

CONTENTS

	Page
1. Effects of bacitracin, nisin and oxytetracycline on intestinal epithelial permeability, intestinal flora and bacterial translocation in broilers <i>Ching-Chi Hung, Bao-Ji Chen, Ching-Yi Chen, Ying-An Chu, I-Nung Huang and Chin-Bin Hsu</i>	230
2. Effects of an intelligent fan system on the growth performance and blood biochemical and hematological parameters of nursery Lanyu pigs <i>Yi-Long Chen, Han-Sheng Wang, Yu-Ling Huang, Shih-Hsin Li and Chia-Chieh Chang</i>	239
3. Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes <i>Shu-Min Wang, Tsui-Huang Yu and Chia-Sheng Chen</i>	249
4. Production of profit-basis forage crops – Sweet Sorghum and Avena: III. Economic benefit evaluation and SWOT analysis of regional rotation production modes <i>Po-Yu Chen and Shyh-Rong Chang</i>	256
5. Callus induction and plant regeneration from the immature inflorescences of digitgrass <i>Survenola</i> (<i>Digitaria × umfolozi</i> Hall) <i>Yih-Min Shy</i>	267
6. Study on the physiological index of drought tolerance for napiergrass <i>Li-Chung Tsai, Tzu-Rung Li and Ping Chung</i>	275
7. The effects of providing perch and foot sterilization equipment on white Muscovy duck's growth and animal welfare traits <i>Chin-Hui Su, Jung-Hsin Lin, Hsiu-Chou Liu and Chih-Hsiang Cheng</i>	283
8. A survey of the effect of different milking systems on milk yield and milk component of Holstein milking cows in Taiwan <i>Szu-Han Wang, Hsiao-Han Liao, Tsung-Yi Lin and Jen-Wen Shiau</i>	300

行政院新聞局出版事業登記證局版台省誌字第六七七號
中華郵政特准掛號認爲新聞紙類

畜產研究

第五十五卷 第四期

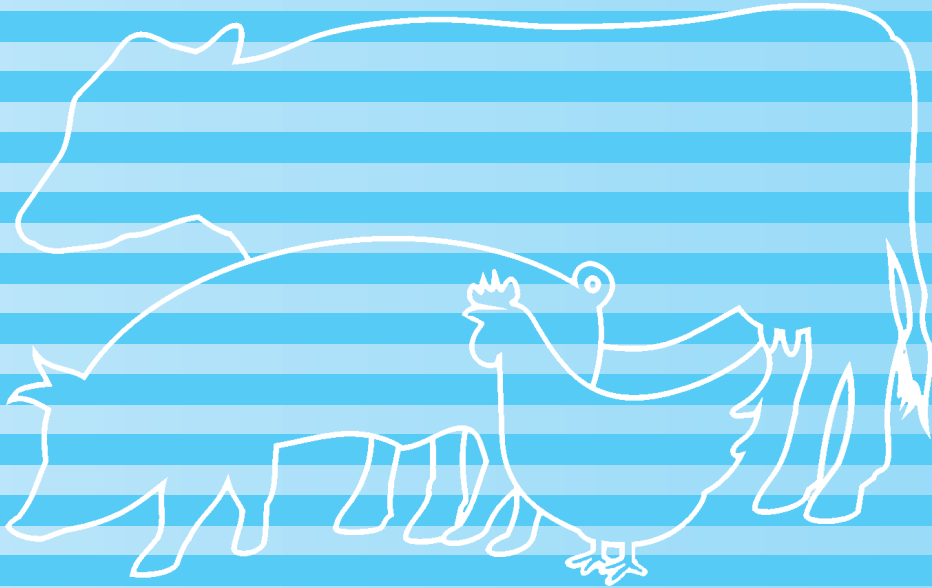
行政院農業委員會畜產試驗所

畜產研究

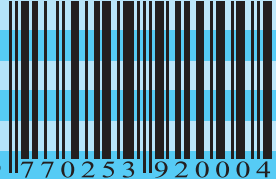
第五十五卷 第四期 中華民國一一年十二月 季刊

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 55 No. 4 December 2022



ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR



GPN: 2005200015

定價：新臺幣二〇〇元



行政院農業委員會畜產試驗所

LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE, EXECUTIVE YUAN

畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

審查委員：丁詩同 方珍玲 王佩華 王尚禮 王紓愍 王淑音 王勝德 成游貴
朱有田 朱志成 余 祺 余 碧 吳信志 吳勇初 吳錫勳 李固遠
沈朋志 阮喜文 周明顯 林旻蓉 林俊臣 林義福 林德育 姜樹興
施宗雄 施意敏 唐品琦 徐阿里 徐濟泰 張秀鑾 張菊犁 梁筱梅
章嘉潔 莊士德 許振忠 許福星 郭卿雲 郭猛德 陳仁炫 陳文賢
陳志峰 陳宗禮 陳明造 陳洵一 陳秋麟 陳綵慈 黃文理 黃英豪
楊鎮榮 葉茂生 廖仁寶 廖宗文 劉世賢 劉秀洲 劉振發 劉登城
鄭裕信 盧虎生 盧啟信 蕭庭訓 蕭振文 謝清祥 謝豪晃
(以姓名筆劃為序)

編輯委員：林幼君 林德育 王斌永 洪哲明 郭卿雲 陳立人 廖仁寶
(以姓名筆劃為序)

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

J. F. HUANG, EDITOR-IN-CHIEF,
DIRECTOR GENERAL,
LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE, COUNCIL OF AGRICULTURE
HSINHUA, TAINAN, TAIWAN

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

S. T. DING	C. L. FANG	P. H. WANG	S. L. WANG	S. M. WANG
S. Y. WANG	S. D. WANG	Y. K. CHENG	Y. T. JU	C. C. CHU
C. YU	P. YU	H. C. WU	Y. C. WU	H. H. WU
G. Y. LI	P. C. SHEN	S. W. ROAN	M. H. CHOU	M. J. LIN
C. C. LIN	Y. F. LIN	D. Y. LIN	S. H. CHIANG	C. H. SHIH
Y. M. SHY	P. C. TANG	A. L. HSU	C. T. HSU	H. L. CHANG
C. L. CHANG	H. M. LIANG	C. C. CHANG	S. T. CHUANG	C. C. HSU
F. H. HSU	C. Y. KUO	M. T. KUO	J. H. CHEN	W. S. CHAN
C. F. CHEN	C. L. CHEN	M. T. CHEN	H. I. CHEN	T. L. CHEN
T. T. CHEN	W. L. HUANG	I. H. HWANG	J. R. YANG	M. S. YEH
R. B. LIAW	C. W. LIAO	T. C. LIU	H. C. LIU	J. F. LIOU
S. S. LIU	Y. S. CHENG	H. S. LUR	C. H. LU	T. H. HSIAO
J. W. SHIAU	C. H. HSIEH	H. H. HSIEH		

EDITORS:

Y. C. LIN	D. Y. LIN	B. Y. WANG	C. M. HUNG	C. Y. KUO
L. R. CHEN	R. B. LIAW			



畜 產 研 究

編 者：行政院農業委員會畜產試驗所

發 行 人：黃振芳

發 行 所：行政院農業委員會畜產試驗所

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 111 年 12 月出版

定 價：新台幣 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 55 卷第 4 期

中華民國 111 年 12 月

目 錄

	頁
1. 添加枯草菌素、六 黴素及羥四環黴素對肉雞腸道上皮通透性、腸道菌相及細菌轉移之影響 洪靖崎、陳保基、陳靜宜、朱盈安、黃懿儂、許晉賓	230
2. 智慧型通風設施對保育期蘭嶼豬生長性能及血液生理與生化值之影響 陳益隆、王漢昇、黃昱翎、李士昕、章嘉潔	239
3. 不同處理對盤固草半乾青貯草中型膠膜包青貯品質之影響 王紓愍、游翠凰、陳嘉昇	249
4. 有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 III. 地區輪作模式之經濟效益與 SWOT 分析 陳勃聿、張世融	256
5. 指草 <i>Survenola</i> (<i>Digitaria × umfolozi</i> Hall) 未成熟花穗培養與植株再生 施意敏	267
6. 狼尾草耐旱性生理指標之研究 蔡立中、李姿蓉、鍾 萍	275
7. 給予白色番鴨棲架與足部消毒設備對其生長與動物福祉性狀之影響 蘇晉暉、林榮新、劉秀洲、鄭智翔	283
8. 不同擠乳系統對荷蘭種泌乳牛群之產乳量及乳成分影響調查 王思涵、廖曉涵、林宗毅、蕭振文	300

添加枯草菌素、六肽黴素及羥四環黴素對肉雞腸道上皮 通透性、腸道菌相及細菌轉移之影響⁽¹⁾

洪靖崎⁽²⁾ 陳保基⁽³⁾ 陳靜宜⁽³⁾ 朱盈安⁽³⁾ 黃懿儂⁽³⁾ 許晉賓⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：111 年 7 月 13 日；接受日期：111 年 10 月 20 日

摘 要

本試驗探討飼糧中添加不同抗生素對肉雞腸道上皮通透性、腸道菌相及細菌轉移之影響。選取 192 隻 1 日齡愛拔益加肉雞，隨機分為對照組 (control, CON)、枯草菌素 (bacitracin) 55 ppm、六肽黴素 (nisiheptide) 2.5 ppm 及羥四環黴素 (oxytetracycline, OTC) 55 ppm 四組。每處理組 4 重複，每重複 12 隻。分別於 3 週及 6 週時，進行肉雞腸道電生理及腸道免疫能力之測定。結果顯示，添加三種抗生素皆不會影響腸道的組織電位差 (potential difference, PD)、離子電流 (short-circuit current, I_{sc}) 及電導係數 (conductance, G)。飼糧中添加 3 種抗生素，對腸道中大腸桿菌、乳酸菌及腸球菌的組成無顯著影響，但 3 種抗生素皆於 3 週齡時顯著減少腸道細菌轉移至肝臟的數量 ($P < 0.05$)，而以六肽黴素抑菌效果最好。在對照組中，0 週及 3 週細菌轉移到肝臟總菌數高於 6 週 ($P = 0.13$, 0.08)，顯示肉雞在 3 週齡之前腸道屏障功能較為脆弱。綜上所述，肉雞飼糧補充枯草菌素、六肽黴素或羥四環黴素能抑制細菌侵入，減少轉移進入體內的機會。惟飼糧中可添加抗生素種類業已限縮，應積極開發具類似抑菌功能之飼料添加物以替代抗生素。

關鍵詞：抗生素、腸道上皮通透性、腸道菌相、細菌轉移、肉雞。

緒 言

在臺灣雞隻多是以大規模、集約式方式養殖，在飼養過程中，為達疾病之治療、預防或促進生長等效益，業者大多依賴飼料中添加抗生素，以改善雞隻生產表現。於飼料中添加促進生長用之抗生素，雖可抑制家禽腸道中之微生物，但隨著使用時間的增長及細菌的選殖進化，造成近年來抗藥性問題的日益嚴重。歐盟已於 2006 年全面禁止畜禽養殖業者在動物飼料中使用促進生長用之抗生素 (Cook, 1999; Taylor, 1999)，推動無抗生素飼養已成為全球之趨勢。臺灣則從 2000 年起，逐步減少含藥物飼料添加物之使用，因此，尋找抗生素的替代品以減少對家禽生產產業對抗生素的依賴，近年來成為畜牧生產之研究重點。

腸道完整性在維持離子、營養物質和水的滲透性，以及阻絕細菌毒素和病原體的入侵方面起著重要作用 (Rescigno, 2011)。腸道完整性的喪失導致了屏障通透性的增加，此並被認為是導致代謝紊亂，炎症性腸炎和肥胖症的原因 (Connell *et al.*, 2013; Chelakkot *et al.*, 2018)。腸道中離子滲透率的變化與養分吸收的變化相關 (Dubreuil, 2017)。Na⁺ 有助於通過鈉葡萄糖連接的轉運蛋白 -1 (sodium glucose-linked transporter-1) 吸收葡萄糖 (Amat *et al.*, 1999; Daniel and Zietek, 2015)。同時，Cl⁻ 向腸腔的過度分泌會導致腹瀉 (Ahrens *et al.*, 2003)。雞隻感染 *E. coli*, *Campylobacter jejuni* 和 *Salmonella enteritidis* 會導致空腸的跨上皮離子電導率降低 (Awad *et al.*, 2012; 2014; 2015)。補充抗生素會引起腸道微生物種群的轉移，並保護小鼠小腸中緊密連接蛋白 (Knarreborg *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2011; Brandt *et al.*, 2017)。然而，關於抗生素對雞腸上皮的電離子遷移的影響所知之甚少。

腸道中細菌藉由影響宿主腸道結構、營養吸收及免疫反應來影響宿主健康。雞隻腸道的菌相複雜，腸道中約有 90% 細菌尚未能完全分離鑑定其種別 (Apajalahti *et al.*, 2004)，在雞隻的盲腸中，每公克腸道中含有 10¹¹ CFU 細菌存在，其中至少有 38 種不同形式、不同品系的細菌 (Barnes *et al.*, 1972; Barnes, 1979)。抗生素作為促進生長之飼料添

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2719 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 國立臺灣大學動物科學技術系。

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

加物使用，可藉由影響腸道中的菌相分佈來促進動物生長。Collier *et al.* (2003) 指出添加泰黴素 (tylosin) 能減少雞隻腸道中 *Clostridium perfringens* 的存在，進而減少壞死性腸炎 (necrotic enteritis)，添加經四環黴素 (oxytetracycline) 減少盲腸中腸球菌 (*Enterococcus* spp.)、大腸桿菌數量 (Fairchild *et al.*, 2005)，添加枯草菌素 (bacitracin) 也會減少迴腸大腸桿菌 (Engberg *et al.*, 2000)。然 Van Lunen (2003) 指出，具有脂多糖之葛蘭氏陰性菌，會增加腸道上皮細胞的通透性，而影響腸道屏障功能，故需要進一步確認不同的抗生素對於雞隻腸道菌相調控是否一致，是否會影響腸道屏障功能，而造成細菌轉移至宿主體腔內。因此，本試驗探討促進生長用劑量之不同類型抗生素對腸道微生物群組成的影響及其與細菌易位的關係。

材料與方法

I. 試驗動物與飼養管理

自商業孵化場購入日齡白肉雞 192 隻，平均分入四組，分別為對照組 (control, CON)、枯草菌素 (bacitracin) 添加組 (55 ppm)、六肽黴素 (nisiheptide) 添加組 (2.5 ppm)、經四環黴素 (oxytetracycline, OTC) 添加組 (55 ppm)，公母混飼，每處理組 4 重複，每重複 12 隻，試驗為期六週 (第 5 週停藥)，試驗期間抗生素添加於飼料中，飲水與飼料皆任飼，飼糧組成如表 1。雞隻於 5 月以平飼方式飼養於 5.8 m² 雞欄。畜舍平均溫度為 27.5 ± 1°C 及 68 ± 3%。試驗進行分別於 0 週 (1 日齡)、3 週 (21 日齡) 及 6 週 (42 日齡) 試驗結束時，每組犧牲 8 隻雞，採集臟器與腸道進行試驗分析，所有實驗動物程序均經國立臺灣大學實驗動物管理與使用委員會批准，並符合 96 年含藥物飼料添加物使用規範。

表 1. 飼料組成分

Table 1. Composition of basal diets

Ingredients	0 — 3 wk	3 — 6 wk
	----- % -----	
Yellow corn, grain	48.70	57.30
Soybean meal, 44%	34.88	29.64
Fish meal, 65%	5.00	2.80
Soybean oil	7.65	6.40
Dicalcium phosphate	1.10	1.38
Calcium carbonate	1.30	1.31
DL-methionine	0.30	0.32
Choline-chleride, 50%	0.07	0.05
Vitamin premix ^a	0.30	0.30
Mineral premix ^b	0.20	0.20
Salt	0.50	0.30
Total	100	100
Calculated analysis		
Crude protein, %	23.00	20.05
ME, kcal/kg	3,202	3,205
Calcium, %	1.03	1.00
Available phosphorus, %	0.46	0.45

^a Vitamin premix supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 12,000 IU; Vitamin D₃, 3,125 ICU; Vitamin E, 37.5 IU; Vitamin K₃, 6.25 mg; Vitamin B₁, 3.75 mg; Vitamin B₂, 12.5 mg; Vitamin B₆, 10.0 mg; Ca-pantothenate, 18.8 mg; Niacin, 50 mg; Biotin, 0.06 mg; Folic acid, 1.25 mg; Vitamin B₁₂, 0.05 mg.

^b Mineral premix supplied per kilogram of diet: Cu (CuSO₄ · 5H₂O, 25.45% Cu), 6 mg; Fe (FeSO₄ · 7H₂O, 20.09% Fe), 50 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O, 32.49% Mn), 40 mg; Zn (ZnO, 80.35% Zn), 60 mg; Se (NaSeO₃, 45.56% Se), 0.075 mg.

II. 測定項目及方法

(i) 腸道上皮通透性變化：使用上皮細胞電生理分析系統 (ussing chamber)，參考 Ussing and Zerahn (1951) 之方

法進行分析。於 3 週及 6 週，每組取 8 隻雞，注射 urethan 使其麻醉。切開腹腔，先移除肝臟及脾臟之後，再取迴腸放置於 kreb buffer 中，將組織沿腸繫膜切開後，避開淋巴結，釘至腸道樣品室上，放置於 chamber 支架上。於 luminal 面置入 5 mL mannitol kreb buffer，於 serosal 面加入 glucose kreb buffer，pH 為 7.33 – 7.37，溫度為 41°C，氣體 95% O₂，5% CO₂。於組織穩定後，每 5 分鐘給予 1 mV 刺激，30 分鐘後，測量組織電位差 (potential difference, PD)，離子電流 (short-circuit current, I_{sc})，再利用 Ohm 式原理 ($V = I \times R$) 計算出電阻 (electric resistance, R) 和電導係數 (conductance, G)。電導係數為電阻之倒數。

- (ii) 腸道菌相變化：將雞隻肛門以 75% 酒精擦拭，去除肛門口之穢物，以無菌採樣棉棒刺激排便，收集雞隻結直腸新鮮糞便樣品，放入 50 mL 離心管中，置於冰浴中立即進行分析。取 1 g 裝有各樣品之培養管加入 10 倍稀釋之無菌磷酸鹽緩衝液，進行振盪均質，再離心取其上清液，以無菌磷酸鹽緩衝液序列進行 10 倍稀釋。取將上清稀釋液，均勻塗抹於 Chromocult® Coliform Agar (Merk, USA) 上，於 37°C 恆溫培養箱中培養 24 小時，計數糞便中大腸桿菌含量。另分別取稀釋液均勻塗抹於 bile esculin agar (Difco, USA) 及 rogosa agar (Difco, USA) 上，於 37°C 恆溫培養箱中培養 48 小時，計數糞便中腸球菌含量及乳酸菌含量，最後再以乾物質量進行校正。此方法依據 Shu *et al.* (2001) 測定之。
- (iii) 腸道細菌轉移體內現象之評估：於 0 週、3 週及 6 週，每組取 8 隻雞隻，解剖後以滅菌過之剪刀和鑷子取出脾臟及肝臟，依其重量以無菌磷酸鹽緩衝液以 1 : 10 (1 g/10 mL) 添加該緩衝液。均質機依序以 75% 酒精、兩次無菌磷酸鹽緩衝液清洗過後，分別將肝臟和脾臟以每次 10 秒、連續 3 次的方式將組織均質後，再使用以 75% 酒精擦拭過之超音波破膜機震盪 10 秒。將均質完後的組織液放入無菌臺中操作，分別各取組織液加入新鮮血液瓊脂平板 (fresh blood agar plate)，之後置於 37°C 培養箱培養 24 小時，計算細菌菌落形成單位 (colony forming unit, CFU) 數目。將每個培養基其菌落形成單位數目分別以組織重量作為標準化。
- (iv) 統計分析：實驗所獲得之資料使用 SAS 統計分析軟體 (statistical analysis system, Ver. 9.1.3 for Windows, XP)，以一般線性模式 (GLM, general linear models procedure) 進行變方分析，再以鄧肯氏新多變域測定法 (Duncan's new multiple range test)，進行平均值比較，檢測其差異之顯著性。資料皆以平均值 ± 標準偏差表示。細菌轉移試驗以曼惠特尼檢定 (Mann-Whitney test) U 檢定進行分析。

結果與討論

腸道電生理可用於評估腸道離子通透性和腸道完整性。結果顯示，添加三種抗生素對腸道的組織電位差、離子電流及電導係數皆無顯著影響 (表 2)。腸道離子電流量與腸腔內的消化吸收功能及細菌生長有關 (Castro, 1990; Yu *et al.*, 2001)。適量鈉離子的吸收有助於葡萄糖及胺基酸的吸收，而氯離子的分泌會使水分被動運輸進腸腔，以確保消化酵素作用的介質環境 (Bern *et al.*, 1989; Barrett and Dharmasathaphorn, 1991)。腸道內氯離子的分泌及鈉離子的吸收，為產生腸道離子電流淨值的主要因子。當氯離子的分泌過量，造成短暫電流；當氯離子量過高時，腸內水分也被大量排出或滯留於腸腔內，導致臨床上所見之體重降低及下痢症狀。然而當病原菌感染侵害腸道時，下痢有利於清除害菌，但過度下痢則會造成體內離子不平衡而死亡 (Castro *et al.*, 1979; Bridges and Rummel, 1986)。然添加抗生素對雞隻腸電生理基礎值的結果，經由腸道電生理上皮系統 (ussing chamber systems) 測量發現，雞隻腸道中的離子電流及組織阻力皆與對照組無顯著影響。因此，飼料中添加枯草菌素、六肽黴素和羥四環黴素不會影響正常腸道生理的離子運輸功能。

腸道微生物與宿主間存在共存關係，微生物可以競爭性的排除病原菌對宿主的干擾，但同時也與宿主競爭能量及蛋白質的吸收 (Hedde and Lindsey, 1986)，產生一些不利的代謝產物 (Alvares *et al.*, 1964)。抗生素不會促進無菌動物之生長 (Forbes and Park, 1959)，無菌雞隻的生長速率比一般常態飼養的雞隻快了 10 – 15% (Coates *et al.*, 1963)，因此，腸道微生物影響動物的生長，然抗生素對微生物具有殺死或抑制的作用，不同的抗生素，其作用機制不同，對腸道微生物影響也不同。目前，抗生素對於腸道的菌相的影響，及其對促進生長可能的機制有：1. 低劑量的抗生素會抑制部分細菌生長 (Fairchild *et al.*, 2005)，而這些細菌會與動物競爭營養份 (Buenrostro and Kratzer, 1983; Pryde *et al.*, 1999)。2. 抗生素添加會減少病原菌，降低產生嚴重疾病或腸道發炎的機會 (Collier *et al.*, 2003)。3. 腸道細菌具有競爭排除作用，抗生素的添加能消滅抑制其他細菌生長的腸內菌，此受抑制的細菌可能會生產對動物有益的營養素 (Pryde *et al.*, 1999)。4. 低劑量的抗生素能抑制可以抑制細菌製造黏附性蛋白，使細菌無法附著於腸道上，細菌隨糞便排出體外而減少 (Gaskins *et al.*, 2002)。5. 減少微生物產生抑制宿主生長的代謝物 (Yeo and Kim, 1997)。

飼料中添加抗生素，對於生病的雞隻或飼養於較髒亂的環境，會有較好的促進生長效果 (Prescott and Baggot, 1993)；於監控環境飼養下，添加泰黴素於豬隻的飼料中，對其生長促進的效果下降 (Van Lunen, 2003)，但若再給予

病原菌挑戰試驗，則促進生長的效果又出現 (CAFA, 1997)，推論抗生素促進生長，可能於控制或減少病原菌的數量所影響 (JETACAR, 1999)。Fairchild *et al.* (2005) 指出經四環黴素會減少雞隻盲腸中腸球菌屬 (*Enterococcus* spp.) 及彎曲桿菌屬 (*Campylobacter* spp.) 的數量，Lev and Forbes (1959) 指出腸道中的有害菌 *C. perfringens* 會降低雞隻生長表現，無菌雞隻接種 *Streptococcus faecalis* 也會抑制生長，抗生素會藉由抑制 *S. faecalis* 來促進雞隻生長 (Eyssen and De Somer, 1965; Eyssen and De Somer, 1967)。Knarreborg *et al.* (2002) 指出產氣莢膜梭菌 (*C. perfringens*) 受抗生素的影響最大。樂菌素 (Tylosin) 通過調節 *C. perfringens* 定植來減少壞死性腸炎。雖然補充的三種抗生素並未改變本研究的大腸桿菌、腸球菌及乳酸菌組成 (表 3)，但是否其他有害菌的改變，有待進一步的研究。

表 2. 飼糧中添加抗生素對肉雞腸道離子電流、組織電位差及電導係數之影響

Table 2. Effects of different supplemental antibiotics on the short-circuit current (Isc), transmural potential difference (PD) and electrical tissue resistance (G) across the isolated ileum mucosa of broilers at age of 3 and 6 weeks

	Control	OTC	Bacitracin	Nosiheptide
3 wk				
Isc ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	11.8 ± 1.75	9.59 ± 1.26	10.6 ± 1.44	7.75 ± 1.48
G (mS/cm^2)	2.92 ± 0.54	3.54 ± 0.70	4.07 ± 1.09	4.65 ± 0.76
PD (mV)	11.6 ± 4.68	7.99 ± 2.73	11.1 ± 4.47	2.63 ± 0.64
6 wk				
Isc ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	10.2 ± 2.08	12.6 ± 1.50	12.1 ± 1.09	9.03 ± 1.07
G (mS/cm^2)	5.07 ± 1.36	2.74 ± 0.57	3.76 ± 1.17	5.26 ± 1.08
PD (mV)	4.64 ± 1.83	12.4 ± 4.00	13.4 ± 5.30	6.75 ± 3.53

Data represented by means \pm standard error.

表 3. 飼糧中添加抗生素對肉雞腸道微生物組成之影響 (n = 8)

Table 3. Effects of different supplemental antibiotics on the intestinal bacterial population of broilers at age of 3 and 6 weeks

	Control	OTC	Bacitracin	Nosiheptide
3 wk				
Coliform, cfu $\times 10^7$ /g	6.49 ± 0.28^{ab}	5.89 ± 2.18^b	6.68 ± 0.43^{ab}	7.06 ± 0.47^a
Enterococcus, cfu $\times 10^7$ /g	7.43 ± 0.36	7.12 ± 1.84	7.62 ± 0.54	7.79 ± 0.47
Lactobacillus, cfu $\times 10^7$ /g	6.76 ± 0.70	6.84 ± 1.97	6.64 ± 1.89	6.03 ± 1.70
6 wk				
Coliform, cfu $\times 10^7$ /g	6.34 ± 0.78	6.3 ± 0.35	6.09 ± 0.44	5.66 ± 1.62
Enterococcus, cfu $\times 10^7$ /g	7.25 ± 0.55	7.03 ± 1.92	6.69 ± 2.55	7.79 ± 0.29
Lactobacillus, cfu $\times 10^7$ /g	7.32 ± 0.55	7.24 ± 0.84	6.78 ± 2.60	7.73 ± 0.40

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

細菌過度生長、粘膜屏障受損和免疫防禦機制會增加腸上皮的脆弱性，並增加腸道細菌轉移 (bacterial translocation) 的風險 (Conn, 1998; Magnotti and Deitch, 2005)。Awad *et al.* (2014) 指出致病性和非致病性大腸桿菌菌株改變了肉雞腸道上皮的離子通透性，並擾亂了腸道屏障功能 (Shifflett *et al.*, 2005)。補充可利斯汀 (colistin) 之抗生素可改善受到大腸桿菌攻擊的肉雞腸黏膜的完整性，並降低胃腸道中大腸桿菌和腸球菌 (enterococci)，對微生物菌群分布造成直接影響 (Torrallardona *et al.*, 2003)。Huang *et al.* (2015) 指出補充可利斯汀和北里黴素 (kitasamycin) 促進斷奶仔豬的腸道通透性降低和腸道緊連蛋白 (occludin) 表達增加。本實驗顯示無添加抗生素之對照組，0 週及 3 週細菌轉移到肝臟高於 6 週 ($P = 0.13, 0.08$)，表明肉雞在 3 週之前腸道上皮細胞屏障功能脆弱或黏膜免疫功能發展不全，而使腸道細菌經由腸繫膜血液匯流至肝臟，並在肝臟中維持活菌的型態，進而危害宿主健康。對照組雞隻在六週齡時，因免疫發展較健全或腸道屏障功能完善，肝臟細菌完全消失 (圖 1)。飼料中添加 3 種抗生素，於三週齡時細菌轉移體至肝臟相對於對照組顯著減少 (圖 2)，證明了抗生素包括枯草菌素、六肽黴素、經四環黴素能降低細菌轉移體內的情形，而其中又以六肽黴素效果最好。我們的研究結果表明，補充三種不同類型的抗生素在很大程度上降低了肝臟細菌易位的發生率，因為它可能對改善腸道屏障功能完整性有正向作用，這些反應與雞疾病感染的病理生理指標的改善有關。

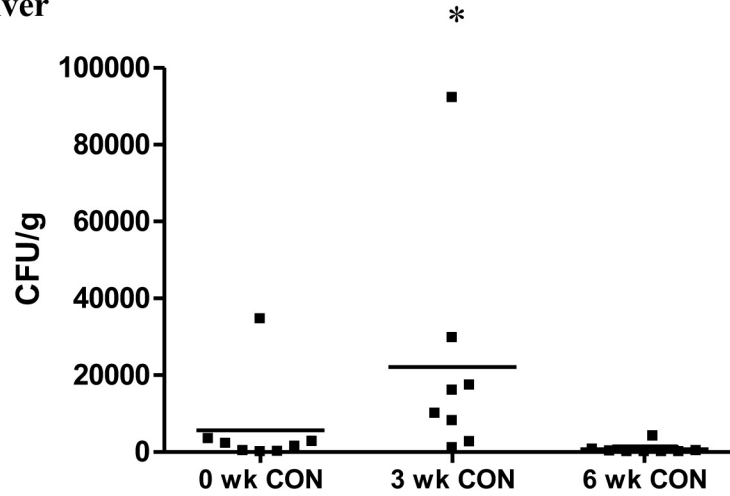
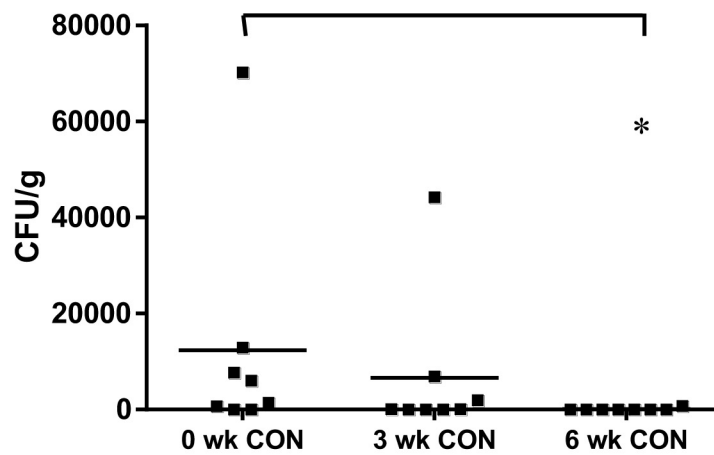
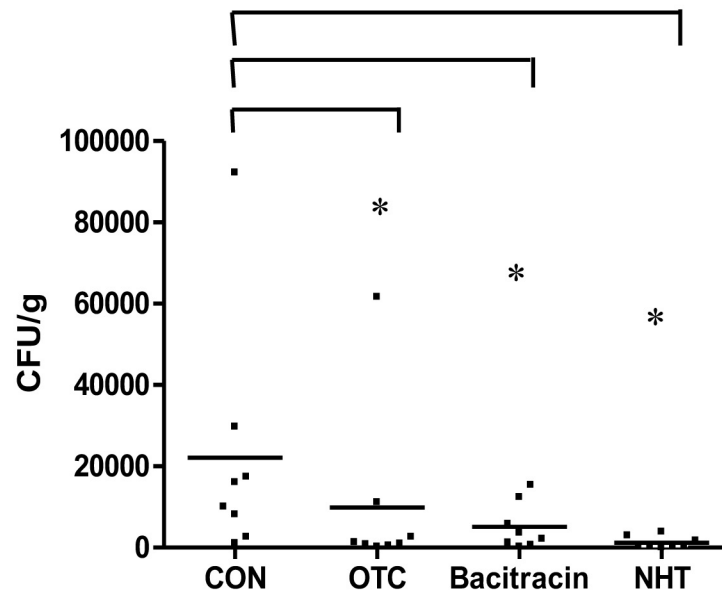
(A) Liver**(B) Spleen**

圖 1. 肉雞於 0、3 及 6 週對照組腸道細菌轉移至肝臟及脾臟之情形。(A) 肝臟 (B) 脾臟。

Fig. 1. Enteric bacterial translocation to the internal organs of control broiler chickens at age of 0, 3, and 6 weeks. Homogenates of (A) liver (B)spleen were used for bacterial culturing. (n = 8) * p < 0.05.

(A) Liver



(B) Spleen

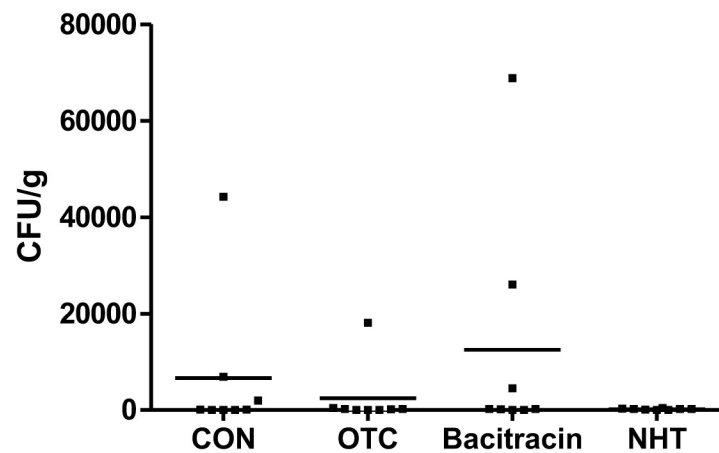


圖 2. 飼糧中添加抗生素對 3 週齡雞隻腸道細菌轉移至肝臟及脾臟之影響。(A) 肝臟 (B) 脾臟。

Fig. 2. Effects of different supplemental antibiotics on enteric bacterial translocation to the internal organs of broiler chickens at age of 3 weeks. Homogenates of (A) liver (B) spleen were used for bacterial culturing. (n = 8). * $p < 0.05$.

