

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 53 No. 1

March 2020

CONTENTS

	Page
1. Effects of dietary replacement of corn with Taichung Sen 17 brown rice on laying performance and egg quality of Leghorn layers <i>Bor-Ling Shih, Geng-Jen Fan and Churng-Faung Lee</i>	1
2. Effects of dietary crude protein and metabolizable energy levels on the growth performance of White Roman Geese between 8 and 12 weeks of age <i>Chin-Meng Wang, Chien-Lung Hu and Yen-Chih Chang</i>	9
3. Effects of storage length, temperature, and relative humidity on egg weight loss and hatching performance of the White Roman geese at the first laying year <i>Shih-Chieh Liao, Min-Jung Lin, Sheng-Der Wang, Tsung-Yi Lin, Shen-Chang Chang and Po-An Tu</i>	16
4. Investigation on reproductive behavior in captive black swan <i>Chih-Chang Hsiao, Sheng-Der Wang and Ching-Yi Lien</i>	25
5. The acceptability of poultry farmers on agricultural product traceability system <i>Yu-I Lai and Chia-Lun Chang</i>	31
6. Effects of increasing dietary selenium and vitamin E concentration on growth performance and blood cell profile of TLRI Black Pig No.1 piglets <i>Chin-Meng Wang, You-Jun Lin, Chih-Yin Chen and Fang-Chueh Liu</i>	38
7. Effects of different concentrations of low density lipoprotein in semen extender on the quality of frozen semen in Holstein bulls <i>Chia-Xin Lee, Ming-Kuew Yang, Ting-Yung Kuo and Pin-Chi Tang</i>	46
8. Performance of biogas turbine generators from wastewater treatment system of the dairy farm <i>Hsiu-Wen Ou, Tzong-Faa Shiao and Ming-Shean Chou</i>	56

行政院新聞局出版事業登記證局版台省誌字第六七七號
中華郵政新營字第十八號執登記為雜誌交寄

畜產研究

第五十三卷 第一期

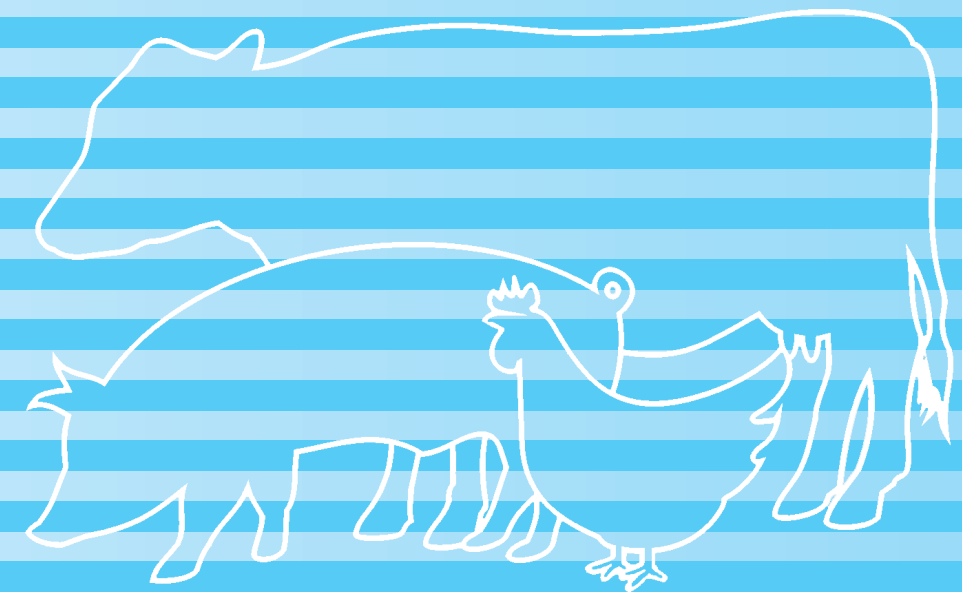
行政院農業委員會畜產試驗所

畜產研究

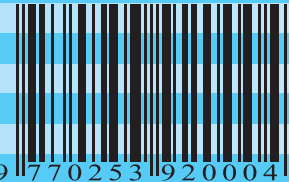
第五十三卷 第一期 中華民國一〇九年 三月 季刊

JOURNAL OF
TAIWAN LIVESTOCK
RESEARCH

Vol. 53 No. 1 March 2020



ISSN 0253-9209



9 770253 920004

GPN: 2005200015

定價：新臺幣二〇〇元



行政院農業委員會畜產試驗所

LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE, EXECUTIVE YUAN

畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

審查委員：丁詩同 方珍玲 王佩華 王尚禮 王淑音 成游貴 朱有田 朱志成
余 祺 余 碧 吳信志 吳勇初 吳錫勳 李固遠 沈朋志 沈添富
沈韶儀 阮喜文 周明顯 林俊臣 姜樹興 施宗雄 唐品琦 徐阿里
徐濟泰 張秀鑾 張菊犁 莊士德 許振忠 許福星 郭猛德 陳仁炫
陳志峰 陳宗禮 陳明造 陳洵一 陳秋麟 黃文理 黃英豪 葉茂生
廖宗文 劉登城 劉世賢 鄭裕信 盧虎生 謝清祥 謝豪晃
(以姓名筆劃為序)

編輯委員：林幼君 林正鏞 張世融 郭卿雲 陳立人 陳佳萱 廖仁寶
(以姓名筆劃為序)

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

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

DIRECTOR GENERAL,

LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE, COUNCIL OF AGRICULTURE

HSINHUA, TAINAN, TAIWAN

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

S. T. DING	C. L. FANG	P. H. WANG	S. L. WANG	S. Y. WANG
Y. K. CHENG	Y. T. JU	C. C. CHU	C. YU	P. YU
H. C. WU	Y. C. WU	H. H. WU	G. Y. LI	P. C. SHEN
T. F. SHEN	S. I. SHEN	S. W. ROAN	M. H. CHOU	C. C. LIN
S. H. CHIANG	C. H. SHIH	P. C. TANG	A. L. HSU	C. T. HSU
H. L. CHANG	C. L. CHANG	S. T. CHUANG	C. C. HSU	F. H. HSU
M. T. KUO	J. H. CHEN	C. F. CHEN	C. L. CHEN	M. T. CHEN
H. I. CHEN	T. L. CHEN	W. L. HUANG	I. H. HWANG	M. S. YEH
C. W. LIAO	T. C. LIU	S. S. LIU	Y. S. CHENG	H. S. LUR
C. H. HSIEH	H. H. HSIEH			

EDITORS:

Y. C. LIN	C. Y. LIN	S. R. CHANG	C. Y. KUO	L. R. CHEN
C. H. CHEN	R. B. LIAW			



畜產研究

編者：行政院農業委員會畜產試驗所

發行人：黃振芳

發行所：行政院農業委員會畜產試驗所

地址：臺南市新化區牧場 112 號

電話：(06) 5911211

網址：<http://www.tlri.gov.tw>

編輯\印製者：振緯企業有限公司

地址：臺南市公園路 134 號

電話：(06) 2288009

出版日期：中華民國 109 年 3 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：<http://www.govbook.com.tw>

GPN : 2005200015

ISSN : 0253-9209

畜產研究

第 53 卷第 1 期

中華民國 109 年 3 月

目 錄

	頁
1. 臺中秈 17 號糙米取代玉米對來亨蛋雞產蛋性能及蛋品質之影響施柏齡、范耕榛、李春芳	1
2. 飼糧粗蛋白質與代謝能含量對 8 至 12 週齡白羅曼肉鵝生長表現的影響王錦盟、胡見龍、張雁智	9
3. 不同儲存天數、溫度及相對濕度對初產白羅曼鵝種蛋失重及孵化性狀之影響廖士傑、林旻蓉、王勝德、林宗毅、張伸彰、涂柏安	16
4. 人工飼養黑天鵝繁殖與行為調查蕭智彰、王勝德、練慶儀	25
5. 家禽生產者對於產銷履歷制度接受度之研究賴佑宜、張嘉倫	31
6. 提升飼糧中硒及維生素 E 含量對畜試一號仔豬生長性能及血球組成的影響王錦盟、林幼君、陳致吟、劉芳爵	38
7. 不同濃度之低密度脂蛋白對臺灣荷蘭牛精液冷凍解凍後品質之影響李佳馨、楊明桂、郭廷雍、唐品琦	46
8. 養牛場使用沼氣渦輪發電機之性能表現歐修汶、蕭宗法、周明顯	56

臺中秈 17 號糙米取代玉米對來亨蛋雞產蛋性能及蛋品質之影響⁽¹⁾

施柏齡⁽²⁾⁽⁴⁾ 范耕榛⁽²⁾ 李春芳⁽³⁾

收件日期：108 年 8 月 15 日；接受日期：109 年 1 月 13 日

摘 要

為開發可用飼料資源以提升國內糧食安全在地使用率，本試驗旨在探討以糙米取代玉米對蛋雞產蛋性能與蛋品質之影響。將 23 週齡海蘭品系—W36 蛋雞 200 隻分為 5 組，每處理組 40 隻，餵飼玉米—大豆粕基礎飼糧作為對照組，以臺中秈 17 號糙米分別取代對照組飼糧中玉米 50、75 或 100%，另第 5 個處理組為取代 100%，並於每公斤飼料額外添加 15 mg 之天然葉黃素。試驗期間飼糧與飲水均任食，試驗為期 12 週，測定產蛋性能及蛋品質。結果顯示，飼料米完全取代玉米處理組及再添加葉黃素之隻日採食量、隻日產蛋率、產蛋量及飼料換蛋率均顯著較其他處理組差 ($P < 0.05$)；蛋黃顏色 a 值 (紅色度) 及 b 值 (黃色度) 隨著糙米取代玉米比例的增加而降低 ($P < 0.05$)，添加葉黃素可明顯恢復蛋黃顏色，雞蛋總接受性，評分百分比以對照組 (玉米組) 及糙米完全取代組再添加葉黃素組呈明顯最高百分比。綜上所述，蛋雞飼糧中以臺中秈 17 號糙米完全取代玉米會影響產蛋性能及淡化蛋黃色澤，因此建議糙米取代玉米量宜在 50% 以下，並補充葉黃素為宜。

關鍵詞：蛋品質、產蛋性能、蛋雞、臺中秈 17 號糙米。

緒 言

近年來全球氣候變遷，造成穀物減產，臺灣稻米攝取量下降，稻田轉作導致休耕地面積擴大，因國內種稻技術優良，加上活化休耕地之需，如何提高稻作產量及糧食安全成為重要課題。但近年來國際玉米行情常有波動，使畜禽飼料價格波動劇烈。國內畜禽飼養成本壓力的增加已成為永續經營上的重要挑戰。糙米粗蛋白質含量約 11%，高於玉米的 7% (徐，2007)，胺基酸組成及利用率也與玉米相近；粗脂肪含量 2.7% 則低於玉米的 4.3%；粗纖維、灰分及無氮抽出物含量則與玉米相近 (李及楊，1971a)。糙米對豬、雞及牛的可代謝能 (Metabolizable energy) 含量略高於玉米。糙米含有較高的維生素 B 群，但較缺乏葉黃素 (Xanthophyll)，因此高量且長期使用，會使畜禽產品顏色較淡 (徐，2007)。此外，糙米與玉米的礦物質含量均低 (NRC，1994)。早期試驗結果顯示以糙米取代玉米半量或全量可提高 2 及 4 週齡肉雞增重，不影響至 8 週齡之增重及屠體組成 (李及楊，1971b)。糙米取代產蛋雞飼糧中之玉米半量或全量，對雞隻生長、飼料利用效率、產蛋率及種蛋孵化率等，均無不良影響 (李及楊，1971a；李及楊，1973)。

日本與我國情形相似，即玉米大部分仰賴進口，人民米攝取量降低與田地休耕問題，恐危及國家面臨緊急事件時之糧食安全疑慮，為解決此問題，休耕地活化重新種稻是為可行的策略，但此又造成稻米生產過剩，而積極以自產飼料品種的糙米應用於畜禽生產恰可解決之 (篠田滿等人，2000；龍田健等人，2010；大塚真史，2012)。稻米為國內主要農作糧食，農民種稻技術熟練，設備齊全，因此是否可以稻米這種能量作物取代部分進口玉米，作為畜禽飼糧，以活化休耕地並提升飼料自給率，成為農業發展的重要課題之一。本研究的目的係評估以糙米取代飼糧中玉米對蛋雞產蛋性能及蛋品質的影響，俾供國內產業參考應用。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2631 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所副所長室。

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

材料與方法

I. 試驗動物與飼糧處理

23 週齡海蘭品系－W36 蛋雞共 200 隻，採個別籠飼，逢機分成 5 個試驗處理組，每處理 4 重複，每重複 10 隻雞。以玉米－大豆粕飼糧為對照組，以農業試驗所育成之加工用臺中秬 17 號新鮮糙米，經乾燥脫殼之糙米經碎粒後，分別取代飼糧中玉米的 50、75 或 100%，另第 5 個處理組為 100% 取代組再添加每公斤飼料 15 mg 的天然葉黃素（由萬壽菊萃取，商品名卡莎黃[®]）。試驗期間飼糧與飲水均提供任食，為期 12 週，各組飼糧均含粗蛋白質 17% 與代謝能 2,900 kcal/kg，其他營養成分依 NRC (1994) 蛋雞營養推薦量調配；試驗期間雞舍光照時間含人工光照每日 16 小時。

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。

隻日產蛋率 (%) = (總產蛋數 / 產蛋雞數 / 產蛋天數) × 100。

隻日產蛋量 (g/d/hen) = (隻日產蛋率 × 平均蛋重) / 100。

飼料換蛋率 = 隻日飼料採食量 / 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. 蛋白豪氏單位測定：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

6. 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)。

(iii) 雞蛋官能品評

先定義各品評項目，以供品評員品嚐依據，將雞蛋置於 100℃ 水浴中加熱 10 – 15 分鐘後，確認蛋黃全熟，取出切成 1/4 薄片，並置於 60℃ 烘箱保溫直至品評測試為止。品評員共 24 人，年齡約在 23 – 63 歲之間。測試項目計有風味、色澤、嫩度及總接受性等 4 項，採 7 分制，1 分代表最差，7 分代表最佳 (施等，2015)。

(iv) 血液成分分析：

試驗結束時進行採血，每處理逢機取 6 隻母雞，由翼靜脈採血 5 mL，經離心 (1,700 × g，15 分鐘) 所得之血清，貯存於 -20℃ 冷凍櫃中以供後續分析。以全自動生化分析儀 (Automatic Analyzer, HITACHI 7176A，日本) 分析血清中葡萄糖、總蛋白、尿酸氮、總膽固醇、三酸甘油酯、鈣及無機磷含量。

- (v) 試驗飼糧一般營養成分分析：於本所營養組飼料化驗中心，依 AOAC (2007) 方法進行分析完成 (表 2)。

III. 統計分析

試驗所得數值資料採用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2002) 進行分析，使用一般線性模式 (General linear model procedure, GLM) 進行變方分析，如有顯著差異 (P < 0.05)，再以最小平方均值 (least squares means, LSM) 進行各

處理間差異比較。蛋品評試驗所得資料以卡方測定 (Chi-square test) 比較其差異性 (沈, 1999)。

表 1. 蛋雞產蛋期基礎飼糧配方與組成

Table 1. Basal diet formulation and compositions for layers during laying periods

Ingredients, %	Layer after 18 wks of age	
	----- % -----	
Corn, ground	67.20	
Soybean meal, CP 43%	22.40	
Fish meal, CP 65%	—	
Soybean oil	0.60	
Wheat bran	—	
Dicalcium phosphate	0.90	
Limestone, pulverized	8.30	
Salt	0.30	
Choline chloride, 50%	—	
DL-methionine	0.20	
Vitamin-mineral premix a	0.10	
Total	100.00	
Calculated value, %		
Crude protein	17.03	
ME, kcal/kg	2,903	
Calcium	3.65	
Available phosphorus	0.29	
Total sulfur amino acid	0.61	
Analyzed value, %		
Crude protein	17.16	
Calcium	3.66	
Total phosphorus	0.57	
Total sulfur amino acid	0.71	

^a Supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 16,000 IU; Vitamin D₃, 2,667 IU; Vitamin E, 13.3 IU; 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; Mn (MnSO₄ · H₂O), 93.3 mg; Zn (ZnO), 106.7 mg; I (KI), 0.53 mg; Co (CoSO₄), 0.27 mg; Se (Na₂SeO₃), 0.27 mg.

表 2. 蛋雞糙米飼養試驗的飼糧營養成分分析值 (%，餵飼基)

Table 2. Diet compositions of layers in brown rice feeding trial (%，as fed basis)

	Replacement of brown rice to ground corn, %				
	0	50	75	100	100 + xanthophyll 15 mg/kg
Crude protein	17.16	17.23	17.30	17.11	17.34
Calcium	3.79	3.82	3.96	3.83	3.64
Total phosphorus	0.71	0.68	0.69	0.70	0.69

結果與討論

I. 產蛋性能

臺中秈 17 號糙米取代玉米對蛋雞產蛋性能之影響如表 3 所示。於 12 週飼養期間，雞隻採食糙米 100% 取代玉米之二種處理飼糧 (未添加或添加葉黃素)，其隻日採食量、隻日產蛋率、產蛋量及飼料換蛋率均顯著較取代 0 — 75% 三組為差 ($P < 0.05$)；體重變化結果於不同糙米取代比例處理組之間則相近。試驗顯示，對產蛋雞而

言，糙米可以取代飼糧中玉米的 75% (即占飼糧的 50%)，雞隻產蛋性能表現與玉米組相當，但取代 100% 玉米是需避免的。

早期之研究報告指稱，以糙米取代產蛋雞飼糧中之玉米半量或全量，對雞隻生長、飼料利用效率、產蛋率及種蛋孵化率等均無不良影響 (李及楊, 1973)。龍田健等人 (2010) 以含 10 – 20% 飼料米的飼糧餵飼蛋雞，對採食量、產蛋性能、蛋重及飼料換蛋率並無顯著影響。金谷健史等人 (2014) 研究也指出，蛋雞飼料含 20% 飼料米飼糧 30 週，同樣不會明顯降低產蛋率。大塚真史等人 (2012) 飼飼 31 – 61 週齡蛋雞含 40% 飼料糙米 (約取代 60% 玉米)，發現蛋雞飼料採食量及產蛋率均明顯下降，試驗結束時體重失重亦較多，顯示飼糧含高量飼料米會降低採食量及產蛋性能，上述報告結論均與本試驗結果相符。

表 3. 以臺中秈 17 號糙米取代玉米與添加葉黃素對蛋雞產蛋性能之影響

Table 3. Effects of dietary replacement of corn with brown rice and supplemental xanthophyll on laying performances in hens during 23 – 35 wks of age

Items	Brown rice replacement rate, %					SEM
	0	50	75	100	100 + xanthophyll 15 mg/kg	
Feed intake, g/bird/d	92.77 ^a	94.98 ^a	92.07 ^a	89.81 ^b	89.78 ^b	0.51
Hen-day egg production, %	84.95 ^a	85.64 ^a	84.33 ^a	79.31 ^b	78.24 ^b	1.28
Egg mass, g/d/hen	46.29 ^a	48.77 ^a	45.54 ^a	41.71 ^b	41.82 ^b	0.74
Feed conversion (feed intake/ egg mass)	1.86 ^b	1.83 ^b	1.86 ^b	1.97 ^a	2.02 ^a	0.04
Body weight change, g/ hen	65.30	88.85	84.58	54.80	81.10	22.25

^{a, b} Means in the same row with different letters are significantly different at 5% level.

