

不同人工光照搭配自然光照對褐色菜鴨產蛋性能、蛋品質、動物行為與血液性狀的影響⁽¹⁾

林雅玲⁽²⁾ 林榮新⁽²⁾ 鄭智翔⁽²⁾ 蘇晉暉⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：112 年 3 月 17 日；接受日期：112 年 7 月 5 日

摘 要

本試驗旨在探討提供不同人工光照搭配自然光照對褐色菜鴨 (brown Tsaiya duck; *Anas platyrhynchos domesticus*) 產蛋性能、蛋品質、動物行為與血液性狀影響。試驗使用 144 隻農業部畜產試驗所東區分所自行育成的母褐色菜鴨，試驗鴨隻滿 19 週齡時隨機分配至 3 個獨立非開放式室內個別籠飼養，每一獨立室內大小為 570 × 330 × 235 公分 (深 × 寬 × 高)，內有 4 排個別籠，每 1 排有 12 個欄位，共可飼養 48 隻褐色菜鴨。試驗分 3 組，分別為 (1) 自然光照搭配白色螢光 (fluorescent) 光照 (2) 自然光照搭配白色發光二極體 (light emitting diode, LED) 光照 (3) 自然光照搭配紅色 LED 光照，其中 (1) 為對照組。各組每日光照長度為 16 小時，人工光照強度約 185 lux，試驗持續至鴨隻滿 52 週齡為止。試驗鴨隻 24 週齡起每日記錄個別產蛋數，每 2 週測定一次飼料採食量、產蛋性能、蛋品質並錄影觀察其動物行為，另於鴨隻 25、31、37、42 及 48 週齡時，採血分離血漿檢測動情素及助孕素濃度。試驗結果顯示，飼料採食量、產蛋性能、蛋殼強度及動情素濃度以自然光搭配紅色 LED 光照組最高，而蛋重、豪氏單位及助孕素濃度於各處理組間則無顯著差異。以紅色 LED 光照作為室內人工光照來源，可增進鴨隻產蛋性能與蛋品質，是鴨隻飼養室內人工光照的優良選項。

關鍵詞：褐色菜鴨、產蛋性能、發光二極體。

緒 言

褐色菜鴨 (brown Tsaiya duck; *Anas platyrhynchos domesticus*) 作為臺灣主要的蛋鴨品種，其體型小、蛋重大、產蛋率高且飼料效率佳 (林等, 2006; 林等, 2007; 蘇等, 2016; 蘇等, 2017)。褐色菜鴨一般需要 15 至 17 小時的光照長度，以維持其產蛋期間的表現。我國臺北地區夏至與冬至期間的自然光照時間分別為 13.5 小時及 10.5 小時，皆少於前述所需光照長度。因此，飼養褐色菜鴨過程中必須額外補充穩定且可適當刺激鴨隻產蛋表現的人工光照。

傳統螢光燈管 (fluorescent tube) 為畜牧業最常使用的人工光照來源 (蘇等, 2017)，雖其能源利用率及使用壽命皆優於白熾燈泡，惟缺點為 (1) 燈管老化後亮度會逐漸下降，致禽舍內光照強度不一致；(2) 螢光燈管中含有微量的汞，若未經適當處置，恐有造成環境汙染之虞。然發光二極體 (light emitting diode, LED) 有能源轉換效率高、使用壽命長、體積小且容易製造單一色光等優勢 (Parvin *et al.*, 2014)，其中容易製造單一色光的特性，亦可能應用在提升家禽的生產性能。過去針對 LED 光照對家禽生產表現的影響，多著重在白肉雞上，少數關於鴨隻的探討也以北京鴨的生長性能為主，幾乎無 LED 光照對鴨隻產蛋性能影響的相關研究。

因此本試驗目的為探討白色 LED 光照、紅色 LED 光照與螢光燈管搭配太陽光，對褐色菜鴨產蛋性能、蛋品質 (如蛋殼強度、蛋殼厚度、蛋重及豪氏單位)、動物行為與血液性狀 (動情素及助孕素濃度) 的影響。希望藉此瞭解不同光源在搭配自然光照下能否對褐色菜鴨產生相同的光照刺激。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2757 號。

