

# 發光二極體光照對家禽動物福祉與經濟性狀影響回顧<sup>(1)</sup>

蘇晉暉<sup>(2)(4)</sup> 鄭智翔<sup>(2)</sup> 陳珮璇<sup>(3)</sup> 林榮新<sup>(2)</sup> 劉秀洲<sup>(2)</sup>

收件日期：105 年 11 月 23 日；接受日期：106 年 3 月 14 日

## 摘 要

光照是在家禽生產過程中一個主要的環境因子，光照的調控大致上可分為強度、長度、顏色(波長)與模式等，而不同的光照調控也已經證實對家禽的行為表現、生理性狀、生產性能、產蛋性能等造成影響。傳統飼養家禽多使用半開放式飼養，在自然的環境中給予簡易的遮蔽設備進行飼養，在這種情況下，自然光就是主要光照來源，並不需要給予額外的人工光照。隨著消費需求增加以及飼養技術的進步，密閉式的飼養已經逐漸形成主流。而在現代的家禽產業中，生產者不斷尋找可以提高收益的室內光照來源。發光二極體(light emitting diode, LED)，具有高能源轉換效率、使用壽命長、體積小、容易製造單一色光等優點，目前在家禽產業的應用逐漸受到重視。除了高能源轉換效率可以降低生產成本外，容易製造單一色光的特性，還有可能應用在提升家禽的生產性能。因此本篇主要整理過去針對 LED 光照應用於家禽產業的研究結果，希望可以作為未來產業使用的參考。

關鍵詞：發光二極體、家禽、回顧。

## 緒 言

現代化的家禽產業已經成為人類食物中優質蛋白質的來源。在發展成熟的家禽產業中，為了達到家禽生產的最佳表現，除了優良品種的選育外，在許多管理部分亦需要完善的搭配，以充分發揮動物的生長潛能。飼養期間的環境軟硬體設備，是在遺傳、營養等因子外，另一個影響生產表現的主要因子(Wattanachant *et al.*, 2002; Od-Ton *et al.*, 2004)。光照處理(包含光照強度、長度、顏色、模式等)是飼養環境的一個主要影響因子，相關研究指出會影響家禽的活力、行為、生理狀態、免疫等表現，且可用來減輕代謝疾病造成的死亡情形(Lewis and Morris, 1998; Morris, 2004; Olanrewaju *et al.*, 2006)。自 1950 年開始，就陸續有光照強度與不同顏色對家禽造成的影響等相關研究(Barrot and Pringle, 1951; Cherry and Barwick, 1962; Classen and Riddell, 1989; Buyse *et al.*, 1996; Manser, 1996)。此外，Scheideler (1990) 指出光照會刺激體內組織造成激素的釋放；Olanrewaju *et al.* (2006) 指出，光照可以藉由刺激家禽的活動來增加骨的發育，並進而提升腿骨的健康。因此，如何給予飼養在禽舍內家禽適當的光照，一直是生產者不可避免的管理要素之一。

## 常用人工光照

有許多設備都可以作為提供光照的來源，如白熾燈、日光燈泡、日光燈管、發光二極體等都曾被用來作為商業畜舍照明的工具，分別介紹如下：

### (一) 白熾燈(Incandescent Light)

一般稱為電燈泡，其特點為價格低廉、更換容易等，目前仍有作為育雛保溫用途而使用的情況。白熾光是利用電能加熱燈絲，使燈絲在高溫下發光，因此其電能轉換為光能的效率極低(約 5%)，大部分電能都轉變為

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2553 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。

(3) 國立臺灣大學動物科學技術學系。

(4) 通訊作者，E-mail：chsu@mail.tlri.gov.tw。

熱能散失。由於發光效率太低，且使用壽命較短 (1,000 小時) 許多國家已逐漸淘汰白熾燈的使用，我國在 2008 年也跟進並提出「585 白熾燈汰換計畫」，於 2012 年開始實施白熾燈泡耗用能源效率標準表，強制淘汰發光效率差的白熾燈泡。

