

# 調查涼、熱季環境條件下飼養蘭嶼豬之直腸溫度、呼吸速率及血液生理生化值變化<sup>(1)</sup>

李士昕<sup>(2)(3)</sup> 吳昇陽<sup>(2)</sup> 王漢昇<sup>(2)</sup> 陳益隆<sup>(2)</sup> 黃昱翎<sup>(2)</sup> 章嘉潔<sup>(2)</sup>

收件日期：113 年 9 月 19 日；接受日期：114 年 4 月 22 日

## 摘 要

本研究旨在調查涼、熱季環境條件下，飼養之蘭嶼豬直腸溫度、呼吸速率及血液生理生化值變化，透過測量了解季節變化對蘭嶼豬生理狀態的影響，進一步制定合適飼養管理策略。試驗於涼熱季分別使用 3 月及 6 月齡蘭嶼豬 10 頭，公母各半。收集不同月齡豬隻，上、下午時段之生理值數據，並採集其血液樣本進行血液生理及生化值檢測。研究結果顯示，於熱季對直腸溫度的影響僅在 3 月齡蘭嶼豬上午測定時有顯著上升 ( $P < 0.05$ )，對 6 月齡蘭嶼豬則無顯著差異。此外，不同月齡和時段，熱季呼吸速率與涼季相比皆顯著增加 ( $P < 0.05$ )。血液生化項目在四碘甲狀腺素 (T4)、免疫球蛋白 G (IgG)、皮質醇 (cortisol)、白血球 (WBC)、葡萄糖 (GLU)、尿素氮 (BUN)、肌酸酐 (CRE)、總蛋白質 (TP)、血清球蛋白 (GLO)、白蛋白 / 球蛋白的比值 (A/G)、丙麩胺醯氨轉酸酶 (GGT)、肌酸磷激酶 (CPK) 及乳酸脫氫酶 (LDH) 等 13 項，不同月齡於季節上均顯著差異 ( $P < 0.05$ )。本研究成果提供了蘭嶼豬在不同季節下生理變化的詳細資料，有助於未來針對季節性氣候變化調整飼養管理策略，進一步提升蘭嶼豬的健康與生產效益，實現更科學化的畜牧管理。

關鍵詞：蘭嶼豬、涼季、熱季、生理值。

## 緒 言

在氣候變遷的影響下，動物生產能力和健康都面臨嚴峻的挑戰，由於豬隻缺乏汗腺，且在圈飼環境下體溫調節效率差，造成豬隻對炎熱環境條件更加敏感 (Nardone *et al.*, 2010)。當豬隻受到熱緊迫時，可能會對豬隻的生理、行為、免疫、健康和生產力產生不利影響，進而對豬肉產業造成損失 (Gregory, 2010; González *et al.*, 2020; Chauhan *et al.*, 2021; Podder *et al.*, 2022)。

隨著全球氣候變遷，臺灣近 30 年的觀測資料顯示，日最高溫及日最低溫均有上升的趨勢，這也代表未來極端高溫事件將日趨嚴重 (陳, 2018)。當動物暴露在環境壓力下時，其生理值變化可以透過呼吸頻率和直腸溫度的變化來測量 (Mirkena *et al.*, 2010)。隨著動物呼吸頻率的上升，會同時增加肺部氣體交換和水分蒸發，並藉此釋放額外的熱量 (McGlone, 1999)。動物對其內部和外部環境的生理反應也會反映在血液分析中，可藉此評估環境引起的壓力程度 (Mmereole, 2008) 以及動物對特定環境條件的適應能力 (Sejian *et al.*, 2014)。

蘭嶼豬源自於熱帶氣候的蘭嶼，在過去研究中發現，蘭嶼豬以相同商業用肉豬餵養條件下，其生長速度雖然較慢，但具有較好的耐熱性及環境適應力 (陳, 2020)。然而，溫度變化對其生理生化值的影響仍需了解，並建立相關的資料。本研究針對 3 至 6 月齡蘭嶼豬進行調查，評估涼季和熱季對蘭嶼豬直腸溫度、呼吸速率及血液生理生化影響，為未來研究應用提供重要參考。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2823 號。

(2) 農業部畜產試驗所東區分所。

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

## 材料與方法

### I. 試驗動物

在本研究使用豬隻均通過畜產試驗所東區分所臺東場區實驗照護及使用小組的核准(畜試動字 109-06 號)。依據交通部中央氣象署臺東地區近 5 年氣候資料，分為涼季(11 至 3 月)、熱季(6 至 9 月)，於 2020 至 2021 年試驗期間。每一季節、每一齡期(3 月齡與 6 月齡)各使用 10 頭蘭嶼豬(公母各半)，共重複兩年，故每組樣本數為 20 頭。蘭嶼豬飼養於畜產試驗所東區分所臺東場區，分別安置在保育豬舍(3 月齡)和成長豬舍(6 月齡)欄位。飼養條件為自然溫度、濕度和光照，飼料組成如表 1，其中粗蛋白含量為 15.11% 及粗脂肪含量為 2.47%。依照生醫用小型豬工作人員管理標準作業程序書(TAPS-DLT-2-03)，在相同飼養條件下，每日每頭豬依各階段營養需求由現場人員餵飼兩餐，並自由攝取飲水。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Ingredients	%
Corn	65.65
Soybean meal, 43.5%	18
Wheat bran	10
Limestone	1
Dicalcium phosphate	1.4
Choline	0.2
Molasses	3
Salt	0.5
Vitamin premix <sup>a</sup>	0.1
Mineral premix <sup>b</sup>	0.15
Total	100
Analyzed value	
Crude protein, %	15.11
Crude fiber, %	2.87
Crude fat, %	2.47
Crude ash, %	6.00
Calcium, %	1.27
Acid detergent fiber, %	3.65
Neutral detergent fiber, %	9.97
Gross energy, kcal/kg	3,796

<sup>a</sup> Vitamin supplied the following per kilogram of diet: vitamin A, 6,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 400 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K<sub>3</sub>, 2 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2.6 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 2 mg; Niacin, 30 mg; Pantothenic acid, 30 mg; Pyridoxine, 3 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.06 mg; Biotin, 0.2 mg.

