

駝鳥於涼熱季環境之生理值、血液生化及血液學調查⁽¹⁾

莊璧華⁽²⁾ 陳薏婷⁽³⁾ 徐慈君⁽⁴⁾ 蘇安國⁽²⁾⁽⁵⁾

收件日期：111 年 11 月 30 日；接受日期：112 年 5 月 31 日

摘 要

本研究調查 4 至 6 月齡駝鳥於涼季 (1 至 2 月) 與熱季 (6 至 8 月) 生理值及血液生化值之變化，以了解不同氣候對駝鳥性能之影響。試驗結果顯示，駝鳥舍環境溫度、濕度及 THI 值於涼季與熱季皆呈顯著性差異 ($P < 0.05$)。試驗駝鳥於涼、熱季每分鐘呼吸頻率分別為 14.6 ± 6.0 與 22.0 ± 13.9 次，兩者呈顯著性差異 ($P < 0.05$)。血液生化值檢測與血液學檢測分析結果顯示，血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、鹼性磷酸酶、鈣、醣類皮質素、免疫球蛋白 A 及免疫球蛋白 G 等 8 項數值於熱季顯著高於涼季 ($P < 0.05$)。白蛋白 / 球蛋白比、鉀等 2 項數值於涼季較顯著高於熱季 ($P < 0.05$)。涼、熱季血液學分析結果顯示，血容比、紅血球、血紅素、平均紅血球血紅素濃度、嗜鹼性球及血小板等 6 項數值於熱季較涼季低，呈顯著性差異 ($P < 0.05$)。異嗜球細胞 / 淋巴細胞比值熱季顯著高於涼季 ($P < 0.05$)。本次調查中多數生理數值表現在合理範圍內，顯示駝鳥對臺灣涼季低溫潮濕與熱季高溫乾燥的環境適應力佳。

關鍵詞：駝鳥、血液生化、血液學。

緒 言

氣候變遷是目前全球最值得關注的議題之一，極端氣候間接影響如生產原料供應匱乏 (玉米、大豆、水和電力等)，製造成本升高與生產力降低，酷熱雖然供暖能源需求減少，但冷卻用水量和電量增加，低溫影響則相反。直接影響如極端高低溫、洪災、颱風等導致畜舍設備損害、畜禽死亡、育成率降低及產蛋率降低等，皆會造成畜禽生產與相關產業之重大損失，社會經濟動盪不安 (Lamarca *et al.*, 2018; Izar-Tenorio *et al.*, 2020)。畜禽舍的飼養環境對動物健康、動物福祉和生產都是至關重要 (Yan *et al.*, 2017)，濕度異常的空氣會導致畜禽肺炎 (Pillow *et al.*, 2009)。為了考慮相對濕度和溫度的綜合影響，溫度濕度指數 (temperature- humidity index, THI) 被廣泛用於評估環境對家畜的影響 (Gates *et al.*, 1995)。當環境變化超過動物調節能力範圍時，畜禽將出現熱緊迫 (Thornton *et al.*, 2021)。駝鳥群於高溫環境下，站立行為表現顯著增加。雨天駝鳥蹲坐比率顯著較晴天高 (莊等, 2019)。在晚熟鳥類中，由於雛鳥由出生至成熟獨立時間很長，對於疾病和寄生蟲侵擾的抵抗力要更強，除了來自親代和後裔的優良遺傳基因外，血液性狀為家禽健康狀況最直接指標 (Gustafsson *et al.*, 1994; Ots *et al.*, 1998; Nadolski *et al.*, 2006)。Pech-Waffenschmidt(1995) 等人研究指出，血液系統的變化是禽類體溫調節反應的一部分，如血糖和電解質的調整，使它們能夠承受環境的緊迫。

過去幾年基於動物福祉和經濟考量，對家禽生產與環境壓力的相關資料已逐步建立，尤其是小規模農業，因為觀念不足又缺乏應對策略，農民容易受到氣候變化造成損失加劇 (Quinteiro-Filho *et al.*, 2010; Njongenhle *et al.*, 2022)。

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計

-
- (1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2748 號。
 - (2) 農業部畜產試驗所東區分所。
 - (3) 農業部。
 - (4) 國立屏東科技大學附設獸醫教學醫院。
 - (5) 通訊作者，E-mail: aksu@mail.tlri.gov.tw。