II. 蛋重與蛋品質

臺中秈 17 號糙米取代玉米對蛋雞蛋品質之影響如表 4 所示。雞蛋蛋重、蛋殼破裂強度、蛋殼厚度、濃厚蛋白高度及殼重百分比五項品質，在取代 0 – 100% 與再添加葉黃素等 5 組的反應都相近，表示以糙米取代玉米到 100% 不會顯著影響此 5 項蛋品質。以糙米取代玉米的主要影響在蛋白豪氏單位及蛋黃的顏色，而蛋黃亮度不受影響。蛋白豪氏單位與蛋黃的紅色度 (a 值) 及黃色度 (b 值) 隨著糙米取代玉米比例的增加而顯著降低 ($P < 0.05$)。但在玉米 100% 由糙米取代時，添加葉黃素每公斤 15 mg 可有效恢復蛋黃的紅色度與黃色度並與玉米組相當。大塚真史等人 (2012) 研究顯示，隨著蛋雞飼糧添加糙米含量的增加而致蛋黃色澤淡化，雞蛋豪氏單位亦明顯降低，但蛋殼強度與厚度則不受影響，此結果與本試驗結論具有一致性。因糙米缺乏類胡蘿蔔色素物質，導致沉積於蛋黃中色素降低，以致蛋黃色澤相較對照組 (玉米添加) 其色澤會有淡化的現象。

天然色素類的吸收及蓄積明顯影響蛋黃及雞肉的營養及色澤，其中每顆蛋黃至少需含 1% β -carotene、7% zeaxanthin 及 34% β -apo-8-carotenoic acid ethyl ester (ACAEE) (Roche, 1988)。本次試驗得知全量糙米取代玉米並補充天然黃色素可有效恢復蛋黃色澤的結果，也見證於其他以富含葉黃素穀物、海藻或蟹殼等試驗中，當添加於蛋雞飼糧中均可明顯提高蛋黃色澤 (施等, 2014; Pérez-Gálvez *et al.*, 2008)。

III. 雞蛋品評

臺中秈 17 號糙米取代玉米對雞蛋品評之影響，見於表 5。雞蛋風味評分隨著糙米取代比例提高而有降低高評分 (5 – 7 分) 百分比的趨勢 ($P = 0.054$)；雞蛋色澤評分隨著糙米取代比例的增加而降低，但添加葉黃素之雞蛋色澤則深受品評者喜愛，其高色澤評分百分比明顯提高 ($P < 0.01$)；雞蛋嫩度 (咬感) 雖以玉米組呈現較佳的趨勢，但不顯著；雞蛋總接受性高評分百分比以對照組 (玉米組) 及糙米完全取代組再添加葉黃素組呈明顯最高百分比，顯示蛋黃色澤會明顯影響消費者對雞蛋品評評分，同時亦會影響接受度。由表 5 結果顯示，消費者對玉米組雞蛋高接受度 (5 – 7 分) 高達八成，添加天然色素之雞蛋達七成，在未補充天然色素之下，隨著糙米取代比例提高而有明顯降低總接受度的趨勢 ($P < 0.01$)。

禽蛋產品色澤外觀明顯影響消費者接受度，但雞隻無法自行合成類胡蘿蔔素，所以必須補充來自飼料來源的色素類物質 (Dua *et al.*, 1967)。上述試驗結果顯示，淡化蛋黃色澤會明顯影響消費者接受度，但經以葉黃素添加恢復蛋黃著色作用後，可提高消費者對蛋品色澤、接受性及消費者購買意願等，顯示提高蛋黃色澤確會有助於購買者之消費意願，此結果與蘇 (2015) 指出具有較深色澤蛋黃可提高購買意願之結論相符。

IV. 血液生化值

臺中秈 17 號糙米取代玉米對蛋雞血液生化值之影響如表 6 所示。蛋雞飼糧中糙米取代比例並未明顯影響血液中葡萄糖、總蛋白、尿酸氮、總膽固醇及三酸甘油酯含量；糙米完全取代玉米時使雞隻血鈣及無機磷含量顯著降低 ($P < 0.05$)。

研究發現飼糧添加飼料米餵飼蛋雞並不會明顯影響血中葡萄糖、總蛋白、尿酸氮、總膽固醇及三酸甘油酯含量，此部分與本試驗結果相符，此或因糙米與玉米能量及蛋白質含量相近所致。可是添加飼料米會顯著降低產蛋飼養試驗初期血中鈣含量，但不影響全期血中鈣含量 (龍田健等人, 2010)。本試驗中在糙米完全取代玉米組導致血中鈣及無機磷含量明顯降低，而使用糙米全量取代玉米會降低血中鈣與磷含量之結果，此可呼應試驗組蛋品豪氏單位顯著較低之事實 (表 4)，由於糙米與玉米的鈣磷含量均相近，其確切肇因是否與血中礦物質含量有關則尚待進一步探討。

表 4. 糙米取代玉米及添加葉黃素與否對蛋雞蛋品質之影響

Table 4. Effects of dietary replacement of corn with brown rice and supplemental xanthophyll on the egg weight and egg quality of layer during 23 – 35 wks of age

Items	Brown rice replacement rate, %					SEM
	0	50	75	100	100 + xanthophyll 15 mg/kg	
Avg. egg weight, g	55.60	56.67	54.60	56.52	53.77	1.33
Egg breaking strength, kg/cm ²	2.58	2.57	2.20	2.13	2.29	0.18
Shell thickness, μ m	36.16	35.25	34.16	34.33	34.91	0.78
Egg white height, mm	6.39	6.57	6.31	6.18	5.73	0.41
Shell percentage (shell weight/egg weight), %	12.45	12.64	12.65	11.79	12.12	0.35
Haught unit	92.63 ^{ab}	98.58 ^a	92.78 ^{ab}	88.92 ^b	88.27 ^b	3.22
Yolk color						
L value (light degree)	54.00	53.12	56.78	56.76	53.83	0.85
a value (red color)	6.98 ^a	3.04 ^b	1.18 ^c	0.05 ^d	7.13 ^a	0.25
b value (yellow color)	41.76 ^a	37.21 ^b	31.52 ^c	23.41 ^d	41.26 ^a	0.78

a, b, c, d Means with different letters within the same row are significantly different at 5% level.

表 5. 糙米取代玉米及添加葉黃素對雞蛋官能品評之影響

Table 5. Effects of dietary replacement of corn with brown rice and supplemental xanthophylls on panel test of egg

Score	Brown rice replacement rate, %					P-value
	0	50	75	100	100 + xanthophyll 15 mg/kg	
----- Percentage of flavor score, % -----						
1	0	3.70	0	3.70	0	P = 0.054
2	7.41	7.41	0	11.11	7.41	
3	3.70	14.81	33.33	22.22	0	
4	14.81	25.93	29.63	29.63	33.33	
5	29.63	29.63	22.22	29.63	25.93	
6	37.04	18.52	14.81	3.70	25.93	
7	7.41	0	0	0	7.41	
----- Percentage of color score, % -----						
1	0	0	3.70	14.81	0	P < 0.01
2	3.70	7.41	11.11	33.33	0	
3	3.70	25.93	37.04	29.63	0	
4	65.41	37.04	25.93	14.81	7.41	
5	55.56	22.22	14.81	7.41	25.93	
6	18.52	7.41	7.41	0	40.74	
7	11.11	0	0	0	25.93	

表 5. 糙米取代玉米及添加葉黃素對雞蛋官能品評之影響 (續)

Table 5. Effects of dietary replacement of corn with brown rice and supplemental xanthophylls on panel test of egg (countinued)

Score	Brown rice replacement rate, %					P-value
	0	50	75	100	100 + xanthophyll 15 mg/kg	
----- Percentage of tender score, % -----						
1	0	7.41	0	0	0	P = 0.089
2	0	14.81	22.22	22.22	14.81	
3	11.11	14.81	29.63	25.93	14.81	
4	14.81	29.63	18.52	25.93	22.22	
5	29.63	18.52	11.11	3.70	14.81	
6	37.04	11.11	18.52	22.22	29.63	
7	7.41	3.70	0	0	3.7	
----- Percentage of acceptability score, % -----						
1	0	7.41	0	7.41	0	P < 0.01
2	3.70	0	7.41	7.41	11.11	
3	3.70	14.81	25.93	29.63	3.7	
4	11.11	29.63	29.63	40.74	14.81	
5	22.22	33.33	29.63	11.11	29.63	
6	44.44	11.11	7.41	3.70	33.33	
7	14.81	3.70	0	0	7.41	

Panel test was scored on a 1 ~ 7 point scale (7: very tender, intense or like and 1: very tough, blank or dislike), and changed into percentage.

表 6. 糙米取代玉米及添加葉黃素與否對蛋雞血液生化值之影響

Table 6. Effects of dietary replacement of corn with brown rice and supplemental xanthophyll on blood characteristics in hens during 23 – 35 wks of age

Items	Brown rice replacement rate, %					SEM
	0	50	75	100	100 + xanthophyll 15 mg/kg	
Glucose, mg/dL	243	239	261	254	263	12
Total protein, g/dL	5.38	5.76	5.75	5.45	5.33	0.17
Uric nitrogen, mg/dL	1.05	1.03	1.75	1.38	1.58	0.32
Total cholesterol, mg/dL	128	131	141	128	132	14.22
Triglyceride, mg/dL	1,604	1,380	1,779	1,728	1,421	188
Calcium, mg/dL	22.25 ^a	21.96 ^a	22.25 ^a	18.86 ^b	18.75 ^b	0.73
Inorganic phosphorous, mg/dL	4.98 ^a	5.02 ^a	5.53 ^a	3.95 ^b	3.97 ^b	0.46

^{a, b} Means with different letters within the same row are significantly different at 5% level.

結 論

以臺中秈 17 號糙米完全取代玉米原料可影響蛋雞採食量與產蛋性能。隨著糙米取代玉米比例提高，會明顯淡化蛋黃顏色，並影響消費者對雞蛋品評的接受性，但補充天然色素可恢復蛋黃色澤。考量雞蛋品質而言，糙米取代玉米比例應以 50% 以下，並補充天然色素為宜。

誌 謝

本試驗由助理李進寶先生及營養組試驗現場同仁協助雞隻飼養管理工作、採樣及蛋品質測定；本所同仁協助雞蛋品評等，在此一併致謝。

參考文獻

- 李邦淦、楊榮芳。1971a。糙米餵飼肉雞營養價值測定試驗報告。畜產研究 6：54-62。
- 李邦淦、楊榮芳。1971b。糙米代替玉米餵飼肉雞對發育、飼料利用率及屠體性狀影響之研究。臺灣農業 7：59-67。
- 李邦淦、楊榮芳。1973。糙米代替玉米餵飼來航雞對發育、性成熟、產卵及孵化率影響之研究報告。臺灣農業 9：121-132。
- 沈明來。1999。試驗設計學。九州圖書文物有限公司出版，臺北市。pp. 73-77。
- 徐阿里。2007。飼料米之營養價值及利用。畜產試驗所全球資訊網。<http://www.tlri.gov.tw/files/frame.htm#slide0024.htm>。
- 施柏齡、林慧秋、范耕榛、李春芳。2014。飼糧添加龍鬚菜粉對蛋雞產蛋性能及蛋品質之影響。中畜會誌 (增刊) 43：284。
- 施柏齡、林慧秋、范耕榛、李春芳。2015。飼糧添加龍鬚菜粉對雞蛋品評調查及血液性狀之影響。中畜會誌 (增刊) 44：279。
- 施柏齡、鄭永祥、范耕榛。2017。飼糧添加靈芝萃取物對臺灣土雞生長、屠體性狀及免疫反應之影響。畜產研究 50(2)：172-180。
- 蘇亮如。2015。飼糧添加蝦紅素粉對蛋雞產蛋性能、蛋品質及蛋黃顏色之影響。國立屏東科技大學動物科學與畜產系碩士學位論文，屏東。
- 大塚真史、佐伯祐里佳、家入誠二。2012。飼料用粉米添加飼料の給与が採卵成績に与える影響。熊本県農業研究センター研究報告第 19 号：1-10。
- 金谷健史、脇本進行、滝本英二。2014。採卵鶏における育雛期からの飼料用粉米給与。岡山農総セ畜研報 4：31-38。
- 龍田健、久宗幸恵、吉川実、藤橋拓志。2010。飼料用米の給与が採卵鶏の産卵成績に及ぼす影響。兵庫農技総セ研報 (畜産) 46：11-13。
- 篠田満、上田靖子、新宮博行、櫛引史郎。2000。玄米または白米給与が肥育豚の発育および脂肪品質に及ぼす影響。東北畜産学会報 50：171 - 172。
- Association of Official Agricultural Chemists. 2007. Official Methods of Analysis (17th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Dua, P. N., E. J. Day, J. E. Hill, and C. O. Grogan. 1967. Utilization of xanthophylls from natural sources by the chick. J. Agr. Food Chem. 15: 324-328.
- Haugh, R. R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. U.S. Egg Poultry Mag. 43: 552.
- Lyon, L. E., B. G. Lyon, C. E. Davis, and W. E. Townsend. 1980. Texture profile analysis of patties made from mixed and flake-cut mechanically deboned 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.
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. National Academic Press, Washington, D. C.
- Pérez-Gálvez A., J. J. Negro-Balmaseda, M. I. Mínguez-Mosquera, M. V. Cascajo-Almenara, and J. Garrido-Fernández. 2008. Astaxanthin from crayfish (*Procambarus clarkii*) as a pigmentary ingredient in the feed of laying hens. Grasas Y. Aceites 59: 139-145.
- Roche, V. and F. Chemicals. 1988. Egg yolk pigmentation with carophyll. 3rd Ed., Hoffmann-La Roche Ltd., Basel, Switzerland, pp. 1218.
- SAS. 2002. SAS User's Guide, Release 8.2 Ed. Statistical Institute, Inc., Cary, N.C.

Effects of dietary replacement of corn with Taichung Sen 17 brown rice on laying performance and egg quality of Leghorn layers ⁽¹⁾

Bor-Ling Shih ⁽²⁾⁽⁴⁾ Geng-Jen Fan ⁽²⁾ and Churng-Faung Lee ⁽³⁾

Received: Aug. 15, 2019; Accepted: Jan. 13, 2020

Abstract

Experiment was conducted to study the effects of dietary replacement of corn with Taichung Sen 17 brown rice on laying performance and egg quality of Leghorn layers. A total of 200 twenty-three weeks old layers were randomly assigned into five treatments. Each treatment had 40 birds. A corn-soybean basal diet was offered in the control group and Taichung Sen 17 brown rice was used to replace 50%, 75% or 100% of the corn in control diets. The fifth treatment was replacement of 100% corn with the brown rice and adding 15 mg/kg of natural xanthophyll. Feed and water were offered *ad libitum* during the trial period. The laying performance and egg quality were measured during the 12 weeks experiment. Results indicated that the daily feed intake, egg production, egg mass and feed conversion ratio were significantly ($P < 0.05$) decreased when layers were fed the diet with 100% substitution of corn irrespective of xanthophyll supplementation. Furthermore, the a value (redness) and b value (yellowness) of yolk color were significantly ($P < 0.05$) decreased as the supplementation of brown rice increased. Supplementation of xanthophyll increased the yolk color of eggs from layer fed the rice substituted diet. The hen fed with both control diet or 100% brown rice added 5 mg/kg xanthophyll had higher ($P < 0.05$) percentage on score of acceptability in panel test. In conclusion, we suggest that the amount of substitution of corn by feed graded rice for layer was 50% or lower.

Key words: Egg quality, Layer, Laying performances, Taichung Sen 17 brown rice.

(1) Contribution No. 2631 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Deputy Director Office, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

飼糧粗蛋白質與代謝能含量對 8 至 12 週齡 白羅曼肉鵝生長表現的影響⁽¹⁾

王錦盟⁽²⁾ 胡見龍⁽³⁾ 張雁智⁽³⁾⁽⁴⁾

收件日期：108 年 12 月 17 日；接受日期：109 年 2 月 15 日

摘 要

一般而言，肉鵝的生產可分為二階段的飼養模式，即 0－4 週齡與 4 週齡以後。白羅曼鵝 8 週齡體重可以達到上市體重的 80－90%，這意味著 8 週齡之前和之後肉鵝營養需求可能不同。本試驗使用 192 隻 8 週齡白羅曼鵝為試驗動物，以 8－12 週齡為試驗期，採任飼，不限給水，以評估飼糧不同粗蛋白質 (Crude protein, CP) 與代謝能 (Metabolizable energy, ME) 含量對鵝隻生長表現的影響。試驗採 2×3 複因子設計，即二種 CP 含量 (13 及 15%) 與三種 ME 含量 (2,300、2,500 及 2,700 kcal/kg)。結果顯示，試驗使用兩種 CP 含量飼糧對 8－12 週齡鵝隻的採食量、體增重與飼料轉換率均無顯著影響。在 ME 方面，飼糧 ME 含量顯著影響 8－12 週齡鵝隻採食量 ($P < 0.05$)，鵝隻採食量隨著 ME 的增加而減少，但在增重與飼料轉換率方面則無顯著影響。試驗結果發現，在任飼條件下，8－12 週齡白羅曼鵝給飼 CP 13% 及 ME 2,300 kcal/kg 飼糧即可獲得良好的生長表現。在生產成本方面，提高飼料代謝能可以降低鵝隻 8－12 週齡體增重的飼料成本，惟各組鵝隻增重的飼料成本均高達 72 元/kg 以上。

關鍵詞：白羅曼鵝、粗蛋白質、代謝能、肥育期。

緒 言

臺灣飼養鵝隻的品種以白羅曼鵝為主，其市場佔有率超過 95%。一般而言，臺灣商業生產肉鵝的出售時間為 12 週齡。在英國，鵝隻於 9 或 16 週齡時上市或是在鵝隻完全換羽階段 (complement moult stage) 之後 (20 週齡) 上市 (Stevenson, 1989)。Allen (1983) 指出在 5－6 與 7－9 週齡期間，鵝隻飼糧 CP 含量應分別為 16 與 14%。Saleyev (1975) 則建議 4－9 週齡期間，鵝隻飼糧 CP 含量應為 18%。飼糧中 CP 濃度從 18% 提高到 22% 對 6－9 週齡埃姆登 (Embsden) 鵝的增重沒助益 (Summer *et al.*, 1987)。

代謝能 (ME) 方面，Saleyev (1975) 建議 4－9 週齡鵝隻飼糧中 ME 含量為 2,916 kcal/kg。5－9 週齡生長鵝飼糧中 ME 含量，從 2,629 提升到 3,107 kcal/kg，對義大利 Legarth 鵝的增重沒有顯著影響 (Stevenson, 1985)。NRC (1994) 對 4 週齡以後鵝隻飼糧的營養推薦量為 CP 15% 和 ME 2,900 kcal/kg。綜上所述，顯示鵝隻在 4 週齡以後至上市，飼糧中 CP 和能量的推薦量範圍很廣，CP 含量從 14－22%，ME 則從 2,629－3,107 kcal/kg 之間。本研究探討不同 CP 與 ME 含量飼糧對白羅曼鵝 8－12 週齡生長表現的影響。

材料與方法

I. 動物試驗

白羅曼鵝取自彰化種畜繁殖場，4 週齡前 (0－28 日齡) 給雛鵝料 (CP 20%，ME 2,900 kcal/kg)，4－8 週齡 (28－56 日齡) 給飼生長鵝料 (CP 13%，ME 2,400 kcal/kg) (Wang *et al.*, 2019)。以此 8 週齡 (56 日齡) 鵝隻為試驗動物，使用 2×3 複因子設計 (factorial experiment design)，將 192 隻 8 週齡白羅曼鵝，逢機分成 6 組，每組 4 重

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2632 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

(4) 通訊作者，E-mail: yjc030303@yahoo.com.tw。

複 (欄)，每欄 8 隻 (公母各半)，分別給飼 6 種試驗飼糧如表 1，飼糧使用 2 種 CP 含量為 13 與 15% 及 3 種 ME 含量為 2,300、2,500 與 2,700 kcal/kg。試驗期間，鵝隻給予任食，不限給水，每週測定飼料採食量與體重，並以欄為單位計算增重與飼料轉換率 (feed conversion rate, 飼料採食量 / 增重)。

表 1. 8 – 12 週齡鵝之試驗飼糧組成

Table 1. The composition of the experimental diets for the geese between 8-12 weeks of age

CP, %	13			15		
ME, kcal/kg	2,300	2,500	2,700	2,300	2,500	2,700
Ingredients, %						
Yellow corn	49.25	57.53	65.80	46.60	54.90	63.20
Soybean meal	10.80	13.42	16.05	17.25	19.95	22.65
Wheat bran	28.80	17.90	7.00	25.00	14.00	3.00
Rice hulls	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Limestone, pulverized	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Dicalcium phosphate	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Salt, iodized	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
Vitamin premix ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix ²	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cost, NT \$/kg ³	8.018	8.315	8.612	8.422	8.724	9.027
Calculated values						
Crude protein, %	12.96	12.95	12.93	14.94	14.94	14.95
ME, kcal/kg	2,300	2,499	2,699	2,303	2,504	2,706
Crude fiber, %	8.70	7.88	7.05	8.68	7.85	7.02
Ca, %	0.78	0.78	0.77	0.79	0.79	0.78
Available P, %	0.41	0.40	0.39	0.42	0.41	0.40
Met, %	0.22	0.23	0.23	0.25	0.26	0.26
Met + Cystine, %	0.45	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53
Lys, %	0.78	0.81	0.84	0.93	0.96	0.98
Analyzed values (n = 2)						
Crude protein, %	13.9 ± 0.18*	13.8 ± 0.41	13.6 ± 0.02	15.7 ± 0.41	15.4 ± 0.37	15.6 ± 0.04
Ether extract, %	2.8 ± 0.04	2.6 ± 0.07	2.4 ± 0.07	2.5 ± 0.03	2.5 ± 0.01	2.2 ± 0.13

¹ Supplied the following vitamins per kg of diet: vitamin A (retinyl acetate), 20,000 IU; vitamin D₃ 4,000 IU; vitamin E (DL- α -tocopheryl acetate), 40 IU; vitamin K₃, 6 mg; vitamin B₁ 4 mg; vitamin B₂ 10 mg; vitamin B₆ 6 mg; vitamin B₁₂, 0.06 mg; nicotinic acid, 60 mg; pantothenic acid, 20 mg; folic acid, 4 mg and biotin, 0.4 mg.

² Supplied the following minerals per kg of diet: Fe, 150 mg; Cu, 22.5 mg; Mn, 120 mg; Co 0.38 mg; Zn, 75 mg; I, 1.3mg and Se 0.23 mg.

³ The price of feed ingredients (NT \$/kg): yellow corn, 7.32; soybean meal, 12.74; wheat bran, 5.90; rice hulls, 7.00; limestone, pulverized, 2.00; dicalcium phosphate, 14.10; salt, iodized, 4.50; choline chloride, 50%, 37.00; vitamin premix, 210.00 and mineral premix, 44.00.

* Mean ± SD.

