

花蓮地區臺灣水牛之生理值、血液學與血液生化學 於涼熱季之調查結果⁽¹⁾

陳沛君⁽²⁾ 莊璧華⁽²⁾ 魏良原⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：112 年 7 月 24 日；接受日期：112 年 10 月 20 日

摘 要

本試驗調查 2020 年至 2021 年花蓮地區涼季（1 至 2 月）及熱季（6 至 8 月）環境溫、溼度對臺灣水牛（*Bubalus bubalis*）（沼澤型）的生理數值、血液學及血液生化值的影響，供後續研究參考。結果顯示，水牛舍外環境溫濕度指數（temperature-humidity index, THI）於熱季平均為 80.66 ± 3.56 ，涼季平均為 64.17 ± 5.46 ，水牛之呼吸速率及直腸溫度於涼、熱季分別為 20.24 ± 4.63 次/分鐘、 $38.36 \pm 0.55^\circ\text{C}$ 及 30.58 ± 10.42 次/分鐘、 $38.50 \pm 0.56^\circ\text{C}$ ，於涼、熱季間差異顯著（ $P < 0.05$ ）。血液學檢測結果以紅血球、淋巴球、嗜酸性球、嗜鹼性球於涼季之數值顯著高於熱季（ $P < 0.05$ ）；平均紅血球血紅素量、平均紅血球血紅素濃度及嗜中性球數值，則以熱季顯著高於涼季（ $P < 0.05$ ）。血液生化值檢測結果以尿素氮、肌酸酐及尿酸於熱季顯著高於涼季（ $P < 0.05$ ）；而鹼性磷酸酶、三酸甘油脂等，則以涼季顯著高於熱季（ $P < 0.05$ ）。本次調查顯示熱季較高的環境 THI 值顯著影響臺灣水牛的生理數值，飼養管理者可依氣候變化提早規劃因應措施。

關鍵字：臺灣水牛、血液學、血液生化學。

緒 言

異常的環境溫度、相對濕度、風和降雨被認為是畜牧業生長和生產的潛在危害（Mazzullo *et al.*, 2014）。動物為了維持體溫恆定，必須與所處環境保持熱平衡（Kadzere *et al.*, 2002）。呼吸速率受環境溫度、太陽輻射、相對濕度和風速的影響，其中環境溫度被發現是最具影響力的因素（Singh *et al.*, 2014）。直腸溫度是熱平衡的指標，可以用來評估炎熱環境對動物的生長、泌乳和繁殖等方面的不良影響程度（Silanikove, 2000）。水牛由於黑灰色皮膚和稀疏的毛量，導致表面吸收大量的太陽輻射熱（Marai and Haebe, 2010），但水牛的汗腺密度僅為乳牛的六分之一（Vale, 2007），因此水牛通過出汗散熱的能力較差。當其暴露於炎熱環境下會引起一系列的生理狀態改變，包括攝食量下降、水分、蛋白質、能量和礦物質平衡的紊亂，激素分泌和血液代謝的改變，導致生長和繁殖能力受損（Jasinski *et al.*, 2023）。

溫濕度指數（temperature-humidity index, THI）是常被做為衡量氣候條件對動物熱緊迫程度的指標（Armstrong, 1994; Kadzere *et al.*, 2002; Somparn *et al.*, 2004）。 $\text{THI} \leq 74$ 通常不會對健康動物造成危害， $\text{THI} 75$ 至 78 為警戒狀態，管理者可預見動物增重速度下降。 $\text{THI} 79$ 至 83 為危險狀態，動物增重速度明顯下降，當牛隻被運輸或所處環境過於擁擠時，可能會受到嚴重影響。 $\text{THI} \geq 84$ 為緊急狀態，若無即時修正管理模式，且持續維持不良現狀時，可能導致動物死亡（Somparn *et al.*, 2004; Vale, 2007）。

本研究旨在瞭解臺灣水牛於熱季及涼季的基礎生理數值表現，評估臺灣水牛的熱適應能力，包括呼吸速率、直腸溫度、血液學及血液生化學等數據收集分析，以做為未來因應氣候急遽變化的參考依據。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2768 號。

(2) 農業部畜產試驗所東區分所。

(3) 通訊作者，E-mail: lywei@tlri.gov.tw

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計

- (i) 試驗牛隻為 1-2 歲齡臺灣水牛，公、母水牛各 5 頭，共 10 頭，飼養於開放式畜舍，公母分飼於 2 區，2 區牛舍遮蔭棚架平均長 15 公尺、寬 8 公尺，運動場平均長 60 公尺、寬 40 公尺，試驗期間未更換飼養區域。
- (ii) 2020 與 2021 年涼季（1 至 2 月）與熱季（6 至 8 月）每星期選擇一天於 14:00，記錄臺灣水牛直腸溫度、呼吸速率，並於涼季與熱季抽血檢測血液學與血液生化學數值等基礎資料。
- (iii) 本研究涉及動物實驗部分於農業部畜產試驗所東區分所花蓮場區（原單位名稱：行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場）內執行，動物之飼養、使用及實驗內容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（HUIACUC 10909 和 HUIACUC 11008）與試驗準則進行。

