

智慧型通風設施對保育期蘭嶼豬生長性能及血液生理與生化值之影響⁽¹⁾

陳益隆⁽²⁾⁽³⁾ 王漢昇⁽²⁾ 黃昱翎⁽²⁾ 李士昕⁽²⁾ 章嘉潔⁽²⁾

收件日期：111 年 8 月 24 日；接受日期：111 年 10 月 21 日

摘 要

本試驗旨在探討畜舍智慧型監控溫度啟動風扇設施，對保育期蘭嶼豬之生長性能及血液生理與生化值之影響。此系統可依環境溫度自動啟閉風扇，並因應不同溫度調節風扇強弱，用以改善畜舍環境溫度及空氣品質。試驗分為無風扇之對照組及有智慧型監控溫度啟動風扇設施之試驗組，使用 10 週齡蘭嶼豬共 32 頭，逢機分配至 2 組中，公母各半，於 7 至 9 月進行為期 8 週試驗。結果顯示平均溫度上兩處理間無顯著差異，但溼度及溫溼度指數 (temperature humidity index, THI) 試驗組則顯著低於 ($P < 0.05$) 對照組；在生長性狀部分，試驗組在試驗期間平均每日採食量顯著低於對照組豬隻 ($P < 0.05$)，而飼料效率顯著高於對照組 ($P < 0.05$)，其餘性狀則無顯著差異；在血液生理值部分兩組別間皆無顯著差異；但血液生化值鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP) 及葡萄糖 (glucose, GLU) 等項目，均以對照組顯著低於試驗組 ($P < 0.05$)，而總蛋白 (total protein, TP)、肌酸激酶 (creatinase, CK) 及血清球蛋白 (globulin, GLB) 項目，則以對照組顯著高於試驗組 ($P < 0.05$)。綜上所述，本試驗結果顯示自動風扇設施可有效降低環境濕度及 THI 數值，利於減少熱緊迫，同時提升飼料效率。

關鍵詞：蘭嶼豬、風扇設施、智能監控、熱緊迫、血液生化。

緒 言

熱緊迫對動物生產效率、健康及福祉有強烈不利影響 (Renaudeau *et al.*, 2012)。隨著氣候變遷與全球暖化，如何降低動物熱緊迫將越發重要，尤其是豬隻，因採食後的代謝產熱較高，生長期間脂肪沉積快且缺乏汗腺，因此對熱緊迫更是敏感 (Dallaire *et al.*, 1996)。研究證實在豬隻生產設施中使用溫度監控設施，可有效改善豬隻性能、提供舒適條件和改善動物的福祉，並優化電力使用效率 (Sarubbi *et al.*, 2008; 2010)。理想之豬隻生產環境控制系統，可有效管理畜舍環境變異如溫度、濕度、風速和空氣污染物 (Brown-Brand *et al.*, 2014)。目前已有水簾式保育豬舍自動環控系統的相關研究，豬舍溫溼度等數據可即時的收集，遠程風扇、水簾等設備的控制，亦可穩定即時的啟動 (Chiu *et al.*, 2019)，有效降低豬舍環境溫度、維持空氣品質、並提升保育豬飼料效率 (鄭等, 2002)。然目前我國中小規模豬場，豬舍年代較久多為開放式或半開放式建築，大幅改建豬舍加裝水簾等設施的意願較低，多採自然通風或加裝風扇，以因應夏季高溫及冬季通風需求，並依靠飼養人員的經驗以人力啟閉，不僅即時性及精確度較低，耗費人力且能源消耗較高。Stender *et al.* (2003) 研究證實在較炎熱的夏季，裝設通風設施的豬舍比起自然通風的豬舍，其飼養豬隻的飼料效率顯著提高。另有研究顯示，水簾式豬舍比起沒有水簾的機械通風豬舍，雖然降低了白天的 THI 值但晚上並沒有改善，且對減輕豬隻熱緊迫無顯著作用 (Wiegert *et al.*, 2017)。隨著自動化技術及人工智慧的逐漸普及，將這些技術應用到傳統畜牧業，大幅降低人力需求，亦且可提高生產效率，增加品質與產量 (Yongqiang *et al.*, 2019)，目前市面上較成熟的環控設備多為國外進口，其價格偏高且維修保養需仰賴國外材料進口，曠日廢時，難即時處理。有鑑於本土豬舍環境控制系統尚處開發，且夏季高溫更趨極端，為提升豬隻飼養品質，發展可依照環境溫度精確調控之通風設備屬有必要。本計畫將針對保育豬畜舍建置智慧型監控溫溼度啟動風扇設施，此設施可依據畜舍內溫度高低自動調節風扇啟閉及強弱，依此評估對蘭嶼豬保育期生長及血液生理與生化值之影響。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2720 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場。

(3) 通訊作者，E-mail: 18077606@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 試驗設計及硬體設備建置