II. 統計分析

本試驗採 2 × 3 複因子設計，以飼糧中粗蛋白質與代謝能為主效果。分析模式： $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ ， A_i 代表粗蛋白質效應， B_j 代表代謝能效應， $A_i \times B_j$ 為粗蛋白質因子與代謝能因子之交互作用效應， ε_{ijk} 則為機差效應。試驗資料使用 SAS 統計套裝軟體 (Statistical Analysis System, SAS, 1996)，使用一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure) 進行變方分析，並以 Tukey's Studentized Range Test 比較各組間之差異顯著性。

結果與討論

I. 飼糧 CP 含量對 8 – 12 週齡白羅曼鵝生長表現的影響

本試驗之資料經統計分析，顯示 CP 與 ME 無交互作用，因此就個別因子討論之。飼糧 CP 含量對 8 – 12 週齡鵝隻的隻日採食量、4 週總增重與飼料轉換率均無顯著影響。飼糧中 CP 含量 13 vs. 15% 的平均隻日採食量、總增重及飼料轉換率分別為 285 vs. 288 g、0.89 vs. 0.93 kg 及 8.97 vs. 8.67 (表 2)。

在採食量方面，飼糧中 CP 含量較低的飼糧會抑制鵝的食慾 (Leeson *et al.*, 1993)。王等 (2015) 以 CP 15% 飼糧給飼 9 – 13 週齡白羅曼鵝的隻日採食量為 295 g/天。飼糧中 CP 自 15% 降低至 13% 對 4 – 8 週齡鵝隻的採食量有抑制的趨勢 (Wang *et al.*, 2019)。本試驗則得到不同的結果，給飼 13 或 15% CP 飼糧對 8 – 12 週齡鵝隻的隻日採食量無顯著影響，分別為 285 與 288 g，但與王等 (2015) 的 295 g/天 / 鵝相近。

在增重方面，本試驗給飼 CP 13 與 15% 飼糧對 8 – 12 週齡鵝隻的全期 4 週總增重無顯著影響，分別為 0.89 與 0.93 kg/goose。王等 (2015) 以 CP 15% 飼糧給飼 9 – 13 週齡白羅曼鵝的總增重為 0.95 kg。Wang *et al.* (2019) 給飼 CP 13 或 15% 飼糧對 4 – 8 週齡鵝隻的體增重沒有影響。

在飼料轉換率方面，本試驗 CP 13% 或 15% 飼糧對 8 – 12 週齡白羅曼鵝的飼料轉換率無顯著影響，分別為 8.97 與 8.67。王等 (2015) 以 CP 15% 飼糧給飼 9 – 13 週齡白羅曼鵝的飼料轉換率為 10.9。4 – 8 週齡白羅曼鵝給飼 CP 13% 飼糧的飼料轉換率優於給飼 CP 15% 飼糧者 (Wang *et al.*, 2019)。

綜上所述，飼糧中 CP 含量由 15% 降低至 13% 對 8 – 12 週齡白羅曼鵝的增重、採食量與飼料轉換料均無顯著影響。

II. 飼糧 ME 含量對 8 – 12 週齡白羅曼鵝生長表現的影響

飼糧中 ME 含量顯著影響 8 – 12 週齡鵝隻的採食量，ME 2,300 kcal/kg 各組之平均隻日採食量為 304 g 顯著高於 ME 2,500 與 2,700 kcal/kg 各組的 282 與 275 g ($P < 0.05$) (表 2)。

表 2. 飼糧中粗蛋白質 (CP) 及代謝能 (ME) 含量對 8 – 12 週齡白羅曼鵝生長性能的影響

Table 2. The effects of dietary crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) on growth performance of the White Roman geese from 8 to 12 weeks of age

Item	Feed intake (g/day/goose)	BW gain (kg)	Feed conversion ratio (feed intake/ BW gain, kg:kg)
CP levels, %			
13	285	0.89	8.97
15	288	0.93	8.67
SE	4.14	0.03	0.25
ME, kcal/kg of diet			
2,300	304 ^a	0.94	9.06
2,500	282 ^b	0.87	9.08
2,700	275 ^b	0.92	8.37
SE	5.07	0.04	0.30

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

Veldkamp *et al.* (2005) 指出隨著飼糧能量的降低，火雞採食量有直線性上升的趨勢。在任食條件下，飼糧 ME 從 3,250 調降到 2,500 kcal/kg，使 4 – 8 週齡白羅曼鵝的隻日飼料採食量從 273 提升 318 g (王等, 2004)。飼糧 ME 含量從 3,000 降低至 2,400 kcal/kg，亦使 4 – 8 週齡白羅曼鵝的隻日飼料採食量從 274 提高至 317 g (Wang *et al.*, 2019)。本試驗有類似的結果，飼糧 ME 含量從 2,700 調降至 2,300 kcal/kg，使 8 – 12 週齡白羅曼鵝的隻日採食量從 275 提升至 304 g。綜上所述，8 – 12 週齡白羅曼鵝的採食量受飼糧中 ME 含量的影響。Morris (1968) 指出，改變飼糧中能量對鳥類生長的影響程度，取決於鳥類改變採食量的能力，以滿足本身能量需求。推測在任食條件下，4 – 12 週齡白羅曼鵝為滿足本身能量需求，而提升對低能量飼糧的採食量，可達 303 g/天 / 鵝以

上。

一般而言，生長期家禽的採食量隨著飼糧能量的提升而下降，同時提高體增重。Wang *et al.* (2019) 指出飼糧中 ME 含量自 2,400 提升至 3,000 kcal/kg，可降低 4 – 8 週齡白羅曼鵝的採食量，同時提高鵝隻的增重。而本試驗提升飼糧中 ME 含量提升，可降低 8 – 12 週齡鵝隻的採食量，但對增重則無顯著影響(表 2)，飼糧中 ME 2,300、2,500 與 2,700 kcal/kg 各組的全期平均總增重分別為 0.94、0.92 與 0.86 kg/goose，暗示 8 – 12 週齡鵝隻不具生長期增重快速的性質。推測由於白羅曼鵝 8 週齡時的體重已達到出售時的 80 – 90%，而 8 – 12 週齡鵝隻的增重偏低僅佔出售時的 10 – 20%，此期間的增重速率較為緩慢，因此，提升 ME 含量對鵝隻在 8 – 12 週齡之增重不顯著。在市場需求上，顯示 8 – 12 週齡飼養期並非以增重為主要飼養目的，而以改善屠體與羽毛為主要訴求。

在飼料轉換率方面，Holsheimer and Veerkamp (1992) 以較高能量飼糧給飼 6 – 8 週齡肉雞，可以改善飼料轉換率。相同的，4 – 8 週齡白羅曼鵝給予較高能量飼糧亦得到較好的飼料轉換率(Wang *et al.*, 2019)。本試驗得到不同結果，飼糧中 ME 含量 2,300、2,500 與 2,700 kcal/kg 的平均飼料轉換率分別為 9.06、9.08 與 8.37，顯示飼糧中 ME 含量並不影響 8 – 12 週齡鵝隻之飼料轉換率。

飼糧 CP 自 15% 降至 13%，對 4 – 8 週齡鵝隻的採食量有降低的趨勢，且有較佳之飼料轉換率(Wang *et al.*, 2019)，相對的，本試驗飼糧 CP 含量對 8 – 12 週齡鵝隻的採食量、體增重與飼料轉換率均無顯著影響。提高飼糧中 ME 含量改善 4 – 8 週齡鵝隻的體增重與飼料轉換率(Wang *et al.*, 2019)，相對的，本試驗飼糧中 ME 含量對 8 – 12 週齡鵝隻的體增重與飼料轉換率均無顯著影響，推測飼糧中 CP 與 ME 含量對 4 – 8 週齡與 8 – 12 週齡白羅曼鵝增重與飼料轉換率有不同的影響，因此白羅曼鵝 4 – 12 週齡採取分段飼養的可行性，可進一步討論。

III. 白羅曼鵝肉鵝的分階段飼養

NRC(1994) 推薦肉鵝飼養為二階段，0 – 4 週齡與 4 週齡至出售，鵝隻 4 週齡以後的營養推薦量為 CP 15% 和 ME 2,900 kcal/kg。Saleyev (1975) 建議 4 – 9 週齡鵝隻飼糧中 ME 含量為 2,916 kcal/kg。

由相關試驗顯示，白羅曼鵝 4 – 8 週齡給飼全期增重介於 1.80 – 2.08 kg 之間(Wang *et al.*, 2019)，計算每日增重為 64.3 – 74.3 g。而本試驗 8 – 12 週齡各組鵝隻的全期增重則介於 0.85 – 0.98 kg/goose 之間(表 3)，計算每日增重則介於 30.4 – 35.0 g/goose 之間，若以平均值計算，8 – 12 週齡的平均增重僅為 4 – 8 週齡的 47.2%。

表 3. 白羅曼鵝 8 – 12 週齡的生長表現

Table 3. Growth performance of the White Roman geese from 8-12 weeks of age

CP, %	13			15		
ME, kcal/kg	2,300	2,500	2,700	2,300	2,500	2,700
Body weight at 12 weeks of age (kg/goose)	5.14 ± 0.151	5.12 ± 0.13	5.18 ± 0.14	5.24 ± 0.12	5.14 ± 0.02	5.16 ± 0.12
Feed intake (g/goose/day)	294 ± 18 ^a	287 ± 12 ^b	276 ± 13 ^b	314 ± 19 ^a	277 ± 13 ^b	275 ± 8 ^b
Body weight gain (kg/goose)	0.90 ± 0.13	0.85 ± 0.10	0.92 ± 0.13	0.98 ± 0.12	0.88 ± 0.02	0.92 ± 0.15
Feed conversion rate, FCR ²	9.20 ± 0.72	9.55 ± 0.79	8.48 ± 0.91	9.04 ± 0.96	8.69 ± 0.37	8.48 ± 1.18
The feed cost of BWG, NT \$/kg ³	73.34	78.61	72.34	75.56	76.89	75.55

¹ Mean ± SD.

² FCR = Feed intake/body weight gain.

³ The feed cost of BWG = The cost of feed (NT \$/kg) × Feed intake (kg/goose) / BWG (kg/goose).

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

在任飼的條件下，白羅曼鵝 4 – 8 週齡的隻日飼料採食量介於 264 – 313 g 之間(Wang *et al.*, 2019)。本試驗 8 – 12 週齡鵝隻則介於 275 – 314 g 之間；兩者的平均隻日採食量分別為 288.5 與 294.5 g，雖然兩者的飼糧 ME 含量分別為 2,400 – 3,000 與 2,300 – 2,700 kcal/kg 之間，後者採食量為前者的 102.1%，兩者有相近的採食量，但後者的增重僅為前者的 47.2%。綜上所述，在任食條件下，4 – 8 與 8 – 12 週齡白羅曼肉鵝有相似的採食量，但後者的生長表現不及前者的 50%。因此推論，兩者的主要飼養目的與營養需求有所差異，在任飼的條件下，

4－8 週齡白羅曼肉鵝的主要飼養目的可視為增加鵝隻體重，相對的，8－12 週齡則為增加鵝隻成熟度，以符合市場需求為主要飼養目的。因此推薦 4－12 週齡肉鵝生產可再區分 4－8 與 8－12 週齡，使白羅曼肉鵝的生產為三階段飼養，分別為 0－4、4－8 與 8－12 週齡階段。

IV. 白羅曼鵝 8－12 週齡體增重的飼料成本

飼料中蛋白質含量不變，提高飼料中能量含量可改善土雞的增重與飼料效率 (賴，1992)。本試驗的結果支持賴 (1992) 的論點，提高飼料代謝能含量降低鵝隻的採食量，雖然對增重與飼料轉換率無顯著影響，若計算每公斤體增重的飼料成本，6 組白羅曼鵝 8－12 週齡每公斤體增重的飼料成本均介於 72.34 至 78.61 元 /kg 之間 (表 3)，以 CP 13%/ME 2,700 kcal/kg 組的飼料成本最低為 72.34 元 /kg；如提高 CP 15%，各組的飼料成本仍以配合 ME 2,700 kcal/kg 組較低為 75.55 元 /kg，顯示提高飼料代謝能含量可以降低鵝隻 8－12 週齡體增重的飼料成本，惟各組鵝隻體增重的飼料成本均高達 72 元 /kg 以上。

V. 白羅曼鵝 8－12 週齡公母體重資料

白羅曼鵝 8－12 週齡的公母體重改變如圖 1。由於本試驗飼糧中 CP 與 ME 含量對 8－12 週齡鵝隻的體增重無顯著影響，且 6 組飼糧間鵝隻的增重均無顯著差異。因此，若以 6 組公母鵝體重分別計算平均值，顯示 8 週齡公與母鵝初體重分別為 4.44 與 4.06 kg，公鵝體重顯著較重 ($P < 0.01$)，8 週齡公鵝較母鵝多 0.38 kg，12 週齡終體重則分別為 5.52 與 4.81 kg，公鵝體重亦顯著較重 ($P < 0.01$)，12 週齡公鵝體重較母鵝多 0.71 kg。

由王等 (2004) 研究顯示 4－8 週齡期間白羅曼公與母鵝體增重分別為 2.64 與 2.22 kg，公鵝體增重較母鵝多 0.42 kg。本試驗 8－12 週齡期間公與母鵝體增重分別為 1.07 與 0.75 kg，公鵝體增顯著較高 ($P < 0.01$)，公鵝體增重較母鵝多 0.32 kg，為母鵝的 1.43 倍。如前所述，白羅曼鵝 8－12 週齡體增重僅為 4－8 週齡者的 47.2%，但公鵝的體增重為母鵝的 1.43 倍，顯示公母鵝的營養需求可能不同，未來有進一步探討的空間。

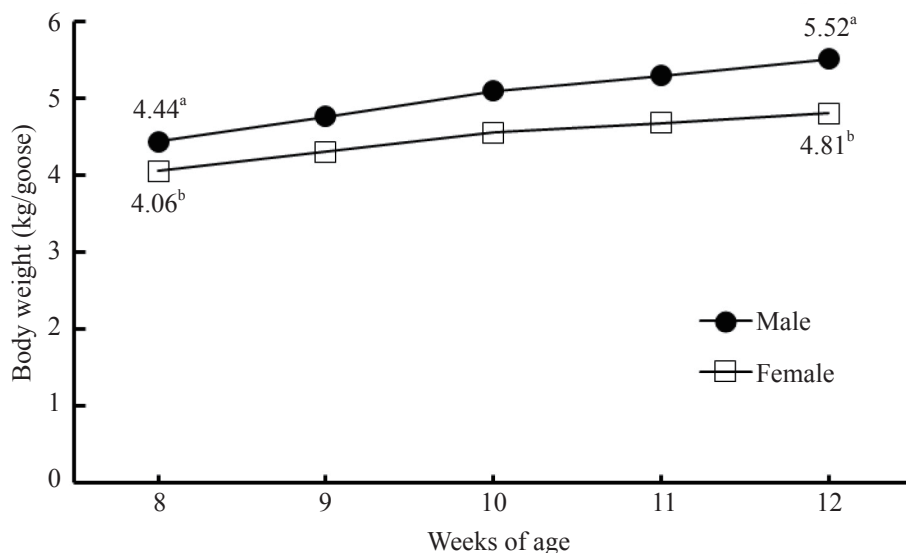


圖 1. 白羅曼鵝 8－12 週齡的體重。

Fig. 1. Body weight of the White Roman geese between 8 and 12 weeks of age.

結 論

飼糧 CP 含量對 8－12 週齡白羅曼鵝的採食量、增重與飼料轉換率均無顯著影響。雖然降低飼糧中 ME 含量可提升 8－12 週齡鵝隻的採食量，但對鵝隻的增重與飼料轉換率均無顯著影響。在任飼條件下，8－12 週齡白羅曼鵝給飼含 CP 13% 及 ME 2,300 kcal/kg 飼糧，即可獲得良好的生長表現。

誌 謝

試驗期間承行政院農業委員會彰化種畜繁殖場全體同仁協助，謹此誌謝。

參考文獻

- 王錦盟、胡見龍、莊鴻林、吳國欽、陳立人、李舜榮。2004。環境溫度對白羅曼鵝生長性能影響。畜產研究 37：163-170。
- 王錦盟、張雁智、粘碧珠、胡見龍。2015。日曬花生藤使用量對肉鵝 9 至 13 週齡生長性能與屠體性狀的影響。畜產研究 48：114-118。
- 賴元亮。1992。日糧中不同熱能蛋白比對臺灣土雞生長性能及腹部脂肪組織發育之影響。碩士論文，國立中興大學。臺中，臺灣。
- Allen, N. K. 1983. Nutrition of growing geese. *Rev. Avicole* 93: 97-98.
- Holsheimer, J. P. and C. H. Veerkamp. 1992. Effect of dietary energy, protein and lysine content on performance and yields of two strains of male broiler chicks. *Poult. Sci.* 71: 872-879.
- Leeson, S., J. D. Summer and L. Caston. 1993. Growth response of immature brown-egg strain pullet to varying nutrient density and lysine. *Poult. Sci.* 72: 1349-1358.
- Morris, T. R. 1968. The effect of dietary energy level on the voluntary calorie intake of laying hens. *Brit. Poult. Sci.* 9: 285-295.
- National Research Council. 1994. Nutrient Requirement of Poultry. 9th revised edition. National Academy Press, Washington, D. C., USA.
- Saleyev, P. 1975. Ways of increasing goose meat production in the USSR. *World's Poult. Sci. J.* 31: 276-287.
- SAS Institute Inc. 1996. The SAS® system for Windows. Release 6.12 SAS Institute Inc., Carry, North Carolina.
- Stevenson, M. H. 1985. Effects of diets of varying energy concentrations on the growth and carcass composition of geese. *Br. Poult. Sci.* 26: 493-504.
- Stevenson, M. H. 1989. Nutrition of domestic geese. *Proc. Nutr. Soc.* 48: 103-111.
- Summer, J. D., G. Hurnik and S. Leeson. 1987. Carcass composition and protein utilization of Embden geese fed varying levels of dietary protein supplemented with lysine and methionine. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 159-164.
- Veldkamp, T., R. P. Kwakkel, P. R. Ferket and M. W. Verstegen. 2005. Growth responses to dietary energy and lysine at high and low ambient temperature in male turkeys. *Poult. Sci.* 84: 273-282.
- Wang, C. M., Y. C. Chang, C. L. Hu, and Y. S. Jea. 2019. Environmental temperature effect on the growth performance of geese. *J. Taiwan Livest. Res.* 52: 176-181.

Effects of dietary crude protein and metabolizable energy levels on the growth performance of White Roman Geese between 8 and 12 weeks of age ⁽¹⁾

Chin-Meng Wang ⁽²⁾ Chien-Lung Hu ⁽³⁾ and Yen-Chih Chang ^{(3) (4)}

Received: Dec. 17, 2019; Accepted: Feb. 15, 2020

Abstract

For goose production, two stage feeding model, 0-4 and 5-12 weeks of age, were recommended. The body weight of White Roman goose at 8 weeks of age can reach 80-90% of market boy weight. The nutritional requirements of meat goose may be different before and after 8 weeks of age. A total of 192 White Roman geese, 8 weeks of age, were used in this study. Feeding trial during 8-12 weeks of age was used to evaluate the effects of dietary crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) on the growth performance of goose. The 2 × 3 factorial experiment was used i.e., two crude protein levels (13 and 15%) and three metabolizable energy levels (2,300, 2,500 and 2,700 kcal/kg). The results showed that the levels of dietary CP had no significant effect on feed intake, body weight gain and feed conversion rate for the geese between 8 and 12 weeks of age. Nevertheless, the effect of dietary ME significantly ($P < 0.05$) affected the feed intake of the geese, but had no effect on body weight gain and feed conversion rate. The feed intake was decreased by the increase of dietary ME intake. In conclusion, White Roman geese providing CP 13% and ME 2,300 kcal/kg diet *ad libitum* can obtain a good growth performance. As for production cost, the increase in the feed ME reduces the feed cost of the goose between 8 and 12 weeks of age, but the feed cost of each group was all higher than NT\$72 /kg.

Key words: White Roman goose, Crude protein, Metabolizable energy, Finisher period.

(1) Contribution No. 2632 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI, Changhua 52149, Taiwan, R. O. C.

(4) Corresponding author, E-mail: yjc030303@yahoo.com.tw.

不同儲存天數、溫度及相對濕度對初產白羅曼鵝種蛋失重及孵化性狀之影響⁽¹⁾

廖士傑⁽²⁾ 林旻蓉⁽²⁾ 王勝德⁽²⁾ 林宗毅⁽³⁾ 張伸彰⁽⁴⁾ 涂柏安⁽⁵⁾⁽⁶⁾

收件日期：108 年 12 月 13 日；接受日期：109 年 3 月 5 日

摘 要

本研究旨在探討不同儲存天數、溫度及相對濕度對白羅曼鵝種蛋失重及孵化性狀之影響。試驗使用 527 枚初產 (37 到 50 週齡) 白羅曼鵝種蛋，每日上午收集之種蛋隨機分配到不同溫度 (12℃、16℃) 及相對濕度 (50%、80%) 之儲存環境 3 – 11 日直至入孵，並依照儲存天數將種蛋分為：A 組 (儲存 3 至 5 日)、B 組 (儲存 6 至 8 日) 及 C 組 (儲存 9 至 11 日)，共分為 $2 \times 2 \times 3 = 12$ 種處理組進行複因子統計分析。結果顯示，種蛋失重隨儲存天數增加而上升，在各種儲存天數或儲存溫度條件下，提高儲存相對濕度皆有改善種蛋失重之效果。在孵化性狀部分，受精率、受精蛋孵化率、早期及中後期胚胎死亡率，在各處理組間皆無顯著差異。B 組種蛋經過儲存溫度 16℃ 處理後，相較於 C 組種蛋經過儲存溫度 12℃ 處理有較高總入蛋數孵化率 ($P < 0.05$)。此外，B 組相較 C 組有較高受精率及總入蛋數孵化率 ($P < 0.05$)，但相對 A 組有較高早期胚胎死亡率 ($P < 0.05$)。在雛鵝品質部分，B 組種蛋經過儲存溫度 12℃ 及儲存相對濕度 50% 組合之處理後，其相較儲存溫度 12℃ 及儲存相對濕度 80% 組合之處理與儲存溫度 16℃ 及儲存相對濕度 50% 組合之處理有較高雛鵝出生體重 ($P < 0.05$)。儲存相對濕度 80% 處理之種蛋相對儲存相對濕度 50% 處理有較高 7 日齡體重 ($P < 0.05$)。綜上所述，雛鵝出雛體重受種蛋儲存條件影響，種蛋於儲存期間提高相對濕度可減少失重並提升孵化後之 7 日齡雛鵝體重；延長儲存天數則增加失重並降低受精率及總入蛋數孵化率。總體而言，業者應注意儲存鵝種蛋環境的相對溫濕度，建議維持在相對濕度 80% 及溫度 16℃ 環境，並儘量減少長時間儲存鵝種蛋之情況，以免影響鵝種蛋孵化成績。

關鍵詞：白羅曼鵝、孵化性狀、儲存天數、儲存溫度、儲存相對濕度。

緒 言

鵝為季節性繁殖動物，國內飼養品種主要為白羅曼鵝，鵝種蛋孵化成績不僅受到種鵝年齡、遺傳、飼養管理及營養條件影響，種蛋收集後的清潔消毒、運輸儲存及孵化作業的管理亦影響其總入蛋數孵化率及雛鵝品質 (王等, 2008; Hester, 2017; Mitrovic *et al.*, 2018)。鵝種蛋入孵數量受到種鵝季節性繁殖、產蛋數少及飼養規模等因素影響，相較雞、鴨種蛋更容易面臨長時間儲存的問題，因此儲存環境參數的控制，成為影響種鵝場收益重要的一環。

