

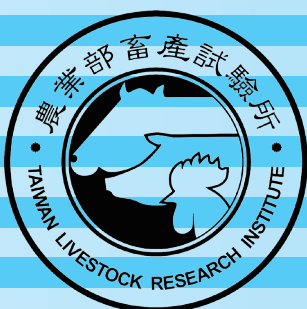
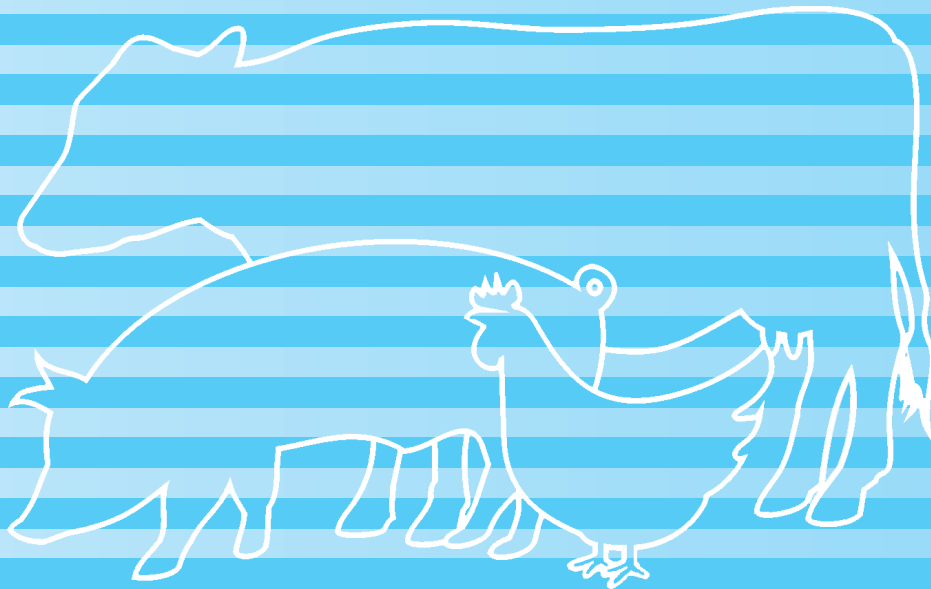
ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR

畜產研究

第五十六卷 第四期 中華民國一一二年 十二月 季 刊

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 56 No. 4 December 2023



農業部畜產試驗所

TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,
MINISTRY OF AGRICULTURE

畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

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

(以姓名筆劃為序)

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

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

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

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

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

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

EDITORS:

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



畜產研究

編者：農業部畜產試驗所
發行人：黃振芳
發行所：農業部畜產試驗所
地址：臺南市新化區牧場 112 號
電話：(06) 5911211
網址：www.tlri.gov.tw
編輯\印製者：沐福商行
電話：0985-187287
出版日期：中華民國 112 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 56 卷第 4 期

中華民國 112 年 12 月

目 錄

	頁
1. 新型磨蹄網對山羊過長腳蹄削磨效果之評估 吳志華、鄭閔謙	230
2. 基因改造玉米及大豆粕飼糧對蛋雞產蛋性能、蛋品質之影響及基因片段追蹤 施柏齡、陳哲仁、涂央昌、洪兮雯	236
3. 飼糧添加紫色狼尾草葉粉對白色華鵝生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響 劉士銘、林旻蓉、蕭智彰、王勝德	247
4. 育成期褐色菜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、鄭智翔、林雅玲	256
5. 建立豬誘導性多能幹細胞之無飼養層培養系統 廖御靜、陳怡秀、林佑靜、陳立人、楊鎮榮	264
6. 臺灣生羊乳成分、體細胞數及理化特性調查 涂柏安、蕭振文、蘇瑞娟、楊明桂	273
7. 不同人工光照搭配自然光照對褐色菜鴨產蛋性能、蛋品質、動物行為與血液性狀的影響 林雅玲、林榮新、鄭智翔、蘇晉暉	284
8. 太陽光電場域對混植短莖型牧草生產之可行性評估 劉建甫、陳嘉昇	294

新型磨蹄網對山羊過長腳蹄削磨效果之評估⁽¹⁾

吳志華⁽²⁾⁽³⁾ 鄭閔謙⁽²⁾

收件日期：111 年 11 月 3 日；接受日期：112 年 5 月 17 日

摘 要

山羊腳蹄的健康與否影響其產能及動物福利。本文旨在探討使用新型磨蹄網對過長腳蹄之影響。本研究選擇步態正常、無跛腳且蹄匣底部角質組織過長之努比亞(Nubian)公羊 6 頭，隨機分配羊舍地面有設置磨蹄網(hoof-grinding net)組及無磨蹄裝置組，每組 3 頭，獨立飼養於欄位內。羊隻於未放磨蹄網前(0 日)，以照像記錄法記錄四肢蹄部蹄底匣面積，並於 15、30 及 45 日記錄蹄底匣面積變化情形。依據試驗前之測量結果發現，前肢內側蹄大於外側蹄，而後肢則外側蹄大於內側蹄，磨蹄網組使用前與使用後 15、30 及 45 日的蹄底匣面積皆有減少，顯示出削磨蹄效果。在兩組的削磨面積比較來看，右前外側蹄、左前外側蹄及右後外側蹄有顯著差異。肉眼觀察發現，磨蹄網對蹄底匣部的角質為逐漸削磨，且片狀不連續的邊緣消失。本研究結果顯示，加設磨蹄網對飼養於高床的山羊其過長腳蹄角質具有緩和磨損效果，建議在削磨過長腳蹄的方法上，新型磨蹄網是可考慮的一項選擇。

關鍵詞：山羊、腳蹄、羊床、磨蹄網。

緒 言

山羊腳蹄的健康是動物福祉指標之一(Minnig *et al.*, 2021)，而健康的腳蹄與飼養環境有關(Sailer *et al.*, 2021)。就飼養環境而言，放牧較像野生山羊飼養於乾燥且有岩石的原始環境(Sarhangzadeh *et al.*, 2013)，而在臺灣圈養多飼養於金屬網材質的高床上，由於接觸面光滑，需定期修剪以避免跛腳。

山羊的腳屬於偶蹄，腳蹄的構造是由蹄壁、蹄底等部位所構成，其中蹄壁由堅固的角質層組成(楊, 1992)。蹄壁會不斷的生長，如無足夠磨損的物質，就會過度生長，如接觸地面為泥土、稻草及光滑金屬網羊床等易導致角質的過長。一旦發生腳蹄過長而未加以適當修剪，會造成山羊的跛腳，若再長時間不加修剪，引起體態不正，骨關節異常，則易導致關節變形，演變成不可逆的傷害，並且伴隨疼痛的產生，影響食慾、步態、出血及產能，最終造成淘汰(Ajuda *et al.*, 2019; Sailer *et al.*, 2021; Queiroz *et al.*, 2022)。過長腳蹄的處理，可透過人工修剪的方法，近年來也發展出修蹄保定架讓修蹄更有效率(Amin *et al.*, 2022)。一般來說，修蹄的頻率一年約三次。然而修蹄時的保定，對山羊來說具有緊迫性，修剪過程有時會因出血而有感染的風險，因此需由經過修蹄訓練的人進行操作(Sailer *et al.*, 2021)。此外，修蹄大多需採蹲姿，對於修蹄人員的腰部及膝蓋是很大負荷，手部也需較大的力量才能剪斷腳蹄角質。腳蹄維護如此重要，且因人工修蹄費時、費力且羊隻有感染風險，Deeming (2020) 也建議除人工修蹄外應提供腳蹄削磨的環境，以避免腳蹄過長。

過往的試驗多是對已修完的腳蹄進行測量，以達降低修蹄次數。葉等(2017)探討不同的削蹄片對蹄部生長的影響，顯示削蹄片對蹄部生長有減緩的效果。而對腳蹄的測量技術，以往試驗大都為測量腳蹄的長、寬及高，對於會影響腳蹄健康的覆蓋蹄底過長角質部分則較少被討論。本次試驗，以仿照自然環境粗糙地面的設計，於高床鋪設可移動之新設計磨蹄網，調查蹄壁彎曲至蹄底的角質面積，探討磨蹄網對過長蹄壁的削磨效果。

材料與方法

I. 試驗動物及欄位

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2751 號。

(2) 農業部畜產試驗所南區分所。

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

由恆春分所努比亞羊群中，挑選已去勢努比亞公羊 6 頭進行試驗。本批羊隻平均 7 月齡，體重平均 41.5 ± 1.9 kg，均完成羊痘疫苗注射及體內外驅蟲，步態正常與無跛腳，且其蹄匣底部均有蹄壁角質組織過長之情形，如圖 1B 所示（蹄壁角質組織彎曲至蹄匣底部為過長）。試驗欄位為 6 個獨立高床欄位，羊床面離地 80 cm，欄位長、寬為 365 cm × 150 cm。羊床網材質為鍍鋅金屬網，其孔目大小為 1.7 cm × 4.3 cm，鍍鋅金屬條直徑 0.5 cm。每個欄位皆有獨立飼槽、水及鹽磚。水及鹽磚供任飲及舔食。飼糧為精料每日餵食 2 次，供應盤固拉乾草任食。

II. 磨蹄網設計與試驗方法

磨蹄網（新型專利第 M625464 號）之尺寸為 150 cm × 100 cm × 0.5 cm，材質為鍍鋅金屬鐵網上黏附碳化矽 (SiC) 顆粒產生粗糙表面。參試之 6 頭努比亞山羊，隨機分配為處理組及對照組。對照組為無磨蹄網組，羊床為鍍鋅金屬網，網與網間有金屬條接合；處理組為設置磨蹄網組，於欄位中間鍍鋅金屬鐵網之上鋪設上述新型專利磨蹄網。每組 3 頭，每頭皆飼養於獨立欄位內。所有羊隻於第 0 日（未放磨蹄裝置前）先以照像記錄法記錄右前、右後、左前及左後共 4 個肢內外蹄的「蹄底匣面積」(area of hoof wall) (圖 1)。並於處理後 15、30 及 45 日記錄腳蹄變化情形。

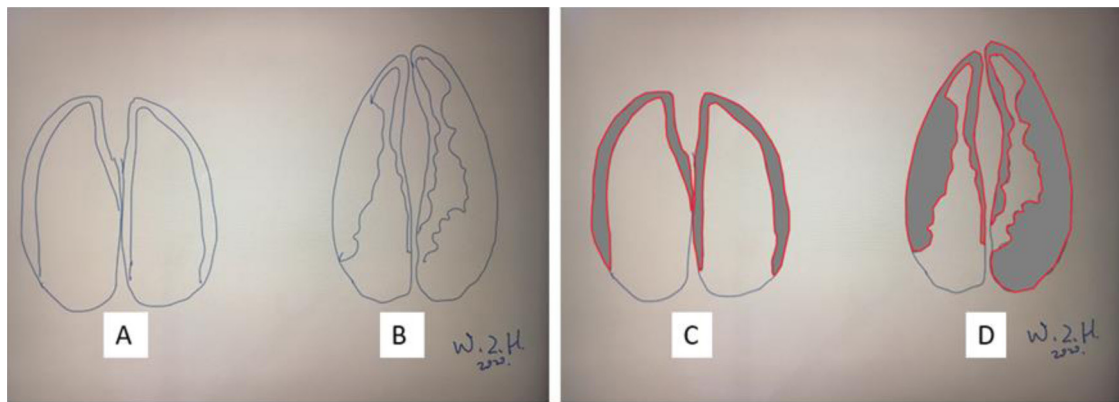


圖 1. 山羊過長蹄底匣面積示意圖。A：正常腳蹄，B：過長腳蹄，C：灰色部分為正常腳蹄之蹄底匣面積；D：灰色部分為過長腳蹄之蹄底匣面積。

Fig. 1. Schematic diagram of area of overgrown hoof wall in goat. A. normal hooves; B. overgrown hooves; C. Gray: the area of normal hoof wall; D. Gray: the area of overgrown hoof wall.

III. 蹄部性狀測量方式統計方式

使用影像分析軟體 Image J 圖像軟體 (v. 1.46r software, National Institutes of Health, USA) 以面積測量的功能計算「蹄底匣面積」的大小，單位為 mm^2 。以 SAS EG (Version 7.1, 1) 進行 t 檢定比較兩組間的差異。

結果與討論

I. 蹄底匣面積內外蹄原始差異

參試之羊隻之間於試驗前的蹄底匣面積有相當大之差異，試驗前後腳蹄底匣面積之平均值與標準偏差 ($n = 6$)，分別為右前外 $240.9 \pm 97.4 \text{ mm}^2$ 、右前內 $400.5 \pm 108.7 \text{ mm}^2$ 、右後外 $501.1 \pm 265.9 \text{ mm}^2$ 、右後內 $261.2 \pm 85.5 \text{ mm}^2$ 、左前外 $317.2 \pm 177.8 \text{ mm}^2$ 、左前內 $457.5 \pm 134.4 \text{ mm}^2$ 、左後外 $407.2 \pm 54.2 \text{ mm}^2$ 、左後內 $195.9 \pm 54.2 \text{ mm}^2$ 。依據測量結果發現，羊隻內外蹄大小不同，前肢內側蹄大於外側蹄，而後肢則外側蹄大於內側蹄。腳蹄主要功能為乘載體重，這樣的分布情形與 Van der Tol *et al.* (2002) 研究牛隻內、外蹄的負重分布相似，其相關性有待未來進一步研究釐清。

II. 蹄底匣面積變化

本研究的主要目的在評估使用磨蹄網不同時間對過長腳蹄削磨的效果。試驗分為使用磨蹄網之處理組，未使用磨蹄網之對照組，共 2 組進行比較。圖 2 為使用磨蹄網第 0、15、30 及 45 天之測量結果，圖中所示為各肢之內、外蹄過長腳蹄面積的加總。

在處理組方面發現，雖然四肢起始的平均面積並不相同，但可以觀察到各肢的蹄底匣面積趨勢的改變。右

前肢於起始的第 0 日及結束的第 45 日，平均面積分別為 687.7 ± 239.3 及 $436.5 \pm 70.0 \text{ mm}^2$ ，右後肢為 918.3 ± 447.1 及 $567.1 \pm 316.9 \text{ mm}^2$ ，左前肢為 897.2 ± 652.2 及 $388.5 \pm 48.8 \text{ mm}^2$ ，左後肢為 546.6 ± 82.0 及 $470.6 \pm 50.8 \text{ mm}^2$ 。右後及左前肢在試驗過程中 0 – 45 日皆有持續減少，而右前及左後肢則於 30 – 45 日出現小幅增加的現象。30 日之後的小幅增加推測與磨蹄網粗顆粒因使用後脫落有關。

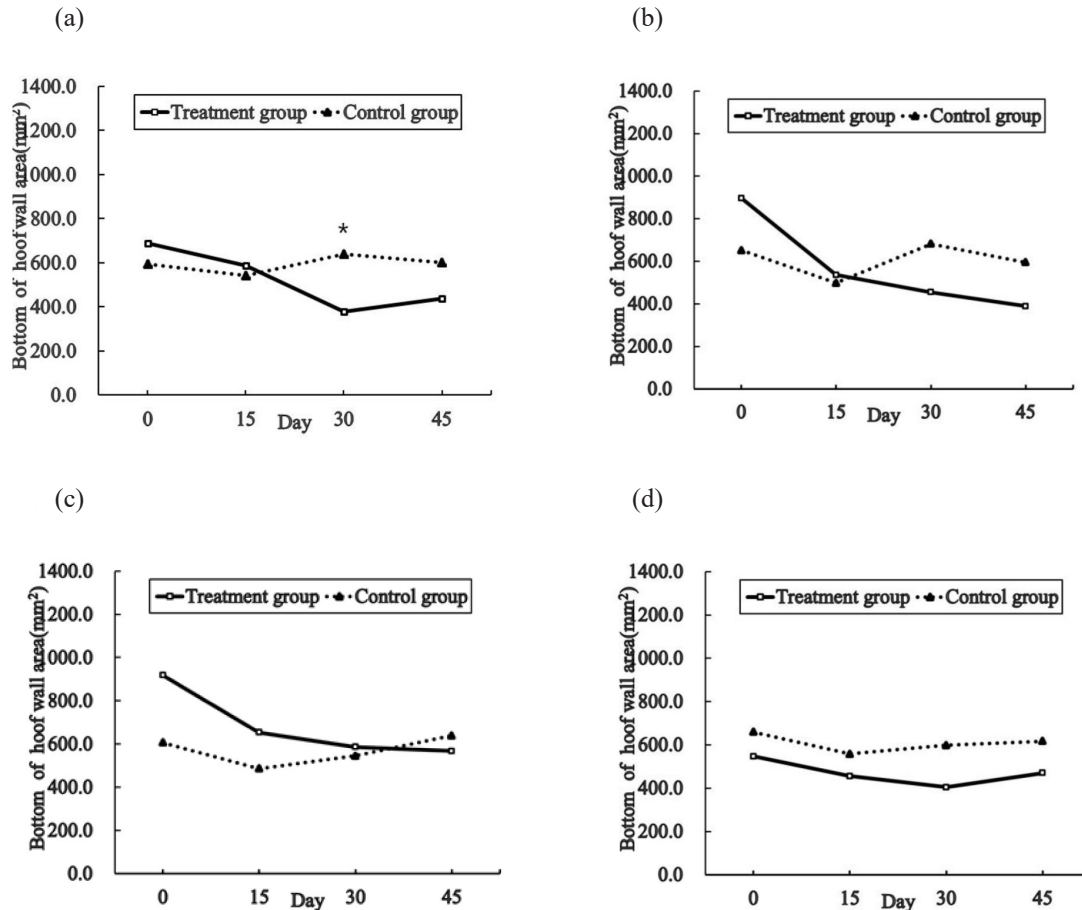


圖 2. 磨蹄網組與對照組之山羊蹄底匣面積 0 – 45 日的變化情形。(a) 右前肢、(b) 左前肢、(c) 右後肢、(d) 左後肢。

星號表示顯著差異 ($P < 0.05$)。

Fig. 2. Changes of the hoof wall area from 0 to 45 days of test group and control group. (a) Right forelimb, (b) Left forelimb, (c) Right hind limb, (d) Left hind limb.

* Means significant differences between treatment and control groups ($P < 0.05$, t-test).

在對照組方面，各肢起始的平均面積亦不相同，但可以觀察到各肢面積的變化趨勢不同於處理組。右前肢於起始的第 0 日及結束的第 45 日，平均面積分別為 595.1 ± 132.7 及 $602.1 \pm 66.4 \text{ mm}^2$ ，右後肢為 606.2 ± 54.7 及 $637.9 \pm 175.5 \text{ mm}^2$ ，左前肢為 652.2 ± 95.0 及 $594.9 \pm 185.8 \text{ mm}^2$ ，左後肢為 659.6 ± 54.7 及 $617.5 \pm 175.5 \text{ mm}^2$ ，右前及右後肢測量結果顯示面積增加，而左前肢及左後肢則變則為減少，整體而言，對照組的變化趨勢平緩，第 0 天至 45 天雖有增減，但幅度很小。

從蹄底匣面積的角度看來，增設磨蹄網的處理組對過長的蹄壁具有削磨效果，這與葉等 (2017) 研究關於地面型削蹄片對山羊腳蹄具有延緩生長的結果相似。Prado *et al.* (2022) 的研究也顯示在使用過修蹄剪將蹄修過後，再以砂輪機將蹄修整，可以減少腳蹄變形的數量。砂輪機與磨蹄網的原理相似，皆採用了粗糙面在蹄進行摩擦，然而砂輪機為電動且在短時間對蹄的削磨；而磨蹄網則屬於無電力、緩和及長時間對蹄的影響。

進一步比較四肢之內、外蹄於各日期被磨損的面積如表 1。第 15 日的測量結果，除了對照組的右前外側之外，蹄底匣面積均縮小，顯示有被削磨的現象，然因羊隻之間變異大，與對照組差異未達顯著水準；使用 30 日後，處理組持續有對蹄削磨的效果，左前肢外側及右後肢外側蹄出現了顯著性的差異 ($P < 0.05$)。使用 45 日後，右前肢外側蹄也出現了顯著性的差異 ($P < 0.05$)。整體而言，相對於對照組，處理組有明顯的削磨效果，但與對照組的差異在各肢之間程度不一。Koluman and Göncü (2016) 曾探討試驗羊腳蹄的性狀與體重的關係，發現兩者

具有相關性。而 Singh *et al.* (2012) 則使用四個獨立的體重計，了解體重分布，計算出無跛足的乳牛其前後半身重量百分比分佈比例為 26：21，右半部與左半部為 53：43。故推測本次試驗四肢結果有所差異，可能來自於四肢在不同的體重分布對蹄造成不同的效果。Ajuda *et al.* (2019) 也評估出蹄的變形與跛足間的關係，其結果顯示，前肢腳蹄的過長與跛足具有高度相關。本研究顯示對於前肢的腳蹄具有較佳的效果。未來可就使用磨蹄網評估因腳蹄過長對跛腳的發生率的改善，以促進動物福利。

表 1. 第 0 日與 15、30、45 日山羊蹄底匣面積差異 (mm²)

Table 1. Differences of the bottom area of hoof wall (mm²) on the 15th, 30th and 45th to the 0 day.

Day	Right forelimb		Left forelimb		Right hind limb		Left hind limb	
	Lateral	Medial	Lateral	Medial	Lateral	Medial	Lateral	Medial
0 – 15								
T ^a	-70.4 ± 110.0 ^{b,c}	-29.5 ± 28.5	-214.3 ± 261.6	-51.7 ± 144.6	-245.3 ± 167.3	-116.4 ± 95.6	-54.6 ± 108.0	-36.0 ± 85.2
C	23.5 ± 103.2	-77.2 ± 133.9	-52.8 ± 51.9	-67.2 ± 70.4	-12.1 ± 47.4	-141.5 ± 93.8	-55.1 ± 116.7	-46.5 ± 63.1
0 – 30								
T	-147.2 ± 72.8	-162.3 ± 102.9	-210.3 ± 96.1*	-122.1 ± 139.1	-271.8 ± 161.0*	-170.6 ± 59.6	-109.4 ± 100.5	-32.9 ± 55.3
C	28.1 ± 98.2	17.2 ± 126.0	11.6 ± 47.2*	-72.9 ± 36.2	11.7 ± 59.9*	17.4 ± 244.5	20.2 ± 89.3	-81.7 ± 24.2
0 – 45								
T	-123.4 ± 72.2*	-127.9 ± 116.9	-224.8 ± 125.2*	-126.4 ± 85.5	-270.1 ± 162.2*	-238.5 ± 187.0	-57.8 ± 106.7	-18.2 ± 118.5
C	18.7 ± 22.6*	-11.7 ± 131.1	81.5 ± 133.4*	-49.9 ± 28.7	-0.5 ± 33.2*	-56.8 ± 243.7	32.3 ± 82.6	-74.4 ± 50.2

^a T, treatment group; C, control group

^b Mean value of ± SD (mm²)

^c Negative value means a decrease

* Significant differences between treated and control (P < 0.05, t-test)

對腳蹄進行肉眼觀察亦發現，處理組及對照組於第 0 日皆有過長腳蹄，其蹄底匣部會有片狀不連續的邊緣（如圖 3）。處理組於第 15 日至 30 日可見蹄底匣部的角質部分逐漸減少，至 45 日則片狀不連續的邊緣消失，對照組則持續存在。Kui *et al.* (2020) 對岩羊 (*Pseudois nayaur*) 腳蹄角質顯微觀察研究發現，羊蹄角質橫切面具有分層，各層的組成元素含量不相同，並且硬度也不相同，以軟—硬—軟—硬的結構出現，其外層較硬，這樣的結構使羊蹄可以吸收衝擊的能量。就本試驗觀察，推測磨蹄網對蹄底匣的削磨是對於各結構層漸次的磨擦所造成。

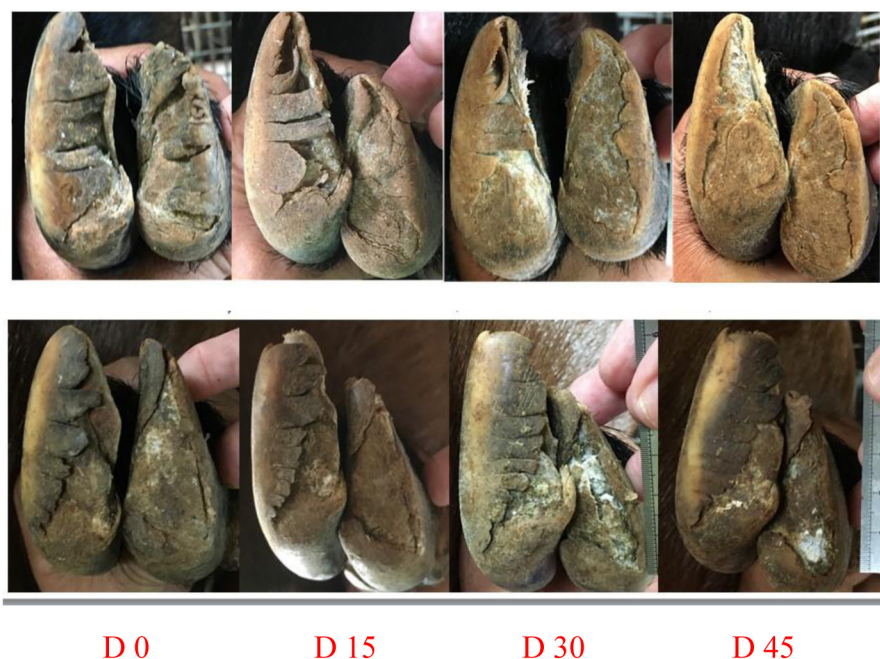


圖 3. 不同日期觀察磨蹄網對左前肢腳蹄的影響。上圖為有加設磨蹄網之處理組；下圖為無加設磨蹄網之對照組。

Fig. 3. Observation of the effect of hoof grinding net on the hoof at different dates. The picture above is the treatment group with the additional hoof grinding net; the picture below is the control group without the additional hoof grinding net.

試驗結果顯示，在高床上加設磨蹄網對過長的山羊腳蹄角質是有削磨效果，本新型單元式磨蹄網可活動配置於適當位置，減少修蹄人力之投入。本次試驗僅就每個欄位單獨羊隻進行 45 日的觀測結果，未來可再對群飼的效果及更長時間新型磨蹄網的耐用性進行進一步評估。

參考文獻

- 楊昌輝。1992。圖解家畜比較解剖學(下)。財團法人徐氏基金會，新北市，第 602-606 頁。
- 葉瑞涵、李宗育、許佳憲、王得吉、楊深玄、王佩華、蕭振文、涂柏安。2017。評估高床羊舍架設不同形式削蹄片對山羊蹄部生長之影響。中畜會誌 46：43-48。
- Ajuda, I. de G. G., M. Battini, and G. T. Stilwell. 2019. The role of claw deformation and claw size on goat lameness. Vet. Anim. Sci. 8: 100080.
- Amin, S., R. Wagner, H. Fieseler, A. Rizk, M. Schmicke, J. Spilke, N. Mielenz, W. Baumgartner, M. Schären-Bannert, and A. Starke. 2022. Sedation with xylazine hydrochloride decreases the stress response in merino meat sheep during routine hoof trimming in a tilt table. Front. Anim. Sci. 2: 795543.
- Deeming, L. 2020. Development of methods to evaluate hoof conformation and lameness in New Zealand dairy goats and the effects of trimming regimes on goat hoof health. Doctoral thesis in veterinary science, Massey university, New Zealand.
- Koluman, N. and S. Göncü. 2016. Measurements of healthy hooves, their interrelation and correlation with body mass in some improved goat breeds. Int. J. Agric. Environ. Biotech. 1: 108-116.
- Kui, H. X. Liu, J. Liu, W. Liang, S. Zhang, Z. Qian, and L. Ren. 2020. The passive contact stability of blue goat hoof based on structure, mechanical properties, and surface morphology. Front. Bioeng. Biotechnol. 8: 363.
- Minnig, A., R. Zufferey, B. Thomann, S. Zwygart, N. Keil, G. Schüpbach-Regula, R. Miserez, D. Stucki, and P. Zanolari. 2021. Animal-based indicators for on-farm welfare assessment in goats. Animals 11: 3138.
- Prado, V. C. M., J. B. Filho, M. M. Yasuoka, R. D. Ollhoff, S. B. Gallo, and E. H. B. Junior. 2022. Effect of trimming of overgrown and deformed claws in goats on morphometric measurements. Vet. Res. Commun. 46: 947-954.
- Queiroz, A. T. Z., J. V. P. Barreto, M. Lazarin, M. L. L. Crisóstomo, L. F. C. Cunha, F. F. N. Pertille, M. H. Quintiliano, and G. R. Queiroz. 2022. Characterization and frequency of foot injuries and foot-related lameness in a goat herd with prophylactic measures for foot-related diseases. Pesq. Vet. Bras 42.
- Sailer, L. M., M. Holinger, J. B. Burla, B. Wechsler, P. Zanolari, and K. Friedli. 2021. Influence of housing and management on claw health in swiss dairy goats. Animals 11: 1873.
- Sarhangzadeh, J., A. Yavari, M. Hemami, H. Jafari, and B. Shams-Esfandabad. 2013. Habitat suitability modeling for wild goat (*Capra aegagrus*) in a mountainous arid area, central Iran. Casp. J. Environ. Sci. 11: 41-51.
- Singh, M., S. S. Lathwal, Y. Singh, A. Kumar, A. K. Gupta, T. K. Mohanty, T. V. Raja, R. K. Gupta, V. Sharma, G. Chandra, and M. Kumar. 2012. Association of lameness with percent body weight distribution and shifting to individual limbs of Static Karan Fries crossbred cows. Indian J. Anim. Sci. 82: 962-970.
- Van der Tol, P. P. J., J. H. M. Metz, E. N. Noordhuizen-Stassen, W. Back, C. R. Braam, and W. A. Weijs. 2002. The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate. J. Dairy Sci. 85: 1476-1481.

Evaluation of the effect of a new type of hoof grinding net on overgrown goat hooves ⁽¹⁾

Zhi-Hua Wu ⁽²⁾⁽³⁾ and Min-Chien Cheng ⁽²⁾

Received: Nov. 3, 2022; Accepted: May 17, 2023

Abstract

The health of a goat's hooves affects its productivity and animal welfare. The purpose of this study was to evaluate the effect of a new type of hoof grinding net on overgrown hooves. In the study, six Nubian wethers with normal gait, no lameness, and excessive horny tissue were selected. They were randomly assigned to two groups: one group had installed a new type of hoof grinding nets on the floor of the goat house, while the other group had no hoof-grinding net. Each group consisted of three wethers which were independently reared. From the beginning of this experiment (day 0), the hoof wall area of the limbs was recorded by taking pictures. The changes in the hoof wall area were recorded on the 15th day, 30th day, and 45th day after experiment. According to the measurement results before this experiment, which found that the inner hooves of the forelimbs were larger than the outer hooves. The outer hooves of the hind limbs were larger than the inner hooves. There were significant differences observed in the right front outer hoof, left front outer hoof, and right rear outer hoof when comparing the grinding area between the two groups. Visually, the horniness of the bottom box was ground away by hoof-grinding-net gradually, which caused the broken edge to disappear. The results of this study showed that addition of hoof-grinding-net had an abrasive effect on overgrown goat hooves. It is suggested that the new hoof grinding net is a selection that can be considered.

Key words: Goat, Hoof, Goat bed, Hoof grinding net.

(1) Contribution No. 2751 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

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

基因改造玉米及大豆粕飼糧對蛋雞產蛋性能、 蛋品質之影響及基因片段追蹤⁽¹⁾

施柏齡⁽²⁾ 陳哲仁⁽³⁾ 涂央昌⁽⁴⁾ 洪兮雯⁽²⁾⁽⁵⁾

收件日期：112 年 3 月 8 日；接受日期：112 年 6 月 14 日

摘 要

本試驗旨在探討使用基因改造飼料對蛋雞健康與雞蛋食安風險之評估。採用初生伊莎商用品系蛋雞 100 隻餵飼基因改造飼糧至 10 週齡時，再分別以基因改造玉米－基因改造大豆粕為主要原料調製之基礎飼糧為基改組，以非基因改造玉米－非基因改造大豆為主要原料調製之非基因改造飼糧組為非基改組，餵飼至 24 週齡，進行產蛋期試驗。產蛋期自 24 至 36 週齡，共 12 週，飼料與飲水任食。試驗期間測定採食量、產蛋性能及蛋品質等，調查腸道微生物菌相，並追蹤雞蛋、內臟及排泄物等基因片段。結果顯示，無論餵飼基因改造及非基因改造玉米、大豆粕飼糧之蛋雞，其產蛋性能、蛋品質、免疫球蛋白及腸道微生物菌相的表現均無顯著差異，內臟亦無病理學特徵性病變，於試驗結束後，二組之雞蛋、雞肉、各內臟組織及血液中，皆未檢出基因片段。綜上所述，顯示蛋雞餵飼基因改造飼糧 12 週後，並不影響產蛋性能、蛋品質、免疫球蛋白及腸道微生物菌相，經解剖亦無病理變化，同時雞蛋與蛋雞組織臟器亦未檢測出轉殖基因片段，顯示蛋雞採食含基因改造飼糧後，其內臟、產蛋性能及所生產之蛋品質與非基因改造飼糧組無異。

關鍵詞：基因改造飼糧、伊莎蛋雞、產蛋性能。

緒 言

基因改造技術最廣泛的應用是在作物生產上。在美國，自 1996 年開始引入基因改造作物至今，已有 19 種基因改造植物是被認可的，其中作為飼料用途者有苜蓿、油菜、玉米、棉花、大豆及甜菜。就美國作物栽培面積而言，大豆、玉米、棉花及油菜等四種作物占了基因改造作物種植面積 99%，全球畜產業使用約 70 – 90% 基因改造作物以調配畜禽飼糧。美國每年生產超過 90 億隻家畜禽供人類食用，而 95% 以上的畜禽飼糧使用基因改造作物原料。美國自 1983 年起收集家畜禽生產量和健康之數據，並與基因改造作物被引進的 1996 年到基因改造作物被大量使用的 2011 年比較，這段期間檢測超過一千億隻家畜禽的數據，顯示採用基因改造飼料並不影響畜禽健康和生產效率，且未造成畜產品營養價值上的任何差異，但研究報告建議，國際間對基因改造產品的標示與管理應凝聚共識，以減少國際自由貿易的問題 (Van Eenennaam and Young, 2014)。

基因改造之主要功能在使作物抗蟲害、抗殺草劑、增加單位面積產量或提高營養分。種植抗殺草劑之基因改造大豆，常會誤導農民使用較多的殺草劑嘉磷賽 (Glyphosate)，研究發現嘉磷賽會影響家禽腸道細菌生態，高度致病性的細菌可能對嘉磷賽產生抗性，而益生菌則可能被嘉磷賽殺死 (Shehata *et al.*, 2013)。玉米及大豆粕各約占家畜禽配合飼料之 60% 及 20%，依據農業統計年報 (2021) 資料，民國 106 年至 108 年我國分別進口 255 萬、263 萬及 268 萬公噸大豆，幾乎均為基因改造產品；同期進口之飼料用玉米分別為 449 萬、428 萬及 494 萬公噸，其中自美國及中南美洲等國進口者均為基因改造產品。有些學者憂心基因改造飼料會引發動物健康，Séralini *et al.* (2012) 以基因改造飼糧餵飼小白鼠實驗發現，基因改造玉米引發老鼠腫瘤和肝腎病變，但此篇論文曾受學術單位高度質疑其樣品數過少及品種不適等影響，此結果與大多數基因改造作物應用於動物試驗報告未影響器官發展及未有病變發生之結果迥異，以致於爭議頗大。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2752 號。

(2) 農業部畜產試驗所動物營養組。

(3) 農業部種苗改良繁殖場。

(4) 農業部獸醫研究所疫學研究組。

(5) 通訊作者，E-mail: hwhung@tlri.gov.tw。

Buzoianu *et al.* (2012) 以基因改造玉米餵飼 40 日齡 (體重約 10.7 kg) 至 110 日齡肉豬，結果顯示餵飼基因改造玉米並未明顯影響豬隻生長性能、器官發展及健康狀態等。Gao *et al.* (2014) 應用含生產植酸酶 (Phytase) 基因片段之基因改造玉米 (2 種基因改造片段) 餵飼 50 週齡蛋雞 16 週，結果發現可提高蛋雞體內磷的生物利用率，同時在卵巢、雞蛋、胸肉及腿肉等亦未檢出任何基因改造片段。國內畜禽飼養使用大量基因改造作物飼料，農業部畜產試驗所 (畜試所) 承接基因改造飼料原料對畜禽相關安全風險的評估，曾進行土雞之基因改造飼料飼養試驗，依施等 (2022) 檢驗國內進口玉米基因片段共 10 個品項，大豆檢測基因片段共計四個品項，並以上述基因改造玉米及大豆餵飼土雞 16 週，測定雞隻之血液、排泄物、胸肉、可食性內臟及腸道內容物等 DNA 萃取物，其結果並無發現上述基因片段之殘留。廖等 (2017) 研究報告亦顯示基因改造飼料不影響肉豬生長、屠體性狀、腸道微生物菌相及解剖病理變化等，同時在臟器 DNA 樣品中亦未檢出其轉殖基因片段，顯示土雞及肉豬採食含基因改造玉米與大豆粕所生產之內臟及禽肉等產品，尚無食安風險。國內農政單位對於基因改造作物之食品安全至為關心，特於飼料原料或飼料添加物之申請時應檢附是否含基因改造作物及檢驗資料等，並有審議得不許可之條件等安全性評估 (農業部，2016)。有鑑於國內對蛋雞飼養之相關生產及安全性基因改造飼料對評估資料，目前仍付之闕如。故本試驗旨在進行以基因改造玉米與大豆餵飼蛋雞的飼養試驗、剖檢與基因改造片段追蹤，以期瞭解在國內飼養環境下，餵飼基因改造飼料原料對蛋雞健康及雞蛋產品安全之可能影響。

材料與方法

I. 試驗設計

(i) 飼糧原料

兩種飼糧處理，分別為非基因改造飼糧組與基因改造飼糧組，基因改造作物指玉米及大豆粕兩種。非基因改造飼糧選用國內農業部農糧署輔導之義竹鄉農會所種植之國產非基因改造玉米及日清公司進口之非基因改造大豆粕為非基因改造飼料之原料，基因改造飼糧採用進口玉米及大豆粕 (美國) 為基因改造飼料之原料。本試驗所需基因改造與非基因改造作物採一次購足並冷藏保存，以確定基因改造片段並據之定性定量追蹤在蛋雞組織的存留，飼料原料於使用前先送至農業部種苗改良繁殖場檢測基因改造基因片段。

(ii) 試驗動物及飼養

以 100 隻初生的伊莎 (ISA) 品系蛋雞，以相同基因改造飼料群飼至 10 週齡，10 週齡前飼養於開放式高床雞舍，而後飼養於開放式個別籠飼蛋雞舍，分成 2 組以基因改造或非基因改造飼糧進行飼養，每處理組 50 隻，共計 5 重複，每重複 10 隻；進入 24 週齡高產蛋期後，開始進行產蛋期飼養試驗。雞隻育雛期、生長期及產蛋期飼糧營養標準依 NRC (1994) 推薦調配，光照計畫則採漸進式調整，至產蛋期之光照達 16 小時。

產蛋試驗的 12 週期間 (24 至 36 週齡)，測定雞隻採食量、產蛋率、蛋品質、體重變化及飼料轉換率，並觀察記錄雞隻健康情形。於試驗開始與結束時採血，測定雞隻血液中免疫球蛋白 (IgG、IgA 及 IgM) 含量 (白等，1997)。飼養過程採集兩組飼糧進行營養組成分析 (AOAC, 2012)。本試驗之雞隻飼養及試驗內容，皆經畜試所「實驗動物照護小組」審查通過 (106-19)。