- (i) 試驗駝鳥飼養於花蓮地區某牧場。每年 (2020 與 2021) 於涼、熱季逢機選擇 4 至 6 月齡成長公、母駝鳥各 10 隻，每年 40 隻，兩年共計 80 隻。
- (ii) 半開放式飼養空間為 11 m × 4.5 m，運動場面積為 35 m × 16 m，試驗期間每天每隻飼料給予 0.7 至 1 kg 與飲用水任食。
- (iii) 2020 與 2021 年涼季 (1 至 2 月) 與熱季 (6 至 8 月) 每星期檢測一天，分別於早上 8 點 30 分及下午 13 點 30 分進行，記錄駝鳥泄殖腔溫度和每分鐘呼吸頻率。
- (iv) 本研究涉及之動物試驗於行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場執行，動物之使用、飼養及實驗內容皆依行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場實驗動物管理委員會批准之文件 (HUA1ACUC10908 和 HUA1ACUC11110 號) 與試驗準則進行。

II. 檢測項目與方法

- (i) 分析 2020 至 2021 年中央氣象局花蓮觀測站溫濕度紀錄。中央氣象局觀測資料查詢系統 (cwb.gov.tw) <https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>。
- (ii) 記錄檢測時駝鳥舍環境溫、溼度及 THI 值，進行統計分析。 $THI = (1.8 \times AT + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times AT - 26)]$ 。AT = air temperature (°C)；RH = relative humidity (%) (Habeeb *et al.*, 2018)。
- (iii) 使用不透光布面頭套將駝鳥保定和穩定後，測量泄殖腔溫度與每分鐘呼吸頻率 (1 分鐘內胸腹部起伏之次數)。
- (iv) 2020 與 2021 年分別於 2 月 (環境溫度：19.5、20°C) 與 8 月 (環境溫度：29.7、30.5°C) 最後一週，由駝鳥靜脈抽血 3 mL，加入含肝素抗凝血管 (BD Vacutainer® Lithium Heparin)，經離心後 (3,000 rpm, 10 min, 4°C) 上層血漿送至合法檢驗公司 (健康醫事檢驗所和立人醫事檢驗所) 進行血液生化值檢測。血液生化值測定 22 個項目，包含天門冬胺酸胺酶 (aspartate aminotransferase, AST)、丙胺酸轉胺酶 (alanine aminotransferase, ALT)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、總蛋白質 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, Alb)、球蛋白 (globulin, Glb)、白蛋白／球蛋白比值 (A / G)、總膽紅素 (total bilirubin, TBIL)、尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、肌酸酐 (creatinine, Cre)、血糖 (glucose, Glu)、血鈉 (sodium, Na)、血鉀 (potassium, K)、尿酸 (uric acid, UA)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、總膽固醇 (total cholesterol, TC)、肌酸激酶 (creatine kinase, CK)、鈣 (calcium, Ca)、磷 (phosphate, P)、醣類皮質素 (glucocorticoid)、免疫球蛋白 A (immunoglobulin A, Ig A)、免疫球蛋白 G (immunoglobulin G, Ig G)。其中醣類皮質素、免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 使用 Shanghai Coon Koon Biotech Co., Ltd. 商業套組 chicken glucocorticoid (GC)、chicken immunoglobulin A (Ig A) 及 chicken immunoglobulin G (Ig G) ELISA kit 進行酵素結合免疫吸附分析定量。
- (v) 含肝素全血送至屏東科技大學附設獸醫教學醫院進行全血細胞計數 (complete blood count, CBC) 檢測，包含血容比 (packed cell volume, PCV)、紅血球 (red blood cells, RBC)、血紅素 (hemoglobin, Hb)、紅血球容積 (mean corpuscular volume, MCV)、紅血球血紅素含量 (mean cell hemoglobin, MCH)、紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)、白血球 (white blood cell, WBC)、異嗜球 (Heterophils)、帶狀白血球 (Bands)、淋巴球 (Lymphocytes)、單核球 (Monocytes)、嗜酸性球 (Eosinophils)、嗜鹼性球 (Basophils)、血小板 (platelet, PLT) 及纖維素原 (Fibrinogen) 等 14 項分析。

III. 統計分析

試驗資料以 IBM® SPSS® Statistics version 22 (IBM Corp., 2013) 軟體進行統計分析。

結果與討論

I. 涼、熱季環境變化對駝鳥泄殖腔溫度與呼吸頻率影響

中央氣象局花蓮氣象站 2020 至 2021 年觀測資料查詢統計，花蓮地區於 1 至 2 月月平均溫度為 18.1 至 19.6°C，THI 值為 63.7 至 66.0。6 至 8 月月平均溫度為 28.7 至 29.4°C，THI 值為 80.6 至 81.4 (圖 1)，為本試驗定義的涼季與熱季。另統計駝鳥舍環境溫度、濕度及 THI 值，三者於涼季與熱季皆呈顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 1)。THI 值與環境溫度呈極高度正相關 ($r = 0.995$)。試驗駝鳥泄殖腔平均溫度為 40.1°C，依性別或不同季節分析皆無顯著差異，顯示不論公、母鳥對不同環境泄殖腔溫度變化反應小。Schrader 等人於德國冬季 (平均溫度 2.5°C) 測量 7 至 15 月齡駝鳥，測得體溫範圍為 37.2 至 38.1°C (Schrader *et al.*, 2009)。利用植入型感測器測量駝鳥體溫，常見範圍為 38.2 至 39.8°C，以清晨 5 時體溫 (37.9°C) 最低。在環境溫度 15 – 50°C 中，駝鳥仍能維持穩定

