

發光二極體LED之農作物栽培利用

調節菊花開花期

農試所作物組 何佳勳 楊純明 蕭巧玲

一、前言

菊花[*Chrysanthemum (Dendranthema × grandiflorum)*] 為菊科多年生草本植物，原產於中國、日本及歐洲等地，具有觀賞、景觀及中草藥等廣泛用途，而無論在中國大陸、台灣及日本習俗，菊花皆蘊涵特殊意義。菊花除了可作為切花之外，尚可做為盆花或花壇植物，其在製茶及藥用上的價值更是廣為人知；例如《本草綱目》中即說菊花有清熱解毒、平肝明目的功能，《神農本草經》也記載，久服菊花可利血氣、輕身、耐老延壽。菊花一般被歸屬於短日照植物(short-day plants；或稱長夜植物)，由於氣候適宜，菊花在臺灣週年均可栽培生產，而品種間因為開花期差異，可區分為夏菊、夏秋菊、秋菊及冬菊等多種類別。

1920年代Garner and Allard二人發現植物具有感應光週期(photoperiodism)變化之機制，可以調節植物開花與否。自此光週期遂被利用於包括菊花在內的

感光性植物栽培，不僅使得菊花生產盛行，也連帶推動品種選育與栽培工作。時至今日，各國已選拔出豐富多樣的菊花栽培品種，以供應不同的季節及商業需求。在台灣菊花亦為經濟栽培的花卉作物之一，其切花之瓶插壽命長，花色及花型多變化，容易進行產期調節達到全年栽培生產。依據行政院農業委員會2014年出版的「農業統計年報」資料顯示，全台菊花切花栽培面積有逐年減少現象，但每公頃產量則有提高趨勢。在2010年栽培面積約為827公頃，每公頃產量達22,982千打，而2013年則為745公頃，每公頃產量達23,748千打，以彰化地區之田尾及永靖一帶為主要栽培區域。

近年來菊花的批發市場價格有逐年增加趨勢，2010年每把平均價格為43.3元，交易量為9,300千把，而2013年每把平均價格則提高至56.7元，交易量為10,238千把。此外，菊花產業發展已由傳統露地栽培模式導向簡易設施生產，以縮短生產時間、確保切花品質及提高生產效率。因此，在市場持續需求下將原先偏重秋冬裡作拓展成為設施週年栽培，朝向全年穩定供貨發展。

作者：何佳勳助理研究員
連絡電話：04-23317119

台灣的自然日長時數不超過14小時，菊花定植後在自然條件下容易開花，為得到外銷市場分級標準的切花品質，則必須利用人工電（光）照方法進行暗期光中斷，以抑制花芽分化。一般而言，菊花的切花外銷市場分級以花莖長短為標準，一般以定長85 cm為基準，在重量上常分成45~55 g、55~65 g、65~75 g及75 g以上等4級，而35 g以下則為格外品。其外銷規格多為每10支為1把，以袖套進行包裝，包裝後再置回桶中吸水並添加保鮮劑處理3~4小時。加入多種組成分之保鮮劑目的，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。藉由夜間光照技術調節花莖長度，將可以提高切花售價，因而以較為節能的LED光源進行光照，可以降低光照處理之電力成本。

二、發光二極體LED應用於農作物生產

發光二極體(light-emitting diode; LED)和傳統燈泡相較下，具有體積小、重量輕、使用壽命長、節能環保等眾所周知的特點，屬低發熱量（能）之冷光源，亦能客製化搭配組合光譜及發光強度等優點。LED燈泡可應用於露地栽培及環境控制之植物設施栽培產業，近年來各式外（造）型的LED燈具更是大大提升其在不同場域的多元應用。惟目前LED的價格仍然偏高，在成本控制衡量下，距離普及化應用尚有一段距離，然而假以時日必將成為人工光源主流。

植物生長發育同時受到光照的質與量影響，量如光通量(luminous flux)或日累積光量(daily quantum integral)，質則指光的組成光譜或波段。諸多研究顯示，光質與光量對植物生長發育及生育進展具有調控作用，在短日照植物青萍(*Lemna paucicostata*)的夜間光中斷試驗中，發現了使用450、550、650及750 nm四種不同波段的光源下，分別需要不同的光量子通量密度才能達到50%抑制見蕾之效果。在中性日照植物仙客來及虎刺梅照射單一波段之紅光或藍光試驗上，發現會降低其開花比率，照射紅藍複合光源則會促進開花，並增加花苞數的形成。另研究發現藍光會抑制天竺葵(*Pelargonium*)莖桿的延長，而紅光則促進莖的延長，又大豆的細胞分裂會受到藍光抑制而縮短節間長度、減少細胞擴展而縮小葉片面積。