## (二) 螢光燈 (Fluorescent Light)

一般稱為日光燈，能源利用率 (24%) 相較於白熾燈較高，且有較長的使用壽命 (8,000 小時)，是目前最普遍應用於禽舍內的人工光源。缺點是亮度會隨著使用時間而逐漸下降，可能會導致禽舍內光照強度不一致。此外，因螢光燈管中含有微量的汞，若使用完畢後沒有經過適當的處置，可能造成環境的汙染。Widowski *et al.* (1992) 指出，相較於白熾燈 (26.8%)，蛋雞會花較多的時間在螢光燈 (73.2%) 下。此外，飼養於螢光燈環境下的白肉雞，其骨骼異常率較飼養於白熾燈環境者為低 (Lewis and Morris, 1998)。

## (三) 發光二極體 (Light-emitting Diode)

近年來，發光二極體 (Light-Emitting Diode, LED) 因為其較高的發光效率而逐漸受到畜牧產業生產者的重視 (Huber-Eicher *et al.*, 2013)。LED 的優點主要有能源轉換效率高、使用壽命長、體積小、耗電量低、易提供單一色光等優點 (Craford, 1985; Rozenboim *et al.*, 1998)，此外 LED 燈泡不含汞，相較於冷陰極管 (cold cathode fluorescent lamps, CCFLs) 的環境友善程度較佳 (Rea, 2010)。

因為禽舍內需要長時間的點燈光照，因此除了發光效率越高越好之外，燈具的使用壽命也是需要納入考量的因素。Parvin *et al.* (2014) 歸納出 LED、螢光燈與白熾燈的相關參數 (表 1)。可以發現的是，LED 的使用壽命約 8 萬小時，較螢光燈 (8,000 小時) 與白熾燈 (1,000 小時) 高，可以減少更換燈管的勞力成本。此外，在能源的消耗方面，LED 的能源消耗 (Watt, W) 最低，換算每瓦可產生的流明數 (Optical rate) 也最高 (75.2)，顯示在能源轉換效率表現較佳。

由於 LED 的高能源轉換效率與較長的使用壽命，可以降低能源的消耗與飼養成本 (Craford, 1985; Rozenboim *et al.*, 1998)，且發光效率仍然有提升的空間，目前市售最高的發光效率已經可以達到 276 lm/w (張, 2015)，而在實驗室已發展到 350 lm/w 的驚人效率 (林, 2015)，未來很有可能成為禽舍內的人工光照的新選擇。而目前 LED 無法普及的主要原因還是在於其較高的購置成本，需要長時間的使用才會顯現其省能源的優勢，然而因應能源價格的升高與 LED 大量生產後製造成本的降低，將會增加禽舍內使用 LED 作為光源的誘因。

表 1. 不同種類光源的比較

Table 1. Comparison of different lighting devices

Attributes	Incandescent light	Tri-phosphorus/Fluorescent bulb	LED bulb
Power consumption (W)	60	11	8
Optical rate (lm/W)	11	56.6	75.2
Life time (hrs)	1,000	8,000	80,000
Expense cost (\$)			
30,000 hrs	\$15 per 30 IL bulbs	\$11 per 3.75 bulbs	\$36.8 per single LED
80,000 hrs	\$40 per 80 IL bulbs	\$29 per 10 bulbs	
Power usage (kWh)			
30,000 hrs	1,611	312	237
80,000 hrs	4,296	832	632
Power charge (\$)			
30,000 hrs	\$172	\$33	\$25
80,000 hrs	\$459	\$89	\$67
Total expense (cost, \$)			
30,000 hrs	\$18	\$44	\$62
80,000 hrs	\$500	\$118	\$104

(Parvin *et al.*, 2014)

## 光照影響動物表現機制

光照影響家禽的行為與性成熟機制有兩條路徑，第一條是藉由眼睛，光線經過一系列器官後抵達視網膜 (retina)，並被視網膜上的光色素 (photopigments) 吸收轉變成為一個倒立的影像，接著經由視神經 (optic nerve) 傳遞到腦部辨識。這一條路徑也會同時影響家禽後續一連串內分泌的分泌與調控 (Lewis and Morris, 2006)。