<sup>b</sup> Mineral supplied the following per kilogram of diet: Fe (FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 20.09% Fe), 80 mg; Cu (CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O, 25.45% Cu), 5 mg; Mn (MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, 32.49% Mn), 6 mg; Zn (ZnSO<sub>4</sub>, 80.35% Zn), 45 mg; I (KI), 0.2 mg; Se (NaSeO<sub>3</sub>, 45.56% Se), 0.1 mg; Co (CoSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, 32% Co), 0.35 mg.

### II. 試驗方法及資料收集

(i) 於 2020 – 2021 年試驗期間，收集了 1 至 3 月的涼季環境參數和 6 至 9 月的熱季環境參數。測定畜舍環境的溫、濕度，在豬舍欄位前以及兩相鄰豬舍的遮雨棚下，距離地面 1 公尺的位置分別放置 1 組溫濕度記錄器

(AZ Temp. RH USB Data Logger 88162)，共計 3 組。記錄器的環境溫度測量範圍為 -30 至 70°C，精確度為  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。相對濕度測量範圍為 0.1 至 99.9%，在 25°C 時的精確度為  $\pm 3\%$ 。在試驗期間，每隔 10 分鐘連續測定並記錄溫度和濕度一次，然後每週將這些數據轉錄到電腦中，以便進行豬舍環境參數的統計和分析。使用 National Oceanic and Atmospheric Administration (1976) 的方法來計算 THI 值，此公式已在許多豬隻研究中被廣泛運用 (Wegner *et al.*, 2014; Wegner *et al.*, 2016; Hörtenhuber *et al.*, 2020)。THI 的計算公式如下： $\text{THI} = 9/5T + 32 - 0.55 \times (1 - \text{RH}) \times (9/5T - 26)$ 。在這個公式中，THI 代表溫濕度指數，T 代表氣溫 ( $^\circ\text{C}$ )，而 RH 代表相對濕度 (%)。

- (ii) 直腸溫度及呼吸速率測定：每週 2 日，分別在上午 09:00 和下午 13:00 各進行 1 次測量，總共進行 4 次測定，以評估試驗豬隻的直腸溫度和呼吸速率。測量直腸溫度時，將豬隻固定在保定籠中，並使用軟管溫度計 (MT-B132FA, Geon corporation, Taiwan) 進行測量，其測量範圍為 32 至 43°C。呼吸速率的測定是透過目視，觀察站立且靜止的豬隻計算腹脇部呼吸起伏次數。
- (iii) 血液檢測：採血操作分別於涼季的 2 月和熱季的 8 月進行。在進行血液採集前，試驗豬隻需禁食 12 小時，但可自由飲水。血液採集方式為從前腔靜脈採取 5 毫升的血液，分別置入含有凝固活化劑的採血管和含有 K2EDTA 抗凝劑的採血管中。隨後，樣本送至大統醫學檢驗中心 (Taitung, Taiwan)，總共進行 25 項血液生理生化檢驗，包括四碘甲狀腺素 (thyroxine, T4)、三碘甲狀腺素 (triiodothyronine, T3)、免疫球蛋白 G (immunoglobulin G, IgG)、皮質醇 (cortisol)、白血球計數 (white blood cell count, WBC)、紅血球計數 (red blood count, RBC)、血紅素 (hemoglobin, Hb)、血球容積比 (hematocrit, Ht)、平均紅血球體積 (mean corpuscular volume, MCV)、平均紅血球血紅素量 (mean corpuscular hemoglobin, MCH)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)、血小板 (platelet)、飯前血糖 (glucose Ac, GLU)、尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、肌酸酐 (creatinine, CRE)、總膽固醇 (total cholesterol, CHOL)、三酸甘油酯 (triglycerides, TG)、總蛋白質 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, ALB)、球蛋白 (globulin, GLO)、白蛋白 / 球蛋白比 (albumin / globulin ratio, A/G)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、丙麩胺醯氨轉酸酶 (gamma glutamyl transferase, GGT)、肌酸磷激酶 (creatine phosphokinase, CPK)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH)。

### III. 資料分析

針對收集的生理值、血液生化值、環境參數等試驗資料使用 SAS 統計軟體 (SAS, 2014) 進行統計分析。分析過程採用一般線性模式程序 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析。透過 F 檢驗 (F-test) 評估各效應的顯著性。同時使用最小顯著性差異法 (least significant difference test, LSD)，來比較不同處理組之間的差異是否具有統計顯著性。

## 結果與討論

### I. 試驗期間畜舍環境溫溼度及 THI 指數變化

在 2020 至 2021 年的試驗期間，對保育豬舍、成長豬舍和戶外環境的溫度、濕度及溫濕度指數 (THI) 進行連續地監測並分析。結果顯示，無論是涼季還是熱季，戶外環境的平均溫度和最高溫度均較 2017 至 2019 年有所上升。臺東地區受中央山脈的阻隔，在熱季常出現背風效應，導致焚風現象並引發極端高溫。這種現象近年來因氣候變遷而變得更加嚴重。在 2021 年熱季，戶外環境已記錄到高達 41.1°C 戶外的極端高溫。

表 2 顯示，在涼季期間，保育豬舍的環境溫度和 THI 均為最高，2020 年和 2021 年的平均溫度分別為 23.3°C 和 21.6°C，THI 分別為 71.7 和 69.5。相比之下，成長豬舍和戶外環境的平均溫度和 THI 指數相對較低，尤其是 2017 至 2019 年的涼季，戶外環境的平均 THI 僅為 69.0，顯示戶外環境的溫度變化幅度較豬舍大。

在熱季期間，戶外環境的平均溫度和 THI 均高於保育豬舍和成長豬舍。2020 年和 2021 年，戶外環境的平均溫度分別達到 29.6 和 29.8°C，THI 則分別為 81.9 和 82.5。2021 年熱季的戶外環境甚至記錄到最高溫 40.9°C 和 THI 89.3。保育豬舍在熱季的平均溫度 29.5°C 和 THI 81.6 則較為穩定，略低於戶外環境但高於成長豬舍。

