

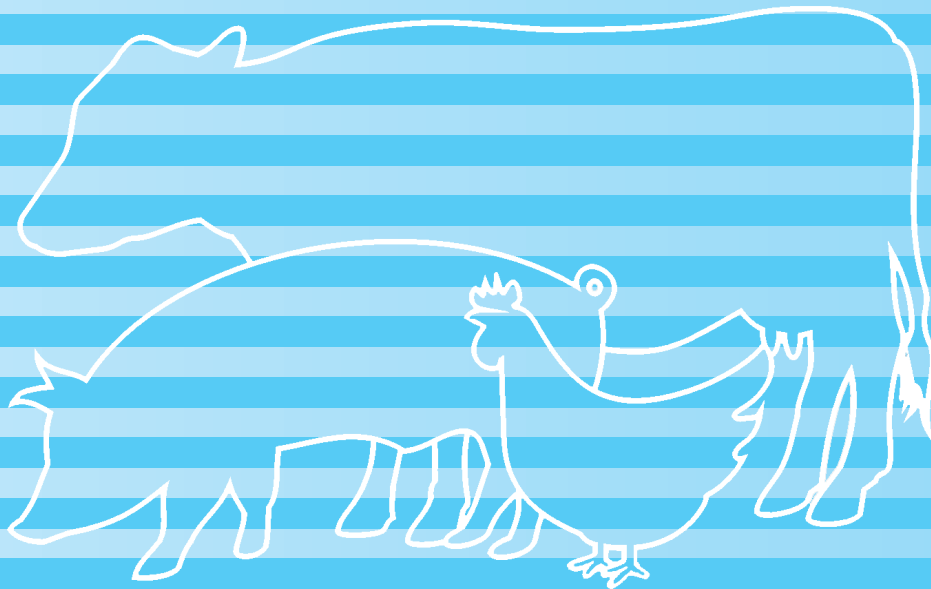
ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR

畜產研究

第五十七卷 第四期 中華民國一一三年 十二月 季 刊

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 57 No. 4 December 2024



農業部畜產試驗所

TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,
MINISTRY OF AGRICULTURE

畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

審查委員：方珍玲 王佩華 王尚禮 王政騰 王紓愍 王淑音 王勝德 王聖耀
王翰聰 朱有田 朱志成 余 祺 余 碧 吳信志 吳勇初 吳建平
吳錫勳 李固遠 李欣蓉 李姿蓉 李恒夫 李國華 李淵百 李滋泰
沈朋志 周明顯 林正斌 林正鏞 林怡君 林美峰 林義福 林德育
邱智賢 施意敏 洪靖崎 范耕榛 唐品琦 徐濟泰 張世融 張仲彰
張秀鑾 張啟聖 梁筱梅 章嘉潔 莊士德 許振忠 許晉賓 郭彥甫
郭卿雲 郭猛德 陳文賢 陳立人 陳志峰 陳志銘 陳怡兆 陳明汝
陳洵一 陳秋麟 陳嘉昇 陳億乘 黃大駿 黃永芬 黃英豪 楊國泰
楊深玄 楊鎮榮 萬一怒 萬添春 廖御靜 劉秀洲 劉振發 練慶儀
鄭永祥 鄭裕信 蕭振文 魏良原 譚發瑞 蘇天明 蘇忠楨
(以姓名筆劃為序)

編輯委員：李欣蓉 林德育 洪哲明 洪靖崎 張世融 郭卿雲 陳翠妙 廖御靜
(以姓名筆劃為序)

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

J. F. HUANG, EDITOR-IN-CHIEF,
DIRECTOR GENERAL,

TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE, MINISTRY OF AGRICULTURE
HSINHUA, TAINAN, TAIWAN

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

C. L. FANG	P. H. WANG	S. L. WANG	C. T. WANG	S. M. WANG
S. Y. WANG	S. D. WANG	S. Y. WANG	H. C. WANG	Y. T. JU
C. C. CHU	C. YU	P. YU	H. C. WU	Y. C. WU
C. P. WU	H. H. WU	G. Y. LEE	S. S. LEE	T. R. LEE
H. F. LEE	K. H. LEE	Y. P. LEE	T. T. LEE	P. C. SHEN
M. H. CHOU	J. B. LIN	C. Y. LIN	Y. C. LIN	M. F. LIN
Y. F. LIN	D. Y. LIN	C. H. CHIU	Y. M. SHY	C. C. HUNG
G. J. FAN	P. C. TANG	C. T. HSU	S. R. CHANG	S. C. CHANG
H. L. CHANG	C. S. CHANG	H. M. LIANG	C. C. CHANG	S. T. CHUANG
C. C. HSU	C. B. HSU	Y. F. KUO	C. Y. KUO	M. D. KUO
W. S. CHEN	L. R. CHEN	C. F. CHEN	C. M. CHEN	Y. C. CHEN
M. J. CHEN	H. I. CHEN	T. L. CHEN	C. S. CHEN	Y. C. CHEN
D. J. HUANG	Y. F. HUANG	I. H. HWANG	G. T. YANG	S. S. YANG
J. R. YANG	Y. N. WAN	T. C. WAN	Y. J. LIAO	H. C. LIU
J. F. LIU	C. Y. LIEN	Y. H. CHENG	Y. S. CHENG	J. W. SHIAU
L. Y. WEI	F. J. TANG	T. M. SU	J. J. SU	

EDITORS:

S. S. LEE	D. Y. LIN	C. M. HUNG	C. C. HUNG	S. R. CHANG
C. Y. KUO	T. M. CHEN	Y. J. LIAO		



畜產研究

編者：農業部畜產試驗所
發行人：黃振芳
發行所：農業部畜產試驗所
地址：臺南市新化區牧場 112 號
電話：(06) 5911211
網址：www.tlri.gov.tw
編輯\印製者：沐福商行
電話：0985-187287
出版日期：中華民國 113 年 12 月出版
定價：新臺幣 200 元

展售處：

國家書店松江門市：臺北市中山區松江路 209 號 1 樓

五南文化廣場：臺中市北屯區軍福 7 路 600 號

國家網路書店：www.govbook.com.tw

GPN : 2005200015

ISSN : 0253-9209

DOI : 10.6991/JTLR

畜產研究

第 57 卷第 4 期

中華民國 113 年 12 月

目 錄

	頁
1. 口服凝結芽孢桿菌發酵液對哺乳仔豬增重、下痢發生率與糞便微生物的影響劉芳爵、林幼君	244
2. 溫濕度指數對紐西蘭公兔產精性能之影響蔡佩均、康定傑	251
3. 性別對商用紅羽土雞肉質性狀之影響林正鏞、李秀蘭	260
4. 熱季期間提供夜間運動場對荷蘭泌乳早期牛隻之泌乳表現與行動分數之影響張俊達、范耕榛、王思涵、吳鈴彩	269
5. 人工智慧在家畜動物研究的系統性回顧朱育霆、謝郁萱、劉于婕、吳晉東、黃國豪	279
6. 成年白羅曼公鵝之睪丸發育及精液品質季節性變化莊斯涵、江兆弘、蕭智彰、莊婷雯、劉士銘、郭廷雍、王勝德	290
7. 不同飼糧蛋白質與能量含量對 30 — 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞產蛋、繁殖性能之影響蔡銘洋、林正鏞、郭曉芸、洪哲明	300
8. 以曝氣池廢水去除沼氣中硫化氫之研究歐修汶、張筱瑜、劉威志	309

口服凝結芽孢桿菌發酵液對哺乳仔豬增重、 下痢發生率與糞便微生物的影響⁽¹⁾

劉芳爵⁽²⁾⁽³⁾ 林幼君⁽²⁾

收件日期：113 年 1 月 22 日；接受日期：113 年 3 月 15 日

摘 要

本試驗目的探討口服凝結芽孢桿菌發酵液對哺乳仔豬的增重、下痢發生率、糞便微生物與血液中血球數量的影響。凝結芽孢桿菌發酵液的製備，採用本所自行選殖的凝結芽孢桿菌菌株於商用 MRS 培養液中，經發酵過程後，以離心方法取發酵後上清液，再經 10 倍減壓濃縮後，以食品級葡萄糖漿調整其抗菌活性為 1 IU/mL。試驗採用 24 頭第 2 產次的藍瑞斯懷孕母豬，並於懷孕期第 110 天時，逢機將母豬分成 3 組，分別為對照組（出生仔豬無口服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液）、抗生素組（出生仔豬口服抗生素 1 mL/次，僅 1 次）與口服凝結芽孢桿菌發酵液組（出生仔豬口服發酵液 1 mL/天，連續 7 天）。試驗結果顯示哺乳仔豬口服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液於第 2 與 3 週齡時，仔豬下痢發生率低於對照組。糞便微生物部分，在 7 日齡時口服凝結芽孢桿菌發酵液比對照組，顯著降低仔豬糞便大腸桿菌數量。在第 28 天時仔豬血液中的血球數量，在血球數量與各種白血球百分比，僅有口服抗生素組的嗜鹼性白血球百分比比對照組與口服凝結芽孢桿菌發酵液組顯著較高。綜上所述，哺乳仔豬口服凝結芽孢桿菌發酵液，具有降低仔豬下痢發生率與糞便大腸桿菌數量的作用，但不影響哺乳期仔豬的增重。

關鍵詞：凝結芽孢桿菌、下痢、發酵液、哺乳仔豬。

緒 言

哺乳期間的仔豬容易發生黃痢與白痢的問題，主要因致病性大腸桿菌所引起。仔豬黃痢多發生於出生後一週內的哺乳仔豬，然白痢則多發生於出生後 1 週的仔豬。哺乳仔豬發生黃痢的死亡率高，主要是因仔豬嚴重脫水、電解質不平衡與維持身體正常功能所需能量不足，容易造成新生仔豬的死亡 (Martin and Henry, 1982)。加上哺乳仔豬免疫系統的發育尚未健全，抵抗力較差，容易受到外在環境細菌感染如沙門氏菌、大腸桿菌、梭菌感染等，導致仔豬發生下痢與增重下降的問題 (Ruiz *et al.*, 2016)。

仔豬腸道微生物的定殖始於剛出生時，經由新生仔豬接觸到母豬和周邊環境的微生物所致，不過仔豬腸道微生物菌群的建立，為一序列複雜的進化過程 (Mackie *et al.*, 1999)。同時腸道微生物菌群對仔豬局部免疫功能成熟化的進程，扮演關鍵的作用 (Sommer and Baeckhed, 2013)。然而，在新生仔豬的腸道微生物菌群屬於開始建立階段，並不穩定。因此，非常容易受到各種因素的干擾，如抗生素就是最常見的影響因素之一 (Nylund *et al.*, 2014)。不過為預防哺乳仔豬發生下痢，常於出生後 1 – 3 天內給予口服抗生素方法，但此法容易使仔豬腸道微生物產生抗藥性與影響益生菌的數量 (Shahana *et al.*, 2021)。在目前國際翦抗風潮下，應用微生物發酵物來預防哺乳仔豬下痢，為另一項可選擇方法，目的為避免抗生素的濫用 (Hung *et al.*, 2019)。本試驗採用凝結芽孢桿菌菌株 (*Bacillus coagulans*)，具有產乳酸、形成孢子與運動等特性 (Payot *et al.*, 1999)，同時其發酵代謝物亦具有抑制細菌的作用，包括如桿菌 (*Bacillus*)、李斯特菌 (*Listeria*)、葡萄球菌 (*Staphylococcus*)、鏈球菌 (*Streptococcus*)、腸球菌 (*Enterococcus*) 和梭菌 (*Clostridium*) 等，可促進仔豬的生長性能與改善下痢的作用 (Riazi *et al.*, 2009；Wu *et al.*, 2018)。然而，有關凝結芽孢桿菌發酵液對於減少哺乳仔豬下痢的效果評估，相關研究甚少。因此，本研究旨在探討口服凝結芽孢桿菌發酵液對

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2783 號。

(2) 農業部畜產試驗所動物營養組。

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

降低哺乳仔猪下痢發生率的效果，供作未來取代抗生素減少仔猪下痢發生率的替代物質。

材料與方法

本試驗於農業部畜產試驗所動物營養組試驗豬舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容，經畜產試驗所實驗動物管理小組以畜試動字 111-33 號申請核准在案。

I. 試驗動物與飼糧處理

採用經同期化發情配種確認已懷孕之第 2 產次藍瑞斯母豬，在母豬懷孕期第 110 天時，選取 24 頭母豬，分成 3 組，每組 8 重複，分別為對照組、口服抗生素組與口服凝結芽孢桿菌發酵液組。對照組 (CON, control group)，新生仔猪沒有給予口服抗生素與芽孢桿菌發酵液；抗生素組 (OAA, orally administrated antibiotic group)，新生仔猪口服 (成分 gentamicin sulfate 6.25 mg/mL，中國化學製藥股份有限公司製造)，並依照廠商建議的用法與用量，於出生後第 1—3 天給予 1 次口服；口服凝結芽孢桿菌發酵液組 (OAF, orally administrated fermentation broth group)，新生仔猪口服約 1 mL/day (1 mL 含 1 IU 抑菌活性與 85% 葡萄糖漿)，自出生日連續 7 天口服。懷孕期與泌乳期母豬飼料，參考臺灣地區飼養標準—豬 (1990) 推薦的營養需要量，粗蛋白質分別為 12% 與 15%、可消化能為 3,100 與 3,300 kcal/kg、離胺酸含量為 0.45% 與 0.70%、鈣與總磷均為 0.8% 與 0.6%，懷孕期母豬餵飼量為 2.2 kg/day，哺乳期母豬則任食，哺乳期間仔猪沒有額外提供教槽料，避免因教槽料含有抗生素的影響。同時舍內溫度在 22—26 與定時實施換氣 (10—15 次/小時)，維持良好的飼養環境。

II. 凝結芽孢桿菌發酵液的製備與抑菌活性的分析

凝結芽孢桿菌發酵液的製備，參照劉及林 (2021) 與劉等 (2023) 方法，採用本所篩選自牛瘤胃液之凝結芽孢桿菌菌株，接種於 MRS 培養基中 (No. 110661, MRS broth, Merck company, USA)，於溫度 37°C 與震盪頻率 100 rpm/min，經培養 48 小時後，以 10,000 × g 離心收集上清液，接續參照 Riazi *et al.* (2009) 以減壓方法濃縮 10 倍體積後 (v/v)，再以 0.45 μm 過濾膜進行過濾消毒，再將濃縮後凝結芽孢桿菌發酵液存放於 4°C 冰箱備用。

凝結芽孢桿菌發酵液 (lactosporin, LP) 抑菌活性分析，依據 Cintas 等 (1995) 紙錠瓊脂擴散法 (agar diffusion method) 進行分析。以 1×10^6 CFU/mL 益生菌藤黃微球菌 (BCRC 編號 80243 *Micrococcus luteus*，購自財團法人食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心) 混合於含 0.7% 瓊脂、6 g/L 酵母萃取物和 2.5 g/L 葡萄糖之培養基作為指示菌株。同時以 9 IU/g 乳酸鏈球菌 A (Nisin A; No.1414-45-5, Sigma, St Louis, MO, USA) 做為正對照組，Nisin A 以 pH2 之 HCl 溶液回溶，回溶後 Nisin A 濃度為 1.8 IU/mL，接續進行連續兩倍稀釋成 2^{-1} 至 2^{-6} 的標準溶液，分別取 50 μL/孔標準溶液注入前述培養基的紙錠上，再將其培養於 37°C 培養箱中 18 小時，其後測量抑菌環直徑並與 Nisin A 濃度進行線性迴歸，供作計算抑菌活性的檢量線用。接續分析濃縮後的凝結芽孢桿菌發酵液的抑菌活性，再以食品級葡萄糖漿調整抑菌活性為 1 IU/mL 混合後，存放於 4°C 冰箱供哺乳仔猪口服試驗用。

III. 測定項目

以懷孕期第 110 天與仔猪離乳日時之母豬體重與三點背脂厚度的變化，供分析母豬的體況。哺乳仔猪部分，分別於出生與離乳時量稱體重，供分析哺乳期仔猪的增重，同時記錄仔猪出生活頭數與離乳仔猪頭數，供分析哺乳期間仔猪的育成率。在血液中血球數量部分，在仔猪離乳日時各組隨機選取 6 頭仔猪 (3 公 3 母)，採集血液樣品 3—5 mL，供分析血液中的各種血球的數量。

仔猪糞便微生物的分析，分別在仔猪 7 日齡與 28 日齡時，以消毒過的棉花棒刺激直腸肛門收集仔猪糞便樣品，供分析仔猪糞便微生物。糞便微生物分析，主要參照 Chromagar ECC (No. EF323-25, CHROM agar™ ECC company, France) 建議方法，首先取新鮮糞便 1 g 樣品，先放入 10 mL 0.85% NaCl 混合均勻，接續用 0.85% NaCl 連續稀釋 (1 mL + 9 mL 0.85% NaCl) 至 1/100,000,000，總共需要稀釋 8 次。分別取 1 mL 之 $1/10^3$ 、 $1/10^6$ 與 $1/10^8$ 稀釋糞便樣品，再分別注入 3 個 9 cm 培養皿，接續注入適量 Chromagar (約 9 mL)，搖放均勻靜置至凝固後，放置於 37°C 培養箱經 24 小時後，依據菌落外貌顏色，分別計算糞便中大腸桿菌 (*Escherichia coli*)、大腸桿菌群 (coliform)、革蘭氏陰性菌 (gram-negative bacteria) 等菌落的數量。

試驗仔猪糞便評分與下痢發生率的估算方法，依據 Hart and Dobb (1988) 與 Marquardt *et al.* (1999) 的方法，進行糞便指數的評分。從仔猪出生日開始至第 28 日齡結束，每日上午 09:00 至 11:00 進行一次糞便指數評分。糞便評分標準為 4 級分，指數「0」表正常成型糞便 (水分含量 < 70%)、「1」表輕微軟便 (水分含量 70—75%)、「2」表中度軟便 (水分含量 75—80%) 與「3」表嚴重軟便 (水分含量 > 80%)，供評估仔猪下痢的嚴

重程度。每週仔豬下痢發生率的計算方法，主要參考 Sun *et al.* (2022) 文獻所列之方法，計算公式如下：

$$\text{每週下痢發生率 (\%)} = \frac{\text{下痢仔豬頭數}}{\text{試驗仔豬總頭數} \times 7 (\text{觀察天數})} \times 100\%$$

*當仔豬糞便外觀下痢指數等於或大於 2 時，定義為發生下痢。

IV. 統計分析

試驗收集之各項資料，利用 SAS (2005) 的套裝統計軟體，依一般線性模式 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，並以鄧肯氏多變域測定法 (Duncan's multiple range test) 進行處理組平均值間之差異顯著性分析，當 $P < 0.05$ 表差異顯著，而 $P < 0.01$ 表差異極顯著。

結果與討論

I. 母豬及哺乳期仔豬的體重與育成率

懷孕期第 110 天母豬與母豬於仔豬離乳時之體重與背脂厚度，仔豬在出生與離乳時的體重和 4 週的增重，各組間均無差異，如表 1 所示。母豬於對照組、口服抗生素及凝結芽孢桿菌發酵液之哺乳期間的失重，分別為 25.0、20.1 與 28.5 kg，背脂厚度分別減少為 3.8、4.8 與 3.9 mm，顯示母豬在哺乳期間，母豬體重的失重與減少的背脂厚度，各組間沒有顯著的變化。仔豬經對照組、口服抗生素及凝結芽孢桿菌發酵液處理之 4 週哺乳期間的體增重，分別為 5.78、5.67 與 5.83 kg，育成率分別為 95.5、96.4 與 97.4%，顯示哺乳仔豬沒有因口服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液，而影響哺乳期間母豬的失重與背脂厚度以及仔豬的增重與育成率。此現象在母豬的部分，可能因本研究採用相同品種與產次的母豬，且母豬沒有餵飼飼料營養成分以外的物質。因此母豬間的繁殖性能相似 (Bloembergen *et al.*, 2008; Koketsu *et al.*, 2017)。在哺乳仔豬部分，為讓哺乳仔豬正常的生長，本研究除將母豬飼養於密閉式水簾分娩豬舍，提供母豬合適的飼養環境外，在母豬飼糧均依照臺灣地區飼養標準一豬 (行政院農業委員會編輯委員會，1990) 推薦之營養需要量配製，提供懷孕期與分娩期母豬均衡營養的飼糧，確保哺乳仔豬能夠獲取充足的初乳與乳汁，供仔豬正常生長 (Laia *et al.*, 2021)。

表 1. 服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液對母豬體重與背脂厚度、仔豬體重與育成率的影響

Table 1. The effects of orally administrated antibiotic and *Bacillus coagulans* fermentation broth on the body weight and backfat depth of sows and body weight and survival rate of suckling pigs

Items	CON [§]	OAA	OAF
Sows			
Body weight at 110 days of gestation, kg	250.2 ± 11.9*	234.9 ± 29.3	243.5 ± 17.5
Backfat thickness at 110 days of gestation, mm	21.0 ± 1.8	21.8 ± 2.2	22.2 ± 1.8
Body weight at weaning day, kg	225.2 ± 32.9	214.8 ± 36.8	215.0 ± 22.8
Back fat depth at weaning day, mm	17.2 ± 1.6	17.0 ± 3.4	18.3 ± 3.3
Suckling pigs			
Body weight at birth, kg	1.50 ± 0.13	1.41 ± 0.06	1.52 ± 0.08
Body weight at weaning, kg	7.28 ± 0.45	7.08 ± 0.71	7.35 ± 0.98
Weight gain for 28 days, kg	5.78 ± 0.29	5.67 ± 0.38	5.83 ± 0.53
Number of alive piglet at birth, head	11.0 ± 0.2	11.0 ± 0.4	11.7 ± 0.6
Number of alive piglet at weaning, head	10.5 ± 0.7	10.6 ± 0.6	11.4 ± 0.6
Survival rate, % ^{&}	95.5	96.4	97.4

* Mean ± SD.

[§] CON, control group; OAA, orally administrated antibiotic group; OAF, orally administrated fermentation broth group.

[&] Survival rate = (Number of alive piglet at weaning / Number of alive piglet at birth) × 100%.

II. 口服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液對哺乳仔豬下痢發生率的影響

哺乳期間仔豬的下痢發生率，在第 8 – 14、15 – 21 與 22 – 28 日齡時口服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液

較對照組低 (如表 2)。顯示哺乳仔豬口服抗生素 (gentamicin sulfate) 與凝結芽孢桿菌醱酵液, 均具有降低哺乳仔豬下痢發生率的效果。此現象可能是因凝結芽孢桿菌醱酵液含有乳孢菌素 (lactosporin) 抑菌物質, 能夠降低新生仔豬下痢發生率的作用 (Casewell *et al.*, 2003; Riazi *et al.*, 2009; Ruiz *et al.*, 2016; Thomson and Friendship, 2019)。在 Poulsen *et al.* (2018) 報告指出, 新生仔豬口服 5 mg/day Gentamicin 抗生素, 顯著降低糞便中微生物族群多樣性與仔豬下痢發生率, 本研究利用口服凝結芽孢桿菌醱酵液具有抑制微生物的效果, 此結果與口服抗生素相似。另外一些文獻指出, 運用微生物醱酵物產生的抗菌蛋白或抗菌肽均具有改善下痢的效果, 本報告口服凝結芽孢桿菌醱酵液降低哺乳仔豬下痢發生率, 亦有相似的結果 (劉等, 2023; Payot *et al.*, 1999; Riazil *et al.*, 2009; Ripamonti *et al.*, 2009)。

表 2. 口服抗生素與凝結芽孢桿菌醱酵液對哺乳期仔豬下痢發生率的影響

Table 2. Effect of orally administrated antibiotics and *Bacillus coagulans* fermentation broth on the Incidence of diarrhea of suckling piglets

Items	CON [§]	OAA	OAF
0 – 7 d, %	0 ± 0*	0 ± 0	0 ± 0
8 – 14 d, %	11.1 ± 4.1 ^a	4.2 ± 0.2 ^b	4.2 ± 1.3 ^b
15 – 21 d, %	7.5 ± 2.9 ^a	3.4 ± 0.8 ^{ab}	1.2 ± 0.5 ^b
22 – 28 d, %	0.8 ± 0.1	1.3 ± 0.4	0 ± 0

* Mean ± SD.

§ Meanings are the same as in table 1.

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

III. 口服抗生素與凝結芽孢桿菌醱酵液對哺乳仔豬糞便微生物的影響

哺乳仔豬口服抗生素與凝結芽孢桿菌醱酵液, 對 7 日齡與 28 日齡仔豬糞便微生物的影響, 如表 3 所示。在仔豬 7 日齡時, 口服凝結芽孢桿菌醱酵液於糞便大腸桿菌數量顯著較對照組為低 (3.91 vs. 9.33×10^8 cfu/g), 此現象可能凝結芽孢桿菌具有產乳酸, 且其醱酵代謝物中具有抑制容易引發仔豬消化道疾病的微生物包括如桿菌 (*Bacillus* spp.)、李斯特菌 (*Listeria* spp.)、葡萄球菌 (*Staphylococcus* spp.)、鏈球菌 (*Streptococcus* spp.)、腸球菌 (*Enterococcus* spp.) 和梭菌 (*Clostridium* spp.) 等所致, 進而降低仔豬下痢發生率與改善仔豬的生長性能 (Payot *et al.*, 1999; Riazi *et al.*, 2009; Ripamonti *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2018)。在仔豬第 28 天 (離乳) 時, 各組仔豬糞便微生物則沒有顯著差異。此現象可能因自第 8 天起, 沒有持續給予口服抗生素或凝結芽孢桿菌醱酵液, 並經過 3 週的哺乳時間, 仔豬腸道微生物的多樣性與豐富度逐漸增加。此現象與文獻 Burrough *et al.* (2017)、Wu *et al.* (2018) 及 Florencia *et al.* (2019) 有相似結果。因此, 在第 28 天離乳時, 各組哺乳仔豬糞便微生物沒有顯著差異。

表 3. 口服抗生素與凝結芽孢桿菌醱酵液對哺乳仔豬糞便微生物的影響

Table 3. Effects of orally administrated antibiotics and *Bacillus coagulans* fermentation broth on fecal bacteria of suckling pigs

Items	CON [§]	OAA	OAF
Day 7			
<i>E. coli</i> × 10 ⁸ cfu/g	9.33 ± 1.10 ^{*a}	5.15 ± 1.25 ^{ab}	3.91 ± 1.37 ^b
Other fecal coliform bacteria × 10 ⁸ cfu/g	0.13 ± 0.05	0.10 ± 0.02	0.08 ± 0.008
Other Gram negative bacteria × 10 ⁸ cfu/g	6.45 ± 2.47	5.80 ± 2.80	4.97 ± 1.97
Day 28 (weaning day)			
<i>E. coli</i> × 10 ⁸ cfu/g	6.71 ± 1.87	4.24 ± 1.37	4.20 ± 1.40
Other fecal coliform bacteria × 10 ⁸ cfu/g	0.12 ± 0.05	2.05 ± 0.01	1.07 ± 0.003
Other Gram negative bacteria × 10 ⁸ cfu/g	5.71 ± 2.54	5.73 ± 2.09	5.79 ± 1.55

* Mean ± SD.

§ Meanings are the same as in table 1.

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

VI. 口服抗生素組與凝結芽孢桿菌發酵液對仔豬血液中血球數量的影響

新生仔豬口服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液對離乳時仔豬血液中的血球數量與各種白血球百分比的影響，如表 4 所示。結果顯示，仔豬口服抗生素組的嗜鹼性白血球比例顯著較對照組與口服凝結芽孢桿菌發酵液組為高 (0.60 vs. 0.41 vs. 0.36%)，此現象可能因腸道微生物多樣性與豐富度受到 Gentamicin 抗生素的影響，造成仔豬容易發生發炎的現象 (Burrough et al., 2017; Wu et al., 2018; Florencia et al., 2019)。仔豬發生發炎反應過程中，嗜鹼性白血球 (Basophils) 會參與其中，當其百分比過高時會造成仔豬發生過敏反應 (Voehringer, 2009)。不過本研究分析嗜鹼性白血球百分比介於 0.5 – 1.0% 之間，仍屬正常範圍。仔豬血液中其他血球數如紅血球與血小板數量、嗜酸性球百分比 (Eosinophils)、嗜中性球百分比 (Eosinophils)、淋巴細胞百分比 (Lymphocyte) 與單核球細胞百分比 (Monocyte)，則不受口服抗生素或凝結芽孢桿菌發酵液的影响。

表 4. 口服抗生素與凝結芽孢桿菌發酵液對哺乳仔豬血液中血球數的影響

Table 4. Effects of orally administrated of antibiotics and *Bacillus coagulans* fermentation broth on blood cell counts of suckling pigs

Items	CON [§]	OAA	OAF
Red blood cell $\times 10^6$, cells/ μ L	6.69 $\pm$ 0.69*	6.96 $\pm$ 0.71	7.08 $\pm$ 0.53
Blood platelet $\times 10^3$, cells/ μ L	576.7 $\pm$ 157.1	559.1 $\pm$ 180.3	573.0 $\pm$ 224.6
White blood cell, cells/ μ L	13,670 $\pm$ 4,668	13,603 $\pm$ 3,256	14,877 $\pm$ 3,735
Basophils, %	0.41 $\pm$ 0.15 ^b	0.60 $\pm$ 0.22 ^a	0.36 $\pm$ 0.24 ^b
Eosinophils, %	1.63 $\pm$ 0.76	1.52 $\pm$ 0.88	1.38 $\pm$ 0.79
Neutrophils, %	31.8 $\pm$ 6.7	30.3 $\pm$ 3.0	30.2 $\pm$ 6.09
Lymphocyte, %	61.8 $\pm$ 6.6	63.1 $\pm$ 5.3	63.8 $\pm$ 6.3
Monocyte, %	4.52 $\pm$ 1.41	4.47 $\pm$ 1.67	4.22 $\pm$ 1.67

* Mean $\pm$ SD.

[§] Meanings are the same as in table 1.

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

結論與建議

新生仔豬連續 7 天口服凝結芽孢桿菌發酵液，具有降低仔豬第 2 與 3 週齡下痢發生率，且與口服 Gentamicin 抗生素降低下痢發生率的效果相似，顯示凝結芽孢桿菌發酵液與抗生素組同樣具有抑制哺乳仔豬下痢發生率的作用。在仔豬糞便微生物與血液中的血球數量，在 7 日齡時口服凝結芽孢桿菌發酵液比對照組顯著降低仔豬糞便大腸桿菌數量。綜上所述，哺乳仔豬口服凝結芽孢桿菌發酵液可取代口服抗生素，具有降低仔豬下痢發生率與糞便中大腸桿菌數的作用。

致 謝

試驗期間感謝畜產試驗所畜產經營組二股全體同仁與動物營養組嚴世俊先生和蕭合芬小姐，試驗進行過程中之協助與相關資料之收集與分析工作，讓試驗順利完成。

參考文獻

- 行政院農業委員會編輯委員會。1990。臺灣地區飼養標準－豬。行政院農業委員會出版。
- 劉芳爵、林幼君。2021。源自豬隻糞便與牛瘤胃液凝結芽孢桿菌的篩選、鑑定與性狀分析。畜產研究 54(3)：148-154。
- 劉芳爵、林幼君、李秀蘭。2023。飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長性狀、血液性狀與下痢發生率的影響。畜產研究 56(3)：190-198。

- Bloemhof, S., E. H. van der Waaij, J. W. M. Merks and E. F. Knol. 2008. Sow line differences in heat stress tolerance expressed in reproductive performance traits. *J. Anim. Sci.* 86: 3330-3337.
- Burrough, E. R., B. L. Arruda, and P. J. Plummer. 2017. Comparison of the luminal and mucosa-associated microbiota in the colon of pigs with and without swine dysentery. *Vet. Sci.* 4: 139. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00139>.
- Casewell, M., C. Friis, E. Marco, P. McMullin, and I. Phillips. 2003. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *J. Antimicrob. Chemother.* 52: 159-161.
- Florencia, C. F., J. M. G. dos Santos, F. Illas, and V. Aragon. 2019. Antimicrobial removal on piglets promotes health and higher bacterial diversity in the nasal microbiota. *Scientific reports* 9: 6545-6554. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43022-y>.
- Koketsu, Y., S. Tani, and R. Iida. 2017. Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porcine Health Management* 3: 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0049-7>.
- Laia, B., D. Sola-Oriol, P. Llonch, S. Lopez-Verge, S. M. Martín-Orue, and J. F. Perez. 2021. Management and feeding strategies in early life to increase piglet performance and welfare around weaning: A Review. *Animals* 11:302 (pp. 1-43). <https://doi.org/10.3390/ani11020302>.
- Mackie, R. I., A. Sghir, and H. R. Gaskins. 1999. Developmental microbial ecology of the neonatal gastrointestinal tract. *Am. J. Clin. Nutr.* 69(5):1035S-1045S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/69.5.1035s>.
- Nylund, L., R. Satokari, S. Salminen, and W. M. de Vos. 2014. Intestinal microbiota during early life-impact on health and disease. *Proc. Nutr. Soc.* 73(4): 457-469. <https://doi.org/10.1017/S0029665114000627>.
- Payot, T., Z. Chemaly, and M. Fick. 1999. Lactic acid production by *Bacillus coagulans*-kinetic studies and optimization of culture medium for batch and continuous fermentations. *Enzyme Microb. Technol.* 24: 191-199.
- Poulsen, A. S. R., N. Jonge, J. L. Nielsen, O. Hojberg, C. Lauridsen, S. M. Cutting, and N. Canibe. 2018. Impact of *Bacillus* spp. spores and gentamicin on the gastrointestinal microbiota of suckling and newly weaned piglets. *PLoS ONE*: 13(11): e0207382 (pp. 1-22). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207382>.
- Riazil, S., R. E. Wirawan, V. Badmaev, and M. L. Chikindas. 2009. Characterization of lactosporin, a novel antimicrobial protein produced by *Bacillus coagulans* ATCC 7050. *J. Applied Microbio.* 106: 1370-1377.
- Ripamonti, B. A. Agazzi, A. Baldi, C. Balzaretta, C. Bersani, S. Pirani, R. Rebucci, G. Savoini, S. Stella, and A. Stenico. 2009. Administration of *Bacillus coagulans*, in calves: Recovery from fecal samples and evaluation of functional aspects of spores. *Vet. Res. Commun.* 33: 991-1001.
- Ruiz, L. A. V., G. J. Bersano, A. F. Carvalho, M. H. B. Catroxo, D. P. Chiebao, F. Gregori, S. Miyashiro, A. F. C. Nassar, T. M. F. S. Oliveira, R. A. Ogata, E. P. Scarcelli, and P. O. Tonietti. 2016. Case-control study of pathogens involved in piglet diarrhea. *BMC. Res Notes*: 9(22): 1-7. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1751-2>.
- SAS. 2005. User's guide: Statistic, version 9.1 edition. SAS Inc., Cary, NC. USA.
- Sommer, F. and F. Bäckhed. 2013. The gut microbiota-masters of host development and physiology. *Nature reviews Microbio.* 11(4):227-238. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2974>.
- Thomson, J. R. and R. M. Friendship. 2019. Digestive system. In Zimmerman, J. J., LA R. A. Karriker, K. J. Schwartz, G. W. Stevenson and J. Zhang. *Diseases of swine*, 11th Edition Ames, Blackwell Publishing. pp 234-263.
- Voehringer, D. 2009. The role of basophils in helminth infection. *Trends in Parasitology* 25(12): 551-556. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2009.09.004>.
- Wu, T., Y. Zhang, Y. Lv, P. Li, D. Yi, L. Wang, D. Zhao, H. Chen, J. Gong, and Y. Hou. 2018. Beneficial impact and molecular mechanism of *Bacillus coagulans* on piglets' intestine. *Int. J. Mol. Sci.* 19(7): 2084. <https://doi.org/10.3390/ijms-19072084>.

The effect of orally administrated *Bacillus coagulans* fermentation broth on weight gain, incidence of diarrhea and fecal bacteria in suckling pigs ⁽¹⁾

Fang-Chueh Liu ⁽²⁾⁽³⁾ and Yu-Chun Lin ⁽²⁾

Received: Jan. 22, 2024; Accepted: Mar. 15, 2024

Abstract

The purpose of this experiment was to investigate the effects of orally *Bacillus coagulans* fermentation broth on weight gain, incidence of diarrhea, fecal bacteria and complete blood count of suckling pigs. The preparation of *Bacillus coagulans* fermentation broth used *Bacillus coagulans* strain inoculated into commercial MRS medium, which underwent fermentation and was separated by centrifugation process for the supernatant fluid. The supernatant went through rotary evaporation to reduce the volume as 1/10 (v/v), followed by adding food-grade dextrose syrup to adjust the antimicrobial activity at 1 IU/mL. The experiment was conducted on 24 heads of the second parity of Landrace gestation sows (110th day of pregnancy), which were divided into three groups: the control group (newborn piglets not given antibiotics and *Bacillus coagulans* fermentation broth), the antibiotic group (newborn piglets given only one administration of oral antibiotics with 1 mL/dose), and the orally administrated *Bacillus coagulans* group (newborn piglets given the fermentation broth with 1 mL/dose/day for 7 consecutive days). The experimental results showed that when suckling pigs were given the oral antibiotics and *Bacillus coagulans* fermentation broth at the 2nd and 3rd weeks of age, the incidence of diarrhea in suckling pigs were lower than that in the control group. In terms of fecal bacteria, orally administrated *Bacillus coagulans* fermentation broth at 7 days of age significantly reduced the fecal *E. coli* counts of piglets compared with the control group. In terms of the complete blood count and percentage of different white blood cells at the 28th day, only the percentage of alkaliphilic white blood cells in the oral antibiotic group was significantly higher than that in the control group and the orally administered *Bacillus coagulans* fermentation broth. In conclusion, the oral administration of *Bacillus coagulans* fermentation broth for suckling pigs has the effect of reducing the incidence of diarrhea and fecal *E. coli* counts, but the weight gain was not affected by those treatments.

Key words: *Bacillus coagulans*, Diarrhea, Fermentation broth, Suckling pig.

(1) Contribution No. 2783 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

溫濕度指數對紐西蘭公兔產精性能之影響⁽¹⁾

蔡佩均⁽²⁾⁽⁴⁾ 康定傑⁽³⁾

收件日期：112 年 7 月 10 日；接受日期：113 年 3 月 19 日

摘要

本研究旨在比較不同環境溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 對紐西蘭公兔產精性能之影響，以做為兔隻熱緊迫的指標。農業部畜產試驗所紐西蘭兔舍 THI 平均值在 11 月至 4 月的涼季為 20.3 ± 2.5 ，5 月至 10 月熱季 THI 平均值為 27.6 ± 3.6 ，分析後顯示當 THI 大於 27.8 時，兔隻有 37.6% 時段處於熱緊迫狀態；公兔涼季離乳體重為 $1,001.3 \pm 80.5$ g，顯著高於熱季離乳體重之 777.4 ± 109.0 g ($P < 0.05$)，且公兔於涼季時之駕乘行為頻度為 $100.0 \pm 0.0\%$ ，顯著高於熱季之 $85.7 \pm 7.6\%$ ($P < 0.05$)；檢視涼季及熱季時紐西蘭公兔精液性狀，結果顯示其精液體積與精子濃度、死活比率及前進參數值等無顯著差異，僅精子活動力在涼季時為 $69.3 \pm 10.5\%$ ，顯著優於熱季之 $46.5 \pm 13.6\%$ ($P < 0.05$)；比較睪丸組織切片結果顯示，環境持續高溫影響熱季公兔生精作用。綜上所述，環境持續高溫會降低公兔之性慾、睪丸生精作用與精子活動力，可能也是造成夏季公兔生殖力降低之原因。

關鍵詞：紐西蘭白兔、產精性能、溫濕度指數。

緒言

熱緊迫已成為全球普遍關注的問題，其為主要的環境緊迫之一，對於農場養兔業造成巨大的經濟損失。熱緊迫對家兔的健康造成多重損害，如器官損傷、氧化緊迫、內分泌調節紊亂、免疫功能抑制和生殖障礙等，最終導致生產性能下降和死亡率增加 (Liang *et al.*, 2022)。兔子非常容易受熱緊迫影響，因為牠們幾乎沒有功能性的汗腺，導致環境溫度太高時無法排出多餘體熱 (body heat) (Marai *et al.*, 2002)。在亞熱帶維持熱季公兔 (rabbit bucks) 精液品質特性至關重要，特別是熱緊迫會延長至超過 6 個月的情況下，不利於該期間兔之繁殖生產。公兔暴露於夏季熱緊迫下，即 THI 超過 27.8，將會減低其體內平衡及精液品質，導致生育力暫時低下 (Marai *et al.*, 2001; EI-Desoky *et al.*, 2017)，因為良好的精液品質對於哺乳動物達到足夠的生育力至關重要，持續高溫環境可能導致農場動物精液品質及受孕率降低。Marai *et al.* (2008) 比較冬季與夏季經過熱緊迫公兔配種後之仔兔出生情況，指出熱緊迫為環境中對公兔繁殖性能，如降低受孕率 (conception rate) 及出生窩仔數 (litter size) 之最大因素影響。且環境高溫刺激下視丘—腦下垂體—腎上腺軸活性 (hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity) 而喚醒交感神經系統 (sympathetic system) 功能、增加抗氧化防禦系統 (antioxidant-defense system) 中自由基 (free radical) 的量且導致系統失衡 (Agarwal *et al.*, 2008; Ahmad *et al.*, 2012)。自由基之累積與精子活動力 (motility) 及精子細胞完整性 (integrity) 高度相關，且嚴重影響精子正常比例及 DNA 損壞程度而造成不孕 (Potts *et al.*, 2000)。本研究旨在調查公兔涼季與熱季精液品質之差異，以解釋公兔在熱緊迫環境可能短暫不孕及公兔性慾減少導致繁殖力下降的現象。

材料與方法

I. 試驗動物之飼養管理

試驗用紐西蘭大白兔來自農業部畜產試驗所，飼養於半開放式兔舍，籠架長 90 cm，寬 45 cm，高 50 cm；採自然光照，無溫濕度調控，飲水由自動給水裝置供應，飼料由畜產試驗所飼料廠提供，成分如表 1 所示，飼

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2784 號。
(2) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。
(3) 農業部畜產試驗所南區分所。
(4) 通訊作者，E-mail: pctsai@mail.tlri.gov.tw。

料餵飼採任飼，公及母兔於 5 週齡離乳，為避免打鬥受傷，公兔於 3 月齡以上開始單獨飼養。本研究之動物試驗於農業部畜產試驗所進行，動物之使用、飼養及實驗內容皆符合農業部畜產試驗所實驗動物照護之規定，並經使用小組審查同意進行（動物實驗申請表暨同意書編號：107-1）。

表 1. 飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Ingredients	Percentage
Yellow Corn	18.05
Soybean meal, cp 44%	17.0
Wheat bran	12.0
Alfalfa meal	46.0
Soybean oil	2.0
Molasses	3.0
Dicalcium phosphate	1.0
Salt	0.5
DL- Methionine	0.15
Vitamin premix ¹	0.2
Mineral premix ²	0.1
Total	100.00
Analyzed value	
Moisture,%	11.7
GE, kcal/kg	3,965.00
ADF,%	14.8
NDF,%	23.8
Crude protein,%	18.9
Crude fiber,%	11.6
Ether extract,%	4.2
Calcium,%	1.2

¹ Mineral premix composition (g/kg): Fe, 80; Cu, 15; Mn, 80; Zn, 50; I, 0.85; Co, 0.25.

² Vitamin premix provided per kilogram of diet as follows: Vitamin A, 12,000 IU; Vitamin D₃, 3,125 IU; Vitamin E, 37.5 IU; Vitamin K₃, 1.5 g; Vitamin B₁, 1 g; Vitamin B₂, 4.8 g; Vitamin B₆, 3 g; Vitamin B₁₂, 0.01 g; Niacin, 25 g; Pantothenic acid, 10 g; Folic acid, 0.5 g; Biotin, 0.2 g.