體溫在 38 至 43.1℃ 之間 (Louw *et al.*, 1969; Schmidt-Nielsen *et al.*, 1969; Fuller *et al.*, 2003)。

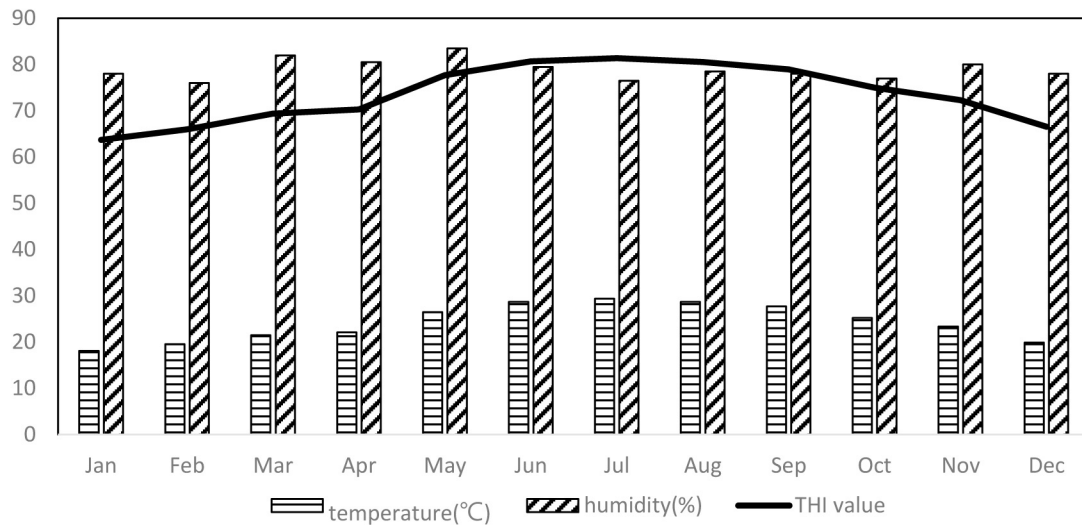


圖 1. 2020 — 2021 年每月平均溫度、濕度及 THI 值曲線圖。

Fig. 1. The mean temperature, relative humidity, and THI value curve from January to December in 2020 and 2021.

表 1. 涼、熱季禽舍溫度、溼度、THI 及駝鳥泄殖腔溫度與每分鐘呼吸頻率

Table 1. The mean temperature, relative humidity, THI value of the barn, cloacal temperature and respiration/min of ostriches in the cool and warm seasons

Seasons	Ambient temperature (°C)	Ambient humidity (%)	THI value	Cloacal temperature (°C)	Respiration/min
Cool	18.47 ± 3.04 ^b	74.14 ± 10.60 ^a	64.09 ± 4.62 ^b	40.13 ± 0.54	14.6 ± 6.0 ^b
Warm	32.30 ± 1.99 ^a	66.64 ± 7.93 ^b	84.12 ± 2.06 ^a	40.14 ± 0.60	22.0 ± 13.9 ^a

^{a, b} Means within the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

試驗駝鳥於涼、熱季駝鳥每分鐘呼吸頻率分別為 14.6 ± 6.0 與 22.0 ± 13.9 次，兩者呈現顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 2)。不同性別駝鳥於涼、熱季之呼吸頻率亦呈顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 2)，但仍在正常生理表現範圍內。Schmidt-Nielsen (1969) 觀察 63 — 104 公斤駝鳥大多數呼吸頻率都落在大約 6 至 12 次／分鐘的低呼吸頻率或 40 至 66 次／分鐘的高呼吸頻率。90 至 114 公斤駝鳥呼吸頻率範圍為 3 至 47 次／分 (Louw *et al.*, 1969)。因為鳥類沒有汗腺，在熱刺激下，依靠呼吸系統增加的蒸發作為散熱的主要途徑 (Schmidt-Nielsen *et al.*, 1969)。上述結果顯示，於臺灣涼季低溫潮濕與熱季高溫乾燥的環境下，4 至 6 月齡駝鳥可維持其正常生理表現，適應良好。

表 2. 涼、熱季公與母駝鳥泄殖腔溫度與每分鐘呼吸頻率

Table 2. The mean cloacal temperature and respiration/min of male and female ostriches in the cool and warm seasons

