

給予白色番鴨棲架與足部消毒設備對其生長 與動物福祉性狀之影響⁽¹⁾

蘇晉暉⁽²⁾ 林榮新⁽²⁾ 劉秀洲⁽²⁾ 鄭智翔⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：111 年 8 月 4 日；接受日期：111 年 11 月 14 日

摘 要

本試驗旨在探討提供白色番鴨棲架與足部消毒設備，對其生長以及動物福祉相關性狀之影響。試驗使用 240 隻 1 日齡白色番鴨（公母各半），於鴨隻 3 週齡育雛結束時，依照有無提供棲架與消毒踏槽逢機分配至 12 欄（4 處理 × 3 重複）內，每一欄內公、母各 10 隻。試驗至鴨隻滿 16 週齡為止。於鴨隻 4 週齡開始每週針對其動物福祉相關性狀（足墊損傷、羽毛狀況與步伐）進行評分。於鴨隻 4、8、12 與 16 週齡時各欄內固定 3 隻公鴨抽血以分析其血中皮質酮的濃度，藉此瞭解鴨隻緊迫的程度。試驗結果顯示，各組鴨隻試驗全期體重均無顯著差異；動物福祉相關性狀的試驗結果顯示，於 10 週齡時，棲架處理顯著降低公鴨的腳底損傷分數（ $P < 0.05$ ），消毒踏槽在 12 與 14 週齡時顯著增加公鴨的足墊損傷評分（ $P < 0.05$ ）。羽毛評分與移動步伐兩性狀則於試驗全期並未觀察到組別間具有顯著差異；4 個不同血液採樣時間點之公鴨血液皮質酮濃度亦未觀察到顯著差異。試驗結果顯示，本試驗規劃之棲架與消毒踏槽未大幅度改善 4 至 16 週齡白色番鴨動物福祉相關性狀，另母白色番鴨於試驗期間動物福祉相關性狀表現尚屬良好，公白色番鴨於 7 至 12 週齡羽毛狀況不佳情形以及試驗期間出現少數移動能力不佳個體的情形，仍需結合更多管理與營養調整的手段來舒緩。

關鍵詞：棲架、消毒、白色番鴨。

緒 言

足墊炎 (footpad dermatitis) 是家禽常見的症狀，一般也稱作趾瘤症 (bumble foot)，最初是在 1980 年代發表討論白肉雞上發現的一種皮膚情況 (Greene *et al.*, 1985)。發生足墊炎的家禽其足部肉墊變硬、流膿、腐敗或是足部產生不正常的角質化與組織增生。而在足墊發炎處的中央，通常會直接壞死，因此對於發生此種狀況的家禽而言，將長期忍受極為不適的感覺。

由於雞隻的腳爪在許多國家會被用來當作食材，所以發生足墊炎，除了造成動物本身的痛苦，降低其動物福祉以外，還會造成產業的損失。過去針對足墊炎發生機制探討的研究將發生足墊炎的原因歸咎於以下幾點：性別、品種、飼糧營養、皮膚構造、動物本身的體重、墊料潮濕情況與墊料種類等 (Mayne, 2005)，而在經過 Shepherd and Fairchild (2010) 歸納後認為以潮濕的墊料誘發環境或是家禽足底傷口感染金黃色葡萄球菌的大量增生，是最有可能誘發足墊炎的原因。在鴨隻飼養的過程中，若是以高床飼養，常需以清水沖洗高床地面，可能增加鴨隻足部潮濕的頻率與程度；而在平飼環境下，水禽糞便中含水量較一般陸禽高，容易使墊料在短時間內變得極為潮濕，增加鴨隻趾瘤症的發生機會。為了防疫需求，目前鴨隻產業移至室內或以非開放式飼養的趨勢與動機越趨明顯，但也因此提高鴨隻飼養密度，並導致足墊炎發生的情形更為嚴重。

公番鴨性格具強烈攻擊性，於平飼狀態下常可見社會序位較低的公番鴨背部羽毛被啄導致皮膚暴露於空氣中，嚴重者甚至可見到背部出血的情況。又或者見到公番鴨彼此打鬥後，落敗方於鴨舍內狂奔躲避追擊而導致足部受傷的情形。上述情形的發生不僅造成飼養者的經濟損失，對於鴨隻的動物福祉亦有不利的影響。因此，本試驗藉由提供棲架，增加白番鴨生活空間的立體感，希望藉此降低白色番鴨互相攻擊的情形，並提供鴨隻遭受攻擊時躲藏的空間。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2725 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。

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

間。此外，因足墊炎的發生與金黃色葡萄球菌感染有極大之關係 (李等，2004)，若能使鴨隻於飼養過程中，藉由適當的消毒來降低足部的金黃色葡萄球菌濃度，應該可減少足墊炎的發生與嚴重程度。

材料與方法

I. 試驗動物

使用畜產試驗所宜蘭分所自行孵化之 1 日齡白色雛番鴨公、母各 120 隻，鴨隻出生時打蹠號以識別個體，共 240 隻進行試驗。鴨隻於 3 週齡前飼養於密閉式高床育雛舍內並以保溫燈給予保溫，鴨隻滿 3 週齡時移至密閉式平飼不鏽鋼高床鴨舍，逢機分配至 12 欄，每欄公、母各 10 隻，同時給予不同的試驗處理。鴨隻於滿 4 週齡與 7 週齡時，分別進行家禽霍亂疫苗注射。本動物試驗經過行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所實驗動物照護及使用小組審核通過 (畜試宜動字第 106008 號)。