(2) 農業部畜產試驗所東區分所。

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

材料與方法

I. 試驗動物

試驗使用農業部畜產試驗所東區分所自行孵化之 144 隻 1 日齡母褐色菜鴨 (brown Tsaiya duck; *Anas platyrhynchos domesticus*)。雛鴨 0—3 週齡飼養於非開放式高床育雛舍，4 週齡起飼養於非開放式高床平飼育成鴨舍，待鴨隻滿 19 週齡時逢機分配至 3 個獨立非開放式室內飼養。鴨隻分別於 3 週齡與 7 週齡注射家禽霍亂疫苗。本動物試驗經農業部畜產試驗所東區分所實驗動物照護及使用小組審核通過 (畜試宜動字第 105006 號)。

II. 試驗飼糧

試驗飼糧分 3 階段給予，分別為 0—8 週的育雛料、9—18 週的育成料、19 週齡起的產蛋料。試驗期間飼料及飲水皆任食，飼料配方與營養濃度計算值如表 1 所示。

表 1. 育雛期、育成期與產蛋期之飼料配方表

Table 1. Diet composition in the rearing period (0 to 8 weeks of age), growing period (9 to 18 weeks of age), and laying period (after 18 weeks of age)

Ingredients, %	Starter diet	Grower diet	Layer diet
Yellow corn	55.54	51.94	49.93
Fish meal	2.00	—	3.30
Soybean meal, 44% CP	25.30	10.00	27.00
Wheat bran	—	10.00	6.50
Wheat flour middling's	10.30	20.00	—
Soybean oil	1.10	—	2.50
Yeast powder	3.00	2.00	2.00
Rice hull powder	—	2.40	—
Iodized salt	0.30	0.30	0.40
Choline chloride, 50%	0.08	0.08	0.08
Limestone	1.10	1.50	1.50
Di-calcium phosphate	1.10	1.50	1.50
DL-Methionine	0.05	0.05	0.05
L-Lysine-HCL	—	—	0.01
Vitamin premix ^a	0.03	0.03	0.03
Mineral premix ^b	0.10	0.10	0.10
Total	100	100	100
Calculated values			
Crude protein, %	19.5	13.5	20.0
ME, kcal/kg	2,900	2,660	2,700
Calcium, %	0.81	0.94	3.05
Available phosphorus, %	0.36	0.27	0.39
Lysine, %	1.05	0.60	1.11
Methionine, %	0.38	0.27	0.39

^a Supplied per kg of diet: 60 mg niacin, 18 mg calcium pantothenate, 22.5 mg vitamin E, 9 mg vitamin B₂, 6 mg vitamin B₆, 6 mg vitamin K₃, 3 mg vitamin B₁, 1.5 mg folic acid, 0.03 mg vitamin B₁₂, 0.03 mg biotin, 15,000 IU vitamin A, and 3,000 IU vitamin D₃.

^b Supplied per kg of diet: 8 mg CuSO₄•5H₂O, 120 mg FeSO₄, 60 mg ZnSO₄•H₂O, 60 mg Mn₃O₄, 0.7 mg KIO₃, 0.2 mg Na₂SeO₃, and 0.2 mg CoCO₃.

III. 試驗處理

本試驗三種光照組合分別為 (1) 自然光照搭配白色螢光光照 (2) 自然光照搭配白色 LED 光照 (色溫 6000 K) (3) 自然光照搭配紅色 LED 光照 (波長 460 nm)。試驗設定於無自然光照時之人工光照強度約 185 lux，人工光照時間總計 16 小時 (即各組每日光照長度) 搭配夏季自然光照 13.5 小時 (人工與自然光照時間重疊，並由人工光照補足 16 小時光照長度)，光照設定時間自上午 5 點到晚上 9 點。

IV. 試驗環境

每一獨立非開放室大小為 570 × 330 × 235 公分 (深 × 寬 × 高)，每排有 12 個個別籠，共有四排，個別籠大小為 40 × 30 × 45 公分 (深 × 寬 × 高)，故每一間非開放室可籠飼 48 隻褐色菜鴨。鴨隻滿 19 週齡隨機分配獨立非開放室後給予 5 週時間適應環境及試驗光照，於 24 週齡開始進行試驗測定並持續到 52 週齡結束。

V. 試驗測定項目

(i) 飼料採食量

鴨隻滿 24 週齡開始，每 2 週測定一次鴨隻飼料採食量。測定方式以 1 排為 1 試驗單位，將秤重完成的飼料，平均鋪陳於飼料槽，現場管理人員每日巡視與補充飼料，確保鴨隻有飼料可食用。經過 3 天後，將各排剩餘飼料集中並秤重後，計算與原始飼料的重量差異，除以採食鴨隻數與 3 天，即為該週鴨隻的飼料採食量。