II. 檢測項目與方法

- (i) 依據中央氣象局觀測資料查詢系統收集並分析 2020 至 2021 年中央氣象局花蓮觀測站溫濕度紀錄（<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/index.jsp>），1 月至 12 月花蓮地區平均 THI 值以 1 月最低，其後持續上升，最高值落在 7 月，之後持續下降（圖 1），1 至 2 月平均溫度為 $18.8 \pm 2.7^\circ\text{C}$ ，平均濕度為 $77.2 \pm 7.5\%$ ，平均 THI 值為 64.9 ± 4.3 ，視為本次試驗定義之涼季；6 月至 8 月平均溫度為 $28.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$ ，平均濕度為 $78.2 \pm 5.8\%$ ，平均 THI 值為 80.9 ± 1.1 ，6-8 月每月平均 THI 值皆高於 80，視為本次試驗定義之熱季。

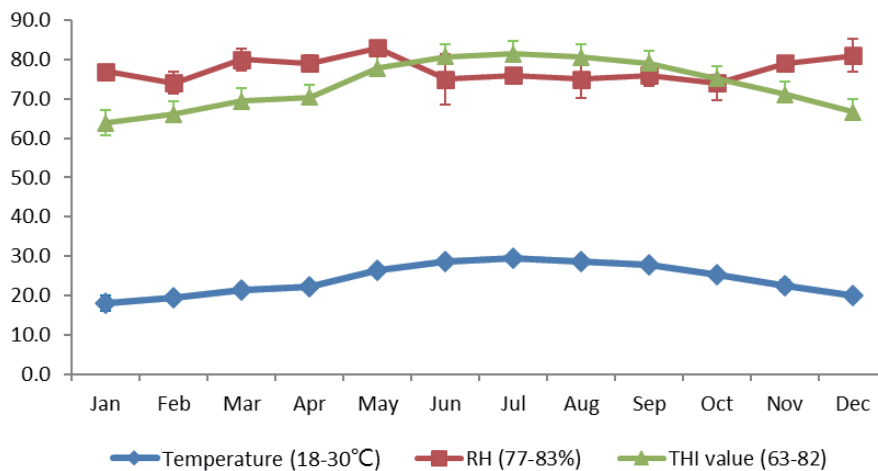


圖 1. 2020-2021 年每月平均溫度、濕度及 THI 值。熱季 6、7、8 月之個別平均溫度及 THI 值顯著大於涼季 1、2 月個別數值。

Fig.1. The mean temperature, relative humidity (RH), and THI value curve from January to December 2020 and 2021. The individual average temperatures and THI values for the hot season (June, July, and August) are significantly higher than those for the cool season (January and February).

- (ii) 環境溫、溼度：於水牛舍外設置溫溼度紀錄器，記錄水牛生活之環境溫度與濕度，並換算成 THI (Kendall and Webster, 2009)。
- (iii) 將試驗牛隻移動至工作欄並進行保定後，測量直腸溫度與呼吸速率，呼吸速率之測量以計算牛隻站立且呈靜止狀態平均 1 分鐘內之側腹起伏數。並於 2020 年與 2021 年之 2 月與 8 月最後一週，自試驗牛隻頸靜脈抽血 3 mL 至 EDTA 抗凝血管 (BD Vacutainer® Lithium Heparin)，送國立中興大學獸醫學院動物疾病診斷中心，以 ProCyte Dx 血液學分析儀 (IDEXX) 進行水牛全血細胞計數 (complete blood count, CBC) 檢驗，包含紅血球 (red blood cell, RBC)、血容比 (packed cell volume, PCV)、血紅素 (Hemoglobin, Hb)、平均紅血球容積 (mean corpuscular volume, MCV)、平均紅血球血紅素量 (mean corpuscular haemoglobin, MCH)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)、血小板 (platelet, PLT)、白血球總數 (white blood cell, WBC)、嗜中性球 (neutrophils)、淋巴球 (lymphocytes)、單核球 (monocytes)、嗜酸性球 (eosinophils) 及嗜鹼性球 (basophils) 等 13

個項目。

- (iv) 水牛之血清生化值檢測，委由立人醫事檢驗所以 TBA™-c16000 臨床化學自動分析儀 (TOSHIBA) 進行表現量分析，項目包含尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、肌酸酐 (creatinine, Cre)、尿酸 (uric acid, UA)、總蛋白質 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, Alb)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, Alp)、總膽固醇 (total cholesterol, TC)、三酸甘油酯 (Triglyceride, TG) 等 8 個項目。另外進行皮質醇 (cortisol) 表現量檢測，使用牛隻試劑檢驗套組 Bovine Cortisol (COR) ELISA Kit (Shanghai Coon Koon Biotech Co., Ltd; Shanghai, China)。