II. 試驗飼糧

試驗飼糧分 4 階段給予，分別為 0 — 3 週的育雛料、4 — 8 週的育成前期料、9 — 12 週的育成後期料以及 13 — 16 週給予的肥育料。試驗期間飼料與飲水任飼，飼料配方與營養濃度計算值如表 1 所示。

表 1. 各期試驗飼糧組成與營養成分計算值

Table 1. The composition and calculated nutrient values of experimental diet

Ingredients, %	Weeks of age			
	0 — 3	4 — 8	9 — 12	13 — 16
Yellow corn	64.16	65.99	74.10	68.71
Fish meal	6.77	0.82		
Soybean meal, 43% CP	15.50	16.70	14.98	12.70
Wheat bran	10.00	8.80	2.60	2.60
Soybean oil	0.43	1.63	1.38	0.41
Yeast	0.63			1.00
Rice hull		2.19	2.65	10.20
Iodized salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Choline Chloride, 50%	0.20	0.30	0.30	0.30
Pulverized limestone	0.20	1.00	1.10	1.07
Dicalcium phosphate	1.40	1.70	1.88	1.93
DL-Methionine	0.05	0.14	0.15	0.17
L-Lysine	0.16	0.23	0.36	0.41
Vitamin premix ^a	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ^b	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100	100	100	100
Calculated values				
CP, %	18.7	15.4	14.0	13.0
ME, kcal/kg	2,890	2,890	3,000	2,700
Ca, %	0.72	0.73	0.74	0.74
Available P, %	0.43	0.50	0.53	0.53
Lysine, %	1.1	0.90	0.90	0.90
Methionine + Cystine, %	0.71	0.67	0.65	0.63

^a Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 2,000 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K, 3 mg; thiamin, 2 mg; riboflavin, 5 mg; pyridoxine, 3 mg; vitamin B₁₂, 0.03 mg; Ca-pantothenate, 10 mg; niacin, 30 mg; biotin, 0.2 mg; folic acid, 2 mg.

^b Supplied per kilogram of diet: MnSO₄ · H₂O, 40 mg; ZnO, 25 mg; CuSO₄ · 5H₂O, 7.5 mg; Na₂SeO₃, 0.075 mg; FeSO₄ · 7H₂O, 50 mg; KIO₃, 0.425 mg; CoCO₃, 0.125 mg.

III. 試驗處理

試驗依據各欄內提供消毒踏槽與棲架的有無分為 4 處理組之複因子設計。消毒踏槽放置於鴨隻飲水與水浴用之水槽周圍，水槽其中一側貼牆，另外三側被消毒踏槽包圍，確定鴨隻於水浴及飲水時足部會踏入消毒。消毒踏槽設計之俯視圖如圖 1 所示，其大小分別為寬 92 公分、左右長度 58 公分、中央長度 20 公分、壁高 3 公分。消毒踏槽內倒入 3 公升已稀釋為 1,000 倍的四級銨鹽消毒溶液，並於每週一、三、五更新消毒液。棲架側面圖如圖 2 所示，為兩層式設計，第一層高 17 公分、第二層高 47 公分，總長 180 公分（側面圖形狀延伸 180 公分）。棲架放置於處理欄位的中間處，以木板作為兩端的結構支撐，中間架設 30 公分寬白色塑膠網狀床面做為鴨隻休憩使用。並於其中一側以白色塑膠網架設斜坡以利鴨隻攀爬。

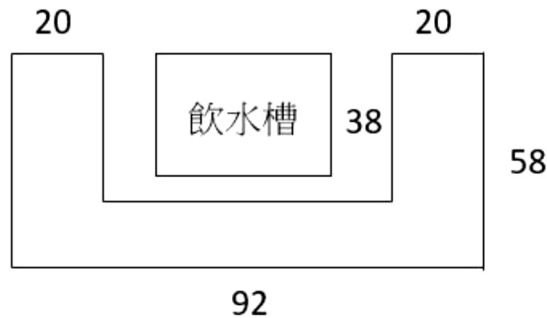


圖 1. 試驗使用消毒踏槽俯視圖（公分）。

Fig. 1. The top view of experimental foot sterilization facility (cm).

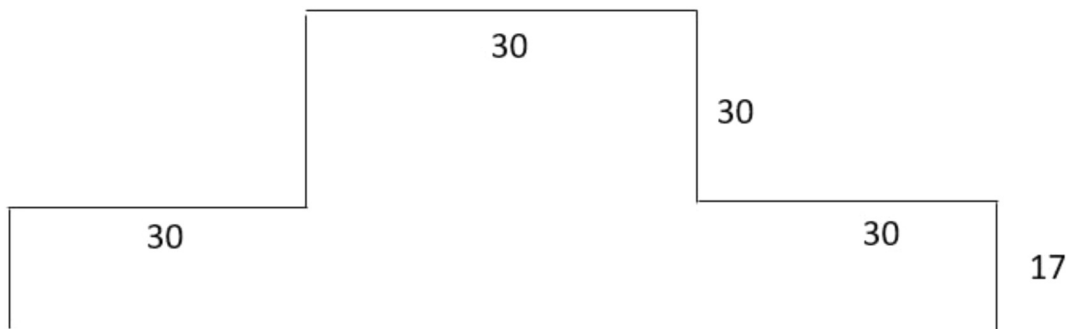


圖 2. 試驗使用棲架側面圖（公分）。

Fig. 2. The side view of experimental perch (cm).

