

節能型光源發光二極體 LED 在農業生產上之應用 ~調節菊花開花期

作物生理

農試所作物組 何佳勳 楊純明 蕭巧玲

一、前言

菊花，學名為 *Dendranthema × grandiflorum* (Ramat.) Kitamura，係台灣現行經濟栽培的花卉作物之一，惟國內栽培規模近年來已逐漸縮小。據農委會「農業統計年報」資料顯示，全台2011年的菊花栽培面積約為825公頃，產量則達20,512千打，其中以彰化為主（約731公頃）。事實上不同種類的菊花各有合適的栽植環境，也因此台灣全境幾可栽培，如能改變國人目前的刻板印象、維持其優良花開品質並開發新用途（如飲料、烹調、著色、裝飾、景觀等），菊花應是相當適合我國發展的花卉產品。

現今的菊花栽培種有許多是選拔自中國和日本的野生種雜交後代。菊花栽培種依花芽分化至開花所需天數的不同（稱為開花天數或開花期），可概分為早花栽培種 (early flowering varieties) 及晚花栽培種 (late flowering varieties) 兩大類，前者開花所需週數為6-8週，一般作

為景觀花卉者多屬於此類，後者開花所需週數為8週以上，通常多為切花之用。以盆花為用途之菊花種類，漸以溫室或設施栽培為主，開花所需週數介於6.5-11週；而露地栽培為切花者，開花期則介於8-15週。

菊花多被歸屬於短日照植物，必須有足夠的暗期（夜間時期）才能誘引生育進展，從營養生長期邁入生殖生長期，進而形成花芽/花蕾。當暗期受到人工光源污染時，如街燈、霓虹燈、室內燈等，將因破壞其光週期導致無法正常進入生殖生長，而延遲（後）開花。由於夜間照光可造成開花期的拖延現象，農產業乃利用此一特性來進行菊花的人為產期調節，獲取額外的經濟效益。

二、菊花外銷概況

切花為菊花栽培之重要用途之一，可供內、外銷售，惟以外銷可獲得較高收益。台灣切花外銷市場以日本為主，因為日本係全球菊花需求量最大的國家。早年外銷出口多為大花菊，露地栽培為其主要栽培模式，然而露地栽培之病蟲害不易控制。當輸日檢疫不合格時，就必須採行燻蒸處理，如此不僅增加成本且難以提供高品質的切花。其

作者：何佳勳助理研究員
連絡電話：04-23317119

次，又因品質無法有效提昇、品種老舊及無法提供長期穩定市場供應量，致使外銷數量停滯不前。約在1999年起雲林縣虎尾地區成立了設施花卉產銷班，發展冬季多花菊之設施栽培，以「夏菜冬菊」為主要生產模式。由於使用不摘心的高密度栽培方式，又應用滴灌供應植株肥料，使得品質較為一致、瓶插壽命較長，因此近年來多花菊的出口比例逐年攀升。

通常菊花的切花外銷市場分級以花莖長短為標準，且概以長度80 cm為基準，並依重量分成35~45 g、45~55 g、55~65 g、及65~75 g以上等四級，而35 g以下則為格外品。集散菊花經分級後，每束10枝以袖套包裝，包裝後再置回桶中吸水並添加保鮮劑處理3~4小時。加入多種組成分保鮮劑之目的，除了殺菌功效之外，尚可增加花莖養分，提高保鮮及花開天數。

利用溫網室設施在冬季生產的多花菊，具有較佳品質而主攻外銷，然亦以多花的日常盆菊為栽培目的，提供如景觀及裝飾之用途。

三、菊花夜間光照調節開花產期

隨著對於植物生理的日益瞭解及科技的進步，如今花農已可運用不同的栽培技術來調節植物的光週期，並控制其營養生長與生殖生長之間的轉換，達到作物周年生產目的。例如，對於短日照植物(short-day plants)（如菊花、鳳仙花），可使用低透光黑布遮蔽達到減少日長而促進開花，反之，或以人工光源進行夜間光（電）照縮短暗期而延緩開花。對於長日照植物(long-day plants)（如唐菖蒲、百合）而言，以人工光源進行暗期光中斷處理，可因減縮夜間的暗期時間而提前開花。