II. 環境溫濕度指數紀錄

畜舍內吊掛自動溫濕度紀錄器 (Microlog EC650, Fourtec, USA) 以每兩小時一次的頻率測定畜舍內溫濕度，測定期間涼季為 11 至 4 月、熱季為 5 至 10 月，測得之數據再依 Marai *et al.* (2001) 公式換算成 THI，用於評估環境溫度與濕度對兔隻造成之熱緊迫程度。THI 計算公式為：THI = db°C – [(0.31 – 0.31 RH) (db°C – 14.4)]。

公式中：db 表示乾球攝氏溫度，RH 表相對濕度百分率。Marai *et al.* (2001) 指出 THI 小於 27.8 表示無緊迫狀態，27.8 – 28.9 表示輕微熱緊迫，28.9 – 30.0 表示嚴重熱緊迫狀態，大於 30.0 表示非常嚴重熱緊迫狀態。

III. 精液採集

在臺灣熱帶地區半開放式的養兔環境下，本試驗分別在 107 – 108 年不同月份採精，再將精液測定資料分為涼季（11 月至 4 月）及熱季（5 月至 10 月）兩組，每週採樣 1 – 2 次。採精時，選定 9 隻 7 個月齡以上性成熟之紐西蘭白公兔，及 6 月齡以上外陰部紅腫的紐西蘭白母兔，利用圓筒形矽膠做成之假陰道，並套上 1.7 mL 離心管以收集精液（圖 1），使用前先預熱至 50°C，待公兔駕乘母兔時套在公兔陰莖進行精液收集。採集的兔精液顏色，正常者為白色至米白色，若呈黃色為尿液污染，呈紅棕色則為血液污染，污染者不進行後續分析。

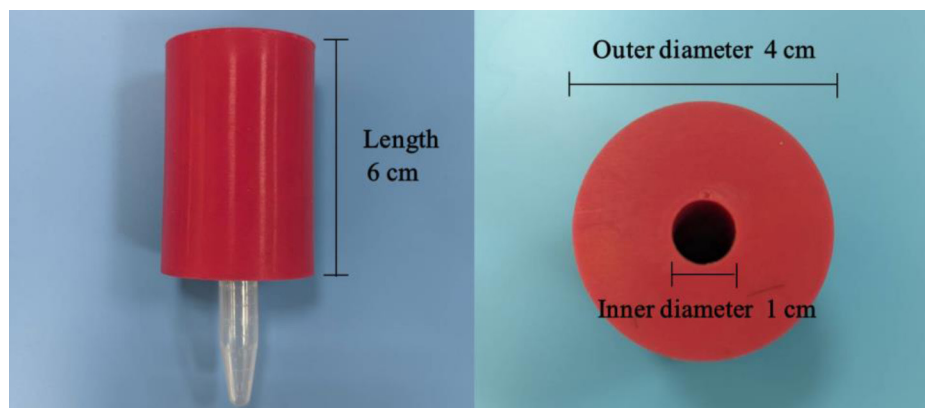


圖 1. 採集兔精液之假陰道，一端接 1.7 mL 微量離心管。

Fig. 1. Artificial vagina for rabbit semen collection. One end connects 1.7 mL microcentrifuge tube.

IV. 離乳體重

兔隻於出生經識別公母後於耳朵刺青標示識別號碼，並且個別秤重，於五週齡離乳比較涼熱季公兔離乳體重差異。

V. 駕乘行為

公兔交配行為又叫做駕乘 (mounting behavior)，為兩隻兔子間的行為，一隻兔子從側邊或後面接近另一隻兔子，然後環抱對方的背部或頭頸部，可能做出骨盆推力動作 (pelvic thrusting motion)，在 10 分鐘內公兔無任何爬跨母兔的行為，即視為無駕乘。每次採精時公兔之駕乘行為頻度將其數據化，有駕乘者計為 1 (100%)，沒駕乘者計為 0 (0%)。

VI. 精子性狀分析

兔精子性狀分析係參考 Rosato and Iaffaldano (2013) 之步驟進行，將新鮮或解凍後的兔精液使用電腦輔助精子分析儀 (Computer Assisted Sperm Analyzer, CASA, Microptic S. L., Spain) 之精子分類分析器 (Sperm Class Analyzer®, SCA evolution, Microptic S. L., Spain) 檢測分析精子活動力及前進值，亦即將精液原液以 TCG 基礎液 (250 mM TRIS-hydroxymethylaminomethane, 88 mM citric acid, 47 mM glucose, pH 6.9) 稀釋成 106 sperm/mL，再於 37°C 加熱活化 7 min 後取 3 μ L 注入分析玻片 (standard count 4 chamber slide, Leja, 301115, Netherland)，於顯微鏡 (ECLIPSE Ci, Nikon, Japan) 下對焦後，在 CASA 系統中選取 mot (即活動力) 測定，讓 CASA 系統同時換算出精子濃度並分析活動力及前進值。而精子存活率測定則是將精子以 1 μ g/mL 之 Hoechst 33342 (Sigma-Aldrich, B2261, USA) (藍色螢光 EX/EM = 355/465 nm) 及 0.2 mM 之 propidium iodide (Life, L7011, USA) (紅色螢光 EX/EM = 488/615 nm) 在 37°C 下染色 5 min；精子呈現藍色為存活，橘紅色則為死亡，染色後精子則在螢光顯微鏡下利用濾鏡 Green filter/ Bandpass filter (UV-2A, EX 330-338, DM:400, BA:420) 以 CASA 進行分析，計算出存活率百分比。

VI. 睪丸組織切片分析

在涼季 (2 月) 及熱季 (8 月) 時，取出生滿一年外觀健康之種公兔各 4 隻將其犧牲，取下睪丸及附睪，於磷酸鹽緩衝生理食鹽水 (phosphate buffered saline) 中浸潤多次，以去除所有血液，再於 4% paraformaldehyde 中固定 1 個星期，送至拓生科技公司進行石蠟包埋、切片、蘇木精及伊紅染色，在於高倍率顯微鏡下拍照記錄睪丸及附睪體內精子生成狀況。

VII. 統計分析

試驗結果以 SAS (2009) 套裝軟體 (SAS 9.3) 進行統計分析，使用一般線性模式程序 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，再以最小平方平均法 (least square means, LSM) 比較差異性，並以 $P < 0.05$ 為具顯著差異。

結果與討論

I. 涼熱季畜舍溫度、相對濕度、溫濕度指數 (THI) 變化與離乳體重與駕乘率比較

試驗兔舍涼季溫度、相對濕度及 THI 之平均值如表 2，涼季之平均溫度為 $21.2 \pm 6.7^\circ\text{C}$ ($13.3 - 29.0^\circ\text{C}$)，濕

度為 $74.3 \pm 4.9\%$ ($46.2 - 94.0\%$)，平均 THI 為 20.3 ± 2.5 ($13.6 - 28.2$)；熱季之平均溫度為 $29.5 \pm 5.3^\circ\text{C}$ ($20.5 - 36.2^\circ\text{C}$)，濕度為 $81.9 \pm 7.2\%$ ($42.2 - 100.0\%$)，平均 THI 為 27.6 ± 3.6 ($20.5 - 33.6$)。

表 2. 涼季及熱季兔舍內溫度、相對濕度及 THI 之平均值 (平均值 $\pm$ 標準偏差)

Table 2. Average temperature, relative humidity and THI in rabbit house during cool season and hot season (mean $\pm$ SD)

Items	Cool season (Nov.-Apr.)	Hot season (May-Oct.)
Average temperature ($^\circ\text{C}$)	21.2 ± 6.7	29.5 ± 5.3
Average relative humidity (%)	74.3 ± 4.9	81.9 ± 7.2
Average THI*	20.3 ± 2.5^a	27.6 ± 3.6^b

* THI = $\text{db}^\circ\text{C} - [(0.31 - 0.31 \text{ RH}) (\text{db}^\circ\text{C} - 14.4)]$, db°C = dry bulb temperature in Celsius and RH = relative humidity percentage/100.

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

試驗期間畜舍涼季及熱季之平均溫度、相對濕度及 THI 之變化如圖 2 所示，不論涼季或熱季畜舍內溫度均於上午 8 點逐漸升高，且都在 14 點左右達最高溫，而相對濕度走勢與溫度相反，大約於 12 - 14 點達最低點，清晨 6 點時最高，可知 THI 數值主要隨溫度上升而增加，而在相同溫度時，較低的相對濕度具較低的 THI，即降低濕度可降低熱緊迫。

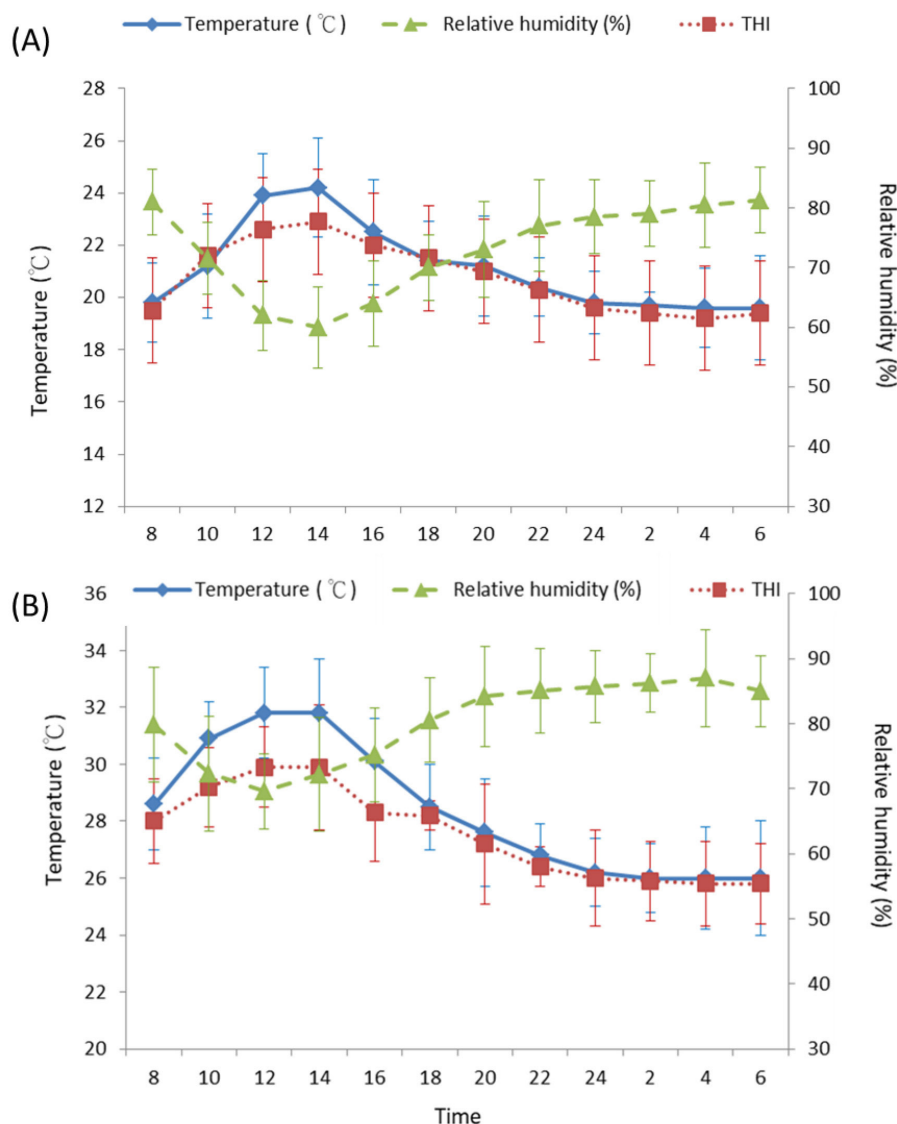


圖 2. 涼季 (A) 與熱季 (B) 兔舍的溫度、相對濕度及 THI 變化。

Fig. 2. The changes of temperature, relative humidity and THI in the rabbit house during cool season (A) and hot season (B).

表 3 將 Marai *et al.* (2001) 歸納 THI 數值對於兔之熱緊迫定義，用於本試驗中涼季及熱季畜舍 THI 進行分析，得知兔隻熱緊迫情形，顯示涼季時有 0.4% 時段兔隻處於輕微熱緊迫，而 99.6% 時段的兔隻都沒有熱緊迫的現象；反觀熱季時 15.6% 時段之兔隻處於非常嚴重熱緊迫、10.8% 時段之兔隻處於嚴重熱緊迫、11.2% 時段之兔隻處於輕微熱緊迫現象，而 62.4% 時段之兔隻沒有熱緊迫現象，與涼季差距甚大，即熱季時有 37.6% 時段之兔隻處於熱緊迫中。

表 3. 涼季及熱季兔舍 THI 分布與熱緊迫定義範圍

Table 3. THI distribution and definition range of heat stress in rabbit house during cool and hot season

Definition range of heat stress	THI distribution	
	Cool season (Nov.-Apr.)	Hot season (May-Oct.)
Very severe heat stress (THI* > 30.0)	0%	15.6%
Severe heat stress (28.9 < THI < 30.0)	0%	10.8%
Moderate heat stress (27.8 < THI < 28.9)	0.4%	11.2%
Absence of heat stress (THI < 27.8)	99.6%	62.4%

* THI = $db^{\circ}C - [(0.31 - 0.31 RH) (db^{\circ}C - 14.4)]$, $db^{\circ}C$ = dry bulb temperature in Celsius and RH = relative humidity percentage/100.

比對季節對公兔個體離乳體重及駕乘率之影響，結果 (表 4) 顯示涼季離乳體重 $1,001.3 \pm 80.5$ g 顯著高於熱季離乳體重 777.4 ± 109.0 g ($P < 0.05$)，此結果與 McNitt and Lukefahr (1993) 及 Roberts and Lukefahr (1992) 研究相符，皆顯示不同季節出生的小兔生長速率不同，在熱季出生及離乳者體重較低，而涼季出生及離乳者體重較高 (Shehata *et al.*, 1998)。且 Chiericato *et al.* (1996) 指出，夏季高溫時導致兔平均日增重減少 18%，兔平均日增重 (average daily body gain) 在熱季比涼季低 (Habeeb *et al.*, 1993)。

表 4. 比較涼季及熱季之公兔離乳體重及駕乘率 (平均值 $\pm$ 標準偏差)

Table 4. Comparison of weaning weight and mounting behavior of male rabbits during cool and hot season (mean $\pm$ SD)

Items	Cool season (Nov.-Apr.)	Hot season (May-Oct.)
No. of trials	39	77
Weaning weight (g)	$1,001.3 \pm 80.5^a$	777.4 ± 109.0^b
Mounting behavior (%)	100.0 ± 0.0^a	85.6 ± 7.6^b

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

另外，採精時公兔駕乘行為 (性慾評估) 統計，分別於涼季及熱季時統計公兔駕乘行為，在本研究中 10 分鐘內公兔無駕乘成功或無駕乘動作者，駕乘率紀錄為 0。統計結果，顯示涼季時駕乘率 $100.0 \pm 0.0\%$ 顯著優於熱季之駕乘率 $85.6 \pm 7.6\%$ ($P < 0.05$) 如表 4 所示。

文獻指出，公兔在高溫下可能會有暫時不孕的現象 (El-Gaafary, 1994; Daader *et al.*, 1997; Zeidan *et al.*, 1997)，因公兔繁殖力在 7 月到 9 月間因性慾降低而減少 (Nalbandov, 1970)。

前人研究公兔性慾 (sexual desire) 評估方法，自母兔放到公兔籠至公兔開始駕乘及射精的時間，以秒為單位計算反應時間，研究指出性慾會依周遭環境溫度上升而降低 (El-Gaafary, 1994; Daader and Seleem, 1999)。Tharwat *et al.* (1994) 發現暴露於氣溫攝氏 40 度和相對溼度 60 – 65% 的公兔，性慾延遲了 11.9 – 18.5 秒，最多延遲 40 分鐘。

II. 涼熱季精液性狀比較

9 隻公兔在不同月份採精後分析精子性狀，再將資料依月份分成涼熱季，分別比較每次採精精液體積、濃度、精子活動力、精子存活率、精子前進值如表 5，結果顯示，除了精子活動力於涼季 $69.3 \pm 10.5\%$ ，顯著高於熱季 $46.5 \pm 13.6\%$ 外 ($P < 0.05$)，其餘體積、濃度、存活率、前進值在統計上差異並不顯著。文獻指出精子濃度及射出精液體積範圍分別為 $150 - 500 \times 10^6$ sperm/mL 及 0.3 – 0.6 mL 的平均範圍 (Adams and Singh, 1981; Lebas *et al.*, 1997)，影響因子如飼糧、採精頻率、年齡、射精次數及氣溫。而精子活動力測定結果與 Marai *et al.* (1996) 及 Daader *et al.* (1997) 結果相符，都是涼季較佳，精子活動力對於精子在生殖道中的移動 (transportation)

及穿透性 (penetration) 至關重要 (Holt and Van Look, 2004)，這也解釋了熱季懷孕受胎率較低之原因。

表 5. 比較涼季及熱季精液品質 (平均值 $\pm$ 標準偏差)

Table 5. Compared the semen quality of male rabbits during cool and hot season (mean $\pm$ SD).

Items	Cool season (Nov.-Apr.)	Hot season (May-Oct.)
No. of trials	39	77
Semen volume (mL)	1.1 $\pm$ 0.2	0.8 $\pm$ 0.2
Semen conc. (10^6 sperm / mL)	882.3 $\pm$ 342.4	914.0 $\pm$ 144.1
Motility (%)	69.3 $\pm$ 10.5 ^a	46.5 $\pm$ 13.6 ^b
Vitality (%)	67.4 $\pm$ 11.1	62.6 $\pm$ 8.0
Progressive motility (%)	33.4 $\pm$ 9.4	24.4 $\pm$ 11.5

a, b Means within the same row without the same superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

III. 涼熱季睪丸組織切片分析比較

涼熱季公兔睪丸組織切片分析結果比較如圖 3，結果顯示，涼季時公兔睪丸之生精細管充滿精原細胞、發育中的精母細胞與精子 (圖 3A)，顯示生精作用正常；而熱季時之公兔生精細管中所有精母細胞、精細胞與精子數驟減而呈現空洞化現象 (圖 3B)。另一方面，涼季公兔附睪中充滿精子 (圖 3C)，為繁殖力旺盛的象徵，反之熱季公兔中附睪中只有零星的精子 (圖 3D)，與涼季附睪切片觀察中充滿精子之結果形成相當大的對比。試驗結果與 Marai *et al.* (2002) 指出熱緊迫會造成兔睪丸內精子生成減少一致，也是導致熱季時公兔短暫不孕的原因。

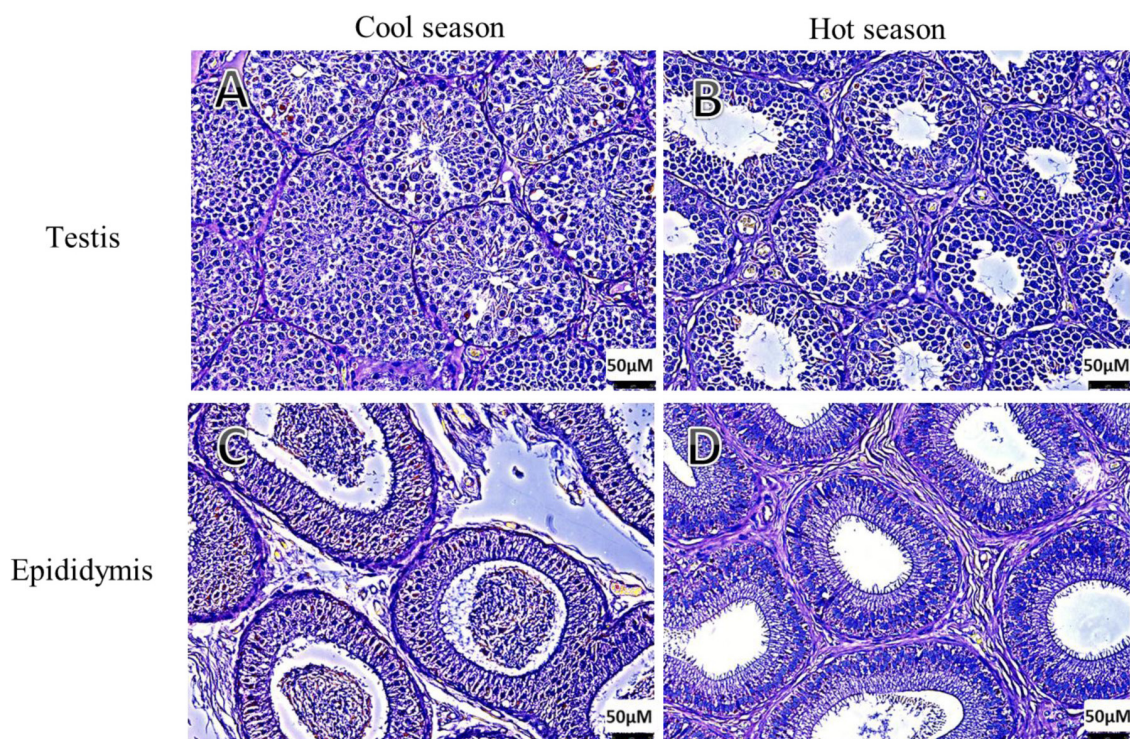


圖 3. 涼季與熱季之一歲齡之公成兔睪丸生精細管及附睪切片組織化學染色切片結果。

A：涼季的公兔生精細管中有各種不同發育階段的精母細胞、精細胞與精子；B：熱季公兔生精細管發育中的精母細胞、精細胞與精子數驟減，造成空洞化；C：涼季的公兔附睪內充滿精子；D：熱季公兔附睪稀少的精子數量形成對比。(Bar = 50 μ M)

Fig. 3. Immunohistochemistry staining of 1 year-aged rabbit testis and epididymis in cool and hot season. There are different developing stage of spermatocytes, spermatids and spermatozoa within the lumina of seminiferous tubules of cool season male testis (A), but are decrease in the seminiferous tubules of hot season male testis (B). Epididymis of cool season buck showing presence of large numbers of sperm (C) which constructs with lack of sperm in epididymis of hot season buck (D). (Bar = 50 μ M).

結 論

本研究結果顯示，半開放飼養兔隻在熱季時因熱緊迫會顯著影響公兔離乳體重及駕乘頻度，在精液性狀方面嚴重降低精子活動力，且由熱季公兔睪丸及附睪組織切片與涼季比較結果得知，持續高溫環境會減少精子生成作用。

誌 謝

試驗期間承蒙行政院農業委員會【107 農科 -2.7.3- 畜 L1(1)】經費補助、遺傳生理組陳念琪小姐、林明村先生及許義明先生協助試驗動物照顧及試驗資料整理，特此誌謝。

參考文獻

- Adams, C. E. and M. M. Singh. 1981. Semen characteristics and fertility of rabbits subjected to exhaustive use. *Lab. Anim.* 15: 157-161.
- Agarwal, A., K. Makker, and R. Sharma. 2008. Clinical relevance of oxidative stress in male factor infertility: an update. *Am. J. Reprod. Immunol.* 59(1): 2-11.
- Ahmad, A., N. Rasheed, P. Gupta, S. Singh, K. B. Siripurapu, G. M. Ashraf, R. Kumar, K. Chand, R. Maurya, N. Banu, M. Al-Sheeha, and G. Palit. 2012. Novel Ocimumoside A and B as anti-stress agents: modulation of brain monoamines and antioxidant systems in chronic unpredictable stress model in rats. *Phytomedicine* 19(7): 639-647.
- Chiericato, G. M., C. Rizzi, and V. Rosteliato. 1996. Effect of genotype and environmental conditions on the productive and slaughtering performance of growing meat rabbits. In: *Proceedings of 6th World Rabbit Congress*. Toulouse, 3, pp. 147-151.
- Daader, A. H., H. A. Gabr, L. B. Bahgat, A. E. B. Zeidan, and T. S. T. Seleem, 1997. Effect of intramuscular injection of gonadotropin releasing hormone on semen characteristics of buck rabbits, under different seasons of the year. In: *Proceedings of International Conference of Animal Production and Health*, Dokki, Egypt, pp. 587-592.
- El-Desoky, N. I., N. M. Hashen, A. Elkomy, and Z. R. Abo-Elezz. 2017. Physiological response and semen quality of rabbit bucks supplemented with Moringa leaves ethanolic extract during summer season. *Animal* 11(9): 1549-1557.
- El-Gaafary, M. N. 1994. The effects of gonadotropin releasing hormone on reproduction of low fertile male rabbits. *Opt. Med.* 8: 313-320.
- Habeeb, A. A., A. I. Aboul-Naga, and H. M. Yousef. 1993. Influence of exposure to high temperature on daily gain, feed efficiency and blood components of growing male Californian rabbits. *Egyptian J. Rabbit Sci.* 3: 73-80.
- Holt, W. V. and K. J. W. Van Look. 2004. Concepts in sperm heterogeneity, sperm selection and sperm competition as biological foundations for laboratory tests of semen quality. *Reproduction* 127: 527-535.
- Lebas, F., P. Coudert, H. Rochambeau, R. G. Thébaud, and R. Rouvier. 1997. *Reproduction in: The rabbit: husbandry, health and production*, new revised version, FAO, Roma, Chap. 3: 45-55.
- Liang, Z. L., F. Chen, S. Park, B. Balasubramanian, and W. C. Liu. 2022. Impacts of heat stress on rabbit immune function, endocrine, blood biochemical changes, antioxidant capacity and production performance, and the potential mitigation strategies of nutritional intervention. *Front. Vet. Sci.* 9: 906084.
- Marai, I. F. M., A. A. M. Habeeb, and A. E. Gad. 2008. Performance of New Zealand White and Californian male weaned rabbits in the subtropical environment of Egypt. *Anim. Sci. J.* 79(4): 472-480.
- Marai, I. F. M., A. A. M. Habeeb, and A. E. Gad. 2002. Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress : a review. *Livest. Prod. Sci.* 78: 71-90.
- Marai, I. F. M., M. S. Ayyat, H. A. Gabr, and U. M. Abd El-Monem. 1996. Effect of summer heat stress and its amelioration on production performance of New Zealand White adult female and male rabbits, under Egyptian conditions. In: *Proceedings of 6th World Rabbits Congress*, Toulouse, France, 2, pp. 197-208.
- Marai, I. F. M., M. S. Ayyat, and U. M. Abd El-Monem. 2001. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *J. Trop.*

Animal Health Prod. 33: 1-12.

- McNitt, J. I. and S. D. Lukefahr. 1993. Breed and environment effects on postweaning growth of rabbits. *J. Anim. Sci.* 71: 1996-2005.
- Nalbandov, A. V. 1970. Reproductive Physiology. 2nd Edition D. B. Taraporevala, Bombay.
- Potts, R. J., L. J. Notarianni, and T. M. Jefferies. 2000. Seminal plasma reduces exogenous oxidative damage to human sperm, determined by the measurement of DNA strand breaks and lipid peroxidation. *Mutat Res.* 447(2): 249-256.
- Rosato, M. P. and N. Iaffaldano. 2013. Cryopreservation of rabbit semen: comparing the effects of different cryoprotectants, cryoprotectant-free vitrification, and the use of albumin plus osmoprotectants on sperm survival and fertility after standard vapor freezing and vitrification. *Theriogenology* 79: 508-516.
- Roberts, J. D. and S. D. Lukefahr. 1992. Evaluation of California, Champagne D'Argent, New Zealand White and Palomino as potential sire breeds: 1. post weaning litter traits. *J. Appl. Rabbits Res.* 15: 274-286.
- Shehata, A. S., M. A. Sarhan, and K. M. Gendy. 1998. Digestibility, thyroid function and growth performance of New Zealand White rabbits as affected by season of the year and age. *Egyptian J. Rabbit Sci.* 8 (2):141-156..
- SAS. 2009. SAS User's guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Tharwat, E. E., A. F. Khadr, S. O. Amin, M. Y. Miukawy, and E. A. Kotby. 1994. Effect of hot environment on the reproductive performance of New Zealand White rabbit. *Opt. Med.* 8: 13-618.
- Zeidan, A. E. B., I. F. M. Marai, and Z. A. Abd El-Kariem. 1997. Effects of intratesticular injection of gonadotropin-releasing hormone on reproductive performance of low fertile male rabbits under Egyptian summer conditions. In: *Proceedings of 1st International Conference on Animal Production and Health, Dokki, Egypt.* pp. 557-566.

The effect of temperature-humidity index on semen production of male New Zealand rabbits ⁽¹⁾

Pei-Chun Tsai ^{(2) (4)} and Ting-Chieh Kang ⁽³⁾

Received: Jul. 10, 2023; Accepted: Mar. 19, 2024

Abstract

The purpose of this study was to compare the effects of temperature-humidity index (THI) on the semen production of New Zealand rabbits, as an indicator of heat stress in rabbits. The average THI of rabbit houses in Taiwan Livestock Research Institute during the cool season from November to April was 20.3 ± 2.5 , and the average THI in the hot season from May to October was 27.6 ± 3.6 . Analysis shows that when THI was higher than 27.8, rabbits suffered heat stress during 37.6% of the time. The weaning weight of male rabbits in cool season was $1,001.3 \pm 80.5$ g, which was significantly higher than that of 777.4 ± 109.0 g in hot season ($P < 0.05$). Moreover, the frequency of mating behavior in male rabbits in cool season was $100.0 \pm 0.0\%$, which was significantly higher than the $85.7 \pm 7.6\%$ in the hot season ($P < 0.05$). The examination results of the semen traits of New Zealand male rabbits in the cool season and hot season showed that there was no significant difference in the parameters of semen volume, sperm concentration, vitality/mortality rate, and progressive motility, but the sperm motility during the cool season was $69.3 \pm 10.5\%$, which was significantly better than that in the hot season ($46.5 \pm 13.6\%$) ($P < 0.05$). The comparison of testicular tissue sections showed that continuous high temperature in the environment affected spermatogenesis in male rabbits. In summary, continuous high temperature decreases sexual desire, testis spermatogenesis and sperm motility in male rabbits, which could also be the reason for the decrease in male rabbit fertility in the summer.

Key words: New Zealand White rabbit, Semen production, Temperature-Humidity Index (THI).

(1) Contribution No. 2784 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) South Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: pctsai@mail.tlri.gov.tw.

性別對商用紅羽土雞肉質性狀之影響⁽¹⁾

林正鏞⁽²⁾ 李秀蘭⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

收件日期：112 年 8 月 9 日；接受日期：113 年 3 月 20 日

摘 要

本研究旨在比較商用紅羽公、母土雞之肉質性狀之差異。選用 288 隻健康且體重相近之出生雛雞，依性別進行分組，每處理 8 重複，每重複 18 隻，試驗為期 13 週。試驗期間提供相同之育雛期 (0 – 4 週齡)、生長期 (5 – 8 週齡) 及肥育期 (9 – 13 週齡) 飼糧與水，供雞隻自由食用。雞隻於 13 週齡經秤活體重後，公、母各屠宰 16 隻，收集雞隻肉質性狀。試驗結果顯示，公雞之屠體重、屠宰率、頭頸、腿部及腳部比例顯著較母雞為高 ($P < 0.05$)，而胸部、背部及翅膀比例顯著較母雞為低 ($P < 0.05$)。而器官方面，母雞之腹脂、砂囊及腸道比例顯著較公雞為高 ($P < 0.05$)。而心臟、肝臟及脾臟比例於性別間，並無顯著差異。公雞胸部皮膚之 L 值及 a 值顯著較母雞高 ($P < 0.05$)，但胸部皮膚之 b 值於性別並無顯著差異。母雞胸肉之脂肪含量顯著較公雞為高 ($P < 0.05$)，但胸肉之水分及蛋白質含量於性別間，並無顯著差異。第二天之滴水失重，母雞胸肉之滴水失重顯著較公雞為高 ($P < 0.05$)，但肌肉蒸煮失重、硬度與韌度及感官品評於兩者間並無顯著差異。綜上結果顯示，雞隻性別顯著影響屠體重、屠宰率與分切部位比例，而對肌肉硬度與韌度及感官品評之影響則不顯著。

關鍵詞：屠體性狀、土雞、性別。

緒 言

肉類是最有營養的食物之一，世界上大多數人民認為肉類是生長和發育的基本元素。在所有動物來源之食物中，雞肉是最受普遍接受的產品，主要是因為禽肉產品不受任何文化影響或宗教限制。另一個方面，雞肉含低脂質和高濃度多不飽和脂肪酸 (Babić *et al.*, 2014)。此外，雞肉被公認富含必需胺基酸的優質廉價蛋白質來源 (如羥丁胺酸、離胺酸、甲硫胺酸、半胱胺酸和色胺酸)，其中包括重要的礦物質和維生素 (Gomez *et al.*, 2020)。研究指出，雞肉品質除了受遺傳影響外 (Nguyen *et al.*, 2020)。飼養因素包括飼養、繁殖和管理 (屠宰前、電昏、屠宰和屠宰後程序、冷藏和儲存條件) 亦會影響雞隻屠體及肉質特性 (Babić *et al.*, 2014; Puspita *et al.*, 2021)。

對於雞隻屠體和肉質，一般常以雞隻屠體重、pH 值和保水性 (WHC) (Nollet and Toldrá, 2008) 來決定。隨著科技進步，為深入了解屠體性，會針對質地與風味相關的核苷酸含量、化學及物理性狀及肌肉顏色等，更加了解雞肉質量特性及其在雞肉生產中的適用性 (Bennato *et al.*, 2020; Warner *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2020; Sanden *et al.*, 2021; Schreuders *et al.*, 2021)。性別是決定雞肉的物理性狀及雞隻生長和屠體性狀的重要因素 (Cygan- Szczegielniak *et al.*, 2019)。此外，雞隻性別會直接影響雞屠體性狀和肉質參數 (Cömert *et al.*, 2016; Cygan- Szczegielniak *et al.*, 2019; Goo *et al.*, 2019)，通常公肉雞具有較重的活體重及日增重，而這會影響屠體性狀及肌肉品質之相關性狀 (Maiorano *et al.*, 2012; Cygan- Szczegielniak *et al.*, 2019)。

依據行政院農業委員會 2023 年第三季畜禽統計調查結果顯示臺灣肉雞在養數為 49,510,429 隻 (含白肉雞為 25,950,027 隻、紅羽土雞為 14,482,422 隻及黑羽土雞為 9,077,980 隻)，紅羽土雞在養數，占臺灣肉雞在養數近 28.27%，在養數僅次於白肉雞。臺灣土雞一直深受消費者喜愛，尤其是烹調後之肉質甜美及具特殊風味，非常符合國人對美食之要求。為了迎合消費者喜好及降低飼養成本，土雞選種不斷的改良，而商用紅羽土雞在選拔早熟性與生長速度的情形下，是否會造成雞隻肉質性狀改變。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2785 號。

(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。

(3) 農業部畜產試驗所技術服務組。

(4) 國立屏東科技大學生物資源研究所。

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

國內重要的紅羽土雞為了追求肉品質，飼養至接近性成熟，公母體型差異大，然而相關研究不多(李等，1997)。而最近二十多年來商用紅羽土雞改變極大，除了雞冠和體型變大，公母土雞在兩性異形(sexual dimorphism)上的差別，值得深入研究。本研究旨在比較性別對商用紅羽土雞肉質性狀之影響，擬蒐集商用紅羽土雞其屠宰後之器官與部位比例、肌肉組成與物理性質及感官品評，俾做為日後遺傳育種、營養、飼養管理及加工產品等未來研究及實際應用之參考。

材料與方法

本試驗於農業部畜產試驗所南區分所屏東場區場雞舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容，經畜產試驗所實驗動物管理小組以畜試動字第 101007 號申請核准在案。

I. 試驗動物處理

本試驗採用商用紅羽土雞(臺禽生物科技股份有限公司，臺禽紅色(E))，雛雞於孵化後經公、母鑑別選取健康且活力良好及體重相近之雛雞 288 隻，依性別分為公土雞及母土雞組，每組 8 欄，每欄 18 隻(409 × 192 cm，2.3 隻/m²)。試驗期間採自然光照及平地(面)飼，飼糧與水供雞隻任食，雞隻各飼養期及飼料成分分別為育雛期(0—4 週齡，粗蛋白 22.12%，代謝能 3,136 kcal/kg)、生長期(5—8 週齡，粗蛋白 19.7%，代謝能 3,133 kcal/kg)及肥育期(9—13 週齡，粗蛋白 17.61%，代謝能 3,133 kcal/kg)，飼糧組成及營養分析值如表 1。試驗期間於第 4 週齡、8 週齡及 13 週齡秤重一次，並記錄雞隻採食量及計算飼料轉換率。

II. 屠體部位及器官比例

本試驗逢機選取 13 週齡之商用紅羽土雞公、母各 16 隻，屠宰前雞隻經禁食 12 小時後，進行個別雞隻秤重。於合格電宰廠(結風食品有限公司)進行雞隻屠宰及振聲農業科技股份有限公司進行屠體性狀調查，屠宰雞隻經電昏、放血、脫毛、取下腹脂及取出內臟後，屠體分切依 Koch and Possa (1973)，雞隻屠體分切為頭頸、腳、胸、背、翅與腿六部分，分切後分別測定其重量，並計算此六部分佔屠體重量百分比及內臟(肝臟、心臟、脾臟等)比例測定。

III. 分析項目

(i) 皮膚與肌肉色澤值測定

依 Lyon *et al.* (1980) 之方法，以色差計(Dr. Lange MC reflectance colorimeter, Germany)測定皮膚與肌肉之色澤，以 CIE L, a, b 值代表肌肉之色度，L 值(表明亮度，範圍介於 0—100，0 表示全黑，100 表示全白)、a 值(正值代表紅色度、負值代表綠色度)及 b 值(正值代表黃色度、負值代表藍色度)。胸(breast)部測定左右兩側上下各二個點，各點之平均值即為該部位之色澤值。

(ii) 一般成分分析

將去皮、去骨及去除脂肪之左側胸肉，置於 -20℃ 下冷凍。測定時將肌肉樣品置於 4℃ 冰箱解凍 24 小時，將胸肉絞碎後，取樣測定之。水分之測定使用空氣乾燥法，脂肪之測定使用 Soxhlet 脂肪萃取器以乙醚萃取之，蛋白質測定使用凱式氮法(Kjeldahl)測定氮百分率，氮百分率轉換至蛋白質百分率以 6.25 為轉換係數，測定方法同飼料之一般成分分析(1986)，參照 AOAC (2000) 之分析方法進行之。

(iii) 肌肉解凍失重(thaw loss)測定

依 Honikel (1998) 之方法測定，取 5 g 之雞里肌 2 塊分置於夾鏈袋中分別冷凍 2 天及 14 天後，個別取出置於 4℃ 解凍 12 小時後，將表面的水分擦乾後秤重，二者間之差即為解凍失重。

(iv) 蒸煮失重(cooking loss)測定

依 Florene *et al.* (1994) 之方法修飾之。將右側胸肉秤重後置入夾鏈帶內，並以錫箔紙包裹後，浸於 80℃ 水浴池中 25 分鐘，再放在流水中冷卻 15 分鐘，將表面的水分擦乾後秤重，二者間之差即為蒸煮失重。

(v) 肌肉韌度(toughness)及硬度(firmness)之測定

參考 Lyon and Lyon (1996) 之方法，於肌肉解凍後，將肌肉置於耐高溫密封袋中，浸於 80℃ 水浴槽中 25 分鐘，再放在流水中冷卻 15 分鐘後，將肉順著肌纖維之方向(與肌纖維方向平行)切成 2 × 1 × 1 cm³(長 × 寬 × 高)之長方體肉塊，肉塊以保鮮膜包裹直至測定為止。以肌肉物性測定儀(Texture Analyser)(TA.XT-Plus, Stable Micro Systems, UK)進行肌肉硬度及韌度測定。韌度為表達樣品壓縮、折曲、扭曲與拉伸等之綜合性質，意即肌肉之韌度越大則表示其抵抗壓縮、折曲、扭曲與拉伸等不同型式之外力能力越強。硬度為表達使樣品破裂所需之力量。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of the experimental diets

Items	Starter 0 — 4 weeks old	Grower 5 — 8 weeks old	Finisher 9 — 13 weeks old
Ingredients, %			
Yellow corn	55.75	59.72	64.26
Soybean meal (43.5%)	2.00	14.50	14.00
Soybean meal without hull	22.20	—	—
Full soybean meal	—	—	15.70
Full soybean meal without hull	12.50	22.50	—
Fish meal (65%)	2.50	—	—
Wheat meal	—	—	2.80
L-Lysine.HCl	0.03	—	0.01
DL-Methionine	0.13	0.08	0.04
Salt	0.40	0.40	0.40
Soybean oil	1.68	—	—
Limestone pulverized	1.33	1.45	1.37
Dicalcium phosphate	1.23	1.10	1.22
Choline-50%	0.05	0.05	—
Premix	0.20	0.20	0.20
Calculate value, %			
Crude protein	22.12	19.70	17.61
ME, kcal/kg	3,136.00	3,133.00	3,133.00
Crude fat	6.25	6.24	5.57
Crude fiber	2.69	3.27	3.23
Calcium	0.99	0.93	0.86
Total phosphorus	0.68	0.61	0.58
Available phosphorus	0.46	0.37	0.35
Lysine	1.28	1.05	0.92
Methionine	0.48	0.38	0.32
Analyzed value, %			
Crude protein	22.05	18.80	18.10
Crude fat	6.99	6.67	5.78
Crude fiber	2.44	2.39	2.88
Calcium	1.09	1.01	0.95
Total phosphorus	0.64	0.56	0.57
Lysine	1.14	1.06	0.92
Methionine	0.40	0.34	0.28
Feed cost, NT\$/kg	22.59	20.57	19.57

* Supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 10,000 IU; Vitamin D₃, 1,000 IU; Vitamin E, 25 IU; Vitamin K₃, 3 mg; Vitamin B₁, 3 mg; Riboflavin B₂, 5 mg; Vitamin B₆, 3 mg; Vitamin B₁₂, 0.03 mg; Folic acid, 3 mg; Calcium pantothenate, 10 mg; Niacin, 50 mg; Biotin, 0.1 mg; Iron, 70 mg; Copper, 5 mg; Manganese, 60 mg; Zinc, 60 mg; Selenium, 0.1 mg.

(vi) 肌肉感官品評

將冰凍之胸肉於 0 — 4℃ 冰箱進行解凍 24 小時後，將各別之胸肉以鋁箔紙包覆後置於 85℃ 水浴槽下水煮約 20 — 30 分鐘，當肌肉中心溫度達 80℃ 後取出，將肌肉切成約 1/2 英吋 (1.3 cm) 立方體大小之肉塊，並將肉塊放置於溫暖之隔熱容器直至進行感官品評為止。以 10 位人員進行感官品評，每位品評人員分別從

各處理組之樣品中選取一塊肌肉進行品評。品評項目包括香氣 (aroma)、顏色、咬感 (chewing)、風味 (flavor) 及總接受性 (overall acceptability)。採七分法，1 至 7 分表示，由非常不喜歡至非常喜歡。

VI. 統計分析

試驗所得資料以統計分析系統 (statistical analysis system) 套裝軟體 (SAS, 2013) 進行統計分析，使用一般線性模式程序 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，以最小平方均值 (least squares mean, LSM) 測定法比較各處理組間差異的顯著性。

結果與討論

I. 屠體性狀

性別對商用紅羽土雞屠體部分及器官比例之影響，其結果列示於表 2。在屠體部分方面，公雞之活體重、屠體重、屠宰率、頭頸、腿部及腳部比例均顯著高於母雞 ($P < 0.05$)；母雞之胸部、背部及翅膀比例均顯著高於公雞 ($P < 0.05$)；在器官方面，性別對心臟、肝臟及脾臟比例均無顯著 ($P > 0.05$) 之影響；母雞之砂囊、腸道及腹脂比例均顯著高於公雞 ($P < 0.05$)。Mignon-Grasteau 及 Beaumont (2000) 報告指出，這些差異是與母禽比公禽早熟有關。進一步的證實，肌肉纖維橫截面積的分析與禽類年齡有關，母禽在身體發育較公禽早 (Baéza *et al.*, 2012)。Lopez *et al.* (2011) 研究表示，公肉雞的屠宰重、活體重和胸重均高於母肉雞 ($P < 0.05$)，但胸肉產量和胸肉量較低 ($P < 0.05$)。胸肉產量隨禽類的屠宰年齡和性別而變化。母雞的胸肉產量高於公雞，而公雞的腿肉較母雞多。De Marchi *et al.* (2005) 報告胸部和大腿產量的類似結果。

表 2. 商用紅羽土雞不同性別之屠體部位及器官比例比較

Table 2. Comparison of male and female birds on the dressing and carcass part and organ ratio in red-feathered Taiwan Country chickens at 13 weeks of age

Items	Male	Female	SE
Live weight, g	3,396 ^a	2,735 ^b	45.08
Carcass weight, g	2,899 ^a	2,254 ^b	36.84
Dressing, % B.W.	85.47 ^a	82.44 ^b	0.44
Head and neck weight,% C.W.	18.38 ^a	16.08 ^b	0.30
Thigh weight,% C.W.	32.47 ^a	30.31 ^b	0.23
Feet weight,% C.W.	5.75 ^a	4.67 ^b	0.07
Breast weight,% C.W.	23.43 ^b	27.04 ^a	0.36
Back weight,% C.W.	9.52 ^b	10.94 ^a	0.17
Wing weight,% C.W.	10.37 ^b	10.88 ^a	0.08
Organ ratio			
Heart weight, % B.W.	0.46	0.45	0.01
Liver weight, % B.W.	1.25	1.41	0.05
Spleen weight, % B.W.	0.16	0.17	0.01
Gizzard weight, % B.W.	2.03 ^b	2.60 ^a	0.08
Intestine weight, % B.W.	2.17 ^b	3.20 ^a	0.06
Abdominal fat weight, % B.W.	0.77 ^b	1.80 ^a	0.18
Testis weight, % B.W.	0.81	—	0.06

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

B.W.: Body weight; C. W.: Carcass weight.