IV. 試驗環境

試驗之個別欄每一欄寬 3 公尺、長 8 公尺，面積為 24 平方公尺。鴨舍兩側以帆布覆蓋，為一非開放式鴨舍，並於鴨舍後方開啟風扇進行強制通風。另外以日光燈給予鴨隻每天 14 小時的光照，光照時間為每日上午 5 時至下午 7 時。

V. 試驗測定項目

(i) 體重

於鴨隻出生後，每週測定其體重，並且於測定體重前一日下午斷食，於隔日體重測定完成後恢復供食，以避免鴨隻消化道中飼糧重量影響體重測定值。

(ii) 動物福祉性狀

於 4 週齡開始，於每週測定鴨隻體重表現後，依序觀察其足墊損傷情形、背部羽毛狀況後放下鴨隻觀察其步行約 3 公尺的步伐情形給與評分。本試驗動物福祉性狀測定項目分別說明如下：

1. 足墊損傷

依照鴨隻足底肉墊損傷程度給予評分。評分方式參考 Hocking *et al.* (2008) 應用於火雞的評分機制，並由原本 0 分至 4 分的評分方式調整為 0 分至 5 分，各項分數之評分說明如表 2 所示。

2. 羽毛狀況

因鴨隻背部及尾部為易受啄羽之處，因此依照鴨隻背部及尾部羽毛狀況給予評分，評分方式參考 Glatz

(2001) 的方式進行，分為 4 分至 1 分，各項分數之評分說明如表 3 所示。

3. 步伐評分

本試驗鴨隻的步伐評分參考修正自 Kestin *et al.* (1992) 的評分標準。評分標準分為 0 分至 3 分，各項分數之評分說明如表 4 所示。考量番鴨啄羽與攻擊情形嚴重，當研究人員評定鴨隻步伐評分為 3 分（行動能力明顯低下）時，會將該個體移出隔離飼養，避免因無法順利行動導致持續遭受攻擊而死亡，經此操作，於試驗結束時各處理組 3 重複公鴨總剔除數量為對照組 4 隻、消毒踏槽組 5 隻、棲架組 9 隻、棲架及消毒踏槽組 4 隻，母鴨則無。

表 2. 試驗鴨隻足墊損傷評分標準

Table 2. Description of duck external foot pad scoring standard in the experiment

Score	Foot pad condition
0	No external signs of foot pad dermatitis. The skin of the foot pad feels soft to the touch and no swelling or necrosis is evident
1	The pad feels harder and denser than a non-affected foot. The central part of the pad is raised, reticulate scales are separated and small black necrotic areas may be present
2	Marked swelling of the foot pad. Reticulate scales are black, forming scale shaped necrotic areas. The scales around the outside of the black areas may have turned white. The area of necrosis is less than one quarter of the total area of the foot pad
3	Swelling is evident and the total foot pad size is enlarged. Reticulate scales are pro-nounced, increased in number and separated from each other
4	As score 3, The amount of necrosis extends to the foot pad, but with less than half the foot pad covered by necrotic cells
5	As score 4, but with more than half the foot pad covered by necrotic cells

表 3. 試驗鴨隻羽毛狀況評分標準

Table 3. Description of duck feather scoring standard in the experiment

Score	Feather condition
4	Nearly no damage of duck's back feathers
3	Some broken of the primarily wing feathers, and the feathers are uneven
2	Back feathers are pecked, and a small area of skin exposed to the air can be observed
1	Back feathers are visibly pecked, and large areas with bleeding or crusted skin are observed

表 4. 試驗鴨隻步伐評分標準

Table 4. Description of duck gait scoring standard in the experiment

Score	Gait condition
0	Duck walks normally and smoothly
1	Duck moves unevenly, but it is difficult to decided which foot is injured
2	Duck is obviously sluggish, have small strides and must use wings for balance
3	Duck is unable to stand and walk, and spend most of their time lying on the ground

(iii) 血液皮質酮濃度

於試驗鴨隻滿 4、8、12 及 16 週齡時，固定上午 8 點 30 分至 10 點間，選取每一欄內固定 3 隻公番鴨進行翼靜脈採血。血液離心後取其血清凍存於 -20℃ 冰箱中，後續以市售皮質酮分析套件 (Item no. 501320, Cayman, USA)，以酵素免疫分析法 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) 測定其血漿中皮質酮的濃度。

VI. 統計分析

試驗為複因子 (factorial experiment) 設計，以消毒踏槽及棲架為主效應 (main effect)。試驗測定之結果使用

SAS 統計套裝軟體 (SAS, 2002) 分析，以一般線性模式 (GLM procedure) 進行主效應與其交互效應的變方分析，並以特奇公正顯著差異法 (Tukey's honest significant difference)，比較各組平均值間之差異顯著性。

結果與討論

表 5 與表 6 為試驗各處理組公鴨與母鴨的體重測定值。試驗結果顯示，公鴨在 11 週齡時，有給予消毒踏槽組的鴨隻其體重有較重的趨勢 ($P = 0.0516$)，而在 12 週齡時，同時提供棲架與消毒踏槽具顯著影響 ($P < 0.05$)，於其他各週齡則未觀察到棲架與消毒踏槽具有效應。在母鴨部分，試驗全期皆未觀察到提供棲架與消毒踏槽具有效應。

