

# 太魯閣國家公園長期生態物候 監測計畫（二）

太魯閣國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 102 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）



# 太魯閣國家公園長期生態物候 監測計畫（二）

受委託者：國立東華大學

研究主持人：陳毓昀助理教授

## 太魯閣國家公園管理處委託辦理報告

中華民國 102 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）



## 目次

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 表次                     | III |
| 圖次                     | V   |
| 摘要                     | VII |
| Abstract               | IX  |
| 第一章 前言                 | 1   |
| 第一節 立霧溪流域植群概述          | 2   |
| 第二節 山地氣候的特性            | 4   |
| 第三節 植物繁殖物候             | 7   |
| 第二章 研究方法及過程            | 11  |
| 第一節 中橫沿線活動式氣象測站維護及資料檢核 | 11  |
| 第二節 植物繁殖物候調查           | 14  |
| 第三節 評估影像性物候監測方法之可行性    | 17  |
| 第四節 志工參與物候監測的可行性評估     | 17  |
| 第三章 研究結果               | 19  |
| 第一節 中橫沿線活動式氣象測站維護及資料檢核 | 19  |
| 第二節 植物繁殖物候調查           | 22  |
| 第三節 影像分析應用於物候監測之可行性    | 27  |
| 第四節 志工參與物候監測的可行性評估     | 32  |
| 第四章 建議事項               | 33  |
| 附錄                     | 37  |
| 期中審查會議紀錄               | 37  |
| 期末審查會議紀錄               | 38  |
| 參考書目                   | 39  |



## 表次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 表 1 立霧溪流域內現有之氣象站及雨量站。 .....    | 6  |
| 表 2 太魯閣國家公園植物物候調查樣樹及計量。 .....  | 15 |
| 表 3 物候調查野外紀錄表格（示範）。 .....      | 16 |
| 表 4 測站月均溫表。 .....              | 20 |
| 表 5 測站資料獲取率。 .....             | 21 |
| 表 6 10X10 影像之 RGB 色譜統計值。 ..... | 30 |





## 圖次

|      |                                                |    |
|------|------------------------------------------------|----|
| 圖 1  | 太魯閣國家公園地形圖。 .....                              | 3  |
| 圖 2  | 立霧溪流域區域植被圖。 .....                              | 4  |
| 圖 3  | 微氣候 (M)、小氣候 (L)、中氣候 (S)、大氣候 (A) 之層級概念<br>..... | 6  |
| 圖 4  | 立霧溪流域各氣象、雨量、氣溫測站位置圖。 .....                     | 13 |
| 圖 5  | 測站氣溫時序圖。 .....                                 | 21 |
| 圖 6  | 2012-2013 年之年間 (Between-year) 開花植株比例比較。 .....  | 23 |
| 圖 7  | 2012-2013 年之年間 (Between-year) 總開花強度指標比較。 ..    | 24 |
| 圖 8  | 2012-2013 年之年間 (Between-year) 總結果強度指標比較。 ..    | 24 |
| 圖 9  | 兩年間植株個體開花規律性。 .....                            | 25 |
| 圖 10 | 太魯閣公路沿線山櫻花開花時序。 .....                          | 26 |
| 圖 11 | 山櫻花樣樹 (192) 之開花及落果後照片。 .....                   | 28 |
| 圖 12 | 三種圖樣之 R 色譜亮度分布_曝光良好。 .....                     | 29 |
| 圖 13 | 三種圖樣之 R-G 色譜亮度分布_曝光良好。 .....                   | 30 |
| 圖 14 | 三種圖樣之 R 色譜亮度分布_有霧。 .....                       | 31 |
| 圖 15 | 三種圖樣之 R-G 色譜亮度分布_有霧。 .....                     | 31 |



## 摘要

關鍵詞：物候、影像分析、志工參與

### 1. 研究緣起、方法及過程：

本計畫延續101年度對立霧溪沿線植物物候的監測，進行每一至二週一次的物候監測。

監測項目包括簡易氣候資料收集、中橫公路沿線樣樹物候調查、樣樹物候照片拍攝。

### 2. 重要發現：

在2012-2013年的監測中，我們發現20種植物有開花的情形，其中5種在兩年之間的植株開花比例是相似的；大多數標定物種的開花和結果強度在兩年之間的差異亦不明顯。我們分析了照片影像中的RGB三元色色譜亮度，發現以單一元色做為花朵與背景的判斷標準，容易產生模糊地帶。但是三元色之間的亮度差可以產生花朵與背景之間較清楚的分際，可以作為較好的判斷依據。

### 3. 主要建議事項：

#### 建議一

物候影像拍攝及分析評估：立即可行建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：農委會林務局

本研究由於觀測時間較短、照片取樣數的時間序列不足，對於RGB色譜分析在物候觀測上的應用，我們的初步結論為可行。然而，本計畫所得資料不足建立標準化的方法，因此建議管理處持續進行樣樹之拍攝工作，並評估各種拍攝方式的適行性。

#### 建議二

志工參與物候監測：立即可行建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：無

本年度計畫執行過程中有三次開放志工參與的機會，但在培訓時間不足的情況下，不足以完整的程序輔導志工，因此志工人力尚無法加入監測工作。志工或公民科學家的參與不但兼顧環境教育功能，也可能減輕監測之人力及財力負擔。如果公部門的人力許可，增加志工參與機會以正確評估公部門維持志工之各項成本與所得的助益，不失為長期監測工作的部分替代方案。

### 建議三 長期監測植物物候動態：中長期建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：無

儘管短期內總開花強度變動不大，但單一植株的表現在年間仍有明顯變動，其變動原因需由長期的觀測中尋求。本團隊建議國家公園管理處持續對區內植物物候進行長期監測，以建立基礎資料庫，協助科學家探求生態程序的變動模式及成因，以提供政策制訂參考。

## Abstract

1. This project continued to survey the phenological phases on the trees marked from previous project weekly or biweekly. We collected weather data and phenological data, including images of sampled trees.
2. Comparing data from 2012 and 2013, we found 20 out of 21 monitored species set flowers to a observable degree. On stand basis, only 5 species showed similar flowering proportions. However, total flowering or fruiting intensities are more similar between 2012 and 2013.
3. We suggest the establishment of long term phenology monitoring, which could benefit not only research but also policy decision. (Suggestion of long-term projects)
4. To evaluate the applicability of image analysis on phenology monitoring, we analyzed pictures taken on sampled trees. RGB colors from the images were used separately yet did not produce good segregation in brightness distribution. We found that brightness difference between R and G could serve as a good index to distinguish flowers and backgrounds.
5. With short-term observation and limited image sequence, we were not able to establish standard protocol of image processing for phenophase and intensity estimation. We suggest to continue obtain images for sampled trees and conduct comparisons of images and field data for standardization of protocols. (Suggestion of short-term projects)
6. We opened up 3 days of opportunities for volunteer participation in our field survey. However, with the short participation, volunteers are not yet familiar with the work procedure thus insufficient to constitute the human resource for such long-term monitoring. We suggest more intensive evaluation on including such human resource in long term monitoring projects. (Suggestions for short-term projects)



## 第一章 前言

工業革命以來，全球貿易及生產蓬勃發展，造成了全球暖化、環境變遷、及生物多樣性喪失等等問題。近年來，這些自然環境的變動所帶來的氣候不確定性日增，甚而連變動的規模亦因多數自然環境的破壞而無法被正確評估。儘管許多新建構的氣象模式試圖要對生態系的經營提出適切之建言，生態系統之複雜度及變化卻是簡單的模式所難以推估的。因此，生態基礎資料及生態系過程提供了建構參數化生態模式的機會，以使模型更符合實況，使模擬（simulation）不同經營策略選項的結果得以作為風險評估之參酌（Kendall 2001）。在未受干擾的自然區域進行長期生態研究，一方面可以提供評估環境變遷的基線資料，另一方面則提供了對生態系過程或機制的理解。在此前提之下，國家公園管理下的自然區域承受較少的直接人為干擾及破壞，為台灣境內最單純的監測平台，因此在台灣永續發展的研究課題上日形重要。

作為生態系中最重要生產者，植物生態研究卻缺乏大規模而長期的監測。長期以來，生態界對於植物的監測工作多注重在植被型的分類或植被的變動等層面。這些變化往往是多重因子及長期發展所致，無法即時反應氣候變遷的影響。然而，氣候變遷影響了許多生態過程，且直接或間接影響動植物的生長及族群生存。例如聖嬰現象等氣候劇變發生時，植物的生產力將有直接的反應，植物減產或增產均會使得賴其為生的動物族群則會因而有行為或族群上的變化（黃美秀等，2009；Curran and Leighton，2000）。隨著地理、緯度與海拔位置的變化，氣象因子的變化程度亦有差異（夏禹九，2011），這些不同程度的氣候變動也成為影響動植物交互作用及生態系產生短期或長期變動的重要因子。要瞭解這些複雜的變化，及其對植物、動物的影響，首先必須挑選能包括足夠地區複雜度的研究地，也必須在複雜的地理條件組合中將系統簡化，以瞭解生態系中某些特定變化發生的原因。本章各節將簡單描述太魯閣國家公園內的地形、氣象及物候

之間的特徵及關聯，以為本研究立論。

### 第一節 立霧河流域植群概述

太魯閣國家公園內的立霧河流域涵蓋峽谷、雲霧帶及合歡山高海拔等地區，約佔太魯閣國家公園範圍的三分之二。該流域西高東低，上游呈扇形，在天祥附近匯流後，湍急奔流東下於新城附近注入太平洋。立霧溪主流全長58 公里，在這極短的距離中，高度卻從河口的海平面急速拔升至3000餘公尺的合歡山與奇萊北峰之間（圖1），河川坡度陡峻為其特色。流域內之植被隨海拔降低而有明顯的組成之轉換：由高山草本植群、針闊葉灌叢、亞高山針葉林、上部山地針葉林、山地針葉林、山地常綠至下部常綠闊葉林（圖2），變化顯著。在石灰岩地質、淺薄土壤、及地形因素的交互影響下，稜線及陡坡處受地形及土壤條件所限制多以青剛櫟、太魯閣櫟及阿里山千金榆為優勢的耐旱性植群，亦有櫟木、白雞油、黃連木及樟葉槭等落葉樹伴生。陡峭岩壁上則為落葉灌木所構成的低地岩壁及碎石坡植群，以台灣蘆竹為優勢的大面積草本植群為主，車桑子、雙花金絲桃、青桐及黃連木等灌木或小喬木，常零星分布於岩隙上。崩塌地上的次生林以血桐、構樹、山黃麻等先驅植物為常見。