(ii) 產蛋性能

每天記錄個別鴨隻產蛋情形，總和該處理組的總產蛋數除以在養鴨數，即為各組之產蛋率。

(iii) 蛋品質

每 2 週選取連續 3 天試驗鴨隻所產蛋，分別測量蛋重、蛋殼強度、蛋殼厚度、蛋白高度與豪氏單位。測量方式分述如下：蛋重使用電子秤 (FAY-06, Nagata Inc., Taiwan) 進行個別秤重。另將蛋的鈍端朝上，使用蛋殼強度測定儀 (HT-9635A, Hung Ta Inc., Taiwan) 緩慢下壓，下壓碰觸至蛋並聽見碎裂聲後立刻停止，記錄此顆蛋的最大承受重量。取用每一顆蛋之尖端、中端與鈍端各一片以蛋殼厚度計 (FN595, FHK Inc., Japan) 測定，以此三點的平均值代表該顆蛋的蛋殼厚度。最後將鴨蛋打破後放置於蛋品質測定臺，確認其水平後，以蛋品質測定儀 (FHK Egg Quality Gauge, FHK Inc., Japan) 測定濃厚蛋白高度，並用以計算豪氏單位 (Haugh unit)，豪氏單位 = $100 \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$ ，其中 H 代表蛋白高度 (mm)，而 W 表示蛋重 (g)。

(iv) 動物行為

自鴨隻 24 週齡起，每 2 週將數位錄影機 (HDR CX-240, Sony, Japan) 放置密閉室內，錄影觀察鴨隻行為 4 天。在這 4 天中，每天錄影各處理內 4 排中的其中 1 排中央固定 5 隻鴨隻 8 小時，每間每週記錄 20 隻不同鴨隻的行為。為避免架設人員在現場導致的干擾，在開始錄影記錄後 30 分鐘為第 1 個試驗採樣時間點，後續每隔 1 小時採樣 1 次，每次採樣時間點觀察每 1 鴨隻 15 秒鐘，每處理組總計收集 2,100 筆資料 (5 隻 × 7 次 × 4 天 × 15 週)，以當次採樣時間點判定鴨隻表現何種行為，並計算該行為出現之百分比 (該行為出現次數 / 各處理組總收集資料次數)。行為判定參考李 (1989) 的方式，將籠飼鴨隻行為分為以下數種：飲食 (採食、飲水)、活動 (整羽、嬉戲、搖尾)、休息 (站立、蹲伏、睡覺) 等。為避免不同人員判定標準不一，試驗全程由同一工作人員判定鴨隻表現何種行為。

(v) 血液性狀

於鴨隻 25、31、37、42 及 48 週齡時，選取該組內前一天有產蛋的鴨隻各 12 隻，以翼靜脈方式採集約 2 至 3 mL 的全血，並將全血注入含肝素 (heparin) 的真空採血管 (BD 367871, BD, Franklin Lakes, NJ) 後短暫放置於碎冰保存。待所有血液樣本採集完畢，以離心機 (Thermo IEC MUTIL-RF220v, USA) 設定 3,000 g 離心 15 分鐘分離血球與血漿。後將血漿分裝至 2 mL 的微量離心管中並保存於 -18°C，以待後續檢測血液中動情素 (estradiol) 與助孕素 (progesterone) 的濃度。前述賀爾蒙濃度檢驗委由健康醫事檢驗所，以商用檢測工具 (06656021 190; 07092539 190, cobas®, USA) 進行分析。

(vi) 統計分析

試驗資料使用 SAS enterprise 軟體進行統計分析 (SAS enterprise guide 7.1, SAS institute, Inc., Cary, NC)。其中以一般線性模式程序 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，再以 Tukey's honestly significant difference (Tukey's HSD) 檢定試驗各處理之差異顯著性。動物行為模式則先將各種不同行為分為三種類別 (飲食、活動、休憩)，此三種類別再以 categorical data analysis procedure (CATMOD) 程序來比較各處理組間的差異性。統計分析結果以 $P < 0.05$ 為達到顯著差異，試驗結果以平均值加減標準偏差 ($\text{mean} \pm \text{SD}$) 表示。