給予家禽棲架一般被認為可提高動物的動物福祉，根據歐盟的規定 (1999/74/EC)，飼養者必須提供產蛋雞可接觸到墊料與棲架的環境。根據文獻指出，產蛋雞在 1 週齡時就會使用棲架 (Riber *et al.*, 2007)，且早期給予棲架可促進其骨骼 (Yan *et al.*, 2014) 與肌肉 (Hester *et al.*, 2013) 的發展。此外，棲架也被認為可以提供家禽夜晚時表現躲避狩獵者等自然行為的地方 (Newberry *et al.*, 2001)。過去於白肉雞應用棲架的試驗結果顯示，給予棲架可以在不影響白肉雞生長性能的同時提高其移動能力並讓白肉雞表現棲架行為 (Karaarslan *et al.*, 2021)；Ventura *et al.* (2010) 的研究亦顯示不論是簡單型或複雜型的棲架，都不會顯著影響白肉雞上市日齡的體重；Gebhardt-Henrich *et al.* (2017) 針對白肉種雞的研究也顯示棲架並不會影響其生產表現。本試驗的結果與上述文獻相似，雖然試驗棲架的給予可提高鴨隻飼養環境的豐富性，但對於其生長並未有正面效益。而在消毒踏槽部分，雖然現場實際觀察可發現消毒踏槽的位置可以讓鴨隻於戲水及飲水的同時，強迫其足墊浸入消毒液中，但是消毒踏槽除於公番鴨 11 週齡時有改善體重的趨勢外 ($P = 0.0516$)，此效應並未持續到試驗後期，於其他週齡與母番鴨試驗全期皆未具有效應。推測可能是因為在鴨隻生長初期，雖然足部有輕微損傷，但其傷口對於鴨隻的生長不會造成影響，因此消毒踏槽對於此時的番鴨而言，僅成為增加其環境豐富性的設備。

表 7 與表 8 是試驗各處理組公鴨與母鴨的足墊損傷評分結果。試驗結果顯示，在公番鴨 10 週齡時棲架顯著降低其足墊損傷 ($P < 0.05$)，12 與 14 週齡時消毒踏槽則顯著增加其足墊損傷 ($P < 0.05$)。母番鴨於試驗全期未觀察到棲架與消毒踏槽具顯著效應，母鴨未如公鴨具顯著效應，可能是受到兩者體重與生長速度差異所導致。針對足墊炎的研究認為足墊炎的成因相當複雜，包含飼養密度、族群管理、床面材質與品質、墊料潮濕程度、營養等因素都有可能造成足墊炎 (Swiatkiewicz *et al.*, 2017)。Wyneken *et al.* (2015) 觀察到白肉雞足墊炎的發生與墊料潮濕程度具線性關係，然而 Kaukonen *et al.* (2016) 的研究結果顯示就算保持良好的墊料品質也沒辦法確保白肉種雞能維持良好的足墊品質，足墊炎的發生率與嚴重程度隨著白肉種雞年齡的增加依舊持續惡化，於 55 – 64 週齡屠宰時，有 64% 的個體被判定屬於嚴重程度。Karaarslan *et al.* (2021) 給予白肉雞障礙型棲架 (barrier perch) 阻擋在飼料與水之間，結果顯示的確增加 4 到 5 週齡白肉雞的移動能力，但也提高了白肉雞足墊損傷的比例。然而在 Ventura *et al.* (2010) 的研究中，簡單的障礙型棲架可以降低白肉雞足墊損傷的比例，複雜型的障礙型棲架卻沒有此效果，該作者認為這樣的結果主要是因為複雜型棲架間接的提高了白肉雞的飼養密度，導致障礙型棲架提高白肉雞移動力的正面效應被掩蓋過去。觀察本試驗資料可發現，試驗公、母番鴨在 14 週齡以前的足墊損傷情形並不嚴重，整體平均表現均落在 1 分以內，並於 15 週齡開始逐漸增高，因此可推斷足墊損傷在肉用番鴨的嚴重程度不若種番鴨，種番鴨需要更多方式來協助其緩解足墊炎的發生與惡化。

表 9 與表 10 是各處理組公鴨與母鴨的羽毛狀況評分結果。試驗結果顯示，公、母番鴨於試驗全期棲架、消毒踏槽皆未具顯著效應。啄羽的定義是一種鳥類啄、拉、移除與吞食彼此羽毛的行為 (Savory, 1995)，一般啄羽會連結家禽的啄食癖 (cannibalism)，嚴重的啄羽行為會大幅降低家禽的動物福祉，因為被啄羽的個體，不僅是喪失羽毛的保護，還會導致出現傷口、承受被啄到的疼痛、甚至嚴重到發炎死亡 (Hartcher *et al.*, 2015)。本試驗觀察羽毛評分可發現母番鴨於試驗全期羽毛都保持相當不錯的情況，而公番鴨則大約於第 7 週開始啄羽，並且持續惡化嚴重到第 10 週達到高峰。而後續雖羽毛狀況好轉，但這是因為部分公番鴨因無法站立行走被移走隔離飼養導致，因無法行走之公番鴨無法如其他鴨隻在被啄羽時走避，導致常見到無法行走之鴨隻伴隨相當嚴重的羽毛狀況。此外現場觀察可發現當同一欄內公番鴨的位序已經打鬥確定後，就很少再觀察到打鬥與啄羽行為，可能也是導致後續羽毛情況好轉的原因。Staaveren *et al.* (2021) 以大數據分析了 23 篇相關的文獻後，歸納出環境豐富化 (提供雞隻物品、築巢環境、沙浴等) 可降低產蛋雞的啄羽行為、羽毛損傷，本試驗公番鴨並未具有類似的效應，可能的差異在於，公番鴨造成啄羽行為及羽毛損傷主因是在建立社會地位排序的過程中，公番鴨彼此攻擊，且勝利方為擴大優勢，會追啄落敗方，此種羽毛傷害成因與產蛋雞明顯不同。可以由試驗母番鴨幾乎全無羽毛損傷的情形看出，現場觀察公番鴨雖亦有輕啄母番鴨的行為 (gentle feather pecking)，但母番鴨通常快速逃離且公番鴨亦無追啄情形，因此單純依靠環境豐富化可能仍不足以降低公番鴨羽毛損傷程度。