種蛋儲存最重要控制因素為儲存時間、儲存溫度及儲存相對濕度，儲存期間之蛋重損失主要來自內部水分的流失，水分透過蛋殼孔與外部空氣接觸，經由蒸發擴散作用而流失，水分蒸發過多時，會導致蛋內 pH 值的改變，各種酶的活動加強，引起胚胎的老化、營養物質的改變與殘餘細菌的繁殖，從而危害胚胎，降低總入蛋數孵化率；其相對減少孵化期間的胚胎氧氣供應，而增加胚胎死亡率 (Brake *et al.*, 1997; Hester, 2017)。胚胎發育的臨界溫度為 23.9℃，超過該溫度胚胎即開始緩慢發育，儘管發育程度有限，但細胞的代謝會逐漸導致胚胎老化及死亡 (Rocha *et al.*, 2013)。為了抑制酶的活動和細菌繁殖，種蛋應在低於胚胎發育的臨界溫度以下保存，但溫度低於 0℃ 後，種蛋易受凍，受凍的種蛋將失去孵化能力 (Rocha *et al.*, 2013; Hester, 2017)。儲存室相對濕度過高，容易引起蛋殼表面細

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2633 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

(5) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

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

菌和病原體的繁殖，且易引起霉變；濕度過低，在保存過程中，蛋內水分蒸發導致氣室增大，引起種蛋失水過多，也會影響孵化效果 (Brake *et al.*, 1997; Samli *et al.*, 2005; Rocha *et al.*, 2013; Hester, 2017)。

有關鵝種蛋儲存條件之相關研究相對較少，本試驗擬利用白羅曼鵝種蛋探討不同天數、溫度及相對濕度之儲存處理條件對其失重及孵化性狀之影響，可提供國內養鵝產業之鵝種蛋孵化技術參考。

材料與方法

I. 試驗動物及管理

試驗用種蛋來自行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場飼養之 407 隻初產白羅曼鵝 (實驗動物管理及使用係依據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委員會核准，核准編號：畜試彰動字第 10607 號)，鵝隻週齡為 37 到 50 週齡之間，公母比為 1：4，種鵝飼養於鋪設塑膠板之非開放式高床鵝舍，採自然光照，飼糧與飲水皆任飼，餵飼含粗蛋白質 18%，代謝能含量為 2,700 kcal/kg 之產蛋期飼糧 (表 1)，並於產蛋前 1 個月完成 2 次家禽霍亂疫苗及水禽小病毒疫苗預防注射。孵化後之雛鵝則飼養於高床育雛鵝舍，四周設有活動式窗戶，床面結構為不鏽鋼材質，床面高度為 1 m，周邊及底層以塑膠網及 1.1 × 1.1 cm 網目之不鏽鋼網鋪蓋，飼養密度為 0.3 m²/隻。雛鵝於育雛舍內飼養 1 週，採 24 小時光照，餵飼含粗蛋白質 20%，代謝能含量為 2,900 kcal/kg 之育雛期飼糧 (表 1)，飼料及飲水任飼。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Ingredients	Gosling diet, %	Laying diet, %
Yellow corn	61.60	57.35
Soybean meal	29.00	25.70
Alfalfa meal	—	2.00
Fish meal	3.50	2.50
Oyster shell	—	3.50
Molasses	3.00	3.00
Salt	0.30	0.30
Dicalcium phosphate	1.30	1.70
Limestone, pulverized	0.70	3.50
Choline chloride, 50%	0.10	0.10
DL-methionine	0.25	0.15
Vitamin premix ¹	0.10	0.10
Mineral premix ²	0.15	0.10
Total	100.00	100.00
Calculated values		
Crude protein, %	20.00	18.00
ME, kcal/kg	2,900.00	2,700.00

¹ Each kg premix containing Vitamin A, 10,000,000 IU; Vitamin D₃, 2,000,000 IU; Vitamin E, 20,000 IU; Vitamin B₁, 2 g; Vitamin B₂, 5 g; Vitamin B₆, 3 g; Vitamin B₁₂, 0.03 g; Biotin, 0.2 g; Vitamin K₃, 3 g; D-calcium pantothenate, 10 g; Folic acid, 2 g; and Nicotinic acid, 30 g.

² Each kg premix containing Cu, 15.0 g; Fe, 100 g; Zn, 50 g; Mn, 80 g; Co, 0.25 g; I, 0.85 g; and Se, 0.15 g.

II. 試驗設計

試驗共收集自 2017 年 2 月 23 日至 5 月 23 日期間之種蛋 527 枚，分 5 個孵化批次收集種蛋，每日上午自鵝舍收集種蛋後以四級鉸消毒水輕拭消毒並標示日期，依照收集之數量逢機分配到不同儲存溫度 (12℃、16℃) 及相對濕度 (50%、80%) 之儲存條件，儲存 3—11 日直至入孵，並依照儲存天數將種蛋分為 A 組 (儲存 3 至 5 日)、B 組 (儲存 6 至 8 日) 及 C 組 (儲存 9 至 11 日) 3 種處理進行試驗。

每日收集的種蛋，在儲藏室外進行秤重及標示，依序放入各處理組之儲藏室，直到入孵當日再取出放入孵化機進行批次入孵，孵化條件依照本場鵝蛋孵化條件，共分為 4 個階段調控孵化溫度及相對溼度，第 1 至 4 階段分別為第 1－7 日、8－25 日、26－28 日與 29－30 日。孵化期 4 個階段的溫度分別為 99.8、99.5、99.2、98.8 ℃，相對濕度則分別設定為 65、70、75、80%。入孵第 7 日進行照蛋，並將種蛋分為受精蛋、無精蛋及胚胎死亡之中止蛋，藉此計算受精率及早期胚胎死亡率。入孵第 14 日開始進行人工淋蛋，每 2 日淋一次持續至入孵第 26 天日止。

(i) 測定項目

(ii) 種蛋失重 (%)：(儲存前種蛋重量－儲存後種蛋重量) / 儲存前種蛋重量 × 100。

(iii) 受精率 (%)：受精蛋數 / 入蛋數 × 100。

(iv) 受精蛋孵化率 (%)：出雛數 / 受精蛋數 × 100。

(v) 總入蛋數孵化率 (%)：出雛數 / 入蛋數 × 100。

(vi) 早期胚胎死亡率 (%)：孵化期間第 0－7 日胚胎死亡之種蛋數 / 入蛋數 × 100。

(vii) 中後期胚胎死亡率 (%)：孵化期間第 8 日起胚胎死亡之種蛋數 / 入蛋數 × 100。

(viii) 7 日齡增重率 (%)：(7 日齡體重－出雛體重) / 出雛體重 × 100。

III. 統計分析

試驗資料依統計分析系統 (SAS, 2014) 進行統計分析，使用一般線性模式程序 (General linear model procedure, GLM) 進行變方分析，再以最小平方平均值法 (Least squares means, LSMEANS) 計算平均值並比較其差異。

本試驗以 3 種儲存天數 × 2 種儲存溫度 × 2 種儲存相對濕度共三種處理為主效應，其統計分析之數學模式為：

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + T_j + R_k + (D \times T)_{ij} + (T \times R)_{jk} + (R \times D)_{ki} + (D \times T \times R)_{ijk} + \gamma_{ijk} + \epsilon_i$$

式中 Y_{ijk} ：表示第 i 種儲存天數處理、第 j 種儲存溫度處理、第 k 種儲存相對濕度處理、第 l 枚鵝種蛋之觀測值。

μ ：表示所有觀測值的平均值。

D_i ：表示第 i 種儲存天數處理的固定效應， $i = A(3 - 5 \text{ 日})、B(6 - 8 \text{ 日})、C(9 - 11 \text{ 日})$ 。

T_j ：表示第 j 種儲存溫度處理的固定效應， $j = T(12^\circ\text{C} \text{ 或 } 16^\circ\text{C})$ 。

R_k ：表示第 k 種儲存相對濕度處理的固定效應， $k = RH(50\% \text{ 或 } 80\%)$ 。

$(D \times T)_{ij}$ ：表示第 i 種儲存天數處理與第 j 種儲存溫度處理之交感作用。

$(T \times R)_{jk}$ ：表示第 j 種儲存溫度處理與第 k 種儲存相對濕度處理之交感作用。

$(R \times D)_{ki}$ ：表示第 k 種儲存相對濕度處理與第 i 種儲存天數處理之交感作用。

$(D \times T \times R)_{ijk}$ ：表示第 i 種儲存天數處理與第 j 種儲存溫度處理與第 k 種儲存相對濕度處理之交感作用。

γ_{ijk} ：表示以批次為試驗單位之機差，且 $\gamma_{ijk} \sim N(0, \sigma^2\gamma)$ 。

ϵ_i ：表示次試驗單位 (鵝種蛋) 間其他未能解釋之隨機機差 (random error)，且 $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2\epsilon)$ 。

結果與討論

表 2 為不同儲存天數、溫度及相對濕度對白羅曼鵝種蛋失重及孵化性狀之影響，結果顯示儲存天數、溫度及相對濕度三因子及任意二因子之間對種蛋失重皆存在交互作用 ($P < 0.01$)，單因子效應除儲存溫度未表現差異以外，儲存天數及儲存相對濕度對種蛋失重皆有極顯著影響 ($P < 0.01$)。單因子結果顯示，種蛋失重的幅度隨著儲存天數的增加而上升 ($P < 0.01$)，A 組處理 (儲存 3－5 天) 有最低種蛋失重；儲存相對濕度 50% 處理之種蛋相較 80% 處理有較高種蛋失重 ($P < 0.01$)。二因子交互結果顯示，不同儲存天數與儲存溫度組合之處理，其失重幅度仍隨著儲存天數的增加而上升，C 組 (儲存 9－11 天) 種蛋在 12℃ 儲存溫度條件下，相較 16℃ 處理組顯著減少種蛋失重 ($P < 0.01$)；不同儲存天數與儲存相對濕度組合之處理，在儲存相對濕度 50% 處理之條件下，仍可發現其失重幅度依然隨著儲存天數的增加而上升，但在相同儲存天數條件下，提高儲存相對濕度達 80% 可顯著減少其種蛋失重 ($P < 0.01$)；不同儲存溫度與儲存相對濕度組合之處理，發現在相同儲存溫度處理下之種蛋，提高儲存相對濕度可改善其失重損失

($P < 0.01$)。三因子交感結果顯示，A 組 (儲存 3 – 5 天) 種蛋失重在不同儲存溫度及相對濕度組合下皆未有顯著差異；B 組 (儲存 6 – 8 天) 種蛋在 12 或 16°C 之儲存溫度條件下，經過儲存相對濕度 80% 處理，皆有降低其種蛋失重之情形；C 組 (儲存 9 – 11 天) 種蛋在儲存溫度 16°C 及儲存相對濕度 50% 之處理條件下，相較其他處理有最高種蛋失重 ($P < 0.01$)；整體而言，可發現種蛋的失重隨著儲存天數的增加而顯著上升，提高相對濕度達 80% 處理之種蛋，在各種儲存天數或儲存溫度條件下，皆有改善種蛋失重之效果，尤其在 B 組 (儲存 6 – 8 天)、C 組 (儲存 9 – 11 天) 及儲存溫度 16°C 條件下，其改善效果更加明顯。在受精率、受精蛋孵化率、總入蛋數孵化率、早期及中後期胚胎死亡率等性狀之分析，結果顯示儲存天數、儲存溫度及儲存相對濕度三因子及任意二因子之間皆無存在交感作用，僅在總入蛋數孵化率發現儲存天數及相對濕度間具二因子交感作用 ($P = 0.05$)，另在受精率、總入蛋數孵化率及早期胚胎死亡率皆具儲存天數之單因子效應影響 ($P < 0.05$)。在不同儲存天數及儲存溫度處理組合之種蛋，發現 B 組 (儲存 6 – 8 天) 種蛋經過儲存溫度 16°C 處理後，相較於 C 組 (儲存 9 – 11 天) 種蛋經過儲存溫度 12°C 處理有較高總入蛋數孵化率 ($P < 0.05$)；B 組 (儲存 6 – 8 天) 處理種蛋相較 C 組 (儲存 9 – 11 天) 有較高受精率及總入蛋數孵化率 ($P < 0.05$)，但相對 A 組 (儲存 3 – 5 天) 處理有較高早期胚胎死亡率 ($P < 0.05$)。

表 2. 不同儲存天數、溫度及相對濕度對白羅曼鵝種蛋失重及孵化性狀之影響

Table 2. The effects of storage time, storage temperature and storage relative humidity on egg weight loss and hatching performance in White Roman geese

Storage time	Storage temperature and storage relative humidity (°C/%)	Egg weight loss (%)	Fertility (%)	Hatchability of fertile eggs (%)	Hatchability of total eggs (%)	Early embryo mortality (%)	Late embryo mortality (%)
A (3 ~ 5d)	12/50	0.77 ^{def}	37.26	47.00	32.89	8.30	21.96
	12/80	0.43 ^f	51.19	45.82	22.27	5.34	36.51
	16/50	0.75 ^{def}	50.71	47.21	34.13	1.18	24.02
	16/80	0.46 ^f	31.42	48.99	22.13	5.33	25.54
B (6 ~ 8d)	12/50	1.08 ^{bcd}	50.59	55.14	36.25	10.69	18.52
	12/80	0.68 ^{ef}	43.45	52.76	33.27	7.12	25.67
	16/50	1.28 ^b	57.73	42.25	32.39	13.08	25.20
	16/80	0.66 ^{ef}	60.11	65.07	41.63	14.27	12.83
C (9 ~ 11d)	12/50	1.20 ^{bc}	39.23	25.20	12.79	7.04	31.25
	12/80	1.03 ^{bcd}	32.69	40.37	20.78	7.03	18.81
	16/50	1.74 ^a	37.17	45.50	22.71	8.31	20.09
	16/80	0.79 ^{cdef}	38.94	48.69	34.52	11.50	17.38
P-value							
Storage time (d)		< 0.01	0.04	0.14	0.02	0.04	0.36
Storage temperatures (°C)		0.10	0.50	0.38	0.22	0.53	0.23
Storage relative humidity (%)		< 0.01	0.64	0.27	0.88	0.87	0.85
Storage time (d) × storage temperatures (°C)		< 0.01	0.14	0.32	0.05	0.06	0.63
Storage time (d) × storage relative Humidity (%)		< 0.01	0.36	0.21	0.06	0.39	0.40
Storage temperatures (°C) × storage relative humidity (%)		< 0.01	0.84	0.50	0.75	0.59	0.42
Storage time (d) × storage temperatures (°C) × Storage relative humidity (%)		< 0.01	0.53	0.23	0.15	0.35	0.34

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

表 3 為儲蛋期間不同儲存天數、溫度及相對濕度對白羅曼鵝雛鵝品質之影響，結果顯示儲存天數、儲存溫度及儲存相對濕度三因子之間對雛鵝出生體重存在交感作用 ($P < 0.05$)，並且在儲存溫度及儲存相對濕度二因子之間亦存在交感作用 ($P < 0.05$)，另在 7 日齡雛鵝體重發現儲存相對濕度之單因子效應 ($P < 0.05$)。雛鵝出生體重之三因子交

感結果顯示，B 組 (儲存 6 – 8 天) 種蛋經過儲存溫度 12℃ 及儲存相對濕度 50% 組合之處理後，其雛鵝出生體重相較儲存溫度 12℃ 及儲存相對濕度 80% 組合之處理與儲存溫度 16℃ 及儲存相對濕度 50% 組合之處理有顯著較重之情形 ($P < 0.05$)；二因子交感結果顯示，儲存溫度 16℃ 及儲存相對濕度 80% 組合之處理，相較儲存溫度 16℃ 及儲存相對濕度 50% 組合之處理有較重雛鵝出生體重 ($P < 0.05$)。在雛鵝 7 日齡體重發現，儲存相對濕度 80% 處理之種蛋相對儲存相對濕度 50% 處理有較重 7 日齡體重表現 ($P < 0.05$)。

表 3. 不同儲存天數、溫度及相對濕度對白羅曼鵝雛鵝品質之影響

Table 3. The effects of storage time, storage temperature and storage relative humidity on gosling performance in White Roman geese

Storage time	Storage temperature and storage relative humidity (°C/%)	Gosling weight at hatch (g)	Gosling weight at 7d (g)	7d Relative Growth (%)
A (3 ~ 5d)	12/50	95.48 ^{abc}	289.95	206.04
	12/80	94.36 ^{abc}	276.50	194.66
	16/50	94.42 ^{abc}	283.63	201.64
	16/80	98.05 ^{ab}	296.88	203.84
B (6 ~ 8d)	12/50	98.68 ^a	276.89	182.10
	12/80	90.82 ^{bc}	289.04	222.13
	16/50	89.40 ^c	261.50	193.74
	16/80	96.25 ^{abc}	286.46	196.00
C (9 ~ 11d)	12/50	94.32 ^{abc}	265.64	184.59
	12/80	96.95 ^{abc}	279.56	189.80
	16/50	94.74 ^{abc}	271.64	188.45
	16/80	96.02 ^{abc}	279.91	196.21
P-value				
Storage time (d)		0.28	0.09	0.17
Storage temperatures (°C)		0.76	0.93	0.98
Storage relative humidity (%)		0.35	0.04	0.14
Storage time (d) × storage temperatures (°C)		0.32	0.31	0.54
Storage time (d) × storage relative humidity (%)		0.51	0.22	0.14
Storage temperatures (°C) × storage relative humidity (%)		0.02	0.12	0.43
Storage time (d) × storage temperatures (°C) × storage relative humidity (%)		< 0.01	0.12	0.08

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

種蛋失重為禽蛋儲存品質之重要指標，失重的原因主要為蛋內水分在儲存期間因蒸發擴散作用通過蛋殼孔而逸散，同時伴隨 CO₂ 及部分營養物質的流失，造成整體蛋重的損失及品質上的改變，失重的程度主要受到儲存時間、儲存溫度、儲存相對濕度、種禽年齡、品種、蛋重、蛋形、飼養管理及營養等因素影響，另外貯蛋的方式、預孵與否、清洗收集及運輸方式等操作也會影響 (Rocha *et al.*, 2013; Heste, 2017)。Tullett (1990) 指出種蛋在孵化 18 天內大約會產生 12% 的失重，相較於此，種蛋於儲存時之失重約為 0.5 – 2%，另有研究指出鵝種蛋孵化期間的適當失重建議應控制在 10.5 – 13.0% 之間 (Meir and Ar, 1991; 2008)，雖然儲存期間的種蛋失重相對孵化期間少，但是種蛋如果在儲存過程中失重過多，則供給於孵化期間的水分將相對減少，進而減少胚胎發育之氧氣供給並導致早期胚胎死亡率上升 (Rocha *et al.*, 2013; Heste, 2017)。研究發現初產種蛋在 13 – 16℃ 和 55 – 65% 相對濕度下保存 10 天，平均種蛋失重約在 1.9 – 2.0% 之間，(Tilki and İnal, 2004a; 2004b)，本試驗使用之初產種蛋於不同溫度及相對濕度儲存 9 至 11 天之失重約在 0.79 – 1.74% 之間，顯示鵝種蛋在不同儲存條件下之失重差異可能差到 4 倍以上。試驗結果顯示，種蛋失重與不同儲存天數及相對濕度有顯著相關 ($P < 0.01$)，其失重隨著儲存天數的增加而顯著上升，與前人研究結果相符 (Tilki and İnal, 2004a; 2004b; Onbaşlılar *et al.*, 2007)，當鵝種蛋儲存於 50% 的相對濕度時，可減少其種蛋失重 ($P < 0.05$)，儲存溫度的處理效應雖未造成差異，但是在不同的儲存天數及儲存相對濕度條件下產生二因子

及三因子之交感作用 ($P < 0.05$)。前人研究指出降低儲存溫度能使雞蛋保留更多水分，從而最大限度地減少胚胎發生過程的脫水 (Meijerhof, 1992; Brake *et al.*, 1997)，雞蛋如需長時間儲存或產自較高週齡的雞群，在儲存期間建議可略提高相對濕度以改善種蛋失重及孵化性狀 (Brake *et al.*, 1997; Samli *et al.*, 2005; Rocha *et al.*, 2013; Hester, 2017)。本試驗結果顯示，如以儲存溫度與其他任意因子之間交感作用而言，發現降低儲存溫度並無法影響儲存天數或相對濕度的處理效應，唯有在儲存 9 至 11 日的種蛋觀察到降低儲存溫度可改善其失重達到與儲存 6 至 8 日種蛋相同水準；如以儲存天數與其他因子間之交感作用而言，發現延長儲存天數對種蛋失重仍具明顯負面影響，但提高相對濕度可減少此情形，並使儲存 6 至 8 日及 9 至 11 日之種蛋失重，減少到儲存 3 至 5 日種蛋之失重水準；如以儲存相對濕度與其他因子之間交感作用而言，發現提高儲存相對濕度無論在何種條件下，都可明顯減少種蛋失重，在三種因子同時作用下，仍可觀察到上述的交感情形 ($P < 0.05$)。許多家禽研究結果皆指出儲存期間之種蛋失重與受精率、受精蛋孵化率、總入蛋數孵化率及胚胎死亡率與孵化性狀之衰退有一定關聯性 (Onbaşilar *et al.*, 2007; González-Redondo *et al.*, 2010; Khan *et al.*, 2014; Alpaya and Petek, 2016)，本試驗雖然在種蛋失重的結果發現處理因子及其交感作用的效應存在，但相對應之孵化性狀卻未有影響，可能為本試驗使用初產鵝種蛋，而初產鵝種蛋之受精率較低所致。

