圖。

3. 比較玉山地區與雪山地區相同物種在不同山系的開花物候表現。

4. 分析玉山杜鵑、玉山櫻草等植物的始花期、展葉等物候相與溫度之關係。

因研究區域位處溫帶至亞寒帶環境(Chiu *et al*., 2010)，植物發育受溫度影響大，因此本研究計算玉山杜鵑等 11 種植物始花期 60 天前及始花期前大於 5℃之積溫時數與有效積溫。氣溫主要參考玉山北峰氣象站；由於研究區域海拔級距大且棲地岐異，因此在主要生育地架置 Datalog 收集微棲地氣溫與土溫資料，計算積溫時數和有效積溫。

ETA 公式如下(修改自 Gordon and Bootsma 1993)：

$$\text{ETA}=\sum_{t_1}^{t_2}\left(\overline{T_t}-T_b\right)$$

假設$\overline{T}$t>Tb, 且$\overline{T}$t<Tb 則數值以 0 計算之

ETA：有效積溫

t1：休眠結束開始累積熱能的時間

t2：花芽綻放之時間 (達到始花期之時間)

Tt：每小時之均溫

Tb：基礎溫度(本研究設定為 5℃)

六、結果與討論

(一)2017 年開花結實物候

1. 沿線觀察開花結實物種統計

本研究於 2016 年 3 月至 2017 年 10 月在塔塔加登山口至玉山主峰線步道沿線進行植物的開花結實物候調查。2017 年 1-10 月共記錄 229 種開花植物，其中共調查記錄 50 科 129 屬 194 種植物開花，其中雙子葉植物有 42 科 103 屬 159 種，佔所有物種的 81.96% (表 2)；在物候調查植物的科層級種數中以菊科最多(31 種)，薔薇科 (Rosaceae) 其次(17 種)、其它數量較多的有龍膽科(Gentianaceae) (10 種)、禾本科(Poaceae) (10 種)及杜鵑花科(Ericaceae)(6 種)等(圖 3)。2016 年 3-12 月的物種有 47 科 120 屬 171 種，其中雙子葉植物有 39 科 98 屬 138 種，佔所有物種的 80.70% (表 2)；科層級種數中以菊科最多(31 種)，薔薇科(Rosaceae)其次(17 種)、其它數量較多的有龍膽科(Gentianaceae) (10 種)、禾本科(Poaceae) (10 種)及杜鵑花科(Ericaceae)(6 種)等(圖 3)。

表 2. 玉山主峰線步道沿線植物物候調查物種數統計。(年度間數值表示為 2016/2017) (資料來源：本研究單位)

	科	屬	種	種數比例(%)
裸子植物	2/2	4/5	6/8	3.51/4.12
雙子葉植物	39/42	98/103	138/159	80.70/81.96
單子葉植物	6/6	18/21	27/27	15.79/13.92
總數	47/50	120/129	171/194	100.00/100.00

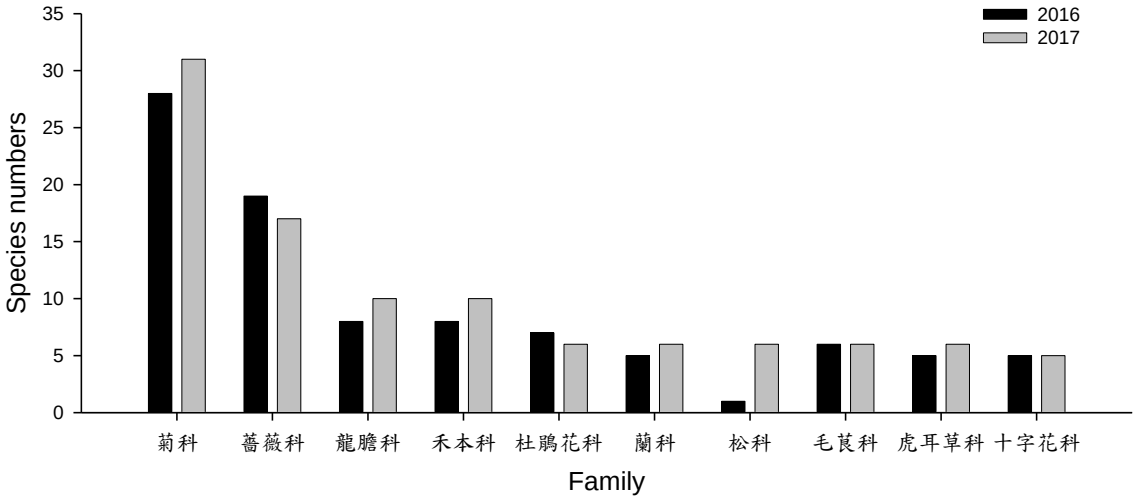


圖 3. 玉山主峰線沿線 2017 年 1-10 月植物物候調查主要開花科別。
(資料來源：本研究單位)

2. 步道沿線植物開花結實物候

在 2017 年 1-10 月記錄 230 種之開花結實物候種類清單中，2017 年 1-10 月共調查到 194 種植物開花。2017 年 2 月及 3 月因為調查時遭遇寒流，步道海拔 3,000 m 以上積雪，故 2 月調查資料止於 5k 觀景台，3 月資料止於排雲山莊(圖 4)。因高山環境嚴苛，溫度是重要的限制因子，因此夏季是最主要的生長季節(邦卡兒．海放南，2007；溫英杰等，2008；吳佳穎等，2013；曾喜育等，2014)，2017 年 7 月開花物種數最多的月份，而 9 月則是結實物種數高的月份。2017 年各月分全線開花結實物種數來看(圖 4)，開花種數與溫度具有顯著正相關(rho= 0.93, ρ<0.05)，開花物種數有隨著溫度上升而增加趨勢，與雨量相關不顯著(rho= 0.57, ρ>0.05)；每月結實物種數趨勢與開花相似，與溫度有顯著正相關 (rho=0.86, ρ>0.05;)、雨量相關不顯著 (rho=0.1, ρ>0.05;)。

從 2017 年開花物候譜發現(附錄二)，2017 年 1 月溫度相對較高，加上 2016 年 11-12 月溫度偏高，因此在 2017 年 1 月時，仍記錄到許多植物開花。紅毛杜鵑、臺灣馬醉木(*Pieris taiwanensis*)、扁核木(*Prinsepia scandens*)、玉山沙參(*Adenophora morrisonensis*)等 23 種物種於 1 月開花；另外，除了開花高峰期外，紅毛杜鵑 1-8 月都有個體開花。2 月開花物種有雪山堇菜(*Viola adenothrix* var. *tsugitakaensis*)、假柃木(*Eurya crenatifolia*)、玉山假沙梨(*Photinia niitakayamensis*)等 11 種。3 月記錄有川上氏小蘗(*Berberis kawakamii*)、高氏桑寄生(*Loranthus kaoi*)、白花瑞香(*Daphne kiusiana* var. *atrocaulis*)等 13 種物種開花；4 月發現開花的物種有，玉山小米草(*Euphrasia transmorrisonensis*)、玉山杜鵑、玉山龍膽(*Gentiana scabrida*)、高山小蘗(*Berberis brevisepala*)等 27 種；5 月記錄到開花的物種有大葉溲疏(*Deutzia pulchra*)、玉山圓柏、玉山針蘭(*Baeothryon subcapitatum*)、金毛杜鵑、長行天南星(*Arisaema consanguineum*)、臺東七葉一枝花(*Paris polyphylla* var. *taitungensis*)等共記錄到 47 種植物開花。

6 月記錄開花的物種有水晶蘭(*Cheilotheca humilis*)、疏花繁縷(*Stellaria saxatilis*)、山芥菜(*Barbarea orthoceras*)、樺葉莢蒾(*Viburnum betulifolium*)、巒大花楸等 47 種植物；7 月記錄到的開花物種有齒葉筷子芥(*Arabis serrata*)、塔塔加繡線菊(*Spiraea tatakaensis*)、臺灣地楊梅(*Luzula taiwaniana*)等物種，加上前 5 個月持續開花的物種，7 月總共紀錄到 113 種植物開花，是 2017

年開花最多的月份;8 月記錄到開花的植物有能高籟簫(*Anaphalis royleana*)、貧子水苦蕒(*Veronica oligosperm*a)、高山當藥(*Swertia tozanensis*)等 94 種植物；9 月調查記錄山牻牛兒苗(*Geranium suzukii*)、高山雙蝴蝶(*Tripterospermum luzonense*)、玉山薊(*Cirsium kawakamii*)等共 87 種植物開花，10 月的開花物種已有減少的趨勢，共記錄 66 種植物開花。

在 2017 年 1-10 月記錄 230 種之開花結實物候種類清單中，2017 年 1-10 月共調查到 138 種植物結實，1 月總共調查到 27 中植物結果，其中包括玉山杜鵑、臺灣冷杉等物種，2 月及 3 月總共調查到 16 種物種結果，包括高山白珠樹、臺灣馬醉木等，4 月總共調查到 13 種物種開花，例如：臺灣鐵杉、異葉紅珠(*Hemiphragma heterophyllum*)等，5 月總共調查到 25 種物種結實，例如：高山小蘗、玉山圓柏等，6 月總共調查到 36 種物種結實，其中包括阿里山薊 (*Cirsium arisanense*)、大葉溲疏等，7 月總共調查到 69 種物種結實，包括玉山懸鉤子 (*Rubus calycinoides*)、大葉桑寄生 (*Taxillus liquidambaricolus*) 等，8 月總共調查到 72 種物種結實，包括巒大花楸、黑龍江柳葉菜 (*Epilobium amurense*) 等，9 月總共調查到 95 種物種結實，包括能高大山紫雲英 (*Astragalus nokoensis*)、高山薔薇 (*Rosa transmorrisonensis*)等，10 月總共調查到 89 種物種結實，其中包括黃菀、巒大當藥 (*Swertia randaiensis*)等，2017 年 1-10 月結實物種數最高的月份為 9 月。

2016 年與 2017 年兩年逐月開花的趨勢相近(圖 4)，惟 2017 年每月開花物種數略較 2016 年多；其中，2017 年 9-10 月的開花物種數較 2016 年高出許多，此可能受到 2017 年 9-10 月較 2016 年同期相對高溫所致(圖 4)。

植物開花結實需要耗費大量資源，且必須配合各項條件如溫度、降雨、日照、風、授粉者等，因此花期長短是植物重要的繁殖策略之一(曾喜育等，2014)；有些植物花期較長，整個族群在一年內都有開花植株，像是玉山筷子芥、臺灣馬醉木等，一年四季都可以觀察到其開花；臺灣草莓、金毛杜鵑、紅毛杜鵑等 11 種植物觀察到開花時節為春夏兩季；圓葉豬殃殃(*Galium formosense*)、玉山佛甲草(*Sedum morrisonense*)、玉山金絲桃等 36 種物種，在夏秋季開花。單季開花的物種，傾向在最適季節開花；依不同開花時期區分，早期開花型植物有異葉紅珠、川上氏小蘗等物種在春季開花；晚期開花型如大葉桑寄生、玉山懸鉤子等植物在夏季的時候開花，於秋季觀察到的開物種，大多是延續春季或夏季開花的物種，單純始於秋季開花的物種較少。

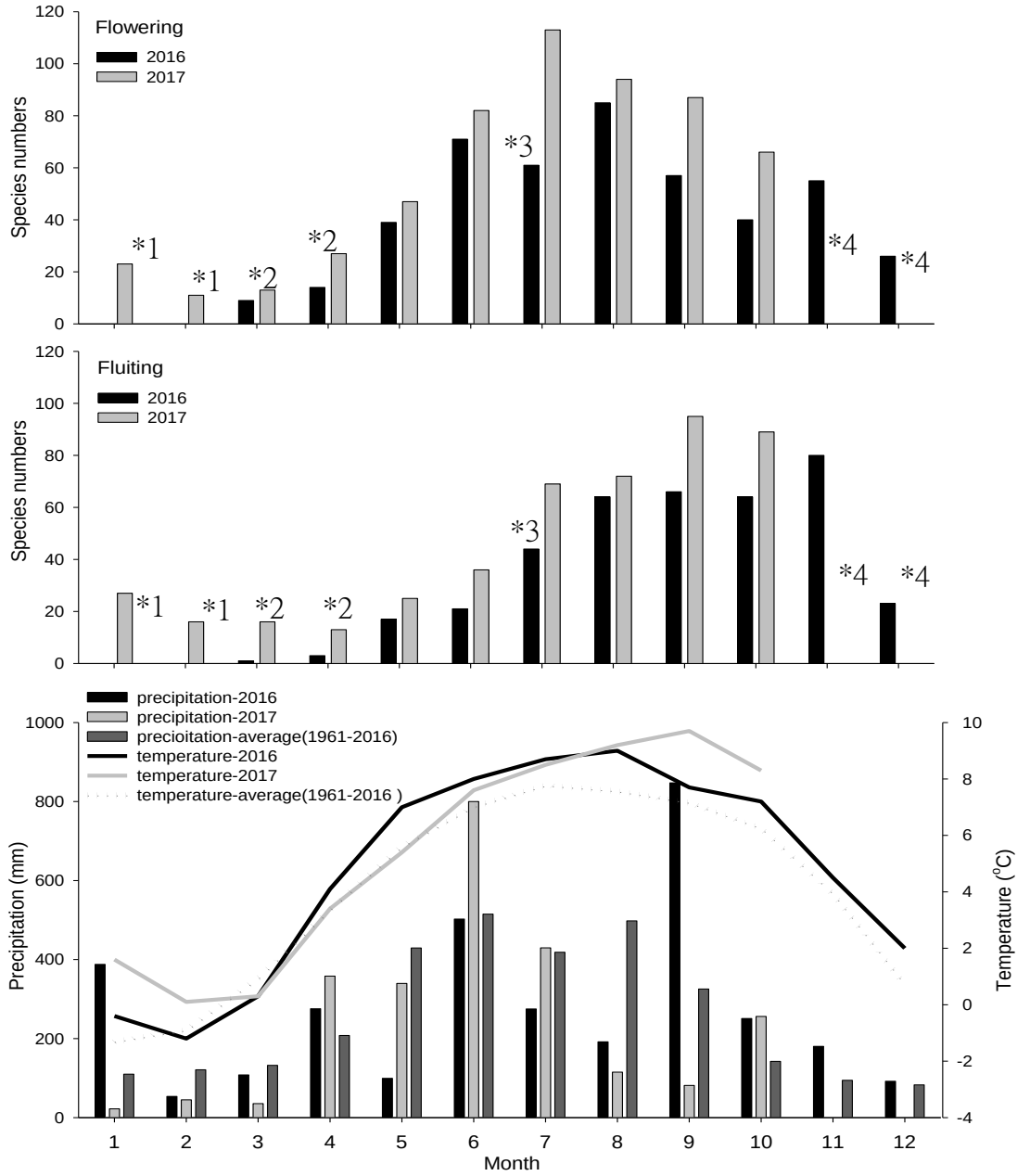


圖 4. 玉山主峰線步道沿線 2016 年與 2017 年逐月物種開花比較圖。

(資料來源：本研究團隊)

*1：計畫始於 2016 年 3 月，故 2016 年 1-2 月無調查資料

*2：因雪季封山，2017 年 2 月資料止於步道 5k 觀景台，3 月止於排雲山莊

*3：2016 年 7 月因尼伯特颱風，調查資料止於步道 5k 觀景台

*4：2017 年 11-12 月尚未調查

維管束植物結實主要受開花時間、開花數量、果實形態以及授粉者族群動態等等因素所影響。結實物候的趨勢與開花物候相似，結實的高峰會晚開花高峰 1-2 月，2017 年 1-3 月的結實物種數，略高於開花物種數，推測可能為 2016 年所留存的果實；結實物候結果顯示，結實物種之長果期可概略區分成兩群(圖 6)，一群為果實發育期長，發育到成熟可能要數月的時間，如玉山杜鵑，玉山杜鵑於 1-2 月觀察到的果實，幾乎為去年開裂的熟果；而裸子植物如刺柏(*J. formosana*)、臺灣鐵杉、臺灣冷杉、等，自雌花授粉後到果實成熟，發育時間可能會長達 1-2 年 (梁立明與陳明義，2000；Lill, 1976)，故 1-10 月都可以觀察結實。另一群植物如異葉紅珠、厚葉柃木、臺灣馬醉木等，生產周期較短，幾乎花果並存，所以 1-5 月都可觀察到結實。

3. 不同植群帶開花結實物候

本研究將將調查區域概略依據 Su(1984)、邱清安等(2008)之山地植群帶區分成 0 - 5 km 鐵杉雲杉帶(2,600-3,000 m)、5 - 8.5 km 冷杉帶(3,000-3,450 m)以及 8.5 - 10.9 km 高山植群帶(3,450-3,952 m) 3 個區塊。

本研究 2017 年 1-10 月於鐵杉雲杉帶調查到 150 種植物開花，120 種植物結實；於冷杉林帶調查到 73 種植物開花，61 種植物結實；於高山植群帶調查到 69 種植物開花，48 種植物結實。開花結實物候種數隨著海拔升高物種有減少的趨勢，一方面反應出，鐵杉雲杉帶的調查步道較長，分布物種較多，另一方面，高山植群帶的海拔較高，尚未到適合物種開花氣候的時間，故開花物種數較少。植物開花的數量有沿著海拔上升而變少，此現象反映了隨著海拔上升，溫度及熱量的累積相對較緩慢，而大多需要累積足夠的熱量才能開花的高山植物而言，植物開花的物種數會隨著海拔升高而減少(潘振彰，2011；吳佳穎等，2013；曾彥學、曾喜育，2013；曾喜育等，2013，潘振彰等，2017)。2017 年 1-10 月塔塔加玉山主峰沿線的果實成熟以鐵杉雲杉帶結實物種最多，冷杉帶次之，高山植群帶最少，與開花物候種數有相同的趨勢。

植物沿海拔分布的情況因不同分類群而異，有些物種的分布只侷限在狹小的區域，有的物種的分布則可以跨越超過海拔 2,000m 以上；而植物在空間或海拔上分布較廣泛的時候，會因為棲地的差異在生理上進行適應性的調整，以適應環境而求得生存繁衍。目前調查記錄 69 種物種，其中臺灣馬醉

木、雪山菫菜、厚葉柃木、川上氏小蘗、鹿場毛茛及臺灣鐵杉等 6 種分布跨兩個植群帶，異葉紅株、玉山杜鵑及臺灣草莓等 3 種物種分布跨 3 個植群帶，大部分的物種開花時間隨海拔上升，有延遲的現象；呂理昌(1990)觀察玉山國家公園相同物種開花物候發現，隨海拔升高花期會延遲半個月至一個月。此外，本研究發現，臺灣草莓分布於不同海拔，開花時間相近；而鹿場毛茛隨分布海拔上升有提早開花的現象(圖 5)。

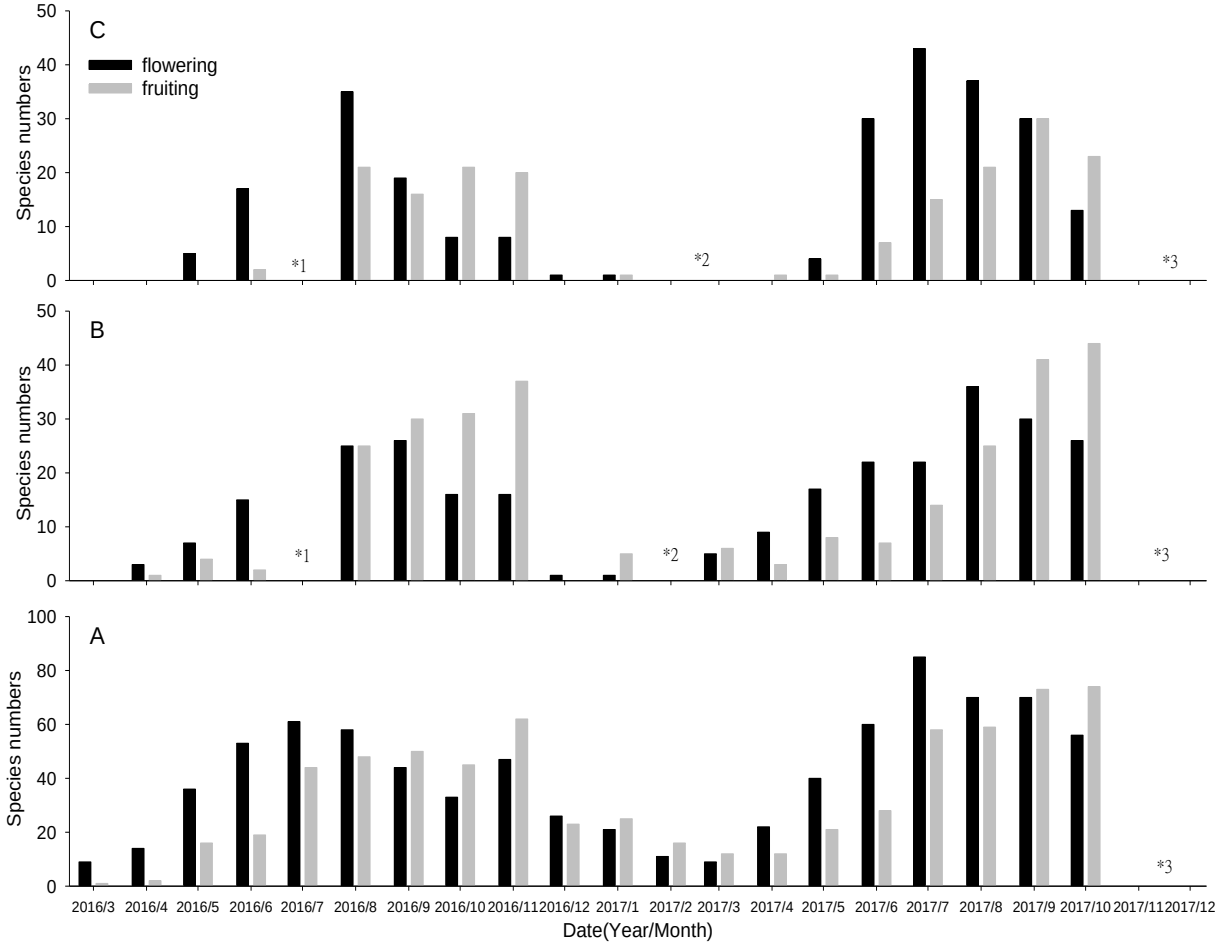


圖 5. 玉山主峰步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查不同植群帶開花物種數比較。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(資料來源：本研究團隊)

*1: 因颱風路坍方，故無調查資料。
*2: 因雪季封山，故無調查資料。
*3: 資料尚未調查

隨海拔升高，最明顯的變化因子為溫度伴隨之下降，一般絕乾熱遞減律為-0.6℃/100 m，隨各地區濕度不同而有所增減。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，熱量累積緩慢，而熱量累積的多寡是造成物候時序變化的主因，其可能因為熱量累積較緩慢的原因，而造成花期延後。大多數的研究報告指出，隨海拔升高植物的花開物候有延遲的現象(呂理昌，1990；張又敏，2006；溫英杰等，2008；王年金等，2010；潘振彰，2012；潘振彰等，2013；吳佳穎等，2013；曾喜育等，2014；Blionis *et al.*, 2001；Pellerin *et al.*, 2012)。

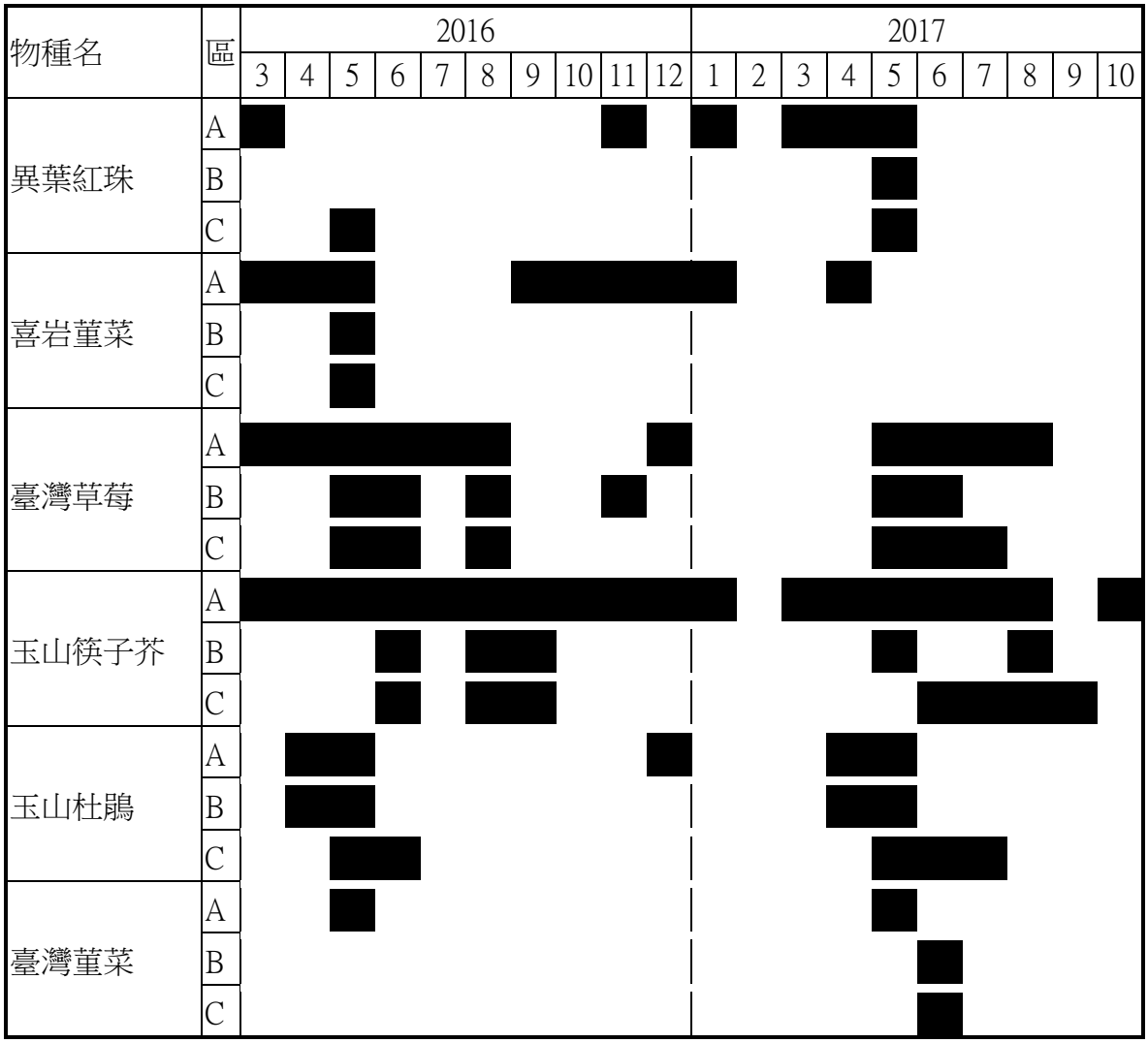


圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(資料來源：本研究團隊)