III. 統計分析

試驗所得資料以 SPSS 統計軟體 (SPSS ver. 22) (IBM Corp., 2013) 分析，以成對樣本 t 檢定檢測涼、熱季數據之平均數是否有顯著性差異，及獨立樣本 t 檢定檢測公、母水牛於涼、熱季數據之平均數於性別間是否有顯著性差異，以 $p < 0.05$ 的標準下檢測差異。

結果與討論

I. 涼、熱季環境變化對臺灣水牛直腸溫度、體表溫度及呼吸速率影響

本試驗統計 2020 至 2021 年涼季 (1 至 2 月) 及熱季 (6 至 8 月) 水牛舍環境溫度、濕度及 THI 值 (表 1)，三者皆以熱季顯著高於涼季 ($P < 0.05$)；試驗牛群於熱季平均呼吸速率與平均直腸溫度亦皆顯著高於涼季 ($P < 0.05$) (表 1、表 2)。Singh *et al.* (2014) 研究印度國家乳品研究所 (National Dairy Research Institute, NDRI) 飼養之摩拉水牛 (Murrah buffalo) (*Bubalus bubalis*) 暴露於涼季與熱季 (溫差 0°C 至 45°C) 環境下之呼吸速率與直腸溫度，熱季數值皆顯著高於涼季 ($P < 0.05$)。Haque *et al.* (2012) 將摩拉水牛 (12 頭仔牛與 6 頭成牛) 於 22°C、40°C、42°C 和 45°C 的氣候室中分別各暴露 4 小時，監測其直腸溫度和呼吸速率，與熱中性溫度 (22°C) 相比，暴露於 40°C、42°C 和 45°C 4 小時後，仔水牛和成年水牛的呼吸速率和直腸溫度皆顯著增加 ($P < 0.001$)，本試驗條件為自然環境下之平均溫度，試驗結果得出暴露於較高環境平均溫度下，牛隻呼吸速率及直腸溫度顯著高於較低平均環境溫度，與前人研究結果相似，顯示水牛會因環境溫度提高而增加呼吸速率及直腸溫度。

熱季時，不同性別之臺灣水牛，平均呼吸速率均顯著高於涼季 ($P < 0.05$)，惟直腸溫度於涼、熱季未見顯著差異。Abera *et al.* (2021) 等人比較衣索比亞阿維區之福格拉乳牛 (Fogera cattle) 於旱季 (平均 THI 值 72.7 ± 0.5)、短雨季 (平均 THI 值 72.0 ± 0.4) 及長雨季 (平均 THI 值 69.6 ± 0.3) 之呼吸速率與直腸溫度，結果顯示，旱季時牛隻呼吸速率，分別比短雨季與長雨季多出 3.4 和 3.8 次 / 分鐘，而直腸溫度未有顯著性差異。本試驗公、母水牛個別之直腸溫度則於涼、熱季未見顯著差異，推測係因試驗族群飼養區域內皆具有流動水道，且有大型遮陰棚，水牛於熱季時，可至遮陰棚下休憩並尋找水源泡水降溫，因此可能減緩熱季高溫的緊迫，進而影響生理數值。與涼季相比，熱季呼吸速率增加可能是由於組織在緊迫條件下對氧氣的需求量增加所致 (Singh *et al.*, 2014)。為了減少水牛因熱緊迫對生理上的不良影響，可採取相對應的管理措施，為水牛提供天然或人工的遮蔭環境 (樹蔭、畜舍等) 與充足的飲水，水牛因皮膚汗腺較少且膚色呈黑灰色，演化出調節體溫的補償行為，如喜好泡在水池、泥濘中打滾降溫，故應提供水池、泥坑供水牛打滾。牧場管理者也應隨時關注天氣預報，以便因應氣候變化進行滾動式調整 (Somparn *et al.*, 2004)。在熱緊迫下，細胞調節免疫反應會隨之下降，於餵飼中添加抗壞血酸 (維生素 C) 和電解質，亦有助於緩解受熱緊迫的水牛的氧化壓力 (Kumar *et al.*, 2010)。

表 1. 臺灣水牛於涼、熱季之呼吸速率與直腸溫度及其飼養環境之平均溫度、溼度與 THI 值比較

Table 1. The respiration rate and rectal temperature of Taiwan swamp buffaloes during the cool and hot seasons, and average environmental temperature, humidity, and THI.