II. 測定項目

(i) 體重及產蛋性能

1. 試驗開始及結束分別秤重，以測定雞隻體重變化。
2. 每週二天測定每組平均蛋重及每週記錄每欄 (重複) 飼料採食量；每天記錄各組產蛋數量、異常蛋數及每週計算隻日產蛋率、隻日產蛋量及飼料換蛋率。

$$\text{隻日產蛋率}(\%) = (\text{總產蛋數} / \text{產蛋雞數} / \text{產蛋天數}) \times 100。$$

$$\text{隻日產蛋量}(\text{g} / \text{d} / \text{hen}) = (\text{隻日產蛋率} \times \text{平均蛋重}) / 100。$$

$$\text{飼料換蛋率} = \text{隻日飼料採食量} / \text{隻日產蛋量}。$$

(ii) 蛋品質

1. 每四週由每處理組集蛋 20 顆，測定蛋殼品質、豪氏單位 (Haugh unit) 及蛋黃顏色，蛋殼品質測定包括蛋殼強度、蛋殼厚度及蛋殼 (含蛋殼膜) 比率。
2. 蛋殼強度測定：以臺灣弘達公司桌上型電動式拉壓力機 (HT-8115D)，以圓形載具置放雞蛋，鈍端向上，進行蛋殼破裂強度之測定。
3. 蛋殼厚度測定：依 Nordskog and Farnsworth (1953) 之方法，在蛋的鈍端、尖端及赤道部各取一片蛋殼 (去

除蛋殼膜)，以日製厚度微測器 (FHK, 日本) 測其厚度至小數點 3 位，每個蛋的三個測量值之平均即其蛋殼厚度。

4. 蛋殼比率：雞蛋秤重後，採取蛋殼秤重，並計算蛋殼重占蛋重之百分比。

5. 蛋黃顏色測定：取蛋黃依 Lyon *et al.* (1980) 方法以色差儀 (日本電色, MR-12, Japan) 進行分別測定蛋黃亮度 (L)、紅色值 (a) 及黃色值 (b)。

6. 豪氏單位測定：將蛋打破後，蛋白置於水平的卵白測定臺 (FHK, 日本) 上，測其濃厚蛋白高度，並將測得的蛋白高度及蛋重換算豪氏單位 (Haugh, 1937)。

豪氏單位 (H. U.) = $100 \times \log [H - 1.7(W)^{0.37} + 7.6]$ 。

H = 蛋白高度，mm；W = 蛋重，g。

(iii) 農藥殘留

試驗所用原料之玉米及大豆 (粕)，送農業部農業藥物試驗所檢測。依衛生福利部公告食品中殘留農藥檢驗方法—多重殘留分析方法 (五) (衛生福利部食品藥物管理署, 2014)，採用 QuEChERS 方法 (quick, easy, cheap, effective, rugged, safe) 前處理後，以液相層析串聯質譜儀 (liquid chromatography/ tandem mass spectrometer, LC/MS/MS) 及氣相層析串聯質譜儀 (gas chromatography/ tandem mass spectrometer, GC/MS/MS) 分析。

(iv) 血中免疫球蛋白試驗

試驗結束時，二組各逢機採集 12 隻雞隻血液，測定血中 IgA、IgG 及 IgM (白等, 1997)。

(v) 腸道內容物菌相

於試驗結束時，由二組各逢機犧牲的 12 隻雞隻，進行腸道內容物菌相分析 (Covert *et al.*, 1989)。秤取 1 g 新鮮腸道內容物放入 10 mL 0.85% NaCl 混合均勻，接續用 0.85% NaCl 連續稀釋至 1/1,000,000，共稀釋 5 次。再以 L 型玻棒均勻塗抹至培養基上 (*Lactobacilli* MRS Agar 及 CHROMagar™ ECC)，分別在 13% CO₂、37℃ 的環境培養 48 h 與 37℃ 的環境培養 24 h，進行乳酸菌、有害大腸桿菌、其他桿菌菌屬及革蘭氏陰性菌屬等菌數之計算。

(vi) 器官與組織

於試驗結束時，二組各逢機犧牲 12 隻雞隻，由農業部獸醫研究所研究人員進行各器官發育及組織切片等臨床病理檢查，組織浸泡於 10% 中性福馬林液中固定 24 h 後取出，以漸增濃度之乙醇 (50% — 100%) 進行梯次脫水，再經石臘包埋、切片脫臘，最後以蘇木精與伊紅染色 (haematoxylin and eosin, H.E.) 並加臘封蓋，用光學顯微鏡 (Nikon, Labophot-2) 觀察並拍照 (劉等, 1996)。

(vii) 基因改造片段檢測

收集試驗期間之玉米、大豆 (粕) 與 36 週齡之二組各犧牲的 12 隻雞隻樣品。雞隻樣品包括其個別血液、排泄物、胸肉、心臟、肝臟、砂囊、卵巢等組織、同時採集各組 20 顆雞蛋，所有樣品在畜產試驗所進行 DNA 萃取 (Aulrichet *et al.*, 1998)，共計 168 個 DNA 樣品，進行 DNA 定性定量，以檢測飼料中基因改造片段殘留及追蹤其於活體中的情形。

玉米及大豆粕基因片段檢測，由種苗繁殖場研究人員依衛生福利部食品藥物管理署 (2014) 方法進行，採取玉米及大豆 (粕) 進行檢測。玉米以「定性確認試驗用及定量試驗用引子檢測方法 (Method of Test for Genetically Modified Foods — Event-specific Qualitatively and Quantitatively Test)」進行檢測，大豆檢測基因片段以 Real-time PCR 引子檢測。

(viii) 飼糧成分

試驗飼糧一般營養成分依 AOAC (2012) 分析，分析項目包含水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、粗灰分、鈣、總磷，並計算無氮抽出物 (無氮抽出物公式：100 — 水分 — 粗灰分 — 粗蛋白質 — 粗脂肪 — 粗纖維)。

III. 統計分析

試驗所得數值資料採用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2008) 進行分析，使用一般線性模式 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，本試驗顯著性水準訂為 ($P < 0.05$)。

結果與討論

I. 飼料農藥殘留及基因片段檢測

本試驗分別購足非基因改造玉米及大豆粕，並於一次購足基因改造玉米及大豆粕；其中非基因改造玉米及大豆粕經種苗場進行二輪檢測，未檢出任何基因片段，基因改造玉米檢出 *Nos-T*、*CaMV 35S-P*、*EPSPS-CP4*、*FMV 35S-P* 及 *Pat* (抗殺草劑及啟動子等) 等 5 個外來基因片段；基因改造大豆粕檢出 *Nos-T*、*EPSPS-CP4*、*FMV 35S-P* 及 *Pat* (抗殺草劑及啟動子等) 等 4 個外來基因片段。

試驗飼料原料包括基因改造玉米及大豆粕、非基因改造玉米及大豆粕，經送藥物毒物試驗所檢測 373 種農藥，結果發現基因改造玉米有檢出極微量農藥殘留量，包括協力精 (Piperonyl butoxide) 0.02 ppm (限量標準 7 ppm) 及亞特松 (Pirimiphos-methyl) 0.1 ppm (限量標準 8 ppm)，但均在農藥殘留容許量標準之內；基因改造大豆粕、非基因改造玉米及大豆粕均未檢出殘留農藥。

表 1. 0 — 18 週齡蛋雞飼糧配方與組成 (基因改造原料飼糧)

Table 1. The ingredients and compositions of laying hens feeds during 0-18 weeks of age (GM⁺ ingredients feeds)

Ingredients, %	Brooding period 0 — 6 weeks of age	Growth period 7 — 18 weeks of age
Yellow corn, ground	69.00	71.85
Soybean meal, CP 43%	26.00	16.50
Fish meal, CP 60%	2.00	2.00
Wheat bran	—	7.00
Dicalcium phosphate	1.20	0.90
Limestone, pulverized	1.15	1.20
Salt	0.40	0.30
Choline chloride, 50%	0.10	0.10
DL-methionine	0.05	0.05
Vitamin-mineral premix ^a	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Calculated value		
Crude protein, %	18.16	15.26
ME, kcal/kg	2,936	2,909
Calcium, %	0.93	0.86
Total phosphorus, %	0.68	0.60
Non-phytate phosphorus, %	0.40	0.35
Sulfur amino acid, %	0.93	0.82
Analyzed value, %		
Crude protein	19.30	15.40
Calcium	0.97	0.82
Total phosphorus	0.65	0.61

⁺ GM = genetically modified.

^a Supplied per kilogram of feed: Vitamin A 16,000 IU、Vitamin D₃ 2,667 IU、Vitamin E 13.3 mg、Vitamin K 2.7 mg、Vitamin B₁ 1.87 mg、Vitamin B₂ 6.4 mg、Vitamin B₆ 2.7 mg、Vitamin B₁₂ 16 µg、Folic acid 0.53 mg、Calcium pantothenate 26.7 mg、Niacin 40 mg、Choline-Cl (50%) 400 mg、Fe (FeSO₄) 53.3 mg、Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 10.7 mg、Zn (ZnO) 106.7 mg、Mn (MnSO₄ · H₂O) 93.3 mg、I (KI) 0.53 mg、Co (CoSO₄) 0.27 mg、Se (Na₂SeO₃) 0.27 mg.

II. 蛋雞產蛋性能

自 10 週齡後分為餵飼基因改造或非基因改造飼糧，對生長性能之影響，於 11 — 18 週齡育成後期蛋雞兩組之生長性能並無顯著差異，顯示餵飼基因改造或非基因改造飼糧並不影響育成後期蛋雞生長性能。餵飼基因改造飼糧對 24 — 36 週齡伊莎蛋雞產蛋性能及體增重之影響，列如表 3。雞隻體增重於試驗期間未受基因改造飼料之影響，於兩組之間結果相近。試驗中產蛋雞之隻日採食量、隻日產蛋率、產蛋量 (egg mass)、飼料換蛋率及存活率等均未受到基因改造飼料之影響，於兩組間並無明顯差異，顯示基因改造玉米及大豆粕並未明顯影響蛋雞

的產蛋性能及存活率等；上述結果與 Gao *et al.* (2014) 餵飼含植酸酶生產基因片段之基因改造玉米，並未影響產蛋性能之結果相似。產蛋試驗期間，基因改造產蛋料較非基因改造產蛋料降低約 0.6 元，依國產玉米種植成本估算約 12 – 13 元，加上乾燥及運輸費用，國產非基因改造玉米每公斤估算約 14 – 15 元，但目前國產非基因改造玉米仍在補貼之中，即以進口玉米港口價出售，但目前生產量仍少；所以非基因改造玉米仍以每公斤 15 元估算，故使用基因改造飼料可大幅降低飼料成本約每公斤 0.6 元，且產蛋性能與非基因改造飼料飼養結果相近。

表 2. 19 – 36 週齡蛋雞試驗飼糧組成

Table 2. Compositions of experimental feeds for laying hens during 19-36 weeks of age

Ingredients	GM ⁺ feed	Non-GM ⁺ feed (control)
	----- % -----	
Yellow corn, ground (GM, CP 7.5%)	56.7	—
Yellow corn, ground (Non-GM, CP 10%)	—	64.2
Soybean meal (GM, CP 43%)	30	—
Soybean meal (Non-GM, CP 47%)	—	23.5
Soybean oil	1.0	0
Dicalcium phosphate	1.2	1.2
Limestone, pulverized	10.0	10.0
Salt	0.3	0.3
Choline chloride, 50%	0.2	0.2
DL-methionine	0.2	0.2
Vitamin-mineral premix ^a	0.4	0.4
Total	100	100
Calculated value		
Crude protein, %	17.16	17.04
ME, kcal/kg	2,754	2,753
Calcium, %	4.2	4.1
Non-phytate phosphorus, %	0.35	0.34
Total phosphorus, %	0.58	0.56
Analyzed value, %		
Crude protein	17.22	17.36
Calcium	4.25	4.18
Total phosphorus	0.59	0.58

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

^a Supplied per kilogram of feed : Vitamin A 16,000 IU、Vitamin D₃ 2,667 IU、Vitamin E 13.3 mg、Vitamin K 2.7 mg、Vitamin B₁ 1.87 mg、Vitamin B₂ 6.4 mg、Vitamin B₆ 2.7 mg、Vitamin B₁₂ 16 µg、Folic acid 0.53 mg、Calcium pantothenate 26.7 mg、Niacin 40 mg、Choline-Cl (50%) 400 mg、Fe (FeSO₄) 53.3mg、Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 10.7 mg、Zn (ZnO) 106.7 mg、Mn (MnSO₄ · H₂O) 93.3 mg、I (KI) 0.53 mg、Co (CoSO₄) 0.27 mg、Se (Na₂SeO₃) 0.27 mg.

Gao *et al.* (2014) 應用於含植酸酶基因改造片段之玉米 (2 種基因改造片段) 餵飼 50 週齡蛋雞 16 週，結果發現可提高蛋雞磷利用率、但在產蛋性能及採食量未有明顯之影響。依 Tufarelli *et al.* (2015) 指出，以基因改造飼糧餵飼白肉雞及蛋雞均未影響生長及產蛋性能，與本試驗結果相似。另廖等 (2017) 及范等 (2019) 分別以基因改造玉米、大豆粕餵飼肉豬及泌乳乳山羊顯示，非基因改造飼料並無明顯影響肉豬生長性狀及乳羊泌乳性能及乳品質，此亦可印證本試驗之結果。

III. 蛋品質

餵飼基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞雞蛋品質之影響，列如表 4。基因改造飼料在影響雞蛋品質方面結果顯示，蛋重於兩組之間並無明顯的變化趨勢；在蛋殼品質方面，包括蛋殼破裂強度、殼重 (殼重 / 蛋重) 百

分比及蛋殼厚度均未受到基因改造飼料明顯的影響；蛋黃重 (蛋黃重 / 蛋重) 百分比及蛋新鮮度指標包括蛋白高度及豪氏單位等，在兩組之間並無顯著差異。在蛋黃顏色方面，包括蛋黃 L 值 (亮度)、a 值 (紅色度) 及 b 值 (黃色度) 皆未受到基因改造飼料顯著之影響，以上蛋品質測定結果顯示，蛋雞採食基因改造飼料並不明顯影響雞蛋品質。依 Gao *et al.* (2014) 及 Tufarelli *et al.* (2015) 以基因改造玉米為飼糧餵飼蛋雞，均未影響蛋品質及蛋黃色澤等性狀，此與本試驗結論一致。

表 3. 餵飼基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞產蛋性能及體增重之影響

Table 3. Effect of GM diet on egg performance and weight gain of ISA layers during 24-36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
BW of beginning, g/hen	1,519	1,515	20.2
BW of ending, g/hen	1,694	1,723	23.2
BW gain, g/hen	175	207	19.6
Daily production rate, %	89.5	91.2	2.2
Daily egg mass, g	50.9	50.5	1.3
Feed conversion ratio, feed intake/egg mass	2.01	1.99	0.03
Survival rate, %	100	98	1.4
Feed cost, NT dollar/kg	10.5	11.1	

N = 50.

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

表 4. 餵飼基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞雞蛋品質之影響

Table 4. Effect of GM diet on egg quality of ISA layers during 24-36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
Egg weight, g/per egg	58.72	57.33	0.57
Eggshell breaking strength, kg	2.69	2.87	0.05
Eggshell weight, % (Eggshell weight/Egg weight)	7.81	7.69	0.09
Eggshell thickness, μ m	38.58	38.38	0.29
Yolk weight, % (Yolk weight/Egg weight)	23.83	24.19	0.35
Albumen height, mm	9.01	8.25	0.20
Haugh unit, unit/egg	112	107	7.68
Yolk color			
L* (Lightness)	58.85	58.73	0.38
a* (Redness)	8.65	9.62	0.97
b* (Yellowness)	43.5	41.56	1.96

N = 20.

⁺ GM =genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

IV. 血液免疫球蛋白

餵飼基因改造飼糧對蛋雞血液中免疫球蛋白含量之影響，列如表 5。蛋雞餵飼基因改造飼料後血液免疫球蛋白包括 IgA、IgM 及 IgG 等含量均未受到基因改造飼料的影響，顯示基因改造飼料並不影響雞隻免疫能力。施等 (2022) 研究以土雞飼飼基因改造玉米—大豆飼糧 16 週，土雞血中免疫球蛋白含量與非基因改造飼糧雞隻相較，並無明顯變化。而 Sieradzki *et al.* (2013) 發現蛋雞採食基因改造玉米—大豆飼糧，並無影響雞隻健康、外觀與活力，上述結果可為本試驗血液免疫球蛋白結果之佐證。

表 5. 飼料基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞血液免疫球蛋白含量之影響

Table 5. Effect of GM diet on immunoglobulin content of ISA layers during 24-36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
	----- $\mu\text{g/mL} \times 10^3$ -----		
IgA	392	383	33
IgG	1,802	1,726	58
IgM	7,487	7,292	67

N = 12.

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

V. 蛋雞腸道微生物菌相

飼料基因改造飼糧對蛋雞腸道菌相及菌數之影響，列如表 6 所示，採集 36 週齡蛋雞腸道內容物進行菌相分析，結果顯示，在有害大腸桿菌屬、革蘭氏陰性菌屬、其他菌屬、乳酸菌屬及總菌數等，於基因改造或非基因改造飼料之間並未明顯變化，顯示基因改造飼料未能明顯影響腸道微生物菌相。施等 (2022) 及 Sieradzki *et al.* (2013) 分別研究發現土雞及蛋雞採食基因改造玉米—大豆飼糧，腸內容物微生物其菌相與非基因改造之對照組相較，均無明顯之變化，與本試驗結果相近。

表 6. 基因改造飼糧對 36 週齡伊莎蛋雞腸道菌相及菌數 ($\times 10^7$) 之影響

Table 6. Effect of GM diet on gut microbiota and bacteria count of ISA layers during 36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
Harmful <i>Escherichia</i>	30.1	24.0	7.4
Gram-negative bacteria	14.8	13.9	21.4
Other <i>Bacillus</i>	11.4	13.0	3.9
<i>Lactobacillus species</i>	176	223	21
Total plate count	233	273	24

N = 12.

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

VI. 雞隻屠體檢查

在蛋雞屠體檢查方面，雞隻犧牲後，由獸醫研究所研究人員於兩組各採 12 隻蛋雞進行剖檢，採集蛋雞臟器，包括心臟、肝臟、腎臟、胃、小腸、大腸及卵巢等臟器及胸肉，供病理學檢查及判讀，上述蛋雞臟器及組織經獸醫研究所獸醫師檢視，皆無明顯特徵性病變。

依 Zhong *et al.* (2017) 以 maroACC 基因 (抗蟲害綠膿桿菌基因片段) 飼料種用來亨蛋雞 12 週，結果發現 32 週齡種公雞精液性狀不受基因改造玉米之影響，在種蛋受精率及活雛數亦無明顯差異。種公雞睪丸重與組織病理學臨床診斷與對照組並無差異或病變，在雞隻外觀活力及健康均為良好；血液中動情激素 (FSH)、排卵素 (LH) 及睪固酮 (testosterone) 等不受基因改造玉米之影響，顯見基因改造飼料並不影響蛋雞繁殖性能，此結論與本試驗結果相符。

VII. 蛋雞組織臟器基因片段檢測

基因改造飼糧飼之蛋雞，其基因改造基因片段定性分析之結果，如表 7 所示，雞蛋、雞隻心臟、肝臟、砂囊、卵巢、胸肉、腿肉、血液及糞便等，經 DNA 萃取後，皆未檢出基因改造基因片段殘留，此結果與施等 (2022) 進行飼料土雞基因改造飼料均未檢出基因片段殘留之結論一致。另 Gao *et al.* (2014) 以蛋雞採食含生產植酸酶基因片段之基因改造玉米 (2 種基因改造片段) 16 週後，結果亦發現在卵巢、雞蛋、胸肉及腿肉等均未檢出任何基因改造片段。多位學者之研究報告顯示，白肉雞、土雞與蛋雞採食轉殖基因之玉米—大豆粕後，其器官、組織、肉及蛋之 DNA 均無檢出外來基因片段 (施等, 2022; Sieradzki *et al.*, 2013; Gao *et al.*, 2014; Tufarelli *et al.*, 2015)，與本試驗結果頗為符合。另外，依 Agnieszka *et al.* (2020) 研究顯示，植物重組 DNA 進入畜禽消化道會持續受到低 pH 之胃酸、胰蛋白酶及小腸刷狀緣上多種蛋白酶等進行分解破壞，此或可說明基因片段未有殘留之現象。

表 7. 基因改造飼糧對伊莎蛋雞雞蛋與體組織中基因片段殘留的定性分析

Table 7. Effect of GM diet on transgenic gene detection in egg, meat, organs, blood and excreta of ISA layers

Sample/Gene fragment	<i>Nos-T</i>		<i>CaMV 35S-P</i>		<i>EPSPS-CP4</i>		<i>FMV 35S-P</i>		<i>Pat</i>	
Item	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	GM diet	Non-GM diet	GM diet	Non-GM diet	GM diet	Non-GM diet	GM diet	Non-GM diet
Egg DNA	ND [#]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heart DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Liver DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gizzard DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ovaries DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Breast meat DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Leg meat DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Blood DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Excreta DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

[#] ND: no detection.

Each special DNA sample n = 12; Egg DNA sample n = 20.

結 論

蛋雞餵飼基因改造原料調配之飼糧，雞隻健康狀況良好，並不影響產蛋、蛋品質、血中免疫球蛋白含量及腸道微生物菌相，也無組織病理特徵性病變等，同時所有臟器組織 DNA 樣品亦未檢出轉殖基因片段，顯示蛋雞採食含基因改造飼料所生產之內臟及蛋品應屬安全範疇之內。

參考文獻

- 白火城、黃森源、林仁壽。1997。家畜臨床血液生化學，立宇出版社，臺南市。
- 范耕榛、施柏齡、陳哲仁、張惠如、李春芳。2019。基因改造飼料對泌乳山羊健康與產品安全風險評估。中畜會誌 48(增刊)：305。
- 施柏齡、洪兮雯、劉芳爵、李宗育、陳哲仁、陳燕萍、涂央昌、李春芳。2022。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。畜產研究 55：101-109。
- 農業部基因改造飼料或飼料添加物可查驗辦法。中華民國 105 年 1 月 4 日公告。
- 農業統計年報。2021。糧食供需進口量。行政院農業委員會編著。
- 廖宗文、施柏齡、劉芳爵、李宗育、李恒夫、吳鈴彩、陳哲仁、涂央昌、李春芳。2017。基因改造飼料對畜禽健康與產品安全風險評估。行政院農業委員會畜產試驗所 107 年度科技計畫期末報告，臺北市。
- 劉振軒、何逸、張文發、祝志平、王綉真。1996。組織病理染色技術與圖譜：組織化學染色。藝軒出版社，新北市，第 17-20 頁。
- 衛生福利部食品藥物管理署。2014。基因改造食品檢驗。民國 103 年 5 月 29 日發佈。<http://www.fda.gov.tw/TC/siteContent.aspx?sid=3963>。
- Agnieszka, K. K., B. Gralak, G. Faliszewska, and E. Karpiniak. 2020. The influence of GMO feed on ecosystem stability of the gastrointestinal tract in different species - a review. Anim. Sci. Papers Rep. 38: 213-224.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis (19th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Aulrich, K., I. Halle, and G. Flachowsky. 1998. Effect of genetically modified Bt-hybrids maize on digestibility in laying hens. HO.VDLUFA- Conference, Giessen, Germany. pp. 465-468.
- Buzoianu, S. G., M. C. Walsh, M. C. Rea, J. P. Cassidy, R. P. Ross, G. E. Gardiner, and P. G. Lawlor. 2012. Effect of feeding genetically modified Bt MON810 maize to approximately 40-day-old pigs for 110 days on growth and health indicators. Animal 6: 1609-1619.
- Covert, T. C., L. C. Shadix, E. W. Rice, J. R. Haines, and R. W. Freyberg. 1989. Evaluation of the autoanalysis Colilert test for detection and enumeration of total coliform. Appl. Environ. Microbiol. 55: 2443-2447.
- Gao, C., Q. Ma, L. Zhao, J. Zhang, and C. Ji. 2014. Effect of dietary phytase transgenic corn on physiological characteristics and the fate of recombinant plant DNA in laying hens. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 27: 77-82.
- Haugh, R. R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. U.S. Egg Poultry Mag. 43: 552.
- Lyon, C. E., B. G. Lyon, C. E. Davis, and W. E. Townsend. 1980. Texture profile analysis of patties made from mixed and flake-cut mechanically deboned poultry meat. Poult. Sci. 59: 69-76.
- Nordskog, A. W. and G. Fransworth, Jr. 1953. The problem of sampling for egg quality in breeding flock. Poult. Sci. 32: 918-921.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- SAS. 2008. SAS User's Guide. Statistical Institute, Inc., Cary.
- Séralini, G. E., E. Clair, R. Mesnage, S. Gress, N. Defarge, M. Malatesta, D. Hennequin, and J. S. de Vendôme. 2012. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. FoodChem.Toxic. 50(11): 4221-4231.
- Shehata, A. A., W. Schrödl, A. A. Aldin, H. M. Hafez, and M. Krüger. 2013. The effect of glyphosate on potential pathogens and beneficial members of poultry microbiota in vitro. Curr. Microbiol. 66: 350-358.
- Sieradzki, Z., M. Mazur, K. Kwiatek, S. Swiatkiewicz, M. Swiatkiewicz, J. Koreleski, E. Hanczakowska, A. Arczewska-Włosek, and M. Goldsztejn. 2013. Assessing the possibility of genetically modified DNA transfer from GM feed to broiler, laying hen, pig and calf tissues. Pol. J. Vet. Sci. 16: 435-441.

- Tufarelli, V., M. Selvaggi, C. Dario, and V. Laudadio. 2015. Genetically modified feeds in poultry diet: safety, performance, and product quality. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 55: 562-569.
- Van Eenennaam, A. L. and A. E. Young. 2014. Prevalence and impacts of genetically engineered feedstuffs on livestock populations. *J. Anim. Sci.* 92: 4255-4278.
- Zhong, R., L. Chen, L. Zhang, and H Zhang. 2017. Transgenerational effect of feeding genetically modified *maroACC* corn to laying hens and offspring roosters on offspring roosters growth and reproduction. *J. Anim. Sci. Supplemen.* 95: 188-189.

Genetically modified corn and soybean diet on laying performance, egg quality and gene fragments traceability of laying hens ⁽¹⁾

Bor-Ling Shih ⁽²⁾ Jen-Ren Chen ⁽³⁾ Yang-Chang Tu ⁽⁴⁾ and Hsi-Wen Hung ⁽²⁾⁽⁵⁾

Received: Mar. 8, 2023; Accepted: Jun. 14, 2023

Abstract

The purpose of this experiment was to investigate the genetically modified (GM) diet on layer hens' health and to evaluate risk of the food safety of eggs. One hundred 10-week-old commercial ISA layers were used as experimental animals and allotted to two groups, the GM group contained GM corn and GM soybean meal, and corn and soybean meal used in non-GM groups were both non-GM. The experiment started when hens were 24 week-old and conducted for 12 weeks. Feed and water were provided *ad libitum*. Feed intake, laying performance and egg quality were recorded. Gut microbiota, modified gene segments of eggs, organs and excreta were investigated. The results showed that hens fed with either GM or non-GM corn and soybean meal diets had normal and similar egg production, egg quality, immune immunoglobulin and gut microbiota. There were no pathological characteristic lesions in the internal organs, no residue of transferred gene events in egg, meat, organ tissues and blood as well. In conclusion, laying hens fed with GM diets for 12 weeks did not affect laying performance, egg quality and health. The modified gene segments could not be traced in eggs, tissues and organs. Eggs and edible organs of layers are recognized safe.

Key words: Genetically modified feed, ISA Layers, Laying performance.

(1) Contribution No. 2752 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

(3) Biotechnology Section, Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, No. 6, Xingzhong St., Xinshe Dist., Taichung, 426017, Taiwan, R. O. C.

(4) Epidemiology Research Department, Veterinary Research Institute, Ministry of Agriculture, New Taipei City. No. 376, Zhongzheng Rd., Tamsui District, New Taipei City, 251018, Taiwan, R. O. C.

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

飼糧添加紫色狼尾草葉粉對白色華鵝生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響⁽¹⁾

劉士銘⁽²⁾⁽³⁾ 林旻蓉⁽²⁾ 蕭智彰⁽²⁾ 王勝德⁽²⁾

收件日期：112 年 1 月 9 日；接受日期：112 年 6 月 19 日

摘 要

本試驗旨在探討飼糧添加紫色狼尾草葉粉對 30 — 116 日齡鵝隻生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響。選取 90 隻 30 日齡白色華鵝逢機分配至 0% (對照組)、3、6、9 及 12% 紫色狼尾草葉粉添加組共 5 組，5 組依序含有矢車菊素-3-葡萄糖苷 (cyanidin-3-glucoside) 0.03、1.62、3.28、7.14 及 9.33 $\mu\text{g/g}$ ，各處理飼糧為等蛋白質、等代謝能及等粗纖維。結果顯示，30 — 56 日齡平均隻日增重以 6% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 較 12% 葉粉組為佳，57 — 84 日齡平均隻日增重以 6 及 9% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 較對照組佳。116 日齡白色華鵝血漿麩胱甘肽過氧化酶 (glutathione peroxidase, GPX) 活性隨葉粉添加量之提高呈顯著 ($P < 0.01$) 線性增加，以 12% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 高於對照組，血清麩胺酸草乙酸轉胺酶 (glutamic-oxaloacetic transaminase, GOT)、麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamic-pyruvic transaminase, GPT) 活性及三酸甘油酯濃度均隨葉粉添加量之提高呈顯著 ($P < 0.05$) 線性降低，總蛋白質及球蛋白濃度則隨葉粉添加量之提高呈現二次曲線關係，以添加 6 及 9% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 高於對照組。胸部重占屠體重百分比以 6% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 高於對照組，隨葉粉添加量之增加呈現二次曲線關係。綜合上述，紫色狼尾草葉粉如添加於白色華鵝飼糧，建議以 5.8 — 6.1% 較為適當。

關鍵詞：生長性能、紫色狼尾草葉粉、白色華鵝。

緒 言

鵝隻具有發達的後腸微生物發酵作用，可利用大量牧草作為營養來源 (Zhou *et al.*, 2018)。飼糧添加適量纖維質飼料原料，如木薯葉 (*Manihot esculenta* Crantz, cassava leaf)、黑麥草 (*Lolium perenne*, ryegrass)、紫花苜蓿 (*Medicago sativa*, lucerne) 或玉米莖稈 (maize stalk) 對鵝的生長無不良影響，並可為舍內飼養提供多元的纖維質飼料來源，以預防鵝隻啄羽或異嗜癖 (pica) 等問題 (Lou *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2018)。

花青素 (anthocyanin) 為類黃酮 (flavonoids) 的一種，屬水溶性色素，廣泛分佈於各類植物之果皮、莖、葉及種子。富含花青素植物如覆盆子、藍莓及黑豆等 (Bridle and Timberlake, 1997; Tsai *et al.*, 2002)。花青素具抗氧化能力、預防脂質過氧化與降低血液總膽固醇或三酸甘油酯含量等功效 (Tsai *et al.*, 2002; Changxing *et al.*, 2018)。適當添加富含花青素植物於飼糧，例如蠶豆粉 (*Vicia faba*, horse been seed meal)、紫色甘藷皮粉 (*Ipomoea batata*, purple sweet potato skin powder)、紫小麥粉 (*Triticum aestivum*, purple wheat flour) 具有促進白肉雞與肉鴨之生長性能及提高屠體品質 (Tanguy *et al.*, 1977; Štastník *et al.*, 2016; Yadnya *et al.*, 2016)，然而飼糧中添加過量花青素易造成飼糧具有苦澀味、動物採食量及蛋白質消化率較差、屠體肌肉脂肪蓄積太少等影響 (Changxing *et al.*, 2018)。

紫色狼尾草 (*Pennisetum purpureum*, purple Napier grass, PNG) 葉片呈現紫色，並具有抗氧化活性功能及成分，包括花青素、類黃酮等與抗氧化能力有關物質。其品種適口性佳，種植後每 8 — 10 週可收穫一次，具抗病蟲害，實為優良芻料作物 (陳等, 2014)。近年來諸多單位積極研究飼糧添加機能性飼料添加物的效果。白色華鵝 (*Anser cygnoides*, White Chinese goose) 屬輕型鵝種，平均體重為 4.5 ± 0.55 kg，可作為商用肉鵝父系之用 (蕭等, 2011; 蕭等, 2017)，於 12 週齡以後其隻日增重趨緩且飼料轉換率變差，為避免屠體外觀存有針羽問題，肉用之適當上市週

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2753 號。

(2) 農業部畜產試驗所北區分所。

(3) 通訊作者，E-mail: newsho123@tlri.gov.tw。

齡建議為 16 週齡 (陳等, 2003)。本試驗目的即在探討飼糧添加紫色狼尾草葉粉對白色華鵝生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響, 提供業者參考。

材料與方法

I. 動物試驗與管理

使用農業部畜產試驗所北區分所育成之白色華鵝, 雛鵝於孵化後進行公母鑑別, 於 30 日齡選取 90 隻鵝逢機分配至 0% (對照組)、3、6、9、12% PNG 葉粉組, 飼糧組成列於表 1。每組 3 重複, 以欄為重複, 每欄 6 隻 (每欄空間約 2 坪), 公與母鵝各半。PNG 葉粉購自農業部畜產試驗所飼料作物組, 係秋季種植生長約 8 週左右收割, 取其葉部經細切後即進行約 48 小時 65°C 乾燥, 經粉碎取得葉粉, 分析其含水率、粗蛋白質、鈣、總磷、粗纖維、代謝能及 cyanidin-3-glucoside 含量分別為 11.6%、7.20%、0.09%、0.82%、32.3%、1,826 kcal/kg 及 53 µg/g, 葉粉粒徑大小 63 µm。鵝隻飼養於非開放式鵝舍, 採自然光照、飲水與飼料均採任食, 但未提供水池做戲水用。試驗期間自 109 年 2 月至同年 5 月, 舍內溫度 18.8 – 27.7°C (平均 22.2 ± 8.9°C) 與相對濕度 57.5 – 82.6% (平均 70.0 ± 22.5%)。鵝隻於 0 – 29 日齡給予育雛料, 其代謝能含量 2,900 kcal/kg、粗蛋白質 20%; 於 30 – 116 日齡給予等代謝能、等粗蛋白質及等粗纖維之試驗飼糧, 其代謝能含量 2,800 kcal/kg、粗蛋白質 15.5% 及粗纖維 6.4%。飼料單價參考農業部畜產試驗所飼料廠 108 年 9 月原料單價計算飼料成本。本研究涉及動物之使用、飼養及實驗內容均經行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場實驗動物照護及使用小組同意在案 (畜試彰動字第 10902 號)。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The component of experimental diets

Ingredients	PNG ⁺ leaf powder levels, %				
	0	3	6	9	12
Yellow corn, ground	606.9	602.5	594.7	588.6	597.5
Soybean meal	198.1	195.0	193.0	190.0	192.5
PNG leaf powder	—	30.0	60.0	90.0	120.0
Fish meal, 65%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Wheat bran	30.0	30.0	30.0	30.0	8.0
Rice hull	75.0	54.0	34.0	15.0	0.0
Molasses	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Soybean oil	10.5	8.5	7.5	6.0	1.0
Dicalcium phosphate	11.5	11.0	11.0	10.5	10.5
Limestone, pulverized	4.0	5.0	5.8	5.9	6.5
Salt	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Choline chloride, 50 %	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
DL-methionine	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Vitamin premix ¹	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Mineral premix ²	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Diet cost, NTD/kg	13.16	15.33	18.23	19.98	23.03
Calculated values					
Crude protein, %	15.52	15.51	15.52	15.51	15.53
ME, kcal/kg	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Crude fiber, %	6.49	6.43	6.42	6.45	6.50
Calcium, %	0.73	0.74	0.73	0.73	0.74
Available phosphorus, %	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35

表 1. 試驗飼糧組成 (續)

Table 1. The component of experimental diets (continued)

Ingredients	PNG ⁺ leaf powder levels, %				
	0	3	6	9	12
Sulphur amino acid, %	0.85	0.84	0.83	0.83	0.82
Analysis values					
Crude protein, %	15.65	15.49	15.65	15.60	15.69
Crude fiber, %	6.58	6.50	6.52	6.48	6.53
Cyanidin-3-glucoside, µg/g	0.03	1.62	3.28	7.14	9.33

⁺ PNG: purple Napier grass.

¹ Supplied per kg of diet: vitamins A 6,666 IU, D₃ 1,333 IU, E 13,333 IU, B₁ 0.7 g, B₂ 3.2 g, B₆ 2 g, B₁₂ 0.7 mg, K₃ 1 g, biotin 0.13 g, D-calcium pantothenate 5 g, folic acid 0.3 g and nicotinic acid 17 g.

² Supplied per kg of diet: Cu 10 g, Fe 53 g, Zn 28 g, Mn 53 g, Co 0.17 g, I 0.57 g and Se 0.10 g.

II. 測定項目

- (I) 飼糧營養成分測定：粗蛋白質 (method 984.13) 及粗纖維 (method 978.10) 含量依 AOAC (2012) 所述方法測定之，飼料 cyanidin-3-glucoside 含量則依 Fuleki and Francis (1968) 所述方法測定之。
- (II) 生長性狀：於鵝隻 56、84 及 116 日齡時分別秤體重一次，同時記錄各欄之剩餘飼料重，以計算鵝隻不同階段之平均隻日飼料採食量 (average daily feed intake, ADFI)、平均隻日增重 (average daily gain, ADG) 及飼料轉換率 (feed conversion ratio, FCR)。
- (III) 血液生化值：於鵝隻 116 日齡時，自每欄隨機取公、母鵝各 2 隻採集血液樣品，採血前禁食 12 小時但自由飲水。使用 21 號針頭採集鵝隻腳脛靜脈血液 10 mL 後分別置入含 EDTA-Na 或不含抗凝劑試管，經離心機 (Hettich Universal 320 R, Germany)，3,000 rpm、離心力為 $1,057 \times g$ ，離心 30 min 後分別取得血漿或血清樣品供後續分析。
 - i. 血漿抗氧化酵素：

鵝隻血漿以全自動生化儀 (Automatic Biochemical Analyzer, Hitachi 7150, Japan) 檢測過氧岐化酶 (superoxide dismutase, SOD)、GPX 及過氧化氫酶 (catalase) 活性。
 - ii. 血清生化值：

採用全自動生化儀 (Automatic Biochemical Analyzer, Lanner 7900, Taiwan) 檢測鵝隻血清中葡萄糖 (glucose, GLU)、GOT、GPT、總蛋白質 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, ALB)、球蛋白 (globulin, GLO)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、總膽固醇 (total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白膽固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白膽固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C) 等濃度或酵素活性。
- (IV) 屠體性狀：於鵝隻 116 日齡完成血液樣品採集後，每欄隨機犧牲公、母鵝各 1 隻，測定活體重、屠體重、腹脂塊重，並依據中央畜產會公佈之臺灣肉鵝分切標準 (中央畜產會，2016)，測定頭頸重、胸部重、背部重、翅膀重、腳部重及腿部重並換算為占屠體重百分比。

III. 統計分析

試驗所得數據，以統計軟體系統 (SAS, 2012) 進行分析，使用一般線性模式 (general linear model, GLM) 進行變方分析，再以杜凱確實差異檢定 (Tukey honestly significant difference test, HSD) 各處理組間平均值之顯著差異 ($P < 0.05$)。利用迴歸程序 (regression procedure) 分析生長性能及飼料成本數據，並以多項式比較 (polynomial contrast) 檢定是否為線性或二次曲線關係。使用的迴歸模型為 $Y = a + b_1X + b_2X^2$ ，其中 Y 為反應變數 (隻日增重或飼料成本)；a、b₁、b₂ 為迴歸係數；X 為紫色狼尾草葉粉添加量。

結果與討論

I. 生長性能

飼糧中添加紫色狼尾草葉粉對白色華鵝生長性能之影響，列示於表 2。試驗結果顯示，30 – 56 及 30 – 84 日齡鵝隻 ADG 以 6% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 較 12% 葉粉組為佳，57 – 84 日齡鵝隻 ADG 以 6 及 9% 葉粉組顯

著 ($P < 0.05$) 較對照組為佳，無論 30 — 56 ($P < 0.05$)、57 — 84 ($P < 0.01$) 及 30 — 84 日齡 ($P < 0.01$) 鵝隻 ADG 均呈現顯著之二次曲線關係。30 — 56 日齡鵝隻 ADFI 以 6% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 較對照組及 3%、9% 葉粉組為高，FCR 以 12% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 較 3% 葉粉組差，30 — 56 日齡鵝隻之 ADFI 及 FCR 均呈現顯著 ($P < 0.05$) 二次曲線關係。30 — 84 日齡鵝隻 FCR 以對照組顯著 ($P < 0.05$) 較其他處理組為差。

表 2. 飼糧添加紫色狼尾草葉粉對 30 至 116 日齡白色華鵝生長性能之影響

Table 2. Effects of dietary supplementation with PNG leaf powder on growth performances in White Chinese geese at 30 to 116 days of age

Item	PNG ⁺ leaf powder levels, %					SEM ¹	Significance ³	
	0	3	6	9	12		L	Q
BW, kg/goose ²								
D30	1.61	1.63	1.69	1.66	1.65	0.04	ns	ns
D56	3.63	3.69	3.70	3.65	3.58	0.06	ns	ns
D84	4.44	4.59	4.61	4.69	4.55	0.07	ns	ns
D116	4.53	4.66	4.67	4.64	4.63	0.91	ns	ns
ADG, g/goose/day ²								
D30 to D56	67.43 ^{ab}	68.98 ^{ab}	70.48 ^a	66.24 ^{ab}	63.42 ^b	0.26	ns	*
D57 to D84	24.01 ^b	28.20 ^{ab}	29.67 ^a	29.72 ^a	28.89 ^{ab}	0.58	ns	**
D85 to D116	5.04	3.60	3.99	6.05	4.17	0.33	ns	ns
D30 to D84	47.61 ^{ab}	48.60 ^a	50.81 ^a	48.00 ^a	46.16 ^b	0.64	ns	**
D30 to D116	32.16	33.93	34.71	34.00	32.16	0.93	ns	ns
ADFI, g/goose/day ²								
D30 to D56	233.3 ^b	234.9 ^b	245.5 ^a	234.7 ^b	239.4 ^{ab}	3.39	ns	*
D57 to D84	238.9	249.0	251.4	251.0	246.2	3.90	ns	ns
D85 to D116	236.1	241.9	248.3	242.9	242.8	3.17	ns	ns
D30 to D84	269.6	270.5	248.5	270.0	254.9	3.17	ns	ns
D30 to D116	247.3	251.5	248.4	251.9	246.8	3.50	ns	ns
FCR, feed/BW gain ²								
D30 to D56	3.51 ^{ab}	3.46 ^b	3.53 ^{ab}	3.60 ^{ab}	3.92 ^a	0.13	ns	*
D57 to D84	9.98	8.81	8.65	8.55	8.78	0.42	ns	ns
D85 to D116	54.12	76.04	63.97	45.48	65.81	4.86	ns	ns
D30 to D84	6.38 ^a	5.54 ^b	5.73 ^b	5.55 ^b	5.51 ^b	0.11	ns	*
D30 to D116	22.53	29.43	25.37	19.22	26.19	3.77	ns	ns
Feed cost of BW, NTD/kg								
D30 to D116	152.4	175.2	208.6	242.7	284.5	—	—	—

⁺ PNG: purple Napier grass.

