

LED照明對植物生長及發育之影響

許謙信

摘要

發光二極體(LED)具有效率高、壽命長、不易破損、開關速度高、高可靠性等傳統光源不及的優點。LED自1960年代以來發光效率以每10年成長30倍的速度發展，而價格卻以每10年減少10倍的趨勢進展。本文將討論LED對光週期反應、植物生長及光合作用、病蟲害防治、代謝產物等之影響。

內容

發光二極體(英語：Light-Emitting Diode，簡稱LED)是一種能發光的半導體電子元件。這種電子元件早在1962年出現，早期只能發出低光度的紅光，之後發展出其他單色光的版本，時至今日能發出的光已遍及可見光、紅外線及紫外線，光度也提高到相當的光度。而用途也由初時作為指示燈、顯示板等，隨著白光發光二極體的出現而續漸發展至被用作照明，具有效率高、壽命長、不易破損、開關速度高、高可靠性等傳統光源不及的優點。但當LED的發光強度達至足以用於室內照明的話，成本也高至極不合理水平，這是當前LED照明未能普及的重要原因。

1955年，美國無線電公司(Radio Corporation of America)的魯賓·布朗石泰(Rubin Braunstein)首次發現了砷化鎵(GaAs)及其他半導體合金的紅外放射作用。1962年，通用電氣公司的尼克·何倫亞克(Nick Holonyak Jr.)開發出第一種實際應用的可見光發光二極體。1993年，日本日亞化學工業(Nichia Corporation)工作的中村修二(Shuji Nakamura)成功把氮滲入，造出了半導體材料氮化鎵(GaN)和銦氮化鎵(InGaN)、具有商業應用價值的藍光LED。有了藍光LED後，白光LED也隨即面世，之後LED便朝增加光度的方向發展，2002年，在市場上開始有5W的LED的出現，而其效率大約是每W18至22流明。

一、LED的優點

1. 在低光度下能量轉換效率高(電能轉換成光能的效率)—也即較省電，非常適合在低光度(如行動電話的背光)需求中使用。但當提高光度至如檯頭燈般或更高時，LED的效率比鎢絲燈泡高，但比螢光燈(俗稱光管或日光燈管)差：IEEE(電氣電子工程師學會)的刊物IEEE Spectrum 曾有文章證實這一點。
2. 反應(開關)時間短—可以達到很高的閃爍頻率。
3. 使用壽命長—在適當的散熱和環境下可達35,000 ~ 50,000小時(螢光燈為10,000 ~ 15,000小時，白熾燈為1,000 ~ 2,000小時)。

4. 耐震盪等機械衝擊—由於是固態元件，沒有燈絲、玻璃罩等，相對螢光燈、白熾燈等能承受更大震盪。
5. 體積小—其本身體積可以造得非常細小(小於2mm)。
6. 便於聚焦—因發光體積細小，而易於以透鏡等方式達致所需集散程度，藉改變其封裝外形，其發光角度由大角度散射至細角度聚焦都可以達成。
7. 單色性強—波長比較單一(相對大部份人工光源而言)，能在不加濾光器下提供多種單純的顏色。
8. 色域略為廣闊—部份白色LED覆蓋色域較其他白色光源廣。

二、LED的缺點

1. 高光度下效率較低，在一般照明用途上仍比螢光燈耗電，有些LED燈甚至比省電燈泡耗電。有些設計使用多枚LED，在保持整體光度下讓每枚LED可以工作在較低光度，從而增加效率，但使成本大為提高，售價難以降低。
2. 效率受高溫影響而急劇下降，浪費電力之餘也產生更多熱，令溫度進一步上升，形成惡性循環。除浪費電力也縮短壽命，因此需要良好散熱。
3. LED光度並非與電流成線性關係，光度調節略為複雜。
4. 成本較高。
5. 因LED為光源面積小、分佈較集中，作照明用途時會刺眼，須運用光學設計分散光源。
6. 演色性仍待加強。(傳統燈泡、鹵素燈演色性極佳，而螢光燈管容易找到高演色性的產品；演色性低的光源照明不但會有顏色不正常的感覺，對視力及健康也有害)
7. 每枚LED因生產技術問題都會在特性(亮度、顏色、偏壓…等)上有一定差異，即使是同一批次的LED差異也不少。

LED自1960年代以來發光效率以每10年成長30倍的速度發展，而價格卻以每10年減少10倍的趨勢進展。LED之發光效率與高壓鈉燈或鹵素燈近似，然其壽命有5萬小時，較高壓鈉燈之2萬小時為長，同時亦比螢光燈及白熾燈長很多^(1,2,9)。使用LED燈泡不需注意其光源分布及波長⁽¹²⁾。LED對植物之生長有多方面之效益，詳見下文。

1. LED對光週期反應之影響

菊花以紅光660nmLED於夜間電照可以抑制花芽分化及形成，然而與白熾燈處理之比較，則依品種而異，夏菊開花之品種對LED之電照較白熾燈鈍感⁽³⁾。於草莓植株間以紅光LED照射可以延後花芽之形成，延後產期，於冬季元月沒有產物之時後生產。紅色及藍色遮陰布均有延後草莓開花之現象^(13,14)。