Seasons	Ambient temperature (°C)	Ambient Humidity (%)	THI value	Respiration rate	Rectal temperature (°C)
Cool	18.31 ± 3.50 ^b	79.96 ± 9.21 ^a	64.17 ± 5.46 ^b	20.30 ± 4.74 ^b	38.34 ± 0.55 ^b
Hot	28.77 ± 2.88 ^a	78.78 ± 8.54 ^b	80.66 ± 3.56 ^a	31.56 ± 11.41 ^a	38.48 ± 0.53 ^a

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

表 2. 臺灣水牛於涼、熱季之呼吸速率與直腸溫度比較

Table 2. The mean rectal temperature and respiration rate of male and female Taiwan swamp buffaloes in the cool and hot seasons.

seasons	Male (n = 5)		Female (n = 5)	
	Respiration rate/min	Rectal temperature (°C)	Respiration rate/min	Rectal temperature (°C)
Cool	20.86 ± 4.22 ^b	38.31 ± 0.54	19.73 ± 5.17 ^b	38.38 ± 0.57
Hot	30.21 ± 10.95 ^a	38.44 ± 0.44	34.25 ± 11.89 ^a	38.54 ± 0.68

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

II. 涼、熱季環境變化對臺灣水牛血液學影響

水牛涼、熱季血液學分析結果顯示，嗜中性球、平均紅血球血紅素量及平均紅血球血紅素濃度之熱季數值顯著高於涼季 ($P < 0.05$)，紅血球總數、淋巴球、嗜酸性球及嗜鹼性球數值則以涼季顯著高於熱季 ($P < 0.05$) (表 3)。公臺灣水牛的白血球總數、嗜中性球於涼季顯著高於母臺灣水牛 ($P < 0.05$)，單核球與嗜鹼性球數值則相反，而熱季公臺灣水牛只有淋巴球數值顯著高於母臺灣水牛 ($P < 0.05$)，其餘數值未見顯著性差異 (表 4)。

嗜中性球與淋巴球調查結果 (表 3) 與前人研究相似，Pereira *et al.* (2020) 將地中海水牛 (Mediterranean buffaloes) 置於不同溫度下觀察其血液學變化，發現嗜中性球數隨環境溫度上升而有上升趨勢，淋巴球則相反。Omram *et al.* (2011) 發現水牛的嗜中性球數值在 42°C 下高於 25°C，淋巴球則相反。Debbarma *et al.* (2020) 研究印度哈里亞納邦國家乳品研究所家畜研究中心之摩拉水牛於冬季、春季、夏季 (THI 分別為 59.27、70.97 及 84) 之血液學變化，發現夏季的紅血球總數與血容比顯著低於冬季與春季，本試驗結果紅血球總數與前人研究相似。Dayal *et al.* (2017) 指出紅血球總數和血紅素的下降，可能歸因於夏季環境影響採食量減少，從而導致紅血球生成減少。在熱緊迫期間，由於水分從組織間隙或消化道移動到血管內，水牛的血液和血漿體積增加，總體水分含量增加，從而導致血容比下降，循環中水分增加可能有助於散熱 (Chaiyabutr *et al.*, 1997)，本試驗未見血容比與血紅素有因季節而有顯著性差異 (表 3)，推測因試驗族群飼養區內有流動水道及遮陰棚，使水牛可於熱季尋找遮蔭及水源泡水降溫，進而影響熱季的血液學數值。Park *et al.* (2021) 比較荷蘭牛與娟姍牛在不同 THI 值下血液學變化，發現荷蘭牛與娟姍牛在高 THI 值 (79.13) 時，嗜酸性球與嗜鹼性球數量均高於低 THI 值 (64.92)，但僅荷蘭牛的數值有顯著性差異，顯示存有品種間差異，並推論嗜酸性球與嗜鹼性球對高溫非常敏感，尤其荷蘭牛更為明顯。熱緊迫致使嗜酸性球和嗜鹼性球對抗原過度反應，使動物在熱緊迫狀態下更容易受到感染。Morar *et al.* (2018) 研究則指出荷蘭牛在遭受熱緊迫 3 週後，其血液樣本之紅血球總數、血紅素、嗜酸性球有下降趨勢。本試驗持續調查 2 年的涼、熱季長期熱緊迫試驗，亦得出水牛的紅血球總數及嗜酸性球於熱季顯著下降，可推測牛隻的血液學數值在短期熱緊迫下即可看出變化，飼養管理者須因應氣候變化應提早進行調整。

表 3. 臺灣水牛涼、熱季血液學數值比較

Table 3. Analysis of the hematological parameters of Taiwan swamp buffaloes in the cool and hot season.

Parameters ¹	Unit	Cool (n = 10)	Hot (n = 10)
RBC	106/ μ L	6.14 ± 0.61 ^a	5.78 ± 0.53 ^b
PCV	%	34.67 ± 3.24	33.43 ± 3.54
Hb	g/dL	11.57 ± 0.80	11.97 ± 1.34
MCV	fL	57.91 ± 2.92	57.45 ± 3.30
MCH	pg	19.36 ± 1.29 ^b	20.62 ± 1.27 ^a
MCHC	g/dL	33.64 ± 0.90 ^b	35.36 ± 1.16 ^a
PLT	103/ μ L	195.80 ± 43.74	211.84 ± 57.44
WBC	103/ μ L	10.99 ± 1.67	11.02 ± 1.73
Neutrophils	%	45.68 ± 8.66 ^b	59.43 ± 6.94 ^a
Lymphocytes	%	35.09 ± 5.58 ^a	25.09 ± 5.25 ^b
Monocytes	%	2.73 ± 0.82	2.56 ± 0.99
Eosinophils	%	12.04 ± 4.86 ^a	9.83 ± 3.72 ^b
Basophils	%	3.73 ± 5.56 ^a	0.37 ± 0.22 ^b

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

¹RBC, PCV, Hb, MCV, MCH, MCHC, PLT, and WBC mean red blood cell, packed cell volume, hemoglobin, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentration, platelet, and white blood cell.