表 5. 試驗各處理公鴨體重

Table 5. The body weights of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	1,087 ± 57	1,642 ± 58	2,093 ± 69	2,408 ± 84	2,965 ± 31	3,479 ± 69	3,685 ± 70	3,958 ± 121	4,259 ^{ab} ± 136	4,461 ± 122	4,609 ± 133	4,788 ± 99	4,875 ± 81
Sterilization group	1,091 ± 40	1,633 ± 78	2,099 ± 84	2,486 ± 91	3,018 ± 25	3,384 ± 56	3,734 ± 36	3,992 ± 80	4,152 ^{ab} ± 75	4,483 ± 222	4,668 ± 196	4,794 ± 83	4,928 ± 30
Perch group	1,036 ± 80	1,705 ± 16	2,155 ± 36	2,422 ± 94	2,944 ± 126	3,414 ± 176	3,582 ± 191	3,860 ± 142	3,980 ^b ± 155	4,238 ± 326	4,741 ± 236	4,873 ± 231	4,988 ± 282
Perch and sterilization group	1,076 ± 25	1,612 ± 50	2,090 ± 32	2,437 ± 27	2,963 ± 61	3,551 ± 41	3,724 ± 82	4,100 ± 44	4,324 ^a ± 64	4,513 ± 87	4,686 ± 49	4,796 ± 64	4,870 ± 94
Effects													
Sterilization	NS [†]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).

^{a, b} Means in the same column with different superscripts differ (P < 0.05).[†] NS: No significant effects.

*P < 0.05; +P = 0.0516.

表 6. 試驗各處理母鴨體重

Table 6. The body weights of experimental female duck

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	847 ± 9	1,252 ± 14	1,595 ± 11	1,826 ± 45	2,219 ± 28	2,503 ± 47	2,519 ± 41	2,595 ± 40	2,661 ± 33	2,744 ± 51	2,848 ± 104	2,850 ± 46	2,917 ± 45
Sterilization group	876 ± 58	1,235 ± 75	1,583 ± 116	1,860 ± 156	2,244 ± 154	2,509 ± 112	2,537 ± 81	2,599 ± 67	2,684 ± 55	2,726 ± 78	2,817 ± 71	2,869 ± 50	2,899 ± 43
Perch group	874 ± 28	1,256 ± 78	1,586 ± 112	1,810 ± 120	2,188 ± 141	2,514 ± 201	2,520 ± 179	2,623 ± 153	2,694 ± 130	2,792 ± 16	2,823 ± 151	2,865 ± 149	2,884 ± 167
Perch and sterilization group	876 ± 14	1,248 ± 26	1,569 ± 21	1,841 ± 17	2,227 ± 44	2,493 ± 50	2,502 ± 64	2,556 ± 63	2,646 ± 60	2,692 ± 55	2,744 ± 47	2,784 ± 21	2,790 ± 9
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).

¹ NS: No significant effects.

表 7. 試驗各處理公鴨足墊損傷評分

Table 7. The foot pad score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.4	0.5 ± 0.4 ^{ab}	0.8 ± 0.4	0.9 ± 0.4
Sterilization group	0.3 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.4	0.6 ± 0.1	0.7 ± 0.5	1.1 ± 0.2 ^a	1.4 ± 0.7	1.2 ± 0.6
Perch group	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.3	0.6 ± 0.5	0.5 ± 0.4	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.0 ^b	1.1 ± 0.3	1.0 ± 0.4
Perch and sterilization group	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.0	0.9 ± 0.3 ^{ab}	1.0 ± 0.7	1.4 ± 0.2
Effects													
Sterilization	NS [†]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).

^{a, b} Means in the same column with different superscripts differ (P < 0.05).[†] NS: No significant effects.

*P < 0.05; +P = 0.0608.

表 8. 試驗各處理母鴨足墊損傷評分
Table 8. The foot pad score of experimental female ducks

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.6 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.3	0.6 ± 0.3	0.4 ± 0.2	0.6 ± 0.6	0.5 ± 0.4	0.9 ± 0.4
Sterilization group	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.3	0.6 ± 0.3	0.7 ± 0.4	0.8 ± 0.3
Perch group	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.5	0.5 ± 0.2	0.8 ± 0.3	0.9 ± 0.4
Perch and sterilization group	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.6 ± 0.3	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.2	0.5 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.2
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.

