

台灣地區杜鵑花之花卉物候(預報)調查之 科學指標建置的實驗設計

Experimental design of Scientific index establishment for Azalea Phenological stages survey (flowering forecast) in Taiwan

林芳聿¹

林博雄²

臺灣大學氣候變遷與永續發展國際學位學程碩士班¹

臺灣大學大氣科學系²

摘 要

杜鵑花為臺北市市花，每年隨著杜鵑花季的到來，便有活動、慶典相繼舉辦，大家都希望活動的當天就是杜鵑花盛開的日子。然而開花預報模式的發展，需要有花芽生長及開花機制的研究及長期、穩定且標準化的物候觀測資料作為參考。相對地北台灣地區從金山陽明山到台北盆地杜鵑花尚缺乏系統性探索。因此本研究選定同品系健康且生長狀況相近之平戶杜鵑 (*Rhododendron mucronatum*) 植栽9株(盆)，將以金山、台灣大學校園和台大山地農場(梅峰)三處不同氣候特色處所，透過相同之維護管理流程及生長階段觀測記錄，來建立台灣本土的杜鵑物候觀測(與開花預報)的經驗模式，進行氣象與園藝跨域合作的範本。

Azalea is the Taipei Capital city flower and National Taiwan University has also won the reputation of "Azalea Campus". Many Festivals or events usually held around Azalea blooming days. It makes people expect to have the flowering forecast like Japan Sakara (Cherry Blossom) forecast. However, the forecast models and skills need more researches on its bud growth and flowering procedure. In this study, we selected nine sets of Azalea plants (same strain of *Rhododendron mucronatum*) grown in healthy and similar growth conditions. We designed an experimental field different from those in the green house, choosing SUBTROPICAL zone of Jinshan, NTU (inside and outside Taipei Basin) and high-latitude land farm Meifong, under the same maintenance and (meteorological/flowering) monitoring procedure, to establish the scientific index. We expect this growth stages surveys could provide the bridge between the horticultural and meteorological gap.

關鍵字：物候觀測 (phenology monitoring)、植物生長階段 (plant growth stages)、平戶杜鵑 (*Rhododendron mucronatum*)

一、前言

植物物候學，指的是植物生命週期性律動事件的發生時間，例如：萌芽、開花、結果，不僅影響著植物個體的適應性，也影響依賴他們生存的各種生物體，亦包括動物及人類。過去物候研究著重在生物的生長、發育、行為隨著季節的周期性變動，經由長時間的記錄以比較各種不同年份的生物時間差異，來了解氣候變化的規律，研究各種生命現象與氣候因子之

相關性。然而近年隨著氣候變遷趨於顯著，更多的研究角度轉為藉由物候，來了解氣候變化對生物的影響及其機制。(謝東佑, 邱祈榮, 2013)

物候觀測在日本稱作「生物季節觀測」，最初進行生物季節觀測的年代尚不明確，最早的紀錄為內務省地理局測量課於明治13年(西元1880年)7月出版的《氣象觀測法》，隨後在昭和28年(西元1953年)1月由氣象廳制定《生物季節觀測指針》，並開始在全

國按照統一的標準開始生物季節觀測的工作，時至今已進行長達68年的觀測與資料累積。由各地方氣象台的職員眼觀耳聽，並且以一日為單位來進行觀測，為防止觀測錯誤，觀察員必須對觀測物種有充分的了解。對於植物的觀測，原則上在氣象官署機構內栽種各種觀測植物，每種訂定一棵正標本木及至少一棵副標本木，以正標本木為主要觀測對象，當正標本木不適合進行觀測時則改以觀測副標本木。若有氣象官署內無法栽種的植物種，即從氣象官署附近的公園中訂定一棵標本木，在此情況下必須要確認好其品種以及生長環境。觀測的項目包含：發芽（標本木上約20%的芽已經發芽）、花初綻（標本木有數朵的花苞綻放為初綻，各植物種訂定花苞綻放數不同，以櫻花為例，標本木有5~6朵的花苞綻放為初綻）、花盛開（標準樹上約80%的花苞已經綻放）。（京都地方氣象台防災業務課, 2013）