結果與討論

I. 飼料採食量

鴨隻 24 至 52 週齡雖皆未觀察到各組間具顯著差異，然統整試驗全期資料則顯示紅色 LED 光照組飼料採食量顯著高於白色 LED 光照組 ($P < 0.05$) ($143 \pm 12 \text{ g}$ vs. $136 \pm 13 \text{ g}$)，螢光燈管組飼料採食量則介於兩組之間 ($140 \pm$

15 g) (表 2)。螢光燈管組與紅色 LED 光照組的試驗結果與 Gongruttananun and Guntapa (2012) 類似，泰國土雞給予自然光照並每天另外補充 4 小時的螢光燈與紅色光，結果顯示兩者間飼料採食量無顯著差異；Min *et al.* (2012) 比較白色與紅色 LED 光照對產蛋雞的影響，結果顯示給予紅色 LED 光照之雞隻其採食量顯著較給與白色 LED 光照者高。另 Hassan *et al.* (2013) 比較白色與紅色 LED 光照對產蛋雞採食量的影響，結果發現兩者間無顯著差異，則與本試驗結果相異。而這樣的差異可能是因為該研究僅給予單一人工光照來源，未搭配太陽光照，且白色與紅色 LED 光照兩組的產蛋率亦無顯著差異，導致雞隻所需能量相仿，因此未反映在飼料採食量上。

表 2. 給予褐色萊鴨不同光源搭配自然光照對其飼料採食量的影響

Table 2. The feed intake of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Feed intake, g/day/bird -----		
24 – 28	133 ± 13	128 ± 12	136 ± 8
30 – 34	133 ± 12	130 ± 11	135 ± 7
36 – 40	138 ± 13	137 ± 12	139 ± 10
42 – 46	144 ± 17	139 ± 6	148 ± 9
48 – 52	154 ± 13	147 ± 15	155 ± 9
Means	140 ± 15 ^{a,b}	136 ± 13 ^b	143 ± 12 ^a
Methionine, %	0.38	0.27	0.39

Means ± SD.

^{a, b} Means in the same row without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

II. 產蛋性能

24 至 46 週齡期間，各處理組的產蛋率並未有顯著差異，而 48 至 52 週齡與試驗全期則以螢光燈管 (74 ± 4%；65 ± 9%) 與紅色 LED 光照 (75 ± 3%；66 ± 8%) 兩組顯著高於白色 LED 光照組 (67 ± 5%；60 ± 7%) (表 3)。顯示搭配太陽光的同時，額外補充不同人工光照，會對鴨隻的產蛋造成影響，相較於白色 LED 光照組，紅色 LED 光照組的鴨隻有較佳的產蛋率，這樣的結果與部分文獻結果相似 (Huber-Eicher *et al.*, 2013; Baxter *et al.*, 2014)，給予紅色光照刺激的產蛋雞不僅較早開始產蛋，其產蛋表現亦較給予白光或綠光者佳，且在鴿子 (pigeon; *Columba*) (Wang *et al.*, 2015) 與鶉鶉 (Japanese quail; *Coturnix japonica*) (Woodard *et al.*, 1969) 也有類似的結果。亦有研究顯示，紅色光照相較於短波長光照可有增加產蛋雞第二產期產蛋表現的效果 (Pyrzak *et al.*, 1987; Reddy *et al.*, 2012)。

表 3. 給予褐色萊鴨不同光源搭配自然光照對其產蛋表現的影響

Table 3. The egg laying rate of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Egg laying rate, % -----		
24 – 28	72 ± 5	66 ± 5	71 ± 4
30 – 34	64 ± 7	61 ± 5	59 ± 4
36 – 40	59 ± 6	54 ± 4	61 ± 7
42 – 46	56 ± 6	54 ± 6	62 ± 8
48 – 52	74 ± 4 ^a	67 ± 5 ^b	75 ± 3 ^a
Means	65 ± 9 ^{a, b}	60 ± 7 ^b	66 ± 8 ^a

Means ± SD.

