

天晴烏骨雞蛋殼色差及產蛋性狀之遺傳參數估算⁽¹⁾

蔡銘洋⁽²⁾⁽⁵⁾ 劉曉龍⁽²⁾ 洪哲明⁽²⁾ 林正鏞⁽²⁾ 林德育⁽³⁾ 鄭裕信⁽⁴⁾

收件日期：112 年 8 月 3 日；接受日期：112 年 12 月 21 日

摘 要

本研究利用具高產蛋特性的畜試白絲羽烏骨雞，雜交具十全外觀與產藍殼蛋之民間烏骨雞，進行外觀、蛋殼顏色及產蛋性能選育，育成具烏骨雞十全外觀且能產出藍殼蛋之天晴烏骨雞，經收集累積 7 代天晴烏骨雞產蛋性能等 6 項蛋殼色澤與產蛋性狀，依系譜相關資料採多性狀動物模式進行遺傳參數估算。結果顯示，天晴烏骨雞蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重之遺傳率分別為 0.996、0.606、0.475、0.488、0.738 及 0.590，其蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重皆具高度遺傳率。在表型相關方面，蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值具高度表型正相關 ($r_p = 0.63$, $P < 0.01$)，但與 L^* 值具中度表型負相關 ($r_p = -0.35$, $P < 0.01$)，再與母雞至 40 週齡產蛋數具低度表型負相關 ($r_p = -0.06$, $P < 0.05$)，更與母雞 40 週齡體重具低度表型正相關 ($r_p = 0.13$, $P < 0.01$)。另由遺傳相關分析結果，蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值為高度遺傳正相關 ($r_g = 0.67$)，又與 L^* 值為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.35$)，再與母雞至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重、40 週齡蛋重為低度遺傳正相關 ($r_g = 0.03$ ； $r_g = 0.01$ ； $r_g = 0.07$)。初步結果顯示選育蛋殼色差度 a^* 值越低，其蛋殼色差度 b^* 值亦會降低，而以表型值估算 40 週齡產蛋數則為增加。期望經多代選拔產蛋數所累積之資料能進一步評估對相關性狀之遺傳反應，以做為育種選拔之依據。

關鍵詞：天晴烏骨雞、蛋殼、遺傳率、遺傳相關。

緒 言

蛋殼中三種主要色素是膽綠素 (Biliverdin)-IX、膽綠素鋅螯合物和原卟啉 (Protoporphyrin)-IX，棕色蛋殼含有相對較多的原卟啉 -IX 和相對較少的膽綠素 -IX (Kennedy and Vevers, 1976)。構成禽類蛋殼顏色之重要色素因子，已知包括：原紫質 (Porphyrin) 與膽綠素及其衍生物，例如鋅-膽綠質螯合物；其中膽綠質為血色質裂解後之一產物，係構成青色蛋殼之主要色素 (劉等, 1998)。蛋殼顏色並不代表內部蛋品質，也不能反映蛋的營養價值或品質 (Flock *et al.*, 2007)。然而，許多偏愛棕色雞蛋的消費者也會關注蛋殼顏色的深淺和均勻程度，較淡或顏色不均勻的雞蛋可能會被拒絕購買。顯然，減少蛋殼顏色的變異性有助於提升出售時的蛋品呈現效果。國內雞蛋消費市場主要為白殼蛋，部分為褐殼蛋，鮮有藍殼蛋，因此藍殼蛋可發展多元特色化雞蛋產品，供消費市場做差異化之雞蛋產品，以豐富國產特色農業產品競爭能力。天晴烏骨雞選育蛋殼色差度 a^* 值結果，族群平均蛋殼色差度 a^* 值達 -8.71，較畜試白絲羽烏骨雞色差度 a^* 值 7.23，色差度改變許多。天晴烏骨雞 (Tien Ching silkie chickens, 以下簡稱 TCS) 第 8 代蛋殼色差度與商用烏骨雞相比較，天晴烏骨雞較商用烏骨雞蛋殼色差度 a^* 值低 12.59， b^* 值低 7.78 (劉等, 2022)。藍殼雞蛋以蛋殼色差度 a^* 值越低，其外觀越具藍色色澤，整體外觀天晴烏骨雞第 8 世代所生之雞蛋，與畜試白絲羽烏骨雞 (LRI silkie white chicken, 以下簡稱 SW) 及現有商用烏骨雞所生之雞蛋色澤有明顯不同顏色外觀，天晴烏骨雞蛋已全部皆為藍色蛋殼色澤，而畜試白絲羽烏骨雞及商用烏骨雞之蛋殼色為淺褐色。

多年來，商業用棕色雞蛋一直被認為較具有吸引力的深棕色外殼，蛋殼顏色遺傳率範圍介於 0.46 至 0.50 之間 (Zhang *et al.*, 2005)，此外西班牙 Francesch *et al.* (1997) 研究加泰隆尼亞地區 Penedesenca Negra, Prat Lleonada 以及 Empordanesa Roja 等 3 種蛋雞 (Layer hens, *Gallus gallus domesticus*) 品種，於 39 週齡分析蛋殼顏色遺傳估計值分別為

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2775 號。
(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(3) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。
(4) 農業部畜產試驗所所長室退休。
(5) 通訊作者，E-mail: mytsai@mail.tlri.gov.tw。

0.49、0.53 及 0.27，因此蛋殼顏色具有中度至高度遺傳率。劉等 (2022) 報告指出，畜試白絲羽烏骨雞母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重及 40 週齡產蛋數分別 158 日、1,181 g、29.7 g 及 97 枚，30 週齡蛋殼顏色之 a^* 值與 b^* 值分別為 7.23 與 17.67。臺南市西港地區民間藍殼蛋烏骨雞母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重及 40 週齡產蛋數分別為 189 日、1,247 g、29.7 g 及 48 枚，30 週齡蛋殼顏色之 a^* 值與 b^* 值分別為 -4.99 與 13.96。因而選取具藍殼蛋之民間烏骨雞與畜試白絲羽烏骨雞進行雜交繁殖，其 G0 天晴烏骨雞產蛋性能測定結果，母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週齡產蛋數分別為 164 日、1,373 g、30.8 g、1,486 g、41.1 g、59 枚，30 週齡蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值分別為 1.59 與 17.9。因此，畜試所期望進一步改良天晴烏骨雞之蛋殼色澤，進行有關產蛋性狀之遺傳參數估算及分析探討，以做為改進產蛋性能及選拔新品系之參考。

材料與方法

本試驗於農業部畜產試驗所 (簡稱畜試所) 畜產經營組試驗雞舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容經畜產試驗所實驗動物照護及使用小組以畜試動字 109-20 號核准在案。