II. 對肌肉色澤之影響

性別對商用紅羽土雞之胸肉皮膚及肌肉色澤之影響，列示於表 3。在皮膚色澤方面，公雞之 L 值及 a 值顯著 ($P < 0.05$) 較母雞高，但在 b 值上性別間則無顯著 ($P > 0.05$) 差異；在肌肉方面，公雞之 L 值顯著 ($P < 0.05$) 較母雞高，但在 a 與 b 值則是母雞較公雞顯著高 ($P < 0.05$)。Hillebrand *et al.* (1996) 之研究顯示，影響肉類色澤的直接

與間接因素包括脂肪含量及肉中之色素含量。Solberg *et al.* (1968) 指稱，肉類色澤受肌肉中肌紅蛋白 (myoglobin) 與肌血紅蛋白 (myohemoglobin) 之影響。Musundire *et al.* (2017) 指出，珍珠雞 (*Numida meleagris* L.) 母雞的脂肪沈積量多會導致其肉較黃。Hill and Dansky (1951) 指稱，肌肉顏色與屠體色素或脂肪含量成正相關。影響皮膚與肌肉色澤之因素很多，例如品種、年齡、飼養管理 (飼糧成分、採食量等)、pH 值、肌紅色素之狀態、脂肪含量、肉中之色素含量及屠宰方式 (電擊或迷昏) 及貯存時間等 (Hillebrand *et al.*, 1996; Alcalde and Negueruela, 2001)。

表 3. 商用紅羽土雞不同性別土雞胸部皮膚及肌肉顏色之比較

Table 3. Comparison of male and female birds on the breast skin and muscle color in red-feathered Taiwan Country chickens at 13 weeks of age

Items	Male	Female	SE
Breast skin			
L value	76.11 ^a	73.96 ^b	0.26
a value	1.32 ^a	0.35 ^b	0.23
b value	9.16	8.81	0.09
Breast muscle			
L value	62.54 ^a	59.76 ^b	0.48
a value	0.46 ^b	1.07 ^a	0.17
b value	5.10 ^b	7.65 ^a	0.29

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

III. 肌肉組成

性別對商用紅羽土雞胸肉及腿肉之肌肉組成比較，列示於表 4。試驗結果顯示，在胸肉方面，母雞肌胸肉脂肪含量較公雞肌胸肉含量顯著高 ($P < 0.05$)，而水分及蛋白質含量性別間無顯著性差異。而在腿肉方面，公雞之水分含量顯著 ($P < 0.05$) 較母雞多，而不同性別之腿肉蛋白質與脂肪含量間無顯著性差異。Fennell and Scanes (1992) 指稱，雄性素在雞隻可抑制脂肪之蓄積，其結果與本試驗相似。

表 4. 商用紅羽土雞不同性別土雞肌肉組成比較

Table 4. Comparison of male and female birds on the muscle compositions in red-feathered Taiwan country chickens at 13 weeks of age

Items	Male	Female	SE
Breast muscle, %			
Moisture	74.11	74.17	0.04
Protein	24.80	24.70	0.09
Fat	0.60 ^b	1.19 ^a	0.09
Thigh muscle, %			
Moisture	75.39 ^a	74.23 ^b	0.12
Protein	21.18	21.46	0.12
Fat	2.33	3.02	0.17

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

IV. 對胸肉物理性狀之影響

表 5 列示性別對商用紅羽土雞胸肉物理性狀之結果。試驗結果顯示，母雞在第二天之滴水失重較公雞多，而在第 14 天之滴水失重方面，公母雞間無顯著性差異。而胸肉之蒸煮失重、韌度及硬度，性別間無顯著性差異。Musundire *et al.* (2017) 研究指出，性別對珍珠雞胸肌中測量的剪切力值沒有影響，這與本研究結果一致。肉的嫩度和多汁性很大程度上取決於白肌纖維和紅肌纖維的比例和直徑。肌纖維的直徑通常與肉的剪切力相關 (Bernacki *et al.*, 2012)。Seideman (1986) 指出，肌肉物理性狀受肌肉組成之影響，主要為脂肪與膠原蛋白之含

量。研究指出，雞體重重、胸肉產量或腹部脂肪少的雞隻，其胸肉表現出具有較高 pH 值、色澤深及較高保水能力 (Le Bihan-Duval *et al.*, 1999; Berri *et al.*, 2001)。本試驗有相同的結果，公雞體重重其保水能力較母雞佳。

表 5. 商用紅羽土雞不同性別土雞胸肉物理性質之比較

Table 5. Comparison of male and female birds on the physical properties in the breast muscles in red-feathered Taiwan country chickens at 13 weeks of age

Items	Male	Female	SE
Drip loss at d 2, %	0.20 ^b	0.35 ^a	0.02
Drip loss at d 14, %	2.99	3.22	0.25
Cooking loss, %	22.97	23.72	0.76
Firmness, kg	4.07	3.70	0.35
Toughness, kgsec	6.24	6.19	0.20

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

V. 胸肉肌肉感官品評物理性狀之影響

性別對商用紅羽土雞胸肉感官品評之影響，列於表 6。試驗結果顯示，胸肉感官品評之香氣 (aroma)、顏色、咬感 (chewing)、風味 (flavor) 及總接受性 (overall acceptability) 等，性別間並無顯著差異。母雞在感官品評上有較公雞佳之趨勢，肉的風味和味道主要是由熟產的，因為未煮熟的肉幾乎無香味或香氣。肉只有在經過烹飪過程以及瘦肉和脂肪組織的不同非揮發性化合物之間發生的一系列熱誘導的複雜反應後才會變得美味。肉的風味和味道受到年齡、性別和基因型的影響，因其對脂質含量和成分有影響 (Baéza *et al.*, 2022)。陳等 (2000) 的研究結果指出，以感官品評方式無法區分臺灣土雞之公雞、母雞及闖雞之總接受度的差別，其結果與本試驗相似。

表 6. 商用紅羽土雞不同性別土雞對肌肉感官品評之影響

Table 6. Comparison of male and female birds on the muscle sensory panel score in red-feathered Taiwan country chickens at 13 weeks of age

Items	Male	Female	SE
Aroma	4.35	4.36	0.16
Colorness	3.90	4.03	0.12
Chewing	3.78	3.92	0.11
Flavor	3.80	4.21	0.15
Overall acceptability	4.45	4.51	0.14

由本研究結果顯示，商用紅羽土雞之性別對體重、屠宰率與部位比例及脂肪蓄積有顯著性影響，而對肌肉硬度與韌度及感官品評之影響則不顯著。

誌 謝

本試驗期間承農業部畜產試驗所南區分所屏東場區梁桂容及陳接昌先生協助現場飼養管理、振聲冷凍食品股份有限公司及結風食品有限公司協助雞隻屠宰及分切工作，謹此誌謝。

參考文獻

- 中華民國國家標準－飼料檢驗法。1986。行政院經濟部標準檢驗局，臺北市。
- 行政院農業委員會。2023。畜禽統計調查結果。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 李淵百、江碧玲、黃暉煌。1997。臺灣土雞最適上市週齡之研究。中畜會誌 26(3)：285-296。

- 陳國隆、吳建平、洪炎明。2000。臺灣土雞之閹雞與公雞、母雞屠體性狀與肌肉品質之比較。中畜會誌 29(1)：77-88。
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (17th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.:Association Official Analytical Chemists.
- Alcalde, M. J. and A. I. Negueruela. 2001. The influence of final conditions on meat colour in light lamb carcasses. Meat Sci. 57: 117-123.
- Baéza, E., C. Arnould, M. Jlali, P. Chartrin, V. Gigaud, F. Mercierand, C. Durand, K. M'eteau, E. Le Bihan-Duval, and C. Berri. 2012. Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare and technical and economic results. JAS 90: 2003-2013.
- Baéza, E., L. Guillier, and M. Petracci. 2022. Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. Animal 16: 100331.
- Babić, J., D. Milićević, D. Vranić, M. Lukić, and Z. Petrović. 2014. The effect of season of transportation on the welfare of broilers and selected parameters of broiler meat quality. Tehnol. Mesa 55: 46-53.
- Baéza, E., C. Arnould, M. Jlali, P. Chartrin, V. Gigaud, F. Mercierand, C. Durand, K. Méteau, E. Le Bihan-Duval, and C. Berri. 2012. Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare, and technical and economic results. JAS. 90: 2003-2013.
- Bennato, F., A. Di Luca, C. Martino, A. Ianni, E. Marone, L. Grotta, S. Ramazzotti, A. Cichelli, and G. Martino. 2020. Influence of grape pomace intake on nutritional value, lipid oxidation and volatile profile of poultry meat. Foods 9: 508.
- Bernacki, Z., M. Bawej, and D. Kokoszyński. 2012. Carcass composition and breast muscle microstructure in guinea fowl (*Numida meleagris* L.) of different origin. Folia Biol. 60: 175-179.
- Berri, C., N. Wacrenier, N. Millet, and E. Le Bihan-Duval. 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. Poult. Sci. 80: 833-838.
- Cömert, M., Y. Sayan, F. Kırkpınar, Ö. H. Bayraktar, and S. Mert. 2016. Comparison of carcass characteristics, meat quality, and blood parameters of slow and fast grown female broiler chickens raised in organic or conventional production system. Anim Biosci. 29: 987-997.
- Cygan-Szczegielniak, D., G. Maiorano, B. Janicki, B. Buzał, K. Stasiak, K. Stanek, K. Roślewsk, G. Elminowska-Wenda, J. Bogucka, and S. Tavaniell. 2019. Influence of rearing system and sex on carcass traits and meat quality of broiler. J. Appl. Anim. Res. 47: 333-338.
- Dalle Zotte, A., G. Tasoniero, G. Baldan, and M. Cullere. 2019. Meat quality of male and female Italian Padovana and Polverara slow-growing chicken breeds. Ital. J. Anim. Sci. 18: 398-404.
- De Marchi, M., M. Cassandro, E. Lunardi, G. Baldan, and P. B. Siegel, 2005. Carcass characteristics and qualitative meat traits of the Padovana breed of chicken. Int. J. Poult. Sci. 4: 233-238.
- Fennell, M. J. and C. G. Scanes. 1992. Inhibition of growth in chickens by testosterone, 5 α -dihydrotestosterone, and 19-nortestosterone. Poult. Sci. 71: 357-366.
- Florene, G., C. Touraille, A. Oual, M. Renerre, and G. Moni. 1994. Relationships between postmortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. Meat Sci. 37: 315-325.
- Gomez, D. L., G. Kòsa, L. D. Hansen, L. T. Mydland, and V. Passoth. 2020. Production and characterization of yeasts grown on media composed of spruce-derived sugars and protein hydrolysates from chicken by-products. Microb. Cell Factories 19: 19.
- Goo, D., J. H. Kim, H. S. Choi, G. H. Park, G. P. Han, and D. Y. Kil. 2019. Effect of stocking density and sex on growth performance, meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. Poult. Sci. 98: 1153-1160.
- Hill, F. W. and L. M. Dansky. 1951. Influence of diet on body composition of growing chicks. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Proc. 27-32.
- Hillebrand, S. J. W., E. Lambooy, and C. H. Veerkamp. 1996. The effects of alternative electrical and mechanical stunning methods on hemorrhaging and meat quality of broiler breast and thigh muscles. Poult. Sci. 75: 664-671.
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. Meat Sci. 49: 447-457.
- Koch, T. and E. Possa. 1973. Anatang of the chicken and domestic birds. Humboldt University, West German., P.12.
- Lopez, K. P., M. W. Schilling, and A. Corzo. 2011. Broiler genetic strain and sex effects on meat characteristics. Poult. Sci. 90: 1105-1111.

- Le Bihan-Duval, E., N. Millet, and H. Re'mignon. 1999. Broiler meat quality: Effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. *Poult. Sci.* 78: 822-826.
- Lyon, L. E., B. G. Lyon, C. E. Davis, and W. E. Townsend. 1980. Texture profile analysis of patties made from mixed and flake-cut mechanically deboned. *Poult. Sci.* 59: 69-76.
- Lyon, C. E. and J. A. Cason. 1995. Effect of Water Chilling on Objective Color of Bruised and Unbruised Broiler Tissue. *Poult. Sci.* 74: 1894-1899.
- Lyon, B. G. and C. E. Lyon. 1996. Texture evaluations of cooked, diced broiler breast samples by sensory and mechanical methods. *Poult. Sci.* 75: 812-819.
- Maiorano, G., A. Sobolewska, D. Cianciullo, K. Walasik, G. Elminowska-Wenda, A. Slawinska, S. Tavaniello, J. Zylinska, J. Bardowski, and M. Bednarczyk. 2012. Influence of in ovo prebiotic and symbiotic administration on meat quality of broiler chickens. *Poult. Sci.* 91: 2963-2969.
- Mignon, G. S. and C. Beaumont. 2000. Birds growth curves. *INRA Animal* 13: 337-348.
- Musundire, M. T., T. E. Halimani, and M. Chimonyo. 2017. Physical and chemical properties of meat from scavenging chickens and helmeted guinea fowls in response to age and sex. *Brit. Poult. Sci.* 58: 390-396.
- Nguyen Van, D., N. Moula, E. Moyse, L. Do Duc, T. Vu Dinh, and F. Farnir. 2020. Productive Performance and Egg and Meat Quality of Two Indigenous Poultry Breeds in Vietnam, Ho and Dong Tao, Fed on Commercial Feed. *Animals* 10: 408.
- Nollet, L. M. and F. Toldrá. 2008. *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Puspita, U. E., H. Saragih, T. Hartatik, and B. S. Daryono. 2021. Body Weight Gain and Carcass Quality of the Hybrid Chicken Derived from the Crossing between Female F1 Kampung Super and Male F1 Kampung-Broiler. *JTBB* 6: 60934.
- Sanden, K. W., U. Böcker, R. Ofstad, M. E. Pedersen, V. Høst, N. K. Afseth, S. B. Rønning, and N. Pleshko. 2021, Characterization of collagen structure in normal, wooden breast and spaghetti meat chicken fillets by FTIR micro spectroscopy and histology. *Foods* 10: 548.
- SAS. 2013. *SAS user guide: Statistics*. SAS Inst., Cary, NC.
- Schreuders, F. K., M. Schlangen, K. Kyriakopoulou, R. M. Boom, and A. J. van der Goot. 2021. Texture methods for evaluating meat and meat analogue structures: A review. *Food Control*. 127: 108103.
- Seideman, S. C. 1986. Methods of expressing collagen characteristics and their relationship to meat tenderness and muscle fiber types. *J. Food Sci.* 51: 273-276.
- Solberg, L. A., P. A. McGarry, J. Moossy, J. P. Strong, C. Tejada, and A. C. Löken. 1968. Severity of atherosclerosis in cerebral arteries, coronary arteries, and aortas. *The New York academy of sciences* 149: 588-1068.
- Warner, R. D., F. M. Clarke, and J. M. Hughes. 2020. Variations in meat color due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review). *Meat Sci.* 159: 107941.
- Zhang, J., H. Hu, T. Mu, W. Wang, B. Yu, J. Guo, Y. Wang, Z. Zhou, Y. Gu, and Z. Huang. 2020. Correlation analysis between AK1 mRNA expression and inosine monophosphate deposition in Jingyuan chickens. *Animals* 10: 439.

Effects of sex on the meat traits of red-feathered Taiwan country chickens ⁽¹⁾

Cheng-Yong Lin ⁽²⁾ and Hsiu-Lan Lee ^{(3) (4) (5)}

Received: Aug. 9, 2023; Accepted: Mar. 20, 2024

Abstract

The experiment was conducted to compare the meat traits of male and female commercial red feather native chickens. The experiment selected 288 healthy chicks with similar body weight, which were randomly assigned into groups by sex, allocated into 8 repeats of 18 chickens per repeat. All chickens were provided with the same starter (0-4 weeks of age), grower (5-8 weeks of age) and finisher (9-13 weeks of age) diets. Feed and water were provided and feeding was *ad libitum* for 13-week experimental period. At 13 weeks of age, 16 male and female chickens each were weighed alive and then butchered to collect the meat traits of chicken. The results showed that the carcass weight, carcass yield, head and neck part, thigh and feet in male chickens were significantly ($P < 0.05$) higher than the female chickens. With regards to organs, the abdominal fat, gizzards, and intestines of female chickens were significantly higher ($P < 0.05$) than those of male chickens. However, there was no significant difference in the percentage of hearts, liver, and spleen by sex.

Compared with female chickens, male chickens had a significantly higher ($P < 0.05$) L and a value in the breast skin. However, there was no difference in the b value in the breast skin. The fat content in the breast meat of female chicken was significantly higher than that of male chickens ($P < 0.05$) while the water and protein content of breast meat showed no significant difference by sex. With regards to drip loss, the drip loss in the breast of female chickens was significantly higher ($P < 0.05$) than those male chickens. Nonetheless, there was no significant difference in the cooking loss in breast muscles, hardness, resilience, and sensory analysis between the male and female chicken. In conclusion, the sex of chicken significantly affected the carcass weight, carcass yield, and ratio of cut parts, but did not have significant impact on the muscle hardness and sensory analysis.

Key words: Carcass traits, Native chicken, Sex.

(1) Contribution No. 2785 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Technical Service Division, MOA-TLRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Graduate Institute of Bioresources, National Pingtung University of Science and Technology.

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

熱季期間提供夜間運動場對荷蘭泌乳早期牛隻 之泌乳表現與行動分數之影響⁽¹⁾

張俊達⁽²⁾⁽⁵⁾ 范耕榛⁽²⁾ 王思涵⁽³⁾ 吳鈴彩⁽⁴⁾

收件日期：113 年 2 月 22 日；接受日期：113 年 4 月 23 日

摘 要

本試驗探討於熱季期間提供夜間運動場對泌乳早期 (泌乳天數 60 ± 28 天) 荷蘭牛行動分數與泌乳表現之影響。試驗期 120 天，將 16 頭荷蘭泌乳牛依乳量、胎次、泌乳天數與體重分成 2 組，分為對照組 (全天候於室內環境) 及處理組 (白天於室內環境，夜間於運動場)。測定牛舍環境參數 (溫度、濕度)、牛隻行動分數、採食量、體溫、呼吸次數及泌乳表現 (乳產量以及乳成分等)。試驗結果顯示，相同時段 (16:00 至隔天 04:00) 抽風式隧道牛舍的平均溫濕度指數為 74.2 ± 2.4 單位，而夜間運動場平均溫濕度指數為 74.9 ± 2.5 。提供夜間運動場 120 天有減緩牛隻行動分數之趨勢 (2.44 vs. 2.19)。牛隻於夜間運動場第 30 至 90 後有降低乾物質採食量與產乳量以及有提高牛隻體溫與呼吸次數之趨勢，但是於試驗第 120 天無明顯差異。乳成分及血液性狀並未受到試驗處理產生顯著影響。由上述結果得知，於高溫濕度指數下提供夜間運動場有改善牛隻行動分數，但是於熱季期間荷蘭泌乳牛是否飼養於夜間運動場須同時考量當地的氣候狀況，以及運動場是否提供風扇與噴霧等降溫設施，使提供牛隻較為舒適之飼養環境。

關鍵詞：荷蘭泌乳牛、泌乳性能、行動分數、溫濕度指數。

緒 言

由於土地面積的限制，國內乳牛飼養多為自由式牛舍牛床設計的集約飼養，長期生活於堅硬的水泥地面上，致使蹄病成為牛隻淘汰主因之一，國內乳牛群性能改良計畫 (dairy herd improvement, DHI) 統計乳牛淘汰三項主要因素，分別為乳房炎、繁殖障礙及蹄病。而牛隻跛腳會造成產乳量降低、降低繁殖表現、高淘汰速率及增加獸醫治療成本 (Cha *et al.*, 2010)，對酪農來說可是一項重大經濟損失。因此，在高溫多濕環境下如何提供一個較友善的飼養環境，可能是目前國內酪農當前所需要面臨且需要努力改善的問題。高溫多濕環境下 (溫濕度指數大於 72)，泌乳牛易產生緊迫，致使採食量與產乳量下降 (Chase, 2006)，同時也增加牛隻腳蹄健康問題 (Cook *et al.*, 2004)。牛隻發生跛腳易使牛隻採食量降低，Robinson (2001) 指出，與健康牛隻相比 (行動分數為 1 分)，當牛隻行動分數達 3 分時乾物質採食量與產乳量分別減少 3% 與 5%，而當牛隻行動分數達 5 分則乾物質採食量與產乳量分別減少 16% 與 36%。然而牛乳為酪農業主要收益來源，若牛隻發生跛腳時，除了產乳量降低減少收入外，其餘經濟損失包括早期淘汰、產犢產能降低、治療費用與棄乳等，李 (2013) 指出每頭跛腳的牛預估經濟損失約為 265 歐元 (臺幣以 1 比 35 計算，則約為 9,275 元)。另外 Silvana *et al.* (2013) 調查夏季 24 個酪農場 2,529 頭之牛隻行動分數分布，結果顯示夏季發生跛腳比例為 28.54%。若一酪農場有 100 頭泌乳牛，有 28% 發生比例，預估經濟損失為每月新臺幣 29 萬 6,800 元 (28 頭 $\times$ 10,600 元)。臺灣每年 5 至 9 月氣候炎熱，若每個月皆有 28% 發生牛隻跛腳情況，則每年熱季期間 (5 至 9 月份) 總經濟損失為新臺幣 148 萬 4,000 元 (29 萬 6,800 元 $\times$ 5 月次)。本試驗將設計牛舍夜間運動場與餵飼走道動線，日間高溫室內飼養搭配降溫設施，黃昏溫度降低後移至運動場飼養，評估牛隻行動分數及監測血液生化值，以期建立高溫濕度指數下維持乳牛腳蹄健康與友善飼養模式。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2786 號。
(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(3) 農業部畜產試驗所北區分所。
(4) 農業部畜產試驗所畜產加工組。
(5) 通訊作者，E-mail: ctchang@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

本試驗動物之使用、飼養及實驗之內容皆依據農業部畜產試驗所實驗動物照護與使用小組之審查同意文件 (同意書編號: 112-10) 及試驗準則進行。

I. 試驗動物飼養環境與飼養管理

本試驗期間為 2023 年 5 月 1 日至 2023 年 8 月 31 日, 選用畜產試驗所畜產經營組 16 頭荷蘭泌乳牛 (每頭提供活動面積為 14.4 m²), 其中 8 頭全天飼養於隧道式抽風牛舍, 另 8 頭 (試驗組) 白天飼養於隧道式抽風牛舍, 而於黃昏溫度降低後移至運動場飼養 (每頭提供活動面積為 153 m²)。試驗採完全隨機設計並參考牛隻乳量、胎次、泌乳天數及體重分組, 試驗開始前對照組牛群性能為行動分數 1.63 ± 0.24 、乳量 30.90 ± 7.10 kg、胎次 1.6 ± 0.6 胎、泌乳天數 60 ± 28 天及體重 571 ± 65.9 kg; 處理組則分別為 1.69 ± 0.23 、 31.80 ± 6.23 kg、 1.8 ± 1.0 胎、 53 ± 35 天及 600 ± 81 kg。泌乳牛飼糧則依據 National Research Council (2021) 推薦給予並以完全混合日糧 (total mixed ration, TMR) 進行配製, 飼糧組成包括盤固乾草、苜蓿乾草、玉米青貯料、啤酒粕及以玉米大豆粕穀類精料, 飼糧每日配製兩次, 分別於上午 07:00 配製 1/3 量, 約 07:30 餵食及下午 15:00 配製 2/3 量, 約 15:45 餵食, 其中下午試驗組之 TMR 則供應於運動場室內餵食區, 兩組配製量供應牛群任食, 飼糧組成如表 1, 另以自動給水槽供乾淨飲水及鹽磚任食。試驗牛隻每年進行兩次護蹄作業, 分別為每年 3 至 4 月及 9 至 10 月。

表 1. 試驗牛群之完全混合日糧之組成及營養成分

Table 1. Ingredients and nutrient composition of the total mixed ration for lactating cows in exercise ground trial

Ingredients	Percentage, % DM
Corn silage	30.48
Pangolagrass hay	9.17
Alfalfa hay	12.89
Brewer's grain, wet	10.19
Wheat bran	5.22
Corn, ground	14.30
Soybean meal, 43% CP	6.92
Soybean oil	1.76
Fish meal, 60% CP	4.81
Salt	0.28
Calcium phosphate	0.88
Limestone	1.12
Sodium bicarbonate	1.64
Premix ¹	0.33
Total	100.00
Composition, % of DM	
CP, %	16.6
NDF, %	34.1
ADF, %	19.4
Crude fat, %	5.2
Ca, %	1.2
P, %	0.6

¹ Each kilogram of premix contains: Vit. A, 10,000,000 IU; Vit. E, 70,000 IU; Vit. D₃, 1,600,000 IU; Fe, 50 g; Cu, 10 g; Zn, 40 g; I, 0.5 g; Se, 0.1 g; Co, 0.1 g.

II. 測定項目

(i) 牛舍環境參數: 包括溫度、濕度以及溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI)。牛舍裝置六組溫濕度感

應器 (HOBO pro RH/Temp, Onset Computer Corporation, MA, USA) 進行溫度與濕度測定，於試驗期間連續每隔 0.5 小時測定及記錄溫濕度一次，每週將資料轉錄至電腦中以進行牛舍環境參數的累計與分析，THI 值以 National Oceanic and Atmospheric Administration (1976) 法計算。其公式 $THI = (1.8 \times T + 32) - (0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26)$ 。式中 THI 為溫濕度指數；T 為氣溫 (單位 $^{\circ}C$)；RH 為相對濕度 %。

(ii) 牛隻性能表現

1. 牛隻乾物質採食量：每日記錄各組牛群的 TMR 下午上午提供量、隔日上午剩餘量及實際各組牛頭數，並依牛隻採食情形適當增減 TMR 提供量，調整各組剩料量為其配製量的 5 – 10%。於試驗後 26 – 30 天、56 – 60 天、86 – 90 天以及 116 – 120 天，每日採集各組 TMR 與各組剩料，密封於 $-20^{\circ}C$ 凍存，或即開始 $55^{\circ}C$ 48 小時烘乾，以計算每組每日乾物質採食量。
2. 產乳量與乳樣分析：每日分別為清晨 4：30 與下午 3：45 擠乳兩次，由電腦記錄個別牛隻泌乳量。於試驗開始時與每 30 天採集個別牛隻乳樣兩天，混合個別牛各日上下午乳樣後，送至農業部畜產試驗所北區分所牛乳檢驗室，以自動乳成分分析儀 (MilkoScanTM FT+, FOSS, Denmark)，分析乳脂率、乳糖率、乳蛋白質率、無脂固形物率、總固形物率、尿素態氮；體細胞數之測定使用以自動體細胞數分析儀 (Fossomatic FC, FOSS, Denmark)。
3. 呼吸數及體溫：於隧道式抽風牛舍及夜間運動場之動物飼養區域分別各裝設 3 臺攝影機，分別在試驗 28 – 30 天、58 – 60 天、88 – 90 天以及 118 – 120 天，重複 3 天於晚上 10 點、12 點與清晨 2 點，測定兩組 16 頭牛隻的呼吸次數及體溫。呼吸次數之判定藉由攝影機之回放系統監看，由兩位工作人員執行，每個人以碼表量測牛隻 30 秒鐘腹部起伏次數，兩人平均所得為個別牛呼吸次數。而體溫測量使用鈕扣型記憶溫度計 (DS1920- F5+ND, Analog Devices Inc./Maxim Integrated)，固定在消毒乾淨與無藥物之 CIDR (controlled internal drug release) 裝置器上面，再放入牛隻陰道三天進行測量。
4. 牛行動分數：於試驗開始時與每 30 天由兩位工作人員藉由牛隻前往磅重期間進行牛隻行動分數之判定，兩人的平均所得為個別牛行動分數。採五分制 (Flower and Weary, 2006)，1 分是正常的腳蹄與步態，站立與行走時背脊保持水平一直線；2 分是輕微的蹄病，站立時背脊保持水平一直線，但是行走時背脊線呈現彎曲弧線；3 分是中等的蹄病，站立及行走時背脊線呈現彎曲弧線；4 分是典型蹄病，站立 (重心前傾) 及行走時背脊線呈現彎曲弧線；5 分是嚴重蹄病 (跛腳)，站立 (痛腳不敢著地狀) 及行走時 (步伐蹣跚) 背脊線呈現彎曲弧線。
5. 血液生化值分析測定：試驗開始後每 30 天所有牛隻於上午採食 3 小時後進行採樣，以不含抗凝劑之採集管經尾靜脈採集血液 10 mL，靜置後以 $3,000 \times g$ 離心 15 分鐘 (Hayirli *et al.*, 2001) 取得血清，冷凍保存供爾後測定血中之麩胺酸草乙酸轉胺酶 (glutamic oxaloacetic transaminase, GOT)、麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamic pyruvate transaminase, GPT)、肌酸磷酸激酶 (creatine phosphokinase, CPK)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydrogenase, LDH) 及鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP) 之分析。

IV. 統計分析

溫濕度指數、行動分數、產乳量、乾物質採食量、體溫及呼吸次數以平均值表示。試驗所得資料以統計分析系統套裝軟體 (SAS, 2002) 進行統計分析，並使用一般線性模式 (general linear model, GLM) 進行有 / 無變積校正的 CRD (completely randomized design) 統計分析。當 $P < 0.05$ ，代表各組間有顯著差異，再以最小平方均值 (least squares mean, LSMeans) 測定法比較各組平均值間差異之顯著性。

結果與討論

試驗期間牛舍內 (24 小時) 與牛舍運動場域 (16：00 至 04：30) 之平均溫濕度指數變化如圖 1。牛舍整天的平均溫濕度指數為 74.5 ± 2.1 ，而試驗期間每日 16：00 至隔天 4：30 所測得的運動場溫濕度指數 (平均為 74.9 ± 2.5) 較牛舍內同時間所測得的平均 74.2 ± 2.4 增加 0.7 單位。其結果與張及范 (2022) 於 2021 年測得之室內牛舍與室外夜間舍外運動場相反，主要是因為 2023 年 5 至 8 月降雨天數較 2021 年同期少，且舍外運動場並未架設風扇與噴霧等降溫設施，使得舍外運動場的溫度較高，而造成本試驗舍外運動場的 THI 較室內牛舍為高。本試驗與張及范 (2022) 的試驗牛隻飼養於牛舍與夜間舍外運動場仍皆處於低度熱緊迫環境 (THI 介於 72 – 78)。畜舍降溫措施已是國內畜禽飼養管理上的必備基礎，然而，另有研究報告也指出，畜舍的降溫設施可以紓緩但尚無法徹底解決熱緊迫，高溫多濕的環境仍使得牛隻處於熱緊迫狀態 (Shiao *et al.*, 2011)，因此，如何繼續努力降低泌乳牛熱緊迫是國內酪農業者與研究人員仍須面臨的重要挑戰。Chastain and Turner (1994) 推薦在潮濕氣候下，風速須達每秒 2.9 – 4.0 公尺才

足夠，但是本試驗期間藉由交通部中央氣象署農業氣象站畜產試驗所一本所測得之平均風速於試驗後 0 – 30 天、31 – 60 天、61 – 90 天及 91 – 120 天分別為 0.79 ± 0.61 、 0.72 ± 0.43 、 0.74 ± 0.58 及 0.86 ± 0.63 (公尺 / 每秒)，皆低於推薦標準，因此泌乳牛是否於夜間運動場進行活動仍需視當天當地的氣候狀況或是否有加裝降溫設施如風扇或噴霧等，使牛隻有較為舒適的飼養環境。

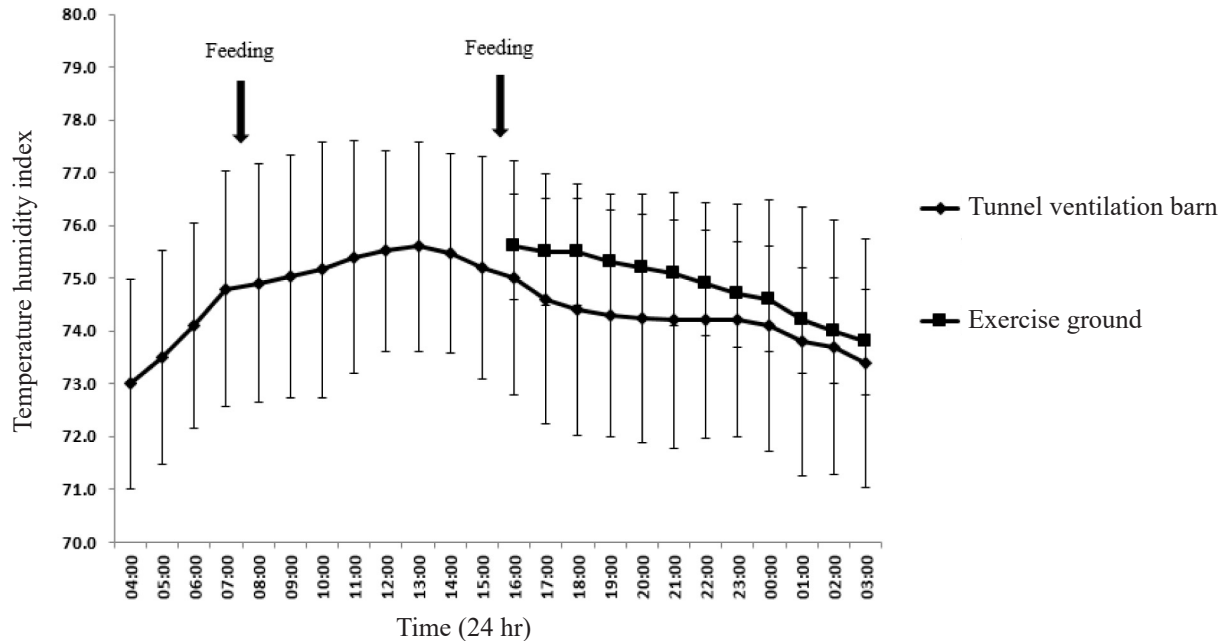


圖 1. 試驗期間 (2023 年 5 至 8 月) 全天抽風式隧道牛舍與夜間運動場 (16:00 至 04:30) 溫濕度指數變化。

Fig. 1. Daily temperature and humidity index changes in cowshed (indoor) and exercise ground (16:00 to 04:00 the next day) during May-August in 2023 (means ± SD).

圖 2 為高溫濕度指數下 (THI 約 74.5) 提供夜間運動場對荷蘭泌乳牛行動分數的影響。雖然試驗後 30、60、90 及 120 天之牛隻行動分數經試驗統計結果各組間無顯著差異，但是提供牛隻於夜間運動場有減緩行動分數上升之趨勢，全天舍飼與再提供夜間運動場兩組牛隻 60 天分數評估，由試驗開始後 30 天的 1.69 vs. 1.63 ($P > 0.05$) 分別上升至 1.94 vs. 1.81 ($P > 0.05$)；試驗第 90 天由試驗開始後 60 天的 1.94 vs. 1.81 再分別上升至 2.19 vs. 2.00 ($P = 0.24$)；試驗第 120 天由試驗開始後 90 天的 2.19 vs. 2.00 再分別上升至 2.44 vs. 2.19 ($P = 0.19$)。張及范 (2022) 將泌乳中期牛隻分成兩組，包括全天候飼養於隧道牛舍內，有風扇、噴霧與噴水降溫為對照組，而試驗組為白天飼養於隧道牛舍內，夜間飼養於舍外運動場。其結果發現提供夜間舍外運動場 90 天後有降低牛隻行動分數之趨勢，且以每 30 天牛隻行動分數增加幅度顯示，同樣的也是以牛群於夜間進行舍外運動場的增加幅度較低。但是兩組於試驗後行動分數皆增加的原因可能是因為對照組全天飼養於牛舍水泥地面，而試驗組牛群也僅有夜間於舍外運動場活動，其餘白天皆飼養於牛舍。因此本試驗以每 30 天牛隻行動分數增加幅度顯示，有提供夜間舍外運動場的以平均 0.16 幅度增加，而對照組則是以平均 0.22 幅度增加。因此推測於夜間提供運動場可能有助減緩牛隻腳蹄壓力、減少蹄底厚度及蹄壁角質裂傷，使減緩牛隻行動分數之增加。研究指出泌乳牛以放牧形式飼養，使牛群站立時有較舒適的土壤地面，可減少腳蹄壓力並改善牛隻行動分數，最後提升牛群福利 (Bergsten *et al.*, 2015)。Gabriela *et al.* (2009) 指出，放牧牛群具有較好的運動能力和較低的跛足機率，同時促進了更長且不間斷的躺臥時間，因此有益於牛隻腳蹄健康。

由圖 2 的試驗結果顯示雖然產乳量並未受到夜間提供運動場產生顯著差異，但是提供夜間運動場 30 – 90 天的牛隻產乳量有減少之趨勢，平均約減少 1 公斤，但是到了試驗後期 120 天兩組間無明顯差異。試驗期間提供夜間運動場牛隻減少產乳量可能與飼養環境有較高的 THI 以外，也可能與試驗期間採食量的降低有關。雖然本試驗提供夜間運動場對牛隻乾物質採食量無顯著影響，但是試驗後 30 天後到 120 天的牛隻乾物質採食量平均減少 0.24 公斤 / 天。圖 2 為 THI 約為 74.5 下提供夜間運動場對泌乳牛體溫的影響。試驗結果顯示，提供夜間運動場 30 – 90 天有增加牛隻體溫的趨勢，平均增加約 0.28 幅度，此部分可能與飼養環境有較高的 THI 有關。但是到了 120 天無明顯差異，可能是因為在測量期間 (試驗後 118 – 120 天) 臺南地區處於長時間降雨造成氣溫下降有關。提供夜間運動場的牛隻呼吸次數之試驗結果指出，兩組間無顯著差異，但是提供夜間運動場 30 – 90 天的牛隻呼吸次數有提高的趨勢，平均約增加 1.75 次 / 分鐘。此部分也可能與有較高 THI 的飼養環境有關。呼吸次數為熱環境下熱緊迫指標 (Vijay, 2005)，而正常呼吸頻率約 10 – 30 次 / 分鐘。當環境溫度升高時，呼吸道的蒸發熱損失增加，則提高呼吸

速率。呼吸道的蒸發熱損失 (evaporative heat loss) 被認為是維持熱平衡的主要機制之一。這種呼吸反應是由周邊受體 (peripheral receptors) 的直接熱刺激引起的，這些受體將神經衝動傳遞到下丘腦的熱中心 (thermal center)。在大多數情況下，高呼吸次數並不一定表示動物成功地保持體溫恆定，而是表明動物已經過熱並試圖恢復正常的熱平衡。Padilla *et al.* (2006) 指出泌乳牛的呼吸頻率在夏季為 71.5 次 / 分鐘，而冬季為 38.8 次 / 分鐘。而本試驗牛隻於試驗期間 (5 至 8 月份) 的呼吸次數介於 74.5 – 78.3 次 / 每分鐘，顯示臺灣南部 5 至 8 月份是酪農需要面臨與克服的問題。

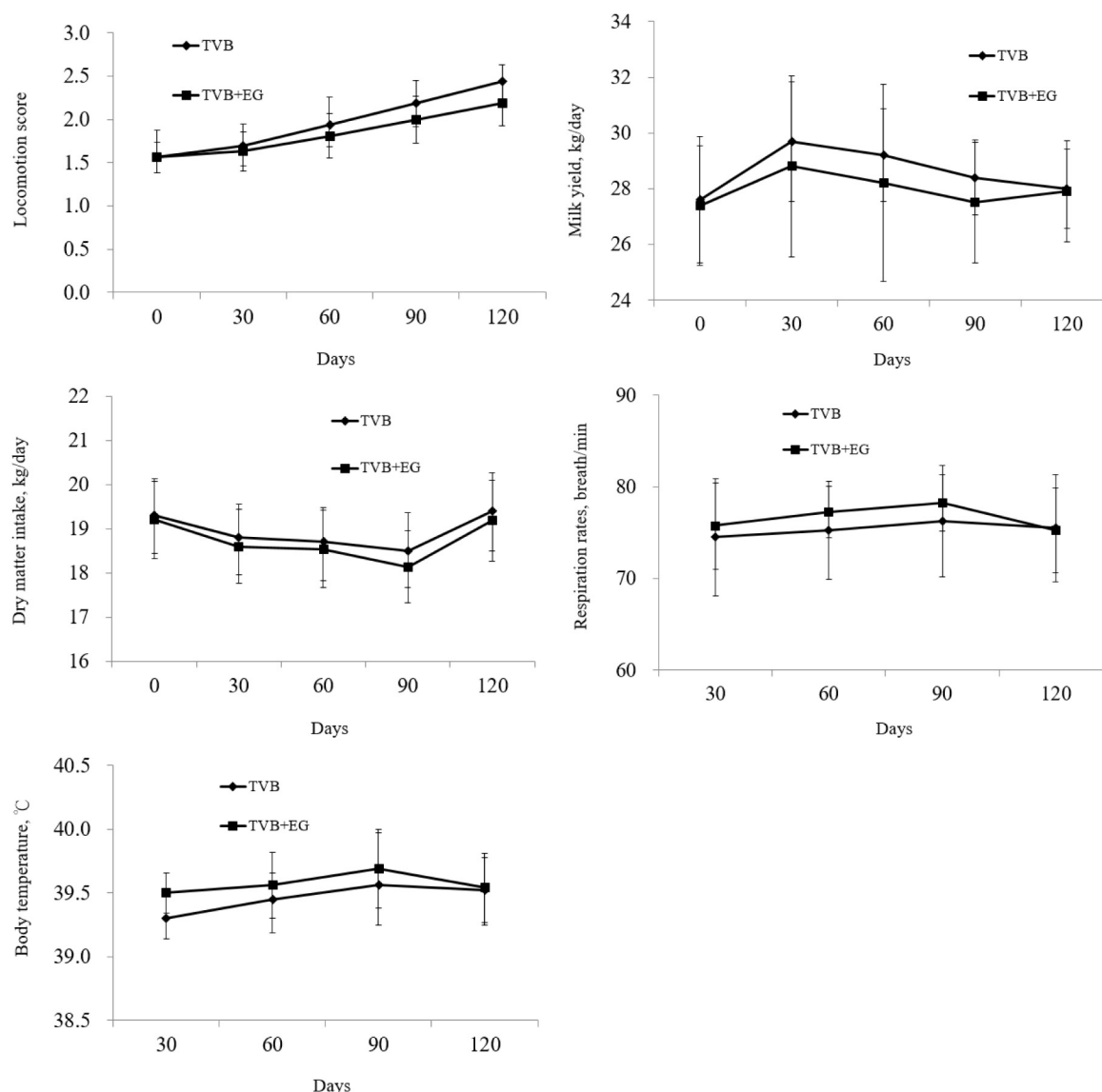


圖 2. 高溫濕度指數下提供夜間運動場對荷蘭泌乳牛行動分數、產乳量、乾物質採食量、呼吸次數與體溫的影響。TVB：牛隻全日飼養於隧道式抽風牛舍；TVB + EG：牛隻白天飼養於隧道式抽風牛舍，而於黃昏溫度降低後移至運動場飼養。

Fig. 2. Effect of offering exercise ground at night on locomotion score, milk production, dry matter intake, respiration rates, and body temperature of Holstein lactating cows under hot season ($THI \approx 74.5$) in 2023.

TVB: Cows in tunnel ventilation barn; TVB + EG: Cows in tunnel ventilation barn and exercise ground.