台灣早期較有系統的物候觀測研究，可以追溯到民國62年中央氣象局編印之「物候觀測手冊」，其中所描述物候觀測包含：農作物候(播種、開花、成熟、收穫)、植物物候(發芽、開花、紅葉、落葉)、動物物候(初見、往來通過、冬眠、啼鳴)，其中有關植物物候及農作物候觀測的描述，包括了以下幾個階段：發芽日、開花日、盛開日、紅葉日、落葉日、成熟日、播種日、收穫日、果實成熟日。植物開花的狀況通常不是全部同時盛開，在該手冊中定義伊般而言依下列兩個開花階段來觀測：(1)「開花日」(Frist Flowering Date)為達開花始期的第一天，即開花數量達10%時，(2) 盛開日(Full Flowering Date)為80%的花開齊時。「林務局國家森林遊樂區物候監測研究計畫」(民98)中，使用11種物候期(表一)之變化程度，以5%為一級，記錄國家森林遊樂區樹木物候，更輔以人工定點拍攝影像監測。

物候期	說明
A 芽膨大期	有芽苞的芽，以芽苞鱗片開始分離或是側面有淡綠色出現，若無芽苞之芽，則以頂芽開裂或突出顯現既有之鱗毛等。花芽或葉芽膨大期，並以全株1/3以上芽膨大時記錄之。
B 芽開放期	當芽苞中的芽伸出嫩葉的尖或新生成的苞片已伸長，如為裸芽則以明顯看出綠色葉芽時為準。
C 始展葉期	當觀測之樣木芽從芽苞或裸芽中發出有一到二片平展時，複葉則以一到二片小葉平展時。
D 展葉期	葉片展開至葉完全平展，至休眠芽或落葉期止。
E 開花期	由花苞開始膨大或花序抽長至落花期止。
F 落花期	花朵開始掉落至花朵完全掉落為止。
G 著果期	果實已成型，但未成熟。
H 熟果期	如全株樹上有一半以上的果實或種子轉為應具有的成熟顏色時。
I 落果期	果實開始掉落至全部掉落為止。
J 落葉期	係針對落葉樹種而言，在秋冬時葉開始掉落至葉片完全掉落。
K 葉變色期	係針對變葉樹種而言，至秋冬之際，葉片開始變色至葉片完全變色。

表一、11 種物候期及其說明

臺灣的物候觀測記錄，多散落於不同單位各自進行，觀測記錄模式未有統一依循，且尚未有長期且持續的觀測，唯有將零星的觀察逐漸轉變為系統性的觀察與測量，並且建立物候觀測測量標準，以確保物候觀察紀錄能持續不間斷，這樣的物候資料將更具有物候與氣候變化的研究價值。希望透過本研究，參考國際長期物候觀測方法，從平戶杜鵑為起始，研究建立臺灣本土的且能銜接國際標準化的物候監測模式，期望未來臺灣也能有詳盡的物候觀測資料庫，用以監測氣候變遷對於生物的影響。

在植物花卉物候的研究上，如前兩段所述，一般物候觀測記錄的多為開花日與盛花日，然而自花芽形成、休眠、花芽開裂、花芽逐漸膨大生長至開花，仍有許多細微階段的變化，不同階段對於生長環境的需求可能也不同。作物的生長，在物種、植栽大小、氣候等影響下，難以定義其不同的生長量，使用「標準化量表」來描述植物的生長階段，將是不同領域間重要溝通工具。尤其物候觀測是需要長期紀錄的累積，單憑一人或短期研究計畫之資料通常難以持續，雖近年有些物候觀測網絡平台，發展出透過志工例如公民科學家的方式增加許多不同物種，在不同地點或時間的記錄，然而仍存在有記錄的人專業程度背景不同，記錄的時間非規律等問題。因此，將不同植物的生長階段量化並建立各階段圖表，發展出一套有系統、標準化、容易操作的觀測方法將是必要的。Hack等(1992)提出了植物生長發育階段統一的、標準化的原則，「植

物生長階段 BBCH 編碼系統」 (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, and Chemical industry code scale)而該系統也逐漸開始被世界各國其他物候網絡系統採用。

BBCH scale將植物的整體發育階段細分成十個容易辨認區別且期間較長的「主要生長階段(Principal growth stages)」以數字0至9依上升順序來表示第一階層，主要生長階段的描述，詳如表二。於不同種的植物中，當特定的時間點或發生時間較短的階段特徵，需要被進一步明確的指出時，將增列第二階層，同樣以數字0至9來表達，進而形成兩位數字的代碼。例如主要生長階段(stage 6)-開花階段可更詳細地表示，如表三。(Schwartz, 2013)