I. 試驗雞隻之飼養管理及試驗方法

引種之種原分別有畜試白絲羽烏骨雞與民間藍殼蛋烏骨雞 (silkie chicken, 以下簡稱 SC)。畜試白絲羽烏骨雞為畜試所自民國 94 年起進行產蛋數選拔，經 8 世代育成，於 103 年正式提出命名登記申請，經行政院農業委員會審查，於中華民國 103 年 12 月 01 日行政院農業委員會農牧字第 1030043688 號函，公告通過新品種登記，正式命名為「畜試白絲羽烏骨雞」。民間藍殼蛋烏骨雞於民國 101 年自臺南市西港地區引進具烏骨雞鬍鬚外貌且產藍殼蛋之民間烏骨雞 4 隻母雞，飼養於畜試所並進行產蛋性能檢定。

將民間藍殼蛋烏骨雞母雞與畜試白絲羽烏骨雞公雞進行雜交，繁殖後代天晴烏骨雞。天晴烏骨雞進行自交，系譜繁殖新世代。雞隻於育成期間水與飼料任食，小雞於 0 - 3 週時以平飼保溫育雛，4 - 17 週齡於平飼或高床飼養。候選種母雞於 18 週齡以後上個別產蛋籠 (長 50 cm、寬 30 cm、高 39 cm)，進行產蛋性能檢定，水與飼料任食。候選種公雞於 18 週齡以後上個別產蛋籠 (長 50 cm、寬 30 cm、高 49 cm)，於 18 週齡 (含) 以後仍餵飼大雞料，水與飼料任食。TCS 第 1 - 8 世代 (G1 - G8) 以小族群系譜選育方式來選育母雞的蛋殼色差 a^* 值，每世代選留母雞群中蛋殼色差值 a^* 值最低之 100 隻母雞做為選育繁殖之種母雞，公雞則以全同胞或半同胞姐妹蛋殼色差度平均之 a^* 值資料，每世代選留公雞群中蛋殼色差值 a^* 值最低之 20 隻母雞做為選育繁殖之種公雞，進行家族選拔 30 週齡蛋殼顏色 a^* 值較藍之個體公雞，依個別系譜配種繁殖下一代，每世代約孵化 600 隻雛雞，每隻雛雞皆掛上個別羽號，可追溯每隻個別系譜資料。

II. 配種選育方法

收集天晴烏骨雞之產蛋性狀資料後，以小族群系譜選育方式來選育母雞的蛋殼色差 a^* 值，公雞則以全同胞或半同胞姐妹蛋殼色差度平均之 a^* 值資料，進行家族選拔達 30 週齡蛋殼顏色 a^* 值較低具色澤較藍之個體公雞與母雞，根據系譜配種繁殖下一代 (劉等, 2022)。G0、G1 及 G2 選留配種之公雞與母雞分別為公 12 隻與母 35 隻、公 10 隻與母 42 隻及公 15 隻與母 75 隻。另為擴大繁殖族群於 G3 - G6 選留種公 20 隻與母 100 隻進行配種繁殖。G7 因種雞舍籠飼飼養空間有限，改以公 14 隻與母 75 隻進行人工授精個別配種，並避開全同胞與半同胞配種，進行繁殖下一代。淘汰產蛋少、蛋未受精或未有孵化小雞之母雞，各世代供選拔天晴烏骨雞之公雞與母雞隻數列於表 1。統計自 2012 - 2021 年間共繁殖檢定天晴烏骨雞公 1,580 隻與母 1,908 隻，合計 3,488 隻，供選育天晴烏骨雞蛋殼色澤改良使用。

III. 產蛋性能測定

母雞經生長性能測定後，其 16 週齡體重需達 700 g 以上，經雛白痢篩選後，將雛白痢陰性反應母雞群，上個別產蛋籠進行初產蛋重、初產體重、初產日齡、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週齡產蛋數等產蛋性能檢定。

IV. 蛋殼色差度測定

個別母雞 30 週齡收集所產之雞蛋三顆，使用分光測色計 (KONICA MINOLTA, CM-2300d, Japan)，測其蛋殼鈍端之外表蛋殼色差度，其所測得 Hunter L^* 值、 a^* 值及 b^* 值。 L^* 值代表亮度，數值 100 時為全白，0 時為全黑； a^* 值代表紅色度，正值時為紅，負值為綠； b^* 值代表黃色度，正值時為黃，負值時為藍。

V. 微衛星遺傳標記檢測

以含 EDTA K3 抗凝劑的採血管，採集 117 隻天晴烏骨雞 G5 種雞個體之翼靜脈血樣，使用核酸萃取試劑組 (EasyPure Genomic DNA Extraction Kit) 萃取血樣 DNA。應用 FAO(2010) 建議使用的 24 組雞微衛星型遺傳標記組 (ADL0112、ADL0268、ADL0278、MCW0014、MCW0016、MCW0034、MCW0037、MCW0067、MCW0069、MCW0078、MCW0081、LEI0234、MCW0098、MCW0103、MCW0111、MCW0183、LEI0192、MCW0206、MCW0216、MCW0222、MCW0248、MCW0295、MCW0330)，進行 PCR 後，使用 ABI 3730 核酸定序儀進行微衛星遺傳標記分析，以 Excel Microsatellite Toolkit 套裝軟體進行多態性分析。

VI. 統計分析

本研究累積收集 2013 – 2021 年之試驗資料，使用 SAS 統計分析系統之 PROC INBREED 程序估算每代公母雞之近親係數，依 PROC CORR 分析產蛋性狀之表型相關，及以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，計算各項測定性狀之平均值及標準偏差 (SAS, 2004)，至於各項產蛋性狀之遺傳參數估算係利用 VCE 4.2 (Variance Component Estimate) 軟體 (Groeneveld, 1996)，使用孵化批次做為固定效應，個體系譜做為隨機效應，依限制最大似然法 (restricted maximum likelihood, REML) 採多性狀動物模式來進行遺傳參數 (遺傳率與遺傳相關) 之估算試驗。

結果與討論

I. 選拔試驗雞隻及選拔百分率

選拔試驗雞隻其各代選拔族群列於表 1，總計檢定公雞 1,580 隻與母雞 1,980 隻。G1 – G3 因族群隻數較少，選留蛋殼色澤較藍 (a^* 值) 之個體公雞與母雞，進行人工授精。G4 選取公 15 隻、母 75 隻配種繁殖。另為擴大繁殖族群於 G5 – G8 擴大選留種雞，選取公 20 隻、母 100 隻並避開全同胞與半同胞配種，進行繁殖下一代。淘汰蛋未受精或未有孵化小雞之母雞，實際有後代的公雞與母雞隻數如表 1。經計算選拔強度結果，公雞之選拔百分率介於 5.5 – 24.1%，母雞則介於 15.1 – 82.8%。