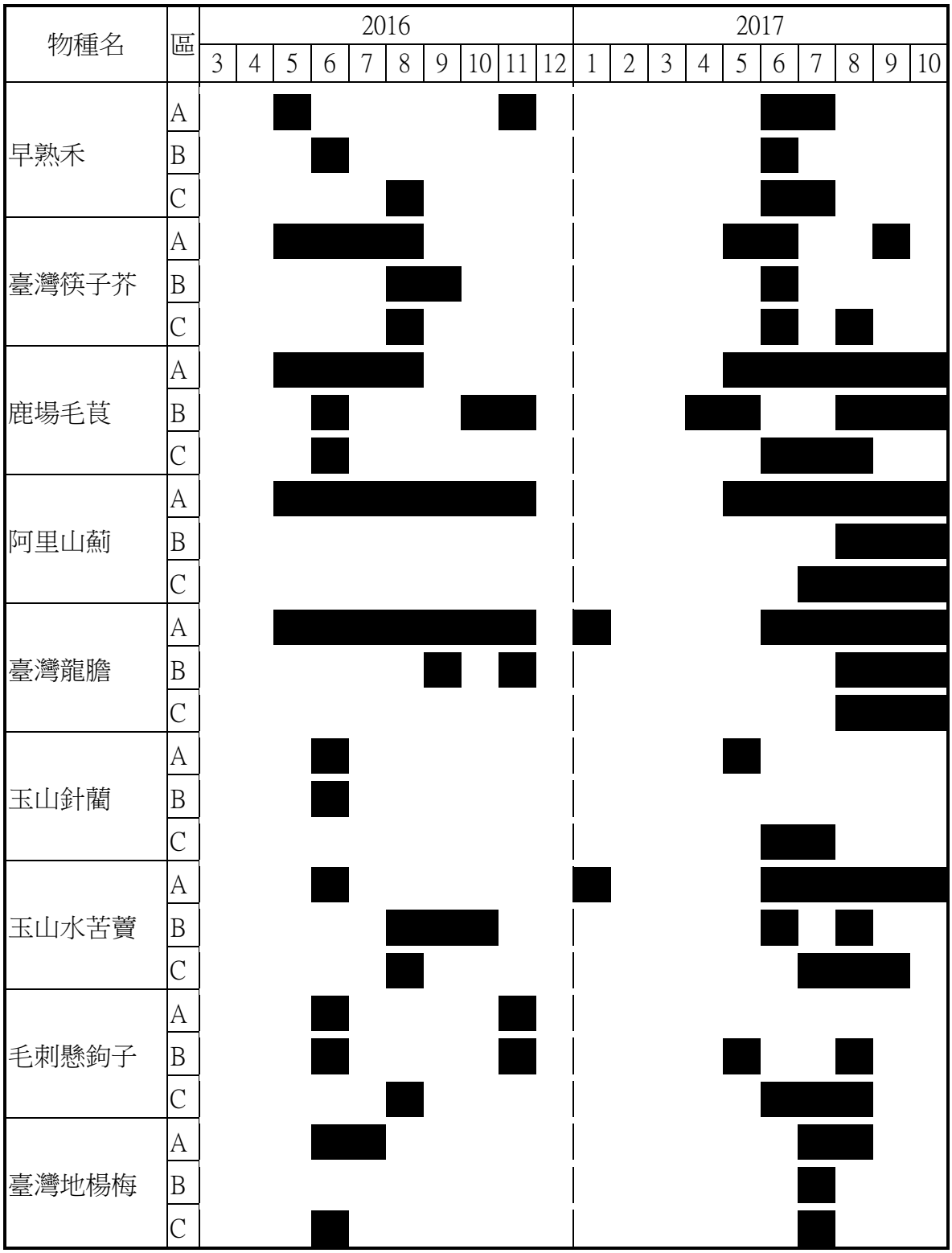


圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

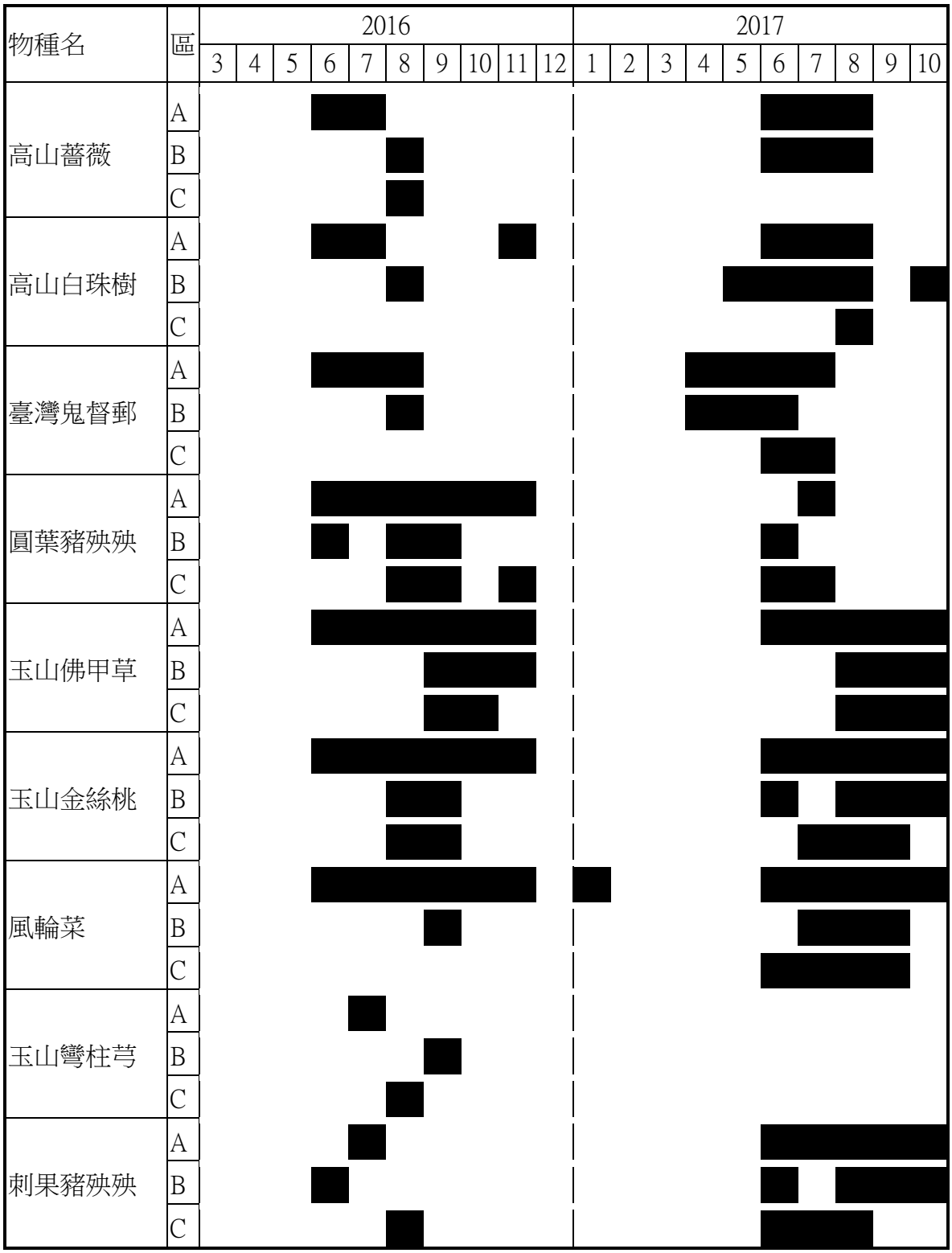


圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

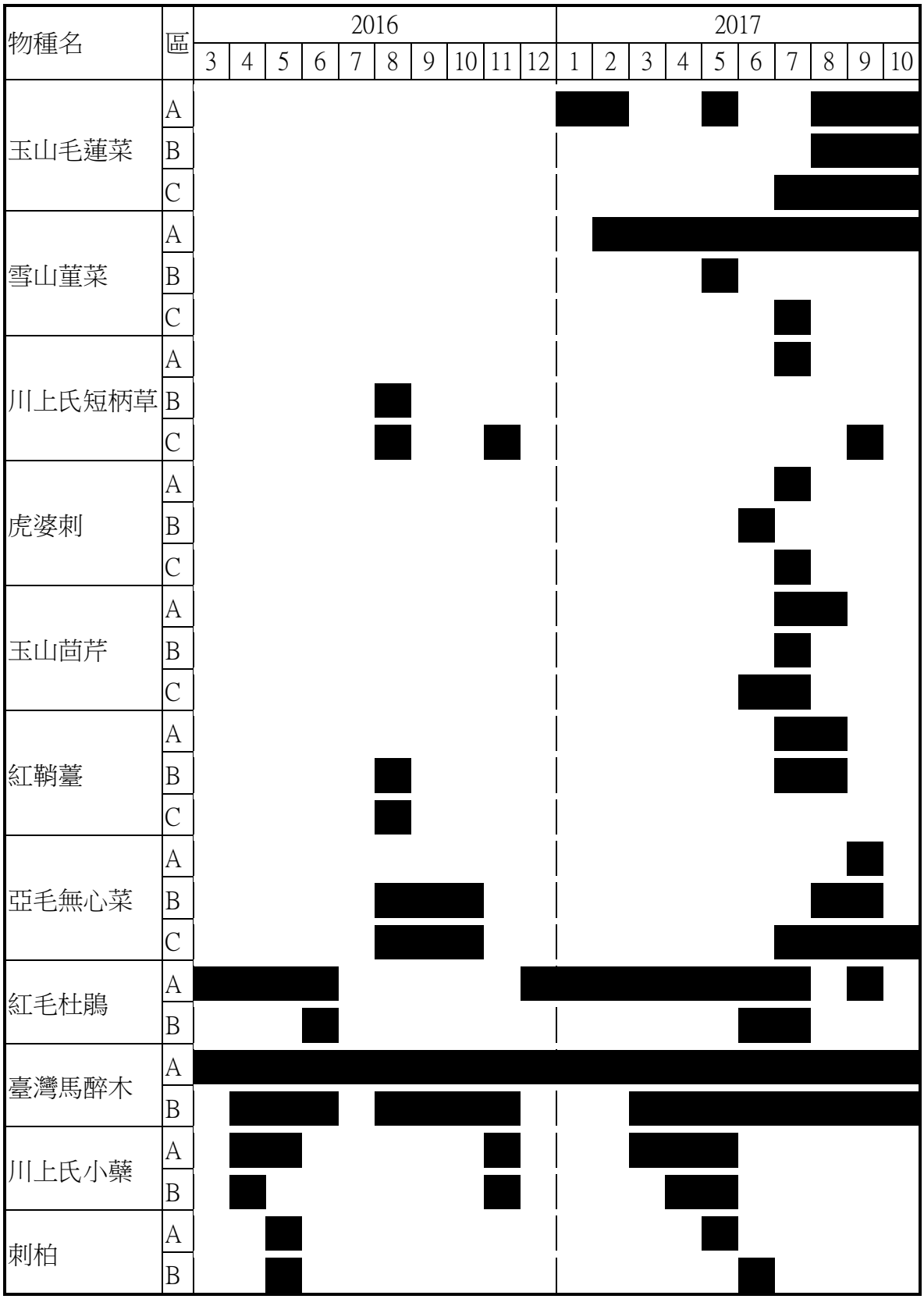


圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

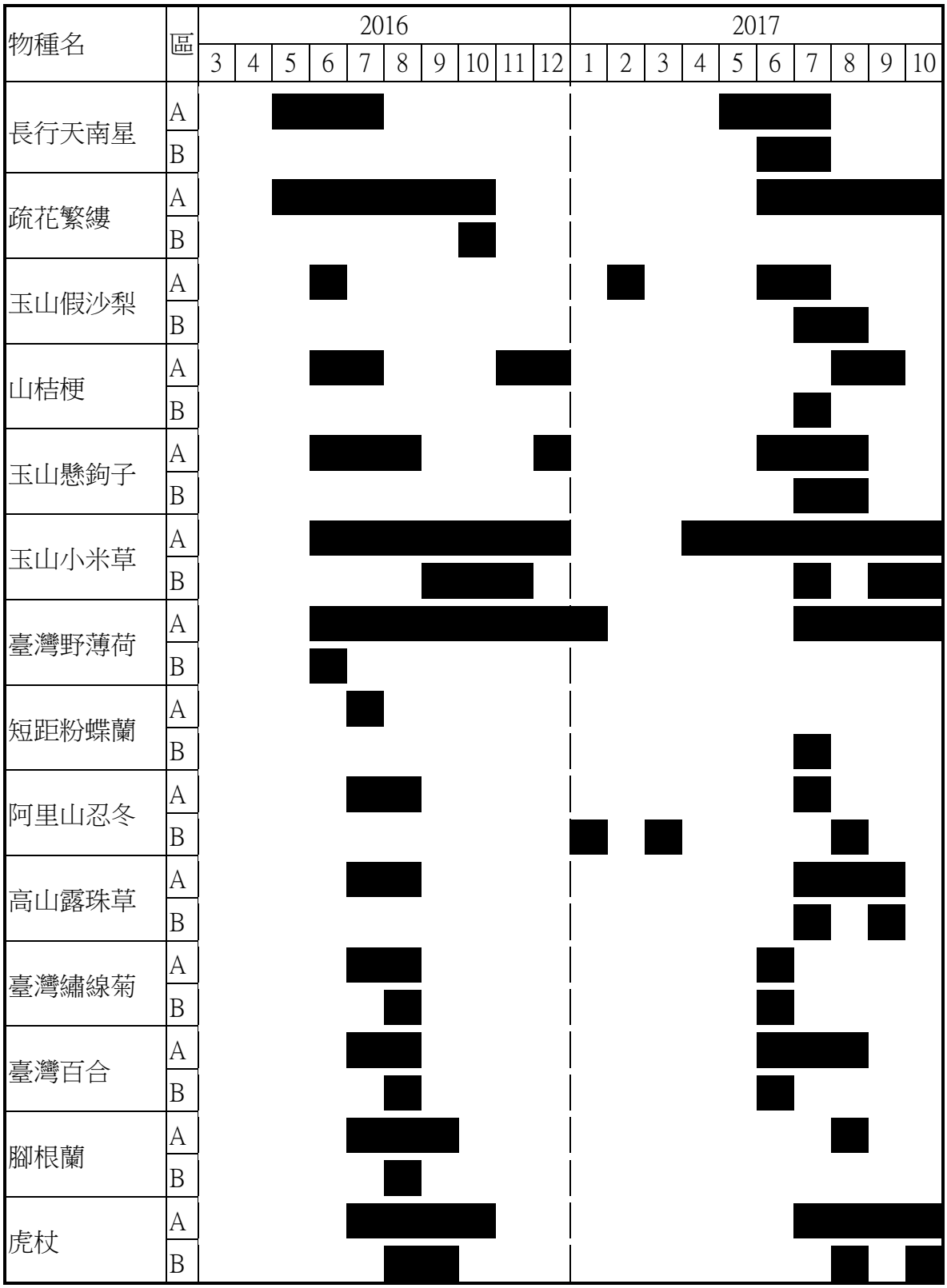


圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

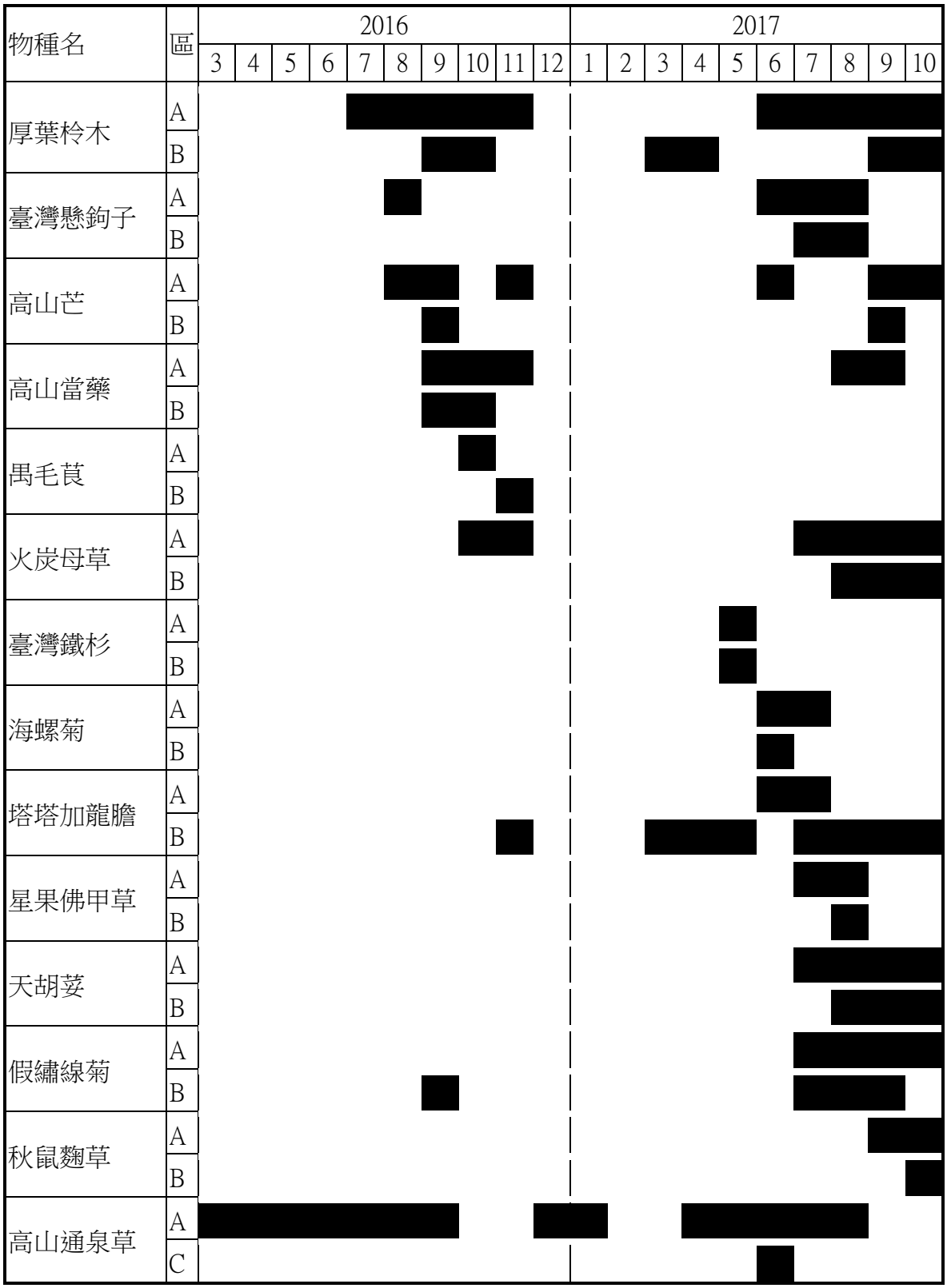


圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

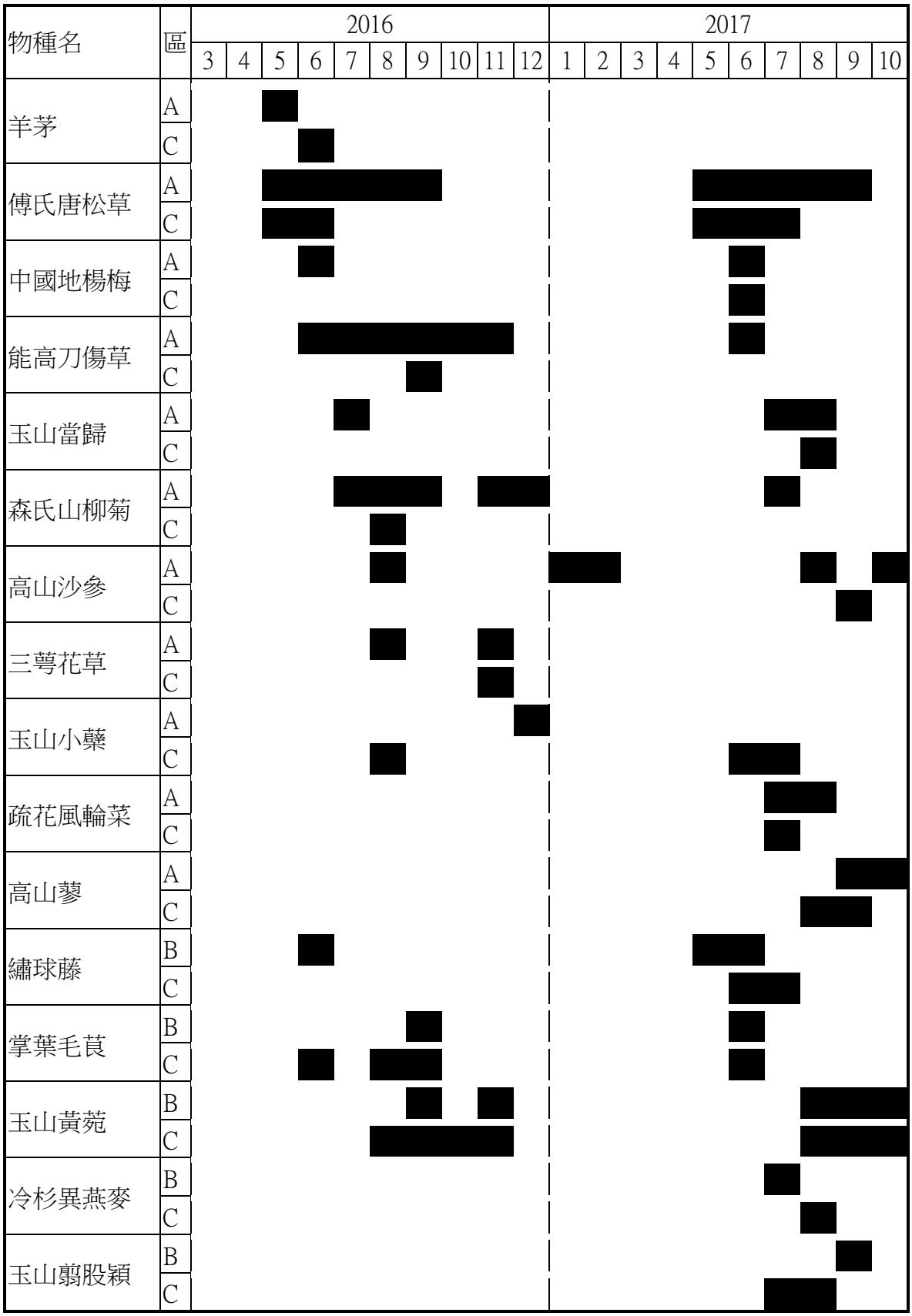


圖 6.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之開花物候譜。跨越兩個區域 A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

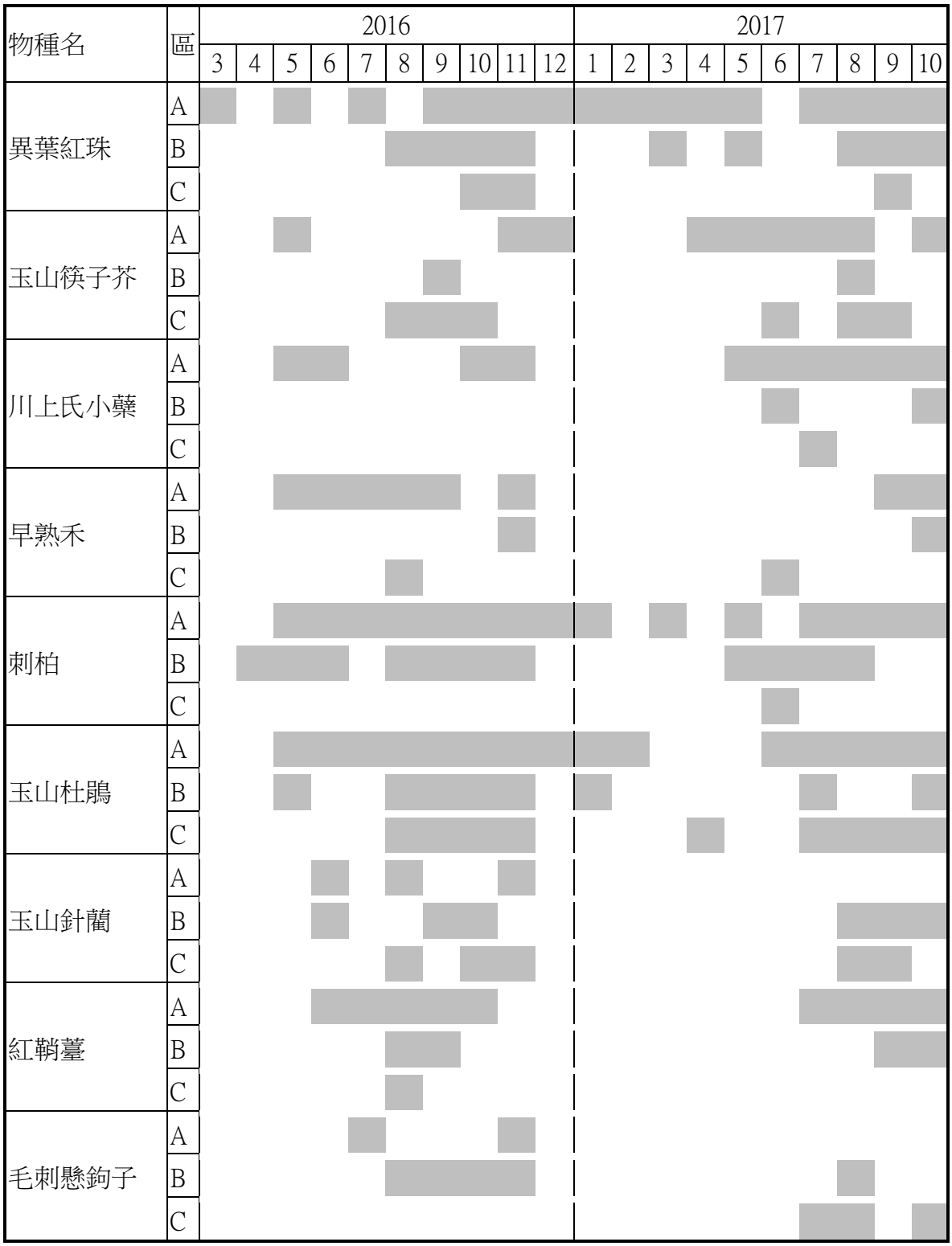


圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶， C：高山植群帶。(資料來源：本研究團隊)