另一條路徑則是光線直接穿透頭骨與頭部組織抵達下視丘 (hypothalamus)。相較於波長較短的藍光 (435 – 500 nm) 與綠光 (500 – 565 nm)，紅光被歸類在長波長的單一色光，其波長為 630 – 780 nm 之間 (Lewis and Morris, 2006)。而較長的波長，讓紅光擁有較高的穿透性，較易穿透家禽的頭蓋骨、羽毛、骨骼等器官，直接抵達家禽的下視丘，刺激性內分泌 (sexual hormones) 的釋放 (Lewis and Morris, 2000)。在早期的研究結果顯示，只給予綠頭鴨單一顏色的光照處理，結果發現只有波長 617 nm – 740 nm 的光照 (橘光、紅光) 個體，其睪丸有正常發育的情況 (Lewis and Morris, 2006)。顯示長波長光照對於鴨隻性成熟具有最重要的影響力。Baxter *et al.* (2014) 使用盲眼品系的雞種 (Smoky Joe) 交配所得盲眼與視力較差的來航雞 (leghorn) 後代，其光線無法透過眼睛—視網膜路徑傳遞，接著以白光、紅光與綠光進行照射，結果顯示盲眼雞種白光與紅光組，其產蛋表現顯著高於綠光組，因為白光組成包含藍、綠光與紅光所有成分，顯示紅光部分可經由頭蓋骨直接刺激下視丘，但是綠光則不行。因此得知許多報告中提到紅光可刺激家禽性成熟的結果，很可能就是來自於其對下視丘的直接刺激，而這一部分的刺激並不因為眼睛—視網膜路徑的阻斷而受到影響。

## 光照與動物福祉

動物福祉的主要目的是滿足動物表現自然行為的需求，且在現代化的生產系統中，已經被認為是不可缺少的一部分。無論是豐富化籠飼 (furnished cage) 飼養或是非籠飼 (cage-free) 的放養式飼養，都是希望讓動物可以表現出自然的行為，進而提高其動物福祉來得到消費者的認同。而畜舍的光照系統，包含光照強度、光照模式、顏色等，都有可能提升家禽生產系統中的動物福祉 (Manser, 1996)。

侵略性行為 (aggressive behavior) 是家禽生產過程中一個影響動物福祉的重要因素。適當降低家禽生產過程中的光照強度，就是一個減少侵略性行為的好方法 (Sherwin, 1998)。Buyse *et al.* (1996) 指出，當白肉雞飼養環境的光照強度超過 150 lux 時，將會降低體重並增加侵略性行為。而過去白肉雞生產業者藉由降低飼養環境的光照，來提升生產效率的作法，也被歐盟禁止，並規定在育雛期過後飼養環境至少需要給予 20 lux 的光照強度 (Parvin *et al.*, 2014)。

因家禽的眼球感知波長的能力較人類強，因此也有許多研究觀察不同光照顏色對家禽行為表現的影響。Huber-Eicher *et al.* (2013) 給予產蛋雞白色、紅色與綠色的 LED 光線，結果顯示相較於綠色光，產蛋雞在白色光與紅色光的照射下會有較長的採食時間，另外，雞隻在紅色光下也會有較多的侵略性行為，而這樣的行為在白光下是最少的。有關於紅光可刺激家禽活動行為的試驗，尚有 Prayitno *et al.* (1997b) 給予白肉雞紅色與藍色 LED 光照，結果發現給予紅色光照的雞隻有較多的侵略性行為，但是同時也降低了發生腿部疾病的比例。相同的作者另外一篇研究的結果則顯示，如果給予白肉雞自行選擇環境的顏色，相較於紅色，白肉雞會花比較多的時間待在藍色與綠色光中，作者推斷這是雞隻認為處在這樣的顏色中較不易受到攻擊的天性導致 (Prayitno *et al.*, 1997a)。

