

最佳化LED植物燈控制介面電路模組設計與實現

張仲良¹、苗志銘¹、林秋豐²

chungliang@mail.npust.edu.tw 分機7586

一、源起

隨著地球氣候變遷與環境的汙染，許多的學者與專家已開始著手進行有效保護環境、節省資源且同時可生產出安全的食品技術等相關措施。而在這其中，光源的選用與控制是生產系統中不可或缺的重要技術之一，目前所使用的人工光源從早期的高壓鈉燈到近期的螢光燈管與發光二極體(LED)，光源的選擇已從高單價、熱度高轉而選用發光熱度低、多色發光的燈組使用。在早期的研究中，已有許多學者開始進行LED多色光照射對於植物生長的影響[1]，植物在種子階段與育苗階段期間使用LED光源，調控光質和光量子值(PPFD)，不僅能夠調控植物的生長發育和生長形態、並可縮短培養週期、提高品質，而且能夠大大減少能耗，降低成本。目前已有業者發展植物栽培燈與立體植栽燈架，但缺乏結合不同物種不同時期生長特性，分析植物對LED光質調控回應機理的研究，因此也未能開發出不同植物在不同生育期中最佳的LED光譜組成、PPFD及光照週期之可靠參數和系統資料來整合植物栽培燈與植物生長之工具。這也因為這方面的技術需詳細了解作物生理層面的需求所致。故單靠現有市面上所生產的植物栽培燈也未能獲得良好之效果。除此之外，在實驗的過程中仍需要人為不斷的更換或調整LED色光與定時器的使用，藉此分析影響植物生長的環境因素比例，以建立資料庫，如此繁複的過程，無形中增加了研究人員的負擔。另一方面，傳統使用的定時器只能採用關閉與開啓光源電源來進行光週期調整的功能，至於調整光質與光強度也只能就燈管的更換或裝設不同色光的LED來達成，如此人力上的耗費，在未來實現自動化生產時是一項需要改善的地方。同時，未來的植物生產管理系統勢必朝向電腦化監控的方式來進行，因此，有必要將光源的控制與電腦相互結合來達成作物生產標準化的目的。21世紀將是生態農業的世紀，而物理農業是實現生態農業的主要途徑之一，如何在太陽光照不足情況下調控特定人造光源對綠色植物實施不同“光肥”，不僅促進作物生長發育，還可以達到增產、高效、優質、抗病、無公害的目的，這對於促進現代化農業的發展具有非常重要的現實意義。

二、設計概念

有鑑於目前LED植物燈使用上的普及，然而真的能夠節省碳嗎？大家一味地使用高功率且加入多種不同LED光質的組合真的對植物生長有良好的影響嗎？不用補光所栽培的植物相較於使用人工光源補光的植物生長品質優良嗎？這些話題經常圍繞在許多學者與專家討論的範疇。然而，可以確定的是，植物的光生理是複雜的，單純只使用特定組合的LED光源，並無法完整符合植物不同生長階段所需，因此，我們急需要開發出一套適合植物在各個生長階段所需的光源參數控制工具，然而，摒棄大自然所賦予的自然陽光而完全使用LED進行照射，那也辜負大自然給我們這麼優渥的環境，因此，適當的進行LED人工補光是我們最主要開發植物燈具的目的，如此能適合不同階段植物生長所需。目前就LED人工光源應用於植物栽培的可行性來說，從筆者近幾年研究得知，對於葉菜類蔬菜生長是有顯著的影響，尤其是在生菜類，至於LED植物燈是否真的可以適用於各種植物生長所需光源補充，那還得需要長時間的研究與探討。目前所觀察市面上的植物燈組設計主要存在以下幾個問題，這些問題足以影響作物的產出品質。