本流域內的常綠闊葉林在海拔約900 m以上才陸續出現，以櫟林帶常見之樟科(青葉楠、假長葉楠及長葉木薑子)及殼斗科（赤柯、大葉柯、錐果櫟及狹葉櫟）的植物為優勢，林下常見早田氏冬青、台灣灰木、細枝柃木及西施花等耐陰性的物種，亦常混入各類針葉樹，如台灣鐵杉、台灣雲杉及台灣黃杉等，其上部亦常與針葉林之海拔分布重疊，代表台灣盛行雲霧帶的大略範圍(Su 1984a,b)。開闊的溪床及兩側的崩塌處形成之次生林以台灣赤楊為最優勢，常成純林、或與假長葉楠、青葉楠、長葉木薑子、尖葉槭等混生；較高海拔處則常與台灣二葉松及台灣紅榨槭混生。櫟林帶以上的森林以針葉林為主，合歡山區幾乎可見台灣所有主要的針葉樹林型（台灣雲杉、台灣鐵杉及台灣冷杉林），從



暖溫帶的針闊葉混淆林到亞寒帶的高山針闊葉灌叢，尚有大面積的台灣二葉松林、高山針闊葉灌叢及高山草本植群，可做為台灣高山生態系的代表。

若由較小的尺度來檢視立霧溪的植被分布，則可發現不同植群的鑲嵌度複雜，可能與海拔以外的因子，如土壤性質、日輻射、氣溫、溼度、干擾等及其他的生物因子（種間競爭、動物的取食與種子播遷等）有關。其中，日輻射、氣溫、溼度等氣象因子，是進一步生態過程研究較容易測量且不可或缺的參考依據。

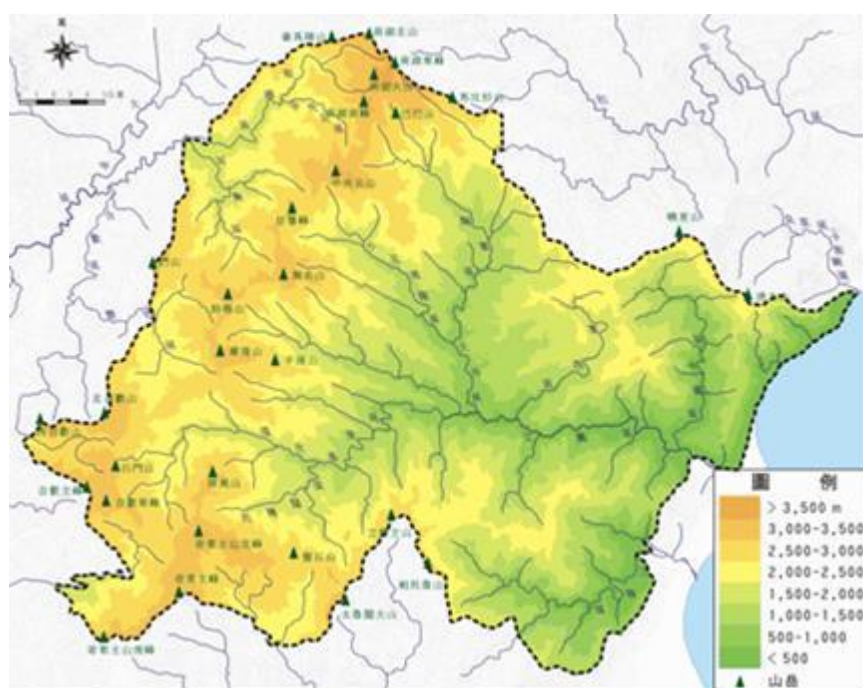


圖 1 太魯閣國家公園地形圖(資料來源：太魯閣國家公園網站)。

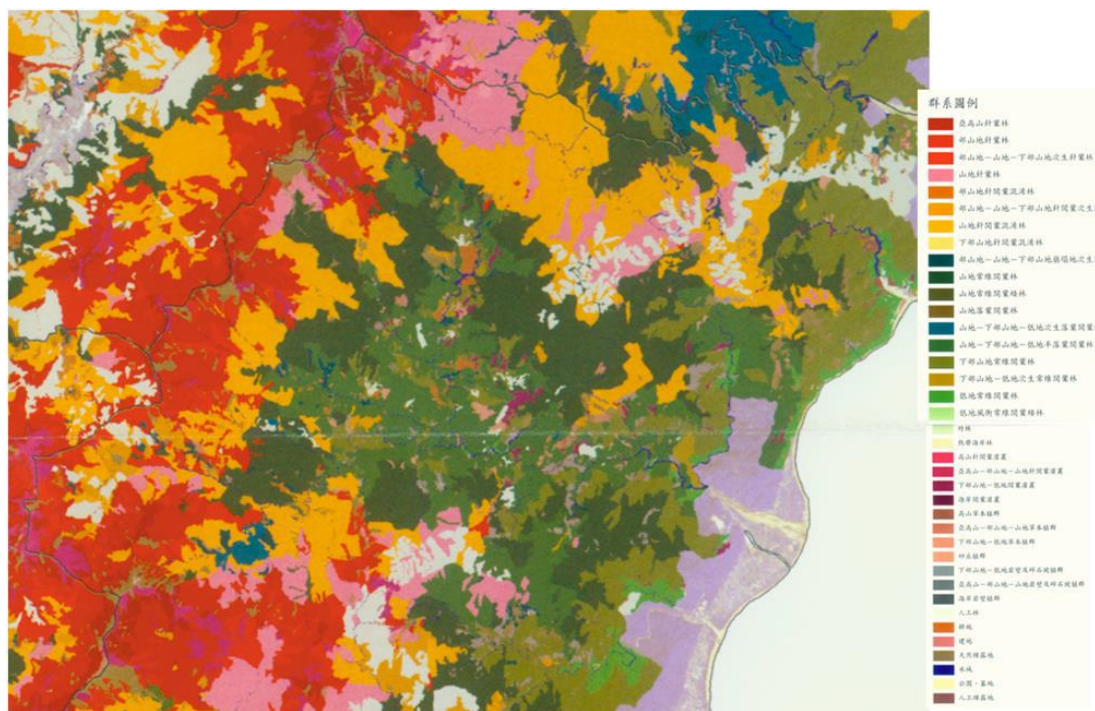


圖 2 立霧河流域區域植被圖。(資料取自林務局，2009)

## 第二節 山地氣候的特性

依照吉野正敏（1986）的建議，討論氣候時可考慮四種尺度：大、中、小、微分別涵蓋一區域內不同水平距離的氣候變化（圖3）。此層級性的分類蘊含了由大至小的巢式結構與控制的關係，也隱含了由小尺度影響上層特性的概念。在其他學者的研究中，因為關注的焦點不同，這些不同尺度的氣候變化又不同的分級名稱，例如中氣候又稱局部氣候（local climate, Yoshino, 1975）或地形氣候（topoclimate, Barry 2008）。微及小氣候則通常又合併稱為微氣候或近地氣候（Geiger, 1965）。在吉野的分類中，山地區域的氣象變化應屬中尺度之氣象變化，然因地形的影響，山地氣候又與一般中尺度氣候不完全相同，因此Barry（2008）認為應將山地氣候單獨分開。山地特殊的局部氣候主要的控制因素是緯度、高度與屬於大陸性或海洋性氣候，在這三個控制因子下，局部的坡度、坡向及山脈的走向則會造成不同的變化（Barry2008）。

蘇鴻傑曾對台灣山地氣候有過系統性描述（Su 1984a, b），其分析將台灣的山區依集水區為單元，並考量影響台灣氣候之兩個重要季風（東北季風與西南氣流），從而建立氣溫與海拔高的線性迴歸式。蘇鴻傑建議在沒有氣象資料的地方使用這些線性迴歸式，以作為研究植群與氣候因子關係的一個依據。立霧溪流域的年平均溫度隨海拔高度的遞減率（lapse rate）為 $0.36^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，夏季（7月）為 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，而冬季（1月）則為 $0.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ （Su 1984a），季節性的差異反應了夏、冬二季不同的氣團特性。特別值得一提的是蘇鴻傑（Su, 1984b）提到若以個別測站氣溫與海拔高度對應，則在西部許多淺山地區（foothill）會有一逆溫現象出現，其海拔高約為300~500m，而東部立霧溪流域並無此現象。他又特別提到溫度隨海拔高度的遞減率在本區海拔1000~2600m之間是較低的，可能是與此區常見有深厚的雲海有關。不過蘇鴻傑特別提到中央山脈以東氣象測站不多，所以分析時是包含了立霧溪以外的花蓮北區的一些測站。不論如何，以立霧溪集水區陡峻的地形與複雜的水系走向，局部氣候的變化（如氣溫）對陸地生態系的影響應該很難只以一個與海拔高度完全一致的關係來闡釋。

立霧溪流域內國家公園以外現存之氣象站與雨量站大多在低海拔區域。太魯閣國家公園於2009年12月於碧綠神木附近及蓮華池二處設置了固定式的氣候站於，並於2010年4月及10月於小奇萊山附近及南湖大山主峰與北峰間之鞍部（3562m）設置移動式氣象站，以提供中尺度局部氣候資訊。目前國家公園內立霧溪流域沿線沿著海拔梯度至少每1000m有一測候站（表1）。這些氣象測站雖有助於對立霧溪不同海拔高的局部氣候的了解，但是在協助探究微氣候與山地各部生態過程的關係上，仍有不足，本計畫利用簡易型的氣象儀器，試圖補充測站分佈空隙較大之區域的氣象資訊。

表 1 立霧溪流域內現有之氣象站及雨量站。

| 站名             | 經度           | 緯度          | 海拔高    |
|----------------|--------------|-------------|--------|
| 新城氣象站(C0T840)  | E 121°35'51" | N 24°00'02" | 32 m   |
| 富世氣象站(C0T9C0)  | E 121°37'19" | N 24°08'59" | 109 m  |
| 布洛灣雨量站(C1T830) | E 121°34'47" | N 24°10'25" | 200 m  |
| 天祥氣象站(C0T820)  | E 121°29'15" | N 24°10'53" | 550 m  |
| 蓮花池氣象站         | E 121°29'44" | N 24°13'04" | 1050 m |
| 洛韶雨量站(C1T800)  | E 121°26'45" | N 24°12'23" | 1260 m |
| 慈恩雨量站(C1T810)  | E 121°22'49" | N 24°11'38" | 2049 m |
| 碧綠氣象站          | E 121°24'20" | N 24°10'39" | 2212 m |
| 大禹嶺氣象站(C0T790) | E 121°18'29" | N 24°11'16" | 2565 m |
| 小奇萊氣象站         | E 121°17'50" | N 24°07'54" | 3100 m |
| 南湖氣象站          | E 121°26'41" | N 24°21'34" | 3562 m |