表 4. 不同性別對臺灣水牛涼、熱季血液學數值之比較

Table 4. Analysis of the hematological parameters of different genders of Taiwan swamp buffaloes in the cool and hot season.

Parameters ¹	Unit	Cool		Hot	
		Male (n = 5)	Female (n = 5)	Male (n = 5)	Female (n = 5)
RBC	106/ μ L	6.18 \pm 0.52	6.11 \pm 0.71	5.81 \pm 0.29	5.75 \pm 0.74
PCV	%	34.71 \pm 3.35	34.63 \pm 3.31	33.62 \pm 2.74	33.21 \pm 4.43
Hb	g/dL	11.53 \pm 0.67	11.60 \pm 0.96	11.98 \pm 0.95	11.96 \pm 1.70
MCV	fL	57.59 \pm 3.12	58.20 \pm 2.87	57.86 \pm 3.19	57.00 \pm 3.54
MCH	pg	19.31 \pm 1.32	19.41 \pm 1.32	20.62 \pm 1.22	20.61 \pm 1.40
MCHC	g/dL	33.78 \pm 1.06	33.51 \pm 0.75	35.66 \pm 1.26	35.05 \pm 1.03
PLT	103/ μ L	204.00 \pm 43.10	187.60 \pm 45.07	202.90 \pm 63.62	221.78 \pm 51.56
WBC	103/ μ L	11.69 \pm 1.66 ^a	10.21 \pm 1.39 ^b	11.33 \pm 1.55	10.68 \pm 1.93
Neutrophils	%	5.81 \pm 0.99 ^a	4.26 \pm 1.17 ^b	6.86 \pm 1.31	6.09 \pm 1.92
Lymphocytes	%	3.87 \pm 0.50	3.92 \pm 1.05	3.07 \pm 0.58 ^a	2.38 \pm 0.67 ^b
Monocytes	%	0.25 \pm 0.04 ^b	0.34 \pm 0.06 ^a	0.27 \pm 0.07	0.28 \pm 0.09
Eosinophils	%	1.19 \pm 0.61	1.38 \pm 0.49	1.11 \pm 0.57	1.03 \pm 0.39
Basophils	%	0.03 \pm 0.01 ^b	0.75 \pm 0.66 ^a	0.03 \pm 0.01	0.31 \pm 0.58

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

¹RBC, PCV, Hb, MCV, MCH, MCHC, PLT, and WBC mean red blood cell, packed cell volume, hemoglobin, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentration, platelet, and white blood cell.

III. 涼、熱季環境變化對臺灣水牛血液生化值影響

涼、熱季血液生化值分析結果顯示，多項血液學及血液生化數值尚在正常生理參考值範圍內（表 5），其中三酸甘油酯、嗜酸性球，兩季測得之數值皆比正常生理參考值高，推測可能因本試驗之正常生理參考值係以乳牛之數值為依據，而有品種間生理值差異。公臺灣水牛於涼季肌酸酐、尿酸顯著高於母臺灣水牛（ $P < 0.05$ ），母臺灣水牛尿素氮與總膽固醇於涼季顯著高於公臺灣水牛（ $P < 0.05$ ），於熱季則未有顯著性差異（表 6）。Mahmoud *et al.* (2019) 研究顯示在血液生化學及血液學數值部分，多項數值皆以公水牛明顯高於母水牛。

尿素氮、肌酸酐及尿酸於熱季顯著高於涼季（ $P < 0.05$ ）。Chaudhary *et al.* (2015) 亦發現 Surti 水牛（Surti buffaloes）的尿素氮、肌酸酐值有隨 THI 上升而上升的趨勢。鹼性磷酸酶及三酸甘油酯涼季顯著高於熱季（ $P < 0.05$ ）。Li *et al.* (2021) 指出，荷蘭牛的鹼性磷酸酶隨 THI 值上升而顯著下降（ $P < 0.001$ ），且在低與高 THI 值環境皆會降低抗氧化能力。在高溫、高濕的環境下鹼性磷酸酶活性降低，可能係與腸道和肝臟活性降低，導致能量代謝和內分泌適應反應有關（Abeni *et al.*, 2007）。Joo *et al.* (2021) 研究得出荷蘭牛和娟姍牛的三酸甘油酯會隨著 THI 值上升而下降，與本試驗結果相似。Slimen *et al.* (2016) 指出，受熱緊迫的動物具有更大的腸道和肝臟三酸甘油酯儲存能力，進而降低血中三酸甘油酯濃度，花蓮地區夏季常為高 THI 值環境，水牛亦可能因適應性調節而有降低血中三酸甘油酯數值之情形。

