



利用光週期 調節花卉之開花期

作物
生理

亞洲大學生物科技系 林郁馨

農試所作物組 楊純明

一、前言

花芽分化與開花，受到每天日照時間長短(即日長；day length)的影響，此一現象被稱為光週期(photoperiod)或光週效應(photoperiodism)。學術界對光週期的定義，係指晝夜週期中明期(白晝)與暗期(夜晚)長短的交替變化，而生物的光週期現象是指生物對晝夜明暗循環的反應，其內容包括了明期與暗期的相對長度、明與暗之間的相對強弱。植物的光週期，則泛指植物形態對白晝與黑暗比例的反應，不同類型的形態變化肇因於植物長期適應環境的結果。同一植物品種在同一地區栽植時，儘管植期不一，開花期卻相差無幾。又同一植物品種在不同緯度地區栽植時，其開花期亦會呈現不同反應類型規律性的改變。除了花之外，植物的根、莖形成及葉脫落與芽休眠等形態變化，也被發現會受到光週期的控制。本文將僅針對光週期與開花的關係進行闡述，期望有助於讀者瞭解利用光週期調節花卉生產之可能性與可行性。

正確來說，有關植物的花芽分化及開花機制宜解釋為由黑夜時間的長短所控制的發育行為，即由每天連續暗期時

數而非明期長短來誘導形態的轉變，惟目前仍沿用舊稱以光週期(而非暗週期)表示。人們對於光週期的深入探究始於20世紀，1920年美國園藝學家W.W. Garner and H.A. Allard由煙草的開花研究，證實短日照乃決定煙草開花的關鍵原因。後來的研究也證明許多植物的開花與明暗期的相對長度有關，這些植物必須達到一定時間的光週期後才能開花，否則就會一直處於營養生長狀態。自此人們認識到『光』不但提供植物光合作用所需能量，還作為植物發育過程轉換的『環境訊號』，誘導花芽的分化及開花從而使植物由營養生長進入生殖生長。在產業實用上，即可利用花卉植物的感光性及對於光週期的反應，來調節開花期(達到開花所需天數)甚至開花品質(如花開天數、花朵數、花朵大小等)，提高栽植花卉的經濟價值和競爭力。

二、植物的光週期類型

多年來的研究陸續發現，植物的光週期係經由長期適應於周遭氣象環境所形成。在低緯度地區幾乎沒有長日照環境，只能形成短日型植物，相對的在高緯度地區僅有夏季的長日照時期最適合植物生育，因此形成長日型植物。介於其間的地區日照常短隨著季節變化，夏季日照較長、冬季日照較短、春分與秋

通訊作者：楊純明研究員
連絡電話：04-23317117

分約12小時日照，所以衍生出不同光週性的植物。依照植物的開花特性可歸納出以下光週期類型：

(1)長日型植物(long-day plant)

指在24小時晝夜循環中日照長度在一定日照時數以上才能開花的植物，當光照延長就可以促進或提早開花，暗期延長則延遲開花或不能成花，此類植物如園藝作物的康乃馨、杜鵑、桂花、洋桔梗、金盞花、飛燕草、山茶花、天仙子、金光菊、金魚草、矮牽牛、香石竹、球根秋海棠、白菜、菠菜、油菜、甘藍、芹菜、芥菜、萵苣、蘿蔔、胡蘿蔔、甜菜等及農藝作物的苜蓿、小麥（圖一）、大麥、燕麥、黑麥等。其中，有部分植物必須在明確的臨界日長(critical daylength)以上才能開花，特別稱為絕對長日植物(long-day obligate plant)。

(2)短日型植物(short-day plant)