¹ SEM: standard error of means for treatment.

² BW: body weight; ADG: average daily gain; ADFI: average daily feed intake; FCR: feed conversion ratio.

³ Orthogonal comparison of various dietary PNG leaf powder level treatments. Significance level of Linear (L) or quadratic (Q) effect: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, and ns: not significant.

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

研究指出添加低量之富含 cyanidin-3-glucoside 植物或萃取物，如紫糯米糠粉 (purple glutinous rice bran meal, 19.8 $\mu\text{g/g}$) (Punyatong *et al.*, 2018)、葡萄渣粉 (grape pomace meal, 210 $\mu\text{g/g}$) (Aditya *et al.*, 2018) 及葡萄籽萃取粉 (grape seed extract meal, 20 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) (Yadnya *et al.*, 2016) 並不會影響家禽生長性能。研究結果發現添加適量富含花青素之萃取物或飼料作物，如蔓越莓萃取粉 (cranberry extract meal, 11.1 mg/kg) (Leusink *et al.*, 2010) 及黑桑葚汁 (black mulberry juice, 4.02 $\text{mg}/100\text{ g}$) (El-Hady *et al.*, 2017)，分別具有改善肉雞及番鴨體增重及飼料轉換率作用。然而 Štastník *et al.* (2016) 研究發現，隨水飛薊籽粉 (*Silybum marianum*, milk thistle seed cake meal) 添加量自 cyanidin-3-glucoside 6.45 $\mu\text{g/g}$ feed 增加至 19.35 $\mu\text{g/g}$ feed，白肉雞之飼料採食量及體增重均降低，另外其他研究亦顯示，飼糧含高量花青素飼糧常造成家禽飼料之適口性降低及蛋白質、能量吸收下降 (Ndou *et al.*, 2013; Changxing *et al.*, 2018; Miya *et al.*, 2020)。本試驗結果發現不論 30 — 56、57 — 84 及 30 — 84 日齡白色華鵝 ADG

及 30 – 84 日齡 FCR 且均以 6% 葉粉生長性能表現較優異、12% 葉粉組表現較差，且均呈現二次曲線關係，推測與其飼糧 cyanidin-3-glucoside 含量分別為 3.28 及 9.33 $\mu\text{g/g}$ 有關 (表 1)，與前述研究結果相近似。陳等 (2003) 指出 12 週齡後華鵝生長性能逐漸停滯，但為了降低屠體針羽發生，建議華鵝於 16 週齡後再行上市。陳與許 (2004) 指出 10 週齡華鵝消化道已發育健全，鵝隻健康程度較其他生長階段相對較佳。紫色狼尾草葉粉雖可提高華鵝抗氧化能力，但 85 – 116 日齡白色華鵝生長已近停滯致飼料轉換率已不符合飼養成本，故僅建議 30 – 56 及 57 – 84 日齡白色華鵝使用為佳。

飼糧不添加或添加 3、6、9 及 12% 紫色狼尾草葉粉之飼料成本每公斤分別為 13.2、15.3、18.2、20.0 及 23.0 元，係隨葉粉之添加量增加而提高，主要與紫色狼尾草葉粉成本每公斤高達 60 元有關。而白色華鵝每公斤體重所需之飼料成本分別為 152.4、175.2、208.6、242.7 及 284.5 元，分別較不添加葉粉組增加 22.8、56.2、90.3 或 132.1 元 / 公斤或 14.9、36.9、59.2、86.7%，亦與紫色狼尾草葉粉成本有關。

II. 血液生化值

飼糧添加紫色狼尾葉粉對 116 日齡白色華鵝血液生化值之影響，列於表 3。鵝隻血漿 SOD 及 catalase 於各處理組間均無顯著差異存在。白色華鵝血漿 GPX 活性隨葉粉添加量之提高呈顯著 ($P < 0.05$) 線性增加，以 12% 葉粉組顯著高於對照組。鵝隻血清 GOT 活性以對照組顯著 ($P < 0.05$) 高於其它處理組，鵝隻血清 GPT 活性以對照組顯著 ($P < 0.05$) 高於 9 及 12% 葉粉組。鵝隻血清 TC 及 TG 濃度均以添加 12% 葉粉組 ($P < 0.05$) 顯著低於對照組，且均隨葉粉添加量之提高呈顯著線性降低。鵝隻血清 TP 及 GLO 濃度，均以添加 6 及 9% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 高於對照組，且隨葉粉添加量之提高呈顯著二次曲線關係。

表 3. 飼糧添加紫色狼尾葉粉對 116 日齡白色華鵝血液生化值之影響

Table 3. Effects of dietary supplementation with PNG leaf powder on blood parameters in White Chinese geese at 116 days of age

Item	PNG ⁺ leaf powder levels, %					SEM ¹	Significance ²	
	0	3	6	9	12		L	Q
SOD ³ , U/g Hb	1,845	1,807	1,804	1,918	1,901	92.27	ns	ns
GPX ³ , U/g Hb	977.2 ^b	1,078 ^{ab}	1,076 ^{ab}	1,098 ^{ab}	1,181 ^a	6.94	**	ns
Catalase ³ , nmoL/min/mL	6.27	6.06	6.96	6.22	7.94	0.62	ns	ns
GLU ³ , mg/dL	177.0	176.3	181.3	189.6	191.3	4.63	ns	ns
GOT ³ , U/L	32.00 ^a	24.94 ^b	24.33 ^b	20.78 ^b	20.00 ^b	1.59	**	ns
GPT ³ , U/L	13.17 ^a	11.94 ^{ab}	11.17 ^{abc}	9.60 ^{bc}	9.06 ^c	0.72	*	ns
TP ³ , g/dL	4.89 ^b	4.81 ^{ab}	4.55 ^b	4.56 ^b	4.69 ^{ab}	0.07	ns	*
ALB ³ , g/dL	1.99	1.92	1.96	2.04	1.91	0.11	ns	ns
GLO ³ , g/dL	2.90 ^a	2.76 ^{ab}	2.60 ^b	2.64 ^b	2.78 ^{ab}	0.07	ns	**
TC ³ , mg/dL	199.7 ^a	201.4 ^a	178.8 ^b	176.9 ^b	172.8 ^b	7.22	*	ns
TG ³ , mg/dL	168.8 ^a	116.6 ^{ab}	105.4 ^{ab}	103.8 ^{ab}	93.67 ^b	3.71	*	ns
HDL-C ³ , mg/dL	99.61	90.11	89.72	102.20	96.61	17.10	ns	ns
LDL-C ³ , mg/dL	89.44	82.33	88.72	78.28	78.17	4.06	ns	ns

⁺ PNG: purple Napier grass.

¹ SEM: standard error of means for treatment.

² Orthogonal comparison of various dietary PNG leaf powder level treatments. Significance level of Linear (L) or quadratic (Q) effect: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and ns: not significant.

³ SOD: superoxide dismutase, GPX: glutathione peroxidase, GLU: glucose, GOT: glutamic-oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase, TP: total protein, ALB: albumin, GLO: globulin, TC: total cholesterol, TG: triglycerides, HDL-C: high density lipoprotein cholesterol, LDL-C: low density lipoprotein cholesterol.

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

Changxing *et al.* (2018) 指出花青素具有類似維生素 E 的作用，可促使 GPX 活性提高並具有清除動物體內自由基及預防細胞膜脂質過氧化等功效。林等 (2019) 研究結果指出飼糧添加 2% 紫色狼尾草萃取粉 (purple Napier grass extract meal) 之白肉雞肝臟 GPX 活性顯著高於對照組 (800 vs. 455 IU/mg protein)。飼糧添加富含 cyanidin-3-glucoside 之農副產物，諸如葡萄渣粉 (grape pomace meal, 51.2 – 153.6 $\mu\text{g/g}$) (Niekerk *et al.*, 2020)、紫玉米粉 (purple corn meal, 80 – 240 $\mu\text{g/g}$) (Št'astnik *et al.*, 2016)，白肉雞血漿 GPX 活性隨添加量之提高而提高，飼糧添加紫心番

薯皮粉 (purple sweet potato skin powder, 16.7 – 29.8 µg/g) (Yadnya *et al.*, 2016) 對肉鴨亦有相近結果，本試驗結果與前述研究相近似，顯示鵝隻血液抗氧化酵素活性因飼糧紫色狼尾草葉粉添加量之增加而提高。

血液 TP 由 ALB 及 GLO 組成，其中之脂蛋白、免疫球蛋白、氧化酶及介白素 (interleukin) 等均屬 GLO 分類 (陳, 2006)。而 GOT、GPT、ALB 及 GLO 常被做為肝臟發炎之參考指標，其值越低肝臟發炎程度相對越低 (陳, 2006)。Changxing *et al.* (2018) 指出花青素具有抗發炎作用，其中牽涉蛋白質激酶路徑中調節黃嘌呤氧化酶 (xanthine oxidase) 及各類 interleukin 之表現。番鴨、大鼠、白肉雞飼糧添加適量富含花青素之萃取物或農副產物，如黑桑葚汁 (4.02 – 40 mg/100 g) (El-Hady *et al.*, 2017)、藍莓萃取粉 (blueberry extract meal, 20 – 150 mg/100 g) (Alkhalf and Khalifa, 2018)、紅葡萄渣粉 (red grape pomace meal, 1 – 15 mg/g) (Niekerk *et al.*, 2020)，隨飼糧添加量之增加而使動物血清 TP、GLO 濃度及 GOT、GPT 活性而有遞減結果。本試驗分析 116 日齡白色華血清 GOT 及 GPT 活性隨葉粉添加量之提高呈線性降低，鵝隻血清 TP 及 GLO 濃度隨葉粉添加至 6 或 9% 達最高且呈二次曲線關係，與上述文獻結果相近似。

前人研究指出，飼糧添加富含花青素之植物萃取物，如黑米萃取粉 (black rice extract meal, 2.15 – 21.5 mg/g) (Xia *et al.*, 2006)、藍莓萃取液 (blueberry extract juice, 0.2 – 1.0 mg/mL) (Prior *et al.*, 2010)、蔓越莓萃取粉 (cranberry extract meal, 7.5 – 15.0 mg/100 g) (Hussien *et al.*, 2015) 對小鼠血清 TG 及 TC 濃度隨添加量之增加而降低。Hajati *et al.* (2015) 指出隨白肉雞血清 TC 濃度以飼糧添加葡萄籽萃取物粉 (grape seed extract meal, 15 – 45 mg/100 g) 用量提高而漸降低。本試驗結果與前述報告相近似，推測其作用方式為花青素之羥基結構吸附脂肪及 TC 形成大分子結構並以膽汁形式排出體外，因而降低血脂濃度 (Wang *et al.*, 2010)。

III. 屠體性狀

飼糧添加紫色狼尾草葉粉對 116 日齡白色華鵝屠體性狀之影響，列於表 4。屠體重及屠宰率分別介於 3.26 – 3.57 kg 及 73.75 – 77.17%，兩性狀各處理組間均無顯著差異。腹脂塊重以添加 12% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 低於對照組，且隨葉粉添加量提高呈線性降低。胸部重占屠體重百分比以 6% 葉粉組顯著 ($P < 0.05$) 高於對照組及 12% 葉粉組，隨葉粉添加量之增加呈現二次曲線關係。腿部重占屠體重百分比則以添加 9 及 12% 葉粉組顯著高於對照組 ($P < 0.05$)，並隨葉粉添加量之提高呈線性增加。

表 4. 飼糧添加紫色狼尾草葉粉對 116 日齡白色華鵝屠體性狀之影響

Table 4. Effects of dietary supplementation with PNG leaf powder on carcass traits in White Chinese geese at 116 days of age

Item	PNG ⁺ leaf powder levels, %					SEM ¹	Significance ²	
	0	3	6	9	12		L	Q
Live body weight	4.56	4.60	4.52	4.69	4.53	1.01	ns	ns
Carcass weight, kg	3.36	3.55	3.42	3.57	3.44	0.15	ns	ns
Dressing percentage, %	73.75	77.17	75.60	76.09	75.99	1.12	ns	ns
Abdominal fat pad weight, g	88.6 ^a	81.4 ^{ab}	83.5 ^{ab}	81.2 ^{ab}	44.9 ^b	1.25	*	ns
----- of carcass weight, % -----								
Head and neck	13.56	14.13	13.23	14.39	13.77	1.23	ns	ns
Breasts	26.38 ^b	26.77 ^{ab}	27.87 ^a	26.65 ^{ab}	25.86 ^c	0.38	ns	*
Back	17.65	15.48	14.23	14.15	15.89	5.21	ns	ns
Wings	16.22	16.42	16.59	16.49	16.28	0.61	ns	ns
Feet	3.13	3.23	3.20	3.21	3.08	0.11	ns	ns
Legs	23.06 ^b	23.97 ^{ab}	24.88 ^{ab}	25.11 ^a	25.12 ^a	0.45	**	ns

⁺ PNG: purple Napier grass.

¹ SEM: standard error of means for treatment.

² Orthogonal comparison of various dietary PNG leaf powder level treatments. Significance level of Linear (L) or quadratic (Q) effect: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and ns: not significant.

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

飼糧添加 6%PNG 草粉可促進 10 週齡土番鴨 (*Cairina Anas*, mule duck) 胸肉重量之效果 (林等, 2023)。另外飼糧添加紫玉米粉 (purple corn meal, 30%) (Amnueysit *et al.*, 2010) 及紫小麥粉 (purple wheat meal, 60%) (Št'astník *et al.*, 2016) 可提高白肉雞之胸部及腿部重占屠體百分比並降低腹脂塊重，飼糧添加紫心番薯皮粉 (purple sweet

potato skin powder, 30%) 對肉鴨也具有相似效果 (Yadnya *et al.*, 2016)，本試驗結果與前述試驗結果相近，推測花青素可提供甲基結構作為合成胺基酸所需、提高肌肉中氮滯留量，以致屠體脂肪蓄積量相對降低 (Yadnya *et al.*, 2016)。

綜上所述，85 – 116 日齡白色華鵝生長性能各組間均無顯著差異，且鵝隻生長已近停滯，使用紫色狼尾草葉粉較不符合飼養成本，僅建議 30 – 84 日齡鵝隻使用。依本試驗結果建議 30 – 56、57 – 84 及 30 – 84 日齡白色華鵝最佳平均隻日增重之紫色狼尾草葉粉添加量，分別為 3.9 – 4.6% ($Y = 67.475 + 0.742X - 0.099X^2$, $R^2 = 0.565$, $P < 0.05$)、7.1 – 8.0% ($Y = 24.476 + 1.515X - 0.098X^2$, $R^2 = 0.816$, $P < 0.01$) 及 5.8 – 6.1% ($Y = 46.975 + 1.179X - 0.098X^2$, $R^2 = 0.689$, $P < 0.01$)。若飼糧紫色狼尾草葉粉添加量為 6.0%，則 30 – 84 日齡白色華鵝每公斤活體重所需之飼料成本為新臺幣 212.7 元 [$Y = 146.34 + 11.056X$, $Y = \text{飼料成本 (元)}$ 、 $X = \text{葉粉添加量 (\%)}$, $R^2 = 0.730$, $P < 0.01$]。

結 論

建議紫色狼尾草葉粉如用於飼養 30 – 56、57 – 84 及 30 – 84 日齡白色華鵝，分別以添加 3.9 – 4.6%、7.1 – 8.0% 及 5.8 – 6.1% 較為適當，如紫色狼尾草葉粉成本為每公斤新臺幣 60 元，則白色華鵝每公斤體重所需之飼料成本分別為新臺幣 210.5 – 213.8 元。飼糧添加適量紫色狼尾草葉粉具有促進白色華鵝生長、並具有提高血漿麩胱苷肽過氧化酶活性達 17.2%、增加胸肉占屠體重百分比與降低血清麩胱氨酸草乙酸轉胺酶約 22.1%、麩胱氨酸丙酮酸轉胺酶約 27.1%、總膽固醇約 10.5% 等效果。

誌 謝

本試驗承蒙行政院農業委員會科技計畫經費 (109 農科 – 17.1.2. – 畜 – L1 – 1) 支持，試驗期間承北區分所彰化場區研究同仁及現場工作人員的協助與支持，使試驗如期完成，特此致謝。

參考文獻

- 中央畜產會。2016。臺灣肉鵝標準規格分切圖。https://www.naif.org.tw/upload/279/20160422_100259.7265.pdf。
- 林榮新、林正斌、李姿蓉、張以恆、鄭智翔、蘇晉暉、劉秀洲、林雅玲。2023。飼糧中添加不同比率紫色狼尾草粉對土番鴨生長性能與屠體性狀之影響。畜產研究 56：97-104。
- 林維昭、劉國盛、王民雄、林正斌、洪兮雯、蕭慧美。2019。紫色狼尾草萃取物之粉狀飼料添加劑對白肉雞的抗氧化酵素活性之影響。中畜會誌 48(增刊)：281。
- 陳俊榮。2006。營養生化學。第 7-2 頁。華騰文化股份有限公司。臺北市。
- 陳皇丞、林正斌、李姿蓉、侯金日、陳立耿。2014。臺灣紫色狼尾草抗氧化能力之研究。中華民國雜草會刊 35：46-61。
- 陳盈豪、許振忠。2004。在肥育期白羅曼鵝與華鵝消化道發育之探討。東海學報 45：1-7。
- 陳盈豪、許振忠、施柏齡、劉登城、陳明造。2003。肉鵝適當上市週齡之研究。中畜會誌 32：111-121。
- 蕭智彰、賈玉祥、林炳宏、陳盈豪。2017。白羅曼鵝、北斗白鵝畜試貳號與雜交鵝在生長期紅血球相與白血球相之比較。畜產研究 50：157-164。
- 蕭智彰、吳國欽、賈玉祥。2011。臺灣華鵝雜交鵝屠體性狀之研究。畜產研究 44：115-128。
- Aditya, S., S. J. Ohh, M. Ahammed, and J. Lohakare. 2018. Supplementation of grape pomace (*Vitis vinifera*) in broiler diets and its effect on growth performance, apparent total tract digestibility of nutrients, blood profile, and meat quality. Anim. Nutr. 4: 210-214.
- Alkhalaf, M. I. and F. K. Khalifa. 2018. Blueberry extract attenuates c-radiation-induced hepatocyte damage by modulating oxidative stress and suppressing NF- κ B in male rats. Saudi J. Biol. Sci. 25: 1272-1277.
- Amnueysit, P., T. Tatakul, N. Chalermisan, and K. Amnueysit. 2010. Effects of purple field corn anthocyanins on broiler heart weight. As. J. Food Ag-Ind. 3: 319-327.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 2012. Official methods of analysis. 19th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA, USA.

- Bridle, P. and C. F. Timberlake. 1997. Anthocyanins as natural food colors-selected aspects. *Food Chem.* 58: 103-109.
- Changxing, L., M. Chenling, M. Alagawany, L. Jianhua, D. Dongfang, W. Gaichao, Z. Wenying, S. F. Syed, M. A. Arain, M. Saeed, F. U. Hassan, and S. Chao. 2018. Health benefits and potential applications of anthocyanins in poultry feed industry. *World's Poult. Sci. J.* 74: 251-263.
- El-Hady, A. M. A., O. A. Elghalid, and S. A. Elnagar. 2017. Antioxidative effects of dietary black mulberry (*Morus Nigra*) fruit juice in Muscovy duck under high ambient temperature. *Egypt. Poult. Sci. J.* 37: 815-831.
- Fuleki, T. and F. J. T. Francis. 1968. Quantitative methods for anthocyanins extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *J. Food Sci.* 33: 72-77.
- Hajati, H., A. Hassanabadi, A. Golian, H. N. Moghaddam, and M. R. Nssiri. 2015. The effect of grape seed extract and vitamin C feed supplementation on some blood parameters and HSP70 gene expression of broiler chickens suffering from chronic heat stress. *Ital. J. Anim. Sci.* 14: 3273-3281.
- Hussien, A. A., M. A. Hussein, R. R. Mohammed, and H. T. Zayed. 2015. Cranberry extract enhance antioxidant potential in ehrlich's ascites carcinoma-bearing female albino mice. *World J. Pharm. Sci.* 3: 484-491.
- Leusink, G. H. Rempel, B. Skura, M. Berketo, W. White, Y. Yang, J. Y. Rhee, S. Y. Xuan, S. Chiu, F. Silversides, S. Fitzpatrick, and S. M. Diarra. 2010. Growth performance, meat quality, and gut microflora of broiler chickens fed with cranberry extract. *Poult. Sci.* 89: 1514-1523.
- Liu, G., X. Luo, X. Zhao, A. Zhang, N. Jiang, and L. Yang. 2018. Gut microbiota correlates with fiber and apparent nutrients digestion in goose. *Poult. Sci.* 97: 3899-3909.
- Lou, Y. J., H. L. Liu, J. Wang, and Z. J. Sun. 2010. Determination and comparison of digestion kinetics of two fibre sources in geese (*Anseris*). *S. Afr. J. Anim. Sci.* 40: 535-625.
- Miya, A., A. N. Sithole, N. Mthethwa, M. Khanyile, and M. Chimonyo. 2020. Response in carcass yield, organ weights and gut morphology of broiler chickens to incremental levels of *Vachellia tortilis* leaf meal. *Can. J. Anim. Sci.* 100: 282-291.
- Ndou, S. P., R. M. Gous, and M. Chimonyo. 2013. Prediction of scaled feed intake in weaner pigs using physic-chemical properties of fibrous feeds. *Br. J. Nutr.* 110: 774-780.
- Niekerk, R. F. V., C. M. Mnisi, and V. Mlambo. 2020. Polyethylene glycol inactivates red grape pomace condensed tannins for broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 61: 566-573.
- Punyatong, M., W. Tapingkae, N. Pripwai, and W. Laenoi. 2018. Effect of purple glutinous rice bran supplementation on performance, oxidative status and lipid oxidation in broiler. *Indian J. Anim. Res.* 52: 254-259.
- Prior, R. L., E. W. Samuel, R. R. Theodore, R. C. Khanal, X. Wu, and L. R. Howard. 2010. Purified blueberry anthocyanins and blueberry juice alter development of obesity in mice fed an obesogenic high-fat diet. *J. Agric. Food Chem.* 58: 3970-3976.
- SAS Institute. 2012. SAS user guide: Ver. 9.41. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Štastník, O., F. Karásek, A. Roztocilova, P. Doležal, E. Mrkvicová, and L. Pavlata. 2016. The influence of feeding wheat with purple grain to performance and biochemical parameters of broiler chickens. *Mendel. Net.* 23: 285-288.
- Štastník, O., M. Jůzl, F. Karásek, H. Štenclová, S. Nedomová, L. Pavlata, E. Mrkvicová, P. Doležal, and A. Jarošová. 2016. The effect of feeding milk thistle seed cakes on quality indicators of broiler chick meat. *Potravinárstvo* 10: 248-254.
- Tanguy, J. M., J. Guillaume, and A. Kossa. 1977. Condensed tannins in horse bean seeds: Chemical structure and apparent effects on poultry. *J. Sci. Food Agric.* 28: 757-765.
- Tsai, P. J., J. McIntosh, P. Pearce, B. Camden, and B. R. Jordan. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) extract. *Food Res. Int.* 35: 351-356.
- Wang, D., X. Wei, X. Yan, T. Jin, and W. Ling. 2010. Protocatechuic acid, a metabolite of anthocyanins, inhibits monocyte adhesion and reduces atherosclerosis in apolipoprotein E-deficient mice. *J. Agric. Food Chem.* 58: 12722-12728.
- Xia, X., W. Ling, J. Ma, M. Xia, M. Hou, Q. Wang, H. Zhu, and Z. Tang. 2006. An anthocyanin-rich extract from black rice enhances atherosclerotic plaque stabilization in apolipoprotein E-deficient mice. *J. Nutr.* 136: 2220-2225.
- Yadnya, T. G. B., A. S. Trisnadewi, I. K. Sukada, and I. G. L. Oka. 2016. The effect of fermented purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) skin in diets on feed and anthocyanin consumption, carcass characteristics, antioxidant profile and meat texture of bail duck. *Int. Res. J. Eng. IT Sci. Res.* 2: 73-80.
- Zhou, H., W. Guo, T. Zhang, B. Xu, D. Zhang, and Z. Teng. 2018. Response of goose intestinal microflora to the source and level of dietary fiber. *Poult. Sci.* 97: 2086-2094.

Effect of dietary supplementation with purple Napier grass leaf powder on growth performances, blood parameter and carcass traits in White Chinese geese ⁽¹⁾

Shine-Ming Liou ⁽²⁾⁽³⁾ Min-Jung Lin ⁽²⁾ Chih-Chang Hsiao ⁽²⁾ and Sheng-Der Wang ⁽²⁾

Received: Jan. 9, 2023; Accepted: June. 19, 2023

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of purple Napier grass (*Pennisetum purpureum*) leaf powder for the growth performances, blood parameter, and carcass traits of White Chinese geese at 30 to 116 days of age. The ninety goslings were carried out at 30 days of age and randomly allotted into the 5 different treatments, 0% (control), 3%, 6%, 9%, and 12% PNG leaf powder, respectively. The metabolizable energy, crude protein, and crude fiber of the experimental diet were 2,800 kcal/kg, 15.5% and 6.4%, respectively. The content of dietary cyanidin-3-glucoside in each group were 0.03, 1.62, 3.28, 7.14 and 9.33 µg/g feed, respectively. The results showed that the better ADG was observed at the treatment supplemented with 6% leaf powder that compared with control at 30-56 days of age ($P < 0.05$), but the better ADG was found on the treatment with 6% or 9% leaf powder that compared with 12% leaf powder at 57-84 days of age ($P < 0.05$). The activities of plasma GPX were linearly increased with the increase of the leaf powders at 116 days of age. The activities or concentration of serum GPT, GOT, and TG of geese were linearly decreased with the increase of the leaf powders at 116 days of age. The concentration of serum TP and GLO in goose showed a quadratic curve relationship with the increase of leaf powder, and 6% and 9% leaf powder were significantly higher than control. The carcass weight of breasts in geese was significantly the heaviest with 6% leaf powder that compared with control, a quadratic curve relationship at 116 days of age. In conclusion, the recommended supplementation of PNG leaf powder was 5.8-6.1% in Chinese geese, respectively.

Key words: Growth performances, Purple Napier grass, White Chinese geese.

(1) Contribution No. 2753 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

(3) Corresponding author, E-mail: newsho123@tlri.gov.tw.

育成期褐色菜鴨飼糧蛋白質與能量濃度 對其產蛋性能之影響⁽¹⁾

林榮新⁽²⁾ 林育安⁽³⁾ 曾再富⁽⁴⁾ 蘇晉暉⁽²⁾ 鄭智翔⁽²⁾ 林雅玲⁽²⁾⁽⁵⁾

收件日期：112 年 3 月 27 日；接受日期：112 年 6 月 29 日

摘 要

本試驗旨在探討育成期褐色菜鴨 (*Brown Tsaiya ducks; Anas platyrhynchos domesticus*) 飼糧蛋白質與能量濃度對其產蛋性能之影響。0 – 3 及 15 – 44 週齡給予相同的飼糧，且皆依鴨隻營養分需要量手冊推薦之營養標準餵飼。4 – 8 週齡餵飼粗蛋白質 (crude protein, CP) 15.0% 及代謝能 (metabolizable energy, ME) 2,800 kcal/kg 之飼糧。育成期 (9 – 14 週齡) 使用試驗飼糧，分別為 CP 10.0、11.5、13.0% 及 ME 2,800、3,000 kcal/kg 之複因子設計，每處理組 3 重複，每重複 18 隻，共 6 處理組。於 9 – 14 週齡時，測定生長性能。於 21 週齡起至 44 週齡止，測定產蛋性能。試驗結果顯示：各處理組 9 – 14 週齡平均隻日採食量與平均體重，各組間皆無顯著差異。於 21 – 44 週齡時，各處理組平均產蛋率介於 82.4 – 87.4%；但以 CP 11.5%、ME 3,000 kcal/kg 組其平均產蛋率 87.4% 為各組數值最高者。各處理組 21 – 44 週齡時，平均蛋重介於 58.1 – 60.0 g；但以 CP 11.5% 組者及 CP 13.0% 組者平均蛋重分別為 59.5 g 與 59.9 g 皆顯著較 CP 10.0% 組者平均蛋重 58.3 g 為重 ($P < 0.05$)。各處理組 21 – 44 週齡平均飼料換蛋率介於 2.59 – 2.81，但以 CP 11.5%、ME 3,000 kcal/kg 組其平均飼料換蛋率 2.59 有較其他組為佳之趨勢。綜上所述，若同時考量產蛋期產蛋率、蛋重及飼料換蛋率等因素，育成期飼糧建議餵飼 CP 11.5%、ME 3,000 kcal/kg 即可滿足褐色菜鴨產蛋之所需。

關鍵詞：育成期、蛋鴨、產蛋性能。

緒 言

褐色菜鴨 (*Brown Tsaiya ducks; Anas platyrhynchos domesticus*) 為性能極為優異之蛋鴨，具體型小、蛋重大、蛋殼強度佳、耐熱性高及產蛋高峰持續長等特性，為我國唯一的產蛋用鴨隻，其所生之鴨蛋亦為加工蛋 (皮蛋及鹹蛋) 之主要來源 (李等, 1992; 劉等, 2012)。陳 (1985) 指出育成期是褐色菜鴨飼養期間的關鍵，可延長性成熟的時間，至適當期才產蛋，若飼養不當，則容易提早產蛋或延遲產蛋，對褐色菜鴨生產性能影響頗大。陳 (1995) 指出育成期的飼養方式影響日後褐色菜鴨初產日齡、蛋重與產蛋持續性，菜鴨育成期通常採限飼，限飼的方法分為：(1) 限量法：即給與正常採食量之 70 – 80% 飼糧。(2) 限質法：給飼低營養濃度之飼糧。然為確保蛋鴨得以在 120 日齡之後開始產蛋，並獲得較佳的蛋重及產蛋表現，鴨農會採取限飼管理 (鄭等, 2021)。潘等 (1999) 指出菜鴨 9 週齡體重大於 1.2 kg 者其蛋重顯著較重，且有較佳之產蛋率。大多數的報告 (Walter and Aitken, 1961; McDaniel, 1983; Kling *et al.*, 1985) 指出，延遲雞隻性成熟，產蛋高峰後有較高的產蛋率。Xie *et al.* (2023) 的研究結果建議，8 – 24 週齡的北京鴨應該給予比較低能量的飼糧，以避免在產蛋前體型太大或甚至肥胖而影響產蛋率，與 Chen *et al.* (2021) 的建議相同。

沈 (1988) 指出育成期褐色菜鴨應避免體內堆積脂肪，此時，能量之供應，以符合正常發育之需要為原則，且能量濃度必需與飼糧中蛋白質含量相配合，使身體器官發育及羽毛生長均達到正常水準，其育成期褐色菜鴨飼糧之粗蛋白質與代謝能推薦用量分別為 13.2% 及 2,600 kcal/kg；鴨隻品種表現因育種不斷進步與飼料原料成分、價格變動

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2754 號。

(2) 農業部畜產試驗所東區分所。

(3) 國立宜蘭大學生物技術與動物科學系。

(4) 國立嘉義大學動物科學系。

(5) 通訊作者，E-mail: linyaling165@mail.tlri.gov.tw。

的背景下，其所推薦的營養分需要量有再探討的必要性。因此，本試驗對褐色菜鴨育成期進行飼糧中最適當蛋白質與可代謝能含量及配方之研究，以建立褐色菜鴨育成期飼糧之營養推薦量，供鴨農參酌使用。

材料與方法

I. 試驗動物與設計

本試驗使用農業部畜產試驗所東區分所自行孵化之 324 隻褐色菜鴨母鴨。0 – 3 週齡於育雛室內高床飼養，3 週齡後移至平飼育成舍內育成。0 – 3 及 15 – 44 週齡給予相同的飼糧，且皆依鴨隻營養分需要量手冊 (沈，1988) 推薦之營養標準餵飼；4 – 8 週齡則參照過去試驗結果給與含 CP 15.0% 及 ME 2,800 kcal/kg 之飼料 (林等，2022)，15 – 44 週齡餵飼含 CP 18.7%、ME 2,730 kcal/kg、鈣 3.0% 及有效磷 0.43% 之飼料。試驗鴨舍為防止野鳥進入的非開放式鴨舍，共 18 欄平飼群養，每欄大小：長 7.9 公尺、寬 3.0 公尺、高 2.1 公尺，各組每平方公尺皆飼養 0.76 隻。鴨隻飼養於不銹鋼網床面並給予長度 50 公分、寬度 30 公分、深度 15 公分的水浴槽進行水浴。於每天早上 9 時收集鴨蛋，產蛋箱為長 120 公分、寬 35 公分、高 30 公分的木製品。本試驗於鴨隻育成期 (9 – 14 週齡) 進行飼養試驗，試驗飼料分別為含 CP 10.0、11.5、13.0% 及 ME 2,800、3,000 kcal/kg 之複因子設計 (表 1)，共 6 處理組，每處理組 3 重複，每重複 18 隻，共 324 隻進行試驗。試驗期間為 110 年 12 月 6 日至 111 年 10 月 14 日，包括鴨隻 9 – 14 週齡育成期與 21 – 44 週齡產蛋期。試驗期間，鴨舍環境平均溫度為 23.2℃、平均相對濕度為 84.3% (交通部中央氣象局，2023)。本研究涉及之動物試驗於行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所執行，動物之使用、飼養及實驗內容皆依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管理小組批准之文件 (畜試宜動字第 111 – 001 號) 與試驗準則進行。

表 1. 育成期 (9 – 14 週齡) 褐色菜鴨試驗飼糧組成

Table 1. The experimental diets composition in brown Tsaiya ducks during growing period (9-14 weeks of age)

CP, %	10.0		11.5		13.0	
ME, kcal/kg	2,800	3,000	2,800	3,000	2,800	3,000
Ingredients						
Yellow corn, ground	73.43	69.55	71.20	66.70	68.94	65.15
Soybean meal, 43% CP	5.12	6.00	9.85	10.65	14.55	15.43
Wheat bran	17.40	16.75	15.05	14.95	12.80	12.10
Soybean oil	—	3.63	—	3.80	—	3.60
Pulverized limestone	1.62	1.55	1.57	1.56	1.55	1.50
Dicalcium phosphate	1.20	1.30	1.25	1.27	1.23	1.30
Iodized salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Choline chloride, 50%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lysine	0.23	0.22	0.12	0.11	0.01	—
DL-Methionine	0.10	0.10	0.06	0.06	0.02	0.02
Vit-premix ^a	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Min-premix ^b	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Total	100	100	100	100	100	100
Calculated values						
CP, %	10.0	10.0	11.5	11.5	13.0	13.0
ME, kcal/kg	2,800	3,000	2,800	3,000	2,800	3,000
Lysine, %	0.51	0.51	0.59	0.59	0.66	0.66
Methionine + Cystine, %	0.42	0.42	0.48	0.48	0.55	0.55

CP: crude protein; ME: metabolizable energy.

^a Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 24,000 IU; vitamin D, 5,000 IU; vitamin E, 50 IU; vitamin K, 6 mg; thiamin, 6 mg; riboflavin, 18 mg; pyridoxine, 14 mg; vitamin B₁₂, 0.06 mg; ca-pantothenate, 30 mg; niacin, 120 mg; biotin (1.0%), 0.12 mg; folic acid, 2 mg.

^b Supplied per kilogram of diet: Mn (MnSO₄), 100 mg; Zn (ZnSO₄ · H₂O), 90 mg; Cu (CuSO₄ · 5H₂O), 8 mg; Se (Na₂SeO₃), 0.2 mg; Fe (FeSO₄), 100 mg; I (KIO₃), 0.5 mg; Co (CoCO₃), 0.1 mg.