結 論

綜上所述，肉雞飼糧添加枯草菌素、六肽黴素及經四環黴素，可能藉由改善肉雞早期腸道屏障功能，降低肝臟細菌易位的發生率，減少細菌感染的機會。由於這三種促生長抗生素在本研究之後已被禁用，因此，應積極開發具有類似抗菌功能的飼料添加劑，以取代促進生長用抗生素之使用。

參考文獻

- 馬玉龍，許梓榮。2005。金黴素對肉雞生長、腸道菌群和細菌酶、腸組織形態的影響。浙江大學學報。31：507-512。
- Ahrens, F., G. Gäbel, B. Garz, and J. R. Aschenbach. 2003. Histamine-induced chloride secretion is mediated via H2-

- receptors in the pig proximal colon. *Inflamm. Res.* 52: 79-85.
- Alvares, A. P., L. H. Harbers, and W. J. Visek. 1964. Effect of barbituric acid, chlortetracycline and carbohydrates upon growth and gastrointestinal urease activity of chicks. *J. Nutr.* 82: 93-98.
- Amat, C., J. Piqueras, J. Planas, and M. Moreto. 1999. Electrical properties of the intestinal mucosa of the chicken and the effects of luminal glucose. *Poult. Sci.* 78: 1126-1131.
- Apajalahti, J., H. Graham, and A. Kettunen. 2004. Characteristics of the gastrointestinal microbial communities, with special reference to the chicken. *World's Poult. Sci. J.* 60: 223-232.
- Awad, W. A., J. R. Aschenbach, B. Khayal, C. Hess, and M. Hess. 2012. Intestinal epithelial responses to *Salmonella enterica* serovar Enteritidis: effects on intestinal permeability and ion transport. *Poult. Sci.* 91: 2949-2957.
- Awad, W. A., C. Hess, B. Khayal, J. R. Aschenbach, and M. Hess. 2014. In vitro exposure to *Escherichia coli* decreases ion conductance in the jejunal epithelium of broiler chickens. *PLOS ONE*. 9: e92156-e92156.
- Awad, W. A., A. Molnár, J. R. Aschenbach, K. Ghareeb, B. Khayal, C. Hess, D. Liebhart, K. Dublec, and M. Hess. 2015. *Campylobacter* infection in chickens modulates the intestinal epithelial barrier function. *Innate Immun.* 21: 151-160.
- Barnes, E. M. 1979. The intestinal microflora of poultry and game birds during life and after storage. Address of the president of the Society for Applied Bacteriology delivered at a meeting of the society on 10 January 1979. *J. Appl. Bacteriol.* 46: 407-419.
- Barnes, E. M., G. C. Mead, D. A. Barnum, and E. G. Harry. 1972. The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. *Br. Poult. Sci.* 13: 311-326.
- Brandt, A., C. Jin, K. Nolte, C. Sellmann, A. Engstler, and I. Bergheim. 2017. Short-Term Intake of a Fructose-, Fat- and Cholesterol-Rich Diet Causes Hepatic Steatosis in Mice: Effect of Antibiotic Treatment. *Nutrients*. 9: 1013.
- Buenrostro, J. L. and F. H. Kratzer. 1983. Effect of *Lactobacillus* inoculation and antibiotic feeding of chickens on availability of dietary biotin. *Poult. Sci.* 62: 2022-2029.
- CAFA. 1997. Antimicrobial feed additives. Stockholm: Sweden Ministry of Agriculture, Commission on Antimicrobial Feed Additives.
- Chelakkot, C., J. Ghim, and S. H. Ryu. 2018. Mechanisms regulating intestinal barrier integrity and its pathological implications. *Exp. Mol. Med.* 50: 1-9.
- Coates, M. E., R. Fuller, G. F. Harrison, M. Lev, and S. F. Suffolk. 1963. A comparison of the growth of chicks in the Gustafsson germ-free apparatus and in a conventional environment, with and without dietary supplements of penicillin. *Br. J. Nutr.* 17: 141-150.
- Collier, C. T., J. D. van der Klis, B. Deplancke, D. B. Anderson, and H. R. Gaskins. 2003. Effects of tylosin on bacterial mucolysis, *Clostridium perfringens* colonization, and intestinal barrier function in a chick model of necrotic enteritis. *Antimicrob. Agents Chemother.* 47: 3311-3317.
- Conn, H. O. 1998. Bacterial translocation: studies of mice and men. *Am. J. Gastroenterol.* 93: 277-278.
- Connell, S., K. G. Meade, B. Allan, A. T. Lloyd, T. Downing, C. O'Farrelly, and D. G. Bradley. 2013. Genome-wide association analysis of avian resistance to *Campylobacter jejuni* colonization identifies risk locus spanning the *CDH13* gene. *G3- Genes Genom. Genet.* 3: 881.
- Cook, R. 1999. EU ban on four antibiotic growth promoters. *Vet. Rec.* 144: 158.
- Daniel, H. and T. Zietek. 2015. Taste and move: glucose and peptide transporters in the gastrointestinal tract. *Exp. Physiol.* 100: 1441-1450.
- Dubreuil, J. D. 2017. Enterotoxigenic *Escherichia coli* targeting intestinal epithelial tight junctions: An effective way to alter the barrier integrity. *Microb. Pathogenesis*. 113: 129-134.
- Engberg, R. M., M. S. Hedemann, T. D. Leser, and B. B. Jensen. 2000. Effect of zinc bacitracin and salinomycin on intestinal microflora and performance of broilers. *Poult. Sci.* 79: 1311-1319.
- Eyssen, H. and P. De Somer. 1965. Studies on gnotobiotic chicks: effects of controlled intestinal floras on growth and nutrient absorption. *Ernährungsforschung*. 10: 264-273.
- Eyssen, H. and P. De Somer. 1967. Effects of *Streptococcus faecalis* and a filterable agent on growth and nutrient absorption in gnotobiotic chicks. *Poult. Sci.* 46: 323-333.
- Fairchild, A. S., J. L. Smith, U. Idris, J. Lu, S. Sanchez, L. B. Purvis, C. Hofacre, and M. D. Lee. 2005. Effects of orally administered tetracycline on the intestinal community structure of chickens and on tet determinant carriage by

- commensal bacteria and *Campylobacter jejuni*. Appl. Environ. Microbiol. 71: 5865-5872.
- Forbes, M. and J. T. Park. 1959. Growth of germ-free and conventional chicks: effect of diet, dietary penicillin and bacterial environment. J. Nutr. 67: 69-84.
- Gaskins, H. R., C. T. Collier, and D. B. Anderson. 2002. Antibiotics as growth promotants: mode of action. Anim. Biotechnol. 13: 29-42.
- Hedde, R. D. and T. O. Lindsey. 1986. Virginiamycin: a nutritional tool for swine production. Agri-Pract. 7: 3-4.
- Huang, C., P. Song, P. Fan, C. Hou, P. Thacker, and X. Ma. 2015. Dietary sodium butyrate decreases postweaning diarrhea by modulating intestinal permeability and changing the bacterial communities in weaned piglets. J. Nutr. 145: 2774-2780.
- JETACAR. 1999. The use of antibiotics in food-producing animals: Antibiotic-resistant bacteria in animals and humans. Rep. Joint Expert Advis. Comm. Antibiot. Resist. Commonw. Aust., Canberra.
- Knarreborg, A., M. A. Simon, R. M. Engberg, B. B. Jensen, and G. W. Tannock. 2002. Effects of dietary fat source and subtherapeutic levels of antibiotic on the bacterial community in the ileum of broiler chickens at various ages. Appl. Environ. Microbiol. 68: 5918-5924.
- Lee, D. N., S. R. Lyu, R. C. Wang, C. F. Weng, and B. J. Chen. 2011. Exhibit differential functions of various antibiotic growth promoters in broiler growth, immune response and gastrointestinal physiology. Int. J. Poult. Sci. 10: 216-220.
- Lev, M. and M. Forbes. 1959. Growth response to dietary penicillin of germ-free chicks and of chicks with a defined intestinal flora. Br. J. Nutr. 13: 78-84.
- Magnotti, L. J. and E. A. Deitch. 2005. Burns, bacterial translocation, gut barrier function, and failure. J. Burn Care Rehabil. 26: 383-391.
- Prescott, J. F. and J. D. Baggot. 1993. Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine, Pages 564-565. 2nd edition. Iowa State University Press.
- Pryde, S. E., A. J. Richardson, C. S. Stewart, and H. J. Flint. 1999. Molecular analysis of the microbial diversity present in the colonic wall, colonic lumen, and cecal lumen of a pig. Appl. Environ. Microbiol. 65: 5372-5377.
- Rescigno, M. 2011. The intestinal epithelial barrier in the control of homeostasis and immunity. Trends in Immunology 32: 256-264.
- Shifflett, D. E., D. R. Clayburgh, A. Koutsouris, J. R. Turner, and G. A. Hecht. 2005. Enteropathogenic *E. coli* disrupts tight junction barrier function and structure *in vivo*. Laboratory Investigation. 85: 1308. (Research Article).
- Shu, Q., F. Qu, and H. S. Gill. 2001. Probiotic treatment using *Bifidobacterium lactis* HN019 reduces weanling diarrhea associated with rotavirus and *Escherichia coli* infection in a piglet model. J. Pediatr. Gastroenterol Nutr. 33: 171-177.
- Taylor, D. J. 1999. EU ban on four antibiotic growth promoters. Vet. Rec. 144: 158.
- Torrallardona, D., M. R. Conde, I. Badiola, J. Polo, and J. Brufau. 2003. Effect of fishmeal replacement with spray-dried animal plasma and colistin on intestinal structure, intestinal microbiology, and performance of weanling pigs challenged with *Escherichia coli* K99. J. Anim. Sci. 81: 1220-1226.
- Ussing, H. H. and K. Zerahn. 1951. Active transport of sodium as the source of electric current in the short-circuited isolated frog skin. Acta Physiol. Scand. 23: 110-127.
- Van Lunen, T. A. 2003. Growth performance of pigs fed diets with and without tylosin phosphate supplementation and reared in a biosecure all-in all-out housing system. Can. Vet. J. 44: 571-576.
- Yeo, J. and K. I. Kim. 1997. Effect of feeding diets containing an antibiotic, a probiotic, or yucca extract on growth and intestinal urease activity in broiler chicks. Poult. Sci. 76: 381-385.

Effects of bacitracin, nisin and oxytetracycline on intestinal epithelial permeability, intestinal flora and bacterial translocation in broilers ⁽¹⁾

Ching-Chi Hung ⁽²⁾ Bao-Ji Chen ⁽³⁾ Ching-Yi Chen ⁽³⁾ Ying-An Chu ⁽³⁾
I-Nung Huang ⁽³⁾ and Chin-Bin Hsu ⁽²⁾⁽⁴⁾

Received: Jul. 13, 2022; Accepted: Oct. 20, 2022

Abstract

This study aimed to investigate the effect of adding supplemental antibiotics to intestinal bacterial composition, bacterial translocation to organs and intestinal permeability. One hundred and ninety-two broilers were randomly allocated to 4 treatments with 4 replicates of 12 birds each. The 4 treatments were: control (CON), dietary supplementation with bacitracin (55 ppm), nisin (2.5 ppm), and oxytetracycline (55 ppm). The intestinal bacterial composition, bacterial translocation to organs, and intestinal permeability were measured at 3-wks and 6-wks of age. Results showed that adding the three antibiotics did not affect the potential difference (PD), short-circuit current (Isc) and conductance of intestines, nor did it have any significant impact on the bacterial composition in Coliform, *Enterococcus*, and Lactobacilli. However, all supplemental antibiotics decreased total bacteria count in the liver of birds at age of 3 wks ($P < 0.05$), while nisin had the best bacteriostatic effect. In the control group, the total bacteria transferred to the liver at 0 and 3 wks was higher than that at 6 wks ($P = 0.13, 0.08$), suggesting that intestinal barrier function was vulnerable in broilers during younger ages. Our findings indicated that supplementation of the 3 different types of antibiotics reduced the incidence of bacterial invasion and translocation into the liver to a great extent due to their beneficial effects on the improvement of intestinal barrier integrity. Because these three growth-promoting antibiotics have been banned after this study, feed additives with similar antibacterial functions should be developed to replace antibiotics.

Key words: Antibiotics, Intestinal epithelial permeability, Intestinal flora, Bacterial translocation, Broilers.

(1) Contribution No. 2719 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Livestock Management Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Department of Animal Science and Technology, National Taiwan University, No. 50, Lane 155, Sec. 3, Keelung Road, Taipei 106, Taiwan, R. O. C.

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

智慧型通風設施對保育期蘭嶼豬生長性能及血液生理與生化值之影響⁽¹⁾

陳益隆⁽²⁾⁽³⁾ 王漢昇⁽²⁾ 黃昱翎⁽²⁾ 李士昕⁽²⁾ 章嘉潔⁽²⁾

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

摘 要

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

關鍵詞：蘭嶼豬、風扇設施、智能監控、熱緊迫、血液生化。

緒 言

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

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2720 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場。

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

材料與方法

I. 試驗設計及硬體設備建置

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

THI 公式為：

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

公式中：T 為乾球攝氏溫度，RH 為相對濕度百分率。

II. 豬隻生長性能測定

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

III. 豬隻血液生理生化值之測定

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

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

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

表 1. 試驗飼糧組成 (續)

Table 1. The composition of experimental diets (continued)

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

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

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

^c Acid detergent fiber.

^d Neutral detergent fiber.

^e Lysine.

^f Gross energy.

IV. 統計分析

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

結果與討論

I. 試驗期間溫濕度及 THI 之變化

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

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

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

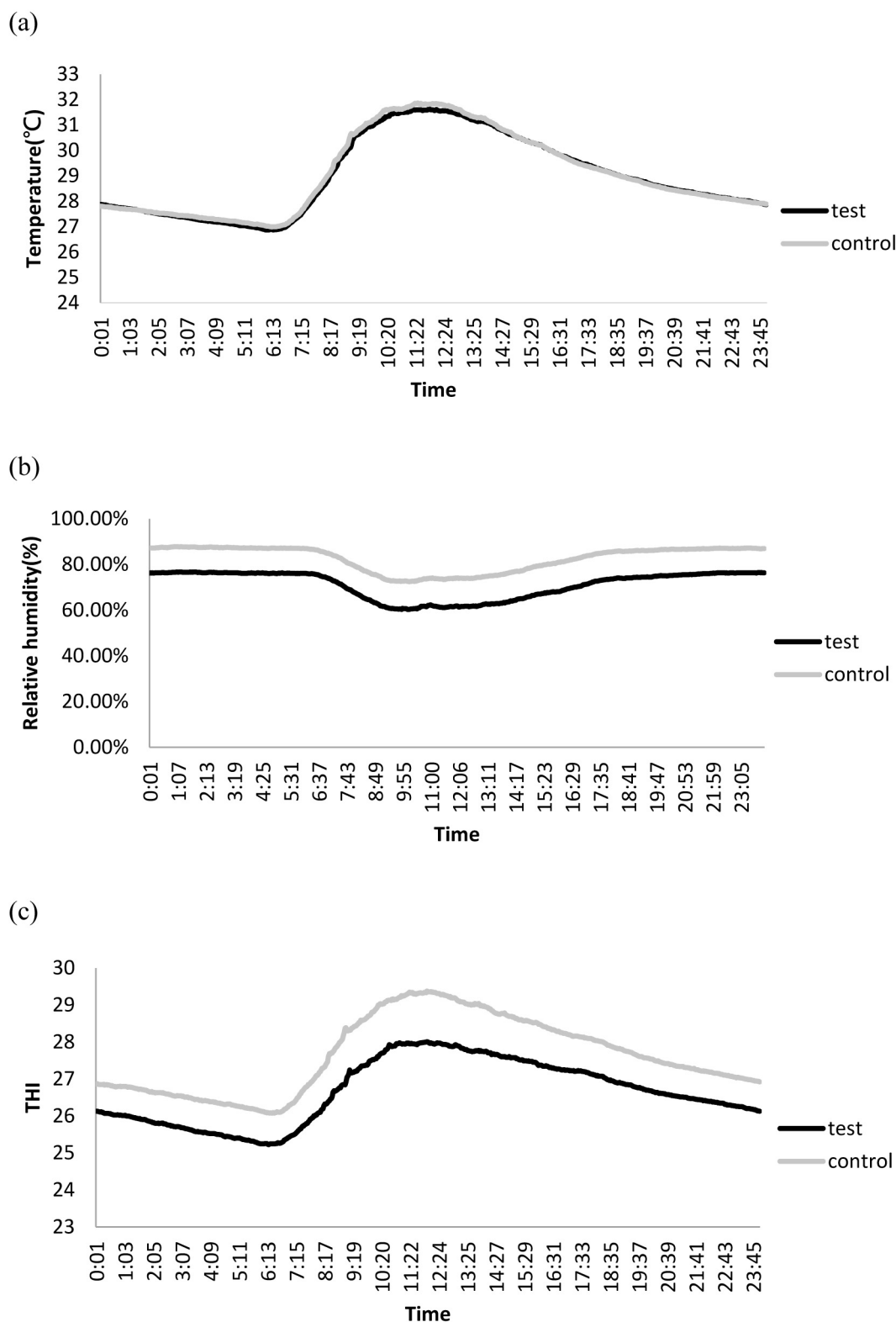


圖 1. 試驗期間保育豬舍 (a) 溫度、(b) 濕度及 (c) THI 之試驗期間一天平均變化。

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

表 2. 風扇試驗組及無風扇對照組保育豬舍內平均溫濕度及平均 THI

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

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

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

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

Data are presented as mean ± SD.

表 3. 試驗組及對照組保育豬舍內 THI 分佈

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

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

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

II. 豬隻生長性能測定

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

III. 豬隻血液生理生化值之測定

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

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

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

表 4. 試驗組及對照組保育豬生長性能

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

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

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

Data are presented as mean ± SD.

表 5. 試驗組及對照組保育豬血液生理指標比較

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

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

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

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

Data are presented as mean ± SD.

表 6. 試驗組及對照組保育豬血液生化指標比較

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

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

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

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

Data are presented as mean ± SD.

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

結 論

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

參考文獻

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

- 吳昇陽、章嘉潔。2019。不同小型豬血液生化值與品種間之差異。畜產研究 52(4)：198-205。
- 鄭俊哲、許致和、黃裕益、雷鵬魁。2002。水簾式豬舍應用於保育豬之研究。畜產研究 35(3)：175-186。
- Abeni, F., L. Calamari, and L. Stefanini. 2007. Metabolic conditions of lactating Friesian cows during the hot season in the Po valley. 1. Blood indicators of heat stress. *Int. J. Biometeorol.* 52: 87-96.
- Aberle, E. D., R. A. Merkel, J. C. Forrest, and C. W. Alliston. 1974. Physiological Responses of Stress Susceptible and Stress Resistant pigs to Heat Stress. *J. Anim. Sci.* 38: 954-959.
- Antonio, C. A. F., A. N. João, and G. S. Roberto. 2008. Environmental temperature and serum cortisol levels in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 45: 136-140.
- Brown-Brand, T. M., H. Li, M. D. Hayes, R. A. Eigenberg, H. Xin, J. P. Stinn, J. A. Nienaber, and T. Shepherd. 2014. Heat and Moisture Production of Modern Swine. *ASHRAE Transactions* 120: 469.
- Chiu, Y. C., P. W. Huang, Y. K. Lin, and M. Y. Chang. 2019. Development of an Environmental Monitoring and Control System for Weaner Pig Houses. *ASABE Annual International Meeting*, Boston, Massachusetts, U.S.
- Cicero, H. O. L., C. Jane, R. Dale, T. Michael, C. Jayaka, and S. Tannecia. 2018. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI)—prospects for a warmer Caribbean. *Reg. Environ. Change.* 18: 2329-2340.
- Dallaire, S., R. Drolet, and D. Brodeur. 1996. Sow mortality associated with high ambient temperatures. *Can. Vet. J.* 37(4): 237-239.
- Gao, Y., Y. Diao, C. Lin, Y. Liu, C. Guo, M. Lei, Y. Tong, and X. Li. 2018. Monitoring and analysis of thermal environment and harmful gases in mechanically ventilated multistory pig buildings. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 34: 239-247.
- Henry, R., O. Michael, W. Dörte, M. Eduard, P. Siriluck, and W. Klaus. 2019. Genetic Contribution to Variation in Blood Calcium, Phosphorus, and Alkaline Phosphatase Activity in Pigs. *Front. Genet.* 10: 590.
- Lambert, G. P. 2008. Intestinal barrier dysfunction, endotoxemia, and gastrointestinal symptoms: the ‘canary in the coal mine’ during exercise heat-stress. *Med. Sci. Sport Sci.* 53: 61-73.
- Marai, I. F. M., A. A. M. Habeeb, and H. E. Gad. 2004. Growth performance traits and the physiological background of young doe rabbits as affected by climatic conditions and lighting regime, under sub-tropical conditions of Egypt. The 8th World Rabbit Congress, Pueblo City, Mexico.
- Mendoza, S. M., R. D. Boyd, P. R. Ferket, and E. van Heugten. 2017. Effects of dietary supplementation of the osmolyte betaine on growing pig performance and serological and hematological indices during thermoneutral and heat-stressed conditions. *J. Anim. Sci.* 95: 5040-5053.
- Mongin, P. 1981. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. *Proc. Nutr. Soc. (Camb.)* 40: 285-294.
- Ohaeri, C. C. and M. C. Eluwa. 2011. Abnormal biochemical and hematological indices in trypanosomiasis as a threat to herd production. *Vet. Parasitol.* 177: 199-202.
- Otten, W., E. Kanitz, B. Puppe, M. Tuchscherer, K. P. Brüssow, G. Nürnberg, and B. Stabenow. 2004. Acute and long term effects of chronic intermittent noise stress on hypothalamic-pituitary-adrenocortical and sympatho-adrenomedullary axis in pigs. *Anim. Sci.* 78: 271-283.
- Pearce, S. C., V. Mani, R. L. Boddicker, J. S. Johnson, T. E. Weber, J. W. Ross, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2012. Heat stress reduces barrier function and alters intestinal metabolism in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 257-259.
- Pearce, S. C., V. Mani, T. E. Weber, R. P. Rhoads, J. F. Patience, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2013. Heat stress and reduced plane of nutrition decreases intestinal integrity and function in pigs. *J. Anim. Sci.* 91: 5183-5193.
- Pearce, S. C., M. V. Sanz-Fernandez, J. H. Hollis, L. H. Baumgard, and N. K. Gabler. 2014. Short-term exposure to heat stress attenuates appetite and intestinal integrity in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 92: 5444-5454.
- Raaij, M. T. M., M. Oortgiesen, H. H. Timmerman, C. J. G. Dobbe, and H. Loveren. 1996. Time-dependent differential changes of immune function in rats exposed to chronic intermittent noise. *Physiol. Behav.* 60: 1527-1533.
- Renaudeau, D., A. Collin, S. Yahav, V. de Babilio, J. L. Gourdine, and R. J. Collier. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animals* 6: 707-728.
- Sarubbi, J., L. A. Rossi, D. J. Moura, R. A. Oliveira, and E. David. 2010. Electrical energy use in different heating systems for weaned piglets. *Eng. Agric.* 30: 1003-1011.
- Sarubbi, J., L. A. Rossi, E. G. Laranjeira, R. A. de Oliveira, and N. M. Velloso. 2008. Power-saving procedures and animal thermal comfort at a growing/finishing swine production unit. *BioEng* 2: 185-192.

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

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

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

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

Abstract

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

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

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

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

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

不同處理對盤固草半乾青貯草中型膠膜包青貯品質之影響⁽¹⁾

王紓愍⁽²⁾⁽³⁾ 游翠凰⁽²⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：111 年 6 月 13 日；接受日期：111 年 11 月 7 日

摘 要

本研究以盤固草為材料，調查不同乾物率、接種及貯放時間對中型膠膜捆包的發酵品質影響。處理包括低乾物率（上午調製—乾物率 40% 以下）及高乾物率（下午調製—乾物率 40% 以上）；對照（不接種）及接種（商業菌劑，*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, 2×10^8 cfu/kg），每種處理 4 個膠膜包，經短時間貯放（2 個月）及長時間貯放（6 個月）後比較其發酵表現。試驗結果顯示，各調查特性在接菌種與否、乾物量高低及貯存時間均存在顯著主效應。除乙酸含量外其餘各特性大多無顯著各別交互效應。接種可提高盤固草半乾青貯之乳酸 / 乙酸比及降低丁酸的發生，在低乾物率與高乾物率條件下，接種處理可以分別將乳酸 / 乙酸比平均值由 2.8 提高至 7.3 及由 5.2 提高至 9.2；丁酸占總酸當量百分比則分別由 6.4% 降至 0.7% 及由 1.4% 降至 0.5%，顯示接種處理可以獲得較佳的保存效果。由貯存時間的比較發現，貯放時間拉長至 6 個月，低乾物率下，對照處理（不接種）之乳酸 / 乙酸比由 4.3 降低至 1.3，丁酸占總酸當量百分比由 3.4% 提高至 9.3%，顯示貯放時間拉長，品質降低，但接種處理可降低不良發酵的程度。由本試驗結果，盤固草刈割後，經短時間萎凋將材料乾物率調整至 35 – 65% 間的發酵品質佳，如考量現場天氣的變動與田間作業彈性也可以直接進行膠膜包調製，但最好能接種乳酸菌，並儘早利用。中型膠膜包的直徑為 90 cm，膠膜包重量為 160 – 200 kg，乾物質量為原本直徑 120 cm 乾草包的 3 – 4 成，對羊、鹿等小型草食動物的利用上更為方便，也減少因採食太少造成的品質劣變與乾物損失。

關鍵詞：盤固草、半乾青貯、青貯品質。

緒 言

青貯發酵與乾燥是保存牧草營養的二大方法，一般而言，乾草調製的乾物損失主要發生在收穫後至乾燥期間，特別是因為淋雨造成的養份流失與反覆乾燥後的品質劣變，影響尤其顯著。相對而言，青貯調製的田間損失較低，可以避免牧草為了等待合適收穫乾燥時期而過度生長（老化），或減少田間作業時間，降低氣候不穩定之風險 (Rotz and Muck, 1994; Ohmomo *et al.*, 2002)，對穩定牧草產業的發展是不可或缺的重要技術。Costa *et al.* (2018) 由母馬的比較試驗表示，發酵 28 天以上的百慕達草品系 Tifton-85 半乾青貯可做為其乾草之替代。

青貯是藉微生物發酵產酸，降低材料的 pH 值以抑制不良微生物的活動，而達到保存的目的。半乾青貯 (haylage) 又名草包青貯 (baled silage, baleage) 是一種介於乾草與青貯之間的調製方法，主要是將氣候條件無法乾燥至乾物率 80% 或以上的牧草打包後包膜或裝袋青貯的保存方式。半乾青貯調製的前半段作業方式與乾草調製相同，之後，等待牧草萎凋至適合的乾物率即打包、封膜、貯存，封膜後的反應變化則與青貯類似，因此調製時需要注意的原則與品質影響因子大致與青貯相似，但半乾青貯的乾物率一般介於 40 – 60% 間，較通常青貯的 25 – 40% 間為高，造成其發酵速度較慢、有氧時期較長、微生物相的反應也不盡相同 (Muck, 2013; Schenck and Müller, 2014)。Müller *et al.* (2007) 表示乾物率 30% 的青貯發酵產酸量顯著高於乾物率 50 – 70% 的半乾青貯，同時菌相表現在不同處理間也有不同。Müller (2009) 的研究發現不同時期收穫的牧草表面菌相具顯著的差異，但未必與青貯發酵品質及開封後穩定性間具有直接關係。Nath *et al.* (2018) 表示，包覆 4 層與 6 層膠膜，對百慕達草品系 Tifton-85 半乾青貯在 30、60、90 天開封時的發酵與菌相表現差異不顯著。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2721 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

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

盤固草是熱帶多年生禾本科牧草，可以適應相對粗放的管理，長年維持生產，其調製以乾草為主，是重要的國產芻料來源，但由於氣候因子的影響，夏季經常無法適期收穫，或因收穫遇雨而品質降低，以致應用潛力受限。因此，本研究探討不同乾物率、接種及貯放時間對盤固草半乾青貯的發酵影響，並評估所引入之中型膠膜機 (Agronic Midi, Finland) 的應用效能。畜產試驗所恆春分所 (以下簡稱恆春分所) 引入的中型膠膜機，為打包、覆膜一貫作業，牧草打包進料時可同時進行噴菌，本試驗中以寬幅 85 cm、直徑 90 cm 的草包大小進行測試，依牧草乾物率不同，膠膜包重量介於 160 – 220 kg 之間，乾物重量約為原本直徑 120 cm 乾草包 (約 280 – 300 kg) 的 3 – 4 成，對於山羊與鹿等小草食動物而言，可減少因採食太少造成的品質劣變與乾物損失，而且草包重量較輕，對羊、鹿等小型草食動物的利用上更為方便。

材料與方法

I. 材料

恆春分所自產盤固草 (品系 A254) 及自行開發菌種 (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*)。

II. 試驗設計

A. 低乾物質接種乳酸菌、B. 低乾物質對照組、C. 高乾物質接種乳酸菌、D. 高乾物質對照組，計 4 種處理，各處理四個草包。

III. 方法

- (i) 半乾青貯調製：試驗進行於 105 年 10 月 18 日，調製作業時間為 1 天。依中央氣象局畜產試驗所測站資料：當日的平均氣溫為 27.5℃，最高氣溫 32.6℃ 出現於上午 11 時，相對濕度 87%。牧草刈割完成後，以中型膠膜機於上午 10:00 – 11:00 間進行低乾物質組的打包及覆膜作業，草包直徑為 90 cm，前 4 顆草包只噴水為對照 (約 20 mL/kg forage，與接種組噴菌的水量相同)，後 4 顆草包則噴菌 (2×10^8 cfu/kg)，其餘材料放置田間，於下午 3:00 – 4:00 間再開始高乾物質組的打包覆膜作業，同樣是 4 顆對照及 4 顆接種，依序進行。盤固草打包前的初始乾物率依作業先後遞增，介於 28 – 67% 間，其平均粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維含量分別為 $7.6 \pm 0.8\%$ 、 $79.1 \pm 2.1\%$ 、 $45.7 \pm 2.1\%$ 。所有草包貯放於草庫，分別於 60 及 180 天開封取樣，各處理各 2 顆，每顆取二個樣品，測定青貯乾物質及相關脂肪酸含量等。
- (ii) 青貯發酵品質：乾物率為 70℃ 下烘乾 48 小時之乾鮮重比。酸鹼值為 10 g 青貯料加水 190 mL，打碎過濾後以酸鹼度計 (Toa pH meter model HM-20S, Japan) 測定之值。乳酸、丁酸及乙酸之測定以氣體層析儀 (Shimadzu GC-2014, Japan) 依 Jones and Kay (1976) 的方法進行。青貯評分 (Flieg's score) 為依青貯料中乳酸、乙酸與丁酸占總酸之當量百分比各自計分後總加，以評估青貯料之發酵品質，評分 40 以下青貯失敗、40 – 60 分為可接受、60 – 80 分為好的青貯、80 分以上為發酵優良的青貯。

IV. 統計分析

試驗結果以 SAS 軟體 (2002) 之 GLM procedure 進行變方分析，採複因子 CRD 模式分析，主效應為乾物率 (上午調製者為低乾物率，下午調製者為高乾物率)、接種及貯存時間 (2 月開封為短時間貯存，6 個月開封為長時間貯存)，各主效應均為固定型，各處理平均值再以最小顯著差異 (least significance difference, LSD) 進行檢定，比較各處理平均值之間是否達差異顯著。

結果與討論

I. 變方分析

本試驗草包的乾物率介於 26 – 65% 間，pH 值介於 3.9 – 5.0 間；發酵產酸以乳酸為主，含量介於 0.79 – 5.54% (DM) 間、其次為乙酸，含量介於 0.15 – 1.97% (DM) 間、丁酸含量介於 0.01 – 0.82% (DM) 間、丙酸含量介於 0 – 0.28% (DM) 間。青貯評分除 180 天開封的低乾物質對照處理 (B) 草包為可接受，其餘都在好至優良之間，大部分屬於優良等級。變方分析結果 (表 1) 顯示，除 pH 值外，乾物率因子對各種發酵產酸及青貯評分均達顯著 ($P < 0.05$) 或極顯著水準 ($P < 0.01$) 差異；乳酸菌接種除總酸含量外，其他表現均為顯著 ($P < 0.05$) 或極顯著水準 ($P < 0.01$)；貯存時間則在乙酸含量上具極顯著差異 ($P < 0.01$)，在丙酸含量、總酸含量及乳酸 / 乙酸比上具顯著差異 ($P < 0.05$)。同時，乾物率與接種、乾物率與貯存時間及接種與貯存時間等因子間在多項青貯發酵指標上

有顯著的交感效應 (表 1)。而所有指標的乾物率、接種與貯存時間三因子交感效應均不顯著。

表 1. 不同處理盤固草半乾青貯發酵品質變方分析之 F 值顯著性測驗

Table 1. F-test of analysis of variance for haylage fermentation quality of pangolagrass ensiled in different treatment

Source of variance	Dry matter content	pH	A	P	B	L	Score	Total VFA	L/A
Dry matter (D)	145.73**	0.94	56.23**	11.16**	4.64*	6.24*	10.36*	18.20**	14.19**
Inoculation (I)	2.97	19.08**	16.66**	12.04	4.95*	7.88*	17.49**	2.65	55.87**
Storage pe-riod (S)	4.84	0.65	34.06**	7.99*	3.39	0.96	4.31	5.72*	9.20*
D × I	0.29	1.63	9.51*	7.28*	3.27	1.57	7.49*	0.11	0.20
I × S	0.03	0.45	10.08*	3.72	2.45	0.06	1.83	1.22	1.61
S × D	0.80	0.05	16.42**	4.23	2.03	0.57	3.37	0.06	6.35*

A: acetic acid, P: propionic acid, B: butyric acid, L: lactic acid, Total VFA: total volatile fatty acids L/A: lactic acid/acetic acid.

*, ** The F-test are significant at 5% and 1%, respectively.

II. 盤固草中型膠膜包貯存 60 天的青貯品質

膠膜包貯存 60 天的青貯品質分析結果如表 2。乾物質含量方面，低乾物質組 (A vs. B) 間無顯著差異，高乾物質組 (C vs. D) 間亦無顯著差異，兩組間則有顯著差異。pH 方面，以 A 處理 3.9 最低，接種乳酸菌處理 (A、C) 皆比對照 (B、D) 低，然各處理間皆無顯著差異。乳酸含量方面，A 處理 4.17% DM 最高，A、B 與 C 處理間無顯著差異，D 處理 1.17% DM 最低，與其餘處理間有顯著差異。乙酸含量方面，以 B 處理 0.62% DM 最高，與 A 處理無顯著差異，與 C 及 D 處理則有顯著差異，C 與 D 處理間則無顯著差異。丙酸含量方面，B 處理 0.06% DM 最高，與 A 及 C 處理有顯著差異。丁酸含量方面，B 處理 0.11% DM 最高，與其餘處理間有顯著差異，然其餘處理間無顯著差異，接種乳酸菌處理 (A、C) 皆比對照低 (B、D)。青貯評分方面，B 處理 80.5 分最低，其餘處理間皆在 90 分以上，然各處理間皆無顯著差異。總和以上結果，乳酸菌添加對於低乾物質處理有明顯效果，而高乾物處理則無明顯效果。

表 2. 不同處理對盤固草中型膠膜包經 60 天貯存後的青貯品值之影響

Table 2. Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes after 60 days of storage

Treatment*	Dry matter content	pH	Score	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid
	%			%DM			
A	37.1 ^b	3.9	96.5	0.47 ^{ab}	0.00 ^b	0.02 ^b	4.17 ^a
B	32.0 ^b	4.6	80.5	0.62 ^a	0.06 ^a	0.11 ^a	2.74 ^{ab}
C	62.4 ^a	4.2	98.0	0.26 ^b	0.00 ^b	0.01 ^b	2.63 ^{ab}
D	60.7 ^a	4.6	90.5	0.26 ^b	0.01 ^{ab}	0.02 ^b	1.17 ^b
LSD	9.4	0.9	18.9	0.22	0.05	0.05	2.61

* A: low dry matter inoculated, B: low dry matter control, C: high dry matter inoculated, D: high dry matter control.

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

III. 盤固草中型膠膜包貯存 180 天的青貯品質

膠膜包貯存 180 天的青貯品質分析結果如表 3。乾物質含量方面，低乾物質組 (A vs. B) 與高乾物質組 (C vs. D) 組內無顯著差異，兩組間則有顯著差異。pH 方面，以 A 處理 3.9 最低，與其餘處理間有顯著差異，其次為 C 處理 4.2，與 B 及 D 處理有顯著差異，添加乳酸菌組皆比對照低組，且有顯著差異。乳酸含量方面，A 處理 4.77% DM 最高，B 處理 2.34% DM 最低，添加乳酸菌組 (A vs. C) 皆比對照組 (B vs. D) 低，然各處理間皆無顯著差異。乙酸含量方面，B 處理最高 1.88% DM 且與其餘處理間有顯著差異，C 處理 0.33% DM 最低，然 C 與 D 間無顯著差異，添加乳酸菌組皆比對照低。丙酸含量方面，B 處理 0.22% DM 最高，與其餘處理間有顯著差異，C 處理 0.01% DM 最低，與 A 及 D 處理間無顯著差異，添加乳酸菌組皆比對照組低。丁酸含量方面，以 B 處理 0.55% DM 最高，C 處理 0.02% DM 最低，添加乳酸菌組皆比對照組低，然各處理間皆無顯著差異。青貯評分方面，

B 處理 51.5 分最低，與其餘處理有顯著差異，其餘處理評分點皆在 90 分以上，處理間無顯著差異。總和以上結果，經 180 天貯存，乳酸菌添加對於低乾物質處理有明顯效果，而高乾物處理則並不明顯。

表 3. 不同處理對盤固草中型膠膜包經 180 天貯存後的青貯品值之影響

Table 3. Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes after 180 days of storage

Treatment*	Dry matter content	pH	Score	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid
	%			----- %DM -----			
A	34.0 ^b	3.9 ^c	93.0 ^a	0.84 ^b	0.03 ^b	0.06	4.77
B	29.6 ^b	4.5 ^a	51.5 ^b	1.88 ^a	0.22 ^a	0.55	2.34
C	57.1 ^a	4.2 ^b	95.5 ^a	0.33 ^c	0.01 ^b	0.02	2.73
D	53.4 ^a	4.4 ^a	91.0 ^a	0.49 ^{bc}	0.03 ^b	0.07	2.72
LSD	14.6	0.16	21.9	0.42	0.13	0.54	2.44

* As shown in table 2.

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

IV. 貯存期間總酸、乳酸 / 乙酸比及丁酸含量占總酸當量百分比變化

貯存期間總酸、乳酸 / 乙酸比及丁酸含量占總酸當量百分比變化如圖 1。總酸方面，於貯存 60 天後，皆以乳酸菌接種處理高於對照，於貯存 180 天後，低乾物質乳酸菌處理組 (A) 比對照 (B) 高，然高乾物質乳酸菌組 (C) 比對照組 (D) 略低。乳酸 / 乙酸比方面，低乾物質 (A) 與高乾物質乳酸菌處理組 (C) 於貯存期間 (60 天與 180 天) 皆比對照組 (B、D) 高，且有顯著差異。丁酸含量占總酸當量方面，低乾物質 (A) 與高乾物質乳酸菌處理組 (C) 於貯存期間 (60 天與 180 天) 皆比對照 (B、D) 低。以上結果顯示，乳酸菌處理，可以提升青貯品質穩定，尤其是低乾物率時更為明顯。

V. 討論

本研究目的為了解乾物率 (影響微生物的水活性)、乳酸菌接種 (提高有益菌相) 與貯存時間 (微生物發酵以及與其他微生物的交互作用的時間長短) 三種重要青貯影響因子對盤固草半乾青貯中型膠膜包發酵品質的影響。表 1 結果，乾物率、接種與貯存時間三主效因子對多數青貯品質指標的影響顯著，同時於不同指標上具顯著因子交感，其中乙酸在所有主效因子及二因子交感上均有顯著差異。王等 (2017; 2020) 分析盤固草 / 苜蓿混植草、燕麥、燕麥 / 苜蓿混植草等不同材料的實驗室規模青貯，同樣發現乾物率及接種兩因子除主效應顯著外，在多項發酵表現上有顯著的交感效應。Rotz and Muck (1994)、Kung (2010) 及 Muck (2011) 均表示青貯是個複雜的發酵過程，發酵品質決定於多項因子的交互作用，牧草狀態、調製條件與菌相的變化是主要的影響因子。

由表 2、表 3 的發酵比較，貯放 60 天開封時，乙酸、丙酸、丁酸及乳酸含量在各處理組間有顯著差異，低乾物質對照處理 (B) 的乙酸、丙酸及丁酸含量分別為 0.62、0.06 及 0.11% (DM)，為各組之冠，乳酸則以低乾物接種處理的 4.17% (DM) 最高，高乾物質對照處理 (D) 的 1.17% (DM) 最低。此結果表示低乾物率處理的微生物活動性高於高乾物率處理者，而接種乳酸菌確實有助於促進乳酸發酵，提高乳酸含量，但 pH 值及青貯評分在各處理間未達顯著差異，應是受對照處理的變異較大影響 (表 2)。貯放時間延長至 180 天開封，低乾物質對照處理 (B) 的乙酸、丙酸、丁酸含量分別提高為 1.88、0.22 及 0.55% (DM)，相對於其他處理，增幅明顯較高，同時，其青貯評分顯著低於其他處理，表示沒有接種的低乾物率盤固草中膠膜包不宜貯放太長時間，可能會發生較高比例的異質乳酸發酵或因 pH 值較高而不容易降低丁酸菌 (*Clostridium butyricum*) 活動，而接種可以顯著提高盤固草中膠膜貯放的品質穩定度 (表 3)。

接種對盤固草半乾青貯的發酵品質具明顯的好處，可提高乳酸 / 乙酸比及降低丁酸發生，在低乾物率與高乾物率條件下，接種可以分別將乳酸 / 乙酸比平均值由 2.8 提高至 7.3 及由 5.2 提高至 9.2；丁酸含量占總酸當量百分比平均值由 6.4% 降至 0.7% 及由 1.4% 降至 0.5% (圖 1)。此結果顯示接種處理異質乳酸發酵的比例可能較低，同時由於接種處理具有高的乳酸含量，可以維持較低的 pH 值，對丁酸菌活動的抑制能力較強，可以獲得較佳的保存效果。由貯存時間的比較發現，貯放時間由 60 天拉長至 180 天，低乾物率下對照處理的乳酸 / 乙酸比由 4.3 降低至 1.3，丁酸含量占總酸當量百分比由 3.4% 提高至 9.3%，顯示貯放時間拉長，可能產生二次發酵，品質降低，但接種處理可降低不良發酵的程度，尤以在低乾物率下的改善更為明顯 (圖 1)。

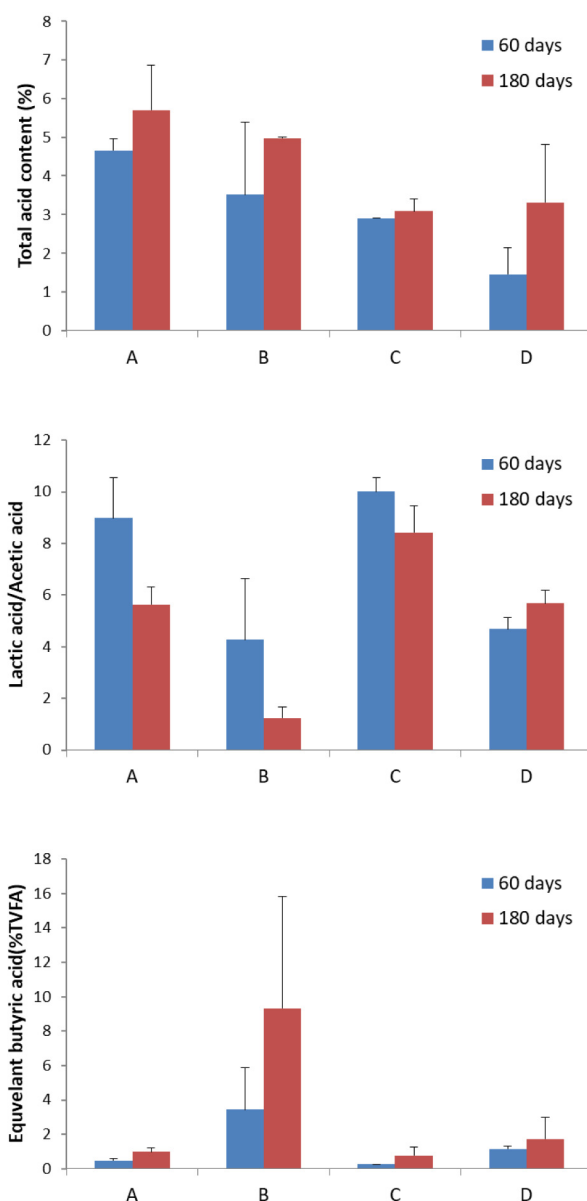


圖 1. 短時間 (60 天) 與長時間 (180 天) 貯存下，不同處理對盤固草中型膠膜半乾青貯草的總酸、乳酸 / 乙酸比及丁酸含量占總酸當量百分比變化。

Fig. 1. Changes of total volatile fatty acid (VFA) content, lactic acid/acetic acid ratios and percentages of equivalent butyric acid in the total VFA of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes stored after short-term (60 days) and long-term (180 days) with different treatments. A: low dry matter inoculated, B: low dry matter control, C: high dry matter inoculated, D: high dry matter control.