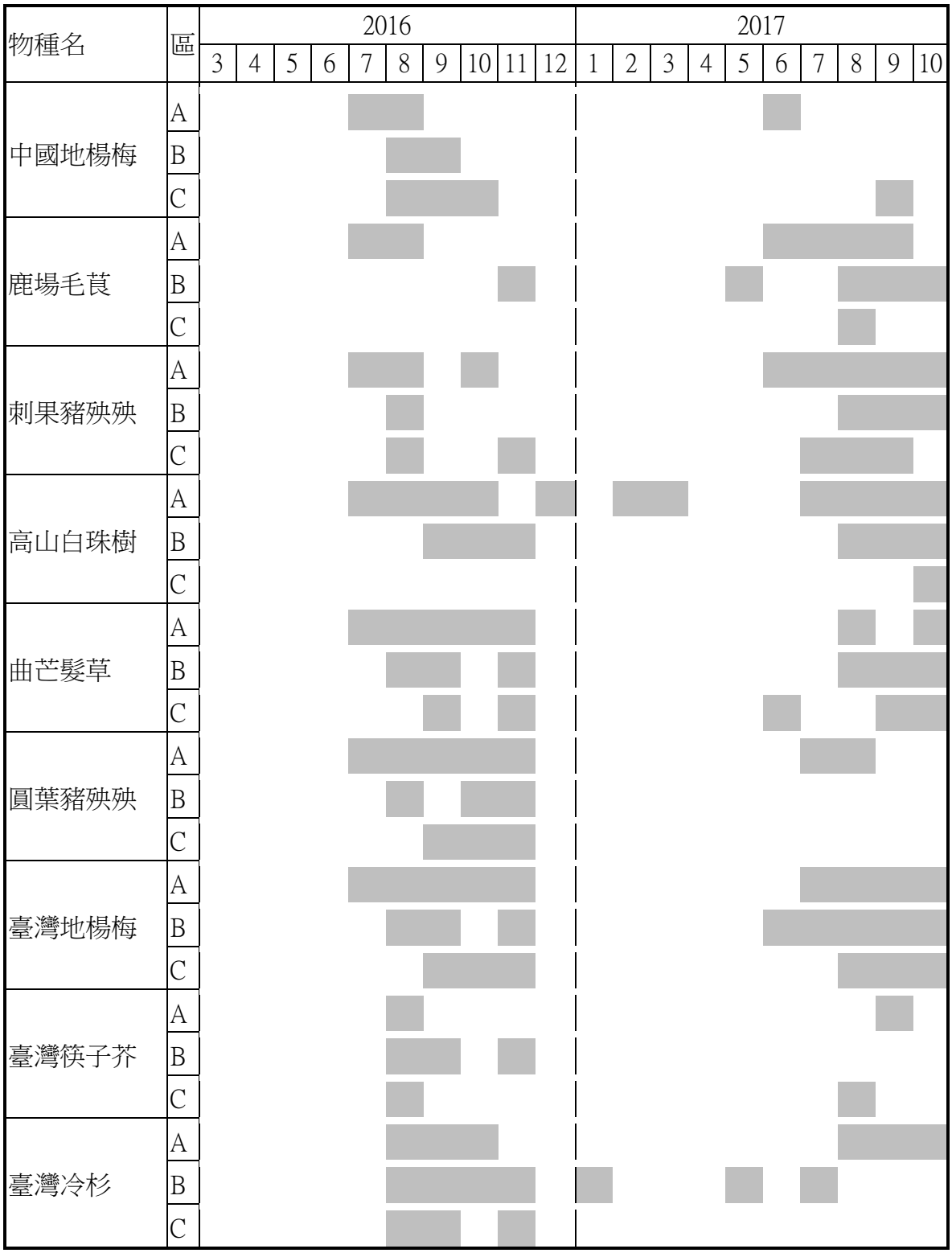


圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

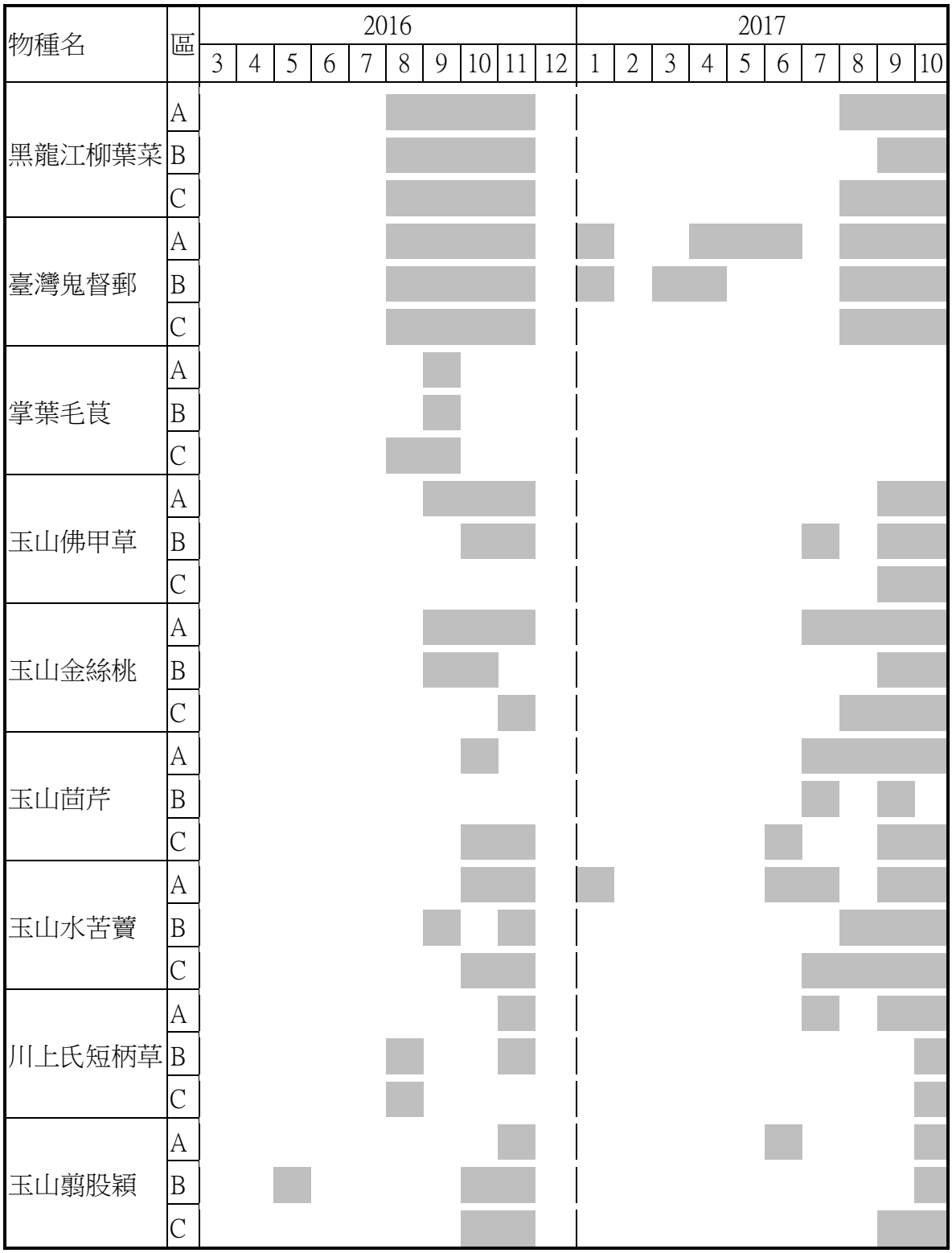


圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶， C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

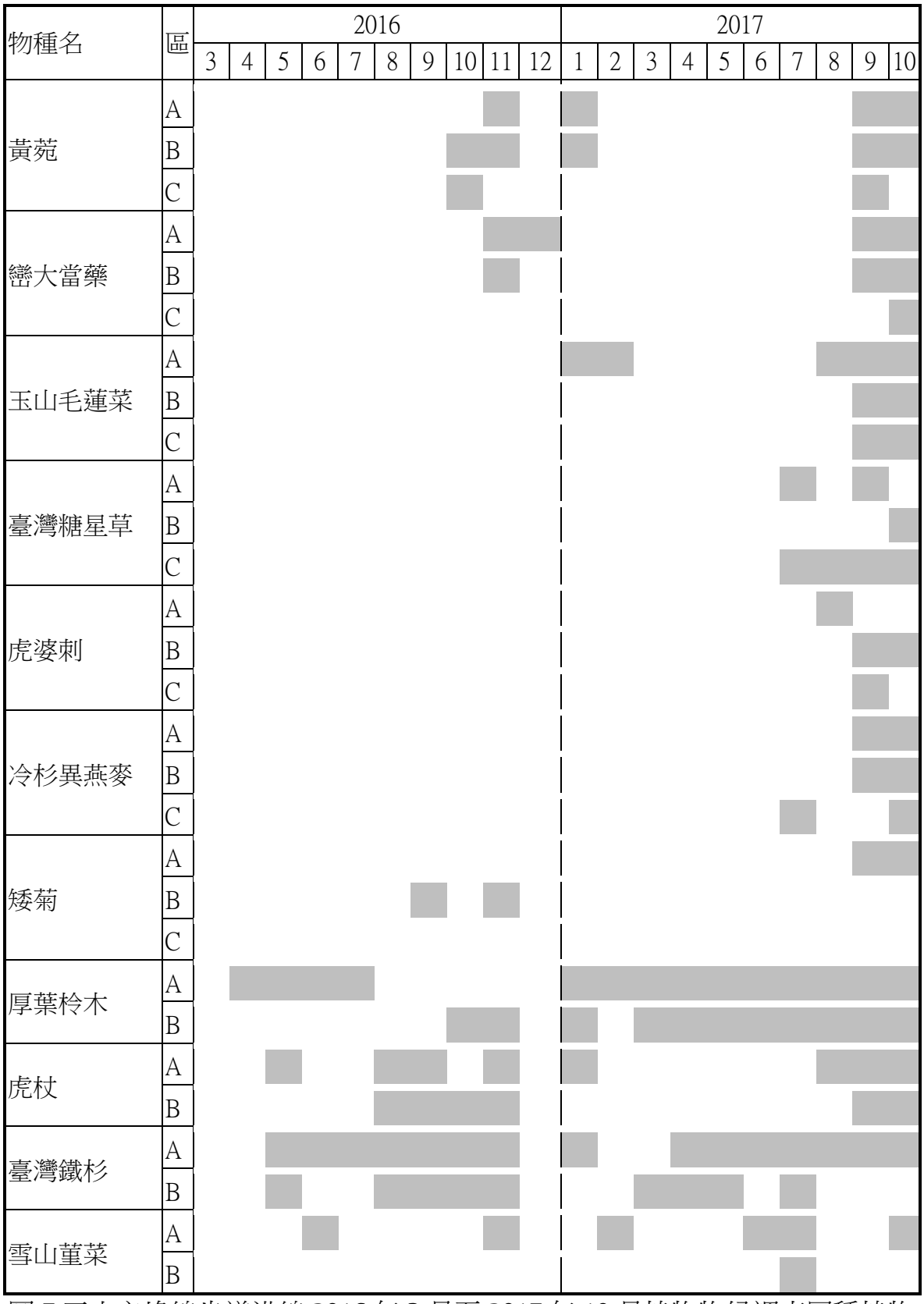


圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶， C ：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

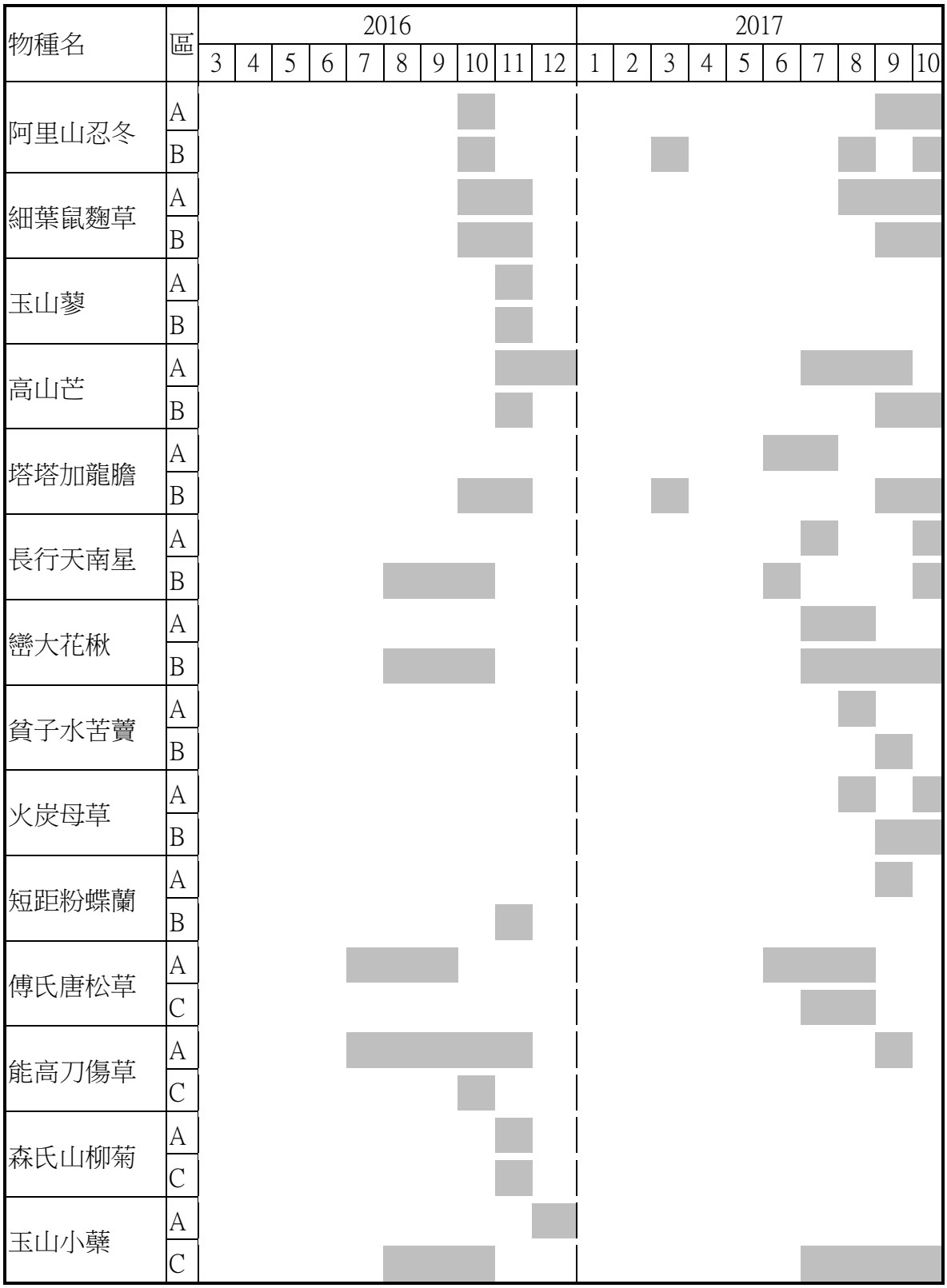


圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶， C ：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

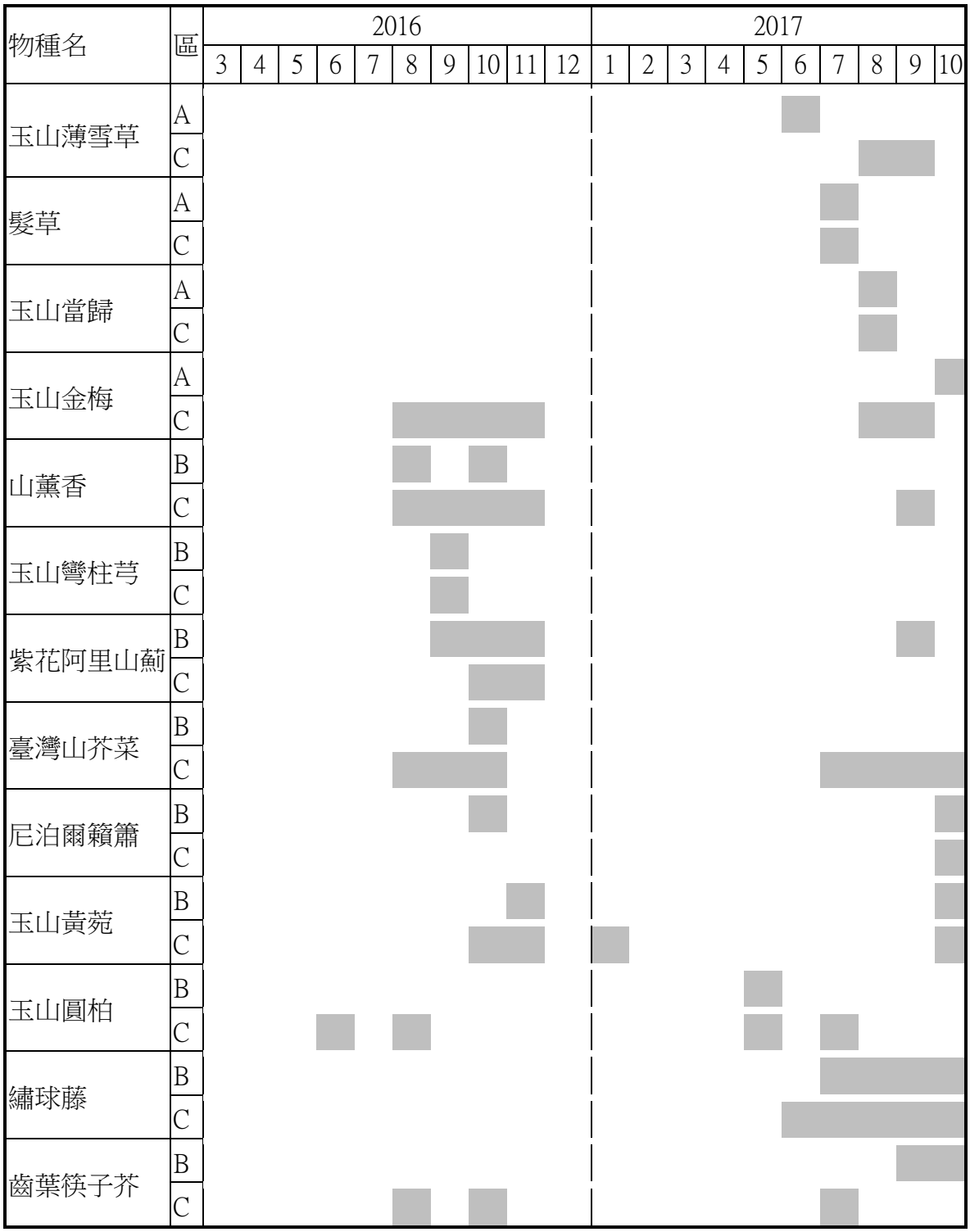


圖 7.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月植物物候調查同種植物不同區域之結實物候譜。A：鐵杉雲杉林帶，B：冷杉林帶，C：高山植群帶。(續) (資料來源：本研究團隊)

(二)不同年度春季開花結實物候比較

2017 年 3-5 月的開花物種數趨勢大致與 2016 年調查結果相近。2017 年物種開花數量與溫度變化趨勢相近，隨溫度逐漸升高，開花物種逐漸增加。玉山氣象站及阿里山氣象站顯示，2017 年 1 月月均溫高於長期平均溫度 2℃以上，且創下玉山氣象站 1961 年以來最溫暖的 1 月份(表 3)；中央氣象局氣候監測報告顯示(中央氣象局，2017)，2017 年 1 月臺灣 25 個局屬氣象站平均溫度均高於氣候平均值，其中多達 9 站高出平均值 2℃以上；以氣候分類來看，2017 年 1 月在 25 個局屬氣象站均屬高溫類別。1 月均溫 25 個局屬氣象站均進入該站同期前 8 名高溫紀錄，且有 11 站創下該站同期歷史最高溫紀錄，若以 13 個平地氣象站平均代表臺灣，1 月均溫亦創下 1947 年以來最暖的 1 月份，由此可知 2017 年 1 月是屬於偏溫暖的月份，此可能導致開花物種數仍偏多的現象。加上 2016 年 10-12 月亦屬於偏溫暖的月份，阿里山氣象站及玉山氣象站顯示 2016 年 10-12 月月均溫高於長期平均值，且 12 月阿里山的溫度進入該站設站以來前 8 名高溫，這有可能是 2017 年 1 月仍調查到許多物種開花，且有些可能因為 2016 年因冬季偏暖，導致花期延後至 2017 年 1 月；例如蔓黃菀於 2016 年秋冬季開花的物種，2017 年 1 月仍有調查到開花及結實;花期主要在 3-6 月的紅毛杜鵑,於 2016 年 12 月至 2017 年 5 月都有調查到零星開花植株，這些非主要開花期開花的個體，其植株開花明顯較少。

2013 年 1 月極地大陸冷氣團南下程度明顯比往年氣候平均情形弱，整個月臺灣地區均沒有寒流來襲，因此全臺 1 月平均氣溫呈現正常略偏暖(表 3)；2013 年 2 月臺灣 25 個局屬測站的平均氣溫皆高於氣候平均值，玉山、阿里山及恆春更是創下設站以來同期氣溫的新高紀錄(國家災害防救科技中心氣象災害防治組，2013a；2013b)。依氣候資料來看，通常在 4-5 月玉山的平均溫度才會達 3 度以上，2013 年冬末春初的高溫可能使植物提前破除休眠開始發育，導致 2-3 月出現較高的開花物種數(圖 10；曾喜育等，2014)。

表.3 玉山北峰氣象站 2012-2017 與 1961-2017 年月均溫以及月均溫在 1961-2017 年 57 年間的高溫排名(括弧內)　　(資料來源：本研究團隊)

月份 / 年度	月均溫(排名)												
	前年 12 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2012	1.8 (14)	-1.5 (33)	0.0 (15)	2.2 (10)	2.8 (38)	6.1 (14)	7.5 (13)	7.7 (30)	7.2 (40)	7.1 (33)	7.1 (13)	2.6 (51)	0.1 (35)
2013	0.1 (35)	-0.6 (19)	2.9 (1)	1.4 (21)	2.9 (36)	5.3 (40)	7.1 (28)	7.2 (44)	7.7 (24)	7.9 (5)	7.3 (7)	2.9 (46)	-0.3 (47)
2014	-0.3 (46)	0.4 (8)	-1.0 (35)	1.3 (23)	4.6 (7)	5.4 (31)	8.5 (3)	9.6 (1)	8.6 (6)	8.6 (2)	7.8 (2)	3.8 (29)	0.9 (26)
2015	0.9 (25)	1.5 (3)	-1.9 (45)	2.3 (9)	3.6 (22)	6.4 (7)	8.9 (1)	8.0 (20)	7.5 (29)	8.2 (4)	7.2 (9)	5.3 (6)	2.1 (9)
2016	2.1 (9)	-0.4 (14)	-1.2 (37)	0.3 (39)	4.1 (14)	7.0 (3)	8.0 (5)	8.7 (6)	9.0 (3)	7.7 (7)	7.2 (10)	4.5 (16)	2.0 (11)
2017	2.0 (11)	1.6 (2)	0.1 (13)	0.3 (38)	3.4 (30)	5.4 (34)	7.6 (10)	8.5 (9)	9.2 (1)	9.7 (1)	8.3 (1)	-	-
1961-2017	0.7	-1.3	-0.9	0.9	3.4	5.6	7.0	7.8	7.6	7.2	6.3	-	-

受到 2015 年聖嬰現象的影響，2016 年 1 月全球均溫高達 13.04 ℃，比全球長期平均 12 ℃高出了 1.04 ℃，打破了 2007 年 1 月的紀錄，是 137 年來溫度最高的 1 月(王嬿蘭，2016)。2016 年 1 月上旬至中旬因聖嬰現象使全臺呈現暖冬，玉山地區的平均溫度也偏高，而 1 月高雨量也導致玉山站創下同月歷史最低日照時數紀錄(中央氣象局，2016a)。2016 年 1 月下旬因北極圈的冷空氣直接南下到副熱帶地區，使東亞至東南亞地區出現罕見的低溫現象(王嬿蘭，2016)。1 月冬季高海拔區域植物多處於休眠狀態，因此低溫傷害較不明顯；然而在中高海拔區域，1 月上旬冬季高溫可能促進植物打破休眠，使植物提前開花，隨之而來的低溫可能對植物花苞或花造成凍傷，使開花物候受到影響(薛兆祥等，2016)。2016 年 2-3 月玉山地區溫度低於長期的氣候平均值，但 4-10 月的氣溫均高於長期氣象資料，這可能使得 2016 年的春季開花物候延遲(圖 8)。

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℃將導致春、夏季物候期大致提前 2.5 天。高海拔與高緯度生態系統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)。溫度高低與其隨時序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(2013)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)；有些植物則沒有差異(Myking, 1997)。

玉山主峰線步道步道兩旁植物有些種類在 2013 年、2016-2017 年 3-5 月 3 年度都有調查到開花，有些則只有在兩年度調查到開花(圖 12)，物種數上的差異可歸類成幾項原因，第一，物種族群大小，玉山主峰沿線其物種的族群大小具有差異，故有些植物族群較小，在調查時未注意，而未記錄到；第二，本研究的調查頻度為一個月調查一次，有些物種花期較短，不足一個月，調查時可能已過花期，或是未到花期，而沒有記錄到；第三，植物開花並非唯一固的時間，植物開花時間會受到環境因子的影響，故調查時尚未碰到花期。

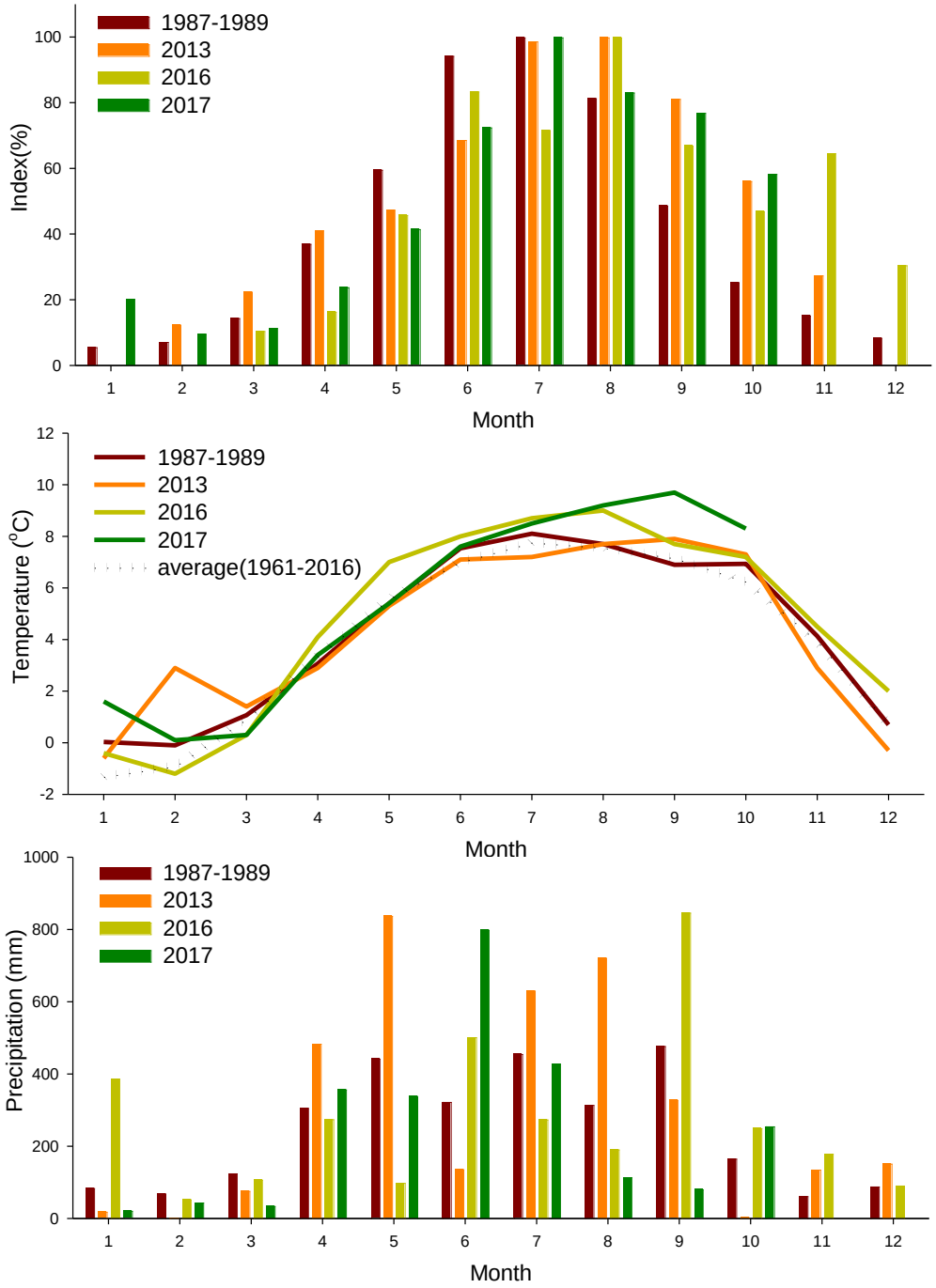


圖 8.玉山主峰線步道沿線 2013 年 2-12 月、2016 年 3-12 月及 2017 年 1-10 月逐月開花種數與氣候比較。(資料來源：本研究團隊)