綜合上述，2020 至 2021 年試驗期間的數據顯示，戶外環境在涼季和熱季的溫度和 THI 均比 2017 至 2019 年有所增加，這與近年來氣候變遷和極端天氣事件的頻率增加有關。涼季期間，保育豬舍的溫度和 THI 相對較高，顯示其環境控制較為溫暖和穩定；而在熱季，戶外環境的溫度和 THI 顯著升高，尤其是在 2021 年，顯示出戶外環境溫度波動性增大及 THI 顯著上升的趨勢。這些結果亦顯示在面對氣候變遷挑戰時，持續加強環境管

理措施的重要性，以確保豬舍內維持適宜的生長環境，並減緩高溫對豬隻的影響。

表 2. 試驗期間 (2020 – 2021) 之保育豬舍、成長豬舍、戶外和近三年戶外 (2017 – 2019) 在涼季和熱季的溫度、相對濕度及溫濕度指數 (THI) 的平均值和最大值

Table 2. During the trial period (2020-2021), the mean and maximum values of temperature, relative humidity, and temperature-humidity index (THI) in the nursery, grower, outdoors, and outdoors over the past three years (2017-2019) during the cool and hot seasons

Season	Unit	Temperature (°C)		Humidity (%)	THI	
		Mean	Maximum <sup>3</sup>	Mean	Mean	Maximum
Cool season <sup>1</sup>	Nursery					
	2020	23.3	29.7	74.7	71.7	80.3
	2021	22.5	30.1	75.5	70.6	81.4
	Grower					
	2020	22.4	31.2	78.9	70.7	82.1
	2021	21.6	30.9	80.0	69.5	82.1
	Outdoors <sup>4</sup>					
	2020	22.5	36.2	77.9	70.7	85.1
	2021	21.6	33.5	81.2	69.4	85.1
2017 – 2019	21.6	32.7	73.7	69.0	81.7	
Hot season <sup>2</sup>	Nursery					
	2020	29.5	36.0	76.3	81.6	86.5
	2021	29.5	36.3	77.4	81.6	88.0
	Grower					
	2020	29.5	36.7	79.3	81.9	86.7
	2021	29.8	38.6	75.4	81.6	87.9
	Outdoors <sup>4</sup>					
	2020	29.6	40.9	78.6	81.9	89.6
	2021	29.8	41.1	83.0	82.5	90.3
2017-2019	28.8	35.9	77.8	80.7	87.1	

<sup>1</sup> Cool season data collected for Jan. to Mar. of 2020 and 2021.

<sup>2</sup> Hot season data collected for Jun. to Sep. of 2020 and 2021.

<sup>3</sup> Maximum: Collecting one set of temperature and humidity data every 10 minutes, and use the maximum value from each set of data as the basis for determining the "maximum".

<sup>4</sup> The outdoor weather data for the years 2017 to 2019 is provided by the Central Weather Bureau's weather observation data.

從圖 1 可以觀察到以下趨勢：涼季的平均溫度在上午 5 點降至一天中的最低點，並在中午 12 點達到最高點；而在熱季，平均溫度在同樣上午 5 點降至最低點，但在下午 1 點才達到最高點。涼季的平均濕度在上午 6 點後迅速下降，並在上午 11 點達到最低點；相對應的，熱季的平均濕度在上午 5 點後快速下降，在中午 12 點達到最低點。THI 受溫度和濕度的交互作用影響。在涼季的平均 THI 在上午 6 點降至一天中的最低點，並在中午 12 點達到最高點；而在熱季，平均 THI 則在上午 5 點降至最低點，在下午 1 點升至最高點。一天內各環境參數的變化可以觀察到，溫度、濕度和 THI 值的變化幅度依次為：戶外環境 > 成長豬舍 > 保育豬舍。

Haeussermann *et al.* (2007)、Botto *et al.* (2014) 及 Mellado *et al.* (2018) 研究發現，當  $THI \leq 74$  時，豬隻處於舒適狀態；當  $75 < THI \leq 78$  時，豬隻處於輕度熱緊迫狀態；當  $79 < THI \leq 83$  時，豬處於中度熱緊迫狀態；而  $THI > 84$  則表示豬處於嚴重熱緊迫狀態。在兩年的試驗期間，臺東地區熱季的 THI 顯著高於涼季 ( $P < 0.05$ )。從圖 1 數據顯示，試驗豬舍在涼季的平均 THI 值都在 69.4 至 71.7 範圍，即豬隻是處於舒適的狀態。而在熱季，平均 THI 值都在 81.6 和 82.5 之間，表示豬隻在熱季期間處於中度熱緊迫的飼養環境中。