光照模式也會對家禽動物福祉造成影響。過去常給予家禽 24 小時不間斷的光照，讓家禽可以 24 小時採食。然而相關文獻資料指出持續不斷的光照會降低家禽的活動力並造成眼部傷害 (Manser, 1996)、代謝疾病 (Buyse *et al.*, 1996)、睡眠干擾與緊迫 (Gordon, 1994) 等。在火雞也會造成腿部與代謝疾病 (Classen *et al.*, 1994)。Buyse *et al.* (1996) 指出間歇性 (Intermittent) 的光照模式，可以有效的降低這些問題，但是有可能因此導致肉與腹脂產量的變異度提升。Rogers *et al.* (2015) 的研究結果指出，相較於白熾燈的結果，白肉雞給予冷陰極管 (CCFL) 光照，會導致其生長表現較差及慢性緊迫的狀況，而使用 LED 光照的組別則與白熾燈組別無顯著差異。Olanrewaju *et al.* (2015) 比較三種不同 LED 光照與白熾燈對白肉雞眼球發育的影響，結果顯示 LED 光照對於白肉雞眼球發育並未造成負面影響。

## 免疫反應

雖然已經證實具有少部分功能性的不同 (Bounous and Stedman, 2000)，家禽血液中的異嗜球 (heterophils) 基本上相當於哺乳動物中的嗜中性顆粒球，主要功能在對抗細菌的入侵及吞噬作用 (Bounous and Stedman, 2000; Maxwell,



1993)。自 Gross and Siegel (1983) 與 Davison *et al.* (1983) 發表關於雞隻血液循環中異嗜球與淋巴球數量，並計算其比例後，異嗜球與淋巴球 (lymphocytes) 比例 (H/L ratio) 在許多報告已經證實可以用來作為環境緊迫的指標 (Maxwell *et al.*, 1990; Maxwell, 1993; Maxwell and Robertson, 1998; Khajavi *et al.*, 2003)。Rogers *et al.* (2015) 給予白肉雞冷陰極管、白熾燈、兩種不同 LED 白光共四種光源，觀察各組雞隻血液中 H/L 比例，結果發現 42 日齡時，以白熾燈的平均 H/L 比例較低，而冷陰極管組及其中一組 LED 組較高，作者結論認為冷陰極管也許不是取代白熾燈的良好選擇。Xie *et al.* (2008) 使用紅、藍、綠、白四種不同的 LED 色光來飼養白肉雞並檢測其免疫反應，結果顯示相較於紅光，綠光與藍光可提高白肉雞的淋巴細胞增生與血液中新城病的抗體力價。然而，類似的光照顏色對於免疫反應的影響也有不同的結果，Sadrzadeh *et al.* (2011) 使用藍、綠、黃、紅、白五個不同顏色的 LED 光照來測試白肉雞的細胞免疫性能，結果顯示，白肉雞在經過 23 天與 30 天的光照處理後，綠光組雞隻的淋巴細胞增生顯著低於其他四個顏色。

## 經濟性能差異

Rozenboim *et al.* (2004) 的研究結果發現，綠光可以促進受精蛋孵化過程中的肌肉發育，並持續影響到 42 日齡。Rogers *et al.* (2015) 使用兩種不同廠牌的白色 LED 燈管、冷陰極管與白熾燈對白肉雞進行不同的光照處理，結果顯示冷陰極管組別的 42 日齡體重最輕，作者建議 LED 燈管應可作為白熾燈的高效能替代選擇。Olanrewaju *et al.* (2015) 觀察三種不同色溫 LED 光照與白熾燈對白肉雞生長的影響，結果顯示在體重、體增重、屠體重、飼料採食量、飼料轉換率與死亡率都未觀察到顯著差異，作者認為試驗使用的三種 LED 光照，都可以作為替代白熾燈且較省能源的光照選擇。