研究指出家禽種蛋保存超過 7 天，除了使蛋白品質變差、豪氏單位降低，亦會增加胚蛋畸形比例、死亡率及出雛時間，並降低總入蛋數孵化率 (Bagliacca *et al.*, 2005; Onbaşilar *et al.*, 2007; Rocha *et al.*, 2013; Hester, 2017)。在水禽種蛋相關研究上，北京鴨蛋儲存 7 天以上會較儲存 3 天降低其總入蛋數孵化率及雛鴨品質 (Onbaşilar *et al.*, 2007)，而種蛋失重、總入蛋數孵化率、受精蛋孵化率皆隨儲存時間增加 (5、10、15 天) 而降低 (Alpaya and Petek, 2016)。番鴨蛋儲存超過 3 天會增加胚胎死亡率，且死亡率隨儲存時間增加而升高 (魏等, 2017)。長時間保存後，種蛋內水分蒸發及 CO_2 流失，導致蛋內 pH 值變化，引起繫帶和蛋黃膜變脆 (Hester, 2017)。Tilki and İnal (2004a, 2004b) 發現鵝種蛋的種蛋失重隨著儲存時間延長而增加，且蛋白質重量、豪氏單位、蛋白和蛋黃指數下降，由於各種酶活性變化，引起胚胎衰老及營養物質變性，降低了胚胎活力，進而增加孵化過程的胚胎死亡。朗德 (Landes) 鵝種蛋儲存 3、10、17 或 24 天之總入蛋數孵化率為 83.5、79.7、64.5 或 20.7% (Bogenfürst, 1995)。Pandur and Bogenfürst (1997) 發現鵝種蛋在儲存 1—3、7—9 或 22—24 天的總入蛋數孵化率分別為 86.7、81.3 或 46.6%。本試驗在儲存天數發現，儲存 9 至 11 日鵝種蛋較儲存 6 至 8 日者有較低受精率及總入蛋數孵化率 ($P < 0.05$)，儲存 3 至 5 日者之受精率及總入蛋數孵化率則介於兩者之間，此現象在蛋用品系之日本鵝研究同樣有觀察到類似的結果 (Romao *et al.*, 2008)，儲存 6 至 8 日鵝種蛋相較儲存 3 至 5 日者有較高的早期胚胎死亡率之趨勢 ($P = 0.05$)，儲存 9 至 11 日者則介於兩者之間。儲存 9 至 11 日鵝種蛋在經過儲存溫度 12°C 處理後相較儲存 6 至 8 日且經過相同溫度處理者有較差之總入蛋數孵化率，在肉用品系 Ross 308 種雞的研究上可觀察到類似的結果，其種蛋在儲存溫度 12°C 條件下隨著儲存天數的延長對總入蛋數孵化率產生不良影響 (Pokhrel *et al.*, 2018)，過長的儲存天數容易造成受精蛋之蛋黃比例、蛋黃指數、蛋白比例、蛋白指數及豪氏單位等內部品質指標的劣化，進而產生 pH 值上升、蛋白高度減少、卵黃膜彈性下降等劣化因素，影響胚胎發育並降低總入蛋數孵化率 (Jones and Musgrove, 2005; Rocha *et al.*, 2013; Hester, 2017; Pokhrel *et al.*, 2018)。鵝種蛋受到種鵝季節性繁殖及年產蛋數較低等因素，相較其他家禽蛋更容易遭遇長時間儲存的問題，因此更需考慮儲存天數造成的影響。

家禽蛋之儲存溫度及相對濕度，可依儲存天數及種禽年齡調整，一般建議儲存溫度為 18°C ，相對濕度為 75—80% (Rocha *et al.*, 2013)。研究發現降低儲存溫度 (15 vs. 18°C) 會延長北京鴨及番鴨蛋之孵化時間 (Bagliacca *et al.*, 2005)，在長時間儲存時，可降低儲存溫度以減少水分散失，對於儲存超過 7 天的雞蛋，建議儲存溫度可降至 12°C (Meijerhof, 1992; Rocha *et al.*, 2013; Hester, 2017; Pokhrel *et al.*, 2018)。雛禽品質除依照其外觀、畸形、卵黃殘留、蛋殼膜殘留等進行評分標準，另可用出生體重、7 日齡體重及 7 日齡增重率作為指標 (Ruiz and Lunam, 2002; Onbaşilar *et al.*, 2007, 2013)，研究發現在 10°C 下儲存 9 到 11 天的雞蛋有較佳之雛雞出生體重 (Ruiz and Lunam, 2002)。Onbaşilar *et al.* (2007) 研究指出北京鴨蛋儲存 7 天以上會較儲存 3 天降低其雛鴨 7 日齡體重、7 日齡增重率及良雛比例。肉用型種雞蛋儲存超過 7 天時，儲存於 12°C 條件下相較 18°C 可改善其總入蛋數孵化率、雛雞質量和胚胎存活率 (Pokhrel *et al.*, 2018)。國內商業種鵝場一般以雛鵝之出生體重及其外觀作為主要淘汰標準，體重過輕可能會直接以弱雛計價，影響雛鵝出售價格。本試驗結果發現，儲存溫度及儲存相對濕度對孵化性狀並無顯著影響，然而在雛鵝性狀發現提高儲存濕度顯著增加 7 日齡雛鵝體重 ($P < 0.05$)，延長種蛋儲存天數後也有造成 7 日齡雛鵝體重較差之趨勢 ($P < 0.1$)，同時在雛鵝出生體重發現，種蛋於 16°C 儲存溫度條件下，提高儲存相對濕度者有較佳之雛鵝出生體重 ($P < 0.05$)，探究其原因可解釋於增加濕度減少種蛋處理儲存時的水分及養分損失，使種蛋在入孵前能保存較多胚胎發育所需之養分，進而提升其雛鵝品質。然而，在儲存天數、溫度及相對濕度三因子的分析發現 B 組種蛋經過儲存溫度 12°C 及相對濕度 80% 處理與儲存溫度 16°C 及相對濕度 50% 處理後，相較儲存溫度 12°C 及相對濕

度 50% 處理有較差之雛鵝出生體重 ($P < 0.05$)，除了試驗處理因子的影響外，其可能與試驗種蛋受精率及種鵝年齡有關，有待進一步進行相關研究探討。

結 論

本試驗發現白羅曼鵝種蛋於儲存期間提高相對濕度可以減少種蛋失重並提升 7 日齡雛鵝體重，延長儲存天數則會增加種蛋失重並降低受精率及總入蛋數孵化率；雛鵝出生體重受種蛋儲存條件之影響，儲存在溫度 12℃ 及相對濕度 80% 或儲存在溫度 16℃ 與相對濕度 50% 且儲存 6 至 8 天之種蛋有較差之雛鵝出生體重。儲存鵝種蛋時應注意儲蛋環境的相對濕度，建議業者可維持在相對濕度 80% 及溫度 16℃ 環境，並儘量減少長時間儲存鵝種蛋之情況，以免影響鵝種蛋孵化成績。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會提供研究經費 (106 農科 -2.5.1- 畜 -L1(2))，試驗期間承蒙彰化種畜繁殖場黃淑媛、呂珮瑄、周淑雲及陳長貴等同仁協助現場工作，使其得以順利完成，特此申謝。

參考文獻

- 王錦盟、李舜榮、吳國欽、賈玉祥。2008。不同濕度控制法對種鵝種蛋總入蛋數孵化率之影響。畜產研究 41：145-151。
- 魏良原、蘇晉暉、陳燕萍、劉秀洲、張喬茵、張惠斌、張怡穎、黃振芳。2017。最少疾病番鴨週齡與種蛋儲存時間對胚受精率及死亡率之影響。畜產研究 50：96-102。
- Alpay, F. and M. Petek. 2016. Effects of hatching egg weight and length of storage period on hatching success in pekin ducks. J. Biol. Environ. Sci. 10: 29-34.
- Bagliacca, M., G. Paci and M. Marzoni. 2005. Effect of egg categories, storage time and storage temperature on incubation length in duck eggs (*Cairina moschata* L. and *Anas platyrhynchos domestica* L.). J. Poult. Sci. 42: 205-214.
- Bogenfürst, F. 1995. The current state and future of incubation in waterfowl. In 10th European Symposium on Waterfowl, Halle, Germany. pp. 241-256.
- Brake, J., T. J. Walsh, C. E. Benton, J. N. Pettit Jr., R. Meijerhof and G. Penalva. 1997. Egg handling and storage. Poult. Sci. 76: 144-151.
- González-Redondo, P., M. Delgado-Pertiñez, S. Toribio, F. A. Ruiz, Y. Mena, F. P. Caravaca and J. M. Castel. 2010. Characterisation and typification of the red-legged partridge (*Alectoris rufa*) game farms in Spain. Span. J. Agric. Res. 8: 624-633.
- Hester, P. Y. 2017. Effects of temperature and storage conditions on eggs. In Egg innovations and strategies for improvements. P. Y. Hester, ed. Academic Press, San Diego, CA. pp. 125-134.
- Jones, D. R. and M. T. Musgrove. 2005. Effects of extended storage on egg quality factors. Poult. Sci. 84: 1774-1777.
- Khan, M. J. A., S. H. Khan, A. Bukhsh and M. Amin. 2014. The effect of storage time on egg quality and hatchability characteristics of Rhode Island Red (RIR) hens. Vet. Arh. 84: 291-303.
- Meijerhof, R. 1992. Pre-incubation holding of hatching eggs. World's Poult. Sci. J. 48: 57-68.
- Meir, M. and A. Ar. 1991. Compensation for seasonal changes in eggshell conductance and hatchability of goose eggs by dynamic control of egg water loss. Brit. Poult. Sci. 32: 723-732.
- Meir, M. and A. Ar. 2008. Changes in eggshell conductance, water loss and hatchability of layer hens with flock age and moulting. Brit. Poult. Sci. 49: 677-684.
- Mitrovic, S., C. Mekic, M. Milojevic, M. R. Dimitrijevic, V. Đekic and V. Đermanovic. 2018. Effect of egg mass of the white Italian goose on fertilisation, loss of weight during the incubation period, hatchability and gosling quality. Indian J. Anim. Res. B-787: 1-6.

- Onbaşılar, E. E., Ö. Poyraz and E. Erdem. 2007. Effects of egg storage period on hatching egg quality, hatchability, chick quality and relative growth in Pekin ducks. *Arch. Geflügel*. 71: 187-191.
- Onbaşılar, E. E., E. Erdem, Ö. Poyraz and S. Yalçın. 2013. Effects of hen production cycle and egg weight on egg quality and composition, hatchability, duckling quality, and first-week body weight in Pekin ducks. *Poult. Sci.* 90: 2642-2647.
- Pandur, M. and F. Bogenfürst. 1997. Long term storage of goose eggs with periodic warming. *Agric. Conspec. Sci.* 62: 125-128.
- Pokhrel, N., E. Ben-Tal Cohen, O. Genin, M. Ruzal, D. Sela-Donenfeld and Y. Cinnamon. 2018. Effects of storage conditions on hatchability, embryonic survival and cytoarchitectural properties in broiler from young and old flocks. *Poult. Sci.* 97: 1429-1440.
- Rocha, J. S. R., N. C. Baiao, V. M. Barbosa, M. A. Pompeu, M. N. S. Fernandes, L. J. C. Lara, C. F. Q. Matias and J. V. M. S. P. Batista. 2013. *World's Poult. Sci. J.* 69: 35-44.
- Romao, J. M., T. Moraes, R. Teixeira, W. M. Cardoso and C. C. Buxade. 2008. Effect of egg storage length on hatchability and weight loss in incubation of egg and meat type Japanese quails. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 10: 143-147.
- Ruiz, J. and C. A. Lunam. 2002. Effect of pre-incubation storage conditions on hatchability, chick weight at hatch and hatching time in broiler breeders. *Brit. Poult. Sci.* 43: 374-383.
- Samli, H. E., A. Agma and N. Senkoğlu. 2005. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 14: 548-553.
- SAS Institute. 2014. SAS/STAT Guide 9.4 for personal computers. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Tilki, M. and Ş. İnal. 2004a. Quality traits of goose eggs: 1. Effects of goose age and storage time of eggs. *Arch. Geflügel*. 68: 182-186.
- Tilki, M. and Ş. İnal. 2004b. Quality traits of goose eggs: 2. Effects of goose origin and storage time of eggs. *Arch. Geflügel*. 68: 230-234.
- Tullett, S. G. 1990. Science and art of incubation. *Poult. Sci.* 69: 1-15.

Effects of storage length, temperature, and relative humidity on egg weight loss and hatching performance of the White Roman geese at the first laying year ⁽¹⁾

Shih-Chieh Liao ⁽²⁾ Min-Jung Lin ⁽²⁾ Sheng-Der Wang ⁽²⁾ Tsung-Yi Lin ⁽³⁾
Shen-Chang Chang ⁽⁴⁾ and Po-An Tu ⁽⁵⁾⁽⁶⁾

Received: Dec. 13, 2019; Accepted: Mar. 5, 2020

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of storage time, storage conditions on egg weight loss and hatchability for the first laying White Roman geese. A total of 527 eggs were collected from breeders at their first laying year (37 to 50 week-old). Eggs were collected daily and randomly allocated into different storage condition of temperature (12°C or 16°C), relative humidity (50% or 80%) and length (3-5 d, 6-8 d and 9-11 d, respectively). Experiment was a $2 \times 2 \times 3 = 12$ factorial. The results showed that the egg weight loss was increased with the extending storage time and reduced with the increasing storage relative humidity in each storage length or storage temperatures. There were no difference between treatments on the hatching performance including fertility, hatchability of fertile eggs, early and late embryo mortality. Eggs in the group B stored on 16°C had a higher ($P < 0.05$) total eggs hatchability than the group C eggs stored on 12°C. Besides, the group B eggs had a higher fertility and hatchability of total eggs than group C ($P < 0.05$) and a higher early embryo mortality than group A ($P < 0.05$). On the gosling quality, the group B eggs stored on the storage temperature of 16°C and the storage relative humidity of 50% had a higher gosling weight at hatch than those stored on the storage temperature of 12°C and the storage relative humidity of 80% and storage temperature of 16°C and the storage relative humidity of 50% ($P < 0.05$). Eggs stored on the storage relative humidity of 80% showed the higher gosling weight at 7 days old than those stored on the storage relative humidity of 50% ($P < 0.05$). In conclusion, increasing the storage relative humidity decrease the egg weight loss and increase the gosling weight at 7 days old. Extending the storage time increase of the egg weight loss and decrease the fertility and hatchability of egg. Overall, results indicated that the goose egg stored under 16°C and 80% relative humidity were recommended. Longer egg storage had negative effects on hatching performance.

Key words: White Roman geese, Hatching performance, Storage time, Storage temperature, Storage relative humidity.

(1) Contribution No. 2633 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI, Changhua 52149, Taiwan, R. O. C.

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

(4) Kaohsiung Animal Propagation Station, COA-LRI, Pingtung 91247, Taiwan, R. O. C.

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

(6) Corresponding author, E-mail: tpa@mail.tlri.gov.tw.

人工飼養黑天鵝繁殖與行為調查⁽¹⁾

蕭智彰⁽²⁾⁽³⁾ 王勝德⁽²⁾ 練慶儀⁽²⁾

收件日期：109 年 2 月 14 日；接受日期：109 年 3 月 30 日

摘 要

本調查旨在了解黑天鵝人工飼養後之繁殖行為，調查分成二部分：一、利用黑天鵝種鵝 16 隻（8 公、8 母）調查其於戶外飼養期間之繁殖性能；二、利用黑天鵝種鵝 18 隻（9 公、9 母）調查其於舍內飼養期間之繁殖性能，並記錄其配種後各項行為時間。調查結果顯示，戶外飼養之黑天鵝有 1—4 個產蛋週期，每次可產蛋 1—7 枚、產蛋週期平均產蛋數 4.17 枚，孵化期約 35—38 天，受精率與受精蛋孵化率分別為 42.23% 和 26.11%。舍內飼養之黑天鵝除產蛋週期較少外，其餘之繁殖性能結果與戶外飼養者相近。另觀察舍內飼養之公、母黑天鵝於配種後之各項行為時間分別為：游泳及洗澡占 31.83% 及 41.25%，採食與飲水占 2.04% 及 2.04%，站立與警戒占 2.00% 及 2.04%，伏臥休息占 30.54% 及 30.25%，陸上理毛占 33.38% 及 24.71%。本調查結果顯示，舍內飼養黑天鵝除受精率及受精蛋孵化率較佳外，有利於後續繁殖期管理。另透過黑天鵝行為觀察可了解其繁殖習性，可作為未來改善人工飼養技術之參考。

關鍵詞：黑天鵝、繁殖、行為、舍內飼養、戶外飼養。

緒 言

黑天鵝 (*Cygnus artatus*) 在生物學分類屬雁形目、鴨科的鳥禽，原產地為澳大利亞及紐西蘭。黑天鵝屬長壽的鳥類，約可存活 10 年以上 (Black and Rees, 1984)，更有活到 33 歲的紀錄 (Brown *et al.*, 1992)。因黑天鵝屬性單形動物 (sexual monomorphism species)，外觀上不易分辨其公母 (林等, 2006)，可利用體重、體長、體高及頸長等表徵作為初步判定 (吳, 1996)。野生黑天鵝群落散佈在湖泊、溪流一帶，食物來源以穀物、水草、藻類為主 (Mitchell and Wass, 1996)。臺灣尚無野生黑天鵝棲息報告，人工飼養則以桃園大溪後慈湖、臺北市立木柵動物園及某些私立動物園數量較多。

國外天鵝之研究以疣鼻天鵝 (*Cygnus olor*) 為對象居多，主要關於種群數量動態 (Petrie and Francis, 2003)、繁殖行為與對環境生態可能危害性 (Włodarczyk and Wojciechowski, 2001; Wood *et al.*, 2014)，然針對黑天鵝繁殖相關文獻尚付闕如。本調查之主要目的係提供黑天鵝種鵝於人工飼養環境下之配對、築巢、產蛋及孵化等繁殖行為，作為改善繁殖性能及後續研究之參考。

材料與方法

I. 試驗動物與飼養管理

- (i) 調查一（戶外飼養）係以行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場（以下簡稱彰化場）於民國 96 年至 99 年間飼養之黑天鵝種鵝 16 隻（8 公、8 母）為調查對象（年齡為 3—9 歲），收集其戶外飼養期間之繁殖性能。飼養場地之長、寬分別為 20 m × 18 m 與 20 m × 19 m，均設有水池，前者的飼養場地再分成 4 小區、每區飼養 1 公、1 母，後者則未區隔放養 4 公、4 母。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2634 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

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

- (ii) 調查二 (舍內飼養) 係以 106 年飼養之黑天鵝種鵝 18 隻 (9 公、9 母) 為調查對象 (年齡為 2 – 8 歲)，除收集其舍內飼養期間之繁殖性能外，並記錄配種後各項行為之時間。舍內二種飼養場地之長、寬分別為 9 m × 5 m (共 5 欄，每欄 1 公、1 母) 與 4.5 m × 5 m (共 4 欄，每欄 1 公、1 母)，均設有水池。舍內除四周採光外，屋頂每隔 5 m 設置一條約 1 m 寬透明採光板補充舍內光線，飼養期間飼料及飲水均任食，飼糧組成如表 1 所示。本試驗取得實驗動物同意書 (動物實驗申請表暨同意書編號：畜試彰動字第 10604 號)。

表 1. 黑天鵝試驗產蛋期飼糧組成

Table 1. The composition of the laying period of experimental diet in black swan

Ingredients	Laying stage
Yellow Corn, ground	56.65
Soybean meal, 44%	25.50
Alfalfa	3.00
Molasses	3.00
Fish meal, 65%	2.50
Calcium carbonate	3.10
Dicalcium phosphate	1.60
Salt	0.30
Choline chloride, 50%	0.10
Oyster shell, ground	3.50
DL-Methionine	0.15
Vitamin premix ^a	0.40
Mineral premix ^b	0.20
Total	100.00
Calculated value	
Crude protein, %	18.08
Metabolizable energy, kcal/kg	2,650

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

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

II. 調查項目與分析方法

- (i) 繁殖性狀：於產蛋週期 (clutch) 結束後 10 日由親鵝進行孵化之人工照蛋，並調查產蛋週期之平均產蛋數、受精率及受精蛋孵化率等資料，計算方式如下：
1. 產蛋週期平均產蛋數 (average of egg production of clutches)：繁殖季黑天鵝所生產總蛋數 (枚) / 母天鵝產蛋週期數 (次)。
 2. 受精率 (fertilization rate)：受精蛋占親鵝孵化之總蛋數之百分率 (%)。
 3. 受精蛋孵化率 (hatching rate of fertilized egg)：雛天鵝孵出數占受精蛋總蛋數之百分率 (%)。
- (ii) 舍內黑天鵝配種後行為時間：以攝影機記錄配種後黑天鵝之行為，統計分析之時間為每日上午 7 時至下午 5 時，以分鐘為單位共記錄 4 天，收集數據共 2,400 筆。行為觀察分五大項：一、游泳及洗澡：黑天鵝於水面上游動，且快速將頭浸入水中並清洗身體等行為；二、採食與飲水行為：黑天鵝於飼料槽攝食飼料及飲水等行為；三、站立與警戒：黑天鵝以腳著地，頸部直立，對周遭環境張望，並有攻擊等行為；四、伏臥休息：黑天鵝臥於地面，軀體不動，多數時間閉眼，包括躺臥靜棲及蹲伏靜棲等行為；五、陸上理毛行為：黑天鵝利用喙或爪理毛及展翅等行為。

III. 統計分析

試驗所得資料利用統計分析系統 (SAS, 1999) 進行統計分析，並以 t-test 比較兩處理組間之差異性。

結果與討論

I. 繁殖性狀

(i) 繁殖季

黑天鵝於戶外飼養 (96 – 99 年) 之繁殖季為 8 月至隔年 3 月間，其中 8 月及隔年 3 月僅 1 對種鵝生產，其餘種鵝均於 9 月至隔年 2 月間生產。分析黑天鵝戶外繁殖季節資料，黑天鵝產蛋數分佈以 11 月最多 (71 枚，33.65%)，其次為 12 月 (37 枚，17.54%) 及 1 月 (37 枚，17.54%)，其餘各月繁殖比例合計 66 枚，僅占 31.27%。而黑天鵝於舍內飼養 (106 年) 之繁殖季則集中於 12 月至隔年 2 月間，黑天鵝產蛋數分佈以 12 月最多 (17 枚，40.48%)，其次為 1 月 (14 枚，33.33%)，再其次為 2 月 (11 枚，26.19%) (表 2)。張等 (2007) 分析戶外飼養黑天鵝不同月份之產蛋數結果以 12 月份最高，與本調查結果略有不同，惟繁殖季節時間相符。另戶外飼養黑天鵝有 1 – 4 個產蛋週期，每次間隔 14 – 30 天 (平均約 22 天)，此與張等 (2007) 分析黑天鵝繁殖性能之結果相似。舍內飼養黑天鵝則因繁殖天數縮短，導致僅有 1 – 2 個產蛋週期，每次間隔約 20 天。

表 2. 黑天鵝戶外及舍內飼養於不同月份產蛋數調查

Table 2. Investigation of egg number across calendar months in outdoor feeding and in-house rearing in black swan