^{a, b} Means in the same row without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

III. 蛋品質

(i) 蛋重：於 42 至 46 週齡時，白色 LED 光照 (63.9 ± 2.3 g)、紅色 LED 光照 (63.8 ± 1.6 g) 兩處理組鴨隻所產蛋之蛋重顯著高於螢光燈管組鴨隻所產者 (62.6 ± 2.2 g)。於試驗其他階段、試驗全期之比較皆未具有顯著差異 (表 4)。

表 4. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其蛋重的影響

Table 4. The egg weight of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
----- Egg weight, g -----			
24 – 28	59.9 ± 2.2	59.5 ± 2.9	60.1 ± 2.9
30 – 34	61.5 ± 2.1	61.5 ± 2.3	61.8 ± 1.9
36 – 40	61.8 ± 2.0	62.6 ± 2.2	62.3 ± 2.2
42 – 46	62.6 ± 2.2 ^b	63.9 ± 2.3 ^a	63.8 ± 1.6 ^a
48 – 52	64.0 ± 2.1	64.1 ± 2.6	64.3 ± 2.4
Means	62.0 ± 2.5	62.3 ± 3.0	62.5 ± 2.7

Means ± SD.

^{a, b} Means in the same row without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

- (ii) 蛋殼強度：紅色 LED 光照組所產蛋之蛋殼強度於 24 至 28、36 至 40 週齡皆顯著高於螢光燈管組，另白色 LED 光照組於 42 至 46 週齡所產蛋之蛋殼強度顯著高於螢光燈管組。統整比較試驗全期各組所產蛋之蛋殼強度發現，白色 ($5.42 \pm 0.53 \text{ kg/cm}^2$) 與紅色 ($5.53 \pm 0.47 \text{ kg/cm}^2$) LED 光照組所產蛋之蛋殼強度皆顯著高於螢光燈管組 ($5.28 \pm 0.50 \text{ kg/cm}^2$)。

表 5. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其蛋殼強度的影響

Table 5. The eggshell strength of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
----- Egg shell breaking strength, kg/cm^2 -----			
24 – 28	5.32 ± 0.49 ^b	5.42 ± 0.53 ^{a, b}	5.60 ± 0.34 ^a
30 – 34	5.66 ± 0.53	5.73 ± 0.48	5.84 ± 0.40
36 – 40	5.21 ± 0.50 ^b	5.32 ± 0.60 ^{a, b}	5.57 ± 0.51 ^a
42 – 46	5.08 ± 0.40 ^b	5.48 ± 0.51 ^a	5.34 ± 0.51 ^{a, b}
48 – 52	5.15 ± 0.39	5.15 ± 0.33	5.31 ± 0.38
Means	5.28 ± 0.50 ^b	5.42 ± 0.53 ^a	5.53 ± 0.47 ^a

Means ± SD.

^{a, b} Means in the same row without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

- (iii) 蛋殼厚度：白色 LED 光照組所產蛋之蛋殼厚度在 36 至 40 週齡時顯著高於螢光燈管組所產蛋，紅色 LED 光照組則與另兩處理組無顯著差異。統整試驗全期資料則顯示，紅色 LED 光照組所產蛋之蛋殼厚度，顯著高於螢光燈管組所產蛋，而白色 LED 光照組則介於另外兩處理組間 (表 6)。

表 6. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其蛋殼厚度的影響

Table 6. The eggshell thickness of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
----- Egg shell thickness, mm -----			
24 – 28	0.402 ± 0.014	0.403 ± 0.013	0.404 ± 0.013
30 – 34	0.411 ± 0.014	0.414 ± 0.011	0.418 ± 0.013
36 – 40	0.400 ± 0.013 ^b	0.408 ± 0.016 ^a	0.407 ± 0.011 ^{a, b}
42 – 46	0.396 ± 0.008	0.400 ± 0.009	0.400 ± 0.009
48 – 52	0.400 ± 0.005	0.400 ± 0.004	0.401 ± 0.005
Means	0.402 ± 0.012 ^b	0.404 ± 0.012 ^{a, b}	0.406 ± 0.012 ^a

Means ± SD.

^{a, b} Means in the same row without a common superscript differ significantly ($P < 0.05$).

(iv) 豪氏單位：結果顯示 24 至 52 週齡及試驗全期資料於組間皆未具顯著差異 (表 7)。

表 7. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其豪氏單位的影響

Table 7. The egg Haugh unit of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Haugh unit -----		
24 – 28	94 ± 8	93 ± 9	94 ± 8
30 – 34	86 ± 10	85 ± 13	87 ± 14
36 – 40	86 ± 10	85 ± 11	88 ± 12
42 – 46	89 ± 9	88 ± 10	90 ± 11
48 – 52	89 ± 9	86 ± 10	87 ± 10
Means	89 ± 9	88 ± 11	89 ± 11

Means ± SD.