Prayitno *et al.* (1997b) 發現在白肉雞生長早期給予紅色光照，相較於藍色光照組會增加體重。但是在另一方面，Rozenboim *et al.* (2004) 與 Cao *et al.* (2012) 的研究則顯示白肉雞早期給予綠色 LED 光並接續給予藍色 LED 光線組會有最佳的上市體重。然而也有研究結果顯示，黃光可提高白肉雞五週齡時的體重與體增重，但是對飼料轉換率則沒有影響 (Kim *et al.*, 2013)。Borille *et al.* (2013) 的研究發現，以不同 LED 單色光給予每日 17 小時人工光照的條件下，伊莎 (Isa) 棕色蛋雞在白光與紅光處理下會得到最佳的產蛋率，在蛋品質則無顯著差異。Kim *et al.* (2012) 使用白熾燈、紅、藍與白色 LED 光進行試驗，觀察對產蛋雞造成的影響。結果發現使用紅光照射的組別，其性成熟時間較早，也就是該組雞隻較早開始產蛋，產蛋率也較高。因為採食量增加，因此飼料換蛋率各組間並沒有顯著差異。藍光 LED 則造成雞隻性成熟的時間延後。Hassan *et al.* (2013) 將紅光、藍光、綠光、白光組合使用，發現只要紅色光光照達 12 小時，產蛋率皆無顯著差異，且高於藍光、綠光與白光處理，顯示紅光在產蛋過程中的角色最重要。

## 結 論

在面對禽流風感風險越來越高的情況下，將家禽飼養在禽舍內給予光照的生產模式將逐漸成為主流，而 LED 作為禽舍內部光照來源相較於其他傳統光源有相當多的優勢，且容易製造單一色光的優勢也提供未來應用的無限可能。未來禽舍內的光照如何在兼顧動物福祉、生產效率的情況下，配合不同品種、飼養用途來提供最理想的光照模式，仍有待更多研究結果補足。

## 參考文獻

- 林世民。2015。LED 驅動電源效率的改善及 LED 封裝後利用率的研究探討。碩士論文。明新科技大學電子工程系碩士在職專班，新竹。
- 張岱民。2015。高功率發光二極體效能之提升：1. 雷射剝離成長在圖案化藍寶石基板上之氮化鎵磊晶層 2. 以添加鑽石的 Sn-3wt.%Ag-0.5wt.%Cu 錒錫降低 LED 晶片接著材料的熱阻。博士論文。國立交通大學材料科學與工程學系，新竹。
- Barrott, H. G. and E. M. Pringle. 1951. The effect of environment on growth and feed and water consumption of chickens. 4. The effects of light on early growth. *J. Nutr.* 45: 265-274.
- Baxter, M., N. Joseph, V. R. Osborne and G. Y. Bédécarrats. 2014. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poult. Sci.* 93: 1289-1297.
- Borille, R., R. G. Garcia, A. F. B. Royer, M. R. Santana, S. Colet, I. A. Naas, F. R. Caldara, I. C. L. Almeida Paz, E. S. Rosa