表 2 為高溫濕度指數下 (THI 為 74.5 ± 2.3) 提供夜間運動場對荷蘭泌乳牛乳成分的影響。試驗的乳脂率、乳蛋白質率、乳糖率、無脂固形物率及體細胞數等乳成分皆不受夜間運動場活動影響。張及范 (2022) 將泌乳中期牛隻於夜間提供運動場，其結果也發現並未對乳成分產生顯著差異。但是本試驗提供夜間運動場泌乳牛的乳體細胞數有增加的趨勢，其試驗後 30、60、90 及 120 天分別增加 12.7、21.9、21.3 及 15.2%。其結果與張及范 (2022) 結果相反。可能是因為本試驗期間臺南地區 5 至 7 月份降雨天數與降雨量較低，使得環境氣溫增加有關。雖然研究指出放牧的泌乳牛群比長期飼養於室內有較少的乳房健康問題 (Goldberg *et al.*, 1992)，然而亦須考量放牧飼養環境是否對牛隻

較為舒適，否則可能不利於牛隻生產表現。

表 2. 熱季期間提供夜間運動場對荷蘭泌乳牛乳成分之影響

Table 2. Effect of offering exercise ground at night on milk composition of Holstein lactating cows under hot season (THI $\geq$ 74.5) in 2023

	Dietary treatments			
Item	Tunnel ven-tilation barn	TVB+ Exer-cise ground	SEM	P-value
	30 days after trial			
Milk fat, %	3.63	3.74	0.14	0.57
Milk protein, %	3.06	3.01	0.03	0.78
Milk lactose, %	4.83	4.80	0.02	0.41
Somatic cell count, 10 ⁴ /mL	17.2	19.4	1.64	0.44
Mastitis, %	12.5% (1/8)	0% (0/8)		
	60 days after trial			
Milk fat, %	3.72	3.75	0.13	0.87
Milk protein, %	3.16	3.11	0.03	0.72
Milk lactose, %	4.87	4.82	0.03	0.58
Somatic cell count, 10 ⁴ /mL	20.5	24.8	2.45	0.28
Mastitis, %	12.5% (1/8)	0% (0/8)		
	90 days after trial			
Milk fat, %	3.68	3.64	0.15	0.57
Milk protein, %	3.11	3.08	0.04	0.84
Milk lactose, %	4.85	4.82	0.03	0.54
Somatic cell count, 10 ⁴ /mL	23.9	28.9	2.89	0.30
Mastitis, %	12.5% (1/8)	12.5% (1/8)		
	120 days after trial			
Milk fat, %	3.72	3.77	0.16	0.48
Milk protein, %	3.18	3.21	0.03	0.87
Milk lactose, %	4.87	4.89	0.03	0.57
Somatic cell count, 10 ⁴ /mL	25.7	29.6	2.75	0.57
Mastitis, %	25% (2/8)	25% (2/8)		

高溫濕度指數下 (THI 約 74.5) 提供夜間運動場對荷蘭泌乳牛血液生化值之影響如表 3。試驗結果發現將荷蘭泌乳牛進行夜間運動場試驗並不會影響血中 GOT、GPT、AP、CPK 及 LDH 等活性或濃度。Stojevi *et al.* (2005) 指出健康泌乳牛隻之血中 GPT 與 GOT 數值分別為 44.91 ± 6.93 與 20.08 ± 3.74 。本試驗兩組牛隻的 GOT 及 GPT 數值分別 $68.1 - 72.8$ 及 $24.3 - 26.8$ 皆較 Stojevi *et al.* (2005) 所述的牛隻為高，顯示有受緊迫現象。血中酵素可間接反應正常細胞死亡或細胞損傷程度的程度 (Kaneko *et al.*, 1997)。動物在正常生理情況下，身體的酵素都會圍繞在細胞膜且不容易通過細胞膜到達血中，但是在特殊情況下如緊迫，可能會改變細胞的滲透性，文獻指出動物在熱緊迫下會使酵素活性增加 (Li *et al.*, 2001)。本試驗血液生化值相近原因，可能是因為不管是隧道式抽風牛舍或運動場其溫濕度指數皆大於 72，且分布在 73 - 76 範圍，因此牛群處在溫和的熱緊迫中。雖然本試驗的鹼性磷酸酶活性各組間無顯著差異，但是本試驗牛群提供夜間運動場 30、60、90 及 120 天皆低於對照組。Abeni *et al.* (2007) 指出熱季會使牛隻血中 AP 活性降低，並指出熱季會造成催化體內磷酸酯的合成或水解，即磷酸化或去磷酸化作用，因此 AP 是體內最重要的能量代謝反應之一的關鍵酵素，牛隻遇熱緊迫時會減少採食，而 AP 活性被認為與飼料利用影響因子有關 (Kunkel *et al.*, 1953)。LDH 為存在細胞中，肝臟，心臟、腎臟、肌肉及紅血球，是一種葡萄糖代謝過程中的酵素，體內如有任何細胞被破壞，LDH 就會升高，牛隻血液正常值在 $< 1,500$ IU/dL (Schmid and von Forstner, 1986)，

本試驗兩組的 LDH 皆低於 1,500 IU/dL。研究也指出，牛隻在熱緊迫下會提高血中 LDH，這可能表明在熱緊迫期間糖解作用 (glycolysis) 的增強 (Min *et al.*, 2016)。

表 3. 熱季期間提供夜間運動場對荷蘭泌乳牛血液形狀之影響

Table 3. Effect of offering exercise ground at night on blood chemistry of Holstein lactating cows under hot season (THI $\geq$ 74.5) in 2023

Item	Dietary treatments		SEM	P-value
	Tunnel ven-tilation barn	TVB+ Exer-cise ground		
30 days after trial				
Glutamic-oxal acteic transaminase (IU/L)	68.1	70.2	3.51	0.54
Glutamate-pyruvate transiniase (IU/L)	24.3	26.1	1.54	0.57
Alkaline phosphatase (IU/L)	45.2	43.1	1.64	0.45
Creatine phosphokinase (IU/L)	142	164	32.3	0.62
Lactate dehydrogenase (IU/L)	675	692	33.2	0.49
60 days after trial				
Glutamic-oxal acteic transaminase (IU/L)	69.4	72.4	3.89	0.45
Glutamate-pyruvate transiniase (IU/L)	25.4	26.8	1.98	0.76
Alkaline phosphatase (IU/L)	46.3	44.5	1.78	0.42
Creatine phosphokinase (IU/L)	154	178	38.1	0.73
Lactate dehydrogenase (IU/L)	664	687	31.8	0.54
90 days after trial				
Glutamic-oxal acteic transaminase (IU/L)	70.5	72.8	4.78	0.59
Glutamate-pyruvate transiniase (IU/L)	25.6	26.8	1.89	0.63
Alkaline phosphatase (IU/L)	45.2	44.3	1.87	0.51
Creatine phosphokinase (IU/L)	167	187	30.6	0.78
Lactate dehydrogenase (IU/L)	673	681	34.2	0.87
120 days after trial				
Glutamic-oxal acteic transaminase (IU/L)	68.4	68.6	2.45	0.89
Glutamate-pyruvate transiniase (IU/L)	24.6	24.8	1.32	0.91
Alkaline phosphatase (IU/L)	44.1	42.7	1.64	0.65
Creatine phosphokinase (IU/L)	146	178	38.3	0.52
Lactate dehydrogenase (IU/L)	650	664	35.4	0.86

結 論

高溫濕度指數下 (THI 約 74.5) 連續 120 天提供夜間運動場對牛隻行動分數有減緩趨勢，但是試驗 30 至 90 天有降低乾物質採食量與產乳量以及提高體溫與呼吸次數之傾向。熱季期間荷蘭泌乳牛是否提供取代於夜間運動場須同時考量當地的氣候狀況，以及運動場是否提供風扇與噴霧等降溫設施，使提供牛隻較為舒適之飼養環境。

誌 謝

試驗期間承畜產試驗所畜產經營組同仁的現場飼養管理，營養組的飼料化驗分析及北區分所 DHI 的乳品質檢驗，謹致謝忱。

參考文獻

- 李國華。2013。乳牛蹄部健康管理。酪農天地 105：25-30。
- 張俊達、范耕榛。2022。熱季提供隧道牛舍夜間舍外運動場對荷蘭泌乳牛健康與性能之影響。畜產研究 55(3)：157-165。
- Abeni, G., 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.
- Bergsten, C., J. Carlsson, and M. Jansson Mörk. 2015. Influence of grazing management on claw disorders in Swedish freestall dairies with mandatory grazing. *J. Dairy Sci.* 98: 6151-6162.
- Cha, E., J. A. Hert, D. Bar, and Y. T. Gröhn. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev. Vet. Med.* 97: 1-8.
- Chase, L. E. 2006. Climate change impacts on dairy science. In: *Climate change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses*, held at March 7 th, Baltimore, MD, USA.
- Chastain, J. P. and L. W. Turner. 1994. practical results of a model of direct evaporative cooling of dairy cows. Pages 337-352 in *Proc. 3 Int. rd Dairy Housing Conf. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.*
- Cook, N. B., R. L. Mentink, T. B. Bennett, and K. Burgi. 2004. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90: 1674-1682.
- Flower, F. C. and D. M. Weary. 2006. Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *J. Dairy Sci.* 89: 139-146.
- Gabriela, O., L. Boyle, A. Hanlon, J. Patton, J. J. Murphy, and J. F. Mee. 2009. Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. *Lives. Sci.* 125: 199-207.
- Goldberg, J. J., E. E. Wildman, J. W. Pankey, J. R. Kunkel, D. B. Howard, and B. M. Murphy. 1992. The influence of intensively managed rotational grazing, traditional continuous grazing, and confinement housing on bulk tank milk quality and udder health. *J. Dairy Sci.* 75(1): 96-104.
- Hayirli, A., D. R. Bremmer, S. J. Bertics, M. T. Socha, and R. R. Grummer. 2001. Effect of chromium supplementation on production and metabolic parameters in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84: 1218-1230.
- Kaneko, J. J., J. W. Harvey, and L. M. Brass. 1997. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5th Edn. Academic Press, London, pp: 303-305.
- Kunkel, H. O., D. K. Stokes, Jr., W. B. Anthony, and M. F. Futrell. 1953. Serum alkaline phosphate activity in European and Brahman breeds of cattle and their crossbred types. *J. Anim. Sci.* 12: 765-770.
- Li, J. J., R. Z. Sang, S. J. Tian, Y. B. Ma, and Z. M. Zhou, 2001. Heat stress and variation of blood component in cattle. *Eco. Dome. Anim.* 22: 56-59.
- Min, L., J. Cheng, S. Zhao, H. Tian, Y. Zhang, S. Li, H. Yang, N. Zheng, and J. Wang. 2016. Plasma-based proteomics reveals immune response, complement and coagulation cascades pathway shifts in heat-stressed lactating dairy cows. *J. Prot.* 146: 99-108.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 1976. *Livestock hot weather stress. Regional Operations Manual Letter C-31-76.* US Dept. Commerce, National Oceanic and Atmospheric Admin., Natl. Weather Service Central Region, Kansas City, Missouri, USA.
- National Research Council. 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 8th ed. Washington, DC: The National Academy Press.
- Padilla, L., T. Matsui, Y. Kamiya, M. Tanaka, and H. Yano. 2006. Heat stress decreases plasma vitamin C concentration in lactating cows. *Lives. Sci.* 101: 300-304.
- Robinson, P. H. 2001. Locomotion scoring cows. *California Dairy* 92: 20-21.
- SAS. 2002. *SAS User's guide: basics*, 2002 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.
- Schmid, M. and M. von Forstner. 1986. *Laboratory testing in veterinary medicine diagnosis and clinical monitoring.* Boehringer Mannheim GmbH, Mannheim, Germany.
- Shiao, T. F., J. C. Chen, D. W. Yang, S. N. Lee, C. F. Lee, and W. T. K. Cheng. 2011. Feasibility assessment of a tunnel-ventilated, water-padded barn on alleviation of heat stress for lactating Holstein cows in a humid area. *J. Dairy Sci.* 94:

5393-5404.

- Silvanam, P., B. Cristin, E. Cristina, E. Mahdy, and D. Andrea. 2013. revalence and Severity of Lameness in Dairy Cows Housed in Free-stall Barns from Transylvania. *Anim. Sci. Biotech.* 46: 226-231.
- Stojevi, Z., J. Piršljn, S. Milinkovi-Tur, M. Zdelar-Tuk, and B. B. Ljubi. 2005. Activities of AST, ALT and GGT in clinically healthy dairy cows during lactation and in the dry period. *Vet. Arh.* 75: 67-73.
- Vijay, K. 2005. Effect of thermal stress management on nutri-tional, physiological and behavioural responses of buffalo heifers. Ph D Thesis. Deemed Univ. IndianVet. Res. Inst., Izatnagar, India.

Effect of exercise ground at night on milk performance and cows locomotion score of early lactation Holstein dairy under hot season ⁽¹⁾

Chun-Ta Chang ⁽²⁾⁽³⁾ Geng-Jen Fan ⁽²⁾ Szu-Han Wang ⁽³⁾ and Ling-Tsai Wu ⁽⁴⁾

Received: Feb. 22, 2024; Accepted: Apr. 23, 2024

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of exercise ground at night on locomotion score and milking performance of Holstein lactating cows under high temperature-humidity environment. A total of 16 Holstein lactating cows were assigned into two groups according to their milk yield, parity, days in milk, and body weight. This experiment is divided into control group (indoor housing all day) and treatment group (indoor housing during the day and exercise ground at night) for 120 days. The environmental parameters of the cowshed (temperature, humidity), locomotion score, feed intake, body temperature, respiratory times and lactation performance (milk production and milk composition) were measured. The results showed that during the same period (16:00 to 04:00 the next day), the ventilation tunnel barn's average temperature and humidity index was 74.2 ± 2.4 units, while the average temperature and humidity index of the night exercise was 74.9 ± 2.5 . Providing exercise at night for 120 days tended to retard locomotion scores (2.44 vs. 2.19). After 30 to 90 days of exercise at night, the cattle's dry matter intake and milk production tended to decrease, and their body temperature and respiratory rate increased. However, there was no significant difference after 120 days. Milk composition and blood properties were not significantly affected by treatment. From the above results, it is trendy to exercise ground at night under a high temperature-humidity environment, which could help improve cow's hoof health. However, whether lactating cows were kept in exercise at night during the hot season must also consider the local climate conditions and whether the exercise provides fans and sprays. Cooling facilities were provided to provide a more comfortable feeding environment for cattle.

Key words: Holstein lactating cows, Milking performance, Locomotion score, Temperature Humidity Index (THI).

(1) Contribution No. 2786 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Northern Region Branch, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Animal Products Processing Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

人工智慧在家畜動物研究的系統性回顧⁽¹⁾

朱育霆⁽²⁾⁽³⁾ 謝郁萱⁽²⁾ 劉于婕⁽²⁾ 吳晉東⁽²⁾ 黃國豪⁽²⁾

收件日期：113 年 2 月 23 日；接受日期：113 年 4 月 24 日

摘 要

人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 在畜牧業中的應用日益受矚目，特別是在提升生產效率、動物健康監測、個體辨識和飼餵技術改進等方面。本文聚焦 2014 至 2023 年的研究，探討人工智慧在畜牧業的討論面向、研究對象以及使用哪些技術。本研究使用 Web of Science 資料庫進行蒐集，篩選出 30 篇文章做為主要研究論文。我們發現畜牧業的應用中，討論面向包含動物行為、個體辨識、餵養輔助、健康評估、育種繁殖、計數等，而研究對象聚焦於牛、豬、羊等在全球具有高經濟與高食用價值的動物。另外，使用深度學習技術的研究高於使用機器學習技術的研究，透過先進科技，人工智慧將可優化畜牧業管理和生產流程，為畜牧業未來的發展做出實質貢獻。

關鍵詞：畜牧業、牲畜、人工智慧、機器學習、深度學習。

緒 言

I. 研究動機與目的

對畜牧業而言，動物的健康、飼養和育種等方面都是重要的課題。傳統上，這些任務通常需要仰賴專業人員或獸醫，然而，這種方式可能伴隨高昂的人力成本。隨著新興技術如人工智慧的發展，畜牧業也開始導入相關應用，期望更有效率地執行這些任務。

Fuentes *et al.* (2022) 回顧了 2007 至 2021 年間，生物特徵技術在「健康與福祉」、「識別技術」、「其他複雜問題」的應用，並細分動物種類：牛、羊、豬分別討論。然而，人工智慧在畜牧業的應用廣泛且變化快速，新的面向與技術不斷推陳出新，因此，本研究將聚焦於近十年 (2014 至 2023 年) 的相關研究。

首先，我們將回顧人工智慧在畜牧業的討論面向，藉此深入了解人工智慧在畜牧業中的實際應用情境。其次，本研究將關注人工智慧在畜牧業中的研究對象，分析選用動物種類與相對應的研究場景；本文也將深入研究人工智慧在畜牧業的技術面向，透過對數據分析、監控系統和預測模型等技術的探討，我們旨在揭示人工智慧如何透過先進的科技手段優化畜牧業的管理和生產流程。

根據本文所建立的研究框架，這項研究不僅對畜牧業的當前發展具有重要意義，更為未來的可持續發展提供了實質貢獻。

II. 研究問題

- 2014 至 2023 年人工智慧應用於畜牧業的面向。
- 2014 至 2023 年人工智慧應用於畜牧業鎖定的研究對象。
- 2014 至 2023 年人工智慧應用於畜牧業的技術。
- 2014 至 2023 年人工智慧應用於畜牧業的特徵來源。
- 2014 至 2023 年人工智慧應用於畜牧業的應用目的。

材料與方法

本研究以 Web of Science 資料庫進行文獻蒐集，主要探討畜牧業和人工智慧之間的關聯。從表 1 顯示，我們根

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2787 號。

(2) 雲林科技大學智慧數據科學研究所，64002 雲林縣斗六市大學路三段 123 號。

(3) 通訊作者，E-mail: pig22630445@gmail.com。

據研究問題將關鍵字分成兩大項，分別是畜牧業和人工智慧。在畜牧業方面，關鍵字包括「畜牧業 (Animal husbandry)」和「牲畜 (Livestock)」；在人工智慧方面，則包括「人工智慧 (AI)」、「機器學習 (Machine learning)」和「深度學習 (Deep learning)」，總共取得五個關鍵字。透過這五個關鍵字的組合，我們總共搜尋到 987 篇文章。

篩選條件方面，我們設定了以下條件：(i) 期刊、科學文章，(ii) 2014 年之後發表，(iii) 引用次數較高，(iv) 有明確指出研究方向，(v) 研究對象為四隻腳的畜牧動物，(vi) 有使用到人工智慧技術。前兩項條件使用 Web of Science 資料庫內建的篩選條件，總共篩選出 789 篇論文。隨後，根據引用次數高低排序，選出引用次數最高的 90 篇論文。最後，通過人工篩選方式，依照後三項篩選條件，最終確定 30 篇論文作為本研究的主要參考文獻。

綜合以上的關鍵字搜尋及篩選條件過濾，圖 1 顯示在 987 篇論文中，成功取得 30 篇符合研究條件的作品，為進一步深入探討畜牧業與人工智慧之間的關聯提供了有力的文獻基礎。

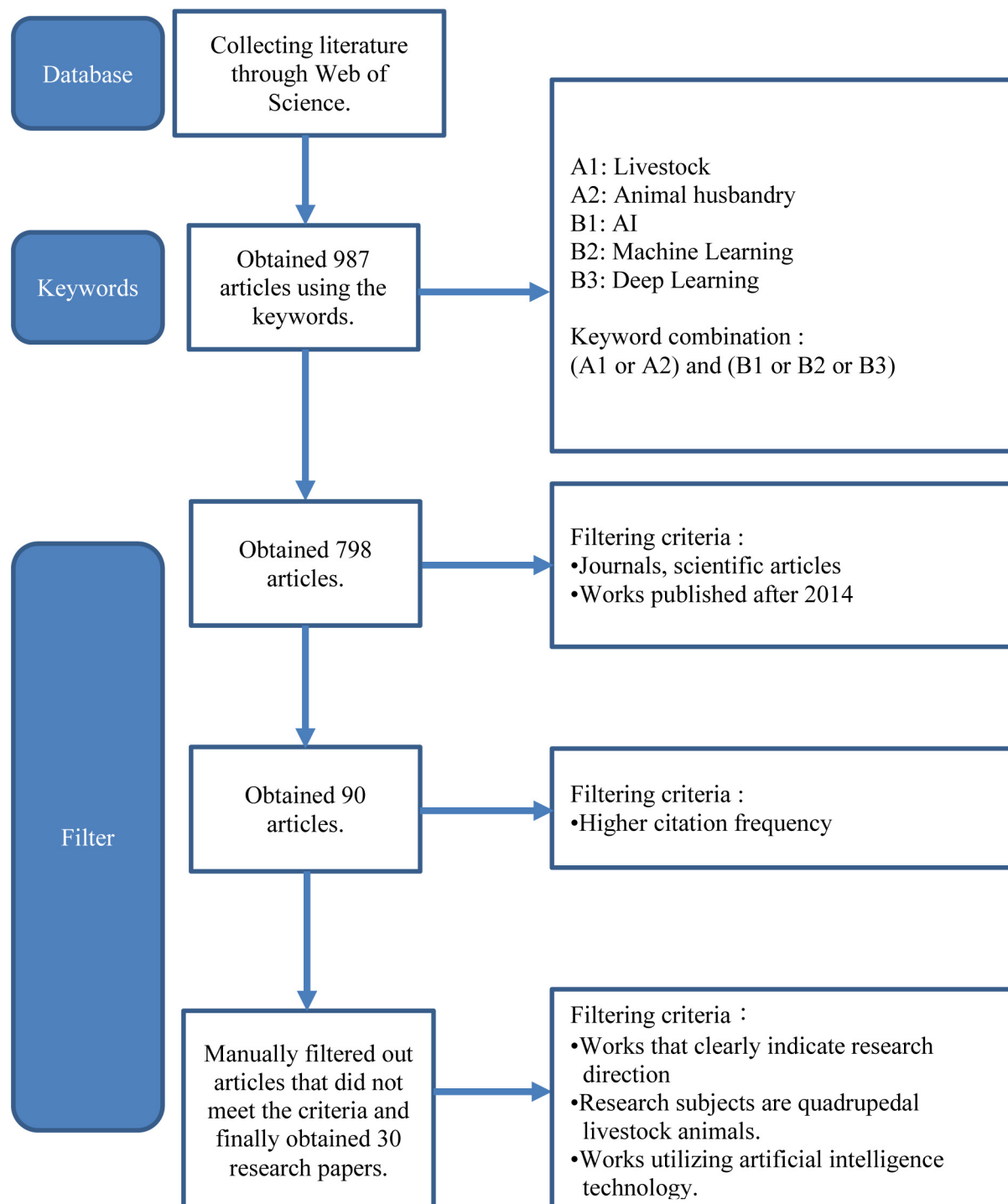


圖 1. 論文篩選流程圖。

Fig. 1. Paper screening flow chart.

表 1. 關鍵字組合

Table 1. Keyword combinations

Animal husbandry		Artificial Intelligence		Search equation
A1	Livestock	B1	AI	(A1 or A2) and (B1 or B2 or B3)
A2	Animal husbandry	B2	Machine learning	
		B3	Deep learning	

結果與討論

I. 人工智慧應用於畜牧業的面向

我們將蒐集到的文獻所討論的面向，分成動物行為、個體辨識、餵養輔助、健康評估、育種繁殖、計數等六個面向作為討論，並做成圖 2 之統計圖表。從結果可看出，動物行為佔據 40% 的比例為最大宗，研究多以機器學習技術直接針對動物的行為（如反芻、步行、站立、躺臥等）分類，或是以深度學習技術來預測動物的行為。個體辨識以 33.3% 的占比位居第二名，大多以深度學習技術辨識動物個體，其中又以 Convolutional Neural Network (CNN) 模型應用最多。其餘 4 種面向則無相差太多，僅各占些許比例。

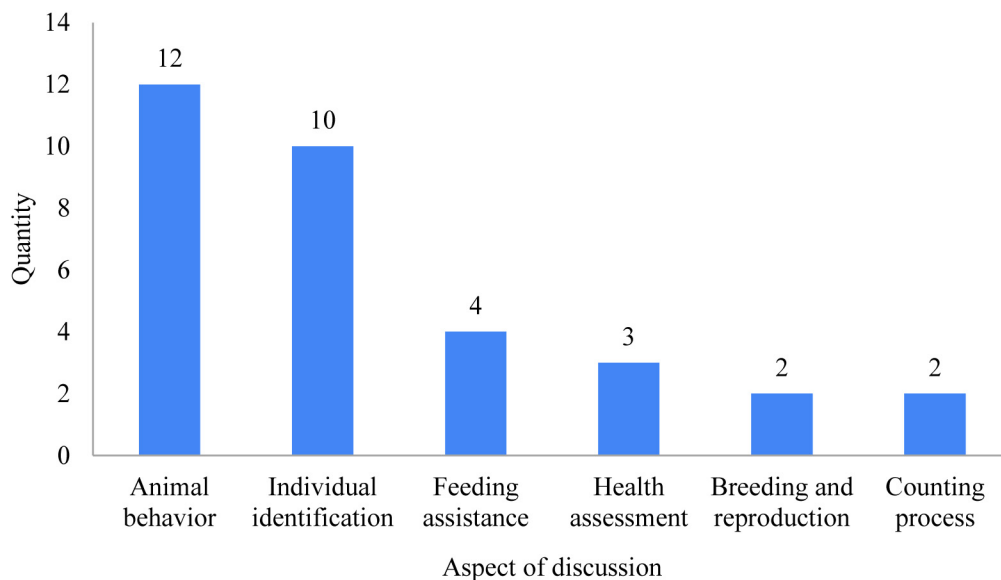


圖 2. 討論面向分布。

Fig. 2. Discussion oriented distribution.

(i) 動物行為：

從文獻的搜索中，對於動物行為辨識的研究也很多。Dutta *et al.* (2015) 使用監督式機器學習和項圈對動態的牛隻進行行為分類，利用 Bagging、Random Subspace、AdaBoost 等方法與傳統監督方法進行比較。Smith *et al.* (2016) 提出了一種基於 one-vs-all 框架的行為分類方法，他訓練了一組二元分類器，將其中一個行為與其他行為類別區分開來，針對了乳牛反芻、休息、步行等多種行為進行分類。Fuentes *et al.* (2020) 提出了一個自動辨識牛多種行為的框架，是利用一種基於深度學習的時空資訊辨別牛的方法，能夠有效的識別 15 種不同的分層活動。Watanabe *et al.* (2021) 使用 Random Forest (RF)、Support Vector Machine (SVM)、Naive Bayes Classifier (NBC) 等三種機器學習演算法，針對牛的行為預測，其中 RF 的整體準確率是最高的。Shakeel *et al.* (2022) 也提出了一個基於深度學習的行為識別和計算方案來預測乳牛的行為，主要目標是分析乳牛活動時預測觀察到的動物行為。Mehdizadeh *et al.* (2023) 使用聲音訊號頻譜進行特徵提取，並使用 Naive Bayes、K-nearest neighbor (KNN)、Support Vector Machine (SVM)、Decision Tree (DT)、Multi-layer Perceptron (MLP)、K-means Clustering 等六種機器學習分類器，為乳牛的咀嚼及反芻行為進行分類。Guo *et al.* (2023) 提出一種 You Only Look Once (YOLO) v5s-CA+DeepSORT-Vit 的深度學習方法，目的是針對乳牛會有姿勢變形或運動不規律的狀況，進而改善乳牛追蹤的效果。

在豬的行為分類中，Zhang *et al.* (2018) 在深度學習框架上引入了 Faster R-CNN 檢測器，可以識別母豬坐立、站立、胸臥、腹臥、側臥等五種姿勢，並獲得母豬的正確位置。Nasirahmadi *et al.* (2019) 提出了一個深度學習和機器視覺方法，包含 Faster R-CNN、Single Shot MultiBox Detector、R-Fully Convolutional Networks 三種卷積神經網路，目標是確定深度學習與二維影像方法是否能夠用於豬的站立及躺臥姿勢，其中 R-FCN 可以得到超過 0.93 的 mAP。Riekert *et al.* (2020) 也透過 2D 相機成像及深度學習方法，利用 Faster R-CNN 及 Neural Architecture Search 神經架構搜尋進行特徵提取，來偵測豬的位置和姿勢。Low *et al.* (2022) 使用 Convolutional Neural Network-Long Short-term Memory (CNN-LSTM) 網路，並以 ResNet34 作為 CNN 主幹模型來對豬的玩耍行為進行分類，並得到超過 92% 準確率。

Mansbridge *et al.* (2018) 利用 Random Forest、Support Vector Machine、K Nearest Neighbor、Adaboost 等四種機器學習分類器對綿羊的放牧及反芻行為進行分類，並比較各種分類器的演算法，其中以 RF 的整體準確率最高，項圈準確率為 92%，耳朵的準確率 91%。

(ii) 個體辨識：

大部分蒐集到的文獻都跟個體辨識有關。Achour *et al.* (2020) 使用了 Convolutional Neural Network (CNN) 模型對乳牛個體進行識別，並獲得高達 97% 的準確度。Li *et al.* (2021) 提出了 Alexnet 骨架網路，目的是為了解決複雜背景下的乳牛偵測，並改善了模型高參數、辨識速度慢等缺陷。Dang *et al.* (2022) 利用深度學習框架來提高乳牛的影像品質，並使用立體資料來產生 RGB-D 的影像，以及使用 CREStereo 神經網路生成深度影像作為資料處理。Kumar *et al.* (2018) 根據牛的主要的口鼻圖案特徵來識別牛隻，並利用去噪自動編碼技術對提取的圖像進行編碼訓練，並透過即時的牛隻識別驗證，而改善牛隻丟失或被誤認的問題。Qiao *et al.* (2019) 利用 Mask R-CNN 模型對牛隻進行分割及輪廓的提取，以用於精準畜牧業。Lee *et al.* (2023) 也使用了 YOLOv8 對牛的口鼻圖案進行訓練，並透過口鼻圖案來辨識出牛的個體。

在 CNN 的表現，不僅用在牛隻上，在其他的動物也有其他應用。Hansen 等人 (2018) 利用 CNN 模型對農場的豬進行豬臉辨識，Psota *et al.* (2019) 也使用 CNN 模型對豬的部位進行檢測，Kellenberger *et al.* (2018) 則利用了 CNN 模型對野生羚羊進行普查的作業，三者的準確度都高達了 90% 以上。

(iii) 餵養輔助：

Achour *et al.* (2020) 利用 CNN 模型的不同分類器來監測採食行為，並使用多種 CNN 來給予不同的用途，有負責檢測乳牛的存在；有用來確定乳牛在餵食器前面的動作；還有用來檢查餵食器裡是否有食物，及識別食物種類等。Bezen *et al.* (2020) 也利用了 CNN 模型，並結合 RGB (Red Green Blue-D) 相機的電腦視覺系統，用來推估乳牛個體採食量，並得到 93.65% 的準確度。Guo *et al.* (2023) 利用 YOLOv5s-CA+DeepSORT-Vit 的方法針對臉乳牛臉部追蹤，並在此情況下進一步探討乳牛的採食頻率，有利於估計乳牛的採食行為和採食量。

(iv) 健康評估：

Alvarez *et al.* (2018) 提到 Body Condition Score (BCS) 是一種用於估計乳牛體脂肪和累積能量平衡的方法，將會影響到乳牛的產乳量及健康等，針對這部分也提出了一種基於 CNN 的系統來改進 BCS 的自動估計，該系統也有良好的估計結果，BCS 估計與真實值差異在 0.5 個單位以內的總體準確率為 94%。Dineva and Atanasova (2023) 使用 K Nearest Neighbor (KNN)、Gaussian Naïve Bayes (GNB)、Decision Tree Classifiers (DTC)、XGBoost、Random Forest Classifiers (RFC) 等五種機器學習方法和資料管理對乳牛的健康狀況進行分類，可將健康狀況分為健康、可疑、不健康等三類，其中以 RFC 獲得最高的結果，其準確率達到 0.959，召回率 0.954 及精確度 0.97。Dang *et al.* (2022) 針對 Multilayer Perceptron、K-Nearest Neighbor、Light Gradient Boosting Machine、TabNet、FT-Transformer 等多種監督式機器學習演算法，使用十個身體測量值作為輸入特徵來估計牛體重的可行性，其中以 LightGBM 為最佳效果的模型。

(v) 育種繁殖：

Vázquez-Diosdado *et al.* (2023) 透過網狀腸控獲得的活動、溫度和飲水特徵，提前 1 – 5 天內預測乳牛的產犢日期，在提前 2 天預測產犢的靈敏度為 75.84%，特异性為 92.99%。Campanholi *et al.* (2023) 利用三種 AI 模型預測牛的體外胚胎生產 (In Vitro Embryo Production)，並使用 Artificial Neural Network (ANN) 演算法，其中 ANN 1 取得最好的結果，正確預測出 147 個胚胎的產生，但在盲測的情況下，ANN 3 在 58 個數據中準確預測了 72.4% 的胚胎產量，因此認為模型 3 較為理想。

(vi) 計數：

Tian *et al.* (2019) 根據 ResNeXt 的結構提出了 Counting CNN 模型，此模型是一種改進的計數卷積神經

網路，用來計算豬的數量，並得到平均誤差為 1.67 的結果。Xu *et al.* (2020) 利用實例分割 Mask R – CNN 在粗放生產牧場及飼養場等場域中牛計數的應用，在牧場上計算牛的數量達到 94% 的準確度，而在飼養場計算牛的準確度也有高達 92%。

II. 人工智慧應用於畜牧業鎖定的研究對象

如圖 3 所示，研究對象大多都以國家主要飼養或食用的動物，且按照研究對象的論文數依序為在全球具有高經濟價值與高食用價值的牛、豬、羊作為主要研究對象，其中又以牛的比例最高 (67%)，其次為豬。

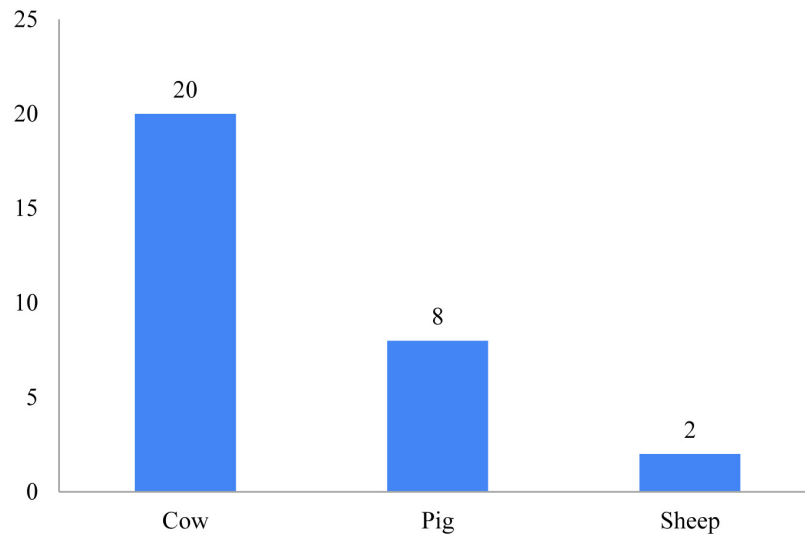


圖 3. 研究對象分布。

Fig. 3. Distribution of research objects.

(i) 牛

牛隻在人工智慧的應用主要是在研究牛隻的個體辨識或動物行為、餵養監測、健康狀況評估等。

1. 在牛隻的個體辨識中有在複雜背景影像中牛隻個體的辨識 (Li *et al.*, 2021) 或因為牛隻的身體姿勢不同和運動的不規律使得追蹤牛群中的個體動物變得非常具有挑戰性，因此使用 YOLOv5 來實現精確追蹤的目的 (Guo *et al.*, 2023)。
2. 在牛隻的行為中有在影片中使用深度學習和 RGB 攝影機設備辨識出牛隻的當下行為 (Fuentes *et al.*, 2020) 也有使用各種監督機器學習技術對使用帶有 3 軸加速度計和磁力計的項圈系統進行牛隻行為的分類、判斷 (Dutta *et al.*, 2015)。
3. 在牛隻的餵養監測中有使用 CNN 模型和低成本 RGB-D 相機測量乳牛個體採食量 (Bezen *et al.*, 2020) 也有使用 CNN 模型監測餵食器區域是否有牛隻、牛隻是否進食和確認餵食器中食物的可食用性 (Achour *et al.*, 2020)。
4. 在牛隻的健康狀況評估中有使用 CNN 的系統來優化 BCS 的自動化估計 (Alvarez *et al.*, 2018)。

(ii) 豬

豬隻在人工智慧的應用主要是在研究豬隻的個體或動物行為、餵養輔助等。

1. 在豬隻的個體辨識中有使用 CNN 來檢測豬隻的位置和方向 (Psota *et al.*, 2019) 和使用 Fisherfaces、VGG-Face 及 CNN 辨識豬隻臉部特徵以分辨豬隻個體 (Hansen *et al.*, 2018)。
2. 在豬隻的行為辨識中有使用 Faster R-CNN、SSD 和 R-FCN，結合 Inception V2、Residual Network 對 RGB 影像的 ResNet 和 Inception ResNet V2 特徵提取以辨識豬隻行為 (Nasirahmadi *et al.*, 2019) 和透過 2D 相機成像和深度學習自動偵測豬的位置和姿勢 (Riekert *et al.*, 2020)。
3. 在豬隻的餵養輔助中有使用無監督和監督機器學習方法，根據農民對技術採用的態度，分析其精準畜牧養殖技術的準備程度 (Mallinger *et al.*, 2023)。

(iii) 羊

羊隻在人工智慧的應用主要是在研究羊隻的個體及行為辨識等。

1. 在羊隻的個體辨識中有使用深度學習解決無人機影像中大區域、大數據的羊隻偵測問題 (Kellenberger *et al.*, 2018)。

2. 在羊隻的行為辨識中有透過安裝在耳朵和項圈上的感測器從羊隻身上收集數據，再使用隨機森林、SVM、KNN 從訊號中提取的多個特徵進行重要性排序，以了解羊隻飲食行為的分類，可用於開發一種自動監測綿羊隻採食量的裝置 (Mansbridge *et al.*, 2018)。

III. 人工智慧應用於畜牧業的技術

人工智慧 (AI) 廣義來說是指電腦可以模擬人類的行為，機器學習 (ML)、深度學習 (DL) 等技術皆包含在內。機器學習是一種從數據中學習並提取特徵，使機器能夠完成特定任務的技術，傳統的機器學習通常需要進行特徵工程，其中人們需要手動從原始資料中選擇和提取特徵，並為這些特徵分配權重；而深度學習是機器學習的一個分支，主要基於類似人類大腦神經元結構的人工神經網路，深度學習的特點是使用多層神經網路來自動地學習和提取複雜的特徵。

依照上述特質，將蒐集到的研究論文所使用的技術，分類為機器學習與深度學習。從圖 4 得知，使用深度學習技術的研究明顯高於使用機器學習技術的研究，為其兩倍以上。

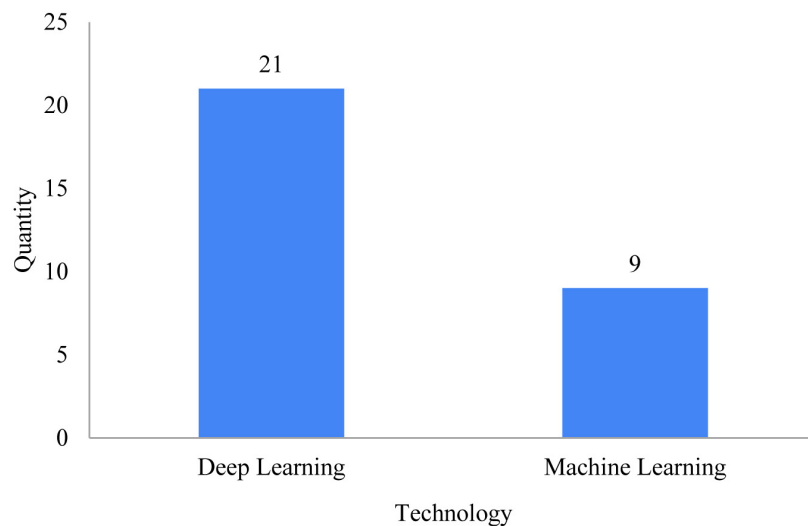


圖 4. 使用技術分布。

Fig. 4. Usage technology distribution.

(i) 深度學習

根據圖 5 統計資料可知，深度學習技術最常被應用於「個體辨識」及「動物行為」，分別有 9 篇、7 篇研究論文。深度學習技術包括 CNN、YOLO 模型等。Achour *et al.* (2020)、Psota *et al.* (2019)、Hansen *et al.* (2018)、Bezen *et al.* (2020)、Kumar *et al.* (2018) 都在研究中建立 CNN 模型，針對牛、豬個體進行不同部位的識別；Qiao *et al.* (2019) 利用 Mask R-CNN 模型對牛隻影像進行分割及提取輪廓；Li *et al.* (2021) 使用 Alexnet 架構辨識牛隻個體；Lee *et al.* (2023) 則透過 YOLOv8 演算法設計牛隻的口鼻辨識系統。

在行為辨識上，Zheng *et al.* (2018) 透過 Faster R-CNN 模型，識別母豬的姿勢及位置；Nasirahmadi *et al.* (2019) 提出一個包含 Faster R-CNN、SSD、R-FCN 等三種卷積神經網路的模型，辨識豬的站立及躺臥姿勢；Rickert *et al.* (2020) 則是利用 Faster R-CNN 及 NAS 神經架構搜尋進行特徵提取，來偵測豬的位置和姿勢；Fuentes *et al.* (2020) 使用 Faster R-CNN、YOLOv3 架構，提出牛隻行為辨識的方法。以上四篇論文皆使用 Faster R-CNN 模型進行行為辨識，相關研究不少。另外，Beng *et al.* (2022) 使用 CNN-LSTM 架構，針對豬的玩耍行為進行分類；Shakeel *et al.* (2022) 也提出了一個基於深度學習的行為識別方法來預測乳牛的行為。

(ii) 機器學習

根據圖 5 數據顯示，機器學習技術最常被應用的面向是「動物行為」。機器學習技術包括 RF、SVM、KNN、AdaBoost 及 Naive Bayes 等。Dutta *et al.* (2015)、Smith *et al.* (2016) 利用配備有三軸加速度計的項圈收集資料，並使用二元樹、Naive Bayes、KNN 等技術，針對牛隻行為建立分類器；Mansbridge *et al.* (2018) 使用穿戴式裝置 (連接耳朵標籤、項圈) 收集感測器資料，再利用 RF、SVM、KNN、AdaBoost 四種機器學習演算法對綿羊的放牧及飲食行為進行分類；Mehdizadeh *et al.* (2023) 則是透過麥克風捕捉牛在咀嚼時所發出的聲音，並使用 Naive Bayes、KNN、SVM、DT、MLP、k-means clustering 技術，針對牛的咀嚼行為做出準確分類。

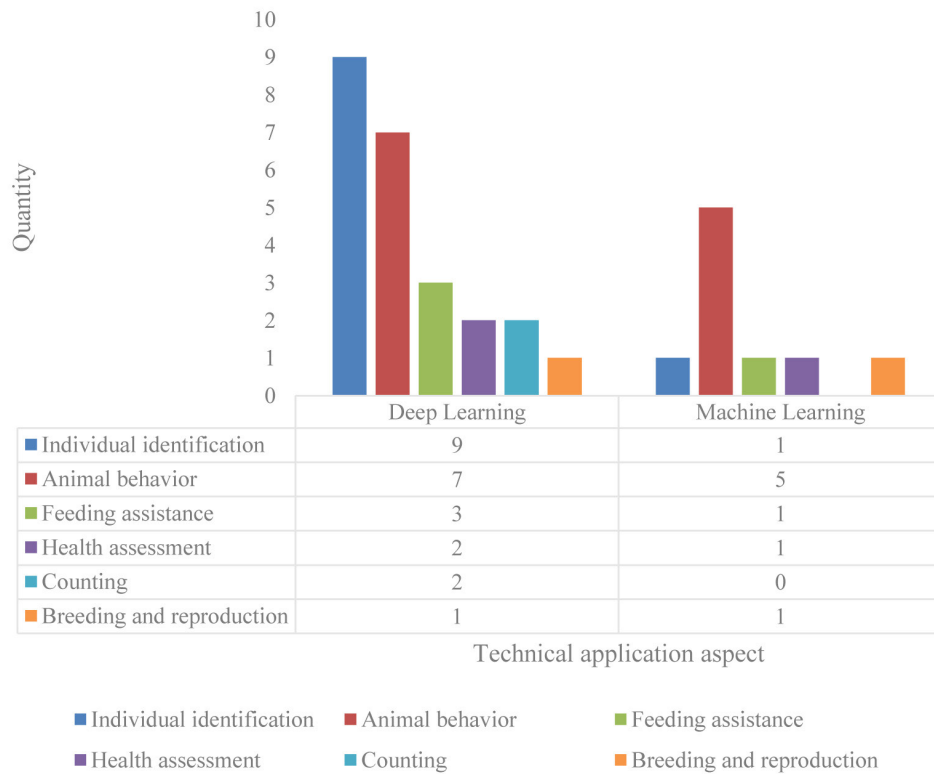


圖 5. 技術應用面向分布。

Fig. 5. Technology application orientation distribution.

IV. 人工智慧應用於畜牧業的特徵來源

從圖 6 的統計來看，這些文獻當中，可以發現大多的特徵來源取自於影像蒐集 (19 篇，63.4%)，利用攝影設備取得大量的影像，並將這些影像做處理，使其作為機器訓練的資料，並達到影像辨識的功用。其次的特徵來源是感測器的資料 (7 篇，23.3%)，利用導入感測器的項圈或晶片等配件對動物蒐集資料，進而將這些資料丟入機器模型訓練。其他還有從現有的資料做統計整理 (3 篇，10.0%) 及聲音 (3 篇，3.3%) 作為特徵來源的使用。

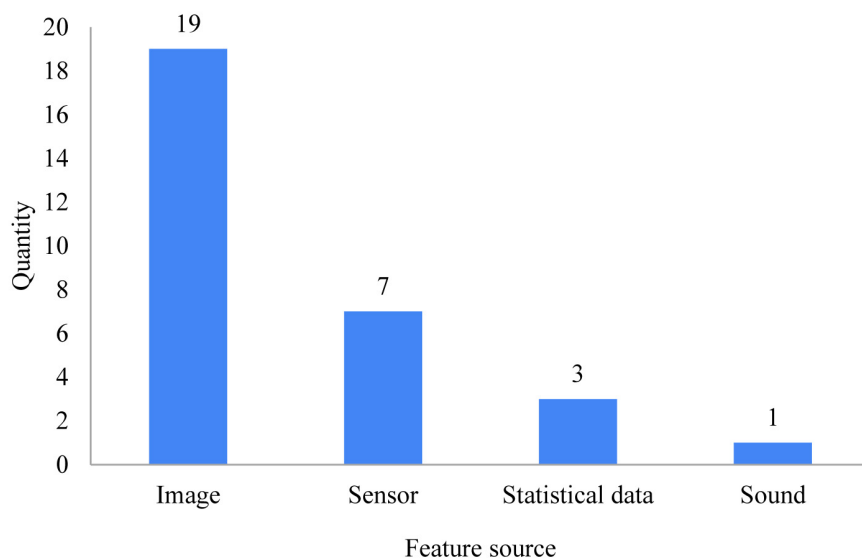


圖 6. 特徵來源分布。

Fig. 6. Distribution of feature sources.