試驗於畜產試驗所臺東種畜繁殖場保育豬舍進行，試驗分為無風扇之對照組及有智慧型監控溫度啟動風扇設施之試驗組，該系統為一遠端雙向自動控制與即時性監測環境各類訊息的整合性管理平臺，並且彙整數位生產資料儲存於資料庫內，根據整理好的資訊及數據可在豬舍場域中即時做出回應，採用 LoRaWan 無線通訊技術，將現場感測器、風扇等設備與辦公室電腦的軟體系統進行連結。豬舍為兩間相同之自然通風水泥建築，左右為完全封閉之水泥牆面，上方以輕鋼架天花板封閉，前後開口處均裝設玻璃窗，可自由開關調整通風口大小，內部尺寸為 9.5 m (長) × 6.2 m (寬) × 2.1 m (高)，總容積為 123.69 m³，仔豬生長床面以欄柵及柵門分隔為八個欄位，每個欄位平面空間為 3.5 m (長) × 1.2 m (寬) = 4.2 m²。裝設之風扇為負壓通風，試驗組風扇將於畜舍 28℃ 以上時自動開啟第一段風扇，轉速為 2,000 rpm，通風量為 1,878.6 CFM，平均增加風速約 0.5 m/s；30℃ 以上開啟第二段，轉速為 4,000 rpm，通風量為 3,757.2 CFM，平均增加風速約 1 m/s；32℃ 以上開啟第三段，轉速為 6,000 rpm，通風量為 5,635.87 CFM，平均增加風速約 1.5 m/s，至 28℃ 以下自動關閉。試驗於氣溫相對較炎熱的 7 至 9 月進行，兩組區域皆裝設自動溫濕度感測器，其收集頻率為 2 分鐘記錄 1 次，所測得之溫、濕度資料依 Zumbach *et al.* (2008) 公式換算成 THI，以評估環境溫度與濕度對豬隻造成之熱緊迫程度。

THI 公式為：

$$\text{THI (}^{\circ}\text{C)} = \text{T (}^{\circ}\text{C)} - [0.55 - (0.55 \times \text{RH})] \times [\text{T (}^{\circ}\text{C)} - 14.5]$$

公式中：T 為乾球攝氏溫度，RH 為相對濕度百分率。

II. 豬隻生長性能測定

試驗採用 10 週齡蘭嶼豬共 32 頭，逢機分配至 2 組試驗，公母各半，共進行 8 週生長性能測定，餵飼方式為任食飼養，同時提供充足飲用水，飼料組成如表 1。豬隻將於每週進行秤重、記錄採食量以計算平均日增重及飼料效率。

III. 豬隻血液生理生化值之測定

於試驗起始及結束時，每頭進行前腔靜脈採血，將 3 mL 置入含抗凝劑 EDTA - K₂ 紫頭採血管中、另 3 mL 置入含促凝劑之黃頭採血管中，血液樣品進行血液細胞生理及生化分析測定。血液生化檢測項目包括天冬氨酸氨基轉移酶 (aspartate transaminase, AST)、丙氨酸氨基轉移酶 (alanine transaminase, ALT)、肌酸激酶 (creatine kinase, CK)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、葡萄糖 (glucose, GLU)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH)、血清球蛋白 (globulin, GLB)、總蛋白 (total protein, TP)、鉀 (potassium, K)、鈉 (sodium, Na)、氯 (chlorine, Cl)、鈣 (calcium, Ca)、無機磷 (phosphorus, P)、皮質醇 (cortisol) 等 14 項，樣品由全自動生化儀 (automatic biochemical analyzer, Hitachi 7020, Japan) 進行分析，而血液生理檢測項目包括白血球計數 (white blood count, WBC)、紅血球計數 (red blood count, RBC)、血小板 (platelet, PLT)、平均血球容積 (mean corpuscular volume, MCV)、血球容積比 (hematocrit, HCT)、平均血球血紅素量 (mean corpuscular haemoglobin, MCH)、平均血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC) 及血紅素 (hemoglobin, HGB) 等 8 項，樣品以全自動血液分析儀 (sysmex XT-2000iV, Japan) 進行檢測。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Ingredients	%
Corn	32.83
Husked rice	32.82
Soybean meal, 43.5%	18
Wheat bran	10
Limestone	1
Dicalcium phosphate	1.4

表 1. 試驗飼糧組成 (續)

Table 1. The composition of experimental diets (continued)

Ingredients	%
Choline	0.2
Molasses	3
Salt	0.5
Vitamin premix ^a	0.1
Mineral premix ^b	0.15
Total	100
Analyzed value	
Crude protein, %	15.11
Crude fiber, %	2.47
Crude fat, %	2.87
ADF ^c , %	3.65
NDF ^d , %	9.97
Lys ^e , %	0.77
GE ^f , kcal/kg	3,792
Calcium, %	1.27

^a Vitamin was supplied the following per kilogram of diet: vitamin A, 6,000 IU; vitamin D₃, 400 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2 mg; vitamin B₁, 2.6 mg; vitamin B₂, 2 mg; Niacin, 30 mg; Pantothenic acid, 30 mg; Pyridoxine, 3 mg; vitamin B₁₂, 0.6 mg; Biotin, 0.2 mg.

^b Mineral supplied the following per kilogram of diet: Fe (FeSO₄ · 7H₂O, 20.09% Fe), 80 mg; Cu (CuSO₄ · 5H₂O, 25.45% Cu), 5 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O, 32.49% Mn), 6 mg; Zn (ZnSO₄, 80.35% Zn), 45 mg; I (KI), 0.2 mg; Se (NaSeO₃, 45.56% Se), 0.1 mg; Co (CoSO₄ · H₂O, 32% Co), 0.35 mg.