- and V. A. R. Castiho. 2013. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. *Braz. J. Poult. Sci.* 15: 135-140.
- Bounous, D. I. and N. L. Stedman. 2000. Normal avian hematology: chicken and turkey. In: Schalm's veterinary hematology. eds. Douglas, J. W. and K. J. Wardrop, Wiley-Blackwell, NJ, pp. 1147-1154.
- Buyse, J., E. R. Kuhn and E. Decuypere. 1996. The use of intermittent lighting in broiler raising. 1. Effect on broiler performance and efficiency of nitrogen retention. *Poult. Sci.* 75: 589-594.
- Cao, J., Z. Wang, Y. Dong, Z. Zhang, J. Li, F. Li and Y. Chen. 2012. Effect of combinations of monochromatic lights on growth and productive performance of broilers. *Poult. Sci.* 91: 3013-3018.
- Cherry, P. and M. W. Barwick. 1962. The effect of light on broiler growth: II. light patterns. *Br. Poult. Sci.* 3: 41-50.
- Classen, H. L. and C. Riddell. 1989. Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. *Poult. Sci.* 68: 873-879.
- Classen, H. L., C. Riddell, F. E. Robinson, P. J. Shand and A. R. Mccurdy. 1994. Effects of lighting treatment on the productivity, health, behaviour and sexual maturity of heavy male turkeys. *Br. Poult. Sci.* 35: 215-225.
- Craford, M. G. 1985. Light-emitting diode displays flat-panel displays and CRTs. P 289-331. Springer Netherlands.
- Davison, T. F., J. G. Rowell and J. Rea. 1983. Effects of dietary corticosterone on peripheral blood lymphocyte and granulocyte populations in immature chicken. *Res. Vet. Sci.* 30: 79-82.
- Gordon, S. H. 1994. Effects of day-length and increasing day length programs on broiler welfare and performance. *World's Poult. Sci. J.* 50: 269-282.
- Gross, W. B. and P. B. Siegel. 1983. Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Dis.* 27: 972-979.
- Hassan, M. R., S. Sultana, H. S. Choe and K. S. Ryu. 2013. Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. *Ital. J. Anim. Sci.* 12: 364-369.
- Huber-Eicher, B., A. Suter and P. Spring-Stahli. 2013. Effects of coloured light-emitting diode illumination on behaviour and performance of laying hens. *Poult. Sci.* 92: 869-873.
- Khajavi, M., S. Rahimi, Z. M. Hassan, M. A. Kamali and T. Mousavi. 2003. Effect of feed restriction early in life on humoral and cellular immunity of two commercial broiler strains under heat stress conditions. *Br. Poult. Sci.* 44: 490-497.
- Kim, M. J., M. S. Hossan, N. Akter, J. C. Na, T. Bang, H. K. Kang, D. W. Kim, H. S. Chae, H. C. Choi and O. S. Suh. 2012. Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens. *Avian Biology Res.* 5: 69-74.
- Kim, M. K., R. Parvin, M. M. H. Mushtaq, J. Hwangbo, J. H. Kim, J. C. Na, D. W. Kim, H. K. Kang, C. D. Kim, C. B. Yang and H. C. Choi. 2013. Growth performance and hematological traits of broiler chicken reared under assorted monochromatic light sources. *Poult. Sci.* 92: 1461-1466.
- Lewis, P. D. and T. R. Morris. 1998. Responses of domestic poultry to various light sources. *World's Poult. Sci. J.* 54: 72-75.
- Lewis, P. D. and T. R. Morris. 2000. Poultry and coloured light. *World's Poult. Sci. J.* 56: 189-207.
- Lewis, P. D. and T. R. Morris. 2006. Poultry lighting: the theory and practice. Northcot, Hamshire, UK, pp. 7-22.
- Manser, C. E. 1996. Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: a review. *Anim. Welfare* 5: 341-360.
- Maxwell, M. H. 1993. Avian blood leucocyte responses to stress. *World's Poult. Sci. J.* 49:34-43.
- Maxwell, M. H. and G. W. Robertson. 1998. The avian heterophil leucocyte: a review. *World's Poult. Sci. J.* 54: 155-178.
- Maxwell, M. H., G. W. Robertson, S. Spence and C. C. McCorquodale. 1990. Comparison of haematological values in restricted and ad libitum-fed domestic fowls: white blood cells and thrombocytes. *Br. Poult. Sci.* 31: 399-405.
- Morris, T. R. 2004. Environment control for layers. *World's Poult. Sci. J.* 60: 163-175.
- Od-Ton, V., C. Wattanachant and S. Wattanasit. 2004. Phenotypic characteristics and carcass quality of naked-neck chicken reared under backyard production systems. *Thaksin Univ. J.* 7: 58-67.
- Olanrewaju, H. A., J. L. Purswell, W. R. Maslin, S. D. Collier and S. L. Branton. 2015. Effects of color temperature (kelvin) of LED bulbs on growth performance, carcass characteristics, and ocular development indices of broilers grown to heavy weights. *Poult. Sci.* 94: 338-344.
- Olanrewaju, H. A., J. P. Thaxton, W. A. Dozier, J. L. Purswell, W. B. Roush and S. L. Branton. 2006. A review of lighting programs for broiler production. *Int. J. Poult. Sci.* 4: 301-308.