影像辨識在畜牧業的應用很廣泛，因此其特徵來源大多來自影像。Achour *et al.* (2020)、Alvarez *et al.* (2018)、Fuentes *et al.* (2020)、Qiao *et al.* (2019) 等研究都使用牛的身體影像作為其特徵來源。而 Kumar *et al.* (2018)、Lee *et al.* (2023) 僅針對牛的口鼻圖案作為特徵來源。Nasirahmadi *et al.* (2019)、Rieckert *et al.* (2020)、

Tian *et al.* (2019)、Zheng *et al.* (2018) 的研究都是以整隻豬的影像作為其特徵來源。Hansen *et al.* (2018) 僅針對豬的臉部作為特徵來源，Psota *et al.* (2019) 則是針對豬的不同部位作為特徵來源。前面作者都是直接用動物照片作為特徵來源，Fuentes *et al.* (2020)、Guo *et al.* (2023)、Low *et al.* (2022) 則是先錄製動物的影片，再從影片擷取成圖片作為特徵來源，都屬於影像的部分。

其次是利用感測器蒐集到的資訊作為特徵來源，Dutta *et al.* (2015)、Smith *et al.* (2016) 都讓動物配戴附有感測器的項圈，並根據項圈接收到的數據作為特徵來源，Shakeel *et al.* (2022) 則是利用晶片作為接收數據的工具，這些都是利用感測器作為特徵來源的研究。

V. 人工智慧應用於畜牧業的應用目的

我們將這些文獻的應用目的分成監測、預測評估、分類、計數等四類，從圖 7 可發現，由占比多到少分別是監測 (13 篇，43.3%)、預測評估 (9 篇，30.0%)、分類 (5 篇，16.7%)，最少的是計數 (3 篇，10.0%)。由此可知這幾個類別對畜牧業很重要，特別是監測動物的部分，並且對生產養殖有很大的影響。

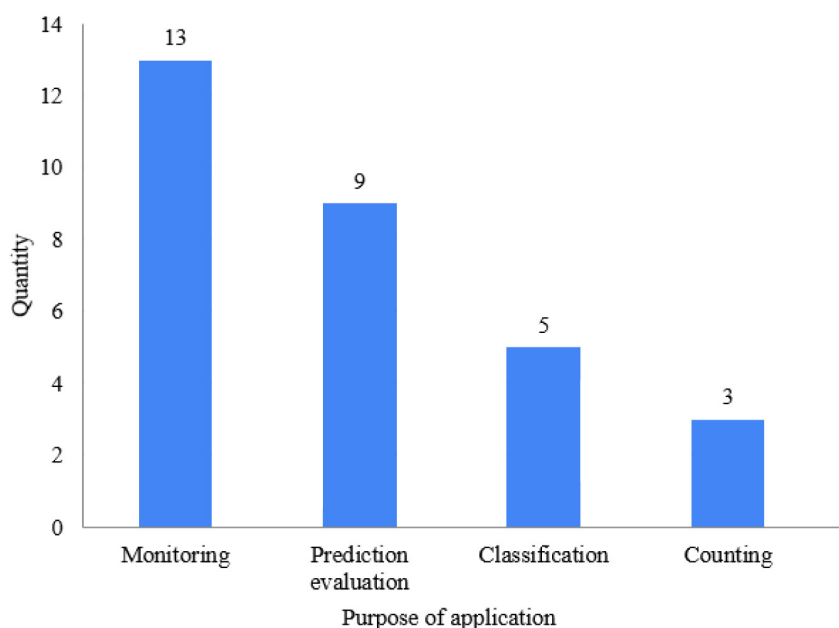


圖 7. 應用目的分布。

Fig. 7. Distribution of application purposes.

人工智慧在畜牧業應用最多的是監測。Achour *et al.* (2020) 用來監測乳牛餵食行為，Guo *et al.* (2023) 用來追蹤牛隻及監測餵食狀況，Dineva *et al.* (2023) 用來監測乳牛的健康狀況。Nasirahmadi *et al.* (2019) 則是監測豬的行為，Rickert *et al.* (2020) 是對豬的位置及姿勢進行監測。這些都是用來監控畜牧動物，管理動物的應用狀況，也是在應用上最主要的方向。

人工智慧在畜牧業應用第二多的是預測評估。Alvarez *et al.* (2018) 用來評估乳牛的身體狀況，Bezen *et al.* (2020) 用來評估牛飼料的消耗狀況，Vázquez-Diosdado *et al.* (2023) 用來作為乳牛的產犢預測，Dang *et al.* (2022) 用來估算牛隻的重量。綜合上述，對於飼料的消耗、動物體重、身體狀況及生產等預測評估，是在畜牧業很重要的議題。

最後是動物分類及計數，相關的研究較前者少。Dutta *et al.* (2015) 對牛進行行為分類，Smith *et al.* (2016) 也針對乳牛的放牧、反芻、休息、走路等行為分類。Mansbridge *et al.* (2018) 則是對綿羊的放牧及反芻行為分類。在計數的應用，Xu *et al.* (2020) 用來計算牛的数量，Tian *et al.* (2019) 則是用來計算豬的数量。

結 論

I. 結論

人工智慧 (AI) 的發展使得畜牧研究領域迎來了一個全新的時代。AI 的廣泛應用包括機器學習 (ML) 和深度學習 (DL) 等技術，這些技術不僅擁有模擬人類行為的能力，還能夠透過數據學習提取特徵，使機器能夠執行特

定的任務。在畜牧研究中，主要聚焦於牛、豬、羊等全球經濟價值和食用價值較高的動物。這些動物的動物行為、個體辨識、餵養管理、健康評估成為了 AI 應用的主要方向。深度學習技術在畜牧研究中佔據主導地位，Fuentes *et al.* (2022) 的回顧主要針對健康和福利評估及其他辨識在畜牧業的應用，而我們的研究結果更著重在個體辨識和動物行為方面的研究，並新增了特徵來源及應用目的的內容。這些研究者們採用了各種模型如 CNN、YOLO 等，來實現對牛、豬等動物的準確識別和行為監測。例如，使用 YOLOv8 演算法設計的牛隻口鼻辨識系統以及基於 CNN-Lstm 架構對豬的玩耍行為進行分類，都展現了深度學習技術在畜牧業的優越性。此外，機器學習技術在行為辨識方面同樣取得了令人矚目的成果。使用隨機森林、支援向量機、KNN 等演算法，研究者們成功地對牛隻和羊隻的行為進行分類，為畜牧業的精準管理提供了可行的解決方案。總歸來說，AI 技術的應用為畜牧業帶來了更智能、高效的管理方式，提升了生產效益和動物福祉。這些技術的不斷發展將繼續推動畜牧研究領域的創新，為農業生產注入更多活力。

II. 建議

由於在設定的關鍵字及篩選條件下，會影響到搜尋到及選用的文獻，因此會導致某些應用面向的主流課題被忽略，像是健康方面包含異常步態偵測、局部體溫變化偵測、活動力評估等，動物發情偵測在育種繁殖面也是主流的應用方式之一，但相關的文獻並未被我們篩選出，因此建議未來的研究者可在多留意此部分。

目前在我國的畜牧場所也有許多業者陸續導入自動監控系統，藉由人工智慧的應用，降低人力資源的需求，在動物發情偵測或體重估算也開始有智慧系統的開發，在預測動物的繁殖能力似乎較少有相關的應用，Vázquez-Diosdado *et al.* (2023) 提出的產犢預測或許可以是未來研究的方向，利用人工智慧去推估動物生殖的能力，並強化預測的準確度及效能，可以為農民提供更多的時間來準備和處理需要產犢的動物。

最後，鑑於畜牧業所產生的溫室氣體排放對環境帶來了嚴重的破壞，我們在研讀相關論文時注意到相關解決方案的研究相對較少。因此，本研究建議未來的研究方向可以朝向永續發展和環境保護等相關議題，像是使用機器學習預測我國畜牧業之碳排或計算減碳量 (Delanoë *et al.*, 2023; Bhatt *et al.*, 2023)，以尋找解決這一問題的可行途徑，並有望為減緩畜牧業對環境所造成的不良影響提供有力的支持。

參考文獻

- Achour, B., Belkadi, M., Filali, I., Laghrouche, M., and Lahdir, M. 2020. Image analysis for individual identification and feeding behaviour monitoring of dairy cows based on Convolutional Neural Networks (CNN). *Biosyst. Eng.* 198: 31-49.
- Alvarez, J. R., Arroqui, M., Mangudo, P., Toloza, J., Jatip, D., Rodríguez, J. M., Teyseyre, A., Sanz, C., Zunino, A., Machado, C., and Mateos, C. 2018. Body condition estimation on cows from depth images using Convolutional Neural Networks. *Comput. Electron. Agric.* 155: 12-22.
- Bezen, R., Edan, Y., and Halachmi, I. 2020. Computer vision system for measuring individual cow feed intake using RGB-D camera and deep learning algorithms. *Comput. Electron. Agric.* 172: 11, Article 105345.
- Bhatt, H., Davawala, M., Joshi, T., Shah, M., and Unnarkat, A. 2023. Forecasting and mitigation of global environmental carbon dioxide emission using machine learning techniques. *Cleaner Chemical Engineering* 5: 100095.
- Campanholi, S. P., Neto, S. G., Pinheiro, G. M., Nogueira, M. F. G., Rocha, J. C., Losano, J. D. D., Siqueira, A. F. P., Nichi, M., Assumpção, M., Basso, A. C., Monteiro, F. M., and Gimenes, L. U. 2023. Can in vitro embryo production be estimated from semen variables in Senepol breed by using artificial intelligence?. *Front. Vet. Sci.* 10: 8, Article 1254940.
- Dang, C., Choi, T., Lee, S., Lee, S., Alam, M., Park, M., Han, S., Lee, J., and Hoang, D. 2022. Machine Learning-Based Live Weight Estimation for Hanwoo Cow. *Sustainability*, 14(19): 12, Article 12661.
- Dineva, K., and Atanasova, T. 2023. Health Status Classification for Cows Using Machine Learning and Data Management on AWS Cloud. *Animals*, 13(20): 28, Article 3254.
- Dutta, R., Smith, D., Rawnsley, R., Bishop-Hurley, G., Hills, J., Timms, G., and Henry, D. 2015. Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers. *Comput. Electron. Agric.* 111: 18-28.
- Delanoë, P., Tchuente, D., and Colin, G. 2023. Method and evaluations of the effective gain of artificial intelligence models for reducing CO₂ emissions. *J. Environ. Manage.* 331: 117261.
- Fuentes, A., Yoon, S., Park, J., and Park, D. S. 2020. Deep learning-based hierarchical cattle behavior recognition with spatio-temporal information. *Comput. Electron. Agric.* 177: 11, Article 105627.
- Fuentes, S., Viejo, C. G., Tongson, E., and Dunshea, F. R. 2022. The livestock farming digital transformation: implementation

- of new and emerging technologies using artificial intelligence. *Anim. Health Res. Rev.*: 1-13.
- Guo, Y. Y., Hong, W. H., Wu, J. X., Huang, X. P., Qiao, Y. L., and Kong, H. 2023. Vision-Based Cow Tracking and Feeding Monitoring for Autonomous Livestock Farming: The YOLOv5s-CA+DeepSORT-Vision Transformer. *IEEE Robot. Autom. Mag.* 9.
- Hansen, M. E., Smith, M. L., Smith, L. N., Salter, M. G., Baxter, E. M., Farish, M., and Grieve, B. 2018. Towards on-farm pig face recognition using convolutional neural networks. *Comput. Ind.* 98, 145-152.
- Kellenberger, B., Marcos, D., and Tuia, D. 2018. Detecting mammals in UAV images: Best practices to address a substantially imbalanced dataset with deep learning. *Remote Sens. Environ.* 216: 139-153.
- Kumar, S., Pandey, A., Satwik, K. S. R., Kumar, S., Singh, S. K., Singh, A. K., and Mohan, A. 2018. Deep learning framework for recognition of cattle using muzzle point image pattern. *Measurement* 116: 1-17.
- Lee, T., Na, Y., Kim, B. G., Lee, S., and Choi, Y. 2023. Identification of Individual *Hanwoo* Cattle by Muzzle Pattern Images through Deep Learning. *Animals* 13(18): 14, Article 2856.
- Li, S. J., Fu, L. L., Sun, Y., Mu, Y., Chen, L., Li, J., and Gong, H. 2021. Individual dairy cow identification based on lightweight convolutional neural network. *Plos One* 16(11): 13, Article e0260510.
- Low, B. E., Cho, Y., Lee, B., and Yi, M. Y. 2022. Playing Behavior Classification of Group-Housed Pigs Using a Deep CNN-LSTM Network. *Sustainability* 14(23): 19, Article 16181.
- Mallinger, K., Corpaci, L., Neubauer, T., Tikász, I. E., and Banhazi, T. 2023. Unsupervised and supervised machine learning approach to assess user readiness levels for precision livestock farming technology adoption in the pig and poultry industries. *Comput. Electron. Agric.* 213: 13, Article 108239.
- Mansbridge, N., Mitsch, J., Bollard, N., Ellis, K., Miguel-Pacheco, G. G., Dottorini, T., and Kaler, J. 2018. Feature Selection and Comparison of Machine Learning Algorithms in Classification of Grazing and Rumination Behaviour in Sheep. *Sensors*, 18(10): 16, Article 3532.
- Mehdizadeh, S. A., Sari, M., Orak, H., Pereira, D. F., and Nääs, I. D. 2023. Classifying Chewing and Rumination in Dairy Cows Using Sound Signals and Machine Learning. *Animals* 13(18): 18, Article 2874.
- Nasirahmadi, A., Sturm, B., Edwards, S., Jeppsson, K. H., Olsson, A. C., Müller, S., and Hensel, O. 2019. Deep Learning and Machine Vision Approaches for Posture Detection of Individual Pigs. *Sensors* 19(17): 15, Article 3738.
- Psota, E. T., Mittek, M., Perez, L. C., Schmidt, T., and Mote, B. 2019. Multi-Pig Part Detection and Association with a Fully-Convolutional Network. *Sensors* 19(4): 24, Article 852.
- Qiao, Y. L., Truman, M., and Sukkarieh, S. 2019. Cattle segmentation and contour extraction based on Mask R-CNN for precision livestock farming. *Comput. Electron. Agric.* 165: 9, Article 104958.
- Riekert, M., Klein, A., Adrion, F., Hoffmann, C., and Gallmann, E. 2020. Automatically detecting pig position and posture by 2D camera imaging and deep learning. *Comput. Electron. Agric.* 174: 105391.
- Shakeel, P. M., bin Mohd Aboobaidar, B., and Salahuddin, L. B. 2022. A deep learning-based cow behavior recognition scheme for improving cattle behavior modeling in smart farming. *Internet of Things* 19: 100539.
- Smith, D., Rahman, A., Bishop-Hurley, G. J., Hills, J., Shahriar, S., Henry, D., and Rawnsley, R. 2016. Behavior classification of cows fitted with motion collars: Decomposing multi-class classification into a set of binary problems. *Comput. Electron. Agric.* 131: 40-50.
- Tian, M. X., Guo, H., Chen, H., Wang, Q., Long, C. J., and Ma, Y. H. 2019. Automated pig counting using deep learning. *Comput. Electron. Agric.* 163: 10, Article 104840.
- Vázquez-Diosdado, J. A., Gruhier, J., Miguel-Pacheco, G. G., Green, M., Dottorini, T., and Kaler, J. 2023. Accurate prediction of calving in dairy cows by applying feature engineering and machine learning. *Prev. Vet. Med.* 219: 10, Article 106007.
- Watanabe, R. N., Bernardes, P. A., Romanzini, E. P., Braga, L. G., Brito, T. R., Teobaldo, R. W., Reis, R. A., and Munari, D. P. 2021. Strategy to predict high and low frequency behaviors using triaxial accelerometers in grazing of beef cattle. *Animals* 11(12): 3438.
- Xu, B. B., Wang, W. S., Falzon, G., Kwan, P., Guo, L. F., Chen, G. P., Tait, A., and Schneider, D. 2020. Automated cattle counting using Mask R-CNN in quadcopter vision system. *Comput. Electron. Agric.* 171: 12, Article 105300.
- Zheng, C., Zhu, X. M., Yang, X. F., Wang, L. N., Tu, S. Q., and Xue, Y. J. 2018. Automatic recognition of lactating sow postures from depth images by deep learning detector. *Comput. Electron. Agric.* 147: 51-63.

A systematic review of artificial intelligence in animal husbandry ⁽¹⁾

Yu-Ting Zhu ⁽²⁾⁽³⁾ Yu-Syuan Hsieh ⁽²⁾ Yu-Chieh Liu ⁽²⁾
Chin-Tung Wu ⁽²⁾ and Gwo-Haur Hwang ⁽²⁾

Received: Feb. 23, 2024; Accepted: Apr. 24, 2024

Abstract

The application of artificial intelligence (AI) in livestock farming is drawing increasing attention, especially in fields of improving production efficiency, monitoring animal health, individual identification, and enhancing feeding techniques. This article focuses on research conducted between 2014 and 2023, exploring the facets of AI discussions in livestock farming, the subjects of study, and the technologies employed. Using the Web of Science database, the research collected and screened 30 articles as the primary research papers. In the realm of livestock farming applications, the discussed aspects included animal behaviors, individual identification, feeding assistance, health monitoring, breeding and reproduction, and counting. The research subjects primarily comprise economically and nutritionally valuable animals worldwide, including cattle, pigs, and sheep. Moreover, the research employed deep-learning techniques more than those using machine-learning techniques. The advanced technology, AI, is poised to optimize the management and production processes in livestock farming, making substantial contributions to the future development of the industry.

Key words: Animal Husbandry, Livestock, AI, Machine Learning, Deep Learning.

(1) Contribution No. 2787 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Graduate School of Intelligent Data Science, National Yunlin University of Science and Technology, No. 123, Sec. 1, University Road, Douliu City, Yunlin County 64002, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: pig22630445@gmail.com.

成年白羅曼公鵝之睪丸發育及精液品質季節性變化⁽¹⁾

莊斯涵⁽²⁾⁽⁴⁾ 江兆弘⁽²⁾ 蕭智彰⁽²⁾ 莊婷雯⁽²⁾ 劉士銘⁽²⁾ 郭廷雍⁽³⁾ 王勝德⁽²⁾

收件日期：112 年 8 月 11 日；接受日期：113 年 5 月 1 日

摘 要

本研究之目的為在非開放式鵝舍環境下建立鵝舍溫濕度指數 (Thermal-humidity index, THI)、鵝隻泄殖腔溫度及體重資料，並比較 1 月至 5 月白羅曼公鵝精液品質差異。本試驗收集彰化北斗地區 2022 年日照長度及記錄非開放式鵝舍內溫度及濕度以計算 THI 值，並逐月收集成年白羅曼公鵝之泄殖腔溫度、體重、睪丸重量、睪丸長徑及短徑資料。結果顯示 5 月至 8 月日照時間均超過 13 小時，1 月及 12 月日照時間均低於 11 小時。鵝舍內 THI 以 7 月及 8 月較高，鵝隻泄殖腔溫度以 9 月較高，但仍於鵝隻正常體溫範圍內，而鵝隻體重於不同月份間均無顯著差異，但睪丸重量以 2 月最重、7 月最輕。另於 1 月至 5 月採集公鵝精液分析精液量、精液濃度及精子活力，結果顯示精液體積亦是 2 月最多，精子活力以 1 月較低。比較日照時間、THI 與睪丸重量及精液品質性狀之相關程度；日照時間、THI 與睪丸重量呈現高度負相關 ($r = -0.74$ 、 -0.88)，並具顯著性 ($P < 0.01$)。本試驗建立之白羅曼公鵝整年睪丸發育及精液品質變化曲線，可提供後續研究及相關產業界參考應用。

關鍵詞：白羅曼公鵝、非開放式鵝舍、精液品質。

緒 言

鵝 (*Anser anser*) 品種按繁殖季節可區分為 3 類：第 1 類棲息於高緯度 (北緯 40 至 45°) 溫帶地區，繁殖季在日照較長之春季和初夏，例如歐洲品種 Embdon、Rhine、Landes、匈牙利品種及中國品種伊利 (Yili) 等，伊利鵝的繁殖季節為春季 3 月至 4 月。第 2 類棲息於中緯度地區 (北緯 30 至 40°) 溫帶地區，繁殖季節從秋季開始，結束於次年春天至初夏，例如中國的揚州鵝 (Yangzhou geese) 等，此品種繁殖季節始於秋天，產蛋高峰發生於 2 月及 3 月，終止於 6 月初夏。第 3 類是位於亞熱帶地區 (北緯 22 至 25°)，繁殖季從夏末至次年春天的短日照鵝種，例如廣東的馬崗鵝 (Magang geese) 等 (Shi *et al.*, 2008)，此類鵝種繁殖季節始於 7 月之光照開始縮短時，產蛋或繁殖季結束於日照時間超過 12 小時之次年 3 月，產蛋高峰期發生在 12 月和 1 月，為一年中日照最短的期間。臺灣地理位置在北緯約 22 – 25° 之間，北緯 23.5° 的北回歸線橫越臺灣，北回歸線以南屬熱帶氣候，以北屬於亞熱帶氣候區。在臺灣自然環境下，白羅曼母鵝產蛋期約自 10 月至翌年 5 月間，休產期為 6 至 9 月間，屬於第 3 類短日照鵝種。

鵝的繁殖期及內分泌濃度隨著光照變化，屬季節性繁殖動物 (Péczeley *et al.*, 1985)。光照刺激通過下視丘—腦垂腺—性腺軸調節生殖活動，下視丘分泌的促性腺素釋放素 (Gonadotropin-releasing hormone, GnRH) 作用於腦垂腺，促進激濾泡素 (Follicle-stimulating hormone, FSH) 和黃體素 (Luteinizing hormone, LH) 的分泌，FSH 和 LH 通過血液循環到達性腺，促進性腺合成和分泌內分泌素。在光照調控下，下視丘釋放 GnRH 和血管活性腸肽 (Vasoactive intestinal peptide, VIP) 促進催乳素 (Prolactin, PRL) 的分泌，當 PRL 濃度達到閾值時回饋抑制下視丘 GnRH 的分泌進而抑制卵泡發育 (Yen *et al.*, 2006)。Wang *et al.* (2009) 研究指出於 11 月至次年 1 月補充光照至 12 – 13.5 小時，白羅曼鵝產蛋高峰較自然光照組提前，產蛋量顯著提高。

家禽的繁殖季節亦受溫度影響，熱緊迫對下視丘—腦垂腺—性腺激素的抑制回饋是藉由 PRL 和皮質酮直接抑制 GnRH 分泌。繁殖活動減少已被證明是由高濃度的 PRL 直接抑制下視丘分泌 GnRH，進而減少腦垂腺分泌 LH 導致性腺退化 (El Halawani and Rozenboim, 1993)。Marsh and Dawson (1989) 及 Rozenboim *et al.* (2007) 指出熱緊迫環境

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2788 號。
(2) 農業部畜產試驗所北區分所。
(3) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。
(4) 通訊作者，E-mail: sihan@mail.tlri.gov.tw。

下體周圍血管舒張導致供應卵巢血流減少，可能導致繁殖性能低下。但在極寒環境北極築巢的大雪雁 (*Chen caerulescens atlantica* L.)，其卵窩數和孵化率等繁殖性狀隨著繁殖季溫度的升高而提高 (van Oudenhove *et al.*, 2014)。

光照週期、營養及內泌素影響動物的性腺發育和生精作用 (Umeda *et al.*, 1992; Penfold *et al.*, 2000)。暴露在高溫環境會降低家禽的生育力，雄禽似乎比雌禽更易因熱緊迫導致繁殖力下降，且高溫對精液品質及受精率影響甚鉅 (Karaca *et al.*, 2002)。睪丸是生精作用發生和內泌素分泌的重要性腺器官，探討睪丸產生精子細胞的能力對於家禽育種及其受精能力至關重要，雄禽的繁殖力為達成高孵化率的第一要素 (Mellor, 2001)。Nguyen (2019) 指出精子活力對受精作用幫助很大，萊氏細胞 (Leydig cells) 於涼季的活動力較熱季高，因此熱季之精子細胞活力低 (Ohashi *et al.*, 1995)。

2022 年農業年報顯示，鵝隻年屠宰數達 441 萬隻，為臺灣第三大肉用家禽 (行政院農業委員會，2022)。白羅曼鵝為臺灣飼養最多的鵝種，市場佔有率 97% 以上。為提升養禽場生物安全，農委會增訂家禽畜牧場應符合非開放式規定，本研究旨在非開放式鵝舍環境下收集及建立鵝舍 THI 值、鵝隻泄殖腔溫度及體重資料並分析日照長度、THI 值對睪丸重量、睪丸長、短徑等形態及精液品質之影響。

材料與方法

I. 試驗動物與飼糧

使用 2022 年 1 月滿 40 週齡之白羅曼公鵝 46 隻，鵝隻飼養於東西向、高度約 230 公分的水泥結構非開放式高床鵝舍，飼養欄面積為 1,056 公分 × 710 公分，採自然光照及自然通風。全期飲水自由飲用、育成料任飼，飼養密度每坪不超過 4 隻以符合動物福祉，飼糧組成列於表 1。

表 1. 本試驗白羅曼公鵝之飼糧組成

Table 1. The diet composition of White Roman ganders in this experiment

Item	composition
Ingredients (kg/ton)	
Yellow corn, ground	30.00
Soybean meal (44% CP)	20.00
Brown rice	30.00
Wheat bran	6.00
Alfalfa meal	7.00
Molasses	4.00
Calcium carbonate	0.50
Dicalcium phosphate	1.50
Salt	0.30
Choline chloride (50% purity)	0.10
DL-Methionine	0.15
Lysine	0.10
Vitamin premix ¹	0.20
Mineral premix ²	0.15
Total	100.00
Calculated values	
Crude protein, %	15.00
ME, kcal/kg	2,557.00

¹ Supplied per kilogram of diet: vitamin A 10,000 IU, vitamin C 2,000 IU, vitamin E 20 IU, vitamin B₁ 1 mg, vitamin B₂ 4.8 mg, vitamin B₆ 3 mg, vitamin B₁₂ 0.01 mg, Biotin 0.2 mg, vitamin K₃ 1.5 mg, D-calcium pantothenate 10 mg, Folic acid 0.5 mg, Nicotinic acid 25 mg.

² Supplied per kilogram of diet: Mn (Mn₃O₄) 80 mg, Zn (ZnSO₄ · H₂O) 50 mg, Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 15.0 mg, Fe (FeSO₄) 80 mg, I (KIO₃) 0.85 mg, Co (CoCO₃) 0.25 mg.

本研究之動物試驗於農業部畜產試驗所北區分所(原行政院農業委員會彰化種畜繁殖場)執行,動物之使用、飼養及實驗內容均經彰化種畜繁殖場的動物照護和使用委員會(Institutional Animal Care and Use Committee, IACUC)批准在案(動物實驗申請表暨同意書編號:畜試彰動字第 11111 號)。

II. 試驗設計與採樣方法

(i) 泄殖腔溫度及舍內溫濕度收集

溫濕度紀錄器置於高床上近鵝隻頭部之高度位置,試驗期間每天記錄上午 9 時及下午 2 時之溫度與濕度,參考 de Moraes *et al.* (2008) 公式計算溫濕度指數 (Thermal-humidity index, THI)。

$THI = 0.8 \times \text{乾球溫度} + \text{相對濕度} (\text{乾球溫度} - 14.3) / 100 + 46.3$ 。

乾球溫度單位:℃;相對濕度單位:%。

每月收集固定 10 隻公鵝泄殖腔溫度 2 次,採樣當日之上午 9 點及下午 2 點使用 Rossmax 電子溫度計 MT 403 (優盛醫學,臺北市)進行鵝隻泄殖腔溫度量測及記錄。

(ii) 精液品質分析

本研究依據同週齡白羅曼母鵝產蛋期間進行精液採集,1 月至 3 月為白羅曼鵝產蛋高峰,每隔 2 週採集公鵝精液 1 次,4 月至 5 月每月採集精液 1 次。利用背腹按摩法採集固定 10 隻公鵝精液,採集當下記錄精液量,將無尿液或糞便污染之精液使用 iSperm[®] 精子檢測裝置(億觀生技,新北市)分析精液濃度及判定精子活力(Dini *et al.*, 2019; Domain *et al.*, 2022)。

另採集 10 隻白羅曼公鵝精液,同步使用 iSperm[®] 精子檢測裝置及 Zeiss 電腦輔助精液分析儀 (Computer-assisted semen analysis, CASA) (Hamilton Thore Inc., USA) 分析精液濃度及判定精子活力。

(iii) 鵝隻體重、睪丸重量及外觀形態收集

1 至 12 月每月量秤固定 10 隻公鵝體重、另 CO₂ 安樂死 3 隻公鵝,以 MP 101-3 (SETP 松展衡器,新北市)記錄睪丸重量,並量測睪丸長徑及短徑資料。

III. 統計分析

試驗資料使用統計套裝軟體 (SAS, 2015) 之一般線性模式進行變方分析,以杜凱氏範圍檢定 (Tukey's Studentized Range Test) 比較各月份間差異之顯著性,皮爾森積差相關係數 (Pearson Product Moment Correlation) 比較變項相關分析,列聯相關係數 (contingency correlation) 衡量兩變量之間關聯強度。

結果與討論

I. 日照時間及非開放式鵝舍溫濕度指數

圖 1(A) 為 2022 年彰化縣北斗鎮全年日照時間變化圖,其中 5 月至 8 月日照時間均超過 13 小時,以 6 月平均 13 小時 35 分鐘最長,1 月及 12 月日照時間均低於 11 小時,以 12 月平均 10 小時 41 分鐘最短。溫度、濕度、通風及光照都與動物代謝調節過程有關,影響個體適應環境能力 (Halden and Schwab, 2011)。僅氣溫並不足以衡量環境熱度,因此結合兩個或多個熱環境因素表示生物體及環境之間顯熱和潛熱交換的影響。溫濕度指數 (THI) (Johnson, 1980) 為中等到炎熱的環境條件下廣泛使用的指數,可用作預測動物生產損失的環境指標 (Karaman *et al.*, 2007)。非開放式鵝舍內 1 月至 12 月 THI 變化如圖 1(B),全年 THI 值以 2 月平均 $63.35 \pm 4.36\%$ 最低,7 月平均 $86.13 \pm 2.15\%$ 最高。依 de Moraes *et al.* (2008) 分類 THI $\leq 72\%$ 的 1、2、3 及 12 月為舒適,THI 範圍 73 – 76% 的 4 及 11 月為輕微不適,THI 範圍 77 – 80% 的 5 及 10 月為中度不適,THI 範圍 81 – 84% 的 6 及 9 月為嚴重不適,THI 範圍 $\geq 85\%$ 的 7 及 8 月為不適合生存環境。

II. 鵝隻泄殖腔溫度、鵝隻體重、睪丸重量及睪丸形態變化

1 月至 12 月白羅曼公鵝泄殖腔溫度變化如圖 2(A),4 月平均 $39.59 \pm 0.41^\circ\text{C}$ 最低,9 月平均 $40.87 \pm 0.43^\circ\text{C}$ 最高,THI 較高之 7 月及 8 月鵝隻泄殖腔溫度分別為 $40.36 \pm 0.39^\circ\text{C}$ 及 $40.53 \pm 0.50^\circ\text{C}$,均於鵝隻正常體溫範圍 (白, 1994) 內。1 月至 12 月白羅曼公鵝體重變化如圖 2(B),以 7 月平均 4.71 ± 0.50 公斤較輕,12 月平均 6.08 ± 0.57 公斤較重。整體而言,鵝隻體重於不同月份間均無顯著差異。7 月休產期體重較輕及 12 月繁殖期體重較重之結果與王等 (2003) 研究發現白羅曼公鵝於繁殖季節體重顯著較母鵝為重,且公、母鵝於繁殖期始末體重均較休產期間為重之結果相似。1 月至 12 月白羅曼公鵝睪丸重量變化如圖 2(C),睪丸重量以 2 月平均 12.93 ± 0.27 公克最重,7 月平均 1.10 ± 0.52 公克最輕,日照曲線與白羅曼鵝睪丸重量曲線呈負相關 ($R = -0.74$),此結果與 Zhu *et al.* (2017) 研究發現公鵝睪丸發育與光照週期有關相符。值得注意的是,當 5 月日照長度平均大於 13 小時

起，睪丸重量即由 5 月平均 6.17 ± 3.71 公克急劇減輕至 6 月平均 1.37 ± 0.55 公克，此結果與 Ali *et al.* (2015) 研究雄性珍珠雞 (*Numida meleagris*) 睪丸重量於繁殖季及非繁殖季有顯著差異相同。白羅曼公鵝睪丸長徑及短徑變化如圖 2(D)，其變化趨勢與睪丸重量呈高度相關 ($R = 0.96$)，以 2 月、3 月之平均長徑 2.92 ± 0.49 、 2.95 ± 0.49 cm 及平均短徑 2.08 ± 0.39 、 2.02 ± 0.35 cm 較大，以 6 月、7 月之平均長徑 1.50 ± 0.28 、 1.28 ± 0.39 cm 及平均短徑 1.03 ± 0.25 、 0.77 ± 0.28 cm 較小 ($P < 0.05$)。

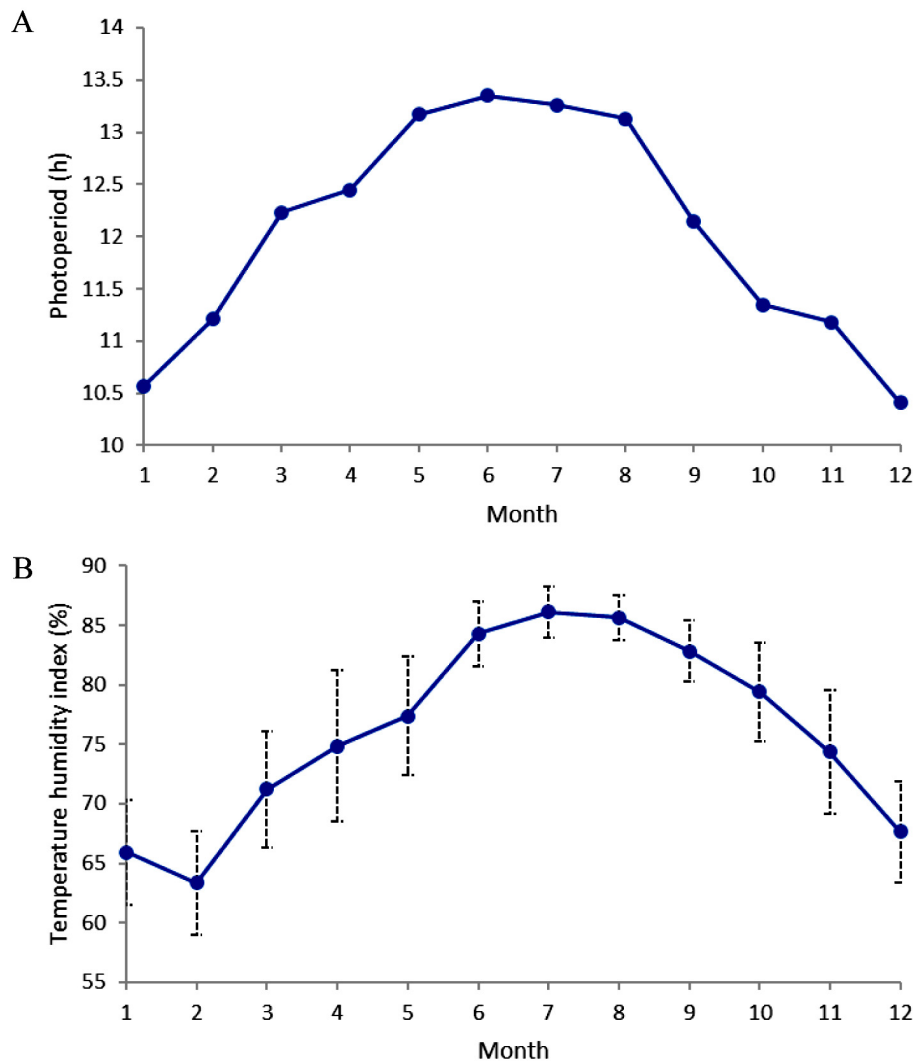


圖 1. 非開放式鵝舍內整年度自然光照時間 (A) 及溫溼度指數 (B) 變化。

Fig. 1. The annual variation of photoperiod in Changhua Beidou area (A) and temperature humidity index (B) under the indoor-house system.

III. 精液品質變化

1 月至 5 月白羅曼公鵝精液量變化如圖 3(A)，精液量以 2 月平均 $0.37 (0.20 - 0.70)$ mL 較多，6 月及 7 月 10 隻公鵝均採集不到精液，且採集精液過程中發現公鵝對採精按摩反應不佳，陰莖也明顯萎縮。1 至 5 月白羅曼公鵝精液濃度變化如圖 3(B)，平均精液濃度依序為 $2.31 (0.41 - 8.12)$ 、 $1.80 (0.24 - 4.38)$ 、 $2.61 (0.27 - 7.32)$ 、 $2.99 (0.58 - 6.15)$ 及 $2.10 (0.28 - 4.11) \times 10^8/\text{mL}$ ，月份間均無顯著差異。6 月及 7 月採集不到精液，此現象與短日照鵝種增加光週期抑制生殖活動，而縮短光週期則刺激生殖活動 (Shi *et al.*, 2005) 結果一致。圖 3(C) 為 1 月至 5 月白羅曼公鵝精子活力變化圖，平均精子活力依序為 $25.42 (3.33 - 43.33)$ 、 $41.77 (13.33 - 74.00)$ 、 $41.92 (22.00 - 69.33)$ 、 $54.44 (28.33 - 83.67)$ 及 $47.17 (38.00 - 57.67)\%$ ，以 4 月最高，1 月最低 ($P < 0.05$)。Liu *et al.* (2008) 收集 2 歲齡 Yangzhou 公鵝精液，發現其平均精液體積、濃度及活力依序為 $0.41 (0.18 - 0.90)$ mL、 $7.01 (2.3 - 20.2) \times 10^8/\text{mL}$ 及 $54.2 (40.1 - 67.0)\%$ ，另 Lukaszewicz and Kruszynski (2003) 收集 White Koluda 公鵝精液，發現其平均精液體積及濃度依序為 $0.32 (0.05 - 0.95)$ mL、 $4.44 (0.10 - 28.00) \times 10^8/\text{mL}$ ，精液性狀差異大與本研究結果相符。4 月及 5 月為白羅曼鵝繁殖末期，僅分別採集到 6 隻及 4 隻精液樣品，因鵝隻精液性狀之個體差異性

大，故精子活力於 2 至 5 月均無顯著差異，白羅曼公鵝精液性狀個體差異大與 Gumulka and Rozenboim (2015) 研究結果相符。

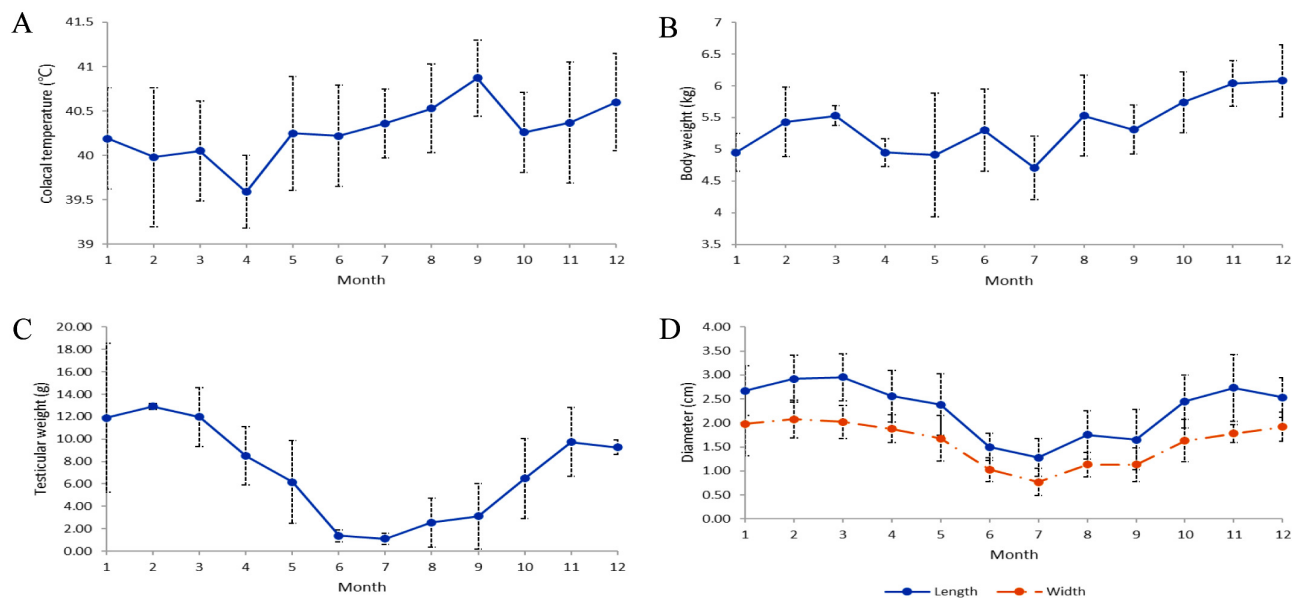


圖 2. 非開放式飼養白羅曼公鵝整年度鵝隻泄殖腔溫度 (A)、鵝隻體重 (B)、鵝隻睪丸重量 (C) 及鵝隻睪丸長短徑變化 (D)。

Fig. 2. The annual variation of cloacal temperature (A), body weight (B), testicular weight (C) and testicular diameter of White Roman ganders under the indoor-house system.

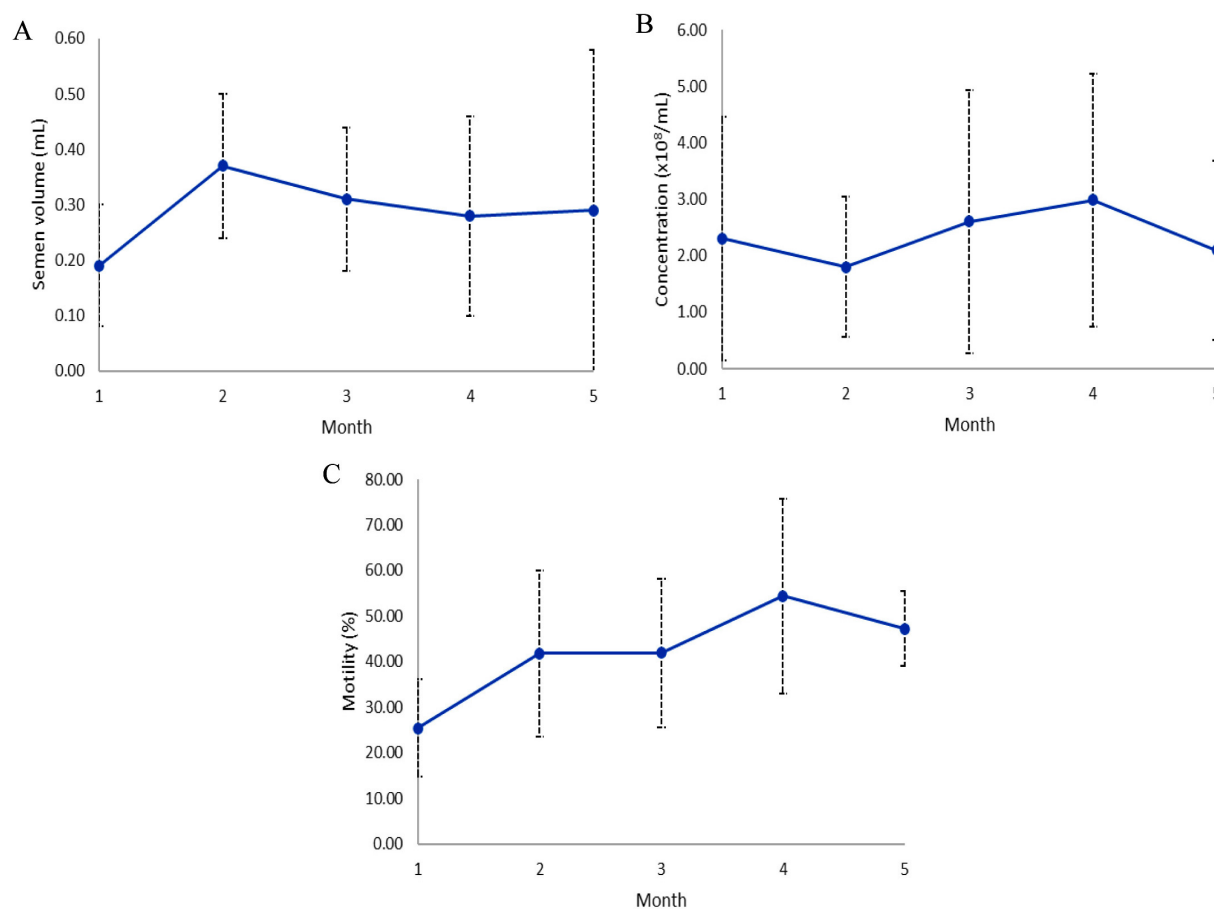


圖 3. 繁殖期白羅曼公鵝精液體積 (A)、精液濃度 (B) 及精子活力 (C)。

Fig. 3. The variation of semen volume (A), concentration (B) and sperm motility (C) of White Roman ganders during the breeding season.