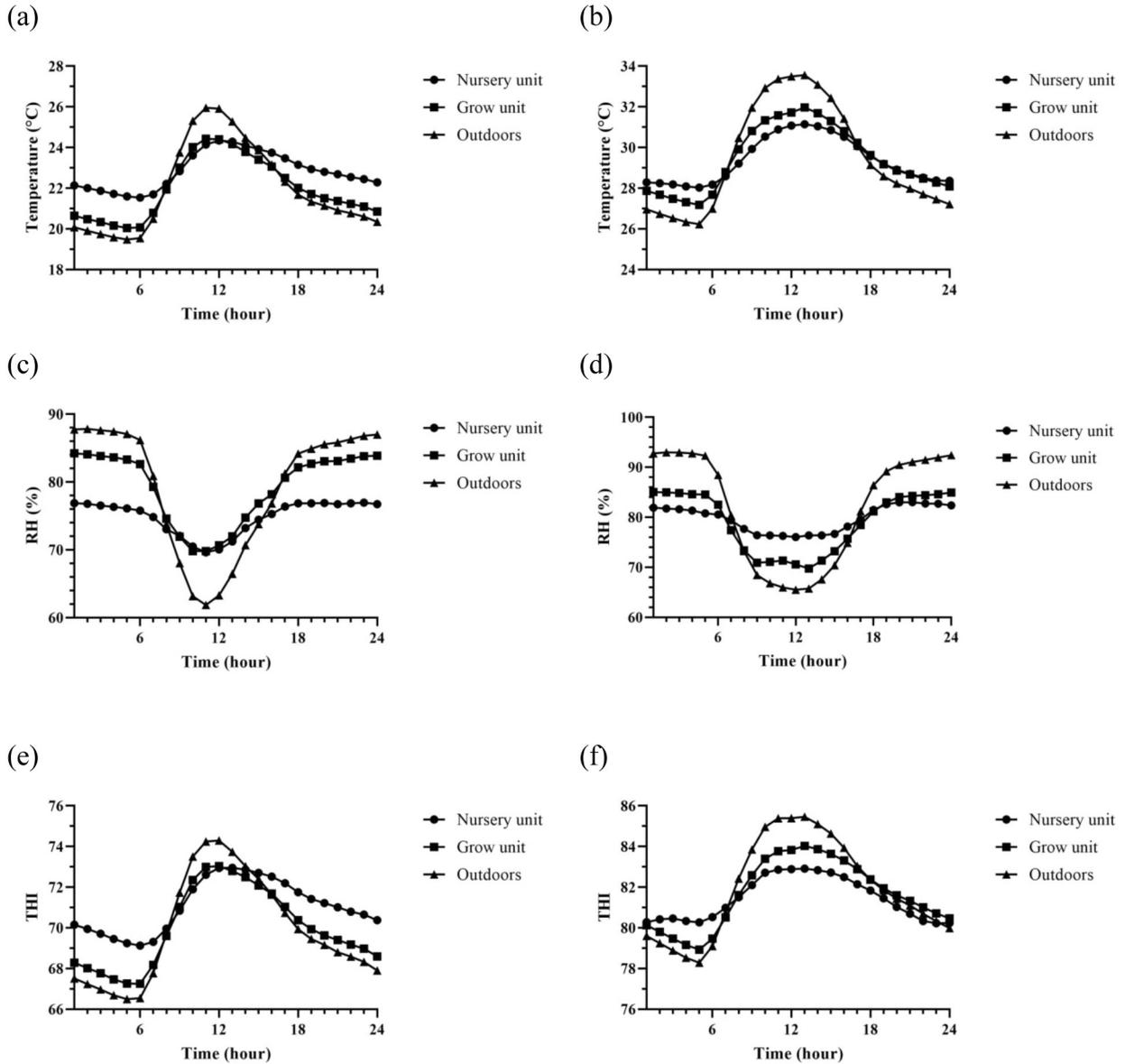


圖 1. 試驗期間 (a) 涼季溫度、(b) 熱季溫度、(c) 涼季濕度、(d) 熱季濕度、(e) 涼季 THI 及 (f) 熱季 THI 之一天平均變化。

Fig. 1. Daily average variations of (a) cool-season temperature, (b) hot-season temperature, (c) cool-season humidity, (d) hot-season humidity, (e) cool-season THI and (f) hot-season THI.

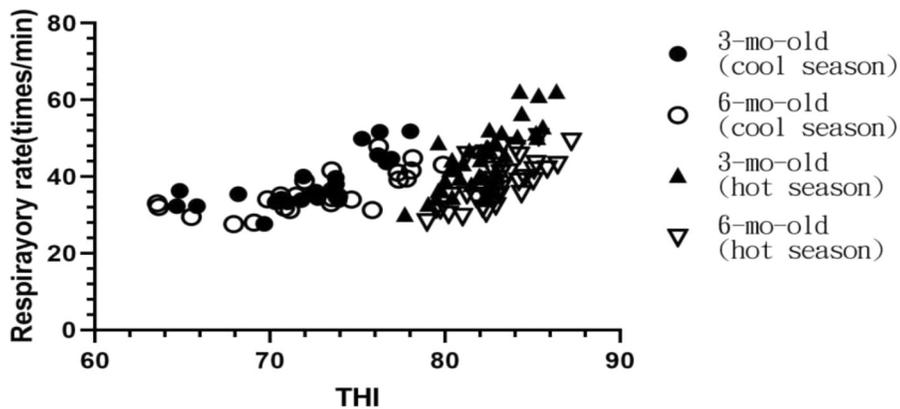


圖 2. 試驗期間 THI 與呼吸速率變化。

Fig. 2. Changes in THI and respiratory rate.

## II. 直腸溫度及呼吸速率之測定

動物會透過調節自身的直腸溫度和呼吸速率，以應對環境溫度和濕度的變化如表 3 所示，故相關生理指標被廣泛用作熱壓力的評估依據 (Yu *et al.*, 2010; Zheng *et al.*, 2022)。根據涼、熱季在上午及下午時段之直腸溫度及呼吸速率分析結果，顯示熱季對於直腸溫度的影響，在 3 及 6 月齡、上下午時段皆有增加趨勢，但統計上僅在 3 月齡蘭嶼豬上午測定時有顯著上升 ( $P < 0.05$ )，對 6 月齡蘭嶼豬則無顯著差異。此外，3 月齡蘭嶼豬在各時段的直腸溫度皆高於 6 月齡蘭嶼豬 ( $P < 0.05$ )。在呼吸速率方面，熱季期間 3 及 6 月齡豬隻呼吸速率均顯著高於涼季 ( $P < 0.05$ )。3 月齡蘭嶼豬在各時段之呼吸速率皆顯著高於 6 月齡 ( $P < 0.05$ )。

透過比較涼熱季 THI 值與呼吸速率的散佈圖，發現在相同 THI 值時，3 月齡蘭嶼豬與 6 月齡相比具有較高的呼吸速率，且 3 月齡的呼吸速率更易受 THI 值的變化影響。當 THI 值大於 74 時，各月齡蘭嶼豬的呼吸速率便開始頻繁出現有每分鐘 40 次之數據。從圖中亦可發現，各月齡豬隻 THI 值和呼吸速率的數據分佈，在涼季與熱季都有明顯的分群，且在熱季，儘管 THI 值超過 74，部份豬隻呼吸速率數據仍低於每分鐘 40 次，這也驗證蘭嶼豬對於高溫的耐受性及其環境適應性。

熱季對蘭嶼豬的生理指標有明顯影響，尤其是對年齡較小的豬隻，導致 3 月齡豬隻直腸溫度和呼吸速率的顯著上升，顯示出其對高溫環境的反應。年齡較大的豬隻在應對高溫環境變化方面可能具有穩定性，反應表現為其生理指標的變化幅度較小。這些數據說明，年齡和季節共同影響蘭嶼豬的對熱適應的調適，尤其在熱季，應特別關注年齡較小的豬隻以減少熱緊迫影響。