菊花的開花特性亦受到光週期控制，通常置於超過12小時的黑暗環境下將可誘導花蕾形成，若於黑暗下給予持續性或間歇性的光照處理則會使頂芽維持營養生長，進而抑制花芽分化及開花現象。菊花為台灣第一大宗花卉作物，可以預見夜間光照之電費支出龐大，以每公頃每季約需4萬2千元計算，成本支出甚高，據估計佔非勞力成本的18%。

為期節省電照成本，行政院農業委員會台中區農業改良場曾將研發之具體可行成果編印「菊花電照省電技術」專刊，文中共介紹包括間歇電照、省電燈泡、電燈架設法改進及利用農業動力用電之電價優惠等4個省電方法。農業試驗所更進一步開發使用省電燈泡及發光二極體LED作為人工光源的電照方法，尤其使用節能型LED光源的省電效果最為突出（如圖一）。

四、發光二極體LED在農業生產上之應用—以調節菊花開花期為例

半導體材料所製成的元件「發光二極體(light-emitting diode; LED)」，為國內光電產業中最具競爭潛力的產品之一，具有體積小、使用壽命長、低耗電量及低散熱量等特性，其光源特性可為單一波段或混合波段，且其波幅寬窄可行調整。LED光源依照光輻射波段區分，概可分為可見光LED（如450~680 nm波段）及非可見光LED（如850~1550 nm波段）兩大類，使用者可直接選購規格化產品，或自行依需求客製化特定波段光源燈具。如果不計成本，或因位特殊使用需求，甚至可以訂製以上兩類以外波段的光源燈具。例如，選擇介於400~700 nm範圍的光波段以提供植物光

合作用所需的人工光源，挑選大於700 nm波長範圍的近紅外光波段以供保溫功能，或選用干擾植物形態的特殊波段以探討光質與形態發生關係等，據此顯示出LED光源在作物栽培的多元用途。

目前LED光源的特定光波段已經被廣泛利用於許多植物光生理學及農作物栽培上，如葉綠素合成、光型態發生、光合作用及作物栽培等。其中，以光合作用是植物生長發育過程中最重要的環境因子，而透過人工光源的調整與設計，可調節農作生長週期並使栽培過程不受自然災害影響，是未來精緻化綠色農業的發展方向。現階段已知LED光源可應用在果樹及瓜苗的栽培，如利用夜間光（電）照技術應用於紅龍果冬期果實的產期調節，可提高非紅龍果產季之果實重量及糖度，總產量可增產50%以上；此外盛產期可由正常果的6~10月，延長至翌年的1月，有效延長採收期2~3個月。LED應用在延長西瓜及胡瓜苗株明期光照部分，可促進田間苗株的

初期生長，以延長下胚軸之效果最為明顯。由此可見，LED在農業生產上之應用，將是未來農業發展之一新趨勢。

以節能型發光二極體LED光源取代較耗能之白熾鎢絲燈泡，甚或省電燈泡，首先必須開發調節菊花開花期之光（電）照技術（如圖二）。倘若能夠進一步篩檢出提升花朵品質之光波段、光輻射強度、光照時程及電照時間長短等光環境條件，乃至於不同栽培種之光敏感性與光週期需求，將可大幅提高LED光源之處理效果，裨益於菊花產業之發展。除了切花用途之外，盆栽的多花栽培種亦可以有效改進其植株栽培及開花特性。然而，無論露地或設施，當然尚需要包括諸如肥料、土壤/介質、灌溉/澆水、行株距及溫濕度等的配合，以獲得整合型的系統化栽培管理技術。此外，值得一提的是不同光波段之間的差異，也就是光的質與量產生的差別效應，會對菊花植株的生長與生殖形成各種有趣的現象及實務上的應用（參見圖一之不同波段LED電照情形）。