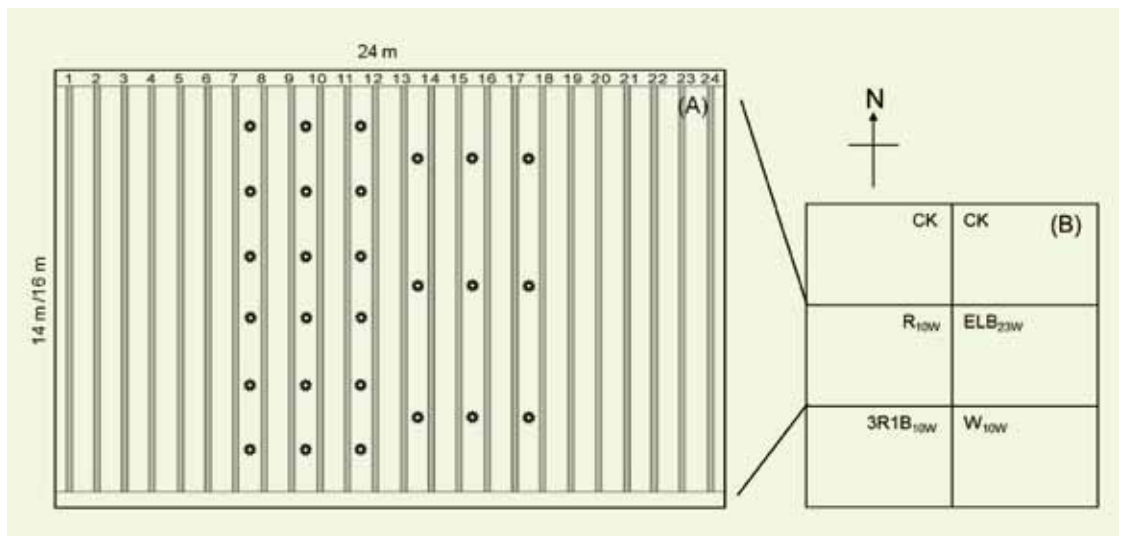
除了上述案例，其實LED光源現階段已被應用在許多果樹（如印度棗、葡萄、紅龍果等）、花卉（如菊花、蝴蝶蘭、唐菖蒲等）及蔬菜（如萵苣、青梗白菜、小白菜等）等的生產及產期調節。例如利用夜間光（電）照技術於紅龍果冬期果實的產期調節，可由正常果的6~10月，延長至翌年的1月，有效延長採收期2~3個月。菊花的開花特性受到光週期控制，通常置於超過12小時的黑暗環境下將可誘導花蕾形成，若於黑暗下給予持續性或間歇性的光照處理則會使頂芽維持營養生長，進而抑制花芽分化及開花現象，藉此達到產期調節及週年生產等目的。

三、不同光照強度之發光二極體LED調節菊花開花期之差別效應

作者曾經針對菊花進行系列研究，在田間露地栽培上，透過不同光波段及光照強度之LED燈泡及省電燈泡等光源探討菊花開花期之效應。研究發現，以不等光照強度照射至夏菊切花栽培種‘黃精競’之植株族群，可以清楚呈現夜間光照處理之差別效應。如圖一之田區光源配置圖，各試驗田區皆於不同栽培行配置不同光源（紅光LED、紅藍光LED、白光LED、省電燈泡、不照明），每排安裝6顆或3顆燈泡，燈泡間距設為2.4 m或4.8 m，燈泡距離地表則為1.6 m，如此產生一個多樣波段及多種光照強度之二維配置。利用光譜分析儀進行量測後，可繪製出田區夜間環境下之光照強度二維分佈情形（圖二），並由分佈圖顯

示出光照分佈的均勻度（6顆燈泡的光照分佈均勻度優於3顆燈泡者），原則上光強度隨著光源距離的增加而逐漸遞減。這些不等光強度、光波段的差異處理，將對夏菊切花栽培種‘黃精競’植株的生長與生育進展造成差別效應，最終並反應於開花期長短。大致上，隨著不同特定波段光輻射強度的增加，植株之花莖高度、葉位數及地上部鮮重等均呈現出顯著的二次曲線變化趨勢，而且光照強度的增加亦可延長‘黃精競’的生育進展。如此，夜間光照強度的差異處理，將會產生不等開花期的效果（圖三）。

吾人由此研究結果，至少可獲得以下實務方面的應用：(1)利用夜間光照處理調節菊花植株的生育及開花期；(2)藉由不同波段的光源及光照強度處理獲得差異性的調節效果；(3)經過夜間光照處理同時調節菊花開花期及提高切花品