Seasons	Male		Female	
	Cloacal temperature (°C)	Respiration/min	Cloacal temperature (°C)	Respiration/min
Cool	40.11 ± 0.55	14.4 ± 6.3 ^b	40.16 ± 0.54	14.7 ± 5.6 ^b
Warm	40.15 ± 0.58	21.7 ± 12.9 ^a	40.13 ± 0.62	22.3 ± 14.8 ^a

^{a, b} Means within the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

II. 涼、熱季環境變化對駝鳥血液生化值影響

涼、熱季血液生化值分析結果顯示，血糖、肌酸酐、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、鹼性磷酸酶、三酸甘油酯、鈉、鈣、醣類皮質素、免疫球蛋白 A 及免疫球蛋白 G 等 12 項檢測值，熱季較涼季高。其中血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、鹼性磷酸酶、鈣、醣類皮質素、免疫球蛋白 A 及免疫球蛋白 G 等 8 項數值熱季顯著高於涼季 ($P < 0.05$) (表 3)。其他 10 項檢測值以涼季較高，其中白蛋白／球蛋白比、鉀等

2 項數值於涼季顯著高於熱季 ($P < 0.05$) (表 3)。顯示環境變化對於部份血液生化值表現確實有影響性。Basuony (2011) 於埃及調查 20 隻 7 月齡駝鳥發現，季節性變化對血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素、總脂質、三酸甘油酯及膽固醇等數值，在夏季都顯著增加。本次試驗結果與前人研究結果部份雷同，但多數血液生化值尚在正常生理表現範圍內，顯示駝鳥對臺灣漸進性的氣候轉變適應力佳。

表 3. 涼、熱季駝鳥血液生化值分析

Table 3. Analysis of blood biochemical parameters of ostrich in the cool and warm seasons

Parameters	Unit	Cool	Warm
Glu	mg/dL	184.65 ± 24.67 ^b	205.26 ± 26.45 ^a
BUN	mg/dL	1.12 ± 0.43	1.01 ± 0.03
Cre	mg/dL	0.10 ± 0.10	0.12 ± 0.12
UA	mg/dL	7.68 ± 2.09	7.49 ± 2.71
CK	IU/L	2,638.48 ± 923.28	2,933.13 ± 1,778.00
AST	U/L	333.20 ± 81.31 ^b	384.69 ± 80.02 ^a
ALT	U/L	6.97 ± 3.36 ^b	11.25 ± 8.39 ^a
TBIL	mg/dL	0.08 ± 0.15	0.06 ± 0.04
TP	g/dL	3.54 ± 0.37	3.24 ± 0.51
Alb	g/dL	1.86 ± 0.21	1.59 ± 0.27
Glb	g/dL	1.67 ± 0.28	1.64 ± 0.30
A/G		1.14 ± 0.22 ^a	0.99 ± 0.16 ^b
ALP	IU/L	237.28 ± 56.17 ^b	426.43 ± 147.58 ^a
TC	mg/dL	121.20 ± 30.20	108.06 ± 32.73
TG	mg/dL	93.48 ± 55.91	129.63 ± 45.42
Na	meq/L	136.18 ± 5.31	139.16 ± 5.79
K	meq/L	4.75 ± 1.19 ^a	2.85 ± 0.57 ^b
Ca	mg/dL	9.84 ± 0.68 ^b	10.19 ± 0.83 ^a
P	mg/dL	5.50 ± 0.53	5.23 ± 1.12
Glucocorticoid	ng/mL	3.05 ± 0.77 ^b	3.65 ± 0.79 ^a
Ig A	µg/mL	28.52 ± 3.59 ^b	57.17 ± 12.22 ^a
Ig G	µg/mL	664.99 ± 310.22 ^b	850.18 ± 220.29 ^a

^{a, b} Means within the same line with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

禽類的血糖濃度反映代謝需求，並且可能受到許多環境因素的影響。血糖是評估鳥類營養狀況的指標之一 (Kalinski *et al.*, 2014; Skwarska *et al.*, 2022)。醣類皮質素 (glucocorticoid) 由腎上腺皮質分泌，具有調節糖類、脂肪、蛋白質的合成與代謝、抑制免疫、抗炎、抗緊迫等作用。緊迫會藉由提高血糖和能量來滿足對壓力的能量需求，因此在緊迫期間腎上腺皮質活動升高，影響血糖合成和代謝途徑。除此之外，緊迫亦會增加天門冬氨酸轉胺酶和丙胺酸草酸轉胺酵素的活性，進一步增加用於糖合成各種前趨物血中濃度 (Nirupama *et al.*, 2018)。本試驗結果血糖、天門冬氨酸轉胺酶、丙胺酸草酸轉胺酵素及醣類皮質素等數值於熱季顯著高於冬季，可能與提供駝鳥較高活動能量有關。Csermely (2007) 等人研究顯示，成熟公駝鳥於秋季和成熟母駝鳥於秋、冬兩季之休息行為時間較夏季有顯著較長。