IV. 日照時間、THI 與睪丸重量及精液品質變化之相關

圖 4 為日照時間與白羅曼公鵝睪丸重量 (A)、精液體積 (B)、精液濃度 (C) 及精子活力 (D) 相關分析，相關係數分別為 -0.74 、 0.38 、 0.72 及 0.88 。依據 Cohen (1992) 提出皮爾森積差相關係數值所代表的關聯程度，日照時間與白羅曼公鵝睪丸重量、精液體積、精液濃度及精子活力分別呈高度負相關、中度正相關、高度正相關及高度正相關，其中日照時間與睪丸重量之相關具顯著性 ($P < 0.01$)。圖 5 為 THI 與白羅曼公鵝睪丸重量 (A)、精液體積 (B)、精液濃度 (C) 及精子活力 (D) 相關分析，相關係數分別為 -0.88 、 0.15 、 0.32 及 0.79 。THI 與白羅曼公鵝睪丸重量、精液體積、精液濃度及精子活力分別呈高度負相關、低度正相關、中度正相關及高度正相關，其中 THI 與睪丸重量之相關具顯著性 ($P < 0.01$)。

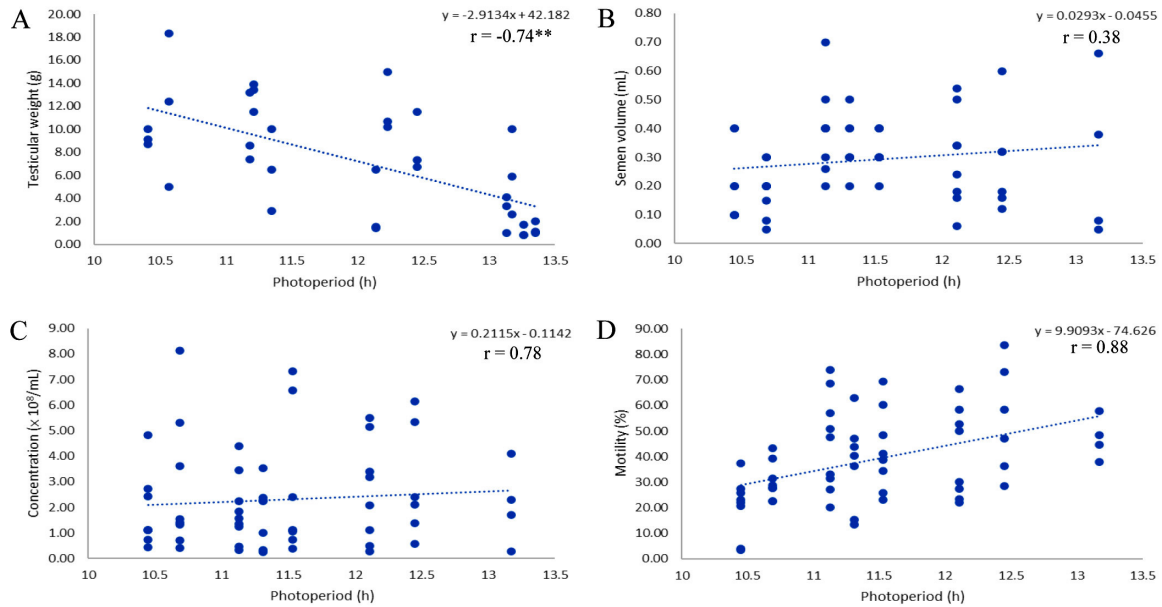


圖 4. 日照時間與白羅曼公鵝睪丸重量 (A)、精液體積 (B)、精液濃度 (C) 及精子活力 (D) 之相關 (** $P < 0.01$)。

Fig. 4. The correlation between the length of photoperiod and testicular weight (A), semen volume (B), semen concentration (C), and sperm motility (D) of White Roman ganders (** $P < 0.01$).

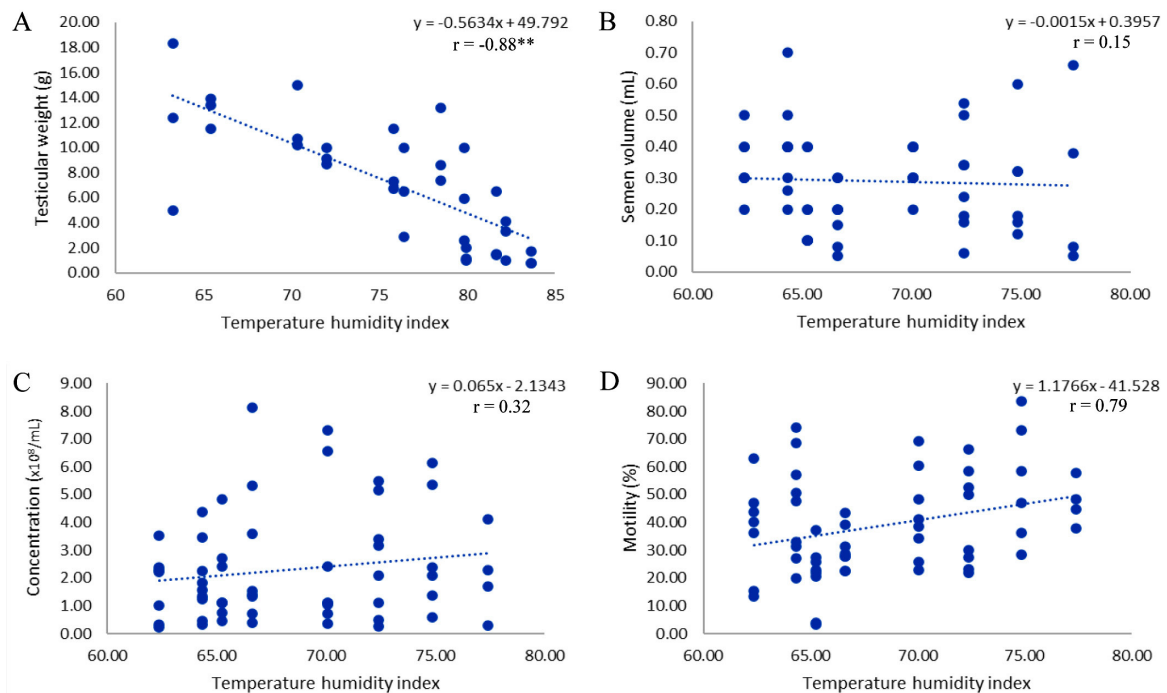


圖 5. 溫濕度指數與白羅曼公鵝睪丸重量 (A)、精液體積 (B)、精液濃度 (C) 及精子活力 (D) 之相關 (** $P < 0.01$)。

Fig. 5. The correlation between THI and testicular weight (A), semen volume (B), semen concentration (C), and sperm motility (D) of White Roman ganders (** $P < 0.01$).

V. 使用 CASA 及 iSperm[®] 精子檢測裝置分析精液濃度及精子活力之關聯

分別使用 CASA 及 iSperm[®] 精子檢測裝置分析 10 隻白羅曼公鵝精液濃度如圖 6(A)，檢測結果依序為 6.2 及 7.5、7.1 及 7.6、2.9 及 2.7、9.7 及 9.0、7.3 及 7.1、7.4 及 7.0、3.4 及 3.5、2.0 及 2.3、2.4 及 3.0、2.7 及 2.8 $\times 10^8/\text{mL}$ ，兩者之列聯相關係數為 0.94。另分別使用 CASA 及 iSperm[®] 精子檢測裝置分析白羅曼公鵝精子活力如圖 6(B)，檢測結果依序為 30.0 及 32.3、20.0 及 21.2、14.5 及 11.8、27.1 及 22.1、28.2 及 24.0、23.2 及 18.3、33.0 及 30.4、35.0 及 31.8、29.0 及 26.1、20.0 及 15.7%，兩者之列聯相關係數亦為 0.94。列聯相關係數之數值 0 表示變數之間無關聯，數值趨近 1 表示變數之間具高度關聯性。

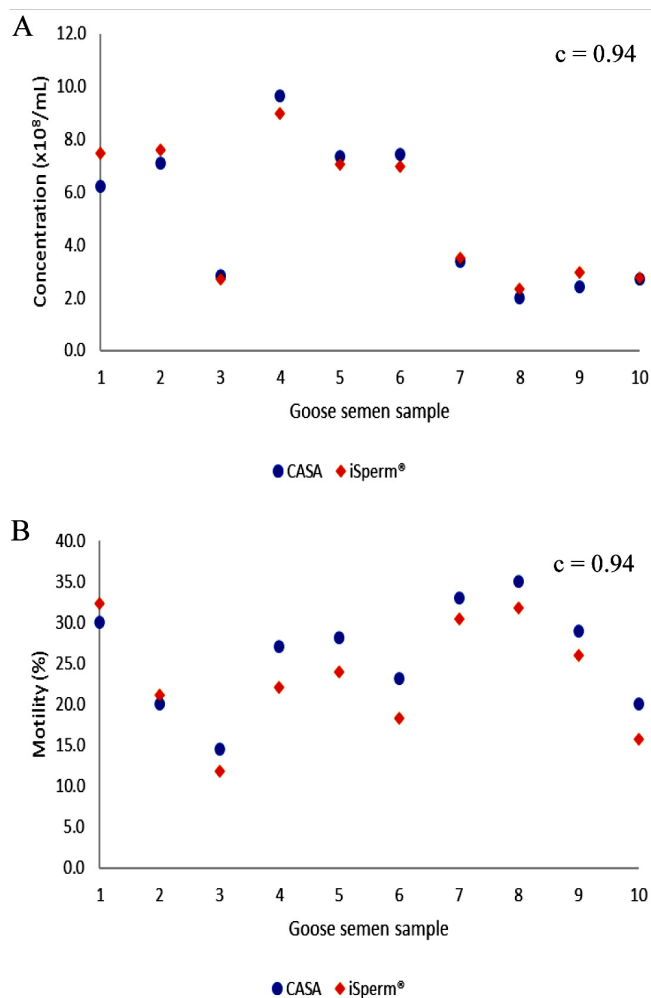


圖 6. 使用 CASA 及 iSperm[®] 分析白羅曼公鵝精液濃度 (A) 及精子活力 (B) 之關聯程度。

Fig. 6. The correlation between semen concentration (A) and spermatozoa viability (B) under CASA and iSperm[®] analysis.

結 論

鵝舍內 THI 以 7 月及 8 月較高，鵝隻泄殖腔溫度以 9 月較高，但仍於鵝隻正常體溫範圍內，白羅曼公鵝體重於不同月份間均無顯著差異。白羅曼公鵝之精液品質性狀個體差異性大，整體而言精液量以 2 月最多，精子活力以 1 月較低。日照時間、THI 與睪丸重量呈現高度負相關，並具顯著性 ($P < 0.01$)，但日照時間、THI 與精液品質性狀之相關均不具顯著性。本試驗收集及建立日照時間及 THI 對成年白羅曼公鵝睪丸形態及精液品質變化及相關曲線圖，可提供後續研究及產業界參考應用。

誌 謝

本試驗承行政院農業委員會經費補助 [111 農科 -2.6.2- 畜 -L1(1)]、本分所家禽科技系及動物應用系同仁協助進

行始克完成，謹併致謝。

參考文獻

- 王勝德、詹德芳、陳立人、吳國欽、曾秋隆。2003。性別與繁殖階段對白羅曼鵝種鵝血液學之影響。中畜會誌 32：123-132。
- 白火城。1994。鵝的解剖生理。興大農業 14：3-14。
- 行政院農業委員會。2022。農業統計年報。2023 年 09 月 17 日取自 <https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- Ali, M. Z., A. S. Qureshi, S. Rehan, S. Z. Akbar, and A. Manzoor. 2015. Seasonal variations in histomorphology of testes and bursa, immune parameters and serum testosterone concentration in male guinea fowl (*Numida meleagris*). Pak. Vet. J. 35: 88-92.
- Cohen, J. 1992. A power primer. Psychol. Bull. 112: 155-159.
- de Moraes, S. R., T. Y. Junior, A. L. Oliveira, S. M. Yanagi, and M. Café. 2008. Classification of the temperature and humidity index (THI), aptitude of the region, and conditions of comfort for broilers and layer hens in Brazil. Page 14 in the 37th International Livestock Environment Symposium, Iguazu, Brazil.
- Dini, P., L. Troch, I. Lemahieu, P. Deblende, and P. Daels. 2019. Validation of a portable device (iSperm[®]) for the assessment of stallion sperm motility and concentration. Reprod. Dom. Anim. 54: 1113-1120.
- Domain, G., P. Banchi, H. Ali Hassan, A. Eilers, J. Lannoo, E. Wydooghe, W. Nizański, and A. Van Soom. 2022. Sperm gone smart: A portable device (iSperm[®]) to assess semen concentration and motility in dogs. Animal, 12: 652.
- El Halawani, M. E., and I. Rozenboim. 1993. The ontogeny and control of incubation behavior in turkeys. Poult. Sci. 72: 906-911.
- Gumulka, M. and I. Rozenboim. 2015. Breeding period-associated changes in semen quality, concentrations of LH, PRL, gonadal steroid and thyroid hormones in domestic goose ganders (*Anser anser f. domesticus*). Anim. Reprod. Sci. 154: 166-175.
- Halden, R. U. and K. J. Schwab. 2011. Environmental impact of industrial farm animal production: A report of the pew commission on industrial farm animal production. Retrieved June 13, 2023, from http://www.ncifap.org/_images/2124_EnvIm pact_tc_Final.pdf.
- Johnson, H. D. 1980. Environmental management of cattle to minimize the stress of climate changes. Int. J. Biometeor. 7: 65-78.
- Karaca, A. G., H. M. Parker, J. B. Yeatman, and C. D. McDaniel. 2002. Role of seminal plasma in heat stress infertility of broiler breeder males. Poult. Sci. 81: 1904-1909.
- Karaman, S., S. Tarhan, and G. Ergunes. 2007. Analysis of indoor climatic data to assess the heat stress of laying hens. Int. J. Nat. Engin. Sci. 1: 65-68.
- Liu, S. J., J. X. Zheng, and N. Yang. 2008. Semen quality factor as an indicator of fertilizing ability for geese. Poult. Sci. 87: 155-159.
- Lukaszewicz, E. and W. Kruszynski. 2003. Evaluation of fresh and frozen-thawed semen of individual ganders by assessment of spermatozoa motility and morphology. Theriogenology 59: 1627-1640.
- Marsh, R. L. and W. R. Dawson. 1989. Avian adjustments to cold. Adv. Comp. Environ. Physiol. 4: 205-253.
- Mellor, S. 2001. Selecting males by sperm quality. World's Poult. Sci. J. 3: 32-34.
- Nguyen, T. M. D. 2019. Main signaling pathways involved in the control of fowl sperm motility. Poult. Sci. 98: 1528-1538.
- Ohashi, O. M., W. G. Vale, J. S. Sousa, and A. O. A. Silva. 1995. Disturbance of testicular development in buffaloes (*Bubalus bubalis*): hypoplasia and aplasia. Buffalo. J. 11: 97-101.
- Péczei, P., G. Czifra, A. Seprődi, and I. Teplán. 1985. Effect of low light intensity on testicular function in photorefractory domestic ganders. Gen. Comp. Endocrinol. 57:293-300.
- Penfold, L. M., D. E. Wildt, T. L. Herzog, W. Lynch, L. Ware, S. E. Derrickson, and S. L. Monfort. 2000. Seasonal patterns of LH, testosterone and semen quality in the Northern pintail duck (*Anas acuta*). Reprod. Fertil. Dev. 12: 229-235.
- Rozenboim, I., E. Tako, O. Gal-Garber, J. A. Proudman, and Z. Uni. 2007. The effect of heat stress on ovarian function of

- laying hens. *Poult. Sci.* 86: 1760-1765.
- SAS. 2015. SAS/STAT® 14.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Shi, Z. D., A. D. Sun, Y. M. Huang, and S. D. Liang. 2005. Study on photoperiodic regulation of reproductive seasonality of Guangdong greylag geese. *Guangdong Agric. Sci.* 3: 72-75.
- Shi, Z. D., Y. B. Tian, W. Wu, and Z. Y. Wang. 2008. Controlling reproductive seasonality in the geese: A review. *World Poult. Sci. J.* 64: 343-355.
- Umeda, I. H., H. Hayakawa, S. Kamiya, and Y. Tanabe. 1992. Novel lighting systems stimulating gonadal development and expediting sexual maturity of male and female chickens. *Am. J. Anim. Sci.* 6: 127-132.
- van Oudenhove, L., G. Gauthier, and J. D. Lebreton. 2014. Year-round effects of climate on demographic parameters of an arctic-nesting goose species. *J. Anim. Ecol.* 83: 1322-1333.
- Wang, C. M., L. R. Chen, S. R. Lee, Y. S. Jea, and J. Y. Kao. 2009. Supplementary artificial light to increase egg production in geese under natural lighting conditions. *Anim. Reprod. Sci.* 113: 317-321.
- Yen, C. F., H. W. Lin, J. C. Hsu, C. Lin, T. F. Shen, and S. T. Ding. 2006. The expression of pituitary gland genes in laying geese. *Poult. Sci.* 85: 2265-2269.
- Zhu, H., Z. Chen, X. Shao, J. Yu, C. Wei, Z. Dai, and Z. Shi. 2017. Reproductive axis gene regulation during photostimulation and photorefractoriness in Yangzhou goose ganders. *Front. Zool.* 14: 11.

Seasonal variations of testis development and semen quality of adult White Roman ganders ⁽¹⁾

Su-Han Chuang ^{(2) (4)} Chao-Hung Chiang ⁽²⁾ Chih-Chang Hsiao ⁽²⁾ Ting-Wen Chuang ⁽²⁾
Shine-Ming Liou ⁽²⁾ Ting-Yung Kuo ⁽³⁾ and Sheng-Der Wang ⁽²⁾

Received: Aug. 11, 2023; Accepted: May. 1, 2024

Abstract

The aim of this study was to examine the temperature-humidity index (THI), cloacal temperature and body weight of geese under indoor-house system in respect to their correlation with semen quality of White Romanian ganders during breeding seasons between January and May. The length of photoperiod and temperature and humidity in the indoor-house system in Beidou District, Changhua City, Taiwan in 2022 were recorded to calculate the THI, while the cloacal temperature, body weight, testicular weight, testicular length and width of adult White Roman ganders were collected every month. The results showed that the length of photoperiod was more than 13 hours between May and August, and less than 11 hours in January and December. The THI in the indoor-house system was higher in July and August, and the cloacal temperature of White Roman ganders was higher in September but still within a normal body temperature range of ganders. There were no significant differences in the body weight of ganders in different months. However, the ganders showed the heaviest testicular weight in February and lightest in July. Gander semen was collected between January and May to analyze semen volume, sperm concentration and sperm motility. The results showed that the largest semen volume was collected from February while sperm motility was lower in January. In addition, the correlation among the photoperiod and THI were compared with the testicular weight and sperm properties was compared, indicating a highly significantly negative correlation with the photoperiod, THI and testicular weight ($r = -0.74, -0.88, p < 0.01$). The present study demonstrated the annual variation of testis development and semen quality of White Roman ganders and can provide references for further academic studies and applications for the industry.

Key words: White Roman gander, Indoor-house system, Semen quality.

(1) Contribution No. 2788 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Northern Region Branch, MOA-TLRI, Miaoli 36843, Taiwan, R. O. C.

(3) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: sihan@mail.tlri.gov.tw.

不同飼糧蛋白質與能量含量對 30 — 35 週齡畜試白絲羽 烏骨雞產蛋、繁殖性能之影響⁽¹⁾

蔡銘洋⁽²⁾ 林正鏞⁽²⁾ 郭曉芸⁽³⁾ 洪哲明⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：112 年 7 月 11 日；接受日期：113 年 5 月 14 日

摘 要

本試驗以不同飼糧蛋白質及能量含量供雞隻任飼，以複因子設計及完全隨機設計進行試驗，期能找出畜試白絲羽烏骨雞母雞最佳繁殖性能所需最低能量及蛋白質需要量，以降低雞隻之生產成本。試驗選用畜試白絲羽烏骨雞採 3 × 2 複因子設計，即三種粗蛋白含量 (crude protein, CP)，分別為 14.5、16.0、17.5%；及二種代謝能含量 (metabolizable energy, ME)，分別為 2,700 kcal/kg、2,900 kcal/kg；每處理組 24 隻雞 (每處理三重複，每重複 8 隻) 共 6 處理組，計 144 隻；在雞齡 30 週齡時開始進行試驗，試驗期 6 週。試驗期間收集產蛋、繁殖性能、蛋品質與經濟效益等資料。結果顯示，飼糧中不同蛋白質及能量含量對 30 — 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞產蛋、繁殖性能、蛋品質與經濟效益之最佳 CP/ME 組合為 16.0/2,900 組；換算成 CP 及 ME 每天之攝取量為 13 g/hen/day 及 235 kcal / hen /day。

關鍵詞：烏骨雞、營養需求、產蛋性能、繁殖性能。

緒 言

烏骨雞為中國古老的優良地方雞種之一，在市場上頗受歡迎。在臺灣常被飼養做為藥膳雞，因此季節性需求很明顯，冬季銷售量明顯增加，因價格高甚具經濟效益，民間為增加生長速率常與肉雞雜交並趨向密集飼養，雖可快速上市換取經濟利益，但相對也使烏骨雞的品種特徵逐漸消失，且產蛋數嚴重減少到影響烏骨雞產蛋性能。因此自 2005 年起農業部畜產試驗所 (簡稱畜試所) 進行小族群系譜選育，40 週齡產蛋數 104 枚與產業現況 44 枚相差 60 枚蛋，可見選育產蛋數的改進有相當的成效 (劉，2020)，並於 2014 年 12 月 1 日完成畜試白絲羽烏骨雞新品系登記。2017 年起開始「畜試白絲羽烏骨雞飼養及產蛋技術」技轉簽約案，依技轉戶需求供應雞隻作為推廣；但其產蛋期營養需要量資料尚待建立，為提升畜試所種雞族群的產蛋與繁殖性能，並和育成的推廣族群一起推廣給農戶，以提升畜試白絲羽烏骨雞生產能力，及增加農民生產收益。目前畜試所及國立屏東科技大學均只進行小型烏骨雞各生長期之營養需要之研究 (鄭，2003；范，2004；張，2005；林等，2008；2009；2010；2011)，而有關絲羽烏骨雞產蛋期之營養需要報告則尚缺乏。關於臺灣種母土雞營養研究例如產蛋期飼糧中粗蛋白 (crude protein)、代謝能 (metabolizable energy) (林及徐，1994) 及每日蛋白質與代謝能需要量 (林及徐，1997)；另外在商用種雞或蛋雞之國際育種公司如海蘭 (Hyline)、羅斯 (Ross) 與愛拔益加 (Arbor Acres) 等均有完整之飼養手冊指南，可提供飼養者參考。而坊間飼養有色雞種雞時，產蛋期雖採用限飼，蛋白質含量介於 15 — 19%；代謝能含量介於 2,800 — 2,950 kcal/kg，但常造成過飼與肥胖，致使繁殖性能變差，為一般飼養肉種母雞最常見的問題。肥胖或過飼常導致產蛋率、蛋殼品質、受精率及孵化率變差，致使產雛數減少 (Pearson and Herron, 1982; Wilson *et al.*, 1983; Spratt and Leeson, 1987)。因此，本試驗以不同飼糧蛋白質及能量含量供雞隻任飼，以複因子設計及完全隨機設計進行試驗，期能找出畜試白絲羽烏骨雞母雞最佳繁殖性能所需最低能量及蛋白質需要量，以降低雞隻之生產成本。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2789 號。

(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。

(3) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。

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

材料與方法

本試驗於畜試所畜產經營組試驗雞舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容，經畜產試驗所實驗動物照護及使用小組以畜試動字 111-20 號核准。

I. 試驗動物與試驗設計

本試驗選用農業部畜產試驗所育成之畜試白絲羽烏骨雞。試驗採 3×2 複因子設計，即三種不同飼糧蛋白質含量 (CP)，分別為 14.5、16.0、17.5%；及二種代謝能含量 (ME)，分別為 2,700 kcal/kg、2,900 kcal/kg；試驗飼糧組成及營養成分計算值與分析值如表 1 所示。每處理組 24 隻雞 (每處理三重複，每重複 8 隻) 共 6 處理組，計 144 隻。在雞齡 30 週齡時開始進行試驗，試驗期 6 週。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients, %	CP, %/ME, kcal/kg					
	14.5/2,700	14.5/2,900	16.0/2,700	16.0/2,900	17.5/2,700	17.5/2,900
Yellow corn, ground	50.98	60.77	48.21	56.34	44.36	50.48
Soybean meal, 44%	18.5	22	24	26	29	31
Wheat bran	12.9	0	10.4	0	9	0
Pulverized limestone	10	10	10	9.9	10	9.9
Dicalcium phosphate	2	2.1	1.9	2.1	1.9	2.1
Iodized salt	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline chloride, 60%	0.07	0.04	0.05	0.02	0.03	0.02
Vitamin premix ¹	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Mineral premix ²	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Soybean oil	4.1	3.7	4.3	4.5	4.8	5.6
L-Lysine, 78.8%	0.28	0.24	0.12	0.11	0	0
L-Threonine, 98.5%	0.17	0.15	0.1	0.09	0.03	0.02
DL-Methionine, 99%	0.37	0.36	0.32	0.32	0.28	0.28
L-Tryptophan, 98%	0.03	0.04	0	0.02	0	0
Total	100	100	100	100	100	100
Calculated value						
Cost ³ , NT\$/kg	14.99	15.55	15.25	16.00	15.74	16.66
ME, kcal/kg	2,700	2,904	2,702	2,904	2,700	2,905
CP, %	14.5	14.8	16.1	16	17.6	17.6
Met + cys, %	0.86	0.87	0.86	0.86	0.86	0.87
Calcium, %	4.31	4.32	4.3	4.29	4.31	4.31
Non-phytate phos-phorus, %	0.52	0.51	0.5	0.51	0.5	0.51
Analyzed value						
Crude protein, %	14.71	14.12	15.56	15.83	17.46	17.23
Crude fat, %	6.16	6.24	7.04	6.66	6.83	7.41
Crude fiber, %	3.08	2.01	2.94	2.3	3.13	2.27
Calcium, %	4.57	5.4	5.17	4.69	4.61	4.62
Phosphorus, %	0.71	0.66	0.63	0.66	0.69	0.66

¹ Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 3,000 IU; vitamin D₃, 400 IU; vitamin E, 10 IU; vitamin K₃, 1 mg; vitamin B₁, 3.6 mg; vitamin B₂, 5.4 mg; vitamin B₆, 7.0 mg; Ca-pantothenate, 20.0 mg; niacin, 70 mg; biotin, 0.3 mg; folic acid, 1.1 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg.

² Supplied per kilogram of diet: Cu (CuSO₄ · 5H₂O, 25.45% Cu), 8 mg; Fe (FeSO₄ · 7H₂O, 20.09% Fe), 80 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O, 32.49% Mn), 60 mg; Zn (ZnO, 80.35% Zn), 40 mg; Se (NaSeO₃, 45.56% Se), 0.15 mg.

³ Price of the experimental diets was calculated according to the ingredient price of LRI feed mill in Sep. 2022.

II. 試驗動物之飼養與試驗飼糧

雞隻於試驗前於非開放雞舍內個別產蛋籠中，餵給蛋白質 16.7%、代謝能 2,851 kcal/kg 之產蛋前期飼料，供雞隻任飼，試驗期間 (111 年 4 月 21 日至 6 月 2 日) 平均最高與最低級氣溫分別為 32.5°C 與 23.2°C，平均相對溼度為 82.6%；自然日照長度從 12 小時 48 分至 13 小時 27 分，光照計畫從母雞群上籠於產蛋率達 5% 時開始點燈 (由 13 小時起)，每週增加 30 分鐘至每日 15 小時 30 分鐘之光照。於試驗前一週做產蛋調查後，依體重及產蛋量進行分組，開始進行為期 6 週之試驗。試驗期間 (30 – 35 週齡) 水及飼料採任食，飼料於每天上午進行餵飼，並每天記錄每隻母雞產蛋數及蛋重，而飼料攝食量則以每組每重複 (8 隻) 為單位累積一週測定一次，共測 6 次。並分別於第 2、4 週測定蛋殼品質；第 3、5 週進行人工授精，授精第二天起連續集蛋 5 天，供孵化之用；孵出後，分別記錄每處理組之孵化出雛數。

III. 測定項目與方法

(i) 產蛋性能：

1. 分別於試驗開始及試驗結束秤量個別母雞體重，體重變化 = 結束體重 - 開始前體重。
2. 隻日飼料攝食量 (feed intake, g/bird/day) = (每組每重複累積一週飼料攝食量 (g) / 8 隻) / 7 天
3. 平均蛋重 (average egg weight, g) = (每組每重複每天累積一週總蛋重 (g) / 8 隻) / 7 天
4. 隻日產蛋率 (hen day egg production rate, %) = [(每組每重複每天累積一週總產蛋數 / 8 隻) / 7 天] × 100
5. 隻日產蛋量 (hen day egg mass, g) = (隻日產蛋率 / 100) × 平均蛋重 (g)
6. 料蛋比 (feed/egg) = 隻日攝食量 (g) / 隻日產蛋量 (g)

(ii) 蛋品質測定：分別於第 31、33 週齡時，撿拾每組每重複每隻雞的蛋於收集後 24 小時內測量蛋重，並進行蛋品質測定。

1. 蛋殼強度測定：以蛋殼強度測定器 (垂直張力測定器 Model-HT-8116, FHK, Japan)，進行蛋殼強度測定。
2. 蛋殼厚度測定：將打開之蛋殼在擦乾後，去除蛋殼膜，分別在鈍端、尖端與赤道區域 (equatorial area) 各取一塊蛋殼，以圓球端點的蛋殼厚度計 (FHK, Japan) 測量得平均蛋殼厚度 (mm) (Nordskog and Farnsworth, 1953)。
3. 蛋形指數：以電子卡尺 (Mitutoyo, Japan) 測量雞蛋之短徑及長徑，並計算蛋形指數 (蛋的短徑 / 長徑) × 100。
4. 羅氏蛋黃顏色比色扇分數：藉由 16 級顏色指數之羅氏蛋黃顏色比色扇 (Roche Yolk Color Fan) 以比對蛋黃顏色，進行 1 – 16 分數之評分。
5. 豪氏單位：依 Silversides and Villeneuve (1994) 之公式計算豪氏單位 (Haugh Unit, HU)，即 $HU = 100 \times \log (H - 1.7 \times W^{0.37} + 7.57)$ ，式中的 H 為蛋白高度 (mm)，W 為全蛋重 (g)。

(iii) 受精率與孵化率：分別於第 32 及 34 週齡時進行人工授精，將精液品質優良之 20 隻公雞原精液 1:1 與 DPBS 1 倍稀釋液 (Dulbecco's Phosphate Buffered Saline, Gibco®) 混合後，每隻母雞授精量以 0.03 – 0.04 mL 精液稀釋混合液，授精 144 隻母雞 1 次 (共 2 週次)。經每次人工授精 24 小時後，收集種蛋置放於 15°C 冷藏庫貯存，種蛋分別於授精後第 8 天入孵 1 次 (共 2 週次)，孵出後，分別記錄每處理組之孵化出雛數。

1. 受精率：於入孵第 7 天以照蛋器照蛋，觀察有無雞胚血管發育，未見血管發育者判為無精蛋。

受精率 (%) = (受精蛋數 ÷ 供孵化總蛋數) × 100

2. 孵化率：以孵化第 21 天之出雛數為孵化率之計算值。

(1) 受精蛋孵化率 (%) = (雛雞數 ÷ 受精蛋數) × 100

(2) 入孵蛋孵化率 (%) = (雛雞數 ÷ 供孵化總蛋數) × 100

IV. 統計分析

- (i) 產蛋性能：試驗前 1 週 (29 週齡) 及試驗結束 (35 週齡) 進行每隻雞秤重，以測定體重變化。雞隻體重與體重變化以每重複 8 隻為試驗單位，每試驗組共 24 個試驗單位。其他如隻日攝食量、平均蛋重、隻日產蛋率、隻日產蛋量、料蛋比等項目，均以每重複為一試驗單位，每試驗組共 3 個試驗單位。
- (ii) 蛋品質測定：蛋殼強度測定、蛋殼厚度、蛋形指數、羅氏蛋黃顏色比色扇分數、豪氏單位，以每重複 8 隻，每試驗組共 24 隻，均以個體雞隻為試驗單位。
- (iii) 受精率與孵化率：將第 32 及 34 週齡時進行人工授精後之孵化總蛋數、受精蛋數、雛雞數，以每重複為一試驗單位，加總換算成平均受精率、受精蛋孵化率、入孵蛋孵化率，每試驗組共 3 個試驗單位。
- (iv) 試驗所得資料以統計分析系統 (SAS, 1996) 套裝軟體，進行統計分析，使用一般線性模式程序進行變方分析，以 Student-Newman-Keuls Test (SNK) 比較處理組平均值之差異顯著性。

結果與討論

I. 體重變化

飼糧中不同蛋白質及能量含量對試驗前 (29 週齡) 與試驗結束 (35 週齡) 畜試白絲羽烏骨雞體重變化之影響結果 (如表 2) 顯示, 試驗前 (29 週齡) 體重, 各試驗組間均無顯著差異, 表示試驗起始點相同; 但 29 – 35 週齡體重變化則以 CP/ME = 16.0/2,900 組 (85 ± 39 g) 顯著高於其他組 ($P < 0.05$), 符合表 5 以 10 元 /egg 單位售蛋淨利或售雛淨利 (NT\$/bird), 均以 CP/ME = 16.0/2,900 組獲利最高結果。而 16.0/2,700 組體重變化 (38 ± 54 g) 顯著低於其他組 ($P < 0.05$), 則獲利較差。

表 2. 不同飼糧蛋白質與能量含量對試驗前 (29 週齡) 與試驗結束 (35 週齡) 畜試白絲羽烏骨雞體重之影響

Table 2. Effects of different dietary protein and energy levels on body weight of LRI White Silky Chickens at start (29-wks old) and end (35-wks old) of experiment

Items	CP, %/ME, kcal/kg					
	14.5/2,700	14.5/2,900	16.0/2,700	16.0/2,900	17.5/2,700	17.5/2,900
Body weight at 29-wks old, g	1,299 $\pm$ 146	1,346 $\pm$ 170	1,335 $\pm$ 168	1,333 $\pm$ 166	1,335 $\pm$ 148	1,390 $\pm$ 156
Body weight at 35-wks old, g	1,373 $\pm$ 154	1,402 $\pm$ 190	1,373 $\pm$ 216	1,418 $\pm$ 187	1,388 $\pm$ 141	1,452 $\pm$ 147
Change of body weight, g	74 $\pm$ 32 ^{ab}	56 $\pm$ 29 ^{bc}	38 $\pm$ 54 ^c	85 $\pm$ 39 ^a	53 $\pm$ 24 ^{bc}	62 $\pm$ 37 ^{abc}

N = 24.

Mean $\pm$ SD.

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

II. 產蛋與繁殖性能

飼糧中不同蛋白質及能量含量對 30 – 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞產蛋與繁殖性能之影響結果 (如表 3) 顯示, 在隻日產蛋率方面, 以 CP/ME = 16.0/2,900 組 ($90.7 \pm 3.6\%$) 最高, 除與 17.5/2,700 組無顯著差異外, 顯著高於其他組 ($P < 0.05$)。動物消化道容積有限, 在餵飼低蛋白與低能量飼糧下, 蛋雞無法透過調整攝食量來改善產蛋表現 (Bagheri *et al.*, 2020), 故畜試白絲羽烏骨雞 14.5/2,700、14.5/2,900 及 16.0/2,700 組, 其攝食量雖與 16/2,900 組相似, 但隻日產蛋率卻顯著較低 ($P < 0.05$); 至於給予較高能量與蛋白質的 17.5/2,900 組, 其隻日產蛋率較 16/2,900 組低之原因, 推測為臺灣位處亞熱帶地區, 動物容易熱緊迫, 當蛋白質在動物體內代謝時使得熱增值增加, 進一步加劇熱緊迫對家禽的負面影響 (Olgun *et al.*, 2021)。另外當蛋白質攝食量低於需要量時會影響產蛋率, 但當蛋白質攝食量足夠後, 則對產蛋率之影響不明顯。產蛋母雞需要滿足身體需要以後, 有多餘營養分才會用於產蛋, 若未能滿足產蛋所需營養時, 則產蛋率可隨能量攝取量增加而提高 (Waldroup *et al.*, 1976; Pearson and Herron, 1982; Wilson and Harms, 1984; Spratt and Leeson, 1987)。以蛋雞體重 1.5 kg 而言, 當產蛋率 70% 時, 每天之代謝能需要 264 kcal, 當產蛋率提高至 90% 時, 每天代謝能則增加至 289 kcal (NRC, 1994)。

在蛋重方面, 各試驗組間均無顯著差異。此結果與 Pearson and Herron (1982) 試驗中每日攝取蛋白質 16.5 – 27.0 公克對蛋重無顯著影響相類似; 但與 Waldroup *et al.* (1976) 指稱每日攝取蛋白質介於 14 – 20 公克時, 蛋重及產蛋率隨蛋白質攝取量增加而增加不符; 此可能因畜試白絲羽烏骨雞產蛋期之蛋白質需求量較低所致。另外 Pearson and Herron (1982) 指稱每日代謝能攝取量介於 270 – 385 kcal 間, 蛋重隨能量攝取量增加呈線性增加。而本試驗於任飼狀態下進行, 各處理組間之能量採食量差異均不大, 可能為代謝能處理組間對蛋重無顯著差異之原因。在隻日攝食量方面, 各試驗組間均無顯著差異。此結果與 Pesti and Fletcher (1984) 指稱: 飼糧蛋白質含量不影響飼料攝食量之報告相符。在產蛋飼料轉換率 (料蛋比)、隻日產蛋量等方面, 各試驗組間均無顯著差異。

在受精率、入孵蛋孵化率及受精蛋孵化率方面, 各試驗組間均無顯著差異。此結果與 Wilson and Harms (1984) 指稱: 每日蛋白質攝取量介於 18.6 – 23 公克及 Spratt and Leeson (1987) 指稱: 每日採食蛋白質 19 和 25 公克及代謝能每日攝取 325 – 450 kcal 間, 不影響受精率及孵化率之報告相符。若產蛋期採食過剩的能量, 易造成肥胖, 而影響受精率及孵化率 (McDaniel *et al.*, 1981; Robbins *et al.*, 1986)。

家禽飼糧營養需要量, 依生產用途、飼養階段與品種性別而有不同。蛋用或肉用父母代種母雞之營養需要量國外有關之文獻相當多, 依據美國國家研究委員會 (NRC, 1994) 白殼蛋種雞之粗蛋白質與代謝能需要量, 分

別為 15% 與 2,900 kcal/kg；海蘭白 W-36 父母代種雞之粗蛋白質與代謝能需要量，分別為 15 – 16% 與 2,822 – 2,910 kcal/kg (海蘭 W-36 父母代飼養管理手冊使用指南，2016)。至於羅斯 308 (ROSS 308) 與 AA+ 父母代種雞之粗蛋白質與代謝能需要量，分別為 13 – 15% 與 2,800 kcal/kg (羅斯 308 父母代種雞飼養營養標準，2016；愛拔益加 + 父母代種雞飼養營養標準，2016)。由於烏骨雞之營養研究並不多，營養需要常參考土雞之需要 (于及徐，1989)。畜試所二元雜交種母土雞於限飼狀態每天餵飼蛋白質 15.5 g、代謝能 270 kcal 可得較佳之繁殖性能 (林及徐，1997)。NRC (1994) 建議肉用種母雞每隻每天需 15 g 蛋白質及 350 – 450 kcal 之代謝能；來航產蛋雞則每天需 19.5 g 蛋白質，棕色蛋雞則每天需 16.5 g 蛋白質。由於本試驗之畜試白絲羽烏骨雞比以上雞種體型更小，可能與矮型白蘆花母雞 (DWDW) 之需要量為正常之 70% (Waldroup and Hazen, 1976) 的情形類似。

表 3. 不同飼糧蛋白質與能量含量對 30 – 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞產蛋與繁殖性能之影響

Table 3. Effects of different dietary protein and energy levels on egg production and reproductive performance of LRI White Silky Chickens during 30 – 35 weeks of age

Items	CP, %/ME, kcal/kg					
	14.5/2,700	14.5/2,900	16.0/2,700	16.0/2,900	17.5/2,700	17.5/2,900
Feed/egg	2.51 ± 0.18	2.37 ± 0.17	2.45 ± 0.06	2.31 ± 0.10	2.34 ± 0.02	2.3 ± 0.14
Hen day egg pro-duction rate, %	83.7 ± 2.0 ^b	84.2 ± 0.8 ^b	83.9 ± 1.6 ^b	90.7 ± 3.6 ^a	87.5 ± 1.8 ^{ab}	85.4 ± 2.9 ^b
Average egg weight, g	37.5 ± 0.6	38.9 ± 1.2	38.4 ± 0.6	38.3 ± 0.5	38.0 ± 1.1	38.8 ± 1.0
Hen day egg mass, g	31.4 ± 0.6	32.7 ± 1.2	32.2 ± 0.7	33.3 ± 1.8	33.3 ± 0.7	33.1 ± 0.2
Feed in-take/bird/day, g	78.7 ± 4.5	77.4 ± 3.5	78.9 ± 2.4	80.3 ± 3.3	77.7 ± 2.1	76.2 ± 4.9
Infertility rate, %	72.0 ± 8.7	65.7 ± 15.3	65.7 ± 5.5	70.7 ± 14.0	71.0 ± 3.0	71.3 ± 10.4
Hatchability of incubated eggs, %	62.7 ± 8.5	51.3 ± 19.9	53.7 ± 11.5	67.0 ± 10.4	68.0 ± 4.4	61.7 ± 10.6
Hatchability of fertilized eggs, %	86.7 ± 4.0	76.7 ± 11.0	81.3 ± 11.7	95.3 ± 5.0	95.3 ± 2.5	86.3 ± 2.9

N = 3.

Mean ± SD.

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

III. 雞蛋品質

飼糧中不同蛋白質及能量含量對 30 – 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞蛋品質之影響結果 (如表 4) 顯示，僅羅氏蛋黃顏色比色扇分數以 CP/ME = 14.5/2,700 組 (6.3 ± 0.6)、14.5/2,900 組 (6.1 ± 0.5) 與 16.0/2,900 組 (6.3 ± 0.6) 顯著高於其他組 ($P < 0.05$)；可能因為這 3 組在試驗飼糧組成 (如表 1) 的玉米含量較其他組為高，玉米中的葉黃素影響蛋黃顏色。市售雞蛋的蛋黃顏色一般介於羅氏蛋黃顏色比色扇 (Roche yolk color fan score) 的 7 – 12 級間。黃色蛋黃介於 7 – 9 級間，橘紅色蛋黃則介於 9 – 12 級間 (褚，2007)。蛋黃的色素成分主要是類胡蘿蔔素 (carotinoids)，而類胡蘿蔔素根據其組成可分為胡蘿蔔素 (carotene) 和葉黃素 (xanthophyll)。蛋黃中的色素量以葉黃素最多 (張，1986；岳，2014)，若想達到羅氏蛋黃顏色比色扇 9 – 12 級的蛋黃顏色，則飼料中葉黃素含量必須要有 18 – 35 mg/kg。若飼料中的玉米用量約 50 – 60%，則飼料中的葉黃素含量僅約 10 – 13 mg/kg，故飼料中必須使用玉米麴粉 (corn gluten meal) 與苜蓿粉 (alfalfa meal) 等色素含量較高之飼料原料，或於飼料中添加金盞花粉 (marigold powder) 與辣椒粉 (chili powder) 或其萃取物等物質來達成 (褚，2007)。在蛋殼厚度及蛋殼強度方面，各試驗組間均無顯著差異。蛋殼厚度與蛋殼強度均與破損蛋的發生有密切的關係，蛋殼品質會受雞隻品種、年齡、溫度及飼料配方等因素影響 (Bar *et al.*, 1999; Anderson *et al.*, 2004; Khajali *et al.*, 2008)。此蛋殼強度結果比 Hy-Line W36 蛋雞於 32 週齡時為 4.16 kg/cm^2 為差 (海蘭 W-36 商品代蛋雞飼養管理手冊，2020)，但符合一般雞蛋 0.26 – 0.36 mm 的蛋殼厚度 (葉，2001)。

在蛋形指數方面，各試驗組間均無顯著差異。此蛋形指數結果比一般蛋形指數 72 – 76 的範圍為高，所以畜試白絲羽烏骨雞的蛋形比一般雞蛋圓。蛋形指數主要受雞種、年齡及疾病的影響，一般而言，褐蛋品種之蛋形指數大於白蛋品種，且褐蛋品種之蛋形指數隨年齡增加而變小，白蛋品種之蛋形指數則較不受年齡影響，而傳染性支氣管炎與新城雞病等呼吸器官疾病可導致生產畸形蛋 (褚，2007)。在豪氏單位方面，各試驗組間均無顯著差異。此結果比新鮮蛋之豪氏單位 80 – 90 為高，可能與本試驗以當日新鮮蛋做試驗有關，符合 Hy-Line W36 蛋雞豪氏單位於 32 週齡時為 93.2 之結果 (海蘭 W-36 商品代蛋雞飼養管理手冊，2020)。一般豪氏單位達 79 以上者列為特 A 級，61 – 78 為一級，60 以下則列為二級 (United States Department of Agriculture, 2000)。雞

蛋品質亦會隨存放時間增加而改變，而在存放時間相等情況下亦受到雞隻品系、年齡、溫度、飼料配方、疾病及貯存條件所影響 (岳, 2014; Roberts, 2004; Khajali *et al.*, 2008)。

表 4. 不同飼糧蛋白質與能量含量對 30 – 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞蛋品質之影響

Table 4. Effects of different dietary protein and energy levels on egg quality of LRI White Silky Chickens during 30 – 35 weeks of age

Items	CP, %/ME, kcal/kg					
	14.5/2,700	14.5/2,900	16.0/2,700	16.0/2,900	17.5/2,700	17.5/2,900
Egg weight, g	37.6 ± 1.7	38.8 ± 2.9	38.7 ± 2.3	38.5 ± 2.3	38.8 ± 5.3	38.7 ± 2.9
Egg shell thickness, mm	0.323 ± 0.025	0.335 ± 0.026	0.322 ± 0.025	0.326 ± 0.020	0.322 ± 0.026	0.324 ± 0.029
Egg shell breaking strength, kg/cm ²	2.542 ± 0.495	2.730 ± 0.667	2.610 ± 0.574	2.570 ± 0.500	2.748 ± 0.587	2.580 ± 0.469
Egg shape in-dex ⁽¹⁾	78.2 ± 2.6	77.9 ± 2.2	77.6 ± 1.8	78.0 ± 1.5	77.2 ± 2.3	77.9 ± 2.4
Score of yolk color ⁽²⁾	6.3 ± 0.6 ^a	6.1 ± 0.5 ^a	5.5 ± 0.6 ^b	6.3 ± 0.6 ^a	5.5 ± 0.7 ^b	5.7 ± 0.4 ^b
Haugh unit	91.1 ± 7.8	94.0 ± 6.6	92.6 ± 4.7	93.0 ± 6.0	91.8 ± 6.4	93.3 ± 5.8

N = 24.