表 1. 天晴烏骨雞之選拔族群

Table 1. Selected populations of Tien Ching silkie chickens

| Line/ Generations | Hatched data | Incubation date (year/month/day) | No. of chicks | | Parents | | Selection percentage | |
|----------------------|--------------|-------------------------------------|---------------|-------|---------|-----|----------------------|------|
| | | | M* | F | M | F | M | F |
| SW, SC | | | | | 13 | 14 | | |
| SW × SC/F1 | 4 | 2012/09/25 | | | | | | |
| | | 2012/11/05 | 29 | 29 | 7 | 24 | 24.1 | 82.8 |
| | | 2012/12/10 | | | | | | |
| | | 2013/02/04 | | | | | | |
| TCS/G0 | 2 | 2013/12/02 | 139 | 146 | 9 | 22 | 6.5 | 15.1 |
| | | 2014/02/13 | | | | | | |
| TCS/G1 | 1 | 2015/05/08 | 63 | 65 | 10 | 42 | 15.9 | 64.6 |
| TCS/G2 | 2 | 2016/04/22 | 253 | 223 | 14 | 59 | 5.5 | 26.5 |
| | | 2016/05/19 | | | | | | |
| TCS/G3 | 2 | 2017/04/20 | 292 | 277 | 20 | 89 | 6.8 | 32.1 |
| | | 2017/05/11 | | | | | | |
| TCS/G4 | 1 | 2018/04/25 | 236 | 354 | 20 | 81 | 8.5 | 22.9 |
| TCS/G5 | 1 | 2019/04/23 | 155 | 274 | 20 | 90 | 12.9 | 32.8 |
| TCS/G6 | 1 | 2020/04/21 | 243 | 310 | 20 | 87 | 8.2 | 28.1 |
| TCS/G7 | 1 | 2021/05/25 | 170 | 230 | 14 | 58 | 8.2 | 25.2 |
| Total | | | 1,580 | 1,908 | 147 | 556 | | |

* M: male, F: female. SW: LRI silkie white chicken, SC: silkie chicken, TCS: Tien Ching silkie chickens, F1: first filial generation, Gx: self-fertilizations generation.

II. 每代公母雞之近親係數估算

計算天晴烏骨雞經 8 代選拔之後，每代公母雞之近親係數平均值與標準偏差計算結果列於表 2。公雞之近親係數平均值與母雞近似，由於 2013 年間之雞群數量少，雞隻採用逢機配種繁殖，可能存在血緣關係，因此為避開近親配種，重新編號，並假設種原來源無親屬關係，並避開全同胞與半同胞配種，以減少近親配種的發生。結果顯示於 G1 之公母雞均無存在親屬關係，惟每代近親係數呈緩慢增加，至 G7 時公雞為 0.125，母雞為 0.127。

表 2. 天晴烏骨雞公母雞各代之近親係數平均值與標準偏差

Table 2. Mean and standard deviation of inbreeding coefficients in males and females of the Tien Ching silkie chickens after generations of selection

| Generations | Male | Female |
|-------------|---------------|---------------|
| G0 | 0.000 × 0.000 | 0.000 × 0.000 |
| G1 | 0.000 × 0.000 | 0.000 × 0.000 |
| G2 | 0.036 × 0.014 | 0.036 × 0.016 |
| G3 | 0.063 × 0.025 | 0.064 × 0.022 |
| G4 | 0.101 × 0.031 | 0.104 × 0.031 |
| G5 | 0.108 × 0.018 | 0.108 × 0.020 |
| G6 | 0.120 × 0.023 | 0.119 × 0.020 |
| G7 | 0.125 × 0.020 | 0.127 × 0.021 |

Mean ± standard deviation.

Gx: self-fertilizations generation.

III. 天晴烏骨雞產蛋性能

母雞於 16 週齡雛白痢與外貌篩選後，於個別產蛋籠進行母雞產蛋性能測定。試驗結果如表 3，天晴烏骨雞第 7 世代母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週產蛋數分別為 169 日、1,379 g、32.0 g、1,575 g、43.2 g 及 78 枚。比較世代間天晴烏骨雞產蛋性能差異，初產日期以 G2 母雞最早開始初產，以 G4 母雞為最晚開始初產，G2 與 G4 相比較初產日期達顯著性差異 ($P < 0.05$)。初產體重以 G2 最重，G4 為最輕，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。初產蛋重以 G5 及 G6 較重，G3 為較輕，世代間無顯著差異。40 週齡平均蛋重以 G1 較重，G0 較輕，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。40 週齡體重以 G2 為最重，G4 為最輕，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。40 週齡產蛋數以 G0 為最少，G7 為最多，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。本品系之選育是以歷代母雞蛋殼色差 a^* 值選育為主，因此會產生蛋殼色差世代差異，而各世代間產蛋性能些許差異，可能是年度環境差別所造成。天晴烏骨雞 G7 產蛋性能與親代 SW 與引種烏骨雞 SC 相比較，天晴烏骨雞之初產日齡較 SW 晚 11 天，較 SC 提早 20 天。天晴烏骨雞之初產體重較親代 SW 和 SC 分別增加 198 g 和 132 g。天晴烏骨雞之初產蛋重較親代 SW 與 SC 增加 2.3 g。天晴烏骨雞之 40 週齡平均蛋重較親代 SW 和 SC 分別增加 3.8 g 及 3.1 g。天晴烏骨雞之 40 週齡體重較親代 SW 和 SC 分別增加 114 g 和 205 g。天晴烏骨雞 40 週齡產蛋數較親代 SW 少 19 枚蛋，較親代 SC 則增加 30 枚蛋。以 40 週齡產蛋數而言，天晴烏骨雞利用 SW 高產蛋性能雜交具藍殼蛋特性之 SC，其結果天晴烏骨雞較雜交親代 SC40 週齡產蛋數增加 1.62 倍以上，達到增加產藍殼蛋母雞之產蛋數效果。雜交親代 SW 與 SC 之 40 週齡產蛋數分別為 97 枚與 48 枚，與雜交子代 TCS 之 F1 世代 40 週齡產蛋數為 75 枚，計算 40 週齡產蛋數之雜交優勢為 3.5%，表示雜交後裔 40 週齡產蛋數優於親代 SC40 週齡產蛋數，具有雜交優勢。許 (2014) 試驗結果，絲羽烏骨雞母雞平均初產日齡、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週產蛋數分別為 185 日、1,158 g、39.1 g 及 51 枚。