II. 測定項目與方法

- (i) 育成期性能測定：於鴨隻生長期 (8 週齡) 結束時測定體重；並在鴨隻 9 – 14 週齡時，每週測定鴨隻個別體重與各組飼料消耗量以計算各組飼料成本。
- (ii) 產蛋期性能測定：試驗記錄鴨隻初產日齡 (達 5% 產蛋率) 與蛋重。在鴨隻第 17、33 及 44 週齡時，測定鴨隻個別體重，以瞭解餵飼育成期褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對 17、33 及 44 週齡體重之影響。於 21 週齡起至 44 週齡止，每週測定一次蛋重，並計算產蛋率及飼料換蛋率。

III. 統計分析

試驗數據經 SAS (Statistical Analysis System, 2011) 套裝軟體之一般線性程序 (GLM procedure) 進行變方分析，再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

I. 育成期性能

餵飼育成期褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對 9 – 14 週齡生長性能之影響如表 2 所示。各處理組 9、11 及 14 週齡平均隻日採食量分別介於 85 – 87、84 – 87、80 – 86 g，各組間皆無顯著差異。各處理組 9、11 及 14 週齡平均體重分別介於 1,147 – 1,184、1,201 – 1,257、1,210 – 1,245 g，各組間皆無顯著差異。各處理組 8 – 14 週齡平均增重分別介於 203 – 235 g，各組間皆無顯著差異。由以上試驗結果得知，試驗規劃之各不同營養濃度植物性飼糧對褐色菜鴨育成期 9 – 14 週齡生長性能並無顯著影響。探究其因，蛋鴨是產蛋用家禽，因此生長較慢，故育成期飼糧蛋白質與能量含量對採食量與增重之反應較不明顯。此外，陳 (2008) 指出育成期的飼養方式影響日後褐色菜鴨初產日齡、蛋重與產蛋持續性，為延長性成熟時間與初產日齡及獲得較大之蛋重與較長之產蛋持續性，褐色菜鴨育成期通常採限飼，此可供蛋鴨業者參考。

表 2. 餵飼育成期褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對 9 – 14 週齡生長性能之影響

Table 2. Effects of feeding different nutrient concentrations diets in growing period on growth performance of brown Tsaiya ducks during 9-14 weeks of age

CP, %	10.0		11.5		13.0		SEM	Significance		
ME, kcal/kg	2,800	3,000	2,800	3,000	2,800	3,000		CP	ME	CP × ME
Weeks of age	----- Feed consumption, g/duck/day -----									
9	85	86	87	87	86	85	2	NS	NS	NS
10	89	91	87	90	91	88	4	NS	NS	NS
11	85	84	86	87	86	86	4	NS	NS	NS
12	81	80	86	85	84	85	4	NS	NS	NS
13	85	82	85	83	83	85	7	NS	NS	NS
14	86	84	81	80	85	86	4	NS	NS	NS
9 – 14	85	85	85	85	86	86	3	NS	NS	NS
	----- Body weight, g/duck -----									
8	988	1,008	1,019	1,038	998	999	119	NS	NS	NS
9	1,147	1,158	1,154	1,184	1,158	1,166	127	NS	NS	NS
10	1,162	1,172	1,195	1,199	1,197	1,186	110	NS	NS	NS
11	1,201	1,205	1,216	1,257	1,243	1,219	108	NS	NS	NS
12	1,202	1,205	1,220	1,249	1,235	1,213	107	NS	NS	NS
13	1,192	1,188	1,201	1,235	1,222	1,206	105	NS	NS	NS
14	1,224	1,210	1,244	1,245	1,231	1,230	113	NS	NS	NS
	----- Body weight gain, g/duck -----									
8 – 14	235	203	225	206	234	232	45	NS	NS	NS

CP: crude protein; ME: metabolizable energy.

NS: not significant.

以各處理組之飼料採食量 (表 2) 與各處理組之飼料每公斤價格估算出各處理組 9 – 14 週齡之飼料成本 (表 3)。各處理組 9 – 14 週齡之每隻飼料成本介於 66.66 – 77.25 元，且以 CP 10.0%、ME 2,800 kcal/kg 組其每隻飼料成本 66.66 元最低；以 CP 13.0%、ME 3,000 kcal/kg 組之 77.25 元最高。

表 3. 育成期 (9 – 14 週齡) 褐色菜鴨不同營養濃度之飼料成本推算

Table 3. Estimated feed cost of experimental diets in brown Tsaiya ducks during grower period (9-14 weeks of age)

CP, %	10.0		11.5		13.0	
ME, kcal/kg	2,800	3,000	2,800	3,000	2,800	3,000
Feed price, NT\$/kg	16.22	18.05	16.49	18.35	16.74	18.57
Feed consumption, kg/duck	4.11	4.16	4.11	4.16	4.16	4.16
Feed cost, NT\$/duck	66.66	75.08	67.77	76.33	69.63	77.25

CP: crude protein; ME: metabolizable energy.

II. 產蛋期性能

餵飼育成期 (9 – 14 週齡) 褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對初產日與蛋重之影響如表 4 所示。各處理組之初產日齡分別介於 98 – 103 日，各組間並無顯著差異。各處理組初產蛋重分別介於 35.1 – 35.6 g，各組間並無顯著差異。由以上試驗結果得知，褐色菜鴨育成期餵飼不同營養濃度植物性飼糧對其初產日齡與初產蛋重並無顯著影響。

表 4. 餵飼育成期 (9 – 14 週齡) 褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對初產日齡、蛋重及各週齡體重之影響

Table 4. Effects of feeding different nutrient concentrations plant-based diets in growing period (9-14 weeks of age) on the first laying age (5% laying rate), egg weight and body weight of brown Tsaiya ducks

CP, %	10.0		11.5		13.0		SEM	Significance		
ME, kcal/kg	2,800	3,000	2,800	3,000	2,800	3,000		CP	ME	CP × ME
	----- First laying age (day) -----									
	99	101	98	98	103	102	4.9	NS	NS	NS
	----- Egg weight of first laying (g) -----									
	35.6	35.1	35.2	35.5	35.4	35.5	3.5	NS	NS	NS
Weeks of age	----- Body weight, g/duck -----									
17	1,284	1,278	1,306	1,337	1,360	1,341	129	*	NS	NS
33	1,275	1,269	1,295	1,322	1,309	1,320	123	*	NS	NS
44	1,261	1,258	1,272	1,301	1,270	1,293	120	NS	NS	NS

CP: crude protein; ME: metabolizable energy.

NS: not significant; *: $P < 0.05$.

餵飼育成期褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對 17、33 及 44 週齡體重之影響如表 4 所示。各處理組 17 週齡平均體重分別介於 1,278 – 1,360 g；但以 CP 11.5% 組者平均體重 1,322 g 及 CP 13.0% 組者平均體重 1,350 g 皆顯著較 CP 10.0% 組者平均體重 1,281 g 為重之現象。各處理組 33 週齡平均體重分別介於 1,269 – 1,322 g；但以 CP 11.5% 組者平均體重 1,309 g 及 CP 13.0% 組者平均體重 1,315 g 皆顯著較 CP 10.0% 組者平均體重 1,272 g 為重之現象。各處理組 44 週齡平均體重分別介於 1,258 – 1,301 g，各組間並無顯著差異。由以上試驗結果得知，育成期褐色菜鴨餵飼 CP 10.0% 組者將影響後續鴨隻之生長發育，而使其於 17 與 33 週齡時平均體重顯著較 CP 11.5% 組者及 CP 13.0% 組者平均體重為輕。

餵飼育成期褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對隻日採食量之影響如表 5 所示。各處理組 21 – 44 週齡平均隻日採食量分別介於 134 – 136 g，各組間並無顯著差異。由以上試驗結果得知，使用不同營養濃度飼糧餵飼育成期褐色菜鴨對其產蛋期隻日採食量，各組間並無顯著影響。

在產蛋率方面如表 5 所示。於 33 – 36 及 21 – 44 週齡時，飼糧 CP 與 ME 含量皆會顯著影響鴨隻的產蛋率 ($P < 0.05$)。綜觀試驗不同週齡的產蛋表現可得知，CP 與 ME 含量必須互相搭配。於 29 – 32 及 21 – 44 週齡時，CP 11.5%、ME 3,000 kcal/kg 組其產蛋率分別為 95.1% 與 87.4% 皆為數值上最高。因此，育成期褐色菜鴨仍

建議給予 CP 11.5%、ME 3,000 kcal/kg 的飼糧，可使後續鴨隻產蛋期有最佳的產蛋率表現。蘇等 (2017) 探討不同飼養環境對褐色菜鴨產蛋率之影響，各處理組 20 – 40 週齡產蛋率介於 77.4 – 84.8%，本試驗各處理組 21 – 44 週齡產蛋率介於 82.4 – 87.4%，本試驗結果與之類似。

表 5. 餵飼育成期 (9 – 14 週齡) 褐色菜鴨不同營養濃度飼糧對其產蛋性能之影響

Table 5. Effects of feeding different nutrient concentrations plant-based diets in growing period (9-14 weeks of age) on laying performance of brown Tsaiya ducks

CP, %	10.0		11.5		13.0		SEM	Significance		
ME, kcal/kg	2,800	3,000	2,800	3,000	2,800	3,000		CP	ME	CP × ME
Weeks of age	Feed consumption, g/duck/day									
21 – 24	136	136	134	133	136	137	12	NS	NS	NS
25 – 28	138	138	139	143	142	142	12	NS	NS	NS
29 – 32	136	133	134	134	134	134	7	NS	NS	NS
33 – 36	136	132	128	136	135	136	17	NS	NS	NS
37 – 40	135	132	134	131	128	131	7	NS	NS	NS
41 – 44	135	137	143	136	139	137	8	NS	NS	NS
21 – 44	136	134	135	136	136	136	11	NS	NS	NS
	Egg production, %									
21 – 24	78.8	83.3	79.7	83.6	82.0	86.1	9.1	NS	NS	NS
25 – 28	88.5	89.8	86.3	92.7	88.8	93.6	6.4	NS	*	NS
29 – 32	94.5	92.8	91.4	95.1	93.7	93.0	5.5	NS	NS	NS
33 – 36	88.3	85.3	83.9	86.3	85.6	88.8	6.2	NS	NS	NS
37 – 40	84.5	86.2	77.6	84.1	82.9	83.7	7.3	NS	NS	NS
41 – 44	80.9	78.4	75.5	82.7	80.6	78.5	14.7	NS	NS	NS
21 – 44	85.9	85.9	82.4	87.4	85.6	87.3	9.8	NS	*	NS
	Egg weight, g									
21 – 24	53.0	53.1	53.1	54.7	55.5	53.6	4	NS	NS	NS
25 – 28	57.1	57.1	58.2	57.0	57.4	55.9	3	NS	NS	NS
29 – 32	58.3	60.2	58.9	60.1	60.0	60.6	4	NS	NS	NS
33 – 36	59.1	60.6	60.8	62.0	61.2	61.5	2	*	NS	NS
37 – 40	60.1	60.7	60.9	62.2	61.8	61.8	2	*	NS	NS
41 – 44	61.4	60.9	61.2	62.8	62.2	62.7	3	NS	NS	NS
21 – 44	58.1	58.5	59.0	60.0	60.0	59.7	4	*	NS	NS
	Feed weight/egg weight									
21 – 24	3.26	3.07	3.17	2.91	2.99	2.97	0.33	NS	*	NS
25 – 28	2.73	2.69	2.77	2.71	2.79	2.71	0.28	NS	NS	NS
29 – 32	2.47	2.38	2.49	2.34	2.38	2.38	0.34	NS	NS	NS
33 – 36	2.61	2.55	2.51	2.54	2.58	2.49	0.26	NS	NS	NS
37 – 40	2.66	2.52	2.84	2.50	2.50	2.53	0.20	*	*	*
41 – 44	2.72	2.87	3.09	2.62	2.77	2.78	0.37	NS	NS	*
21 – 44	2.73	2.67	2.81	2.59	2.67	2.61	0.37	NS	*	NS

CP: crude protein; ME: metabolizable energy.

NS: not significant; *: $P < 0.05$.

在蛋重方面如表 5 所示。於 33 – 36 週齡時，各處理組平均蛋重介於 59.1 – 62.0 g；但 CP 11.5% 組者及 CP 13.0% 組者平均蛋重皆顯著較 CP 10.0% 組者平均蛋重為重 ($P < 0.05$)。於 37 – 40 週齡時，各處理組平均蛋重介於 60.1 – 62.2 g；但 CP 11.5% 組者及 CP 13.0% 組者平均蛋重亦顯著較 CP 10.0% 組者平均蛋重為重

($P < 0.05$)。於 21 — 44 週齡時，各處理組平均蛋重介於 58.1 — 60.0 g；但 CP 11.5% 組者及 CP 13.0% 組者平均蛋重皆顯著較 CP 10.0% 組者平均蛋重為重 ($P < 0.05$)；由此可知，育成期餵飼較高蛋白質飼糧對後續產蛋期蛋重之表現較佳；探究其因，可能是鴨蛋中蛋白質含量高，故形成鴨蛋時其蛋白質供應需足夠，否則將導致蛋重較小。

在飼料換蛋率方面如表 5 所示。於 21 — 24 週齡時，各處理組平均飼料換蛋率分別介於 2.91 — 3.26；由試驗結果得知，育成期飼糧中 3,000 kcal/kg 組者平均飼料換蛋率 2.98 顯著較 2,800 kcal/kg 組者平均飼料換蛋率 3.14 為佳 ($P < 0.05$)；由此可知，育成期飼糧餵飼較高 ME 含量是有助於產蛋前期 (21 — 24 週齡) 飼料換蛋率的表現。於 37 — 40 週齡時，CP 11.5% 組者平均飼料換蛋率為 2.67，顯著較 CP 10 組者及 CP 13.0% 組者平均飼料換蛋率分別為 2.59 與 2.52 為差 ($P < 0.05$)；由試驗結果得知，育成期飼糧中餵飼 CP 11.5%、ME 2,800 kcal/kg 組其飼料換蛋率為 2.84 顯著較其他組為差，而導致 CP 11.5% 組者平均飼料換蛋率為 2.67 顯著較 CP 10.0% 組者及 CP 13.0% 組者平均飼料換蛋率分別為 2.59 與 2.52 為差；究其因，由試驗不同週齡的產蛋率表現可得知，CP 與 ME 含量必須互相搭配，才能獲得良好的飼料換蛋率。林 (2022) 指出 CP 與 ME 含量必須互相搭配，當蛋鴨生長期 CP 為 13.5 與 15.0% 時，提高 ME 對於鴨隻產蛋有正面效益，然而當 CP 提高到 16.5% 時，較高的 ME 反而不利鴨隻產蛋表現。這樣的結果與 Ding *et al.* (2016) 的結果類似，超過動物所需的飼糧 CP 含量對於產蛋有不利的影响，這可能是因為過高的 CP 反而提高了家禽分解代謝這些胺基酸過程的能量。於 21 — 44 週齡時，各處理組平均飼料換蛋率分別介於 2.59 — 2.81；且以 ME 3,000 kcal/kg 組者平均飼料換蛋率 2.62 顯著較 ME 2,800 kcal/kg 組者平均飼料換蛋率 2.74 為佳；並以 CP 11.5%、ME 3,000 kcal/kg 組其平均飼料換蛋率 2.59 有較其他組為佳之趨勢；由以上結果可知，育成期飼糧餵飼較高 ME 含量是有助於飼料換蛋率。

結 論

綜合試驗結果得知，本試驗褐色菜鴨產蛋期餵飼 CP 18.7%、ME 2,730 kcal/kg，依據其產蛋期採食量、體重、產蛋率、蛋重及飼料換蛋率等指標考量，推薦育成期飼糧含營養濃度 CP 11.5%、ME 3,000 kcal/kg，即可滿足褐色菜鴨未來產蛋之所需。

參考文獻

- 行政院交通部中央氣象局。2023。觀測資料查詢。<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/>。
- 沈添富。1988。鴨隻營養分需要量手冊。國立臺灣大學。
- 李舜榮、黃振芳、許南山、陳鑫益、陳保基、姜延年、劉瑞珍、戴謙。1992。褐色菜鴨產蛋性能之探討。畜產研究 25：35-48。
- 林榮新、林育安、曾再富、蘇晉暉、劉秀洲、鄭智翔。2022。生長期褐色菜鴨飼糧蛋白質與能量濃度對其產蛋性能之影響。畜產研究 55：166-172。
- 陳保基。1985。鴨的飼養與管理。畜牧要覽家禽篇。pp. 326-343。中國畜牧學會。臺北市。
- 陳添福。1995。蛋鴨飼養管理。臺灣農家要覽畜牧篇。pp. 250-251。財團法人豐年社。臺北市。
- 陳添福。2008。蛋鴨的飼養管理。鴨生產系統手冊，第 23-25 頁。行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。宜蘭縣。
- 鄭智翔、蘇晉暉、林榮新、林芯仔、許馨云。2021。褐色菜鴨育成期黑木耳廢棄栽培介質飼糧對其產蛋性能之影響。畜產研究 54：48-56。
- 劉秀洲、杜宗哲、C. Marie-Etancelin、李淵百、黃振芳、陳志峰。2012。褐色菜鴨殘差飼料採食量之遺傳參數估算。畜產研究 45：131-140。
- 潘金木、陳怡任、林誠一、林榮新、黃振芳。1999。探討產蛋褐色菜鴨初產之理想體重。畜產研究 32：147-152。
- 蘇晉暉、林育安、曾再富、鄭智翔、黃振芳、劉秀洲、林榮新。2017。不同飼養環境對褐色菜鴨產蛋性能及床蛋率之影響。畜產研究 50：15-21。
- Chen, X., D. Shafer, M. Sifri, M. Lilburn, D. Karcher, P. Cherry, P. Wakenell, S. Fraley, M. Turk, and G. S. Fraley. 2021. Centennial review: history and husbandry recommendations for raising Pekin ducks in research or commercial production. *Poult. Sci.* 100: 101241.

- Ding, Y., X. Bu, N. Zhang, L. Li, and X. Zou. 2016. Effects of metabolizable energy and crude protein levels on laying performance, egg quality and serum biochemical indices of Fengda-1 layers. *Anim. Nutr.* 2: 93-98.
- Kling, L. J., R. O. Hawes, R. W. Gerry, and W. A. Halteman. 1985. Effects of early maturation of brown egg-type pullets, flock uniformity, layer protein level, and cage design on egg production, egg size, and egg quality. *Poult. Sci.* 64: 1050-1059.
- McDaniel, G. R. 1983. Factors affecting broiler breeder performance. 5. Effects of preproduction feeding regimens on reproductive performance. *Poult. Sci.* 62: 1949-1953.
- SAS. 2011. SAS user guide: Statistics, SAS Inst., Cary, NC.
- Walter, E. D. and J. R. Aitken. 1961. Performance of laying hens subjected to restricted feeding during rearing and laying periods. *Poult. Sci.* 40: 345-354.
- Xie, M., R. Z. Meng, J. Tang, Z. B. Guo, W. Huang, Q. Zhang, and S. S. Hou. 2023. Apparent metabolizable energy requirement of feed-restricted white Pekin duck breeder pullets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 295: 115508.

Effect of feeding brown Tsaiya ducks diets with different protein and energy concentrations during growing period on laying performance ⁽¹⁾

Jung-Hsin Lin ⁽²⁾ Yu-An Lin ⁽³⁾ Tsai-Fuh Tseng ⁽⁴⁾ Chin-Hui Su ⁽²⁾
Chih-Hsiang Cheng ⁽²⁾ and Ya-Ling Lin ⁽²⁾⁽⁵⁾

Received: Mar. 27, 2023; Accepted: Jun. 29, 2023

Abstract

The aim of this experiment was to investigate the effect of feeding brown Tsaiya ducks different protein and energy concentrations growing diets on laying performance. Ducks were fed the same diets that nutrient concentration recommended in the manual of nutrient requirements of ducks from 0 to 3 and 15 to 44 weeks of age. In the period from 4 to 8 weeks of age, ducks were given a diet containing 15.0% crude protein and 2,800 kcal/kg metabolizable energy. The experimental diets contained 10.0, 11.5, 13.0% crude protein and 2,800, 3,000 kcal/kg metabolizable energy given as a factorial design during 9 to 14 weeks of age. There are three replicates in total of six treatments (3 CP × 2 ME) with 18 ducks in each replicate. Growth performance was determined from 9 to 14 weeks of age, and laying performance was determined from 21 to 44 weeks of age. The results indicated that the average daily feed intake and body weight of each treatment during 9 to 14 weeks of age were no significant differences between the treatments. The average laying performance from 21 to 44 weeks of age was between 82.4 to 87.4%, and treatment of the CP 11.5% and metabolizable energy 3,000 kcal/kg was 87.4%, which was the highest one. The average egg weight of each treatment during 21 to 44 weeks of age were between 58.1 to 60.0 g, and the egg weight of the CP 11.5% and CP 13.0% groups were 59.5 g and 59.9g, which were significantly heavier than 58.3 g of the CP 10% group ($P < 0.05$). The average feed conversion ratio during 21 to 44 weeks of age in treatments was between 2.59 to 2.81, and 2.59 of CP11.5%, ME 3,000 kcal/kg group had a trend that was better than other groups. In summary, if factors such as egg laying performance, egg weight, and feed conversion ratio were considered simultaneously, it is recommended to provide the diet containing CP11.5% and metabolizable energy 3,000 kcal/kg in the growing period, which is sufficient to meet the brown Tsaiya's egg production requirements.

Key words: Growing period, Laying duck, Laying performance.

(1) Contribution No. 2754 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).
(2) Eastern Region Branch, MOA-TLRI, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.
(3) Department of Biotechnology and Animal Science, National Ilan University, 260, Ilan, Taiwan, R. O. C.
(4) Department of Animal Science, National Chiayi University, Chiayi, Taiwan, R. O. C.
(5) Corresponding author, E-mail: linyaling165@mail.tlri.gov.tw.

建立豬誘導性多能幹細胞之無飼養層培養系統⁽¹⁾

廖御靜⁽²⁾ 陳怡秀⁽²⁾ 林佑靜⁽²⁾ 陳立人⁽²⁾ 楊鎮榮⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：111 年 12 月 16 日；接受日期：112 年 6 月 28 日

摘 要

本試驗利用 Matrigel® 細胞外基質代替傳統幹細胞培養所使用之飼養層細胞，配合含有 CHIR99021 與 SB431542 之 StemFit Basic02 與 mTeSR1 幹細胞專用培養液（培養液簡稱 S+2i 與 M+2i），建立豬誘導多能性幹細胞 (porcine induced pluripotent stem cell, piPSC) 之無飼養層培養系統。結果顯示，S+2i 與 M+2i 可維持 piPSC 之細胞形態及高核質比特性，顯示 piPSC 維持良好的未分化狀態。細胞多能性抗原分析之結果顯示表現較強的 Oct4、Sox2 與 Nanog 標記，SSEA-1、TRA-1-60 與 TRA-1-81 表現度尚可，然 SSEA-3 與 SSEA-4 表現相當微弱。基因表現結果中，多能性基因表現皆有明顯的提升，其中又以 S+2i 表現最佳。經 S+2i 與 M+2i 培養之 piPSC 經誘導類胚體形成後，可於體外分化為三胚層細胞且具 GFAP、SMA 與 AFP 等抗原表現，且皆可成功誘發形成畸胎瘤，然其於活體內之後續三胚層分化能力仍相當有限。本試驗結果不但解決了以往需製備飼養層細胞之問題，此無飼養層培養系統之多能性表現與可利用性，亦優於傳統飼養層培養系統，可供 piPSC 長期培養使用。

關鍵詞：無飼養層培養、誘導多能性幹細胞、豬。

緒 言

自小鼠與人類胚幹細胞 (embryonic stem cell, ESC) 與誘導多能性幹細胞 (induced pluripotent stem cell, iPSC) 建立以來 (Evans and Kaufman, 1981; Martin, 1981; Thomson *et al.*, 1998; Takahashi and Yamanaka, 2006; Takahashi, 2007)，培養系統中常使用胎牛血清 (fetal bovine serum, FBS) 與經絲裂黴素 C (mitomycin C) 不活化處理之小鼠胎源纖維母細胞 (mouse embryonic fibroblast, MEF) 或 Sandos inbred mouse (SIM)-derived 6-thioguanine and ouabain resistant (STO) 細胞株，此等體外培養系統提供許多未知生長因子，可保持幹細胞無限自我更新與維持分化多能性。然動物性來源及其衍生物質之生物製劑因含有需多未明之生物因子，產品品質變異較大，因此採用此等培養系統之幹細胞若作為人體移植試驗時，亦可能有動物性病源污染或不良免疫反應之疑慮。因此，目前幹細胞培養之世界趨勢為捨棄含有動物性材料的物質，改用人工合成物質替代。此舉不但符合動物替代 (replacement)、減量 (reduction) 與優化 (refinement) 的 3R 理念，且可解決動物性來源物質可能導致的不可預期問題，亦可使試驗材料來源單一，提供良好且品質穩定的可控性試驗材料。因此，建立無血清與無飼養層細胞的培養系統為培養多能性幹細胞的重要技術。

目前已有誘導性多能幹細胞 (hiPSC) 無飼養層培養系統，其效果逐年不斷的優化，然而針對豬 (porcine) 誘導性多能幹細胞 (piPSC) 之無飼養層培養系統之研究並不多。為建立多能性幹細胞之無飼養層培養系統，常使用 laminin、collagen、fibronectin、vitronectin 與 Matrigel® 等細胞外基質 (extracellular matrix) 作為替代飼養層細胞之物質 (Amit and Itskovitz-Eldor, 2006; Hakala *et al.*, 2009; Nakagawa *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2019)。與傳統幹細胞培養方式相比，以往需不間斷的培養並製備飼養層細胞，供幹細胞繼代之用，改用細胞外基質來替代飼養層細胞，可達到省時、省錢也省力的目的。此外，幹細胞飼養於細胞外基質，除省去準備飼養層細胞之時間外，培養條件較容易掌控，可大幅增加細胞產量，有利於後續各類應用之需。

各種幹細胞培養液與細胞外基質組合後之特性不盡相同，例如比起 collagen 與 fibronectin，以 MEF 調節之培養液 (MEF-conditioned medium) 配合 laminin 之組合較適合培養人類胚幹細胞 (human embryonic stem cell, hESC) (Xu *et al.*, 2001)。此外，laminin-511 E8 fragments 配合 StemFit 培養液，可成功維持 hESC 與 hiPSC 生長 (Nakagawa *et al.*, 2014)。若選擇 fibronectin，則培養液中需含有鹼性纖維母細胞生長因子 (basic fibroblast growth factor, bFGF) 與乙式

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2755 號。

(2) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。

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

轉型生長因子 (transforming growth factor beta, TGF- β)，方可支持 hESC 生長 (Amit *et al.*, 2004)。Matrigel[®] 源自於小鼠之 Engelbreth-Holm-Swarm teratocarcinoma cells (Kleinman, 2001)，於 2001 首次應用於 hESC 之無飼養層培養系統 (Xu *et al.*, 2001)。因 Matrigel[®] 含有各種生長因子，以及 collagen IV、laminin、proteoglycans 與 entactin 等細胞外基質，故維持幹細胞未分化之效果極佳。雖 Matrigel[®] 較有批次生產品質不一之風險，然仍為目前無飼養層培養基質之首選。為解決 Matrigel[®] 的缺點，發展出了 vitronectin 與成分確定且無任何動物性來源之 Essential 8 培養液之組合 (Braam *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2011)。此外，TeSR1 培養液源自於 Thomson 等人 (1998) 之配方，可廣泛應用於含 collagen IV、laminin、vitronectin 與 fibronectin 等細胞外基質之培養系統 (Ludwig *et al.*, 2006; Ludwig and Thomson, 2007)。

小鼠與人類 ESC 與 iPSC 之無飼養層培養系統已趨於完善，然而目前尚未有針對 piPSC 之無飼養層培養系統，因此本試驗以 iMatrix-511、Vitronectin XF 與 Matrigel[®] 細胞外基質配合 StemFit Basic02、mTeSR1 與 E8 等幹細胞專用培養液，評估其對 piPSC 培養於無飼養層培養系統之效果。

材料與方法

I. 以飼養層系統培養豬誘導多能性幹細胞

供試之 piPSC 源自於 Liao *et al.* (2014)，以慢病毒 (lentivirus) 載體將 *Oct4*、*Sox2*、*Klf4* 與 *c-Myc* 轉錄因子轉染至豬耳朵纖維母細胞，其培養方法係參照 Yang *et al.* (2009) 所建立之方法進行。幹細胞培養液配方為 DMEM (11885084; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) 培養液添加 16% FBS (16141079; Thermo Fisher Scientific)、0.1 mM β -mercaptoethanol (21985023; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)、1% non-essential amino acids (11140050; Thermo Fisher Scientific)、1 mM L-glutamine (25030081; Thermo Fisher Scientific) 與核苷酸混合液 (nucleotides mixture, Sigma-Aldrich)。piPSC 培養於經 mitomycin C (M4287; Sigma-Aldrich) 不活化處理之小鼠株化胎體纖維母細胞 (STO cells, ATCC CRL-1503, USA) 飼養層細胞 (feeder cells)，培養箱條件為 37°C 與含 5% CO₂ 之空氣。培養過程中每週重新繼代於新製備的 mitomycin C 不活化處理之 STO 飼養層細胞，每隔 2 天更換 1 次培養液，以保持 piPSC 之未分化狀態。

II. 以無飼養層系統培養豬誘導多能性幹細胞

將 piPSC 由飼養層培養系統中以玻璃針挑起後，置於已用 iMatrix-511 (T303; Takara Bio Inc., Kusatsu, Shiga, Japan)、Vitronectin XF (100-0763; STEMCELL Technologies, Vancouver, BC, Canada) 與 Matrigel[®] (以 DMEM/F12 稀釋 100 倍) (354277; Corning, Corning, NY, USA) 等培養基質處理之培養皿，再以市售之 StemFit Basic02(S) (SFB-500; Ajinomoto Co., Chuo-ku, Tokyo, Japan)、mTeSR1(M) (85850; STEMCELL Technologies) 與 E8(E) (A1517001; Thermo Fisher Scientific) 等幹細胞專用培養液培養。培養液額外添加 3 μ M CHIR99021 (HY-10182; MedChemExpress LLC, Monmouth Junction, NJ, USA) 與 2 μ M SB431542 (HY-10431; MedChemExpress LLC)，上述培養液添加物稱為 2i，添加此 2i 之培養液命名為 StemFit Basic02+2i (S+2i)、mTeSR1+2i (M+2i) 與 E8+2i (E+2i)。繼代時細胞先以 ReLeSR (05872; STEMCELL Technologies) 浸潤，於 37°C 培養箱處理 5 分鐘後，再輕敲培養皿 2 分鐘使細胞分離並分散予以繼代。每次繼代時幹細胞培養液添加 10 μ M Y27632 (HY-10071; MedChemExpress LLC) 以增加細胞存活率，隔日再將培養液換回不含 Y27632 之培養液，每隔 2 天更換 1 次培養液，以保持 piPSC 之未分化狀態。本試驗每組重複 3 次以上，以確保結果可信度。

III. 免疫細胞化學染色

以免疫細胞化學染色法進行多能性標記分析，所選用之專一性抗體有 Oct4 (AB3209; Merck Millipore, Burlington, MA, USA)、Sox2 (ab97959; Abcam, Cambridge, MA, USA)、Nanog (MBS420182; Mybiosource, San Diego, CA, USA)、SSEA-1 (MAB4301; Merck Millipore)、SSEA-3 (MAB4303; Merck Millipore)、SSEA-4 (MAB4303; Merck Millipore)、TRA-1-60 (MAB4360; Merck Millipore) 與 TRA-1-81 (MAB4381; Merck Millipore) 等。分化試驗選用之抗體為 glial fibrillary acidic protein (GFAP; ab4648; Abcam)、smooth muscle actin (SMA; ab7817; Abcam) 與 alpha 1 fetoprotein (AFP; 14550-1-AP; Proteintech Group, Inc, Rosemont, IL, USA)。染色時，細胞以 10% 福馬林於室溫下固定 15 分鐘，依序再加入 0.1% Triton X-100 反應 10 分鐘，與 blocking solution (BlockAid[™] Blocking Solution, B-10710, Invitrogen) 反應 1 小時。再加入第一級抗體於 4°C 下反應隔夜後，與第二級抗體反應 1 小時，最後以 DAPI 染色進行螢光分析。

選用之二級抗體為 Goat anti-Rabbit IgG (H + L) (for Oct4, Sox2, and AFP; AP307R; Merck Millipore)、Donkey

anti-Goat IgG (H + L) (for Nanog; AS069; Abclonal, Woburn, MA, USA) 、Rabbit anti-Mouse IgG (H + L) (for SSEA-3, SSEA-4, GFAP, and SMA; 115-025-146; Jackson Immuno Research, West Grove, PA, USA) 與 Rabbit anti-Mouse IgM (for SSEA-1, TRA-1-60, and TRA-1-81; AP128R; Merck Millipore) 。

IV. 鹼性磷酸酶之檢測

多能性幹細胞可表現鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, AP)，piPSC 以 10% 中性福馬林固定 2 分鐘後，利用鹼性磷酸酶套組 (SCR004; Merck Millipore) 檢測其 AP 表現程度。

V. 類胚體 (embryoid body) 形成之誘導

利用玻璃針將 piPSC 群落挖起，稍微打散後以類胚體培養液進行懸浮培養 5 天，經 5 天的懸浮培養後形成類胚體，此時再以同樣的培養液將類胚體培養於經 0.1% gelatin 處理之培養皿培養 14 天，進行貼附培養以誘發體外自體分化。類胚體培養液配方為 DMEM/F-12 培養液 (11320033; Thermo Fisher Scientific) 添加稀釋 100 倍之 GlutaMAX™ supplement (35050061; Thermo Fisher Scientific)、20% 的 KnockOut™ Serum Replacement (10828028; Thermo Fisher Scientific)、稀釋 100 倍之 non-essential amino acids (Thermo Fisher Scientific) 與稀釋 550 倍之 β -mercaptoethanol (Thermo Fisher Scientific) 。

VI. 幹細胞分化多能性基因表現分析

細胞收集後浸泡於 RNeasy Lysis Buffer™ 保存於 -40℃，待試驗時再解凍使用。細胞 RNA 以 Quick-RNA™ Miniprep Kit (Zymo Research, Irvine, CA, USA) 萃取後，以 PrimeScript RT Reagent Kit (Takara Bio Inc., Kusatsu, Shiga, Japan) 反轉錄為 cDNA，保存於 -40℃。最後再以 SYBR® Premix Ex Taq™ (Takara Bio Inc., Kusatsu, Shiga, Japan) 進行 Real-time PCR 檢測幹細胞分化多能性基因表現。選用之引子如表 1 所述。

表 1. 引子序列

Table 1. Primer sequences

Gene	F/R	Primer Sequence
<i>Oct4</i>	F	GGTCCGCGTGTGGTTCTG
	R	TCCTCTCGTTGCGAATAGTCA
<i>Sox2</i>	F	TTCACATGTCCCAGCACTACCAGA
	R	TCACATGTGTGAGAGGGGCAGTGTGC
<i>KLF4</i>	F	GAAGGGAGAAGACACTGCGT
	R	CGGGGGAAGTCTTTGCTTCA
<i>MYC</i>	F	GCCAAAAGGTCGGAATCGGGG
	R	CGCAGCACGTCTTTTCTGACAC
<i>Nanog</i>	F	CCGAAGCATCCATTTCAGCG
	R	GGTATTCTGTACTGGCTGAGCC
<i>GAPDH</i>	F	TGGGCGTGAACCATGAGAAG
	R	GGTGGTGCAGGAGGCATT

VII. 畸胎瘤之形成能力

選用 2 隻 6 週齡之 NOD-SCID 雄性小鼠，將 piPSC 移植於左側與右側局部皮下，進行畸胎瘤生成試驗。每隻小鼠移植時 1×10^6 顆細胞先與含有 100 μ L Matrigel® (354263; Matrix High Concentration, Corning)、100 μ L DMEM/F-12 與 10 μ M Y27632 (MedChemExpress LLC) 的混合液於冰上混合，再將 200 μ L 的細胞混合液裝填於 1 mL 針筒，以 26G 附針將細胞移植於局部皮下。每 2 週測量一次生成的細胞團塊的大小，試驗小鼠於細胞移植後 2 個月犧牲，採集畸胎瘤樣品進行石蠟組織切片與 HE 染色分析細胞分化狀態。

結果與討論

I. 抑制 GSK3 與 ALK4/5/7 細胞訊息傳遞路徑為以無飼養層培養 piPSC 之關鍵

本試驗使用 iMatrix-511、Vitronectin XF 與 Matrigel 基質，以及市售之 StemFit Basic02、mTeSR1 與 E8 等幹

細胞專用培養液，共 9 種組合篩選出 piPSC 之無飼養層培養條件。將 piPSC 由 STO 飼養層細胞挑起後，培養於無飼養層培養條件。結果顯示，將 piPSC 繼代至無飼養層培養系統後，Vitronectin XF 與 Matrigel® 培養基質條件下之細胞排列較緊密，狀態較 iMatrix-511 組為佳；此外，StemFit Basic02 培養液較能維持一致的細胞形狀，而 E8 與 mTeSR1 組別含有許多雜亂之細胞 (圖 1A)。然而，各組之細胞形態皆已轉變，已開始分化並失去幹細胞之形態特性 (圖 1A)。此結果顯示，iMatrix-511、Vitronectin XF 與 Matrigel 基質，配合市售之 StemFit Basic02、mTeSR1 與 E8 等幹細胞專用培養液，並無法直接使用於 piPSC 無飼養層培養。然而，StemFit Basic02 可維持較佳的細胞形態，為最可能應用於 piPSC 之無飼養層培養系統。因此，將可進一步微調 StemFit Basic02 配方，使符合無飼養層細胞培養 piPSC 之需求。

Ma *et al.* (2018) 指出，CHIR99021 為 glycogen synthase kinase (GSK) 3 路徑的抑制劑，SB431542 為 activin receptor-like kinase (ALK)4、ALK5 與 ALK7 路徑的抑制劑，亦是維持 piPSC 未分化之重要因子。因此，本試驗將 3 μ M CHIR99021 與 2 μ M SB431542 等因子，添加於 StemFit Basic02，並配合 iMatrix-511、Vitronectin XF 與 Matrigel® 基質。結果顯示，iMatrix-511 配合 S+2i，piPSC 仍明顯分化，此組合並不適合用於 piPSC 之無飼養層培養 (圖 1B)。Vitronectin XF 配合 S+2i 可顯著改善 piPSC 的形態，然此系統下細胞生長較緩慢，且仍會有少量分化現象 (圖 1B)。然而 Matrigel® 配合 S+2i，piPSC 貼附性良好，且生長相當快速，繼代後 5 天即需再次繼代。且呈現完整緊密的細胞型態與高核質比的特徵 (圖 1C)，顯示 piPSC 處於未分化之狀態。此外，Matrigel® 配合 M+2i 之組合亦可表現相似的結果，piPSC 細胞群落表面平滑且紮實，顯示 piPSC 維持在良好的未分化狀態 (圖 1C)。然而，E8+2i 初期雖可維持一定的細胞型態，細胞亦表現高核質比特性，然細胞經繼代後無法生長。推測 E8 培養液配方過於簡單，無法長期維持 piPSC 生長。此結果顯示，CHIR99021 與 SB431542 添加於 StemFit Basic02 與 mTeSR1 培養液，並配合 Matrigel® 基質，可維持 piPSC 未分化之幹細胞型態。

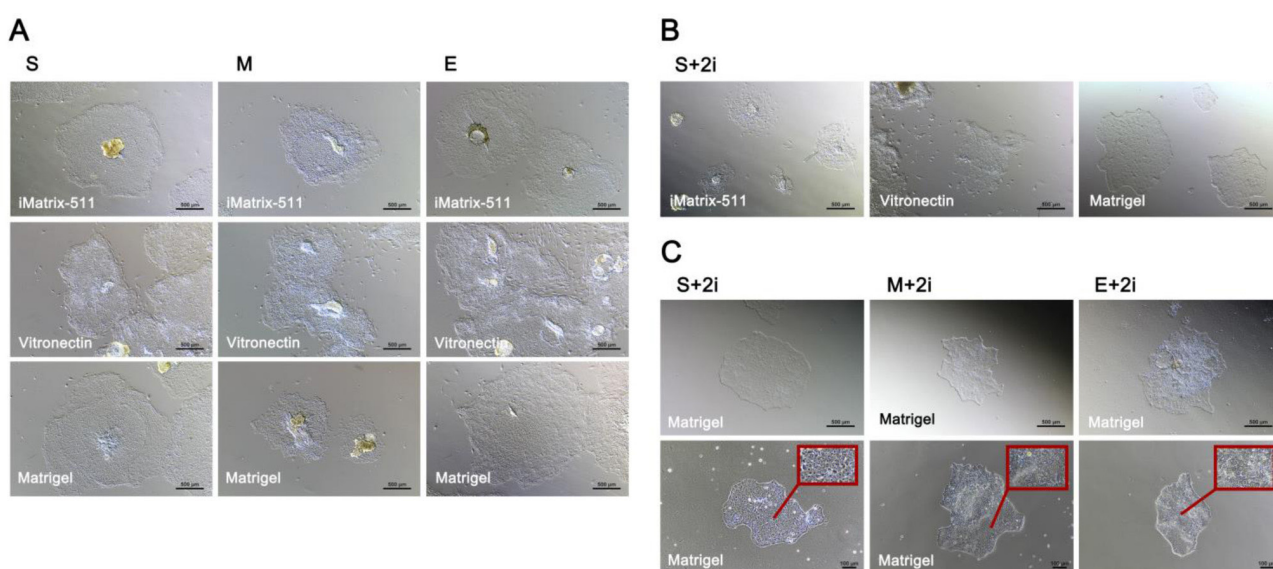


圖 1. 豬誘導多能性幹細胞於無飼養層培養系統之細胞形態。(A) 不同無飼養層培養基質與培養液之組合結果。(B-C) piPSC 培養於 Matrigel® 基質，配合 S+2i、M+2i 與 E8+2i 培養液。S：StemFit Basic02 培養液；M：mTeSR1 培養液；E：E8 培養液；2i：CHIR99021 與 SB431542。

Fig. 1. Morphologies of piPSCs in feeder-free culture systems. (A) piPSCs are cultured in different feeder-free cell culture matrices and media. (B-C) piPSCs maintained in Matrigel® with S+2i, M+2i, and E8+2i culture medium. S, StemFit Basic02 medium; M, mTeSR1 medium; E, E8 medium; 2i, CHIR99021 and SB431542.