*1.計畫尚未開始，故無調查資料。

*2.因雪季封山，2017 年 2 月調查資料止於 5k，3 月調查資料止於排雲

圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(資料來源：本研究團隊)

圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

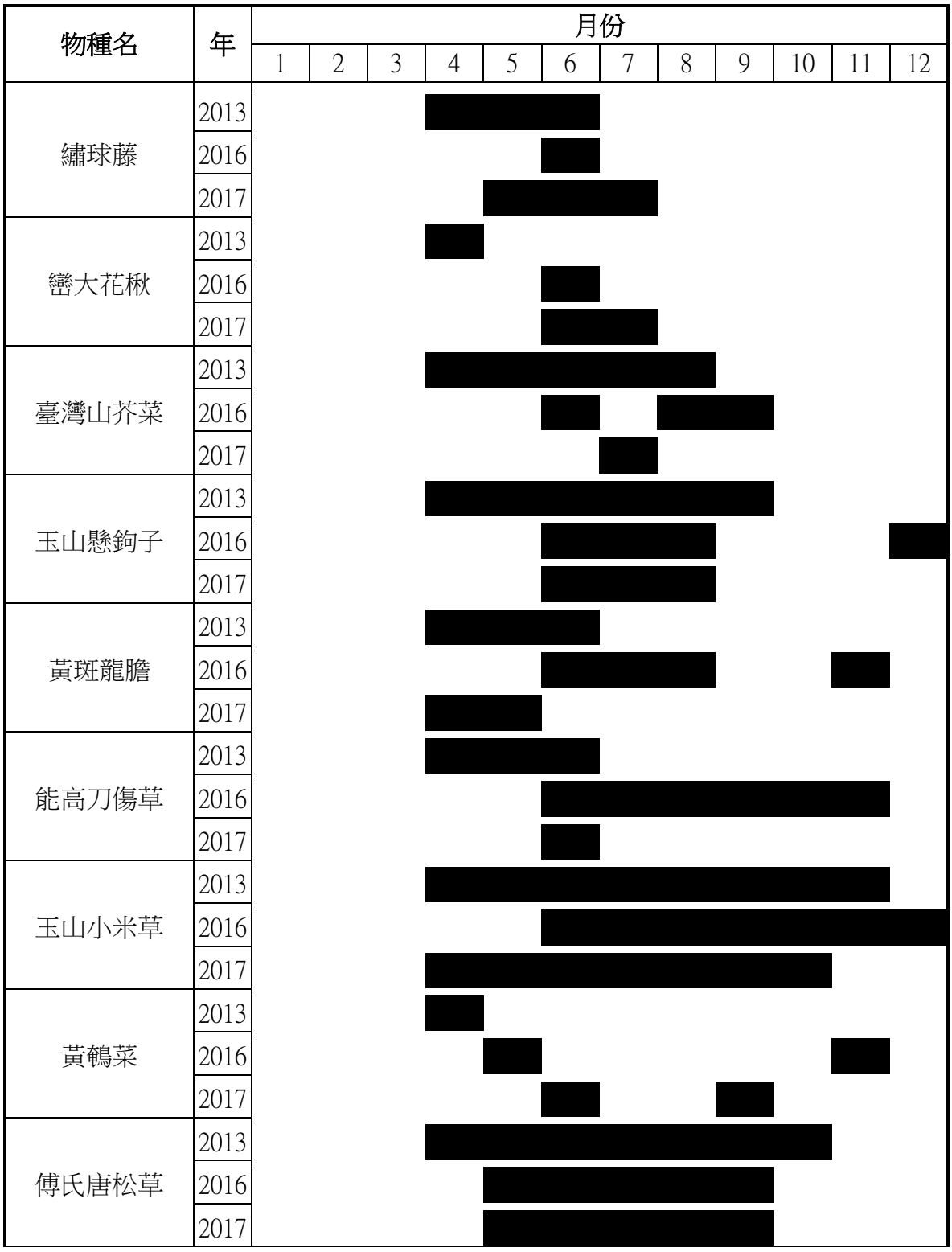


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

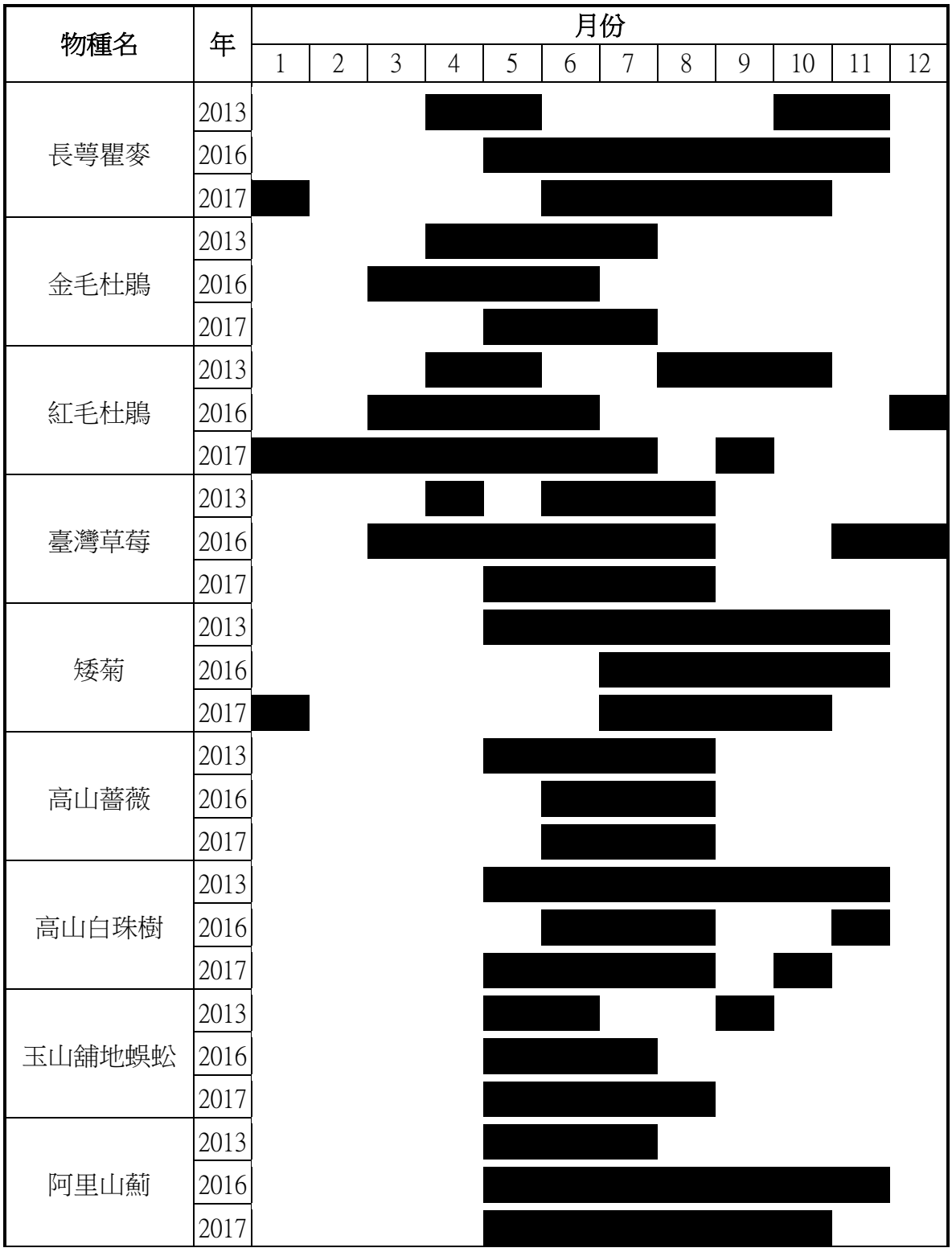


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

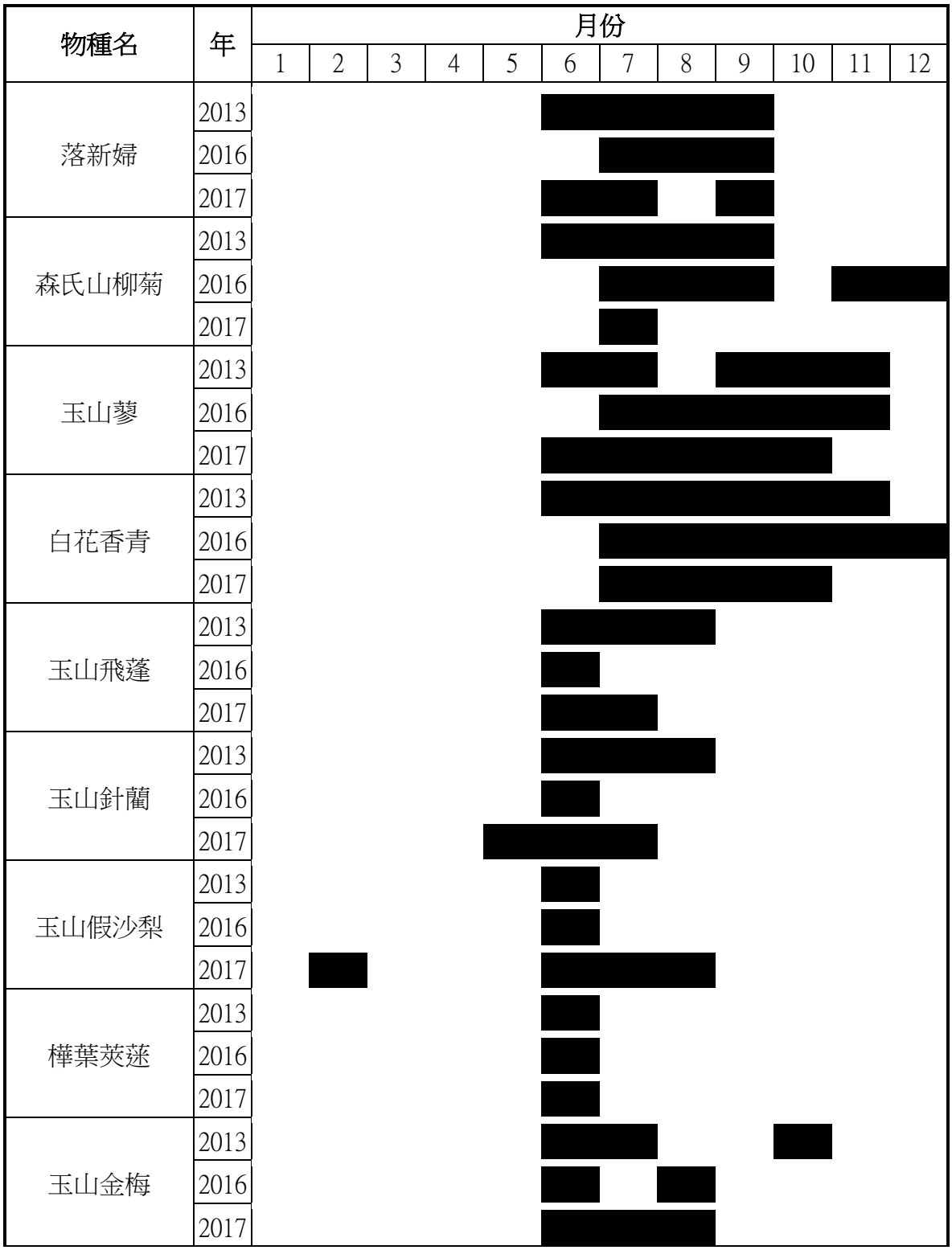


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

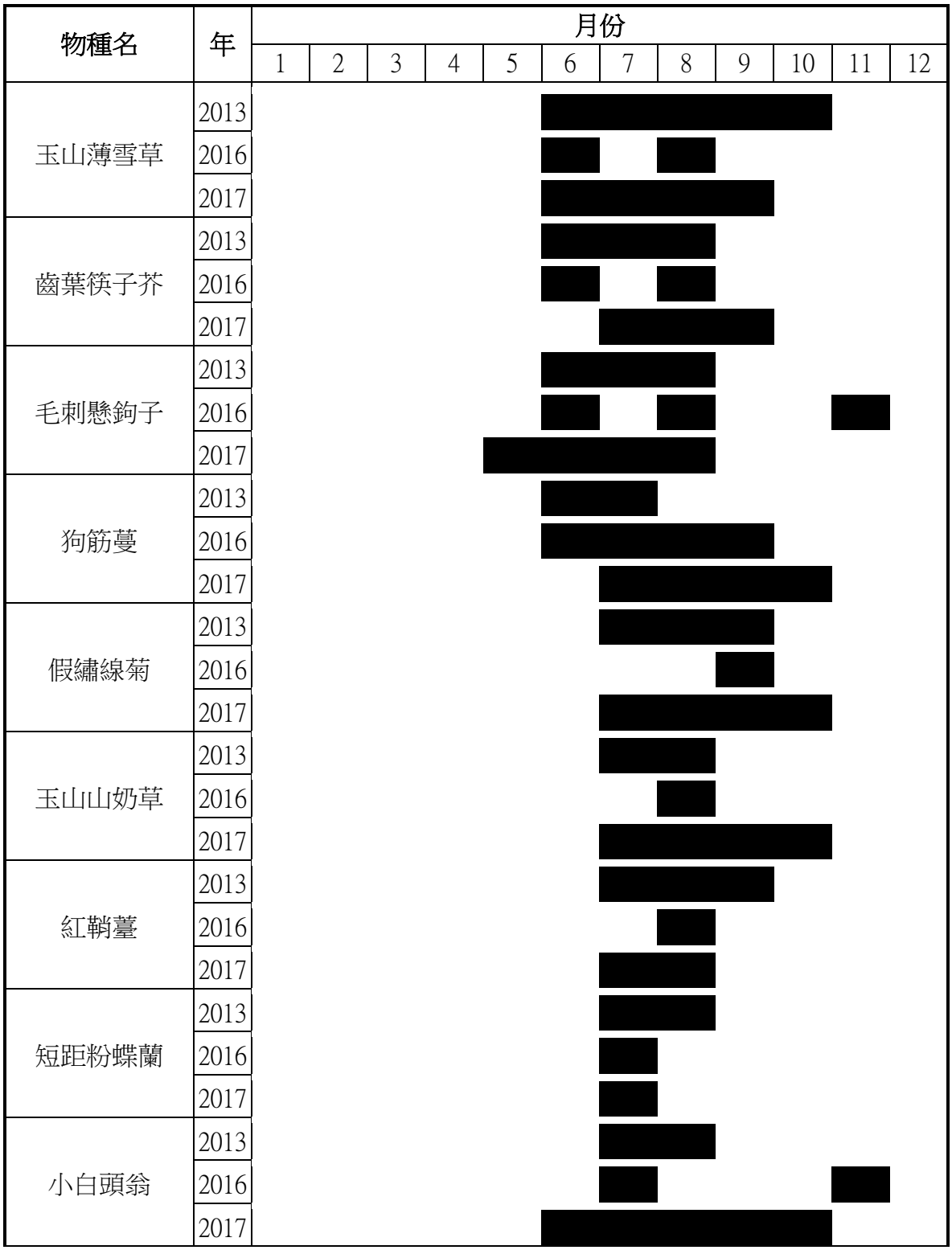


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

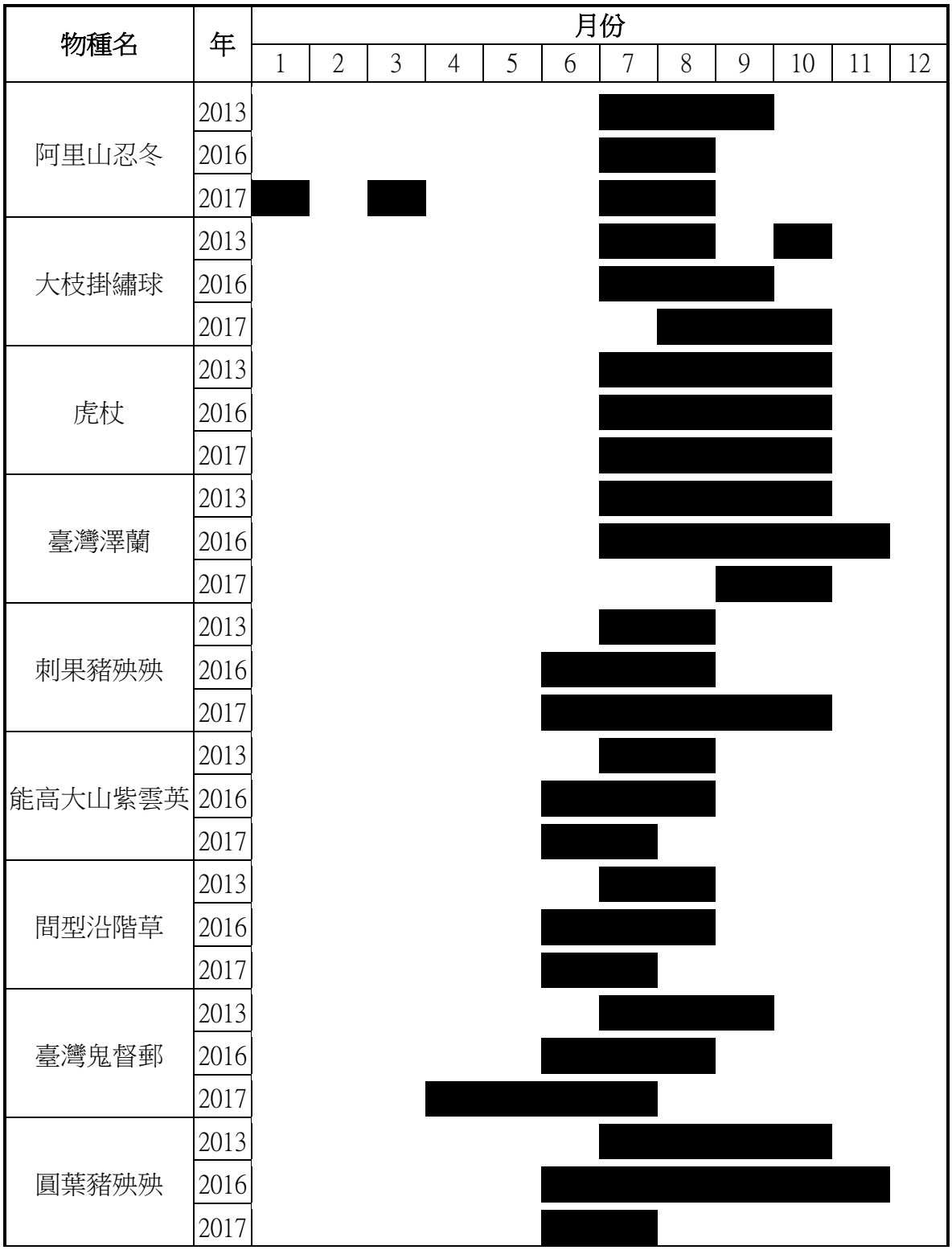


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

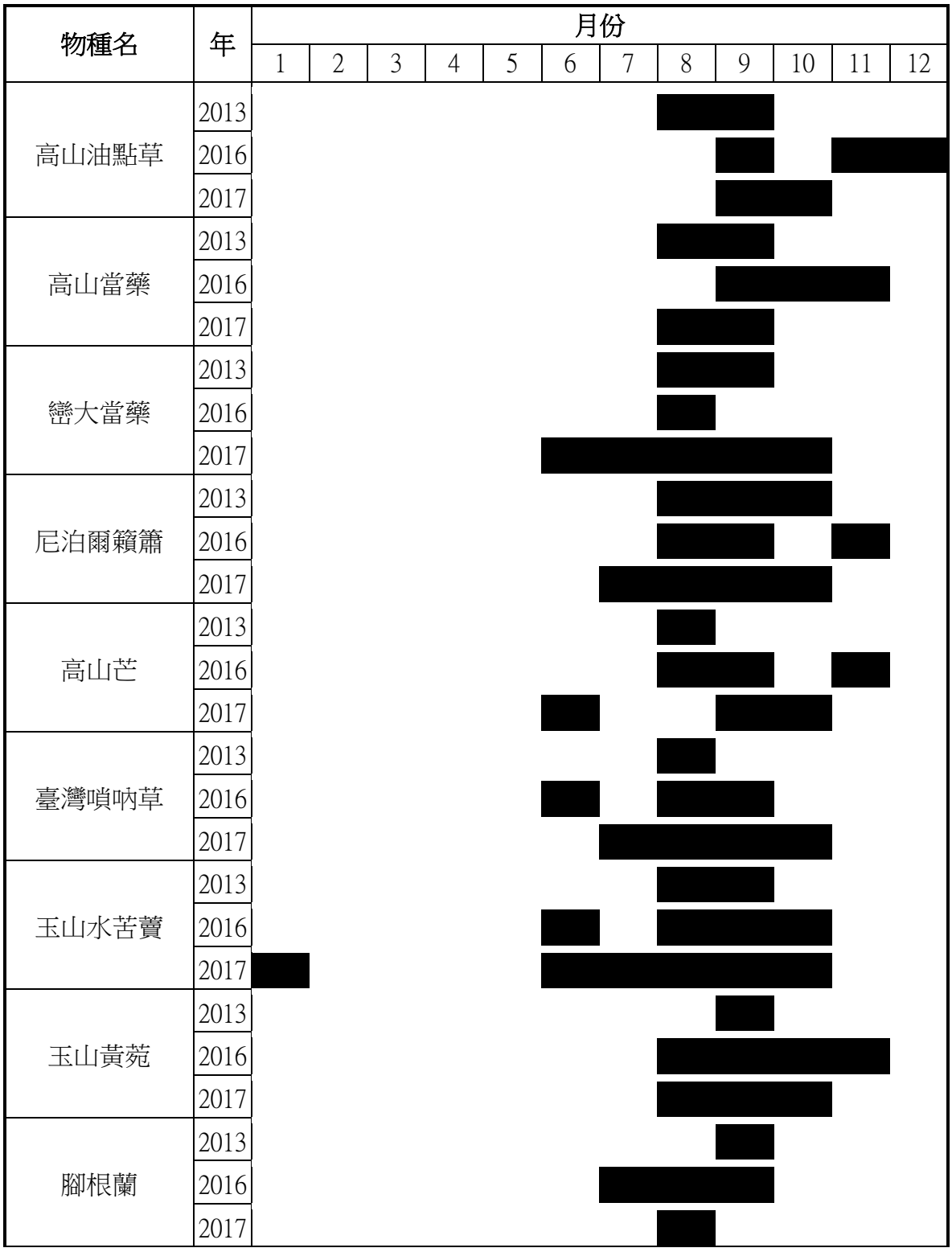


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

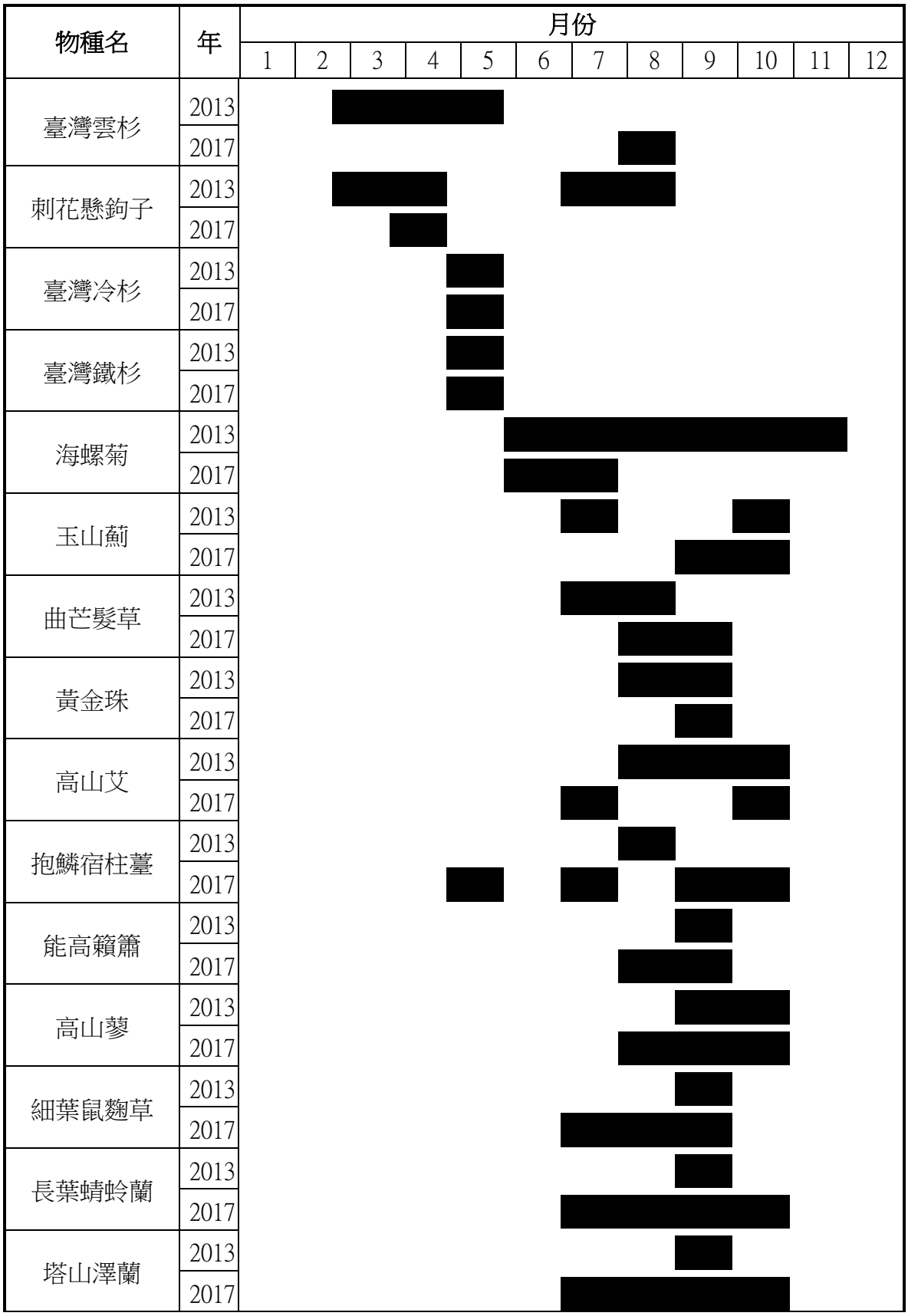


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

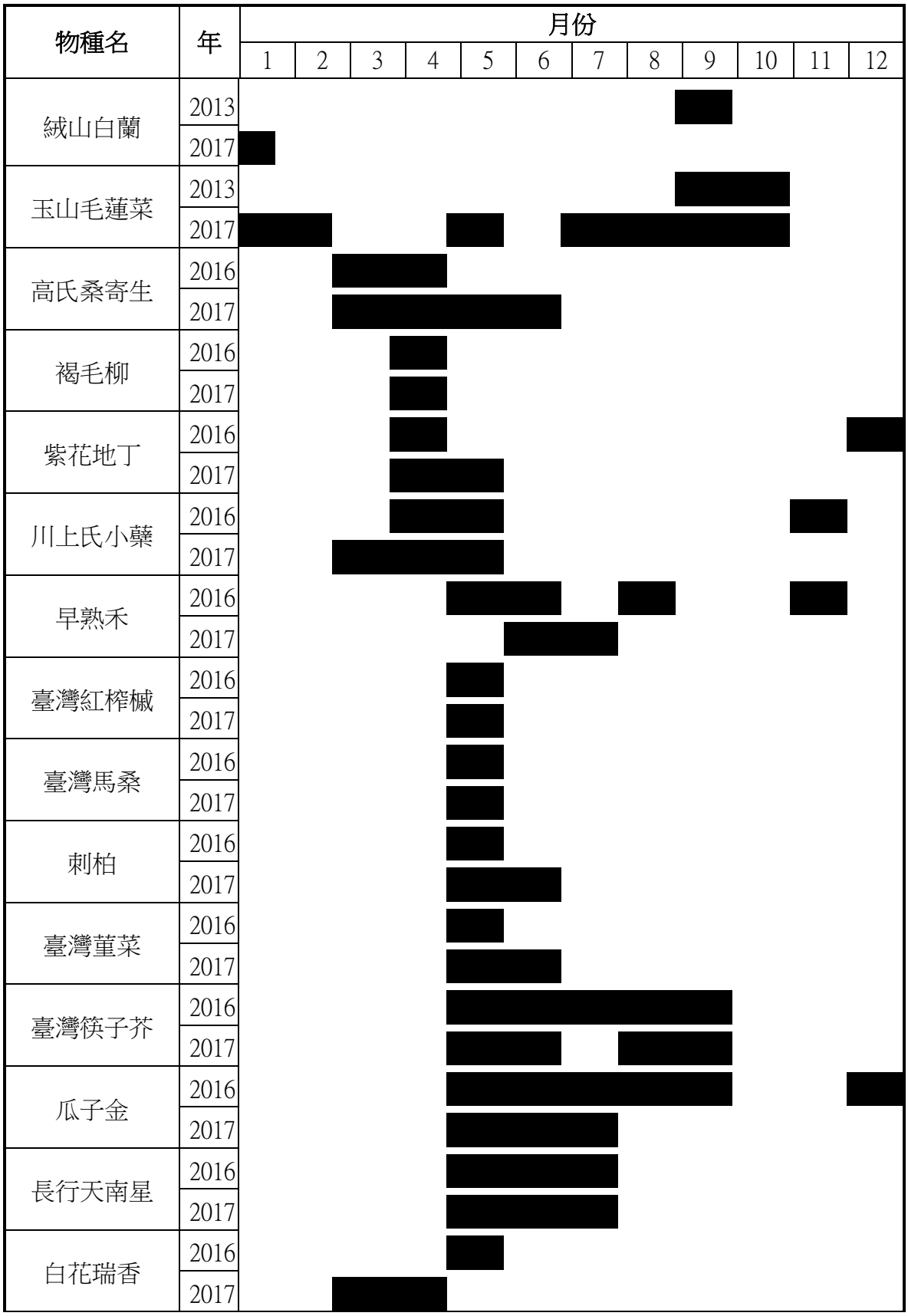


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

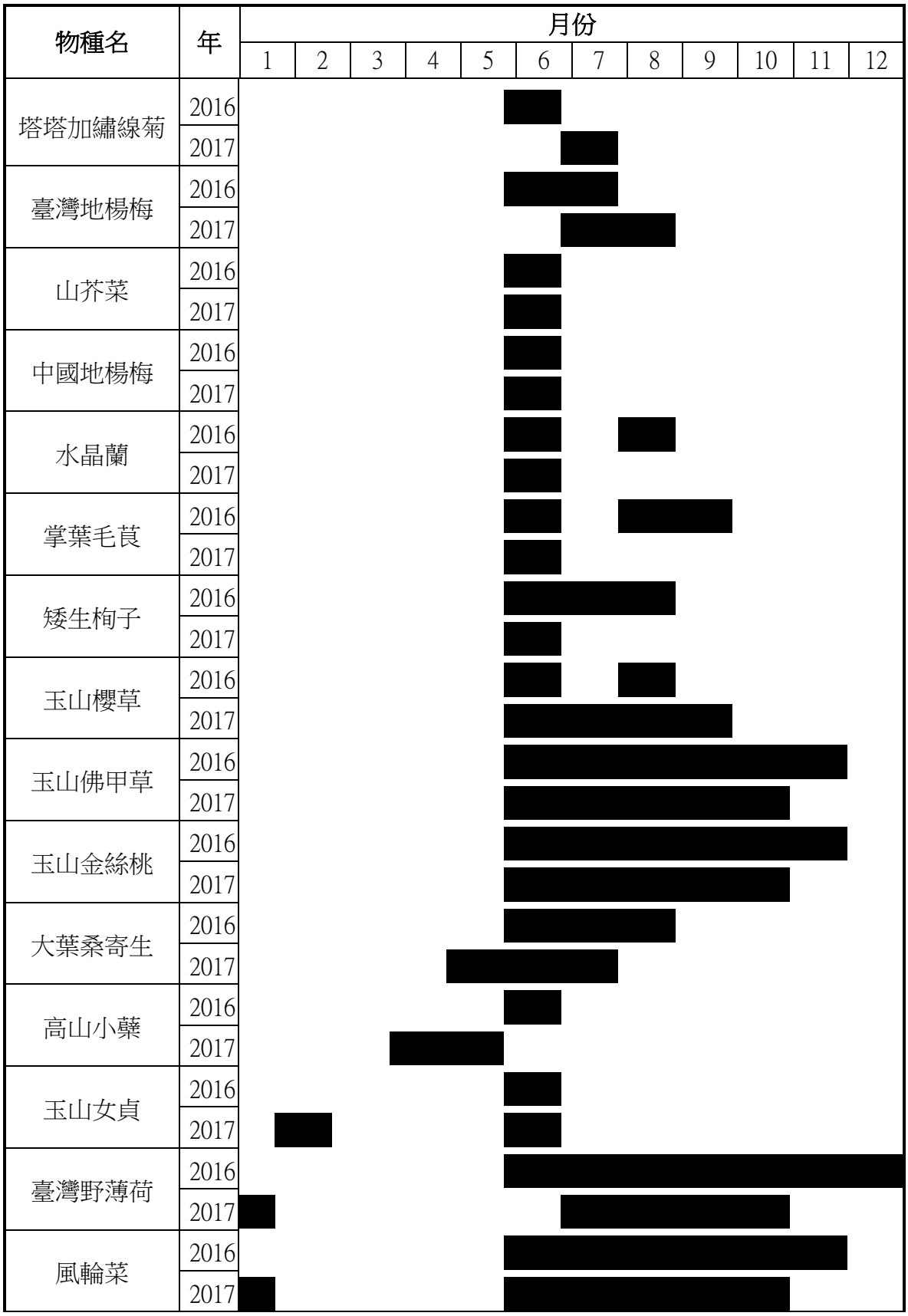


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

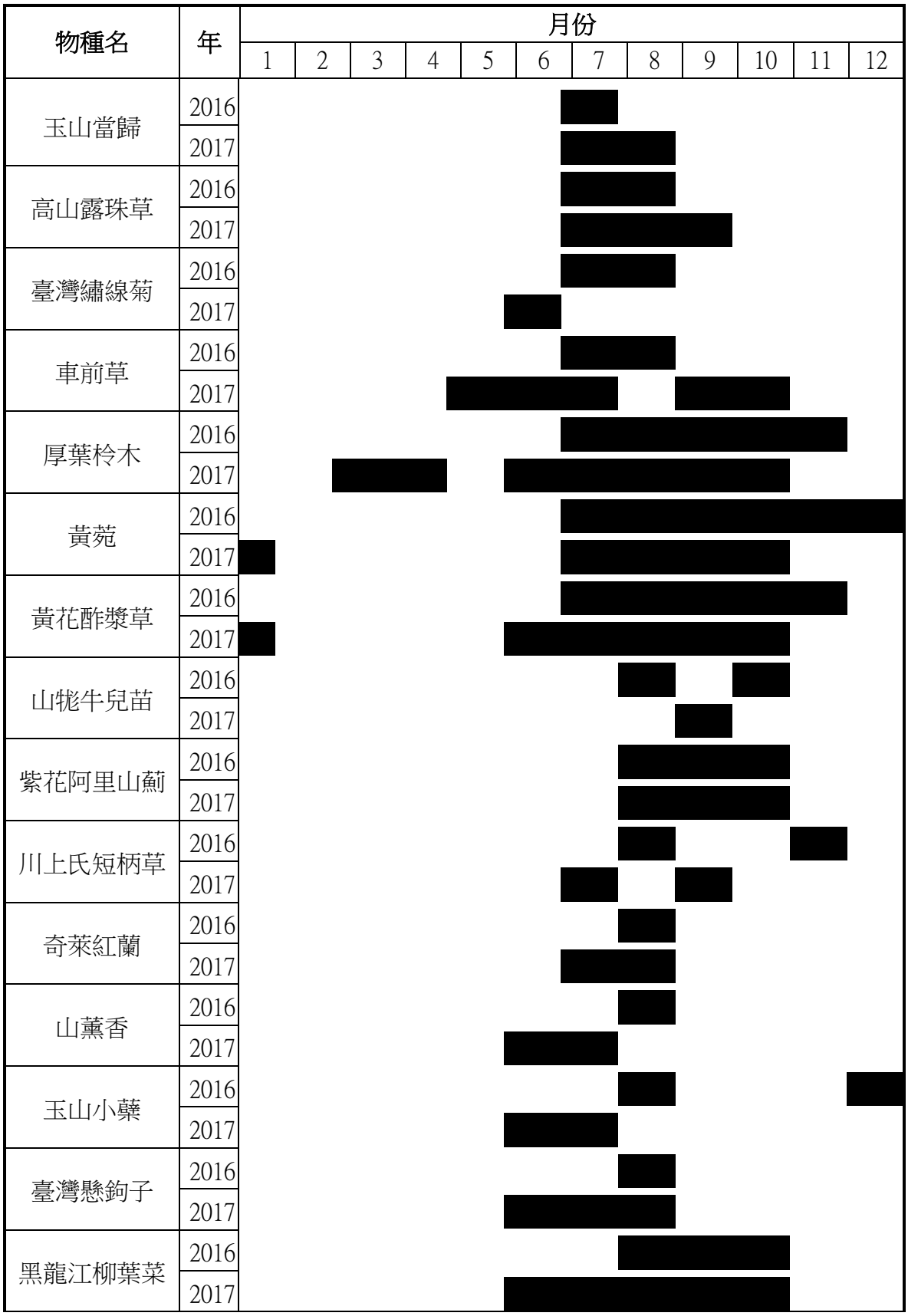


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

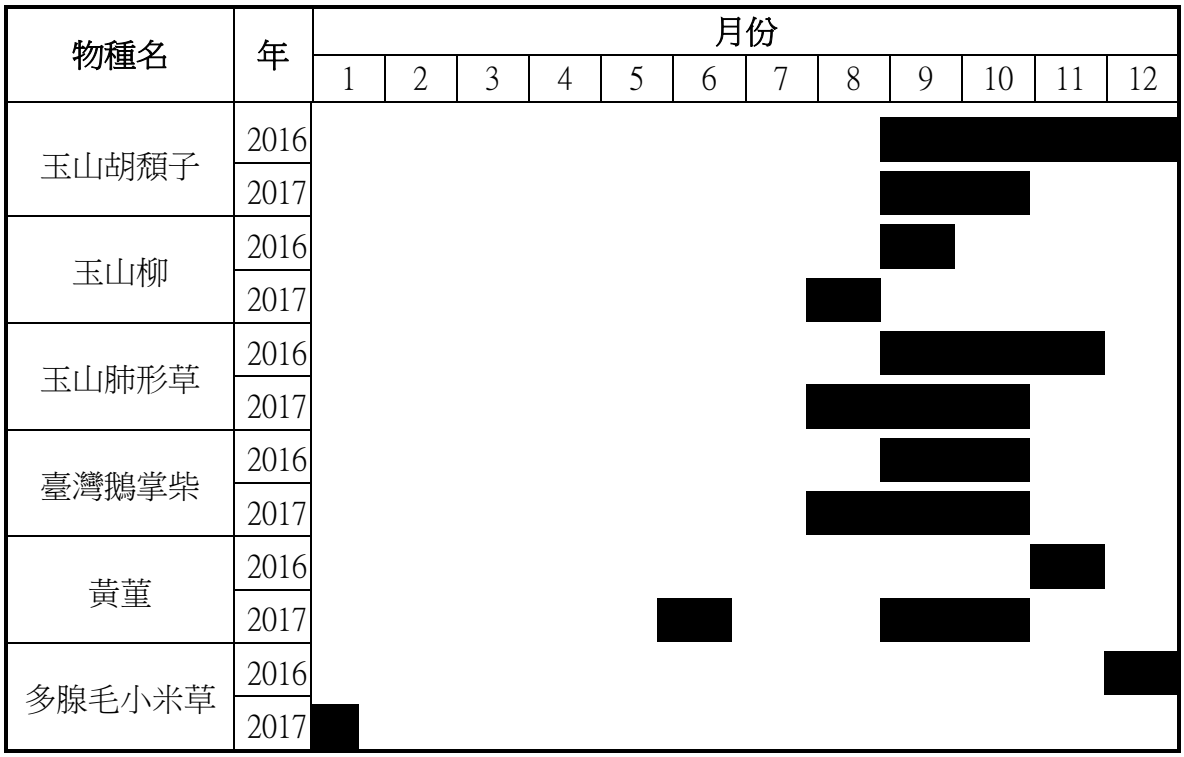


圖 9.玉山主峰步道沿線植物物候 2013、2016-2017 年開花物候譜。因計畫調查開始時間不同，2013 年 1 月和 2016 年 1-2 月缺乏調查資料。(續) (資料來源：本研究團隊)

(三) 植物開花物候縮時攝影與開花積溫推估

本次研究針對指標物種架設監測相機進行縮時攝影，用以紀錄且觀察特定物種的物候，所拍攝的目標物種有玉山櫻草、玉山金梅(*Potentilla leuconota*)、塔山櫻(*Prunus obtusata*)、塔塔加繡線菊(*Spiraea tatakaensis*)、阿里山薊(*Cirsium arisanense*)及塔塔加薊(*Cirs. tatakaense*)、巒大花楸、紅毛杜鵑(2 株)、玉山杜鵑(12 株)等共 22 樣株，相機型號、位置及其地理資訊如表 4，預計於今年要架設的山櫻花、褐毛柳及玉山山蘿蔔，目前計畫架設位置為鹿林山莊(褐毛柳)、排雲管理站(山櫻花)，玉山山蘿蔔原計畫架設於北峰氣象站，但因植株小且預計架設區域的族群已消失不見。經過照像機影像長期記錄、整理後，將 2017 年已觀察到的開花物種個別的始花期、盛花期以及殘花期(表 6，圖 13-17)。

表 4. 玉山主峰線步道 2017 年植物開花物候縮時攝影拍攝目標物種及其地理位置 (資料來源：本研究團隊)

編號	型號*	拍攝物種	X	Y	海拔 (m)	備註
1	HC	玉山櫻草	23.466443	120.950195	3,452	排雲山莊旁
2	HC	玉山金梅	23.470083	120.956851	3,884	主峰前 30 m
3	HC	塔山櫻	23.476982	120.898090	2,641	登山口前
4	HC	玉山杜鵑	23.473763	120.906659	3,111	5.2k
5	HC	阿里山薊	23.466901	120.949485	3,433	醫療站旁
6	HC	紅毛杜鵑	23.473240	120.907960	2,713	孟祿亭前
7	HC	塔塔加薊	23.466443	120.950195	3452	排雲管理站後
8	HC	玉山杜鵑	23.471445	120.910928	2,822	孟祿亭後
9	HC	玉山杜鵑	23.468455	120.954566	3,680	碎石之字坡
10	HC	玉山杜鵑	23.482793	120.959745	3,709	主北鞍部
11	HC	紅毛杜鵑	23.471586	120.880589	2,651	鹿林山莊附近
12	HC	金毛杜鵑	23.474314	120.904492	2,673	0. 多 k 處
13	HC	玉山杜鵑	23.4721979	120.9222383	2,827	樣株 1-5
14	HC	玉山杜鵑	23.4712309	120.9240609	2,961	樣株 1-4
15	HC	玉山杜鵑	23.477247	120.8976030	2,642	馬路上
16	HC	玉山杜鵑	23.465568	, 120.944199	3,313	樣株 2-2
17	HC	玉山杜鵑	23.467285	, 120.948858	3,450	西峰陵線,樣株 3-5
18	HC	玉山杜鵑	23.464945	120.9432993	3,288	樣株 2-3
19	RX	玉山杜鵑	23.482171	120.959469	3,700	主北鞍部
20	RX	玉山杜鵑+巒大花秋	23.471224	120.956003	3,692	主北鞍部
21	TLC	塔塔加繡線菊	23.473763	120.906659	2,778	
22	HC	褐毛柳	23.471586	120.880589	2,651	鹿林山莊 (一次拍三株，12 月架設)
23	HC	山櫻花	23.481709	120.887157	2,620	排雲管理站 (一次拍三株，12 月架設)
24	HC	玉山山蘿蔔	23.487614	120.959522	3,845	北峰氣象站族群消失

*HC：HC500、RX：XR6、TLC：TLC200

表 5. 塔塔加玉山主峰線步道 2016 年植物開花物候縮時攝影拍攝目標物種及花期
(資料來源：本研究團隊)

編號	型號*	拍攝物種	花期			海拔(m)
			始花期	盛花期	殘花	
1	HC	玉山櫻草	05/26	06/16 - 07/07	07/08 - 07/26	3,452