表 9. 試驗各處理公鴨羽毛狀況評分

Table 9. The feather condition score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.8 ± 0.3	3.4 ± 0.2	3.3 ± 0.2	3.2 ± 0.3	3.1 ± 0.6	3.1 ± 0.8	3.2 ± 0.3	3.5 ± 0.4	3.5 ± 0.4	3.5 ± 0.2	3.7 ± 0.3
Sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.2	3.5 ± 0.4	3.5 ± 0.5	3.1 ± 0.3	2.8 ± 0.5	2.9 ± 0.7	3.2 ± 0.5	3.6 ± 0.5	3.7 ± 0.5	3.8 ± 0.3	3.9 ± 0.2
Perch group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.6 ± 0.4	3.6 ± 0.3	3.3 ± 0.2	3.0 ± 0.4	3.3 ± 0.3	3.5 ± 0.2	3.7 ± 0.3	3.9 ± 0.1	3.9 ± 0.2	3.9 ± 0.1
Perch and sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.4 ± 0.2	3.0 ± 0.5	2.8 ± 0.4	2.6 ± 0.4	2.7 ± 0.6	3.2 ± 0.5	3.2 ± 0.6	3.3 ± 0.4	3.7 ± 0.3	3.6 ± 0.4
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.
+ P = 0.0882.

表 10. 試驗各處理母鴨羽毛狀況評分

Table 10. The feather condition score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.9 ± 0.2	3.9 ± 0.2	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.7 ± 0.2	4.0 ± 0.1	3.9 ± 0.2	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Perch group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0	3.8 ± 0.2	3.9 ± 0.1	3.9 ± 0.1	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Perch and sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.8 ± 0.3	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.
* P < 0.05.

表 11. 試驗各處理公鴨步伐評分
Table 11. The gait score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.3	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.3	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.2
Sterilization group	0 ± 0.1	0 ± 0.1	0.3 ± 0.3	0.6 ± 0.4	1.3 ± 0.5	0.9 ± 0.6	0.7 ± 0.4	0.7 ± 0.4	0.8 ± 0.6	0.9 ± 0.6	0.8 ± 0.6	0.8 ± 0.5	0.8 ± 0.5
Perch group	0 ± 0.1	0 ± 0	0.5 ± 0.6	0.9 ± 0.7	1.6 ± 1.1	1.7 ± 1.0	1.6 ± 1.1	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.9	1.6 ± 1.1	1.6 ± 1.1	1.5 ± 1.1	1.5 ± 0.9
Perch and sterilization group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.1	0.4 ± 0.4	1.4 ± 0.5	1.0 ± 0.3	1.0 ± 0.1	0.9 ± 0.4	0.5 ± 0.7	0.9 ± 0.4	0.8 ± 0.4	0.6 ± 0.7	0.8 ± 0.6
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).

¹ NS: No significant effects.

表 12. 試驗各處理母鴨步伐評分
Table 12. The gait score of experimental female ducks

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Sterilization group	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Perch group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.3	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Perch and sterilization group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS ⁺	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.
⁺ P = 0.0658.

表 11 與表 12 是各處理組公鴨與母鴨的步伐評分結果。快速生長伴隨而來的異常移動能力、跛腳等現象是目前所有家禽都在關注的議題 (Bentley *et al.*, 2020)。試驗結果顯示，棲架與消毒踏槽於試驗期間並未對鴨隻的步伐評分造成影響。而母番鴨的步伐於試驗全期沒觀察到步伐出現 2 分以上的個體，顯示以母鴨的生長速度與體重情況，並不會發生移動困難的情況。在公鴨的部分則發現於鴨隻 7 週齡開始出現步伐惡化的情況，而這樣的情形又以各欄內體重高、生長速度較快的個體較為嚴重。文獻指出，在陸地上行走並非鴨的強項，因為對鴨來說，相較於專門在陸地上行走的家禽，鴨在移動的時候，必須利用腿部來傾斜、轉動來帶動身體重心移動 (Nudds *et al.*, 2010)。Robinson *et al.* (2015) 的研究結果顯示，移動能力較差的北京鴨，其股骨、脛骨中灰分含量較低，且脛骨與腿骨長度較短；另 Jones and Dawkins (2010) 針對鴨隻移動能力環境因子的研究顯示，墊料潮濕、氨氣濃度對鴨隻的移動能力有不利影響，而 3 週齡後環境溫度降低，則是有正面影響。本試驗兩個主要測試項目皆未具有緩解公番鴨 8 週齡至 12 週齡間移動能力變差的效果，因此，部分公番鴨移動能力低下的情況，可能為文獻所提肉用家禽經過選拔體型與胸肉重後，壓迫其骨骼系統並因此造成行走能力下降與跛腳的機率上升 (Venalainen *et al.*, 2006) 有關。也就是針對肉用公番鴨的飼糧營養濃度，仍有再調整與探討的必要性，以降低公番鴨移動困難與跛行發生的機率及嚴重程度。