試驗牛隻涼、熱季皮質醇數值無顯著性差異（表 5），皮質醇有生理調節功能，使動物能夠忍受壓力環境（Christison and Johnson, 1972）。可能涉及到下視丘 - 腦下垂體 - 腎上腺皮質軸對參與維持熱平衡的其他內分泌腺體的調節作用（Gudev *et al.*, 2007）。皮質醇會根據不同變因而波動，包括心理壓力和生理緊迫，如低血糖、疾病、發燒、創傷、疼痛、恐懼、消耗體力的活動或極端溫度。這些結果表明，水牛在不同類型的壓力下，會出現不同的荷爾蒙變化（Borghese, 2005）。Bristow and Holmes (2007) 研究安格斯牛的血質醇表現量與焦慮行為的相關性，發現焦慮表現越明顯的牛隻其皮質醇表現量越高。Grasso *et al.* (1999) 發現，給予較充足活動空間的仔水牛，其皮質醇濃度小於活動空間不足的仔水牛。本試驗指出呼吸速率與皮質醇濃度相關係數為 0.49，為中度正相關。Yadav *et al.* (2019) 將摩拉水牛置於 42°C 與 25°C 環境下各觀察 21 天，並於第 1、6、11、16 及第 21 天量測呼吸速率、直腸溫度及皮質醇濃度，發現於 42°C 熱緊迫環境下，水牛呼吸速率、直腸溫度及皮質醇濃度皆高於 25°C 環境。Haque *et al.* (2012) 研究指出，皮質醇濃度有隨環境溫度上升而上升的趨勢（ $P < 0.05$ ），與成年摩拉水牛相比，摩拉仔水牛的血質醇隨溫度上升而上升的幅度更為顯著，顯示其更容易受到熱緊迫的影響。本試驗於 2020 至 2021 年所測之涼季與熱季間水牛血中皮質醇濃度（36.00 vs. 64.00 ng/dL）雖無顯著（ $P > 0.05$ ）差異，但熱季仍有偏高之趨勢，此也符合前述文獻（Haque *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2019）所指，皮質醇濃度將隨環境溫度上升而提高的論述。

表 5. 臺灣水牛涼、熱季血液生化值比較

Table 5. Analysis of the blood biochemical parameters of Taiwan swamp buffaloes in the cool and hot season.

Parameters ¹	Unit	Cool (n = 10)	Hot (n = 10)
BUN	mg/dL	12.41 ± 7.01 ^b	17.62 ± 2.27 ^a
Cre	mg/dL	1.72 ± 0.22 ^b	1.94 ± 0.18 ^a
UA	mg/dL	0.50 ± 0.19 ^b	0.61 ± 0.15 ^a
TP	g/dL	6.29 ± 0.65	6.59 ± 0.87
Alb	g/dL	3.24 ± 0.30	3.14 ± 0.30
Alp	IU/L	99.47 ± 26.13 ^a	81.00 ± 27.36 ^b
TC	mg/dL	63.63 ± 8.49	61.05 ± 10.09
TG	mg/dL	41.79 ± 13.64 ^a	33.65 ± 17.38 ^b
Cortisol	ng/dL	36.00 ± 0.00	64.00 ± 43.27

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

¹BUN, Cre, UA, TP, Alb, Alp, TC and TG mean blood urea nitrogen, creatinine, uric acid, total protein, albumin, alkaline phosphatase, total cholesterol, and triglyceride.

表 6. 不同性別臺灣水牛於涼熱季之血液生化學數值比較

Table 6. Analysis of the blood biochemical parameters of different genders of Taiwan swamp buffaloes in the cool and hot season.

Parameters ¹	Unit	Cool		Hot	
		Male	Female	Male	Female
BUN	mg/dL	7.40 ± 4.02 ^b	17.97 ± 5.14 ^a	17.15 ± 1.58	18.20 ± 2.93
Cre	mg/dL	1.85 ± 0.12 ^a	1.57 ± 0.22 ^b	1.99 ± 0.17	1.88 ± 0.18
UA	mg/dL	0.59 ± 0.15 ^a	0.40 ± 0.18 ^b	0.65 ± 0.14	0.56 ± 0.16
TP	g/dL	6.32 ± 0.58	6.25 ± 0.75	6.25 ± 0.88	6.93 ± 0.75
Alb	g/dL	3.28 ± 0.29	3.20 ± 0.32	3.21 ± 0.28	3.08 ± 0.32
Alp	IU/L	103.80 ± 28.54	94.67 ± 23.89	81.80 ± 26.05	80.11 ± 30.31
TC	mg/dL	59.33 ± 8.35 ^b	67.50 ± 6.85 ^a	61.00 ± 11.56	61.11 ± 8.87
TG	mg/dL	39.50 ± 16.83	44.33 ± 9.27	36.20 ± 16.51	31.10 ± 18.72
Cortisol	ng/ml	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.07 ± 0.05	0.08 ± 0.08

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

¹BUN, Cre, UA, TP, Alb, Alp, TC and TG mean blood urea nitrogen, creatinine, uric acid, total protein, albumin, alkaline phosphatase, total cholesterol, and triglyceride.