II. 無飼養層培養 piPSC 可表現多能性抗原

Oct4、Sox2 與 Nanog 為多能性相關的轉錄因子，而 SSEA-1、SSEA-3、SSEA-4、TRA-1-60 與 TRA-1-81 為多能性相關的細胞表現抗原，皆為多能性幹細胞重要的抗原標誌。持續繼代數代後，S+2i 與 M+2i 皆可維持完整表現 AP、Oct4、Sox2 與 Nanog；SSEA-1、TRA-1-60 與 TRA-1-81 表現尚可，然 SSEA-3 與 SSEA-4 之表現則相當微弱 (圖 2)。近年來已開發出豬胚幹細胞 (porcine embryonic stem cell, pESC) 專屬之培養液，且 SSEA-3、SSEA-4、TRA-1-60 與 TRA-1-81 表現已顯著提升 (Choi *et al.*, 2019; Zhi *et al.*, 2022)。然而，本試驗結果與先前 piPSC 研究相似 (Ezashi *et al.*, 2009)，piPSC 之 Oct4、Sox2 與 Nanog 表現量相當高，然而其餘抗原表現仍相當微弱，甚至不表現，顯示目前 piPSC 之多能性表現仍較 pESC 差。

III. 無飼養層培養 piPSC 之多能性基因表現較佳

試驗共檢測 *Oct4*、*Sox2*、*KLF4*、*MYC* 與 *Nanog* 等 5 種多能性相關基因。經由檢測之多能性基因表現可知，該培養條件是否可改善多能性基因表現。試驗以飼養層為對照組，結果顯示無飼養層培養條件下，多能性表現基因皆有提升，其中以培養於 S+2i 者之 *Oct4* 表現量提升最多。

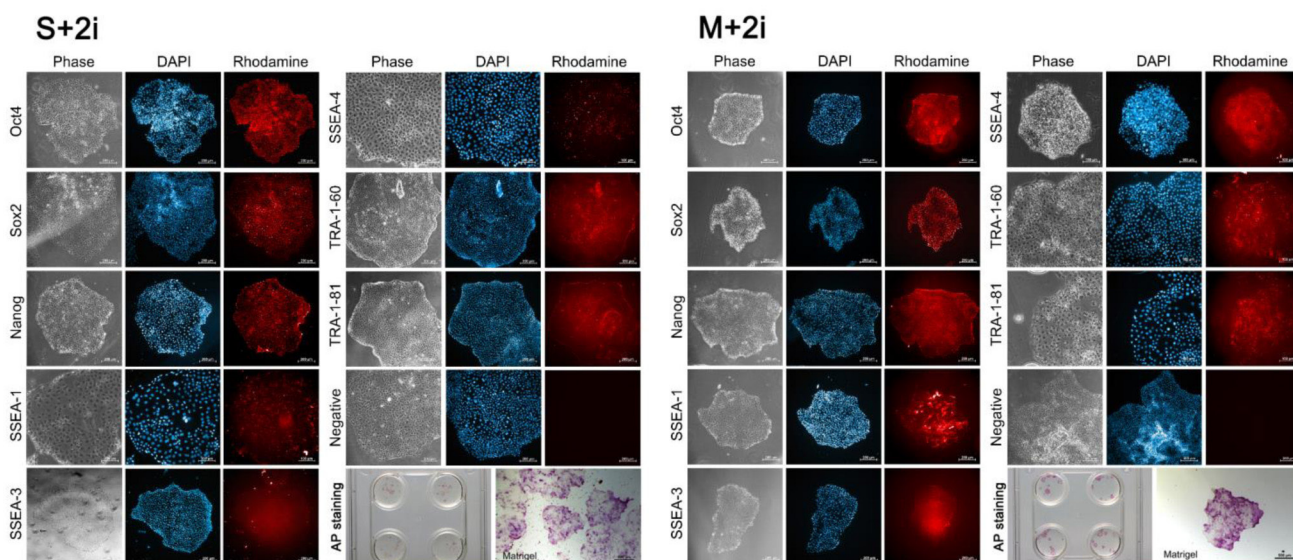


圖 2. 豬誘導多能性幹細胞於無飼養層環境下之多能性抗原表現。S+2i 與 M+2i 可正常表現 AP、Oct4、Sox2 與 Nanog；SSEA-1、TRA-1-60 與 TRA-1-81 表現程度尚可，然而 SSEA-3 與 SSEA-4 表現則相當微弱。S：StemFit Basic02 培養液；M：mTeSR1 培養液；2i：CHIR99021 與 SB431542。

Fig. 2. The pluripotency marker expression of piPSC in the feeder-free culture system. S, StemFit Basic02 medium; M, mTeSR1 medium; 2i, CHIR99021 and SB431542.

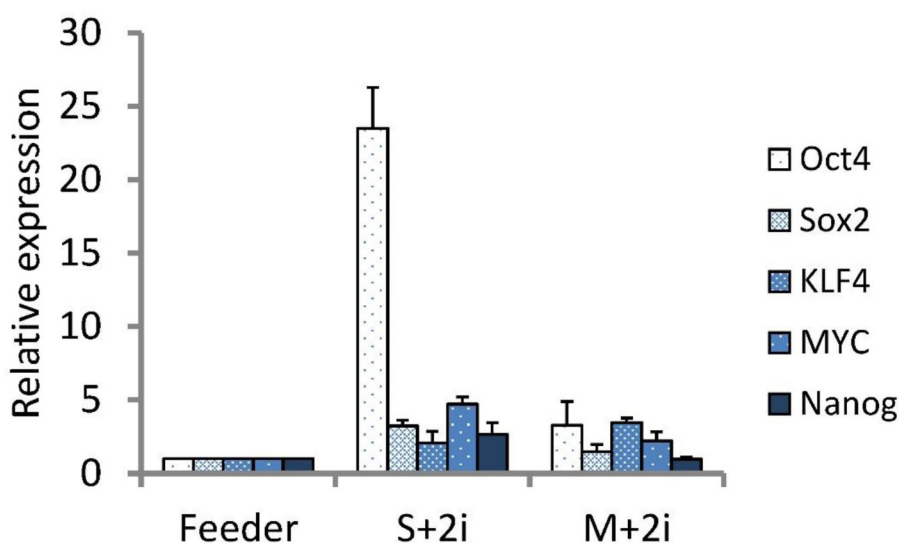


圖 3. 豬誘導性多能幹細胞於無飼養層環境下之多能性基因表現。

Fig. 3. Pluripotency gene expressions of piPSCs in the feeder-free culture system.

IV. 無飼養層培養 piPSC 可形成類胚體並分化為三胚層細胞

類胚體形成為多能性細胞特性之一，此過程可誘發自體分化出三胚層細胞。類胚體形成方式有傳統之懸浮小滴培養，讓細胞懸浮沉降於 U 型液滴底部，細胞聚集後形成類胚體，亦可藉由具低貼附特性之培養皿，讓細胞懸浮於培養皿底部以形成類胚體 (Kurosawa, 2007)。本試驗採用傳統的懸浮小滴培養方法進行，經 5 天的懸浮培養後，S+2i 與 M+2i 皆可形成類胚體 (圖 4)。隨後再將類胚體培養於 0.1% gelatin 處理之 4 孔培養盤進行貼附培養與分化誘導，經 14 天的貼附培養後，可觀察到 S+2i 與 M+2i 分化之細胞具有 GFAP、SMA 與 AFP 抗原表現，顯示分化之細胞包括有外胚層之神經細胞、中胚層之肌肉細胞與內胚層之肝臟相關細胞 (圖 4)。

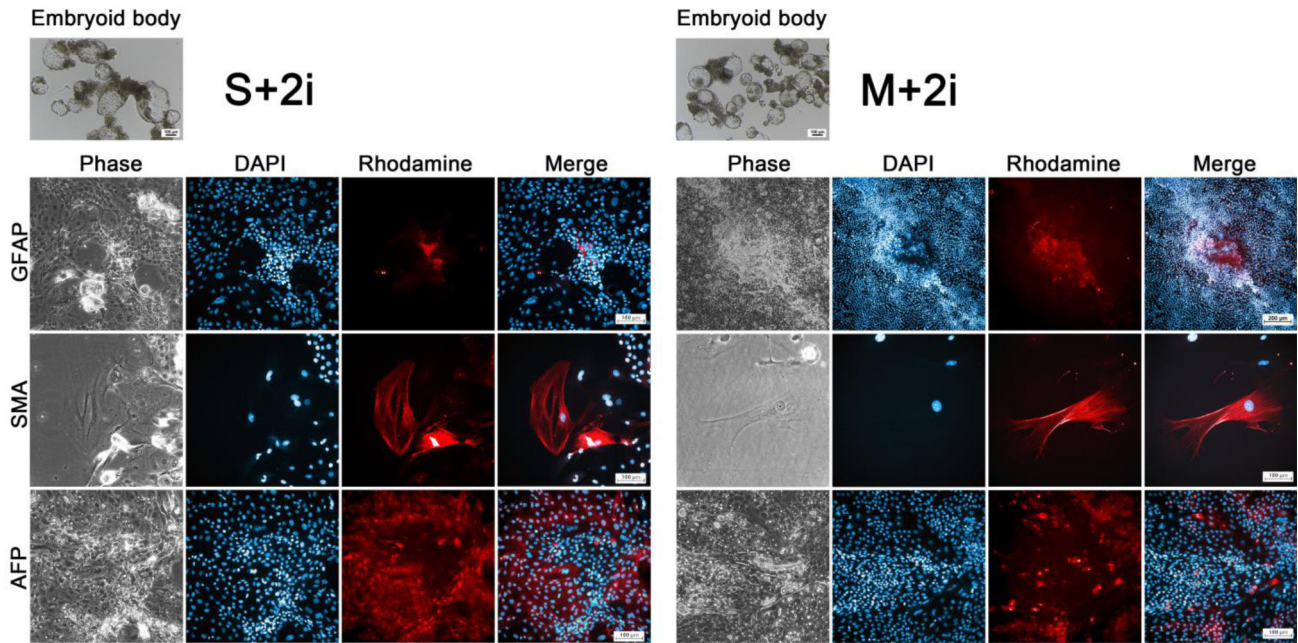


圖 4. 豬誘導性多能幹細胞於無飼養層環境下所形成之類胚體。

Fig. 4. Embryoid body formation of piPSC in the feeder-free culture system.

V. 無飼養層培養 piPSC 可形成畸胎瘤

畸胎瘤形成為檢測多能性幹細胞體內分化能力之方法，試驗將 S+2i 與 M+2i 之細胞移植至小鼠皮下，兩個月後犧牲採集畸胎瘤切片分析。S+2i 與 M+2i 組別畸胎瘤生長速度相當，細胞移植一個月後，即可觸診到畸胎瘤生成。然而，所有組別之畸胎瘤 HE 染色結果皆顯示，結構主要為外胚層（圖 5），難以觀察到中胚層與內胚層結構。綜合類胚體的分化結果與多能性基因表現結果可推測，S+2i 與 M+2i 組別之多能性表現確實提升，於類胚體分化中亦可觀察到三胚層細胞之分化，然此分化能力仍相當有限，分化之細胞量相當稀少。因此，推測因分化之細胞數量較少，畸胎瘤組織中難以形成典型的三胚層俱存的結構。此結果與先前研究相似 (Liao *et al.*, 2014)，係以病毒方式製作之 piPSC，由於導入的外源性多能性基因永久鑲嵌於細胞基因組中，阻礙了後續的分化能力。

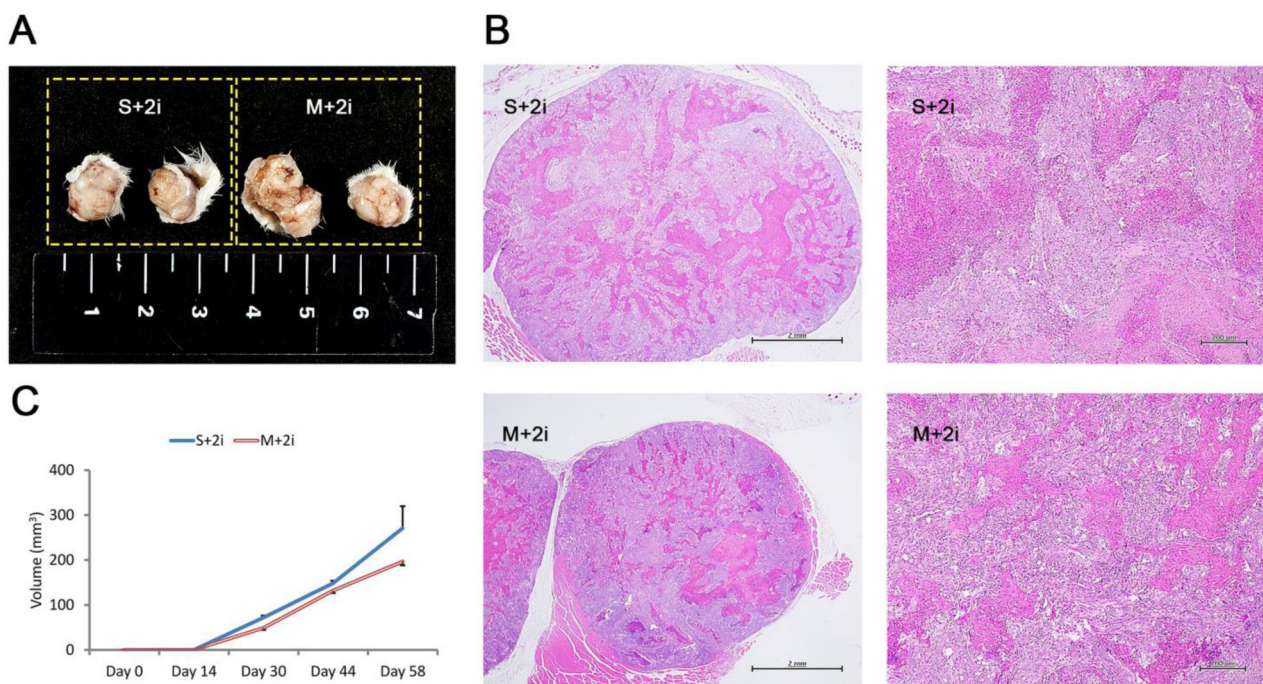


圖 5. 豬誘導性多能幹細胞於無飼養層環境下形成之畸胎瘤。

Fig. 5. Teratoma formation of piPSCs in the feeder-free culture systems.

結 論

本試驗結果顯示，StemFit Basic02 與 mTeSR1 培養液添加 CHIR99021 與 SB431542 抑制劑，配合 Matrigel® 基質，可維持 piPSC 於未分化狀態。此無飼養層培養系統不但解決了以往需要製備飼養層細胞之問題，經此系統培養之 piPSC 的多能性表現與可利用性，亦優於傳統飼養層培養系統者。此無飼養層培養系統，可供未來 piPSC 長期培養與分化試驗之用。然而，以病毒為載體導入外源多能性基因的方式製作出之 piPSC，由於外源的多能性基因會永久鑲嵌於細胞基因組中而阻礙其分化能力。故產製以無外源性基因鑲嵌之 piPSC 是提升其分化多能性的方法之一，再配合最佳化的無飼養層培養系統，未來可望進一步顯著提升 piPSC 之分化能力與其應用性。

參考文獻

- Amit, M. and Itskovitz-Eldor, J. 2006. Feeder-free culture of human embryonic stem cells. *Methods Enzymol.* 420: 37-49.
- Amit, M., C. Shariki, V. Margulets, and J. Itskovitz-Eldor. 2004. Feeder layer- and serum-free culture of human embryonic stem cells. *Biol. Reprod.* 70(3): 837-845.
- Braam, S. R., L. Zeinstra, S. Litjens, D. Ward-van Oostwaard, S. van den Brink, L. van Laake, F. Lebrin, P. Kats, R. Hochstenbach, R. Passier, A. Sonnenberg, and C. L. Mummery. 2008. Recombinant vitronectin is a functionally defined substrate that supports human embryonic stem cell self-renewal via alphavbeta5 integrin. *Stem Cells* 26(9): 2257-2265.
- Chen, G., D. R. Gulbranson, Z. Hou, J. M. Bolin, V. Ruotti, M. D. Probasco, R. Wagner, G. O. Lee, J. Antosiewicz-Bourget, J. M. Teng, and J. A. Thomson. 2011. Chemically defined conditions for human iPSC derivation and culture. *Nat. Methods.* 8(5): 424-429.
- Choi, K. H., D. K. Lee, S. W. Kim, S. H. Woo, D. Y. Kim, and C. K. Lee. 2019. Chemically defined media can maintain pig pluripotency network in vitro. *Stem Cell Reports* 13(1): 221-234.
- Evans, M. J. and M. H. Kaufman. 1981. Establishment in culture of pluripotential cells from mouse embryos. *Nature* 292(5819): 154-156.
- Ezashi, T., B. P. Telugu, A. P. Alexenko, S. Sachdev, S. Sinha, and R. M. Roberts. 2009. Derivation of induced pluripotent stem cells from pig somatic cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 106(27): 10993-10998.
- Hakala, H., K. Rajala, M. Ojala, S. Panula, S. Areva, M. Kellomäki, R. Suuronen, and H. Skottman. 2009. Comparison of biomaterials and extracellular matrices as a culture platform for multiple, independently derived human embryonic stem cell lines. *Tissue Eng. Part A* 15(7): 1775-1785.
- Kleinman, H. K. 2001. Preparation of basement membrane components from EHS tumors. *Curr. Protoc. Cell Biol.* Chapter 10: Unit 10.2.
- Kurosawa, H. 2007. Methods for inducing embryoid body formation: in vitro differentiation system of embryonic stem cells. *J. Biosci. Bioeng.* 103(5): 389-398.
- Liao, Y. J., C. H. Liao, J. W. Liao, K. Yuan, Y. Z. Liu, Y. S. Chen, L. R. Chen, and J. R. Yang. 2014. Establishment and characterization of novel porcine induced pluripotent stem cells expressing hrGFP. *J. Stem Cell Res. Ther.* 4: 208.
- Ludwig, T. and J. A. Thomson. 2007. Defined, feeder-independent medium for human embryonic stem cell culture. *Curr. Protoc. Stem Cell Biol.* Chapter 1: Unit 1C.2.
- Ludwig, T. E., M. E. Levenstein, J. M. Jones, W. T. Berggren, E. R. Mitchen, J. L. Frane, L. J. Crandall, C. A. Daigh, K. R. Conard, M. S. Piekarczyk, R. A. Llanas, and J. A. Thomson. 2006. Derivation of human embryonic stem cells in defined conditions. *Nat. Biotechnol.* 24(2): 185-187.
- Ma, Y., T. Yu, Y. Cai, and H. Wang. 2018. Preserving self-renewal of porcine pluripotent stem cells in serum-free 3i culture condition and independent of LIF and b-FGF cytokines. *Cell Death Discov.* 4: 21.
- Martin, G. R. 1981. Isolation of a pluripotent cell line from early mouse embryos cultured in medium conditioned by teratocarcinoma stem cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 78(12): 7634-7638.
- Nakagawa, M., Y. Taniguchi, S. Senda, N. Takizawa, T. Ichisaka, K. Asano, A. Morizane, D. Doi, J. Takahashi, M. Nishizawa, Y. Yoshida, T. Toyoda, K. Osafune, K. Sekiguchi, and S. Yamanaka. 2014. A novel efficient feeder-free culture system for the derivation of human induced pluripotent stem cells. *Sci. Rep.* 4: 3594.

- Takahashi, K. and S. Yamanaka. 2006. Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. *Cell* 126 (4): 663-676.
- Takahashi, K., K. Tanabe, M. Ohnuki, M. Narita, T. Ichisaka, K. Tomoda, and S. Yamanaka. 2007. Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors. *Cell* 131(5): 861-872.
- Thomson, J. A., J. Itskovitz-Eldor, S. S. Shapiro, M. A. Waknitz, J. J. Swiergiel, V. S. Marshall, and J. M. Jones. 1998. Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science* 282(5391): 1145-1147.
- Xu, C., M. S. Inokuma, J. Denham, K. Golds, P. Kundu, J. D. Gold, and M. K. Carpenter. 2001. Feeder-free growth of undifferentiated human embryonic stem cells. *Nat. Biotechnol.* 19(10): 971-974.
- Yang, J. R., Y. L. Shiue, C. H. Liao, S. Z. Lin, and L. R. Chen. 2009. Establishment and characterization of novel porcine embryonic stem cell lines expressing hrGFP. *Cloning Stem Cells* 11(2): 235-244.
- Zhi, M., J. Zhang, Q. Tang, D. Yu, S. Gao, D. Gao, P. Liu, J. Guo, T. Hai, J. Gao, S. Cao, Z. Zhao, C. Li, X. Weng, M. He, T. Chen, Y. Wang, K. Long, D. Jiao, G. Li, J. Zhang, Y. Liu, Y. Lin, D. Pang, Q. Zhu, N. Chen, J. Huang, X. Chen, Y. Yao, J. Yang, Z. Xie, X. Huang, M. Liu, R. Zhang, Q. Li, Y. Miao, J. Tian, X. Huang, H. Ouyang, B. Liu, W. Xie, Q. Zhou, H. Wei, Z. Liu, C. Zheng, M. Li, and J. Han. 2022. Generation and characterization of stable pig pregastrulation epiblast stem cell lines. *Cell Res.* 32(4): 383-400.

Establishment of a feeder-free culture system for porcine induced pluripotent stem cells ⁽¹⁾

Yu-Jing Liao ⁽²⁾ Yi-Shiou Chen ⁽²⁾ Yu-Ching Lin ⁽²⁾ Lih-Ren Chen ⁽²⁾ and Jenn-Rong Yang ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Dec. 16, 2022; Accepted: Jun. 28, 2023

Abstract

The present study established the feeder-free culture system for porcine induced pluripotent stem cells (piPSC) by using Matrigel[®], an extracellular matrix used to replace the feeder cells in the traditional stem cell culture, and stem cell culture medium named StemFit Basic02+2i (S+2i) and mTeSR1+2i (M+2i), StemFit Basic02 and mTeSR1 supplemented with CHIR99021 and SB431542. The results showed that S+2i and M+2i maintained the cell morphology and showed high nuclear cytoplasmic ratio, indicating that piPSC showed an undifferentiated state. The pluripotency markers expression of Oct4, Sox2, and Nanog was very high, the expression of SSEA-1, TRA-1-60, and TRA-1-81 was low, but the expression of SSEA-3 and SSEA-4 was very weak. The expression of pluripotency genes was significantly improved, and S+2i exhibited the best results. After embryoid body formation, piPSC *in vitro* differentiated into three germ layer cells, expressing GFAP, SMA, and AFP antigen. Teratomas were successfully formed in both S+2i and M+2i, but their ability to differentiate into three germ layers was still quite limited. Taken together, this study provides a new method for long-term culture of piPSC. This culture system not only solves the problem of preparing feeder cells in a traditional culture system, but also improves the cell pluripotency and utility which is better than traditional feeder-dependent culture systems.

Key words: Feeder-free culture system, Induced pluripotent stem cells, Pigs.

(1) Contribution No. 2755 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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

臺灣生羊乳成分、體細胞數及理化特性調查⁽¹⁾

涂柏安⁽²⁾ 蕭振文⁽²⁾ 蘇瑞娟⁽³⁾ 楊明桂⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：112 年 3 月 27 日；接受日期：112 年 6 月 29 日

摘 要

現行中華民國國家標準 CNS 3055 中關於生羊乳之無脂乳固形物規定為 8.0% 以上，但根據酪農、乳品廠及產業團體反應，於夏季有較大比例的生羊乳無法符合此標準。因此本研究自 2016 至 2020 年進行國內羊乳乳品廠生羊乳品質檢驗，建立全面性國產羊乳成分之基礎數據，做為後續修訂中華民國國家標準之基礎依據參考。結果顯示，在 2016 – 2020 年期間夏季時，生羊乳的平均乳脂肪、乳蛋白質、乳糖、無脂乳固形物皆顯著較冬季及涼季 ($P < 0.05$) 為低，冬季體細胞數顯著高於涼季及夏季 ($P < 0.05$)，涼季與夏季體細胞數無顯著差異。在生羊乳理化特性的部分，冬季羊乳比重雖然顯著較夏季與涼季高 ($P < 0.05$)，但以平均值而言各月差異並不大；平均滴定酸度在冬季、涼季及夏季之間有顯著差異 ($P < 0.05$)；冬季的羊乳平均冰點顯著低於涼季及夏季 ($P < 0.05$)，夏季與涼季間則無顯著差異。綜上所述，臺灣乳羊的乳成分 (乳脂肪、乳蛋白質、乳糖及無脂乳固形物) 在夏季及部分涼季會有下降的趨勢，並進一步影響生羊乳理化特性 (酸度、比重及冰點)。

關鍵詞：乳山羊、乳成分、季節。

緒 言

羊乳產量為世界非牛乳產量排名第二 (Faye and Konuspayeva, 2012)，然而國內飼養乳羊頭數、戶數及產量則有逐漸下降之趨勢，依據農業部農業統計年報資料，國內飼養乳羊戶數由 105 年 269 戶逐年下降至 109 年 229 戶，飼養頭數由 47,629 頭下降至 38,543 頭，羊乳年產量由 14,846 公噸下降至 13,199 公噸，而平均每頭乳羊之羊乳年產量則由 0.314 公噸提升至 0.342 公噸，顯見每頭乳羊生產效益有所提高。

羊乳與牛乳均含有豐富的脂肪、蛋白質及維生素，營養價值與牛乳相當，是哺乳類動物良好的蛋白質來源。然而，羊乳營養成分較為人體所吸收，主因羊乳酪蛋白形態類似人乳，較牛乳容易消化 (梁, 2000)，微量機能性成分如上皮細胞生長因子、乳鐵蛋白、寡糖等含量較牛乳多，凝乳塊較軟 (吳, 1998)，亦適合乳糖不耐症族群，由於以上因素，國內仍有固定之消費族群。

近年來全球暖化及氣候變化加劇，已有多篇研究報告證實牛乳乳成分會受到季節性之影響，以牛乳脂肪為例，夏季月份平均含量較冬季月份低 0.4% (Jensen *et al.*, 1991)，乳蛋白則是在秋季及冬季較高，春季及夏季較低 (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1985; Lindmark-Mansson *et al.*, 2003) 乳中礦物質亦顯著受到季節影響 (Chen *et al.*, 2014; Poulsen *et al.*, 2015)。然而，關於羊乳受季節性影響之相關研究較少，Mayer and Fiechter (2012) 及 Nemanja *et al.* (2018) 研究指出羊乳成分亦會受季節性影響，季節性因子包含空氣溫度 (air temperature)、日照時間 (solar radiation duration) 及溫溼度指數等，其中空氣溫度與乳成分之關聯性除 pH 值以外，皆呈現負相關。而日照時間及溫溼度指數亦與大部分乳成分呈負相關，然其重要性較空氣溫度低。此外，亦有研究報告指出，季節性因子亦會影響羊乳中礦物質，Li *et al.* (2022) 研究報告指出，羊乳中鈣、磷、銅及鋅含量與季節性因子呈負相關，氯、鉀及碘則呈現正相關。

現行中華民國國家標準 CNS 3055 中關於生羊乳之無脂乳固形物規定為 8.0% 以上，但根據酪農、乳品廠及產業團體反應於夏季有較大比例的生羊乳無法符合。法規本應因地與因時制宜，若法規與國內生產現況於需求不符時，應提出檢討與建議。因此本研究於 2016 至 2020 年進行國內羊乳乳品廠生羊乳品質檢驗，建立全面性國產羊乳成分之基礎數據，做為後續修訂中華民國國家標準之基礎依據。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2756 號。
(2) 農業部畜產試驗所北區分所。
(3) 社團法人中華民國養羊協會。
(4) 通訊作者，E-mail: max1986@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 生羊乳樣品採樣

生羊乳樣品每月採樣由社團法人中華民國養羊協會協助通知參加優質羊乳標章之國產羊乳各羊乳廠，自 2016 年 1 月至 2020 年 12 月每月定期採樣各契約酪農戶生羊乳總乳，並以低溫包裹寄送至農業部畜產試驗所北區分所（以下略稱北區分所）牛乳檢驗室進行後續檢驗與分析。

II. 生羊乳乳成分、體細胞數及理化特性檢測

各月採集生乳之乳成分應用北區分所之自動乳成分與體細胞測定儀 (MilkoScan TM FT+, FOSS, Denmark) 進行測定，生羊乳樣本於上機分析前首先於 40℃ 之水浴槽進行預熱並混勻後，以傅立葉轉換紅外光譜 (Fourier transform infrared spectroscopy, FTIR) 原理及羊乳檢量線進行檢測，乳樣中分析項目包含乳脂肪 (%)、乳蛋白質 (%)、乳糖 (%)、無脂乳固形物 (%) 及體細胞數 (%)，儀器皆以原廠及 ISO (International organization for standardization) 17025 規範進行定期校正。羊乳比重檢測依據 CNS 3442 規定進行。羊乳酸度 (%) 檢測依據 CNS 3441 規定進行。羊乳冰點 (°C) 以冰點測定儀 (Advanced 4C3 Cryoscope, Nelson-Jameson, United States) 進行測定。

若乳樣中乳脂肪濃度異常 (< 2% 或 > 8%) 或乳蛋白質濃度異常 (< 2% 或 > 6%) 者，該筆乳成分及對應之其他檢測項目便不列入後續統計，自 2016 至 2020 年，分別檢測 896、729、798、696 及 910 件羊乳總乳樣品。

III. 敘述性統計與季節變因分析

各項生羊乳檢測資料以 SAS 統計套裝軟體進行各月份敘述性統計，季節因子 (冬季：1、2、3 及 12 月；夏季：6、7、8 及 9 月；涼季：4、5、10 及 11 月) 變方分析則以單因子變異數分析法 (One Way ANOVA) 比較各季節變因之間是否有顯著差異，事後檢定則以 Tukey HSD 檢定進行 Lsmeans 多重比較。

結果與討論

本研究為國內生羊乳成分與理化分析的長期追蹤調查，各酪農戶之各月生羊乳總乳樣品由中華民國養羊協會協調羊乳乳品廠協助於 2016 至 2020 年冬季 (1、2、3 及 12 月)、涼季 (4、5、10 及 11 月) 及夏季 (6、7、8 及 9 月)，分別採取所有各契約酪農戶生乳樣品 60—90 個 / 月，由北區分所進行各採樣月份生羊乳樣品之成分與理化分析。

在五年期的追蹤下，結果顯示不同季節之間所有試驗觀察的乳成分 (乳脂肪、乳蛋白質、乳糖、無脂乳固形物及體細胞數) 以及理化特性 (比重、酸度及冰點) 皆有顯著差異 ($P < 0.05$) (圖 1)。各項乳成分檢測項目之判定係數 R 平方 (R square) 顯示乳脂肪、乳蛋白質、乳糖、無脂乳固形物及體細胞數迴歸模型的總變異中可被解釋之百分比分別為 33.5、46.8、17.7、47.6 及 3.9%；各項理化分析檢測項目之判定係數顯示比重、酸度及冰點迴歸模型的總變異中可被解釋之百分比分別為 0.8、23.4 及 1.1%；其中較高的項目為無脂乳固形物、乳蛋白質及乳脂肪，而 Kljajevic *et al.* (2018) 中撒能 (Saanen) 山羊乳酸度以季節迴歸模型的判定係數為 12.3%，但本試驗結果則較高；該研究中密度以季節迴歸模型的判定係數為 22.5%，而本試驗則僅有 0.8%。結果顯示臺灣乳羊總乳體細胞數及乳比重變異之季節差異較其他乳成分與理化特性關係較小。

在夏季時，生羊乳的平均乳脂肪、乳蛋白質、乳糖、無脂乳固形物皆顯著較冬季 ($P < 0.05$) 及涼季 ($P < 0.05$) 為低 (圖 1)；其中，夏季生羊乳平均乳脂肪較冬季及涼季分別顯著下降 13.1% ($P < 0.05$) 及 4.9% ($P < 0.05$)，其中出現平均乳脂肪夏季最低值為 7 月僅有 3.59%，涼季平均最低值則為 5 月 3.68%，冬季則平均皆有 4.12% 以上 (表 1)；夏季生羊乳平均乳蛋白質較冬季及涼季分別顯著下降 8.8% ($P < 0.05$) 及 3.0% ($P < 0.05$)，其中出現平均乳蛋白質夏季最低值為 6 月僅有 3.07%，涼季平均最低值則為 5 月 3.10%，冬季則平均皆有 3.34% 以上 (表 2)；夏季生羊乳平均乳糖較冬季及涼季分別顯著下降 3.4% ($P < 0.05$) 及 1.5% ($P < 0.05$)，其中出現平均乳糖夏季最低值為 6 月僅有 4.12%，涼季平均最低值則為 5 月 4.18%，冬季則平均皆有 4.25% 以上 (表 3)；夏季生羊乳平均無脂乳固形物較冬季及涼季分別顯著下降 5.3% ($P < 0.05$) 及 1.9% ($P < 0.05$)，其中出現平均無脂乳固形物夏季最低值為 6 月僅有 7.89% (表 4)，涼季平均最低值則為 5 月 7.98%，冬季則平均皆有 8.35% 以上。Goetsch *et al.* (2011) 研究顯示山羊乳脂肪與乳蛋白質最低值普遍出現於 6 月及 7 月，後續進入涼季後則持續上升至 11 與 12 月，與本試驗觀察到的結果相符。Mayer and Fiechter (2012) 及 Kljajevic *et al.* (2018) 則觀察到山羊乳總固形物、乳蛋白及乳脂肪在每年 6 至 8 月最低，至 10 月最高。

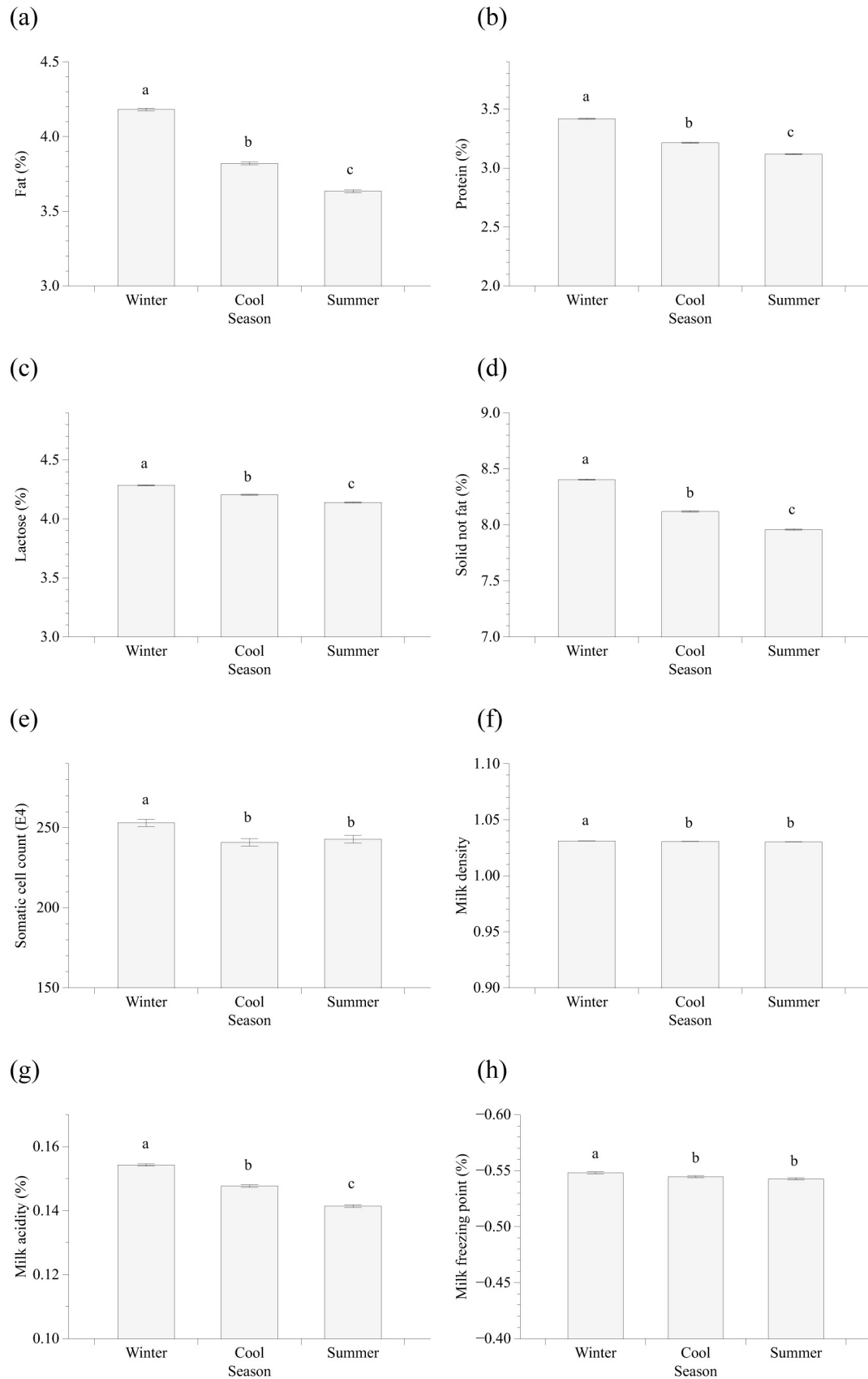


圖 1. 2016 – 2020 年冬季、涼季及夏季之羊乳脂肪率 (a)、蛋白質率 (b)、乳糖率 (c)、無脂乳固形物率 (d)、體細胞數 (e)、比重 (f)、酸度 (g) 及冰點 (h) 差異 (平均 \pm 標準誤差), 上標字母不同季節之間具有顯著差異 ($P < 0.05$)。

Fig. 1. The goat milk fat percentage (a), protein percentage (b), lactose percentage (c), solid not fat percentage (d), somatic cell count (e), density (f), acidity (g), and freezing point (h) (mean \pm standard error) of goat milk in winter, cool, and summer seasons from 2016 to 2020. ^{a, b, c} Means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 1. 2016 至 2020 年不同月份與季節羊乳乳脂率之變化

Table 1. Changes of fresh goat milk fat percentage from Jan. 2016 to Dec. 2020

Item	Winter			Cool			Summer			Cool			Winter	
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.		
Month														
Sample number (n)	356	330	417	360	307	282	329	337	320	325	325	341		
Maximum (%)	5.63	6.30	5.25	4.95	5.10	5.87	5.23	4.90	4.68	4.82	5.34	5.86		
Minimum (%)	3.22	3.32	2.92	3.06	2.94	2.75	2.86	2.92	2.87	2.97	2.97	3.17		
Average (%)	4.18	4.30	4.14	3.87	3.68	3.60	3.59	3.64	3.71	3.82	3.91	4.12		
Standard deviation (%)	0.37	0.37	0.35	0.32	0.29	0.34	0.30	0.32	0.30	0.32	0.36	0.38		
Category and percentage														
< 3.50%	1.97	1.21	3.36	12.22	29.32	40.78	40.73	33.23	25.94	14.46	11.69	3.81		
3.51 – 4.00%	32.87	17.88	32.13	58.33	59.28	49.65	51.98	54.90	58.13	63.08	54.15	34.02		
4.01 – 4.50%	50.56	55.15	51.08	26.67	10.10	8.16	6.69	10.68	15.00	19.38	29.85	49.56		
4.51 – 5.00%	11.24	22.12	11.99	2.78	0.98	1.06	0.30	1.19	0.93	3.08	2.77	9.38		
> 5.01%	3.36	3.64	1.44	0.00	0.32	0.35	0.30	0.00	0.00	0.00	1.54	3.23		