- Parvin, R., M. Mushtaq, M. Kim and H. Choi. 2014. Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for immunity and meat quality of poultry. *World's Poult. Sci. J.* 70: 557-562.
- Prayitno, D., C. J. C. Phillips and H. Omed. 1997a. The effects of color of lighting on the behavior and production of meat chickens. *Poult. Sci.* 76: 452-457.
- Prayitno, D., C. J. C. Phillips and D. Stokes. 1997b. The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. *Poult. Sci.* 76: 1674-1681.
- Rea, M. S. 2010. Opinion: The future of LED lighting: greater benefit or just lower cost. *Light Res. Technol.* 370.
- Rogers, A. G., E. M. Pritchett, R. L. Alphin, E. M. Brannick and E. R. Benson. 2015. I. Evaluation of the impact of alternative light technology on male broiler chicken growth, feed conversion, and allometric characteristics. *Poult. Sci.* 94: 408-414.
- Rozenboim, I., I. Biran, Y. Chaiseha, S. Yahav, A. Rosenstrauch, D. Sklan and O. Halevy. 2004. The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. *Poult. Sci.* 83: 842-845.
- Rozenboim, I., E. Zilberman and G. Gvoryahu. 1998. New monochromatic light source for laying hens. *Poult. Sci.* 77: 1695-1698.
- Sadrzadeh, A., G. N. Brujeni, M. Livi, M. J. Nazari, M. T. Sharif, H. Hassanpour and N. Haghighi. 2011. Cellular immune response of infectious bursal disease and newcastle disease vaccinations in broilers exposed to monochromatic lights. *Afr. J. Biotech.* 10: 9528-9532.
- Scheideler, S. E. 1990. Effect of various light sources on broiler performance and efficiency of production under commercial conditions. *Poult. Sci.* 69: 1030-1033.
- Sherwin, C. M. 1998. Light intensity preferences of domestic male turkeys. *Applied Anim. Behav. Sci.* 58: 121-130.
- Wattanachant, C., A. Suwanapugdee, S. Suksathit and M. Mongkol. 2002. Growth performance of naked-neck chicken under village production systems. *Thaksin Univ. J.* 5: 53-61.
- Widowski, T. M., L. J. Keeling and I. J. Duncan. 1992. The preferences of hens for compact fluorescent over incandescent lighting. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 203-211.
- Xie, D., Z. X. Wang, Y. L. Dong, J. Cao, J. F. Wang, J. L. Chen and Y. X. Chen. 2008. Effects of monochromatic light on immune response of broilers. *Poult. Sci.* 87: 1535-1539.

# The effects of light-emitting diode on poultry welfare and economic traits: a review <sup>(1)</sup>

Chin-Hui Su <sup>(2)(4)</sup> Chih-Hsiang Cheng <sup>(2)</sup> Pei-Hsuan Chen <sup>(3)</sup> Jung-Hsin Lin <sup>(2)</sup> and Hsiu-Chou Liu <sup>(2)</sup>

Received: Nov. 23, 2016; Accepted: Mar. 14, 2017

## Abstract

Light presents a main environmental factor in poultry production. The light regime could be divided into four parts: light intensity, duration, color (wavelength) and pattern. It was proved the changes in the light regime have a profound effect on the behavior, physiology, production and reproduction performances of poultry. In tradition, poultry was bred outdoor with simple semi-opened house, the natural sun light was the main source of light, no artificial light need to supply to the poultry. However, the proportion of indoor poultry production become higher because the increased demand of poultry meat and the improvement of feeding technology. In the modern poultry industry, producers are continuously looking for a new light source that could increase their profit to apply in indoor poultry production. Light-emitting diode (LED), due to their various beneficial characteristics of high energy efficiency, long life time, small size and suitable for monochromatic applications, is gaining popularity and attention of poultry producers. In addition to reduce the production costs by high energy efficiency, the character of suitable for monochromatic applications may be applied to improve poultry production performance. Therefore, this review will focus on the research results of LED light applied in the poultry industry, trying to give a light using suggestion for poultry industry in the future.

Key words: Light-emitting diode, Poultry, Review.

---

(1) Contribution No. 2553 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Ilan Branch, COA-LRI, Ilan 26846, Taiwan, R.O.C.

(3) Department of Animal Science and Technology, National Taiwan University, Taipei 10672, Taiwan, R.O.C.

(4) Corresponding author, E-mail: chsu@mail.tlri.gov.tw.