另 2020 年 TCS 之 G6 取 32 隻母雞於 22 週齡至 74 週齡收集累計 52 週 (1 年) 之產蛋數與飼料採食記錄，該世代初產日齡為 168 日，22 週齡平均蛋重為 31.4 g，至 52 週齡產蛋數 145 枚，22 至 74 週齡平均蛋重為 42.1 g，總平均產蛋率為 54.7%，22 至 74 週齡產蛋數 (年產蛋數) 為 203 枚。中國江西省泰和縣與福建省泉州市飼養之絲羽烏骨雞，蛋殼以淺褐色，開產日齡福建地區為 170 日齡，江西地區為 156 日齡，年產蛋數福建地區為 120 - 150 個，江西地區為 110 枚，蛋重福建地區為 47 g，江西地區為 40 g。中國江西省東鄉縣飼養之東鄉綠殼蛋雞，蛋殼呈淺綠色，初產日齡為 152 日齡，至 500 日齡產蛋數 160 - 170 枚，蛋重 50 g。中國湖北省鄖陽地區飼養之鄖陽白羽烏雞，蛋殼呈淺褐色，初產日齡為 200 日齡，年產蛋數 160 枚，蛋重 45 g。中國四川省萬源

縣九院地區縣飼養之九院黑雞，蛋殼多為淺褐色，其中有 5% 左右為綠色，初產日齡為 195 日齡，年產蛋數 150 枚，蛋重 54 g。中國四川省沐川縣飼養之沐川烏骨黑雞，蛋殼呈淺褐色，初產日齡為 210 – 230 日齡，年產蛋數 110 枚，蛋重 54 g。中國雲南省鹽津縣飼養之鹽津烏骨雞，蛋殼以淺褐色為多，白色較少，初產日齡為 210 日齡，年產蛋數 120 – 160 枚，蛋重 57 g (徐及陳，2003)。天晴烏骨雞初產日齡較上述多數中國烏骨雞品種為早，年產蛋數更高於上述中國烏骨雞品種。

表 3. 天晴烏骨雞選育族群各世代之母雞產蛋性能

Table 3. Laying performance of Tien Ching silkie chickens in each generation of selection flock

| Line/ Generation | AFE (day) | BWFE (g) | EWFE (g) | EW40 (g) | BW40 (g) | EN40 (egg) |
|------------------|--|--|-------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| SW | 158 ± 14.8 (N = 235) | 1,181 ± 125 (N = 235) | 29.7 ± 6.5 (N = 235) | 39.4 ± 3.3 (N = 215) | 1,461 ± 162 (N = 233) | 97 ± 23 (N = 235) |
| SC | 189 ± 10.8 (N = 4) | 1,247 ± 140 (N = 4) | 29.7 ± 2.8 (N = 4) | 40.1 ± 1.6 (N = 4) | 1,370 ± 269 (N = 4) | 48 ± 10 (N = 4) |
| SW × SC/F1 | 157 ± 8.2 ^c (N = 29) | 1,366 ± 173 ^{bc} (N = 29) | 33.2 ± 6.7 (N = 29) | 41.2 ± 3.4 ^b (N = 27) | 1,432 ± 190 ^{fg} (N = 29) | 75 ± 23 ^{ab} (N = 29) |
| TCS/G0 | 164 ± 12.9 ^{bcd} (N = 85) | 1,373 ± 172 ^b (N = 85) | 30.8 ± 6.3 (N = 85) | 41.1 ± 3.5 ^b (N = 78) | 1,486 ± 224 ^{ef} (N = 85) | 59 ± 22 ^c (N = 85) |
| TCS/G1 | 162 ± 13.3 ^{cd} (N = 47) | 1,447 ± 240 ^a (N = 47) | 30.8 ± 5.5 (N = 47) | 43.6 ± 3.2 ^a (N = 47) | 1,682 ± 352 ^{ab} (N = 47) | 71 ± 18 ^{ab} (N = 47) |
| TCS/G2 | 159 ± 10.6 ^{dc} (N = 180) | 1,496 ± 225 ^a (N = 180) | 31.7 ± 7.4 (N = 179) | 42.9 ± 3.4 ^a (N = 167) | 1,733 ± 306 ^a (N = 179) | 77 ± 20 ^a (N = 179) |
| TCS/G3 | 165 ± 12.9 ^{abc} (N = 216) | 1,351 ± 179 ^{bc} (N = 216) | 30.6 ± 5.4 (N = 216) | 43.4 ± 3.0 ^a (N = 196) | 1,625 ± 268 ^{bc} (N = 216) | 70 ± 18 ^{ab} (N = 207) |
| TCS/G4 | 171 ± 17.2 ^a (N = 278) | 1,238 ± 160 ^d (N = 277) | 31.4 ± 5.6 (N = 277) | 42.7 ± 2.8 ^a (N = 228) | 1,394 ± 211 ^g (N = 270) | 67 ± 21 ^b (N = 270) |
| TCS/G5 | 170 ± 19.2 ^a (N = 217) | 1,301 ± 158 ^c (N = 179) | 31.7 ± 5.4 (N = 179) | 43.3 ± 3.7 ^a (N = 194) | 1,441 ± 206 ^{fg} (N = 214) | 75 ± 21 ^{ab} (N = 214) |
| TCS/G6 | 168 ± 14.1 ^{ab} (N = 284) | 1,356 ± 176 ^{bc} (N = 284) | 31.7 ± 6.8 (N = 284) | 43.2 ± 3.1 ^a (N = 252) | 1,526 ± 210 ^{dc} (N = 282) | 75 ± 18 ^{ab} (N = 282) |
| TCS/G7 | 169 ± 12.4 ^{ab} (N = 207) | 1,379 ± 157 ^b (N = 207) | 32.0 ± 7.0 (N = 207) | 43.2 ± 2.6 ^a (N = 189) | 1,575 ± 217 ^{cd} (N = 201) | 78 ± 17 ^a (N = 201) |

AFE: Age at the first egg, BWFE: body weight at the first egg, EWFE: egg weight at the first egg, EW40: egg weight at 40 weeks of age, BW40: body weight at 40 weeks of age, EN40: egg number up to 40 weeks of age. SW: LRI silkie white chicken, SC: silkie chicken, TCS: Tien Ching silkie chickens, F1: first filial generation, Gx: self-fertilizations generation.

N: Sample size, Mean ± standard deviation.