Basuony (2011) 等人研究指出，禽類因為夏季的熱緊迫導致體內水含量 (total body water, TBW) 顯著增加 15.04%，體內固形物 (total body solid, TBS) 顯著降低 20.33%，導致蛋白質，白蛋白，礦物質等減少 (Basuony, 2011)。本試驗結果，熱季總蛋白、白蛋白和 A/G 值較涼季減少，兩者結論相似。

鹼性磷酸酶與骨骼和肝臟代謝有相關，升高的鹼性磷酸酶可能代表活躍的骨生成作用 (Sharma *et al.*, 2014)。Manna (2021) 等人研究鯰魚發現，血漿鹼性磷酸酶水平在夏季顯著升高。鹼性磷酸酶水解有機磷酸鹽分子以釋放大量細胞生化過程所必需的磷酸鹽，高鹼性磷酸酶活性表示夏季體內代謝高。

Belay 和 Teeter (1996) 指出，礦物質排泄量增加是熱緊迫的結果之一，造成體內礦物質減少，如血鉀含量降低，但亦有報告是相反的結果 (Borges *et al.*, 2003)。Basuony (2011) 等人研究駝鳥夏季血鉀濃度低於冬季，與本試驗結果相似。另有研究指出，在馴化的家禽中，高溫引起總血漿鈣濃度降低情況較少 (Arad *et al.*, 1981)。在適應高溫的種母雞血液鈣離子並未降低，僅於蛋殼鈣化階段降低 (Samara *et al.*, 1996)。Basuony (2011) 等人研究駝鳥夏季血鈣濃度低於冬季，與本試驗熱季血鈣濃度顯著高於涼季結果不同。

根據前人研究分析指出，熱緊迫激活雞隻下視丘－腦下垂體－腎上腺，增加了血清皮質酮水平，降低食物攝取量、免疫器官重量及先天免疫。另可能影響腸道營養吸收，從而導致家禽體重增加降低和增加腸道感染，這可能是造成雞隻夏季高死亡率的原因之一 (Quinteiro-Filho *et al.*, 2010; Hirakawa *et al.*, 2020; Siddiqui *et al.*, 2022)。在高溫控制環境下對雞進行疫苗反應測試，免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 M 和免疫球蛋白 Y 等數值，皆因受熱緊迫產生不同影響 (Calefi *et al.*, 2016)。本次試驗是駝鳥第一次利用酵素結合免疫吸附分析法進行免疫球蛋白 A、G 分析，試驗結果顯示熱季免疫球蛋白 A 和 G 濃度顯著高於涼季。本結果可供未來進一步研究探討。

III. 涼、熱季環境變化對駝鳥血液學影響

涼、熱季血液學分析結果顯示，血容比、紅血球、血紅素、平均紅血球血紅素濃度、嗜鹼性球及血小板等 6 項數值於熱季較涼季低，呈顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 4)。異嗜球和異嗜球／淋巴球比值等 2 項數值於熱季較涼季高，呈現顯著性差異 ($P < 0.05$) (表 4)。Basuony (2011) 指出因夏季因大量飲水，造成體內水含量顯著增加，固形物減少，血液學參數血容比、紅血球、血紅素及白血球減少，本試驗結果和前人研究相似。多數血液學數值尚在正常生理範圍值中，顯示駝鳥對臺灣的氣候適應佳。

表 4. 涼、熱季駝鳥血液學值分析

Table 4. Analysis of hematological parameters of ostrich in the cool and warm season

Parameters	Unit	Cool	Warm
PCV	%	35.55 ± 2.71 ^a	31.93 ± 4.30 ^b
RBC	× 10 ⁶ /μL	1.68 ± 0.14 ^a	1.46 ± 0.18 ^b
Hb	g/dL	13.90 ± 1.20 ^a	11.96 ± 1.28 ^b
MCV	fL	212.24 ± 11.38	218.25 ± 17.25
MCH	pg	82.89 ± 4.49	81.87 ± 3.84
MCHC	g/dL	39.11 ± 2.05 ^a	37.68 ± 2.69 ^b
WBC	× 10 ³ /μL	21.10 ± 4.26	23.67 ± 8.12
Heterophils	× 10 ³ /μL	12.50 ± 3.96 ^b	15.55 ± 7.01 ^a
Bands	/μL	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Lymphocytes	× 10 ³ /μL	7.80 ± 2.96	7.03 ± 3.38
Monocytes	/μL	554.91 ± 385.47	779.67 ± 671.87
Eosinophils	/μL	118.35 ± 154.79	129.68 ± 171.49
Basophils	/μL	94.95 ± 271.39 ^a	0.00 ± 0.00 ^b
PLT	× 10 ³ /μL	27.62 ± 15.52 ^a	11.50 ± 7.68 ^b
Fibrinogen	g/dL	0.15 ± 0.18	0.10 ± 0.12
H/L		1.96 ± 1.23 ^b	2.87 ± 2.12 ^a