2	HC	玉山金梅	06/27	07/09 - 07/29	07/30 - 08/08	3,884
3	HC	塔山櫻	-	-	-	2,641
4	HC	塔塔加繡線菊	-	-	-	2,778
5	HC	阿里山薊	07/20	09/13 - 10/08	-	3,433
6	HC	紅毛杜鵑	05/08	05/26 - 06/05	06/06 - 06/12	2,713
7	HC	塔塔加薊	09/05	10/01 - 10/09	-	3452
8	HC	玉山杜鵑	04/04	04/11 - 04/17	04/23 - 04/28	2,822
9	HC	玉山杜鵑	05/17	05/27 - 06/04	06/05 - 06/09	3,680
10	HC	玉山杜鵑	05/14	05/19 - 05/30	05/31 - 06/06	3,709
11	RX	玉山杜鵑	05/14	05/23 - 05/29	06/01 - 06/07	3,700

*HC：HC500、RX：XR6，- 表示未有資料

表 6. 塔塔加玉山主峰線步道 2017 年植物開花物候縮時攝影拍攝目標物種及花期
(資料來源：本研究團隊)

編號	型號*	拍攝物種	海拔(m)	花期		
				始花期	盛花期	殘花
1	HC	玉山櫻草	3,452	5/11	5/19-5/30	5/31-6/11
2	HC	玉山金梅	3,884	6/24	6/27-7/29	7/29-8/14
3	HC	塔山櫻	2,641	-	-	-
4	HC	玉山杜鵑	3,111	4/25	-	-
5	HC	阿里山薊	3,433	8/28	9/6-9/23	-
6	HC	紅毛杜鵑	2,713	-	-	-
7	HC	塔塔加薊	3452	-	-	-
8	HC	玉山杜鵑	2,822	4/1	4/6 - 04/17	4/18 - 4/25
9	HC	玉山杜鵑	3,680	5/17	5/24-5/31	5/31-6/12
10	HC	玉山杜鵑	3,709	5/18	5/26-5/29	5/30-6/7
11	HC	紅毛杜鵑	2,651	-	-	-
12	HC	金毛杜鵑	2,673	5/19	6/1-6/14	6/15-6/24
13	HC	玉山杜鵑	2,827	-	-	-
14	HC	玉山杜鵑	2,961	-	-	-
15	HC	玉山杜鵑	2,642	3/29	4/4 - 4/11	4/12 - 4/16
16	HC	玉山杜鵑	3,313	4/28	5/3 - 5/7	
17	HC	玉山杜鵑	3,450	5/15	5/18-5/23	5/23-5/27
18	HC	玉山杜鵑	3,288	-	-	-
19	RX	玉山杜鵑	3,700	5/10	5/27-5/28	5/28-6/4
20	RX	玉山杜鵑	3,692	5/11	5/19-5/28	5/29-6/3

*HC：HC500、RX：XR6，- 表示未有資料

Inouye et al. (2003)研究發現，報春花科(Primulaceae)植物在溫度小幅度上升時，即能促使其花期提前。Zhang et al. (2010)研究珠穆朗瑪峰北坡之高山植物開花與結果物候，報春花科的地錢草(*Androsace umbellata*)幾乎是該區域最早開花的物種之一；而同一科的 *Soldanella alpina* 及 *So. pusilla* 在阿爾卑斯(Alps)山區也是融雪後即開花的物種(Körner 2003)。同屬報春花科的玉山櫻草，亦是臺灣高山是春天較早開花類群之一(吳佳穎等，2013, 曾喜育等 2014)，本研究得到的積溫或許可用於開花時間預測以及反映氣候變遷。

表 7.玉山主峰線步道沿線 2017 年 1-10 月縮時攝影積溫推估

(資料來源：本研究團隊)

編號	物種	海拔(m)	DFF	開花前 60 日		當年度	
				CH	ETA	CH	ETA
1	玉山櫻草	3,452	5 月 11 日	290	722.3	523	1423.5
4	玉山杜鵑	3,111	4 月 25 日	-	-	-	-
5	阿里山薊	3,433	8 月 29 日	1397	5613.9	2757	9231.4
8	玉山杜鵑	2,822	4 月 1 日	979	2970.0	1438	4804.5
9	玉山杜鵑	3,680	5 月 17 日	332	762.7	569	1466.5
10	玉山杜鵑	3,709	5 月 18 日	339	780.7	581	1498.8
12	金毛杜鵑	2,673	5 月 19 日	-	-	-	-
15	玉山杜鵑	2,642	3 月 29 日	982	2797.7	1378	3980.8
16	玉山杜鵑	3,313	4 月 28 日	1381	2307.7	-	-
17	玉山杜鵑	3,450	5 月 15 日	314	756.1	549	1457.6
19	玉山杜鵑	3,700	5 月 10 日	278	692.7	506	1380.9
20	玉山杜鵑	3,692	5 月 11 日	290	722.3	523	1423.5

*DFF：始花期，CH： 累積時數，ETA：積溫。

本次研究利用 datalog 所得的溫度資料以及玉山氣象站的溫度資料進行積溫計算，開花前 60 日的累積時數為 290-1381 小時，積溫為 692.7-2970.0 h•℃；當年度 1 月 1 日起算的累積時數為 523-1438 小時，積溫為 3980.8-4804.5 h•℃，兩株樣株積溫時數及積溫在開花前 60 日較接近，而在 1 月 1 日期算的時間相差較多。然而樣株編號 8 的玉山杜鵑，2016 年利用阿里山氣象站得到開花前 60 日與當年度 1 月 1 日起算的累積時數為 1208 小時與 1886 小時，積溫為 4850.7 h•℃與 7379.8 h•℃，與 2016 年較高海拔的推估結果未呈一致性也與 2017 年利用 datalog 資料的推估，未成一致性。可能原因為阿里山氣象站的海拔為 2,413.4 m，與樣株 8 的玉山杜鵑分布海拔(2,822 m)有 400 m 的高度差，因此導致兩年度的積溫可能有差距。而海拔 3,000m 以上的樣

株，雖然已開花，但是由於 Datalog 損壞，無法獲得該生育地微環境溫度，故沒有計算積溫資料；而樣株位置於北峰氣象站海拔相差約 500 公尺，與阿里山氣象站海拔相差約 600 公尺，從去年所得之積溫資料，可知氣象站與樣株之海差異過大，所得的積溫資料可能無代表性。

另外，除了利用基準溫度 5℃計算積溫，本次研究利用了不同基準溫度進行積溫的計算，結果如表 8.，兩樣株在不同的基準溫度下，並沒有因基準溫度的改變而有不一樣的差異，兩者的海拔雖然相差的 200m，但是開花時間只差了三天，時均溫的分布趨勢相近 (圖 11，積溫累積趨勢 (圖 10) 也相近，這可能是導致兩樣株積溫差異不多的原因。

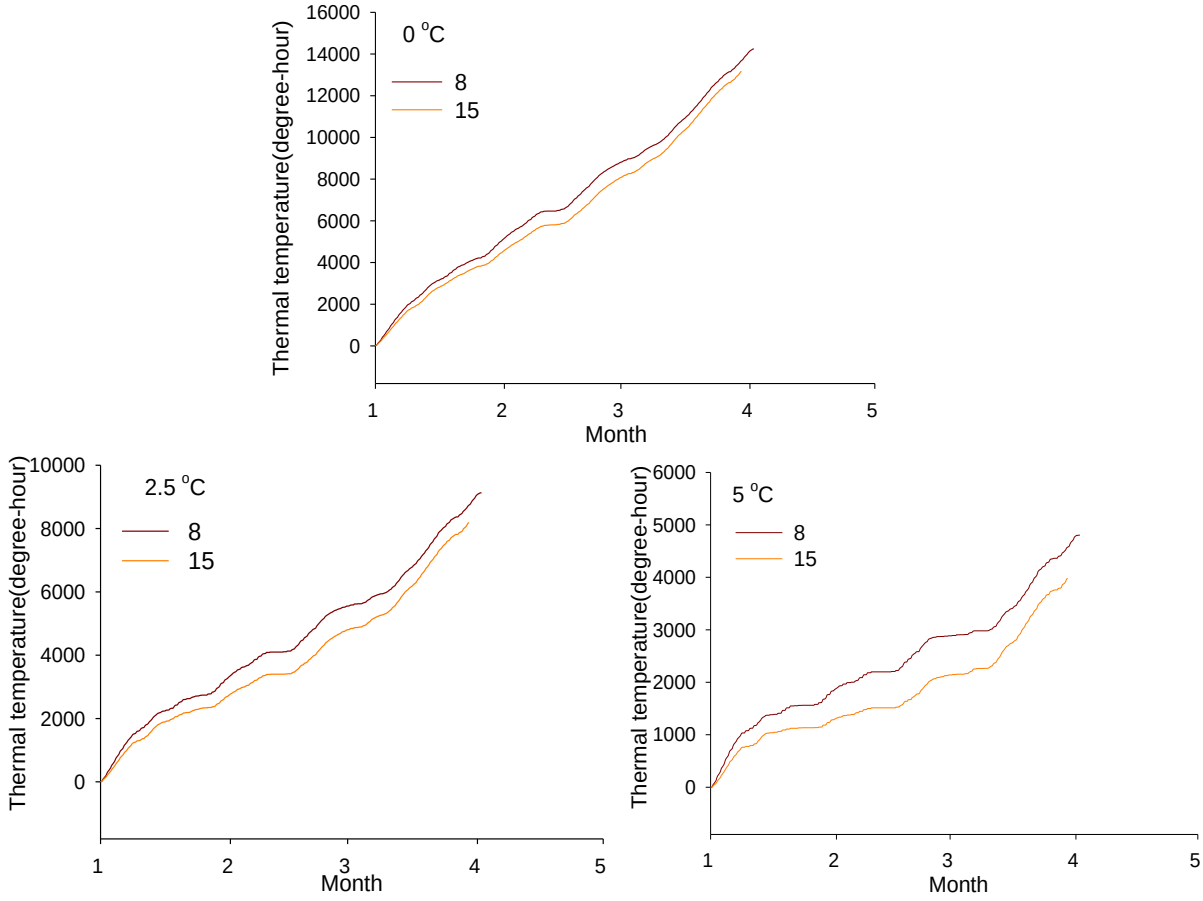


圖 10. 玉山主峰線步道沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 8 及 15 在 3 種基礎準溫度的積溫累積圖。(資料來源：本研究團隊)