^{a-g} Means in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

IV. 蛋殼色差度與 40 週齡產蛋性狀之表型相關、遺傳率與遺傳相關

母雞於 30 週齡收集個別母雞所產之雞蛋三顆，測其外表蛋殼色差度及蛋殼品質測定，其結果分別列於表 4。天晴烏骨雞 G7 母雞 30 週齡平均蛋殼色差度 L^* 值為 83.0，蛋殼色差度 a^* 值為 -8.71，殼色差度 b^* 值為 9.07，其蛋殼外觀顏色為天藍色。以天晴烏骨雞 G7 之蛋殼色差度與引種親代 SW 與 SC 相比較，TCS 蛋殼色差度 L^* 值較親代 SW 增加 7.50，較親代 SC 增加 4.75，亮度有增加。TCS 蛋殼色差度 a^* 值較親代 SW 降低 15.94，較親代 SC 降低 3.72，TCS 經選育多代蛋殼色差度 a^* 值結果，較原種 SW 之色差度 a^* 值 7.23 明顯不同，可見選育母雞蛋殼色差度 a^* 值，可顯著改進蛋殼之外觀顏色。TCS 蛋殼色差度 b^* 值較親代 SW 降低 8.60，較親代 SC 降低 4.89。TCS 之 G7 蛋殼色差值較親代 SW 改進色澤許多，與親代 SC 色澤趨於相近。豐和烏骨雞(來源臺灣豐和火雞有限公司)平均蛋殼顏色 L^* 值為 81.3、 a^* 值 -7.87、 b^* 值 9.29(劉等，2018)。TCS 與豐和烏骨雞蛋殼顏色相比較，BSE 較豐和烏骨雞之 L^* 值高 1.7、 a^* 值低 0.84 及 b^* 值低 0.22。

表 4. 畜試白絲羽烏骨雞 (SW)、引種烏骨雞 (SC) 及天晴烏骨雞 (TCS) 選育族群各世代於 30 週齡母雞之蛋殼色差度

Table 4. The color differences of eggshell in various generations of breeding populations of SW, SC, and TCS at 30 weeks of age

| Line/ Generation | L* value | a* value | b* value |
|------------------|--|--|---|
| SW | 75.50 ± 3.96 ^Y (N = 104) | 7.23 ± 2.29 ^X (N = 104) | 17.67 ± 3.35 ^X (N = 104) |
| SC | 78.25 ± 4.80 ^Y (N = 4) | -4.99 ± 2.33 ^Y (N = 4) | 13.96 ± 6.17 ^Y (N = 4) |
| SW × SC/F1 | 75.59 ± 4.39 ^d (N = 12) | -1.75 ± 6.78 ^c (N = 12) | 14.26 ± 3.25 ^c (N = 12) |
| TCS/G0 | 77.60 ± 4.07 ^c (N = 73) | 1.59 ± 6.43 ^a (N = 73) | 17.93 ± 4.23 ^a (N = 73) |
| TCS/G1 | 76.80 ± 6.82 ^{cd} (N = 48) | -0.06 ± 5.00 ^b (N = 48) | 16.25 ± 4.09 ^b (N = 48) |
| TCS/G2 | 75.66 ± 4.25 ^d (N = 176) | -2.00 ± 6.39 ^c (N = 176) | 14.78 ± 3.89 ^c (N = 176) |
| TCS/G3 | 75.50 ± 3.89 ^d (N = 208) | -5.90 ± 3.19 ^d (N = 208) | 14.01 ± 3.65 ^c (N = 208) |
| TCS/G4 | 79.42 ± 3.50 ^b (N = 259) | -6.69 ± 2.74 ^{de} (N = 259) | 12.35 ± 3.45 ^d (N = 259) |
| TCS/G5 | 79.70 ± 3.78 ^b (N = 207) | -7.38 ± 1.59 ^{ef} (N = 207) | 11.97 ± 3.07 ^d (N = 207) |
| TCS/G6 | 80.38 ± 3.62 ^b (N = 276) | -8.01 ± 1.47 ^{ef} (N = 276) | 10.52 ± 2.94 ^e (N = 276) |
| TCS/G7 | 83.00 ± 3.05 ^{a,x} (N = 197) | -8.71 ± 1.41 ^{f,z} (N = 197) | 9.07 ± 2.69 ^{f,z} (N = 197) |

N: Sample size, Mean ± standard deviation .

SW: LRI silkie white chicken, SC: silkie chicken, TCS: Tien Ching silkie chickens, F1: first filial generation, Gx: self-fertilizations generation.

^{a-f} Means in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

^{x-z} Means in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

天晴烏骨雞蛋殼色差度及產蛋性能資料進行表型相關、遺傳率與遺傳相關分析列於表 5。使用具系譜之天晴烏骨雞進行純系選拔，並進一步依系譜累積收集至 8 代 (G0 – G7) 相關資料，經採多性狀動物模式進行遺傳參數之估算結果，顯示天晴烏骨雞蛋殼色差度 a* 值、b* 值、L* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重之遺傳率分別為 0.996、0.606、0.475、0.488、0.738 及 0.590，此結果與劉等 (2010) 分析絲羽烏骨雞累積 5 代之至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重之遺傳率分別為 0.31、0.84 及 0.58，以及林等 (2021) 依據系譜與相關產蛋能力用 VCE 6.0.2 軟體進行臺灣土雞近親品系一號品系 L7 母雞產蛋性狀遺傳參數估計，結果顯示達 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡平均蛋重之遺傳率估值分別為 0.42、0.49 及 0.61，皆具高度遺傳率。從本研究結果與以往研究顯示體重和蛋重都比產蛋數有較高的遺傳率，而烏骨雞蛋殼色差度也有很高的遺傳率，尤其是 a* 值，所以選拔效率高。

在表型相關方面，母雞蛋殼色差度 a* 值與 b* 值具高度表型正相關 (rp = 0.6, P < 0.01)，與 Aygun (2014) 以 60 週齡褐殼蛋雞分析結果高度表型正相關 (rp = 0.41, P < 0.001) 結果相似，顯示選留蛋殼色差度 a* 值下降，相對蛋殼色差度 b* 值亦會下降；蛋殼色差度 a* 值與 L* 值具中度表型負相關 (rp = -0.35, P < 0.01)，與 Aygun (2014) 分析結果具高度表型負相關 (rp = -0.85, P < 0.001) 結果相似，代表蛋殼色差度 a* 越低，L* 相對較增高現象；母雞蛋殼色差度 b* 值與 L* 值具高度表型負相關 (rp = -0.70, P < 0.01)，與 Aygun (2014) 分析結果具中度表型負相關 (rp = -0.26, P < 0.001) 結果相似，代表蛋殼色差度 b* 越低，其 L* 越高，亮度越亮；蛋殼色差度 L* 值與母

雞至 40 週齡產蛋數具中度表型正相關 ($r_p = -0.30$, $P < 0.01$)，代表蛋殼色差度 L^* 越高其母雞至 40 週齡產蛋數會較高。母雞 40 週齡體重與 40 週齡蛋重具中度表型正相關 ($r_p = 0.30$, $P < 0.01$)，代表天晴烏骨雞屬小體型烏骨雞，其母雞 40 週齡體重較重者，相對於 40 週齡所產之蛋重，有較重之趨勢。40 週齡產蛋數與 40 週齡體重具低度表型顯著正相關 ($r_p = 0.23$, $P < 0.01$) 之結果不同，推測可能因飼養環境氣候變化有關。