^c Acid detergent fiber.

^d Neutral detergent fiber.

^e Lysine.

^f Gross energy.

IV. 統計分析

收集之試驗資料以 SAS 統計軟體 (SAS, 2014) 進行獨立樣本 t- 檢定分析。

結果與討論

I. 試驗期間溫濕度及 THI 之變化

試驗期間試驗組及對照組保育豬舍溫度、濕度及 THI 之變化及比較如圖 1 及表 2。在豬舍平均溫度部分，試驗組與對照組間無顯著差異，分別為 29.0°C 及 29.1°C；在平均相對濕度部分，以試驗組的 71.0% 顯著低於對照組的 82.6% ($P < 0.01$)；在平均 THI 部分，以試驗組檢測值 26.6 顯著低於對照組的 27.6 ($P < 0.01$)。由試驗結果發現保育豬舍溫度於兩組別間並無顯著差異，但在濕度及 THI 項目，則是試驗組顯著低於對照組 ($P < 0.01$)，觀察圖 1 中可知試驗組及對照組溫度均於約上午 6 點逐漸升高，並在約中午 12 點達到最高，而相對溼度則是在約上午 6 點溫度上升時開始下降，而在約 10 點達到最低，之後開始緩慢上升直到清晨 3 點左右達到最高；THI 則會隨溫溼度的升高而提高，同時在相似的溫度下，越低的濕度其 THI 亦越低。

為進一步探討豬隻於試驗期間承受不同熱緊迫程度之時間，依據 Marai *et al.* (2004) 及 Cicero *et al.* (2018) 對豬隻不同熱緊迫之定義，非排汗動物如家禽和豬的 THI 閾值如下：小於 27.8 表示無熱緊迫，27.8 至 28.9 表輕微

熱緊迫，28.9 至 30.0 表嚴重熱緊迫，大於 30.0 表非常嚴重熱緊迫狀態。同前試驗組僅 11.6% 時間處於輕微熱緊迫，其餘時間皆無熱緊迫狀況；在對照組則有 17.1% 時間處於嚴重熱緊迫，26.1% 時間處於輕微熱緊迫，其餘時間無熱緊迫狀況（如表 3），雖從數據上可看出兩者有其差異性，但經卡方分析後並無顯著差異。Gao *et al.* (2018) 指出在較熱環境下通風是否足夠對畜舍環境有至關重要的影響，在通風較低的畜舍其 THI 值高於其他通風較好的畜舍。依據上述結果表明，風扇設施的使用對於豬舍的濕度及 THI 值有顯著降低的作用，且可有效降低豬隻面臨熱緊迫的時間，提升飼料效率。