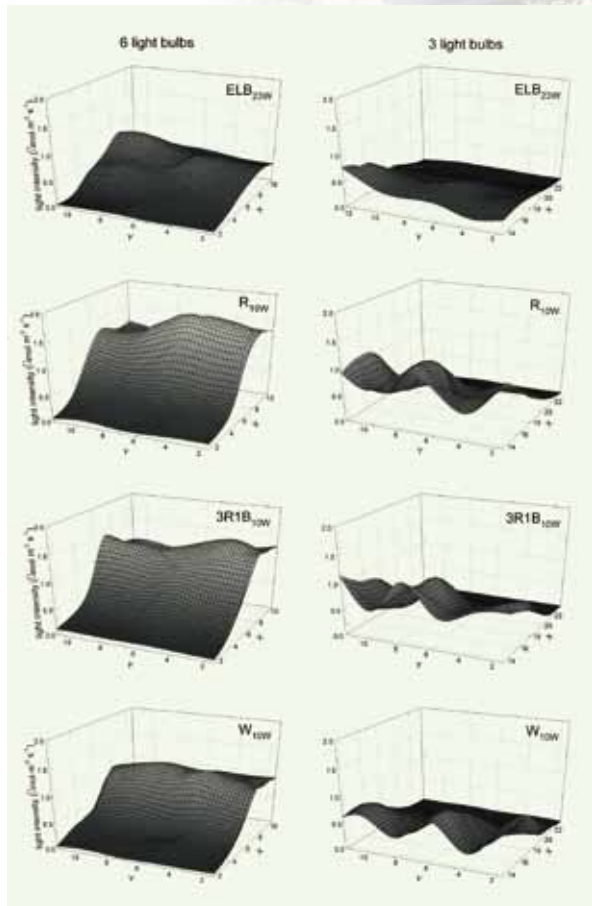


圖一、不同光波段及光照強度之LED與省電燈泡光源應用於夏菊切花栽培種‘黃精競’之田間光源配置圖。(A)以10W紅光LED燈泡(R_{10W})為例，說明田區行間之LED燈泡配置示意圖；(B)本試驗不同光源之田間設計示意圖。ELB_{23W}：23W省電燈泡； R_{10W} ：10W紅光LED；3R1B_{10W}：10W 3紅1藍LED；W_{10W}：10W白光LED。

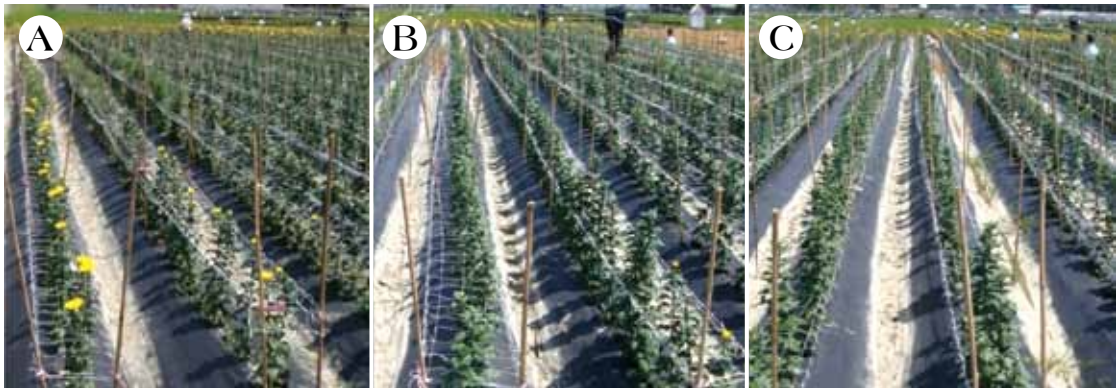
質；(4)利用LED光源以得到相較於省電燈泡更為節省的電力成本支出。

四、結語

在農作物族群的栽培環境中，光子通量密度(單位為 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)或光強度，以及光波段組成的變化，將會顯著影響感光作物植株的生長、發育及產量表現，乃至於植體化學組成的改變。因此，生產者對於栽培作物的週遭光環境應當給予高度重視，包括：(1)光質、(2)光強度、(3)光照時間、(4)光照期程(光週期)及(5)光空間分佈等5個光環境因素皆需妥適考量，才能得到預期的光處理結果。由於LED光源的特點及優勢，研究人員及生產者應當加強相關研究，尤其在當前強調跨領域及跨業合作的氛圍上，更應該謀求異域及異業的結合。惟有擴大思維、跳脫框架的研究合作，才有機會產生跨越瓶頸的創新成果，帶來更多的加值效果，並為農業帶來產業發展的新契機與新潛能。



圖二、不同光波段及光照強度(6顆及3顆燈泡)之LED與省電燈泡光源於田間光照強度分佈情形。ELB_{23W}：23W省電燈泡；R_{10W}：10W紅光LED；3R1B_{10W}：10W 3紅1藍LED；W_{10W}：10W白光LED。



圖三、不同光照強度之LED光源於夜間光照處理造成不等開花期之效果。A圖菊花植株距光源較遠，已開始陸續開花；B圖為3顆燈泡處理，因光照分佈不均勻，因此有零星花苞出現；C圖為6顆燈泡處理，因光照分佈較均勻，抑制花芽分化效果佳。