表 3. 蘭嶼豬於涼季和熱季之直腸溫度與呼吸速率變化

Table 3. The changes in rectal temperature and respiratory rate of Lanyu pigs during the cool and hot seasons

Items	Season	
	Cool <sup>1</sup>	Hot <sup>2</sup>
3-month-old (n = 20)		
Morning <sup>3</sup>		
Rectal temperature (°C)	38.98 ± 0.36 <sup>b,A</sup>	39.84 ± 0.31 <sup>a,A</sup>
Respiratory rate (breaths/minute)	27.70 ± 1.04 <sup>b,A</sup>	32.80 ± 2.10 <sup>a,A</sup>
Afternoon <sup>4</sup>		
Rectal temperature (°C)	39.31 ± 0.37 <sup>A</sup>	39.71 ± 0.29 <sup>A</sup>
Respiratory rate (breaths/minute)	30.40 ± 2.13 <sup>b,A</sup>	36.60 ± 3.49 <sup>a,A</sup>
6-month-old (n = 20)		
Morning		
Rectal temperature (°C)	38.72 ± 0.28 <sup>B</sup>	38.81 ± 0.30 <sup>B</sup>
Respiratory rate (breaths/minute)	25.30 ± 0.57 <sup>b,B</sup>	29.30 ± 2.13 <sup>a,B</sup>
Afternoon		
Rectal temperature (°C)	38.49 ± 0.45 <sup>B</sup>	38.76 ± 0.34 <sup>B</sup>
Respiratory rate (breaths/minute)	26.70 ± 1.14 <sup>b,B</sup>	32.80 ± 3.73 <sup>a,B</sup>

<sup>1</sup> Cool season data collected for Jan. to Mar. of 2020 and 2021.

<sup>2</sup> Hot season data collected for Jun. to Sep. of 2020 and 2021.

<sup>3</sup> 8:00 a.m. measurements: Cool season: Inside barn avg. temp. 22.87°C, humidity 71.98%, THI 70.83. Outside avg. temp. 23.68°C, humidity 67.91%, THI 71.69. Hot season: Inside barn avg. temp. 30.37°C, humidity 72.23%, THI 82.29. Outside avg. temp. 31.96°C, humidity 68.50%, THI 84.06.

<sup>4</sup> 1:00 p.m. measurements: Cool season: Inside barn avg. temp. 24.20°C, humidity 71.53%, THI 72.81. Outside avg. temp. 25.21°C, humidity 66.65%, THI 73.82. Hot season: Inside barn avg. temp. 31.79°C, humidity 70.40%, THI 84.13. Outside avg. temp. 33.52°C, humidity 66.00%, THI 85.91.

The data are given as mean ± standard deviation.

<sup>a,b</sup> Means in the same row with different superscripts differ significantly between seasons ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,B</sup> Means in the same column with different superscripts differ significantly between ages at the same time point ( $P < 0.05$ ).

### III. 豬隻血液生理生化值之測定

蘭嶼豬涼熱季節血液生理生化值資料如表 4 及表 5 所示。在熱季時，3 月齡蘭嶼豬的 T4、BUN、CRE、TP、GLO、GGT、CPK 及 LDH 會顯著上升 ( $P < 0.05$ )，而 cortisol、Hb、MCH、A/G、ALP 則會顯著下降 ( $P < 0.05$ )；6 月齡蘭嶼豬的 IgG、RBC、Hb、Ht、BUN、CRE、TP、GLO、GGT 及 LDH 顯著上升 ( $P < 0.05$ )，而 cortisol、WBC、GLU、A/G 則會顯著下降 ( $P < 0.05$ )；整體而言，蘭嶼豬在熱季時，其 T4、IgG、BUN、CRE、TP、GLO、GGT、CPK 及 LDH 濃度會高於涼季 ( $P < 0.05$ )，而 cortisol、WBC、GLU、A/G 濃度則是低於涼季 ( $P < 0.05$ )，上述結果顯示，儘管過去研究蘭嶼豬對環境變化具較高耐受性，在熱季中依舊會受到高溫和高濕的影響，導致其生理狀態發生變化。

甲狀腺激素是控制新陳代謝的重要激素，能影響豬的食慾和代謝速率。當甲狀腺激素濃度較高時，豬的食慾通常會增加，從而增加飲食攝入量；反之，當甲狀腺激素濃度過低時可能導致食慾下降，進而減少飲食攝入量。Ingram and Ślebodziński (1965) 研究熱緊迫對印度 Ghoongroo 原生種豬甲狀腺的影響，發現 35°C 高環境溫度會促使豬隻增加代謝活動以調節體溫，進而影響甲狀腺活性降低，使豬隻能藉由減少熱產生和節約能量以適應高溫環境。與之相似的研究，Borah *et al.* (2020) 發現對不同季節雜交肉豬，在熱季時，為了減少熱量產生，T4 濃度同樣較涼季低。Macari *et al.* (1986) 將適應 12°C 低溫環境的豬隻暴露在 32°C 高溫環境，以及將適應高溫環境的豬隻暴露在低溫環境，結果顯示適應炎熱環境的豬隻暴露在低溫環境會增加甲狀腺素的濃度，這與適應熱帶高溫的蘭嶼豬在涼季時 T4 有較低濃度的結果一致。

肌酸酐是肌肉代謝過程中產生的代謝物質，主要由肌肉中的肌酸代謝而來，Ortega *et al.* (2023) 及 Mendoza *et al.* (2017) 皆指出，生長肥育階段的豬隻在高溫環境飼養下會導致血清肌酸酐濃度上升。其成因推測是豬隻在高溫環境下會加速新陳代謝以進行熱調節，這便導致肌酸酐濃度的上升。本試驗中，不同月齡的蘭嶼豬在熱季肌酸酐濃度亦有顯著上升。

Mendoza *et al.* (2017) 試驗中發現，處於短期熱緊迫 (3 天) A/G 比例就有下降的情形，而長期熱緊迫的飼養條件 (28 天) 則會使 GLO 上升。此發現亦與本試驗結果一致。高溫環境下，動物因氧化緊迫和細胞損傷導致 GGT 濃度上升，故 GGT 常被用作動物緊迫判斷的指標 (Kataria *et al.*, 2014; Singhal *et al.*, 2019)，在本試驗中，熱季 3 月齡和 6 月齡蘭嶼豬的 GGT 濃度亦有顯著上升。此外，Hao *et al.* (2014) 發現，處於肥育期階段的豬隻在持續 21 天 30°C 高溫飼養下，其血漿 CPK 和 LDH 有顯著升高，與本試驗結果一致 ( $P < 0.05$ )。