表 13 是試驗各處理公番鴨血液中皮質酮濃度的含量，試驗結果顯示棲架與消毒踏槽處理在 4 個測定的週齡皆未具有顯著效應。皮質酮是家禽的緊迫指標之一，文獻指出其在禁食的時候 (De Beer *et al.*, 2008)、運輸過後 (Cheng and Jefferson, 2008)、恐懼時 (Jones *et al.*, 1988) 會提高，且通常也伴隨著家禽體內嗜球與淋巴球比例的升高 (Tetel *et al.*, 2022)。由於皮質酮的濃度是鴨隻緊迫的指標，因此可推測試驗各處理之公番鴨的緊迫程度相似。綜合分析各組資料顯示，鴨隻於 16 週齡時可能因社會位序已確定，導致打鬥次數減少，因此降低了鴨隻的緊迫程度。

表 13. 試驗各處理組公番鴨之血液皮質酮濃度 (pg/ml)

Table 13. The blood corticosterone concentration of experimental drakes

	Weeks of age			
	4	8	12	16
Control group	3,028 ± 3,533	3,336 ± 1,092	2,457 ± 1,395	1,005 ± 881
Sterilization group	4,312 ± 3,490	1,647 ± 2,237	4,256 ± 3,129	1,504 ± 1,856
Perch group	3,402 ± 2,428	2,069 ± 2,746	4,108 ± 3,920	856 ± 274
Perch and steriliza-tion group	3,059 ± 1,587	2,358 ± 2,676	2,946 ± 2,040	311 ± 297
Effects				
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	+
Interaction	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 9).

¹ NS: No significant effects.

+ P = 0.083.

結 論

試驗結果顯示，本試驗規劃之棲架與消毒踏槽並未對試驗期間鴨隻的體重、動物福祉性狀與血液緊迫指標造成顯著的影響。綜合考量未造成影響的可能性是棲架的設計仍有調整空間。消毒踏槽部分可能是由於鴨隻於 16 週齡前的足部損傷情形較不嚴重，因此其效用不顯著。另試驗結果亦顯示母白色番鴨於試驗期間動物福祉相關性狀表現尚屬良好，公白色番鴨於 7 至 12 週齡羽毛狀況不佳情形以及試驗期間出現少數移動能力不佳個體的情形，仍需結合更多管理與營養調整的手段來舒緩。

參考文獻

李淑慧、蔡國榮、張國慧、洪哲惇、張仁杰、李敏旭、陳燕萍、劉玉彬、陳麗璇、宋華聰。2004。臺灣水禽疾病疫學調查及病理學研究。家畜衛試所研報 40：37-50。

- Bently, A., L. Porter, L. Van Blois, B. Van Wyk, C. N. Vuong, G. Tellez-Isaias, D. Shafer, Z. Tucker, S. M. Fraley, B. M. Hargis, and G. S. Fraley. 2020. A feed restriction milieu for Pekin meat ducks that may improve gait characteristics but also affects gut leakiness. *Poult. Sci.* 99: 39-47.
- Cheng, H. W. and L. Jefferson. 2008. Different behavioral and physiological responses in two genetic lines of laying hens after transportation. *Poult. Sci.* 87: 885-892.
- Council directive 1999/74/EC. 1999. Laying down minimum standards for the protection of laying hens. *Official J. European Communities* L203: 53-57.
- De Beer, M., J. P. McMurty, D. M. Brocht, and C. N. Coon. 2008. An examination of the role of feeding regimes in regulating metabolism during the broiler breeder grower period. 2. Plasma hormones and Metabolites. *Poult. Sci.* 87: 264-275.
- Gebhardt-Henrich, S. G., M. J. Toscano, and H. Würbel. 2017. Perch use by broiler breeders and its implication on health and production. *Poult. Sci.* 96: 3539-3549.
- Glatz, P. C. 2001. Effect of poor feather cover on feed intake and production of aged laying hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14: 553-558.
- Greene, J. A., R. M. McCracken, and R. T. Evans. 1985. A contact dermatitis of broilers-Clinical and pathological findings. *Avian Pathol.* 14: 23-38.
- Hartcher, K. M., K. T. N. Tran, S. J. Wilkinson, P. H. Hemsworth, P. C. Thomson, and G. M. Cronin. 2015. The effects of environmental enrichment and beak-trimming during the rearing period on subsequent feather damage due to feather-pecking in laying hens. *Poult. Sci.* 94: 852-859.
- Hester, P. Y., S. A. Enneking, B. K. Haley, H. W. Cheng, M. E. Einstein, and D. A. Rubin. 2013. The effect of perch availability during pullet rearing and egg laying on musculoskeletal health of caged White Leghorn hens. *Poult. Sci.* 92: 1972-1980.
- Hocking, P. M., R. K. Mayne, R. W. Else, N. A. French, and J. Gatchliffe. 2008. Standard European footpad dermatitis scoring system for use in turkey processing plants. *World's Poult. Sci. J.* 64: 323-328.
- Jones, R. B., G. Beuving, and H. J. Blokhuis. 1988. Tonic immobility and heterophil/lymphocyte responses of the domestic fowl to corticosterone infusion. *Physiol. Behav.* 42: 249-253.
- Jones, T. A. and M. S. Dawkins. 2010. Environment and management factors affecting Pekin duck production and welfare on commercial farms in the UK. *Br. Poult. Sci.* 51: 12-21.
- Karaarslan, S., O. Tatli, M. Kaya, M. K. Türkyilmaz, H. D. O. Toplu, and E. D. Fidan. 2021. Effects of barrier perch access and early dietary protein and energy dilution on some welfare parameters, tibiotarsus measurements, fear and mobility level in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 63: 99-107.
- Kaukonen, E., M. Norring, and A. Valros. 2016. Effect of litter quality on foot pad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian Pathol.* 45: 667-673.
- Kestin, S. C., T. G. Knowles, A. E. Tinch, and N. E. Gregory. 1992. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Vet. Rec.* 131: 190-194.
- Mayne, R. K. 2005. A review of the aetiology and possible causative factors of foot pad dermatitis in growing turkeys and broilers. *World's Poult. Sci. J.* 61: 256-267.
- Newberry, R. C., I. Estevez, and L. J. Keeling. 2001. Group size and perching behaviour in young domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73: 117-129.
- Nudds, R. L., J. D. Gardiner, P. G. Tickle, and J. R. Codd. 2010. Energetics and kinematics of walking in the barnacle goose (*Branta leucopsis*). *Comp. biochem. physiol., Part A Mol. integr. physiol.* 156: 318-324.
- Riber, A. B., A. Wichman, B. O. Braastad, and B. Forkman. 2007. Effects of broody hens on perch use, ground pecking, feather pecking and cannibalism in domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106: 39-51.
- Robinson, C. I., M. Rice, M. M. Makagon, and D. M. Karcher. 2015. Duck gait: relationship to hip angle, bone ash, bone density, and morphology. *Poult. Sci.* 94: 1060-1067.
- SAS. 2002. SAS/STAT® User's Guide: Version 6.12. SAS Institute, Inc. Cary, NC. USA.
- Savory, C. J. 1995. Feather pecking and cannibalism. *World's Poult. Sci. J.* 51: 215-219.
- Shepherd, E. M. and B. D. Fairchild. 2010. Footpad dermatitis in poultry. *Poult. Sci.* 89: 2043-2051.
- Staavereen, N. V., J. Ellis, C. F. Baes, and A. Harlander-Matauschek. 2021. A meta-analysis on the effect of environmental enrichment on feather pecking and feather damage in laying hens. *Poult. Sci.* 100: 397-411.