Müller *et al.* (2007) 比較不同乾物率的混合禾草青貯料在 2 個月與 14 個月的貯存後，發現 pH、乳酸、乙酸在低乾物率青貯有顯著差異，且乳酸、乙酸含量隨貯存時間拉長而提高，但對乾物率 50%、70% 之半乾青貯僅乙酸含量有增加趨勢但未達顯著水準。王等 (1999) 以生長 40、55 及 70 天刈割的盤固草進行實驗規模青貯試驗時，同樣發現低乾物率下，盤固草青貯的 pH 值偏高，且丁酸含量顯著提升，青貯品值不佳。此可能與盤固草水溶性碳水化合物含量不高，低乾物率下難以產生足量有機酸以抑制丁酸菌活動有關。另，丁酸含量隨貯存時間 (或發酵時間) 延長而增加的現象並不少見，王等 (2012a；2012b；2017；2020) 在高水分玉米 (籽粒)、盤固草 / 苜蓿、燕麥 / 苜蓿及燕麥等的青貯試驗研究中都曾發現，而接種有助於降低發生程度。Soundharajan *et al.* (2017) 的研究則發現，接種乳酸菌有助於高乾物率意大利黑麥草 (Italian ryegrass) 半乾青貯的保存，效益包含確保乳酸菌數提高成為優勢菌種，增加乳酸含量及降低乙酸及丁酸含量。

Jr. Kung *et al.* (2010) 的研究結果，苜蓿刈割攤曬寬度 2.4 – 2.7 m 較 1.2 – 1.5 m 可以減少達到目標乾物率 (44%) 所需時間，同時具較高的水溶性碳水化合物含量，且經 65 天青貯的 pH 值顯著較低，顯示利用調整作業方式加速乾燥對半乾青貯的調製是有利的。

結 論

由本試驗結果，盤固草刈割後以經短時間萎凋將材料乾物率調整至 35 — 65% 間進行半乾青貯調製的發酵品質佳。實際作業時考量機具的作業能力、現場天氣的變動與田間作業彈性，也可以刈割後直接進行膠膜包調製，但在低乾物率的情況下，最好能接種乳酸菌以降低丁酸菌活動的風險，或利用調製型機械作業加快水分散失。在適當的乾物率下，盤固草半乾青貯的發酵品質為中上，然而由於膠膜容易受損，貯存時間愈長受損的可能性提高，因此應儘早利用，特別是在低乾物率的情況下。

參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。1999。盤固草品系 Survenola 與 A254 的青貯品質比較。畜產研究 32：305-312。
- 王紓愍、游翠鳳、劉信宏、陳嘉昇。2012a。成熟度、接種及材料加工對高水分玉米青貯發酵的影響。畜產研究 45：197-208。
- 王紓愍、游翠鳳、陳嘉昇。2012b。不同材料高水分玉米的青貯發酵。畜產研究 45：355-368。
- 王紓愍、游翠鳳、劉信宏、陳嘉昇。2017。接種與萎凋對盤固草 / 苜蓿混植草青貯發酵的影響。畜產研究 50：134-139。
- 王紓愍、游翠鳳、陳嘉昇。2020。乾物率及不同接種處理對燕麥與燕麥 / 苜蓿混植長期青貯品質的影響。畜產研究 53：99-106。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、李璟妤。2018。牧草適口性探討：II. 草種、乾燥度與調製法對山羊適口性的影響。中國畜牧學會會誌 47：197-207。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳。2020。盤固草半乾青貯捆包前淋雨及乾物率對山羊適口性的影響。畜產研究 53(3)：141-148。
- Costa, M. L. L., A. S. C. de Rezende, M. G. Fonseca, J. Lage, P. G. Pimentel, I. Y. Mizubuti, G. P. de Freitas, G. R. Moreira, Â. M. Q. Lana, and E. de O. S. Saliba. 2018. Fermentation pattern of tropical grass haylage and digestibility compared to hay in equine diet. *Semin Cienc Agrar.* 39: 2125-2132.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acid C1-C6 and lactic acid in silage juice. *J. Sci. Food Agric.* 27: 1005-1014.
- Jr. Kung, L., E. C. Stough, E. E. McDonell, R. J. Schmidt, M. W. Hofherr, L. J. Reich, and C. M. Klingerman. 2010. The effect of wide swathing on wilting times and nutritive value of alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.* 93: 1770-1773.
- Muck, R. E. 2011. The art and science of making silage. In: *Proceedings, 2011 Western alfalfa & forage conference*, Las Vegas, NV, USA, 11-13 December, 2011.
- Muck, R. E. 2013. Recent advances in silage microbiology. *Agr. Food Sci.* 22: 3-15.
- Müller, C. E., T. M. Pauly, and P. Udén. 2007. Storage of small bale silage and haylage – influence of storage period on fermentation variables and microbial composition. *Grass Forage Sci.* 62: 274-283.
- Müller, C. E. 2009. Influence of harvest date of primary growth on microbial flora of grass herbages and haylage, and on fermentation and aerobic stability of haylage conserved in laboratory silos. *Grass Forage Sci.* 64: 328-338.
- Nath, C. D., M. A. Neres, K. C. Scheidt, L. dos S. Bersot, S. M. M. Sunahara, J. R. W. Sarto, J. R. Stangarlin, S. D. Gomes, M. J. Sereno, and A. P. Perin. 2018. Characterization of Tifton 85 bermudagrass haylage with different layers of polyethylene film and storage time. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 31: 1197-1204.
- Ohmomo, S., O. Tanaka, H. K. Kitamoto, and Y. Cai. 2002. Silage and microbial performance, old story but new problems. *JARQ* 36: 59-71.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: *Forage quality, evaluation, and utilization*. Eds. Fahey, Jr. G. C., M. Collins, D. R. Mertens and L. E. Moser. American Society of Agronomy, Inc. Madison, p828-868.
- SAS. 2002. SAS version 9.00. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. N.C. USA.
- Schenck, J. and C. E. Müller. 2014. Microbial composition before and after conservation of grass-dominated haylage harvested early, middle, and late in the season. *J. Equine Vet. Sci.* 34: 593-601.
- Soundharrajan, I., D. H. Kim, S. Srisesharam, P. Kuppasamy, H. S. Park, Y. H. Yoon, W. H. Kim, Y. G. Song, and K. C. Choi. 2017. Application of customised bacterial inoculants for grass haylage production and its effectiveness on nutrient composition and fermentation quality of haylage. *3 Biotech.* 7: 321.

Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes ⁽¹⁾

Shu-Min Wang ⁽²⁾⁽³⁾ Tsui-Huang Yu ⁽²⁾ and Chia-Sheng Chen ⁽²⁾

Received: Jun. 13, 2022; Accepted: Nov. 7, 2022

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of dry matter content, inoculation and storage period on the quality of pangolagrass haylage in medium-size baled covered with plastic membranes. Each factor had two levels as follows: low dry matter content (below 40%, haylage processing in the morning) vs. high dry matter content (above 40%, haylage processing in the afternoon); control (no inoculation) vs. inoculation (commercial inoculum, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, 2×10^8 cfu/kg), and short-term storage (within 2 months) vs. long-term storage (6 months and above), for the comparison of fermentation performance. Each treatment processes 4 plastic membranes. The results showed that there was major significant effect regardless of the inoculation, the level of dry matter content, and storage time. There was no significantly individual interaction effect other than the acetic acid content. The inoculation treatment could increase the ratios of lactic acid/acetic acid and reduce the butyric acid contents of pangolagrass haylage. The lactic acid/acetic acid ratios of inoculation treatment increased from 2.8 to 7.3 and from 5.2 to 9.2, and the percentages of equivalent butyric acid in the total volatile fatty acid (VFA) decreased from 6.4% to 0.7% and from 1.4% to 0.5% under low dry matter and high dry matter rates, respectively. The inoculation treatment could achieve better preservation effect. From the comparison of storage period, the results showed that the lactic acid/acetic acid ratios of the control treatment (without inoculation) decreased from 4.3 to 1.3, and the percentages of equivalent butyric acid in the total VFA increased from 3.4% to 9.3% at low dry matter content 6 months after storage, respectively. The results indicated that the fermentation quality was reduced, while the inoculation treatment could reduce the degree of poor fermentation. According to the results, the fermentation quality of pangolagrass haylage in medium-size bale covered with plastic membrane was better when the dry matter content was adjusted to 35 - 65% after a short period of wilting. However, considering the changes of weather and the flexibility of hay processing, the grass could be wrapped directly after cutting. The lactic acid bacteria inoculation was recommended and used as soon as possible. The diameter of the medium-size haylage bale was 90 cm, and the weight of the whole bale was 160 - 200 kg, which was 30 - 40% of the original hay bales with diameter 120 cm. Haylage bales with such size were easier to be operated on small herbivore such as goat or deer farm for less loss on less feeding.

Key words: Pangolagrass, Haylage, Fermentation quality.

(1) Contribution No. 2721 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

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

有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產

III. 地區輪作模式之經濟效益與 SWOT 分析⁽¹⁾

陳勃聿⁽²⁾ 張世融⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：110 年 4 月 28 日；接受日期：111 年 11 月 8 日

摘 要

本試驗報告旨在評估我國各地區芻料作物輪作模式之經濟效益，以及分析國產芻料作物的經營策略。本試驗的芻料作物輪作模式分別為彰化縣福興鄉之 A. 水稻 (*Oryza sativa* L.) – 甜高粱 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) – 早熟型燕麥 (*Avena strigosa* Schreb.)、B. 綠肥大豆 (*Glycine max* L.) – 甜高粱 – 燕麥 (*Avena sativa* L.)；臺南市鹽水區之 C. 甜高粱 – 綠肥大豆 – 青割玉米 (*Zea mays* L.)、D. 綠肥大豆 – 甜高粱 – 燕麥；臺東縣鹿野鄉之 E. 綠肥大豆 – 水稻 – 早熟型燕麥、F. 綠肥大豆 – 甜高粱 – 燕麥。經過 2 年的順利運作及調查研究，6 個輪作模式確實可以應用於各地區施行實作。在平均產值部分，以水稻的每公頃新臺幣 137,529 (NTD/ha) 為最高，燕麥 Swan 的 87,033 NTD/ha 次之，甜高粱的 76,909 NTD/ha 再次之，而燕麥 Saia 的平均產值僅為 45,120 NTD/ha，是所有作物裡產值最低的。在平均總收入部分，以甜高粱 (65,009 NTD/ha) 最高，水稻 (41,328 NTD/ha) 次之，燕麥 Swan (41,033 NTD/ha) 再次之，顯示栽培甜高粱及燕麥是可增加收益的。各模式的全年平均總收入中，除彰化縣福興鄉的模式 B (151,913 NTD/ha) 小於模式 A (152,876 NTD/ha) 外，其它地區皆以專門生產芻料作物的輪作模式 (D 及 F) 較高，顯示生產芻料作物具有較高的經濟效益。另一方面，本報告的分析指出，國產芻料燕麥是具有經濟潛力及市場優勢的，將其納入芻料生產輪作模式加以推廣種植，將有助解決國內冬季缺草問題。

關鍵詞：芻料、生產、經濟、效益。

緒 言

國內草食動物業者對進口乾草的依賴極深，進口乾草量高達 27 萬公噸 (財政部關務署，2019)，在缺乏國產優質牧草的狀況下，國產芻料自給率難以跨過 60% 的門檻。近年由於中東地區及中國大陸乾草進口量快速成長，使得國際乾草貨源緊縮且價格飆高，國內能否自行生產價廉之優質乾草關係到草食動物產業的生存。政府的稻田轉作策略，除「減少稻作面積」的目標外，也考量降低對進口作物依賴，逐步將農地轉作計畫調整為輔導「轉作進口替代」或「重點外銷農產品」等，以提升農產品產值及競爭力。目前大部分的休耕地以復耕水稻為主，其主要原因為水稻種植機械化程度高，且稻米有公糧保價收購而收益較高之誘因，導致農民大量復種水稻，造成稻穀生產過剩與國庫經費支出過鉅等問題。施及呂 (2017) 提出利用水旱田之輪作方式，例如一期水稻與一期青割玉米的輪作，除可避免水稻生產過剩，另一方面也可生產玉米青貯料提供給酪農飼養牛隻，有助於減少酪農對進口芻料的依賴。目前國內尚有數萬公頃休耕地待活化，若能導入優質牧草生產體系，將可提高牧草自給率，發揮進口替代功能，進而降低草食動物生產成本。

吳及連 (2004) 指出，依照地域和氣候條件進行種植，通常可有效提高作物的生產量，改善土地利用效率，增加農家收益。洪等 (1985) 也認為利用不同的轉作及耕作方式，將有效改善稻田耕作制度，且較好的生產模式將可提高農民所得。曾等 (1986) 研究發現，一期水稻 – 夏作綠肥 – 秋作玉米及一期早熟稻 – 夏作甜瓜 – 秋作玉米等 2 種耕作方式之淨收益高，值得推薦給農民採用。不過，由於轉作牽涉到農民的收益，轉作作物之收益不低於水稻才能被農民接受 (許及邱，1984)。詹等 (2012) 以不同耕作模式進行效益評估，其在雲嘉南地區設定之水旱田輪作模式為春作種植水稻，夏作種植大豆，秋作種植飼料玉米，此耕作模式每公頃全年淨收益較雙期作種植水稻增加 42%；若

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2722 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

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

春作種植毛豆，夏作種植綠肥田菁，秋作種植甜玉米的耕作模式，則每公頃全年淨收益較雙期作種植水稻增加 36%。由此可知，合適的生產模式將更有效利用土地資源，改善農業生產結構，提高農民收益。

陳及張 (2021) 為評估具有生產潛力的短期芻料作物及其輪作生產模式，在彰化縣、臺南市及臺東縣等 3 個地區夏季種植甜高粱 (*Sorghum bicolor* (L) Moench)，冬季種植燕麥 (*Avena sativa* L.)，結果顯示，甜高粱具耐逆境特性，適合多颱風災害的夏季生產；燕麥在臺灣冬季的芻料產能與營養價值高，適合生產冬季牧草。臺灣的主要酪農區位於彰化縣、雲林縣、臺南市、屏東縣及東部地區，因各酪農區的氣候特性不同，所以各地區的芻料需求、牧草種類、栽培技術及產業型態也不盡相同，而適合各地區的芻料作物輪作生產模式也有所差別 (陳及張，2021)。本研究擬以彰化縣福興鄉、臺南市鹽水區及臺東縣鹿野鄉等 3 個地區的芻料作物輪作生產模式進行經濟效益評估，並探討國產芻料燕麥的優劣勢及經營策略，以供農民種植及政府施政之參考。

材料與方法

I. 各地區輪作模式

本試驗分別在彰化縣福興鄉、臺南市鹽水區及臺東縣鹿野鄉等三個地區進行。各地區芻料作物輪作生產模式參考陳及張 (2021) 建議，詳列於表 1。各模式各期作栽培作業時間與氣象資料詳列於表 2 及圖 1。各地區輪作生產模式的第 1 年度期間為 2017 年 7 月至 2018 年 6 月，第 2 年度為 2018 年 7 月至 2019 年 6 月。

表 1. 臺灣三地區的芻料作物輪作模式

Table 1. The different modes of crop rotation for forage production in different locations in Taiwan

Location	Crop rotation mode	Growing period (days)			
		Spring	Fall	Winter	Total
Changhua	A. Rice-Sweet sorghum-Oat 'Saia'	120	90	75	285
	B. Soybean-Sweet sorghum-Oat 'Swan'	80	90	120	290
Tainan	C. Sweet sorghum-Soybean-Forage corn	90	80	120	290
	D. Soybean-Sweet sorghum-Oat 'Swan'	80	90	120	290
Taitung	E. Soybean-Rice-Oat 'Saia'	80	120	75	275
	F. Soybean-Sweet sorghum-Oat 'Swan'	80	90	120	290

II. 試驗材料

本試驗的品種 (系) 分別為甜高粱臺畜 1 號，早熟燕麥 (*Avena strigosa* Schreb.) Saia、燕麥 Swan，綠肥大豆臺南 4 號，福興鄉第 1 年種植的水稻品種為臺中 194 號、第 2 年為臺中秈糯 2 號，鹿野鄉種植的水稻品種 2 年皆為臺東 33 號，鹽水區種植的青割玉米品種為明豐 3 號。水稻及青割玉米由農民自行選擇品種、種植方式及收穫時間。燕麥種子購自明豐種苗行，綠肥大豆種子則購自臺南市麻豆區雜糧產銷班，甜高粱為自行留種。

III. 試驗方法

田間設計：三地區每模式的試驗面積皆為 1,000 m²。播種方式及播種量分別為：燕麥 (撒播，種子量 120 kg/ha)，甜高粱 (條播，行距 75 cm，株距 10 cm)，綠肥大豆 (撒播，種子量 25 kg/ha)。每期作施肥量分別為 N：120 kg/ha、P₂O₅：30 kg/ha、K₂O：60 kg/ha，而綠肥大豆種植時不施肥。

試驗調查：燕麥分為 8 區 (視為 8 重複)，每區取樣 1 m²，早熟燕麥 Saia 於種植 75 日後取樣調查，晚熟燕麥 Swan 則為 120 日。甜高粱分為 4 區 (視為 4 重複)，每區取樣 3.75 m²，於種植後 90 日調查。以作物利用方式進行產量調查，甜高粱及青割玉米調查全株鮮重，而燕麥調查全株乾重，水稻則調查穀重，綠肥大豆只種植不調查。

IV. 作物售價

作物售價：參考農業統計年報 (2018)、財團法人中央畜產會及市場價格 (臺灣糖業公司，簡稱臺糖) 等資料。水稻以 2018 年一期梗稻的粗收益 / 樣本平均產量，計算每 kg 穀價為 22.2 元新臺幣 (New Taiwan Dollar, NTD)，青割玉米與甜高粱鮮草皆以 1.5 NTD/kg 計價，而燕麥乾草價格則比照臺糖售價定為 10 NTD/kg。

表 2. 各地區芻料作物輪作模式之栽培作業時間表 (2017 年 7 月至 2019 年 6 月)

Table 2. The cultivation schedules of various rotation production modes at different locations from July 2017 to June 2019

Model	2017												2018												2019											
	Year												Year												Year											
	Month	7 ¹	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6											
E ² L E L																																				
A ³			sweet sorghum				oat 'Saia'					rice				sweet sorghum			oat 'Saia'					rice												
B			sweet sorghum				oat 'Swan'					soybean				sweet sorghum			oat 'Swan'					soybean												
C			soybean				forage corn						sweet sorghum			soybean			forage corn					sweet sorghum												
D			sweet sorghum				oat 'Swan'					soybean				sweet sorghum			oat 'Swan'					soybean												
E			rice				oat 'Saia'					soybean				rice			oat 'Saia'					soybean												
F			sweet sorghum				oat 'Swan'					soybean				sweet sorghum			oat 'Swan'					soybean												

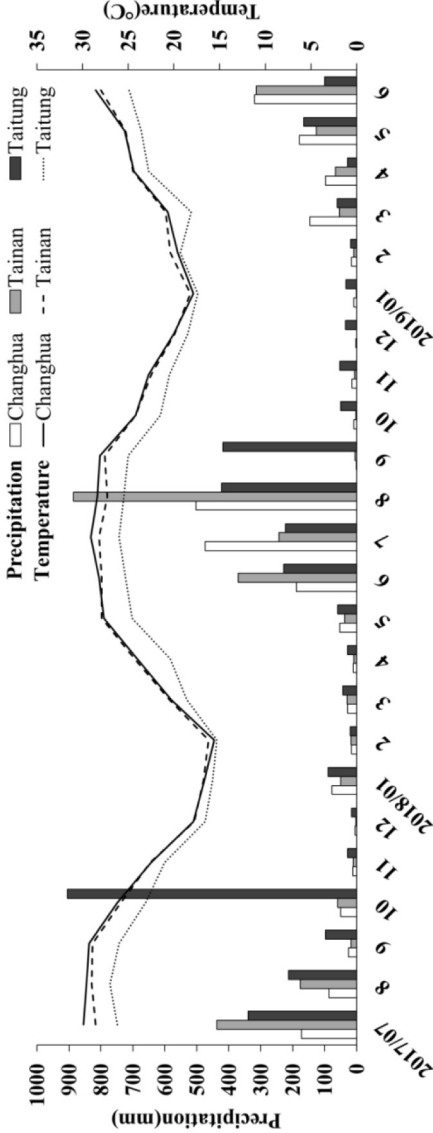


圖 1. 2017 年 7 月至 2019 年 6 月各地區的月平均溫度與月雨量圖。
Fig. 1. Monthly averaged temperatures and total precipitation at different locations from July 2017 to June 2019.

V. 政府補助金 (Subvention) 及收益計算方式

依據行政院農業委員會農糧署「對地綠色環境給付計畫」(農糧署, 2018) 規定, 每 1 年補助 2 期作, 轉作牧草的補助金為 35,000 NTD/ha, 而休耕種植綠肥作物則為 45,000 NTD/ha。模式 C 的 3 種作物皆符合補助規定, 而模式 A 及 E 的主作物 (水稻) 皆無額外補助, 故以甜高粱及綠肥大豆作為領取補助金之作物。

產值 (Value of output) = 產量 × 售價

淨收益 (Net income) = 產值 - 生產成本

總收入 (Total income) = 淨收益 + 政府補助金

VI. 經營策略分析

利用 SWOT 分析 (SWOT analysis) 歸納國內芻料作物燕麥的優勢 (strengths, S) 與劣勢 (weaknesses, W) 因素, 及探查國外進口影響的機會 (opportunities, O) 和威脅 (threats, T) 因素, 經綜合評估後提出未來經營策略。

VII. 統計分析

本試驗在三個地區進行兩個年度的評估, 為探討不同處理 (輪作模式在不同地區於二個年度下) 之表現進行合併地區的綜合變方分析 (combined analysis of variance), 地區及處理均為固定型效應, 年度則視為隨機型效應。試驗資料以 SAS-EG7.1 統計軟體進行統計分析, 若分析結果達顯著差異, 再以最小顯著差異性 (least significant difference test, LSD) 測驗比較處理組間的差異, 以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準。

結果與討論

I. 芻料作物輪作模式之運作評估

本試驗於 2017 年 7 月至 2019 年 6 月在彰化縣、臺南市及臺東縣進行 2 年共 6 期作的種植、收穫工作, 栽培作業時間詳列於表 2。彰化縣福興地區的輪作模式在第 1 年度運作順遂, 然第 2 年度 (2018) 的 7、8 月份因連續下雨關係 (圖 1), 使得土地泥濘而無法翻耕, 導致甜高粱 (模式 A 及 B) 延後至 9 月 3 日才可種植, 較第 1 年延遲 27 日, 因此收穫期延至 12 月 1 日。甜高粱的延後使得燕麥 Saia (模式 A) 種植日期延至 12 月 10 日, 而在 2019 年 2 月 22 日收穫。第 2 年度的水稻 (模式 A) 種植時間為 3 月 25 日 (7 月 3 日收穫), 與燕麥 Saia 收穫日期相距 31 日, 故甜高粱的延後種植對模式運作影響程度不大。而第 2 年度的燕麥 Swan (模式 B) 在 2018 年 12 月 10 日種植, 於 2019 年 4 月 8 日收穫, 而後續的綠肥大豆則於 4 月 24 日種植。因為綠肥大豆屬於綠肥作物, 不以收穫為目的, 故無種植期程的壓力。

在臺南市鹽水地區第 1 年度的受到 3、4 月份 (2018) 連續乾旱的影響 (圖 1), 導致春作 4 月下旬種植的甜高粱 (模式 C) 生長不佳, 於 5 月 22 日重新種植, 在 8 月 17 日收穫 (表 2)。而接續的綠肥大豆於 8 月 22 日 (第 2 年度) 種植, 10 月 31 日翻犁, 致使第 2 年度的青割玉米延後至 11 月 2 日才種植, 比第 1 年度延遲 25 日。雖然青割玉米的種植日期與原訂日期稍有延遲, 但還在適合的種植時間之內。臺南市鹽水地區的輪作生產模式 D 及臺東縣鹿野地區的 E、F 模式, 皆在 2 個年度之間的運作順遂, 並無延遲的情況發生。

洪等 (1985) 指出作物生產時會受氣候、整地、收穫及調製等因素影響, 前期作物播種期的延遲, 不但影響該期作物的生長, 同時亦影響下期作物的栽培時期與發育。許及邱 (1984) 研究結果顯示, 降雨時間會影響雜糧作物的最適種植時間, 並且導致作物產量降低。由試驗結果得知, 各作物的預訂種植時程雖會受到氣候影響而延遲, 但由於各模式於期作之間所預留的準備日數, 可有效降低氣候因素的干擾, 而不至於影響到輪作模式的運作, 在陳及張 (2021) 的研究亦指出相似的結論。歸納而論, 皆說明本研究所設計的輪作模式確實可以實際應用於各地區。

II. 輪作模式之收益分析

圖 2 為各作物於 2 年的平均產值及總收入。在平均產值部分以水稻的 137,529 NTD/ha 最高, 燕麥 Swan 的 87,033 NTD/ha 次之, 甜高粱的 76,909 NTD/ha 再次之, 而燕麥 Saia 的平均產值僅為 45,120 NTD/ha, 低於青割玉米的 45,533 NTD/ha, 是所有作物裡產值最低的。此結果與前人研究有相同的表現, 都是以水稻的產值較其他作物為高 (曾等, 1986; 詹等, 2012)。而在各作物平均總收入部分, 以甜高粱 (65,009 NTD/ha) 最高, 水稻 (41,328 NTD/ha) 次之, 燕麥 Swan (41,033 NTD/ha) 再次之, 僅青割玉米及燕麥 Saia 為負值 (分別為 -5,268 NTD/ha 及 -1,760 NTD/ha)。本研究將政府補助金歸於甜高粱及綠肥大豆, 因此使青割玉米之平均總收入為各作物裡最低的, 而若是將政府補助金歸於青割玉米, 則其總收入將轉正但仍低於燕麥 Swan。石 (2017) 指出, 若無政府的保價收購及

轉作獎勵金支撐，種植玉米的收益將與水稻相差甚多，且玉米遇乾旱常收穫量驟減，收穫的錢付完租金已所剩無幾，若無轉作獎勵金，則農民的栽種意願不高。

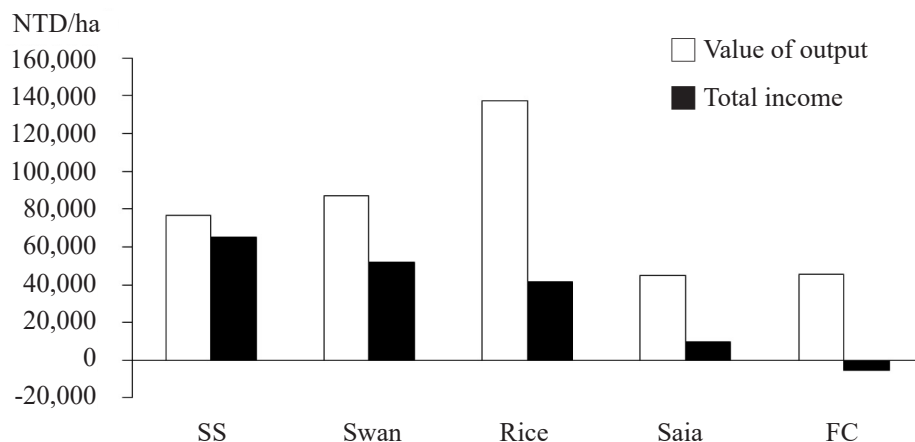


圖 2. 2017/07 – 2019/06 各作物的平均產值與總收入。

Fig. 2. The averaged values of output and total incomes for different crops in different years (2017/07-2019/06). The data were from Table 3. Crops: SS: Sweet sorghum; SB: Soybean; FC: Forage corn; Swan and Saia are oat varieties.

在各模式各作物的平均產值部分 (表 3)，以水稻 (模式 A 及 E 分別為 171,828 及 103,230 NTD/ha) 顯著高於其他作物 ($P < 0.05$)；燕麥 Swan 於模式 D、B 及 F 的平均產值依序分別為 92,910、89,480、78,710 NTD/ha，僅低於水稻的產值；甜高粱平均產值介於 44,684 – 91,254 NTD/ha，高於模式 C 青割玉米的 (45,533 NTD/ha)；在模式 E 中的燕麥 Saia 的平均產值為 39,750 NTD/ha，是各模式中所有作物裡產值最低的。此結果與詹等 (2012) 相同，都是以春作水稻的產值最高。

在各模式各作物的平均總收入部分 (表 3)，以模式 C 的甜高粱 (79,354 NTD/ha) 與模式 A 的水稻 (75,627 NTD/ha)、模式 B 之甜高粱 (74,433 NTD/ha)，以及模式 A 的甜高粱 (72,759 NTD/ha) 顯著最高 ($P < 0.05$)；模式 D 之甜高粱的平均總收入 (65,716 NTD/ha) 次之；模式 D、B 及 F 之燕麥 Swan 的平均總收入再次之 (分別為 46,910 NTD/ha、43,480 NTD/ha 及 32,710 NTD/ha)。在模式 B、C、D、E 及 F 的綠肥大豆之總收入皆為 34,000 NTD/ha，高於模式 B 之燕麥 Saia (4,590 NTD/ha)、模式 E 之水稻 (7,029 NTD/ha) 及模式 F 之甜高粱 (32,784 NTD/ha)；所有作物裡僅模式 C 之青割玉米 (-5,268 NTD/ha) 及模式 E 之燕麥 Saia (-6,250 NTD/ha) 的總收入為負值。2018 年模式 C 在青割玉米的種植期間曾遭遇乾旱，因而導致產量由 2017 年的 37,990 kg/ha 大幅下降至 22,720 kg/ha (數據未呈現於報告)，大幅低於當年國內青割玉米的平均產量 (46,397 kg/ha) (行政院農業委員會，2018)，以至於造成模式 C 之青割玉米的總收入低於生產成本。

石 (2017) 指出儘管政府鼓勵種植其他替代性作物取代水稻，但在種植水稻獲利穩定及利潤佳的情況下，要農民轉作其他作物在推行上仍有其困難度。因此，本研究將模式 A 之水稻的總收入指數定為 100% 作為對照，進行所有模式各作物的總收入指數之比較 (表 3)。模式 C 甜高粱的總收入指數是 105%，為各模式各作物裡最高的。除甜高粱模式 F 的指數 (43%) 偏低外，其餘的指數範圍介於 87 – 98%，相當接近水稻的總收入。此外，燕麥 Swan 的總收入指數雖在 43 – 62% 之間，但若將政府補助金併入合計，則燕麥 Swan 的總收入將不亞於甜高粱及水稻。詹等 (2012) 研究結果顯示，各作物之總收入以春作水稻最高，而飼料玉米及青割玉米因為有政府的契作收購及轉作補貼，二者的總收入接近春作水稻。石 (2017) 指出，若無政府的保價收購及轉作獎勵金支撐，種植硬質玉米的收益與水稻相差甚多，如果承租的田地可以種植水稻，絕不會種植硬質玉米。由此可知，政府的補助款確實是影響作物總收入高低及農民轉作意願的一項重要因素。水稻有政府的保價收購使其產值是所有作物裡最高的，而甜高粱及燕麥並無此機制，完全依據市場價格進行交易。因甜高粱及燕麥的產量高使得產值也高，若有政府計畫支持，其總收入將有機會超越水稻 (模式 C 甜高粱)。

表 4 為主要作物輪作模式 (A、C、E) 與芻料作物輪作模式 (B、D、F) 的全年平均總收入。除彰化縣福興鄉模式 B 的總收入 (151,913 NTD/ha) 小於模式 A (152,876 NTD/ha) 之外，其它地區皆以芻料作物輪作模式有較高的總收入。模式 D 的總收入指數為 136%，而模式 F 更高達 286%，雖然模式 B 的指數 (99%) 低於模式 A (100%)，但二者已相差無幾，顯示專門生產芻料作物的輪作模式會有較高的獲利。詹等 (2012) 曾考量國內糧食自給率及氣候異常缺水環境下，提出「水稻－田菁－飼料玉米」及「綠肥大豆－青割玉米」兩個輪作制度予

農民參考應用，顯示種植芻料作物除具有經濟效益外，亦具有節水效果。綜合上述，甜高粱的收益高，納入主作物輪作栽培模式中可增加農民收益，而專門生產芻料作物的輪作模式因經濟效益高而具有發展前景。

表 3. 2017/07 – 2019/06 不同輪作模式下各期作的作物平均產量、收益及生產成本

Table 3. The averaged yields, income and production costs of crops for different modes in different years (2017/7-2019/6)

Mode and crop (period)	Yield ¹	Value of output	Production cost ²	Net income	Subsidy	Total income	Index ³
	kg/ha	----- NTD/ha -----		----- NTD/ha -----		----- % -----	
A ⁴ . Rice (Spring)	7,740	171,828 ^a	96,201	75,627	0	75,627 ^{ab}	100
A. Sweet sorghum (Fall)	56,439	84,659 ^{cd}	46,900	37,759	35,000	72,759 ^{ab}	96
A. Oat 'Saia'(inter)	5,049	50,490 ^e	46,000	4,490	0	4,490 ^e	6
B. Soybean (Spring)	—	0	11,000	-11,000	45,000	34,000 ^{cd}	45
B. Sweet sorghum (Fall)	57,555	86,333 ^{cd}	46,900	39,433	35,000	74,433 ^{ab}	98
B. Oat 'Swan' (Winter)	8,948	89,480 ^{bcd}	46,000	43,480	0	43,480 ^{cd}	57
C. Sweet sorghum (Spring)	60,836	91,254 ^{bcd}	46,900	44,354	35,000	79,354 ^a	105
C. Soybean (Fall)	—	0	11,000	-11,000	45,000	34,000 ^{cd}	45
C. Forage corn (Winter)	30,355	45,533 ^e	50,800	-5,268	0	-5,268 ^f	0
D. Soybean (Spring)	—	0	11,000	-11,000	45,000	34,000 ^{cd}	45
D. Sweet sorghum (Fall)	51,744	77,616 ^d	46,900	30,716	35,000	65,716 ^b	87
D. Oat 'Swan' (Winter)	9,291	92,910 ^{bc}	46,000	46,910	0	46,910 ^{cd}	62
E. Soybean (Spring)	—	0	11,000	-11,000	45,000	34,000 ^{cd}	45
E. Rice (Fall)	4,650	103,230 ^b	96,201	7,029	0	7,029 ^e	9
E. Oat 'Saia' (Winter)	3,975	39,750 ^e	46,000	-6,250	0	-6,250 ^f	0
F. Soybean (Spring)	—	0	11,000	-11,000	45,000	34,000 ^{cd}	45
F. Sweet sorghum (Fall)	29,789	44,684 ^e	46,900	-2,217	35,000	32,784 ^d	43
F. Oat 'Swan' (Winter)	7,871	78,710 ^{cd}	46,000	32,710	0	32,710 ^d	43

a, b, c, d, e, f Means with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

¹ Rice was paddy; sweet sorghum and forage corn were fresh weights; oat was hay; soybean was green manure.

² From table 5.

³ Total income of spring rice (A) was set to be 100%.

⁴ Different forage cropping systems at different locations, as shown in Table 1.