指在24小時晝夜循環中日照長度在一定日照時數以下才能開花的植物，當縮短光照或延長暗期將可以促進或提早開花，延長明期則延遲開花或不能成花，此類植物如園藝作物的秋菊、秋海棠、臘梅、日本牽牛花、聖誕紅、長壽花、彩葉草、蟹爪仙人掌、百日草、雞冠花、大麗花、大波斯菊、萬壽菊、夏菊、浮萍、紫蘇、草莓、等及農藝作物的水稻、玉米、大豆、高粱、煙草、甘蔗、蒼耳、咖啡、大麻、黃麻等。其中，有部分植物必須在明確的絕對日長以下才能開花者，則稱為絕對短日植物(short-day obligate plant)。

(3)日中性型植物(day-neutral plant)

這類植物的開花對日照長度不敏感，只要其他條件滿足(如低溫春化作

用)在任何日照長度下皆可或多或少的開花，如園藝作物的向日葵、蒲公英、玫瑰、非洲堇、紫茉莉、三色堇、菜豆、黃瓜、茄子、番茄、辣椒等及農藝作物的棉花等皆屬之。

(4)長短日植物(long short-day plant)

指需要先長日照再短日照雙重條件都滿足下才能開花的植物，如蘆薈、翠菊等。

(5)短長日植物(short long-day plant)

指需要先短日照再長日照雙重條件都滿足下才能開花的植物，如鴨茅、風鈴草、白三葉草、菖蒲等。

(6)中日照型(或定日照型)植物(intermediate daylength plant)

此一植物類型只有在一定中等日照長度下才能開花，較長或較短日照下均維持營養狀態，如印度甘蔗、米甘草等。

(7)兩極光週期植物(amphophotoperiodism plant)

相對於中日照型植物，這類植物必須在較長或較短日照長度下才能開花，如狗尾草等。

另外，有部分植物的開花對於日照長度的反應並不敏感，不嚴格要求特定的日長，即使在不適宜的光週期條件下仍可經過相當時間後開花，此類植物稱為相對長日植物或相對短日植物。由此可知，長日植物的臨界日長未必長於短日植物，短日植物的臨界日長則未必短於長日植物，重點在於大於或小於臨界日長。

三、影響花卉開花的機制

植物的生長與發育受到周遭環境因子的多重影響，諸如光週期、光輻射強度(光量)、光輻射波長(光質)、溫度、

水分、空氣及土壤營養元素等。針對植物開花的影響因子，以光及溫度最為人熟知。1940年代蘇俄的農藝學家T.D. Lysenko發現溫度可影響植物開花的機制，將低溫處理影響植物開花的效應稱為春化作用(vernalization)；例如將秋天播種之秋小麥品種經過低溫處理後，該品種亦可於春天播種。



圖一、小麥為長日型植物，需達一定日照時數才能開花。

許多園藝作物皆屬於春化作用型植物，如鐵砲百合、球根鳶尾、小蒼蘭等需要低溫促成花芽分化，鬱金香、風信子、水仙等需要低溫才能抽梢開花。關於光週期影響植物開花的機制，主要為影響植物體內生長素的形成與含量，同時改變其生理代謝活性。早先曾認為高等植物存在開花激素(florigen)，惟一直無法純化出該物質，後來發現植物體內(尤其綠色部位的葉片)含有一種微量的藍綠色色素(蛋白質)，係接受光週期訊息的主要作用色素，並被稱為光敏素(phytochrome)。

光敏素具有兩種型式(Pr及Pfr)，分別對紅光(Pr)及紅外光(Pfr)敏感，其中Pr在光照下接受紅光波段(波長650-760 nm)照射後轉為Pfr，而Pfr在暗期或接受紅外光(波長> 760 nm)照射後又轉回成Pr。短日植物需要Pr存在才能開花，因此如果Pfr無法完全轉成Pr則不開花。長日植物則相反，需要Pfr存在才會開花，若Pr無法轉成Pfr則不開花。於是，對於光照強度極為敏感的植物，吾人可利用夜間

光照改變光敏素的狀態(使其為Pfr)，達到延遲開花的效果，例如短日植物的菊花。由Pfr/Pr比值的改變，達到對於短日植物延緩開花的逆向作用或促進開花的正向反應；反之，則由提高Pfr/Pr比值形成長日照植物的開花刺激物質。