表 5. 天晴烏骨雞選育 8 代蛋殼色差度與產蛋性狀之遺傳率、表型相關與遺傳相關

Table 5. Heritability, phenotypic correlation, and genetic correlation of eggshell color and egg production traits in 8 generations of selectively bred Tien Ching silkie chickens

| Items | a* value | b* value | L* value | EN40 | BW40 | EW40 |
|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| a* value | 0.996 ± 0.003 | 0.670 ± 0.030 | -0.345 ± 0.046 | 0.033 ± 0.045 | 0.009 ± 0.036 | 0.074 ± 0.029 |
| b* value | 0.630** | 0.606 ± 0.034 | -0.785 ± 0.028 | 0.049 ± 0.066 | -0.063 ± 0.053 | 0.085 ± 0.058 |
| L* value | -0.353** | -0.702** | 0.475 ± 0.034 | 0.321 ± 0.064 | -0.092 ± 0.056 | -0.214 ± 0.062 |
| EN40 | -0.063* | -0.149** | 0.302** | 0.488 ± 0.043 | -0.244 ± 0.059 | -0.407 ± 0.067 |
| BW40 | 0.132** | 0.076** | -0.168** | -0.019 | 0.738 ± 0.031 | 0.461 ± 0.048 |
| EW40 | -0.026 | -0.021 | -0.052 | -0.102** | 0.299** | 0.590 ± 0.038 |

The phenotypic correlations (below the diagonal), heritabilities (on diagonal), and genetic correlations (above the diagonal, mean ± SD).

EN40: Number of eggs laid up to 40 weeks of age.

BW40: Body weight at 40 weeks of age.

EW40: Eggs weights at 40 weeks of age.

* Significant ($P < 0.05$).

** Highly significant ($P < 0.01$).

遺傳相關之估算結果，蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值為高度遺傳正相關 ($r_g = 0.67$)，代表選育蛋殼色差度 a^* 值越低，其蛋殼色差度 b^* 值亦會影響數值變降低。蛋殼色差度 a^* 與蛋殼色差度 L^* 值為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.35$)。蛋殼色差度 b^* 值與蛋殼色差度 L^* 值為高度遺傳負相關 ($r_g = -0.79$)。蛋殼色差度 L^* 值與母雞至 40 週齡產蛋數為中度遺傳正相關 ($r_g = 0.32$)，與 40 週齡蛋重為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.21$)。母雞至 40 週齡產蛋數與 40 週齡體重、40 週齡蛋重為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.24$; $r_g = -0.41$)，此結果與劉等 (2010) 分析絲羽烏骨雞累積 5 代之母雞至 40 週齡產蛋數與 40 週齡體重、40 週齡蛋重為中度遺傳正相關及低度遺傳負相關 ($r_g = 0.34$; $r_g = -0.18$) 不同，此外本試驗結果與 Francesch *et al.* (1997) 報告指出 3 種品種蛋雞 39 週齡產蛋數與蛋重為為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.20$) 接近。另外母雞 40 週齡體重與 40 週齡蛋重為中度遺傳正相關 ($r_g = 0.46$)，此結果與劉等 (2010) 分析結果為高度遺傳正相關 ($r_g = 0.46$) 相同，以及林等 (2021) 臺灣土雞近親品系一號品系 L7 母雞 40 週齡體重與 40 週齡蛋重呈現高度遺傳正相關 ($r_g = 0.63$) 相似。Francesch *et al.* (1997) 報告指出 3 種品種蛋雞 39 週齡產蛋數與蛋殼色澤為低度至中度遺傳負相關 ($r_g = -0.03 - -0.29$)，而 39 週齡蛋重與蛋殼色澤為低度至中度遺傳正相關 ($r_g = 0.00 - 0.30$)，無法與本試驗蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值分別計算遺傳相關無法比較。

從表型相關分析結果與遺傳相關估算結果顯示，蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重表型相關值等與遺傳相關均不一致。與蛋殼色差度 a^* 值呈顯著表型正相關之性狀為蛋殼色差度 b^* 值、40 週齡體重，然此性狀與蛋殼色差度 L^* 值之遺傳相關為負相關，由此可知這些性狀受其他因素影響間接提高雞蛋蛋殼色澤。因為表型相關係由遺傳相關和環境相關所組合，如果兩性狀具有低的遺傳變異率，顯示表型的相關性主要是由環境所影響，假如有較高的遺傳變異率，則遺傳是較重要的。表型相關的雙重性質顯示相關的大小與信息標誌很難單從表型相關的大小確定。而遺傳和環境的相互關係常存在不同的交感效應，不同的遺傳標誌通過不同的生理機制，產生遺傳和環境上對性狀的影響。另於觀察發現以相同的蛋殼色差 a^* 值二顆蛋，若其中一顆蛋殼色差 b^* 值數據相對較高，該顆蛋之外觀色澤會較偏向橄欖綠之色澤；以相同的蛋殼色差 a^* 值二顆蛋，若其中一顆蛋殼色差 L^* 值數據相對較高，該顆蛋之外觀色澤會較偏向較亮之色澤。以天晴烏骨雞之表型相關、遺傳率與遺傳相關資料顯示欲選育蛋殼色差度 a^* 值時，須一併考量 b^* 值及 L^* 值之數值。

V. 蛋殼色差度 a^* 值之累計改進量及其育種價值

分析 G0 至 G8 天晴烏骨雞蛋殼色差度 a^* 值之表型值，由 G0 之 1.59 下降至 G7 為 -8.71，其 G7 蛋殼色差度

G7 蛋殼色差度 a* 值之遺傳值累計改進量估值達 -6.88 (圖 1)。顯示經持續 8 代蛋殼色差度 a* 值選拔，在遺傳估值與表型值的分析結果頗為一致，均呈逐代改進現象。

表 6. 天晴烏骨雞蛋殼色差度 a* 值表型值與遺傳值累計改進量

Table 6. Cumulative improvement in phenotypic and genetic values of eggshell a* value in Tien Ching sikie chickens to 40 weeks of age

| Generation | Phenotypic values of eggshell a* value | Breeding value of eggshell a* value | Cumulative improvement of phenotypic values | Cumulative improvement of genetic values |
|------------|--|-------------------------------------|---|--|
| G0 | 1.59 | 3.52 | 0.00 | 0.00 |
| G1 | -0.06 | 0.26 | -1.65 | -3.26 |
| G2 | -2.00 | 0.33 | -3.59 | -3.19 |
| G3 | -5.90 | -2.12 | -7.49 | -5.64 |
| G4 | -6.69 | -2.68 | -8.28 | -6.20 |
| G5 | -7.38 | -3.24 | -8.97 | -6.76 |
| G6 | -8.01 | -3.31 | -9.60 | -6.83 |
| G7 | -8.71 | -3.36 | -10.30 | -6.88 |