表 4. 2017/07 – 2019/06 不同輪作模式的平均總收入

Table 4. The averaged total incomes of different rotation modes in different years (2017/7-2019/6)

Location	Mode	Total income ¹				Index ³
		Spring ²	Fall	Winter	Total	
		----- NTD/ha -----				
Changhua	A ⁴	75,627	72,759	4,490	152,876	100
	B	34,000	74,433	43,480	151,913	99
Tainan	C	79,354	34,000	-5,268	108,087	100
	D	34,000	65,716	46,910	146,626	136
Taitung	E	34,000	7,029	-6,250	34,729	100
	F	34,000	32,784	32,710	99,494	286

¹ From Table 3.

² Planting period.

³ Total incomes of mode A、C、E were set to be 100%.

⁴ Different forage cropping systems at different locations as shown in Table 1.

III. 作物生產成本分析

本報告參考農業統計年報 (2018) 及市場價格，進行各輪作模式中各作物的生產成本分析，詳列於表 5。各作物以水稻的生產成本最高，高達 96,201 NTD/ha，青割玉米的 50,800 NTD/ha 次之，而甜高粱生產成本為 46,900 NTD/ha，與青割玉米的成本相近，因兩者所使用到的機械及管理方式相同，生產成本主要差異在於種子費的高低。燕麥的生產成本為 46,000 NTD/ha，主要是進口種子費用太高，佔總生產成本的 26%。綠肥大豆的生產成本為 11,000 NTD/ha，是所有作物中最低的。各作物成本與管等 (2012) 相近，因此種植甜高粱、青割玉米及燕麥的費用僅約水稻的 50%，有助於大幅降低經營成本與風險。現今農民從事農業生產活動通常以省工、省時、省力為最大考量，雖然政府利用保證價格收購或直接補貼方式鼓勵稻田轉作，不過稻農卻不願意改種其他機械化程度不若水稻之作物 (許及邱，1984)。石 (2017) 指出，種植雜糧類作物例如小麥、花生、大豆、胡麻、甘藷等，收益雖較高，但因為機械化程度不足，種植過程較為費工，在人力極度缺乏的農村，即使有利可圖，要擴大面積仍屬不易。目前除了水稻及硬質玉米機械化程度較為普及外，其他作物別仍侷限於機械化不足、人力短缺的困境中，進而影響了臺灣農業的產業結構。本試驗納入評估的甜高粱、青割玉米及燕麥等芻料作物，其機械費佔總生產成本的比例高 (分別為 77%、71% 及 48%)，而人力成本非常低，顯示能利用大量機械進行生產的芻料作物符合現今農民生產需求。

表 5. 各作物的生產成本

Table 5. Production costs of different crops

Crop	Seed or seeding	Fertilizer	Pesticide	Labor	Mechanization	Total cost
----- NTD/ha/period -----						
Rice	10,328	12,618	10,007	11,330	51,918	96,201
Sweet sorghum	900	8,000	0	2,000	36,000	46,900
Forage corn	4,800	8,000	0	2,000	36,000	50,800
Oat hay	12,000	8,000	0	4,000	22,000	46,000
Soybean	4,000	0	0	1,000	6,000	11,000

Production cost of rice was from 2018 agricultural statistics yearbook. The other crops were estimated by this research.

甜高粱及燕麥 Swan 的平均產值分別為 76,909 及 87,033 NTD/ha，皆大於其生產成本 (圖 2)。而各模式各作物的平均淨收益，僅模式 C 的青割玉米 (-5,268 NTD/ha)、模式 E 的燕麥 'Saia' (-6,250 NTD/ha) 及模式 F 的甜高粱 (-2,217 NTD/ha) 呈現虧損 (表 3)，其餘皆有盈餘 (種植綠肥大豆不以生產為目的，其平均淨收益雖然是負值，但不作虧損討論)。政府自 2009 年起調整計畫，提高契作硬質玉米、青割玉米及其它牧草等給付，鼓勵農民種植飼料作物或芻料作物，以替代進口 (林等，2013)。此政策成果非常顯著，國內青割玉米的種植面積由 2010 年的 5,154 ha 增加至 2018 年的 7,959 ha，成長 54.4%，而硬質玉米的種植面積更由 7,154 ha 擴大至 14,562 ha，提高 1 倍以上 (農業統計年報，2018)。許及邱 (1984) 指出，水稻轉作其他作物牽涉到農民的收入問題，轉作的作物之收益必須不低於水稻，農民才可能接受轉作的建議。施及呂 (2017) 更指出，公糧保價收購政策是農民選擇種植水稻的主要因素。因此，政府若將經費用於補貼具有市場競爭力且無滯銷問題的芻料作物，減少其與水稻的收益差距，將更能提高農民生產芻料作物的意願。

IV. 國產芻料燕麥生產之 SWOT 分析

根據財政部關務署海關進出口統計資料 (圖 3)，國內進口牧草的數量逐年增加，由 2008 年的 161,255 ton 增加至 2019 年的 272,719 ton，增加 69%。而進口牧草的平均價格由 3.41 NTD/kg 漲至 9.21 NTD/kg，漲幅高達 270%。因此，進口金額由 549,883,174 NTD 增長至 2,511,558,000 NTD，增加幅度更高達 357%。近年由於中國的富裕階層擴大，對乳製品及肉製品的需求呈現大幅增長之勢 (廖，2008)，因此畜牧業的飼養數大幅增加，導致穀物、牧草進口量也隨著大幅增長。所以，臺灣除了必須與中國爭搶國際牧草供應量的配額之外，貿易商尚必須與中國業者進行價格競爭，才能確保國內牧草進口數量不致短缺。國內進口牧草主要的生產國家為美國及澳洲 2 國，而最主要的進口項目為百慕達草 (*Cynodon dactylon* L. Pers.) 乾草、苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 乾草及燕麥乾草 (財政部關務署)。百慕達草為多年生禾本科牧草，以生產乾草為主，在國內主要的競爭草種為盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.)。苜蓿乾草為優質的豆科芻料，因臺灣高溫多雨的環境，不適合其生產，故國內所需苜蓿乾草必須仰賴進口。由於上述的百慕達草及苜蓿此二者，其一為國內亦有種植生產的多年生牧草，另一種

則是國內無法生產取代的豆科牧草。再者，國內並無進口青貯料作為芻料飼糧。陳及張 (2021) 試驗結果顯示燕麥 *saia* 及燕麥 *swan* 的平均乾物產量顯著高於小麥 (*Triticum aestivum* L.)，故臺灣冬季芻料作物以燕麥較為合適，而陳及張 (2022) 更將其納入輪作生產模式中進行產量及品質評估，故本研究將就國產燕麥乾草作為進口芻料替代選項的經營策略加以探討分析。

本報告利用 SWOT 分析法評估國內芻料燕麥的生產現況，找出國產芻料燕麥之於進口牧草的優勢與劣勢項目，並針對進口牧草對於國產芻料燕麥的威脅，以及國產芻料燕麥生產的機會，經綜合評估後擬定未來經營策略 (表 6)。芻料燕麥是高品質及適口性佳的單年生牧草，經過數年來於國內各地區試種後，發現臺灣的冬季非常適合芻料燕麥的生產 (陳及張，2021)。目前國內並無大面積生產芻料燕麥，故每年皆須進口大量燕麥乾草使用，然而進口燕麥乾草的市場價格平均高達 12.57 NTD/kg (中央畜產會)，比本研究的採計的 10 NTD/kg (臺糖公司售價) 高出 25.7%，因此國產燕麥乾草在價格上是具有競爭力的。盤固草為臺灣最主要的乾草來源，然而其為熱帶牧草在低溫環境生長緩慢，導致國內冬季普遍缺少可利用的芻料乾草 (施及李，2020)，也因此優質國產牧草並不存在滯銷問題。酪農對於牧草的要求除價格及品質的考量外，最重要的就是穩定供應，因為更改營養配方將牽涉乳量的穩定生產。所以，國內單年生乾草遭遇最大的問題就是單一牧草的產量不足、供應不穩。而進口乾草能穩定供應，且品質優良、適口性佳，導致國內酪農戶對進口乾草得仰賴甚深。然而國際牧草價格逐年高漲，大幅增加酪農戶生產成本，且近年受疫情、貿易戰等突發性國際事件影響，引起貨物運輸問題，最後可能引發國內乾草斷貨或價格大漲等危機。

綜合上述分析，芻料燕麥在臺灣是具有生產潛力及市場優勢的，將其納入「對地綠色環境給付」或「小地主大專業農」等政府輔導計畫，可提升農民種植意願及增加栽培面積以穩定生產，另透過政策支持輔導建立區域農機代耕隊及芻料供應中心以穩定供應，形成產銷供應鏈將有利於芻料燕麥產業的建立，以降低國內酪農戶的糧食危機。

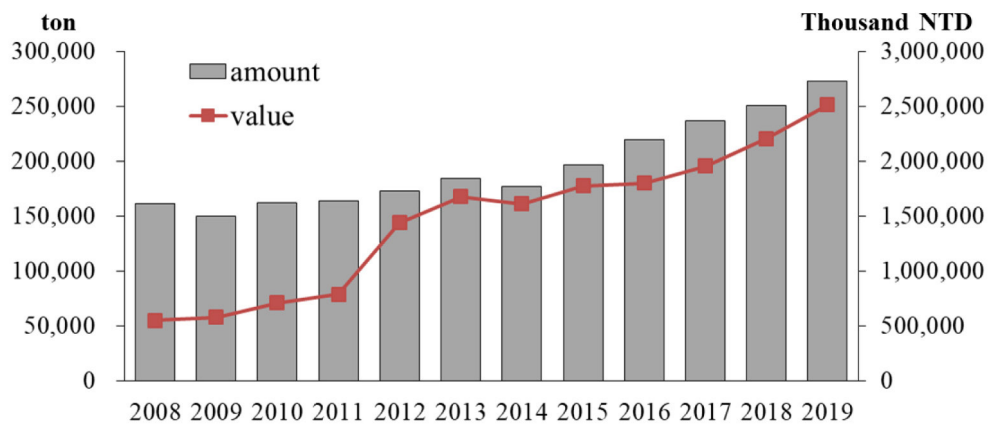


圖 3. 2008 — 2019 年牧草進口量及金額 (資料來源：財政部關務署)。

Fig 3. Forage import volumes and amounts from 2008 to 2019.
The data from the customs administration.

表 6. 國產芻料燕麥生產之 SWOT 分析

Table 6. SWOT analysis of forage oat production in Taiwan

優勢 Advantage	劣勢 Disadvantage
<ol style="list-style-type: none"> 1. 冬季環境適合種植 It is suitable for planting in winter. 2. 單位面積產量高 It is high yield per unit area. 3. 單位面積生產成本低，具有效益 It is low production cost per unit area and benificial. 4. 可機械化栽培，適合現今臺灣農業發展趨勢 Cultivation mechanization is suitable for the current development trend of Taiwan agriculture. 5. 政府政策支持進口替代 Policies supports the import substitution 6. 國內無滯銷、庫存等問題 No unsalable and overstocking problems occur domestically. 7. 售價較進口牧草低，具有競爭力 The price of domestic forage is lower than that of imported forage, which is competitive. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 乾草品質較進口為差 The hay quality is worse than that imported. 2. 採收後調製技術不佳 Poor post-harvest modulation techniques is bad. 3. 缺少大面積耕地，增加操作難度 Lack of large-scale cultivated field increases the difficulty of operation. 4. 總產量不足，無法全年穩定供應 Insufficient total yield is unable to stabilize supplyment for throughout the year. 5. 燕麥屬新興作物，品種選擇性少 Oat is a newer crop with few options on varieties in Taiwan. 6. 農民對於種植芻料作物之接受度不佳 Acceptance to grow forage crops are poor for farmers. 7. 牧草產業在國內屬小眾市場，經濟規模小，難吸引企業投入 The domestic forage industry is a minori market with small economic scale, which is difficult to attract investment from enterprises. 8. 尚未形成上下游整合的牧草產業鏈 The upstream and downstream of industry chain for producing forages has not yet been integrated. 9. 國內生產牧草的機械量不足，無法像水稻一樣提供專業的代耕服務 The machinery for domestic forage production is too insufficient to provide professional farming services like rice.
機會 Opportunity	威脅 Threat
<ol style="list-style-type: none"> 1. 中國等國家需求量大增，導致國際芻料供應日益趨緊，增加國內進口難度 The huge increases in demand in China and other countries have led to the tightening of the international supplyment of forages, increasing the difficulty of domestic import. 2. 國際牧草價格高漲，增加國內酪農戶生產成本 International forage prices are soaring, resulting in increasing the production cost of domestic dairy farmers. 3. 美國及澳洲為主要供應國家，因路途遙遠運費昂貴 The United States and Australia are the main supplying countries, and the freight is expensive due to the long distance. 4. 跨洲運輸時間長，海運過程濕度高，芻料品質易受影響 The forage quality is susceptible under high humidity circumstance during the long term transportation shipping. 5. 突發性的國際事件會影響跨國運輸，短暫引發國內斷貨危機 Sudden international events will affect cross-border transportation and trigger the domestic out-of-stock crisis temporarily. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進口牧草品質穩定且優良 The quality of imported forage is stable and excellent. 2. 進口牧草貨源充足可穩定供應酪農戶所需 Sufficient supplyment of imported forage can provide dairy farmers stably. 3. 進口牧草規格化、標準化，讓酪農容易使用 The imported forage is normalized and standardized, which is easy for dairy farmers to use.

結 論

甜高粱的產量高且總收入不亞於水稻，適合推廣作為稻田轉作作物。芻料燕麥適合冬季裡作生產，符合國內市場需求，將有助解決國內冬季缺草問題，極具發展價值。芻料作物輪作生產模式：綠肥大豆－甜高粱－晚熟燕麥具有高的經濟效益，若能藉由政策支持推廣於國內各地區，將有助於國產短期性芻料作物產業的發展。

參考文獻

- 石郁琴。2017。雲嘉南地區水稻及硬質玉米大專業農經營規模及效益之研究。臺南區農業改良場研究彙報 69：69-95。
- 行政院農業委員會。2018。農業統計年報 107 年。行政院農業委員會印行。
- 林美華、莊岳峰、曾玫菁。2013。農政與農情 247：6-11。
- 吳昭慧、連大進。2004。豆科綠肥在休耕田的栽培利用。臺南區農業專訊 50：8-12。
- 洪梅珠、侯福分、宋勳。1985。低產稻田轉作雜糧之研究。臺中區農業改良場研究彙報 10：96-100。
- 施意敏、呂秀英。2017。活化休耕地之重要農產品產業發展策略之研究。畜產研究 50：70-77。
- 施意敏、李姿蓉。2020。臺灣北部地區芻料用燕麥生產與利用之研究。畜產研究 53：244-252。
- 財團法人中央畜產會。<https://www.naif.org.tw>。
- 財政部關務署。<https://portal.sw.nat.gov.tw>。
- 陳勃聿。2017。芻料供應中心 4.0 之展望。畜產專訊 99：12-13。
- 陳勃聿、張世融。2021。有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 I. 地區輪作模式之建議。畜產研究 54：198-205。
- 陳勃聿、張世融。2022。有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 II. 地區輪作模式之產量及品質評估。畜產研究 55：56-67。
- 許東暉、邱發祥。1984。稻田轉作雜糧作物可行性及效益之研究。桃園區農業改良場研究彙報 2：1-11。
- 曾勝雄、宋勳、黃美紅。1986。臺中地區雙期作水田耕作制度之探討。臺中區農業改良場研究彙報 12：11-18。
- 詹碧連、王培珊、詹雅勛。2012。雲嘉南地區稻田耕作制度之研究。臺南區農業改良場研究彙報 59：15-25。
- 廖俊男。2008。全球農產品市場之發展現況及未來展望。國際金融參考資料 56：80-98。
- 農糧署。2018。107 年「對地綠色環境給付計畫」。
- SAS Institute. 2014. SAS User's Guide: Statistics, Version 13.2 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Production of profit-basis forage crops – Sweet Sorghum and Avena: III. Economic benefit evaluation and SWOT analysis of regional rotation production modes ⁽¹⁾

Po-Yu Chen ⁽²⁾ and Shyh-Rong Chang ^{(2) (3)}

Received: Jan. 21, 2022; Accepted: May 25, 2022

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the economic benefits of different crop rotation production modes in various regions in Taiwan, and to analyze the management strategies of domestic forage production. These six forage rotation production modes were proposed as follows: Fuxing Township of Changhua County, A. Paddy rice (*Oryza sativa* L.)- sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench)- precocious oat (*Avena strigosa* Schreb.) and B. manure soybean (*Glycine max* L.)- sweet sorghum- late maturing oat (*Avena sativa* L.); Yenshui District of Tainan City, C. sweet sorghum- manure soybean- silage corn (*Zea mays* L.) and D. manure soybean- sweet sorghum- late maturing oat.; Luye Township of Taitung County, E. manure soybean- rice- precocious oat and F. manure soybean- sweet sorghum- late maturing oat. After two years of successful operation and investigation research, the results showed that the six crop rotation modes could indeed be applied to various regions for implementation. In terms of the average output values, the highest value was paddy rice with 137,529 NTD (New Taiwan Dollars)/ha, followed by oat Swan with 87,033 NTD/ha, and then followed by sweet sorghum with 76,909 NTD/ha, while oat Saia with 45,120 NTD/ha was the lowest output value among all crops. In terms of average total income, sweet sorghum yielded the highest with 65,009 NTD/ha, followed by rice with 41,328 NTD/ha, and oat Swan with 41,033 NTD/ha, indicating that the cultivation of sweet sorghum and oat Swan might be possible to increase revenue. Except for Mode B (151,913 NTD/ha) in Fuxing Township, Changhua County, which had lower annual average total income than that of Mode A (152,876 NTD/ha). All other regions adopting the crop rotation mode specializing in the production of forage crops (Mode D and F) had higher annual averaged total income. It indicated that the economic benefits of forage crops production were higher. On the other hand, the analysis of this report suggested that domestic forage oats had the economic potential and market advantages. It was suggested that forage oats could be included into the forage production rotation modes to produce forages, which might help improve the short age of domestic forage in winter.

Key words: Forage, Production, Economic, Benefits.

(1) Contribution No. 2722 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Forage Crops Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

指草 *Survenola* (*Digitaria* × *umfolozi* Hall) 未成熟花穗 培養與植株再生⁽¹⁾

施意敏⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：111 年 5 月 2 日；接受日期：111 年 11 月 9 日

摘 要

Survenola (*Digitaria* × *umfolozi* Hall) 為種間雜交的指草屬草種，染色體為 6 倍數，染色體數為 54，主要以匍匐莖進行營養繁殖，為佛羅里達的熱帶草種育種計畫釋出的品種之一。本研究主要以 *Survenola* 的未成熟花穗為培植體，建立癒合組織誘導與植株再生的方法，期建立種原保存與種苗量化生產之技術。將 *Survenola* 的未成熟花穗經適當消毒後，培養於添加植物生長調節劑 1.0、2.0 mg L⁻¹ 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) 與 0.0、0.1、0.5、1.0、2.0、4.0 mg L⁻¹ BA (N6-benzyladenine) 不同濃度組合之 MS (Murashige and Skoog) 培養基，探討 2,4-D 及 BA 對 *Survenola* 癒合組織誘導率及植株再生率之影響。試驗結果顯示，培養基添加 2,4-D 及 BA 對未成熟花穗癒合組織誘導率的主效應影響顯著，交感效應不顯著。其中 2.0 mg L⁻¹ 2,4-D 癒合組織誘導率的主效應平均值為 93.1% 顯著高於 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D 的 88.1% ($P < 0.05$)。2,4-D 與 BA 不同濃度組合誘導的癒合組織移至添加 0.5 mg L⁻¹ NAA (α -naphthaleneacetic acid) 及 0.1 mg L⁻¹ TDZ (N-phenyl-N'-1,2,3-thiadiazol-5-yl urea) 的植株分化培養基，2,4-D 與 BA 對植株再生率並無顯著的影響。添加 2 mg L⁻¹ 2,4-D 與 1.0 mg L⁻¹ BA 誘導的癒合組織有 60.0% 可分化為植株，顯著高於其他處理組合 ($P < 0.05$)。根據本試驗建立之組織培養流程，將有助於 *Survenola* 種苗大量繁殖及未來應用生物技術協助指草屬牧草品種改良之研究。

關鍵詞：指草、癒合組織、植株再生。

緒 言

盤固草 A254 (*Digitaria decumbens* Stent) 為 1935 年佛羅里達大學 (University of Florida) 研究團隊，於非洲 Transvala 東方收集到的盤固草種原，*Digitaria* 意指似手指張開放射狀的花序又稱指草 (digitgrass)，*decumbens* 原意為匍匐狀，形容其具匍匐狀的走莖 (stolon)，可依著地面匍匐生長，其註冊號 137 (PI 299601)，染色體組為三倍體，染色體數 27，只能以營養系繁殖 (Schank *et al.*, 1990a)。行政院農業委員會畜產試驗所自菲律賓引進後，盤固草 A254 遂成為臺灣種植面積最廣的盤固草品系。盤固草 A254 長期以無性繁殖，無法產生遺傳變異。面對氣候變遷與銹病危害的風險，盤固草的育種計畫相形重要。

除了傳統雜交育種與生物技術之應用外，引種也是育種家常用的策略。指草 *Survenola* (*Digitaria* × *umfolozi* Hall) 與盤固草 A254 同為指草屬，是美國佛羅里達州熱帶牧草育種計畫第一個命名通過指草屬的雜交品種，註冊號碼為 PI 421785，為種間雜交 (*D. setivalva* × *D. valida*) 的 F1 後裔，染色體數 54，為六倍體，葉寬 10 – 13 mm 較其他指草屬的葉片寬大，葉鞘光滑不具茸毛，很容易與其它指草區分，除具高產特性外並具抗毒素病 (Pangola stunt virus, PSV) 等特性 (Schank *et al.*, 1990b)。畜產試驗所所恆春分所 1992 年自美國引進指草 *Survenola* 後，分別於新竹分所與花蓮種畜繁殖場試種 (陳等, 1998)。 *Survenola* 於嘉義大學試種結果，產量高於盤固草 A254 並具較高的氮素利用效率 (kg dw/kg N applied) (廖等, 1996) 及較高的瘤胃乾物質消化速率 (施及廖, 2000)。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2723 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

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

畜產試驗所於牧草組織培養的研究已進行數十餘年，利用盤固草的莖節 (成及羅, 1987) 或幼穗 (成, 1984)，添加植物生長調劑誘導盤固草 A24 或 A254 癒合組織的形成與植株再生。建立盤固草癒合組織液體培養 (成, 1993) 或懸浮細胞系的培養 (王等, 1997)，並以化學誘變劑 EMS (ethyl-methanesulfonate) 處理，誘導 A254 的體細胞突變，進行盤固草 A254 耐鹽品系的篩選 (王等, 1999a)。目前已完成盤固草 A254 幼穗培養 (施等, 2007) 與細胞懸培養技術 (施等, 2008)，並進行盤固草 A254 基因轉殖之基礎研究 (施, 2008)。利用細胞懸浮培養產生之體細胞變異，進行百慕達草 (*Cynodon transvaalensis* × *Cynodon dactylon*) 的品種改良，進行耐旱性與耐鹽性選育已有成功之案例 (Lu *et al.*, 2006; 2007)。近年因氣候變遷影響，耐旱作物的選育愈加重要，Abdelsalam *et al.* (2021) 則利用癒合組織組織培養的方式，在試管內進行甘蔗 (*Saccharum officinarum*) 品系耐性性選拔，成功選育耐旱品種。

植物組織培養等生物技術在農業上的應用，包括種原保存、無病毒苗的大量繁殖、體細胞變異的誘導，以協助農作物的育種計畫已行之有年，包括超雄株蘆筍的育種計畫與生產等 (蔡, 1992)。目前有關 *Survenola* 未成熟花穗組織培養之研究尚闕如，因此本研究主要建立 *Survenola* 之組織培養方法，探討 1.0、2.0 mg L⁻¹ 2,4-D 與 0.0、0.1、0.5、1.0、2.0、4.0 mg L⁻¹ BA 不同濃度組合之 MS (Murashige and Skoog) 培養基對誘導癒合組織及後續植株分化之影響，期未來應用植物組織培養等生物技術協助指草屬牧草的品種改良。

材料與方法

I. 試驗材料

指草 *Survenola* (*Digitaria × umfolozi* Hall)，取自行政院農委會畜產試驗所新竹分所的牧草區，其栽培管理依一般慣行法。

II. 未成熟花穗消毒

自田間採集孕穗期 (劍葉與第一葉的節間距離約 3 – 5 cm，花穗包覆在劍葉葉鞘內尚未抽出) 之指草 *Survenola*，攜回實驗室剪去多餘的葉片，留下劍葉、第一葉及葉鞘包覆的未成熟花穗，以 70% 酒精進行植體表面消毒。於無菌操作臺取出未成熟花穗，花穗長約 9.5 cm，剪斷前端與後端約 1 cm 長度，剩餘中間約 7 cm 花穗，放入滅菌過之 350 mL 三角瓶，加入 250 mL 0.5% 次氯酸鈉 (Clorox®, USA) 及 0.4 mL 界面活性劑 Tween 20，震盪消毒 15 分鐘，以無菌水 250 mL 連續沖洗 5 至 6 次，直至清洗液清澈無混濁物。將消毒後的未成熟花穗立即取出，接種於供試培養基，以誘導癒合組織的形成。

III. 基本培養基與培養條件

以 MS (Murashige and Skoog, 1962) 培養基添加 3% 蔗糖為基本培養基，添加 0.3% 水晶洋菜 (Gelrite, Sigma®)，使培養基凝固。滅菌前，先調整培養基 pH 值為 5.7 – 5.8，分裝至 2 cm 直徑的 15 mL 試管，每試管 5 mL，以鋁箔紙封口後，以 121℃ 及 102 kpa 壓力，進行滅菌 15 分鐘。平盤培養基的配製則是將滅菌後的培養基冷卻至 60℃，倒入 γ 放射線滅菌過的塑膠培養皿 (直徑 90 mm 高 15 mm)，每個培養皿約 25 mL，待培養基凝固後以塑膠封口膜密封。癒合組織的誘導以試管培養，植株分化的培養以培養皿的培養基進行測試。所有處理的培養條件，除癒合組織的誘導需暗培養不照光外，其餘誘導植株分化的光照培養，則以三波長自然色日光燈管 (旭光® FL40D-EX/38) 及植物生長燈管 (旭光® FL-40SBR/38FIOW-LUX) 為光源，光照強度為 25 – 47 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，16 小時光照週期，於 25 ± 1℃ 的組織培養室培養。

IV. 癒合組織的誘導率調查

為探討植物生長調節劑 2,4-D 及 BA 對 *Survenola* 癒合組織誘導與植株再生之影響。將消毒後的未成熟花穗，修剪為約 6 – 7 cm 長度，依小花穗 (spikelet) 著生穗軸的位置，每 1 cm 穗軸約可交互著生 5 – 6 朵小花穗，每朵小花穗之護穎仍是閉合。由於消毒過程小花穗容易散落，最後每培養皿著生在穗軸的小花穗總數約 150 – 210 朵。未成熟花穗培養於含有 1.0、2.0 mg L⁻¹ 2,4-D (代號 D) 及 0、0.1、0.5、1.0、2.0、4.0 mg L⁻¹ BA (代號 B) 複因子組合 (2 × 6) 的 MS 培養基，分別以 D_xB_y 表示培養基代號，x 與 y 為濃度，每一處理 4 培養皿，每個培養皿約放 5 條未成熟花穗。於黑暗下培養 3 週後，以每一培養皿未成熟花穗的小花穗總數為 125 – 211 (如表 1)，調查每朵小花穗癒合組織之誘導率。不論白色緊密或是透明浸潤狀的癒合組織皆列入癒合組織誘導率之計算，每朵小花穗誘導的癒合組織約 2 mm 大小，很容易由穗軸撥離，未誘導為癒合組織的小花穗則呈現護穎包覆的褐色死亡狀態。

V. 癒合組織的分化與植株發根率調查

將 1.0、2.0 mg L⁻¹ 2,4-D 及 0.0、0.1、0.5、1.0、2.0、4.0 mg L⁻¹ BA 組合誘導的癒合組織，分別接種於含有 0.5 mg L⁻¹ NAA 及 0.1 mg L⁻¹ TDZ 的 MS 培養基。每平盤培養皿接 10 個癒合組織，每個癒合組織大小約 2 mm，為獨立的圓球體形狀，每處理組合 4 重複。於光照條件下誘導綠色植株的分化，培養 4 週，調查癒合組織分化為完整植株之再生率。癒合組織誘導之植株則移至鹽類離子濃度減半之 MS 培養基 (1/2 MS) 進行發根，培養 4 週調查植株的發根率。

表 1. 2,4-D 與 BA 對誘導 *Survenola* 未成熟花穗的小花穗形成癒合組織之影響

Table 1. Effects of 2,4-D and BA on the percentage of callus induction from spikelet of immature inflorescence of *Survenola*

Callus induction medium		Total number of spikelet	Total number of callus induction	Percentage of callus induction (%)
2,4-D (mg L ⁻¹)	BA			
1.0	0.0	213	191	89.7 ^b
1.0	0.1	176	168	95.5 ^a
1.0	0.5	189	179	94.7 ^{ab}
1.0	1.0	128	103	80.5 ^c
1.0	2.0	211	176	83.4 ^c
1.0	4.0	205	174	84.9 ^{bc}
2.0	0.0	166	149	89.8 ^b
2.0	0.1	125	121	96.8 ^a
2.0	0.5	145	135	93.1 ^{ab}
2.0	1.0	130	121	93.1 ^{ab}
2.0	2.0	199	186	93.5 ^{ab}
2.0	4.0	145	134	92.4 ^{ab}
main effect (2,4-D)				
1.0				88.1 ^b
2.0				93.1 ^a
main effect (BA)				
0.0				89.8 ^b
0.1				96.2 ^a
0.5				93.9 ^a
1.0				86.8 ^b
2.0				88.5 ^b
4.0				88.7 ^b
Significance				
2,4-D				**
BA				*
2,4-D × BA				ns

a, b, c Means in the same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

* Significant at $P < 0.05$; ** Significant at $P < 0.01$; ns: non-significant.

VI. 統計分析

在癒合組織誘導上利用 SAS 統計分析系統的一般線性模式 (general liner model) 進行複因子變方分析。以 F-test 檢測主效應與交感效應之顯著性，如達顯著性差異，再以最小顯著性差異法 (least significant difference test, LSD) 比較各處理組平均值之差異顯著性 (SAS, 2017)。另外，在癒合組織分化與植株發根試驗中進行 2,4-D 與 BA 組合處理變方分析，主效應與交感效應皆不顯著，僅進行平均值之差異顯著性比較，以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準。

結果與討論

為探討植物生長調節劑 2,4-D 及細胞分裂素 BA 對 *Survenola* 癒合組織誘導與植株再生之影響。將未成熟花穗消毒後，培養於含有 1.0、2.0 mg L⁻¹ 2,4-D 及 0、0.1、0.5、1.0、2.0、4.0 mg L⁻¹ BA 不同濃度組合之 MS 培養基。培養基組合採複因子設計，以每個小花穗為調查對象，進行癒合組織誘導率的調查。由表 1 的結果得知，2,4-D 的主效應達極顯著水準，BA 的主效應顯著，2,4-D 與 BA 交感不顯著。主效應 D₂ 的平均癒合組織誘導率為 93.1% 顯著高於 D₁ 的 88.1%，表示不同濃度的 BA 處理平均在 D₂ 的表現高於 D₁ 的表現。BA 的主效應顯著，表示以同一

濃度 BA 在 D_1 與 D_2 的平均值而言, BA 濃度顯著影響癒合組織誘導率。以 $BA_{0.1}$ 平均達 96.2% 顯著高於 BA_0 的 89.8%, $BA_{0.5}$ 的平均誘導率亦達 93.9% 高於其他 $BA_{1.0}$ 、 $BA_{2.0}$ 及 $BA_{4.0}$ 的平均值。表 1 的結果顯示, 誘導癒合組織的形成需添加少量的 $BA_{0.1}$ 或 $BA_{0.5}$ 以促進癒合組織的誘導, BA 濃度提高至 1.0、2.0 或 4.0 反而降低癒合組織的誘導率, BA 濃度的劑量效應亦見諸於蓮花 (*Nelumbo nucifera*) 之組織培養 (Xianbao *et al.*, 2020)。以康乃馨 (*Dianthus caryophyllus*) 的子葉為培植體, 添加 2.0 mg L⁻¹ 2,4-D 與 0.2 mg L⁻¹ BA 於 MS 培養基, 可誘導 80% 癒合組織形成體胚 (somatic embryos) 之結構 (Almemory *et al.*, 2020)。盤固草 A254 亦使用 2.0 mg L⁻¹ 2,4-D 與 0.5 mg L⁻¹ BA 誘導癒合組織的形成, 前述研究與本研究使用之 2,4-D 與 BA 濃度相近, 表示 2 mg L⁻¹ 2,4-D 的濃度需搭配較低的 BA 濃度, 方有利於指草 *Survenola* 癒合組織的誘導。

進一步探討不同植物生長調節劑誘導之癒合組織對後續植株分化之影響, 分別將 2,4-D 及 BA 誘導的癒合組織, 包括大小約 2 mm 透明或白色緊密的圓球體型癒合組織, 移至添加 0.5 mg L⁻¹ NAA 及 0.1 mg L⁻¹ TDZ 的植株分化培養基, 進行光照培養 4 週, 調查植株再生率。由表 2 的結果得知, D_2B_1 的植株再生率為 60%, 其次為 D_1B_2 的植株再生率 51.1%。2,4-D 及 BA 的主效應與交感效應皆不顯著, 表示不同濃度與生長調節劑誘導的癒合組織, 對後續植株的分化並無顯著的影響。為促進植株根系的生長, 將植株移至鹽離子濃度減半的 1/2 的 MS 培養基進行發根, 由表 3 的結果得知, 除 $D_2B_{0.1}$ 的發根率為 83.3% 偏低外, 其餘 $D_2B_{0.5}$ 、 D_2B_1 、 D_2B_2 及 D_2B_4 的發根率皆為 100%。

表 2. 2,4-D 及 BA 誘導癒合組織對 *Survenola* 植株再生率之影響

Table 2. Effects of callus induced with different 2,4-D and BA concentrations on percentage of plant regeneration of *Survenola*

Callus induction me-dium		Plant regeneration medium		Total number of callus culture (No.)	Percentage of plant regeneration (%)
2,4-D (mg L ⁻¹)	BA	NAA (mg L ⁻¹)	TDZ		
1.0	0.1	0.5	0.1	45	46.7 ^{ab}
1.0	0.5	0.5	0.1	45	31.1 ^c
1.0	1.0	0.5	0.1	45	37.8 ^{bc}
1.0	2.0	0.5	0.1	45	51.1 ^{ab}
1.0	4.0	0.5	0.1	45	40.0 ^{bc}
2.0	0.1	0.5	0.1	45	31.1 ^c
2.0	0.5	0.5	0.1	45	42.2 ^{bc}
2.0	1.0	0.5	0.1	45	60.0 ^a
2.0	2.0	0.5	0.1	45	42.2 ^{bc}
2.0	4.0	0.5	0.1	45	44.4 ^{bc}

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

表 3. 2,4-D 與 BA 誘導之癒合組織對 *Survenola* 地上部植株發根率之影響

Table 3. Effect of callus induced with 2,4-D and BA on root formation rate of *Survenola*

Callus induction me-dium		Plant regeneration medium		Total number of callus culture (No.)	Root formation rate (%)
2,4-D (mg L ⁻¹)	BA	NAA (mg L ⁻¹)	TDZ		
1	0.1	0.5	0.1	8	100.0 ^a
1	0.5	0.5	0.1	8	100.0 ^a
1	1.0	0.5	0.1	7	85.7 ^b
1	2.0	0.5	0.1	10	90.0 ^b
1	4.0	0.5	0.1	7	100.0 ^a
2	0.1	0.5	0.1	6	83.3 ^b
2	0.5	0.5	0.1	9	100.0 ^a
2	1.0	0.5	0.1	27	100.0 ^a
2	2.0	0.5	0.1	8	100.0 ^a
2	4.0	0.5	0.1	7	100.0 ^a

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

Root formation medium was 1/2 salt concentration of MS medium.