Mean ± SD.

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

⁽¹⁾ Egg shape index = (width/length) × 100.

⁽²⁾ Formerly Roche Yolk Color Fan is 16 scales color index to distinguish the yolk color density.

IV. 經濟效益

飼糧中不同蛋白質及能量含量對 30 – 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞經濟效益之影響 (如表 5) 顯示，以 10 元 / egg 單位售蛋淨利或售雛淨利 (NT\$/bird)，均以 CP/ME = 16.0/2,900 組獲利最高，每隻種母雞分別淨利為 327.0 元及 839.3 元。若以 80 元 /kg 單位售蛋淨利 (NT\$/bird)，則以 CP/ME = 17.5/2,700 組獲利最高，每隻種母雞分別淨利為 60.5 元。

表 5. 不同飼糧蛋白質與能量含量對 30 – 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞經濟效益之影響

Table 5. Effects of different dietary protein and energy levels on economic benefit of LRI White Silky Chickens during 30 – 35 weeks of age

Items	CP, %/ME, kcal/kg					
	14.5/2,700	14.5/2,900	16.0/2,700	16.0/2,900	17.5/2,700	17.5/2,900
Feed cost #, NT\$/bird ⁽¹⁾	49.5	50.5	50.5	54.0	51.4	53.3
Egg income per bird ⁽²⁾ (as NT\$ 80/kg egg), NT\$/bird	105.5	109.9	108.2	111.9	111.9	111.2
Egg income per bird ⁽³⁾ (as NT\$ 10/ egg), NT\$/bird	351.5	353.6	352.4	380.9	367.5	358.7
Hatched chick income ⁽⁴⁾ , NT\$/bird	771.5	635.0	662.3	893.3	874.7	774.6
Net income per bird ⁽⁵⁾ (as NT\$ 80/kg egg), NT\$/bird	56.0	59.3	57.7	57.9	60.5	57.9
Net income per bird ⁽⁶⁾ (as NT\$ 10/ egg), NT\$/bird	302.0	303.1	301.8	327.0	316.1	305.4
Net income of hatched chick ⁽⁷⁾ , NT\$/bird	721.9	584.4	611.8	839.3	823.3	721.3

⁽¹⁾ Feed cost (NT\$/bird) = [30 – 35 wks feed intake per day per bird (g) × 7 d × 6 w] ÷ 1,000 × feed cost (NT\$/kg).

⁽²⁾ Egg income per bird (as NT\$ 80/kg egg) = [30 – 35 wks daily egg production amount per bird (g) × 7 d × 6 w] ÷ 1,000 × egg price (NT\$ 80/kg).

⁽³⁾ Egg income per bird (as NT\$ 10/egg) = [30 – 35 wks hen-day egg production rate (%) × 7 d × 6 w] × egg price (NT\$ 10/egg).

⁽⁴⁾ Hatched chick income = [30 – 35 wks hen-day egg production rate (%) × 7 d × 6 w] × hatchability of incubated eggs (%) (NT\$ 100/kg) ÷ 100 × chick price (NT\$ 35/bird).

⁽⁵⁾ Net income per bird (as NT\$ 80/kg egg) = [Egg income as NT\$80/kg (NT\$/bird)] – feed cost (NT\$/bird).

⁽⁶⁾ Net income per bird (as NT\$ 10/ egg) = [Egg income as NT\$10/egg (NT\$/bird)] – feed cost (NT\$/bird).

⁽⁷⁾ Net income of hatched chicks (NT\$/bird) = [hatched chick income (NT\$/bird)] – feed cost (NT\$/bird).

Price of the experimental diets was calculated according to the ingredient price of LRI feed mill in Sep. 2022.

結 論

綜合不同飼糧蛋白質及能量含量對 30 – 35 週齡畜試白絲羽烏骨雞產蛋、繁殖性能、蛋品質與經濟效益之最佳組合為 CP/ME = 16.0/2,900 組；換算成每日 CP = 16% 攝食量 80.3 g (如表 3) = 13 g/hen/day，每日 ME = 2.9 kcal/g 攝食量 80.3 g (如表 3) = 235 kcal /hen /day。

誌 謝

本試驗承農業部畜產試驗所畜產經營組三股同仁協助試驗始克完成，謹併致謝忱。

參考文獻

- 于灣華、徐阿里。1989。小體型有色肉雞對蛋白質與熱能需要量之測定。中畜會誌 18：1-11。
- 岳喜慶。2014。畜產食品加工學。中國輕工業出版社，北京市。
- 林正鏞、徐阿里。1994。飼糧蛋白質及能量含量對種母土雞繁殖性能之影響。畜產研究 27：325-338。
- 林正鏞、徐阿里。1997。種用土雞蛋白質及代謝能需要量。畜產研究 30：111-123。
- 林義福、劉曉龍、洪哲明、謝昭賢、鄭裕信。2008。小型烏骨雞育雛期能量蛋白質需要量研究。中畜會誌 37(增刊)：258。
- 林義福、劉曉龍、洪哲明、謝昭賢、鄭裕信、鄭竹君。2009。小型烏骨雞 5-8 週齡能量蛋白質需要量研究。中畜會誌 38(增刊)：245。
- 林義福、劉曉龍、洪哲明、謝昭賢、鄭裕信。2010。小型烏骨雞 9-16 週齡能量蛋白質需要量研究。中畜會誌 39(增刊)：244。
- 林義福、劉曉龍、洪哲明、鄭裕信、謝昭賢。2011。不同代謝能及蛋白質含量實用飼糧對 4-8 週齡小型烏骨雞生長性狀之影響。中畜會誌 44：197-204。
- 范宗勝。2004。黑絲羽烏骨雞飼糧中代謝能含量對其生長性能及屠體性狀之影響。碩士論文。國立屏東科技大學，屏東。
- 葉力子。2001。畜牧要覽：家禽篇。華香園出版社，臺北市。
- 張育滋。2005。飼糧粗蛋白質與代謝能含量對黑羽烏骨雞生長性能及屠體性狀之影響。碩士論文。國立屏東科技大學，屏東。
- 張勝善。1986。蛋品加工學。華香園出版社，臺北市。
- 海蘭 W-36 父母代飼養管理手冊使用指南。2016。Hyline 國際育種公司。www.hyline.com。
- 海蘭 W-36 商品代蛋雞飼養管理手冊。2020。Hyline 國際育種公司。www.hyline.com。
- 愛拔益加 + 父母代種雞飼養營養標準。2016。Aviagen 國際育種公司。www.aviagen.com。
- 褚慶環。2007。蛋品加工技術。中國輕工業出版社，北京市。
- 劉曉龍。2020。畜試白絲羽烏骨雞選育與應用。科學發展 567：24-31。
- 鄭兆強。2003。黑絲羽烏骨雞飼糧中粗蛋白質含量對其生長性能及屠體性狀之影響。碩士論文。國立屏東科技大學，屏東。
- 羅斯 308 父母代種雞飼養營養標準。2016。Aviagen 國際育種公司。www.aviagen.com。
- Anderson, K. E., J. B. Tharrington, P. A. Curtis, and F. T. Jones. 2004. Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens and the relationship of egg shape to shell strength. Int. J. Poult. Sci. 3: 17-19.
- Bagheri, S., A. Golian, H. Nasiri Moghaddam, and H. Zarghi. 2020. Effect of dietary energy and nutrients density on performance and egg quality in the 2nd production cycle in laying hens. Iran. J. Anim. Sci. Res. 12: 197-209.
- Bar, A., E. Vax, and S. Striem. 1999. Relationships among age, eggshell thickness and vitamin D metabolism and its expression in the laying hen. Comp. Biochem. Physiol. A-Mol. Integr. Physiol. 123: 147-154.
- Khajali, F., E. A. Khoshouie, S. K. Dehkordi, and M. Hematian. 2008. Production performance and egg quality of Hy-Line W36 laying hens fed reduced-protein diets at a constant total sulfur amino acid: lysine ratio. J. Appl. Poult. Res. 17: 390-397.

- McDaniel, G. R., J. Brake, and R. D. Bushong. 1981. Factors affecting broiler breeder performance. 1. Relationship of daily feed intake level to reproductive performance of pullets. *Poult. Sci.* 60: 307-312.
- Nordskog, A. W. and G. Farnsworth. 1953. The problem of sampling for egg quality in a breeding flock. *Poult. Sci.* 32: 918. (Abstr.)
- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. National Academy Press. Washington, DC.
- Olgun, O., A. F. Abdulqader, and A. Karabacak. 2021. The importance of nutrition in preventing heat stress at poultry. *World's Poult. Sci. J.* 77: 661-678.
- Pearson, R. A. and K. M. Herron. 1982. Relationship between energy and protein intakes and laying characteristics in individually-caged broiler breeder hens. *Br. Poult. Sci.* 23: 145-159.
- Pesti, G. M. and D. L. Fletcher. 1984. The response of male broiler chickens to diets with various protein contents during the grower and finisher phases. *Br. Poult. Sci.* 25: 415-423.
- Robbins, K. R., G. C. McGhee, P. Osei, and R. E. Beauchene. 1986. Effect of feed restriction on growth, body composition, and egg production of females through 68 weeks age. *Poult. Sci.* 65: 2226-2231.
- Roberts, J. R. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *J. Poult. Sci.* 41: 161-177.
- SAS. 1996. SAS User's Guide : Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Silversides, F. G. and P. Villeneuve. 1994. Is the Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature? *Poult. Sci.* 73: 50-5.
- Spratt, R. S. and S. Leeson. 1987. Broiler breeder performance in response to diet protein and energy. *Poult. Sci.* 66: 683-693.
- United States Department of Agriculture. 2000. United States standards, grades, and weight classes for shell eggs. AMS 56.
- Waldroup, P. W. and K. R. Hazen. 1976. A comparison of the daily energy needs of the normal and dwarf broiler breeder hen. *Poult. Sci.* 55: 1383-1393.
- Waldroup, P. W., K. R. Hazen, W. D. Bussell, and Z. B. Johnson. 1976. Studies on the daily protein and amino acids needs of broiler breeder hens. *Science* 55: 2342-2347.
- Wilson, H. R., D. R. Ingram, and R. H. Harms. 1983. Restricted feeding of broiler breeders. *Poult. Sci.* 62: 1133-1141.
- Wilson, H. R. and R. H. Harms. 1984. Evaluation of nutrient specifications for broiler breeders. *Poult. Sci.* 63: 1400-1406.

Effects of different dietary protein and energy levels on egg production and reproductive performances of LRI White Silky Chickens during 30 – 35 weeks of age ⁽¹⁾

Ming-Yang Tsai ⁽²⁾ Cheng-Yung Lin ⁽²⁾ Hsiao-Yun Kuo ⁽³⁾ and Che-Ming Hung ^{(2) (4)}

Received: Jul. 11, 2023; Accepted: May. 14, 2024

Abstract

This project aimed to investigate the different dietary protein and energy levels on the reproductive performance of LRI white silky chicken. The experiment was conducted with factorial and completely randomized design to determine the minimum energy and protein requirements for the best reproduction performance of LRI white silky chicken, thereby to reduce the production cost of chicks. A 3 × 2 factorial design was adopted on the LRI white silky chicken of the experiment, namely three types of crude proteins (CP) (14.5, 16.0 and 17.5%) and two types of metabolizable energy (ME) (2,700 and 2,900 kcal/kg respectively) were used. There were 144 birds for 6 treatments of fed ad libitum. Each treatment included three replicates of 24 birds each. Each replicate comprised 8 birds. The experiment was conducted for 6 weeks at 30 weeks of age. Egg production, reproductive performance, egg quality and economic benefit were collected during the experimental period. The results showed that the optimal CP/ME combination of different proteins and energy level on the egg production, reproduction performance, egg quality, and economic benefits in the experiment of 30 – 35 weeks old birds was CP 16.0% + ME 2,900 kcal/kg group. The daily intake of CP and ME was 13 g/hen/day and 235 kcal/hen/day, respectively.

Key words: Silkie chickens, Nutritional requirement, Egg production performance, Reproduction performance.

(1) Contribution No. 2789 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Livestock Management Division, MOA-TLRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: cmhung@mail.tlri.gov.tw.

以曝氣池廢水去除沼氣中硫化氫之研究⁽¹⁾

歐修汶⁽²⁾ 張筱瑜⁽³⁾ 劉威志⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：112 年 8 月 31 日；接受日期：113 年 5 月 16 日

摘 要

本研究目的是利用一套簡易設計之濕式洗滌器，並以曝氣池中含活性污泥之廢水作為洗滌水，將沼氣通入洗滌器中，探討不同沼氣注入速率、槽內液面深度及進水方式（同向或反向）對沼氣中硫化氫（hydrogen sulfide, H_2S ）去除率之影響。濕式洗滌器為一 2,000 公升黑色塑膠桶，將自製之沼氣注入管置於洗滌器底部。進氣量以流量計控制，先設定槽內液深，試驗期間連續抽取洗滌水入槽並溢流排出。試驗沼氣注入速率（簡稱注氣速率）為每分鐘 50、100、150 和 200 L/min，每 10 分鐘紀錄水洗前後沼氣中 H_2S 濃度、洗滌水 pH 值及進流量等，當排氣 H_2S 濃度與溢流水 pH 值變化穩定時即停止試驗。試驗一之結果顯示，在液深 80 cm、平均進流洗滌水 pH 值 7.76 – 7.96、進氣之沼氣平均 H_2S 濃度 $2,520 \pm 100$ ppm 之條件下，洗滌水最終平均 pH 值為 6.93 – 7.31；在注氣速率 50 – 200 L/min 時，平均 H_2S 去除率分別為 81.3 – 64.1%，有顯著差異（ $P < 0.05$ ）。在試驗二中，注氣速率 200 LPM，液深 80 – 100 cm 時，最終平均 H_2S 去除率分別是 64.1 – 68.6%，無顯著差異。試驗三為進水與進氣逆流與並流試驗，於不同注氣速率下（100 與 150 L/min）逆流之 H_2S 去除率均顯著高於同向（ $P < 0.05$ ）。三項試驗之進流與溢流洗滌水之水質變化差異不顯著，僅進流水 pH 顯著高於溢流水，故以曝氣池廢水為洗滌水是可行的。 H_2S 去除率及洗滌水 pH 隨注氣速率增加而降低，降低注氣速率或增加液深可延緩 pH 值下降以提升 H_2S 去除率。

關鍵詞：沼氣、硫化氫、濕式洗滌器。

緒 言

畜牧場之廢水含有許多有機物基質及微生物，經厭氧生物降解處理，可產生具有利用價值之產物（da Silva *et al.*, 2014），如沼氣和沼渣沼液。沼氣成分主要是甲烷（60 – 80%）和二氧化碳（20 – 40%），可被當成一種可再生之生質能源，若能善加收集利用，可替代成為另一種燃料來源，並降低溫室氣體之排放；依據氣候變遷跨國政府委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）發表的研究報告指出，甲烷造成溫室效應的程度為二氧化碳之 24.5 倍。沼氣中還有一些微量氣體，例如硫化氫（ H_2S ）、矽氧烷、芳香族化合物、鹵代化合物和其他揮發性有機化合物（VOC）以及氨等化合物等（Rasi *et al.*, 2011）。硫化氫具毒性、酸腐蝕性和臭味（Potivichayanon *et al.*, 2006; da Silva *et al.*, 2014）；甚至在厭氧處理充滿硫酸鹽之廢水中，產生於液相中之硫化物（溶解性硫化物）也增加對甲烷菌的毒性（Kanjanarong *et al.*, 2017）。將未脫硫之沼氣直接燃燒，除了會造成設備腐蝕，縮短使用年限外，還會產生硫氧化物（Pokorna and Zabranska, 2015; Su and Chen, 2015）；若將沼氣直接排放於大氣中，將會增加溫室氣體效應，且因 H_2S 具腐蛋臭味，更加重畜牧場臭味，引起附近居民嫌惡，故 Su and Chen (2015) 研究建議，在利用沼氣前，若能將 H_2S 成分去除，可減少對人類健康、安全（de Arespacochaga *et al.*, 2014）與生活環境之衝擊，又可減少畜牧場臭味源。

去除硫化氫的方法包含物理、化學和生物方法。在含高濃度 H_2S 之沼氣或巨量的沼氣需脫硫時，廣泛和成功的應用物理學或物理化學中的沉澱、吸附或吸收（洗滌）方法已有很長一段時間（Pipatmanomai *et al.*, 2009; Ou *et al.*, 2020b），但這些方法之操作費用高，有時產生之二次污染物又需進一步處理，沖擊生態環境。相較之下，生物方法基於生物化學氧化硫化物成硫酸鹽、硫代硫酸鹽和元素硫，操作時因使用極少量或不需化學藥品而較便宜（Jeniček *et al.*, 2017），且具環境友善性（Giri *et al.*, 2014）。此法之操作程序，大致上來說，一開始是將沼氣曝入溶液中， H_2S

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2790 號。
(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(3) 國立中山大學環境工程研究所。
(4) 通訊作者，E-mail: wzliu@mail.tlri.gov.tw。

則溶於液中並與液中培養的微生物 (硫氧化菌, Sulphur Oxidizing Bacteria, SOB) 接觸, 並確保提供微生物足夠之營養源 (Pokorna and Zabranska, 2015; Su *et al.*, 2014) 將硫化物氧化, 氧化後之最終產物, 大多為元素硫及硫酸鹽。元素硫因低溶水性可被濾出供工廠使用或當肥料 (Beristain-Cardoso *et al.*, 2008; Pokorna and Zabranska, 2015), 硫酸鹽則可直接排放於表面水體 (Pokorna and Zabranska, 2015)。目前使用的生物脫硫方法有生物洗滌 (bioscrubber) (Nishimura and Yoda, 1997; Chou *et al.*, 2010)、生物過濾 (biofilter) (Liang and Liang, 2013; Su *et al.*, 2014) 及生物滴濾 (biotrickling filter) (Jiang *et al.*, 2009; Solcia *et al.*, 2014) 等方法。影響生物處理法的因素包括初始硫化氫濃度、注氣速率、液面深度、溶液 pH 值及活性污泥濃度 (Potivichayanon *et al.*, 2006; Chou *et al.*, 2010)。使用生物過濾及生物滴濾之缺點, 包括開始操作或重新啟動時需較長時間、產生之元素硫或脫落之生質團 (biomass) 累積阻塞填充材或多孔板 (de Arespacochaga *et al.*, 2014), 亦或氧化作用產生之硫酸鹽會造成系統內溶液 pH 太低而抑制微生物生長、沼氣停留在塔柱之時間過長 (通氣量低)、需定期沖刷或添加營養液 (活性污泥液) …等缺點。

本研究旨在克服上述操作缺點, 在養牛場廢水處理設施內設計一套簡易之水洗設備, 並以曝氣池含活性污泥之廢水為洗滌水, 探討不同之沼氣注入速率 (以下簡稱注氣速率)、液面深度及不同進流洗滌水方式對 H_2S 去除率之影響, 試驗中同時量測進氣口與排氣氣體成分濃度、室溫、槽內水溫、排氣溫與循環水量, 並於試驗結束前採集進流水與溢流水水樣進行水質分析, 以了解本操作方法之可行性及提供未來研究或應用之參考。

材料與方法

I. 試驗設計

本試驗於飼養 220 頭乳牛場的廢水處理設施中進行, 濕式洗滌器 (以下簡稱洗滌器) 為容量 2,000 L, 內徑 1.33 m 及桶高 1.85 m 之黑色塑膠桶槽, 設計之沼氣注氣管 (以下簡稱注氣管) 是以 2 吋 PVC 管自行鑽孔組裝製作而成, 並固定於桶槽底部, 管上鑽孔方式是沿管周平均開孔 0.1 cm, 孔距 1 cm, 建構成長方形環, 共鑽了 536 孔。桶內液面之深度是由外設置之溢流管控制, 桶外亦設有透明連通之 PVC 管柱可觀察與調整深度。以沉水幫浦連續抽取廢水場曝氣池廢水進入桶中而溢流廢水則排至另一曝氣池中。收集之未純化沼氣則是藉由環狀鼓風機經注氣管由桶底注入濕式洗滌器, 並由氣體流量計、氣體反送管及閥門來調整系統注氣速率, 水洗完之排氣則由槽頂預設排氣管路排出, 試驗流程與設備配置簡圖如圖 1 所示。

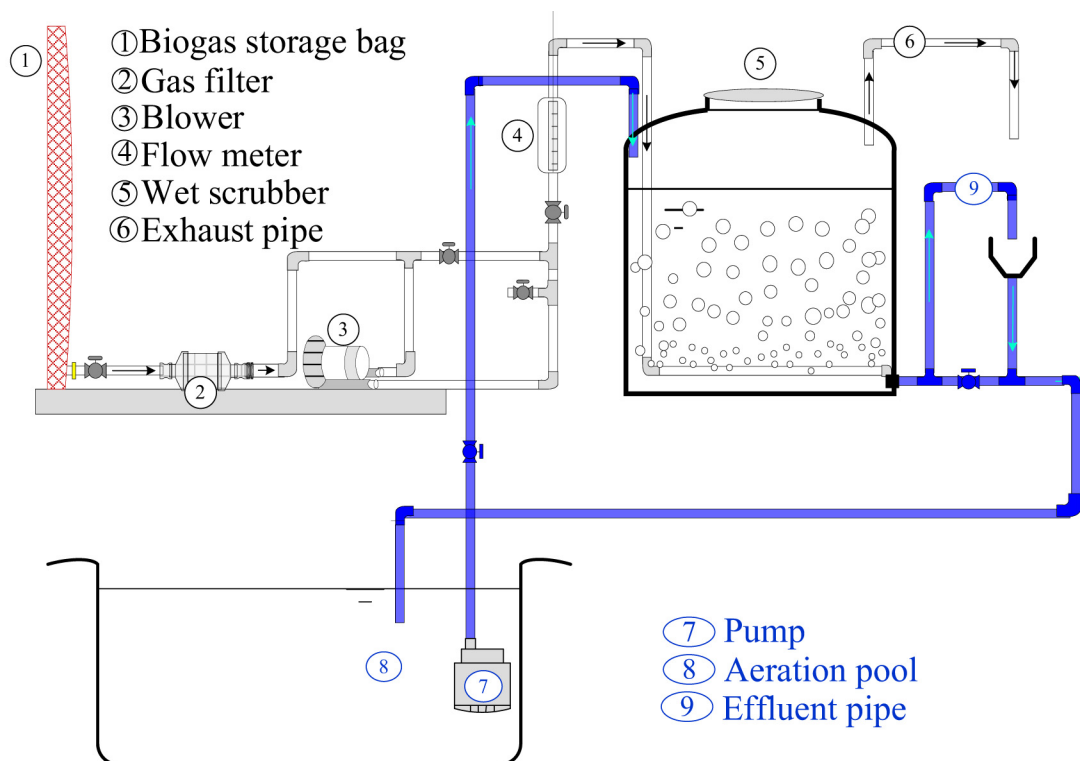


圖 1. 試驗流程及設備配置圖。

Fig. 1. Schematics of the experimental system.

II. 試驗方法

試驗剛開始時，先注入洗滌水至槽內達設定液面深度（以下簡稱液深）時，再打開抽水馬達將洗滌水抽至洗滌器內，使槽內溶液呈循環，同時打開高壓鼓風機進行沼氣曝氣，並藉由閥件來控制進氣與循環水流量。

- (i) 試驗一：設定液面深度 80 cm 下，針對不同沼氣注入速率每分鐘 50、100、150 或 200 公升 (L/min, LPM) 進行沼氣之曝氣水洗脫硫。
- (ii) 試驗二：再調整水洗槽液面深度為 90 及 100 cm，並配合上述之沼氣注入速率進行試驗。
- (iii) 試驗三：原洗滌器進水管是沒入槽底部進水（試驗一），與曝氣方向呈同向 (co-current)，而後將進水管切短改由上方以澆灌方式入水，正好與曝氣方向呈反向 (counter-current)，設定液面深度 90 cm，沼氣注入速率分別是 100 與 150 LPM。

試驗期間每隔 10 分鐘量測並記錄，包含進氣與排氣之氣體成分濃度、進流與溢流洗滌水 pH 值，當排氣 H_2S 濃度與洗滌水 pH 趨於穩定時（約 100 分鐘），採集進流與溢流水樣品送實驗室分析後即停止試驗，最後記錄每次試驗期間之總用水量。

III. 樣品分析方法

- (i) 氣體成分分析：硫化氫 (H_2S) 使用檢知管 (H_2S detector tubes, Gastec CO., Japan) 及氣體採樣器 (GV-100C gas sampling pump, Gastec Co., Japan) 檢測， H_2S 偵測極限為 0 ppm；甲烷 (CH_4)、二氧化碳 (CO_2) 及氧氣 (O_2)，以可攜式多用氣體偵測器 (Dräger X-am 7000, Dräger Safety AG & Co, KGaA, Germany) 偵測，機器可偵測氣體最低之極限皆為 0%。
- (ii) 水質成分分析：pH 值以 pH meter (PC3110 Intelligent pH/ORP Transmitter, SUNTEX, Taiwan) 測定；化學需氧量 (chemical oxygen demand, COD) 依水中化學需氧量檢測方法－密閉式重鉻酸鉀迴流法 (NIEA 517.52B) 分析；懸浮固體 (suspended solid, SS) 以 103 – 105°C 乾燥法 (NIEA W210.58A)；總固體 (total solid, TS) 以 103 – 105°C 乾燥法先烘乾，烘乾物再經 550 高溫燃燒 (NIEA R212.02C)，逸失之重量為揮發性固體 (volatile solid, VS)；導電度 (electrical conductivity, EC) 依水中導電度測定方法－導電度計法 (NIEA 203.51B)；硫酸鹽 (sulfate, SO_4^{2-}) 依水中硫酸鹽檢測方法－濁度法 (NIEA W430.51C) 配合分光光度計分析；鹼度 (total alkalinity, TAlk) 依水中鹼度檢測方法－滴定法 (NIEA W449.00B)。

IV. 計算公式

試驗中， H_2S 最終濃度以去除率 (removal rate, RR) 表示，去除率公式如下：

$$\text{去除率 (RR)} = \frac{\text{進氣端 } \text{H}_2\text{S} \text{ 濃度} - \text{排氣端 } \text{H}_2\text{S} \text{ 濃度}}{\text{進氣端 } \text{H}_2\text{S} \text{ 濃度}} \times 100\%$$

平均 H_2S -S 轉化成硫酸鹽－硫 (SO_4^{2-} -S) 之轉換率簡單計算表示如下：

$$(\text{H}_2\text{S}-\text{S}) \text{ transfer to } (\text{SO}_4^{2-}-\text{S}) = \frac{\text{溢流 sulfate 濃度} - \text{進流 sulfate 濃度}}{\text{進氣端 } \text{H}_2\text{S} \text{ 濃度} - \text{排氣端 } \text{H}_2\text{S} \text{ 濃度}} \times 100\%$$

V. 統計分析

試驗結果均以平均值 ± 標準偏差表示，試驗所得資料以統計分析系統套裝軟體 SPSS (第 25 版) 進行獨立樣本 t 檢定、單因子變異數分析 (one-way ANOVA) 或二因子變異數分析 (two-way ANOVA)，若差異達到顯著時，再以 LSD 進行事後檢定分析判定組間差異，顯著水準訂為 $P < 0.05$ 。

結果與討論

I. 不同沼氣注入速率試驗

當液深 80 cm 時，隨著試驗時間進行，槽內洗滌水 pH 值在最初 20 分鐘會下降很快（圖 2），之後下降幅度則漸漸變緩並趨於一穩定值（約 100 分鐘）。於不同沼氣注入速率試驗中，隨注氣速率增加（50 – 200 LPM），槽內洗滌水 pH 值下降的變化情形相似，雖槽內洗滌水 pH 最終均會趨於一穩定值，但隨注氣速率增加，有較快達到穩定值的趨勢，但在注氣速率 200 LPM 時（表 1），pH 下降幅度 (pH declined) 則顯著高於其他注氣速率 ($P < 0.05$)。試驗期間進流水與溢流水水質變化無顯著差異（未呈現），僅 pH 值在試驗結束時均會顯著低於剛開始。

洗滌水平均 pH 值下降是因為曝氣時，會將沼氣中部分氣體成分溶解（被吸收）於洗滌水中，而其中 H_2S 與 CO_2 屬於酸性氣體，而致 pH 值下降；試驗之進氣與排氣沼氣分析（未呈現），其中 H_2S 與 CO_2 於試驗中均可部分溶於水中，尤其是進氣之 H_2S 濃度顯著低於排氣，其餘氣體成分則無顯著變化。試驗平均初始沼氣 H_2S 平均濃度約在 $2,520 \pm 100$ ppm，當試驗進行時， H_2S 平均去除率變化最如圖 3 所示，在 50 與 100 LPM 時其去除率下降變化幅度較小，但隨注氣速率增加到 200 LPM 時，去除率下降幅度就變大。所有試驗之去除率皆會隨時間進行下降趨緩，最後亦趨於一穩定值。

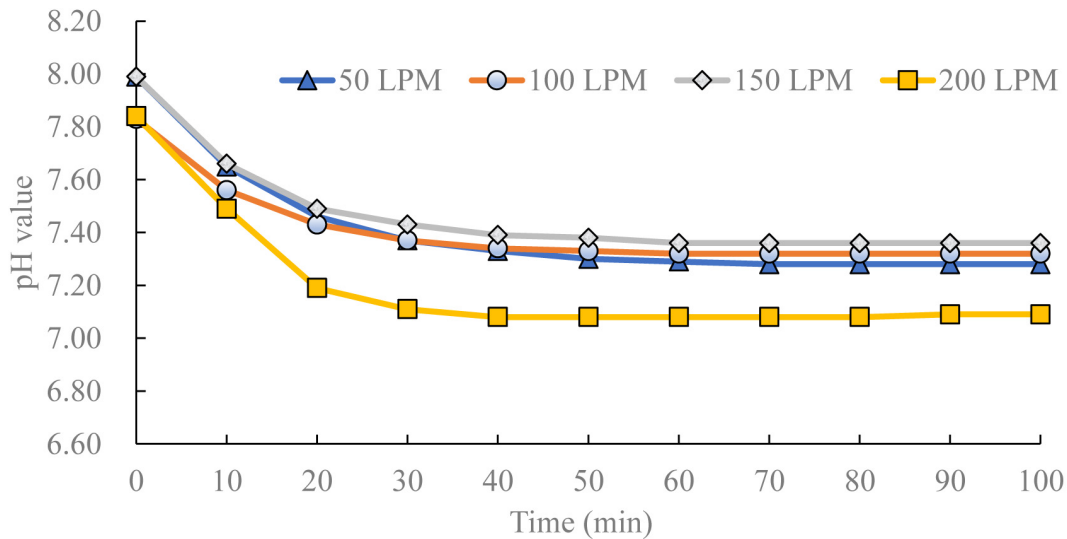


圖 2. 不同沼氣注入速率於液深 80 cm 時，對洗滌水 pH 值隨時間之變化。

Fig. 2. Time variations of wastewater pH with different gas injection rates of liquid depth 80 cm.

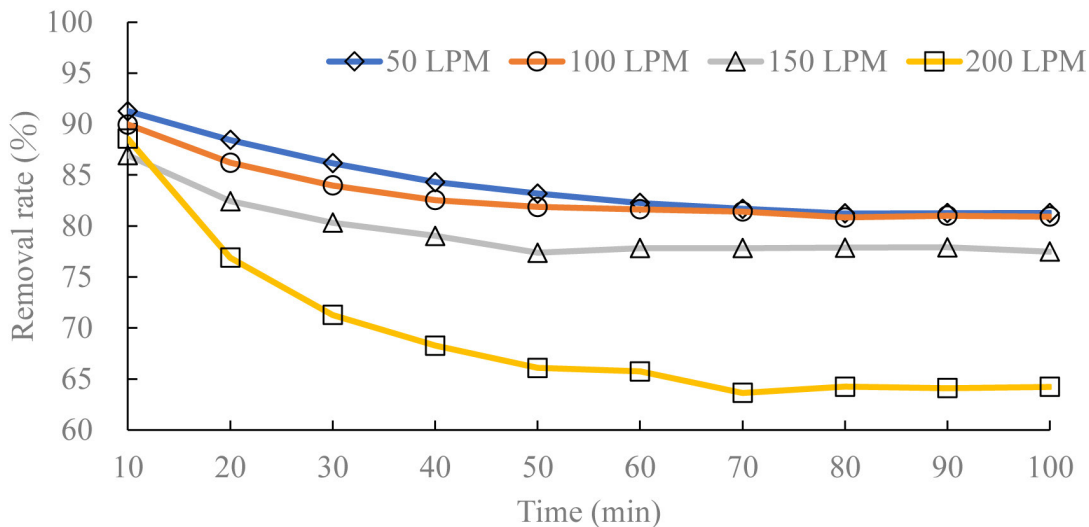


圖 3. 不同沼氣注入速率於液深 80 cm 時，對 H_2S 去除率隨時間之變化。

Fig. 3. Time variations of H_2S removal rate with different gas injection rate of liquid depth 80 cm.

當沼氣注入速率分別為 50、100、150 和 200 LPM 時，最終 H_2S 平均去除率則分別為 81.3、80.9、77.5 與 64.1%（表 1），且當注氣速率 200 LPM 時，其去除率顯著低其他注氣速率 ($P < 0.05$)，試驗平均最終 H_2S 濃度為 507 ± 72 ppm。pH 與 H_2S 去除率除有相同下降趨勢外，且兩者亦同時趨於一穩定值。試驗結果與 Baspinar *et al.* (2011)、Lien *et al.* (2014) 和 Ou *et al.* (2020a) 有相同之情形；溶液 pH 值降低太快與增加沼氣之注氣速率會降低 H_2S 去除率 (Ou *et al.*, 2020a)，因沼氣中高濃度 CO_2 同時大量溶於水中，致 pH 值降太快，故緩慢降低溶液 pH 或降低沼氣注入速率（增加沼氣停留在槽內時間），可明顯有助提升 H_2S 去除率。

II. 不同液面深度試驗

表 2 顯示為不同液面深度 90 與 100 cm，再配合試驗一 4 組注氣速率之平均 H_2S 去除率結果。隨著注氣速

率增加 (除 50 LPM 外), 對 H_2S 去除率之變化情形, 均有相同的變化趨勢, 即液深 100 cm 均顯著高於 80 cm ($P < 0.05$), 且隨注氣速率增加, 去除率亦隨之降低。在不同液深下之 H_2S 去除率, 注氣速率 50 LPM 均顯著高於 200 LPM ($P < 0.05$), 而且隨著液深增加, 對不同注氣速率下之 H_2S 去除率差異更顯著, 即注氣速率增加, 去除率變更差。隨液深增加, 洗滌水趨於定值之時間會略增加 (圖 4)。於相同的注氣速率下 (200 LPM), 液面深度分別為 80、90 和 100 cm 時, 最終平均沼氣 H_2S 去除率分別是 64.1、66.8 與 68.6%, 隨液面深度增加而上升 (圖 5)。全部試驗二之進流水與溢流水水質進行分析 (未呈現), 結果與試驗一結果相似, 即僅在 pH 值呈現相同之顯著變化 ($P < 0.05$), 於液深 90 vs. 100 cm 時, 進流與溢流 pH 分別為 (7.94 ± 0.04 vs. 7.47 ± 0.11) vs. (7.72 ± 0.08 vs. 7.23 ± 0.10)。對進氣與排氣之沼氣分析結果 (未呈現) 亦與試驗一相同, 即排氣 H_2S 濃度均顯著低於進氣 ($P < 0.05$)。試驗結果顯示與 Chou *et al.* (2010)、Lien *et al.* (2014) 及 Ou *et al.* (2020a) 之研究文獻有相同之變化, 此現象可能是由於質傳限制 (Chou *et al.*, 2010)。在注氣速率同為 50 LPM 時, 液深 100 cm 之去除率卻低於 80 與 90 cm, 可能是因為桶內平均洗滌水 pH 值下降幅度較大, 而影響沼氣 H_2S 去除率, 或是可能是當初試驗設定之液深差距太小而致結果不顯著。此試驗結果顯示洗滌水 pH 值下降幅度亦會影響去除率, 但是增加液面深度 (即增加沼氣停留於溶液內之時間), 應該是有助於提升 H_2S 去除率, 只是提升的效果不如直接降低注氣速率。

表 1. 液深 80 cm 不同沼氣注入速率對洗滌水 pH 值與沼氣中 H_2S 濃度之影響

Table 1. Effect of pH of washwater and H_2S concentration of biogas with various biogas injection rates at liquid depth 80 cm

Item (s)	Gas injection rate L/min (LPM)			
	50	100	150	200
Initial pH	7.88 ± 0.13	7.79 ± 0.19	7.96 ± 0.15	7.76 ± 0.07
Final pH	7.31 ± 0.04	7.25 ± 0.09	7.28 ± 0.07	6.93 ± 0.14
pH decline	0.56 ± 0.14^a	0.54 ± 0.12^a	0.68 ± 0.17^a	0.83 ± 0.07^b
Initial H_2S Conc. (ppm)	$2,437 \pm 49$	$2,593 \pm 12$	$2,530 \pm 96$	$2,410 \pm 101$
Final H_2S Conc. (ppm)	456 ± 60	499 ± 7	567 ± 88	880 ± 78
H_2S removal rate (%)	81.3 ± 2.3^a	80.9 ± 0.9^a	77.5 ± 4.2^a	64.1 ± 1.5^b

Mean $\pm$ SD.

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

表 2. 不同液面深度與沼氣注入速率對 H_2S 去除率之影響

Table 2. Effect of different liquid depths and gas injection rates on H_2S removal rate

Liquid depth (cm)	Gas injection rate L/min (LPM)			
	50	100	150	200
80	$81.3 \pm 2.3\%^{ab,A}$	$80.9 \pm 0.9\%^{a,A}$	$77.5 \pm 4.2\%^{a,A}$	$64.1 \pm 1.5\%^{a,B}$
90	$84.0 \pm 3.8\%^{a,A}$	$76.6 \pm 1.0\%^{b,B}$	$72.6 \pm 0.1\%^{ab,B}$	$67.2 \pm 2.0\%^{ab,C}$
100	$77.0 \pm 1.5\%^{b,A}$	$76.9 \pm 2.3\%^{b,A}$	$71.8 \pm 1.9\%^{b,B}$	$68.6 \pm 2.8\%^{b,B}$

Mean $\pm$ SD.

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

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

III. 不同進流方式試驗

試驗結果如表 3 所示, 當注氣速率同為 100 LPM 時, 逆流之 H_2S 去除率 (81.1%) 顯著高於並流操作 (76.6%) ($P < 0.05$), 且隨著注氣速率同樣增加至 150 LPM 時, 仍維持同樣之試驗結果 (75.0 vs. 72.7%) 且呈現顯著差異 ($P < 0.05$), 雖然差異縮較小, 但二者在試驗時之 pH 值就有差異, 而且一開始洗滌水 pH 值高低對 H_2S 去除率亦會產生影響, 進而影響二者之差距。不論並流或是逆流, H_2S 去除率在注氣速率 100 LPM 均顯著高於 150 LPM ($P < 0.05$)。Almenglo *et al.* (2016) 之實驗結果顯示進水與進氣反向配置之操作, 對 H_2S 去除率有提升效果, 與本試驗結果相同。

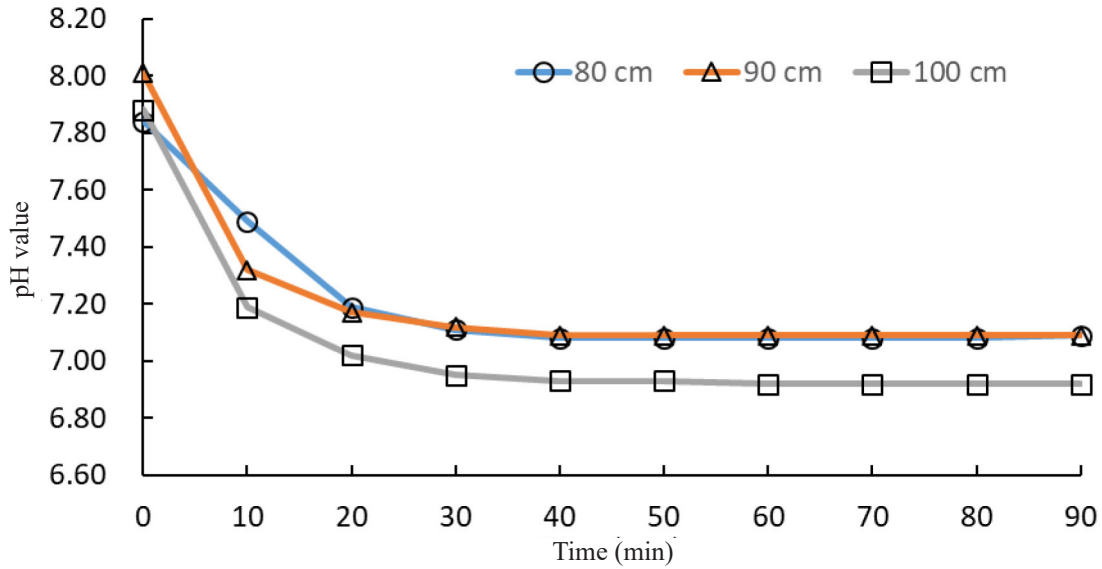


圖 4. 不同液深在沼氣注入速率 200 LPM 時，對洗滌水 pH 值隨時間之變化。

Fig 4. Time variations of washwater pH with different liquid depths of gas injection rate 200 LPM.

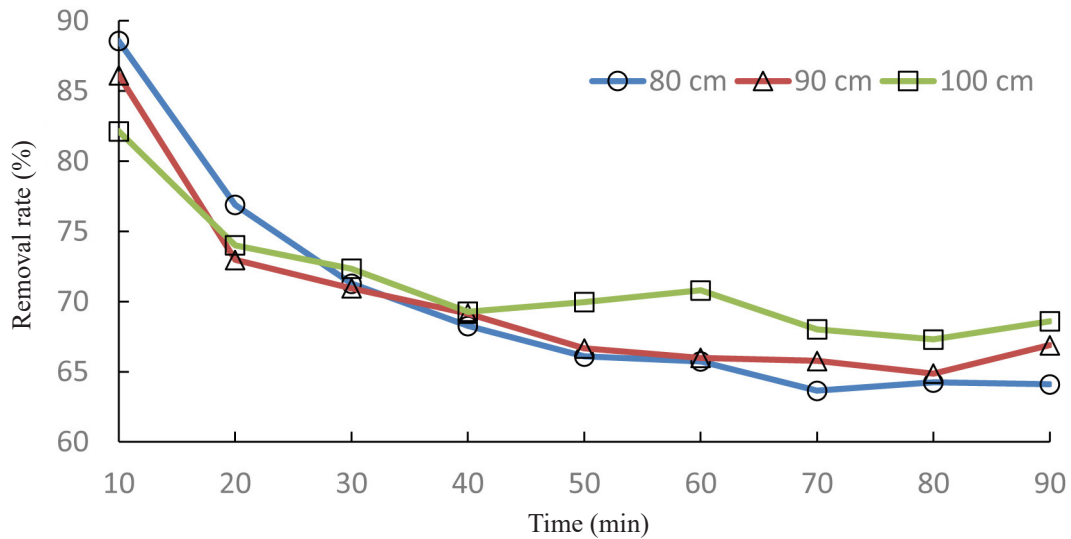


圖 5. 不同液深在沼氣注入速率 200 LPM 時，對 H₂S 去除率隨時間之變化。

Fig 5. Time variations of H₂S removal rate with different liquid depths of gas injection rate at 200 LPM.

表 3. 不同洗滌水進流方式對 H₂S 與洗滌水之影響 (液深 90 cm)

Table 3. Effect of the washwater pH and the H₂S in biogas with different washwater influent ways at liquid depth 90 cm

Liquid influent way	Co-current		Counter-current	
	100	150	100	150
Gas injection rate L/min (LPM)				
Initial pH	7.85 ± 0.04	8.03 ± 0.24	7.87 ± 0.1	7.72 ± 0.06
Final pH	7.02 ± 0.02	7.26 ± 0.28	7.05 ± 0.24	6.68 ± 0.11
pH decline	0.83 ± 0.06	0.77 ± 0.05	0.83 ± 0.15	1.04 ± 0.05
Initial H ₂ S conc. (ppm)	2,337 ± 101	2,370 ± 61	2,327 ± 67	2,340 ± 99
Final H ₂ S conc. (ppm)	550 ± 23	663 ± 18	447 ± 9	585 ± 21
H ₂ S removal rate (%)	76.6 ± 1.0 ^{a,A}	72.6 ± 0.1 ^{b,A}	81.1 ± 0.7 ^{a,B}	76.5 ± 1.6 ^{b,B}

Mean ± SD.