圖一、不同光波段 LED光源應用於夏菊切花栽培種‘黃精競’之夜間光照(暗期光中斷)處理情形。



圖二、LED光源之夜間光照處理造成不等開花期而達到產期調節目的。

五、結語

現行國內菊花栽培多以100 W或60 W白熾鎢絲燈或23 W或25 W（或其他功率）省電燈泡進行夜間光（電）照，據以調節菊花開花期與生產期，電照費用係主要支出成本。若以一季菊花產季所使用的電照天數來比較，LED光源（10W）與省電燈泡（23W）的電照費用，前者即可節省約57%的用電支出成本，加上栽培種選擇及行株距調整，效益可能更大。特定波段光輻射在調節開花期、促進植株生長及改進開花品質等上各有其不同成效，且又依照菊花栽培種的不同而存在差別效應，因

此利用LED光源取代現行光源（如白熾鎢絲燈、省電燈泡）來提供菊花的夜間照明，不僅節省電費支出，又可以獲得多元的處理效果。目前以LED光源利用於農業生產的研究正方興未艾，參試的作物及應用種類非常多樣，特別是關於光電設施及植物工廠更受到各方重視。追根究源，乃在於LED光源的節能減碳效能及最終的能源使用效率，果若再佐以再生能源（如太陽能、風能、水能、地熱等）提供電力來源，成效將更加顯著、產業經濟收益將更倍增。

六、參考文獻

- 何佳勳、楊純明、蕭巧玲 (2012) 特定波段光輻射對菊花開花期及切花品質之影響。作物、環境與生物資訊9:123-136.
- 邱禮弘、陳榮五 (2004) 中部地區紅龍果冬期果產期調節之研究。台中區農業專訊 44: 23-27.
- 許謙信 (2002) 菊花電照省電技術。特刊第56號，行政院農業委員會台中區農業改良場編印，彰化縣。29pp.
- 楊純明、李裕娟、蕭巧玲、王毓華、林子凱 (2011) 特定光輻射延長明期光照對西瓜及胡瓜苗株生長之影響。作物、環境與生物資訊8: 201-208.
- Brown CS, AC Schuerger, JC Sager (1995) Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:808-813.
- Bula RJ, TW Morrow, T W Tibbitts, DT Barta, RW Ignatius, TS Martin (1991) Light-emitting diodes as a radiation source for plants. HortScience 26:203-205.
- Cathey HM, HA Borthwick (1964) Significance of dark reversion of phytochrome in flowering of *Chrysanthemum morifolium*. Bot. Gaz. 125:232-236.
- Cathey HM, HA Borthwick (1970) Photoreactions controlling flowering of *Chrysanthemum morifolium* (Ramat. and Hemfl.) illuminated with fluorescent lamps. Plant Physiol. 45:235-239.
- Cockshull KE, AM Kofranek (1992) Responses of garden chrysanthemums to daylength. HortScience 27:113-115.
- Kim S-J, E-J Hahn, J-W Heo, K-Y Paek (2004) Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. Sci. Hort. 101:143-151.
- Lane HC, HM Cathey, LT Evans (1965) The dependence of flowering in several long-day plants on the spectral composition of light extending the photoperiod. Amer. J. Bot. 52:1006-1014.
- Post K (1934) Production of early blooms of chrysanthemums by the use of black cloth to reduce the length of day. Cornell Agric. Exp. Sta. Bull. 594pp.
- Runkle ES, RD Heins, AC Cameron, WH Carlson (1998) Flowering of herbaceous perennials under various night interruption and cyclic lighting treatments. HortScience 33:672-677.
- Van Zanten NA (1999) Garden Mum Catalog. Van Zanten NA, ed. Oxnard, California.
- Yang C-M, Lee Y-J (2009) Applicability of light-emitting diodes on agricultural production processes from viewpoint of photoperiod in plants. (in Chinese with English abstract) Crop Environ. Bioinform. 6:192-200.
- Yoder Brothers, Inc. (2000) Pot mums, Cut Mums, and Garden Mum Catalogs. Yoder Brothers, Inc., Barberton, Ohio.