雖然截至目前為止，吾人尚不清楚光敏素在開花過程中如何產生其生理效應，因為光敏素本身並非刺激開花的物質，而係啟動開花刺激物質的生成。又已發現光敏素同時調節植物其他反應，如種子發芽、苗株伸長、葉片數與葉片大小、葉綠素合成、莖與根的生成等生長現象，顯見光敏素可能為觸發這些不同行為的共同前驅物。無論如何，在花卉產業的實務應用上，即可透過光照及光期的調整改變Pfr/Pr比值，達到調節開花期乃至於花開品質的可能性與可行性。舉例來說，對於短日型植物菊花而言，需要連續長夜刺激花芽分化，如於夜間以電燈照明形成短夜，將使菊花植株停留於營養生長而不開花。

四、利用人為光照調節光週期改變花卉的開花期

經由上述說明，可推知藉由人為光照調節光週期可以達到改變開花期的效果，較適合於高經濟價值之花卉作物。本文介紹以下六種方法：

(1)光照延長

對於長日型植物的補光，可採用人工光源(如發光二極體LED燈泡、省電燈泡、螢光燈、白熾鎢絲燈)延長每日連續光照的時間，使達到臨界日長以上，將可促成長日型植物在短日照季節開花。

(2)光照縮短

對於短日型植物的減光，可以黑色不透光材料在白天的兩端點進行遮光處理，縮短明期而延長暗期，如此以促使短日型植物在長日照季節開花。對於需要陰涼環境的植物，在炎熱夏季中要注意通風和降溫。

(3)暗期光中斷

如前述，若欲延遲短日型植物在短日照季節中開花，可於暗期中間進行人為光照(2~4小時)。由於暗期光中斷將長夜分開成兩個短夜，破壞了長夜(長暗期)的作用而延遲植物開花。若需要該短日型植物開花，可立即停止暗期光中斷處理，處於短日照季節的短日型植物就會自然地分化花芽而開花。惟切記暗期光中斷時間不宜過長，否則將造成該短日型植物無法開花。

(4)顛倒明期與暗期

屬於夜間開花的植物(如曇花)，當花蕾長約3公分長時，若於白天遮住陽光而於夜間行人工光源照射，將會改變其夜間開花的習性反倒於白天開花。

(5)調節光輻射強度

許多花卉植物在開花之前需要較多的光照，但是為了延遲開花期及保持較好花質，藉由部分遮陰處理減弱光輻射強度，可於開花期時延長開花時間。

(6)控制水分與養分

部分植物(如梅花)達接近開花期時段進行水分控制，具有促進花芽分化的功用，使其形成較多的花芽而提高觀賞價值，進而提升經濟產值。對於經常產生花蕾之長開花期的花卉植物，在開花末期酌予施用氮素肥料，將可以延緩植株老化而加長花期。反之，在開花之前如果施用了過多的氮肥，將可能造成植株徒長或延長營養生長，導致開花延遲(後)甚至不開花。此時，可酌施磷肥、鉀肥來促進開花。

五、結語

本文簡要敘述植物的光週期現象，亦延伸介紹如何利用光週期來調節花卉植物的開花期。近年來全球的溫暖化趨勢愈加明顯，表面上雖然未直接影響日照，然由於天氣型態及氣候系統的改變，仍將會造成光質、光量及光週期的起伏變動，這些變化對於農業生產環境及至於植物光週性的長遠效應，則有待深入研究探討。當氣溫上升帶來雲霧的增加，必然影響光輻射量及光照時數，而且降雨頻率、分佈與降水量的改變也會造成光輻射質量與光週期的差異。可以預期全球暖化及氣候的快速變遷，終將會影響植(作)物的光週性，而開花期的變化或不穩定可能進一步對農作物帶來生產的不確定性，無論係減產的糧食危機或增產的價格下跌都不是吾人所樂見。為確保糧食安全及穩定農產，相關各界宜早日因應。