在熱緊迫狀態下，豬隻的免疫系統可能受到抑制，導致 IgG 的含量下降。但在群飼條件下，高溫和社會壓力之間存在顯著的交互作用，進而影響免疫球蛋白的濃度 (Morrow-Tesch *et al.*, 1994)。本試驗結果顯示，3 月齡蘭嶼豬在熱季的 IgG 濃度無顯著差異，但在 6 月齡時，IgG 濃度則顯著上升 ( $P < 0.05$ )。Sutherland *et al.* (2006) 發現，當豬隻處於長期熱緊迫時，其血漿皮質醇濃度會顯著下降，本試驗中，不同月齡蘭嶼豬在熱季的皮質醇亦呈現相同趨勢。

家畜會藉由呼吸、體液循環、出汗和飲水來調節血球生理參數，從而在熱緊迫時增強熱量散失，在冷緊迫時保存熱量。在本研究中，蘭嶼豬 WBC 在熱季有下降的趨勢，尤其在 6 月齡的豬隻表現明顯 ( $P < 0.05$ )。Habibu *et al.* (2018) 指出家畜在熱緊迫時，血液中的 MCV 通常會因為豬隻代謝率加快，造成身體水分流失、脫水，導致紅血球的體積變小並下降。本試驗中，雖然 MCV 在熱季有下降趨勢，但在統計上未達到顯著差異，而在 3 月齡蘭嶼豬中，MCH 在熱季上顯著下降。

熱季對蘭嶼豬的血液生理生化參數均有顯著影響，尤其與免疫相關參數如白血球和 IgG 和代謝相關參數如血糖、BUN 和 CRE。年齡對蘭嶼豬的生理和生化參數的影響也很明顯，在年齡較大 6 月齡豬隻，於高溫環境下顯示較大的生理反應變化，可能與增強代謝應對有關。目前結果有助設計更為精準管理策略，以維護蘭嶼豬隻在不同環境下的健康福祉。

## 結 論

本研究發現，當蘭嶼豬在熱季的中度熱緊迫環境 ( $79 < \text{THI} \leq 83$ ) 下飼養時，其生理指標顯示出顯著的季節性變化。當熱季時蘭嶼豬其呼吸速率已有顯著上升，表明其面臨熱緊迫。此外，在熱季期間，其 cortisol、WBC、GLU、A/G 會低於涼季；T4、IgG、BUN、CRE、TP、GLO、GGT、CPK 及 LDH 則高於涼季。由此可見，即便是源自熱帶氣候的蘭嶼豬，在臺東地區的半開放式豬舍飼養環境中，其生理值指標在不同季節仍有顯著變化，顯示出熱季對其生理狀態的影響。

表 4. 蘭嶼豬於涼季和熱季之血液生理變化  
Table 4. Hematological changes of Lanyu pigs in cool and hot seasons

Items	Samples	WBC 10 <sup>9</sup> /L	RBC 10 <sup>12</sup> /L	Hb g/L	Ht %	MCV fL	MCH pg	MCHC g/L	Platelet 10 <sup>9</sup> /L
Season									
Cool	40	17.9 <sup>a</sup>	7.6	138.1	46.7	61.6	18.2	296.5	311.7
Hot	40	15.8 <sup>b</sup>	7.8	138.4	46.8	60.2	17.8	295.4	312.6
SEM		0.9	0.1	3.4	1.0	1.0	0.3	4.7	50.8
3-month-old									
Cool	20	18.6	7.7	137.2 <sup>a</sup>	46.5	60.6	17.9 <sup>a</sup>	296.5	343.8
Hot	20	16.9	7.6	128.5 <sup>b</sup>	44.7	58.7	16.9 <sup>b</sup>	287.5	351.9
SEM		1.4	0.2	4.6	1.6	1.5	0.4	6.8	94.0
6-month-old									
Cool	20	17.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	139.1 <sup>b</sup>	47.0 <sup>b</sup>	62.6	18.5	296.5	279.7
Hot	20	14.7 <sup>b</sup>	7.9 <sup>a</sup>	148.3 <sup>a</sup>	48.9 <sup>a</sup>	61.8	18.7	303.4	273.4
SEM		1.0	0.2	4.0	1.1	1.1	0.3	6.3	38.3

WBC: white blood cell count, RBC: red blood cell count, Hb: hemoglobin, Ht: hematocrit, MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular haemoglobin, MCHC: mean corpuscular haemoglobin concentration.

The data are given as mean.

<sup>a, b</sup> Means within the same column without the same superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

表 5. 蘭嶼豬於涼季和熱季之血液生化值變化

Table 5. Changes in blood biochemistry values of Lanyu pigs during the cool and hot seasons