Survenola 未成熟花穗誘導的癒合組織與植株再生的外表型態如圖 1，未成熟花穗培養於 D_2B_1 培養基，癒合組織形態如圖 1A 箭號所示。將癒合組織移至 0.5 mg L^{-1} NAA 及 0.1 mg L^{-1} TDZ 分化培養，誘導植株的產生如圖 1B 所示，有些癒合組織無法繼續分化為植株，大部分癒合組織培養 4 週已有完整葉片的分化，且地上部葉片生長旺盛。將植株移至 $1/2 \text{ MS}$ 培養基進行發根，其植株型態如圖 1C 所示，根系非常茂密。再生植株移至田間盆栽種植，其植株外表型態如圖 1D 所示，植株外表非常健壯且高度一致，並無異常植株產生。

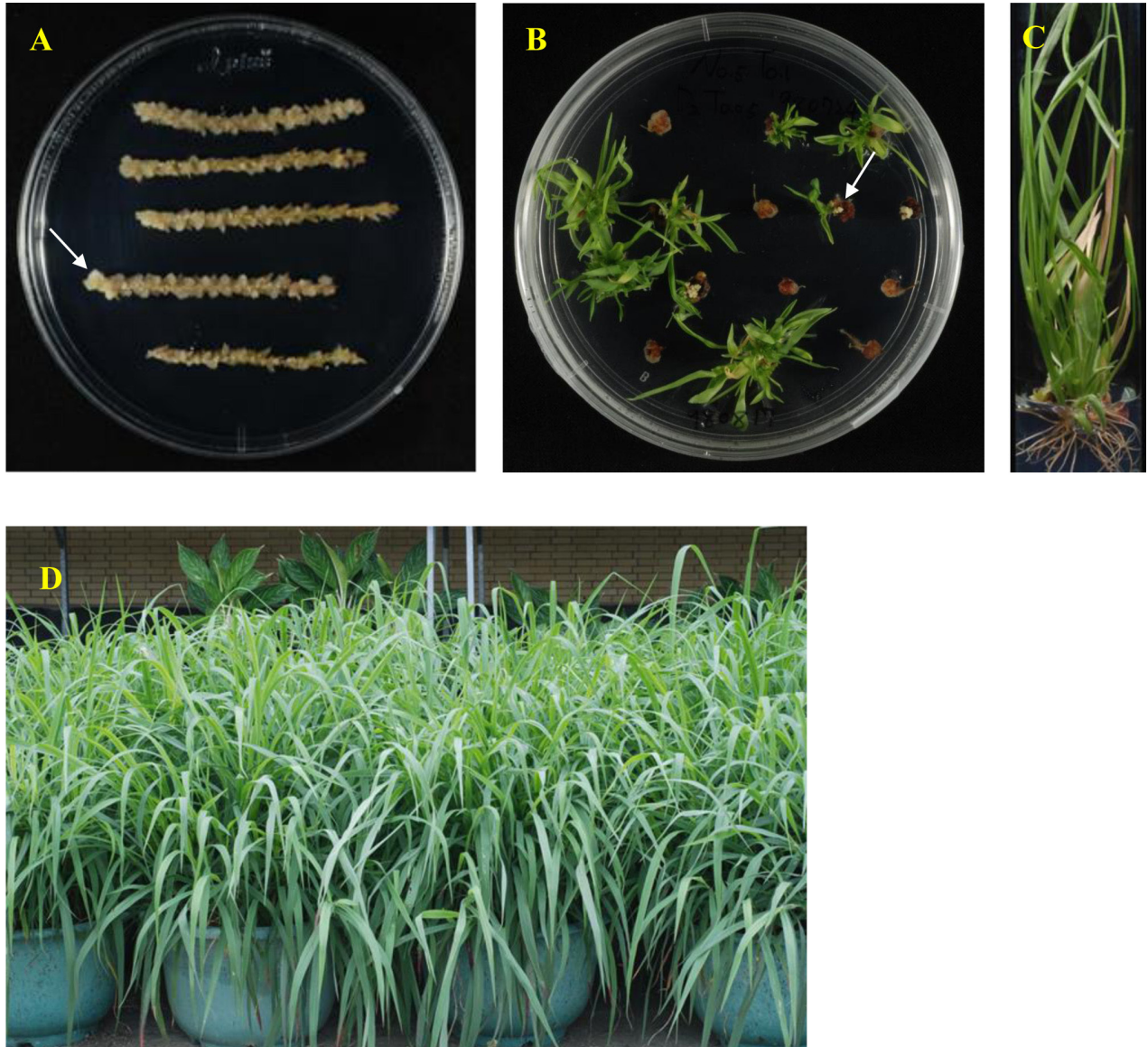


圖 1. 誘導 Survenola 未成熟花穗形成癒合組織及植株再生之外表型態。

- A. Survenola 未成熟花穗培養於 2.0 mg L^{-1} 2,4-D 和 1.0 mg L^{-1} BA 的 MS 培養基，培養 3 週後之外表型態。箭號所指為白色緊密的癒合組織。
- B. 癒合組織培養於添加 0.5 mg L^{-1} NAA 和 0.1 mg L^{-1} TDZ 的 MS 分化培養基，培養 4 週後之外表型態。箭號所指為癒合組織分化為綠色地上部植株 (Shoot)。
- C. 地上部植株於 $1/2 \text{ MS}$ 培養基，培養 3 週後之外表型態，其根系外表型態茂密。
- D. 試管培育的再生植株移置田間進行盆栽，種植 1 個月後，其外型均一高度整齊。

Fig. 1. The morphology of callus induction from immature inflorescences and plant regeneration of Survenola.

- A. The morphology of callus induction from immature inflorescences of Survenola cultured on MS basal medium supplemented with 2.0 mg L^{-1} 2,4-D and 1.0 mg L^{-1} BA after 3 weeks. Arrow indicated the white and compact callus.
- B. The morphology of plant regeneration on MS medium supplemented with 0.5 mg L^{-1} NAA and 0.1 mg L^{-1} TDZ. Arrow indicated the green shoots regeneration from callus after 4 weeks.
- C. The morphology of plantlet's roots was abundant when green shoots cultured on $1/2 \text{ MS}$ medium for rooting after 3 weeks.
- D. The morphology of plantlets was uniform and grew vigorously after transplanting to pot after 1 month.

根據盤固草 A254 未成熟花穗培養的結果 (施, 2008), 以 2.0 mg L^{-1} 2,4-D 與 0.5 mg L^{-1} BA 培養基 ($D_2B_{0.5}$) 誘導癒合組織形成, 其中 95.0% 的癒合組織為白色緊密的胚狀體, 96.7% 的白色胚狀體可以分化再生為完整植株。盤固草 A254 未成熟花穗誘導的白色緊密的癒合組織與植株再生率具緊密關係 (施等, 2007)。根據成及羅 (1987) 以盤固草 A254 莖節培養, 亦誘導白色緊密癒合組織的形成, 經組織切片與掃描式電子顯微鏡觀察的結果, 認為這些白色緊密癒合組織具體胚的結構, 包括具芽鞘與根鞘的雙極結構, 單獨的維管束構造, 推測很可能是經由體胚分化途徑再生成植株。Chaudhury and Qu (2000) 的研究報告指出, 百慕達草 Tifgreen 品種的未成熟花穗培養, 添加 1 mg L^{-1} 2,4-D 可誘導組織鬆散無結構的非胚性癒合組織, 此種癒合組織幾乎無植株再生能力。一旦添加 0.01 mg L^{-1} BA, 則會形成白色緊密顆粒狀的胚性組織, 約有 24.2% 的胚性組織具植株再生能力。由於本研究之試驗並未區分癒合組織的型態, 因此癒合組織分化為植株的再生率 60% (表 2) 低於盤固草 A254 的植株再生率 (96.7%) (施, 2008)。因此, 在 *Survenola* 組織培養過程, 建議後續試驗可挑選白色緊密的癒合組織進行植株的分化, 將有助於提高植株的再生率。

結 論

由本研究之癒合組織誘導率、植株再生率及後續植株發根率的結果, 建議以 D_2B_1 的培養基誘導 *Survenola* 癒合組織的形成, 再將誘導的癒合組織, 移至含有 0.5 mg L^{-1} NAA 及 0.1 mg L^{-1} TDZ 的 MS 培養基誘導植株的分化, 再生的植株可移至鹽離子濃度減半的 1/2 MS 培養基促進根系生長, 將發根幼苗移至田間盆栽種植可獲得外表型生長均一的植株。經由本系統建立之 *Survenola* 未成熟花穗誘導癒合組織產生及植株再生之組織培養系統, 將有助於 *Survenola* 種苗大量繁殖及未來應用生物技術協助指草屬品種改良之研究。

誌 謝

本研究經費來源為行政院農業委員會科技計畫, 承蒙畜產試驗所飼料作物組前研究員成游貴博士提供指草 *Survenola* 之育種材料及試驗研究之建議, 在此一併致上最高之謝忱。

參考文獻

- 王紓愍、成游貴、陳嘉昇。1997。盤固草 A254 懸浮細胞系的建立及誘變條件探討。畜產研究 30：13-21。
- 王紓愍、陳嘉昇、成游貴。1999a。盤固草 A254 之體細胞變異。畜產研究 32：83-91。
- 成游貴、羅國棟。1987。盤固草莖節培養之體胚形成過程及植物體再生。畜產研究 20：69-79。
- 成游貴。1984。盤固草組織培養之研究。I 利用幼穗培養以誘發癒合組織及植物體形成。畜產研究 17：55-67。
- 成游貴。1993。盤固草癒合組織液體培養之體胚形成及植物體再生。畜產研究 26：259-269。
- 施意敏、廖成康、盧虎生、朱鈞。2007。CPPU 對盤固草 A254 未成熟花穗誘導癒合組織形成及植株再生之影響。畜產研究 40：97-107。
- 施意敏、廖成康、盧虎生、朱鈞。2008。盤固草 A254 (*Digitaria decumbens*) 細胞懸浮培養與植株再生。中華農學會報 9：433-445。
- 施意敏、廖成康。2000。以瘤胃袋法評估生長期對盤固草 (*Digitaria decumbens*) 及 'Survenola' (*Digitaria × umfolozi* Hall) 乾物質消化率之影響。中華農學會報 1：171-182。
- 施意敏。2008。盤固草組織培養與基因鎗轉殖系統之建立。國立臺灣大學農藝學系。博士論文, 臺北市。
- 陳嘉昇、成游貴、王紓愍、黃耀興、顏素芬、張溪泉、陳文、施意敏。1998。盤固草育種。飼料作物研究研討會論文集。行政院農業委員會畜產試驗所, 臺南市, 第 34-43 頁。
- 廖成康、施意敏、金文蔚、卜瑞雄、成游貴。1996。氮肥用量對 'Survenola' (*Digitaria × umfolozi* Hall) 產量及氮素利用效率之影響。中華農學會報 176：46-66。
- 蔡新聲。1992。重要農藝作物之組織培養技術及應用。中華農學會報 158：1-18。
- Abdelsalam, N. R., W. E. Grad, N. S. A. Ghura, A. E. Khalid, R. Y. Ghareeb, E. S. M. Desoky, M. M. Rady, H. M. AiYasi, and E. F. Ali. 2021. Callus induction and regeneration in sugarcane under drought stress. Saudi J. Bio. Sci. 28: 7432-7442.

- Almemary, A. M. S. 2020. Callus induction and differentiation (Review Article). *Future J. Agric.* 3: 5-9.
- Chaudhury, A. and R. Qu. 2000. Somatic embryogenesis and plant regeneration of turf-type bermudagrass: effect of 6-benzyladenine in callus induction medium. *Plant Cell Tiss. Org.* 60: 113-120.
- Lu, S., X. Peng, Z. Guo, G. Zhang, Z. Wang, C. Wang, C. Pang, Z. Fan, and J. Wang. 2007. In vitro selection of salinity tolerant variants from triploid bermudagrass (*Cynodon transvaalensis* × *C. dactylon*) and their physiological responses to salt and drought stress. *Plant Cell Rep.* 26: 1413-1420.
- Lu, S., Z. Wang, X. Peng, Z. Guo, G. Zhang, and L. Han. 2006. An efficient callus suspension culture system for triploid bermudagrass (*Cynodon transvaalensis* × *C. dactylon*) and somaclonal variations. *Plant Cell Tiss. Org.* 87: 77-84.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.
- SAS. 2017. SAS/STAT® 14.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A.
- Schank S. C., F. T. Boyd, R. L. Smith, E. M. Hodges, S. H. West, A. E. Kretschmer, J. B. Brolmann, and J. E. Moore. 1990a. Registration of 'Transvala' digitgrass. *Crop Sci.* 30: 1368-1369.
- Schank, S. C., O. C. Ruelke, W. R. Ocumpaugh, J. E. Moor, and D. W. Hall. 1990b. Registration of 'Survenola' digitgrass. *Crop Sci.* 30: 1369-1370.
- Xianbao, D., Y. Xiong, J. Li, D. Yang, J. Liu, H. Sun, H. Song, Y. Wang, J. Ma, Y. Liu, and M. Yang. 2020. The establishment of an efficient callus induction system for lotus (*Nelumbo nucifera*). *Plants* 9: 1436-1449.
- (

Callus induction and plant regeneration from the immature inflorescences of digitgrass Survenola (*Digitaria × umfolozi* Hall)⁽¹⁾

Yih-Min Shy⁽²⁾⁽³⁾

Received: May 2, 2022; Accepted: Nov. 9, 2022

Abstract

Survenola (*Digitaria × umfolozi* Hall) is a hexaploid interspecific hybrid grass species with $6x = 54$ chromosomes. Mainly vegetative propagated by stolons, Survenola is one of the varieties released from Florida's tropical grass breeding program. In this study, a tissue cultured method for callus induction and plant regeneration from the immature inflorescences of Survenola was established for variety preservation and mass production. In order to investigate the effects of 2,4-D and BA on the induction rate of Survenola callus and the rate of plant regeneration, the immature inflorescences of Survenola were properly sterilized and cultured with MS (Murashige and Skoog) medium and combined with different concentrations of plant growth regulators 1.0, 2.0 mg L⁻¹ 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) and 0.0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 mg L⁻¹ BA (N6-benzyladenine). The experimental results showed that the main effect of medium supplementation with 2,4-D and BA on the induction rate of callus of immature inflorescences was significant, but the effect of interaction was not significant. In particular, the average figure of the main effect for 2.0 mg L⁻¹ 2,4-D callus induction rate was 93.1%, which was significantly higher than 88.1% with 1.0 mg L⁻¹ 2,4-D. The effects of 2,4-D and BA showed no significant effect on plant regeneration from the results of the callus induced by 2,4-D and BA were cultured on medium with 0.5 mg L⁻¹ NAA (α -naphthaleneacetic acid) and 0.1 mg L⁻¹ TDZ (N-phenyl-N'-1,2,3- thiadiazol-5-yl urea). There were 60% of callus induced with 2 mg L⁻¹ 2,4-D and 1.0 mg L⁻¹ BA that could be regenerated into plantlet, which was significantly higher than the combination of other treatments. The tissue culture process established according to this experiment will help the mass propagation of Survenola seedlings and the research on the improvement of forage varieties using biotechnology in the future.

Key words: Digitgrass, Callus, Plant regeneration.

(1) Contribution No. 2723 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hsinchu Branch, COA-LRI, Miaoli 36841, Taiwan, R. O. C.

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

狼尾草耐旱性生理指標之研究⁽¹⁾

蔡立中⁽²⁾⁽³⁾ 李姿蓉⁽²⁾ 鍾萍⁽²⁾

收件日期：111 年 5 月 31 日；接受日期：111 年 11 月 10 日

摘 要

本研究以狼尾草台畜草三、六、七、八號 (Napiergrass Taishiu cv. No. 3、6、7、8) 作為試驗材料，於可遮雨之網室內進行試驗。試驗之對照組每週澆水施灌 2 次，處理組每 2 週澆水施灌 1 次，模擬牧草生長期遭遇乾旱逆境之狀況。試驗結果顯示，所有品種狼尾草之鮮重產量，處理組皆顯著低於對照組。狼尾草三、七、八號之處理組 SPAD 值 (Soil-Plant Analysis Development value) 顯著低於對照組，電解質滲漏率方面，所有品種之處理組皆顯著高於對照組。水溶性碳水化合物含量及澱粉含量方面則為所有品種狼尾草在處理之間並未有顯著差異。無機離子方面，狼尾草台畜草三號處理組之鈣離子含量顯著高於對照組。將上述等生理指標與鮮重產量作相關性分析，其結果顯示 SPAD 值及電解質滲漏率與鮮重產量之相關係數最高，其相關係數皆大於 0.7，屬高度相關，因此 SPAD 值及電解質滲漏率適合作為篩選指標評估狼尾草之耐旱性。

關鍵詞：狼尾草、耐旱性、生理指標、芻料作物。

緒 言

全球氣候變遷使極端氣候頻繁發生，不穩定的氣候對牧草生產之品質及產量皆有不影響。培育耐逆境新品種牧草有助於穩定生產，然而在進行育種工作之前，需先建立耐逆境能力之評估指標。前人透過測量作物之 SPAD 值 (Soil-Plant Analysis Development value)、電解質滲漏率、水溶性碳水化合物含量、澱粉含量及鉀離子、鈣離子含量等生理指標，能準確評估其耐逆境能力，是為簡單、快速耐逆境檢測方法之一 (白等, 2007; Karimi *et al.*, 2018)。一般而言，植物之 SPAD 值越高被認為是具有較好之生長狀況。在正常生長狀況下，小麥 (*Triticum aestivum* L.) 之 SPAD 值則約在 41 至 48 之間 (Barutçular *et al.*, 2016)，咖啡 (*Coffea canephora* Pierre) 之 SPAD 值如低於 40 以下則被認為是光合作用已開始受損 (Netto *et al.*, 2005)。過去對於狼尾草 SPAD 值之相關研究相對較為缺乏，但與狼尾草同屬的珍珠粟 (*Pennisetum glaucum*)，其 SPAD 值約為 43.94 (Keshavars *et al.*, 2012)。電解質滲漏率方面，不同於 SPAD 值，是在不良的生長狀況下會有所提高。芥藍 (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) 之電解質滲漏率約在 7% 至 12% 之間，且在高溫逆境下電解質滲漏率增加 (羅等, 2019)；青花菜 (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) 在 28/25°C 栽培條件下之電解質滲漏率在 17% 至 22% 之間 (陳等, 2013)。正常生長狀況下，苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 之電解質滲漏率則多半不高於 10% (Wassie *et al.*, 2019)。

狼尾草 (*Pennisetum purpureum* Schum.) 為國內畜牧產業重要芻料作物之一，目前由行政院農業委員會畜產試驗所總共育成台畜草一至八號等八個品種。台畜草三、六號為矮性狼尾草，葉尖株高約 40 至 95 公分，其葉莖比高之特性適合家禽鮮飼或製成寵物用草等用途。台畜草七、八號為半矮性狼尾草，葉尖株高約 120 至 170 公分，此兩品種狼尾草莖粗不容易倒伏，有利於機械採收 (李等, 2018；林等, 2018；范等, 2019)。臺灣近年來發生了過去罕見的長期乾旱，耐旱性新品種牧草之重要性提升。建立能夠篩選牧草耐旱性之合適生理指標，能夠幫助耐旱性新品種之育成速度提升。過去國內育成之狼尾草品種雖已建立基本農藝性狀資料，然而在生理指標方面之著墨較少，相關研究闕如。

本研究以國內芻料作物種植面積較廣之一的狼尾草作為研究材料，給予試驗處理以模擬其在乾旱下之生長狀況，調查其農藝性狀與不同的生理指標，目的為找出適合作為篩選耐旱性之生理指標，對未來之育成工作能有所幫助。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2724 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 通訊作者，E-mail: humanspider123@tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 試驗材料與試驗規劃

本試驗以狼尾草台畜草三、六、七、八號 (Napiergrass Taishiu cv. No. 3、6、7、8; NP cv. TS 3、6、7、8) 為試驗材料，每個品種採 3 重複，採用 $40 \times 40 \times 35 \text{ cm}^3$ 之盆栽栽培，採取一般慣行之栽培模式。試驗材料於 2021 年 6 月 17 日種植，將每個盆栽各移植兩棵來源相同，體積大小相等之狼尾草根頭至盆栽內栽培，使其生長 8 週後，於 2021 年 8 月 17 日予以青刈。隨後將試驗材料移至可遮雨之網室內，首先任其在網室內正常再生 2 週後才開始試驗處理，處理期間由 2021 年 8 月 30 日至 2021 年 10 月 8 日，乾旱處理組每 2 週予以澆水施灌 1 次，每次施灌約 3 公升之水量。對照組則每週施灌 2 次，每次施灌水量亦為約 3 公升。試驗處理共計 3 個循環，總共 6 週，試驗排列採完全隨機設計 (completely randomized design, CRD)。

II. 農藝及經濟性狀調查

- (i) 葉尖株高 (plant height of leaf tip, PHL)：每週調查 1 次葉尖株高，每盆測量 3 點，共計調查 6 個週次。
- (ii) 鮮重產量 (fresh yield, FY)：於 2021 年 10 月 8 日，第 6 週試驗處理結束後之當日予以青刈，收其莖葉部分秤重計算每盆鮮重產量。
- (iii) 乾重產量 (dry matter yield, DY)：記錄完鮮重產量後將試驗材料以 65°C 烘乾至恆重，後秤其乾重產量。
- (iv) 分蘗數 (Tiller)：於青刈後予以再生 1 週，後調查每盆之分蘗數。

III. 生理指標項目與分析方法

- (i) SPAD 值 (soil-plant analysis development value, SPAD value)：以葉綠素計 (SPAD 502 Plus, Konica Minolta Inc., Japan) 對植株葉片進行非破壞性之 SPAD 值測量，測量部位為葉片中央葉寬最大之處並且避開中肋。每盆測量 3 葉，每葉測量 1 點，每週測量 1 次，共計測量 6 個週次。
- (ii) 電解質滲漏率 (electrolyte leakage rate, EL)：電解質滲漏率之測定方法及計算公式參考周等 (2017) 及廖 (2018) 之方法，每盆植株取 5 片避開中肋之成熟葉圓片 (直徑為 0.6 cm)，以去離子水洗淨後置入離心管並加入 15 mL 之純水。將樣本以 100 rpm 震盪 3 小時，後以電導度 (SC-2300, Suntex Instruments Co. Ltd., Taiwan) 測定初始電導度 (Initial electrical conductivity, EC_0)。接著將樣本置入 $95 - 100^\circ\text{C}$ 之熱水浴 30 分鐘以破壞細胞膜，待其回復至室溫後測定最大電導度 (Maximum electrical conductivity, EC_1)。電解質滲漏率之計算公式： $\text{EC} (\%) = (\text{EC}_0 / \text{EC}_1) \times 100\%$ 。每週測量 1 次，共計測量 6 個週次。
- (iii) 水溶性碳水化合物 (Water soluble carbohydrate, WSC)：將測量完乾重產量之植株樣本磨碎成均質細粉，之後加入蒸餾水以 100°C 煮沸後冷卻並定量至 100 ml ，後取適量萃取液依照 Paleg (1959) 之比色法測定，以分光光譜儀 (Spectrophotometer, U-2900, Hitachi, Japan) 設定波長 560 nm 對樣本進行水溶性碳水化合物含量之測定。
- (iv) 澱粉 (Starch)：以 Yoshida *et al.* (1976) 之方法進行萃取，先將測量完乾重產量之植株樣本磨碎後製成萃取液並加入呈色劑，之後以標準品檢量線經分光光譜儀測定 560 nm 之吸光值檢測樣本之澱粉含量。
- (v) 礦物元素 (鉀離子、鈣離子； K^+ 、 Ca^{2+})：將測量完乾重產量之植株樣本磨碎後以原子吸收光譜儀 (Atomic Absorption Spectrophotometer, Z-8230, Hitachi, Japan) 進行樣本鉀及鈣含量之測定。

IV. 統計分析

資料以 SPSS 軟體 (2011) 進行統計分析，首先進行 Shapiro-Wilk 常態性檢定，資料母群體符合常態性者使用獨立樣本 T 檢定 (Independent sample t test) 比較其差異，母群體不符合常態性者則使用曼惠特尼 U 檢定 (Mann-Whitney U test) 比較其差異。相關性分析以皮爾森積差相關分析 (Pearson Correlation) 進行之。

結果與討論

I. 農藝性狀表現

表 1 為農藝性狀調查之結果，其中株高為乾旱處理第 6 週調查之結果。此結果顯示狼尾草台畜草六、八號處理組之株高皆顯著低於對照組，而狼尾草台畜草三、七號處理組之株高雖低於對照組，但其差異未達顯著程度。鮮重產量方面，所有品種狼尾草之處理組皆顯著低於對照組。乾重產量方面，所有品種狼尾草之處理組皆低於對照組，而除了狼尾草台畜草八號以外其餘品種皆達顯著差異程度。分蘗數則除了狼尾草台畜草八號，其餘三個品種狼尾草之處理組皆顯著低於對照組。

表 1. 乾旱對不同品種狼尾草生長狀況之影響

Table 1. The effect of drought on the growth of the different napiergrass varieties

Variety	Treatment	PHL ²	FY	DY	Tiller
		cm	kg/pot/cut	kg/pot/cut	number/pot
NP cv. TS 3 ¹	Control	82.3 ± 9.1 ^{a3}	0.63 ± 0.06 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	80.0 ± 16.6 ^a
	Drought	69.0 ± 7.7 ^a	0.15 ± 0.03 ^b	0.06 ± 0.01 ^b	26.7 ± 5.5 ^b
NP cv. TS 6	Control	77.0 ± 6.9 ^a	0.76 ± 0.06 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	127.0 ± 18.3 ^a
	Drought	52.4 ± 11.2 ^b	0.09 ± 0.04 ^b	0.04 ± 0.01 ^b	41.3 ± 29.7 ^b
NP cv. TS 7	Control	97.3 ± 12.1 ^a	0.66 ± 0.08 ^a	0.13 ± 0.03 ^a	62.3 ± 12.0 ^a
	Drought	73.6 ± 16.9 ^a	0.13 ± 0.03 ^b	0.06 ± 0.01 ^b	30.7 ± 10.6 ^b
NP cv. TS 8	Control	121.0 ± 10.1 ^a	0.88 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	43.0 ± 12.1 ^a
	Drought	91.4 ± 11.0 ^b	0.16 ± 0.05 ^b	0.06 ± 0.01 ^a	26.0 ± 14.5 ^a

¹ NP cv. TS 3, 6, 7, 8: Napiergrass Taishiu cv. No. 3, 6, 7, and 8.² PHL: plant height of leaf tip; FY: fresh yield; DY: dry matter yield.³ Mean ± SD.^{a, b} Means within the same variety in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

II. SPAD 值

不同品種狼尾草之 SPAD 值結果呈現於表 2，為 6 週試驗期中第 2、4、6 週結果之平均值。狼尾草台畜草三、七、八號之處理組 SPAD 值顯著低於對照組，六號則無顯著差異。SPAD 值是利用葉綠素計測量植株葉片之綠色程度，藉以評估其健康程度，因此時常作為評估植物耐逆境能力之指標 (Barutçular *et al.*, 2016)。過去研究曾針對 Luohan7 及 Xinong979 之兩品種小麥進行乾旱處理下 SPAD 值之量測，其結果顯示乾旱處理 30 天後兩品種之 SPAD 值皆下降，而不耐旱 Xinong979 品種之 SPAD 值比耐旱 Luohan7 品種之 SPAD 值為低 (Hou *et al.*, 2018)。Keshavars *et al.* (2012) 針對珍珠粟 (Pear millet) 於 4 種灌溉水量處理下進行 SPAD 值量測，發現 40% 及 60% 灌溉水量下之 SPAD 值顯著低於 80% 及 100%，顯示植株之 SPAD 值在乾旱逆境下將會降低。Kumar *et al.* (2012) 針對小扁豆 (Lentil) 之耐旱性研究亦發現 SPAD 值與小扁豆之根長、根部乾重、植體鮮重及單豆莢種子數呈現顯著正相關，因此 SPAD 值能與小扁豆在耐旱條件下之健康狀況吻合，可作為耐旱性篩選指標。在本研究中，狼尾草三、七、八號之 SPAD 值在乾旱逆境條件下皆有顯著下降，顯示 SPAD 值受乾旱影響而有所下降，符合過去文獻之結果。

表 2. 乾旱對不同品種狼尾草 SPAD 值與電解質滲漏率之影響

Table 2. The effects of drought on SPAD values and electrolyte leakages of different napiergrass varieties

Variety	Treatment	SPAD value ²	EL
			%
NP cv. TS 3 ¹	Control	47.7 ± 5.4 ^{a3}	16.4 ± 5.0 ^b
	Drought	40.2 ± 6.4 ^b	47.1 ± 15.4 ^a
NP cv. TS 6	Control	47.3 ± 3.2 ^a	14.9 ± 3.8 ^b
	Drought	42.1 ± 8.7 ^a	45.8 ± 23.3 ^a
NP cv. TS 7	Control	47.6 ± 4.2 ^a	19.7 ± 4.3 ^b
	Drought	35.8 ± 5.7 ^b	51.7 ± 14.3 ^a
NP cv. TS 8	Control	48.6 ± 2.8 ^a	21.3 ± 5.7 ^b
	Drought	38.9 ± 6.6 ^b	54.8 ± 11.1 ^a

¹ As shown in Table 1.² SPAD value: Soil-Plant Analysis Development value; EL: electrolyte leakage.³ Mean ± SD.^{a, b} Means within the same variety in the same column with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

III. 電解質滲漏率

表 2 呈現 6 週試驗期中第 2、4、6 週結果之平均值，所有品種狼尾草之電解質滲漏率皆以處理組顯著高於對照組。植物在遭受如高溫 (周等, 2017; Wassie *et al.*, 2019)、低溫 (廖, 2018; Dong *et al.*, 2013) 及乾旱等逆境之下，電解質滲漏率會有上升之趨勢。乾旱逆境對植物造成的傷害之一，為產生活性氧攻擊細胞膜，使得細胞膜在逆境下通透性增加 (Blokhina *et al.*, 2003)，胞內離子及小分子物質大量外滲，導致細胞代謝紊亂。因此檢測電解質滲漏率之上升幅度，可評估植物細胞之受傷程度，進而作為耐旱性指標之一 (Masoumi *et al.*, 2010)。Masoumi *et al.* (2010) 針對兩個生態型之沙冰藜屬牧草 (*Kochia scoparia*) 之研究，發現乾旱處理下之電解質滲漏率皆較對照組增加了 50%。針對羊茅屬牧草 (*Festuca arundinacea*) 之研究亦顯示隨著乾旱處理天數之延長，其根部電解質滲漏率具有顯著上升 (Huang and Fry, 1998)。史等 (2005) 之研究顯示 5 種草本地被植物於乾旱處理後電解質滲漏率有所增加，且耐旱性較弱之植物增加幅度較大。在乾旱逆境之下，14 個玉米品種之電解質滲漏率與其耐旱性呈顯著負相關，耐旱性強之玉米品種電解質滲漏率上升幅度小，耐旱性弱之品種則上升幅度大，因此電解質滲漏率適合作為玉米品種耐旱性之評估指標 (白等, 2007)。本研究之結果與過去文獻相符，即在乾旱逆境條件下，電解質滲漏率有所增加。

IV. 水溶性碳水化合物及澱粉

表 3 顯示不同試驗處理之下，不同品種狼尾草之水溶性碳水化合物、澱粉以及離子等植體成分含量。水溶性碳水化合物含量之部分，各品種之狼尾草雖然具有處理組低於對照組之趨勢，然而其差異皆未達顯著程度。澱粉含量方面則並未有顯著差異。水溶性碳水化合物包含葡萄糖、果糖、蔗糖及果聚糖等可溶於水之醣類，為植物生長時的主要碳源，提供其生長所需之營養，因此它的含量通常與產量之累積呈正相關 (Hou *et al.*, 2018)。水溶性碳水化合物除了代表植物之營養狀況，它亦可作為逆境下的滲透調節物質，使植物細胞在缺水時能穩定膨壓，維持正常代謝 (廖, 2018; Karimi *et al.*, 2018)。因此在逆境之下若植物能維持高含量之水溶性碳水化合物，表示其具有優良的耐逆境能力。Keyvan (2010) 給予小麥在不同生長期施以乾旱處理，發現對比於持續澆水之對照組，不論乾旱發生在哪一個生長期，其水溶性碳水化合物含量皆有顯著增加。Karimi *et al.* (2018) 針對四個品種之橄欖 (*Olea europaea* L.) 斷水 30 天後調查其水溶性碳水化合物含量，發現所有品種皆顯著上升。水溶性碳水化合物在逆境之下能增加，其機制之推論為由於植物生長停滯，可溶性醣類降低消耗，以及如澱粉等大分子碳水化合物或蛋白質之水解加強，因此水溶性碳水化合物得以累積 (白等, 2007; Karimi *et al.*, 2018)。然而，並非所有作物在逆境之下水溶性碳水化合物含量都會上升，如葉用蘿蔔 (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) 在高溫逆境之下，不耐熱品種之水溶性碳水化合物含量有顯著降低 (陳, 2015)，不同小麥的品種之在經歷乾旱處理之後，水溶性碳水化合物含量有顯著上升亦有顯著下降 (Hou *et al.*, 2018)。水溶性碳水化合物減少，推其原因，可能為呼吸作用提升，蔗糖合成酶、蔗糖磷酸合成酶及轉化酶等醣類代謝相關酵素之活性降低所導致 (陳, 2015)。在本研究中，狼尾草之處理組水溶性碳水化合物含量皆低於對照組，然而其差異未達到顯著程度，因此水溶性碳水化合物含量作為指標評估狼尾草之耐旱性可能不夠敏感。澱粉在植體中作為另一種能量貯存形式，在逆境下水解以提供植物生長所需的能量及碳，因此在澱粉含量通常會減少 (Karimi *et al.*, 2018; Dien *et al.*, 2019)。在本研究中，所有品種處理組之澱粉含量皆與對照組無顯著差異，顯示澱粉含量並不適合作為狼尾草之耐旱性篩選指標。

V. 鉀、鈣離子

不同品種狼尾草在經歷乾旱處理之後，鉀離子及鈣離子含量皆有上升之趨勢，但其中只有狼尾草台畜草三號處理組之鈣離子顯著高於對照組 (表 3)。除了水溶性碳水化合物之外，無機離子亦為植物在逆境下之滲透調節物質。影響耐旱機制常見的無機離子有鉀及鈣，鉀掌管植物細胞之滲透調節、水分運輸，並能維持氣孔開度，使植物缺水時不因氣孔關閉而使光合作用受抑制 (Karimi *et al.*, 2018)。鈣在乾旱逆境下扮演之角色為透過離子運輸及信號傳導等方式來關閉氣孔，減少蒸散作用；穩定植物細胞膜構造，增加細胞質黏度與彈性亦為鈣在乾旱逆境下的功能之一，能避免植物細胞受缺水傷害 (趙等, 2019; Patakas *et al.*, 2002)。此外，鈣還能增加如超氧歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 等保護酶之活性，藉以抑制活性氧物質之產生 (王及李, 2001)。因此在乾旱逆境下，植體內之鉀與鈣通常會累積，如橄欖 (*Olea europaea* L.) 在歷經斷水後，鉀及鈣含量皆有所上升 (Karimi *et al.*, 2018)，葡萄 (Grapevines; *Vitis vinifera* L. cv. *Savatiano*) 在經歷 10 天斷水處理後，葉片之鉀及鈣含量顯著高於對照組 (Patakas *et al.*, 2002)。在本研究中，雖然在經歷乾旱處理後，鉀及鈣含量皆有增加，但大多數未達顯著差異之程度，因此鉀含量及鈣含量同樣不適合作為狼尾草耐旱性篩選指標。

VI. 相關性分析

將狼尾草之生理指標與各種農藝性狀作相關性分析，SPAD 值及電解質滲漏率是採用第 2、4、6 週結果之

平均值數據 (表 4)。當中可見 SPAD 值及電解質滲漏率皆分別與鮮重產量呈現顯著相關, 相關係數分別為 0.824 及 -0.892, 屬高度相關 (r 大於 0.7)。水溶性碳水化合物含量及鉀含量分別與鮮重產量亦呈現顯著相關, 相關係數分別為 0.448 及 -0.486, 屬中度相關 (r 介於 0.3 – 0.5)。乾重產量之結果與鮮重產量之結果相似, 同為與 SPAD 值及電解質滲漏率呈現高度相關, 相關係數分別為 0.737 及 -0.837; 與水溶性碳水化合物含量及鉀含量呈現中度相關, 相關係數分別為 0.540 及 -0.609。株高之結果只有與鈣含量呈現顯著相關, 相關係數為 -0.727。分蘗數則與 SPAD 值及電解質滲漏率呈現顯著相關, 相關係數分別為 0.575 及 -0.690。

表 3. 乾旱對不同品種狼尾草水溶性碳水化合物、澱粉及離子等植體成分含量之影響

Table 3. The effects of drought on the contents of water soluble carbohydrate, starch, and inorganic ions of different napiergrass varieties

Variety	Treatment	WSC ²	Starch	K ⁺	Ca ²⁺
----- % -----					
NP cv. TS 3 ¹	Control	1.80 ± 0.99 ^{a3}	4.81 ± 1.16 ^a	4.85 ± 0.66 ^a	0.36 ± 0.01 ^b
	Drought	1.30 ± 0.45 ^a	4.04 ± 0.23 ^a	5.32 ± 0.40 ^a	0.39 ± 0.01 ^a
NP cv. TS 6	Control	2.71 ± 0.74 ^a	4.03 ± 0.40 ^a	5.58 ± 0.13 ^a	0.45 ± 0.01 ^a
	Drought	1.77 ± 0.92 ^a	4.26 ± 0.82 ^a	5.93 ± 0.88 ^a	0.50 ± 0.08 ^a
NP cv. TS 7	Control	2.16 ± 1.41 ^a	5.78 ± 2.65 ^a	4.19 ± 0.81 ^a	0.37 ± 0.04 ^a
	Drought	1.58 ± 0.24 ^a	5.49 ± 0.30 ^a	5.32 ± 0.41 ^a	0.44 ± 0.11 ^a
NP cv. TS 8	Control	3.21 ± 2.00 ^a	4.75 ± 1.50 ^a	4.46 ± 0.92 ^a	0.31 ± 0.05 ^a
	Drought	1.99 ± 0.72 ^a	3.74 ± 0.61 ^a	5.82 ± 1.00 ^a	0.31 ± 0.01 ^a

¹ As shown in Table 1.

² WSC: water soluble carbohydrate.

³ Mean ± SD.

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

表 4. 狼尾草農藝性狀與生理指標之相關性分析

Table 4. Correlation analysis between agronomic characters and physiological values of different napiergrass varieties

Physiological value	PHL ²		FY		DY		Tiller	
	Pearson's r	Significant test	Pearson's r	Significant test	Pearson's r	Significant test	Pearson's r	Significant test
SPAD value ¹	0.311	0.139	0.824*	< 0.001	0.737*	< 0.001	0.575*	0.003
EL	-0.279	0.187	-0.892*	< 0.001	-0.837*	< 0.001	-0.690*	< 0.001
WSC	0.261	0.217	0.448*	0.028	0.540*	0.006	0.377	0.070
Starch	0.005	0.982	0.091	0.673	0.216	0.310	-0.011	0.958
K ⁺	-0.385	0.064	-0.486*	0.016	-0.609*	0.002	-0.123	0.568
Ca ²⁺	-0.727*	< 0.001	-0.291	0.167	-0.340	0.104	0.175	0.415

¹ SPAD value: Soil-Plant Analysis Development value; EL: electrolyte leakage; WSC: water soluble carbohydrate.

² PHL: plant height of leaf tip; FY: fresh yield; DY: dry matter yield.

* Means $P < 0.05$.