2. LED對植物生長及光合作用之影響

以攝影機觀察菊花在藍光LED下之生長，發現有抑制株高生長之效果⁽¹¹⁾。然而在日出前照射藍光LED 卻有延長菊花株高之情形⁽¹⁾。不同作物之反應亦有不同，萵苣在藍光下株高縮短，茄子卻延長株高⁽⁴⁾。於萵苣上以添加藍光與紅光以

及單純紅光之比較，以添加藍光之乾物重較重。然而單葉之光合作用則添加藍光反而較低，不過二者在統計上無顯著差異^(6,16)。植株乾物重之增加，可能與葉片之型態與支撐角度有關⁽¹⁵⁾。

3. LED對病蟲害防治之影響

照射綠光可以減少草莓炭疽病之發生，同時減少紅蜘蛛之危害⁽⁸⁾。草莓的葉面積較對照組大，且果實之重量亦較重，顆粒較大。以20ms黃光LED於夜間電照菊花，暗期80ms。可以防治夜蛾，減少夜蛾幼蟲之發生，同時不會影響菊花花芽分化及開花之發育⁽⁵⁾。

4. LED對代謝產物之影響

照射LED與高壓鈉燈之比較，可以減少硝酸鹽之形成⁽¹⁰⁾。於水耕栽培之葉片硝酸鹽之累積量較多，大約為以泥炭土種植者之兩倍。對於抗氧花物之形成，則不同化學成分各有高低，與品種間之反應有關⁽¹⁷⁾。

參考文獻

1. Bergstrand, K. J. I. and H.K. Schussler. 2011. Prospects on LED lighting for growth regulation and energy saving in pot plant production. *Acta Hort.* 893:269-274.
2. Bourget, C. M.. 2008. An introduction to light-emitting diodes. *HortSci.* 43:1944-1946.
3. Fukui, H., W. Yu, H. Uno, N. Kobayashi and O. Sasaki. 2011. Effect of red LED lamp with wavelength of 660 nm on floral bud differentiation of *Chrysanthemum*. *Acta Hort.* 907:319-322.
4. Hirai, T., W. Amaki and H. Watanabe. 2006. Action of blue or red monochromatic light on stem internodal growth depends on plant species. *Acta Hort.* 711:345-349.
5. Ishikura, S., J. Hirama, M. Nomura, S. Yamashita, M. Higashiura, T. Iwai, K. Futai, and M. Yamanaka. 2010. Development of a physical control device using a yellow pulsed LED for controlling insect pests in the production of autumn-flowering chrysanthemums - a lighting technique to avoid delay in flowering. *Journal of Science and High Technology in Agriculture.* 22(4):167-174.
6. Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hahida and T. Yoshihara. 2012. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environ. Exp. Bot.* 75:128-133.
7. Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hahida, S. Hashida and T. Yoshihara. 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improve seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortSci.* 45:1809-1814.
8. Kudo, R., Y. Ishida and K. Yamamoto. 2011. Effects of green light irradiation on induction of disease resistance in plants. *Acta Hort.* 907:251-254.

9. Morrow, R. C. 2008. LED Lighting in Horticulture. *HortSci.* 43:1947-1950.
10. Samuoliene, G., A. Urbonaviciute, P. Duchovskis, Z. Bliznikas, P. Vitta and A. Zukauskas. 2009. Decrease in Nitrate concentration in leafy vegetables under a solid-state illuminator. *HortSci.*44:1857-1860.
11. Shimizu, H., Z. Ma, S. Tazawa, M. Douzono, E.S. Runkle and R.D. Heins. 2006. Blue light inhibits stem elongation of *Chrysanthemum*. *Acta Hort.* 711:363-367.
12. Stutte, G. W. 2009. Light-emitting diodes for manipulating the phytochrome apparatus. *HortSci.* 44:231-234.
13. Takeda, F. 2012. New methods for advancing or delaying anthesis in short-day strawberry. *Acta Hort.* 926:237-241.
14. Yamazaki, K., H. Kumakura and H. Hamamoto. 2011. Effect of light quality for supplemental lighting during runner-cooling treatment on flowering of strawberry in forcing culture. *Acta Hort.* 907:291-294.
15. Yanagi, T., K. Okamoto and S. Takita. 1996. Effects of blue, red, and blue/red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants. *Acta Hort.* 440:117-122.
16. Yorio, N. C., G. D. Goins, H. R. Kagie, R. M. Wheeler and J. C. Sager. 2001. Improving spinach, radish, and lettuce growth under red light emitting diodes(LEDs) with blue light supplementation. *HortSci.* 36:380-383.
17. Žukauskas, A., Z. Bliznikas, K. Breive, A. Novickovas, G. Samuoliene, A. Urbonaviciute, A. Brazaityte, J. Jankauskiene and P. Duchovskis. 2011. Effect of supplementary pre-harvest LED lighting on the antioxidant properties of lettuce cultivars. *Acta Hort.* 907:87-90.