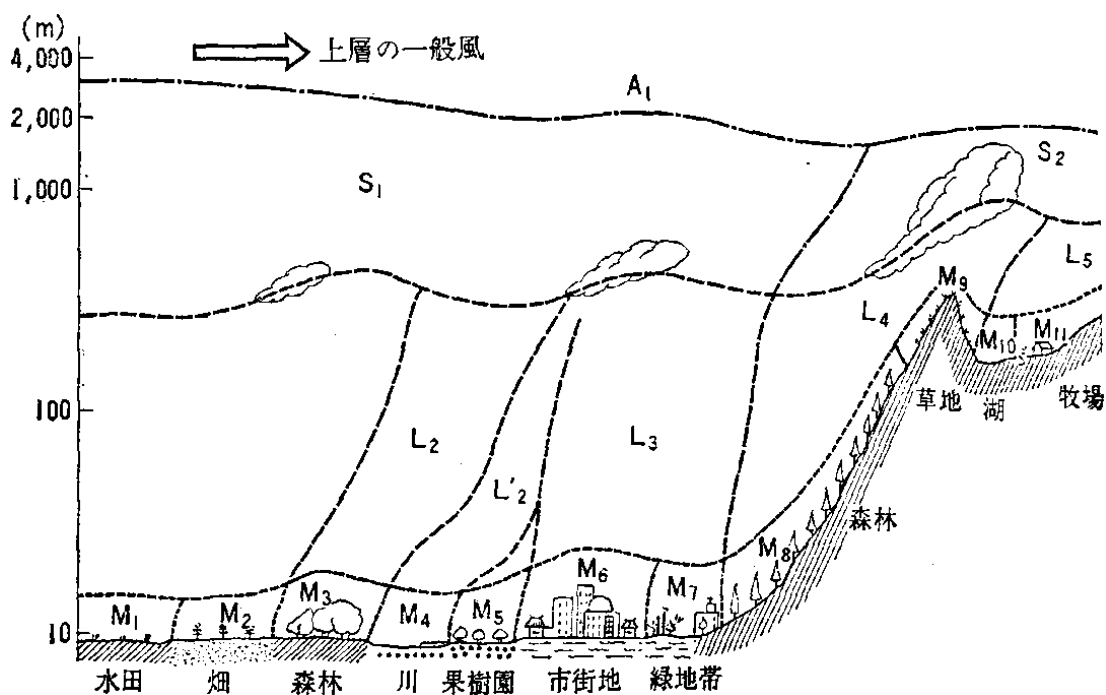


圖3 微氣候 (M)、小氣候 (L)、中氣候 (S)、大氣候 (A) 之層級概念 (取自吉野正敏1986)。

### 第三節 植物繁植物候

植物的繁植物候學包括了植物的開花及結果在時間軸上的變化，這些生理變化與氣象因子往往有著密切的關係。全球氣候變動的趨勢報告指出，全球氣溫除了均溫的上升外，最重要的影響來自極端氣候。極低或極高溫常可控制蟲害，也影響動物的遷徙。對植物而言，低溫的出現可能成為生理階段（如開花）開始的信號（Numata et al. 2003），也可能破壞進行中的生理作用。加劇的極端氣候不但可能分別影響動物與植物的行為，也可能改變動植物之間的交互關係（Liu et al. 2011，黃美秀等2009），對生態系中的生物將有多面向的影響。

如前所述，氣象因子的變化，往往受到區域性氣流變動及局部地形的交互影響。山地氣象因子的變化及氣候的嚴苛程度的差異，不但孕育出各海拔間不同的植物群落，也造成群落內各族群的繁殖時序及策略的變異。藉由在美國亞利桑納州的Finger Rock及Pima Canyon進行20年的長期觀察，Crimmins等人（2008b）發現這些橫越1200公尺海拔差距的植物群落之開花物候與氣象因子的相關性迥異：在高海拔的群落內，植物開花與否主要受到溫度變化之影響；在海拔低的群落中，植物開花物候則主要受降雨影響。在氣候變遷的影響下，雨量和溫度的變化在部分地區可能為同向，亦可能相反，可能導致全球的植物群落產生迥異的反應。對於植物及仰賴植物生存的動物而言，勢必在現有的交互關係上更添變數。

立霧河流域複雜的地形使氣候變化在短距離內產生明顯的梯度，進而影響植物的繁殖行為；該流域中，低海拔的植被較少經歷低溫及霜期，中高海拔的植被則有較明顯的冬季低溫期，居於其間的霧林帶植被則偶有低溫之經歷。在全球氣候變動漸趨極端的狀況下，以往可為植物控制蟲害的極低或極高溫，可能加劇而對植物本身產生直接的衝擊，並對生態系中生物有多面向的影響。而本區陡升的地形成為本區氣象因子的變化主要成

因，而非緯度。對於許多生態過程而言，因為緯度而造成的光週期變化實屬重要，也常與溫度及濕度產生強烈的交互作用，在生態因子分析上增加了困難度。本區的地形提供了天然的控制條件，使研究人員得以專注研究溫度等氣象因子對植物、動物的影響，而不受緯度帶來的變化所擾。

全球各地的物候監測研究相當稀少，也難以規模化，主要導因於其專業性及勞力要求。專業性要求主要來自植物辨識、植物物候相的判定及物候強度評估等工作。這些工作往往需要較長時間的訓練或豐富的野外經驗。評估物候狀況時，觀察員需要自接近樹木的地區進行觀察，或需要熟練操作望遠鏡等設備，完整巡察樹冠，方能正確評估。這些工作標準大大地限制了物候觀察的樣品數。當觀察的植株生長在難以到達的區域時，觀測工作的難度提高，可能限制了野外取樣數，或增加了勞力的需求度。

自數位相機普及化後，利用影像的紀錄來進行物候的觀測工作成為可能取代傳統觀察法的新方法。影像的紀錄與分析已經在化學、分子生物、醫學、動物生態（陸聲山等 2010）及植物學（Keyser et al. 2013, Yoshioka et al. 2004）的研究中大量應用，近幾年來也逐漸受到物候研究人員的注重（林文智等 2007）。有別於傳統的相機，數位相機的檔案提供了相片的色譜。利用色譜中三元色的組合，得以計算不同的亮度，並推算葉片或花朵在樹冠上的比例（Adamsen et al. 2000）。利用近距離（10-20公尺以內）的相片，Adamsen（2000）可利用畫素比例準確評估花朵數。這個技術如能配合固定的曠時攝影技術或遙感傳輸，將可大大減少人力的耗費，並提供具有相當可信度的資訊。然而，在大範圍取樣時，影像分析法也可能形成誤判，例如，同一地區有兩種以上的花朵有同樣的顏色（Crmmins et al. 2008a）時，利用RGB三色光譜的分析便難以分辨不同物種，以致高估目標物種的開花強度。此外，當花朵的顏色接近背景或葉片顏色、或是花朵型態較為隱晦時，光譜的差異和面積分布可能造成對開花強度的誤導。因技術限制所致，目

前對此類謬誤的校正方法仍屬人為校正。儘管校正工作可於室內進行，但是所費人力不貲，對於運用此技術的本意多有減損。因此，影像分析在植物物候的應用上仍有待更進一步的技術突破。本計畫並不欲針對技術進行改良，僅欲就應用現有之技術進行工作評估，瞭解在短期內推動新的物候監測方法的可能性。

除了利用科技來解決大型研究對勞力的需求問題之外，許多以開發及開發中國家也積極開發志願工作者資源。這些志願工作者往往居住在各地，他們的協助對於研究空間尺度較大的計畫，是一大助力。台灣地狹人稠，志願工作者們往往可以離開居住地，前往各國家公園或研究點，協助觀察工作。因此，如果能妥善規劃觀察程序並對志願工作者加以訓練，或許可以將之組織成固定的物候觀察團體，提高這種耗時耗力的觀察工作之可持續性。本計畫對志願工作者進行初步訓練，以其瞭解並評估對志工資源在固定式的物候監測工作上的幫助及可行性。





## 第二章 研究方法及過程

植物的開花及結果物候與氣象因子往往有著密切的關係，同一物種在緯度、海拔或濕度梯度上分布位置的差異，可能造成不同的物候表現。透過氣象因子的觀測與時序的分析，應能提供植物物候特徵的研究之基線資料。根據此目標，本案在執行期間分期進行下列工作項目：

1. 執行太魯閣國家公園管理處中橫沿線氣象站設施之維護及氣象資料整理。
2. 針對中橫沿線選定若干特定植物種類進行開花、結果與物候相關性之監測調查。
3. 評估影像性物候監測方法之可行性。
4. 進行志工參與物候監測的可行性評估及培訓教材之擬訂。

### 第一節 中橫沿線活動式氣象測站維護及資料檢核

自2009年起，太魯閣國家公園管理處為監測氣候變遷所可能導致生態系統格局與過程的改變，已於園區內鄰近永久植被樣區與生態試驗地設置固定氣象站，監測不同海拔高度下各項氣象因子的變動情況。然而由於太魯閣國家公園內山巒起伏，局部氣候受到大尺度氣候系統控制，同時也受到山脈走向、地形與坡向等因素作用，產生相異於中尺度氣候的典型格局（Barry 2008）。為監測園區內山地局部氣候作為植物物候時序變動之參考，本研究根據太管處已完成之氣象分析報告，配合物候觀測樣站之位置來設置簡易型觀測設施。簡易型觀測設施以氣溫觀測為主，空氣相對溼度與土壤溫度為輔，此乃基於植物開花及結果物候的時序

變動，可能與局部氣候的時序格局有關，然而，在眾多氣象因子中，氣溫仍是主要的分析指標。

觀測設施的設置地點參考固定氣象站址與物候觀測站，目前設置三個簡易觀測設施分別鄰近於：慈母橋(380m a.s.l.)、西寶(915m a.s.l.)與新白楊(1644m a.s.l.) (圖4)。為減少氣溫測量誤差，儀器設置於相對開闊之地，但避免森林內部、人工柏油路面與頻繁農耕田地。簡易型觀測設施為高約1.7 m之儀器主桿，其上設置感應儀器與資料儲存裝置，主桿頂端離地約1.2 m處設置小型百葉桶，桶內置溫度探針以避免陽光直接曝曬造成氣溫量測失準；主桿尾端設有一組探針觀測土壤溫度變化，同主桿埋入土中至少20 cm。對於無法直接立地埋設的地點，則將觀測設施固定於樹幹或護欄上。溫度探針與資料紀錄器使用onset HOBO® U23 Pro系列儀器，溫度探針準確度 $\pm 0.21^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{--}50^{\circ}\text{C}$ )、解析度 $0.02^{\circ}\text{C}$  ( $25^{\circ}\text{C}$ )，反應時間3-5分鐘(流動風速1m/s)，取樣頻率為10分鐘。

觀測儀器常因野外氣候變化，可能發生儀器失準、故障的情形，因此定期檢測與資料正確性檢核是非常重要的工作 (DeFelic T.P.,1998)。本計畫定期 (每兩個月) 對上述氣象設施進行檢查、下載資料，並對資料進行檢驗，於現場判別儀器的狀況，並進行適當的保養和維修，以確保觀測儀器的正常運作。透過此簡易型記錄站，或可提供對立霧流域的氣候更細緻的解讀。