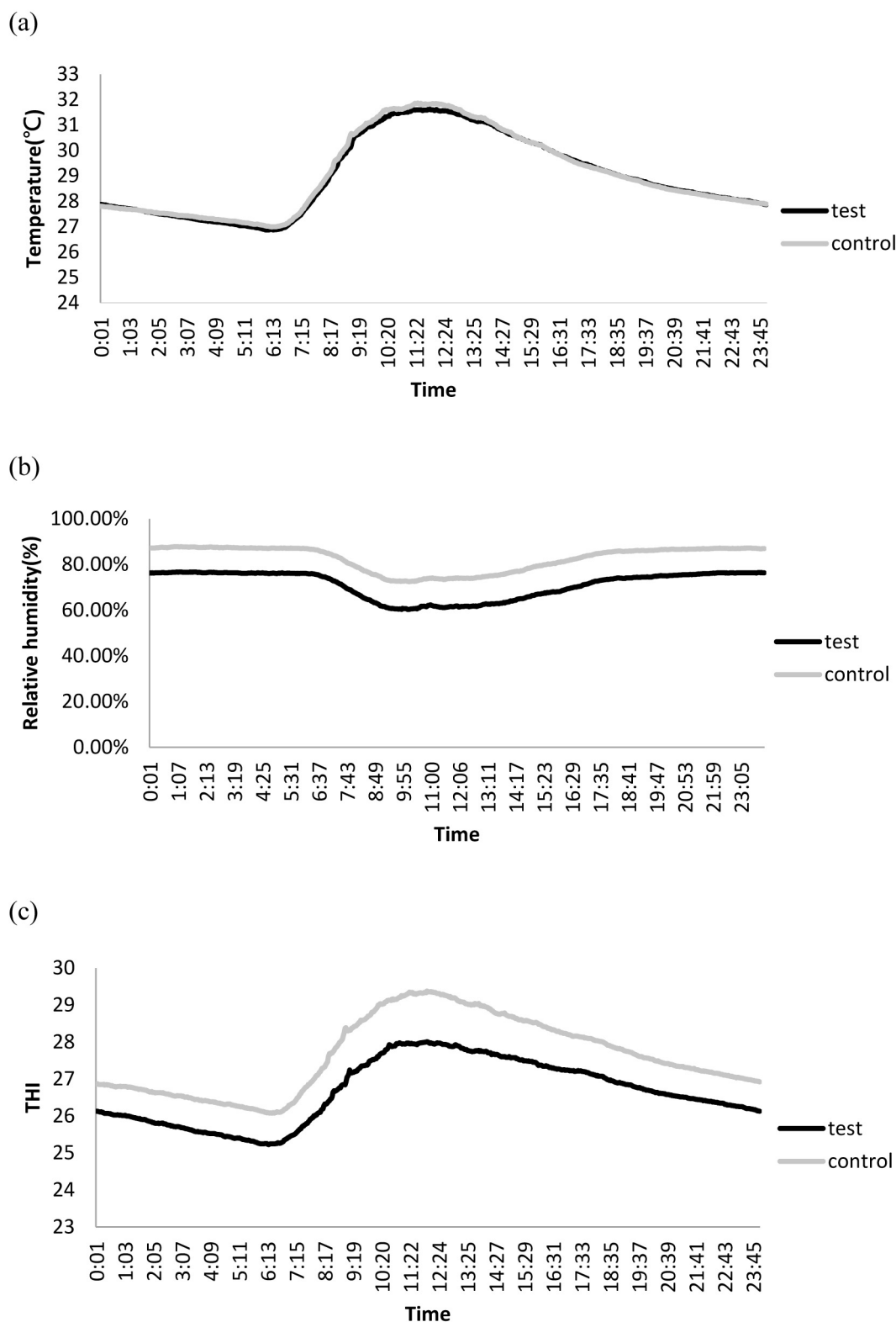


圖 1. 試驗期間保育豬舍 (a) 溫度、(b) 濕度及 (c) THI 之試驗期間一天平均變化。

Fig. 1. Typical daily temperature (a), relative humidity (b), THI (c) changes of the nursery pig houses.

表 2. 風扇試驗組及無風扇對照組保育豬舍內平均溫濕度及平均 THI

Table 2. Average temperatures, relative humidities and THI in the nursery pig house with an automatic control fan system (test group) or under no fan (control group) conditions

Items	Control	Test
Temperature (°C)	29.1 ± 3.2	29.0 ± 3.1
RH (%)	82.6 ± 10.9 ^a	71.0 ± 11.9 ^b
THI	27.6 ± 2.1 ^a	26.6 ± 1.7 ^b

^{a, b} Means within the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

THI (°C) = T (°C) – [0.55 – (0.55 × RH)] × [T (°C) – 14.5], T = dry bulb temperature in Celsius and RH = relative humidity percentage.

Data are presented as mean ± SD.

表 3. 試驗組及對照組保育豬舍內 THI 分佈

Table 3. THI distribution between the nursery pig house with an automatic control fan system (test group) or under no fan (control group) conditions

Items	Very severe heat stress THI > 30	Severe heat stress 28.9 < THI < 30.0	Moderate heat stress 27.8 < THI < 28.9	Absence of heat stress THI < 27.8
Test	0%	0%	11.6%	88.4%
Control	0%	17.1%	26.1%	56.8%

THI (°C) = T (°C) – [0.55 – (0.55 × RH)] × [T (°C) – 14.5], T = dry bulb temperature in Celsius and RH = relative humidity percentage.

II. 豬隻生長性能測定

試驗期間生長性能測定如表 4 所示，結果顯示試驗結束之體重、試驗期間之平均日增重無顯著差異，但皆以對照組的 27.3 及 0.32 kg 較試驗組的 26.6 及 0.3 kg 高，而在試驗期間採食量則以對照組顯著高於試驗組 ($P < 0.05$)，分別為 54.7 及 47.8 kg。從上述環境分析中，智能型風扇設施確實可有效降低豬隻暴露於熱緊迫環境的時間，但本次試驗中並無考慮到風扇產生的噪音影響，在一項對大鼠的研究中發現，處於 85 分貝的慢性間歇性的噪音環境下，會使大鼠的日增重和採食量顯著降低 (Raaij *et al.*, 1997)，本次試驗因畜舍格局關係，風扇距離豬隻較近，可能使噪音影響較大，實際在試驗欄位內距離地面 30 公分高度進行測量，靠近風扇欄位噪音可達 90 分貝，測量所有欄位風扇噪音，平均約在 75 分貝，且經飼養觀察，蘭嶼豬對聲音較為敏感，可能因此導致試驗組豬隻的採食量及生長速度的降低。而 Otten *et al.* (2004) 研究指出豬隻處於 90 分貝的長時間或間歇性噪音中，皆會降低生長速度，因此在相關設備裝設及機械特性上需要特別注意；而在飼料效率上則是以試驗組顯著優於對照組 ($P < 0.05$)，有研究證實在較炎熱的夏季，裝設通風設施的豬舍比起自然通風的豬舍，其飼養豬隻的飼料效率顯著提高 (Stender *et al.*, 2003)，此發現與本研究結果一致。Lambert (2008) 則指出在熱緊迫狀態下之豬隻，為幫助散熱會使體表血液量增加，而腸胃道血液量減少，使其黏膜細胞營養及供氧不足，造成腸黏膜細胞壞死，降低腸道完整性 (Pearce *et al.*, 2012; 2014)，因此影響腸道對營養物質的消化吸收，導致飼料效率的降低。