過去針對蛋品質的研究中，Er *et al.* (2007) 比較白熾燈、藍、紅、綠 LED 光照對蛋雞的影響，結果顯示綠光組之蛋殼強度與蛋殼厚度皆顯著高於白熾燈與藍光組，而紅光組的表現皆介於兩者之間；Gongruttanun (2011) 的研究為太陽光額外補充螢光燈、紅光與無太陽光僅給予紅光等三種處理對泰國土雞的影響，結果顯示三組的蛋重、蛋白高度、蛋殼厚度皆無顯著差異；Min *et al.* (2012) 比較白色、紅色、藍色 LED 光照與白熾燈對蛋雞所產蛋的影響，結果顯示各組在蛋殼強度無顯著差異，而給予紅光組的蛋殼厚度顯著高於藍光與白熾燈組；Borille *et al.* (2013) 給予產蛋雞 LED 藍、黃、綠、紅、白與白熾燈共 6 種不同顏色光照處理，結果顯示各組所產蛋之蛋重、蛋白高度、豪氏單位皆無顯著差異；Hassan *et al.* (2013) 使用 LED 紅、綠、藍、白、紅搭配綠、紅搭配綠與藍共 6 種不同顏色光照處理，結果顯示各組雞隻所產蛋在蛋白高度、豪氏單位、蛋殼強度皆無顯著差異。針對不同顏色光照對蛋品質影響的結果，整理上述文獻可得知，以目前的研究尚未得到肯定的結論，如 Min *et al.* (2012) 認為其研究與過去研究結果不同的可能原因為不同研究光源的不同以及測定週齡的差異所導致；Borille *et al.* (2013) 結論歸納 LED 顏色對蛋品質的影響需要更多研究確認；直到 2020 年，England and Ruhnke(2020) 整理歸納過去光照顏色對蛋品質影響的文獻發表，亦認為目前還無法清楚定下光波長 (顏色) 對蛋品質影響的結論。本試驗的結果整體而言，在豪氏單位與蛋重無顯著差異，在蛋殼強度部分白色與紅色 LED 光照組顯著較螢光燈管組佳，蛋殼厚度部分紅色 LED 光照組顯著較螢光燈管組佳，在蛋殼強度與蛋殼厚度部分的結果，應該是受到螢光燈管與白色 LED 光照不同波長分布所導致，而綜整各項結果顯示，紅色光照對於褐色菜鴨蛋品質的影響仍屬正面。

IV. 動物行為

螢光燈管組與白色 LED 光照組 ($P = 0.0011$) 及紅色 LED 光照組 ($P = 0.0070$) 之間的行為模式有顯著差異，而在白色 LED 光照組與紅色 LED 光照組間則未觀察到兩組間試驗鴨隻之行為模式有差異存在 (表 8)。因各文獻所用白色光照波長組成具差異，但在本試驗中可見紅色 LED 光照組鴨隻表現活動行為的頻率，較螢光燈管組高，表示鴨隻接受不同顏色光照後的行為模式可能與雞隻的研究結果類似 (Prayitno *et al.*, 1997; Huber-Eicher *et al.*, 2013; Sultana *et al.*, 2013)。

VI. 血液性狀

鴨隻血液中動情素濃度於 31 週齡時紅色 LED 光照組 (452 ± 92 pg/mL) 與白色 LED 光照組 (422 ± 85 pg/mL) 鴨隻血液中動情素濃度皆顯著高於螢光燈管組 (327 ± 156 pg/mL)。另統整觀察試驗全期之血液動情素濃度亦以紅色 LED 光照組最高 (453 ± 23 pg/mL)、白色 LED 光照組次之 (430 ± 22 pg/mL) 並以螢光燈管組最低 (389 ± 39 pg/mL) (表 9)。然血中助孕素濃度部分，試驗全期於組間皆未具顯著差異。從 Hassan *et al.* (2013) 的研究得知產蛋雞血液中動情素濃度以紅色 LED 光照組顯著高於藍色 LED 光照組，但與 LED 白色光照無差異，與本試驗結果類似。動情素與家禽多種繁殖功能相關，如蛋殼的形成 (Etches, 1987)、促進輸卵管發育與蛋白分泌 (Palmiter, 1972)、蛋黃前驅物的合成 (Deeley *et al.*, 1975) 等，顯示禽類血液中動情素濃度應與產蛋表現存有相當程度的關聯性。