Items	Samples	T4 μg/dL	T3 ng/mL	IgG mg/dL	Cortisol μg/dL	GLU mmol/L	BUN mmol/L	CRE μmol/L	CHOL mmol/L	TG mmol/L	TP g/L	ALB g/L	GLO g/L	A/G %	ALP U/L	GGT U/L	CPK U/L	LDH U/L	
Season																			
Cool	40	8.3 <sup>b</sup>	1.8	643.5 <sup>b</sup>	11.5 <sup>a</sup>	7.72 <sup>a</sup>	1.7 <sup>b</sup>	106.1 <sup>b</sup>	2.8	0.6	67.5 <sup>b</sup>	35.6	31.9 <sup>b</sup>	1.2 <sup>a</sup>	168.4	64.7 <sup>b</sup>	989.5 <sup>b</sup>	890.9 <sup>b</sup>	
Hot	40	9.7 <sup>a</sup>	1.7	710.1 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	6.18 <sup>b</sup>	2.6 <sup>a</sup>	123.8 <sup>a</sup>	2.8	0.5	75.4 <sup>a</sup>	36.7	38.7 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	154.4	93.7 <sup>a</sup>	2,448.0 <sup>a</sup>	1,867.0 <sup>a</sup>	
SEM		0.5	0.1	31.5	0.8	0.4	0.13	8.8	0.1	0.1	1.2	0.8	1.3	0.1	15.5	6.3	667.7	263.2	
3-month-old																			
Cool	20	8.4 <sup>b</sup>	2.0	586.0	12.9 <sup>a</sup>	7.5	1.6 <sup>b</sup>	97.2 <sup>b</sup>	3.1	0.6	65.4 <sup>b</sup>	34.5	30.9 <sup>b</sup>	1.2 <sup>a</sup>	219.0 <sup>a</sup>	70.8 <sup>b</sup>	1,170.0	1,047.0 <sup>b</sup>	
Hot	20	10.0 <sup>a</sup>	1.9	644.2	8.1 <sup>b</sup>	7.4	2.53 <sup>a</sup>	114.9 <sup>a</sup>	3.0	0.5	73.1 <sup>a</sup>	35.4	37.8 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	179.4 <sup>b</sup>	106.1 <sup>a</sup>	2,752.0	2,025.0 <sup>a</sup>	
SEM		0.7	0.2	40.8	1.2	0.5	0.13	8.8	0.1	0.1	1.8	1.0	2.0	0.1	22.0	9.8	1,028.0	410.0	
6-month-old																			
Cool	20	8.3	1.7	701.1 <sup>b</sup>	10.2 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	1.7 <sup>b</sup>	114.9 <sup>b</sup>	2.5	0.5	69.7 <sup>b</sup>	36.7	33.0 <sup>b</sup>	1.1 <sup>a</sup>	117.8	58.5 <sup>b</sup>	818.3	734.7 <sup>b</sup>	
Hot	20	9.4	1.5	776.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	4.9 <sup>b</sup>	2.7 <sup>a</sup>	132.6 <sup>a</sup>	2.6	0.5	77.6 <sup>a</sup>	38.1	39.6 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	129.5	81.3 <sup>a</sup>	2,144.0	1,708.0 <sup>a</sup>	
SEM		0.8	0.2	40.2	1.0	0.5	0.3	8.8	0.1	0.1	1.3	1.0	1.7	0.1	12.7	6.8	876.5	333.3	

T4: thyroxine, T3: triiodothyronine, IgG: immunoglobulin G, GLU: glucose, BUN: blood urea nitrogen, CRE: creatinine, CHOL: cholesterol, TG: Triglyceride, TP: total protein, ALB: albumin, GLO: Globulin, A/G: albumin globulin ratio, ALP: alkaline phosphatase, GGT: Gamma-glutamyl transferase, CPK: creatine phosphokinase, LDH: lactate dehydrogenase.

The data are given as mean.

<sup>a,b</sup> Means within the same column without the same superscripts differ (P < 0.05).

## 參考文獻

- 陳永明。2018。臺灣氣候的過去與未來－臺灣氣候變遷科學報告 2017- 物理現象與機制重點摘錄。臺北：國家災害防救科技中心。
- 陳益隆。2020。落實動物福祉的生醫用小型豬飼養。科學發展 574：60-65。
- Borah, S., S. Soren, R. Talukdar, J. Gogoi, S. Chakraborty, K. Saikia, and U. R. Tamuli. 2020. Study on the effect of seasonal variation on expression of serum biochemicals in pigs. *Indian J. Anim. Sci.* 90: 1265-1269.
- Botto, F., P. Alonso-Coello, and M. T. Chan. 2014. Myocardial injury after oncardiac surgery: A large, international, prospective cohort study establishing diagnostic criteria, characteristics, predictors, and 30-day outcomes. *Anesthesiology* 120: 564-578.
- Chauhan, S. S., V. P. Rashamol, M. Bagath, V. Sejian, and F. R. Dunshea. 2021. Impacts of heat stress on immune responses and oxidative stress in farm animals and nutritional strategies for amelioration. *Int. J. Biometeorol.* 65: 1231-1244.
- González, N., M. Marquès, M. Nadal, and J. L. Domingo. 2020. Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences. *Food Res. Int.* 137: 109341.
- Gregory, N. G. 2010. How climatic changes could affect meat quality. *Food Res. Int.* 43: 1866-1873.
- Habibu, B., T. Dzenda, J. O. Ayo, L. S. Yaqub, and M. U. Kawu. 2018. Haematological changes and plasma fluid dynamics in livestock during thermal stress, and response to mitigative measures. *Livest. Sci.* 214: 189-201.
- Haeussermann, A., E. Vranken, J. M. Aerts, E. Hartung, T. Jungbluth, and D. Berckmans. 2007. Evaluation of control strategies for fogging systems in pig facilities. *Trans. ASABE.* 50: 265- 274.
- Hao, Y., Y. Feng, P. Yang, J. Feng, H. Lin, and X. Gu. 2014. Nutritional and physiological responses of finishing pigs exposed to a permanent heat exposure during three weeks. *Arch. Anim. Nutr.* 68: 296-308.
- Hörtenhuber, S. J., G. Schauburger, C. Mikovits, M. Schönhart, J. Baumgartner, K. Niebuhr, and W. Zollitsch. 2020. The effect of climate change-induced temperature increase on performance and environmental impact of intensive pig production systems. *Sustainability* 12: 9442.
- Ingram, D. L. and A. Ślebodziński. 1965. Oxygen consumption and thyroid gland activity during adaptation to high ambient temperatures in young pigs. *Res. Vet. Sci.* 6: 522-530.
- Kataria, N., A. Joshi, N. Mohammed, and A. K. Kataria. 2014. Interrelation of aldosterone with oxidative stress and electrolytes in hot climate in pigs from arid tracts. *Porcine Res.* 4: 7-14.
- Macari, M., S. M. Zuim, E. R. Secato, and J. Guerreiro. 1986. Effects of ambient temperature and thyroid hormones on food intake by pigs. *Physiol. Behav.* 36: 1035-1039.
- McGlone, J. J. 1999. Managing heat stress in the outdoor pig breeding herd. In a Symposium on Outdoor Pig Production, Brazil.
- Mellado, M., L. Gaytán, U. Macías-Cruz, L. Avendaño, C. Meza-Herrera, E. A. Lozano, Á. Rodríguez, and J. Mellado. 2018. Effect of climate and insemination technique on reproductive performance of gilts and sows in a subtropical zone of Mexico. *Austral J. Vet. Sci.* 50: 27-34.
- Mendoza, S. M., R. D. Boyd, P. R. Ferket, and E. V. Heugten. 2017. Effects of dietary supplementation of the osmolyte betaine on growing pig performance and serological and hematological indices during thermoneutral and heat-stressed conditions. *J. Anim. Sci.* 95: 5040-5053.
- Mirkena, T., G. Duguma, A. Haile, M. Tibbo, A. M. Okeyo, M. Wurzinger, and J. Sölkner. 2010. Genetics of adaptation in domestic farm animals: A review. *Livest. Sci.* 132: 1-12.
- Mmereole, F. U. C. 2008. The effects of replacing groundnut cake with rubber seed meal on the haematological and serological indices of broilers. *Int. J. Poult. Sci.* 7: 622-624.
- Morrow-Tesch, J. L., J. J. McGlone, and J. L. Salak-Johnson. 1994. Heat and social stress effects on pig immune measures. *J. Anim. Sci.* 72: 2599-2609.
- Nardone, A., B. Ronchi, N. Lacetera, M. S. Ranieri, and U. Bernabucci. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130: 57-69.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 1976. Livestock hot weather stress. Regional Operations Manual Letter C-31-76. US Dep. Commerce, Natl. Oceanic and Atmospheric Admin. Natl. Weather Service Central Region, Kansas