結 論

本研究為國內的水牛飼養管理者提供不同氣候下臺灣水牛的生理表現數據，得出在 2020 至 2021 年間，生活於臺灣花蓮地區之水牛其生理數值會隨涼、熱季之環境 THI 值變化而有所改變，在現今氣候多變的情況下，若遭遇久旱、缺水等嚴峻環境，管理者須適時做出調整因應水牛可能發生的熱緊迫危機，期望這項研究結果有助於優化水牛飼養環境，改善水牛的福祉和生產力，提高牧場的經濟效益。

參考文獻

- Abeni, F., L. Calamari, and L. Stefanini. 2007. Metabolic conditions of lactating Friesian cows during the hot season in the Po valley. 1. blood indicators of heat stress. *Int. J. Biometeorol.* 52(2): 87-96.
- Abera, M., Y. Y. Mummed, M. Eshetu, F. Pilla, and Z. Wondifraw. 2021. Physiological, biochemical, and growth parameters

- of Fogera cattle calves to heat stress during different seasons in sub-humid part of Ethiopia. *Animals* 11: 1062.
- Armstrong, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77(7): 2044-2050.
- Borghese, A. 2005. Buffalo production and research. FAO regional office for Europe inter-regional cooperative research network on buffalo (ESCORENA). REU technical series 67, pp. 229-232. Roma, Italy.
- Bristow, D. J. and D. S. Holmes. 2007. Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Physiol. Behav.* 90(4): 626-628.
- Chaiyabutr, N., S. Komolvanich, S. Sawangkoon, and S. Chanpongsang. 1997. Alterations in potassium homeostasis during heat stress in swamp buffaloes (*Bubalus bubalis*). *J. Therm. Biol.* 22(3): 207-212.
- Chaudhary, S. S., V. K. Singh, R. C. Upadhyay, G. Puri, A. B. Odedara, and P. A. Patel. 2015. Evaluation of physiological and biochemical responses in different seasons in Surti buffaloes. *Vet. World.* 8(6): 727-731.
- Christison, G. I. and H. D. Johnson. 1972. Cortisol turnover in heat stressed cows. *J. Anim. Sci.* 35: 1005-1010.
- Dayal, S., A. Dey, S. J. Pandian, J. J. Gupta, P. C. Chandran, and I. Ali. 2017. Effect of seasonal variation on physiological parameters in Murrah buffaloes. *Indian J. Anim. Sci.* 87(8): 965-967.
- Debbarma, S., Ashutosh, S. B. Gowda, and G. Kumar. 2020. Seasonal variation of physiological responses, plasma hormones, electrolytes and hematological parameters in buffaloes physiological and biochemical changes in buffaloes. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. Special Issue-10*: 622-629.
- Grasso, F., F. Napolitano, G. D. Rosa, T. Quarantelli, L. Serpe, and A. Bordi. 1999. Effect of pen size on behavioral, endocrine, and immune responses of water buffalo (*Bubalus bubalis*) calves. *J. Anim. Sci.* 77: 2039-2046.
- Gudev, D., S. Popova-Ralcheva, P. Moneva, Y. Aleksiev, Tz. Peeva, P. Penchev, and I. Ilieva. 2007. Physiological indices in buffaloes exposed to sun. *Archiva Zootechnica* 10: 127-133.
- Haque, N., A. Ludri, S. A. Hossain, and M. Ashutosh. 2012. Alteration of metabolic profiles in young and adult Murrah buffaloes exposed to acute heat stress. *Int. J. Appl. Anim. Sci.* 1(1): 23-29.
- IBM Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Ver. 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Jasinski, F. P., C. Evangelista, L. Basiricò, and U. Bernabucci. 2023. Responses of dairy buffalo to heat stress conditions and mitigation strategies: a review. *Animals* 13: 1260.
- Joo, S. S., S. J. Lee, D. S. Park, D. H. Kim, B. H. Gu, Y. J. Park, C. Y. Rim, M. Kim, and E. T. Kim. 2021. Changes in blood metabolites and immune cells in Holstein and Jersey dairy cows by heat stress. *Animals* 11: 974.
- Kadzere, C., M. Murphy, N. Silanikove, and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 77(1): 59-91.
- Kendall, P. E. and J. R. Webster. 2009. Season and physiological status affects the circadian body temperature rhythm of dairy cows. *Livest. Sci.* 125: 155-160.
- Kumar, B. V. S., G. Singh, and S. K. Meur. 2010. Effects of addition of electrolyte and ascorbic acid in feed during heat stress in buffaloes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23(7): 880-888.
- Li, H., Y. Zhang, R. Li, Y. Wu, D. Zhang, H. Xu, Y. Zhang, and Z. Qi. 2021. Effect of seasonal thermal stress on oxidative status, immune response and stress hormones of lactating dairy cows. *Anim. Nutr.* 7: 216-223.
- Mahmoud, R. A. E., M. I. Hamed, and D. R. Ibrahim. 2019. Comparison of normal hematological and biochemical values in male and female buffaloes. *J. Adv. Vet. Res.* 9(1): 8-10.
- Marai, I. F. M. and A. A. M. Haezeb. 2010. Buffalo's biological functions as affected by heat stress-A review. *Livest. Sci.* 127(2-3): 89-109.
- Mazzullo, G., C. Rifici, F. Cammarata, G. Caccamo, M. Rizzo, and G. Piccione. 2014. Effect of different environmental conditions on some haematological parameters in cow. *Ann. Anim. Sci.* 14(4): 947-954.
- Morar, D., V. Ciulan, F. Simiz, T. Mot, I. Hutu, and C. Vaduvae. 2018. Effect of heat stress on haematological parameters in dairy cows. *Lucrari Stiintifice Medicina Veterinara* 61(2): 65-70.
- Omram, F. I., G. Ashour, M. M. Youssef, and M. M. Shafie. 2011. Responses of hematology, blood metabolites, mineral ions and hormonal profile to heat stress for Egyptian buffalo calves. *Egypt. J. Agric. Res.* 89(3): 1129-1140.
- Park, D. S., B. H. Gu, Y. J. Park, S. S. Joo, S. S. Lee, S. H. Kim, E. T. Kim, D. H. Kim, S. S. Lee, S. J. Lee, B. W. Kim, and M. Kim. 2021. Dynamic changes in blood immune cell composition and function in Holstein and Jersey steers in response to heat stress. *Cell Stress Chaperones.* 26: 705-720.
- Pereira, A. M. F., R. A. Vilela, C. G. Titto, T. M. C. Leme-dos-Santos, A. C. M. Geraldo, J. C. C. Balieiro, R. F. Calviello, E. H. B. Junior, and E. A. L. Titto. 2020. Thermoregulatory responses of heat acclimatized buffaloes to simulated heat waves. *Animals* 10(5): 756.

- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67: 1-18.
- Singh, A. K., R. Devi, Y. Kumar, P. Kumar, and R. C. Upadhyay. 2014. Physiological changes and blood flow in Murrah buffaloes during summer and winter season. *J. Buffalo Sci.* 3(2): 63-69.
- Slimen, I. B., T. Najjar, A. Ghram, and M. Abdrabba. 2016. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. 100: 401-412.
- Somparn, P., M. J. Gibb, K. Markvichitr, N. Chaiyabutr, S. Thummabood, and C. Ajrabukka. 2004. Analysis of climatic risk for cattle and buffalo production in northeast Thailand. *Int. J. Biometeorol.* 49(1): 59-64.
- Vale, W. G. 2007. Effects of environment on buffalo reproduction. *Ital. J. Anim. Sci.* 6(2): 130-142.
- Yadav, B., G. Singh and A. Wankar. 2021. Acclimatization dynamics to extreme heat stress in crossbred cattle. *Biol. Rhythm. Res.* 52(4): 524-534.

The investigation of physiological, hematological, and blood biochemical parameters of Taiwan swamp buffaloes in the Hualien region during the cool and hot seasons⁽¹⁾

Pei-Chun Chen ⁽²⁾ Pi-Hua Chuang ⁽²⁾ Liang-Yuan Wei ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Jul. 24, 2023; Accepted: Oct. 20, 2023

Abstract

This study was to investigate the changes in physiological, hematological, and blood biochemical parameters of Taiwan swamp buffaloes during the different seasons (cool and hot seasons). The experimental results showed significant differences ($P < 0.05$) in ambient temperature, relative humidity, and THI (Temperature-Humidity Index) between the cool and hot seasons. Taiwan swamp buffaloes had significantly higher respiration rates and rectal temperatures (30.58 ± 10.42 breaths/min and $38.50 \pm 0.56^{\circ}\text{C}$) in the hot seasons, in contrast to the cool season (20.24 ± 4.63 breaths/min and $38.36 \pm 0.55^{\circ}\text{C}$) ($P < 0.05$). From the hematological assay, the values of RBC, lymphocytes, eosinophils, and basophils were significantly higher in the cool season than in the hot season ($P < 0.05$). On the contrary, the values of neutrophils, MCH, and MCHC were significantly higher in the hot season compared to the cool season ($P < 0.05$). In terms of blood biochemical analysis, the values of BUN, CRE, and UA were significantly higher in the hot season compared to the cool season ($P < 0.05$), while the ALP and TG were significantly higher in the cool season compared to the hot season ($P < 0.05$). This survey shows that the higher environmental temperature-humidity index (THI) during the hot season significantly affects the physiological values of Taiwan swamp buffaloes. Farm managers can plan responsive measures according to climate change.

Keywords: Taiwan native buffaloes, Hematology, Blood biochemistry.

(1) Contribution No. 2768 from Taiwan Livestock Research Institute, Ministry of Agriculture.

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

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