Month	Egg number	
	Outdoor feeding (%)	In-house rearing (%)
January	37 (17.54)	14 (33.33)
February	11 (5.21)	11 (26.19)
March	4 (1.90)	0 (0)
August	3 (1.42)	0 (0)
September	23 (10.90)	0 (0)
October	25 (11.84)	0 (0)
November	71 (33.65)	0 (0)
December	37 (17.54)	17 (40.48)
Total	211 (100.00)	42 (100.00)

(ii) 配對產蛋與孵化行為

繁殖季來臨時，已配對之黑天鵝會有交頸 (neck dipping) 與戲水行為，時間以早晨和黃昏為主，時間約 2 – 8 分鐘。配種行為從產蛋前 15 天開始，公黑天鵝於水面上會繞著母黑天鵝打轉示愛，而後駕乘在母黑天鵝身上，完成配種工作。配種後公黑天鵝煽動翅膀並高聲鳴叫，呈興奮狀，母黑天鵝則將頭與頸時而埋在水中並進行理毛。戶外飼養之母黑天鵝於配種後平均 15 天左右開始產蛋，而舍內飼養則縮短時間至 12 天，每個產蛋週期可產 1 – 7 枚 (舍內飼養為 2 – 6 枚)。調查一為不同配種方式對黑天鵝繁殖性能之比較 (表 3)，黑天鵝以小區獨對方式飼養繁殖，在產蛋週期產蛋數方面差異不大，但受精率顯著較大區多對飼養方式者佳 ($P < 0.05$)，且受精蛋孵化率亦較高 (26.11%)，惟未達顯著差異 ($P < 0.05$)。大區多對飼養之黑天鵝種蛋受精率較低，推測可能與公黑天鵝於繁殖期間有強烈的領域行為有關，造成繁殖期間黑天鵝相互追逐打鬥、干擾配種行為所致。另調查黑天鵝舍內飼養之受精率及受精蛋孵化率分別為 38.24% 及 23.08%，此結果與戶外小區獨對方式飼養者相近。孵化期間母黑天鵝藉由理毛時，用濕潤羽毛提供黑天鵝蛋溼度，且在孵化後期，會將中止蛋踢出巢內，而自然孵化時間為 35 – 38 天 (舍內飼養為 36 – 37 天)，此與廖 (1997) 調查之結果相似。尚等 (2016) 觀察指出，要提高黑天鵝受精率和雛天鵝數與其育成率是保證黑天鵝繁殖的關鍵。另有研究指出，在一夫一妻制配對候鳥中，彼此至少需相處 12 – 24 個月才有較佳繁殖效能 (Claire

et al., 2017), 此結果或許可以反應受精率較低原因。

II. 黑天鵝配種後行為時間分配

舍內飼養之黑天鵝於配種後，公、母黑天鵝各項行為時間如圖 1 所示。調查每日上午 7 時至下午 5 時之公、母天鵝各項行為時間分別為：游泳及洗澡占 31.83% 及 41.25%；採食與飲水皆占 2.04%；站立與警戒占 2.00% 及 2.04%；伏臥休息占 30.54% 及 30.25%；陸上理毛占 33.38% 及 24.71%；公黑天鵝築巢占 0.21%。顯示公、母黑天鵝時間分配大致相似，其中以游泳及洗澡行為加上理毛時間占整體觀察時間的 2/3，說明黑天鵝每天要花相當長時間來整理自己的身體及羽毛，也呼應「水中貴族」的稱號。理毛是鳥類普遍具有的一種行為，一方面使羽毛保持順暢以利飛行，另一方面可透過理毛使之具有較亮麗外表，特別是對雄性鳥類非常重要，藉此吸引異性完成繁殖過程。本調查資料顯示，公黑天鵝之理毛時間為 33.38%，母黑天鵝為 24.71%，或可反映理毛為黑天鵝的重要行為。調查期間之黑天鵝採食行為發生在早上及傍晚，且先食再進行飲水，僅占 2.00% 左右，而中午時則有游泳及洗澡行為發生。另警戒與站立行為時間方面，則與黑天鵝飼養周圍環境安寧度有關。在人工飼養環境下，僅人員進行飼養管理工作，而有進出致本項行為時間占比小。值得一提的，調查期間發現舍內飼養之公黑天鵝有銜草動作與母黑天鵝共同完成築巢工作。Hixon *et al.* (1983) 指出，在野外環境下之鳥類時間分配除採食外，亦與溫度、地域性、性別及年齡等因素有關。張等 (2012) 觀察人工飼養疣鼻天鵝，發現其孵化期之行為時間分配存在性別差異，以母疣鼻天鵝明顯較長，但在繁殖、站立、休息、游泳及洗澡等行為之調查結果，本調查結果與之相似。

表 3. 不同配種方式對黑天鵝繁殖性能之比較

Table 3. Comparison of different mating strategies for reproductive performances in black swan

Items	Type I ¹	Type II ²
Clutch length (egg number)	4.40 ± 1.90	4.17 ± 2.08
Fertilization rate (%)	24.82 ± 6.09 ^b	42.23 ± 11.69 ^a
Hatchability (%)	14.88 ± 2.17	26.11 ± 4.84

Mean ± SD.

¹ Type I: The experimental design was conducted with random mating (4 cobs and 4 pens).

² Type II: The experimental design was conducted with designated mating (1 cob and 1 pen).

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

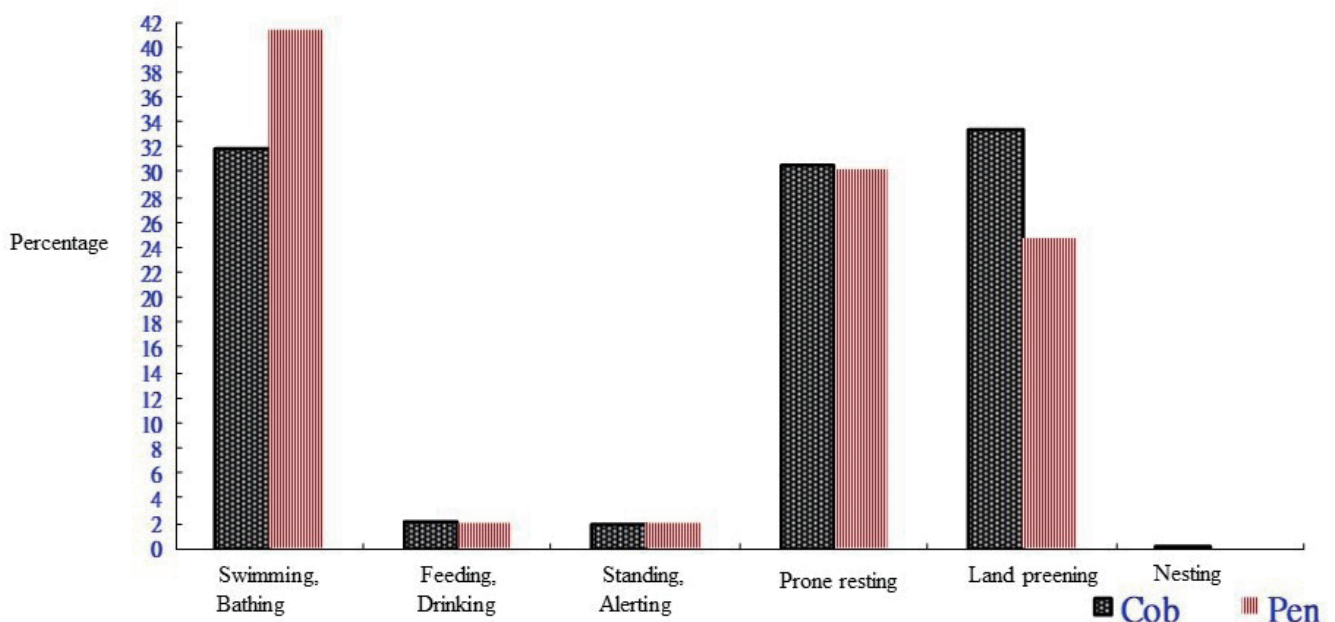


圖 1. 舍內飼養之黑天鵝於配種後之公、母天鵝各項行為表現時間。

Fig. 1. The percentage of time for each behavior spent by in-house rearing cobs and pens after mating in-house.

結 論

黑天鵝採用小區獨對方式飼養繁殖，其受精率及受精蛋孵化率均較佳，而將黑天鵝移入舍內飼養後，黑天鵝繁殖產蛋時間較集中，利於後續飼養管理，並基於防疫與生物安全考量，舍內飼養有其必要性。另對於新配對黑天鵝，應儘早獨對飼養，使黑天鵝於配種前有充分相處時間，對於後續繁殖效能可能有助益。透過本調查有助了解黑天鵝繁殖習性，此項結果可作為未來舍內人工黑天鵝飼養繁殖改進之參考。

誌 謝

本調查承蒙行政院農業委員會科技計畫(108 農科 -2.5.1- 畜 -L1) 經費支持，感謝陳長貴先生、王國村先生、詹志立先生、張琦彰先生及現場工作人員的協助與支持，使調查工作如期完成，特此致謝。

參考文獻

- 林德育、劉瑞珍、陳若菁、吳國欽、張秀鑾、吳明哲。2006。澳洲黑天鵝性別鑑定遺傳標記。畜產研究 39：281-288。
- 吳國欽。1996。天鵝繁殖性能調查。第四屆野生動物及動物園經營管理實務論文集。臺北。臺灣。pp. 204-209。
- 尚昱樸、張春旺、劉雪晴、劉冰許、郭凌。2016。黑天鵝飼養管理與四季繁殖。河南林業科技 36：18-21。
- 張仲彰、林旻蓉、吳國欽、賈玉祥、范揚廣。2007。臺灣之澳洲黑天鵝於不同月份之繁殖性能分析。中畜會誌 36 (增刊)：146。
- 張延君、高劍富、田秀華。2012。籠養疣鼻天鵝孵化期行為時間分配與日節律的性別差異。東北林業大學學報 40：82-85。
- 廖炎發。1997。黑天鵝飼養與繁殖的初步研究。鳥禽天地 25：37-41。
- Black, J. M. and E. C. Rees. 1984. The structure and behavior of the whooper swan population wintering at Caerlaverock, Dumfries and Galloway, Scotland: An introductory study. Wildfowl 35: 21-36.
- Brown, M. J., E. Linton and E. C. Rees. 1992. Cause of mortality among wild swan in Britain. Wildfowl 43: 70-79.
- Claire, S. T., J. C. Sarah and M. Thomas. 2017. Birds choose long-term partners years before breeding. Anim. Behav. 2017: 147-154.
- Hixon, M. A., F. L. Carpenter and D. C. Paton. 1983. Territory area, flower density and time budget in hummingbirds: an experimental and theoretical analysis. Am. Nat. 122: 366-391.
- Mitchell, S. F. and R. T. Wass. 1996. Grazing by black swans (*Cygnus atratus* Latham), physical factors, and the growth and loss of aquatic vegetation in a shallow lake. Aquat. Bot. 55: 205-215.
- Petrie, S. A. and C. M. Francis. 2003. Rapid increase in the lower Great Lakes population of feral mute swans: A review and a recommendation. Wildl. Soc. Bull. 31: 407-416.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Włodarczyk, R. and Z. Wojciechowski. 2001. The breeding ecology of the mute swan (*Cygnus olor*) in central Poland. Wildfowl 52: 157-168.
- Wood, K. A., R. A. Stillman, F. Daunt and M. T. O. Hare. 2014. Chalk streams and grazing mute swans. Brit. Wildl. 25: 171-176.

Investigation on reproductive behavior in captive black swan ⁽¹⁾

Chih-Chang Hsiao ⁽²⁾⁽³⁾ Sheng-Der Wang ⁽²⁾ and Ching-Yi Lien ⁽²⁾

Received: Feb. 14, 2020; Accepted: Mar. 30, 2020

Abstract

The aim of the study was to investigate the reproductive behavior in captive black swan. The investigation included two parts: I. An investigation of the reproductive performances for 16 breeders black swan (8 cobs and 8 pens) in outdoor feeding. II. Eighteen breeders black swan (9 cobs and 9 pens) were used to investigate the reproductive performances under in-house rearing. After mating, the time spent for each behavior was recorded. The results showed that the black swans reared outdoor owned 1 to 4 clutches. Each pen owned 1 to 7 laying eggs per clutch (average number of eggs was 4.17), an incubation period was about 35 to 38 days, the average fertilization rate and the hatching rate of fertilized egg were 42.23% and 26.11%, respectively. Reproductive performances of both in-house and outdoor rearing black swan were similar, except for the number of laying cycle (in-house < outdoor). After mating, the percentage of time for each behavior spent by in-house rearing cobs and pens were: swimming and bathing in the water (31.83%, 41.25%); feeding and drinking (2.04%, both cobs and pens); standing and alerting (2.00%, 2.04%); prone resting (30.54%, 30.25%); land preening (33.38%, 24.71%). The results showed that the black swan reared in indoor house had higher fertilization rate, hatching rate of fertilized eggs which was beneficial to the management of the subsequent breeding period. The behavior of black swan can be realized by observation, which could be used as the reference for future improvement in artificial feeding technology.

Key words: Black swan, Reproduction, Behavior, In-house rearing, Outdoor feeding.

(1) Contribution No. 2634 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI, Changhua 52149, Taiwan, R. O. C.

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

家禽生產者對於產銷履歷制度接受度之研究⁽¹⁾

賴佑宜⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ 張嘉倫⁽³⁾

收件日期：108 年 4 月 10 日；接受日期：109 年 4 月 21 日

摘 要

本研究主要在探討家禽生產者對於產銷履歷制度接受程度，以建構農業政策推動策略方向。本研究首先分析整理產銷履歷相關研究，釐清產銷履歷制度接受度之面向，經調查回收 209 份有效問卷的數據，本問卷主要針對對象為畜牧生產者，大部分對於政府推動農產品履歷的信心較低，有信心的人僅占 33%，利用 K-means 分群研究，發現對於農產品產銷履歷制度與經營流程的低認知族群高達 121 人。建議強化畜產農友資訊運用能力，可針對農友會用電腦上網、教育程度較高、年紀較年輕者及男性為優先考量，較能達到教育訓練效果，進而提昇產銷履歷經營管理能力，達到提升產業競爭力。

關鍵詞：產銷履歷、推動策略、經營管理。

緒 言

臺灣農業因環境限制，大多以小農為主，多數農民均依據自身之栽種經驗進行作物種植，因此經常發生過度噴撒農藥或施放過多肥料。此外，即使是企業化經營的畜牧產業，有時也會因飼料中不當的添加物造成畜禽屠體殘留抗生素或對人體有害的化學物質，導致相關之食安問題。近年來，由於層出不窮的農產品安全事件陸續爆發，消費者愈趨重視食安問題。

故訴求食品的安心與安全，保證從「農場」到「餐桌」的產銷資訊公開與透明。相對於食品的外觀、價格與品質，食品本身的安全性已成為先進國家消費者最重視的因素之一（胡，2005）。為了與國際接軌，我國則是在 2004 年由行政院農委會開始推動辦理農產品產銷履歷示範計畫，並逐年推動產銷履歷系統，其目的主要在強化全球消費者對臺灣農、漁、牧產品的信心，不僅提高國民對於國產農產品之信賴度，更可提高農產品之附加價值，同時兼顧農民收益與消費者之食用安全（社團法人臺灣農產資訊科技發展協會，2006）。

Dickinson and Bailey (2002) 提出產銷履歷對大眾食品安全有很高價值，他們認為建立產銷履歷系統，除對公司商譽有幫助外，還可針對食品中毒事件的保險與理賠，提供認證與釐清責任的依據，並因有清楚的履歷紀錄可以追溯，對降低產業風險有很大的好處。

Golan et al. (2004) 認為站在廠商之立場，產銷履歷之施行必須考慮成本與效益，依產品之特性決定各個步驟之深度與嚴謹度。以下列舉產銷履歷之重要價值：(I) 區隔產地或生產者、(II) 降低風險及釐清責任、(III) 責任、權利與道德、(IV) 提升產品安全性、(V) 提升消費者對產品的信賴、(VI) 提升產業效能與競爭力。

我國政府為了落實永續農業的精神，從生產源頭進行管理，因而建立了產銷履歷追溯體系。凡具有產銷履歷標章之農產品，均可從「產銷履歷農產品資訊網」查詢到農民的產銷紀錄，也代表驗證機構至農民的生產現場，確認農民所記錄之資料是否符合規範。驗證單位會針對農產品進行抽驗，同時每一批產品的相關紀錄也在驗證機構的監控下，嚴格追蹤與檢驗。現階段臺灣所推動的是自願性農產品產銷履歷制度，即農民並非強制性受到法令規範而必須於種植或飼養過程中加入產銷履歷制度。

行動裝置（手機、PDA 或平板電腦等）開發監控應用為即時的現場監控系統提供了有效手段。目前新農業經濟具有兩大主要特徵：(I) 農場集中 / 強度更大，規模更大，區域農業的影響力上升。(II) 連接生產者和消費者的供應

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2635 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

(3) 國立臺灣科技大學資訊管理系。

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

鏈的發展。因此，建立農業食品安全主管部門推動的認證監督體系十分必要。在新的農業經濟下，集約化農業的這些特點為可持續生產和加工做法帶來了新的挑戰，促進了對食品質量、安全和良好環境管理問題的平衡處理。然而，目前政府所推行之產銷履歷，仍有許多限制導致無法順利推行至所有農戶，如農民必須透過電腦自行記錄種植或飼養之過程，並將其資料輸入至農委會所規定之網頁，其所衍伸之問題有二：首先，現階段臺灣之農民多以中老年人居多，要農民學習如何使用電腦自行登錄產銷履歷資訊，實務執行面有一定之難度；其二，由於目前實施之產銷履歷均是透過人力的方式進行輸入作業，其中並無法得知填寫資料之正確性，因此易導致信任度之問題。

為落實產銷履歷制度，需廣為宣導並促使生產者接受此制度為當務之急，才能提昇農業經營者競爭力，且落實優質農業推廣與輔導策略，以強化優質農業形象。因此，本研究以畜牧生產者對於產銷履歷制度認知作為探討重點，冀望能達到下列目的：

- I. 瞭解畜牧生產者對產銷履歷制度之認知。
- II. 瞭解畜牧生產者對產銷履歷制度之接受度。

材料與方法

I. 問卷設計

本研究廣泛收集有關產銷履歷制度接受度的研究文獻，受訪者為家禽生產業者，問卷內容包括「產銷資訊透明及可追溯的一貫化保證制度」、「農政機關推行產銷履歷制度」、「透過認證才能強調具有產銷履歷產品」、「能追溯問題及快速回收」、「產銷履歷與農產品區隔性」、「釐清相關問題產品責任歸屬」、「提升消費者的信賴度」、「遵循良好農業規範進行生產」、「信任政府用心做好產銷履歷制度」、「提升經營效率」、「生產管理流程及成本管理合理化」、「提升農產品安全性」、「認可檢驗費收取」及「認同第三方驗證制度」等 14 項特徵之調查。產銷履歷制度認知部分，量表採 Likert 四點量表，答案從「了解」、「有點了解」、「有不點了解」及「不了解」，共分四個等級讓受訪者勾選最適當的答案，評分方式為依序給予 4 分、3 分、2 分、1 分，分數越高代表畜牧生產者對產銷履歷制度認知也就越高。

II. 統計分析：

本研究利用統計軟體 SPSS for Windows23 版進行敘述性統計、相關性分析、簡單迴歸分析及 K-means 分析研究。

結果與討論

透過數據進行相關統計分析，分別利用樣本資料研究、因素、相關性、簡單迴歸分析，做為資料判讀、分群，進而產生結果，討論其背後意義，以利產銷履歷政策執行策略依據。

I. 樣本分析研究

本報告尋求研究對象為畜牧生產者為主，共收集了 209 份有效問卷，樣本的描述性統計分析如表 1 所示。在性別方面，男女比例大約 8：2，男性占 85.6%，女性則占 14.4%；年齡部分以 41 歲—50 歲最多占 37.8%，其次是 51 歲—60 歲占 36.4%；在教育程度方面，以高中職為最多，占 40.7%，其次為國中或以下占 37.3%；在養殖產業別方面，以養殖蛋鴨的農民最多占 37.8%，其次養殖肉鴨的農民占 37.3%；此外可以看到參加過輔導的人占約 84.2%，但對於政府推動農產品履歷的信心較低，有信心的人僅占 33%。賴 (2009) 研究顯示受測消費者之性別、婚姻狀況及教育程度對產銷履歷農產品之認知、態度及購買意願有顯著之差異。因此，性別、職業、教育程度的不同，都有可能是影響認知、態度、購買意願的因素。本研究顯示產銷履歷畜牧生產者以男性為主，年齡落在 45—50 歲區間，學歷高中職比較多，多數接受過產銷履歷輔導。

II. 因素分析

本研究首先針對「產銷履歷制度接受度」以探索性因素分析，分析 14 項特徵的聚斂情形。結果顯示 209 份樣本資料，因素分析抽取變項之間共同因素 (common factor)，以較少的構面 (因素) 代表原來較複雜的多變項結構。探索性因數分析的部分，我們使用主成分分析，且根據固有值為 1，使用最大變異法分析，統計出的因素分析如表 2。本研究發現「信任政府用心做好產銷履歷制度」在三個主成分因素 (關鍵性認知、流程認知及收費認知) 分析皆無大於 0.5，刪除此問卷題項。另外「提升消費者的信賴度」及「提升農產品安全性」在三個成分

中，同時跨了兩個成分，且因素分析都大於 0.5 表示無法區分是關鍵性認知，亦或流程認知，也刪除此問卷題項。蔡等 (2012) 認為影響農產品產銷履歷推動的前三項關鍵成功因素的構面分別為「政府管理」、「生產及加工業運作」與「消費者認知」。本研究實證結果「產銷資訊透明及可追溯的一貫化保證制度」、「農政機關推行產銷履歷制度」、「透過認證才能強調具有產銷履歷產品」等認知屬於「政府管理部分」仍占重要因素，而「能追溯問題及快速回收」、「提升經營效率」、「生產管理流程及成本管理合理化」屬「生產及加工業運作」層面亦驗證重要性。