City, Missouri, USA.

- Ortega, A. D. S. V., L. Babinszky, O. H. Oriedo, B. Csernus, X. E. Ozsváth, L. Czeglédi, and C. Szabó. 2023. Impact of heat stress length and dietary antioxidant supplementation on the nutrient digestibility, metabolism and immune response of fattening pigs. *Ann. Agric. Sci.* 68: 87-96.
- Podder, M., S. Bera, S. Naskar, D. Sahu, J. Mukherjee, and A. K. Patra. 2022. Physiological, blood-biochemical and behavioural changes of Ghongroo pigs in seasonal heat stress of a hot-humid tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* 66: 1349-1364.
- SAS Institute. 2014. SAS User's Guide: Statistics, Version 13.2 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Sejian, V., A. K. Singh, A. Sahoo, and S. M. K. Naqvi. 2014. Effect of mineral mixture and antioxidant supplementation on growth, reproductive performance and adaptive capability of m alpura ewes subjected to heat stress. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 98: 72-83.
- Singhal, S. S., R. Maan, S. Pareek, B. S. Saini, M. Saini and N. Kataria. 2019. Variations in erythrocytic antioxidants in indigenous pig from arid tracts during hot and cold ambiences. *Vet. Pract.* 20: 18-20.
- Sutherland, M. A., S. R. Niekamp, S. L. Rodriguez-Zas, and J. L. Salak-Johnson. 2006. Impacts of chronic stress and social status on various physiological and performance measures in pigs of different breeds. *J. Anim. Sci.* 84: 588-596.
- Wegner, K., C. Lambertz, G. Daş, G. Reiner, and M. Gaulty. 2014. Climatic effects on sow fertility and piglet survival under influence of a moderate climate. *Animals* 8: 1526-1533.
- Wegner, K., C. Lambertz, G. Das, G. Reiner, and M. Gaulty. 2016. Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. *J. Anim. Sci.* 87: 1334-1339.
- Yu, J., P. Yin, F. Liu, G. Cheng, K. Guo, A. Lu, and J. Xu .2010. Effect of heat stress on the porcine small intestine: a morphological and gene expression study. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 156: 119-128.
- Zheng, Y., T. Xie, S. Li, W. Wang, Y. Wang, Z. Cao, and H. Yang. 2022. Effects of selenium as a dietary source on performance, inflammation, cell damage, and reproduction of livestock induced by heat stress: A review. *Front. Immunol.* 12: 820-853.

# Investigation of changes in rectal temperature, respiratory rate, and blood physiological and biochemical values of Lanyu pigs under cool and hot seasonal environmental conditions <sup>(1)</sup>

Shih-Hsin Lee <sup>(2)(3)</sup> Sheng-Yang Wu <sup>(2)</sup> Han-Sheng Wang <sup>(2)</sup> Yi-Long Chen <sup>(2)</sup>  
Yu-Ling Wang <sup>(2)</sup> and Chia-Chieh Chang <sup>(2)</sup>

Received: Sep. 19, 2024; Accepted: Apr. 22, 2025

## Abstract

This study aimed to investigate changes in rectal temperature, respiratory rate, and blood physiological and biochemical values of Lanyu pigs reared under cool and hot seasonal conditions. By measuring these parameters, the impact of seasonal variations on the physiological state of Lanyu pigs can provide a basis for developing appropriate management strategies. The experiment involved 10 pigs of 3 and 6 months of age, with an equal number of males and females in each season. Physiological data were collected during the morning and afternoon, and blood samples were taken for physiological and biochemical analysis. The results showed that during the hot season, a significant increase in rectal temperature was observed only in 3-month-old Lanyu pigs in the morning ( $P < 0.05$ ), with no significant differences in 6-month-old pigs. Additionally, respiratory rates in both age groups significantly increased in the hot season compared to the cool season, across different times of day ( $P < 0.05$ ). The study also found significant seasonal differences ( $P < 0.05$ ) in 13 blood biochemical parameters, including thyroxine (T4), immunoglobulin G (IgG), cortisol, white blood cells (WBC), glucose (GLU), blood urea nitrogen (BUN), creatinine (CRE), total protein (TP), globulin (GLO), albumin/globulin ratio (A/G), gamma-glutamyl transferase (GGT), creatine phosphokinase (CPK), and lactate dehydrogenase (LDH), across both age groups. The results of this study offer valuable insights into the physiological responses of Lanyu pigs to seasonal variations, facilitating the development of optimized management strategies to mitigate climate impacts. This will improve both the health and productivity of Lanyu pigs, advancing scientific livestock management practices.

Key words: Lanyu pig, Cool season, Hot season, Physiological values.

---

(1) Contribution No. 2823 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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