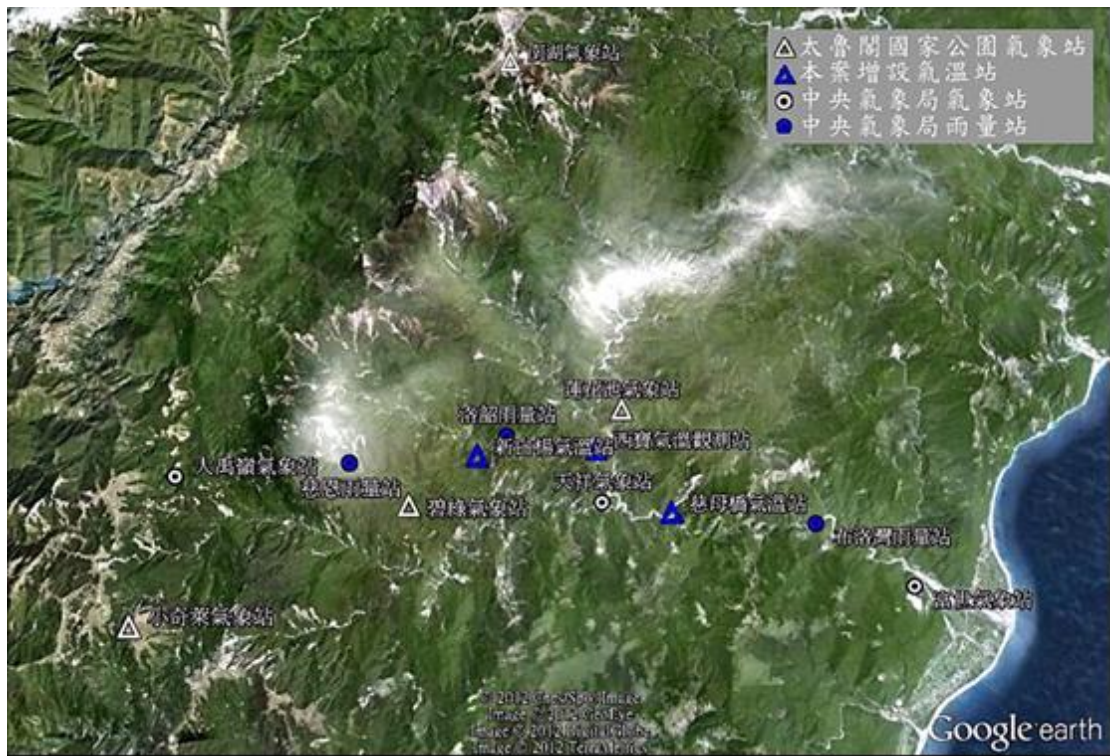


圖 4 立霧溪流域各氣象、雨量、氣溫測站位置圖。(底圖取自 Google Earth)

## 第二節 植物繁殖物候調查

立霧溪流域內之植被由低至高涵括了常綠闊葉林、針闊葉混淆林、針葉林、針闊葉灌叢、及高山草本植群等，各海拔及植被類型經歷霜期及高溫之程度各異。全球氣候變動漸趨極端的狀況，可能意味著低海拔植物逐漸暴露在越來越常出現的低溫之下，而中高海拔植物則要面對夏季高溫的挑戰。本案延續去年的研究方法，持續觀察在立霧溪流域（海拔350-2300m之間）標定的372株樣樹（分屬14個調查區段），並在關原區段增加50株山櫻花，作為本年度物候調查之樣樹。目前標定的樹種分屬21種（表2）。這些樹種多為常綠闊葉、霧林及混淆林等植被之常見物種。此外，大量標定的山櫻花則是用以排除物種間的變異度，便於瞭解沿海拔變化之溫度梯度對物候可能造成的影響。

本研究對選定物種進行之物候調查項目包括花果兩器官之發育及其不同成熟度的記錄，花果發育階段及其物候強度評估簡述如下：

- (1) 花序：含苞之花序，僅含未開花之花苞。
- (2) 花朵：但凡花序上有開放之花朵，即將該花序定義為花朵狀態
- (3) 未成熟果：花序上的花朵若有凋謝、且子房膨大為果食者，及記錄為未熟果狀態
- (4) 成熟果：依照樹種的果實成熟特徵對植株上的果實分別進行判別。

對於花朵及花序，物候調查將記錄開花程度如下：0表示未開花；1表示花量佔植株冠幅1-25%面積；2表示花量佔植株冠幅26-50%面積；3表示花量佔植株冠幅51-75%面積；4表示花量佔植株冠幅76-100%面積。樹木結實程度（成熟或未熟果）的估算方式如下：0表示未結果；1表示果量佔花枝總量1-25%；2表示果

量佔花枝總量26-50%；3表示果量佔花枝總量51-75%；4表示果量佔76-100%。野外物候觀察結果之記錄標準化如表3。

表 2 太魯閣國家公園植物物候調查樣樹及計量。

| 物種     | 株數  | 中文科名 | 中文種名   | 科名（拉丁文）          | 種名（拉丁文）                               |
|--------|-----|------|--------|------------------|---------------------------------------|
| 山櫻花    | 220 | 薔薇科  | 山櫻花    | Rosaceae         | <i>Prunus campanulata</i>             |
| 青剛櫟    | 28  | 殼斗科  | 青剛櫟    | Fagaceae         | <i>Cyclobalanopsis glauca</i>         |
| 太魯閣櫟   | 20  | 殼斗科  | 太魯閣櫟   | Fagaceae         | <i>Quercus tarokoensis</i>            |
| 白雞油    | 15  | 木犀科  | 白雞油    | Oleaceae         | <i>Fraxinus griffithii</i>            |
| 假長葉楠   | 14  | 樟科   | 假長葉楠   | Lauraceae        | <i>Machilus japonica</i>              |
| 山枇杷    | 13  | 薔薇科  | 山枇杷    | Rosaceae         | <i>Eriobotrya deflexa</i>             |
| 西施花    | 13  | 杜鵑花科 | 西施花    | Ericaceae        | <i>Rhododendron ellipticum</i>        |
| 青桐     | 13  | 梧桐科  | 梧桐     | Sterculiaceae    | <i>Firmiana simplex</i>               |
| 阿里山千金榆 | 11  | 樺木科  | 阿里山千金榆 | Betulaceae       | <i>Carpinus kawakamii</i>             |
| 石朴     | 11  | 榆科   | 石朴     | Ulmaceae         | <i>Celtis formosana</i>               |
| 昆欄樹    | 11  | 昆欄樹科 | 昆欄樹    | Trochodendraceae | <i>Trochodendron aralioides</i>       |
| 石楠     | 9   | 薔薇科  | 石楠     | Rosaceae         | <i>Photinia serratifolia</i>          |
| 臭蠟樹    | 9   | 芸香科  | 賊仔樹    | Rutaceae         | <i>Tetradium glabrifolium</i>         |
| 青葉楠    | 8   | 樟科   | 霧社楨楠   | Lauraceae        | <i>Machilus zuihoensis</i>            |
| 杜英     | 7   | 杜英科  | 杜英     | Elaeocarpaceae   | <i>Elaeocarpus sylvestris</i>         |
| 錐果櫟    | 6   | 殼斗科  | 錐果櫟    | Fagaceae         | <i>Quercus longinux</i>               |
| 烏心石    | 5   | 木蘭科  | 烏心石舅   | Magnoliaceae     | <i>Magnolia kachirachirae</i>         |
| 狹葉櫟    | 4   | 殼斗科  | 狹葉櫟    | Fagaceae         | <i>Quercus stenophylloides</i>        |
| 玉山杜鵑   | 3   | 杜鵑花科 | 玉山杜鵑   | Ericaceae        | <i>Rhododendron pseudochrysanthum</i> |
| 阿里山榆   | 1   | 榆科   | 阿里山榆   | Ulmaceae         | <i>Ulmus uyematsui</i>                |
| 霧社山櫻花  | 1   | 薔薇科  | 霧社山櫻花  | Rosaceae         | <i>Prunus taiwaniana</i>              |

表 3 物候調查野外紀錄表格（示範）

| loc# | location | side | tree# | species | date      | code | intensity | note |
|------|----------|------|-------|---------|-----------|------|-----------|------|
| 1    | 碧綠 1     | 谷    | 1     | 昆欄樹     | 2013/3/15 | 1    | 2         |      |
| 1    | 碧綠 1     | 山    | 2     | 玉山杜鵑    | 2013/3/15 | 6    | 1         |      |
| 1    | 碧綠 1     | 山    | 3     | 玉山杜鵑    | 2013/3/15 | 6    | 1         |      |
| 1    | 碧綠 1     | 山    | 4     | 玉山杜鵑    | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 7     | 谷    | 5     | 假長葉楠    | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 8     | 谷    | 6     | 假長葉楠    | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 2     | 山    | 7     | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 3     | 山    | 8     | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 3     | 山    | 9     | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 3     | 山    | 10    | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 4     | 山    | 11    | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 5     | 山    | 12    | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 9     | 谷    | 13    | 霧社山櫻花   | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠 6     | 谷    | 14    | 昆欄樹     | 2013/3/15 | 1    | 1         |      |
| 1    | 碧綠 6     | 山    | 15    | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠涼亭     | 谷    | 16    | 山櫻花     | 2013/3/15 | 6/5  | 4/2       |      |
| 1    | 碧綠涼亭     | 谷    | 17    | 錐果櫟     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠涼亭     | 谷    | 18    | 西施花     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠涼亭     | 谷    | 19    | 錐果櫟     | 2013/3/15 | 0    | 0         |      |
| 1    | 碧綠涼亭     | 谷    | 20    | 山櫻花     | 2013/3/15 | 6/5  | 4/1       |      |

### 第三節 評估影像性物候監測方法之可行性

在電腦及影像科技日新月異的發展下，分析技術較以往更為成熟，所需的設備成本也大幅降低，使得影像分析工作不再遙不可及。理論上，影像分析技術可分離數位影像上的色譜，在花果與葉片之間色差明顯的物種上面，應可達成花果與葉片的辨識工作，並提供進一步的量化基礎。截至目前為止，大部分的影像分析工作多局限於動物物種的辨識，或植物的定性工作，在植物開花物候的定量工作上，仍未有顯著的進展。本計畫將以目前最常見的RGB分析方式，對我們監測的樹木進行分析，以探索色譜比對在物候監測上的應用性。

在進行調查的過程中，我們選定四株易於拍攝之山櫻花，在每次調查時同時進行定點拍攝的工作。針對每棵樹，我們選定最適合的光圈及焦距進行拍攝，並以此條件進行所有的拍攝工作。本研究的影像觀察及分析工作共有下列四項：

1. 定期定點對監測的樹木進行樹冠側面拍攝工作。
2. 將取得之樹冠照片作色譜分析，比對花朵、葉片、及背景之色譜之差異。
3. 如能確認花朵、葉片及背景色譜之差異，我們即可利用這些差異來計算花朵在相片中所佔面積，亦即花朵所佔之相素，作為開花強度的指標。
4. 比對花朵相素與人為觀測結果，依其相關程度評估影像分析方法應用在物候觀測之可行性。