表 8. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其行為表現的影響

Table 8. The results of brown Tsaiya ducks behavior pattern reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Original behavior (%)	Fluorescent tube	White LED	Red LED
Feeding	8.8	8.0	8.6
Drinking	14.4	13.9	12.4
Preening	22.5	28.3	27.1
Frolicking	11.2	12.1	10.8
Standing	21.7	18.8	20.3
Crouching	7.8	5.3	4.6
Sleeping	8.4	9.6	10.4
Wagging	5.0	3.9	5.7
Main behavior category			
Feeding	23.2	22.0	21.0
Activities	38.8	44.3	43.6
Resting	38.1	33.8	35.4
Probability of ChiSq		0.0025	
Analysis of Contrast			
Sunlight with fluorescent vs Sunlight with white LED		0.0011	
Sunlight with fluorescent vs Sunlight with red LED		0.0070	
Sunlight with white LED vs Sunlight with red LED		0.5064	

表 9. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其血中動情素及助孕素濃度的影響

Table 9. The blood estradiol and progesterone levels of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

	Fluorescent tube	White LED	Red LED
----- 25 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	394 ± 102	440 ± 90	468 ± 101
Progesterone (ng/mL)	0.29 ± 0.13	0.41 ± 0.26	0.32 ± 0.22
----- 31 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	327 ± 156 ^b	422 ± 85 ^a	459 ± 92 ^a
Progesterone (ng/mL)	1.04 ± 0.45	0.32 ± 0.15	0.41 ± 0.15
----- 37 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	399 ± 98	403 ± 96	417 ± 120
Progesterone (ng/mL)	0.29 ± 0.16	0.41 ± 0.57	0.35 ± 0.15
----- 43 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	389 ± 97	423 ± 80	445 ± 120
Progesterone (ng/mL)	0.20 ± 0.09	0.31 ± 0.28	0.27 ± 0.12
----- 49 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	436 ± 76	463 ± 103	476 ± 95
Progesterone (ng/mL)	0.32 ± 0.12	0.32 ± 0.16	0.34 ± 0.14
----- Means -----			
Estradiol (pg/mL)	389 ± 39 ^b	430 ± 22 ^{a, b}	453 ± 23 ^a
Progesterone (ng/mL)	0.43 ± 0.35	0.35 ± 0.05	0.33 ± 0.05

Means ± SD.

^{a, b} Means in the same row without a common superscript differ significantly (P < 0.05).

結 論

由本試驗結果可得知，在提供褐色菜鴨接觸自然光照的同時，以紅色 LED 光照取代傳統螢光燈管作為人工補充光照的來源，確實可增進鴨隻的產蛋率及蛋品質。因此，當未來能源價格逐漸提高且 LED 光照硬體購置成本下降後，紅色 LED 光照可作為飼養者優先考量的鴨舍室內人工光源選項。