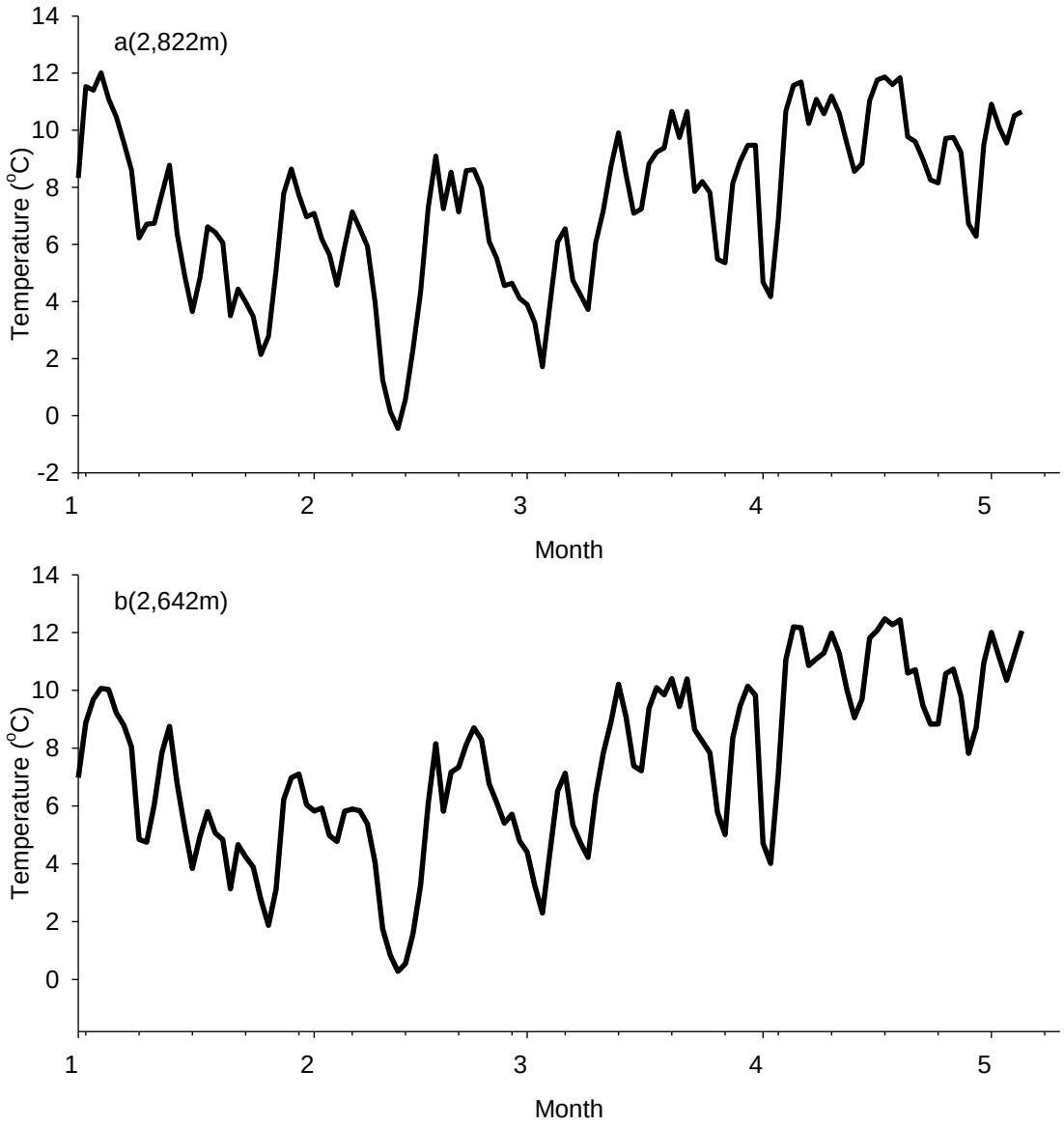


圖 11.玉山主峰線步道 2017 年玉山杜鵑樣株 8(a)與樣株 15 (b)棲地時均溫分布圖。註：a(2.822 m)，括號內的數字為樣株海拔，b(2,642 m) 以此類推。

(資料來源：本研究團隊)

透過解剖 2016 年 9 月的玉山杜鵑花芽發現，玉山杜鵑的花芽於開花前一年就分化完成，去除花芽鱗片和花被片後可以觀察到花朵雄蕊已完成發育(圖 12)。由於上述所使用的的積溫模式並未考慮到花芽過冬所受到的冷激作用，在確認冷激作用的時間長短時，可以配合花芽生長的狀態，以確定冷激作用的起始於結束時間，因此，本研究從 2017 年 6 月玉山杜鵑花謝後選取 15 棵樣株，每兩周上山以測微尺量測芽體(花芽或枝芽)寬度，以了解玉山杜鵑的芽體生長發育狀態。從圖 14 可知，玉山杜鵑的花芽於 6 月持續生長至 10 月底，是否會繼續生長，仍需持續調查才可確定；芽體發育至 9 月時，即可從外觀辨認出是花芽或是葉芽，花芽呈現圓錐體狀，枝芽則為長尖錐體形(圖 13)。

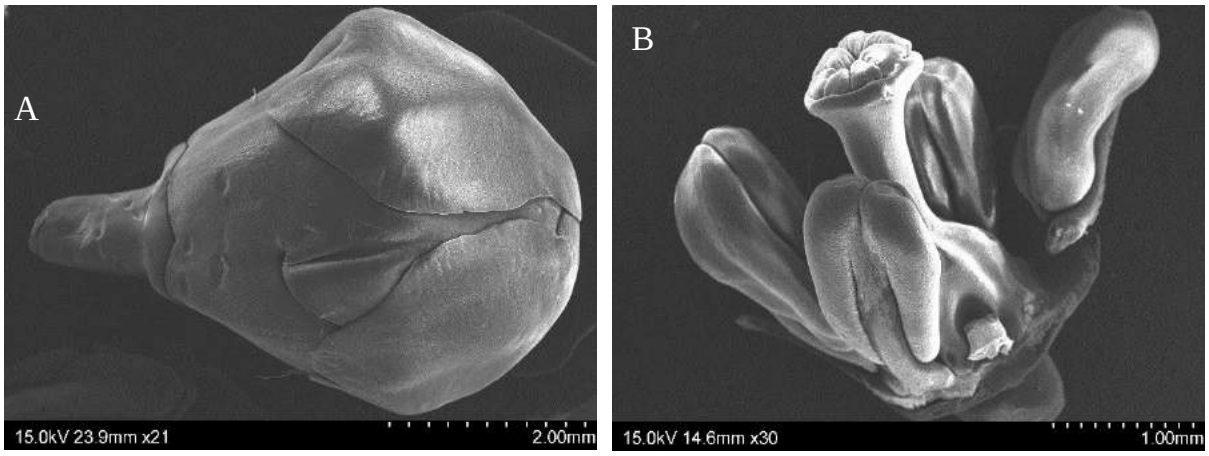


圖 12. 玉山主峰步道沿線玉山杜鵑花芽解剖圖。

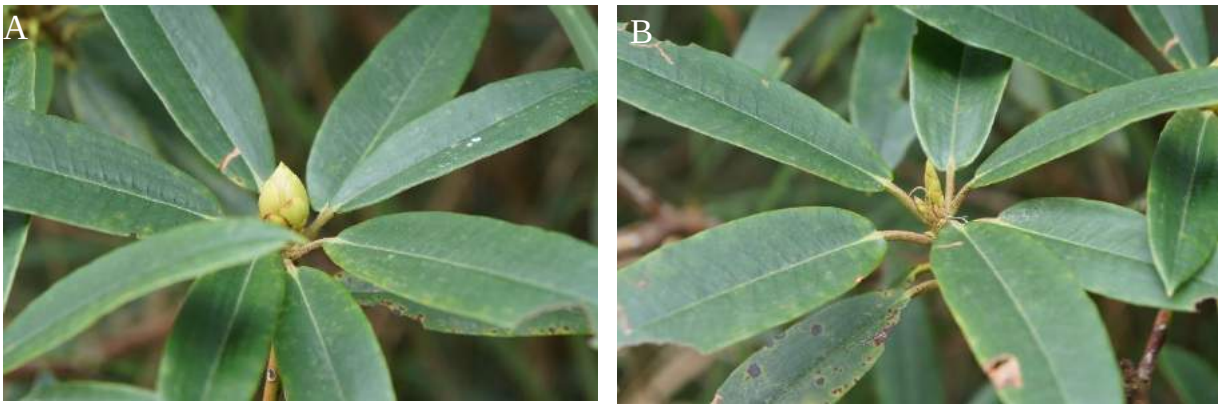


圖 13. 玉山主峰步道沿線玉山杜鵑花芽(A)與枝芽(B) (資料來源：本研究團隊)

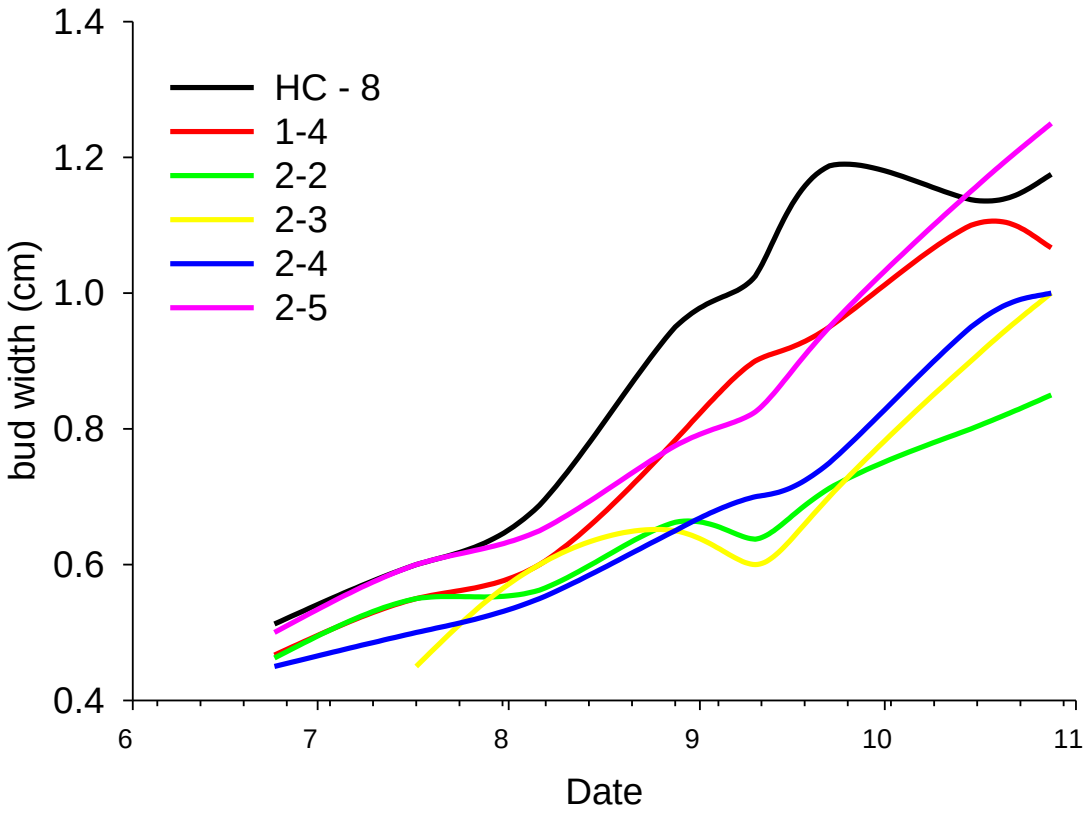


圖 14. 玉山主峰步道沿線玉山杜鵑花芽生長圖。 (資料來源：本研究團隊)

A

B

C

圖 15. 玉山主峰沿線 2017 年玉山金梅物候縮時縮時攝影。A：第一朵花開，B：盛花，C：花謝。(資料來源：本研究團隊)

A

B

C

圖 16. 玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 8 物候縮時縮時攝影。A：第一朵花開，B：盛花，C：花謝。(資料來源：本研究團隊)

A

B

C

圖 17. 玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 10 物候縮時縮時攝影。A：第一朵花開，B：盛花，C：花謝。(資料來源：本研究團隊)

A

B

C

圖 18. 玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 15 物候縮時縮時攝影。A：第一朵花開，B：盛花，C：花謝，D：展葉。(資料來源：本研究團隊)

A

B

圖 19 玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 16 物候縮時縮時攝影。A：第一朵花開，B：盛花。(資料來源：本研究團隊)

A

B

C

圖 20. 玉山主峰沿線 2017 年玉山杜鵑樣株 19 物候縮時縮時攝影。A：第一朵花開，B：盛花，C：花謝，D：展葉。(資料來源：本研究團隊)

七 玉山物候監測志工教育訓練計

玉山國家公園塔塔加－玉山主峰線步道沿線高山植物物候與氣候變遷影響之玉山物候監測志工教育訓練於 2017 年 9 月 16 日下午兩點至下午五點半舉行(表 8)，授課內容包括由曾彥學博士所講授的「玉山主峰線步道之植物物種簡介」，主要講解玉山主峰線步道常見的物種，如何分辨等課程；曾喜育博士所講授的「玉山主峰線步道沿線物候成果分享」，主要分享 2016 年及 2017 年於玉山主峰線步道的物候調查成果，方韻茹同學講授「物候研究調查、物候調查表之使用說明」，介紹玉山主峰線步道沿線植物的物候調查方法、物候調查表的使用以及調查經驗的分享；曾威先生講授的「縮時攝影機的使用及維護」，主要講解所時攝影機的使用及維護方法，相機的應用，以及使用相機的經驗分享。(附錄三)

表 8. 玉山物候監測志工教育訓練課程時間表 (資料來源：本研究團隊)

時間	講師	授課內容
14:00-14:10	-	報到
14:10 - 14:50	曾彥學 博士	玉山主峰線步道之植物物種簡介
14:50 - 15:30	曾喜育 博士	玉山主峰線步道沿線物候成果分享
15:30 - 15:50	問題與討論	
15:50 - 16:30	研究生方韻茹	物候研究調查、物候調查表之使用說明
16:30 - 17:10	曾威 先生	縮時攝影機的使用及維護
17:10-17:30	綜合討論	

八、引用文獻

王鑫（1984）臺灣沿海地區自然環境保護之研究「後續計畫」－地形景觀資源調查報告。中華民國自然生 態保育協會。

王年金、何玉友、秦國峰、儲德裕、胡健生 (2010) 馬尾松雄球花成熟期及受氣溫影響的觀測。林業科學研究 23 (6): 905-909。

王嬿蘭 (2016) 【全球氣候】2016 年 2 月全球極端天氣事件回顧與分析。2016 年 11 月 11 日。取自：http://www.climatechange.tw/single-post/2016/04/06/%E3%80%90%E5%85%A8%E7%90%83%E6%B0%A3%E5%80%99%E3%80%912016%E5%B9%B42%E6%9C%88%E5%85%A8%E7%90%83%E6%A5%B5%E7%AB%AF%E5%A4%A9%E6%B0%A3%E4%BA%8B%E4%BB%B6%E5%9B%9E%E9%A1%A7%E8%88%87%E5%88%86%E6%9E%90

交通部中央氣象局(2016)氣象監測報告。

交通部中央氣象局(2017)氣象監測報告。

呂理昌 (1990) 玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(一)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。

呂理昌 (1990) 玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(二)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。

呂理昌 (1990) 玉山國家公園東埔玉山區開花物候週調查報告(三)。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。

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。

邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育 (2008) 臺灣潛在植群形相分類方案。林業研究季刊 30(4)：89-112, 2008

災害天氣與氣候彙整月報 (2013) 國家災害防救科技中心氣象災害防治組。

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。

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。

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

陳正祥 (1957) 氣候之分類與分區。國立臺灣大學農學院

陸佩玲、于強、賀慶棠 (2006) 植物物候對氣候變化的回應。生態學報 26(3):923–929。

程延年、葉貴玉、劉進全、盧佳遇 (1988) 玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究報告內政部營建署。共 192 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。
梁鉅榮(1961) 臺灣山地之土壤。臺灣銀行季刊 12(4):78-95.
梁立明、陳明義 (2000) 關刀海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。
曾彥學、曾喜育、吳佳穎、王秋美、劉思謙 (2011) 第四章 雪山地區植物物候之研究。雪山地區高山生態系長期生態調查研究(曾彥學、曾喜育彙整)。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
曾彥學、歐辰雄 (2012) 雪山地區高山生態系長期生態調查研究-雪山地區植物物候之研究。雪霸國家公園管理處
葉文彬、李蕙宜 (2012) 昆蟲相調查暨指標物種建立與監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。32 頁。
曾彥學、曾喜育 (2013) 氣候變遷對雪山高山生態系之衝擊研究-雪山植物開花物候與植群動態之研究。雪霸國家公園管理處。
曾喜育、曾彥學 (2013) 玉山國家公園高山生態系植物候週期調查。內政部營建署玉山國家公園管理處委託報告。
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調查。國家公園學報 24 (1): 58-75。
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調查。國家公園學報 24 (1): 58-75。
溫英杰、張靜誼、高建元 (2008) 阿里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。
潘學標 (2003) 作物模型原理。氣象出版社。
潘振彰 (2011) 雪山高山生態系高山植物物候調查。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。國立中興大學森林學系碩士論文。
潘振彰、曾彥學、邱清安、曾喜育 (2013) 雪山地區玉山杜鵑物候之研究。林業研究季刊 35(2): 71-86。
鍾年鈞 (1994) 台灣中部沙里仙區植群生態與保育特性之研究 台灣大學森林學研究所博士論文
Blionis, G.J., J.M. Halley, and D. Vokou. (2001) Floewring phenology of Campanula on Mt. Olympos, Greece. Ecolography 24: 696-706.
Blionis, G.J. and D. Vokou (2001) Pollination ecology of *Campanula* species on Mt.

Olympus, Greece. Ecography 24: 287-297.

Carpenter, F.L. (1976) Plant-pollinator interactions in Hawaii: pollination energetics of Metrosideroscollina (Myrtaceae). Ecology 57: 1125-1144.

Chiu, C.A., Y.H. Tseng, C.C. Wang, M.C. Liao and H.Y. Tzeng. (2010) Deliberation of Taiwanese alpine tundra vegetation and its possible position based on an ecoclimatic viewpoint. Quarterly Journal of Forest Research 32(3):89-102.

Chuine, I., M. Bonhomme, J. M. Legave, I. Garcia de Cortazar-Atauri, G. Charrie, Lacointe A., et al. (2014). "Can phenological models predict tree phenology accurately under climate change conditions?" EGU General Assembly Conference Abstracts 16: 12973.

Ernakovich, J.G., K.A. Hopping, A. B. Berdanier, R. T. Simpson, E. J. Kachergis, H. Steltzer and M.D. Wallenstein (2014). Predicted responses of arctic and alpine ecosystems to altered seasonality under climate change. Global Change Biology 20(10), 3256–3269.

Gordon, R and A. Bootsma (1993) Analyses of growing degree-days for agriculture in Atlantic Canada. Climate Research 3:169-76.

Grabherr G., Gottfried M. and Pauli H. (1994) Climate effects of mountain plants. Nature 396: 448-450

Guisan, A, J.L. Holten, R. Spichiger, and L. Tessier. (1995) Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountain (20contributions). Conservatoir Jardim Botaniques (Geneve). 8:1-184.

Golluscio, B.A., M. Oesterheld and M. R. Aguiar (2005) Relationship between phenology and life form: a test with 25 Patagonian species. Ecology. 28:273-282.

Gime´nez-Benavides, L., R. Garcı´a-Camacho, J. Marı´a Iriondo and A. Escudero (2011)Selection on flowering time in Mediterranean high-mountain plants under global warming. Ecology and Evolution 25:777-94.

Inouye, D.W., F. Saavedra, W. Lee-Yang. (2003) Environmental influences on the phenology and abundance of flowering by Androsace septentrionalis (Primulaceae). American Journal of Botany 90:905-10

Jackson, M.T. (1996) Effects of microclimate on spring flowering phenology. Ecology 47: 407-415.

Jonas, C.S. and M.A. Geber (1999) Variation among populations of Clarkia unguiculata (Onagraceae) along altitudinal and latitudinal gradients. American Journal of Botany 86: 333-343.

Kochmer, J.P. and S.N. Handel (1986) Constraints and competition in the evolution of

flowering phenology. Ecological Monographs 56(4): 303-325.

Kalisz, S. and G. M. Wardle (1994) Life history variation in Campanula Americana (Campanulaceae): population differentiation. American Journal of Botany 81:521-527.

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) Apline plant life:functional plant ecologr of high mountain ecosystem. 2nd ed. Springer incorporation.223-335

Kudo, G. and A. S. Hirao (2006) Habitat-specific responses in the flowering phenology and seed set of alpine plants to climate variation: implications for global-change impacts. Population Ecology 48: 49-58.

Lill, B.S. (1976) Ovules and seed development in Pinus radiata: postmeiotic development, fertilization, and embryogeny. Canadian Journal of Botany 54: 2141-2154.

Loik M.F., Redar S.P. and Hrte J. (2000) Photosynthetic responses to a climate-warming manipulation for contrasting meadow species in the Rocky Mountains, Colorado, USA. Functional Ecology 14:166-175.

Linkosalo, T., Häkkinen, R., Hänninen, H., 2006. Models of the spring phenology of boreal and temperate trees: is there something missing? Tree Physiology. 26: 1165–1172.

Liu, X., and B. Chen (2000) Climatic warming in the Tibetan Plateau during recent decades, International Journal of Climatology 20(14), 1729 – 1742

Myneni, R.B., C.D. Keeling, C.J. Tucker, G. Asrarand and R.R.Nemani (1997) Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981-1991. Nature 386:698-702.

Myking T. (1997) Effect of constant and fluctuating on time to budbust in *Betula pubesens* and its relation to bud respiration. Tree 12(2): 107-112.

Michael, F. (1998) The phenology of growth and reproduction in plants. Biological Sciences 1: 78-91.

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(6):449-68

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(1): 168-174

Pickering, C. M. (1995) Variation in flowering parameters within andamong five species of Australian alpine Ranunculus. Australian Journal of Botany 43:103-112.

Pauli H., Gottfried M. and Grabherr G. (1996) Effects of climate change onmountain ecosystems – upward shifting of alpine plants. World Resource Review 8(3): 382-390.

Parmesan, C. and G. Yohe (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.

Parmesan, C. (2006) Ecological and evolutionary responses to recent climate change. Ecology, Evolution, and Systematics37: 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.

Ram, J., S.P. Singh and J.S. Singh (1988). Community level phenology of grassland above treeline in Central Himalaya. Arctic and Alpine Research, 20: 325-332.

Réaumur, R.A. (1735) Observations du thermomètre faites pendant l'annee MDCCXXXV comparées à celles qui ont été faites sous la ligne à l'Isle-de-France, à Alger et en quelques-unes de nos Isles de l'Amerique. Memoires de l'Academie Royal des Sciences. 545-576.

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.

Root, T.L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rosenzweigk, and J.A. Pounds (2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421: 57-60.

Rosenzweig C., Casassa G., Karoly D.J., Imeson A., Liu C., Menzel A., Rawlins S., Root T.L., Seguin B. and Tryjanowski P. (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.

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 Jounal of Chinese Forestry 17(4): 57-73.

Suzuki S. and Kudo G. (1997) Short-term effects of simulated environmental change on phenology, leaf traits, and shoot growth of alpine on a temperate mountain northerm Japan. Global Change Biology 3: 108-118.

Sparks T.H. and Carey P.D. (1995) The responses of species to climate over two centuries:

an analysis of the Marshan phonological record, 1736-1947. Journal of Ecology 83: 321-329.

Sandring S., M.-A. 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.

Sala O.E., F.S. Chapin Ⅲ, J.J. Armesto, R. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. Lodge, H.A. Mooney, M. Oesterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker and D.H. Wall (2000) Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287:1770-4.

Tébar, F. J., L. Gil and L. Llorens (2004) Flowering and fruiting phenology of a xerochamaephytic shrub community from the mountain of Mallorca (Balearic islands, Spain). Plant Ecology 174: 293-303.

Tzeng, H.Y., CC Kuo, W.H. Chen, K.C. Tang and Y.H. Tseng. (2014) Flowering and fruiting phenology along Yushan Peaks Trail from Tatachia to Yushan Main Peak in Yushan National Park. Joshua Tree National Park 24(1):58-75.

Waser, N. M. (1983) Competition for pollination and floral character differences among sympatric plant species: a review of evidence. Van Nostrand Reinhold. 277-293.

Wada N., Shinomi M., Miyamoto M. and Kojima S. (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.