結 論

狼尾草台畜草 3、6、7、8 號在經歷乾旱處理之後, 其鮮重產量、乾重產量、葉尖株高、分蘗數等農藝性狀有所下降, 以及 SPAD 值、電解質滲漏率在對照組與處理組之間亦有顯著之不同, 因此此四個狼尾草品種之耐旱性情形類似, 在乾旱環境下皆未展現耐旱能力。將不同品種狼尾草之 SPAD 值、電解質滲漏率、水溶性碳水化合物含量、澱粉含量、鉀離子含量、鈣離子含量等 6 種生理指標與鮮重產量作相關性分析, 結果顯示 SPAD 值及電解質滲漏率與鮮重產量及乾重產量之相關係數最高, 屬高度相關。因此, SPAD 值及電解質滲漏率作為篩選指標評估狼尾草之耐旱性較為適合, 未來之研究方向為以此二個生理值做為耐旱性評估指標, 並增加狼尾草之受測品系, 以確實

找出耐乾旱的狼尾草品系。

參考文獻

- 王娟、李德全。2001。逆境條件下植物體內滲透調節物質的積累與活性氧代謝。植物學報 18：459-465。
- 白向曆、齊華、劉明、張振平。2007。玉米抗旱性與生理生化指標關係的研究。玉米科學 15：79-83。
- 史燕山、駱建霞、王煦、趙坤平、劉玉冬、黃俊軒。2005。5種草本地被植物抗旱性研究。西北農林科技大學學報(自然科學版) 33：130-134。
- 李姿蓉、鍾萍、林正斌、顏素芬。2018。狼尾草品種改良。行政院農業委員會畜產試驗所年報。行政院農業委員會畜產試驗所，臺南市，第 36 頁。
- 周小燕、羅劍甯、李金月、李偉華、吳海濱。2017。有稜絲瓜苗期耐熱性及其對熱脅迫的生理響應。熱帶亞熱帶植物學報 25：357-369。
- 林正斌、李姿蓉、成游貴、顏素芬、盧啟信、范耕榛、李春芳。2018。狼尾草育種改良與應用。行政院農業委員會畜產試驗所六十週年所慶學術研討會專輯 - 飼作。行政院農業委員會畜產試驗所，臺南市，第 7-12 頁。
- 范耕榛、施柏齡、李姿蓉、蕭宗法、李滋泰、李春芳。2019。狼尾草台畜草 8 號對泌乳山羊飼養價值的評估。畜產研究 52：256-263。
- 陳葦玲、蕭政弘、蕭瑞展。2013。高溫逆境下青花菜之生理、組織結構變化及開花表現之研究。臺中區農業改良場研究彙報 121：9-24。
- 陳葦玲。2015。葉用蘿蔔耐熱生理及型態探討。103 年度臺中區農業改良場科技計畫研究成果發表會論文輯 - 特刊 129 號。行政院農業委員會臺中區農業改良場。臺中市。第 76-90 頁。
- 廖冠琳。2018。低溫對甘藷葉片生理的影響及生物刺激素增加低溫耐受性之研究。國立中興大學園藝學系，碩士論文，臺中市。
- 趙鑫、王文娟、王普昶、黃莉娟、趙麗麗。2019。不同鈣濃度對寬葉雀稗幼苗的生長和抗性生理的影響。植物生態學報 43：909-920。
- 羅惠齡、林楨祐、王三太。2019。芥藍耐熱品種選育。臺灣農業研究 68：293-304。
- Barutçular, C., M. Yıldırım, M. Koç, C. Akıncı, I. Toptaş, O. Albayrak, A. Tanrikulu, and A. El Sabagh. 2016. Evaluation of SPAD chlorophyll in spring wheat genotypes under different environments. Fresenius Environ. Bull. 25: 1258-1266.
- Blokhina, O., E. Virolainen, and K. V. Fagerstedt. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. Ann. Bot. 91: 179-194.
- Dien, D. C., T. Mochizuki, and T. Yamakawa. 2019. Effect of various drought stresses and subsequent recovery on proline, total soluble sugar and starch metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Plant Prod. Sci. 22: 530-545.
- Dong, X., H. Bi, G. Wu, and X. Ai. 2013. Drought-induced chilling tolerance in cucumber involves membrane stabilisation improved by antioxidant system. Int. J. Plant Prod. 7: 67-80.
- Hou, J., X. Huang, W. Sun, C. Du, C. Wang, Y. Xie, Y. Ma, and D. Ma. 2018. Accumulation of water-soluble carbohydrates and gene expression in wheat stems correlates with drought resistance. J. Plant Physiol. 231: 182-191.
- Huang, B. and J. D. Fry. 1998. Root anatomical, physiological, and morphological responses to drought stress for tall fescue cultivars. Crop Sci. 38: 1017-1022.
- Karimi, S., M. Rahemi, A. A. Rostami, and S. Sedaghat. 2018. Drought effects on growth, water content and osmoprotectants in four olive cultivars with different drought tolerance. Int. J. Fruit Sci. 18: 254-267.
- Keshavars, L., H. Farahbakhsh, and P. Golkar. 2012. The effects of drought stress and super absorbent polymer on morphophysiological traits of pear millet (*Pennisetum glaucum*). Intl. Res. J. Appl. Basic Sci. 3: 148-154.
- Keyvan, S. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. J. Anim. Plant Sci. 8: 1051-1060.
- Kumar, J., P. S. Basu, E. Srivastava, S. K. Chaturvedi, N. Nadarajan, and S. Kumar. 2012. Phenotyping of traits imparting drought tolerance in lentil. Crop Pasture Sci. 63: 547-554.
- Masoumi, A., M. Kafi, H. Khazaei, and K. Davari. 2010. Effect of drought stress on water status, electrolyte leakage and enzymatic antioxidants of kochia (*Kochia scoparia*) under saline condition. Pak. J. Bot. 42: 3517-3524.
- Netto, A. T., E. Campostrini, J. G. de Oliveira, and R. E. Bressan-Smith. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. Sci. Hortic. 104: 199-209.

- Paleg, L. G. 1959. Citric acid interference in the estimation of reducing sugars with alkaline copper reagents. *Anal. Chem.* 31: 1902-1904.
- Patakas, A., N. Nikolaou, E. Zioziou, K. Radoglou, and B. Noitsakis. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. *Plant Sci.* 163: 361-367.
- SPSS. 2011. SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. SPSS Inc., Chicago, IL. USA.
- Wassie, M., W. Zhang, Q. Zhang, K. Ji, and L. Chen. 2019. Effect of heat stress on growth and physiological traits of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and a comprehensive evaluation for heat tolerance. *Agronomy* 9: 597.
- Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. *Laboratory Manual of Physiological Studies of Rice* 3rd Edition, pp. 46-49. International Rice Research Insititute, Los Baños, Philippines.

Study on the physiological index of drought tolerance for napiergrass ⁽¹⁾

Li-Chung Tsai ^{(2) (3)} Tzu-Rung Li ⁽²⁾ and Ping Chung ⁽²⁾

Received: May 31, 2022; Accepted: Nov. 10, 2022

Abstract

In this study, Napiergrass Taishiu cv. No. 3, 6, 7, 8 (NP cv. TS 3, 6, 7, 8) were cultivated in the pot with different water condition under shading-nets to determine the agronomic traits and physiological values. In the trial, the control treatment was irrigated twice a week, and the drought treatment groups were irrigated once every two weeks, in simulation of the drought adversaries during the growth period of grass. The results showed that the fresh biomass yields of all napiergrass varieties were significantly lower in the drought groups than those in the control group. The SPAD (Soil-Plant Analysis Development) values of NP cv. TS 3, 6, and 8 were significantly lower in the drought groups. In terms of electrolyte leakage rate, the drought groups of all napiergrass varieties were significantly higher than the control group. There were no significant differences between control groups and drought groups in the water-soluble carbohydrate contents and the starch contents of all the varieties. With regards to the inorganic ions, the content of Ca^{2+} in the drought group of NP cv. TS 3 was significantly higher than that in the control group. Correlation analyses showed that the correlation coefficients between fresh yield and SPAD value, and between fresh yield and electrolyte leakage rate were the highest, which correlation coefficient was greater than 0.7 and highly correlated. Hence, findings suggest that SPAD value and electrolyte leakage rate might be used as the physiological index for evaluating the drought tolerance of napiergrass.

Key words: Napiergrass, Drought tolerance, Physiological index, Forage crops.

(1) Contribution No. 2724 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Forage Crops Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: humanspider123@tlri.gov.tw.

給予白色番鴨棲架與足部消毒設備對其生長 與動物福祉性狀之影響⁽¹⁾

蘇晉暉⁽²⁾ 林榮新⁽²⁾ 劉秀洲⁽²⁾ 鄭智翔⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：111 年 8 月 4 日；接受日期：111 年 11 月 14 日

摘 要

本試驗旨在探討提供白色番鴨棲架與足部消毒設備，對其生長以及動物福祉相關性狀之影響。試驗使用 240 隻 1 日齡白色番鴨（公母各半），於鴨隻 3 週齡育雛結束時，依照有無提供棲架與消毒踏槽逢機分配至 12 欄（4 處理 × 3 重複）內，每一欄內公、母各 10 隻。試驗至鴨隻滿 16 週齡為止。於鴨隻 4 週齡開始每週針對其動物福祉相關性狀（足墊損傷、羽毛狀況與步伐）進行評分。於鴨隻 4、8、12 與 16 週齡時各欄內固定 3 隻公鴨抽血以分析其血中皮質酮的濃度，藉此瞭解鴨隻緊迫的程度。試驗結果顯示，各組鴨隻試驗全期體重均無顯著差異；動物福祉相關性狀的試驗結果顯示，於 10 週齡時，棲架處理顯著降低公鴨的腳底損傷分數（ $P < 0.05$ ），消毒踏槽在 12 與 14 週齡時顯著增加公鴨的足墊損傷評分（ $P < 0.05$ ）。羽毛評分與移動步伐兩性狀則於試驗全期並未觀察到組別間具有顯著差異；4 個不同血液採樣時間點之公鴨血液皮質酮濃度亦未觀察到顯著差異。試驗結果顯示，本試驗規劃之棲架與消毒踏槽未大幅度改善 4 至 16 週齡白色番鴨動物福祉相關性狀，另母白色番鴨於試驗期間動物福祉相關性狀表現尚屬良好，公白色番鴨於 7 至 12 週齡羽毛狀況不佳情形以及試驗期間出現少數移動能力不佳個體的情形，仍需結合更多管理與營養調整的手段來舒緩。

關鍵詞：棲架、消毒、白色番鴨。

緒 言

足墊炎 (footpad dermatitis) 是家禽常見的症狀，一般也稱作趾瘤症 (bumble foot)，最初是在 1980 年代發表討論白肉雞上發現的一種皮膚情況 (Greene *et al.*, 1985)。發生足墊炎的家禽其足部肉墊變硬、流膿、腐敗或是足部產生不正常的角質化與組織增生。而在足墊發炎處的中央，通常會直接壞死，因此對於發生此種狀況的家禽而言，將長期忍受極為不適的感覺。

由於雞隻的腳爪在許多國家會被用來當作食材，所以發生足墊炎，除了造成動物本身的痛苦，降低其動物福祉以外，還會造成產業的損失。過去針對足墊炎發生機制探討的研究將發生足墊炎的原因歸咎於以下幾點：性別、品種、飼糧營養、皮膚構造、動物本身的體重、墊料潮濕情況與墊料種類等 (Mayne, 2005)，而在經過 Shepherd and Fairchild (2010) 歸納後認為以潮濕的墊料誘發環境或是家禽足底傷口感染金黃色葡萄球菌的大量增生，是最有可能誘發足墊炎的原因。在鴨隻飼養的過程中，若是以高床飼養，常需以清水沖洗高床地面，可能增加鴨隻足部潮濕的頻率與程度；而在平飼環境下，水禽糞便中含水量較一般陸禽高，容易使墊料在短時間內變得極為潮濕，增加鴨隻趾瘤症的發生機會。為了防疫需求，目前鴨隻產業移至室內或以非開放式飼養的趨勢與動機越趨明顯，但也因此提高鴨隻飼養密度，並導致足墊炎發生的情形更為嚴重。

公番鴨性格具強烈攻擊性，於平飼狀態下常可見社會序位較低的公番鴨背部羽毛被啄導致皮膚暴露於空氣中，嚴重者甚至可見到背部出血的情況。又或者見到公番鴨彼此打鬥後，落敗方於鴨舍內狂奔躲避追擊而導致足部受傷的情形。上述情形的發生不僅造成飼養者的經濟損失，對於鴨隻的動物福祉亦有不利的影響。因此，本試驗藉由提供棲架，增加白番鴨生活空間的立體感，希望藉此降低白色番鴨互相攻擊的情形，並提供鴨隻遭受攻擊時躲藏的空間。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2725 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。

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

間。此外，因足墊炎的發生與金黃色葡萄球菌感染有極大之關係 (李等，2004)，若能使鴨隻於飼養過程中，藉由適當的消毒來降低足部的金黃色葡萄球菌濃度，應該可減少足墊炎的發生與嚴重程度。

材料與方法

I. 試驗動物

使用畜產試驗所宜蘭分所自行孵化之 1 日齡白色雛番鴨公、母各 120 隻，鴨隻出生時打蹠號以識別個體，共 240 隻進行試驗。鴨隻於 3 週齡前飼養於密閉式高床育雛舍內並以保溫燈給予保溫，鴨隻滿 3 週齡時移至密閉式平飼不鏽鋼高床鴨舍，逢機分配至 12 欄，每欄公、母各 10 隻，同時給予不同的試驗處理。鴨隻於滿 4 週齡與 7 週齡時，分別進行家禽霍亂疫苗注射。本動物試驗經過行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所實驗動物照護及使用小組審核通過 (畜試宜動字第 106008 號)。

II. 試驗飼糧

試驗飼糧分 4 階段給予，分別為 0 — 3 週的育雛料、4 — 8 週的育成前期料、9 — 12 週的育成後期料以及 13 — 16 週給予的肥育料。試驗期間飼料與飲水任飼，飼料配方與營養濃度計算值如表 1 所示。

表 1. 各期試驗飼糧組成與營養成分計算值

Table 1. The composition and calculated nutrient values of experimental diet

Ingredients, %	Weeks of age			
	0 — 3	4 — 8	9 — 12	13 — 16
Yellow corn	64.16	65.99	74.10	68.71
Fish meal	6.77	0.82		
Soybean meal, 43% CP	15.50	16.70	14.98	12.70
Wheat bran	10.00	8.80	2.60	2.60
Soybean oil	0.43	1.63	1.38	0.41
Yeast	0.63			1.00
Rice hull		2.19	2.65	10.20
Iodized salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Choline Chloride, 50%	0.20	0.30	0.30	0.30
Pulverized limestone	0.20	1.00	1.10	1.07
Dicalcium phosphate	1.40	1.70	1.88	1.93
DL-Methionine	0.05	0.14	0.15	0.17
L-Lysine	0.16	0.23	0.36	0.41
Vitamin premix ^a	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ^b	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100	100	100	100
Calculated values				
CP, %	18.7	15.4	14.0	13.0
ME, kcal/kg	2,890	2,890	3,000	2,700
Ca, %	0.72	0.73	0.74	0.74
Available P, %	0.43	0.50	0.53	0.53
Lysine, %	1.1	0.90	0.90	0.90
Methionine + Cystine, %	0.71	0.67	0.65	0.63

^a Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 2,000 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K, 3 mg; thiamin, 2 mg; riboflavin, 5 mg; pyridoxine, 3 mg; vitamin B₁₂, 0.03 mg; Ca-pantothenate, 10 mg; niacin, 30 mg; biotin, 0.2 mg; folic acid, 2 mg.

^b Supplied per kilogram of diet: MnSO₄ · H₂O, 40 mg; ZnO, 25 mg; CuSO₄ · 5H₂O, 7.5 mg; Na₂SeO₃, 0.075 mg; FeSO₄ · 7H₂O, 50 mg; KIO₃, 0.425 mg; CoCO₃, 0.125 mg.

III. 試驗處理

試驗依據各欄內提供消毒踏槽與棲架的有無分為 4 處理組之複因子設計。消毒踏槽放置於鴨隻飲水與水浴用之水槽周圍，水槽其中一側貼牆，另外三側被消毒踏槽包圍，確定鴨隻於水浴及飲水時足部會踏入消毒。消毒踏槽設計之俯視圖如圖 1 所示，其大小分別為寬 92 公分、左右長度 58 公分、中央長度 20 公分、壁高 3 公分。消毒踏槽內倒入 3 公升已稀釋為 1,000 倍的四級銨鹽消毒溶液，並於每週一、三、五更新消毒液。棲架側面圖如圖 2 所示，為兩層式設計，第一層高 17 公分、第二層高 47 公分，總長 180 公分（側面圖形狀延伸 180 公分）。棲架放置於處理欄位的中間處，以木板作為兩端的結構支撐，中間架設 30 公分寬白色塑膠網狀床面做為鴨隻休憩使用。並於其中一側以白色塑膠網架設斜坡以利鴨隻攀爬。

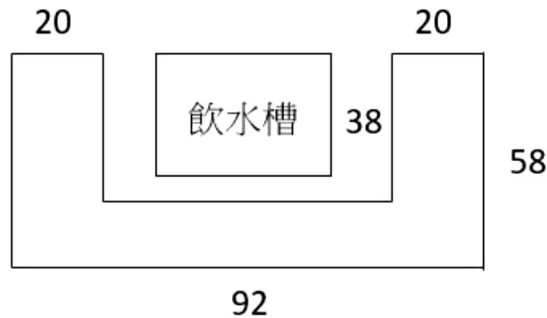


圖 1. 試驗使用消毒踏槽俯視圖（公分）。

Fig. 1. The top view of experimental foot sterilization facility (cm).

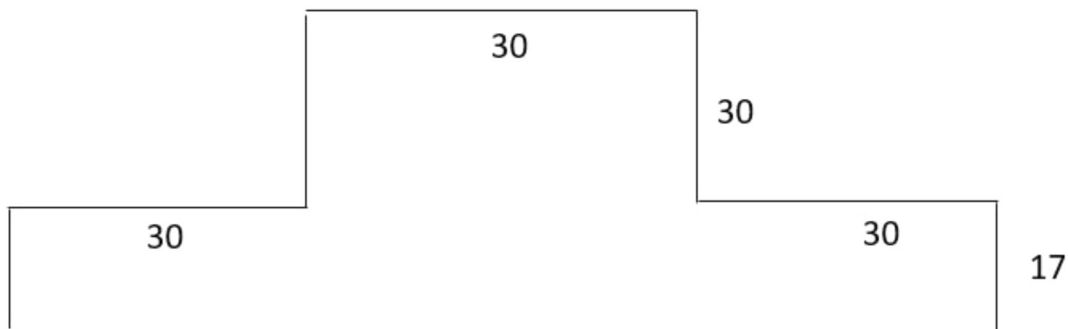


圖 2. 試驗使用棲架側面圖（公分）。

Fig. 2. The side view of experimental perch (cm).

IV. 試驗環境

試驗之個別欄每一欄寬 3 公尺、長 8 公尺，面積為 24 平方公尺。鴨舍兩側以帆布覆蓋，為一非開放式鴨舍，並於鴨舍後方開啟風扇進行強制通風。另外以日光燈給予鴨隻每天 14 小時的光照，光照時間為每日上午 5 時至下午 7 時。

V. 試驗測定項目

(i) 體重

於鴨隻出生後，每週測定其體重，並且於測定體重前一日下午斷食，於隔日體重測定完成後恢復供食，以避免鴨隻消化道中飼糧重量影響體重測定值。

(ii) 動物福祉性狀

於 4 週齡開始，於每週測定鴨隻體重表現後，依序觀察其足墊損傷情形、背部羽毛狀況後放下鴨隻觀察其步行約 3 公尺的步伐情形給與評分。本試驗動物福祉性狀測定項目分別說明如下：

1. 足墊損傷

依照鴨隻足底肉墊損傷程度給予評分。評分方式參考 Hocking *et al.* (2008) 應用於火雞的評分機制，並由原本 0 分至 4 分的評分方式調整為 0 分至 5 分，各項分數之評分說明如表 2 所示。

2. 羽毛狀況

因鴨隻背部及尾部為易受啄羽之處，因此依照鴨隻背部及尾部羽毛狀況給予評分，評分方式參考 Glatz

(2001) 的方式進行，分為 4 分至 1 分，各項分數之評分說明如表 3 所示。

3. 步伐評分

本試驗鴨隻的步伐評分參考修正自 Kestin *et al.* (1992) 的評分標準。評分標準分為 0 分至 3 分，各項分數之評分說明如表 4 所示。考量番鴨啄羽與攻擊情形嚴重，當研究人員評定鴨隻步伐評分為 3 分（行動能力明顯低下）時，會將該個體移出隔離飼養，避免因無法順利行動導致持續遭受攻擊而死亡，經此操作，於試驗結束時各處理組 3 重複公鴨總剔除數量為對照組 4 隻、消毒踏槽組 5 隻、棲架組 9 隻、棲架及消毒踏槽組 4 隻，母鴨則無。

表 2. 試驗鴨隻足墊損傷評分標準

Table 2. Description of duck external foot pad scoring standard in the experiment

Score	Foot pad condition
0	No external signs of foot pad dermatitis. The skin of the foot pad feels soft to the touch and no swelling or necrosis is evident
1	The pad feels harder and denser than a non-affected foot. The central part of the pad is raised, reticulate scales are separated and small black necrotic areas may be present
2	Marked swelling of the foot pad. Reticulate scales are black, forming scale shaped necrotic areas. The scales around the outside of the black areas may have turned white. The area of necrosis is less than one quarter of the total area of the foot pad
3	Swelling is evident and the total foot pad size is enlarged. Reticulate scales are pro-nounced, increased in number and separated from each other
4	As score 3, The amount of necrosis extends to the foot pad, but with less than half the foot pad covered by necrotic cells
5	As score 4, but with more than half the foot pad covered by necrotic cells

表 3. 試驗鴨隻羽毛狀況評分標準

Table 3. Description of duck feather scoring standard in the experiment

Score	Feather condition
4	Nearly no damage of duck's back feathers
3	Some broken of the primarily wing feathers, and the feathers are uneven
2	Back feathers are pecked, and a small area of skin exposed to the air can be observed
1	Back feathers are visibly pecked, and large areas with bleeding or crusted skin are observed

表 4. 試驗鴨隻步伐評分標準

Table 4. Description of duck gait scoring standard in the experiment

Score	Gait condition
0	Duck walks normally and smoothly
1	Duck moves unevenly, but it is difficult to decided which foot is injured
2	Duck is obviously sluggish, have small strides and must use wings for balance
3	Duck is unable to stand and walk, and spend most of their time lying on the ground

(iii) 血液皮質酮濃度

於試驗鴨隻滿 4、8、12 及 16 週齡時，固定上午 8 點 30 分至 10 點間，選取每一欄內固定 3 隻公番鴨進行翼靜脈採血。血液離心後取其血清凍存於 -20℃ 冰箱中，後續以市售皮質酮分析套件 (Item no. 501320, Cayman, USA)，以酵素免疫分析法 (enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) 測定其血漿中皮質酮的濃度。

VI. 統計分析

試驗為複因子 (factorial experiment) 設計，以消毒踏槽及棲架為主效應 (main effect)。試驗測定之結果使用

SAS 統計套裝軟體 (SAS, 2002) 分析，以一般線性模式 (GLM procedure) 進行主效應與其交互效應的變方分析，並以特奇公正顯著差異法 (Tukey's honest significant difference)，比較各組平均值間之差異顯著性。

結果與討論

表 5 與表 6 為試驗各處理組公鴨與母鴨的體重測定值。試驗結果顯示，公鴨在 11 週齡時，有給予消毒踏槽組的鴨隻其體重有較重的趨勢 ($P = 0.0516$)，而在 12 週齡時，同時提供棲架與消毒踏槽具顯著影響 ($P < 0.05$)，於其他各週齡則未觀察到棲架與消毒踏槽具有效應。在母鴨部分，試驗全期皆未觀察到提供棲架與消毒踏槽具有效應。

給予家禽棲架一般被認為可提高動物的動物福祉，根據歐盟的規定 (1999/74/EC)，飼養者必須提供產蛋雞可接觸到墊料與棲架的環境。根據文獻指出，產蛋雞在 1 週齡時就會使用棲架 (Riber *et al.*, 2007)，且早期給予棲架可促進其骨骼 (Yan *et al.*, 2014) 與肌肉 (Hester *et al.*, 2013) 的發展。此外，棲架也被認為可以提供家禽夜晚時表現躲避狩獵者等自然行為的地方 (Newberry *et al.*, 2001)。過去於白肉雞應用棲架的試驗結果顯示，給予棲架可以在不影響白肉雞生長性能的同時提高其移動能力並讓白肉雞表現棲架行為 (Karaarslan *et al.*, 2021)；Ventura *et al.* (2010) 的研究亦顯示不論是簡單型或複雜型的棲架，都不會顯著影響白肉雞上市日齡的體重；Gebhardt-Henrich *et al.* (2017) 針對白肉種雞的研究也顯示棲架並不會影響其生產表現。本試驗的結果與上述文獻相似，雖然試驗棲架的給予可提高鴨隻飼養環境的豐富性，但對於其生長並未有正面效益。而在消毒踏槽部分，雖然現場實際觀察可發現消毒踏槽的位置可以讓鴨隻於戲水及飲水的同時，強迫其足墊浸入消毒液中，但是消毒踏槽除於公番鴨 11 週齡時有改善體重的趨勢外 ($P = 0.0516$)，此效應並未持續到試驗後期，於其他週齡與母番鴨試驗全期皆未具有效應。推測可能是因為在鴨隻生長初期，雖然足部有輕微損傷，但其傷口對於鴨隻的生長不會造成影響，因此消毒踏槽對於此時的番鴨而言，僅成為增加其環境豐富性的設備。

表 7 與表 8 是試驗各處理組公鴨與母鴨的足墊損傷評分結果。試驗結果顯示，在公番鴨 10 週齡時棲架顯著降低其足墊損傷 ($P < 0.05$)，12 與 14 週齡時消毒踏槽則顯著增加其足墊損傷 ($P < 0.05$)。母番鴨於試驗全期未觀察到棲架與消毒踏槽具顯著效應，母鴨未如公鴨具顯著效應，可能是受到兩者體重與生長速度差異所導致。針對足墊炎的研究認為足墊炎的成因相當複雜，包含飼養密度、族群管理、床面材質與品質、墊料潮濕程度、營養等因素都有可能造成足墊炎 (Swiatkiewicz *et al.*, 2017)。Wyneken *et al.* (2015) 觀察到白肉雞足墊炎的發生與墊料潮濕程度具線性關係，然而 Kaukonen *et al.* (2016) 的研究結果顯示就算保持良好的墊料品質也沒辦法確保白肉種雞能維持良好的足墊品質，足墊炎的發生率與嚴重程度隨著白肉種雞年齡的增加依舊持續惡化，於 55 – 64 週齡屠宰時，有 64% 的個體被判定屬於嚴重程度。Karaarslan *et al.* (2021) 給予白肉雞障礙型棲架 (barrier perch) 阻擋在飼料與水之間，結果顯示的確增加 4 到 5 週齡白肉雞的移動能力，但也提高了白肉雞足墊損傷的比例。然而在 Ventura *et al.* (2010) 的研究中，簡單的障礙型棲架可以降低白肉雞足墊損傷的比例，複雜型的障礙型棲架卻沒有此效果，該作者認為這樣的結果主要是因為複雜型棲架間接的提高了白肉雞的飼養密度，導致障礙型棲架提高白肉雞移動力的正面效應被掩蓋過去。觀察本試驗資料可發現，試驗公、母番鴨在 14 週齡以前的足墊損傷情形並不嚴重，整體平均表現均落在 1 分以內，並於 15 週齡開始逐漸增高，因此可推斷足墊損傷在肉用番鴨的嚴重程度不若種番鴨，種番鴨需要更多方式來協助其緩解足墊炎的發生與惡化。

表 9 與表 10 是各處理組公鴨與母鴨的羽毛狀況評分結果。試驗結果顯示，公、母番鴨於試驗全期棲架、消毒踏槽皆未具顯著效應。啄羽的定義是一種鳥類啄、拉、移除與吞食彼此羽毛的行為 (Savory, 1995)，一般啄羽會連結家禽的啄食癖 (cannibalism)，嚴重的啄羽行為會大幅降低家禽的動物福祉，因為被啄羽的個體，不僅是喪失羽毛的保護，還會導致出現傷口、承受被啄到的疼痛、甚至嚴重到發炎死亡 (Hartcher *et al.*, 2015)。本試驗觀察羽毛評分可發現母番鴨於試驗全期羽毛都保持相當不錯的情況，而公番鴨則大約於第 7 週開始啄羽，並且持續惡化嚴重到第 10 週達到高峰。而後續雖羽毛狀況好轉，但這是因為部分公番鴨因無法站立行走被移走隔離飼養導致，因無法行走之公番鴨無法如其他鴨隻在被啄羽時走避，導致常見到無法行走之鴨隻伴隨相當嚴重的羽毛狀況。此外現場觀察可發現當同一欄內公番鴨的位序已經打鬥確定後，就很少再觀察到打鬥與啄羽行為，可能也是導致後續羽毛情況好轉的原因。Staaveren *et al.* (2021) 以大數據分析了 23 篇相關的文獻後，歸納出環境豐富化 (提供雞隻物品、築巢環境、沙浴等) 可降低產蛋雞的啄羽行為、羽毛損傷，本試驗公番鴨並未具有類似的效應，可能的差異在於，公番鴨造成啄羽行為及羽毛損傷主因是在建立社會地位排序的過程中，公番鴨彼此攻擊，且勝利方為擴大優勢，會追啄落敗方，此種羽毛傷害成因與產蛋雞明顯不同。可以由試驗母番鴨幾乎全無羽毛損傷的情形看出，現場觀察公番鴨雖亦有輕啄母番鴨的行為 (gentle feather pecking)，但母番鴨通常快速逃離且公番鴨亦無追啄情形，因此單純依靠環境豐富化可能仍不足以降低公番鴨羽毛損傷程度。

表 5. 試驗各處理公鴨體重

Table 5. The body weights of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	1,087 ± 57	1,642 ± 58	2,093 ± 69	2,408 ± 84	2,965 ± 31	3,479 ± 69	3,685 ± 70	3,958 ± 121	4,259 ^{ab} ± 136	4,461 ± 122	4,609 ± 133	4,788 ± 99	4,875 ± 81
Sterilization group	1,091 ± 40	1,633 ± 78	2,099 ± 84	2,486 ± 91	3,018 ± 25	3,384 ± 56	3,734 ± 36	3,992 ± 80	4,152 ^{ab} ± 75	4,483 ± 222	4,668 ± 196	4,794 ± 83	4,928 ± 30
Perch group	1,036 ± 80	1,705 ± 16	2,155 ± 36	2,422 ± 94	2,944 ± 126	3,414 ± 176	3,582 ± 191	3,860 ± 142	3,980 ^b ± 155	4,238 ± 326	4,741 ± 236	4,873 ± 231	4,988 ± 282
Perch and sterilization group	1,076 ± 25	1,612 ± 50	2,090 ± 32	2,437 ± 27	2,963 ± 61	3,551 ± 41	3,724 ± 82	4,100 ± 44	4,324 ^a ± 64	4,513 ± 87	4,686 ± 49	4,796 ± 64	4,870 ± 94
	Effects												
Sterilization	NS [†]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).

^{a, b} Means in the same column with different superscripts differ (P < 0.05).[†] NS: No significant effects.

*P < 0.05; +P = 0.0516.

表 6. 試驗各處理母鴨體重

Table 6. The body weights of experimental female duck

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	847 ± 9	1,252 ± 14	1,595 ± 11	1,826 ± 45	2,219 ± 28	2,503 ± 47	2,519 ± 41	2,595 ± 40	2,661 ± 33	2,744 ± 51	2,848 ± 104	2,850 ± 46	2,917 ± 45
Sterilization group	876 ± 58	1,235 ± 75	1,583 ± 116	1,860 ± 156	2,244 ± 154	2,509 ± 112	2,537 ± 81	2,599 ± 67	2,684 ± 55	2,726 ± 78	2,817 ± 71	2,869 ± 50	2,899 ± 43
Perch group	874 ± 28	1,256 ± 78	1,586 ± 112	1,810 ± 120	2,188 ± 141	2,514 ± 201	2,520 ± 179	2,623 ± 153	2,694 ± 130	2,792 ± 16	2,823 ± 151	2,865 ± 149	2,884 ± 167
Perch and sterilization group	876 ± 14	1,248 ± 26	1,569 ± 21	1,841 ± 17	2,227 ± 44	2,493 ± 50	2,502 ± 64	2,556 ± 63	2,646 ± 60	2,692 ± 55	2,744 ± 47	2,784 ± 21	2,790 ± 9
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).

¹ NS: No significant effects.

表 7. 試驗各處理公鴨足墊損傷評分
Table 7. The foot pad score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.4	0.5 ± 0.4 ^{ab}	0.8 ± 0.4	0.9 ± 0.4
Sterilization group	0.3 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.4	0.6 ± 0.1	0.7 ± 0.5	1.1 ± 0.2 ^a	1.4 ± 0.7	1.2 ± 0.6
Perch group	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.3	0.6 ± 0.5	0.5 ± 0.4	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.0 ^b	1.1 ± 0.3	1.0 ± 0.4
Perch and sterilization group	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.0	0.9 ± 0.3 ^{ab}	1.0 ± 0.7	1.4 ± 0.2
Effects													
Sterilization	NS [†]	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
^{a, b} Means in the same column with different superscripts differ (P < 0.05).
[†] NS: No significant effects.
*P < 0.05; +P = 0.0608.

表 8. 試驗各處理母鴨足墊損傷評分
Table 8. The foot pad score of experimental female ducks

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.6 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.3	0.6 ± 0.3	0.4 ± 0.2	0.6 ± 0.6	0.5 ± 0.4	0.9 ± 0.4
Sterilization group	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.0	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.3	0.6 ± 0.3	0.7 ± 0.4	0.8 ± 0.3
Perch group	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.3	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.5	0.5 ± 0.2	0.8 ± 0.3	0.9 ± 0.4
Perch and sterilization group	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.6 ± 0.3	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.2	0.5 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.2
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.

表 9. 試驗各處理公鴨羽毛狀況評分

Table 9. The feather condition score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.8 ± 0.3	3.4 ± 0.2	3.3 ± 0.2	3.2 ± 0.3	3.1 ± 0.6	3.1 ± 0.8	3.2 ± 0.3	3.5 ± 0.4	3.5 ± 0.4	3.5 ± 0.2	3.7 ± 0.3
Sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.2	3.5 ± 0.4	3.5 ± 0.5	3.1 ± 0.3	2.8 ± 0.5	2.9 ± 0.7	3.2 ± 0.5	3.6 ± 0.5	3.7 ± 0.5	3.8 ± 0.3	3.9 ± 0.2
Perch group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.6 ± 0.4	3.6 ± 0.3	3.3 ± 0.2	3.0 ± 0.4	3.3 ± 0.3	3.5 ± 0.2	3.7 ± 0.3	3.9 ± 0.1	3.9 ± 0.2	3.9 ± 0.1
Perch and sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.4 ± 0.2	3.0 ± 0.5	2.8 ± 0.4	2.6 ± 0.4	2.7 ± 0.6	3.2 ± 0.5	3.2 ± 0.6	3.3 ± 0.4	3.7 ± 0.3	3.6 ± 0.4
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.
+ P = 0.0882.

表 10. 試驗各處理母鴨羽毛狀況評分

Table 10. The feather condition score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.9 ± 0.2	3.9 ± 0.2	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	3.7 ± 0.2	4.0 ± 0.1	3.9 ± 0.2	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Perch group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.9 ± 0	3.8 ± 0.2	3.9 ± 0.1	3.9 ± 0.1	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Perch and sterilization group	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	3.8 ± 0.3	4.0 ± 0	3.9 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.0 ± 0.1	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0	4.0 ± 0
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.
* P < 0.05.

表 11. 試驗各處理公鴨步伐評分

Table 11. The gait score of experimental drakes

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.3	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.3	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.9 ± 0.2
Sterilization group	0 ± 0.1	0 ± 0.1	0.3 ± 0.3	0.6 ± 0.4	1.3 ± 0.5	0.9 ± 0.6	0.7 ± 0.4	0.7 ± 0.4	0.8 ± 0.6	0.9 ± 0.6	0.8 ± 0.6	0.8 ± 0.5	0.8 ± 0.5
Perch group	0 ± 0.1	0 ± 0	0.5 ± 0.6	0.9 ± 0.7	1.6 ± 1.1	1.7 ± 1.0	1.6 ± 1.1	1.4 ± 0.8	1.3 ± 0.9	1.6 ± 1.1	1.6 ± 1.1	1.5 ± 1.1	1.5 ± 0.9
Perch and sterilization group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.1	0.4 ± 0.4	1.4 ± 0.5	1.0 ± 0.3	1.0 ± 0.1	0.9 ± 0.4	0.5 ± 0.7	0.9 ± 0.4	0.8 ± 0.4	0.6 ± 0.7	0.8 ± 0.6
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).

¹ NS: No significant effects.

表 12. 試驗各處理母鴨步伐評分
Table 12. The gait score of experimental female ducks

Weeks of age	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Control group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Sterilization group	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Perch group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.3	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Perch and sterilization group	0.1 ± 0.1	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0.1	0 ± 0	0.1 ± 0.2	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Effects													
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS ⁺	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 3).
¹ NS: No significant effects.
⁺ P = 0.0658.

表 11 與表 12 是各處理組公鴨與母鴨的步伐評分結果。快速生長伴隨而來的異常移動能力、跛腳等現象是目前所有家禽都在關注的議題 (Bentley *et al.*, 2020)。試驗結果顯示，棲架與消毒踏槽於試驗期間並未對鴨隻的步伐評分造成影響。而母番鴨的步伐於試驗全期沒觀察到步伐出現 2 分以上的個體，顯示以母鴨的生長速度與體重情況，並不會發生移動困難的情況。在公鴨的部分則發現於鴨隻 7 週齡開始出現步伐惡化的情況，而這樣的情形又以各欄內體重高、生長速度較快的個體較為嚴重。文獻指出，在陸地上行走並非鴨的強項，因為對鴨來說，相較於專門在陸地上行走的家禽，鴨在移動的時候，必須利用腿部來傾斜、轉動來帶動身體重心移動 (Nudds *et al.*, 2010)。Robinson *et al.* (2015) 的研究結果顯示，移動能力較差的北京鴨，其股骨、脛骨中灰分含量較低，且脛骨與腿骨長度較短；另 Jones and Dawkins (2010) 針對鴨隻移動能力環境因子的研究顯示，墊料潮濕、氨氣濃度對鴨隻的移動能力有不利影響，而 3 週齡後環境溫度降低，則是有正面影響。本試驗兩個主要測試項目皆未具有緩解公番鴨 8 週齡至 12 週齡間移動能力變差的效果，因此，部分公番鴨移動能力低下的情況，可能為文獻所提肉用家禽經過選拔體型與胸肉重後，壓迫其骨骼系統並因此造成行走能力下降與跛腳的機率上升 (Venalainen *et al.*, 2006) 有關。也就是針對肉用公番鴨的飼糧營養濃度，仍有再調整與探討的必要性，以降低公番鴨移動困難與跛行發生的機率及嚴重程度。

表 13 是試驗各處理公番鴨血液中皮質酮濃度的含量，試驗結果顯示棲架與消毒踏槽處理在 4 個測定的週齡皆未具有顯著效應。皮質酮是家禽的緊迫指標之一，文獻指出其在禁食的時候 (De Beer *et al.*, 2008)、運輸過後 (Cheng and Jefferson, 2008)、恐懼時 (Jones *et al.*, 1988) 會提高，且通常也伴隨著家禽體內嗜球與淋巴球比例的升高 (Tetel *et al.*, 2022)。由於皮質酮的濃度是鴨隻緊迫的指標，因此可推測試驗各處理之公番鴨的緊迫程度相似。綜合分析各組資料顯示，鴨隻於 16 週齡時可能因社會位序已確定，導致打鬥次數減少，因此降低了鴨隻的緊迫程度。

表 13. 試驗各處理組公番鴨之血液皮質酮濃度 (pg/ml)

Table 13. The blood corticosterone concentration of experimental drakes

	Weeks of age			
	4	8	12	16
Control group	3,028 ± 3,533	3,336 ± 1,092	2,457 ± 1,395	1,005 ± 881
Sterilization group	4,312 ± 3,490	1,647 ± 2,237	4,256 ± 3,129	1,504 ± 1,856
Perch group	3,402 ± 2,428	2,069 ± 2,746	4,108 ± 3,920	856 ± 274
Perch and steriliza-tion group	3,059 ± 1,587	2,358 ± 2,676	2,946 ± 2,040	311 ± 297
Effects				
Sterilization	NS ¹	NS	NS	NS
Perch	NS	NS	NS	+
Interaction	NS	NS	NS	NS

Means ± SD. (n = 9).