- Swiatkiewicz, S., A. Arczewska-Wlosek, and D. Jozefiak. 2017. The nutrition of poultry as a factor affecting litter quality and foot pad dermatitis – an updated review. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101: e14-e20.
- Tetel, V., S. Tonissen, and G. S. Fraley. 2022. Research note: sex difference in changes in heterophil to lymphocyte ratios in response to acute exposure of both corticosterone and cortisol in the Pekin duck. *Poult. Sci.* 101: 101914.
- Venalainen, E., J. Valaja, and T. Jalava. 2006. Effects of dietary metabolisable energy, calcium and phosphorus on bone mineralisation, leg weakness and performance of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 47: 301-310.
- Ventura, B. A., F. Siewerdt, and I. Estevez. 2010. Effects of barrier perches and density on broiler leg health, fear, and performance. *Poult. Sci.* 89: 1574-1583.
- Wyneken, C. W., A. Sinclair, T. Veldkamp, L. J. Vinco, and P. M. Hocking. 2015. Foot pad dermatitis and pain assessment in turkey poults using analgesia and objective gait analysis. *Br. Poult. Sci.* 56: 522-530.
- Yan, F. F., P. Y. Hester, and H. W. Cheng. 2014. The effect of perch access during pullet rearing and egg laying on physiological measures of stress in White Leghorns at 71 weeks of age. *Poult. Sci.* 93: 1318-1326.

The effects of providing perch and foot sterilization equipment on white Muscovy duck's growth and animal welfare traits ⁽¹⁾

Chin-Hui Su ⁽²⁾ Jung-Hsin Lin ⁽²⁾ Hsiu-Chou Liu ⁽²⁾ and Chih-Hsiang Cheng ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Aug. 4, 2022; Accepted: Nov. 14, 2022

Abstract

The aim of this experiment was to investigate the effects of providing white Muscovy ducks with perch and foot sterilization facility on their growth and animal welfare-related traits. The ducks were randomly allocated into 12 pens with or without perch and foot sterilization facility (4 treatments x 3 replicates) in a non-open duck house at 3 weeks of age. Each replicates had 10 male and 10 female Muscovy ducks; a total 240 ducks were used in the experiment. The experiment was 16 weeks. Animal welfare-related traits including footpad dermatitis score, feather score, and gait score were determined from 4 weeks of age. Three fixed drakes' corticosterone concentration in the blood was determined as a stress indicator at 4, 8, 12, and 16 weeks of age. The experiment results indicated that there were no effects of the perch and the sterilized facility on duck's body weight; the results of animal welfare-related traits showed that perch significantly reduced drakes foot pad dermatitis score at 10 weeks of age ($P < 0.05$), nevertheless, the sterilized facility increased it at 12 and 14 weeks of age ($P < 0.05$). Feather and gait scores in the whole experiment period didn't show a significant difference between the groups, nor did the 4 different Muscovy drakes blood corticosterone collecting time. The results showed that the perches and foot sterilized facility in the experiment didn't significantly change the animal welfare related traits of 4 to 16 weeks of age of white Muscovy ducks. The female white Muscovy ducks performed well in animal welfare related traits during the experiment, however, the poor feather condition of white Muscovy drakes from 7 to 12 weeks of age and the few individuals with poor gait during the experiment still need to be alleviated by combining more management and nutritional strategies.

Key words: Perch, Sterilization, White Muscovy duck.

(1) Contribution No. 2725 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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