參考文獻

- 李舜榮。1989。褐色菜鴨籠飼行為與產蛋性能之關係。國立中興大學畜牧研究所，碩士論文，臺中。
- 林誠一、黃振芳、胡怡浩、林榮新、陳明源、李舜榮。2006。水簾式與傳統式鴨舍對熱季菜鴨產蛋性能之影響。畜產研究 39：175-182。
- 林榮新、黃振芳、林育安、胡怡浩、詹士賢、陳添福、李舜榮。2007。育成期飼糧蛋白質與代謝能含量對褐色菜鴨產蛋性能之影響。畜產研究 40：231-239。
- 蘇晉暉、林榮新、李文棋、李舜榮、黃振芳。2016。環境溫度對褐色菜鴨生產性能之影響。畜產研究 49：215-221。
- 蘇晉暉、林育安、曾再富、鄭智翔、黃振芳、劉秀洲、林榮新。2017。不同飼養環境對褐色菜鴨產蛋性能及床蛋率之影響。畜產研究 50：15-21。
- 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.
- Deeley, R. G., D. P. Mullinix, W. Wetekam, H. M. Kronenberg, M. Meyers, J. D. Eldridge, and R. F. Goldberger. 1975. Vitellogenin synthesis in the avian liver. Vitellogenin is the precursor of the egg yolk phosphoproteins. *J. Biol. Chem.* 250: 9060-9066.
- England, A. and I. Ruhnke. 2020. The influence of light of different wavelengths on laying hen production and egg quality. *World's Poult. Sci. J.* 76: 443-458.
- Er, D., Z. Wang, J. Cao, and Y. Chen. 2007. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 605-612.
- Etches, R. J. 1987. Calcium logistics in the laying hen. *J. Nutr.* 117: 619-628.
- Gongruttananun, N. 2011. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poult. Sci.* 90: 2855-2863.
- Gongruttananun, N. and P. Guntapa. 2012. Effects of red light illumination on productivity, fertility, hatchability and energy efficiency of Thai indigenous hens. *J. Kasetsart* 46: 51-63.
- Hassan, M. R., S. Sultana, H. S. Choe, and K. S. Ryu. 2013. Effect of monochromatic and combined light color 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 behavior and performance of laying hens. *Poult. Sci.* 92: 869-873.
- Min, J. K., Md. S. Hossan, A. Nazma, C. N. Jae, T. B. Han, K. K. Hwan, W. K. Dong, S. C. Hyun, C. C. Hee, and S. S. Ok. 2012. Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens. *Avian Biol. Res.* 5: 69-74.
- Palmiter, R. D. 1972. Regulation of protein synthesis in chick oviduct. I. Independent regulation of ovalbumin, conalbumin, ovomucoid, and lysozyme induction. *J. Biol. Chem.* 247: 6450-6461.
- 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. S., C. J. C. Phillips, and H. Omed. 1997. The effects of color of lighting on the behavior and production of meat chickens. *Poult. Sci.* 76: 452-457.

- Pyrzak, R., N. Snapir, G. Goodman, and M. Perek. 1987. The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. *Theriogenology* 28: 947-960.
- Reddy, I. J., C. G. David, S. Selvaraju, S. Mondal, and G. R. Kiran. 2012. GnRH-1 mRNA, LH surges, steroid hormones, egg production, and intersequence pause days alter in birds exposed to longer wavelength of light in the later stages of production in *Gallus gallus domesticus*. *Trop. Anim. Health Prod.* 44: 1311-1317.
- Wang, Y., J. T. Ding, H. M. Yang, W. Cao, Y. B. Li, and W. E. T. Al. 2015. The effect of new monochromatic light regimes on egg production and expression of the circadian gene BMAL 1 in pigeons. *Poult. Sci.* 94: 836-840.
- Woodard, A. E., J. A. Moore, and W. O. Wilson. 1969. Effect of wavelength of light on growth and reproduction in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poult. Sci.* 48: 118-123.

Effects of natural light supplemented with different artificial lights on the egg laying performance, egg quality, animal behavior, and reproductive hormones in brown Tsaiya ducks ⁽¹⁾

Ya-Ling Lin ⁽²⁾ Jung-Hsin Lin ⁽²⁾ Chih-Hsiang Cheng ⁽²⁾ and Chin-Hui Su ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Mar. 17, 2023; Accepted: Jul. 5, 2023

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of natural light supplemented with different artificial lights on the egg laying performance, egg quality, animal behavior, and reproductive hormones in brown Tsaiya ducks. The 144 brown Tsaiya ducks at 19 weeks of age bred from Eastern Region Branch were randomly allocated into three independent non-opened duck houses. The size of each independent non-opened duck house was 570 × 330 × 235 cm (depth × width × height). Each house included four rows of individual cages with 12 pens in each row, and they could accommodate a total of 48 brown Tsaiya ducks. Here, we designed 3 different treatments: (1) natural light with white fluorescent tube light, (2) natural light with white LED light, and (3) natural light with red LED light. The ducks in all treatments were exposed to 16 hours of light including 185 lux artificial light daily until 52 weeks of age. From 24 weeks of age, daily egg production was recorded, and feed intake, egg laying performance, egg quality, and animal behavior were measured twice a week. The concentration of estradiol and progesterone in plasma were also monitored at 25, 31, 37, 42, and 48 weeks of age. The results revealed that the group exposed to red LED light showed the highest feed intake, egg laying performance, eggshell strength, and estradiol level. However, the egg weight, egg Haugh unit, and progesterone level showed no significant differences. The results indicated that red LED light could enhance effects on the egg laying performance and egg quality, suggesting an alternative illumination option for a non-opened duck house.

Key words: Brown Tsaiya duck, Egg laying performance, Light emitting diode (LED).

(1) Contribution No. 2757 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Eastern Region Branch, MOA-TLRI, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.

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