¹ NS: No significant effects.

+ P = 0.083.

結 論

試驗結果顯示，本試驗規劃之棲架與消毒踏槽並未對試驗期間鴨隻的體重、動物福祉性狀與血液緊迫指標造成顯著的影響。綜合考量未造成影響的可能性是棲架的設計仍有調整空間。消毒踏槽部分可能是由於鴨隻於 16 週齡前的足部損傷情形較不嚴重，因此其效用不顯著。另試驗結果亦顯示母白色番鴨於試驗期間動物福祉相關性狀表現尚屬良好，公白色番鴨於 7 至 12 週齡羽毛狀況不佳情形以及試驗期間出現少數移動能力不佳個體的情形，仍需結合更多管理與營養調整的手段來舒緩。

參考文獻

李淑慧、蔡國榮、張國慧、洪哲惇、張仁杰、李敏旭、陳燕萍、劉玉彬、陳麗璇、宋華聰。2004。臺灣水禽疾病疫學調查及病理學研究。家畜衛試所研報 40：37-50。

- Bently, A., L. Porter, L. Van Blois, B. Van Wyk, C. N. Vuong, G. Tellez-Isaias, D. Shafer, Z. Tucker, S. M. Fraley, B. M. Hargis, and G. S. Fraley. 2020. A feed restriction milieu for Pekin meat ducks that may improve gait characteristics but also affects gut leakiness. *Poult. Sci.* 99: 39-47.
- Cheng, H. W. and L. Jefferson. 2008. Different behavioral and physiological responses in two genetic lines of laying hens after transportation. *Poult. Sci.* 87: 885-892.
- Council directive 1999/74/EC. 1999. Laying down minimum standards for the protection of laying hens. *Official J. European Communities* L203: 53-57.
- De Beer, M., J. P. McMurty, D. M. Brocht, and C. N. Coon. 2008. An examination of the role of feeding regimes in regulating metabolism during the broiler breeder grower period. 2. Plasma hormones and Metabolites. *Poult. Sci.* 87: 264-275.
- Gebhardt-Henrich, S. G., M. J. Toscano, and H. Würbel. 2017. Perch use by broiler breeders and its implication on health and production. *Poult. Sci.* 96: 3539-3549.
- Glatz, P. C. 2001. Effect of poor feather cover on feed intake and production of aged laying hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14: 553-558.
- Greene, J. A., R. M. McCracken, and R. T. Evans. 1985. A contact dermatitis of broilers-Clinical and pathological findings. *Avian Pathol.* 14: 23-38.
- Hartcher, K. M., K. T. N. Tran, S. J. Wilkinson, P. H. Hemsworth, P. C. Thomson, and G. M. Cronin. 2015. The effects of environmental enrichment and beak-trimming during the rearing period on subsequent feather damage due to feather-pecking in laying hens. *Poult. Sci.* 94: 852-859.
- Hester, P. Y., S. A. Enneking, B. K. Haley, H. W. Cheng, M. E. Einstein, and D. A. Rubin. 2013. The effect of perch availability during pullet rearing and egg laying on musculoskeletal health of caged White Leghorn hens. *Poult. Sci.* 92: 1972-1980.
- Hocking, P. M., R. K. Mayne, R. W. Else, N. A. French, and J. Gatchliffe. 2008. Standard European footpad dermatitis scoring system for use in turkey processing plants. *World's Poult. Sci. J.* 64: 323-328.
- Jones, R. B., G. Beuving, and H. J. Blokhuis. 1988. Tonic immobility and heterophil/lymphocyte responses of the domestic fowl to corticosterone infusion. *Physiol. Behav.* 42: 249-253.
- Jones, T. A. and M. S. Dawkins. 2010. Environment and management factors affecting Pekin duck production and welfare on commercial farms in the UK. *Br. Poult. Sci.* 51: 12-21.
- Karaarslan, S., O. Tatli, M. Kaya, M. K. Türkyilmaz, H. D. O. Toplu, and E. D. Fidan. 2021. Effects of barrier perch access and early dietary protein and energy dilution on some welfare parameters, tibiotarsus measurements, fear and mobility level in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 63: 99-107.
- Kaukonen, E., M. Norring, and A. Valros. 2016. Effect of litter quality on foot pad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian Pathol.* 45: 667-673.
- Kestin, S. C., T. G. Knowles, A. E. Tinch, and N. E. Gregory. 1992. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Vet. Rec.* 131: 190-194.
- Mayne, R. K. 2005. A review of the aetiology and possible causative factors of foot pad dermatitis in growing turkeys and broilers. *World's Poult. Sci. J.* 61: 256-267.
- Newberry, R. C., I. Estevez, and L. J. Keeling. 2001. Group size and perching behaviour in young domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73: 117-129.
- Nudds, R. L., J. D. Gardiner, P. G. Tickle, and J. R. Codd. 2010. Energetics and kinematics of walking in the barnacle goose (*Branta leucopsis*). *Comp. biochem. physiol., Part A Mol. integr. physiol.* 156: 318-324.
- Riber, A. B., A. Wichman, B. O. Braastad, and B. Forkman. 2007. Effects of broody hens on perch use, ground pecking, feather pecking and cannibalism in domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106: 39-51.
- Robinson, C. I., M. Rice, M. M. Makagon, and D. M. Karcher. 2015. Duck gait: relationship to hip angle, bone ash, bone density, and morphology. *Poult. Sci.* 94: 1060-1067.
- SAS. 2002. SAS/STAT® User's Guide: Version 6.12. SAS Institute, Inc. Cary, NC. USA.
- Savory, C. J. 1995. Feather pecking and cannibalism. *World's Poult. Sci. J.* 51: 215-219.
- Shepherd, E. M. and B. D. Fairchild. 2010. Footpad dermatitis in poultry. *Poult. Sci.* 89: 2043-2051.
- Staavereen, N. V., J. Ellis, C. F. Baes, and A. Harlander-Matauschek. 2021. A meta-analysis on the effect of environmental enrichment on feather pecking and feather damage in laying hens. *Poult. Sci.* 100: 397-411.

- Swiatkiewicz, S., A. Arczewska-Wlosek, and D. Jozefiak. 2017. The nutrition of poultry as a factor affecting litter quality and foot pad dermatitis – an updated review. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101: e14-e20.
- Tetel, V., S. Tonissen, and G. S. Fraley. 2022. Research note: sex difference in changes in heterophil to lymphocyte ratios in response to acute exposure of both corticosterone and cortisol in the Pekin duck. *Poult. Sci.* 101: 101914.
- Venäläinen, E., J. Valaja, and T. Jalava. 2006. Effects of dietary metabolisable energy, calcium and phosphorus on bone mineralisation, leg weakness and performance of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 47: 301-310.
- Ventura, B. A., F. Siewerdt, and I. Estevez. 2010. Effects of barrier perches and density on broiler leg health, fear, and performance. *Poult. Sci.* 89: 1574-1583.
- Wyneken, C. W., A. Sinclair, T. Veldkamp, L. J. Vinco, and P. M. Hocking. 2015. Foot pad dermatitis and pain assessment in turkey poults using analgesia and objective gait analysis. *Br. Poult. Sci.* 56: 522-530.
- Yan, F. F., P. Y. Hester, and H. W. Cheng. 2014. The effect of perch access during pullet rearing and egg laying on physiological measures of stress in White Leghorns at 71 weeks of age. *Poult. Sci.* 93: 1318-1326.

The effects of providing perch and foot sterilization equipment on white Muscovy duck's growth and animal welfare traits ⁽¹⁾

Chin-Hui Su ⁽²⁾ Jung-Hsin Lin ⁽²⁾ Hsiu-Chou Liu ⁽²⁾ and Chih-Hsiang Cheng ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Aug. 4, 2022; Accepted: Nov. 14, 2022

Abstract

The aim of this experiment was to investigate the effects of providing white Muscovy ducks with perch and foot sterilization facility on their growth and animal welfare-related traits. The ducks were randomly allocated into 12 pens with or without perch and foot sterilization facility (4 treatments x 3 replicates) in a non-open duck house at 3 weeks of age. Each replicates had 10 male and 10 female Muscovy ducks; a total 240 ducks were used in the experiment. The experiment was 16 weeks. Animal welfare-related traits including footpad dermatitis score, feather score, and gait score were determined from 4 weeks of age. Three fixed drakes' corticosterone concentration in the blood was determined as a stress indicator at 4, 8, 12, and 16 weeks of age. The experiment results indicated that there were no effects of the perch and the sterilized facility on duck's body weight; the results of animal welfare-related traits showed that perch significantly reduced drakes foot pad dermatitis score at 10 weeks of age ($P < 0.05$), nevertheless, the sterilized facility increased it at 12 and 14 weeks of age ($P < 0.05$). Feather and gait scores in the whole experiment period didn't show a significant difference between the groups, nor did the 4 different Muscovy drakes blood corticosterone collecting time. The results showed that the perches and foot sterilized facility in the experiment didn't significantly change the animal welfare related traits of 4 to 16 weeks of age of white Muscovy ducks. The female white Muscovy ducks performed well in animal welfare related traits during the experiment, however, the poor feather condition of white Muscovy drakes from 7 to 12 weeks of age and the few individuals with poor gait during the experiment still need to be alleviated by combining more management and nutritional strategies.

Key words: Perch, Sterilization, White Muscovy duck.

(1) Contribution No. 2725 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Ilan Branch, COA-LRI, Ilan 26846, Taiwan, R. O. C.

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

不同擠乳系統對荷蘭種泌乳牛群之產乳量 及乳成分影響調查⁽¹⁾

王思涵⁽²⁾⁽⁴⁾ 廖曉涵⁽²⁾ 林宗毅⁽³⁾ 蕭振文⁽²⁾

收件日期：111 年 8 月 24 日；接受日期：111 年 11 月 15 日

摘 要

本調查旨在探討使用機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛群的產乳量、乳成分及乳脂肪酸組成差異。結果顯示，使用機器人擠乳系統牛群之泌乳天數 100 天之產乳量（平均 35.96 公斤 / 日）顯著較使用傳統擠乳系統牛群高（平均 31.74 公斤 / 日）（ $P < 0.05$ ）但對其餘乳成分與乳脂肪酸含量則無影響。使用機器人擠乳系統牛群的乳中游離脂肪酸含量為 1.16 mmol/100 g milk fat，有較使用傳統擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量為 1.04 mmol/100 g milk fat 高的趨勢（ $P = 0.06$ ）。機器人與傳統擠乳系統會顯著影響牛群泌乳早期產乳量（ $P < 0.05$ ），但不影響泌乳中期及晚期牛群之產乳量與乳成分。不同擠乳系統對於相同胎次牛群之產乳量及乳脂肪並無顯著影響，惟兩組第 3 胎次牛群產乳量皆最高。無論使用何種擠乳系統牛群產乳量變化隨著氣溫逐漸升高而有下降趨勢，乳成分則反之。總而言之，牛群使用不同擠乳系統可能會因為擠乳次數不同造成平均產乳量增加，但僅在泌乳早期時有顯著差異。而使用不同擠乳系統牛群乳中蛋白質含量有顯著差異，牛群使用不同擠乳系統時可能需要特別注意泌乳早期飼糧與產乳高峰能量需求之平衡，以減少因計價乳成分偏低造成收益損失。本報告初步探究乳牛場同時使用機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛群產乳量、乳成分及乳脂肪酸組成之影響，期進一步制定可能之飼養管理策略。

關鍵詞：擠乳系統、產乳量、乳成分。

緒 言

乳牛場經營管理過程中的擠乳作業約占牧場總勞動人力的 25 – 35%，機器人擠乳系統 (automatic milking systems, AMS) 起源於 80 年代的歐洲，是勞動力成本逐漸增加所發展出替代人力的產物 (Lind *et al.*, 2000)。而機器人擠乳系統最吸引人的部分為藉此讓酪農不被每日固定的擠乳時間所限制 (Jensen, 2004)，透過機器人擠乳系統約可節省乳牛場 18% 之勞動力成本，且相較於傳統擠乳系統 (conventional milking parlor, CMP) 可增加 2 – 8% 產乳量 (Svennersten Sjaunja and Pettersson, 2008)。為紓解國內乳牛產業缺工壓力、翻轉或升級乳牛產業經營技術、提高經營者生活品質、改進乳牛場作業環境與穩定勞動條件、以及確保國產生乳之穩定供應，行政院農業委員會啟動「乳牛產業生產力 4.0 示範場領航計畫」，已將智慧機器人應用導入乳牛場五大動線 (吳, 2016)。民國 106 年起國內陸續導入荷蘭製、瑞典製、美國製等機器人擠乳系統於乳牛場，每組機器人擠乳系統可進行 60 – 70 頭泌乳牛之擠乳作業，截至 110 年底已有三種機器人擠乳系統品牌進入國內市場，分別為美國 BouMatic、荷蘭 Lely 及瑞典 Delaval，11 戶乳牛場計使用 18 組機器人擠乳系統。如何因應擠乳次數增加，調整牛群飼糧濃度或給飼方式等仍以國外使用經驗作為參考基礎，針對國內乳牛場使用機器人擠乳系統後之產乳量及乳成分長期研究目前仍缺乏。使用機器人擠乳系統最常被提及的缺點包括初期的巨額投資、乳成分可能因此受到影響 (Rasmussen *et al.*, 2002) 及增加擠乳次數導致乳中游離脂肪酸含量增加，對牛乳風味或乾酪製作過程造成影響等則是使用機器人擠乳系統潛在的負面影響 (Wiking *et al.*, 2006)。換言之，乳製品在市場上的價值與其富含的營養物質有關，而生乳計價標準多半由乳脂肪與乳蛋白質的含量所決定。在以奶油或乾酪等乳製品消費為主的國家，生乳品質評估除依據乳脂肪含量、乳蛋白質含量、牛乳凝結度及酸度等，掌控使用機器人擠乳系統牛群產乳量與乳成分間的變化，才能將此設備帶來之效

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2726 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所主任秘書室。

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

益確實展現。乳脂肪酸的組成已被認為是影響乳製品品質的關鍵之一 (Gengler *et al.*, 2016)，隨著傅立葉紅外線光譜法 (fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR) 分析技術的進步，生乳中較複雜且非例行性檢測之成分分析方法已於各乳品檢驗室中被應用，包括特定短、中、長鏈脂肪酸或乳鐵蛋白含量等。因此，乳成分變化不僅代表牛乳品質，更可以作為評估牛隻健康狀況之依據。本試驗藉由比較機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛群產乳量、乳成分及乳脂肪酸組成之影響，期初步探討乳牛場同時使用兩種不同擠乳系統對牛群性能表現之差異，未來將進一步長時間追蹤國內乳牛場同步使用機器人與傳統擠乳系統之牛群管理並深入評估可能對應之營養策略。

材料與方法

I. 試驗動物飼養管理與資料收集

本試驗使用 50 頭荷蘭種泌乳牛飼養於行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所 (以下略稱新竹分所)，泌乳牛飼糧依據 NRC (2001) 乳牛營養標準配製之完全混合日糧 (total mix ration, TMR)，組成包含百慕達草、苜蓿乾草、大豆殼粒、玉米青貯與以玉米和大豆粕為主之精料，每日配製並餵飼兩次，分別於上午 5:00 配製 1/3 量並餵飼及下午 2:30 配製 2/3 量並餵飼。另以自動給水槽供應乾淨飲水及礦鹽任食。機器人與傳統擠乳系統牛群使用之飼糧組成及飼養管理方式皆相同，唯機器人擠乳系統牛群會於擠乳過程中依據其泌乳天數及日平均產乳量額外補充精料，依據泌乳天數補充精料設定邏輯如下：1 – 14 天補充 1 公斤精料；14 – 60 天補充 2 公斤精料；61 – 200 天補充 2 – 4 公斤精料；201 天以上補充 2 公斤精料。依據日平均乳量補充精料設定邏輯如下：26 公斤以下補充 2 公斤精料；26 – 28 公斤補充 2 – 4 公斤精料；28 公斤以上補充 4 公斤精料。試驗過程中使用之擠乳系統分為 Lely A5 機器人擠乳系統及 2*6 魚骨式傳統擠乳系統，資料收集期間使用機器人擠乳系統之牛群每日平均擠乳次數為 2.5 次；使用傳統擠乳系統牛群擠乳次數則為 2 次。

資料來源為新竹分所乳牛群性能改良計畫 (dairy herd improvement, DHI) 資料庫，收集期間為 2021 年 7 月至 2022 年 6 月，除自牛隻分娩後 21 天開始進行資料收集外，個別牛隻具有連續 8 個月之測乳數據始納入統計分析，資料收集期間起訖使用機器人擠乳系統及傳統擠乳系統之牛群每月頭數介於 17 – 26 頭及 11 – 25 頭間，平均頭數分為 21 頭及 16 頭，總計 457 筆 DHI 乳樣分析及產乳量紀錄，其中使用機器人擠乳及傳統擠乳系統牛群資料數分別為 264 筆及 193 筆。

II. 乳成分檢測方法

- (i) 生乳成分分析儀器：使用丹麥 FOSS 公司 MilkoScan™ FT+ 及 Fossomatic™ FC 進行生乳成分分析，項目包含乳脂肪、乳粗蛋白質、乳真蛋白質、乳糖、酪蛋白、無脂固形物、尿素氮、檸檬酸及乳脂肪酸組成等。並安裝 Fatty Acid Origin 脂肪酸分析模組進行乳脂肪酸分析。
- (ii) Fatty Acid Origin 脂肪酸分析模組原廠建立方法：全光譜乳脂肪酸分析模組使用氣相層析法 (Gas chromatography, GC) 分析之乳脂肪酸數值為建立基礎並驗證，且樣品製備與分析方式以 ISO15885 | IDF 184:2002 為依據。生乳樣品來自於法國及美國數州，且以總乳或個別牛乳為主，以符合乳品質檢驗室常規樣品來源。使用 MilkoScan™ 7 RM, MilkoScan™ FT+ 及 MilkoScan FT 6000 三款機型同時進行乳脂肪酸分析。新合成型 (De novo)、混合型 (Mixed) 及預製型 (Preformed) 脂肪酸預測模組的建立皆分別使用 169 組總乳樣品及 388 組個別牛乳樣品 (Schwarz, 2018; Schwarz *et al.*, 2018)。
- (iii) Fatty Acid Origin 乳脂肪酸分析模組原廠定義：新合成型脂肪酸涵蓋範圍為 C4:0、C6:0、C8:0、C10:0、C12:0、C14:0 及 C14:1 脂肪酸；混合型脂肪酸涵蓋範圍為 C16:0 及 C16:1 脂肪酸；預製型脂肪酸涵蓋範圍為 C15:0、C17:0、C18:0、C18:1、C18:2、C18:3、C20:0、C20:2、C22:0 及 C24:0 脂肪酸。

III. 試驗資料分類

除將試驗期間使用機器人與傳統擠乳系統之牛群資料進行數據統計與差異顯著性分析外，同時將使用機器人與傳統擠乳系統之牛群資料依據泌乳天數及胎次進行分類，泌乳天數依序分成泌乳早期 (< 100 天)、泌乳中期 (100 – 250 天)、泌乳後期 (> 250 天)；胎次依序分為 1、2、3、4 及 ≥ 5 胎次。以進行相同泌乳天數範圍及相同胎次牛群使用機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛產乳量及乳成分之比較。使用機器人擠乳系統之牛群泌乳早期、中期及後期之平均泌乳天數、最大與最小泌乳天數依序為 63、98 及 23 天；171、255 及 100 天；291、373 及 251 天。使用傳統擠乳系統之牛群泌乳早期、中期及後期之平均泌乳天數、最大與最小泌乳天數依序為 57、96 及 24 天；184、248 及 101 天；304、403 及 252 天。

IV. 統計分析

試驗收集所得數值資料，以統計分析軟體 (SAS, 2002) 計算使用不同擠乳系統牛群之產乳量及乳成分平均數，並利用單因子變異數分析 (ANOVA) 比較組間的平均數差異，用 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示，以 $\alpha = 0.05$ 為檢定顯著水準。

結果與討論

De Koning (2010) 報告指出，使用機器人擠乳系統牛群平均每日之擠乳次數落在 2.5 次至 3 次，但各乳牛場間的差異很大。連續追蹤兩年使用機器人擠乳系統的乳牛場發現約有 10% 的牛群擠乳次數維持在 2 次或低於 2 次，這反而會造成產乳量的損失。機器人擠乳系統可藉由設定主動避免擠乳間隔過短的情況發生，卻僅能被動提醒擠乳間隔過長牛群。本試驗結果使用機器人與傳統擠乳系統之日平均產乳量分別為 33.67 及 25.73 公斤如表 1 所示，但兩者間未達顯著差異。增加牛群每日擠乳次數促進乳汁分泌是使用機器人擠乳系統牛群產乳量提升之主要原因，產乳量增加的幅度介於 6 – 28% (Hillerton *et al.* 1990; Klei *et al.* 1997; Stelwagen 2001; Løvendahl and Chagunda 2011)。本試驗使用機器人擠乳系統牛群，日平均產乳量增加的幅度較上述試驗幅度高，可能是新竹分所為避免牛群擠乳間距過長，使用機器人擠乳系統牛隻若被系統通知擠乳間距過長，即輔以人力趕至擠乳，因此試驗資料收集期間，使用機器人擠乳系統牛群的平均擠乳次數最高達 3.1 次所致。

表 1. 機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日產乳量及乳成分之影響

Table 1. Effect of automatic and conventional milking system for milk yield and milk composition of Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording¹

Item	Milking system		P-value
	AMS2 (n ³ = 264)	CMP (n = 193)	
Milk yield, kg/d	33.67 ± 7.63	25.73 ± 7.36	0.44
Milk composition			
Fat, %	3.52 ± 0.98	3.89 ± 0.89	0.68
Crude protein, %	3.25 ± 0.39	3.43 ± 0.44	< 0.05
True protein, %	3.06 ± 0.38	3.23 ± 0.42	< 0.05
Lactose, %	4.91 ± 0.33	4.78 ± 0.26	0.15
Casein, %	2.52 ± 0.34	2.64 ± 0.36	< 0.05
Solid not-fat, %	8.80 ± 0.57	8.87 ± 0.45	0.31
Urea nitrogen, mg/dL	14.65 ± 2.63	13.80 ± 2.34	0.76
Citric acid, mg/dL	150.86 ± 21.99	147.83 ± 26.07	0.09

Mean ± standard deviation.

¹ Data were collected from DHI database from July 2021 to June 2022.

² AMS = automatic milking system; CMP = conventional milking parlor.

³ n = number of data collected.

使用機器人擠乳系統牛群之平均乳脂肪、乳粗蛋白質、乳真蛋白質、乳糖、酪蛋白、無脂固形物、尿素氮及檸檬酸含量分別為 3.52%、3.25%、3.06%、4.91%、2.52%、8.80%、14.65 mg/dL 及 150.86 mg/dL；使用傳統擠乳系統牛群之平均乳脂肪、乳粗蛋白質、乳真蛋白質、乳糖、酪蛋白、無脂固形物、尿素氮及檸檬酸含量分別為 3.89%、3.43%、3.23%、4.78%、2.64%、8.87%、13.80 mg/dL 及 147.83 mg/dL (表 1)。其中，使用不同擠乳系統牛群泌乳全期之平均乳粗蛋白質、乳真蛋白質及酪蛋白率間具有顯著差異 ($P < 0.05$)，其餘乳成分則無。2020 年收集位於臺南之商業乳牛場使用機器人與傳統擠乳系統各 9 頭荷蘭種泌乳牛群資料結果顯示，不同擠乳系統對於乳成分並無顯著影響，唯使用機器人擠乳系統牛群乳中脂肪、蛋白質、無脂固形物、酪蛋白含量有低於使用傳統擠乳系統牛群之趨勢；而尿素氮及檸檬酸含量則呈現相反趨勢 (Tu *et al.*, 2022)。本試驗結果與上述內容相似，說明國內單一乳牛場使用兩種不同擠乳系統對於牛群乳成分的影響可能相仿。但實際上，單一乳牛場使用兩種不同擠乳系統時，牛群可能會在兩種系統間來回，要釐清究竟是飼糧或擠乳頻率造成乳成分的差異，仍需要長時間收集資料或進行分組試驗。

不同擠乳系統對泌乳脂肪酸組成變化結果如表 2 所示，使用機器人擠乳系統牛群乳中總飽和脂肪酸、總不飽和脂肪酸、新合成型脂肪酸、混合型脂肪酸、預製型脂肪酸、C16:0 脂肪酸、C18:0 脂肪酸、C18:1 脂肪酸、反式脂肪酸及游離脂肪酸含量分別為 2.36、0.89、0.90、1.21、1.17、1.18、0.35、0.74、0.08 及 1.16%；使用傳統擠乳系統牛群乳中總飽和脂肪酸、總不飽和脂肪酸、新合成型脂肪酸、混合型脂肪酸、預製型脂肪酸、C16:0 脂肪酸、C18:0 脂肪酸、C18:1 脂肪酸、反式脂肪酸及游離脂肪酸含量分別為 2.59、1.08、0.92、1.28、1.40、1.26、0.39、0.90、0.10 及 1.04%，使用不同擠乳系統對牛群乳中脂肪酸組成的影響並無顯著差異。

表 2. 機器人與傳統擠乳系統對臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日乳脂肪酸組成之影響

Table 2. Effect of automatic and conventional milking system for milk fatty acid component of Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording¹

Item	Milking system		P-value
	AMS2 (n ³ = 264)	CMP (n = 193)	
Total saturated fatty acid, %	2.36 ± 0.77	2.59 ± 0.69	0.50
Total unsaturated fatty acid, %	0.89 ± 0.30	1.08 ± 0.34	0.15
De novo fatty acid 4, %	0.90 ± 0.28	0.92 ± 0.24	0.51
Mixed fatty acid, %	1.21 ± 0.34	1.28 ± 0.31	0.63
Preformed fatty acid, %	1.17 ± 0.36	1.40 ± 0.43	0.06
C16:0, %	1.18 ± 0.33	1.26 ± 0.32	0.83
C18:0, %	0.35 ± 0.11	0.39 ± 0.12	0.14
C18:1, %	0.74 ± 0.23	0.90 ± 0.29	0.07
Trans fatty acid, %	0.08 ± 0.05	0.10 ± 0.05	0.81
FFA, mmol/100g milk fat	1.16 ± 0.61	1.04 ± 0.59	0.06

Mean ± standard deviation.

¹ Data were collected from the DHI database from July 2021 to June 2022.

² AMS = automatic milking system; CM P= conventional milking parlor.

³ n = number of data collected.

⁴ De novo fatty acid (C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 and C14:1), Mixed fatty acid (C16 and C16:1), Preformed fatty acid (C15:0, C17:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3, C20:0, C20:2, C 22:0 and C24:0).

但是，使用機器人擠乳系統牛群的乳中游離脂肪酸含量為 1.16 mmol/100 g milk fat，有較使用傳統擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量為 1.04 mmol/100 g milk fat 高的趨勢 (P = 0.06)。此結果與 Tu *et al.* (2022) 報告結果一致，使用機器人擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量 (2.72 mmol/100 g milk fat) 有高於傳統擠乳系統 (1.57 mmol/100 g milk fat) 之趨勢相近。使用機器人擠乳系統牛群的乳中 C16:0 脂肪酸及游離脂肪酸含量會顯著高於使用傳統擠乳系統的牛群 (De Marchi *et al.*, 2017)。本試驗與上述試驗在游離脂肪酸之結果相似，但本試驗並未觀察到使用機器人擠乳系統牛群乳中 C16:0 含量較傳統擠乳系統牛群高。使用機器人擠乳系統會對牛之乳成分產生不同層度的影響，機器人擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量普遍較傳統擠乳系統高的現象，可藉由擠乳單位內加裝冷卻交換器或儘量減少生乳運輸至乳桶間之距離獲得改善 (Wiking and Nielsen, 2007)。脂蛋白酶是生乳中主要的脂肪分解酶，其分解的產物為游離脂肪酸。脂蛋白酶由乳腺產生會參與乳汁的合成，是個相對熱不穩定的酵素。乳中脂肪分解包含自發性和誘導性兩種因素，自發的脂肪分解例如：擠奶頻率、乳房健康和泌乳階段；誘導的脂肪分解例如：均質化、輸送和溫度變化 (Wiking and Nielsen, 2007)，擠乳頻率增加會誘導脂蛋白酶作用。增加擠乳次數會影響乳脂脂肪酸組成，因為擠乳次數會影響乙醯輔酶 A 羧化酶 (acetyl-CoA carboxylase) 及脂肪酸合成酶 (FA synthetase) 之作用所致 (Svennersten-Sjaunja *et al.*, 2002)。機器人擠乳系統使用之進氣管較傳統擠乳系統寬約 3 – 4 倍，擠乳過程進氣量差異導致解脂作用發生，使得乳中游離脂肪酸含量增加。使用機器人擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量較傳統擠乳系統牛群高與產乳量增加有關，特別是泌乳高峰期。Rasmussen *et al.* (2002) 分析 55 個生乳中游離脂肪酸含量較高的乳牛場擠乳系統結果顯示，其中 31 個使用傳統擠乳系統的乳牛場，最常見故障問題為擠乳管線漏氣約占 71%、擠乳套杯過程中吸入過多空氣占 61%、貯乳桶攪拌器故障占 29%；另外 24 個使用機器人擠乳系統的乳牛場，常見故障問題則為貯乳桶存乳量過低導致低溫不穩定現象占 79%、擠乳幫浦異常占 67% 及貯乳桶攪拌異常占 58%。機器

人擠乳系統是 24 小時不間斷運作，無法利用肉眼觀察整個擠乳流程，且不同牛隻對於機器人擠乳系統的接受度會直接影響乳牛的擠乳次數，不同擠乳系統是造成牛群產乳量及乳品質差異重要因素之一。

表 2 結果可看出使用機器人擠乳系統牛群的乳中各脂肪酸含量與傳統擠乳系統牛群乳中含量之差異，這結果與表 1 乳脂肪含量的結果一致。乳腺合成乳脂肪主要分成兩個部分，乳腺上皮細胞會利用瘤胃微生物分解部分纖維及澱粉所產生乙酸，合成短鏈及中鏈脂肪酸 (C4 – 14 及部分 C16)；或利用體循環中的脂肪酸合成長鏈脂肪酸 (\geq C18)，正常狀況下這兩種來源合成之脂肪酸比例約各為 50%，但當牛隻因飼糧改變、瘤胃發酵狀況不佳甚至疾病發生，則瘤胃乙酸來源之脂肪酸合成量 (新合成型脂肪酸) 則會減少。乳牛之泌乳階段與能量平衡狀況為影響乳脂肪組成變化及脂肪酸代謝路徑之主要因素 (Stoop *et al.*, 2009)。爰此，使用機器人擠乳系統牛群的乳脂肪較使用傳統擠乳機器人牛群低，與個別牛隻擠乳時間或次數不同，但 TMR 給飼時間仍維持每日上下午各一次，無法滿足個別牛隻採食條件仍需要進一步研究才能釐清原因。

比較機器人與傳統擠乳系統於相同泌乳階段泌乳牛的產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質差異如表 3 所示，使用機器人與傳統擠乳系統牛群泌乳早期產乳量分別為 35.96 及 31.74 公斤 ($P < 0.05$)，而乳脂肪及乳真蛋白質間並無顯著差異。使用機器人與傳統擠乳系統牛群於泌乳中期之產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質含量分別為 34.31 公斤、3.59% 及 3.07%；傳統擠乳系統牛群則分別為 25.89 公斤、3.79% 及 3.24%。使用機器人與傳統擠乳系統牛群於泌乳晚期之產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質含量分別為 27.75 公斤、3.84% 及 3.35%；傳統擠乳系統牛群則分別為 22.23 公斤、4.10% 及 3.46%。不同擠乳系統對於牛群於泌乳中期及晚期之產乳量、乳脂肪及乳蛋白質含量無顯著影響。牛群於分娩後 8 – 12 週會達到泌乳高峰，之後產乳量隨泌乳天數增加而下降 (宋, 2006)。無論牛群使用何種擠乳系統，泌乳高峰約落在泌乳早期，使用機器人擠乳系統牛群，於泌乳早期產乳量最大值及最小值分別為 55.2 公斤及 18.9 公斤；使用傳統擠乳系統牛群，於泌乳早期產乳量最大值及最小值分別為 48.9 公斤及 10.6 公斤。De Marchi *et al.* (2017) 研究報告指出，使用機器人擠乳系統牛群的產乳量在泌乳 ≤ 35 、50、80、110、140、170 及 230 天期間顯著高於使用傳統擠乳系統牛群 ($P < 0.05$)。Svennersten-Sjaunja and Pettersson (2008) 報告指出，擠乳系統會影響牛群不同泌乳階段之產乳量，尤其是泌乳天數介於 91 天至 180 天間的產乳量。本試驗使用不同擠乳系統牛群於分娩後之 100 天內產乳量間有顯著差異與上述試驗結果一致，不同擠乳系統對於牛群產乳量之影響以泌乳早期為主。不同擠乳系統對於牛群泌乳早期乳脂肪未有顯著影響，但使用機器人擠乳系統牛群乳脂肪 3.19%，相較於使用傳統擠乳系統牛群乳脂肪 3.78% 低許多。試驗期間泌乳牛飼糧依據 NRC (2001) 乳牛營養標準配製 TMR，以日產乳量 35 公斤作為配方調製基礎，另考量牛群泌乳天數及日平均產乳量同時於機器人擠乳系統中額外補充精料，此飼糧調製策略是否造成泌乳高峰產乳量高於 35 kg 的牛群營養攝取不足，導致牛群於泌乳高峰期的乳脂肪變化幅度過大，須進一步收集更多資料並探討。

表 3. 機器人與傳統擠乳系統對相同泌乳階段臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日產乳量、乳脂肪及乳真蛋白質之影響
Table 3. Effect of automatic and conventional milking system for milk yield, milk fat and milk true protein of different days in milk Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording¹

DIM ⁴	Milking system							
	AMS ² (n = 264)				CMP (n = 193)			
	n ³	Milk yield, kg/d	Fat, %	True protein, %	n	Milk yield, kg/d	Fat, %	True protein, %
< 100	73	35.96 \pm 8.34*	3.19 \pm 0.89	2.87 \pm 0.33	39	31.74 \pm 6.83	3.78 \pm 0.82	2.78 \pm 0.28
100 – 250	147	34.31 \pm 6.42	3.59 \pm 1.01	3.07 \pm 0.34	83	25.89 \pm 0.76	3.79 \pm 0.75	3.24 \pm 0.34
> 250	44	27.75 \pm 7.32	3.84 \pm 0.84	3.35 \pm 0.39	71	22.23 \pm 5.83	4.10 \pm 1.03	3.46 \pm 0.38

Mean \pm standard deviation.

* $P < 0.05$; significantly different between milking systems.

¹ Data were collected from the DHI database from July 2021 to June 2022.

² AMS = automatic milking system; CMP = conventional milking parlor.

³ n = number of data collected.

⁴ DIM = days in milk.