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

Zang X., M.A. Friedl, C.B. Schaaf (2009) Sensitivity of vegetation phenology detection to the temporal resolution of satellite data. International Journal of Remote Sensing 30(8):2061-2074

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

附錄一、塔塔加玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月開花物候植物調查種類清單 (資料來源：本研究團隊)

1. PINACEAE 松科
   1. *Pinus taiwanensis* Hayata 臺灣二葉松
   2. *Pinus morrisonicola* Hayata 臺灣五葉松
   3. *Abies kawakamii* (Hayata) Ito 臺灣冷杉
   4. *Pinus armandii Franchet* var. *masteriana* Hayata 臺灣華山松
   5. *Picea morrisonicola* Hayata 臺灣雲杉
   6. *Tsuga chinensis* (Franchet) Pritz. ex Diels var. *formosana* (Hayata) Li & Keng 臺灣鐵杉
2. CUPRESSACEAE 柏科
   7. *Juniperus squamata* Lamb. var. *morrisonicola* (Hayata) Li & Keng 玉山圓柏
   8. *Juniperus formosana* Hayata 刺柏
3. SALICACEAE 楊柳科
   10. *Salix fulvopubescens* Hayata 褐毛柳
   9. *Salix taiwanalpina* Kimura var. *morrisonicola* (Kimura) Yang & Huang 玉山柳
4. URTICACEAE 蕁麻科
   11. *Urtica thunbergiana* Sieb. & Zucc. 咬人貓
   12. *Elatostema trilobulatum* (Hayata) Yamazaki 裂葉樓梯草
5. LORANTHACEAE 桑寄生科
   13. *Taxillus liquidambaricolus* (Hayata) Hosokawa 大葉桑寄生
   14. *Loranthus kaoi* (Chao) Kiu 高氏桑寄生
6. POLYGONACEAE 蓼科
   15. *Polygonum chinense* L. 火炭母草
   16. *Polygonum runcinatum* Buch.-Ham. ex D. Don 玉山蓼
   17. *Polygonum yunnanense* Leveille 虎杖
   18. *Polygonum filicaule* Wall. ex Meisn. 高山蓼
7. CARYOPHYLLACEAE 石竹科
   19. *Cerastium trigynum* Vill. var. *morrisonense* (Hayata) Hayata 玉山卷耳
   20. *Arenaria subpilosa* (Hayata) Ohwi 亞毛無心菜
   21. *Cucubalus baccifer* L. 狗筋蔓
   22. *Dianthus superbus* L. var. longicalycinus (Maxim.) Will. 長萼瞿麥
   23. *Stellaria saxatilis* Buch.-Ham. 疏花繁縷
8. RANUNCULACEAE 毛茛科
   24. *Eriocapitella vitifolia* (Buch.-Ham.) Nakai 小白頭翁
   25. *Ranunculus cantoniensis* DC. 禺毛茛
   26. *Thalictrum myriophyllum* Ohwi 密葉唐松草
   27. *Ranunculus taisanensis* Hayata 鹿場毛茛
   28. *Thalictrum urbaini* Hayata 傅氏唐松草
   29. *Ranunculus cheirophyllus* Hayata 掌葉毛茛
   30. *Clematis montana* Buch.-Ham. ex DC. 繡球藤
9. BERBERIDACEAE 小蘗科

31. *Berberis kawakamii* Hayata 川上氏小蘗
32. *Berberis morrisonensis* Hayata 玉山小蘗
33. *Berberis brevisepala* Hayata 高山小蘗

10. THEACEAE 茶科

34. *Eurya gnaphalocarpa* Hayata 毛果柃木
35. *Eurya glaberrima* Hayata 厚葉柃木
36. *Eurya crenatifolia* (Yamamoto) Kobuski 假柃木

11. CLUSIACEAE=GUTTIFERAE 金絲桃科

37. *Hypericum nagasawai* Hayata 玉山金絲桃

12. FUMARIACEAE 紫堇科

38. *Corydalis pallida* (Thunb.) Pers. 黃堇

13. BRASSICACEAE=CRUCIFERAE 十字花科

39. *Barbarea orthoceras* Ledeb. 山芥菜
40. *Arabis lyrata* L. subsp. *kamtschatica* (Fisch. ex DC.) Hulten 玉山筷子芥
41. *Barbarea taiwaniana* Ohwi 臺灣山芥菜
42. *Arabis formosana* (Masam. ex S. F. Huang) Liu & Ying 臺灣筷子芥
43. *Arabis serrata* Franch. & Sav. 齒葉筷子芥

14. CRASSULACEAE 景天科

44. *Sedum morrisonense* Hayata 玉山佛甲草
45. *Sedum actinocarpum* Yamamoto 星果佛甲草

15. SAXIFRAGACEAE 虎耳草科

46. *Hydrangea integrifolia* Hayata ex Matsum. & Hayata 大枝掛繡球
47. *Deutzia pulchra* Vidal 大葉溲疏
48. *Parnassia palustris* L. 梅花草
49. *Astilbe longicarpa* (Hayata) Hayata 落新婦
50. *Ribes formosanum* Hayata 臺灣茶藨子
51. *Mitella formosana* (Hayata) Masam. 臺灣唢呐草

16. ROSACEAE 薔薇科

52. *Prunus campanulata* Maxim. 山櫻花
53. *Sibbaldia procumbens* L. 五蕊莓
54. *Rubus pungens* Camb. var. *oldhamii* (Miq.) Maxim. 毛刺懸鉤子
55. *Potentilla leuconota* D. Don 玉山金梅
56. *Photinia niitakayamensis* Hayata 玉山假沙梨
57. *Cotoneaster morrisonensis* Hayata 玉山舖地蜈蚣
58. *Rosa sericea* Lindl. var. *morrisonensis* (Hayata) Masam. 玉山薔薇
59. *Rubus calycinoides* Hayata 玉山懸鉤子
60. *Rubus taitoensis* Hayata var. *aculeatiflorus* (Hayata) H. Ohashi & Hsieh 刺花懸鉤子
61. *Rubus croceacanthus* Levl. 虎婆刺
62. *Prinsepia scandens* Hayata 扁核木
63. *Cotoneaster rosiflorus* 粉紅花舖地蜈蚣
64. *Rosa transmorrisonensis* Hayata 高山薔薇

65. *Spiraea hayatana* Li 假繡線菊
66. *Prunus obtusata* Koehne 塔山櫻
67. *Spiraea tatakaensis* I.S.Chen 塔塔加繡線菊
68. *Cotoneaster dammeri* Schneid 矮生栒子
69. *Fragaria hayatai* Makino 臺灣草莓
70. *Spiraea formosana* Hayata 臺灣繡線菊
71. *Rubus formosensis* Ktze. 臺灣懸鉤子
72. *Sorbus randaiensis* (Hayata) Koidz. 巒大花楸

17. FABACEAE=LEGUMINOSAE 豆科

73. *Trifolium repens* L. 白花三葉草
74. *Astragalus nokoensis* Sasaki 能高大山紫雲英
75. *Trifolium dubium* Sibth. 黃菽草

18. OXALIDACEAE 酢漿草科

76. *Oxalis corniculata* L. 黃花酢漿草

19. GERANIACEAE 牻牛兒苗科

77. *Geranium suzukii* Masam. 山牻牛兒苗

20. EUPHORBIACEAE 大戟科

78. *Mercurialis leiocarpa* Sieb. & Zucc. 山靛

21. RUTACEAE 芸香科

79. *Boenninghausenia albiflora* Reichenb. 臭節草

22. POLYGALACEAE 遠志科

80. *Polygala japonica* Houtt. 瓜子金

23. CORIARIACEAE 馬桑科

81. *Coriaria japonica* A. Gray subsp. *intermedia* (Matsum.) Huang & Huang 臺灣馬桑

24. ACERACEAE 槭樹科

82. *Acer kawakamii* Koidzumi 尖葉槭
83. *Acer morrisonense* Hayata 臺灣紅榨槭

25. SABIACEAE 清風藤科

84. *Sabia transarisanensis* Hayata 阿里山清風藤

26. RHAMNACEAE 鼠李科

85. *Rhamnus pilushanensis* Liu & Wang 畢祿山鼠李

27. THYMELAEACEAE 瑞香科

86. *Daphne kiusiana* Miq. var. *atrocaulis* (Rehder) Maekawa 白花瑞香

28. ELAEAGNACEAE 胡頹子科

87. *Elaeagnus morrisonensis* Hayata 玉山胡頹子

29. VIOLACEAE 菫菜科

88. *Viola senzanensis* Hayata 尖山菫菜
89. *Viola adenothrix* Hayata var. *tsugitakaensis* (Masam.) Wang & Huang 雪山菫菜
90. *Viola rupicola* Elmer 喜岩菫菜
91. *Viola mandshurica* W. Becker 紫花地丁
92. *Viola formosana* Hayata 臺灣菫菜

93. *Viola betonicifolia* J. E. Smith 箭葉菫菜
94. *Viola biflora* L. 雙黃花菫菜

30. ONAGRACEAE 柳葉菜科

95. *Epilobium hohuanense* Ying ex Chen, Hoch & Raven 合歡柳葉菜
96. *Circaea alpina* L. subsp. *imaicola* (Asch. & Mag.) Kitam. 高山露珠草
97. *Epilobium amurense* Hausskn. 黑龍江柳葉菜
98. *Circaea erubescens* Franch. & Sav. 臺灣露珠草

31. ARALIACEAE 五加科

100. *Schefflera taiwaniana* (Nakai) Kanehira 臺灣鵝掌柴
99. *Hedera rhombea* (Miq.) Bean var. *formosana* (Nakai) Li 臺灣常春藤

32. APIACEAE=UMBELLIFERAE 繖形科

101. *Oreomyrrhis involucrata* Hayata 山薰香
102. *Hydrocotyle sibthorpioides* Lam. 天胡荽
103. *Pimpinella niitakayamensis* Hayata 玉山茴芹
104. *Angelica morrisonicola* Hayata 玉山當歸
105. *Conioselinum morrisonense* Hayata 玉山彎柱芎
106. *Hydrocotyle setulosa* Hayata 阿里山天胡荽
107. *Oreomyrrhis taiwaniana* Masam. 臺灣山薰香

33. PYROLACEAE 鹿蹄草科

108. *Cheilotheca humilis* (D. Don) H. Keng 水晶蘭
109. *Pyrola morrisonensis* (Hayata) Hayata 玉山鹿蹄草
110. *Cheilotheca humilis* (Don) Keng var. *glaberrima* (Hara) Keng & Hsieh 阿里山水晶蘭

34. ERICACEAE 杜鵑花科

111. *Rhododendron pseudochrysanthum* Hayata 玉山杜鵑
112. *Rhododendron oldhamii* Maxim. 金毛杜鵑
113. *Lyonia ovalifolia* (Wall.) Drude 南燭
114. *Rhododendron rubropilosum* Hayata 紅毛杜鵑
115. *Gaultheria itoana* Hayata 高山白珠樹
116. *Vaccinium merrillianum* Hayata 高山越橘
117. *Rhododendron formosanum* Hemsl. 臺灣杜鵑
118. *Pieris taiwanensis* Hayata 臺灣馬醉木

35. PRIMULACEAE 報春花科

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

36. OLEACEAE 木犀科

120. *Ligustrum sinense* Lour. ex Dence 小實女貞
121. *Ligustrum morrisonense* Kanehira & Sasaki 玉山女貞
122. *Osmanthus heterophyllus* (G. Don) P. S. Green 異葉木犀

37. GENTIANACEAE 龍膽科

123. *Tripterospermum lanceolatum* (Hayata) Hara ex Satake 玉山肺形草
124. *Gentiana scabrida* Hayata 玉山龍膽
125. *Gentiana arisanensis* Hayata 阿里山龍膽

126. *Swertia tozanensis* Hayata 高山當藥
127. *Gentiana horaimontana* Masam. 高山龍膽
128. *Tripterospermum luzonense* (Vidal) J. Murata 高山雙蝴蝶
129. *Gentiana flavomaculata* Hayata 黃斑龍膽
130. *Gentiana tatakensis* Masam. 塔塔加龍膽
131. *Gentiana atkinsonii* Burk. var. formosana (Hayata) Yamamoto 臺灣龍膽
132. *Swertia randaiensis* Hayata 巒大當藥

38. RUBIACEAE 茜草科

133. *Galium echinocarpum* Hayata 刺果豬殃殃
134. *Rubia lanceolata* Hayata 金劍草
135. *Galium formosense* Ohwi 圓葉豬殃殃

39. LABIATAE=LAMIACEAE 唇形科

136. *Clinopodium umbrosum* (Bieb.)C. Koch 風輪菜
137. *Elsholtzia strobilifera* Benth. 球花香薷
138. *Clinopodium laxiflorum* (Hayata) Mori 疏花風輪菜
139. *Origanum vulgare* L. var. *formosanum* Hayata 臺灣野薄荷

40. SCROPHULARIACEAE 玄參科

140. *Digitalis purpurea* L. 毛地黃
141. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata 玉山小米草
142. *Veronica morrisonicola* Hayata 玉山水苦蕒
143. *Euphrasia transmorrisonensis* Hayata var. *durietziana* (Ohwi) T. C. Huang & M. J. Wu 多腺毛小米草
144. *Ellisiophyllum pinnatum* (Wall. ex Benth.) Makino 海螺菊
145. *Mazus alpinus* Masam. 高山通泉草
146. *Hemiphragma heterophyllum* Wall. 異葉紅珠
147. *Veronica oligosperma* Hayata 貧子水苦蕒

41. PLANTAGINACEAE 車前科

148. *Plantago asiatica* L. 車前草

42. CAPRIFOLIACEAE 忍冬科

149. *Lonicera kawakamii* (Hayata) Masam. 川上氏忍冬
150. *Lonicera acuminata* Wall. 阿里山忍冬
151. *Viburnum furcatum* Blume ex Maxim. 假繡球
152. *Viburnum betulifolium* Batal. 樺葉莢蒾

43. VALERIANACEAE 敗醬科

153. *Triplostegia glandulifera* Wall. 三萼花草

44. CAMPANULACEAE 桔梗科

154. *Peracarpa carnosa* (Wall.) Hook. f. & Thomson 山桔梗
155. *Codonopsis kawakamii* Hayata 玉山山奶草
156. *Adenophora morrisonensis* Hayata 玉山沙參
157. *Adenophora morrisonensis* Hayata subsp. uehatae (Yamamoto) Lammers 高山沙參
158. *Wahlenbergia marginata* (Thunb.) A. DC. 細葉蘭花參

45. ASTERACEAE=COMPOSITAE 菊科

159. *Solidago virgaurea* L. var. leiocarpa (Benth.) A. Gray 一枝黃花
160. Aster ageratoides Turcz. 山白蘭
161. *Anaphalis nepalensis* (Spreng.) Hand.-Mazz. 尼泊爾籟簫
162. *Picris hieracioides* L. subsp. *morrisonensis* (Hayata) Kitam. 玉山毛蓮菜
163. *Artemisia niitakayamensis* Hayata 玉山艾
164. *Erigeron morrisonensis* Hayata 玉山飛蓬
165. *Senecio morrisonensis* Hayata 玉山黃菀
166. *Leontopodium microphyllum* Hayata 玉山薄雪草
167. *Cirsium kawakamii* Hayata 玉山薊
168. *Aster morrisonensis* Hayata 玉山鐵稈蒿
169. *Anaphalis margaritacea* (L.) Benth. & Hook. f. subsp. *morrisonicola* (Hayata) Kitam. 白花香青
170. *Ixeris chinensis*(Thunb.) Nakai 兔兒菜
171. *Dendranthema arisanense* (Hayata) Y.Ling & C.Shih 阿里山油菊
172. *Cirsium arisanense* Kitam. 阿里山薊
173. *Gnaphalium hypoleucum* DC. 秋鼠麴草
174. *Ixeris transnokoensis* (Sasaki) Kitam. 能高刀傷草
175. *Anaphalis royleana* DC. 能高籟簫
176. *Artemisia oligocarpa* Hayata 高山艾
177. *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. 粗毛小米菊
178. *Artemisia morrisonensis* Hayata 細葉山艾
179. *Ixeris debilis* (Thunb.) A. Gray 細葉剪刀股
180. *Gnaphalium involucratum* Forst. var. simplex DC. 細葉鼠麴草
181. *Hieracium morii* Hayata 森氏山柳菊
182. *Cirsium arisanense* Kitam. f. *purpurescens* Kitam. 紫花阿里山薊
183. *Aster lasiocladus* Hayata 絨山白蘭
184. *Carpesium nepalense* Less. 黃金珠
185. *Senecio nemorensis* L. 黃菀
186. *Youngia japonica* (L.) DC. 黃鵪菜
187. *Eupatorium chinense* L. var. tozanense (Hayata) Kitam. 塔山澤蘭
188. *Myriactis humilis* Merr. 矮菊
189. *Aster taiwanensis* Kitam. 臺灣馬蘭
190. *Ainsliaea reflexa* Merr. 臺灣鬼督郵
191. *Eupatorium formosanum* Hayata 臺灣澤蘭
192. *Senecio scandens* Buch.-Ham. ex D. Don 蔓黃菀
193. *Hypochaeris radicata* L. 貓兒菊
194. *Ixeridium laevigatum* (Blume) J. H. Pak & Kawano 刀傷草

46. LILIACEAE 百合科

195. *Paris polyphylla* Sm. var. stenophylla Franch. 狹葉七葉一枝花
196. *Tricyrtis formosana* Baker 高山油點草

197. *Ophiopogon intermedius* D. Don 間型沿階草
198. *Paris polyphylla* Sm. var. taitungensis (S. S. Ying) S. S. Ying 臺東七葉一枝花
199. *Lilium formosanum* Wallace 臺灣百合

47. JUNCACEAE 燈心草科

200. *Luzula multiflora* Lejeune 山間地楊梅
201. *Luzula effusa* Buchen. 中國地楊梅
202. *Juncus tenuis* Willd. 阿里山燈心草
203. *Luzula taiwaniana* Satake 臺灣地楊梅
204. *Luzula plumosa* E. Meyer 臺灣糖星草

48. CYPERACEAE 莎草科

205. *Baeothryon subcapitatum* (Thwaites &Hook.) T. Koyama 玉山針蘭
206. *Carex tristachya* Thunb. subsp. pocilliformis (Boott) T. Koyama 抱鱗宿柱薹
207. *Carex makinoensis* Franch. 牧野氏薹
208. *Carex filicina* Nees 紅鞘薹
209. *Carex bilateralis* Hayata 短葉二柱薹

49. GRAMINEAE=POACEAE 禾本科

210. *Aniselytron agrostoides* Merr. 小穎溝稃草
211. *Brachypodium kawakamii* Hayata 川上氏短柄草
212. *Agrostis morrisonensis* Hayata 玉山翦股穎
213. *Poa annua* L. 早熟禾
214. *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. 曲芒髮草
215. *Festuca ovina* L. 羊茅
216. *Helictotrichon abietetorum* (Ohwi) Ohwi 冷杉異燕麥
217. *Miscanthus transmorrisonensis* Hayata 高山芒
218. *Agropyron formosanum* Honda 臺灣鵝觀草
219. *Agrostis clavata* Trin. subsp. *matsumurae* (Hack. ex Honda) Tateoka 翦股穎
220. *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. var. *festucifolia* Honda 髮草

50. ARACEAE 天南星科

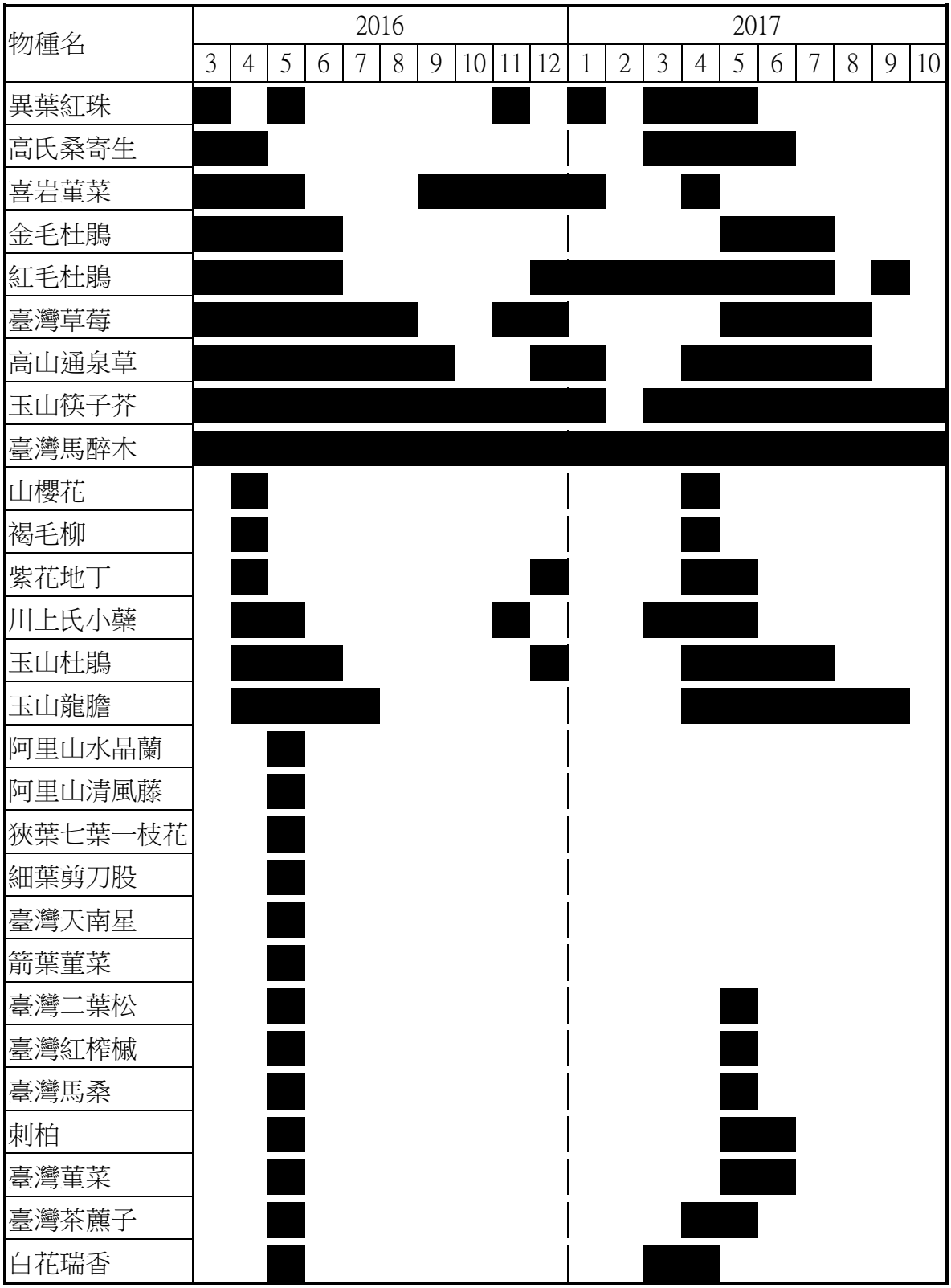
221. *Arisaema consanguineum* Schott 長行天南星
222. *Arisaema formosanum* (Hayata) Hayata 臺灣天南星

51. ORCHIDACEAE 蘭科

223. *Platanthera sigeyosii* Masam. 卵唇粉蝶蘭
224. *Orchis kiraishiensis* Hayata 奇萊紅蘭
225. *Platanthera devolii* (T. P. Lin & T. W. Hu) T. P. Lin & K. Inoue 長葉蜻蛉蘭
226. *Malaxis monophyllos* (L.) Sw. 阿里山軟葉蘭
227. *Platanthera angustata* Lindl. 厚唇粉蝶蘭
228. *Platanthera brevicalcarata* Hayata 短距粉蝶蘭
229. *Herminium lanceum* (Thunb. ex Sm.) Vuijk 腳根蘭

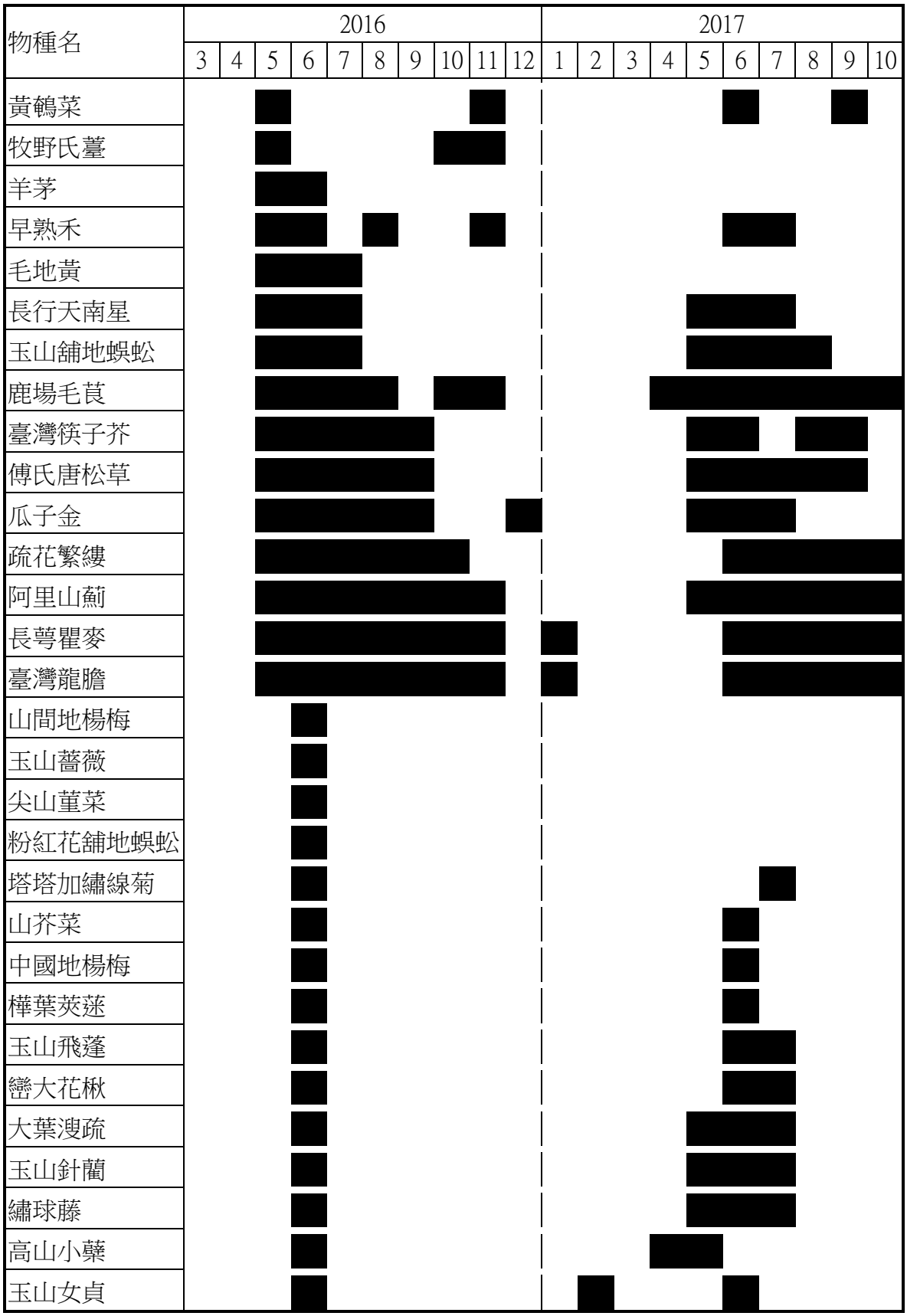
附錄二、玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 10 月開花結實物候譜

(資料來源：本研究團隊)



附圖 21.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。

(資料來源：本研究團隊)