### 第四節 志工參與物候監測的可行性評估

物候的監測是一個仰賴專職人力的工作，監測人員在受過訓練後，對開花結

果的物候評估可保持一致性，這個專業性往往限制了可參與協助的對象。此外，物候監測工作要求極高的規律性，提高了工作時間分配的挑戰。然而，物候監測過程，往往也是最好的生態觀察，對於喜愛大自然的志工而言，具有一定的吸引力。自然志工的最好特質在於高度參與率及好奇心，如能加以訓練，提高他們對物候監測工作及其目的之瞭解，使之樂於參與，將可成為耗力的生態監測工作上最有力的助力。本計畫自十月起開放志工參與野外物候觀察之行程，每兩週進行一梯次，每梯次僅開放一日之觀察行程。計畫主持人與助理與志工們同行，除講解物候觀察的要領，提醒樣樹的位置外，也讓參與之志工自行討論並評估物候。評估志工的工作狀況之準則包含：固定參與的情形、志工對樣樹的辨識度、志工對樣樹位置的記憶強度、及志工對物候評估的一致性。



### 第三章 研究結果

#### 第一節 中橫沿線活動式氣象測站維護及資料檢核

延續太魯閣國家公園管理處長期生態物候監測計畫，本案持續維護中橫公路沿線慈母橋、西寶、新白楊等三個測站，監測氣溫時序變化提供植物物候研究基線資料，如同時配合園區內固定式氣象站，應可提供立霧溪流域內山地氣候變化更細緻的解讀。本研究持續氣象站維護與資料檢核工作，截至目前為止，三個測站之月平均溫度列於表4，而本年度日平均氣溫時序變化如圖5所示。此資料仍在持續觀測中，目前所累積資料仍然過短，尚且無法呈現季節間之差異。

觀測儀器經常因野外氣候變化，發生失準與故障情形，特別是簡易型氣溫觀測設施雖架設容易、選址彈性，適合觀測區域尺度之氣象因子，但也因為儀器設計的精密程度、耐久性與電池效力不如固定式氣象站，必需增加現場維護的頻度。在本案初期，三個測站運作非常良好，但至2012年11月底三組儀器分別出現電池短路與測量中斷的現象，必須將儀器撤回維修(表5)。在本年度計畫開始之後，所有儀器皆已重新完成架設並進行測試。

在本研究的維護過程中發現，如排除儀器被非研究人員意外開啟之情形，觀測設施可能發生故障的成因有二：第一、觀測設施因雨水滲入或水氣凝結於資料儲存器內，造成機板短路而中斷觀測；第二、在資料下載過程中，防光罩失效導致資料無法存取。防光罩是此一系列資料儲存器的附屬裝置，該儀器以光學訊號作為資料傳輸媒介，在讀取資料過程中須遮蔽外界光源以減低干擾，然而在測站現場經常是強日照、高光度的狀態，強光的干擾下將使得資料無法讀取。關於前

項問題，我們已在儀器上加強防水設計，同時增加現場維護頻度至兩周一次，及早發現故障情形以減少的資料缺漏；而後項問題為儀器設計上的限制，雖然該儀器普遍用於全球各地小尺度氣溫觀測，但用於高濕度、高日照的台灣山區則需要調整設計，為此我們已聯繫儀器公司尋求改善方法，也藉此提供台灣其他從事相關山區研究者參考。

表 4 測站月均溫表

| 2012 年 | 慈母橋                              | 西寶                                | 新白楊                  |
|--------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| 7 月    | 25.5 ( 19.3 , 34.2 )             | 23.0 ( 18.5 , 31.9 )              | 19.5 ( 14.5 , 28.3 ) |
| 8 月    | 24.4 ( 19.7 , 33.0 )             | 22.5 ( 17.8 , 31.9 )              | 18.9 ( 14.6 , 28.6 ) |
| 9 月    | 23.8 ( 19.2 , 32.7 )             | 20.7 ( 14.7 , 29.0 )              | 16.7 ( 11.5 , 25.2 ) |
| 10 月   | 21.4 ( 13.3 , 30.2 )             | 17.9 ( 11.5 , 26.0 )              | 14.4 ( 7.8 , 25.5 )  |
| 11 月   | 18.9 ( 15.2 , 28.0 )             | 15.6 ( 10.2 , 25.5 )              | 12.2 ( 8.0 , 22.8 )  |
| 12 月   | 13.7 ( 8.7 , 20.6 ) <sup>+</sup> | -                                 | -                    |
| 2013 年 |                                  |                                   |                      |
| 1 月    | 14.8 ( 9.4 , 24.9 )              | -                                 | -                    |
| 2 月    | 18.1 ( 10.4 , 26.9 )             | -                                 | -                    |
| 3 月    | 18.8 ( 11.0 , 30.2 )             | 16.2 ( 11.8 , 26.5 ) <sup>+</sup> | 13.3 ( 8.7 , 23.7 )  |
| 4 月    | 19.0 ( 13.5 , 29.9 )             | 14.5 ( 8.2 , 26.1 )               | 12.8 ( 4.5 , 26.6 )  |
| 5 月    | 22.4 ( 14.9 , 32.0 )             | 20.4 ( 18.2 , 26.6 )              | 16.3 ( 5.6 , 26.1 )  |
| 6 月    | 25.3 ( 18.8 , 36.1 )             | 21.1 ( 17.9 , 28.1 )              | 18.7 ( 14.2 , 26.8 ) |
| 7 月    | 25.2 ( 19.1 , 38.3 )             | -                                 | -                    |
| 8 月    | 25.6 ( 20.5 , 34.1 )             | 19.9 ( 3.1 , 107.6 )              | 18.9 ( 15.4 , 27.3 ) |
| 9 月    | 23.7 ( 16.1 , 32.8 )             | -                                 | 17.1 ( 12.2 , 25.4 ) |

本表資料以「平均溫度 (最低溫度 , 最高溫度)」表示，溫度單位為攝氏度；「+」表示該月份資料不足兩周；「-」表示該月資料因儀器故障而有缺漏。

表 5 測站資料獲取率。

| 2012 年 | 慈母橋  | 西寶   | 新白楊  |
|--------|------|------|------|
| 7 月    | 100% | 100% | 100% |
| 8 月    | 100% | 100% | 100% |
| 9 月    | 100% | 100% | 100% |
| 10 月   | 100% | 100% | 100% |
| 11 月   | 84%  | 88%  | 85%  |
| 12 月   | 8%   | -    | -    |
| 2013 年 |      |      |      |
| 1 月    | 100% | -    | -    |
| 2 月    | 100% | -    | -    |
| 3 月    | 100% | 30%  | 31%  |
| 4 月    | 100% | 49%  | 100% |
| 5 月    | 100% | 4%   | 100% |
| 6 月    | 100% | 61%  | 88%  |
| 7 月    | 100% | -    | -    |
| 8 月    | 100% | 61%  | 73%  |
| 9 月    | 100% | -    | 100% |

資料獲取率以每十分鐘一筆計算，部月份可能因儀器故障與失準有所缺漏，「-」表示儀器故障撤回維修。

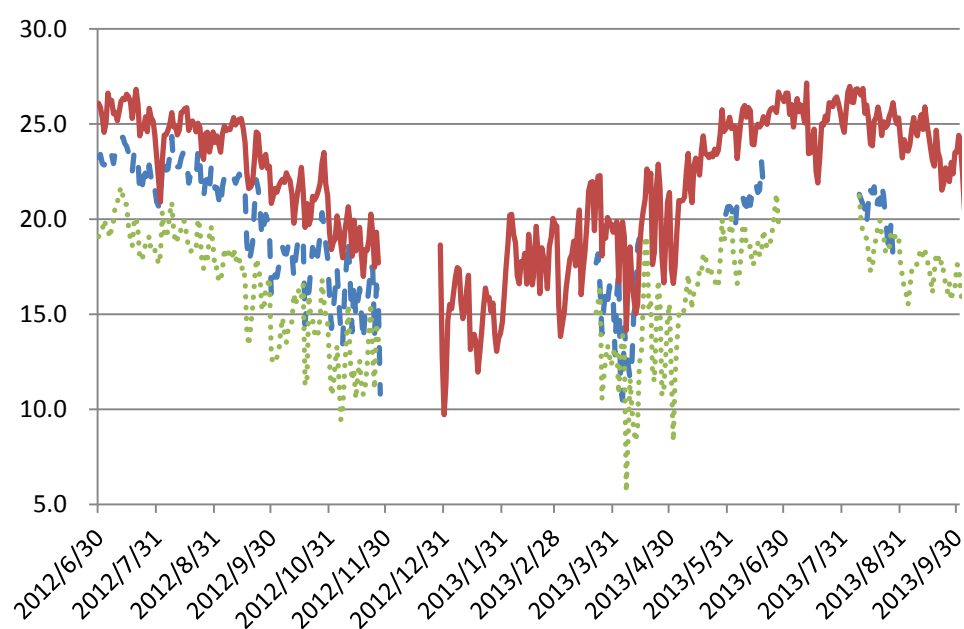


圖 5 測站氣溫時序圖。

資料顯示慈母橋測站(—)、西寶測站(●●●)與新白楊測站(---)的日平均溫度。

## 第二節 植物繁殖物候調查

本年度物候調查自2月中旬正式開始。為避免物候觀察中斷而導致日後分析的問題，調查人員在1月初至2月中旬已先行進行物候觀察工作。本報告結果部分包含本年度1月至11月中旬的物候資料，並將前一年度的調查結果併入，作為比較基準。在本年度1至5月期間因監測區域的開花密度提高，我們將監測頻率提高至每週1次。然而因為白沙橋附近的坍方問題，致使5月中的調查中斷2週，調整之後的調查工作由5月下旬重新開始，調查密度亦調整為每2週1次。

本年度至11月中旬為止，共有30次全區調查工作，自422株樣樹的觀察上獲得15772筆物候資料（含6725筆無花無果之監測資料）。在花果資料中，有2708筆資料為開花資料、1034筆為成熟果資料，另有5305筆為花芽及未熟果資料。在本計畫中，我們較關注開成熟花與果的生產情形，因此暫不對花芽及未熟果進行分析工作。本年度監測的21種植物之中，只有阿里山榆未開花，其餘20種均有開花的情形。部分樹種在2012及2013兩年的開花比例相當，如山櫻花、烏心石、石朴、青葉楠、白雞油等；其他樹種則在兩年間有較明顯的開花比例差異（圖6）。對照這些樹種在海拔上的分布，開花植株比例並未在海拔上呈現梯度變化。我們進一步將各物種的所有植株開花之強度加總，作為該物種的總開花強度指標。在兩年之間，總體產花量指數僅有石朴、昆欄樹、假長葉楠、及西施花有明顯的下降，其餘物種的總開花強度則與去年度相當或增加（圖7）。我們利用相同的方法，計算總體結果指標，並比較兩年的結果情形。2013年各物種的總體結果指標均小於2012年的指標，但是差異很小（圖8）。兩年之間的比較均不含新標定之關原站資料。在兩年間至少開花一次的植株（343株）中，71.4%的個體在兩年間

重複開花（圖9，上）；從開花強度來看，開花強度為最低與最高者有較高的比例維持兩年間的一致性，但中等強度的植株有較高的強度變動（ $\chi^2 = 37.0353$ ,  $df = 16$ ,  $p\text{-value} = 0.002073$ ）。