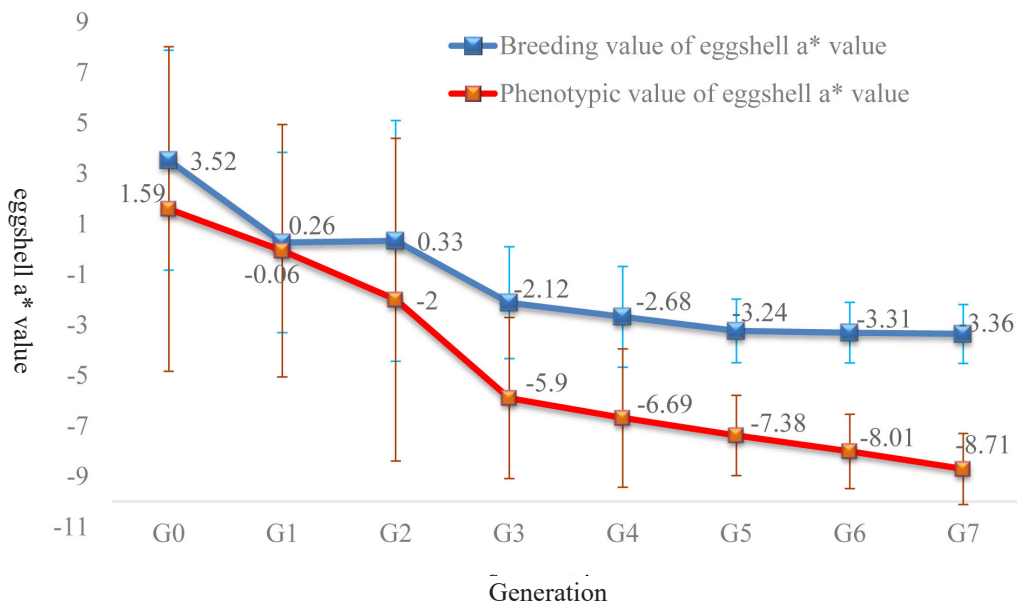


圖 1. 天晴烏骨雞蛋殼色差度 a* 值之表型值與育種價值改進情形。

Fig. 1. Cumulative improvement in phenotypic and genetic values of eggshell color a* value in Tien Ching silkie chickens.

VI. 微衛星遺傳標記分析

天晴烏骨雞微衛星遺傳標記分析結果，列如表 7。其中除 MCW0103、MCW0216 及 MCW0248 微衛星標記所檢測的基因型在所有檢測個體皆為單型外，其它 21 組微衛星標記皆有多態型的基因型，又以 LEI0192 微衛星標記具 12 個基因座最多，共檢測到 87 個對偶基因 (Na, Observed number of alleles)，平均每個基因座具有 3.5 個對偶基因 (1 - 13)；其期望異質度 (HE, Expected heterozygosity) 介於 0 到 0.774，平均為 0.42，觀測異質度 (HO, Observed heterozygosity) 介於 0 到 0.778，平均為 0.37，而多態性訊息含量介於 0 到 0.735，平均為 0.38，呈現中度多態性。PIC 是衡量微衛星多態性高低的指標，當 PIC > 0.5 時，該基因座為高度多態性，0.50 > PIC ≥ 0.25，為中度多態性，當 PIC < 0.25 時，為低度多態性 (Moniem *et al.*, 2019)。在選用的 24 組微衛星標記組中有 10 組呈現高度多態性資訊，有 5 組呈現中度多態性資訊，9 組呈現低度多態性資訊 (林等, 2020)。張 (2007) 研究中國 13 個地方烏骨雞品種在 30 個微衛星標記的遺傳多樣性，共檢測 248 個等位基因。其中對偶基因最多的位點為 ADL136、LEI0094 有 12 個，最少的為 MCW150 有 4 個；平均對偶基因為 8.26，30 個微衛星標記均為多態性，其中有 17 個標記 PIC 值在 0.7 以上，除 ADL201、MCW147、LEI0166 標記為中度多態外，其餘 27 個微衛星標記均為高度多態，平均 PIC 含量為 0.68 高於天晴烏骨雞 0.38，顯示天晴烏骨雞遺傳變異較低，遺傳多樣

性較不豐富，推測是天晴烏骨雞族群小且封閉的緣故。

表 7. 天晴烏骨雞微衛星型遺傳標記分析

Table 7. The microsatellite genetic markers of Tien ching silkie chickens

| Microsatellite loci | Chromosome | Frag-ment (bp) | Na | H _E | H _O | PIC |
|---------------------------|------------|-------------------|-----------|----------------|----------------|-------------|
| MCW0295 | 3 | 87 – 93 | 3 | 0.619 | 0.556 | 0.543 |
| MCW0014 | 6 | 165 – 177 | 2 | 0.198 | 0.000 | 0.178 |
| LEI0192 | 6 | 254 – 376 | 13 | 0.760 | 0.368 | 0.728 |
| MCW0111 | 1 | 98 – 106 | 5 | 0.766 | 0.615 | 0.728 |
| MCW0216 | 13 | 144 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| MCW0183 | 7 | 293 – 305 | 2 | 0.157 | 0.171 | 0.144 |
| MCW0206 | 2 | 221 – 229 | 3 | 0.666 | 0.632 | 0.589 |
| ADL0112 | 10 | 122 – 126 | 2 | 0.502 | 0.487 | 0.375 |
| MCW0069 | E60C04W23 | 155 – 173 | 4 | 0.583 | 0.590 | 0.535 |
| ADL0268 | 1 | 108 – 112 | 2 | 0.467 | 0.479 | 0.357 |
| MCW0067 | 10 | 179 – 183 | 2 | 0.113 | 0.120 | 0.106 |
| MCW0098 | 4 | 255 – 259 | 3 | 0.485 | 0.453 | 0.378 |
| ADL0278 | 8 | 111 – 123 | 3 | 0.474 | 0.547 | 0.415 |
| MCW0248 | W29 | 219 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| MCW0103 | 3 | 268 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| MCW0330 | 17 | 266 – 284 | 3 | 0.633 | 0.496 | 0.556 |
| MCW0037 | 3 | 153 – 155 | 2 | 0.050 | 0.051 | 0.049 |
| MCW0222 | 3 | 218 – 222 | 3 | 0.091 | 0.077 | 0.087 |
| MCW0081 | 5 | 113 – 133 | 3 | 0.554 | 0.538 | 0.491 |
| MCW0034 | 2 | 217 – 251 | 7 | 0.774 | 0.393 | 0.735 |
| MCW0016 | 3 | 137 – 153 | 5 | 0.658 | 0.692 | 0.594 |
| MCW0078 | 5 | 139 – 143 | 2 | 0.143 | 0.137 | 0.132 |
| LEI0234 | 2 | 271 – 315 | 6 | 0.748 | 0.778 | 0.701 |
| LEI0258 | 16 | 262 – 488 | 6 | 0.680 | 0.744 | 0.638 |
| Mean ± standard deviation | | | 3.5 ± 2.6 | 0.42 ± 0.28 | 0.37 ± 0.27 | 0.38 ± 0.26 |

Na: Observed number of alleles.