1. 植物燈燈組：燈組設計上採用固定色溫以及光質比、擴充或者更換不同光質比的燈條非常不容易，且燈條一點亮就需消耗LED燈條全部功率，對於節能方面而言，此類設計上尚有改善的空間。
2. 控制器：市面上依照控制方式可分為不能調光型、手動調光型、按鈕設定型；就調整光暗周期所需使用之定時器，又可分為外接定時器與內建定時器；另外還有固定光質設定功能。但以上所採用數位化方式進行功能設定，對於農民使用上來說較為不便利，畢竟數位化的按鈕調整與設定在操作上是較為複雜的。
3. 許多使用高功率LED的植物燈常利用調整控制器內電阻值的大小達到光照強度的調整，如此的作法，勢必電阻還是產生過多的熱能，導致LED發光效能減低，同時也浪費過多無謂的能耗。

三、技術開發

本研究提出一套人性化的控制介面，期望能符合農民的需求。所使用的系統中，微晶片控制電路內包含脈波寬度調變(PWM)控制電路、微控制器以及金氧半場效電晶體(MOSFET)放大電路，共分為16群組，每個群組可調控9組全彩LED模組，供給電源為24V，微控制器晶片型號為8位元PIC16F887微控制器，內建RS-232、內部整合電路匯流排(I2C)與SPI通訊傳輸介面支援，電腦與微控制器間採用RS-232通訊協定進行資料傳輸與接收，微控制器與PWM晶片間通訊介面採用I2C通訊協定；PCA9634為PHILIPS公司生產的IC，具有16通道獨立輸出，可利用跳線器決定晶片腳位位置，達到同時使用多組IC的功能，精度為8位元。在微控制系統方面，本技術透過利用數位類比轉換器(Digital to Analog Converter；DAC 或D/A轉換器)，將輸入的數位信號轉換為小類比信號，然後送入至周邊設備，藉以控制較高功率的驅動電路。通訊傳輸元件一端接設來自該微處理控制單元之輸出單元，另一端經搭配設複數獨立通道脈波寬度調變輸出，又再與場效應電晶體元件相接設，本研究中，微處理控制單元的工作電壓為3.5V至5V，而場效應電晶體元件源極接口是提供大於12V以上的電力，為實踐調降源極端輸出之電壓及控制閘極端信號之啓閉，藉以輸出穩定之電流供負載使用，以數位資訊改變輸出成調控類比設備之方法。軟體圖控式介面採用C語言

撰寫控制程序碼並搭配Visual Basic程式語言撰寫螢幕視覺圖框控制介面，規劃視窗上應有植物光生理載入選用、通訊視窗以及檔案管理視窗，透過RS232或萬用匯流排與單晶片微處理器模板相接設，其中兩設備間

- 1.LED驅動：可整合光源/光質/照度/波長等參數於控制系統中，以提高實驗效率。
- 2.燈條設計採用多迴路控制不同LED燈組，其燈條內共有紅、藍與白光燈，使用者可利用軟體設定不同光質與光強度的組合方式，數位化8位元數值調光。
- 3.簡易3迴路的高功率控制器，滿足一組控制器控制3組迴路，一組迴路可控制8條LED燈條，每組LED燈條全亮時共消耗24W，使用USB TO RS232 之通訊協定。
- 4.軟體光源參數管理：將實驗結果參數，透過軟體進行參數設定，管理光源控制並可針對不同光波長的實驗結果記錄儲存。
- 5.軟硬體控制系統可分開拆卸：本技術將所需光源參數經由人機介面軟體設定寫入至控制器後，即可將控制器與電腦之傳輸線拔開，達到獨立控制的目的。
- 6.依照使用者先前於軟體設定時所設定之光源參數，使用者可於控制器上進行10段手動調整光質與光強度組合。