^{a, b} Means within the same line with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

熱緊迫激活下視丘－腦下垂體－腎上腺軸反應，導致血漿皮質酮水平升高，使異嗜球細胞／淋巴細胞 (H/L) (圖 2) 比值增多，H/L 比值較單一類細胞數量增減更能代表禽類壓力，並且比皮質類固醇值更可靠，但僅適合

輕度到中度壓力時運用 (Maxwell, 1993; Ots *et al.*, 1998; Borges *et al.*, 2003; Quinteiro-Filho *et al.*, 2010)，本試驗結果 H/L 值涼熱季呈差異顯著性 ($P < 0.05$)，推斷駝鳥於熱季會因應溫度改變，進行體內免疫系統調適。

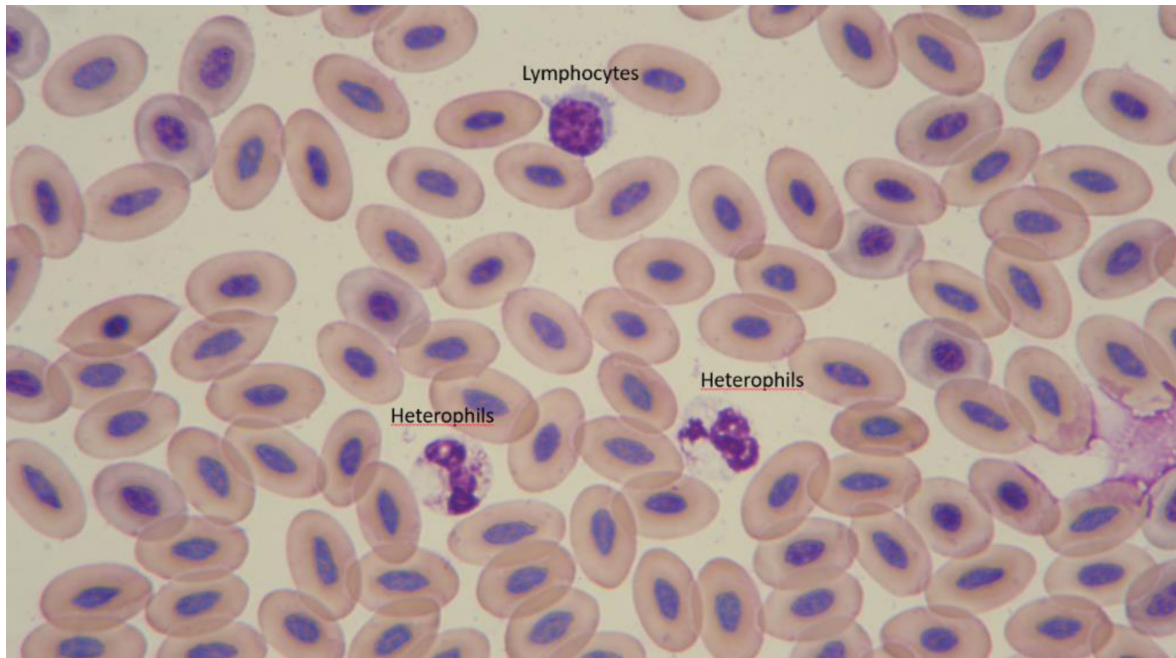


圖 2. 駝鳥淋巴球和異嗜球。(徐慈君提供)

Fig. 2. The heterophils and lymphocytes of ostrich. (Provided by Tzu-Chun Hsu)

結 論

家禽生產對溫室氣體排放量的貢獻很小，但卻受到氣候變化和全球暖化極大影響。馴養的家畜禽雖然可應付循序漸進和短期的氣候變化，但劇烈改變的氣候或長期緊迫的環境，仍會造成畜禽大量損失。因此，本篇研究旨在提供臺灣地區駝鳥基礎生理表現分析數據，藉以評估禽群的健康狀況。雖然駝鳥原產地位於熱帶地區，較一般溫熱帶家禽更能適應炎熱的氣候，目前在臺灣亦適應良好，但面對的長期氣候變遷挑戰，農業單位需提供農民相關資訊以提前警示，並加強農業技術的支援，調整飼養管理方式，增加動物福祉，減少因為氣候災害造成之經濟損失。