主要成長階段 Principal growth stages	
編碼	描述
0	Germination/ sprouting / bud development 發芽，芽發育
1	Leaf development (main shoot) 葉片發育
2	Formation of side shoots, tillering 側枝/分枝的形成
3	Stem elongation or rosette growth, shoot development (main shoot) 莖伸長或叢葉基生長，枝條發育
4	Development of harvestable vegetative plant parts/ booting (main shoot) 發育可以採收的營養生長植物部位，孕穗
5	Inflorescence emergence (main shoot)/ heading 花序出現，開始抽穗
6	Flowering (main shoot) 開花
7	Development of fruit 果實發育
8	Ripening or maturity of fruit and seed 果實或種子得成熟
9	Senescence, beginning of dormancy 衰老，開始休眠

表二、BBCH code scale 主要生長階段編碼(0~9)及描述

主要生長階段6：開花(主要枝條)	
編碼	描述
60	First flowers open (sporadically) 第一朵花開花(零星地)
61	Beginning of flowering: 10% of flowers open 開始開花：10%的花朵綻放
62	20% of flowers open 20%的花朵綻放
63	30% of flowers open 30%的花朵綻放
64	40% of flowers open 40%的花朵綻放
65	Full flowering: 50% of flowers open, first petals may be fallen 盛開：50%的花朵綻放，第一片花瓣可能掉落了
67	Flowering finishing: majority of petals fallen or dry 開花期尾聲：多數花瓣掉落或乾燥
69	End of flowering: fruit set visible 開花期結束：可見結實的果實

表三、主要生長階段 6-開花二位數編碼(60~69)及描述

二、研究方法

(一) 實驗地點與材料

1. 試驗樣本植栽：

平戶杜鵑(*Rhododendron mucronatum*)為杜鵑花科，杜鵑花屬之常綠灌木。

相同栽培條件下培育之平戶杜鵑盆栽，挑選9盆花芽生長狀況相似、整體植栽狀況健康之盆栽(圖一)。植栽盆為15吋盆，植栽寬度W = 100~120cm，高度H = 60~65cm。於下列三個試驗地點各擺放三盆。



圖一、試驗樣本平戶杜鵑盆栽(A,C)及花芽(B)

2. 試驗地點：

- (1) 台北市 臺灣大學校園 大氣系館觀測坪
- (2) 新北市 金山萬里區交界 杜鵑花盆栽產地
- (3) 南投縣 臺灣大學梅峰農場 (海拔 2100 公尺)

3. 樣本植栽照顧：各試驗地之植栽皆擺放於無遮蓋露天全日照之條件，每日澆灌充足水分至盆底流出水，確保試驗期間植栽水分不虞匱乏，雨天則視情況調整。觀測期間原則上不進行修剪，於是十月下旬全體施用相同比例之肥料。每日澆水時觀察葉片，如有病蟲害發生則進行物理性或噴藥防治處理。

(二) 資料收集

1. 植栽生長狀況記錄

自 2020 年 9 月 15 日起，每週量測記錄植栽生長狀況及花芽生長狀況：花芽生長階段、花芽大小、花芽數量等。接近重要開花期間，則調整增加記錄頻度，每次記錄輔以定點人工影像記錄：全株植栽、已標記之觀測花芽。

2. 氣象資料收集

於植栽種植位置旁架設簡易氣象資料收集器(HOBO)記錄溫度、相對濕度、土壤含水率、土壤溫度、日照時數、光照強度，每月收集資料。

三、 預期成果

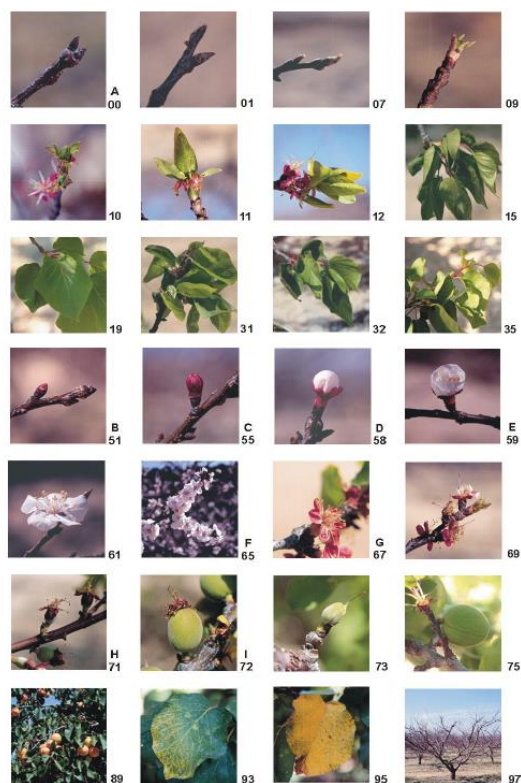
植物的萌芽、開花、結果及落葉等是在綜合性氣候條件下之生物反應。以往之作物植栽試驗放置於可調控溫度、濕度、光照等因子的「人工氣候室」探討環境變化對植物生長之影響，而本試驗是將相同栽培條件下培育之平戶杜鵑盆栽，放置於三個不同地區，輔以該地區氣候資料的收集，探討相同的平戶杜鵑植栽於不同環境下影響花芽之生長發育狀況與物候生長記錄方法建立。