四、技術競爭力

本研究延伸出的產品之競爭力分析如下：

- 1.燈條內各種燈源更換方便，且燈條與燈座拆卸容易，可隨時更換不同燈條以利不同種類植物生長。
- 2.燈條內燈源配比專家化，蒐集2000年以後國際LED植物燈相關論文文獻，搜尋出最適合特定植物生長的燈源色質配比。
- 3.燈條內燈源燈色配比與光質強度比例最佳化：藉由光源控制器內建10段不同色光組合方式，調整燈條內色光配比。
- 4.透過人性化人機介面，可設定10段不同色光組合以及光質量，可確實精確分析不同光質比對於植物生長生理所造成的影響，同時燈條不需完全點亮，達到節能省碳的目的。
- 5.在成本方面，由於此控制器系統可以相容於市售各種的植物栽燈，故使用者不必更換已有的燈源，只要加入控制器及安裝軟體則可進行，同時配合自動化程序作業，故投資效益高。

五、研發成果

以上設計方式皆是考慮農民需要簡單的操作方式來進行植物栽培的工作，因此我們捨棄前期所開發人機介面時程管理模式[2][3][4]的缺點(需搭配一台電腦)，農民可透過傳統計時器來完成光暗週期的設定，農民只需在電腦前開啓人機介面視窗，依照所種植的作物，根據專家資料庫的說明，設定10段不同的色光配比以及光質比強度，然後將資料燒寫入控制器中，爾後即可不需再使用電腦進行操作，即可透過控制器上的10段調整鈕調整所需要的光質與配光比。圖一顯示軟體開發完成畫面，可根據不同迴路設定不同光調變階數，達到不同光強度；除此之外，此介面可以儲存光質參數值。圖二顯示開發完成品，從圖二可看出，藉由控制器上旋鈕操作，我們可以調整出10段不同光質與光強度組合，此開發工具非常適合用於研究不同階段植物生長所需，在市場上是具有競爭力的。本研究成果已成功栽培出萵苣等蔬菜作物，該技術正申請專利中，未來可應用於高經濟作物栽培自動化系統中。

致謝

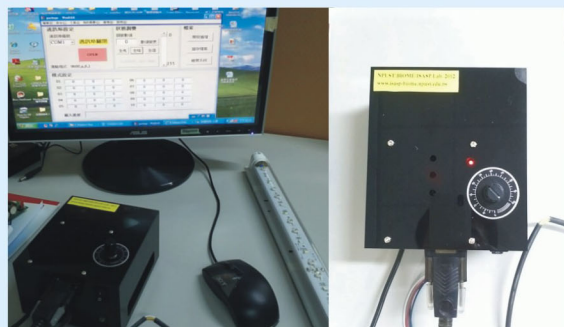
本研究特別感謝國立屏東科技大學工學院綠色科技研發中心提供相關研究配合款，使研究計畫能順利進行；同時感謝國科會給予研究經費補助，產學合作計畫編號：NSC 101-2622-E-020-002-CC2。

參考文獻

- [1]K. Okamoto, T. Yanagi, and S. Takita (1996). Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source. Acta Horticulture. 440:111-116.
- [2]C. L. Chang, C. F. Lin, Y. S. Ho, J. M. Miao, C. H. Tsai, and B. H. Wu. (2011). Design and implementation of LED-based lighting control system for multi-layer cultivation frame. 2011 NPUST and USTB Joint Academic Conference, C04, Pingtung County, Taiwan, Oct. 12-15. (in Chinese)
- [3]張仲良、李應利，具有軟體排程之自動化混光調控技術開發與應用－以溫室作物栽培系統為例，智慧自動化產業期刊，第80-86頁，3月，2012年。
- [4]張仲良、劉彥伯、莊弦錡、吳柏翰，“具有時間管理之自動化混光調控系統應用於植物育苗生長型態分析與研究，” 2011農機與生機論文發表會，B28，嘉義，台灣，10月21-22日，2011年。



圖一 軟體操作畫面



(a) 軟硬體外觀

(b) 控制器外觀



(c) 控制器調光強度情形 (d) 藍光調光情形

圖二 控制器完成品