參考文獻

- 莊璧華、洪兮雯、陳蕙婷、蘇安國。2019。駝鳥成長期行為觀察。畜產研究 52(3)：191-197。
- Arad, Z., J. Marder, and M. Soller. 1981. Effect of gradual acclimation to temperatures up to 44°C on production performance of the desert Bedouin fowl, the commercial White Leghorn and their reciprocal cross breeds. *Br. Poult. Sci.* 22: 511-520.
- Basuony, H. A. A. M. 2011. Effects of seasonal variations on thermoregulation of ostrich. Ph.D. Thesis. Cairo Al-Azhar University. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/079/44079122.pdf.
- Belay, T. and R. G. Teeter. 1996. Effects of ambient temperature on broiler mineral balance partitioned into urinary and faecal loss. *Br. Poult. Sci.* 37: 423-433.
- Borges, S. A., A. V. Fischer da Silva, J. Ariki, D. M. Hooge, and K.R. Cummings. 2003. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat stress environments. *Poult. Sci.* 82: 428-435.
- Calefi, A. S., A. de Siqueira, L. B. Namazu, C. Costola-de-Souza, B. B. T. Honda, A. J. P. Ferreira, and J. Palermo-Neto. 2016. Effects of heat stress on the formation of splenic germinal centres and immunoglobulins in broilers infected by *Clostridium perfringens* type A. *Vet. Immuno. Immunopathol.* 171: 38-46.
- Csermely, D., G. Gaibani, and E. Dardani. 2007. Year-round behavioural sequences in captive ostrich (*Struthio camelus domesticus*) pairs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 103: 156-166.
- Fuller, A., P. R. Kamerman, S. K. Maloney, G. Mitchell, and D. Mitchell. 2003. Variability in brain and arterial blood

- temperatures in free-ranging ostriches in their natural habitat. *J. Exp. Biol.* 206: 1171-1181.
- Gates, R., H. Zhang, D. Colliver, and D. Overhults. 1995. Regional variation in temperature humidity index for poultry housing. *Trans. ASAE.* 38: 197-206.
- Gustafsson, L., D. Nordling, M. S. Andersson, B. S. Sheldon, and A. Qvarnstrom. 1994. Infectious disease, reproductive effort and the cost of reproduction in birds. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B.* 346: 323-331.
- Habeeb, A. A., A. E. Gad and M. A. Atta. 2018. Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *Int. J. Biotechnol. Recent. Adv.* 1(1): 35-50. doi: 10.18689/ijbr-1000107.
- Hirakawa, R., S. Nurjanah, K. Furukawa, A. Murai, M. Kikusato, T. Nochi, and M. Toyomizu. 2020. Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens. *Front. Vet. Sci.* 7: 46.
- IBM Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Izar-Tenorio, J., P. Jaramillo, W. M. Griffin, and M. Small. 2020. Impacts of projected climate change scenarios on heating and cooling demand for industrial broiler chicken farming in the Eastern U.S. *J. Clean. Prod.* 255: 120306.
- Kalinski, A., M. Banbura, M. Gladalski, M. Markowski, J. Skwarska, J. Wawrzyniak, P. Zielinski, I. Cyzewska, and J. Banbura. 2014. Landscape patterns of variation in blood glucose concentration of nestling blue tits (*Cyanistes caeruleus*). *Landscape Ecol.* 29: 1521-1530.
- Lamarca, D. S. F., D. F. Pereira, M. M. Magalhães, and D. D. Salgado. 2018. Climate change in layer poultry farming: impact of heat waves in region of Bastos, Brazil. *Braz. J. Poult. Sci.* 20: 657-664.
- Louw, G. N., P. C. Belonje, and H. J. Coetzee. 1969. Renal function, respiration, heart rate and thermoregulation in the ostrich (*Struthio camelus*). *The Scientific Papers of the Namib Desert Research Station.* 42: 43-54.
- Manna, S. K., N. Das, A. K. Bera, R. Baitha, S. Maity, D. Debnath, P. Panikkar, S. K. Nag, S. D. Sarkar, B. K. Das, and P. K. Patil. 2021. Reference haematology and blood biochemistry profiles of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in summer and winter seasons. *Aquac. Rep.* 21: 100836.
- Maxwell, M. H. 1993. Avian blood leucocyte responses to stress. *Worlds Poult. Sci. J.* 49: 34-43.
- Nadolski, J., J. Skwarska, A. Kalinski, M. Banbura, R. Sniegula, and J. Banbura. 2006. Blood parameters as consistent predictors of nestling performance in great tits (*Parus major*) in the wild. *Comp. Biochem. Physio. Part A* 143: 50-54.
- Njongenhle, M., B. Nyoni, S. Grab, E. Archer, and R. Hetem. 2022. Perceived impacts of climate change on rural poultry production: a case study in Limpopo Province, South Africa. *Clim. Dev.* 14: 389-397.
- Nirupama, R., B. Rajaraman, and H. N. Yajurvedi. 2018. Stress and glucose metabolism: a review. *Imaging J. Clin. Medical. Sci.* 5: 8-12.
- Ots, I., A. Murumagi, and P. Horak. 1998. Haematological health state indices of reproducing great tits: methodology and sources of natural variation. *Funct. Ecol.* 12: 700-707.
- Quinteiro-Filho, W. M., A. Ribeiro, V. Ferraz-de-Paula, M. L. Pinheiro, M. Sakai, L. R. M. Sa, A. J. P. Ferreira, and J. Palermo-Neto. 2010. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poult. Sci.* 89: 1905-1914.
- Pech-Waffenschmidt, V., E. Bogen, Y. Avidar, and P. Horst. 1995. Metabolic and biochemical changes during heat stress in relation to feathering degree of the domestic hen. *Avian pathol.* 24: 33-44.
- Pillow, J. J., N. H. Hillman, G. R. Polglase, T. J. Moss, S. G. Kallapur, F. C. Cheah, B. W. Kramer, and A. H. Jobe. 2009. Oxygen, temperature and humidity of inspired gasses and their influences on airway and lung tissue in near-term lambs. *Intensive Care Med.* 35: 2157-2163.
- Samara, M. H., K. R. Robbins, and M. O. Smith. 1996. Environmental heat stress does not reduce blood ionized calcium concentration in hens' acclimated to elevated temperatures. *Poult. Sci.* 75: 197-200.
- Schmidt-Nielsen, K., J. Kanwisher, R. C. Lasiewski, J. E. Cohn, and W. L. Bretz. 1969. Temperature regulation and respiration in the ostrich. *The Condor.* 71: 341-352.
- Schrader, L., K. Fuhrer, and S. Petow. 2009. Body temperature of ostriches (*Struthio camelus*) kept in an open stable during winter time in Germany. *J. Therm. Biol.* 34: 366-371.
- Sharma, U., D. Pal, and R. Prasad. 2014. Alkaline phosphatase: an overview. *Ind. J. Clin. Biochem.* 29: 269-278.
- Siddiqui, S. H., M. Khan, D. Kang, H. W. Choi, and K. Shim. 2022. Meta-analysis and systematic review of the thermal