(一) 不同地區開花時間及整齊度之差異

在不同地區因氣候條件之不同，而將影響杜鵑花開花的時間，過去觀察經驗北台灣地區平戶杜鵑在金山地區最早開花，而後才是台北市市區，本試驗亦選擇一高海拔山區地點（梅峰農場），預計分析不同地區開花時間先後差異及其氣候條件的不同，進一步了解影響杜鵑花開花的機制。此外，我們假設梅峰農場日夜溫差較大的情形，可增加杜鵑花開花之整齊度，使所有花芽在較相近的時間開花。

(二) 平戶杜鵑生長階段(growth stages)之建立

國際上許多高經濟價值之果樹已有較多的開花機制與生長階段之研究，例如A. Pérez-Pastor et al.於杏樹之物候研究，以二位數字編碼的BBCH Scale及英文字母的Baggiolini codes對於不同生長階段定義，如下圖二。期望透過本試驗之植物生長觀測方法經驗，建立平戶杜鵑之生長階段標準圖表，提供未來物候觀測方法之參考。



圖二、根據BBCH(數字)和Baggiolini(字母)代碼，Búlida杏樹的物候生長階段 (Pérez-Pastor, 2014)

四、 綜合討論

如欲進行開花預測，除了有長期的物候及氣象記錄資料，也需要深入了解不同植栽之花芽形成與開花機制來建立預測模式。舉例來說，溫度對花芽的發育有兩個層面的影響，一方面，低溫對於打破芽的內生性休眠是必要的；另一方面，較高的溫度能促進隨後的花芽生長（打破外生性休眠）。過去數十年中，許多研究發展出不同的“模式”來預測花芽開裂或開花，這些模式描述花芽在發育階段對於溫度(或光週期)的反應，有些單一考量芽的外生性休眠，有些則雙重考量內生性休眠與外生性休眠。這將會需要氣象與園藝專業之跨領域合作，進一步探討花芽發育於不同氣候條件下之奧秘。

然而，現況台灣要取得長期、穩定、標準化的物候觀測資料卻不容易，故本研究以台灣杜鵑花卉物候調查為基礎，建置花卉物候觀測之科學指標，期望

將來有足夠經驗之累積，提供未來「物候觀測手冊」更新修訂之參考，建構屬於台灣本土使用與國際接軌的物候觀測標準作業流程與「物候觀測資料庫」提供開花預報模式建立之重要依循。

五、 參考文獻

1. 京都地方气象台防災業務課. (2013). 生物季節觀測について. 【特集】統計京都, 3-6.
2. 曾文柄 (民62)。物候觀測手冊。臺北市：中央氣象局。
3. 國立台灣大學森林環境暨資源學系(民98)。林務局國家森林遊樂區物候監測研究計畫。林務局委託之期末報告，未出版。
4. 謝東佑，邱祈榮 (2013)。植物物候在氣候變遷之研究與展望。中華林學季刊，46(3)，391-410。
5. Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E., & Witzemberger, A. (1992). Einheitliche codierung der phänologischen entwicklungsstadien mono-und dikotyler pflanzen—erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes, 44(12), 265-270.
6. Pérez-Pastor, Alejandro & Ruiz-Sánchez, M.C. & Domingo, Rafael & Torrecillas, Arturo. (2004). Growth and phenological stages of Búlida apricot trees in South-East Spain. *Agronomie*. **24**. 93-100. 10.1051/agro:2004004.
7. Schwartz, M.D. (2003). **PHENOLOGY: An Integrative Environmental Science**. The Netherlands: Kluwer Academic.