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

^{A, B} Means within the same column (Gas injection rate) without the same superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

IV. 洗滌水水質分析結果

表 4 為全期試驗之平均進流水與溢流水分析結果，其水質成分間大致均無顯著變化，僅 pH 值在進流顯著高於溢流 ($P < 0.05$)，分別為 7.83 ± 0.13 vs. 7.38 ± 0.16 ，全部試驗之洗滌水平均 pH 值下降之幅度為 0.45。pH 則因 H_2S 與 CO_2 溶於水中作用而致下降，下降幅度均低於 1，Ou *et al.* (2020a) 於其研究結果計算推測，洗滌水鹼度會巨幅下降主要是由於吸收沼氣中 CO_2 所引起的，故 pH 的降低可歸因於 CO_2 被吸收到洗滌水中，故降低 H_2S 之去除效率，但是洗滌水之 pH 值仍可維持在 6 – 9 的範圍內 (符合放流水標準)。經曝氣後之溢流平均硫酸鹽濃度會略增加，是由於溶於水中之硫化氫經氧化作用而生成，經配合相關參數 (溫度、分子量、循環水流量…) 計算得到在不同注氣速率下 (50 – 200 LPM) 之平均硫化氫–硫 (H_2S -S) 之平均質流量 (mass transfer rate) 分別為 119.6 ± 12.9 、 227.4 ± 32.6 、 342.2 ± 40.9 及 393.0 ± 15.5 mg/min，沼氣中 H_2S 溶於溶液中，部分之 H_2S 可被氧化成硫酸鹽 (SO_4^{2-})，導致溢流洗滌水硫酸鹽濃度略上升但無顯著差異 (表 4)。平均 H_2S -S 轉化成硫酸鹽–硫 (SO_4^{2-} -S) 之轉換率約在 $51.3 \pm 19.6\%$ ，部分可能先轉換成中間產物，如：亞硫酸鹽 (SO_3^{2-})、硫代硫酸鹽 ($S_2O_3^{2-}$) (Fortuny *et al.*, 2011)。

洗滌水之總鹼度 ($1,856$ mg – $CaCO_3/L$) 顯著高於井水 (約 50 – 550) 與自來水 (約 24.8)，具良好酸中和能力。分析結果得知，利用曝氣池廢水進行沼氣水洗脫硫，對廢水水質變化很小，為一良好之洗滌水來源。

V. 進氣與排氣口氣樣分析結果

全期試驗之平均進氣與排氣口之氣樣分析如表 5 所示，除排氣之 H_2S 經曝氣水洗後濃度顯著減少外，其餘之沼氣成分之濃度，如：甲烷、二氧化碳及氧氣等，均與進氣口濃度接近。結果顯示，因硫化氫易溶於水之特性，以本法曝氣水洗可將硫化氫移除，其餘沼氣成分並無顯著變化，故不會影響沼氣原來之熱值。

表 4. 全部試驗之進流與溢流洗滌水水質分析

Table 4. Influent and effluent washwater qualities of all experiments

Liquid source	Influent	Effluent
COD (mg/L)	$1,018 \pm 199$	990 ± 181
SS (mg/L)	366 ± 166	324 ± 160
TS (mg/L)	$2,659 \pm 322$	$2,644 \pm 315$
VS (mg/L)	$1,296 \pm 213$	$1,283 \pm 203$
EC ($\mu S/cm$)	3.46 ± 0.74	3.58 ± 0.79
pH	7.83 ± 0.13^a	7.38 ± 0.16^b
Sulfate (mg/L)	272 ± 66	273 ± 69
Talk (mg- $CaCO_3/L$)	$1,856 \pm 153$	—

Mean $\pm$ SD.

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

表 5. 全部試驗之進氣口與排氣口沼氣成分與濃度

Table 5. Inlet and outlet biogas component and concentration of all experiments

Gas source	Inlet	Outlet
CH_4 (%)	61.1 ± 1.9	62.3 ± 1.9
CO_2 (%)	30.8 ± 1.4	29.1 ± 1.6
O_2 (%)	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.0
H_2S (ppm)	$2,520 \pm 100^a$	507 ± 72^b

Note: the whole dates include every gas injection rates (50 – 200 LPM) and liquid depths (80 – 100 cm).

Mean $\pm$ SD.

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

結 論

藉由調整沼氣注入速率、液面深度及洗滌水進流方式來延緩曝氣槽內洗滌水 pH 值下降幅度，並可彈性調整沼

氣 H_2S 去除率。經曝氣水洗後之平均沼氣硫化氫濃度為 (590 ± 144 ppm)。經分析洗滌水中硫酸鹽濃度，溢流水平均硫酸鹽濃度略為增加，顯示經由溶於水中之硫化氫轉化成硫酸鹽，轉化率平均在 ($51.3 \pm 19.6\%$)。平均洗滌水之總鹼度 ($1,856 \text{ mg-CaCO}_3/\text{L}$)，具良好酸中和能力。試驗中無增加用水量、對洗滌水水質影響極小 (除了 pH 值)，且在過程中亦無產物累積或阻塞現象產生，顯示此法之可行性與穩定性極高。

誌 謝

本試驗承農委會科技計畫 (106 農科 -2.4.1- 畜 -L2(5)) 經費補助，試驗期間操作與維修蒙本所孫利男先生協助，廢水分析委由國立中山大學環境工程研究所周明顯教授實驗室同仁協助，特此誌謝。

參考文獻

- Almenglo, F., T. Bezerra, J. Lafuente, D. Gabriel, M. Ramírez, and D. Cantero. 2016. Effect of gas-liquid flow pattern and microbial diversity analysis of a pilot-scale biotrickling filter for anoxic biogas desulfurization. *Chemosphere* 157: 215-223.
- Baspinar, A., M. Türker, A. Hocalar, and I. Ozturk. 2011. Biogas desulphurization at technical scale by lithotrophic denitrification: Integration of sulphide and nitrogen removal. *Process Biochem.* 46: 916-922.
- Beristain-Cardoso, R., A.C. Texier, S. Reyes, J. A. Field, E. Razo-Flores, and J. Gomez. 2008. Simultaneous sulfide and acetate oxidation under denitrifying conditions using an inverse fluidized bed reactor. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 83: 1197-1203.
- Chou, M. S., C. H. Perng, T. H. Li, and J. Y. Chen. 2010. Biooxidation of gaseous hydrogen sulfide in an activated sludge aeration tank. *J. Environ. Eng. Manage.* 20: 57-62.
- da Silva, M. L. B., M. P. Mezzari, A. M. G. Ibelli, and K. B. Gregory. 2014. Sulfide removal from livestock biogas by *Azospirillum*-like anaerobic phototrophic bacteria consortium. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 86: 248-251.
- de Arespacochaga, N., C. Valderrama, C. Mesa, L. Bouchy, and J. L. Cortina. 2014. Biogas biological desulphurization under extremely acidic conditions for energetic valorization in Solid Oxide Fuel Cells. *Chem. Eng. J.* 255: 677-685.
- Giri, B. S., K. H. Kim, R. A. Pandey, J. Cho, H. Song, and Y. S. Kim. 2014. Review of biotreatment techniques for volatile sulfur compounds with an emphasis on dimethyl sulfide. *Process Biochem.* 49: 1543-1554.
- Fernando, A., B. Tercia, L. Javier, G. David, R. Martín, and C. Doningo. 2016. Effect of gas-liquid flow pattern and microbial diversity analysis of a pilot-scale biotrickling filter for anoxic biogas desulfurization. *Chemosphere.* 157: 215-223.
- Fortuny, M., X. Gamisans, M.A. Deshusses, J. Lafuente, C. Casas, and D. Gabriel. 2011. Operational aspects of the desulfurization process of energy gases mimics in biotrickling filters. *Water Res.* 45(17): 5665-5674.
- Jeníček, P., J. Horejš, L. Pokorná-Krayzelová, J. Bindzar, and J. Bartáček. 2017. Simple biogas desulfurization by microaeration-Full scale experience. *Anaerobe* 46: 41-45.
- Jiang, X., R. Yan, and J. H. Tay. 2009. Simultaneous autotrophic biodegradation of H_2S and NH_3 in a biotrickling filter. *Chemosphere* 75: 1350-1355.
- Kanjanarong, J., B. S. Giri, D. P. Jaisi, F. R. Oliveira, P. Piyaat, S. Chaiprapat, R. S. Singh, A. Balakrishna, and S. K. Khanal. 2017. Removal of hydrogen sulfide generated during anaerobic treatment of sulfate-laden wastewater using biochar : Evaluation of efficiency and mechanisms. *Bioresour. Technol.* 234: 115-121.
- Liang, M. S. and Y. Liang. 2013. Biological removal of H_2S from the livestock manure using a biofilter. *Biotechnol. and Bioprocess Eng.* 18: 1008-1015.
- Lien, C. C., J. L. Lin, and C. H. Ting. 2014. Water scrubber for removal of hydrogen sulfide (H_2S) in biogas from hog farms. *J. Agric. Chem. Environ.* 3: 1-6.
- Nishimura, S. and Y. Motoyuki. 1997. Removal of hydrogen sulfide from an anaerobic biogas using a bio-scrubber. *Water Sci. Technol.* 36: 349-56.
- Ou, H. W., M. S. Chou, and H. Y. Chang. 2020a. Removal of hydrogen sulfide from biogas using a bubbling tank fed with aerated wastewater. *Aerosol Air Qual. Res.* 20: 643-653.

- Ou, H. W., M. L. Fang, M. S. Chou, H. Y. Chang, and T. F. Shiao. 2020b. Long-term evaluation of activated carbon as an adsorbent for biogas desulfurization. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 70: 641-648.
- Potivichayanon, S., P. Pokethitiyook, and M. Kruatrachue. 2006. Hydrogen sulfide removal by a novel fixed-film bioscrubber system. *Process Biochem.* 41: 708-15.
- Pipatmanomai, S., S. Kaewluan, and T. Vitidsant. 2009. Economic assessment of biogas-to-electricity generation system with H₂S removal by activated carbon in small pig farm. *Appl. Energy.* 86: 669-674.
- Pokorna, D. and J. Zabranska. 2015. Sulfur-oxidizing bacteria in environmental technology. *Biotechnol. Adv.* 33: 1246-59.
- Rasi, S., J. Läntelä, and J. Rintala. 2011. Trace compounds affecting biogas energy utilisation – A review. *Energy Convers. Manage.* 52(12): 3369-3375.
- Ricardo, B. C., A. C. Texier, S. Á. Reyes, Sierra, J. A. Field, R. F. Elías, and J. Gómez. 2008. Simultaneous sulfide and acetate oxidation under denitrifying conditions using and inverse fluidized bed reactor. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 83: 1197-1203.
- Solcia, R. B., M. Ramíez, M. Fernández, D. Cantero, and D. Bevilaqua. 2014. Hydrogen sulphide removal from air by biotrickling filter using open-pore polyurethane foam as a carrier. *Biochem. Eng. J.* 84: 1-8.
- Su, J. J., Y. J. Chen, and Y. C. Chang. 2014. A study of a pilot-scale biogas bio-filter system for utilization on pig farms. *J. Agric. Sci.* 152: 217-224.
- Su, J. J. and Y. J. Chen. 2015. Monitoring of sulfur dioxide emission resulting from biogas utilization on commercial pig farms in Taiwan. *Environ. Monit. Assess.* 187: 4109.

Research of removing hydrogen sulfide from biogas using wastewater in aeration Basin ⁽¹⁾

Hsiu-Wen Ou ⁽²⁾ Hsiao-Yu Chang ⁽³⁾ and Wei-Zhi Liu ^{(2) (4)}

Received: Aug. 31, 2023; Accepted: May. 16, 2024

Abstract

The research aimed to use a wet scrubber of simple design and the wastewater containing activated sludge from the aeration basin as the washing water to aerate biogas into the scrubber. The study analyzed the effect of different biogas injection rate, ullage depth inside the tank, and water inlet method (same or reverse direction) on the removal rate of hydrogen sulfide (H_2S) in biogas. The wet scrubber is a 2,000-L black plastic tank with a handmade biogas injection pipe placed on the bottom of the scrubber. The air inflow is controlled by flowmeter, with the ullage depth set up inside the tank. During the experiment period, the washing water was withdrawn into the tank and overflow discharged. The biogas injection rate of the experiment (also known as gas injection rate) was 50 L, 100 L, 150 L, and 200 L per minute (LPM). The H_2S concentration in biogas, the pH value of washing water, and the inflow were recorded every 10 minutes before and after washing. The experiment would be halted once the H_2S concentration in discharged gas and the pH value in overflow water stabilized in variation. The trail 1 results indicated that under the conditions of ullage depth of 80 cm, average inlet/outlet washing water with pH between 7.76 - 7.96, and the average H_2S concentration in inlet biogas of $2,520 \pm 100$ ppm, the final average pH value of the washing water fell within 6.95 and 7.31. Under the gas infection between 50-200 LPM, the average H_2S removal rates were 81.3 - 64.1%, with significant differences ($p < 0.05$). In trail 2, the final average H_2S removal rates were 64.1 - 68.6% for ullage depths between 80 - 100 cm and gas injection rate at 200 LPM, without significant difference. Trail 3 was conducted on the reflux and parallel of water and gas inlet, while the H_2S removal rates of the reflux under the different gas injection rates (100 and 150 LPM) were significantly higher than those of the same flow ($p < 0.05$) There was no significant difference in the water quality of inflow and overflow washing water for the three trials. Only the pH of inflow was significantly higher than the overflow waster. Hence, the result indicated that using the wastewater from the aeration basin as washing water was feasible while the H_2S removal rate and pH value of washing water reduce as the gas injection rate increases. Moreover, the gas injection rate of increase in ullage depth could defer the reduction in pH value and boost the H_2S removal rate.

Key words: Biogas, Hydrogen sulfide, Wet scrubber.

(1) Contribution No. 2790 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Institute of Environmental Engineering, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: wzliu@mail.tlri.gov.tw.

第五十七卷作者索引

Author Index to Volume 57

- 王志瑄 (Jhin-Syuan Wang) 10
 王思涵 (Szu-Han Wang) 114, 269
 王思雅 (Si-Ya Wang) 91
 王紓愍 (Shu-Min Wang) 1, 107, 233
 王勝德 (Sheng-Der Wang) 197, 290
 王斌永 (Bin-Yong Wang) 57
 王漢昇 (Han-Sheng Wang) 18, 65
 王德勝 (Sheng-Der Wang) 10
 田玉娟 (Yu-Chuang Tien) 161
 曲鳳翔 (Fung-Hsiang Chu) 98
 朱育霆 (Yu-Ting Zhu) 279
 朱明宏 (Ming-Hung Chu) 27
 朱家德 (Chia-Te Chu) 38, 142
 江兆弘 (Chao-Hung Chiang) 290
 吳志華 (Jhih-Hua Wu) 184
 吳昇陽 (Sheng-Yang Wu) 18
 吳明哲 (Ming-Che Wu) 142
 吳郁潔 (Yu-Chieh Wu) 38
 吳晉東 (Chin-Tung Wu) 279
 吳鈴彩 (Ling-Tsai Wu) 269
 吳瀚 (Han Wu) 38
 李士昕 (Shih-Sin Li) 18, 65
 李秀蘭 (Hsiu-Lan Lee) 57, 260
 李佳蓉 (Chia-Jung Lee) 124
 李佳馨 (Chia-Xin Lee) 114
 李孟儒 (Meng-Ru Lee) 38
 李姿蓉 (Tzu-Rung Li) 197
 李春芳 (Chun-Fang. Lee) 222
 沈士怡 (Shih-Yi Shen) 10
 沈煜棠 (Yu-Tang Sheen) 57
 林幼君 (Yu-Chun Lin) 244
 林正斌 (Jeng Bin Lin) 57
 林正鏞 (Cheng-Yung Lin) 150, 260, 300
 林汶鑫 (Wen-Shin Lin) 27
 林怡君 (Yi-Chun Lin) 124
 林信宏 (Hsin-Hung Lin) 75
 林浚琛 (Jun-Chen Lin) 184
 林德育 (Der-Yuh Lin) 38, 142, 150
 涂柏安 (Po-An Tu) 46
 洪哲明 (Che-Ming Hung) 150, 300
 洪靖崎 (Ching-Chi Hung) 10
 范耕榛 (Geng-Jen Fan) 212, 222, 269
 康定傑 (Ting-Chieh Kang) 251
 康獻仁 (Shann-Ren Kang) 75
 張世融 (Shyh-Rong Chang) 161
 張仲彰 (Shen-Chang Chang) 75
 張秀鑾 (Hsiu-Luan Chang) 142
 張俊達 (Chun-Ta Chang) 269
 張家語 (Chia-Yu Chang) 98
 張筱瑜 (Hsiao-Yu Chang) 309
 章嘉潔 (Chang-Chia Chang) 18, 65
 莊婷雯 (Ting-Wen Chuang) 290
 莊斯涵 (Su-Han Chuang) 290
 莊璧華 (Pi-Hua Chuang) 82
 許宗賢 (Zong-Sian Syu) 184
 郭廷雍 (Ting-Yung Kuo) 75, 290
 郭曉芸 (Hsiao-Yun Kuo) 300
 陳小明 (Hsiao-Ming Chen) 114
 陳文賢 (Wen-Shyan Chan) 38
 陳立人 (Lih-Ren Chen) 98
 陳沛君 (Pei-Chun Chen) 82
 陳勃聿 (Po-Yu Chen) 161, 212
 陳若菁 (Jo-Ching Chen) 91
 陳益隆 (Yi-Long Chen) 18, 65

- 陳嘉昇 (Chia-Sheng Chen) 1, 107, 233
 游翠凰 (Tsui-Huang Yu) 233
 程梅萍 (Mei-Ping Cheng) 91
 黃昱翎 (Yu-Ling Huang) 18, 65
 黃國豪 (Gwo-Haur Hwang) 279
 楊明桂 (Ming-Kuei Yang) 46
 楊深玄 (Shen-Shyuan Yang) 10
 楊鎮榮 (Jenn-Rong Yang) 75
 楊懿如 (Yi-Ju Yang) 197
 萬添春 (Tien-Chun Wan) 171
 葉亦馨 (Yi-Hsin Yeh) 46
 廖仁寶 (Ren-Bao Liaw) 91
 廖曉涵 (Hsiao-Han Liao) 114
 劉于婕 (Yu-Chieh Liu) 279
 劉士銘 (Shine-Ming Liou) 290
 劉宗霖 (Tsung-Lin Liu) 142
 劉芳爵 (Fang-Chueh Liu) 244
 劉信宏 (Hsin-Hung Liu) 233
 劉威志 (Wei-Zhi Liu) 309
 劉建甫 (Jian-Fu Liu) 1
 劉振發 (Jenn-Fa Liou) 98
 劉桂柱 (Kuei-Juh Liu) 91
 劉曉龍 (Hsiao-Lung Liu) 150
 歐修汶 (Hsiu-Wen Ou) 309
 潘昭治 (Chao-Chih Pan) 184
 蔡佩均 (Pei-Chun Tsai) 251
 蔡銘洋 (Ming-Yang Tsai) 150, 300
 鄧學極 (Hsueh-Chi Teng) 38, 142
 鄭閔謙 (Min-Chien Cheng) 184
 鄭裕信 (Yu-Shin Cheng) 150
 盧昱誼 (Yu-Syuan Lu) 91
 蕭士翔 (Felix Shih-Hsiang Hsiao) 184
 蕭宗法 (Tsung-Fa. Shiao) 222
 蕭振文 (Jen-Wen Shiao) 46, 114
 蕭智彰 (Chih-Chang Hsiao) 197, 290
 賴永裕 (Yung-Yu Lai) 91, 142
 賴佑宜 (Yui-I Lai) 57
 謝郁萱 (Yu-Syuan Hsieh) 279
 謝禮丞 (Li-Cheng Hsieh) 233
 魏良原 (Liang-Yuan Wei) 82
 蘇安國 (An-Kuo Su) 10

第五十七卷中文主題索引

- 乙酸 107
人工 46
人工智慧 57, 279
下痢 244
土雞 260
土壤性狀 197
分娩 57
天晴烏骨雞 150
天然抑菌劑 171
水禽小病毒 98
水電用量 46
丙酸鈞 107
半乾青貯 107
尼羅草 161
生化值 18
生乳品質 46
生長性能 65
生長期 212
生理值 65
生產銷售 184
生殖性狀 75
白桑 27
白羅曼公鵝 290
安全性 171
成熟度 1
收穫季節 27
羊場設施 184
羊場管理者 184
肉製品 171
肉質 38
自動擠乳系統 46
血液 18
血液生化學 82
血液學 82
行動分數 269
含水率 1, 233
完全混合日糧 114
乳成分 114
乳羊品種 184
乳脂肪酸 222
亞麻籽油 222
性別 260
林下養鵝 197
沼氣 309
沼液沼渣 161
泌乳性能 269
阿爾拜因乳山羊 222
青割玉米 1
青貯 212
非開放式鵝舍 290
保鮮技術 171
枸杞莖稈粉 10
牲畜 279
胚胎纖維母細胞 98
候選標記 91
哺乳仔豬 244
氣候變遷 124
烏骨雞 300
畜牧業 279
破孔 107
紐西蘭白兔 251
芻料品質 212

- 乾草 233
- 乾燥 233
- 屠體性狀 260
- 深度學習 279
- 產仔數性狀 91
- 產蛋性能 300
- 產量 1, 161
- 產精性能 251
- 硫化氫 309
- 荷蘭泌乳牛 269
- 蛋品質 10
- 蛋殼 150
- 蛋雞 10
- 魚油 222
- 割期 27
- 氮利用率 161
- 番鴨 98
- 週齡 38
- 黑羽土雞 38
- 圓形包 233
- 溫濕度指數 251, 269
- 飼養管理 184
- 精液 75
- 精液品質 290
- 臺灣水牛 82
- 臺灣梅花鹿 75
- 誘導多能性幹細胞 98
- 賓朗豬 18
- 潔淨標章 171
- 熱平衡管理 124
- 熱休克蛋白基因 142
- 熱負荷 124
- 熱緊迫 124, 142
- 瘤胃微生物 114
- 盤固草 107, 161
- 豬 91
- 豬場 57
- 凝結芽孢桿菌 244
- 機器人 57
- 機器學習 279
- 燕麥 212
- 遺傳相關 150
- 遺傳率 150
- 濕式洗滌器 309
- 營養需求 300
- 環境生態 197
- 繁殖性能 300
- 雞 142
- 醱酵液 244
- 競爭性交替基因特異性聚合酶鏈鎖反應 142
- 灌木型芻料 27
- 蘭嶼豬 65

Subject Index to Volume 57

- Acetic acid 113
Age 45
AI 289
Alpine dairy goat 232
Ammonium propionate 113
Animal Husbandry 289
Artificial intelligence 64
Automatic milking system 56
Bacillus coagulans 250
Binlang pig 26
Biochemical values 26
Biogas 318
Black-feathered chicken 45
Blood 26
Bolld biochemistry 90
Candidate marker 97
Carcass traits 268
chicken 149
Clean label 183
climate change 141
Cutting interval 37
Dairy goat breed 196
Deep Learning 289
Diarrhea 250
Drying 243
Egg production performance 308
Egg quality 17
Eggshell 160
Embryonic fibroblasts 106
Environmental ecology 211
Fatty acids of milk 232
Feeding and management 196
Fermentation broth 250
Fish oil 232
flaxseed oil 232
Forage corn 9
Forage quality 221
Forage shrub 37
Formosan sika deer 81
Freshness 183
Geese feeding under the forestlands 211
Genetic correlation 160
Goat facilities 196
Goat worker 196
Growth performance 74
Growth stage 221
Harvest season 37
Hay 243
Haylage 113
heat balance management 141
heat load 141
heat stress 141, 149
Hematology 90
heritability 160
Holstein lactating cows 278
HSPs 149
Hydrogen sulfide 318
Indoor-house system 299
Induced pluripotent stem cells 106
KASP™ 149
Lanyu Pig 74
Laying hen 17
Litter size trait 97
Livestock 289

- Livestock manure digestate 170
- Lobor 56
- Locomotion score 278
- Lycium chinense* Miller stem powder 17
- Machine Learning 289
- Maturity 9
- Meat product 183
- Meat quality 45
- Milk composition 123
- Milk quality 56
- Milking performance 278
- Moisture content 243
- Moisture content 9
- Mulberry 37
- Muscovy duck 106
- Native chicken 268
- Natural antibacterial agents 183
- New Zealand White rabbit 259
- Nilegrass (*Acroceras macrun*) 170
- Nitrogen uptake efficiency 170
- Nutritional requirement 308
- Oat 221
- Pangola grass 113
- Pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent.) 170
- Parturition 64
- Physiological value 74
- Pig 97
- Pig farm 64
- Poking damage 113
- Production and marketing 196
- Reproduction performance 308
- Reproductive performances 81
- Robot 64
- Round bale 243
- Rumen microbiome 123
- Safety 183
- Semen 81
- Semen production 259
- Semen quality 299
- Sex 268
- Silage 221
- Silkie chickens 308
- Soil properties 211
- Suckling pig 250
- Taiwan native buffaloes 90
- Tatal mixed ration 123
- Temperature-Humidity Index (THI) 259, 278
- Tien Ching silkie chickens 160
- Water and electricity consumption 56
- Waterfowl parvovirus 106
- Wet scrubber 318
- White Roman gander 299
- Yield 170
- Yield 9

第五十七卷中文目錄

第一期

1. 青割玉米在青貯適期後之莖葉、苞穗、全株產量與含水率變化 陳嘉昇 劉建甫 王紓愍.....	1
2. 有機飼糧添加枸杞莖稈粉對伊沙蛋雞產蛋性能與蛋品質之影響 王德勝 楊深玄 洪靖崎 蘇安國 沈士怡 王志瑄.....	10
3. 不同月齡及性別之賓朗豬血液生化特徵 吳昇陽 李士昕 陳益隆 王漢昇 黃昱翎 章嘉潔.....	18
4. 割期與收穫季節對白桑作為灌木型芻料作物之影響 朱明宏 林汶鑫.....	27
5. 不同週齡商用黑羽土雞之屠體和肉質性狀分析 李孟儒 吳郁潔 陳文賢 林德育 鄧學極 吳瀚 朱家德.....	38
6. 酪農觀點：導入自動擠乳系統後對擠乳人工、生乳品質及水電用量之影響 葉亦馨 楊明桂 蕭振文 涂柏安.....	46
7. 聲紋辨識用於輔助母豬分娩照護系統之研究 賴佑宜 王斌永 林正斌 李秀蘭 沈煜棠.....	57
8. 蘭嶼豬生醫用飼料之研發 陳益隆 王漢昇 黃昱翎 李士昕 章嘉潔.....	65

第二期

1. 牡臺灣梅花鹿生殖性狀之季節性變化 林信宏 郭廷雍 康獻仁 張伸彰 楊鎮榮.....	75
2. 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 陳沛君 莊璧華 魏良原.....	82
3. 豬隻產仔性狀候選標記 miR-27a 分析法之改進 廖仁寶 王思雅 盧昱瑄 陳若菁 賴永裕 劉桂柱 程梅萍.....	91
4. 番鴨誘導多能性幹細胞株之建立與水禽小病毒感染測試 劉振發 張家語 曲鳳翔 陳立人.....	98
5. 以人工戳孔模擬破損探討半乾青貯膠膜包的保存問題 王紓愍 陳嘉昇.....	107
6. 餵飼不同芻料對荷蘭種秘乳末期牛隻瘤胃微生物及乳成分之影響 王思涵 廖曉涵 李佳馨 陳小明 蕭振文.....	114
7. 氣候變遷下乳牛產業面臨的熱平衡管理挑戰－回顧性研究 李佳蓉 林怡君.....	124
8. 雞熱休克蛋白 70 基因點突變檢測技術開發與基因型分析 朱家德 賴永裕 鄧學極 劉宗霖 吳明哲 張秀鑾 林德育.....	142

第三期

1. 天晴烏骨雞蛋殼色差及產蛋性狀之遺傳參數估算
蔡銘洋 劉曉龍 洪哲明 林正鏞 林德育 鄭裕信..... 150
2. 施灌牛場沼液沼渣對盤固草及尼羅草芻料產量與氮利用率之影響
陳勃聿 田玉娟 張世融..... 161
3. 有機酸鹽與植物萃取物提升潔淨標章肉製品保鮮技術之探討－專題論著
萬添春..... 171
4. 臺灣地區乳羊飼養現況之調查
潘昭治 吳志華 蕭士翔 許宗賢 林浚琛 鄭閔謙..... 184
5. 林下養鵝對環境生態及土壤性狀之影響
陳勃聿 范耕榛..... 197
6. 不同收穫期對燕麥青貯品質之影響
陳勃聿 范耕榛..... 212
7. 飼糧添加機能性油脂對阿爾拜因山羊泌乳性能與羊乳脂肪酸組成之影響
范耕榛 蕭宗法 李春芳..... 222
8. 圓包牧草乾燥機效能評估及與含水率、重量關係之探討
陳嘉昇 劉信宏 游翠凰 王紓愍 謝禮丞..... 233

第四期

1. 口服凝結芽孢桿菌發酵液對哺乳仔豬增重、下痢發生率與糞便微生物的影響
劉芳爵 林幼君..... 244
2. 溫濕度指數對紐西蘭公兔產精性能之影響
蔡佩均 康定傑..... 251
3. 性別對商用紅羽土雞肉質性狀之影響
林正鏞 李秀蘭..... 260
4. 熱季期間提供夜間運動場對荷蘭泌乳早期牛隻之泌乳表現與行動分數之影響
張俊達 范耕榛 王思涵 吳鈴彩..... 269
5. 人工智慧在家畜動物研究的系統性回顧
朱育霆 謝郁萱 劉于婕 吳晉東 黃國豪..... 279
6. 成年白羅曼公鵝之睪丸發育及精液品質季節性變化
莊斯涵 江兆弘 蕭智彰 莊婷雯 劉士銘 郭廷雍 王勝德..... 290
7. 不同飼糧蛋白質與能量含量對 30－35 週齡畜試白絲羽烏骨雞產蛋、繁殖性能之影響
蔡銘洋 林正鏞 郭曉芸 洪哲明..... 300
8. 以曝氣池廢水去除沼氣中硫化氫之研究
歐修汶 張筱瑜 劉威志..... 309

Contents to Volume 57

Vol. 57 No. 1

1. The changes of yield and moisture contents in stover, ear, and whole plant of forage corn after optimal ensiling stage
Chia-Sheng Chen, Jian-Fu Liu and Shu-Min Wang..... 1
2. Effect of supplementing the stem powder of *Lycium chinense* Miller into the organic diet on the laying performance and egg quality of ISA Brown laying hens
Sheng-Der Wang, Shen-Shyuan Yang, Ching-Chi Hung, An-Kuo Su, Shih-Yi Shen and Jhin-Syuan Wang 10
3. Bolld biochemical characteristics of Binlang pigs at different age and gender
Sheng-Yang Wu, Shih-Sin Li, Yi-Long Chen, Han-Sheng Wang, Yu-Ling Huang and Chang-Chia Chang..... 18
4. Effect of cutting interval and harvest season on mulberry as forage shrub
Ming-Hung Chu and Wen-Shin Lin..... 27
5. The carcass and meat quality traits analysis of commercial black-feathered Taiwan Country chicken at different ages
Meng-Ru Lee, Yu-Chieh Wu, Wen-Shyan Chan, Der-Yuh Lin, Hsueh-Chi Teng, Han Wu and Chia-Te Chu..... 38
6. Producers' perceptions: The impact of automatic milking system (AMS) on milking labor management, milk quality, and water and electricity consumption
Yi-Hsin Yeh, Ming-Kuei Yang, Jen-Wen Shiau and Po-An Tu..... 46
7. Research on voiceprint recognition for assisted sow parturition care system
Yui-I Lai, Bin-Yong Wang, Jeng Bin Lin, Hsiu-Lan Lee and Yu-Tang Sheen 57
8. Development of biomedical diet for Lanyu pigs
Yi-Long Chen, Han-Sheng Wang, Yu-Ling Huang, Shi-Hsin Li and Chia-Chieh Chang..... 65

Vol. 57 No. 2

1. Effects of the seasonal changes in reproductive performances of Formosan sika stag
Hsin-Hung Lin, Ting-Yung Kuo, Shann-Ren Kang, Shen-Chang Chang and Jenn-Rong Yang..... 75
2. The investigation of physiological, hematological, and blood biochemical parameters of Taiwan swamp buffaloes in the Hualien region during the cool and hot seasons
Pei-Chun Chen, Pi-Hua Chuang and Liang-Yuan Wei 82
3. Genotyping improvement for a candidate marker miR-27a associated with porcine litter size trait
Ren-Bao Liaw, Si-Ya Wang, Yu-Syuan Lu, Jo-Ching Chen, Yung-Yu Lai, Kuei-Juh Liu and Mei-Ping Cheng 91
4. Establishment of induced pluripotent stem cell line in Muscovy duck and its waterfowl parvovirus infection test
Jenn-Fa Liou, Chia-Yu Chang, Fung-Hsiang Chu and Lih-Ren Chen 98
5. Discussion on the preservation of pagolagrass haylage by manual poking simulation of film-damage
Shu-Min Wang and Chia-Sheng Chen..... 107
6. The effect of different forage on rumen microbiota and milk composition of Holstein late lactation milking cows
Szu-Han Wang, Hsiao-Han Liao, Chia-Xin Lee, Hsiao-Ming Chen and Jen-Wen Shiau 114
7. A review study on environmental heat stress and heat load management in the dairy cattle under climate change
Chia-Jung Lee and Yi-Chun Lin..... 124
8. The establishment of a genotyping platform for the Heat Shock Protein 70 gene and analysis of genotypic distribution in Taiwan native chicken
Chia-Te Chu, Yung-Yu Lai, Hsueh-Chi Teng, Tsung-Lin Liu, Ming-Che Wu, Hsiu-Luan Chang, Der-Yuh Lin..... 142

Vol. 57 No. 3

1. Estimation of genetic parameters for eggshell color and laying traits in Tien Ching silkie chickens
Ming-Yang Tsai, Hsiao-Lung Liu, Che-Ming Hung, Cheng-Yung Lin, Der-Yuh Lin and Yu-Shin Cheng..... 150
2. Effects of irrigation with cattle manure digestate on the forage yields and N uptake efficiency for pangolagrass and nilegrass
Po-Yu Chen, Yu-Chuang Tien and Shyh-Rong Chang..... 161
3. Organic acid salts and plant extracts to enhance the freshness of clean labeled meat products- a review
Tien-Chun Wan..... 171
4. Survey on feeding status of dairy goat industry in Taiwan
Chao-Chih Pan, Jhih-Hua Wu, Felix Shih-Hsiang Hsiao, Zong-Sian Syu, Jun-Chen Lin and Min-Chien Cheng 184
5. Effects of geese feeding under the forestlands on environmental ecology, and soil properties
Chih-Chang Hsiao, Tzu-Rung Li, Sheng-Der Wang and Yi-Ju Yang 197
6. The effects of different harvest stage on nutritive value of oat (*Avena* spp.) silages
Po-Yu Chen and Geng-Jen Fan..... 212
7. Effects of supplementation of functional fat in diets on the milking performance and milk fatty acids profiles of Alpine dairy goats
Geng-Jhen Fan, Tsung-Fa Shiao and Chun-Fang Lee 222
8. Performance evaluation of the round bale hay dryer and investigating its relationships to moisture content and bale weight
Chia-Sheng Chen, Hsin-Hung Liu, Tsui-Huang Yu, Su-Min Wang and Li-Cheng Hsieh..... 233

Vol. 57 No. 4

1. The effect of orally administrated *Bacillus coagulans* fermentation broth on weight gain, incidence of diarrhea and fecal bacteria in suckling pigs
Fang-Chueh Liu and Yu-Chun Lin 244
2. The effect of temperature-humidity index on semen production of male New Zealand rabbits
Pei-Chun Tsai and Ting-Chieh Kang 251
3. Effects of sex on the meat traits of red-feathered Taiwan country chickens
Cheng-Yung Lin and Hsiu-Lan Lee..... 260
4. Effect of exercise ground at night on milk performance and cows locomotion score of early lactation Holstein dairy under hot season
Chun-Ta Chang, Geng-Jen Fan, Szu-Han Wang and Ling-Tsai Wu 269
5. A systematic review of artificial intelligence in animal husbandry
Yu-Ting Zhu, Yu-Syuan Hsieh, Yu-Chieh Liu, Chin-Tung Wu and Gwo-Haur Hwang..... 279
6. Seasonal variations of testis development and semen quality of adult White Roman ganders
Su-Han Chuang, Chao-Hung Chiang, Chih-Chang Hsiao, Ting-Wen Chuang, Shine-Ming Liou, Ting-Yung Kuo and Sheng-Der Wang 290
7. Effects of different dietary protein and energy levels on egg production and reproductive performances of LRI White Silky Chickens during 30 – 35 weeks of age
Ming-Yang Tsai, Cheng-Yung Lin, Hsiao-Yun Kuo and Che-Ming Hung 300
8. Research of removing hydrogen sulfide from biogas using wastewater in aeration Basin
Hsiu-Wen Ou, Hsiao-Yu Chang and Wei-Zhi Liu..... 309

農業部畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

(民國 108 年 12 月修訂)

(民國 111 年 11 月修訂)

(民國 112 年 8 月修訂)

- I. 本刊為學術性刊物，刊載有關畜產科學原創性研究報告及學術性專題論著。
- II. 本刊為季刊，每年 3 月、6 月、9 月及 12 月底出版。
- III. 文稿之排列順序為標題、摘要、緒言、材料與方法 (學術性專題論著可略)、結果、討論 (結果與討論可合為一節)、結論 (可略)、誌謝 (可略) 及參考文獻。以中文撰寫者，須附英文摘要 (Abstract)，以英文撰寫者，則附中文摘要。中英文摘要以不超過五百字為原則，須列中英文相對應之 3 至 6 個關鍵詞。
- IV. 文稿書寫格式，主要參考 Journal of Animal Science：
 - (i) 文稿請用 Word 檔 A4 紙張格式，內文以 12 號字型繕打，中文採新細明體，英文採 Times New Roman，圖表置於內文之後。行距採用行距 1.5，版面設定中等邊界 (上下 2.54cm，左右 1.91cm)，並編碼連續行號。
 - (ii) 文字敘述之編號依序為 I、(i)、1、(1)、A、(a)。圖表以圖 1、表 1 等順序表示。中文稿件之圖表標題及圖說請中英並列，圖表內文字請以英文呈現。文字敘述用英文者，圖表中之文字僅用英文。
 - (iii) 本刊以黑白印刷為原則，圖表務求印刷後可清楚分辨標示，並請以電腦繪製，以利排版。
 - (iv) 單位及縮寫：
 1. 單位使用公制，習見之符號及縮寫不必另附中文。專門名詞無適當譯名者可從原文。
 2. 以下常用之縮寫可直接撰寫於本刊稿件不須另作定義：
 - (1) 長度：km、m、cm、mm、 μm 。
 - (2) 重量：kg、g、mg、 μg 。
 - (3) 體積：L、mL、 μL 。
 - (4) 時間：wk、d、h、min、s。
 - (5) 其他： $^{\circ}\text{C}$ 、pH、cal、rpm。
 - (v) 統計分析達顯著差異性請以 *、^a、^b、^c 等上標標示，並於表下方說明。
 - (vi) 參考文獻：
 1. 正文中須書出參考文獻之作者姓氏與年份：
 - (1) 西文文獻之作者僅一人者，書一人之姓如 (Johnson, 1991)；作者為二人者，書二人之姓如 (Johnson and Hobbs, 1991)；作者為三人或以上者，用第一人之姓後再書 *et al.* 如 (Johnson *et al.*, 1991)。
 - (2) 中文文獻之作者僅一人者，書一人之姓氏如 (趙, 1990)；作者為二人者，書二人之姓氏如 (趙及錢, 1990)；作者為三人或以上時，則於第一人姓氏後再加一等字如 (趙等, 1990)。
 2. 參考文獻列示以確經引用者為限，排列次序為作者、年份、題目、發表刊物名稱、卷數、頁數等依次書寫，例如：
 - (1) 期刊類
王政騰、朱慶誠。1991。土番鴨繫留、電昏、放血、燙毛等屠宰條件之探討。畜產研究 24：133-140。
胡怡浩、姜延年、陳銘正、潘金水。1991。北京鴨雜交品系與商業品系肉鴨之生長及屠體性能之比較。畜產研究 24：141-148。
Ayub, M. and M. Shoaib. 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum alone and in mixture with guar under different planting techniques. Pak. J. Agri. Sci. 46: 25-29.
Hsu, F. H., C. J. Nelson, and A. G. Matches. 1985. Temperature effects on germination of perennial warm-

season forage grasses. Crop Sci. 25: 215-220.

(2) 書本類

朱純燕。2001。水禽類小病毒蛋白基因之分子選殖及抗原性分析。國立中山大學生物科學系，博士論文，高雄市。

李登元。1979。乳牛學。臺灣商務印書館，臺北市，第 300 - 322 頁。

American Oil Chemists Society (AOCS). 1980. Official and Tentative Methods of the American Oil chemists Society. 3rd ed. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, IL, USA.

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA, USA.

Tai C. 1985. Duck breeding and artificial insemination in Taiwan. Duck Production Science and World Practice, pp. 193-203. University of New England, Armidale, Australia.

Wang, Y. C. 1985. Regrowth ability of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) in the dry, cold season in Taiwan. Proceedings of the XV International Grassland Congress, pp. 1239-1241. Kyoto, Japan.

(3) 其他類

農業部。2023。農業統計年報。 <https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。

農業部。2023。農業部農業資料統計查詢。 <http://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx>。

SAS. 2015. SAS/STAT® 14.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.

SPSS. 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. SPSS Inc., Chicago, IL. USA.

3. 中日文文獻以第一作者姓氏筆劃多少為序，西文以第一作者姓氏之拼音先後排列，並按中文、日文、西文之次序排列。

4. 西文期刊名稱請用縮寫，縮寫請參照美國國家醫學圖書館線上資料庫 (NLM Catalog) 之 IOS (Information and documentation) 縮寫。

5. 參考文獻皆不編號。

V. 本刊編輯委員會保有修改與退稿之權利。稿件經本刊接受後，作者進行出刊校稿時，不得擅自更改內容及數據。

VI. 稿件經本刊委員會轉請專家審查，編輯委員會根據專家審查意見通知投稿人，是否接受刊載，或須修改後始可刊載。本刊無提供稿費。

VII. 稿件經本刊接受後，該稿件之全部或部份，不得投稿其他刊物，以不同語文投稿其他刊物亦所不許。本刊具專屬版權，刊登權屬發行單位畜產試驗所所有，非經本所書面同意，不得轉載或轉移他處發表。如有上述情事，相關法律責任由作者自負，本刊有拒絕接受其投稿之權利。

VIII. 自民國 93 年開始實施之計畫，其論文如涉及使用脊椎動物進行科學應用計畫者，請撰稿者檢附該計畫經所屬機構動物實驗管理小組審議認可之文件。

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 57 No. 4

December 2024

CONTENTS

	Page
1. The effect of orally administrated <i>Bacillus coagulans</i> fermentation broth on weight gain, incidence of diarrhea and fecal bacteria in suckling pigs <i>Fang-Chueh Liu and Yu-Chun Lin</i>	244
2. The effect of temperature-humidity index on semen production of male New Zealand rabbits <i>Pei-Chun Tsai and Ting-Chieh Kang</i>	251
3. Effects of sex on the meat traits of red-feathered Taiwan country chickens <i>Cheng-Yung Lin and Hsiu-Lan Lee</i>	260
4. Effect of exercise ground at night on milk performance and cows locomotion score of early lactation Holstein dairy under hot season <i>Chun-Ta Chang, Geng-Jen Fan, Szu-Han Wang, and Ling-Tsai Wu</i>	269
5. A systematic review of artificial intelligence in animal husbandry <i>Yu-Ting Zhu, Yu-Syuan Hsieh, Yu-Chieh Liu, Chin-Tung Wu, and Gwo-Haur Hwang</i>	279
6. Seasonal variations of testis development and semen quality of adult White Roman ganders <i>Su-Han Chuang, Chao-Hung Chiang, Chih-Chang Hsiao, Ting-Wen Chuang, Shine-Ming Liou, Ting-Yung Kuo, and Sheng-Der Wang</i>	290
7. Effects of different dietary protein and energy levels on egg production and reproductive performances of LRI White Silky Chickens during 30 – 35 weeks of age <i>Ming-Yang Tsai, Cheng-Yung Lin, Hsiao-Yun Kuo, and Che-Ming Hung</i>	300
8. Research of removing hydrogen sulfide from biogas using wastewater in aeration Basin <i>Hsiu-Wen Ou, Hsiao-Yu Chang, and Wei-Zhi Liu</i>	309

行政院
新聞局
出版
登記
證
字
第
一
八
號
執
登
記
為
雜
誌
交
寄

ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR



9 770253 920004

GPN:2005200015

定價：新臺幣二〇〇元