III. 豬隻血液生理生化值之測定

血液生理指標是反應個體健康狀態及生理狀況的重要依據 (Ohaeri and Eluwa, 2011)，本次試驗檢測指標值有 WBC、RBC、HGB、HCT、MCV、MCH、MCHC 及 PLT 等 8 項，其結果如表 5，在試驗初始及試驗結束時各項目在兩組間均無顯著差異且與蘭嶼豬正常狀態下之血液生理指標範圍一致 (行政院農業委員會畜產試驗所，2010；吳及章，2018a; 2018b; 2019)；在血液生化值部分如表 6，結果顯示在試驗初始時，AST、ALT、ALP、LDH、CK、Cortisol、TP、GLB、GLU、Na、K、Cl、Ca、P 及 Mg 於兩組間均無顯著差異，而在試驗結束時，ALP 及 GLU 以試驗組顯著大於對照組 ($P < 0.05$)，CK、TB 及 GLB 以對照組顯著大於試驗組 ($P < 0.05$)；其餘在 AST、ALT、LDH、Cortisol、Na、K、Cl、Ca、P 及 Mg 則無顯著差異。

Wen *et al.* (2019) 指出豬隻在熱緊迫狀態下，會使 ALP 的活性降低，而 ALP 的降低主要是反映了肝功能的降低 (Abeni *et al.*, 2007)，在試驗結束時發現對照組之 ALP 顯著低於試驗組，此部分可推測對照組豬隻處於較高熱緊迫狀態，同時亦與圖 1 中對照組 THI 較高之結果吻合。此外，在 Yanjun *et al.* (2019) 研究中指出，豬隻處

於攝氏 30℃ 的慢性熱緊迫狀態，其 GLU 濃度僅為 22℃ 環境飼養者之 1/2 (降低 52%)，呈現顯著降低之現象，此乃可能因豬隻在慢性熱緊迫的狀態下，消耗較多能量，且採食量較差，使得身體處於負能量平衡的狀態，因此使 GLU 濃度下降。然而，本試驗中之對照組與試驗組之環境溫度皆約平均在 29℃ 左右，亦為長時間處於該氣溫下，雖與上述研究 30℃ 組相仿，但因對照組 (1,098.8 mg/L) 豬隻所受到之熱緊迫程度又高於試驗組 (1,268.0 mg/L)，因此使得對照組豬隻之 GLU 濃度顯著低於試驗組。而 Mendoza *et al.* (2017) 指出豬隻處於熱緊迫狀況下將導致其肌肉損傷，使血液中 CK 濃度上升，本試驗結束時對照組之 CK 顯著大於試驗組，推測試驗組因風扇設施使環境改善，減緩豬隻熱緊迫程度，因此豬隻血液中 CK 濃度較低；在 TP 部分，有研究指出於持續熱緊迫狀態下，豬隻為散熱會提高呼吸速率，導致血液中二氧化碳濃度下降，造成血液 pH 值降低，嚴重可能導致呼吸性鹼中毒，而血液中蛋白質可做為緩衝物質穩定血液 pH 值，故若有較高熱緊迫狀況的豬隻，可能就會有較高的 TP 濃度 (Aberle *et al.*, 1974)，與本試驗結果一致，於無風扇的對照組因有較長時間處於不同程度的熱緊迫狀態，故檢測出較高的 TP，以此來緩衝血液的 pH 值變化，Pearce *et al.* (2013) 則指出熱緊迫會造成豬隻腸道上皮的生理狀況改變，導致腸黏膜屏障完整性受損，增加腸道內毒素的滲透性，因此可能導致炎症反應增加，故可知有較高熱緊迫狀況會使腸道保護力下降，讓內毒素及其他病原更容易入侵豬隻，導致 GLB 濃度上升，亦與本試驗結束時 GLB 項目對照組顯著大於試驗組結果一致。

表 4. 試驗組及對照組保育豬生長性能

Table 4. Growth performance of nursery pigs with an automatic control fan system (test group) or under no fan (control group) conditions

Items	Control	Test
Body weight, kg		
Initial	9.05 ± 2.18	9.58 ± 3.04
8 week	27.25 ± 4.11	26.62 ± 5.15
Whole period average daily gain, kg	0.32 ± 0.05	0.30 ± 0.07
Whole period feed intake, kg	54.68 ± 11.11 ^a	47.82 ± 12.00 ^b
Whole period feed efficiency (Gain/Feed)	0.33 ± 0.04 ^a	0.36 ± 0.07 ^b
THI	27.6 ± 2.1 ^a	26.6 ± 1.7 ^b

^{a, b} Means within the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

Data are presented as mean ± SD.