表 1. 樣本描述性統計

Table 1. Sample descriptive statistics

Project	Subproject	Quantity	Percentage (%)
Gender	Male	179	85.6
	Female	30	14.4
Age	Under 30 years old	6	2.9
	31-40 years old	21	10
	41-50 years old	79	37.8
	51-60 years old	76	36.4
	Over 60 years old	27	12.9
Education level	Junior high school or below	78	37.3
	Senior high school	85	40.7
	University	43	20.6
	Graduate or above	3	1.4
Industry	Egg duck	79	37.8
	Meat duck	78	37.3
	Laying hen	34	16.3
	Others	18	8.6
Whether to participate in coaching	Yes	176	84.2
	No	33	15.8
Confidence	Yes	69	33
		140	67

根據探索性因素分析的結果，保留重要題項，並進一步運用驗證性因素分析結果如表 3。特徵內容可以判斷第一組是「對於農產品產銷履歷制度的與產品關聯性的認知」，包含「產銷資訊透明及可追溯的一貫化保證制度」、「農政機關推行產銷履歷制度」、「能追溯問題及快速回收」、「產銷履歷與農產品區隔性」、「透過認證才能強調具有產銷履歷產品」、「釐清相關問題產品責任歸屬」及「遵循良好農業規範進行生產」；第二組是「對於農產品產銷履歷制度與經營流程的認知」，包含「提升經營效率」及「生產管理流程及成本管理合理化」；第三組是「對於農產品產銷履歷制度的認證與收費認知」，包含「認可檢驗費收取」及「認同第三方驗證制度」，並藉此進行後續相關性分析。鄭 (2017) 指出消費者對於產銷履歷的理解與期待多為食品安全預防，與履歷系統能帶來的食品安全控管有所落差。驗證本研究特徵內容「對於農產品產銷履歷制度的與產品關聯性的認知」分組，構成要項顯示對於食品安全控管是非常重視的。

III. 相關性分析

相關性 (correlation) 是用以檢驗兩個變項線性關係的統計技術，本研究採用皮爾森相關性分析統計。從表 4 可知，「對於農產品產銷履歷制度的與產品關聯性的認知」與「對於農產品產銷履歷制度與經營流程的認知」的相關係數為 0.516，且具有顯著性是高度相關 ($P < 0.01$)；「對於農產品產銷履歷制度的與產品關聯性的認知」與「對於農產品產銷履歷制度的認證與收費認知」的相關係數為 0.543，是相關係數中最高者，具有顯著性且是高度相關 ($P < 0.01$)；「對於農產品產銷履歷制度與經營流程的認知」與「對於農產品產銷履歷制度的認證與收

費認知」的相關係數為 0.374，是相關係數中最低者，但並不表示兩者無相關，具有顯著性 ($P < 0.01$)。賴 (2009) 研究顯示認知、態度及購買意願三個構面有顯著的相關，且發現認知對態度、態度對購買意願以及認知對購買意願有顯著影響，所以若加強消費者之認知及態度將能加強消費者的購買意願。賴 (2009) 研究發現在認知、態度及購買意願三個構面有顯著的相關，且發現認知對態度、態度對購買意願以及認知對購買意願有顯著影響，所以若加強消費者之認知及態度將能加強消費者的購買意願。而本研究「對於農產品產銷履歷制度的與產品關聯性的認知」與「對於農產品產銷履歷制度與經營流程的認知」相關性高，所以畜牧生產者認知及態度對於產銷履歷制度是關鍵因素。

IV. 簡單迴歸分析及 K-Means 分群

簡單迴歸分析 (regression) 方法是一個分析變數和變數之間關係的工具，主要在探討自變數 (x) 與依變數 (y) 之間的線性關係，透過迴歸模型的建立，可以推論和預測研究者感興趣的變數 (y)。本研究利用迴歸分析並進行 K-Means 分群，將集群數分為 2 群，分別為對於「農產品產銷履歷制度」認知較高為一群，較低為一群。從下表 5 中可以看出「對於農產品產銷履歷制度的與產品關聯性的認知」為認知分數較低者，也就是對於農產品履歷較不了解的人；「對於農產品產銷履歷制度與經營流程的認知」為認知分數較高者，也就是對於農產品履歷較為了解的人。利用差異分析 (T 檢定) 方法分析高認知與低認知兩組，研究發現高認知族群具有電腦上網、教育程度較高、年紀較輕及男性等特性，未來將強化畜牧生產者資訊操作運用能力，並針對這些重要特性族群推廣，效益較大。

另外從表 6 中可以發現，低認知的人數有 121 人，高認知的人數有 88 人，其實大部分的畜牧生產者對於農產品履歷還是比較不了解的。

表 2. 產銷履歷認知因素分析前矩陣

Table 2. Factor analysis matrix of agricultural product traceability system

Feature extraction	Factor Loading		
	Critical cognition	Process awareness	Fee recognition
Consistent guarantee system for transparent and traceable production and marketing information	0.841	0.058	0.200
Agricultural administration organs implement production and marketing resume system	0.802	0.130	0.289
Only certification can emphasize products with production and sales history	0.754	0.341	0.237
Ability to trace problems and fast recovery	0.752	0.485	-0.017
Production and sales resume and agricultural product differentiation	0.718	0.048	0.427
Clarify related issues product liability attribution	0.681	0.452	0.147
Increase consumer trust	0.656	0.636	-0.087
Production following good agricultural practices	0.540	0.377	0.414
Trust the government to do a good job in the production and sales resume system	0.476	0.291	0.296
Improve operational efficiency	0.133	0.883	0.145
Rationalize production management processes and cost management	0.160	0.799	0.272
Improve agricultural safety	0.653	0.658	-0.123
Charge for accreditation inspection	0.130	-0.006	0.872
Agree with third party verification systems	0.295	0.384	0.655

表 3. 產銷履歷認知因素分析後矩陣

Table 3. Post-factor analysis matrix of agricultural product traceability system

Feature extraction	Factor Loading		
	Critical cognition	Process awareness	Fee recognition
Consistent guarantee system for transparent and traceable production and marketing information	0.862	0.068	0.112
Agricultural administration organs implement production and marketing resume system	0.825	0.141	0.205
Ability to trace problems and fast recovery	0.762	0.460	-0.053
Production and sales resume and agricultural product differentiation	0.760	0.082	0.361
Only certification can emphasize products with production and sales history	0.746	0.295	0.279
Clarify related issues product liability attribution	0.707	0.451	0.099
Production following good agricultural practices	0.569	0.392	0.390
Improve operational efficiency	0.176	0.907	0.052
Rationalize production management processes and cost management	0.203	0.828	0.169
Charge for accreditation inspection	0.133	0.003	0.907
Agree with third party verification systems	0.336	0.420	0.636

表 4. 產銷履歷制度相關性探討

Table 4. Discussion on the relevance of agricultural product traceability system

Variables	Critical cognition	Process awareness	Fee recognition
Recognition of the relevance of agricultural product production and marketing resume system to products	1	0.516**	0.543**
Understanding of agricultural product production and marketing resume system and business process	0.516**	1	0.374**
Certification and charge recognition of agricultural product production and marketing resume system	0.543**	0.374**	1

表 5. K-Means 分群最終集群中心表

Table 5. K-Means clustering final cluster center table

Variables	Cluster	
	Low awareness	High awareness
Recognition of the relevance of agricultural product production and marketing resume system to products	1.41	2.57
Understanding of agricultural product production and marketing resume system and business process	1.76	3.12
Certification and charge recognition of agricultural product production and marketing resume system	2.12	3.17

表 6. K-Means 分群後集群中的觀察值數目

Table 6. Number of observations in the cluster after K-Means clustering

Cluster	Number
Low awareness	121
High awareness	88
Effective	209
Omission	0

結 論

我國多次使用不當飼料添加物導致產生對人體有害的化學物質，而引起相關的食品安全問題。如何正確追溯畜產品，是保護消費者重要指標，這是食品安全、食品質量及食品供應鏈等內在因素構築而成。

從研究顯示，畜牧生產者對於政府推動農產品履歷的信心較低，雖經過輔導過程，畜牧生產者仍對於產銷履歷是低認知，但民眾對於履歷追溯功能是高要求，顯示出加強宣導產銷履歷的優點，進而改善消費者食用國產農產品的信心。農政單位推出產銷履歷制度，消費者可在產銷履歷農產品資訊網中，依購買物品上之條碼查詢其生產過程，所有過程皆需利用資訊化流程，建議未來欲強化畜牧生產者資訊運用能力，可針對會用手機上網、教育程度較高、年紀較年輕者及男性為優先考量，較能達到教育訓練效果，進而提昇產銷履歷經營管理能力，達到提升產業競爭力。

產銷履歷生產與銷售流程皆有詳細紀錄，宜向消費者廣為宣傳，不但可以讓消費者享受到高品質農產品，對畜牧生產者而言是實質回饋也是精神獎勵。多向畜牧生產者宣導申請產銷履歷驗證流程的意義，使其認同申請流程有重要的功能，執行時更能腳踏實地的完成。假冒產品和濫用標籤現象依然是眾所質疑部分，它不僅會影響應用追溯系統的措施，而且會影響客戶可追溯性信息的可靠性，如何利用物聯網技術為基礎，研製一套農畜生產溯源管理系統，使系統能在農民進行工作時，便捷地登載當下所操作或實施之相關生產資訊，是未來努力方向。

參考文獻

- 社團法人臺灣農業資訊科技發展協會。2006。安全「食」尚農產品產銷履歷資訊管理與應用。農業生技產業季刊 8：34-44。
- 胡忠一。2005。建立我國農產品產銷履歷紀錄制度。農業世界 265：30-39。
- 蔡憲唐、蕭宏金、洪嘉聰、陳彥鉛。2012。我國農產品產銷履歷政策之實證研究。行政暨政策學報 55：67-108。
- 鄭滌偉。2017。農產品產銷履歷實務與認知之研究。私立東吳大學企業管理系碩士論文。
- 賴鴻慶。2009。消費者對產銷履歷農產品認知、態度及購買意願之研究。國立屏東科技大學農企業管理系所碩士論文。
- Dickinson, D. L. and D. V. Bailey. 2002. Meat traceability: Are US consumers willing to pay for it. J. Agr. Resour. Econ. 27(2): 348-364.
- Golan, E., B. Krissoff, F. Kuchler, L. Calvin, K. Nelson and G. Price. 2004. Traceability in the U.S. food supply: economic theory and industry studies. Agr. Econ. Report 830: 1-48.

The acceptability of poultry farmers on agricultural product traceability system ⁽¹⁾

Yu-I Lai ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ and Chia-Lun Chang ⁽³⁾

Received: Apr. 10, 2019; Accepted: Apr. 21, 2020

Abstract

To construct a promoting direction of agricultural policy, this study focused on the acceptability of poultry farmers on agricultural product traceability system. A total of 209 effective questionnaires were collected and analyzed. The results showed that most of the farmers had lower confidence on the promotion of traceable agricultural product (TAP), and only 33% of the farmers had awareness on agricultural product traceability system and business processes. Therefore, the strengthening of information utilization of livestock farmers is important. The priority is focused on the farmers who are able to surf the internet, higher educated, young and male to enhance the effect of training. By promoting the ability of TAP operations and management of farmers, the competition of livestock industry can be upgraded.

Key words: Traceability agricultural product (TAP), Strategy, Management and operation ability.

(1) Contribution No. 2635 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Technical Service Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Department of Information Management, NTUST, Taipei 10607, Taiwan, R. O. C.

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

提升飼糧中硒及維生素 E 含量對畜試一號仔豬 生長性能及血球組成的影響⁽¹⁾

王錦盟⁽²⁾⁽⁴⁾ 林幼君⁽³⁾ 陳致吟⁽²⁾ 劉芳爵⁽²⁾

收件日期：109 年 1 月 7 日；接受日期：109 年 5 月 5 日

摘 要

本試驗目的在探討提高飼糧中硒及維生素 E 含量對仔豬生長性能的影響。以 32 頭 5 週齡畜試一號黑豬為試驗動物，依體重逢機分為 2 組，分別為對照組與處理組，處理組飼糧中硒及維生素 E 添加量為 NRC(2012) 推薦量的 6 倍。對照組與處理組飼料中硒檢測值分別為 0.33 與 1.81 mg/kg (ppm)，維生素 E 檢測值則分別為 51.4 與 103.2 IU/kg。試驗資料依疫苗注射時間點分為試驗前期 (第 6 – 7 週齡)、試驗後期 (第 8 – 9 週齡) 與全期 (第 6 – 9 週齡) 進行分析。結果顯示，試驗前期兩組間的生長性能無顯著差異，試驗後期處理組的飼料轉換率顯著優於對照組 ($P < 0.05$)。全期而言，高量硒與維生素 E 飼糧則有降低仔豬採食量的趨勢 ($P = 0.09$)。在血球數量方面，仔豬給飼較高硒和維生素 E 濃度飼糧，其血液中嗜中性白血球與淋巴球比值 ($N/L = 0.59$) 顯著低於對照組 ($N/L = 0.67$, $P < 0.05$)，顯示提升飼糧中硒和維生素 E 濃度有降低仔豬緊迫反應的效果對血液中抗菌勝肽與免疫球蛋白則無顯著影響。綜上所述，提高飼糧中硒及維生素 E 含量，推測可以減緩仔豬的緊迫反應及降低疫苗注射對仔豬增重與飼料轉換率的抑制效應。

關鍵詞：畜試一號黑豬、硒、維生素 E、生長性能。

緒 言

逐年縮減可添加於畜禽飼料中抗生素生長促進劑的使用種類為國際趨勢，以歐盟為例，公告在 2006 年完全禁止抗生素做為動物的生長促進劑，國內目前亦逐年縮減可添加於畜禽飼料中的抗生素種類。為因應此趨勢，運用有益營養素強化仔豬的免疫力 (immunity)，以降低禁用抗生素對產業的衝擊為可行的策略之一。有益營養素包括維生素 A (含 β -胡蘿蔔素)、維生素 B 群、C、D 與 E；礦物質中的鐵、鋅、硒、銅與錳等均為維持免疫機能不可或缺的營養素。

哺乳類動物先天性免疫的抗菌勝肽 (antimicrobial peptides, AMPs) 有 2 類，第一類 cathelicidin-related AMPs，一般由 12 – 80 個胺基酸組成，富含離胺酸、精胺酸和組胺酸等陽離子胺基酸，通常為帶正電的勝肽，並具有親水性與疏水性等兩性特徵 (Sang and Blecha, 2009)。其中 proline-arginine-rich 39-amino acid peptide (PR39) 為富脯胺酸 (proline-rich) 的 cathelicidin，藉由阻止蛋白質與 DNA 合成並導致這些成分的降解，進而殺死細菌 (Boman *et al.*, 1993)。第二類禦菌素 (defensins) 一般由 15 – 20 個胺基酸組成，包括 6 – 8 個半胱胺酸，屬陽離子勝肽具有很強的抗細菌、真菌和具外套膜病毒作用。使用豬傷寒沙門氏菌 (*Salmonella Typhimurium*) 感染豬腸道上皮細胞株 (porcine ileal epithelial cell line, IPEC-J2)，可誘導 porcine beta defensins-1, 2 (pBD-1, 2) 的 mRNA 表現量 (Veldhuizen *et al.*, 2006; Veldhuizen *et al.*, 2009)。此意謂著，第一道防線上皮細胞若受到微生物的感染，可提升抗菌勝肽表現量因應。

硒是人類與家畜飼糧中不可少的微量元素，動物體內超過 30 種蛋白質含有硒。硒依存性穀胱甘肽過氧化酶 (Se-dependent glutathione peroxidase, GSH-Px) 參與酵素性抗氧化防禦系統，保護細胞免受自由基造成的傷害，參與甲狀腺激素的代謝，參與生殖功能並發揮神經保護作用。除了抗增殖與消炎 (anti-proliferative and anti-inflammatory)

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2636 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

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

外，硒還能刺激免疫系統。維生素 E 可直接與自由基反應，以阻止自由基對多元不飽和脂肪酸進行過氧化鏈鎖反應，同時維生素 E 與含硫胺基酸亦有助於硒的抗氧化作用 (Zarczynska *et al.*, 2013)。

豬飼糧中添加硒及維生素 E 可測得豬隻產生的後天性免疫相關效應，包括對豬隻抗體的產生有正面的協同作用、淋巴球增殖試驗 (lymphocyte proliferation assay)、豬感染試驗的抵抗力 (resistance to experimental infection) 表現等 (Peplowski *et al.*, 1980; Finch and Turner, 1996)。動物對飼糧中高量硒的耐受性不高，豬飼料中硒的中毒濃度為 5 mg/kg (NRC, 2012)。

本試驗提高飼糧中礦物質硒及維生素 E 添加量，探討其對仔豬生長性能、血球組成及抗菌肽生成的影響，並評估免疫注射前後，高量硒與維生素 E 飼糧對仔豬生長性能的影響。

材料與方法

I. 動物試驗

以 5 週齡畜試一號黑豬 32 頭 (公母各半) 為試驗動物，逢機分為對照組與處理組，供試豬隻平均初體重分別為 7.76 ± 0.97 與 7.49 ± 1.77 kg。豬隻飼養於傳統高床保育豬舍，每組 4 重複 (欄)，每重複 4 頭 (公母各半)，每欄面積 2.55 平方公尺。對照組豬隻給飼保育豬飼糧 (表 1)。硒與維生素 E 需要量分別為 0.3 mg/kg 與 16 IU/

表 1. 維生素 E 與硒試驗之仔豬基礎飼糧配方組成

Table 1. The formula and compositions of the basal diet for the piglets in Vit E and Se experiment

Item	%
Ingredients	
Corn meal	67.71
Soybean meal	19.00
Fish meal	5.00
Dicalcium phosphate	1.60
Limestone, pulverized	0.80
Skimmed milk powder	2.00
Whey powder	2.00
Soybean oil	1.00
Salt	0.50
Choline chloride, 50%	0.10
CuSO ₄	0.04
Premix-Vit ^a	0.15
Premix-Min ^b	0.10
Total	100.00
Calculated values	
CP, %	17.40
ME, kcal/kg	3,217
Calcium, %	0.94
Phosphate, %	0.73
Available phosphate, %	0.57
Lysine, %	1.13

^a Provided per kilogram of diet: Vitamin A, 9,000 IU; Vitamin D₃, 600 IU; Vitamin E, 60 IU; Vitamin K, 3 mg; Vitamin B₁, 3 mg; Vitamin B₂, 9 mg; Vitamin B₆, 4.5 mg; Vitamin B₁₂, 0.045 mg; Niacin, 45 mg; Nicotinic acid, 45 mg; Folic acid, 0.9 mg; and Biotin, 0.3 mg.

^b Provided per kilogram of diet: Cu, 5 mg; Mn, 6 mg; Co, 0.35 mg; Zn, 40 mg; I, 0.2 mg; Se, 0.1 mg; and Fe, 80 mg.

* The selenium analyzed values of the control and treatment group diets were 0.33 and 1.81 mg/kg, respectively, and the vitamin E were 51.4 and 103.2 IU/kg, respectively.

kg (NRC, 2012)，處理組飼糧中硒與維生素濃度為 NRC (2012) 推薦量的 6 倍 (額外添加亞硒酸鈉 Na_2SeO_3 , Se min 45%, Nihon Shiyaku Reagent) 與維生素 E (ROVIMIX® E50; 經 3 次稀釋後添加於飼料中)。飼料中硒與維生素 E 含量，分別以 103 年 8 月 25 日部授食字第 1031901169 號公告修正重金屬檢驗方法與脂溶性維生素之檢驗方法 (TFDA A0025.00) 進行檢測。對照組飼料中硒與維生素 E 檢測值分別為 0.33 mg/kg 與 51.4 IU/kg，處理組則分別為 1.81 mg/kg 與 103.2 IU/kg。試驗為期 4 週，試驗於仔豬 9 週齡結束，試驗期間採任食，不限給水，每 2 週測定仔豬的採食量及生長性能，以評估提高飼糧中礦物質硒與維生素 E 對離乳仔豬生長性能的影響。

II. 血液檢測

在試驗結束時，以人工固定方法由頸靜脈採集血液 5 mL，以 Sysmex XN-1000 血液分析儀 (XN-1000 Hematology analyzer Sysmex Corporation, Co., Japan) 進行血球檢測 (WBC, RBG, PLT, NET, LYM, MON, EOS, BASO)。另血清中 PR-39 及 pBD-2 濃度分析，採用酵素免疫吸附法 (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, ELISA)，利用抗原抗體間專一性鍵結之特性，對血清樣品進行分析。以 Porcine ELISA PR-39 試劑套組 (BlueGene, China) 和 Porcine ELISA pBD-2 試劑套組 (ABclonal, USA)，依照製造廠商之建議步驟操作，再利用酵素免疫分析儀 (Power wave XS, BioTek Instruments) 判讀，以波長 450 nm 進行分析及濃度換算。血漿中之免疫球蛋白 IgG、IgA 及 IgM 含量，採用酵素免疫吸附法，利用抗原抗體間專一性鍵結之特性，對血漿樣品進行分析。分別以 Pig ELISA IgG、IgA 與 IgM 試劑套組 (Bethyl, USA)，依照製造廠商之建議步驟操作，再利用酵素免疫分析儀 (Power wave XS, BioTek Instruments) 判讀，以波長 450 nm 進行分析及濃度換算。

III. 統計分析

由於仔豬 7 週齡時，注射假性狂犬病基因缺損不活化疫苗 (PR, 第 1 次) 與豬放線桿菌不活化菌苗 (1、5 型) (AP, 第 1 次)，因此將資料分為試驗前期 (第 6 – 7 週齡)、試驗後期 (第 8 – 9 週齡) 及全期 (第 6 – 9 週齡) 進行分析。

本試驗採逢機完全區集設計 (randomized complete block design)，試驗資料使用 SAS 統計套裝軟體 (Statistical Analysis System. SAS, 2002)，利用一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure) 進行變方分析，並以 Tukey's Studentized Range Test 比較處理組間之差異顯著性 ($P < 0.05$)。

分析模式：

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + \varepsilon_{ijk}; i = 1, 2, 3, 4; j = P, Q$$

上式中 B_i 代表區集 (block) 效應，仔豬初體重依大小分為 1、2、3 及 4 級。 T_j 代表處理 (treatment) 效應，P 為對照組，Q 為處理組， ε_{ijk} 則為機差效應。