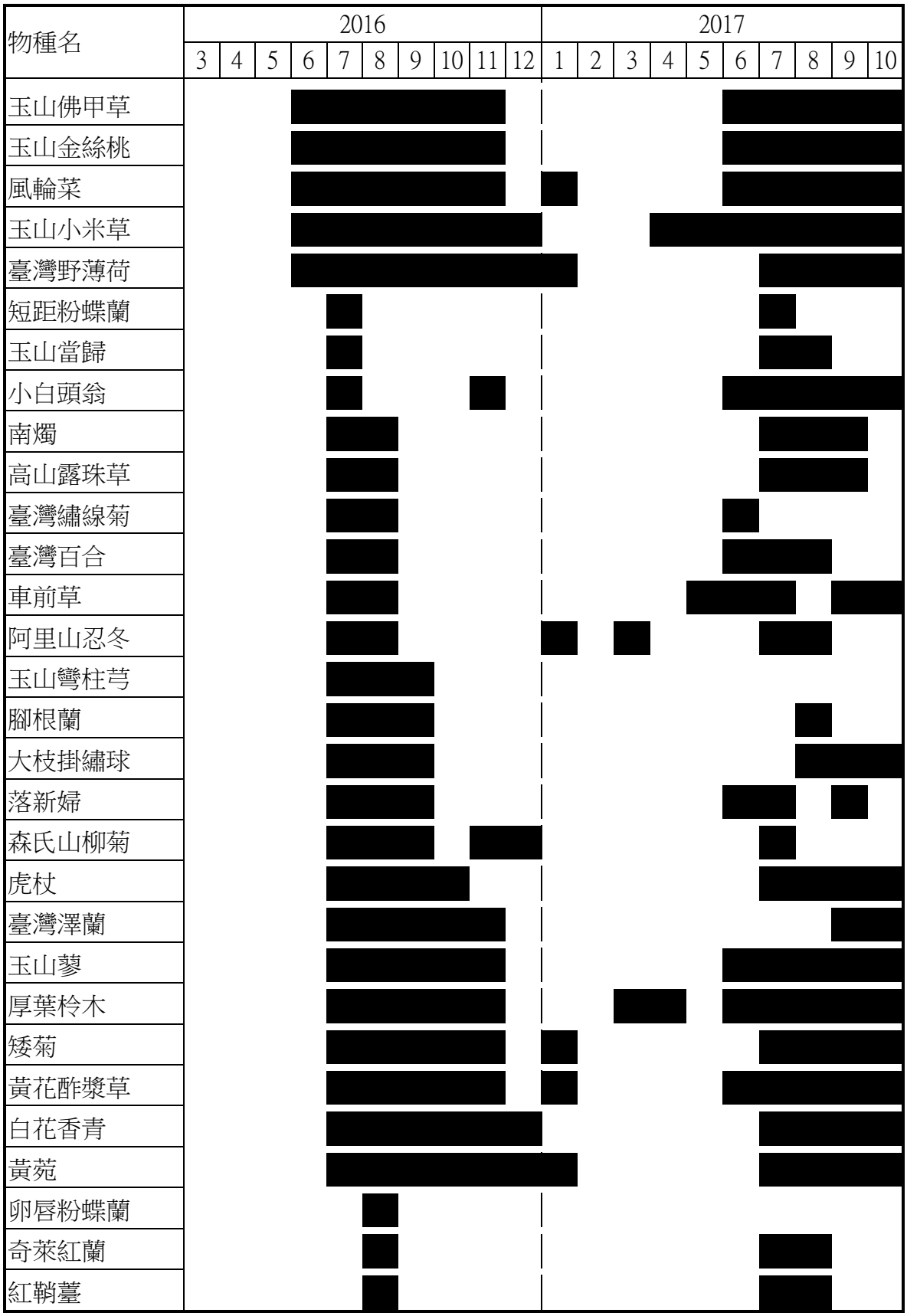


附圖 2-1.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

附圖 2-1.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

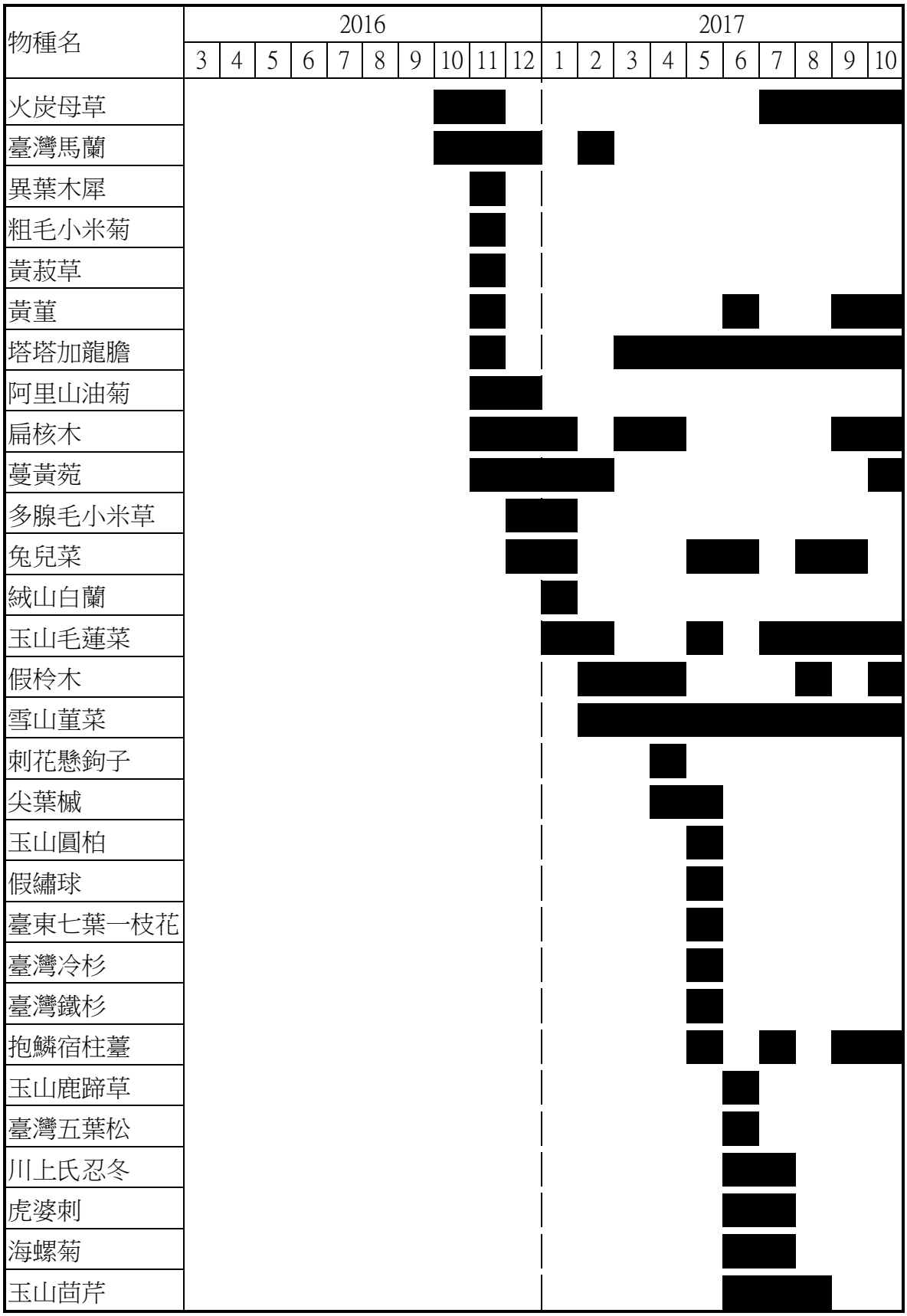


附圖 2-1.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

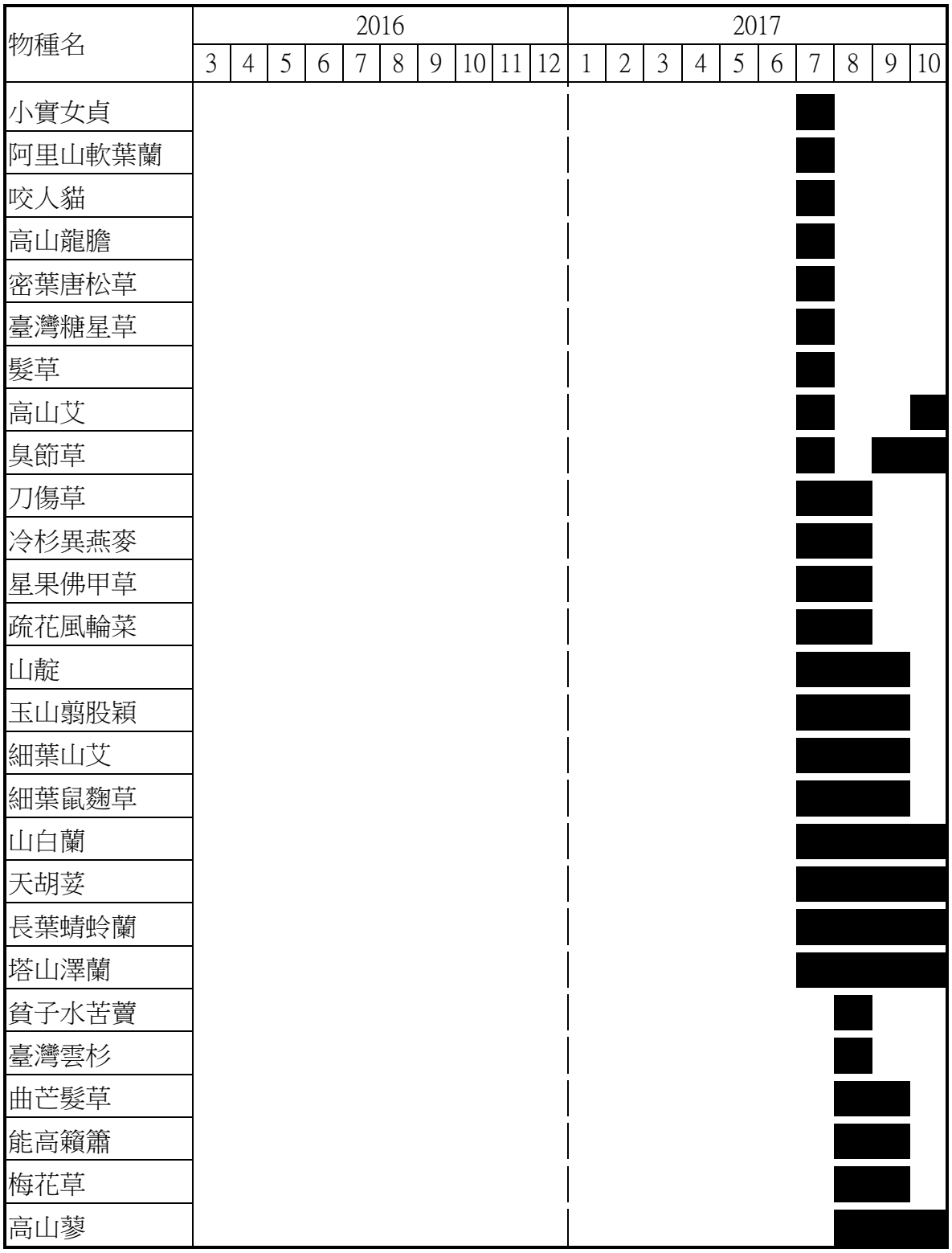
附圖 2-1.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)



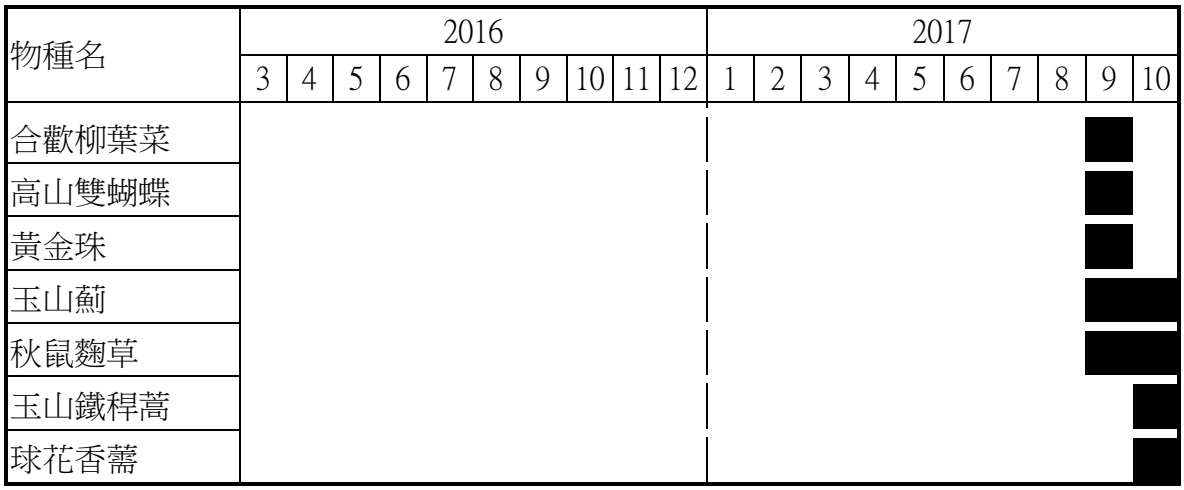
附圖 2-1.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

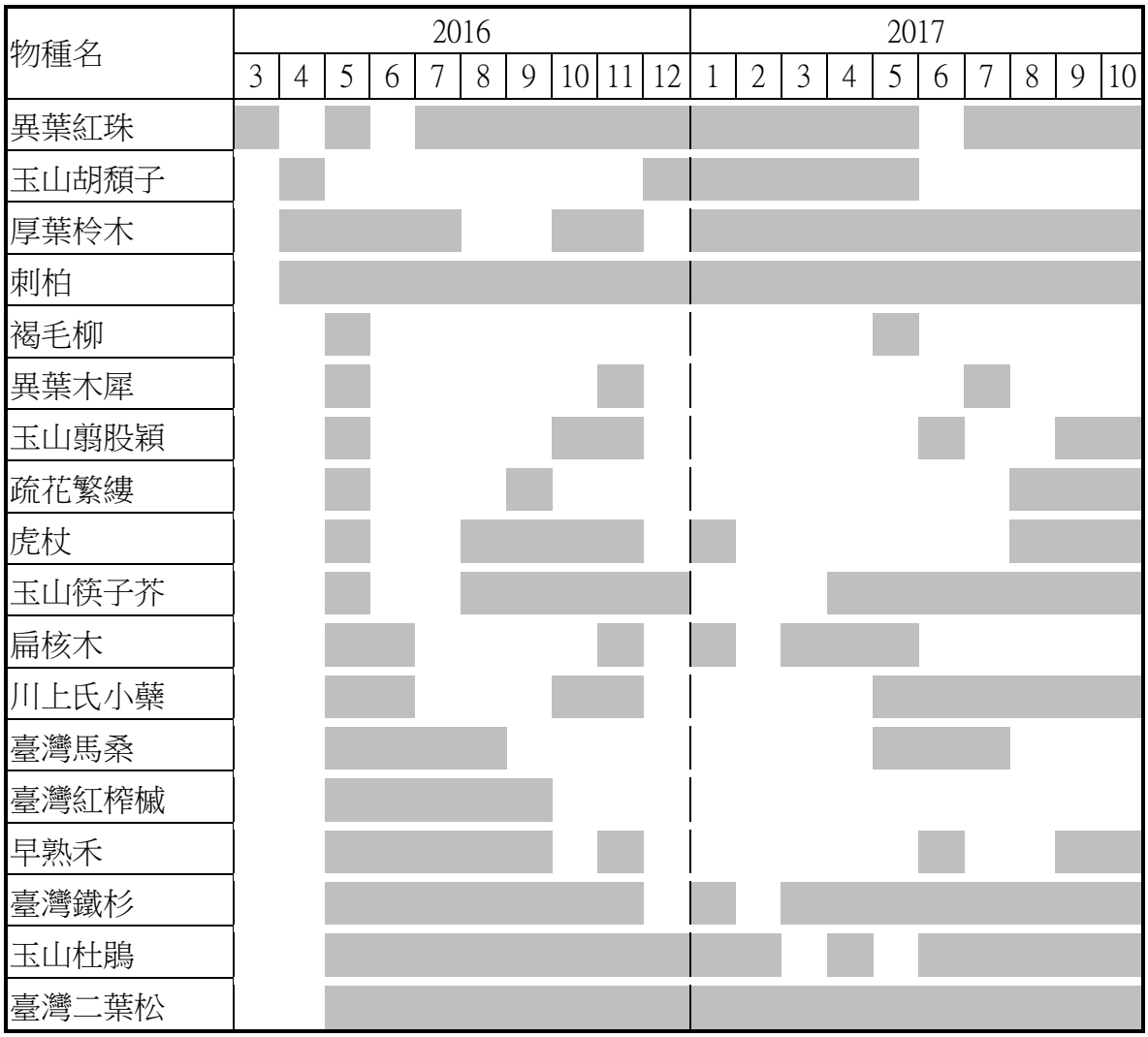


附圖 2-1.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

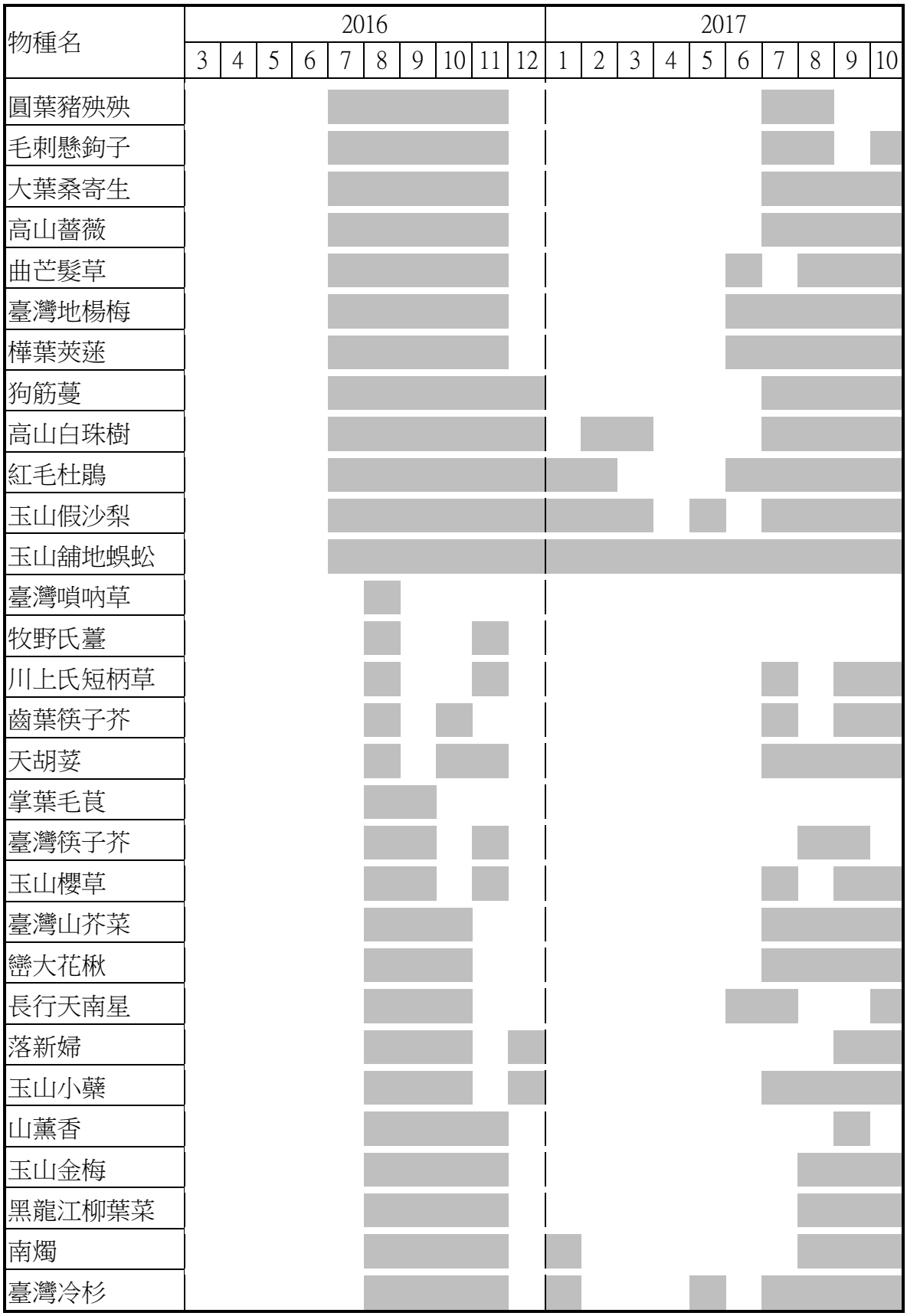


附圖 2-1.玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物開花物候譜。(續)
(資料來源：本研究團隊)



附圖 22. 玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物結實候譜。

附圖 2-2. 玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物結實候譜。(續)
(資料來源：本研究團隊)



附圖 2-2. 玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物結實候譜。(續)
(資料來源：本研究團隊)

附圖 2-2. 玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物結實候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

附圖 2-2. 玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物結實候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

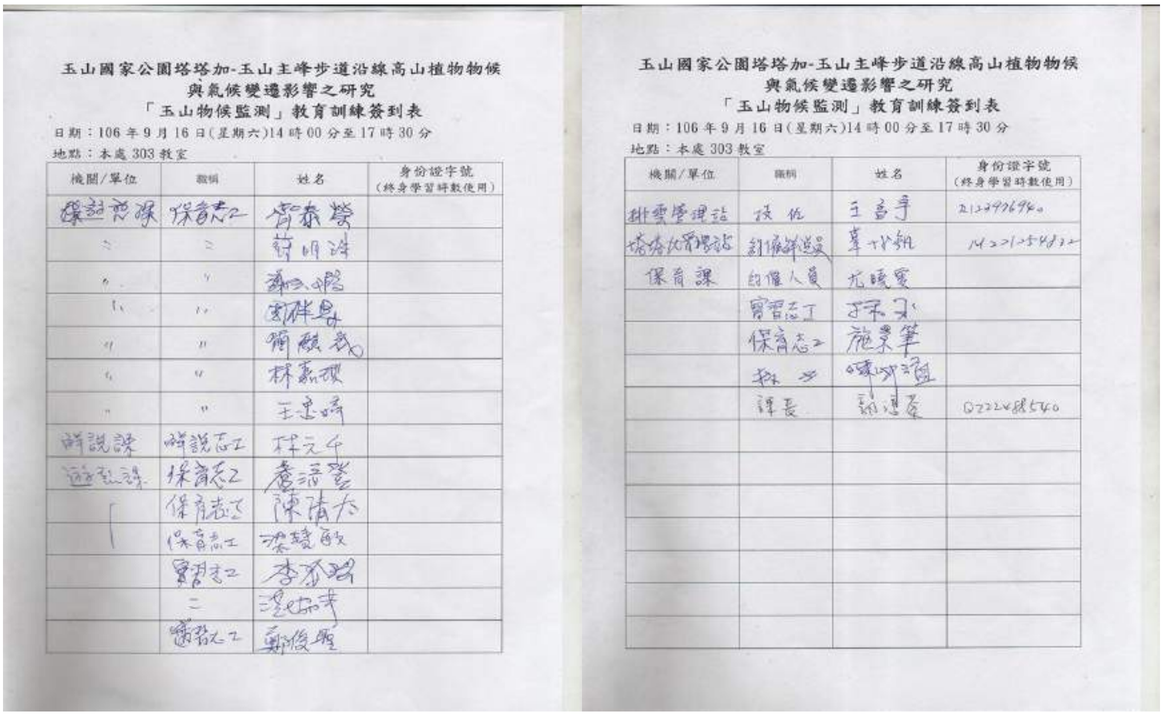
物種名	2016										2017									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
冷杉異燕麥																				
刀傷草																				
玉山山奶草																				
小白頭翁																				
臺灣糖星草																				
山靛																				
玉山柳																				
玉山當歸																				
高山雙蝴蝶																				
貧子水苦蕒																				
火炭母草																				
虎婆刺																				
長葉蜻蛉蘭																				
一枝黃花																				
小實女貞																				
玉山女貞																				
玉山卷耳																				
瓜子金																				
合歡柳葉菜																				
間型沿階草																				
臺灣山薰香																				
臺灣龍膽																				
臭節草																				
長萼瞿麥																				
高山油點草																				
高山蓼																				
疏花風輪菜																				

附圖 2-2. 玉山主峰線步道沿線 2016 年 3 月至 2017 年 5 月植物結實候譜。(續)

(資料來源：本研究團隊)

附錄三、玉山物候監測志工教育訓練活動紀錄

(資料來源：本研究團隊)



玉山國家公園塔塔加-玉山主峰步道沿線高山植物物候與氣候變遷影響之研究

「玉山物候監測」教育訓練簽到表

日期：106 年 9 月 16 日(星期六)14 時 00 分至 17 時 30 分

地點：本處 303 教室

機關/單位	職稱	姓名	身份證字號（終身學習時數使用）
[illegible]	保育志工	[illegible]	
〃	〃	[illegible]	
〃	〃	[illegible]	
〃	〃	[illegible]	
〃	〃	[illegible]	
〃	〃	[illegible]	
〃	〃	[illegible]	
解說課	解說志工	[illegible]	
遊憩課	保育志工	[illegible]	
	保育志工	[illegible]	
	保育志工	[illegible]	
	實習志工	[illegible]	
	〃	[illegible]	
	解說志工	[illegible]	

玉山國家公園塔塔加-玉山主峰步道沿線高山植物物候與氣候變遷影響之研究

「玉山物候監測」教育訓練簽到表

日期：106 年 9 月 16 日(星期六)14 時 00 分至 17 時 30 分

地點：本處 303 教室

機關/單位	職稱	姓名	身份證字號（終身學習時數使用）
排雲管理站	技佐	[illegible]	[illegible]
塔塔加管理站	約僱解說員	[illegible]	[illegible]
保育課	約僱人員	[illegible]	
	實習志工	[illegible]	
	保育志工	[illegible]	
	技士	[illegible]	
	課長	[illegible]	[illegible]

附圖 3-1. 玉山物候監測志工教育訓練簽到表

附圖 3-1.玉山物候監測志工教育訓練課程照片

附錄四、期中報告意見回覆

審查意見	意見回覆
1. 請補充說明玉山櫻草縮時影片拍攝情形。	因族群較小，影片品質較差
2. 玉山、雪霸及太魯閣為國內高山型國家公園，除了雪霸的物候納入比較外，請考量納入太魯閣(合歡山)的物候資料。	目前缺乏合歡山物候調查資料，故以玉山及雪山的資料為主
3. 請說明玉山杜鵑花芽分化之情形。	於報告 40-42 頁說明
4. 有關教育訓練課程預定安排於 8 月下旬，請提供課程日期、內容大綱等相關資料，以利本處公告訊息同仁及志工。	已於 9 月辦理
5. 建議增加玉山櫻草、塔山櫻、山櫻花、玉山山蘿蔔、褐毛柳等敏感植物群測點，提升資料之完整性。	1.玉山櫻草及塔山櫻已架設 2.山櫻花及褐毛柳已選定架設位置，12 月會將相機架設上區 3.玉山山蘿蔔原預計架設區域，族群已消失

附錄五、期末報告意見回覆

審查意見	意見回覆
(一)林副處長文和 1. 請提供研究調查成果之新聞稿，以利本處宣導應用。 2. 關於本處研就成果之新聞稿及登載國家公園學報，承辦單位未來可以考量納入契約當中作規範	1. 配合管理處。 2. 配合管理處。
(二)邦卡兒秘書‧海放南 1. 關於報告書中植物名錄數量，請說明玉山與雪霸之物種書量調查差異 2. 請受託單位協助提供本研究之植物圖片及界說資料，俾利本處辦理解說更新之參考	1. 雪霸之物種數多於玉山約 100 多種，因為雪山登山口海拔低玉山登山口海拔約 800 公尺，因此物種較多。 2. 配合管理處。
(三)遊憩服務課 玉山與雪霸國家公園氣候變遷情形，是否有加入微地形造成之溫度差異	於不同環境有架設微氣候測量儀器，以了解不同微地形的溫度差異。
(四)塔塔加管理站 關於報告書種中始花期之定義，如何判定開花期之延後或提前，其天數統計數值所代表之意義，請受託單位補充說明。	始花期以縮時攝影相片中，可觀察到之第一朵花盛開的日期，作為始花期。天數統計數值為建立積溫模式時初步計算所使用的參數值，以利日後模式建立。
(五)排雲管理站 1. 請說明玉山杜鵑之分布是否受限於海拔高度，其花芽分化所需要之溫度能量為何。 2.報告書中玉山杜鵑開花時間因不同海拔高度有所影響，高海拔溫度變化較小，請受託單位補充說明。	1. 玉山杜鵑其分布海拔約在海拔 1,800m 至 3,000 以上，關係與其較親近的物種為紅星杜鵑，分布在陽明山海拔約 600m 的山區；花芽分花所需之溫度，在無法進行實驗的狀況下，較難以界定，仍需要繼續的調查。 2. 高海拔比起中低海拔較不容易受到全球暖化的影響。

(六)保育研究課 1. 請補充玉山櫻草、塔山櫻、山櫻花、玉山山蘿蔔、褐毛柳等敏感植物監測點，提升資料之完整性 2. 請受託單位協助將研究報告投稿國家公園學報。 3. 請受託單位檢視本案契約書工作項目於成果報告中補充與修正，以利辦力結案。	1. 已將資料補於報告之中。 2. 配合管理處。 3. 以修正。