表 5. 試驗組及對照組保育豬血液生理指標比較

Table 5. Comparison of hematological parameters of nursery pigs with an automatic control fan system (test group) or under no fan (control group) conditions

Items	Lanyu pig Reference ^c	Initial		8 week	
		Control	Test	Control	Test
WBC ($10^9/L$)	18 — 26.8	24.6 ± 9.6	23.3 ± 11.9	18.8 ± 4.8	18.6 ± 6.0
RBC ($10^{10}/L$)	690 — 890	787.0 ± 156.9	784.6 ± 198.1	766.5 ± 107.0	766.0 ± 136.4
HGB (g/L)	120.7 — 153.5	124.9 ± 21.7	129.9 ± 34.9	138.3 ± 20.7	141.2 ± 21.4
HCT (%)	38.9 — 49.9	46.6 ± 8.2	48.7 ± 14.3	45.0 ± 7.0	45.3 ± 6.1
M.C.V. (fl)	53.6 — 64.6	59.4 ± 5.7	62.1 ± 10.7	58.8 ± 6.5	59.3 ± 6.9
M.C.H. (pg)	14.6 — 19.1	16.4 ± 1.3	16.0 ± 1.4	18.1 ± 1.5	18.5 ± 1.7
M.C.H.C. (g/L)	263 — 319.9	268.2 ± 26.0	267.8 ± 22.6	307.5 ± 22.6	311.9 ± 17.0
PLT ($10^9/L$)	112.9 — 448.5	195.2 ± 205.0	196.6 ± 281.8	419.9 ± 146.2	393.0 ± 149.0

^{a, b} Means within the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

^c Lanyu pig Reference (行政院農業委員會畜產試驗所, 2010; 吳及章, 2018a; 2018b; 2019)

Data are presented as mean ± SD.

表 6. 試驗組及對照組保育豬血液生化指標比較

Table 6. Comparison of biochemical parameters of nursery pigs with an automatic control fan system (test group) or under no fan (control group) conditions

Items	Lanyu pig Reference ^c	Initial		8 week	
		Control	Test	Control	Test
AST (U/L)	30 – 68	35.7 ± 32.5	43.4 ± 35.7	51.6 ± 48.6	46.2 ± 18.4
ALT (U/L)	50 – 84	50.5 ± 21.4	50.5 ± 20.4	65.3 ± 30.1	64.8 ± 18.5
ALP (U/L)	124 – 228	163.9 ± 67.5	146.3 ± 66.9	115.8 ± 55.5 ^a	142.7 ± 69.9 ^b
LDH (U/L)	386 – 670	515.8 ± 153.5	560.5 ± 209.1	565.9 ± 257.3	539.0 ± 102.3
CK (U/L)	1 – 1,832	793.0 ± 1,553.4	1,099.2 ± 1,882.7	1,566.1 ± 1,467.6 ^a	929.9 ± 759.7 ^b
GLB (mg/L)	28.4 – 32.4	27.1 ± 7.3	26.0 ± 6.9	32.9 ± 9.7 ^a	28.8 ± 4.2 ^b
GLU (mg/L)	910 – 1,730	1,350.6 ± 520.4	1,471.9 ± 871.0	1,098.8 ± 42.8 ^a	1,268.0 ± 43.4 ^b
TP (mg/L)	55 – 73	62.9 ± 7.8	64.3 ± 7.4	73.2 ± 9.6 ^a	70.0 ± 5.7 ^b
Cortisol (ug/L)	37 – 194	72.9 ± 39.7	65.6 ± 54.4	102.7 ± 78.8	104.1 ± 50.5
Na (mmol/L)	139 – 149	145.2 ± 5.2	144.8 ± 4.1	139.0 ± 6.7	140.0 ± 6.8
K (mmol/L)	5.1 – 7.9	5.4 ± 0.9	5.3 ± 0.8	6.7 ± 1.5	6.4 ± 1.6
Cl (mEq/L)	97 – 107	103.1 ± 8.4	100.9 ± 6.6	98.0 ± 5.0	98.3 ± 5.5
Ca (mg/L)	72 – 112	89.7 ± 37.2	92.6 ± 12.3	101.2 ± 12.1	100.2 ± 11.4
P (mg/L)	87 – 115	107.9 ± 25.5	110.5 ± 49.7	90.1 ± 26.0	90.4 ± 28.0

^{a, b} Means within the same row without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

^c Lanyu pig Reference (行政院農業委員會畜產試驗所, 2010; 吳及章, 2018a; 2018b; 2019)

Data are presented as mean ± SD.

Cortisol 經證實可作為判斷豬隻有無熱緊迫的標誌性物質，在豬隻有熱緊迫狀況時其濃度會顯著增加 (Antonio *et al.*, 2008; Yu *et al.*, 2010)。但除熱緊迫外，在有其他壓力來源時亦可能導致 Cortisol 濃度上升，Otten *et al.* (2004) 研究表明豬隻處於 90 分貝的長時間或間歇性噪音中，亦會導致 Cortisol 的濃度顯著增加，本次試驗結束時兩組間雖無顯著差異，但是與各自試驗初始的數值相比皆上升，可能因為試驗組雖較無熱緊迫，但風扇的噪音導致其 Cortisol 濃度上升，而對照組因有較高熱緊迫而使 Cortisol 濃度增加，使得兩組間的差異不顯著。在血液電解質部分，Mongin (1981) 指出對酸鹼平衡最重要的礦物質是 Na、K 和 Cl，若有呼吸性鹼中毒症狀時，應會造成腎臟對 K 離子的排出增加，Cl 離子重吸收增加，試驗組豬隻雖有輕微熱緊迫症狀，但無產生呼吸性鹼中毒的症狀，因此該類型離子在兩組別間並無顯著差異；而 Henry *et al.* (2019) 指出在生物體內 Ca 和 P 需要穩定維持，以確保骨骼礦化、能量利用、核酸合成和信號傳導可以順利進行，若豬隻熱緊迫導致吸收不良可能造成 Ca 及 P 的缺乏，對豬隻造成不利影響，而試驗結果顯示兩組別在 Ca 及 P 並無顯著差異，可能顯示對照組豬隻的熱緊迫症狀尚未產生重大影響。