利用分佈橫跨一千公尺以上海拔幅度的山櫻花，我們檢視花期與海拔的關係。檢閱時，我們將海拔相近之區域，如碧綠與關原、慈雲橋與其上的樣區進行合併，以提高單區樣品數、去除假重複之問題。合併後之樣區可代表下列的海拔層級：2200m、1600m、1500m、1300m、1200m、1100m。隨海拔上升，各區段的山櫻花族群開花時間逐漸延遲（圖 11）。

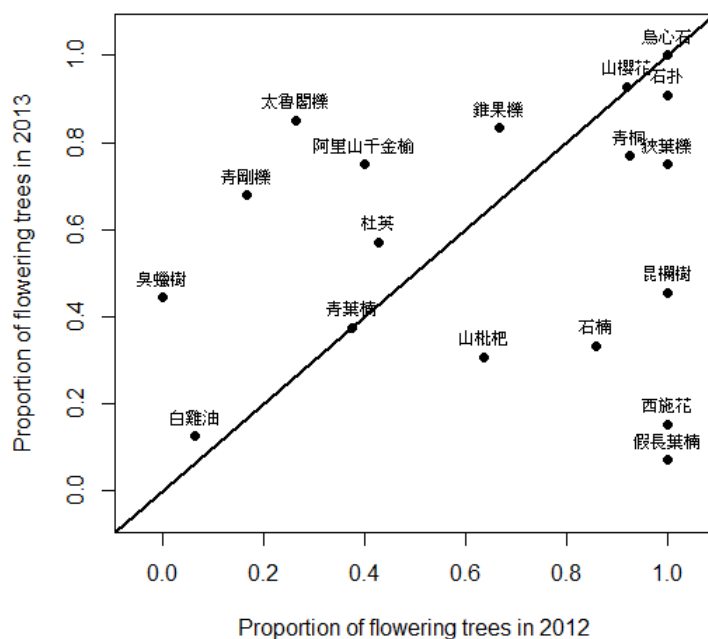


圖6 2012-2013年之年間（Between-year）開花植株比例比較。橫軸及縱軸分別為2012年及2013年之開花植株比例；對角線斜率為1，代表兩年比例相等之基準線。

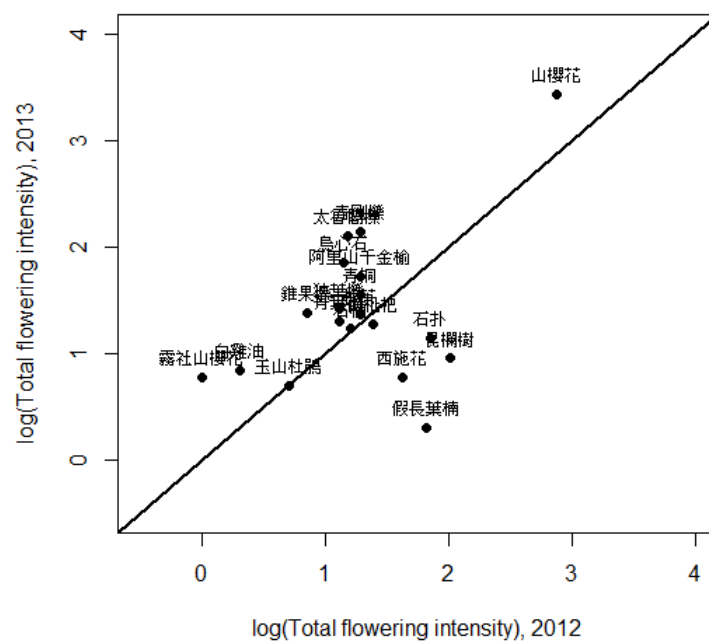


圖7 2012-2013年之年間（Between-year）總開花強度指標比較。橫軸及縱軸分別為2012年及2013年之總開花強度；對角線斜率為1，代表兩年開花強度相等之基準線。

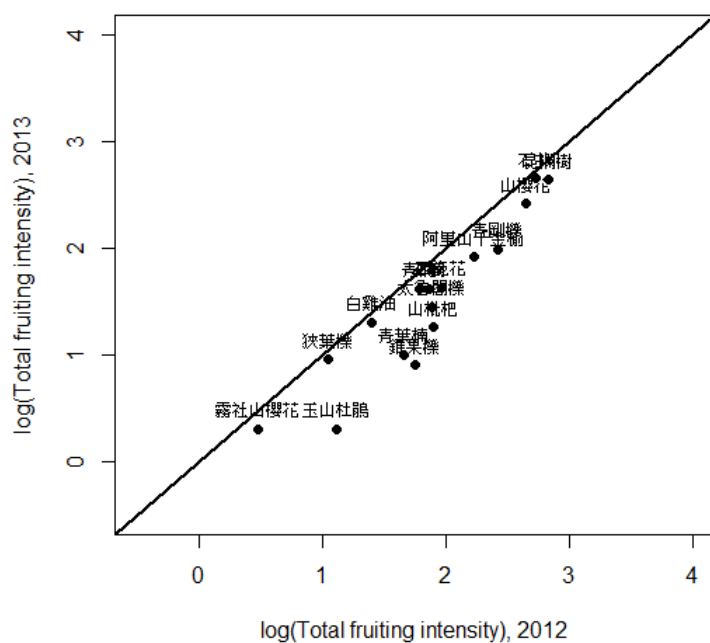


圖8 2012-2013年之年間（Between-year）總結果強度指標比較。橫軸及縱軸分別為2012年及2013年之總結果強度；對角線斜率為1，代表兩年結果強度相等之基準線。

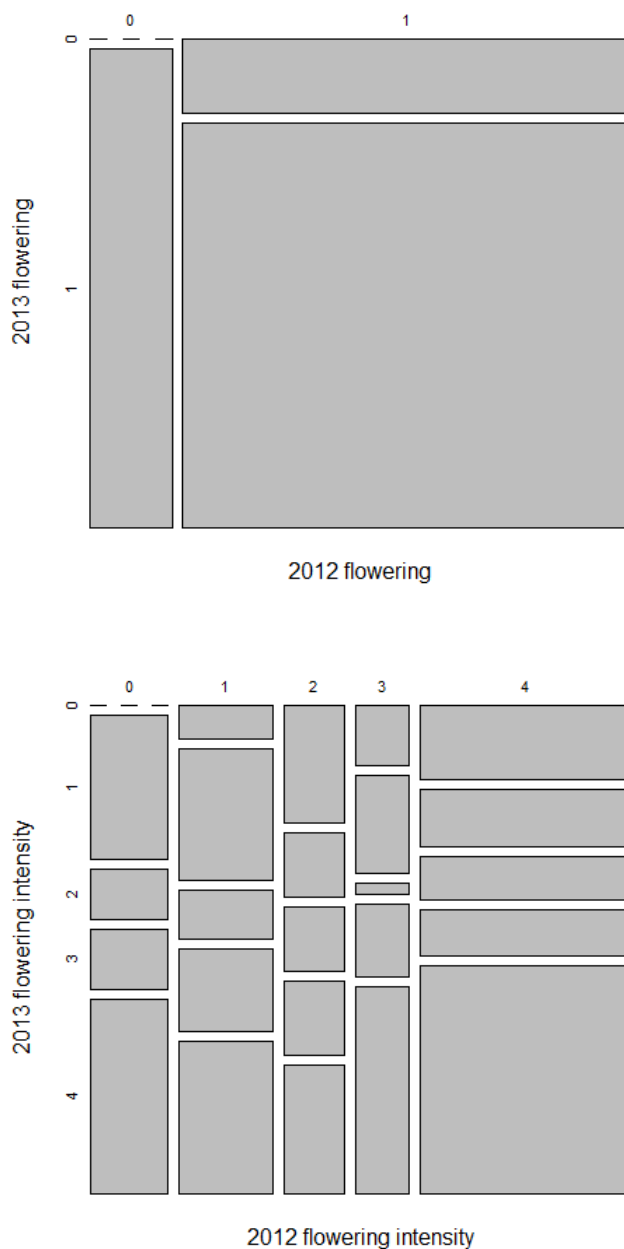


圖9 兩年間植株個體開花規律性。上圖為兩年間開花與未開花的植株個體計數；下圖為兩年間對應之各開花強度的植株個體計數。

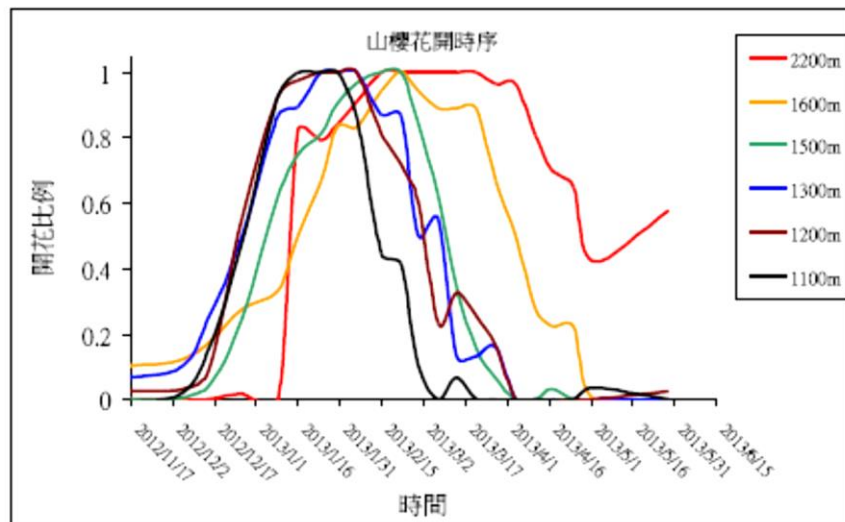


圖 10 太魯閣公路沿線山櫻花開花時序。



### 第三節 影像分析應用於物候監測之可行性

截至本年度五月為止，我們一共收集了四株山櫻花樣樹各 12 張照片。進行評估時，我們選取其中一株樣樹（192 號樣樹）的三張照片，分別代表不同的物候期及受天候影響所得之照片。由於照片並非來自固定相機，因此沒有絕對空間參考點可用，在裁切照片時僅能利用枝條的形狀盡量裁出相同的樹冠位置（圖 11）。山櫻花的發葉與開花期區隔清楚，因此以肉眼即可輕易辨識花期始末。今年我們所選取的樣樹結果的情形均不佳，即使以肉眼觀察照片，都難以辨識出果實，因此我們捨棄結果期的照片，暫不分析。

利用 Image J 軟體，我們將照片進一步裁切成數個 10X10 pixels 大小之影像塊。每一影像圖樣的大小可以容納花朵或其他背景，如山坡或枝條。以任一單色來看，花朵與背景及枝條之間的分布均有差異（圖 12），花朵圖樣之 R 色譜（亮度）分布又與其他兩種圖樣之分布區別性較大。以變異數分析檢定三種圖樣之平均亮度亦獲得同樣結論（ANOVA 分析，表 6）。然而，檢視分布圖仍可發現三種圖樣在 R 色譜亮度上有明顯的重疊。針對山櫻花偏紅的花色，我們以 R 與 G 雙色色譜亮度差來解決單色亮度重疊的問題。利用 R-G 的亮度差，我們可以得到花朵與其他兩種背景圖樣清楚的分界（圖 13）。