- stress response: *Gallus gallus domesticus* show low immune responses during heat stress. *Front Physiol.* 13: 809648.
- Skwarska, J., A. Podstawczyńska. M. Bańbura, M. Gładalski, A. Kaliński, M. Markowski, J. Wawrzyniak, P. Zieliński, and J. Bańbura. 2022. Effects of ambient temperature during the nestling stage on a stress indicator in nestling pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Int. J. Biometeorol.* 66: 139-148.
- Thornton, P., G. Nelson, D. Mayberry, and M. Herrero. 2021. Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. *Glob. Change Biol.* 27: 5762-5772.
- Yan, X., Q. S. Meng, J. Gao, X. F. Tang, and H. F. Zhang. 2017. Effects of relative humidity on animal health and welfare. *J. Integr. Agric.* 16: 1653-1658.

The investigation of physiological, blood biochemical and hematological parameters of ostrich during the cool and warm seasons ⁽¹⁾

Pi-Hua Chuang ⁽²⁾ Yi-Ting Chen ⁽³⁾ Tzu-Chun Hsu ⁽⁴⁾ and An-Ku Su ⁽²⁾⁽⁵⁾

Received: Nov. 30, 2022; Accepted: May. 31, 2023

Abstract

This study investigated the changes in physiological and blood biochemical values at 4-6-month-old ostrich during the cool season (January to February) and warm season (June to August) to understand the effect of different seasons' changes on the performance of ostrich. The results showed that the ostrich barn's environmental temperature, humidity and THI value were significantly different in the cool and warm seasons ($P < 0.05$). The respiratory rate of the ostriches in the cool and warm seasons was 14.6 ± 6.0 and 22.0 ± 13.9 , respectively, which had a significant difference ($P < 0.05$) between the two seasons. The biochemical blood values of glucose, AST, ALT, ALP, Ca, glucocorticoids, IgA, and IgG were significantly higher than those in the warm season ($P < 0.05$). Meanwhile, the albumin/globulin ratio and potassium values were significantly higher in the cool season than in the warm season ($P < 0.05$). The results of the hematology analysis showed that the values of PCV, RBC, Hb, MCHC, basophils and platelets of ostrich were significantly lower ($P < 0.05$) than that in the warm season. The ratio of heterotrophic cells/lymphocytes of ostrich in the warm season was significantly higher than in the cool season ($P < 0.05$). Most of the physiological values in this survey were within a reasonable range, indicating that ostriches have good adaptability to low temperature and humidity in the cool season and high temperature and dryness in the warm season in Taiwan.

Key words: Ostrich, Blood biochemical, Hematology.

(1) Contribution No. 2748 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

(3) Ministry of Agriculture, Taipei 100212, Taiwan, R. O. C.

(4) Veterinary Medical Teaching Hospital, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung 912301, Taiwan, R. O. C.

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