結 論

本試驗發現風扇系統可有效降低蘭嶼豬熱緊迫現象，並提高飼料效率，同時可降低豬隻熱緊迫相關指標如 CK、TP 及 GLB 之數值，顯示在熱季對降低熱緊迫及提升飼料效率有正向效果。

參考文獻

- 行政院農業委員會畜產試驗所。2010。實驗用小型豬生產與供應。<http://minipigs.angrin.tlri.gov.tw/modules/tinyd0/index.php?id=20>。
- 吳昇陽、章嘉潔。2018a。小型豬血液生理指標檢測。畜產研究 51(1)：1-7。
- 吳昇陽、章嘉潔。2018b。蘭嶼豬血液生化性狀之分析。畜產研究 51(3)：157-165。

- 吳昇陽、章嘉潔。2019。不同小型豬血液生化值與品種間之差異。畜產研究 52(4)：198-205。
- 鄭俊哲、許致和、黃裕益、雷鵬魁。2002。水簾式豬舍應用於保育豬之研究。畜產研究 35(3)：175-186。
- 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: 87-96.
- Aberle, E. D., R. A. Merkel, J. C. Forrest, and C. W. Alliston. 1974. Physiological Responses of Stress Susceptible and Stress Resistant pigs to Heat Stress. *J. Anim. Sci.* 38: 954-959.
- Antonio, C. A. F., A. N. João, and G. S. Roberto. 2008. Environmental temperature and serum cortisol levels in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 45: 136-140.
- Brown-Brand, T. M., H. Li, M. D. Hayes, R. A. Eigenberg, H. Xin, J. P. Stinn, J. A. Nienaber, and T. Shepherd. 2014. Heat and Moisture Production of Modern Swine. *ASHRAE Transactions* 120: 469.
- Chiu, Y. C., P. W. Huang, Y. K. Lin, and M. Y. Chang. 2019. Development of an Environmental Monitoring and Control System for Weaner Pig Houses. *ASABE Annual International Meeting*, Boston, Massachusetts, U.S.
- Cicero, H. O. L., C. Jane, R. Dale, T. Michael, C. Jayaka, and S. Tannecia. 2018. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. *Reg. Environ. Change.* 18: 2329-2340.
- Dallaire, S., R. Drolet, and D. Brodeur. 1996. Sow mortality associated with high ambient temperatures. *Can. Vet. J.* 37(4): 237-239.
- Gao, Y., Y. Diao, C. Lin, Y. Liu, C. Guo, M. Lei, Y. Tong, and X. Li. 2018. Monitoring and analysis of thermal environment and harmful gases in mechanically ventilated multistory pig buildings. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 34: 239-247.
- Henry, R., O. Michael, W. Dörte, M. Eduard, P. Siriluck, and W. Klaus. 2019. Genetic Contribution to Variation in Blood Calcium, Phosphorus, and Alkaline Phosphatase Activity in Pigs. *Front. Genet.* 10: 590.
- Lambert, G. P. 2008. Intestinal barrier dysfunction, endotoxemia, and gastrointestinal symptoms: the ‘canary in the coal mine’ during exercise heat-stress. *Med. Sci. Sport Sci.* 53: 61-73.
- Marai, I. F. M., A. A. M. Habeeb, and H. E. Gad. 2004. Growth performance traits and the physiological background of young doe rabbits as affected by climatic conditions and lighting regime, under sub-tropical conditions of Egypt. The 8th World Rabbit Congress, Pueblo City, Mexico.
- Mendoza, S. M., R. D. Boyd, P. R. Ferket, and E. van 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.
- Mongin, P. 1981. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. *Proc. Nutr. Soc. (Camb.)* 40: 285-294.
- Ohaeri, C. C. and M. C. Eluwa. 2011. Abnormal biochemical and hematological indices in trypanosomiasis as a threat to herd production. *Vet. Parasitol.* 177: 199-202.
- Otten, W., E. Kanitz, B. Puppe, M. Tuchscherer, K. P. Brüssow, G. Nürnberg, and B. Stabenow. 2004. Acute and long term effects of chronic intermittent noise stress on hypothalamic-pituitary-adrenocortical and sympatho-adrenomedullary axis in pigs. *Anim. Sci.* 78: 271-283.
- Pearce, S. C., V. Mani, R. L. Boddicker, J. S. Johnson, T. E. Weber, J. W. Ross, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2012. Heat stress reduces barrier function and alters intestinal metabolism in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 257-259.
- Pearce, S. C., V. Mani, T. E. Weber, R. P. Rhoads, J. F. Patience, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2013. Heat stress and reduced plane of nutrition decreases intestinal integrity and function in pigs. *J. Anim. Sci.* 91: 5183-5193.
- Pearce, S. C., M. V. Sanz-Fernandez, J. H. Hollis, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2014. Short-term exposure to heat stress attenuates appetite and intestinal integrity in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 92: 5444-5454.
- Raaij, M. T. M., M. Oortgiesen, H. H. Timmerman, C. J. G. Dobbe, and H. Loveren. 1996. Time-dependent differential changes of immune function in rats exposed to chronic intermittent noise. *Physiol. Behav.* 60: 1527-1533.
- Renaudeau, D., A. Collin, S. Yahav, V. de Baskio, J. L. Gourdiere, and R. J. Collier. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animals* 6: 707-728.
- Sarubbi, J., L. A. Rossi, D. J. Moura, R. A. Oliveira, and E. David. 2010. Electrical energy use in different heating systems for weaned piglets. *Eng. Agric.* 30: 1003-1011.
- Sarubbi, J., L. A. Rossi, E. G. Laranjeira, R. A. de Oliveira, and N. M. Velloso. 2008. Power-saving procedures and animal thermal comfort at a growing/finishing swine production unit. *BioEng* 2: 185-192.