同樣的分析方法運用在有霧的情況下，仍可看到三種圖樣的亮度平均值有顯著差異（ANOVA， $p < 0.0001$ ）。R 色譜亮度的分布圖凸顯枝條與其他兩種圖樣的差異（圖 14），但是花朵與背景的重疊範圍仍相當大。我們再利用 R-G 的亮度差進行檢視，發現三個圖片的分離度與曝光良好的照片相似。這個分析顯示，利用單一元色的分析可能受到曝光狀況的影響，但三元色之間的亮度差則可作為

較精準的判斷依據。但是無論使用何種照片，或任一種亮度差，每一張照片的三元色亮度範圍不進相同，需要個別進行標準化處理。影像處理的標準化流程目前仍付之闕如，欲建立此項標準化流程，需要更多物候影像來進行分析及比較，並取得現場的評估資訊以為比對基礎。



圖 11 山櫻花樣樹（192）之開花及落果後照片。右圖為山櫻花盛開時之照片，中圖為濃霧下之花期照片，左圖為落果後之樹冠照片。照片經裁切後分別為 520X1384 pixels（左），522X1380 pixels（中），522X1380 pixels（右）。

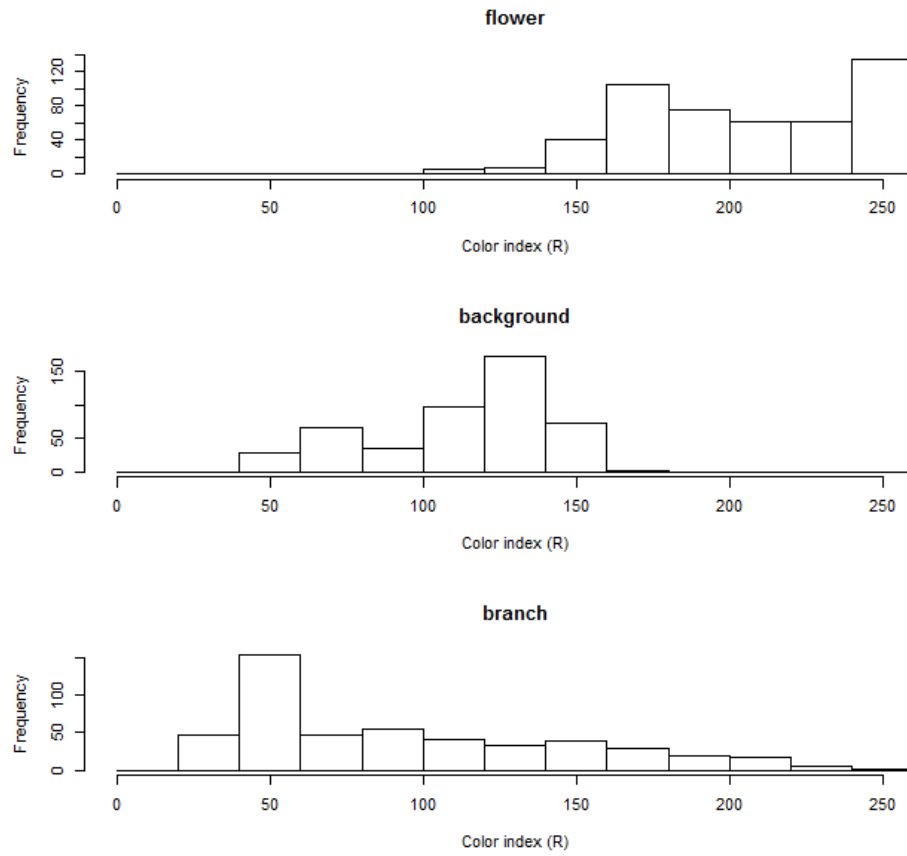


圖 12 三種圖樣之 R 色譜亮度分布\_曝光良好。三種圖樣的亮度有明顯重疊的狀況。這些分布圖來自曝光良好的照片。

表 6 10X10 影像之 RGB 色譜統計值。以變異數分析 (ANOVA) 對三元色分別進行三組亮度之鑑別，檢測結果均顯著。a, b, c 為兩兩檢定之結果 (Tukey's test)。

|       | 樣品數<br>(pixels) | R, mean (sd)              | G, mean (sd)               | B, mean (sd)              |
|-------|-----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 花朵    | 493             | 205.4 (37.6) <sup>a</sup> | 90.6 (44.2) <sup>b</sup>   | 110.4 (41.9) <sup>a</sup> |
| 背景    | 478             | 113.2 (29.8) <sup>b</sup> | 115.76 (29.0) <sup>a</sup> | 62.6 (14.3) <sup>b</sup>  |
| 枝條    | 489             | 93.7 (53.9) <sup>c</sup>  | 79.0 (54.3) <sup>c</sup>   | 56.1 (46.7) <sup>c</sup>  |
| ANOVA |                 | P<0.0001                  | P<0.0001                   | P<0.0001                  |

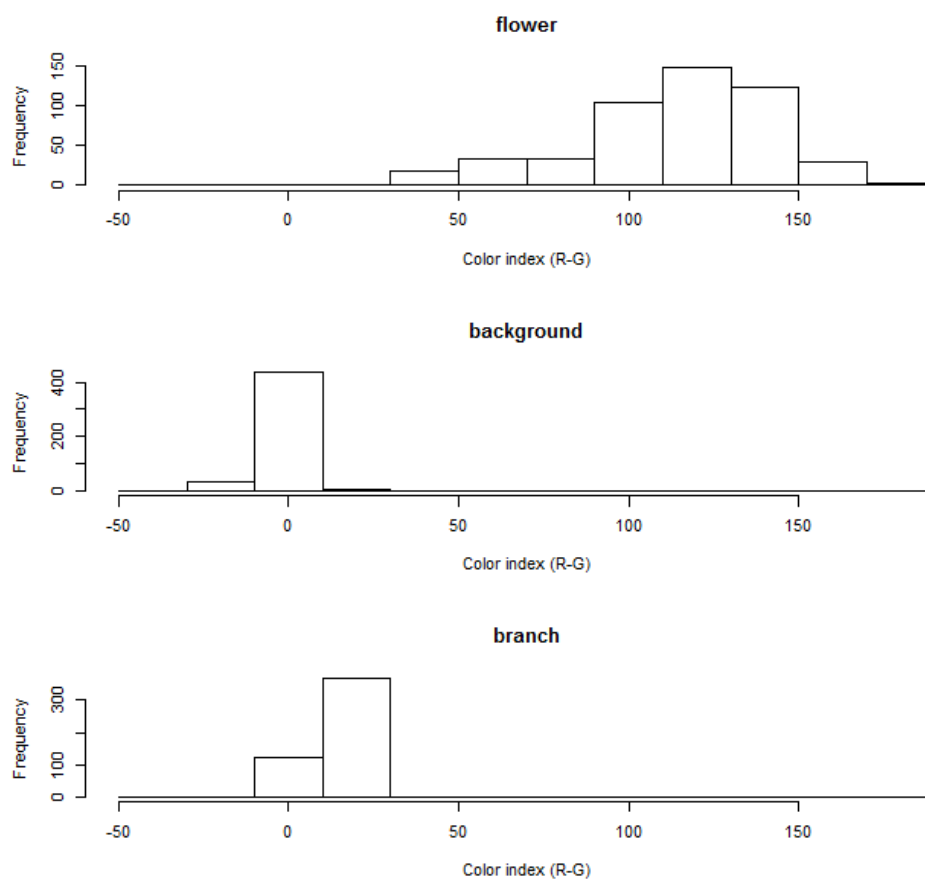


圖 13 三種圖樣之 R-G 色譜亮度分布\_曝光良好。運用曝光良好的照片進行分析，經過處理的色譜可以將花朵與其他背景值分離。

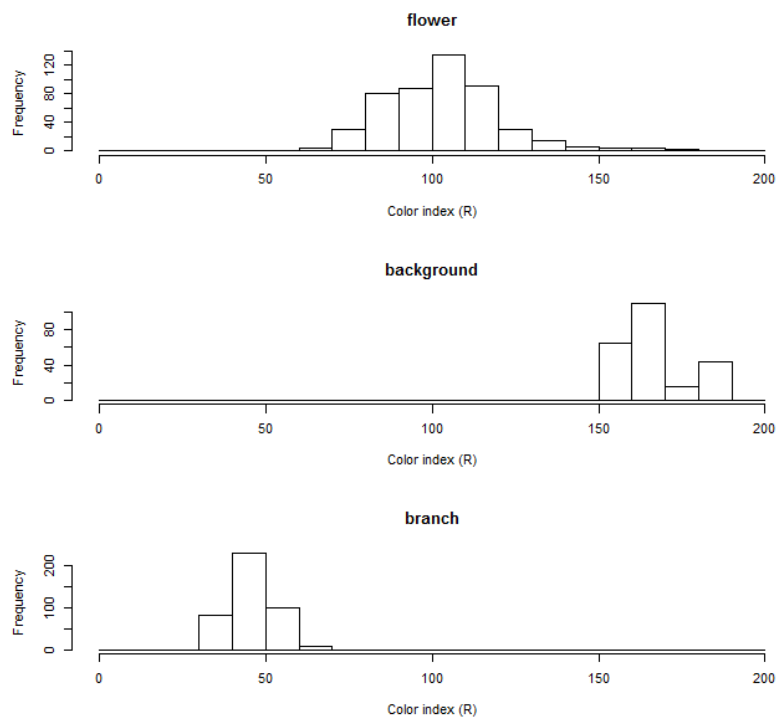


圖 14 三種圖樣之 R 色譜亮度分布\_有霧。三種圖樣的亮度重疊的狀況較前一張照片稍減。

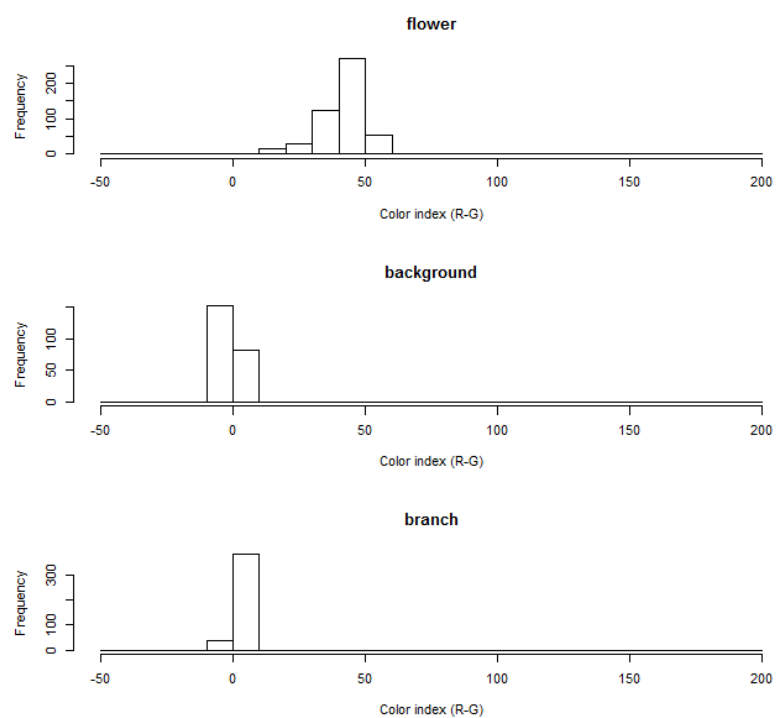


圖 15 三種圖樣之 R-G 色譜亮度分布\_有霧。在有霧狀況下取得的照片經過處理後，花朵與其他背景值分離的情形與前一張曝光良好的照片相仿。

#### 第四節 志工參與物候監測的可行性評估

本計畫在10月及11月開放三次志工參與之野外調查。在三次的調查中，共有五位志工參與低海拔五個站點的調查。利用這三天的機會，我們簡單瞭解了志工的參與度、記錄志工們對物候評估的準確度以及參與工作的持續性。在意願方面，參與的志工們對工作都相當投入，參與意願很高；在評估準確度上，由於我們與志工們同行時仍採開放式討論進行物候評估，因此無法確認獨立評估工作的準確度；在持續性方面，目前有一位志工參與了三個工作天的調查，另有兩位參與兩天的調查。由於我們開放的天次較少，對志工們的輔導仍嫌不足，因此，對於是否可以單純藉由志工來進行長期的物候觀察，仍無定論。