表 2. 2016 至 2020 年不同月份與季節羊乳乳蛋白質率之變化

Table 2. Changes of fresh goat milk protein percentage from Jan. 2016 to Dec. 2020

Item	Winter			Cool			Summer				Cool			Winter	
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.			
Month															
Sample number	356	330	417	360	307	282	329	337	320	325	325	341			
Maximum (%)	3.99	4.59	3.86	3.66	3.64	3.66	3.88	3.67	3.59	4.09	3.92	4.38			
Minimum (%)	2.96	3.02	2.96	2.87	2.81	2.80	2.78	2.78	2.80	2.86	2.96	3.05			
Average (%)	3.45	3.47	3.34	3.19	3.10	3.07	3.11	3.13	3.15	3.25	3.32	3.44			
Standard deviation (%)	0.16	0.18	0.14	0.13	0.12	0.13	0.15	0.14	0.12	0.14	0.15	0.17			
Category and percentage															
< 3.00%	0.28	0.00	0.72	7.22	21.82	29.79	25.53	15.13	11.25	1.23	0.31	0.00			
3.01 – 3.20%	4.49	3.33	14.87	49.17	62.21	56.74	51.67	56.97	58.75	39.69	22.46	5.57			
3.21 – 3.40%	39.61	33.94	58.03	37.22	13.68	11.35	18.24	24.93	26.25	47.69	50.77	39.59			
3.41 – 3.60%	40.73	42.12	21.58	5.56	1.95	1.77	4.26	2.37	3.75	9.85	22.15	42.23			
> 3.61%	14.89	20.61	4.80	0.83	0.33	0.35	0.30	0.59	0.00	1.54	4.31	12.61			

表 3. 2016 至 2020 年不同月份與季節羊乳乳糖率之變化

Table 3. Changes of fresh goat milk lactose percentage from Jan. 2016 to Dec. 2020

Item	Winter				Cool				Summer				Cool				Winter	
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June
Sample number	356	330	417	360	307	282	329	337	320	325	325	341	356	330	417	360	307	282
Maximum (%)	4.69	4.70	4.66	4.70	4.51	4.49	4.65	4.69	4.55	4.57	4.55	4.73	4.69	4.70	4.66	4.70	4.51	4.49
Minimum (%)	3.70	3.88	3.88	3.89	3.72	3.80	3.74	3.74	3.70	3.47	3.77	3.85	3.70	3.88	3.88	3.89	3.72	3.80
Average (%)	4.25	4.31	4.31	4.26	4.18	4.12	4.12	4.15	4.18	4.17	4.20	4.27	4.18	4.31	4.31	4.26	4.18	4.12
Standard deviation (%)	0.15	0.14	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.14	0.16	0.15	0.15	0.14	0.15	0.13	0.13	0.13	0.14
Category and percentage																		
< 3.50%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.51 – 4.00%	3.37	2.43	1.68	2.50	7.82	25.18	22.80	22.26	11.88	17.54	9.85	5.57	3.37	2.43	1.68	2.50	7.82	25.18
4.01 – 4.50%	93.26	90.30	92.80	93.89	91.86	74.82	76.90	77.44	87.81	80.62	88.61	90.91	93.26	90.30	92.80	93.89	91.86	74.82
4.51 – 5.00%	3.37	7.27	5.52	3.61	0.32	0.00	0.30	0.30	0.31	1.54	1.54	3.52	3.37	7.27	5.52	3.61	0.32	0.00
> 5.01%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 4. 2016 至 2020 年不同月份與季節羊乳無脂乳固形物率之變化

Table 4. Changes of fresh goat milk solid not fat (SNF) percentage from Jan. 2016 to Dec. 2020

Item	Winter				Cool				Summer				Cool				Winter	
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June
Sample number	356	330	417	360	307	282	329	337	320	325	325	341	356	330	417	360	307	282
Maximum (%)	9.31	9.63	9.02	8.88	8.77	8.56	8.75	8.90	8.65	9.06	9.04	9.33	9.31	9.63	9.02	8.88	8.77	8.56
Minimum (%)	7.88	7.87	7.83	7.74	7.28	7.37	7.40	7.45	7.57	7.61	7.67	7.73	7.88	7.87	7.83	7.74	7.28	7.37
Average (%)	8.40	8.48	8.35	8.16	7.98	7.89	7.93	7.98	8.02	8.12	8.22	8.40	8.40	8.48	8.35	8.16	7.98	7.89
Standard deviation (%)	0.21	0.23	0.20	0.19	0.17	0.20	0.19	0.22	0.19	0.21	0.21	0.23	0.21	0.23	0.20	0.19	0.17	0.20
Category and percentage																		
< 7.50%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	2.13	0.91	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	2.13
7.51 – 8.00%	2.25	1.21	3.36	22.22	59.93	69.51	67.48	52.23	48.75	30.15	13.23	3.52	2.25	1.21	3.36	22.22	59.93	69.51
8.01 – 8.50%	72.75	53.64	77.46	73.89	39.09	28.01	31.00	45.70	49.69	67.08	79.08	68.32	72.75	53.64	77.46	73.89	39.09	28.01
8.51 – 9.00%	23.60	43.64	18.94	3.89	0.65	0.35	0.61	1.48	1.56	2.46	7.38	25.81	23.60	43.64	18.94	3.89	0.65	0.35
> 9.01%	1.40	1.51	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.31	2.35	1.40	1.51	0.24	0.00	0.00	0.00

表 5. 2016 至 2020 年不同月份與季節羊乳體細胞數之變化

Table 5. Changes of fresh goat milk somatic cell count from Jan. 2016 to Dec. 2020

Item	Winter			Cool			Summer			Cool			Winter
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Sample number	356	330	417	360	307	282	329	337	320	325	325	341	
Maxi-mum ($\times 10^3$)	1,099.3	677.9	717.0	511.7	615.4	572.2	575.5	794.2	709.5	939.8	563.8	1,589.0	
Minimum ($\times 10^3$)	35.9	76.2	73.9	74.9	91.1	67.8	61.3	67.3	93.3	69.3	67.9	58.6	
Average ($\times 10^3$)	260.1	249.3	233.0	213.3	226.9	235.1	245.4	240.5	249.3	262.8	262.3	273.7	
Standard deviation ($\times 10^3$)	102.5	84.9	83.3	67.1	72.7	81.1	78.5	76.4	82.1	83.0	71.9	108.2	
Category and percentage													
< 1,000 ($\times 10^3$)	0.56	0.91	2.16	2.22	0.65	2.13	1.22	0.89	0.31	0.31	0.62	0.59	
1,001 – 1,500 ($\times 10^3$)	5.34	5.45	10.07	10.28	9.12	9.22	6.08	5.93	4.06	4.00	4.00	2.35	
1,501 – 2,000 ($\times 10^3$)	19.10	21.21	23.98	36.39	28.99	23.40	19.45	22.85	23.44	14.15	11.69	14.08	
2,001 – 2,500 ($\times 10^3$)	26.97	30.01	28.78	28.89	31.60	29.79	34.95	31.75	31.25	30.77	32.00	27.27	
> 2,501 ($\times 10^3$)	48.03	42.42	35.01	22.22	29.64	35.46	38.30	38.58	40.94	50.77	51.69	55.71	

表 6. 2016 至 2020 年不同月份與季節羊乳比重之變化

Table 6. Changes of fresh goat milk density from Jan. 2016 to Dec. 2020

Item	Winter			Cool			Summer			Cool			Winter
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Sample number	356	330	417	360	307	282	329	337	320	325	325	341	
Maximum	1.033	1.034	1.033	1.033	1.032	1.032	1.032	1.032	1.032	1.033	1.033	1.033	
Minimum	1.028	1.029	1.030	1.029	1.028	1.029	1.027	1.028	1.028	1.027	1.030	1.029	
Average	1.031	1.031	1.031	1.031	1.030	1.030	1.031	1.030	1.030	1.030	1.031	1.031	
Standard deviation	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.015	0.001	0.001	0.001	0.015	0.001	
Category and percentage													
< 1.026	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1.027 – 1.029	0.28	0.61	0.00	0.83	5.21	14.18	17.63	12.46	11.56	1.23	0.00	0.29	
1.030 – 1.032	97.19	97.27	98.32	98.89	94.79	85.82	82.07	87.54	88.44	98.46	99.69	97.65	
1.033 – 1.035	2.53	2.12	1.68	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.31	2.06	
> 1.036	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

表 7. 2016 至 2020 年不同月份與季節國產羊乳酸度之變化
Table 7. Changes of fresh goat milk acidity from Jan. 2017 to Dec. 2020

Item	Winter			Cool			Summer			Cool			Winter
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Sample number	286	264	284	290	235	211	260	269	248	251	258	277	
Maximum (%)	0.196	0.203	0.263	0.196	0.251	0.231	0.166	0.178	0.180	0.196	0.200	0.257	
Minimum (%)	0.120	0.124	0.118	0.117	0.109	0.109	0.114	0.113	0.116	0.121	0.124	0.128	
Average (%)	0.153	0.155	0.149	0.146	0.139	0.140	0.140	0.142	0.144	0.152	0.153	0.160	
Standard deviation (%)	0.012	0.012	0.014	0.012	0.012	0.013	0.009	0.011	0.011	0.012	0.011	0.013	
Category and percentage													
< 0.120%	0.35	0.00	0.70	0.69	5.53	2.84	3.08	1.49	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
0.121 – 0.140%	14.34	9.47	21.13	31.03	57.87	58.29	47.69	45.72	41.94	17.53	12.79	3.97	
0.141 – 0.160%	59.78	60.61	61.62	59.31	35.32	35.55	47.69	49.44	50.81	57.37	62.40	52.35	
0.161 – 0.180%	24.13	27.65	14.79	8.28	0.85	2.37	1.54	3.35	6.85	24.30	24.03	38.63	
> 0.181%	1.40	2.27	1.76	0.69	0.43	0.95	0.00	0.00	0.00	0.80	0.78	5.05	

表 8. 2016 至 2020 年不同月份與季節國產羊乳冰點之變化
Table 8. Changes of fresh goat milk freezing point from Jan. 2017 to Dec. 2020

Item	Winter			Cool			Summer			Cool			Winter
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Sample number	284	262	281	289	235	211	260	269	248	193	258	276	
Maximum (°C)	-0.506	-0.370	0.552	-0.527	0.539	-0.516	-0.516	-0.500	-0.510	-0.493	-0.514	-0.521	
Minimum (°C)	-0.595	-0.617	-0.673	-0.660	-0.566	-0.562	-0.567	-0.569	-0.562	-0.568	-0.589	-0.568	
Average (°C)	-0.549	-0.549	-0.545	-0.547	-0.539	-0.542	-0.543	-0.543	-0.542	-0.544	-0.547	-0.549	
Standard deviation (°C)	0.010	0.016	0.067	0.009	0.071	0.007	0.008	0.008	0.007	0.008	0.007	0.007	
Category and percentage													
< -0.560°C	6.34	9.16	3.91	3.46	0.85	0.47	1.92	1.86	2.02	1.04	1.55	4.71	
-0.559 – -0.540°C	82.75	82.07	88.25	86.85	76.60	68.25	68.08	68.40	67.74	77.72	84.88	87.32	
-0.539 – -0.520°C	8.80	7.63	7.12	9.69	21.28	30.33	28.85	29.00	29.43	20.21	13.18	7.97	
-0.519 – -0.500°C	2.11	0.38	0.36	0.00	0.43	0.95	1.15	0.74	0.81	0.51	0.39	0.00	
> -0.499°C	0.00	0.76	0.36	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	

羊乳冬季體細胞數 ($253.07 \pm 2.24 \times 10^3$ cells/mL) 顯著高於涼季 ($240.83 \pm 2.34 \times 10^3$ cells/mL) 及夏季 ($242.83 \pm 2.39 \times 10^3$ cells/mL) (圖 1)，涼季與夏季體細胞數無顯著差異。此結果與 Kim *et al.* (2013) 相似，該篇研究結果顯示，撒能山羊及吐根堡 (Toggenburg) 山羊生乳體細胞數平均值季節間具有顯著差異，以春季最低 ($0.94 \pm 1.54 \times 10^6$ cells/mL)，冬季最高 ($3.95 \pm 7.14 \times 10^6$ cells/mL)。而本試驗中，以 4 月時總乳體細胞數平均值最低 ($213.30 \pm 67.10 \times 10^3$ cells/mL)，12 月時最高 ($273.72 \pm 108.23 \times 10^3$ cells/mL)，且有 55.71% 之總乳體細胞數高於 $2,501 \times 10^3$ cells/mL 以上 (表 5)。季節影響羊乳體細胞數的原因推測主要與光週期有關，Peris *et al.* (2002b) 及 García-Hernández *et al.* (2007) 研究報告指出，光週期會影響乳量並間接影響乳質；因此當日照時間增加時，會增加乳產量並降低體細胞數，也就是說在春季時日照時間逐漸增加，並有較舒適之溫度，可提升乳產量及降低生乳體細胞數 (Peris *et al.*, 2002a)；在冬季時由於日照時間逐漸縮短，羊乳產量逐漸下降及體細胞數逐漸上升，此推論與本試驗觀察結果相符。

在羊乳理化特性的部分，冬季羊乳比重雖然顯著較夏季與涼季高，但以平均值而言各月差異並不大，介於 1.030 – 1.031 之間 (表 6)；但夏季羊乳比重最大值與最小值皆小於冬季對應數值，且夏季有 11.56 – 17.63% 的羊乳樣本比重介於 1.027 – 1.029，明顯較另外兩季節中比重偏低者比例更高。本試驗中生羊乳平均滴定酸度在冬季、涼季及夏季之間有顯著差異，夏季平均酸度在 0.140 – 0.144% 之間 (表 7)，低於涼季的 0.139 – 0.153% 以及冬季的 0.149 – 0.160%；若以羊乳酸度 0.140% 以下分布的比例而言，夏季有 42.34 – 61.13%，高於涼季的 12.79 – 63.40% 以及冬季的 3.97 – 21.83%；其中最低平均值出現在 5 月 0.14%，之後一路上升至 12 月達最高平均值 0.16%，酸度的提升與羊乳中乳蛋白質 (酪蛋白與白蛋白) 及灰分 (檸檬酸鹽及磷酸鹽) 有關 (Kelly and Fox, 2016)，因此與本試驗前述觀察到的乳成分季節及月份變化趨勢相同。冬季的羊乳平均冰點顯著低於涼季及夏季 ($P < 0.05$)，夏季與涼季間則無顯著差異 (圖 1)，其中平均冰點最高值出現在 5 月僅有 -0.539°C ，平均最低值則出現在冬季的 1 月及 12 月，可達 -0.549°C ；若以羊乳平均冰點 -0.559°C 以下分佈的比例而言，冬季羊乳樣品符合比例介於 89.09 – 92.03%，涼季及夏季則分別僅有 77.45 – 90.31% 及 68.75 – 70.26% (表 8)，顯示季節對於羊乳冰點分布影響甚大。臺灣乳羊產業飼養品種以阿爾拜因 (Alpine) 山羊為主，平均每次乳量較撒能山羊為低，而乳成分中乳脂肪、乳蛋白質、乳糖及無脂乳固形物皆較撒能山羊高，因此本試驗中觀察到之冰點平均值較 Kljajevic *et al.* (2018) 撒能山羊 (-0.462 至 -0.490) 為低，但其低點同樣位於乳蛋白質、乳糖及灰分相對低點的區間。Henno *et al.* (2008) 在牛乳冰點變化趨勢也發現類似情形，但推測可能與管理上部分放牧造成的蛋白質利用率降低有關，但本試驗中收集之乳羊場皆為舍內飼養，因此推測夏季氣溫上升造成的羊隻飲水量增加才是造成冰點上升的主因 (Bjerg *et al.*, 2005)。

夏季高溫對於乳牛泌乳效率有負面影響 (Brouček *et al.*, 2011)，相關研究亦顯示在乳羊亦可觀察到氣溫與羊乳成分呈現負相關 (Kljajevic *et al.*, 2018)，該研究顯示氣溫與乳脂肪、乳蛋白質、乳糖及無脂乳固形物之相關係數分別為 -0.90、-0.74、-0.77 及 -0.74。此外，夏季日照時間長度較長可能也會影響羊乳成分，研究顯示除了比重無顯著差異之外，其餘乳脂肪、乳蛋白質、乳糖及無脂乳固形物皆會受到日照時間長度的影響 (Kljajevic *et al.*, 2018)，其中乳脂肪、乳蛋白質、乳糖及無脂乳固形物與日照時間長度的相關係數分別為 -0.79、-0.51、-0.57 及 -0.52；日照時間長度可間接影響氣溫與乳羊的飲水量，進一步影響生乳品質 (Bjerg *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2014)。氣溫與相對濕度可能共同影響羊乳品質，研究顯示溫濕度指數 (temperature humidity index, THI) 與羊乳脂肪、乳蛋白質、乳糖及無脂乳固形物的相關性分別為 -0.93、-0.72、-0.76 及 -0.40；此外，在乳牛亦觀察到當 THI 上升時採食量減少與飲水量上升，並對生乳成分與理化特性產生負面影響 (Gantner *et al.*, 2012)，而本試驗觀察到乳成分下降的幅度以乳脂肪所占比例最大，可接近 0.5%，亦與前人研究觀察結果相符。

結 論

本試驗調查 2016 – 2020 年期間，臺灣飼養乳羊的乳成分 (乳脂肪、乳蛋白質、乳糖及無脂乳固形物) 在夏季及部分涼季會有下降的趨勢，並進一步影響生羊乳理化特性 (酸度、比重及冰點)。現行中華民國國家標準 CNS 3055 規範生羊乳乳品質無脂乳固形物含量為 8.0% 以上，研究結果顯示冬季、涼季及夏季平均符合率分別為 97.41、68.53 及 39.60%，夏季有六成生羊乳樣品之無脂乳固形物含量未能符合 CNS 3055 生乳標準，若無脂乳固形物標準修正為 7.5%，則冬季、涼季及夏季平均符合率分別可達 100.00、99.91 及 99.09%。除了持續輔導改善擠乳作業流程以提升乳成分及降低體細胞數之外，推測其他可能的原因為乳成分與理化特性與氣候溫度及溼度的高度負相關所致，建議未來相關研究進一步加入溫濕度監測，以針對不同品種乳羊泌乳性能及其品質進行耐熱性狀評估，確認個別山羊品種在熱緊迫下反應，作為未來乳羊品種選育之目標。

致 謝

本研究承社團法人中華民國養羊協會彙整通知各優質羊乳標章羊乳品廠定期採樣與寄送，並由北區分所同仁鄭志明、邱怡萍及宋春蓮協助檢驗，使試驗得以順利完成，特此申謝。

參考文獻

- 中華民國經濟部。CNS 3441。國家標準 (CNS) 網路服務查詢系統。https://www.cnsonline.com.tw/。
- 中華民國經濟部。CNS 3442。國家標準 (CNS) 網路服務查詢系統。https://www.cnsonline.com.tw/。
- 中華民國經濟部。CNS 3055。國家標準 (CNS) 網路服務查詢系統。https://www.cnsonline.com.tw/。
- 行政院農業委員會。2016-2020。農業統計年報。https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx。
- 吳輔佑。1998。羊乳之特殊養生功能。生物產業 9：177-181。
- 梁逸。2000。羊乳與牛乳營養價值之探討。畜產新知 31：7-8。
- Bjerg, M., M. D. Rasmussen, and M. O. Nielsen. 2005. Changes in freezing point of blood and milk during dehydration and rehydration in lactating cows. *J Dairy Sci.* 88: 3174-3185.
- Brouček, J., Š. Mihina, Š. Ryba, P. Tongel, P. Kišac, M. Uhrinčat, and A. Hanus. 2011. Effects of high air temperatures on milk efficiency in dairy cows. *Czech. J. Anim. Sci.* 51: 93-101.
- Chen, B., M. J. Lewis, and A. S. Grandison. 2014. Effect of seasonal variation on the composition and properties of raw milk destined for processing in the UK. *Food Chem.* 158: 216-223.
- Faye, B. and G. Konuspayeva. 2012. The sustainability challenge to the dairy sector-the growing importance of non-cattle milk production worldwide. *Int. Dairy J.* 24: 50-56.
- Gantner, V., P. Mijić, S. Jovanovac, N. Raguž, T. Bobić, and K. Kuterovac. 2012. Influence of temperature-humidity index (THI) on dairy production of dairy cows in Mediterranean region in Croatia. *Animal Farming and Environmental Interactions in the Mediterranean Region*, pp. 71-78.
- García-Hernández, R., G. Newton, S. Horner, and L. Nuti. 2007. Effect of photoperiod on milk yield and quality, and reproduction in dairy goats. *Livest. Sci.* 110(3): 214-220.
- Goetsch, A. L., S. S. Zeng, and T. A. Gipson. 2011. Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Res.* 101: 55-63.
- Henno, M., M. Ots, I. Jõudu, T. Kaart, and O. Kärt. 2008. Factors affecting the freezing point stability of milk from individual cows. *Int. Dairy J.* 18: 210-215.
- Jensen, R. G., A. M. Ferris, and C. J. Lammi-Keefe. 1991. The composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74: 3228-3243.
- Kelly, A. L. and P. F. Fox. 2016. *Advanced Dairy Chemistry, Volume 1B: Proteins: Applied Aspects.* 1-33.
- Kim, H. R., J. Y. Jung, I. Y. Cho, D. H. Yu, S. S. Shin, C. H. Son, K. S. Ok, T. Y. Hur, Y. H. Jung, C. Y. Choi, and G. H. Suh. 2013. Seasonal variation of goat milk composition and somatic cell count in Jeonnam province. *Korean J. Vet. Serv.* 36: 263-272.
- Kljajevic, N. V., I. B. Tomasevic, Z. N. Miloradovic, A. Nedeljkovic, J. B. Miocinovic, and S. T. Jovanovic. 2018. Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *J. Food Sci. Technol.* 55: 299-303.
- Lindmark-Mansson, H., R. Fondén, and H. E. Pettersson. 2003. Composition of Swedish dairy milk. *Int. Dairy J.* 13: 409-425.
- Li, S., M. Delger, A. Dave, H. Singh, and A. Ye. 2022. Seasonal variations in the composition and physicochemical characteristics of sheep and goat milks. *Foods.* 11(12): 1737.
- Mayer, H. K. and G. Fiechter. 2012. Physicochemical characteristics of goat's milk in Austria-seasonal variations and differences between six breeds. *Dairy Sci. Technol.* 92: 167-177.
- Nemanja, V. K., I. B. Tomasevic, Z. N. Miloradovic, A. Nedeljkovic, J. B. Miocinovic, and S. T. Jovanovic. 2018. Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. *J. Food Sci. Technol.* 55(1): 299-303.
- Ng-Kwai-Hang, K. F., J. F. Hayes, J. E. Moxley, and H. G. Monardes. 1985. Percentages of protein and nonprotein nitrogen with varying fat and somatic cells in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 68: 1257-1262.
- Peris, C., J. R. Díaz, N. Fernández, M. Rodríguez, P. Molina, and A. Orres. 2002a. Influence of mechanical milking on

- mastitis. IV International Scientific Conference on Sheep and Caprinotechnics, SEOC, Valencia, ESP.
- Peris, C., C. Segura, J. L. Palomares, M. Rodríguez, J. R. Díaz, and N. Fernández. 2002b. The quality of goat milk produced in the Autonomous Communities of Valencia and Murcia. IV International Scientific Conference on Sheep and Caprinotechnics, SEOC, Valencia, ESP.
- Poulsen, N. A., I. Rybicka, H. D. Poulsen, L. B. Larsen, K. K. Andersen, and M. K. Larsen. 2015. Seasonal variation in content of riboflavin and major minerals in bulk milk from three Danish dairies. *Int. Dairy J.* 42: 6-11.
- SAS. 2015. SAS/STAT® 14.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.

Bulk milk composition, somatic cell count, and physico-chemical characteristics of dairy goat farm in Taiwan ⁽¹⁾

Po-An Tu ⁽²⁾ Jen-Wen Shiau ⁽²⁾ Jui-Chuan Su ⁽³⁾ and Ming-Kuei Yang ⁽²⁾⁽⁴⁾

Received: Mar. 27, 2023; Accepted: Jun. 29, 2023

Abstract

Current National Standards (CNS) of the Republic of China No. 3055 regulates the solid-not-fat of goat milk should be higher than 8.0%. According to the feedback from dairy farmers, milk processors, and farmer associations, a large number of bulk milk samples in summer was unable to comply with the regulation. National standards should be flexible and be able to adjust based on the production facts. We analyzed the bulk tank milk of dairy goats in Taiwan from 2016 to 2020. The results show that during the summer seasons from 2016 to 2020, the average milk fat, protein, lactose and solid-not-fat of raw sheep's milk were significantly lower than those in winter and cool seasons ($P < 0.05$). The somatic cell count was significantly higher in winter than in cool and summer seasons ($P < 0.05$), while there was no significant difference between cool and summer seasons. In terms of physico-chemical properties of raw sheep's milk, although the density of winter milk was significantly higher than that of summer and cool season milks ($P < 0.05$), there was not much difference among months on average; the mean acidity showed significant differences among winter, cool and summer seasons ($P < 0.05$); the mean freezing point of winter sheep's milk was significantly lower than that of cool and summer seasons ($P < 0.05$), while there was no significant difference between cool and summer seasons. In summary, a domestic goat milk composition database was established for the further revision of related national standards. The result showed that milk components (fat, protein, lactose, and solid-not-fat) percentages declined in the summer and partial cool season. It further caused the changes in physico-chemical characteristics (acidity, density, and freezing point) of goat milk.

Key words: Dairy goat, Milk component, Season.

(1) Contribution No. 2756 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

(3) Goat Farmer Association R.O.C., Chiayi 600040, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: max1986@tlri.gov.tw.

不同人工光照搭配自然光照對褐色菜鴨產蛋性能、蛋品質、動物行為與血液性狀的影響⁽¹⁾

林雅玲⁽²⁾ 林榮新⁽²⁾ 鄭智翔⁽²⁾ 蘇晉暉⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：112 年 3 月 17 日；接受日期：112 年 7 月 5 日

摘 要

本試驗旨在探討提供不同人工光照搭配自然光照對褐色菜鴨 (brown Tsaiya duck; *Anas platyrhynchos domesticus*) 產蛋性能、蛋品質、動物行為與血液性狀影響。試驗使用 144 隻農業部畜產試驗所東區分所自行育成的母褐色菜鴨，試驗鴨隻滿 19 週齡時隨機分配至 3 個獨立非開放式室內個別籠飼養，每一獨立室內大小為 570 × 330 × 235 公分 (深 × 寬 × 高)，內有 4 排個別籠，每 1 排有 12 個欄位，共可飼養 48 隻褐色菜鴨。試驗分 3 組，分別為 (1) 自然光照搭配白色螢光 (fluorescent) 光照 (2) 自然光照搭配白色發光二極體 (light emitting diode, LED) 光照 (3) 自然光照搭配紅色 LED 光照，其中 (1) 為對照組。各組每日光照長度為 16 小時，人工光照強度約 185 lux，試驗持續至鴨隻滿 52 週齡為止。試驗鴨隻 24 週齡起每日記錄個別產蛋數，每 2 週測定一次飼料採食量、產蛋性能、蛋品質並錄影觀察其動物行為，另於鴨隻 25、31、37、42 及 48 週齡時，採血分離血漿檢測動情素及助孕素濃度。試驗結果顯示，飼料採食量、產蛋性能、蛋殼強度及動情素濃度以自然光搭配紅色 LED 光照組最高，而蛋重、豪氏單位及助孕素濃度於各處理組間則無顯著差異。以紅色 LED 光照作為室內人工光照來源，可增進鴨隻產蛋性能與蛋品質，是鴨隻飼養室內人工光照的優良選項。

關鍵詞：褐色菜鴨、產蛋性能、發光二極體。

緒 言

褐色菜鴨 (brown Tsaiya duck; *Anas platyrhynchos domesticus*) 作為臺灣主要的蛋鴨品種，其體型小、蛋重大、產蛋率高且飼料效率佳 (林等, 2006; 林等, 2007; 蘇等, 2016; 蘇等, 2017)。褐色菜鴨一般需要 15 至 17 小時的光照長度，以維持其產蛋期間的表現。我國臺北地區夏至與冬至期間的自然光照時間分別為 13.5 小時及 10.5 小時，皆少於前述所需光照長度。因此，飼養褐色菜鴨過程中必須額外補充穩定且可適當刺激鴨隻產蛋表現的人工光照。

傳統螢光燈管 (fluorescent tube) 為畜牧業最常使用的人工光照來源 (蘇等, 2017)，雖其能源利用率及使用壽命皆優於白熾燈泡，惟缺點為 (1) 燈管老化後亮度會逐漸下降，致禽舍內光照強度不一致；(2) 螢光燈管中含有微量的汞，若未經適當處置，恐有造成環境汙染之虞。然發光二極體 (light emitting diode, LED) 有能源轉換效率高、使用壽命長、體積小且容易製造單一色光等優勢 (Parvin *et al.*, 2014)，其中容易製造單一色光的特性，亦可能應用在提升家禽的生產性能。過去針對 LED 光照對家禽生產表現的影響，多著重在白肉雞上，少數關於鴨隻的探討也以北京鴨的生長性能為主，幾乎無 LED 光照對鴨隻產蛋性能影響的相關研究。

因此本試驗目的為探討白色 LED 光照、紅色 LED 光照與螢光燈管搭配太陽光，對褐色菜鴨產蛋性能、蛋品質 (如蛋殼強度、蛋殼厚度、蛋重及豪氏單位)、動物行為與血液性狀 (動情素及助孕素濃度) 的影響。希望藉此瞭解不同光源在搭配自然光照下能否對褐色菜鴨產生相同的光照刺激。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2757 號。

(2) 農業部畜產試驗所東區分所。

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

材料與方法

I. 試驗動物

試驗使用農業部畜產試驗所東區分所自行孵化之 144 隻 1 日齡母褐色菜鴨 (brown Tsaiya duck; *Anas platyrhynchos domesticus*)。雛鴨 0—3 週齡飼養於非開放式高床育雛舍，4 週齡起飼養於非開放式高床平飼育成鴨舍，待鴨隻滿 19 週齡時逢機分配至 3 個獨立非開放式室內飼養。鴨隻分別於 3 週齡與 7 週齡注射家禽霍亂疫苗。本動物試驗經農業部畜產試驗所東區分所實驗動物照護及使用小組審核通過 (畜試宜動字第 105006 號)。

II. 試驗飼糧

試驗飼糧分 3 階段給予，分別為 0—8 週的育雛料、9—18 週的育成料、19 週齡起的產蛋料。試驗期間飼料及飲水皆任食，飼料配方與營養濃度計算值如表 1 所示。

表 1. 育雛期、育成期與產蛋期之飼料配方表

Table 1. Diet composition in the rearing period (0 to 8 weeks of age), growing period (9 to 18 weeks of age), and laying period (after 18 weeks of age)

Ingredients, %	Starter diet	Grower diet	Layer diet
Yellow corn	55.54	51.94	49.93
Fish meal	2.00	—	3.30
Soybean meal, 44% CP	25.30	10.00	27.00
Wheat bran	—	10.00	6.50
Wheat flour middling's	10.30	20.00	—
Soybean oil	1.10	—	2.50
Yeast powder	3.00	2.00	2.00
Rice hull powder	—	2.40	—
Iodized salt	0.30	0.30	0.40
Choline chloride, 50%	0.08	0.08	0.08
Limestone	1.10	1.50	1.50
Di-calcium phosphate	1.10	1.50	1.50
DL-Methionine	0.05	0.05	0.05
L-Lysine-HCL	—	—	0.01
Vitamin premix ^a	0.03	0.03	0.03
Mineral premix ^b	0.10	0.10	0.10
Total	100	100	100
Calculated values			
Crude protein, %	19.5	13.5	20.0
ME, kcal/kg	2,900	2,660	2,700
Calcium, %	0.81	0.94	3.05
Available phosphorus, %	0.36	0.27	0.39
Lysine, %	1.05	0.60	1.11
Methionine, %	0.38	0.27	0.39

^a Supplied per kg of diet: 60 mg niacin, 18 mg calcium pantothenate, 22.5 mg vitamin E, 9 mg vitamin B₂, 6 mg vitamin B₆, 6 mg vitamin K₃, 3 mg vitamin B₁, 1.5 mg folic acid, 0.03 mg vitamin B₁₂, 0.03 mg biotin, 15,000 IU vitamin A, and 3,000 IU vitamin D₃.

^b Supplied per kg of diet: 8 mg CuSO₄•5H₂O, 120 mg FeSO₄, 60 mg ZnSO₄•H₂O, 60 mg Mn₃O₄, 0.7 mg KIO₃, 0.2 mg Na₂SeO₃, and 0.2 mg CoCO₃.

III. 試驗處理

本試驗三種光照組合分別為 (1) 自然光照搭配白色螢光光照 (2) 自然光照搭配白色 LED 光照 (色溫 6000 K) (3) 自然光照搭配紅色 LED 光照 (波長 460 nm)。試驗設定於無自然光照時之人工光照強度約 185 lux，人工光照時間總計 16 小時 (即各組每日光照長度) 搭配夏季自然光照 13.5 小時 (人工與自然光照時間重疊，並由人工光照補足 16 小時光照長度)，光照設定時間自上午 5 點到晚上 9 點。

IV. 試驗環境

每一獨立非開放室大小為 570 × 330 × 235 公分 (深 × 寬 × 高)，每排有 12 個個別籠，共有四排，個別籠大小為 40 × 30 × 45 公分 (深 × 寬 × 高)，故每一間非開放室可籠飼 48 隻褐色菜鴨。鴨隻滿 19 週齡隨機分配獨立非開放室後給予 5 週時間適應環境及試驗光照，於 24 週齡開始進行試驗測定並持續到 52 週齡結束。

V. 試驗測定項目

(i) 飼料採食量

鴨隻滿 24 週齡開始，每 2 週測定一次鴨隻飼料採食量。測定方式以 1 排為 1 試驗單位，將秤重完成的飼料，平均鋪陳於飼料槽，現場管理人員每日巡視與補充飼料，確保鴨隻有飼料可食用。經過 3 天後，將各排剩餘飼料集中並秤重後，計算與原始飼料的重量差異，除以採食鴨隻數與 3 天，即為該週鴨隻的飼料採食量。

(ii) 產蛋性能

每天記錄個別鴨隻產蛋情形，總和該處理組的總產蛋數除以在養鴨數，即為各組之產蛋率。

(iii) 蛋品質

每 2 週選取連續 3 天試驗鴨隻所產蛋，分別測量蛋重、蛋殼強度、蛋殼厚度、蛋白高度與豪氏單位。測量方式分述如下：蛋重使用電子秤 (FAY-06, Nagata Inc., Taiwan) 進行個別秤重。另將蛋的鈍端朝上，使用蛋殼強度測定儀 (HT-9635A, Hung Ta Inc., Taiwan) 緩慢下壓，下壓碰觸至蛋並聽見碎裂聲後立刻停止，記錄此顆蛋的最大承受重量。取用每一顆蛋之尖端、中端與鈍端各一片以蛋殼厚度計 (FN595, FHK Inc., Japan) 測定，以此三點的平均值代表該顆蛋的蛋殼厚度。最後將鴨蛋打破後放置於蛋品質測定臺，確認其水平後，以蛋品質測定儀 (FHK Egg Quality Gauge, FHK Inc., Japan) 測定濃厚蛋白高度，並用以計算豪氏單位 (Haugh unit)，豪氏單位 = $100 \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$ ，其中 H 代表蛋白高度 (mm)，而 W 表示蛋重 (g)。

(iv) 動物行為

自鴨隻 24 週齡起，每 2 週將數位錄影機 (HDR CX-240, Sony, Japan) 放置密閉室內，錄影觀察鴨隻行為 4 天。在這 4 天中，每天錄影各處理內 4 排中的其中 1 排中央固定 5 隻鴨隻 8 小時，每間每週記錄 20 隻不同鴨隻的行為。為避免架設人員在現場導致的干擾，在開始錄影記錄後 30 分鐘為第 1 個試驗採樣時間點，後續間隔 1 小時採樣 1 次，每次採樣時間點觀察每 1 鴨隻 15 秒鐘，每處理組總計收集 2,100 筆資料 (5 隻 × 7 次 × 4 天 × 15 週)，以當次採樣時間點判定鴨隻表現何種行為，並計算該行為出現之百分比 (該行為出現次數 / 各處理組總收集資料次數)。行為判定參考李 (1989) 的方式，將籠飼鴨隻行為分為以下數種：飲食 (採食、飲水)、活動 (整羽、嬉戲、搖尾)、休息 (站立、蹲伏、睡覺) 等。為避免不同人員判定標準不一，試驗全程由同一工作人員判定鴨隻表現何種行為。

(v) 血液性狀

於鴨隻 25、31、37、42 及 48 週齡時，選取該組內前一天有產蛋的鴨隻各 12 隻，以翼靜脈方式採集約 2 至 3 mL 的全血，並將全血注入含肝素 (heparin) 的真空採血管 (BD 367871, BD, Franklin Lakes, NJ) 後短暫放置於碎冰保存。待所有血液樣本採集完畢，以離心機 (Thermo IEC MUTIL-RF220v, USA) 設定 3,000 g 離心 15 分鐘分離血球與血漿。後將血漿分裝至 2 mL 的微量離心管中並保存於 -18°C，以待後續檢測血液中動情素 (estradiol) 與助孕素 (progesterone) 的濃度。前述賀爾蒙濃度檢驗委由健康醫事檢驗所，以商用檢測工具 (06656021 190; 07092539 190, cobas®, USA) 進行分析。

(vi) 統計分析

試驗資料使用 SAS enterprise 軟體進行統計分析 (SAS enterprise guide 7.1, SAS institute, Inc., Cary, NC)。其中以一般線性模式程序 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，再以 Tukey's honestly significant difference (Tukey's HSD) 檢定試驗各處理之差異顯著性。動物行為模式則先將各種不同行為分為三種類別 (飲食、活動、休憩)，此三種類別再以 categorical data analysis procedure (CATMOD) 程序來比較各處理組間的差異性。統計分析結果以 $P < 0.05$ 為達到顯著差異，試驗結果以平均值加減標準偏差 ($\text{mean} \pm \text{SD}$) 表示。

結果與討論

I. 飼料採食量

鴨隻 24 至 52 週齡雖皆未觀察到各組間具顯著差異，然統整試驗全期資料則顯示紅色 LED 光照組飼料採食量顯著高於白色 LED 光照組 ($P < 0.05$) ($143 \pm 12 \text{ g}$ vs. $136 \pm 13 \text{ g}$)，螢光燈管組飼料採食量則介於兩組之間 ($140 \pm$

15 g) (表 2)。螢光燈管組與紅色 LED 光照組的試驗結果與 Gongruttananun and Guntapa (2012) 類似，泰國土雞給予自然光照並每天另外補充 4 小時的螢光燈與紅色光，結果顯示兩者間飼料採食量無顯著差異；Min *et al.* (2012) 比較白色與紅色 LED 光照對產蛋雞的影響，結果顯示給予紅色 LED 光照之雞隻其採食量顯著較給與白色 LED 光照者高。另 Hassan *et al.* (2013) 比較白色與紅色 LED 光照對產蛋雞採食量的影響，結果發現兩者間無顯著差異，則與本試驗結果相異。而這樣的差異可能是因為該研究僅給予單一人工光照來源，未搭配太陽光照，且白色與紅色 LED 光照兩組的產蛋率亦無顯著差異，導致雞隻所需能量相仿，因此未反映在飼料採食量上。

表 2. 給予褐色萊鴨不同光源搭配自然光照對其飼料採食量的影響

Table 2. The feed intake of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Feed intake, g/day/bird -----		
24 – 28	133 ± 13	128 ± 12	136 ± 8
30 – 34	133 ± 12	130 ± 11	135 ± 7
36 – 40	138 ± 13	137 ± 12	139 ± 10
42 – 46	144 ± 17	139 ± 6	148 ± 9
48 – 52	154 ± 13	147 ± 15	155 ± 9
Means	140 ± 15 ^{a,b}	136 ± 13 ^b	143 ± 12 ^a
Methionine, %	0.38	0.27	0.39

Means ± SD.