- SAS Institute. 2014. SAS User's Guide: Statistics, Version 13.2 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Stender, D. R., J. D. Harmon, J. D. Weiss, and D. Cox. 2003. Comparison of different styles of swine finishing facilities within a uniform production system. *Appl. Eng. Agric.* 19: 79-82.
- Wen, X., W. Wu, W. Fang, S. Tang, H. Xin, J. Xie, and H. Zhang. 2019. Effects of long-term heat exposure on cholesterol metabolism and immune responses in growing pigs. *Livest. Sci.* 230: 103857.
- Wiegert, J. G., M. T. Knauer, and S. B. Shah. 2017. Effect of pad cooling on summer barn environment and finishing pig temperature. *J. Anim. Sci.* 95: 35.
- YanJun, C., W. Chong, H. Yue, G. Xianhong, and W. Haifeng. 2019. Chronic heat stress induces acute phase responses and serum metabolome changes in finishing pigs. *Animals* 9: 395.
- Yongqiang, C., L. Shaofang, L. Hongmei, T. Pin, and C. Yilin. 2019. Application of intelligent technology in animal husbandry and aquaculture industry. 14th International Conference on Computer Science & Education. Toronto, ON, Canada.
- Yu, J., P. Yin, F. H. Liu, G. L. Cheng, K. J. Guo, A. Lu, X. Y. Zhu, W. L. Luan, and J. Q. Xu. 2010. Effect of heat stress on the porcine small intestine: a morphological and gene expression study. *Comp. Biochem. Phys. Part A.* 156: 119-128.
- Zumbach, B., I. Misztal, S. Tsuruta, J. P. Sanchez, M. Azain, W. Herring, J. Holl, T. Long, and M. Culbertson. 2008. Genetic components of heat stress in finishing pigs: Development of a heat load function. *J. Anim. Sci.* 86: 2082-2088.

Effects of an intelligent fan system on the growth performance and blood biochemical and hematological parameters of nursery Lanyu pigs ⁽¹⁾

Yi-Long Chen ⁽²⁾⁽³⁾ Han-Sheng Wang ⁽²⁾ Yu-Ling Huang ⁽²⁾ Shih-Hsin Li ⁽²⁾ and Chia-Chieh Chang ⁽²⁾

Received: Aug. 24, 2022; Accepted: Oct. 21, 2022

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of an intelligent temperature monitoring and control fan system in barn on the growth performance and blood biochemical parameters of Lanyu pigs during the nursery period. The system is capable of automatically control the fans, and adjusting the strength according to temperatures, which can be used to improve the ambient temperature and air quality of the barn. A total of thirty-two ten-week-old Lanyu pigs (sixteen male and sixteen female) were randomly allocated into the control group (without fans in the barn) and the test group (with an intelligence temperature monitoring and control fan system). The pigs were raised for 8 weeks in the hot season from July to September. The results showed that the average ambient temperatures were not significantly different between the control and test barn, however, the humidity and Temperature Humidity Index (THI) in the test barn were significantly lower ($P < 0.05$) than that in the control. Pigs raised in the control or test barn during the test period did not show differences in body weight gain, while pigs under the test barn showed significantly lower feed intake ($P < 0.05$) and thereby better feed efficiency ($P < 0.05$). With regards to hematological parameters, there were no significant differences between the two groups. However, in blood biochemical parameters, pigs under the control condition showed a significantly lower ($P < 0.05$) serum alkaline phosphatase (ALP) activity and glucose (GLU), but a higher total protein (TP), globulin (GLB) level, and Creatine kinase (CK) activity levels, compare with the test groups. The higher values of TP, CK, and GLB may indicate higher heat stress. In summary, the intelligent fan system significantly reduced the ambient humidity and THI value, relieved heat stress, and improved feed efficiency of pigs in hot seasons.

Key words: Lanyu Pig, Fan system, Intelligent sensing, Thermal stress, Blood biochemical parameters.

(1) Contribution No. 2720 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Animal Industry Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: l8077606@mail.tlri.gov.tw.