HE: Expected heterozygosity.

HO: Observed heterozygosity.

PIC: Polymorphic information content.

結 論

本試驗結果顯示天晴烏骨雞之表型相關、遺傳率與遺傳相關資料顯示，欲選育蛋殼色差度 a^* 值時，須一併考量 b^* 值及 L^* 值之數值。此外，經 8 代蛋殼色差度 a^* 值選拔，在遺傳估值與表型值分析結果一致，有逐代改進現象。另外，因天晴烏骨雞為封閉且族群小，造成遺傳多樣性不足。

參考文獻

林德育、曾淑貞、劉曉龍、賴永裕、蔡銘洋、洪哲明、吳明哲。2020。畜試所藍殼烏骨雞之微衛星遺傳標記多態性分析。中畜會誌 49 (增刊): 197。

- 林德育、曾淑貞、林慕堯、劉曉龍、賴永裕、朱家德、張秀鑾、吳明哲。2021。近親土雞 LRI-L7 品系母雞產蛋性狀遺傳參數估計。中畜會誌 50 (增刊)：229。
- 徐桂芳、陳寬維。2003。中國家禽地方品種資源圖譜。中國農業出版社。北京市，第 48-147 頁。
- 許純嘉。2014。峨眉雞、北京油雞、絲羽烏骨雞與興大選育土雞生長與產蛋性能之比較。國立中興大學，碩士論文，臺中市。
- 張晶鑫。2007。中國 13 個地方烏骨雞品種遺傳多樣性研究。揚州大學，碩士論文。
- 劉秀洲、黃振芳、孫自力、李舜榮、王政騰。1998。褐色萊鴨青殼蛋之遺傳特性。畜產研究 31：373-382。
- 劉曉龍、林義福、鄭裕信、洪哲明、謝昭賢。2010。絲羽烏骨雞產蛋性狀之遺傳參數估算。中畜會誌 39(4)：229-237。
- 劉曉龍、林德育、蔡銘洋、洪哲明、林義福、鄭裕信、王義松。2018。豐和烏骨雞選育 4 代之蛋殼顏色改良與近親係數。中畜會誌 47 (增刊)：185。
- 劉曉龍、洪哲明、林正鏞、林義福、林德育、鄭裕信、蔡銘洋。2022。藍殼蛋烏骨雞之選育。畜產研究 55(2)：145-156。
- Aygun, A. 2014. The relationship between eggshell colour and egg quality traits in table eggs. *Indian J. Anim. Res.* 48(3): 290-294.
- FAO. 2010. Secondary Guidelines: Measurement of Domestic Animal Diversity (MoDAD). In: Draft Guidelines on Molecular Genetic Characterization. Six Session, Rome.
- Flock, D. K., M. Schmutz, and R. Preisinger. 2007. Optimierung der Eiqualität aus züchterischer Sicht. *Züchtungskunde.* 79(4): 309-319.
- Francesch A., J. Estany, L. Alfonso, and M. Iglesias. 1997. Genetic parameters for egg number, egg weight, and eggshell color in three Catalan poultry breeds. *Poult. Sci.* 76(12): 1627-1631.
- Groeneveld, E. 1996. REML VCE a multivariate multimodel restricted maximum likelihood (co) variance estimation package. Version 4.2 User's Guide. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, FAL, Mariensee, Germany.
- Kennedy, G.Y. and H. G. Vevers. 1976. A survey of avian eggshell pigments. *Comp. Biochem. Phys.* 55: 117-123.
- Moniem, H. A., Y. Y. Zong, A. Abdallah, and G. H. Chen. 2019. Genetic diversity analysis of fourteen geese breeds based on microsatellite genotyping technique. *Asian-Australas J Anim Sci.* 32(11): 1664-1672.
- SAS. 2004. SAS User's Guide : Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Zhang, L. C., Z. H. Ning, G. Y. Xu, Z. C. Hou, and A. N. Yang. 2005. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. *Poult Sci.* 84(8): 1209-1213.

Estimation of genetic parameters for eggshell color and laying traits in Tien Ching silkie chickens ⁽¹⁾

Ming-Yang Tsai ⁽²⁾⁽⁵⁾ Hsiao-Lung Liu ⁽²⁾ Che-Ming Hung ⁽²⁾ Cheng-Yung Lin ⁽²⁾
Der-Yuh Lin ⁽³⁾ and Yu-Shin Cheng ⁽⁴⁾

Received: Aug. 3, 2023; Accepted: Dec. 21, 2023

Abstract

This study used LRI white silkie chickens with high laying performance to cross with commercial silkie chickens with ten characteristics and blue shell eggs. The appearance, eggshell color and egg production performance were selected and bred. The silkie chickens with the ten characteristics appearance and blue-shelled eggs was named as Tien Ching silkie chicken. The multi traits animal model genetic parameters were estimated from egg production performance, eggshell color and egg traits of 7 generations. The results showed that heritability of a^* , b^* and L^* values of egg shell color and egg production number, body weight and egg weight at 40 weeks of age were 0.996, 0.606, 0.475, 0.488, 0.738 and 0.590, respectively. In phenotype correlation, egg shell color in a^* and b^* values had high positive correlation ($r_p = 0.63$, $P < 0.01$). L^* value had medium negative correlation ($r_p = -0.35$, $P < 0.01$). Egg production number at 40 weeks of age had low negative correlation ($r_p = -0.06$, $P < 0.05$) and body weight at 40 weeks of age had low positive correlation ($r_p = 0.13$, $P < 0.01$). Analysis of genetic correlation showed that egg shell color in a^* and b^* values had high positive correlation ($r_g = 0.67$). L^* value had medium negative correlation ($r_g = -0.35$). Egg production number, body weight and egg weight at 40 weeks of age had low negative correlation ($r_g = 0.03$; $r_g = 0.01$; $r_g = 0.07$). The results indicated that b^* value of egg shell color was lower by the lower of a^* value. Egg production number at 40 weeks of age increased by phenotype estimation. We expected that egg production selection for several generations can further estimate genetic response of related traits that can be used as the basis of selection and breeding.

Key words: Tien Ching silkie chickens, Eggshell, heritability, Genetic correlation.

(1) Contribution No. 2775 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Retired from Director General Office, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: mytsai@mail.tlri.gov.tw.