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

II. 產蛋性能

24 至 46 週齡期間，各處理組的產蛋率並未有顯著差異，而 48 至 52 週齡與試驗全期則以螢光燈管 (74 ± 4%；65 ± 9%) 與紅色 LED 光照 (75 ± 3%；66 ± 8%) 兩組顯著高於白色 LED 光照組 (67 ± 5%；60 ± 7%) (表 3)。顯示搭配太陽光的同時，額外補充不同人工光照，會對鴨隻的產蛋造成影響，相較於白色 LED 光照組，紅色 LED 光照組的鴨隻有較佳的產蛋率，這樣的結果與部分文獻結果相似 (Huber-Eicher *et al.*, 2013; Baxter *et al.*, 2014)，給予紅色光照刺激的產蛋雞不僅較早開始產蛋，其產蛋表現亦較給予白光或綠光者佳，且在鴿子 (pigeon; *Columba*) (Wang *et al.*, 2015) 與鶉鶉 (Japanese quail; *Coturnix japonica*) (Woodard *et al.*, 1969) 也有類似的結果。亦有研究顯示，紅色光照相較於短波長光照可有增加產蛋雞第二產期產蛋表現的效果 (Pyrzak *et al.*, 1987; Reddy *et al.*, 2012)。

表 3. 給予褐色萊鴨不同光源搭配自然光照對其產蛋表現的影響

Table 3. The egg laying rate of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Egg laying rate, % -----		
24 – 28	72 ± 5	66 ± 5	71 ± 4
30 – 34	64 ± 7	61 ± 5	59 ± 4
36 – 40	59 ± 6	54 ± 4	61 ± 7
42 – 46	56 ± 6	54 ± 6	62 ± 8
48 – 52	74 ± 4 ^a	67 ± 5 ^b	75 ± 3 ^a
Means	65 ± 9 ^{a, b}	60 ± 7 ^b	66 ± 8 ^a

Means ± SD.

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

III. 蛋品質

(i) 蛋重：於 42 至 46 週齡時，白色 LED 光照 (63.9 ± 2.3 g)、紅色 LED 光照 (63.8 ± 1.6 g) 兩處理組鴨隻所產蛋之蛋重顯著高於螢光燈管組鴨隻所產者 (62.6 ± 2.2 g)。於試驗其他階段、試驗全期之比較皆未具有顯著差異 (表 4)。

表 4. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其蛋重的影響

Table 4. The egg weight of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Egg weight, g -----		
24 – 28	59.9 ± 2.2	59.5 ± 2.9	60.1 ± 2.9
30 – 34	61.5 ± 2.1	61.5 ± 2.3	61.8 ± 1.9
36 – 40	61.8 ± 2.0	62.6 ± 2.2	62.3 ± 2.2
42 – 46	62.6 ± 2.2 ^b	63.9 ± 2.3 ^a	63.8 ± 1.6 ^a
48 – 52	64.0 ± 2.1	64.1 ± 2.6	64.3 ± 2.4
Means	62.0 ± 2.5	62.3 ± 3.0	62.5 ± 2.7

Means ± SD.

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

- (ii) 蛋殼強度：紅色 LED 光照組所產蛋之蛋殼強度於 24 至 28、36 至 40 週齡皆顯著高於螢光燈管組，另白色 LED 光照組於 42 至 46 週齡所產蛋之蛋殼強度顯著高於螢光燈管組。統整比較試驗全期各組所產蛋之蛋殼強度發現，白色 ($5.42 \pm 0.53 \text{ kg/cm}^2$) 與紅色 ($5.53 \pm 0.47 \text{ kg/cm}^2$) LED 光照組所產蛋之蛋殼強度皆顯著高於螢光燈管組 ($5.28 \pm 0.50 \text{ kg/cm}^2$)。

表 5. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其蛋殼強度的影響

Table 5. The eggshell strength of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Egg shell breaking strength, kg/cm^2 -----		
24 – 28	5.32 ± 0.49 ^b	5.42 ± 0.53 ^{a, b}	5.60 ± 0.34 ^a
30 – 34	5.66 ± 0.53	5.73 ± 0.48	5.84 ± 0.40
36 – 40	5.21 ± 0.50 ^b	5.32 ± 0.60 ^{a, b}	5.57 ± 0.51 ^a
42 – 46	5.08 ± 0.40 ^b	5.48 ± 0.51 ^a	5.34 ± 0.51 ^{a, b}
48 – 52	5.15 ± 0.39	5.15 ± 0.33	5.31 ± 0.38
Means	5.28 ± 0.50 ^b	5.42 ± 0.53 ^a	5.53 ± 0.47 ^a

Means ± SD.

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

- (iii) 蛋殼厚度：白色 LED 光照組所產蛋之蛋殼厚度在 36 至 40 週齡時顯著高於螢光燈管組所產蛋，紅色 LED 光照組則與另兩處理組無顯著差異。統整試驗全期資料則顯示，紅色 LED 光照組所產蛋之蛋殼厚度，顯著高於螢光燈管組所產蛋，而白色 LED 光照組則介於另外兩處理組間 (表 6)。

表 6. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其蛋殼厚度的影響

Table 6. The eggshell thickness of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Egg shell thickness, mm -----		
24 – 28	0.402 ± 0.014	0.403 ± 0.013	0.404 ± 0.013
30 – 34	0.411 ± 0.014	0.414 ± 0.011	0.418 ± 0.013
36 – 40	0.400 ± 0.013 ^b	0.408 ± 0.016 ^a	0.407 ± 0.011 ^{a, b}
42 – 46	0.396 ± 0.008	0.400 ± 0.009	0.400 ± 0.009
48 – 52	0.400 ± 0.005	0.400 ± 0.004	0.401 ± 0.005
Means	0.402 ± 0.012 ^b	0.404 ± 0.012 ^{a, b}	0.406 ± 0.012 ^a

Means ± SD.

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

(iv) 豪氏單位：結果顯示 24 至 52 週齡及試驗全期資料於組間皆未具顯著差異 (表 7)。

表 7. 給予褐色萊鴨不同光源搭配自然光照對其豪氏單位的影響

Table 7. The egg Haugh unit of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Weeks of age	Fluorescent tube	White LED	Red LED
	----- Haugh unit -----		
24 – 28	94 ± 8	93 ± 9	94 ± 8
30 – 34	86 ± 10	85 ± 13	87 ± 14
36 – 40	86 ± 10	85 ± 11	88 ± 12
42 – 46	89 ± 9	88 ± 10	90 ± 11
48 – 52	89 ± 9	86 ± 10	87 ± 10
Means	89 ± 9	88 ± 11	89 ± 11

Means ± SD.

過去針對蛋品質的研究中，Er *et al.* (2007) 比較白熾燈、藍、紅、綠 LED 光照對蛋雞的影響，結果顯示綠光組之蛋殼強度與蛋殼厚度皆顯著高於白熾燈與藍光組，而紅光組的表現皆介於兩者之間；Gongruttanun (2011) 的研究為太陽光額外補充螢光燈、紅光與無太陽光僅給予紅光等三種處理對泰國土雞的影響，結果顯示三組的蛋重、蛋白高度、蛋殼厚度皆無顯著差異；Min *et al.* (2012) 比較白色、紅色、藍色 LED 光照與白熾燈對蛋雞所產蛋的影響，結果顯示各組在蛋殼強度無顯著差異，而給予紅光組的蛋殼厚度顯著高於藍光與白熾燈組；Borille *et al.* (2013) 給予產蛋雞 LED 藍、黃、綠、紅、白與白熾燈共 6 種不同顏色光照處理，結果顯示各組所產蛋之蛋重、蛋白高度、豪氏單位皆無顯著差異；Hassan *et al.* (2013) 使用 LED 紅、綠、藍、白、紅搭配綠、紅搭配綠與藍共 6 種不同顏色光照處理，結果顯示各組雞隻所產蛋在蛋白高度、豪氏單位、蛋殼強度皆無顯著差異。針對不同顏色光照對蛋品質影響的結果，整理上述文獻可得知，以目前的研究尚未得到肯定的結論，如 Min *et al.* (2012) 認為其研究與過去研究結果不同的可能原因為不同研究光源的不同以及測定週齡的差異所導致；Borille *et al.* (2013) 結論歸納 LED 顏色對蛋品質的影響需要更多研究確認；直到 2020 年，England and Ruhnke(2020) 整理歸納過去光照顏色對蛋品質影響的文獻發表，亦認為目前還無法清楚定下光波長 (顏色) 對蛋品質影響的結論。本試驗的結果整體而言，在豪氏單位與蛋重無顯著差異，在蛋殼強度部分白色與紅色 LED 光照組顯著較螢光燈管組佳，蛋殼厚度部分紅色 LED 光照組顯著較螢光燈管組佳，在蛋殼強度與蛋殼厚度部分的結果，應該是受到螢光燈管與白色 LED 光照不同波長分布所導致，而綜整各項結果顯示，紅色光照對於褐色萊鴨蛋品質的影響仍屬正面。

IV. 動物行為

螢光燈管組與白色 LED 光照組 ($P = 0.0011$) 及紅色 LED 光照組 ($P = 0.0070$) 之間的行為模式有顯著差異，而在白色 LED 光照組與紅色 LED 光照組間則未觀察到兩組間試驗鴨隻之行為模式有差異存在 (表 8)。因各文獻所用白色光照波長組成具差異，但在本試驗中可見紅色 LED 光照組鴨隻表現活動行為的頻率，較螢光燈管組高，表示鴨隻接受不同顏色光照後的行為模式可能與雞隻的研究結果類似 (Prayitno *et al.*, 1997; Huber-Eicher *et al.*, 2013; Sultana *et al.*, 2013)。

VI. 血液性狀

鴨隻血液中動情素濃度於 31 週齡時紅色 LED 光照組 (452 ± 92 pg/mL) 與白色 LED 光照組 (422 ± 85 pg/mL) 鴨隻血液中動情素濃度皆顯著高於螢光燈管組 (327 ± 156 pg/mL)。另統整觀察試驗全期之血液動情素濃度亦以紅色 LED 光照組最高 (453 ± 23 pg/mL)、白色 LED 光照組次之 (430 ± 22 pg/mL) 並以螢光燈管組最低 (389 ± 39 pg/mL) (表 9)。然血中助孕素濃度部分，試驗全期於組間皆未具顯著差異。從 Hassan *et al.* (2013) 的研究得知產蛋雞血液中動情素濃度以紅色 LED 光照組顯著高於藍色 LED 光照組，但與 LED 白色光照無差異，與本試驗結果類似。動情素與家禽多種繁殖功能相關，如蛋殼的形成 (Etches, 1987)、促進輸卵管發育與蛋白分泌 (Palmiter, 1972)、蛋黃前驅物的合成 (Deeley *et al.*, 1975) 等，顯示禽類血液中動情素濃度應與產蛋表現存有相當程度的關聯性。

表 8. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其行為表現的影響

Table 8. The results of brown Tsaiya ducks behavior pattern reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

Original behavior (%)	Fluorescent tube	White LED	Red LED
Feeding	8.8	8.0	8.6
Drinking	14.4	13.9	12.4
Preening	22.5	28.3	27.1
Frolicking	11.2	12.1	10.8
Standing	21.7	18.8	20.3
Crouching	7.8	5.3	4.6
Sleeping	8.4	9.6	10.4
Wagging	5.0	3.9	5.7
Main behavior category			
Feeding	23.2	22.0	21.0
Activities	38.8	44.3	43.6
Resting	38.1	33.8	35.4
Probability of ChiSq		0.0025	
Analysis of Contrast			
Sunlight with fluorescent vs Sunlight with white LED		0.0011	
Sunlight with fluorescent vs Sunlight with red LED		0.0070	
Sunlight with white LED vs Sunlight with red LED		0.5064	

表 9. 給予褐色菜鴨不同光源搭配自然光照對其血中動情素及助孕素濃度的影響

Table 9. The blood estradiol and progesterone levels of brown Tsaiya ducks reared under natural sunlight supplemented with different artificial illumination

	Fluorescent tube	White LED	Red LED
----- 25 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	394 ± 102	440 ± 90	468 ± 101
Progesterone (ng/mL)	0.29 ± 0.13	0.41 ± 0.26	0.32 ± 0.22
----- 31 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	327 ± 156 ^b	422 ± 85 ^a	459 ± 92 ^a
Progesterone (ng/mL)	1.04 ± 0.45	0.32 ± 0.15	0.41 ± 0.15
----- 37 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	399 ± 98	403 ± 96	417 ± 120
Progesterone (ng/mL)	0.29 ± 0.16	0.41 ± 0.57	0.35 ± 0.15
----- 43 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	389 ± 97	423 ± 80	445 ± 120
Progesterone (ng/mL)	0.20 ± 0.09	0.31 ± 0.28	0.27 ± 0.12
----- 49 Weeks of age -----			
Estradiol (pg/mL)	436 ± 76	463 ± 103	476 ± 95
Progesterone (ng/mL)	0.32 ± 0.12	0.32 ± 0.16	0.34 ± 0.14
----- Means -----			
Estradiol (pg/mL)	389 ± 39 ^b	430 ± 22 ^{a, b}	453 ± 23 ^a
Progesterone (ng/mL)	0.43 ± 0.35	0.35 ± 0.05	0.33 ± 0.05

Means ± SD.

^{a, b} Means in the same row without a common superscript differ significantly (P < 0.05).

結 論

由本試驗結果可得知，在提供褐色菜鴨接觸自然光照的同時，以紅色 LED 光照取代傳統螢光燈管作為人工補充光照的來源，確實可增進鴨隻的產蛋率及蛋品質。因此，當未來能源價格逐漸提高且 LED 光照硬體購置成本下降後，紅色 LED 光照可作為飼養者優先考量的鴨舍室內人工光源選項。

參考文獻

- 李舜榮。1989。褐色菜鴨籠飼行為與產蛋性能之關係。國立中興大學畜牧研究所，碩士論文，臺中。
- 林誠一、黃振芳、胡怡浩、林榮新、陳明源、李舜榮。2006。水簾式與傳統式鴨舍對熱季菜鴨產蛋性能之影響。畜產研究 39：175-182。
- 林榮新、黃振芳、林育安、胡怡浩、詹士賢、陳添福、李舜榮。2007。育成期飼糧蛋白質與代謝能含量對褐色菜鴨產蛋性能之影響。畜產研究 40：231-239。
- 蘇晉暉、林榮新、李文棋、李舜榮、黃振芳。2016。環境溫度對褐色菜鴨生產性能之影響。畜產研究 49：215-221。
- 蘇晉暉、林育安、曾再富、鄭智翔、黃振芳、劉秀洲、林榮新。2017。不同飼養環境對褐色菜鴨產蛋性能及床蛋率之影響。畜產研究 50：15-21。
- Baxter, M., N. Joseph, V. R. Osborne, and G. Y. Bédécarrats. 2014. Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poult. Sci.* 93: 1289-1297.
- Borille, R., R. G. Garcia, A. F. B. Royer, M. R. Santana, S. Colet, I. A. Naas, F. R. Caldara, I. C. L. Almeida Paz, E. S. Rosa, and V. A. R. Castiho. 2013. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. *Braz. J. Poult. Sci.* 15: 135-140.
- Deeley, R. G., D. P. Mullinix, W. Wetekam, H. M. Kronenberg, M. Meyers, J. D. Eldridge, and R. F. Goldberger. 1975. Vitellogenin synthesis in the avian liver. Vitellogenin is the precursor of the egg yolk phosphoproteins. *J. Biol. Chem.* 250: 9060-9066.
- England, A. and I. Ruhnke. 2020. The influence of light of different wavelengths on laying hen production and egg quality. *World's Poult. Sci. J.* 76: 443-458.
- Er, D., Z. Wang, J. Cao, and Y. Chen. 2007. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 605-612.
- Etches, R. J. 1987. Calcium logistics in the laying hen. *J. Nutr.* 117: 619-628.
- Gongruttananun, N. 2011. Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poult. Sci.* 90: 2855-2863.
- Gongruttananun, N. and P. Guntapa. 2012. Effects of red light illumination on productivity, fertility, hatchability and energy efficiency of Thai indigenous hens. *J. Kasetsart* 46: 51-63.
- Hassan, M. R., S. Sultana, H. S. Choe, and K. S. Ryu. 2013. Effect of monochromatic and combined light color on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. *Ital. J. Anim. Sci.* 12: 364-369.
- Huber-Eicher, B., A. Suter, and P. Spring-Stahli. 2013. Effects of coloured light-emitting diode illumination on behavior and performance of laying hens. *Poult. Sci.* 92: 869-873.
- Min, J. K., Md. S. Hossan, A. Nazma, C. N. Jae, T. B. Han, K. K. Hwan, W. K. Dong, S. C. Hyun, C. C. Hee, and S. S. Ok. 2012. Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens. *Avian Biol. Res.* 5: 69-74.
- Palmiter, R. D. 1972. Regulation of protein synthesis in chick oviduct. I. Independent regulation of ovalbumin, conalbumin, ovomucoid, and lysozyme induction. *J. Biol. Chem.* 247: 6450-6461.
- Parvin, R., M. Mushtaq, M. Kim, and H. Choi. 2014. Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for immunity and meat quality of poultry. *World's Poult. Sci. J.* 70: 557-562.
- Prayitno, D. S., C. J. C. Phillips, and H. Omed. 1997. The effects of color of lighting on the behavior and production of meat chickens. *Poult. Sci.* 76: 452-457.

- Pyrzak, R., N. Snapir, G. Goodman, and M. Perek. 1987. The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. *Theriogenology* 28: 947-960.
- Reddy, I. J., C. G. David, S. Selvaraju, S. Mondal, and G. R. Kiran. 2012. GnRH-1 mRNA, LH surges, steroid hormones, egg production, and intersequence pause days alter in birds exposed to longer wavelength of light in the later stages of production in *Gallus gallus domesticus*. *Trop. Anim. Health Prod.* 44: 1311-1317.
- Wang, Y., J. T. Ding, H. M. Yang, W. Cao, Y. B. Li, and W. E. T. Al. 2015. The effect of new monochromatic light regimes on egg production and expression of the circadian gene BMAL 1 in pigeons. *Poult. Sci.* 94: 836-840.
- Woodard, A. E., J. A. Moore, and W. O. Wilson. 1969. Effect of wavelength of light on growth and reproduction in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Poult. Sci.* 48: 118-123.

Effects of natural light supplemented with different artificial lights on the egg laying performance, egg quality, animal behavior, and reproductive hormones in brown Tsaiya ducks ⁽¹⁾

Ya-Ling Lin ⁽²⁾ Jung-Hsin Lin ⁽²⁾ Chih-Hsiang Cheng ⁽²⁾ and Chin-Hui Su ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Mar. 17, 2023; Accepted: Jul. 5, 2023

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of natural light supplemented with different artificial lights on the egg laying performance, egg quality, animal behavior, and reproductive hormones in brown Tsaiya ducks. The 144 brown Tsaiya ducks at 19 weeks of age bred from Eastern Region Branch were randomly allocated into three independent non-opened duck houses. The size of each independent non-opened duck house was 570 × 330 × 235 cm (depth × width × height). Each house included four rows of individual cages with 12 pens in each row, and they could accommodate a total of 48 brown Tsaiya ducks. Here, we designed 3 different treatments: (1) natural light with white fluorescent tube light, (2) natural light with white LED light, and (3) natural light with red LED light. The ducks in all treatments were exposed to 16 hours of light including 185 lux artificial light daily until 52 weeks of age. From 24 weeks of age, daily egg production was recorded, and feed intake, egg laying performance, egg quality, and animal behavior were measured twice a week. The concentration of estradiol and progesterone in plasma were also monitored at 25, 31, 37, 42, and 48 weeks of age. The results revealed that the group exposed to red LED light showed the highest feed intake, egg laying performance, eggshell strength, and estradiol level. However, the egg weight, egg Haugh unit, and progesterone level showed no significant differences. The results indicated that red LED light could enhance effects on the egg laying performance and egg quality, suggesting an alternative illumination option for a non-opened duck house.

Key words: Brown Tsaiya duck, Egg laying performance, Light emitting diode (LED).

(1) Contribution No. 2757 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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

太陽光電場域對混植短莖型牧草生產之可行性評估⁽¹⁾

劉建甫⁽²⁾ 陳嘉昇⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：111 年 7 月 13 日；接受日期：112 年 7 月 20 日

摘 要

本試驗以模擬架設之太陽光電板 (solar photovoltaic panels) 方式進行盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.)—苜蓿 (*Medicago sativa*)、燕麥 (*Avena sativa*)—苜蓿兩種混植組合栽培試驗，以了解於現行地面型太陽光電場域下進行芻料作物栽培之可行性。試驗結果顯示，盤固草—苜蓿混植組合於無遮蔭區域 (對照) 二次刈割的產量為 8.7 mt DM/ha、鄰近光電板的半遮蔭區域產量為 8.5 mt DM/ha，二處理的單位面積產量並無差異，且盤固草與苜蓿比例於兩次收穫亦無明顯變化；但全遮蔭狀態下 (光電板下)，盤固草隨收穫次數增加有減產的趨勢，苜蓿則幾乎無法生長。燕麥—苜蓿混植組合中，燕麥於無遮蔭區生長良好達到 7.2 mt DM/ha，鄰近光電板的半遮蔭區亦達 4.8 mt DM/ha，且呈現隨遮蔭程度增加產量遞減的趨勢。於本項混植組合中，燕麥初期生長勢較強而影響苜蓿生長。綜合產量預估，於 40% 遮蔽率的光電場環境下，盤固草—苜蓿組合產量可達一般無遮蔽露地栽培的 78%，燕麥—苜蓿組合產量亦可達 60%。此外，光電板遮蔭下的牧草品質與對照間無顯著差異。由本試驗初步結果顯示，設置 40% 的光電場域可以考慮同時進行牧草栽培，可在低投入的情況下生產牧草，牧草除可供草食動物利用外，即使不以生產為目的，尚可減少地面裸露，亦具水土維護之效。

關鍵詞：光電場、盤固草、燕麥、苜蓿。

緒 言

現行的太陽光電場域，除了光電設備的維護外，清洗光電板及光電場域空間的管理如定期除草避免植物攀附光電板造成發電效率下降亦是重點工作，也需要額外支出經營成本。實際上，太陽光電板均以支架支撐設置，雖遮蔽了大面積的陽光，但其基礎結構占用土地面積不到 5%，地面大多仍能維持土壤型態，仍具農業生產潛力 (蔡等, 2019)。因此如能將這種日常管理手段改以農牧經營的方式取代，如利用放牧家畜禽啃食清除雜草，或直接利用光電板下空間進行低管理強度的農業生產，或可於節省維護成本外增加農產收益，並符合法規要求，增進土地的多元利用價值。我國為能源進口國，受全球能源貿易及氣候變遷協議的影響極大，因此近年政府大力推動能源轉型，經濟部訂定 2025 年再生能源發電占比 20% 政策目標。現正積極推動太陽光電及風力發電，預計 2025 年太陽光電裝置容量達 20 GW (中華民國經濟部)，勢必需要大量的土地，亦可能造成開發過程的衝突，因此增進光電用地的多元利用或為解方之一 (Dupraz, *et al.*, 2011; 蔡等, 2019)。Weselek *et al.* (2019) 的回顧研究則表示光電板大小、排列角度與模式等都會影響其間植物的生長，但除此之外，光電板遮蔭降低土壤的蒸發散量有利於旱地的生產，遮蔭環境亦可能適合耐蔭性作物的生產，顯示光電板與作物生產間的關係不一定完全是負向的。

惟利用光電設施場域並行農業生產，其影響相當複雜，因光電模組必定與農作物競爭陽光，最直接的便是遮蔭，造成平均日照量減少，影響作物光合作用進行 (Armstrong *et al.*, 2016)，除日輻射量受影響外，光照的品質或特性也會因不同的遮蔭條件而不同 (Varella *et al.*, 2011)。其次，遮蔭造成太陽輻射無法直射地面，加上光電模組的覆蓋，使得光電模組下方土壤溫度及氣溫無論是短期的日夜變化，至長期的季節性變化，均與一般露地環境大不相同 (Marrou *et al.*, 2013)。光電模組除了遮蔽光線亦能攔截雨水，雨水集中於光電板周邊傾瀉，直接沖刷土壤，導致光電模組內外土壤濕度的差異。光電設施結構物阻礙空氣流動降低區域的風速，亦影響小區域蒸發散作用 (Weselek *et al.*, 2019)。各項微氣候變化影響植物生長，植生多樣性降低、土地覆蓋率下降，總生物量也顯著降低。植物相的改

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2758 號。

(2) 農業部畜產試驗所南區分所。

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

變進一步影響土壤微生物相，進而影響溫室氣體排放、碳循環等各項指標。光電設施結構亦干擾現代化農業機械的運作，導致作業困難或效率降低。

因應目前全球對綠色能源與農業生產的需求，如何有效利用太陽光電系統下的土地，以獲取最大土地效益並維持生產，各地均有許多相關研究，其中關於芻料作物生產的研究已有部分成果。Armstrong *et al.* (2016) 於英國一個新建立的太陽光電場 (遮光率 33%) 以人工混合野花種子進行放牧草地建立及週年的環境數據收集，結果顯示太陽光電板下不僅日射量大幅降低 (減少 90%)，包含溫度、濕度、雨水分布等微氣候條件亦與露地環境截然不同，進而使得光電板下總生物量僅為露地環境的 1/4，且土壤覆蓋率較低、植物種類亦較少。Nam *et al.* (2021) 在韓國的研究測試了數種芻料作物於農電系統 (遮光率 34%) 下的生長情形，結果顯示作為冬季牧草的義大利黑麥草 (Italian ryegrass, *Lolium multiflorum*) 與大麥 (barley, *Hordeum vulgare*) 的乾物產量與露地栽培幾無差異或略低，而作為夏季牧草的玉米 (*Zea mays*) 減產了 17% (2019 年) 及 7.9% (2020 年)、高粱 (*Sorghum bicolor*) 與蘇丹草 (*Sorghum sudanense*) 的雜交品系 sx-17 則減產了 17.5% (2019 年) 及 11.4% (2020 年)；Jo *et al.* (2022) 亦報告於遮光率 30% 的農電系統中，黑麥 (rye, *Secale cereale*) 產量及品質與露地栽培無顯著差異，玉米與大豆 (*Glycine max*) 混植系統中，玉米產量與露地栽培亦無顯著差異，而大豆則略有減少。這些研究顯示不同作物對光電板遮蔭存在不同反應，其中溫帶型作物可能較適應光電板下的遮蔭環境，且年度之間的反應亦可能不一致。由於農電系統對芻料作物或草地生產影響的相關研究仍是少數，因此混農林業 (agroforestry) 研究或人工遮蔭試驗亦有一定參考價值。Ehret *et al.* (2015) 以遮光布及木條結構模擬林間遮蔭環境，進行黑麥草 (*Lolium perenne*) 及白花三葉草 (*Trifolium repens*) 混植草地栽培，結果顯示重度遮蔭 (遮光率 80%) 雖會使產草量大幅減少 (減產 70%)，惟遮光率 30% 及 50% 狀態下，草地依然能維持與無遮光環境相近的生產力；重度遮蔭環境下，白花三葉草比例於隔年大幅下降，同時雜草比例大幅增加，顯示不同作物對遮蔭程度耐受性亦有不同。

然而不同地區、不同緯度及不同氣候條件下，日照條件差異甚大，各國太陽光電設置之型態不盡相同，對生態環境及農業生產的影響亦不相同。國內政策雖極力推動太陽光電設置，但相關研究卻仍在起步階段，亟需建立本土研究資料以作為農電系統推動時的參考。本次研究以模擬架設太陽光電模組，進行芻料作物栽培試驗，觀察其對混植短莖型牧草生產之影響，並以其結果進行法規架設上限 (40% 遮蔽率) 的牧草產量推估，以為未來應用參考。

材料與方法

試驗場址位於農業部畜產試驗所南區分所 (21° 56'41"N 120° 48'12"E)，為長年栽培盤固草地。該地屬熱帶氣候區，試驗期間自 2020 年 1 月起至 6 月止，月平均氣溫自 1 月份的 19.5°C 逐步上升至 6 月份的 27.3°C；該地區冬季為明顯乾季，主要降雨時間分布於每年 5 月至 10 月間；每年冬季另有因地形造成的落山風，試驗期間瞬間最大陣風可達 15 m/s。試驗期間每月平均日照時數為 205 小時，平均全天空日射量為 581 MJ/m² (交通部中央氣象局墾丁測站觀測資料)。

本試驗設置模擬光電模組 2 組，每個光電模組單元長 18 公尺、寬 8 公尺，架設高度 3 公尺 (最低點)，傾斜面向正南偏東 (方位角 150)，傾斜角分別為 8 及 9.5，2 組光電模組平行排列，間距為 12 公尺，單組光電模組的占地比例為 40% ($18 \times 8 / 18 \times (12 + 8) = 40\%$) (圖 1)。

參試材料為盤固草 (*Digitaria decumbens*, A254)、燕麥 (*Avena sativa*, 臺大選 1 號)、苜蓿 (*Medicago sativa*)。2020 年 1 月 6 日翻耕部分試區，以真空播種機新植燕麥、苜蓿混植試區 (行距 30 cm)。其餘試區既有盤固草地刈割後，另以真空播種機混植苜蓿 (行距 30 cm) (圖 1)。

試驗於 2020 年 4 月 11 日 (種植後第 96 天) 進行盤固草—苜蓿混植組合的第一次刈割調查，2020 年 4 月 16 日 (種植後第 101 天) 進行燕麥—苜蓿混植組合的刈割調查，調查完畢後即將混植草地全面刈割收穫；2020 年 6 月 15 日 (第一次刈割後 65 天) 進行盤固草—苜蓿混植組合再生後的第二次刈割調查。調查區域劃分 (圖 2) 為遮蔭 (光電板正下方投影區域 C、G)、半遮蔭 (緊鄰光電板，於日照斜射時間歇產生遮蔭區域 B、D、F、H) 及無遮蔭 (日照狀況幾乎不受光電板陰影影響 A、E、I) 三類型。刈割收穫後的草樣進行人工揀選分類 (主作物與其他雜草)、烘乾秤重估算單位面積乾物產量，並進行化學成分分析。

前述各試驗材料烘乾後磨粉取樣進行化學成分分析，分析方法如下：粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量依照 AOAC (1984) 之方法測定；酸洗纖維 (acid-detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral-detergent fiber, NDF) 則依照 van Soest *et al.* (1991) 之方法測定，每一樣品重複二次。

另為量測試驗區內不同區塊的實際日照差異，同時於調查區 A、C、E、G、I 各放置一組環境數值紀錄器 (型

號：HOBO Pendant® MX Temperature/Light Data Logger)，紀錄期間為 2020 年 3 月 7 日至 6 月 20 日，每 10 分鐘紀錄一筆日照資料。

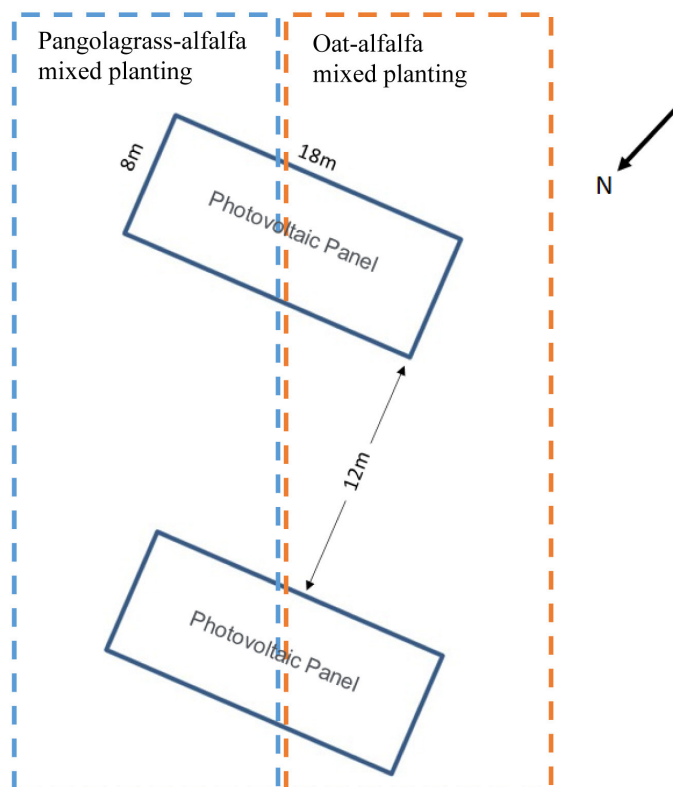


圖 1. 盤固草—苜蓿混植與燕麥—苜蓿混植試區圖。

Fig.1. Trial of pangolagrass-alfalfa and oat-alfalfa mixed planting.

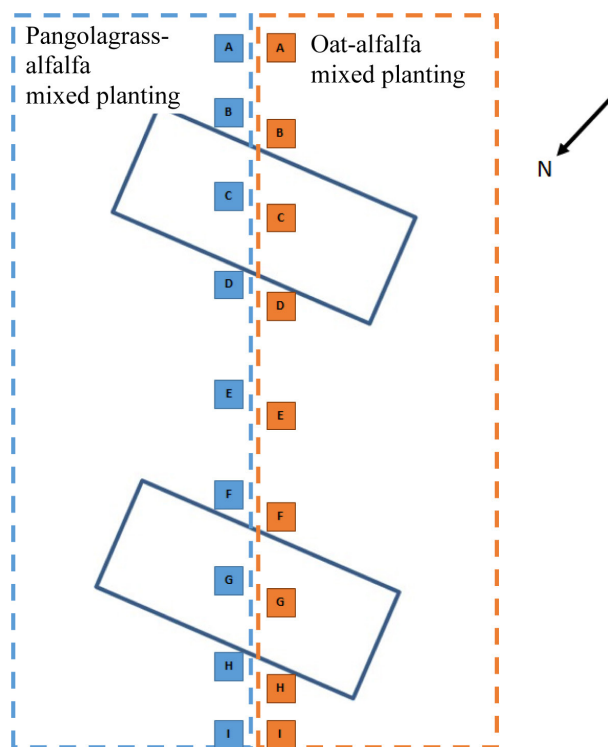


圖 2. 刈割調查位置。

A、E、I：無遮蔭區域，B、D、F、H：半遮蔭區域，C、G：全遮蔭區域。

Fig. 2. Mowing sites of the experiment.

A, E, I: unshaded areas; B, D, F, H: semi-shaded areas; C, G: fully shaded areas.

將不同混植模式各收穫期之調查資料分別以 SAS 軟體 (SAS, 2002) GLM Procedure 進行單因子變方分析，主效應為不同遮蔭程度，當特性調查結果達顯著差異時再以鄧肯氏法 (Duncan's test) 測驗處理間的差異顯著性。本試驗差異顯著水準為 $P < 0.05$ 。

結果與討論

I. 光電場中不同區域日照量比較

設置於 A、E、I 無遮蔭區域的照度紀錄器，其平均照度值分別為 20,716 lux、20,770 lux 及 20,471 lux，設置於光電板下方全遮蔭區域 C、G 的照度紀錄器，其平均照度值分別為 3,089 lux 及 2,904 lux。實測資料顯示全遮蔭區域的平均照度值僅為無遮蔭區域的 15%，表示本試驗設置的模擬光電板的遮蔭效應明顯。

II. 乾物產量比較

(i) 盤固草—苜蓿混植

盤固草—苜蓿混植草地的第一次收穫，無遮蔭區域盤固草產量達 2.5 mt DM/ha，半遮蔭區為 2.8 mt DM/ha，光電板下全遮蔭區則為 2.6 mt DM/ha，三者產量上並無顯著差異。無遮蔭區域苜蓿產量為 1.9 mt DM/ha，半遮蔭區為 1.7 mt DM/ha，兩者間無顯著差異，然光電板下苜蓿產量僅為 0.1 mt DM/ha，幾乎完全消失。無遮蔭區域的雜草占總收穫量 6.7% 較多，半遮蔭及光電板下的雜草占比分別為 1.0% 及 0.2%。

盤固草—苜蓿混植草地的第二次收穫，無遮蔭區域盤固草產量為 2.3 mt DM/ha，半遮蔭區為 2.2 mt DM/ha，產量上並無顯著差異；無遮蔭區域及半遮蔭區苜蓿再生狀況良好，前者苜蓿產量為 1.6 mt DM/ha，後者為 1.8 mt DM/ha，亦無顯著差異。無遮蔭與半遮蔭區域整體呈現與前次收穫相近的結果。然光電板下全遮蔭區域除苜蓿生長不良 (0.2 mt DM/ha) 外，盤固草產量也顯著下降 (1.2 mt DM/ha)。

綜合兩次收穫結果，無遮蔭及半遮蔭區域無論是盤固草或苜蓿，幾乎呈現相同的產量；而全遮蔭區的盤固草在第二次收穫時產量下降，苜蓿則均生長不佳，相較於無遮蔭及半遮蔭區域均呈現顯著差異，其總乾草產量僅為無遮蔭區域的 47% (表 1)。

表 1. 盤固草—苜蓿混植組合在不同遮蔭區域下的產量比較

Table 1. Yield comparison of the of pangolagrass-alfalfa mixed planting in areas under different shade-level

Shade-level	Pangolagrass	Alfalfa	Others	Total
----- mt DM/ha -----				
First harvest				
Control*	2.5 ± 0.4 ^a	1.9 ± 0.1 ^a	0.3 ± 0.3 ^a	4.7 ± 0.1 ^a
Semi-shaded	2.8 ± 0.5 ^a	1.7 ± 0.6 ^a	0.1 ± 0.1 ^b	4.5 ± 0.5 ^a
Shaded	2.6 ± 0.6 ^a	0.1 ± 0.1 ^b	0.0 ± 0.0 ^b	2.7 ± 0.5 ^b
Second harvest				
Control	2.3 ± 0.4 ^a	1.6 ± 0.8 ^a	0.1 ± 0.1 ^a	4.1 ± 0.8 ^a
Semi-shaded	2.2 ± 0.5 ^a	1.8 ± 0.5 ^a	0.0 ± 0.0 ^b	4.0 ± 0.6 ^a
Shaded	1.2 ± 0.2 ^b	0.2 ± 0.2 ^b	0.0 ± 0.0 ^{ab}	1.4 ± 0.1 ^b
Total				
Control	4.8 ± 0.5 ^a	3.5 ± 0.9 ^a	0.4 ± 0.3 ^a	8.7 ± 0.9 ^a
Semi-shaded	4.9 ± 0.7 ^a	3.5 ± 0.9 ^a	0.0 ± 0.1 ^b	8.5 ± 0.7 ^a
Shaded	3.8 ± 0.6 ^b	0.3 ± 0.3 ^b	0.0 ± 0.0 ^b	4.1 ± 0.6 ^b

* Control: no shading areas A, E and I, Semi-shaded: areas B, D, F and H next to the photovoltaic panel, Shaded: areas C and G under the photovoltaic panel.