## 第四章 建議事項

### 建議一

物候影像拍攝及分析評估：立即可行建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：農委會林務局

近年來，各地的植物生態研究團隊已逐漸注意到物候變化與氣候變化的關係，也瞭解到植物物候更替對當地生態系的衝擊，許多新的物候監測計畫在全球各個氣候帶紛紛應運而生。儘管長期生態資訊監測為重要工作，其工作份量對任何團隊而言均非等閒，造成實施上的困難。本計畫開始實驗將植物繁殖物候研究標準化、系統化的可能性。我們利用影像分析工具對物候照片進行初步分析，提供了可能的監測工具。目前，影像分析技術在野外物候的應用例子稀少，且大多利用固定式相機取得照片，以避免多種人為誤差。這樣的設置，往往用於小範圍監測工作，與本計畫廣大的監測尺度相異。我們使用移動式攝影的方式取得照片，並進行初步的分析。依照各種色光的亮度組合，似可尋得可用的指標。因此，如能將各細節建立為簡單且系統化的步驟，並探索適用於各種物候相（phenophase）的指標，移動式相機所取得之影像，也能有監測物候的潛力，且有助於提昇工作品質及規模。由於本計畫的觀測時間較短、照片取樣數的時間序列不足，對於RGB色譜分析在物候觀測上的應用，我們的初步結論為可行。然而，本計畫所得資料不足建立標準化的方法，因此建議管理處持續進行樣樹之拍攝工作，並評估各種拍攝方式（如固定式相機及移動式相機、單一樹冠及大尺度植被等）的適行性。

## 建議二

志工參與物候監測：立即可行建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：無

最後，在利用志工人力協助物候監測工作上，由於我們提供志工參與的時間並非花果盛期，且共同參與人數及次數較少，無法全盤瞭解志工人力應用的優缺點。然而志工的熱誠是顯見的，如能善加利用，仍不失為一大助力。在使用大量非專業人力的規劃中，藉由簡單的工具與執执行程序，以及適度的輔導和監督是必須的。對此，我們建議可以在太魯閣國家公園志工團體中，進行輔導並選拔出物候監測的種子志工，作為未來由國家公園例行觀測與巡查的重要助力或主力，以持續累積不易取得的物候資訊，作為未來全球變化下保育計畫之參考。因此，建請貴單位進一步規劃志工參與之初步輔導工作。

## 建議三

長期監測植物物候動態：中長期建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：無

近年來全球氣候變動加劇，對於海洋和陸地都造成了規模不一的衝擊。規模大者，有各種氣候災難，如風災頻度及強度增加、季節過渡期縮短等；規模小者，則有局部溫、濕度模式改變的現象。短暫而快速的氣候事件容易造成顯而易見的災難，因此吸引了大量的注意力。然而，緩慢的氣候變化，卻如溫水烹蛙一般，



往往在長期變動之後，顯現其巨大的衝擊力。因此，欲瞭解潛藏的變化累積成巨大的影響的可能性及速率，觀察、紀錄、並模擬小規模的變動，勢不可缺。

植物繁殖物候學的主要工作在於瞭解植物的開花及結果的循環性，或突發開花事件之特質。這些事件往往受到氣候因子的左右，是了解立霧河流域生態系統對氣候因子變動的反應之重要資訊，也是瞭解動植物交互關係的第一步，對於管理處進行地景保育、環境教育等方面，亦是重要的知識來源。本計畫的觀測資料，大致呈現部分物種物候隨海拔不同而有所變化；我們也發現，短期內總開花強度變動不大，但單一植株的表現在兩年之間仍有明顯變動。其變動原因除了近期內氣候之影響外，亦有其他內生（植物生理之限制）及其他非氣候性之外在因子之影響。因此，植株的開花及結果的表現究竟如何改變，對其所處之生態系的影響為何，仍需由長期的觀測中尋求。本團隊建議國家公園管理處持續對區內植物物候進行長期監測，以建立基礎資料庫，協助科學家探求生態程序的變動模式及成因，以提供政策制訂參考。



## 附錄

### 「太魯閣國家公園長期生態物候監測計畫（二）」案

#### 期中審查會議紀錄

一、時間：102 年 6 月 17 日上午 10 時 45 分正

二、地點：本處會議室

三、主持人：曾處長偉宏

記錄：蔡佩芳

四、出席人員：詳簽名冊（略）

五、主辦課室報告：

本案受託單位已依契約書第二條規定(102 年 6 月 25 日前) 於  
102 年 6 月 10 日(公文號 1020002531)提送期中報告書，並出席  
本處排定今日之期中審查會議。

六、討論：(略)

七、結論：

- (一)有關物候監測調查方法之影像評估分析工具，因具有大眾化操作和簡便性之特性，建議可加強運用此之調查方式。
- (二)有關各與會人員相關意見和建議，請受託單位參酌辦理。
- (三)本期中審查符合本處要求，同意備查，並請依合約辦理後續作業。

八、散會：11 時 30 分正。

「太魯閣國家公園長期生態物候監測計畫（二）」案

期末審查會議紀錄

一、時間：102 年 12 月 05 日上午 09 時正

二、地點：本處會議室

三、主持人：曾處長偉宏

記錄：蔡佩芳

四、出席人員：詳簽名冊（略）

五、主辦課室報告：

本案受託單位已依契約書第二條規定(102 年 11 月 25 日前) 於 102 年 11 月 13 日(公文號 1020005775)提送期末報告書，並出席本處排定今日之期末審查會議。

六、討論：(略)

七、結論：

(一)請補充說明植株時序的一般表現情形，以利對照本研究成果。

另有關影像分析應用於物候監測之可行性，建議提出目前可操作之指標物種，以為後續相關研究之參考。

(二)有關志工協力監測事項，建議未來可朝種子教師培訓方式辦理。

(三)有關各與會人員相關意見和建議，請受託單位參酌辦理。

(四)本期末審查符合本處要求，同意備查，並請依契約辦理後續作業。

八、散會：10 時正。

## 參考書目

吉野正敏 (1986) 小氣候，地人書館，日本。

林文智、彭瑞芬、周富三、陳永修 (2007) 扇平科學園區無線網路系統應用於植物物候的調查與監測，林業研究專訊，Vol. 14，No.5: 23-25。

林務局 (2009) 台灣現生天然植群圖集，台灣生物多樣性保育學會編印。

陸聲山、林朝欽、彭瑞芬 (2010) 扇平無線感測網應用於動物行為研究—以社會性昆蟲為例，林業研究專訊，Vol. 17，No. 3：7-11

夏禹九、王文賢 (1985) 坡地日輻射潛能的計算，台灣省林業試驗所試驗簡報，No.1。

夏禹九、黃正良、王立志 (1989) 太魯閣國家公園氣候調查及移動試測站規劃，內政部營建署太魯閣國家公園管理處。

夏禹九 (2011) 代表性生態系經營管理之峽谷生態系長期生態研究網計畫(二)—局部氣象監測及資料庫建置研究報告。太魯閣國家公園。

黃美秀、賴秀芬、林冠甫、葉慶龍 (2009) 玉山國家公園台灣黑熊重要棲息地—大分地區之植群生態及森林更新，國家公園學報第19卷第1期，第62-82頁。

Adamsen, F.J., Coffelt, T.A., Nelson, J.M., Barnes, E.M., and Rice, R.C. (2000) Method for using images from a color digital camera to estimate flower number. *Crop Science*. 40:704-709.

Barry, R. G. (2008) *Mountain Weather and Climate*. 3rd ed. Cambridge University Press, U.K.

Crimmins, M. and Crimmins, T. (2008a) Monitoring plant phenology using digital repeat photography. *Environmental Management*. 41: 949-958.

Crimmins, T. and Crimmins, M. (2008b) Relationships between alpha diversity of plant species in bloom and climatic variables across an elevation gradient. *International Journal of Biometeorology*. 52: 353-366.

Curran, L. M. and Leighton, M (2000) Vertebrate responses to spatiotemporal variation in seed production of mast-fruited Dipterocarpaceae. *Ecological monographs*. 70: 101-128. 太魯閣國家公園長期生態物候監測計畫(二)期中報告書。

DeFelic, T.P. (1998) *An Introduction to Meteorological Instrumentation and Measurement*. Printice Hall, USA.

De Keyser, E., Lootens, P., Van Bockstaele, E, and De Riek, J. (2013) Image analysis for QTL mapping of flower colour and leaf characteristics in pot azalea (*Rhododendron simsii* hybrids). *Euphytica*. 189: 445-460.

Geiger, R. (1965) *The Climate Near the Ground*. Cambridge, U.K.

Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf and Rube, F. (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*. 15:259-263.

Liu, Y, Reich, P. B., Li, G, and Sun, S. (2011) Shifting phenology and abundance under experimental warming alters trophic relationships and plant reproductive capacity. *Ecology*. 92: 1201-1207.

Numata, S, Yasuda, M, Okuda, T, Kachi, N, and Nur Supardi, MN. (2003) Temporal and spatial patterns of mass flowerings on the Malay Peninsula. *American Journal of Botany*. 90: 1025-1031.

Su, H.J. (1984a) Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(I) Analysis of the variations in climatic factors. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*. 17(3):1-14.

Su, H.J. (1984b) studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan(II) Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*. 17(4):57-73.

Yoshino, M.M. (1975) *Climate in a Small Area: An Introduction to Local Climate*, Univ. of Tokyo Press, Japan.

Yoshioka, Y., Iwata, H., Ohsawa, R., and Ninomiya, S. (2004) Quantitative evaluation of flower colour pattern by image analysis and principal component analysis of *Primula sieboldii* E. Morren. *Euphytica*. 139: 179-186.