使用機器人擠乳系統牛群的乳蛋白質在泌乳 ≤ 35 及 ≥ 350 天期間顯著高於使用傳統擠乳系統牛群 ($P < 0.05$)，但其餘泌乳天數包括 50、80、110、140、170、200、230、260、290 及 328 天期間皆無顯著差異，爰此整個泌乳期而言，不同擠乳系統並不會影響牛隻乳中蛋白質的含量 (De Marchi *et al.*, 2017)。本試驗將牛群資料依據泌乳天數區

分成泌乳早期 (< 100 天)、泌乳中期 (100 – 250 天)、泌乳後期 (> 250 天)，結果顯示各泌乳階段牛群之乳真蛋白質間並無顯著差異，牛群泌乳期乳真蛋白質變化趨勢與產乳量相反，此結果與 De Marchi *et al.* (2017) 一致。另外，Løvendahl and Chagunda (2011) 試驗結果提及擠乳次數與泌乳期 5、50、110、215 及 305 天之乳脂肪及乳蛋白質率呈現負相關，相關係數介於 -0.12 至 -0.25。

使用機器人與傳統擠乳系統牛群在相同胎次時的產乳量及乳脂肪如表 4 所示，使用機器人與傳統擠乳系統牛群於第 1 胎次、第 2 胎次、第 3 胎次、第 4 胎次及第 5 胎次及以上時的產乳量依序為 30.56 vs. 25.14、35.37 vs. 26.46、41.19 vs. 32.39、32.22 vs. 23.56 及 24.15 vs. 22.42 公斤。De Marchi *et al.* (2017) 進行 4 個使用機器人擠乳系統乳牛場及 4 個使用傳統擠乳系統乳牛場連續三年之資料收集，結果發現使用機器人與傳統擠乳系統牛群於第 1 胎次、第 2 胎次、第 3 胎次、第 4 胎次及第 5 胎次及以上時的產乳量依序為 27.8 vs. 27.4、30.3 vs. 29.7、32.4 vs. 31.3、31.3 vs. 30.9 及 31.7 vs. 29.1 公斤，無論是機器人或傳統擠乳系統牛群於第 3 胎次及第 5 胎次及以上的產乳量顯著高於其他胎次 ($P < 0.05$)。本試驗各胎次牛群產乳量數值與上述試驗相似，兩種擠乳系統皆以第 3 胎次的產乳量最高，且使用機器人擠乳系統牛群各胎次產乳量皆高於使用傳統擠乳系統牛群，但各數值間未達顯著差異，可能與本試驗僅進行單一乳牛場資料統計分析有關。再者，使用機器人與傳統擠乳系統牛群於第 1 胎次、第 2 胎次、第 3 胎次及第 4 胎次時的乳脂肪則依序為 3.42 vs. 3.86、3.54 vs. 3.78、3.77 vs. 3.81、3.91 vs. 3.82 及 3.73 vs. 4.38%。依據本試驗資料收集期間，不同擠乳系統對於相同胎次牛群之產乳量及乳脂肪並無顯著影響。

表 4. 機器人與傳統擠乳系統對相同胎次臺灣荷蘭種泌乳牛 DHI 測乳日產乳量及乳脂肪之影響

Table 4. Effect of automatic and conventional milking system for milk yield and milk fat of the same parity Holstein dairy cows in Taiwan by DHI test-day milk recording¹

Parity	Milking system			
	AMS ² (n ³ = 264)		CMP (n = 193)	
	Milk yield, kg/d	Fat, %	Milk yield, kg/d	Fat, %
1	30.56 ± 5.54 (n = 134)	3.42 ± 1.01	25.14 ± 5.75 (n = 75)	3.86 ± 0.58
2	35.37 ± 7.80 (n = 81)	3.54 ± 0.84	26.46 ± 8.16 (n = 40)	3.78 ± 0.72
3	41.19 ± 6.92 (n = 41)	3.77 ± 1.16	32.39 ± 9.10 (n = 24)	3.81 ± 1.11
4	32.22 ± 8.33 (n = 6)	3.91 ± 0.41	23.56 ± 5.43 (n = 29)	3.82 ± 1.32
≥ 5	24.15 ± 7.42 (n = 2)	3.73 ± 0.14	22.42 ± 6.80 (n = 25)	4.38 ± 0.95

Mean ± standard deviation.

¹ Data were collected from the DHI database from July 2021 to June 2022.

² AMS = automatic milking system; CMP = conventional milking parlor.

³ n = number of data collected.

不同擠乳系統牛群於試驗資料收集期間各月份產乳量、乳粗蛋白、乳真蛋白及乳脂肪含量如圖 1 至圖 4 所示，整體而言使用兩種擠乳系統牛群產乳量隨著氣溫逐漸升高而有下降趨勢一致，10 月時使用機器人與傳統擠乳系統牛群之日平均產乳量分別為 26.59 及 20.90 公斤，明顯低於其他月份牛群日平均產乳量，主要與新竹分所歷年牛群於 10 月接近泌乳末期及分娩月份集中於年底有關。2021 年 7 月至 9 月及 10 月至 12 月使用機器人擠乳系統牛群平均擠乳次數分別為 2.5 次及 2.7 次，平均產乳量下降約 7%，說明熱季確實會造成牛群擠乳次數減少進而影響產乳量。乳成分包含乳粗蛋白、乳真蛋白及乳脂肪含量在各月份之變化與產乳量變化相反。Speroni *et al.* (2006) 研究結果指出，5 月至 11 月之平均溫度與溫溼度指數 (temperature-humidity index, THI) 分別為 28°C 與 76.5，熱季對於使用機器人與傳統擠乳系統牛群之產乳量皆有負面影響，產乳量每日分別約減少 4.5 ± 0.6 與 3.0 ± 0.8 公斤。其中，初產牛於熱季時擠乳次數每日約減少 0.3 ± 0.1 次。因此，熱季時應特別注意牛群擠乳次數，並適度採取舒緩熱緊迫方法以減少產乳量損失。

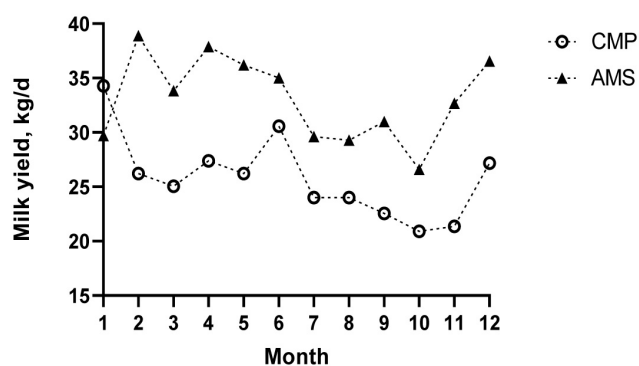


圖 1. 使用不同擠乳系統 (機器人與傳統) 牛群於各月份產乳量變化。

Fig. 1. Variation in the monthly milk yield for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

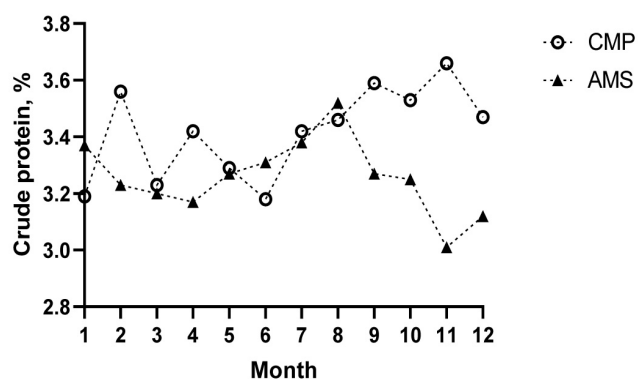


圖 2. 使用不同擠乳系統 (機器人與傳統) 牛群於各月份乳粗蛋白質變化。

Fig. 2. Variation in the monthly milk crude protein percentage for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

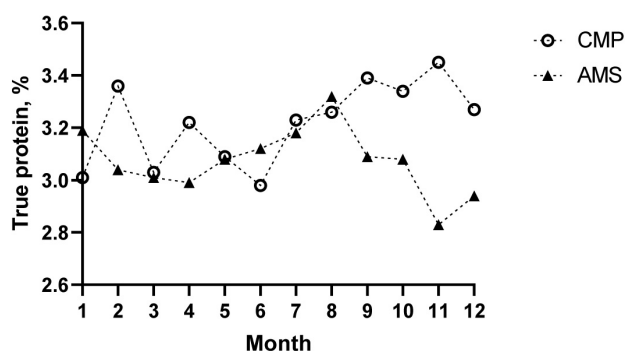


圖 3. 使用不同擠乳系統 (機器人與傳統) 牛群於各月份乳真蛋白質變化。

Fig. 3. Variation in the monthly milk true protein percentage for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

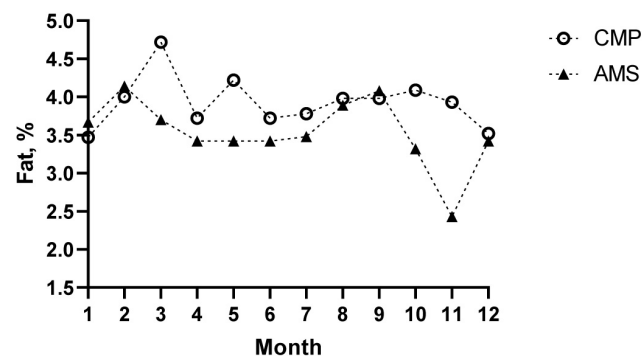


圖 4. 使用不同擠乳系統 (機器人與傳統) 牛群於各月份乳脂肪變化。

Fig. 4. Variation in the monthly milk fat percentage for cows using different milking systems (AMS vs. CMP).

結 論

使用機器人擠乳系統牛群之泌乳天數 100 天之產乳量 (平均 35.96 公斤 / 日) 顯著較使用傳統擠乳系統牛群高 (平均 31.74 公斤 / 日) , 但對其餘乳成分與乳脂肪酸含量則無影響。使用機器人擠乳系統牛群的乳中游離脂肪酸含量為 1.16 mmol/100 g milk fat , 有較使用傳統擠乳系統牛群乳中游離脂肪酸含量為 1.04 mmol/100 g milk fat 高的趨勢 ($P = 0.06$)。機器人較傳統擠乳系統於牛群泌乳早期產乳量有明顯較高 ($P < 0.05$) , 但泌乳中期及晚期牛群之產乳量與乳成分則沒有顯著差異。不同擠乳系統對於相同胎次牛群之產乳量及乳脂肪並無顯著影響, 兩組牛群產乳量皆隨著氣溫逐漸升高而有下降趨勢, 而乳成分則反之。

誌 謝

試驗期間感謝畜產試驗所新竹分所所有現場工作同仁及社團法人乳業協會乳品檢驗室協助生乳樣品檢測及分析資料收集。

參考文獻

宋永義。2006。新編乳牛學。華香園出版社。臺北市。

吳明哲。2016。乳牛場導入五大動線機器人研討會。行政院農業委員會畜產試驗所，臺南市。

- De Koning, C. J. A. M. 2010. Automatic milking common practice on dairy farms. The First North American Conference on Precision Dairy Management.
- De Marchi, M., M. Penasa, and M. Cassandro. 2017. Comparison between automatic and conventional milking systems for milk coagulation properties and fatty acid composition in commercial dairy herds. *Italian J. Anim. Sci.* 16: 363-370.
- Gengler, N., H. Soyeurt, F. Dehareng, C. Bastin, F. Colinet, H. Hammami, M. L. Vanrobays, A. Lainé, S. Vanderick, C. Grelet, A. Vanlierde, E. Froidmont, and P. Dardenne. 2016. Capitalizing on fine milk composition for breeding and management of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99: 4071-4079.
- Hillerton, J. E., C. H. Knight, A. Turvey, S. D. Wheatley, and C. J. Wilde. 1990. Milk yield and mammary function in dairy cows milked four times daily. *J. Dairy Res.* 57: 285-294.
- ISO 15885 | IDF 184: 2002: Milkfat – Determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography.
- Jensen, T. 2004. Expectations of automatic milking and the realized socio-economic effects. Pages 78-79 in *Automatic Milking-A Better Understanding*. A. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Klei, L. R., J. M. Lynch, D. M. Barbano, P. A. Oltenacu, A. J. Lednor, and D. K. Bandler. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. *J. Dairy Sci.* 80: 427-436.
- Lind, O., A. H. Ipema, C. J. A. M. De Koning, T. T. Mottram, and H. J. Herrmann. 2000. Automatic milking, *Bulletin of the IDF* 348: 2000.
- Løvendahl, P. and M. G. Chagunda. 2011. Covariance among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows. *J. Dairy Sci.* 94: 5381-5392.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academies Press, Washington, DC. USA. 5: 43-85.
- Rasmussen, M. D., M. Bjerring, P. Justesen, and L. Jepsen. 2002. Milk quality on Danish farms with automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 85: 2869-2878.
- SAS. 2002. *SAS User's guide: Basics*, 2002 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.
- Schwarz, D. 2018. Fatty acid profiling according to origin for optimizing feeding and management of dairy cows-a new approach. FOSS white paper.
- Schwarz, D., M. R. Bak, and P. W. Hansen. 2018. The new FOSS fatty acid origin package-basics behind the prediction models. FOSS white paper.
- Speroni, M., G. Pirlo, and S. Lolli. 2006. Effect of Automatic Milking Systems on Milk Yield in a Hot Environment. *J. Dairy Sci.* 89: 4687-4693.
- Stelwagen, K. 2001. Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve. *J. Dairy Sci.* 84(E Suppl): E204-E211.
- Stoop, W. M., H. Bovehuis, J. M. Heck, and J. A. Van Arendonk. 2009. Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 92: 1469-1478.
- Svennersten-Sjaunja K., S. Persson, and H. Wiktorsson. 2002. The effect of milking interval on milk yield, milk composition and raw milk quality. In *Proc. Int. Symp. The First North American Conference on Robotic Milking*, Toronto, ON, Canada; pp. V43-V48.
- Svennersten-Sjaunja K. M. and G. Pettersson. 2008. Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Anim. Sci.* 86: 37-46.
- Tu P. A., M. K. Yang, and Y. H. Yu. 2022. Comparison of raw cow milk microbiota in two milking systems: a field study. *Ann. Anim. Sci.* 22: 785-794.
- Wiking, L., J. H. Nielsen, A. K. Båvius, A. Edvardsson, and K. Svennersten Sjaunja. 2006. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 89: 1004-1009.
- Wiking, L. and J. H. Nielsen. 2007. Effect of automatic milking systems on milk quality. *Journal of Animal and Feed Sciences* 16. Suppl. 1: 108-116.

A survey of the effect of different milking systems on milk yield and milk component of Holstein milking cows in Taiwan ⁽¹⁾

Szu-Han Wang ⁽²⁾⁽⁴⁾ Hsiao-Han Liao ⁽²⁾ Tsung-Yi Lin ⁽³⁾ and Jen-Wen Shiau ⁽²⁾

Received: Aug. 24, 2022; Accepted: Nov. 15, 2022

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect on Holstein milking dairy cows using an automatic milking system (AMS) or conventional milking parlor (CMP) on milk yield (MY), milk component, and milk fatty acids (FA) composition. The result showed that the MY of the AMS herd (average 35.96 kg/d) was higher than the CMP herd within 100 days in milk (average 31.74 kg/d) but did not have effect on other milk components. Meanwhile, there were no differences in milk FA composition. However, a trend of increased free FA levels in raw milk was observed in the AMS herd (1.16 mmol/100 g milk fat) compared with the CMP herd (1.04 mmol/100 g milk fat) ($P = 0.06$). The AMS herd MY was significantly higher than the CMP herd in the early lactation ($P < 0.05$), but there was no significant difference between the two types of system herds of MY and milk composition in the middle and late lactation. No significant difference was found between the two systems in MY and milk FA in the same parity, and the third birth of cows had the highest MY. Regardless of the kind of milking system, MY was decreased by high temperature, as in contrary with the milk composition. In summary, the AMS herd MY could increase the average milk yield due to the different milking systems and the number of milking, however with significant difference only in early lactation. The use of different milking system in cows could result in the significant difference of protection content while cows using different milking system need to pay attention to the balance between early feeding and lactation high-peak demand, in order to reduce the revenue loss due to the relatively low milk components in price calculation. This study preliminarily explores the differences in cows' performance with different milking systems, in terms of lactation, milk components and composition of fatty acids, and thereby intends to find appropriate management and nutritional strategy for AMS in Taiwan.

Key words: Milking systems, Milk yield, Milk component.

(1) Contribution No. 2726 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hsinchu Branch, COA-LRI, Miaoli 36841, Taiwan, R. O. C.

(3) Chief Secretary Office, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

第五十五卷作者索引

Author Index to Volume 55

- An-Kuo Su (蘇安國) 40, 81
 Bao-Ji Chen (陳保基) 230
 Biung Takis-Vilainan (邱智偉) 11
 Bor-Ling Shih (施柏齡) 101, 110
 Chai-Te Chu (朱家德) 47, 180
 Chan-Liang Su (蘇展樑) 213
 Che-Ming Hung (洪哲明) 145, 180, 200
 Cheng-Hsun Chung (鍾承訓) 1
 Cheng-Yung Lin (林正鏞) 145, 200
 Chia-Chieh Chang (章嘉潔) 239
 Chia-Jung Hsieh (謝佳容) 81
 Chia-Jung Lee (李佳蓉) 68
 Chia-Sheng Chen (陳嘉昇) 221, 249
 Chia-Yu Chang (張家語) 31
 Chih-Hsiang Cheng (鄭智翔) 166, 283
 Chin-Bin Hsu (許晉賓) 230
 Ching-Chi Hung (洪靖崎) 230
 Ching-Yi chen (陳靜宜) 230
 Chin-Hui Su (蘇晉暉) 22, 166, 283
 Chin-Meng Wang (王錦盟) 173
 Chung-Yi Lin (林宗毅) 213
 Chun-Ta Chang (張俊達) 157
 Churng-Faung Lee (李春芳) 101
 Der-Yuh Lin (林德育) 47, 81, 145, 180
 Fang-Chieh Liu (劉芳爵) 101, 173
 Feng-Hsiang Chu (曲鳳翔) 120
 Geng-Jen Fan (范耕榛) 110, 128, 157
 Han-Sheng Wang (王漢昇) 239
 Herng-Fu Lee (李恒夫) 11
 Hsiao-Han Liao (廖曉涵) 300
 Hsiao-Lung Liu (劉曉龍) 137, 145, 200
 Hsiao-Lung Liu (蔡銘洋) 180
 Hsiao-Mei Liang (梁筱梅) 47
 Hsin-Hung Liu (劉信宏) 221
 Hsiu-Chou Liu (劉秀洲) 22, 137, 166, 283
 Hsiu-Lan Lee (李秀蘭) 173
 Hsiu-Luan Chang (張秀鑾) 47, 180
 Hsi-Wen Hung (洪兮雯) 40, 68, 101
 I-Nung Huang (黃懿農) 230
 Jenn-Fa Liou (劉振發) 31
 Jenn-Rong Yang (楊鎮榮) 120
 Jen-Ren Chen (陳哲仁) 101
 Jen-Wen Shiau (蕭振文) 47, 300
 Jih-Yih Chen (陳志毅) 22
 Jui-Jane Tailiu (劉瑞珍) 31
 Jung-Hsin Lin (林榮新) 166, 283
 Kuo-Hsiang Hung (洪國翔) 200
 Liang-Yuan Wei (魏良原) 22, 137
 Li-Chung Tsai (蔡立中) 275
 Lih-Ren Chen (陳立人) 31, 92, 120
 Mei-Fong Lin (林美峰) 22
 Mei-Shing Chen (陳美杏) 110
 Ming-Che Wu (吳明哲) 47, 180
 Ming-Hung Chu (朱明宏) 193
 Ming-Kuei Yang (楊明桂) 213
 Ming-Yang Tsai (蔡銘洋) 145, 200
 Min-Yang Tsai (劉曉龍) 180
 Pei-Chun Tsai (蔡佩均) 92
 Ping Chung (鍾萍) 275
 Po-An Tu (涂柏安) 213
 Po-Yu Chen (陳勃聿) 56, 128, 256
 Shen-Shyuan Yang (楊深玄) 40, 47
 Shih-Hsin Li (李士昕) 239
 Shu-Min Wang (王紓愍) 249

- Shwu-Jen Tzeng (曾淑貞) 180
Shyh-Rong Chang (張世融) 56, 256
Szu-Han Wang (王思涵) 300
Tein-Ming Su (蘇天明) 1
Ting-Chieh Kang (康定傑) 92
Ting-Hsun Hsiao (蕭庭訓) 1
Tsai-Fuh Tseng (曾再富) 166
Tsui-Huang Yu (游翠凰) 221, 249
Tsung-Lin Liu (劉宗霖) 47
Tsung-Yi Lin (林宗毅) 300
Tsung-Yu Lee (李宗育) 101, 110
Tzu-Rung Li (李姿蓉) 275
Wei-Beng Chang (張惠斌) 22
Wen-Shin Lin (林汶鑫) 193
Xiao-Heng Xu (徐小恆) 22
Xin-Yu Chen (陳信宇) 40
Yang-Chang Tu (陳燕萍) 101
Yen-Ping Chen (涂央昌) 101
Yih-Fwu Lin (林義福) 145, 200
Yih-Min Shy (施意敏) 267
Yi-Long Chen (陳益隆) 239
Ying-An Chu (朱盈安) 230
Yi-Ying Chang (張怡穎) 22, 137
Yu-An Lin (林育安) 166
Yu-Chuang Tien (田玉娟) 128
Yu-Hsin Chen (陳裕信) 92, 120
Yu-Jing Liao (廖御靜) 120
Yu-Ling Huang (黃昱翎) 239
Yung-Yu Lai (賴永裕) 47, 180
Yun-Sheng Leu (呂昀陞) 110
Yu-Rong Huang (黃郁容) 200
Yu-Shin Cheng (鄭裕信) 137, 145

第五十五卷中文主題索引

- 土雞 101, 110
大豆 200
大麥 128
小麥 128
友善飼養 68
水力停留時間 1
半乾青貯 249
可代謝能 166
左手香 200
母豬 21
生育期 193
生乳 213
生長性狀 110
生長性能 81, 101, 173, 166
生長期 166
生理指標 275
生產 256
生產模式 56
白色番鴨 283
存活率 21
肉雞 230
艾草 200
血液生化 239
行為 40
冷凍保存 31
含水率 221
抗生素 230
改良式貨櫃 221
乳成分 300
受精持續性 137
始基生殖細胞 31
泌乳素接受體基因 47
舍外運動場 157
阿爾拜因山羊 213
青貯品質 249
品種 193
指草 267
紅羽土雞 40
耐旱性 275
風扇設施 239
家禽 31
效益 256
根黴菌發酵萃取物 22
消毒 283
烏骨雞 145
狼尾草 275
畜試黑豬一號 21
紐西蘭白兔 92
芻料 193, 256
芻料作物 275
芻料品質 56, 128
芻料產量 56
骨質疏鬆症 92
高溫環境 120
鬥雞 81
乾草儲存 221
健康 101
動物福祉 21, 40
動物模式 92
問卷調查 68
基改玉米大豆粕 101
基改基因片段殘留 101

屠體性狀 81, 110

甜高粱 56

產乳量 300

產蛋性能 145, 166, 180

產量 128

產精性狀 120

粗蛋白質 166

細菌轉移 230

荷蘭泌乳牛 157

智能監控 239

期作 193

棲架 40, 283

植株再生 267

番鴨 22

菇類 110

鈣 22

集群分析 68

黑絨烏骨雞 200

新品系 137

溫溼度指數 157

睪丸 120

經濟 256

腸道上皮通透性 230

腸道菌相 230

精子 120

精液性狀 22

臺灣土雞 47

廢水濃度 1

熱緊迫 157, 239

盤固草 249

褐色菜鴨 166

豬隻 68

養豬廢水 1

整齊度 81

燕麥 56, 128

選育 180

隧道牛舍 157

鴨 137

擠乳系統 300

癒合組織 267

藍殼蛋 145

蟲草米 110

雞 180

離乳模式 173

離乳豬 173

懷孕相關醣蛋白 213

競爭性交替基因特異性聚合酶鏈鎖反應 47

賴菴 47

蘭嶼豬 120, 239

體重 180

體增重 40

Subject Index to Volume 55

- Alpine goat 220
 Animal model 100
 Animal welfare 11, 46
 Animal-friendly raising 80
 Antibiotics 238
Artemisia argyi 212
 Bacterial translocation 238
 Barley 136
 Behaviors 46
 Benefits 266
 Black velvet silky chicken 212
 Blood biochemical parameters 248
 Blue shell eggs 156
 Body weight 192
 Body weight gain 46
 Broilers 238
 Broodiness 55
 Brown Tsaiya duck 172
 Calcium 30
 Callus 274
 Carcass trait 119
 Carcass traits 91
 Chicken 192
 Clustering analysis 80
Cordyceps militaris Waste medium 119
 Crop season 199
 Crude protein 172
 Cryopreservation 39
 Cultivar 199
 Digitgrass 274
 Drought tolerance 282
 Duck 144
 Duration of fertility 144
 Economic 266
 Fan system 248
 Fermentation quality 255
 Fighting chicken 91
 Forage 199
 Forage 266
 Forage crops 282
 Forage quality 67, 136
 Forage yield 67
 Gene event tracing 109
 Genetically modified corn and soybean 109
 Growth performance 91
 Growth performance 109, 119, 179
 Growth period 172
 Growth stage 199
 Hay storage 229
 Haylage 255
 Health 109
 Heat stress 165
 High environmental temperature 127
 Holstein cows 165
 Hydraulic retention time 10
 Intelligent sensing 248
 Intestinal epithelial permeability 238
 Intestinal flora 238
 Kompetitive allele specific PCR 55
 Lanyu Pig 248
 Lanyu pigs 127
 Laying performance 156, 172, 192
 Metabolizable energy 172
 Milk component 308

- Milk yield 308
- Milking systems 308
- Modified container 229
- Moisture content 229
- Muscovy drakes 30
- Mushroom by-products 119
- Napiergrass 282
- Native chicken 109, 119
- New line 144
- New Zealand rabbit 100
- Oat 67, 136
- Osteoporosis 100
- Outdoor exercise ground 165
- Pangolagrass 255
- Perch 46, 299
- Physiological index 282
- Pig wastewater 10
- Plant regeneration 274
- Plectranthus amboinicus* 212
- Poultry 39
- Pregnancy-associated glycoprotein 220
- Primordial germ cells (PGC) 39
- Production 266
- Production mode 67
- Prolactin receptor gene 55
- Questionnaire survey 80
- Raw milk 220
- Red-feather native chicken 46
- Reproductive traits 127
- Rhizopus* fermentation extracts 30
- Selection 192
- Semen traits 30
- Silkie 156
- Sows 11
- Soybean 199
- Sperm 127
- Sterilization 299
- Survival rate 11
- Sweet sorghum 67
- Swine 80
- Taiwan country chicken 55
- Temperature-humidity index 165
- Testis 127
- Thermal stress 248
- TLRI Black Pig No. 1 11
- Tunnel-ventilated barn 165
- Uniformity 91
- Wastewater concentration 10
- Weaned piglet 179
- Weaning procedure 179
- Wheat 136
- White Muscovy duck 299
- Yield 136

第五十五卷中文目錄

第一期

1. 以模型槽探討高濃度養豬廢水處理 蘇天明 鍾承訓 蕭庭訓.....	1
2. 畜試黑豬一號泌乳母豬飼養於分娩架之日數對其福祉及仔豬存活率之影響 李恒夫 邱智偉.....	11
3. 飼糧鈣含量與根黴菌發酵萃取物對公番鴨精液性狀之影響 魏良原 徐小恆 張惠斌 陳志毅 蘇晉暉 張怡穎 林美峰 劉秀洲.....	22
4. 家禽始基生殖細胞之冷凍保存 劉振發 劉瑞珍 張家語 陳立人.....	31
5. 棲架型式對紅羽土雞生長性能與福祉影響 陳信宇 洪兮雯 楊深玄 蘇安國.....	40
6. 雞泌乳素接受體基因點突變多態性基因型檢測技術平臺開發與應用 朱家德 林德育 賴永裕 梁筱梅 楊深玄 劉宗霖 張秀鑾 吳明哲 蕭振文.....	47
7. 有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 II. 地區輪作模式之產量及品質評估 陳勃聿 張世融.....	56
8. 消費者對於動物福祉友善豬肉之認知與願付價格分析 洪兮雯 李佳蓉.....	68

第二期

1. 鬥雞生長與屠體性能檢定 謝佳容 林德育 蘇安國.....	81
2. 應用卵巢摘除術和低鈣飼糧建立兔骨質疏鬆症模式 蔡佩均 陳裕信 康定傑 陳立人.....	92
3. 基因改造玉米與大豆粕飼糧對土雞生長、健康及基因片段殘留調查 施柏齡 洪兮雯 劉芳爵 李宗育 陳哲仁 陳燕萍 涂央昌 李春芳.....	101
4. 飼糧添加蟲草米與菇頭對土雞生長、屠體性狀及健康之影響 施柏齡 陳美杏 呂昀陞 范耕榛 李宗育.....	110
5. 蘭嶼豬公豬於高溫環境下之產精性狀表現 廖御靜 陳裕信 曲鳳翔 陳立人 楊鎮榮.....	120
6. 以小麥、大麥及燕麥作為臺灣南部地區冬季芻料之評估 陳勃聿 田玉娟 范耕榛.....	128
7. 五結白鴨之育成 劉秀洲 張怡穎 魏良原 劉曉龍 鄭裕信.....	137
8. 藍殼蛋烏骨雞之選育 劉曉龍 洪哲明 林正鏞 林義福 林德育 鄭裕信 蔡銘洋.....	145

第三期

1. 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	
張俊達 范耕榛.....	157
2. 生長期褐色萊鴨飼糧蛋白質與能量濃度對其產蛋性能之影響	
林榮新 林育安 曾再富 蘇晉暉 劉秀洲 鄭智翔.....	166
3. 不同離乳模式對仔豬生長性能之影響	
王錦盟 劉芳爵 李秀蘭.....	173
4. 高產蛋數臺灣土雞近親品系台畜一號之選育	
林德育 賴永裕 蔡銘洋 劉曉龍 洪哲明 朱家德 張秀鑾 吳明哲 曾淑貞.....	180
5. 品種、期作及生育期對大豆作為芻料之影響	
朱明宏 林汶鑫.....	193
6. 飼糧添加艾草與左手香粉末對黑絨烏骨雞公雞生長、血液及屠體性能之影響	
蔡銘洋 劉曉龍 林正鏞 林義福 黃郁容 洪國翔 洪哲明.....	200
7. 阿爾拜因山羊生乳中懷孕相關醣蛋白濃度與分娩頭數之關係	
楊明桂 蘇展樑 林宗毅 涂柏安.....	213
8. 貨櫃型乾草倉貯改良與排濕效果測試	
陳嘉昇 劉信宏 游翠鳳.....	221

第四期

1. 添加枯草菌素、六肽黴素及羥四環黴素對肉雞腸道上皮通透性、腸道菌相及細菌轉移之影響	
洪靖崎 陳保基 陳靜宜 朱盈安 黃懿儂 許晉賓.....	230
2. 智慧型通風設施對保育期蘭嶼豬生長性能及血液生理與生化值之影響	
陳益隆 王漢昇 黃昱翎 李士昕 章嘉潔.....	239
3. 不同處理對盤固草半乾青貯草中型膠膜包青貯品質之影響	
王紓愍 游翠鳳 陳嘉昇.....	249
4. 有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 III. 地區輪作模式之經濟效益與 SWOT 分析	
陳勃聿 張世融.....	256
5. 指草 <i>Survenola</i> (<i>Digitaria</i> × <i>umfolozi</i> Hall) 未成熟花穗培養與植株再生	
施意敏.....	267
6. 狼尾草耐旱性生理指標之研究	
蔡立中 李姿蓉 鍾萍.....	275
7. 給予白色番鴨棲架與足部消毒設備對其生長與動物福祉性狀之影響	
蘇晉暉 林榮新 劉秀洲 鄭智翔.....	283
8. 不同擠乳系統對荷蘭種泌乳牛群之產乳量及乳成分影響調查	
王思涵 廖曉涵 林宗毅 蕭振文.....	300

Contents to Volume 55

Vol. 55 No. 1

1. Study on the treatment of high -concentration pig wastewater with model tanks <i>Tein-Ming Su, Cheng-Hsun Chung and Ting-Hsun Hsiao</i>	1
2. Effects of days of raising TLRI Black Pig No. 1 lactating sows in farrowing crate on the welfare of sows and survival rate of piglets <i>Hereng-Fu Lee and Biung Takis-Vilainan</i>	11
3. Effects of dietary calcium level and <i>Rhizopus</i> fermentation extract supplementation on semen traits of Muscovy drake <i>Liang-Yuan Wei, Xiao-Heng Xu, Wei-Beng Chang, Jih-Yih Chen, Chin-Hui Su, Yi-Ying Chang, Mei-Fong Lin and Hsiu-Chou Liu</i>	22
4. Cryopreservation of poultry primordial germ cells <i>Jenn-Fa Liou, Jui-Jane Tailiu, Chia-Yu Chang and Lih-Ren Chen</i>	31
5. Effects of perch types on the growth performance and welfare of red-feathered chickens <i>Xin-Yu Chen, Hsi-Wen Hung, Shen-Shyuan Yang and An-Kuo Su</i>	40
6. The development of genotyping platform on <i>PRLR</i> gene in indigenous chicken by kompetitive allele specific PCR <i>Chai-Te Chu, Der-Yuh Lin, Yung-Yu Lai, Hsiao-Mei Liang, Shen-Shyuan Yang, Tsung-Lin Liu, Hsiu-Luan Chang, Ming-Che Wu and Jen-Wen Shiau</i>	47
7. Profitable production of forage crops -sweet sorghum and oat II. Evaluation of forage yield and quality with different crop rotation modes <i>Po-Yu Chen and Shyh-Rong Chang</i>	56
8. The analysis of consumer awareness and willingness to pay for animal welfare-friendly pork products <i>Hsi-Wen Hung and Chia-Jung Lee</i>	68

Vol. 55 No. 2

1. Growth and carcass performance testing of fighting chicken <i>Chia-Jung Hsieh, Der-Yuh Lin and An-Kuo Su</i>	81
2. Establishment of osteoporotic rabbit model by ovariectomy and lower Calcium diet <i>Pei-Chun Tsai, Yu-Hsin Chen, Ting-Chieh Kang and Lih-Ren Chen</i>	92
3. Investigation of genetically modified corn and soybean meal diets on the growth and health of native chicken and the gene event tracing <i>Bor-Ling Shih, Hsi-Wen Hung, Fang-Chueh Liu, Tsung-Yu Lee, Jen-Ren Chen, Yang-Chang Tu, Yen-Ping Chen and Churng-Faung Lee</i>	101
4. Effects of <i>Cordyceps militaris</i> waste medium and mushroom byproducts on growth performance and carcass traits in native chickens <i>Bor-Ling Shih, Mei-Shing Chen, Yun-Sheng Leu, Geng-Jen Fan and Tsung-Yu Lee</i>	110
5. Reproductive performance of Lanyu pig boars under high environmental temperature <i>Yu-Jing Liao, Yu-Hsin Chen, Feng-Hsiang Chu, Lih-Ren Chen and Jenn-Rong Yang</i>	120
6. Evaluation of oat, barley and wheat as winter forages in Southern Taiwan <i>Po-Yu Chen, Yu-Chuang Tien and Geng-Jen Fan</i>	128
7. Breeding of Wujie White Ducks <i>Hsiu-Chou Liu, Yi-Ying Chang, Liang-Yuan Wei, Hsiao-Lung Liu and Yu-Shin Cheng</i>	137
8. Selection of blue eggshell silkies <i>Hsiao-Lung Liu, Che-Ming Hung, Cheng-Yung Lin, Yih-Fwu Lin, Der-Yuh Lin, Yu-Shin Cheng and Ming-Yang Tsai</i> ..	145

Vol. 55 No. 3

1. Effect of providing outdoor exercise ground at night on the health and milking performance of Holstein cows raised in tunnel-ventilated barn in hot summer
Chun-Ta Chang and Geng-Jen Fan 157
2. Effects of feeding brown Tsaiya ducks diets with different protein and energy concentrations during growth period on laying performance
Jung-Hsin Lin, Yu-An Lin, Tsai-Fuh Tseng, Chin-Hui Su, Hsiu-Chou Liu and Chih-Hsiang Cheng 166
3. Effect of different weaning procedures on the growth performance of the weaned piglets
Chin-Meng Wang, Fang-Chieh Liu and Hsiu-Lan Lee 173
4. Selection of high egg production in Taiwan native chicken inbreeding lines Taisui No. 1
Der-Yuh Lin, Yung-Yu Lai, Hsiao-Lung Liu, Min-Yang Tsai, Che-Ming Hung, Chai-Te Chu, Hsiu-Luan Chang, Ming-Che Wu and Shwu-Jen Tzeng 180
5. Effects of cultivar, crop season and growth stage on soybean as forage
Ming-Hung Chu and Wen-Shin Lin 193
6. Effect of dietary supplementation of *Artemisia argyi* and *Plectranthus amboinicus* on the growth performance, hematology values and carcass characteristics of male black velvet silky chicken
Ming-Yang Tsai, Hsiao-Lung Liu, Cheng-Yung Lin, Yih-Fwu Lin, Yu-Rong Huang, Kuo-Hsiang Hung and Che-Ming Hung 200
7. The relationship between fetal number and pregnancy-associated glycoprotein in milk of Alpine goat
Ming-Kuei Yang, Chan-Liang Su, Chung-Yi Lin and Po-An Tu 213
8. Investigation and test on moisture removal effect in modified container hay barn
Chia-Sheng Chen, Hsin-Hung Liu and Tsui-Huang Yu 221

Vol. 55 No. 4

1. Effects of bacitracin, nisin and oxytetracycline on intestinal epithelial permeability, intestinal flora and bacterial translocation in broilers
Ching-Chi Hung, Bao-Ji Chen, Ching-Yi Chen, Ying-An Chu, I-Nung Huang and Chin-Bin Hsu 230
2. Effects of an intelligent fan system on the growth performance and blood biochemical and hematological parameters of nursery Lanyu pigs
Yi-Long Chen, Han-Sheng Wang, Yu-Ling Huang, Shih-Hsin Li and Chia-Chieh Chang 239
3. Effects of different treatments on the quality of pangolagrass haylage in medium-size bales covered with plastic membranes
Shu-Min Wang, Tsui-Huang Yu and Chia-Sheng Chen 249
4. Production of profit-basis forage crops – Sweet Sorghum and Avena: III. Economic benefit evaluation and SWOT analysis of regional rotation production modes
Po-Yu Chen and Shyh-Rong Chang 256
5. Callus induction and plant regeneration from the immature inflorescences of digitgrass *Survenola* (*Digitaria* × *umfolozi* Hall)
Yih-Min Shy 267
6. Study on the physiological index of drought tolerance for napiergrass
Li-Chung Tsai, Tzu-Rung Li and Ping Chung 275
7. The effects of providing perch and foot sterilization equipment on white Muscovy duck's growth and animal welfare traits
Chin-Hui Su, Jung-Hsin Lin, Hsiu-Chou Liu and Chih-Hsiang Cheng 283
8. A survey of the effect of different milking systems on milk yield and milk component of Holstein milking cows in Taiwan
Szu-Han Wang, Hsiao-Han Liao, Tsung-Yi Lin and Jen-Wen Shiau 300

行政院農業委員會畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

(民國 108 年 12 月修訂)

- I. 本刊為學術性刊物，刊載有關畜產科學原創性研究報告、調查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(Abtract)，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。行距採用單行間距，版面設定中等邊界(上下 2.54 cm，左右 1.91 cm)，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 guara 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

- 行政院農業委員會。2018。農業統計年報。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 行政院農業委員會。2017。農委會農業資料統計查詢。<http://agrstat.coa.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. 本刊亦接受短報 (short communication) 與速報 (rapid report)。其寫法亦遵照本稿約之規定，稿長包括圖、表、相片等不得超過 4 個印刷面。
- VII. 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。
- VIII. 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。
- IX. 來稿請寄 71246 臺南市新化區牧場 112 號，「行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組畜產研究編輯委員會」收，聯絡電話：06-5911211。投稿請以 A4 紙列印，確認收件後，另通知繳交電子檔。
- X. 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。