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

盤固草—苜蓿混植組合，無遮蔭與半遮蔭條件下，於兩次收穫的草種分布比例均相近，惟無遮蔭環境下雜草較多的情形於第二次收穫時有所改善（雜草比例由 6.7% 下降至 1.8%，圖 3），推測是由於氣溫日漸升高，盤固草生長旺盛，加上苜蓿再生建立速度較第一次收穫時是由種子開始生長要快，壓制了田間雜草的生長。第二次收穫時光電板下全遮蔭區的苜蓿比例有提升，應是盤固草產量幾乎減半所致。推測於本試驗啟動時，長年栽培的盤固草地下部仍累積足夠能量及養分，因此於第一次收穫時，全遮蔭區的盤固草仍能勉強維持生長並達到與其他區域相近的產量水準，然到了第二次收穫時，貯藏的養分已無法維持盤固草的地上部再生，故產量明顯銳減。

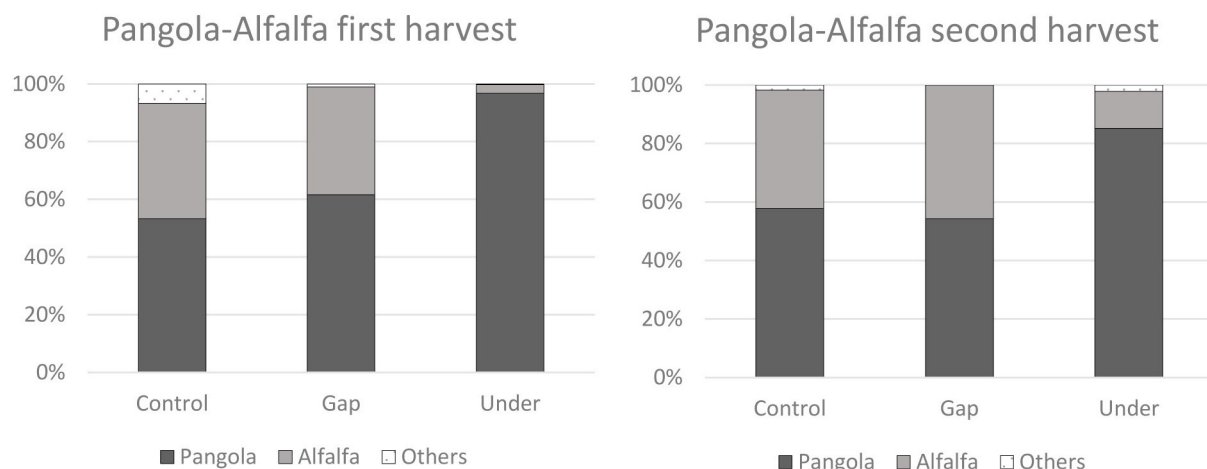


圖 3. 盤固草—苜蓿混植組合在不同遮蔭區域下兩次收穫之草種比例。

Fig. 3. Proportion of species at two harvests of pangolagrass-alfalfa mixed planting in areas under different shade-levels. Control: no shading areas A, E and I, Gap: areas B, D, F and H next to the photovoltaic panel, Under: areas C and G under the photovoltaic panel.

(ii) 燕麥—苜蓿混植

燕麥—苜蓿混植組合，無遮蔭區的燕麥產量相當高，達到 7.2 mt DM/ha，半遮蔭區為 4.8 mt DM/ha，二者統計分析結果無顯著差異，但就數據仍可觀察到燕麥生長受遮蔭程度影響而減產的趨勢。苜蓿則是普遍生長不良，於三種遮蔭程度處理中產量均低落且無顯著差異，推測除光電板遮蔭效應影響外，燕麥萌芽後生長速度較快，相較苜蓿播種後需要較長時間生長並累積能量，受到燕麥的競爭可能是影響苜蓿產量主要因素。本試區種植前已先行耕犁以移除原有的盤固草並新植燕麥，然而雜草比例亦不高（無遮蔭區、半遮蔭區及遮蔭區分別為 4.0%、11.9% 及 0.8%），推測同樣是受到燕麥快速生長佔據資源之影響。光電板下區域無論主作物與其他雜草均生長較對照組為差，苜蓿也幾乎消失，總乾草產量僅為無遮蔭區域的 30%。

表 2. 燕麥—苜蓿混植組合在不同遮蔭區域下的產量比較

Table 2. Yield comparison of oat-alfalfa mixed planting in areas under different shade-level

Shade level	Oat	Alfalfa	Others	Total
----- mt DM/ha -----				
Control*	7.2 ± 3.0 ^a	0.3 ± 0.2 ^a	0.3 ± 0.2 ^a	7.7 ± 3.0 ^a
Semi-shaded	4.8 ± 1.9 ^{ab}	0.5 ± 0.6 ^a	0.7 ± 0.8 ^a	6.1 ± 2.0 ^a
Shaded	2.3 ± 0.7 ^b	0.0 ± 0.0 ^a	0.0 ± 0.0 ^a	2.4 ± 0.7 ^b

* As shown in table 1.

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

III. 乾草營養成分比較

由統計分析結果，無論是盤固草—苜蓿混植（表 3）或燕麥—苜蓿混植（表 4）組合，於有無遮蔭環境下的營養成分均無顯著差異，表示遮蔭僅對產量造成影響，對牧草生產品質影響不顯著。

表 3. 盤固草—苜蓿混植組合於不同遮蔭程度下兩次收穫之成分分析

Table 3. Chemical composition of two harvests of pangolagrass-alfalfa mixed planting under different shade levels

Treatment	CP	NDF	ADF
	%	%	%
1st cut pangola-alfalfa (Control [*])	11.67 ± 1.12 ^a	60.84 ± 8.66 ^a	38.38 ± 2.37 ^a
1st cut pangola-alfalfa (Shaded)	10.42 ± 0.46 ^a	69.81 ± 1.59 ^a	42.45 ± 1.15 ^a
2nd cut pangola-alfalfa (Control)	12.36 ± 2.11 ^a	62.35 ± 2.88 ^a	39.93 ± 2.21 ^a
2nd cut pangola-alfalfa (Shaded)	12.80 ± 1.60 ^a	67.20 ± 4.59 ^a	41.34 ± 0.81 ^a

CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber.

^{*} As shown in table 1.^{a, b} Means in the same column with different superscripts are different significantly ($P < 0.05$).

表 4. 燕麥—苜蓿混植組合於不同遮蔭程度下收穫之成分分析

Table 4. Chemical composition of oat-alfalfa mixed planting under different shade levels

Treatment	CP	NDF	ADF
	%	%	%
Oat-alfalfa (Control [*])	11.59 ± 1.04 ^a	62.07 ± 2.46 ^a	35.38 ± 2.63 ^a
Oat-alfalfa (Shaded)	18.36 ± 2.19 ^a	58.35 ± 1.33 ^a	32.31 ± 3.37 ^a

CP: crude protein, NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber.

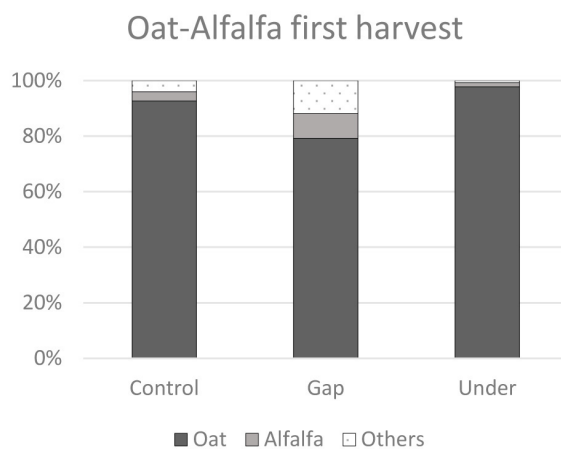
^{*} As shown in table 1.^{a, b} Means in the same column with different superscripts are different significantly ($P < 0.05$).

圖 4. 燕麥—苜蓿混植組合在不同遮蔭區域下收穫之草種比例。

Fig. 4. Proportion of species at harvest of oat-alfalfa mixed planting in areas under different shade-levels. Control, Gap, Under: as shown in figure 3.

IV. 討論

本試驗結果顯示遮蔭對二種混植牧草的生產均有影響，且不同草種與混植草種間的交互反應並不相同。盤固草為 C4 型植物，光飽和點高，但於本次試驗中，盤固草於半遮蔭區域之生長與對照相近，且經歷兩次再生、刈割後仍能維持穩定產量，顯示其對本試驗之間歇遮蔭狀態的耐受性相當良好，然重度遮蔭狀況下，於第二次刈割時即有明顯減產，較前次收穫降低 54%。推測可能與恆春地區的高光照度、現地之牧草生育狀況及遮蔭期間延長對地下積儲的影響有關，未來可再進一步探究。然就本次試驗產量與穩定表現，盤固草於臺灣高屏地區地面型光電場域中仍具芻料作物栽培潛力。苜蓿為 C3 型溫帶型芻料作物，光飽和點較低，但於本次試驗半遮蔭條件下，苜蓿在苜蓿—盤固草混植組合的兩次收穫均獲得穩定的產量，而在全遮蔭狀態下的生長狀況則極差，顯示高強度遮蔭對苜蓿的生長有影響，且可能同時也降低了苜蓿對盤固草的相對競爭能力。在苜蓿—燕麥混植組合中，苜蓿的生長在不遮蔭、半遮蔭及全遮蔭的處理下均不佳，原因可能是受到燕麥的快速萌芽與生長競爭

影響，田間觀察則顯示苜蓿植株仍有存活只是生長較弱。相對於過去的盤固草—苜蓿混植研究(陳等，2011)，本試驗中兩種栽培組合的苜蓿表現稍差，應進一步了解原因，並進行不同遮蔭程度對苜蓿再生的影響研究。而 Varella *et al.* (2011) 的研究則表示，不論是樹木或不同程度的人工遮蔭處理，都會明顯降低苜蓿的產量。燕麥亦屬 C3 型溫帶型芻料作物，本次試驗於半遮蔭及無遮蔭區域之產量雖無統計分析上之顯著差異，然而卻呈現出隨遮蔭程度增加而減產的趨勢，顯示遮蔭仍可能對燕麥生長造成影響。

依「申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法」第 28 條規定，審認通過的營農型光電設施其太陽能板的遮蔽率不得大於 40%，因此，本次試驗中的太陽光電板配置規劃，每一組光電板占地面積為 40%，即光電場中有 40% 地面為直接遮蔭，60% 為無遮蔭或半遮蔭環境(因日照陰影移動)。綜合試驗結果，以實測資料將全遮蔭區域產量加權 40% 加上半遮蔭區域加權 60%，可以推估如本試驗中模擬的 40% 光電板設置條件下的牧草生產狀況(表 5)，由盤固草—苜蓿組合估算光電場全區二次收穫總產量約為 6.7 mt DM/ha，相當於無遮蔭露地栽培的 78%，而燕麥—苜蓿組合估算之產量約為 4.6 mt DM/ha，相當於無遮蔭露地栽培的 60%。表示在設置 40% 光電場域下種植牧草，除光電效益外尚能獲得相較於對照 60% (或以上) 的收穫，且無論盤固草—苜蓿混植、燕麥—苜蓿混植組合，光電板遮蔭對牧草品質的影響都與對照間無顯著差異。

表 5. 盤固草—苜蓿混植與燕麥—苜蓿混植在設置 40% 光電板場域之產量估算

Table 5. Forage yield estimations of pangolagrass-alfalfa mixed planting and oat-alfalfa mixed planting in the field set with 40% photovoltaic panel

Mixed planting	Treatment	Yield	Percentage
		mt DM/ha	%
Pangolagrass-alfalfa	Control	8.7 ± 0.9	100
	40% photovoltaic panel	6.7 ± 0.6	78
Oat-alfalfa	Control	7.7 ± 3.0	100
	40% photovoltaic panel	4.6 ± 1.7	60

由本試驗初步結果顯示，設置 40% 的光電場域可以考慮同時進行牧草栽培，可在低投入的情況下生產牧草，牧草除可供草食動物利用外，即使不以生產為目的，尚可減少地面裸露，亦具水土維護之效。

參考文獻

- 中華民國經濟部。推動能源轉型「展綠、增氣、減煤、非核」。https://www.moea.gov.tw/MNS/populace/Policy/Policy.aspx?menu_id=32800&policy_id=9。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2011。低肥料投入的有機芻料生產研究—指草屬(*Digitaria*)牧草與苜蓿(*Medicago sativa*)混植。畜產研究 44: 37-50。
- 蔡耀賢、洪百陞、向為民。2019。不利農業經營之農地發展太陽能光電廠對環境影響初探。農業試驗所技術服務季刊 120 期: 16-19。
- A. O. A. C. 1984. Official methods of analysis. 14th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Washington DC.
- Armstrong, A., N. Ostle, and J. Whitaker. 2016. Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. Environ. Res. Lett. 11.
- Dupraz, C., H. Marrou, G. Talbot, L. Dufour, A. Nogier, and Y. Ferard. 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimizing land use: Towards new agrivoltaic schemes. Renew. Energ. 36: 2725-2732.
- Ehret, M., R. Graß, and M. Wachendorf. 2015. The effect of shade and shade material on white clover/perennial ryegrass mixtures for temperate agroforestry systems. Agrofor. Syst. 89: 557-570.
- Jo, H., S. Asekova, M. A. Bayat, L. Ali, J. T. Song, Y. S. Ha, D. H. Hong, and J. D. Lee. 2022. Comparison of yield and yield components of several crops grown under agro-photovoltaic system in Korea. Agriculture 12 (5): 619.
- Marroua, H., L. Guilioni, L. Dufour, C. Dupraz, and J. Wery. 2013. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? Agric. For. Meteorol. 177: 117-132.
- Nam, C. H., M. H. Park, A. A. Yun, H. J. Ji, and S. S. Sun. 2021. Study on forage production under agrivoltaic system. J.

- Kor. Grassl. Forage. Sci. 41 (1): 1-9.
- SAS. 2002. SAS version 9.00. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. N. C. USA.
- van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Varella, A. C., D. J. Moot, K. M. Pollock, P. L. Peri, and R. J. Lucas. 2011. Do light and alfalfa responses to cloth and slatted shade represent those measured under an agroforestry system? *Agroforest Syst.* 81: 157-173.
- Weselek, A., A. Ehmann, S. Zikeli, I. Lewandowski, S. Schindele, and P. Högy. 2019. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 39: 35.

Feasibility assessment on the production of short stem forage mixed planting in the field set with photovoltaic panel ⁽¹⁾

Jian-Fu Liu ⁽²⁾ and Chia-Sheng Chen ⁽²⁾⁽³⁾

Received: July. 13, 2022; Accepted: July. 20, 2023

Abstract

In order to understand the feasibility of growing forage crops in the field set with solar photovoltaic panels, two mixed planting experiments of pangolagrass-alfalfa and oat-alfalfa were studied under simulated solar photovoltaic panels. The results showed that the yield of mixed planting of pangolagrass and alfalfa were 8.7 mt DM/ha in the unshaded area (control) and 8.5 mt DM/ha in the semi-shaded area (next to the photovoltaic panel), respectively. There was no significant difference between these two treatments. There was also no significant change in the ratio between the two harvests. However, under photovoltaic panels (shade area), the forage yield of pangolagrass decreased with the harvest times, and alfalfa could hardly grow. In the oat-alfalfa mixed planting, the oat grew well under the unshaded area. Its forage yield was up to 7.2 mt DM/ha. While that of the semi-shaded area was 4.8 mt DM/ha, and it decreased with shading level. According to the estimated forage yield, it showed that the total yield of pangolagrass-alfalfa mixed planting grown in the field with 40% shading could reach 78% of that growing in the field with no shading. The forage yield of oat-alfalfa mixed planting grown in the field with 40% shading reached 60% of that growing in the field with no shading. In addition, there was no significant difference between the forage quality under the shade of photoelectric panels and the control. The preliminary results of this experiment showed that the field setting 40% of the photoelectric panel could be considered for short stem forage planting at the same time which could produce forage with low input. In addition to being used by herbivores, forage planting could reduce exposed ground and had the maintenance effect of water and soil, even if it is not for production purposes.

Key words: Solar photovoltaic field, Pangolagrass, Oat, Alfalfa.

(1) Contribution No. 2758 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

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

第五十六卷作者索引

Author Index to Volume 56

- An-Ku Su (蘇安國) 165, 199
 Bao-Ji Chen (陳保基) 119
 Bor-Ling Shih (施柏齡) 236
 Che-Ming Hung (洪哲明) 1
 Cheng-Hsun Chung (鍾承訓) 66
 Cheng-Yong Lin (林正鏞) 1, 46, 88, 174
 Chia-Chieh Chang (章嘉潔) 182
 Chia-Jung Hsieh (謝佳容) 165
 Chia-Sheng Chen (陳嘉昇) 105, 294
 Chih-Chang Hsiao (蕭智彰) 112, 247
 Chih-Hsiang Cheng (鄭智翔) 97, 256, 284
 Chin-Bin Hsu (許晉賓) 119, 174
 Ching-Chi Hung (洪靖崎) 119
 Ching-Yi Chen (陳靜宜) 119
 Ching-Yi Lien (練慶儀) 112
 Chin-Hui Su (蘇晉暉) 97, 256, 284
 Chin-Meng Wang (王錦盟) 154
 Chun-hsuan Chao (趙俊炫) 55
 Der-Yuh Lin (林德育) 1
 Fang-Chueh Liu (劉芳爵) 190
 Fung-Hsiang Chu (曲鳳翔) 138, 220
 Hsiang-Yuan Hsing (邢相媛) 138
 Hsiao-Lung Liu (劉曉龍) 1
 Hsi-Hsun Wu (吳錫勳) 23
 Hsing-Lung Lien (連興隆) 76
 Hsin-Hung Lin (林信宏) 138
 Hsin-Hung Liu (劉信宏) 105
 Hsiu-Chou Liu (劉秀洲) 9, 97
 Hsiu-Lan Lee (李秀蘭) 46, 88, 174
 Hsi-Wen Hung (洪兮雯) 236
 I-Heng Chang (張以恆) 97
 I-Nung Huang (黃懿儂) 119
 Jeng-Bin Lin (林正斌) 23, 97
 Jenn- Fa Liou (劉振發) 220
 Jenn-Rong Yang (楊鎮榮) 264
 Jen-Ren Chen (陳哲仁) 236
 Jen-Wen Shiao (蕭振文) 273
 Jian-Fu Liu (劉建甫) 294
 Jih-Yi Chen (陳志毅) 9, 55
 Jo-Ching Chen (陳若菁) 34
 Jui-Chuan Su (蘇瑞娟) 273
 Jung-Hsin Lin (林榮新) 97, 256, 284
 Kai-Fei Tseng (曾楷扉) 138
 Kuo-Hsiang Hung (洪國翔) 1
 Kuo-Hua Lee (李國華) 55
 Liang-Yuan Wei (魏良原) 9
 Lih-Ren Chen (陳立人) 144, 220, 264
 Ling-Tsai Wu (吳鈴彩) 154
 Mei-Ping Cheng (程梅萍) 34
 Min-Chien Cheng (鄭閔謙) 230
 Ming-Kuei Yang (楊明桂) 273
 Ming-Yang Tsai (蔡銘洋) 1
 Min-Jung Lin (林旻蓉) 247
 Nicole Timm (丁恩寧) 23
 Pei-Chun Tsai (蔡佩均) 144
 Perng-Chih Shen (沈朋志) 138
 Pi-Hua Chuang (莊璧華) 199
 Ping Chung (鍾萍) 128
 Po-An Tu (涂柏安) 273
 Qu-You Huang (黃曲佑) 138
 Ren-Bao Liaw (廖仁寶) 34
 Ruei-Han Yeh (葉瑞涵) 154
 Shen-Chang Chang (張伸彰) 174
 Sheng-Der Wang (王勝德) 247

- Sheng-Yang Wu (吳昇陽) 182
- Shen-Shyuan Yan (楊深玄) 165
- Shine-Ming Liou (劉士銘) 247
- Shin-Hsin Lee (李士昕) 182
- Shu-Min Wang (王紓愍) 105, 174
- Siou-Lan Li (李秀蘭) 190
- Tai-Lin Lin (林岱霖) 76
- Tein-Ming Su (蘇天明) 66, 208
- Ting-Chieh Kang (康定傑) 138, 144
- Ting-Hsun Hsiao (蕭庭訓) 66, 208
- Ting-Yung Kuo (郭廷雍) 165
- Tsai-Fuh Tseng (曾再富) 256
- Tsair-Bor Yen (顏才博) 23
- Tsui-Huang Yu (游翠凰) 105
- Tsung-Yi Lin (林宗毅) 55
- Tzu-Chun Hsu (徐慈君) 199
- Tzu-Hsuan Huang (黃子瑄) 34
- Tzu-Rung Li (李姿蓉) 97, 128
- Wei-Zhi Liu (劉威志) 66, 208
- Wen-Hung Lin (林文宏) 55
- Ya-Ling Huang (黃雅玲) 34
- Ya-Ling Lin (林雅玲) 97, 256, 284
- Yang-Chang Tu (涂央昌) 236
- Yen-Ling Lee (李雁鈴) 165
- Yi-Chao Chen (陳怡兆) 154
- Yih-Fwu Lin (林義福) 1
- Yi-Hsiang Weng (翁義翔) 66, 208
- Ying-An Chu (朱盈安) 119
- Yi-Shiou Chen (陳怡秀) 264
- Yi-Ting Chen (陳薏婷) 199
- Yi-Ying Chang (張怡穎) 9
- Yu-An Lin (林育安) 256
- Yu-Ching Lin (林侑靜) 264
- Yu-Chun Lin (林幼君) 190
- Yu-Hsin Chen (陳裕信) 138, 144
- Yu-Jing Liao (廖御靜) 264
- Yu-Ling Huang (黃昱翎) 182
- Yu-Shin Cheng (鄭裕信) 1
- Zhi-Hua Wu (吳志華) 230

第五十六卷中文主題索引

- T 淋巴細胞 γ δ 受體 119
人工孵化 112
下痢 55
下痢發生率 190
土番鴨 97
土雞 46
大豆 128
山羊 138, 230
太陽熱能乾燥 105
水簾式肉豬舍 208
水簾式豬舍 66
北京鴨 9
生長 112
生長性狀 190
生長性能 97, 174, 247
生長肥育豬 208
生長效益 46
甲烷排放係數 76
白色華鵝 247
伊莎蛋雞 236
光電場 294
羊床 230
肉質品質 88
肉雞 119
血液生化 199
血液學 199
低碳能源 105
冷凍保護劑 144
抗生素 119
育成期 256
豆科芻料 128
乳山羊 273
乳成分 273
兔 144
季節 273
性別 46, 182
沼氣 76
牧草炭醋液 174
空氣品質 208
青貯品質 33
活性污泥 34
胚玻璃化冷凍 138
胚移置 138
苜蓿 294
烏骨雞 1
狼尾草 33
留椿高度 33
脂肪分解酶 220
芻料利用 128
高纖維飼糧 88
乾草 105
基因改造飼糧 236
屠體性狀 46, 97, 182
產蛋性能 1, 165, 236, 256, 284
細胞發炎激素 55
細菌多樣性 34
荷蘭子女牛 55
蛋殼 154
蛋黃免疫球蛋白 220
蛋鴨 256
割期 33
無飼養層培養 264

- 發光二極體 284
紫色狼尾草 97
紫色狼尾草葉粉 247
黃芩 55
黑天鵝 112
黑豬 88, 174
微衛星標記 9
溫室氣體抵換專案 76
腳蹄 230
腸道免疫 119
葛根 55
飼料添加物 190
滲透性 154
精液冷凍保存 144
臺灣鬥雞 165
誘導多能性幹細胞 264
廢水處理 34
標準基線
盤固草 294
褐色菜鴨 284
豬 264
豬舍微氣候 208
醋酸處理 154
養豬畜牧廢水 76
養豬場 66
凝結芽孢桿菌 190
燕麥 294
磨蹄網 230
選育 1
遺傳多態性 9
遺傳結構 9
鴛鳥 199
糞尿溝 66
繁殖 112
繁殖性能 165
離乳仔豬 190
蘭嶼豬 182
體重控制 220

Subject Index to Volume 56

- Acetic treatment 164
Activated sludge 45
Alfalfa 302
Antibiotics 127
Artificial incubation 118
Bacillus coagulans 198
Bacterial diversity 45
Biogas, Standardized baselines 87
Black pig 181
Black pigs 96
Black swan 118
Blood biochemical 207
Body weight control 229
Broilers 127
Brown Tsaiya duck 293
Carcass traits 54, 104, 189
Cryoprotectant 153
Cutting stage 23
Cytokines, Diarrhea 65
Dairy goat 283
Diarrhea incidence 198
Egg laying performance 293
Egg production performance 8
Eggshell 164
Embryo transfer 143
Embryo vitrification 143
Feed additives 198
Feeder-free culture system 272
Forage use 137
Forage vinegar 181
Gender 189
Genetic polymorphism 22
Genetic structure 22
Genetically modified feed 246
Georgi
Goat 143
Goat 235
Goat bed 235
Greenhouse gas (GHG) offset project 87
Grower-finisher pig 219
Growing period 263
Growth 118
Growth performance 104, 181, 198
Growth performances 255
Hay 111
Hematology 207
High fiber diet 96
Holstein heifer calf 65
Hoof 235
Hoof grinding net 235
IgY 229
Induced pluripotent stem cells 272
Intestinal immunity 127
ISA Layers 246
Lanyu Pig 189
Laying duck 263
Laying performance 173, 246, 263
Leguminous forage 137
Light emitting diode (LED) 293
Lipase 229
Low-carbon energy 111
Manure ditch type 75
Meat quality 96
Methane emission factor 87

- Microsatellite markers 22
- Milk component 283
- Mule duck, Purple napiergrass 104
- Native chicken 54
- Oat 302
- Ostrich 207
- Pangolagrass 302
- Pekin duck 22
- Pennisetum purpureum* 23
- Permeability 164
- Pig farm 75
- Pig house microclimate 219
- Piggery wastewater 87
- Pigs 272
- Pueraria lobate* (Willd.) Ohwi 65
- Purple Napier grass 255
- Rabbit 153
- Reproduction 118
- Reproductive performance 173
- Scutellaria baicalensis* 65
- Season 283
- Selection and breeding 8
- Semen cryopreservation 153
- Sexes 54
- Silage quality 23
- Silky chicken 8
- Solar drying 111
- Solar photovoltaic field 302
- Soybean 137
- Stay height 23
- Taiwan cockfighting 173
- Wastewater treatment 45
- Water-pad cooling pig house 75
- Weaning pigs 198
- Wet-pad cooling system pig house 219
- White Chinese geese 255
- Yield earnings 54
- $\gamma\delta$ T cell receptor 127

第五十六卷中文目錄

第一期

1. 黑絨烏骨雞之育成及推廣	
蔡銘洋 洪哲明 林正鏞 林義福 林德育 鄭裕信 洪國翔 劉曉龍.....	1
2. 微衛星標記應用於季新鴨之遺傳結構及其類緣關係之探討	
張怡穎 魏良原 陳志毅 劉秀洲.....	9
3. 不同割期及留椿高度對狼尾草台畜草三號青貯品質之影響	
林正斌 丁恩寧 顏才博 吳錫勳.....	23
4. 以次世代定序方式分析畜產廢水處理活性污泥之細菌多樣性	
廖仁寶 黃雅玲 黃子瑄 陳若菁 程梅萍.....	34
5. 性別對商用紅羽土雞生長性能、血液生化值、屠體性狀及生產效益之影響	
林正鏞 李秀蘭.....	46
6. 黃芩葛根對細胞抗發炎活性及荷蘭子女牛下痢之影響	
李國華 林文宏 趙俊炫 林宗毅 陳志毅.....	55
7. 生長肥育豬飼養於水簾式豬舍對生長性能及廢水處理水質之影響	
蘇天明 翁義翔 鍾承訓 劉威志 蕭庭訓.....	66
8. 臺灣養豬畜牧業溫室氣體減量潛力評估與基線方法學排放係數之探討	
連興隆 林岱霖.....	76

第二期

1. 肥育期餵飼高纖維飼糧對黑豬肉質之影響	
李秀蘭 林正鏞.....	88
2. 飼糧中添加不同比率紫色狼尾草粉對土番鴨生長性能與屠體性狀之影響	
林榮新 林正斌 李姿蓉 張以恆 鄭智翔 蘇晉暉 劉秀洲 林雅玲.....	97
3. 太陽熱能牧草乾燥室研發	
王紓愍 劉信宏 游翠凰 陳嘉昇.....	105
4. 馴化黑天鵝生長、繁殖及人工孵化之調查	
蕭智彰 練慶儀.....	112
5. 添加抗生素對肉雞腸道免疫之影響	
洪靖崎 陳保基 陳靜宜 朱盈安 黃懿儂 許晉賓.....	119
6. 大豆臺南 3 號及 4 號作為芻料利用之評估	
鍾萍 李姿蓉.....	128
7. 玻璃化冷凍保護劑與冷凍解凍程序對山羊胚解凍後續發育能力之影響	
康定傑 曾楷扉 黃曲佑 陳裕信 曲鳳翔 林信宏 邢相媛 沈朋志.....	138
8. 不同冷凍保護劑對紐西蘭白兔精子性狀之影響	
蔡佩均 陳裕信 康定傑 陳立人.....	144

第三期

1. 醋酸處理對雞蛋殼鹽滲透性與顯微構造之影響

吳鈴彩 王錦盟 葉瑞涵 陳怡兆..... 154

2. 花畜鬥雞產蛋性能與繁殖性能之探討

李雁鈴 楊深玄 謝佳容 郭廷雍 蘇安國..... 165

3. 飼糧中添加牧草炭醋液對生長—肥育期黑豬生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響

李秀蘭 林正鏞 張仲彰 許晉賓 王紓愍..... 174

4. 性別對蘭嶼豬屠體與肉質性狀之影響

吳昇陽 李士昕 黃昱翎 章嘉潔..... 182

5. 飼糧添加凝結芽孢桿菌對離乳仔豬生長性狀、血液參數及下痢發生率的影響

劉芳爵 林幼君 李秀蘭..... 190

6. 駝鳥於涼熱季環境之生理值、血液生化及血液學調查

莊璧華 陳蕙婷 徐慈君 蘇安國..... 199

7. 水簾式肉豬舍熱季微氣候與空氣品質調查

蘇天明 劉威志 翁義翔 蕭庭訓..... 208

8. 抗脂肪酶 IgY 之生產與小鼠減重研究

劉振發 曲鳳翔 陳立人..... 220

第四期

1. 新型磨蹄網對山羊過長腳蹄削磨效果之評估

吳志華 鄭閔謙..... 230

2. 基因改造玉米及大豆粕飼糧對蛋雞產蛋性能、蛋品質之影響及基因片段追蹤

施柏齡 陳哲仁 涂央昌 洪兮雯..... 236

3. 飼糧添加紫色狼尾草葉粉對白色華鵝生長性能、血液生化值及屠體性狀之影響

劉士銘 林旻蓉 蕭智彰 王勝德..... 247

4. 育成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 鄭智翔 林雅玲..... 256

5. 建立豬誘導性多能幹細胞之無飼養層培養系統

廖御靜 陳怡秀 林侑靜 陳立人 楊鎮榮..... 264

6. 臺灣生羊乳成分、體細胞數及理化特性調查

涂柏安 蕭振文 蘇瑞娟 楊明桂..... 273

7. 不同人工光照搭配自然光照對褐色萊鴨產蛋性能、蛋品質、動物行為與血液性狀的影響

林雅玲 林榮新 鄭智翔 蘇晉暉..... 284

8. 太陽光電場域對混植短莖型牧草生產之可行性評估

劉建甫 陳嘉昇..... 294

Contents to Volume 56

Vol. 56 No. 1

1. Breeding and promotion of Black Velvet Silky chicken
Ming-Yang Tsai, Che-Ming Hung, Cheng-Yung Lin, Yih-Fwu Lin, Der-Yuh Lin, Yu-Shin Cheng, Kuo-Hsiang Hung and Hsiao-Lung Liu 1
2. Study on genetic structure and phylogeny in Chihsin duck using microsatellite markers
Yi-Ying Chang, Liang-Yuan Wei, Jih-Yi Chen and Hsiu-Chou Liu..... 9
3. Effects of cutting growth stages and stay heights on the silage quality of *Pennisetum purpureum* NP cv. TS3
Jeng-Bin Lin, Nicole Timm, Tsair-Bor Yen and Hsi-Hsun Wu 23
4. Analysis of bacterial diversity in activated sludge from livestock wastewater treatment by next-generation sequencing technology
Ren-Bao Liaw, Ya-Ling Huang, Tzu-Hsuan Huang, Jo-Ching Chen and Mei-Ping Cheng 34
5. Effects of male and female chickens on the growth performances, blood characteristics, carcass traits and compare yield earnings for commercial red feather native chicken
Cheng-Yung Lin and Hsiu-Lan Lee..... 46
6. The effects of *Scutellaria baicalensis* Georgi and *Pueraria lobate* (Willd.) Ohwi on the anti-inflammatory activity in cultured macrophage cells and on the incidence of diarrhea for Holstein heifer calf
Kuo-Hua Lee, Wen-Hung Lin, Chun-hsuan Chao, Tsung-Yi Lin and Jih-Yi Chen..... 55
7. Effects of growing-finishing pigs in water-pad cooling pig house on growth performance and water quality of wastewater treatment
Tein-Ming Su, Yi-Hsiang Weng, Cheng-Hsun Chung, Wei-Zhi Liu and Ting-Hsun Hsiao 66
8. Evaluation of GHG emission reduction potential and investigation of the methane emission factor of standardized baseline methods for pig husbandry in Taiwan
Hsing-Lung Lien and Tai-Lin Lin..... 76

Vol. 56 No. 2

1. Effects of high fiber diet on the meat quality of finishing black pigs
Hsiu-Lan Lee and Cheng-Yong Lin..... 88
2. Effects of supplementing different ratios of purple napiergrass powder in the diet on mule duck's growth performance and carcass traits
Jung-Hsin Lin, Jeng-Bin Lin, Tzu-Rung Li, I-Heng Chang, Chih-Hsiang Cheng, Chin-Hui Su, Hsiu-Chou Liu and Ya-Ling Lin..... 97
3. Development of the drying room by solar thermal energy for hay production
Shu-Min Wang, Hsin-Hung Liu, Tsui-Huang Yu and Chia-Sheng Chen..... 105
4. Investigation on growth, reproduction and artificial hatching in domestic black swans
Chih-Chang Hsiao and Ching-Yi Lien 112
5. Effects of antibiotics on intestinal immunity in broilers
Ching-Chi Hung, Bao-Ji Chen, Ching-Yi Chen, Ying-An Chu, I-Nung Huang and Chin-Bin Hsu 119
6. Evaluation of soybean Tainan No. 3 and No. 4 for forage use
Ping Chung and Tzu-Rung Li..... 128
7. Effects of cryoprotectants frozen-thawed procedures on the development of vitrified goat embryos
Ting-Chieh Kang, Kai-Fei Tseng, Qu-You Huang, Yu-Hsin Chen, Fung-Hsiang Chu, Hsin-Hung Lin, Hsiang-Yuan Hsing and Perng-Chih Shen..... 138
8. Effects of different cryoprotectants on semen traits in New Zealand rabbits
Pei-Chun Tsai, Yu-Hsin Chen, Ting-Chieh Kang and Lih-Ren Chen..... 144

Vol. 56 No. 3

1. Effect of acetic acid treatment on salt permeability and microstructure of egg shells
Ling-Tsai Wu, Chin-Meng Wang, Ruei-Han Yeh, and Yi-Chao Chen..... 154
2. Investigation of the reproduction and egg production performances of the HLAPS cockfighting
Yen-Ling Lee, Shen-Shyuan Yan, Chia-Jung Hsieh, Ting-Yung Kuo, and An-Kuo Su 165
3. Effects of forage vinegar supplemented to diets on growth performances, blood biochemical values and carcass characteristics for Duroc × KHAPS black pig in grower and finisher period
Hsiu-Lan Lee, Cheng-Yong Lin, Shen-Chang Chang, Chin-Bin Hsu, and Shu-Min Wang..... 174
4. Effect of gender on carcass traits and meat quality of Lanyu pigs
Sheng-Yang Wu, Shin-Hsin Lee, Yu-Ling Huang and Chia-Chieh Chang 182
5. Effect of dietary supplementation of *Bacillus coagulans* on growth performance, blood biochemical parameters and diarrhea incidence of weaning pigs
Fang-Chueh Liu, Yu-Chun Lin, and Siou-Lan Li 190
6. The investigation of physiological, blood biochemical and hematological parameters of ostrich during the cool and warm seasons
Pi-Hua Chuang, Yi-Ting Chen, Tzu-Chun Hsu, and An-Ku Su..... 199
7. Investigation on microclimate and air quality of wet-pad cooling system pig house in hot season
Tein-Ming Su, Wei-Zhi Liu, Yi-Hsiang Weng, and Ting-Hsun Hsiao 208
8. Production of anti-lipase IgY and study on weight loss of mice
Jenn- Fa Liou, Fung-Hsiang Chu and Lih-Ren Chen..... 220

Vol. 56 No. 4

1. Evaluation of the effect of a new type of hoof grinding net on overgrown goat hooves
Zhi-Hua Wu and Min-Chien Cheng 230
2. Genetically modified corn and soybean diet on laying performance, egg quality and gene fragments traceability of laying hens
Bor-Ling Shih, Jen-Ren Chen, Yang-Chang Tu and Hsi-Wen Hung 236
3. Effect of dietary supplementation with purple Napier grass leaf powder on growth performances, blood parameter and carcass traits in White Chinese geese
Shine-Ming Liou, Min-Jung Lin, Chih-Chang Hsiao and Sheng-Der Wang 247
4. Effect of feeding brown Tsaiya ducks diets with different protein and energy concentrations during growing period on laying performance
Jung-Hsin Lin, Yu-An Lin, Tsai-Fuh Tseng, Chin-Hui Su, Chih-Hsiang Cheng and Ya-Ling Lin 256
5. Establishment of a feeder-free culture system for porcine induced pluripotent stem cells
Yu-Jing Liao, Yi-Shiou Chen, Yu-Ching Lin, Lih-Ren Chen and Jenn-Rong Yang..... 264
6. Bulk milk composition, somatic cell count, and physico-chemical characteristics of dairy goat farm in Taiwan
Po-An Tu, Jen-Wen Shiau, Jui-Chuan Su and Ming-Kuei Yang..... 273
7. Effects of natural light supplemented with different artificial lights on the egg laying performance, egg quality, animal behavior, and reproductive hormones in brown Tsaiya ducks
Ya-Ling Lin, Jung-Hsin Lin, Chih-Hsiang Cheng and Chin-Hui Su..... 284
8. Feasibility assessment on the production of short stem forage mixed planting in the field set with photovoltaic panel
Jian-Fu Liu and Chia-Sheng Chen 294

農業部畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

(民國 108 年 12 月修訂)

(民國 111 年 11 月修訂)

(民國 112 年 8 月修訂)

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

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

(2) 書本類

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

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

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

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

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

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

(3) 其他類

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

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

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

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

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

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

5. 參考文獻皆不編號。

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

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

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

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

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 56 No. 4

December 2023

CONTENTS

	Page
1. Evaluation of the effect of a new type of hoof grinding net on overgrown goat hooves <i>Zhi-Hua Wu and Min-Chien Cheng</i>	230
2. Genetically modified corn and soybean diet on laying performance, egg quality and gene fragments traceability of laying hens <i>Bor-Ling Shih, Jen-Ren Chen, Yang-Chang Tu, and Hsi-Wen Hung</i>	236
3. Effect of dietary supplementation with purple Napier grass leaf powder on growth performances, blood parameter and carcass traits in White Chinese geese <i>Shine-Ming Liou, Min-Jung Lin, Chih-Chang Hsiao, and Sheng-Der Wang</i>	247
4. Effect of feeding brown Tsaiya ducks diets with different protein and energy concentrations during growing period on laying performance <i>Jung-Hsin Lin, Yu-An Lin, Tsai-Fuh Tseng, Chin-Hui Su, Chih-Hsiang Cheng, and Ya-Ling Lin</i>	256
5. Establishment of a feeder-free culture system for porcine induced pluripotent stem cells <i>Yu-Jing Liao, Yi-Shiou Chen, Yu-Ching Lin, Lih-Ren Chen, and Jenn-Rong Yang</i> .	264
6. Bulk milk composition, somatic cell count, and physico-chemical characteristics of dairy goat farm in Taiwan <i>Po-An Tu, Jen-Wen Shiau, Jui-Chuan Su, and Ming-Kuei Yang</i>	273
7. Effects of natural light supplemented with different artificial lights on the egg laying performance, egg quality, animal behavior, and reproductive hormones in brown Tsaiya ducks <i>Ya-Ling Lin, Jung-Hsin Lin, Chih-Hsiang Cheng, and Chin-Hui Su</i>	284
8. Feasibility assessment on the production of short stem forage mixed planting in the field set with photovoltaic panel <i>Jian-Fu Liu and Chia-Sheng Chen</i>	294

行政院新聞局出版事業登記證
警字第00188號
交寄

ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR



9 770253 920004

GPN:2005200015

定價：新臺幣二〇〇元