結果與討論

I. 仔豬生長性能

(i) 仔豬飼料採食量

提升飼料礦物質硒與維生素 E 濃度對仔豬採食量的影響如表 2。雖然試驗前期與後期處理組的仔豬飼料採食量均低於對照組，惟不具顯著差異，但處理組全期平均採食量 (0.612 ± 0.125 kg/頭/天) 有低於對照組 (0.712 ± 0.083 kg/頭/天) 的趨勢 ($P = 0.09$)，表示仔豬給飼高量礦物質硒與維生素 E 飼糧有降低仔豬採食量的趨勢。

NRC (2012) 建議不同體重豬飼糧中硒的含量為 0.15 – 0.30 mg/kg。雖然豬隻給飼含 8.3 mg/kg 硒的飼糧，並沒有觀察到對豬隻的生長性能有不良影響 (Goehring *et al.*, 1984a)。但 Goehring *et al.* (1984b) 於玉米大豆粕基礎飼糧中添加硒 0、4、8、12、16 及 20 mg/kg，隨著飼糧中硒的增加，造成 5 週齡仔豬增重和採食量有下降的現象。Olivera *et al.* (2017) 於玉米大豆粕基礎飼糧中硒含量為 0.3 及 0.6 mg/kg，亦造成仔豬採食量下降的現象。本試驗得到類似的結果，處理組飼糧中硒含量為 1.81 mg/kg，計算仔豬平均硒攝取量為 1.11 mg/頭/天，造成仔豬採食量有下降的趨勢，推測本試驗提高飼糧中硒的含量 (1.81 mg/kg)，可能為降低仔豬採食量的原因之一。

(ii) 仔豬日增重

提升飼料礦物質硒與維生素 E 對仔豬體增重的影響如表 2。對照組的全期平均隻日增重 (0.30 ± 0.03 kg) 有高於處理組 (0.27 ± 0.04 kg) 的趨勢 ($P = 0.06$)，此趨勢與上述飼料採食量類似。由於對照組採食量較高，而導致對照組體增重有較高的趨勢。試驗前期對照組的隻日增重為 0.28 ± 0.04 kg，亦有高於處理組 ($0.23 \pm$

0.03 kg) 的趨勢 ($P = 0.08$)。試驗後期對照組與處理組的隻日增重則均為 0.31 kg。顯示，對照組的全期日增重有較高趨勢的情形，主要來自試驗前期對照組體增重較佳所致。

Goehring *et al.* (1984b) 認為生長速率是豬的慢性硒中毒的最敏感指標，雜交仔豬飼糧中硒的毒性濃度似乎在 4 和 8 mg/kg 之間。本試驗仔豬給飼每公斤含 1.81 mg 礦物質硒的飼糧，對試驗組仔豬採食量及體增重均有抑制的趨勢。

表 2. 提升飼糧中硒及維生素 E 濃度對仔豬 (畜試黑豬一號) 生長性能之影響

Table 2. Effects of increasing dietary Se and Vitamin E concentration on growth performance of the piglets (TLRI Black Pig No.1)

Items	Control group ¹	Treatment group ¹
No.	4	4
Feed intake (kg/piglet/day)		
6 ~ 7 weeks of age	0.52 ± 0.06*	0.47 ± 0.09
8 ~ 9 weeks of age	0.85 ± 0.04	0.75 ± 0.16
Whole period	0.71 ± 0.08	0.61 ± 0.13
Body weight gain (kg/piglet/day)		
6 ~ 7 weeks of age	0.28 ± 0.04	0.23 ± 0.03
8 ~ 9 weeks of age	0.31 ± 0.03	0.31 ± 0.06
Whole period	0.30 ± 0.03	0.27 ± 0.04
Feed conversion rate (feed intake/gain)		
6 ~ 7 weeks of age	1.86 ± 0.14	2.02 ± 0.19
8 ~ 9 weeks of age	2.73 ± 0.11 ^a	2.42 ± 0.17 ^b
Whole period	2.41 ± 0.19	2.24 ± 0.16

* mean ± SD.

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

¹ Control group: Se 0.33 mg/kg, Vit E 51 IU/kg; Treatment group: Se 1.81 mg/kg, Vit E 103 IU/kg.

(iii) 飼料轉換率

隨著飼糧中硒添加量的增加，造成仔豬飼料轉換率變差 (Goehring *et al.*, 1984b)。本次試驗前期的處理組飼料轉換率為 2.02 ± 0.19 較對照組的 1.86 ± 0.14 差，惟不具顯著差異。相反的，試驗後期處理組飼料轉換率為 2.42 ± 0.17 ，則顯著優於對照組的 2.73 ± 0.11 ($P < 0.05$)。由於在試驗後期處理組之採食量低於對照組，但隻日增重上則與對照組相同為 0.31 kg，以致試驗後期處理組之飼料轉換率優於對照組。惟全期而言，兩組間則無顯著差異。推測由於第 7 週齡注射 PR 與 AP 疫苗，使對照組仔豬的體增重受到抑制。相對的，處理組給飼較高量礦物質硒與維生素 E 飼糧，雖然採食量較對照組少，但仔豬體增重維持於對照組的水準。推測給飼較高量礦物質硒與維生素 E 飼糧，可降低免疫注射對仔豬體增重的抑制效應，使仔豬體增重表現不亞於對照組，因而造成試驗後期處理組之飼料轉換率較優於對照組。

綜合上述，提升飼糧中硒與維生素 E 的添加量，推測可以降低疫苗注射造成仔豬緊迫程度，進而改善仔豬的飼料轉換率。

II. 血液檢測

(i) 仔豬血液中血球組成與數量

本試驗結束時，對照組與處理組之血球組成與數量如表 3。畜試一號黑豬 1 月齡仔豬之血液白血球數平均為 $13,700 \text{ cell}/\mu\text{L}$ ，3 月齡時為 $22,700 \text{ cell}/\mu\text{L}$ ，6 月齡時則為 $20,500 \text{ cell}/\mu\text{L}$ (洪等, 2011)。本試驗血液常規檢測之數值中，對照組與處理組之白血球數目分別為 $15,433 \text{ cell}/\mu\text{L}$ 與 $18,312 \text{ cell}/\mu\text{L}$ ，處理組之白血球數目顯著高於對照組 ($P < 0.05$)。一般而言，白血球數提升與發炎反應有關，Ježek *et al.* (2018) 亦指出發炎反應

可造成母豬白血球數提升，如子宮復舊 (uterine involution) 或是感染 (infection)，惟本試驗兩組的白血球數均介於洪等 (2011) 推薦的 13,700 – 22,700 cell/ μ L 之間，顯示兩組仔豬白血球數量均屬一般正常範圍內。

在畜試一號黑豬成長過程，血液中各種白血球以淋巴球 (LYM) 占的百分比最高，在 1 日齡、1 月齡、3 月齡與 6 月齡時淋巴球百分比分別為 49.2、53.7、51.8 與 58.1% (洪等, 2011)。本試驗具類似結果，血液中各種白血球以淋巴球占的百分比最高，處理組與對照組之淋巴球百分比分別為 59.3 與 56.6%。另一方面，處理組之淋巴球百分比顯著高於對照組 ($P < 0.05$)，且處理組的嗜中性白血球 (NET) 百分比則顯著低於對照組 ($P < 0.05$)，以致處理組嗜中性白血球與淋巴球的比值 0.59 (N/L, NET/LYM) 顯著低於對照組的 0.67 ($P < 0.05$)。綜上所述，提高飼糧中硒與維生素 E 濃度，會導致仔豬液中白血球組成的改變。

本試驗處理組之單核球百分比 4.2% 顯著高於對照組的 3.8% ($P < 0.05$)，但均介於 Horn *et al.* (2010) 的 2 – 10% 範圍內。另一方面，處理組的嗜酸性白血球百分比 0.9% 顯著低於對照組的 1.2% ($P < 0.05$)，均介於 Horn *et al.* (2010) 的 0.5 – 11% 範圍內，推測本試驗單核球與嗜酸性白血球百分比均屬一般正常範圍內。

表 3. 提升飼糧中硒及維生素 E 濃度對仔豬 (畜試黑豬一號) 血球組成之影響

Table 3. Effects of increasing dietary Se and Vitamin E concentration on blood cell profiles of the piglets (TLRI Black Pig No.1)

Items	Control group ¹	Treatment group ¹	SE	P value
No.	16	16		
WBC, cell/ μ L ¹	15,433 ^b	18,312 ^a	316	**
RBC, M cell/ μ L	6.3	6.1	0.11	NS
PLT, 10 ³ platelet/ μ L	314.5	347.5	18.68	NS
NET, %	37.9 ^a	35.0 ^b	0.50	*
LYM, %	56.6 ^b	59.3 ^a	0.42	*
MON, %	3.8 ^b	4.2 ^a	0.07	*
EOS, %	1.2 ^a	0.9 ^b	0.03	*
BASO, %	0.5	0.5	0.06	NS
NET/LYM	0.7 ^a	0.6 ^b	0.02	*

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

¹ Same as Table 2.

² WBC, white blood cells; RBC, red blood cells; PLT, platelets; NET, neutrophils; LYM, lymphocytes; MON, mononuclear balls; EOS, eosinophil; BASO, basophil.

*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; NS: not significant.

(ii) 飼糧中硒和維生素 E 濃度與仔豬緊迫

將飼糧中硒與維生素 E 濃度，由 0.2 ppm 與 17 IU/kg 提升至 1.0 ppm 與 200 IU/kg 為期 14 天，可以減緩熱緊迫對豬隻的影響 (Liu *et al.*, 2016)。皮質類固醇 (corticosteroids) 是有效的短期壓力指標，N/L 比值是豬隻的良好中長期壓力指標，緊迫會提高母豬血液中嗜中性球與淋巴球的比值 (Quiñonero *et al.*, 2009)，本試驗給飼提升硒與維生素 E 濃度飼糧，顯著降低處理組血液中 N/L 比值 ($P < 0.05$)，推測提升飼糧中硒和維生素 E 濃度可降低仔豬的緊迫反應。

(iii) 飼糧中硒和維生素 E 濃度與免疫的表現

提升飼糧中硒及維生素 E 對仔豬血清中抗菌勝肽與免疫球蛋白均無顯著影響 (表 4)。Yoon and McMillan (2006) 提高母豬飼糧中硒的含量，不論使用有機或無機硒，對 14 日齡仔豬血清中的 Ig G 濃度均無顯著影響。本試驗有類似的結果，對照組與處理組仔豬血清中免疫球蛋白 IgG、IgA 與 IgM 濃度均無顯著差異。PR39 為豬隻產生的抗菌勝肽之一，豬隻受到沙門氏菌感染提升血清中抗菌勝肽濃度 (Zhang *et al.*, 1997)。本試驗則未測得血清中 PR39 濃度的提升。綜上所述，推測試驗環境消毒作業確實，減低仔豬細菌性感染情形，以致對照組與處理組仔豬血清中抗菌勝肽 PR39 與 pBD2 濃度均無顯著差異。

表 4. 提升飼糧中硒與維生素 E 濃度對仔豬 (畜試黑豬一號) 血液中抗菌勝肽與免疫球蛋白濃度之影響

Table 4. Effects of increasing dietary Se and Vitamin E concentration on blood antimicrobial peptide and immunoglobulin concentration of the piglets (TLRI Black Pig No.1)

Items	Control group	Treatment group	SE	P value
No.	16	14		
PR39, pg/mL ¹	723.1	703.0	17.9	0.49
pBD2, pg/mL	67.2	65.6	12.7	0.94
IgG, mg/mL	7,782	8,053	533	0.74
IgA, mg/mL	650	606	28	0.35
IgM, mg/mL	1,296	1,368	35	0.24

NS: not significant.

¹ Same as Table 2.² PR39, proline-arginine (PR)-rich antibacterial peptide; pBD2, Porcine beta defensin 2; IgG, immunoglobulins G; IgA, immunoglobulins A; IgM, immunoglobulins M.

結 論

給飼處理組仔豬高濃度礦物質硒 (1.81 mg/kg) 與維生素 E (103.2 IU/kg) 飼糧，有降低仔豬採食量的趨勢，但處理組試驗後期仔豬增重，可能因為受免疫注射的抑制較小，以致飼料轉換率較佳。血液常規檢測方面，提升飼糧中硒與維生素 E 含量，可改變仔豬血液中白血球組成，而顯著降低嗜中性白血球與淋巴球比值 (N/L)，顯示提高量礦物質硒與維生素有助於舒緩仔豬接種疫苗後的緊迫。

誌 謝

試驗期間承畜產試驗所產業組二股全體同仁協助及營養組蕭合芬小姐樣品分析，謹此誌謝。

參考文獻

- 洪鈴柱、李恒夫、邱智偉、蘇天明。2011。畜試黑豬一號血液學調查。畜產研究 44：301-310。
- Boman, H. G., B. Agerberth and A. Boman. 1993. Mechanisms of action on *Escherichia coli* of cecropin P1 and PR-39, two antibacterial peptides from pig intestine. *Infect. Immun.* 61: 2978-2984.
- Cao, J., F. Guo, L. Zhang, B. Dong and L. Gong. 2014. Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance, antioxidant status, plasma selenium concentration, and immune function in weaning pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5: 46-52.
- Finch, J. M. and R. J. Turner. 1996. Effects of selenium and vitamin E on the immune responses of domestic animals. *Res. Vet. Sci.* 60: 97-106.
- Goehring, T. B., I. S. Palmer, O. E. Olson, G. W. Libel and R. C. Wahlstrom. 1984a. Effects of seleniferous grains and inorganic selenium on tissue and blood composition and growth performance of rats and swine. *J. Anita. Sci.* 59: 725-732.
- Goehring, T. B., I. S. Palmer, O. E. Olson, G. W. Libal and R. C. Wahlstrom. 1984b. Toxic effects of selenium on growing swine fed corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.* 59: 733-737.
- Horn, C. E. 2010. Hematology of the pig. In: D. J. Weiss and K. J. Wardrop eds. *Schalm's Veterinary Hematology*. 6th ed. Ames, Iowa: Wiley Blackwell, pp. 843-851.
- Ježek J., J. Starič, M. Nemec, M. Nemec, J. Plut, OI. Golinar, M. Klinkin and M. Stukelj. 2018. The influence of age, farm, and physiological status on pig hematological profiles. *J. Swine Health Prod.* 26: 72-78.

- Liu, F., J. J. Cottrell, J. B. Furness, L. R. Rivera, F. W. Kelly, U. Wijesiriwardana, R. V. Pustovit, L. J. Fothergill, D. M. Bravo, P. Celi, B. J. Leury, N. K. Gabler, F. R. Dunshea. 2016. Selenium and vitamin E together improve intestinal epithelial barrier function and alleviate oxidative stress in heat-stressed pigs. *Exp. Physiol.* 101: 801-810.
- Miller, W. T. and H. W. Schoening. 1938. Toxicity of selenium fed to swine in the form of sodium selenite. *J. Agric. Res.* 56: 831-842.
- NRC. 2012. Nutrition requirements of swine. (11th Ed). National Academy Press, Washington, D. C. USA.
- Olivera, T. F. B., A. G. Bertechini, R. Philomeno and V. A. Silva. 2017. Dietary levels and sources of selenium for post weaning piglets. *Ciênc. Rural* [online] vol.47, n.12, e20170477. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20170477>.
- Peplowski, M. A., D. C. Mahan, F. A. Murray, A. L. Moxon, A. H. Cantor and K. E. Ekstrom. 1980. Effect of dietary and injectable vitamin E and selenium in weanling swine antigenically challenged with sheep red blood cells. *J. Anim. Sci.* 51: 344-351.
- Quiñonero, J., C. GarcíaSantamaría, E. MaríaDolores and E. Armero. 2009. Physiological indicators of stress in gestating sows under different cooling systems. *Pesq. Agropec. Bras.* 44: 1549-1552.
- Sang, Y. and F. Blecha. 2009. Porcine host defense peptides: Expanding repertoire and functions. *Dev. Comp. Immunol.* 33: 334-343.
- SAS Institute. 2002. Guide for Personal Computers. Version 8.0.1, SAS Inst., Inc., Cary, NC. USA.
- TFDA A0025.00. 2014. Method of test for fat-soluble Vitamins in foods. Taiwan Food and Drug Administration.
- Veldhuizen, E. J., H. G. Hendriks, A. Hogenkamp, A. van Dijk, W. Gaastra, P. C. Tooten and H. P. Haagsman. 2006. Differential regulation of porcine β -defensins 1 and 2 upon Salmonella infection in the intestinal epithelial cell line IPI-2I. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 114: 94-102.
- Veldhuizen, E. J., I. Koomen, T. Ultee, A. van Dijk and H. P. Haagsman. 2009. Salmonella serovar specific upregulation of porcine defensins 1 and 2 in a jejunal epithelial cell line. *Vet. Microbiol.* 136: 69-75.
- Yoon, I. and E. McMillan. 2006. Comparative effects of organic and inorganic selenium on selenium transfer from sows to nursing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 1729-1733.
- Zarczynska, K., P. Sobiech, J. Radwinska and W. Rekawek. 2013. Effects of selenium on animal health. *J. Elementol.* 18: 329-340.
- Zhang, G., C. R. Ross, S. S. Dritz, J. C. Nietfeld and F. Blecha. 1997. Salmonella infection increases porcine antibacterial peptide concentrations in serum. *Clin. Diagn. Lab. Immunol.* 4: 774-777.

Effects of increasing dietary selenium and vitamin E concentration on growth performance and blood cell profile of TLRI Black Pig No.1 piglets ⁽¹⁾

Chin-Meng Wang ^{(2) (4)} You-Jun Lin ⁽³⁾ Chih-Yin Chen ⁽²⁾ and Fang-Chueh Liu ⁽²⁾

Received: Jan. 7, 2020; Accepted: May 5, 2020

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of dietary selenium and vitamin E on growth performance of piglets. A total of 32 piglets (5-wk-old, TLRI Black Pig No.1) were divided into control and treatment groups by the body weight. In the treatment group, selenium and vitamin E concentration in the diet was 6 times of NRC (2012) recommendation. The selenium values of the control and treatment groups were 0.33 and 1.81 mg/kg, respectively, and the vitamin E were 51.4 and 103.2 IU/kg, respectively. The data of study period was divided into 1st-stage, between 5 and 7 weeks of age, 2nd-stage, between 7 and 9 weeks of age, and whole period, between 5 and 9 weeks of age, according to vaccination time. The results showed that there was no difference in growth performance between the two groups at the 1st-stage, and the FCR (feed conversion rate) of the treatment group was significantly ($P < 0.05$) better than the control group at the 2nd-stage. In whole period, the piglets fed higher selenium and vitamin E concentration diet had a tendency to reduce feed intake ($P = 0.09$). In the blood cells count, neutrophil/lymphocytes value ($N/L = 0.59$) of the piglets, fed higher selenium and vitamin E concentration diet, was significantly ($P < 0.05$) lower than the control group ($N/L = 0.67$). The result showed that increasing dietary selenium and vitamin E concentration can relieve the stress response of the piglets. In conclusion, increasing dietary selenium and vitamin E concentration could lower the suppression effect of feed intake and growth of piglets, and relieve the stress response of the piglets after vaccination.

Key words: TLRI Black Pig No.1, Selenium, Vitamin E, Growth performance.

(1) Contribution No. 2636 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Nutrition Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

不同濃度之低密度脂蛋白對臺灣荷蘭牛精液 冷凍解凍後品質之影響⁽¹⁾

李佳馨⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ 楊明桂⁽²⁾ 郭廷雍⁽³⁾ 唐品琦⁽⁴⁾

收件日期：109 年 1 月 7 日；接受日期：109 年 5 月 8 日

摘 要

本試驗旨在探討添加不同濃度低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL) 之冷凍稀釋液，對國內荷蘭種公牛精液冷凍解凍後品質之影響。本試驗 3 頭公牛選自乳牛群性能改良計畫 (dairy herd improvement, DHI) 排名之天噸牛 (Ten Tons Cow) 所生之雄後代，以人工假陰道採集其精液，分別以含不同濃度 (6、7、8、9 及 10%) LDL 與 20% 蛋黃 (egg yolk, EY；對照組) 之稀釋液稀釋後，使最終精子濃度達到 3×10^8 細胞數/mL。冷凍解凍後之精液藉由電腦輔助精子分析儀 (computer-assisted sperm analysis, CASA) 與流式細胞儀 (flow cytometer)，分析精子之精子活力 (motility)、向前活動之精子活力 (progressive motility)、運動參數、存活率 (viability)、粒線體活性 (mitochondrial integrity) 與頭帽完整性 (acrosome integrity)。結果顯示，稀釋液中添加 8% LDL 時，公牛精液冷凍解凍後之存活率與頭帽完整性顯著高於蛋黃對照組 ($P < 0.05$)；添加 8% LDL 時，精子活力與向前活動之精子活力顯著高於其他處理組 ($P < 0.05$)；精子保存於含 8% LDL 稀釋液中，有較佳之運動參數，包含平均路徑速度 (average path velocity, VAP)、平均曲線運動速度 (curvilinear velocity, VCL) 與精子平均側擺幅值 (amplitude of lateral head displacement, ALH)。綜上所述，荷蘭公牛精液稀釋液中添加 8% LDL 可保持精子於冷凍解凍過程中有較佳之活力、向前活動之精子活力、精子運動參數以及存活率，此結果能有效提升國內荷蘭公牛冷凍精液品質。

關鍵詞：荷蘭公牛、低密度脂蛋白、冷凍稀釋液。

緒 言

人工授精 (artificial insemination, AI) 技術在酪農業中廣泛被使用，其成功部分可歸因於冷凍精液保存稀釋液 (extender) 之開發 (Foote *et al.*, 2002)，而使用之冷凍保護劑主要成分為甘油與蛋黃，以保護精子於冷凍保存過程中免受損傷。自發現蛋黃 (egg yolk, EY) 有保護精液特性以來 (Phillips and Lardy, 1940)，蛋黃做為非滲透性冷凍保護劑被認為是稀釋液中最重要之組分之一 (Vishwanath and Shannon, 2000; Crespilho *et al.*, 2012)。但近年來，卻有許多學者提出蛋黃稀釋液之負面效應，如 I. 蛋黃為一營養生物培養液，可促進微生物孳生，故亦可能導致精液污染發生 (Aires *et al.*, 2003)，或是引入外來疾病傳播的風險，如禽流感 (Yildiz *et al.*, 2013)；II. 蛋黃中之顆粒物質 (granules) 會阻礙精子之代謝轉換作用，或是降低精子活動力，尤其是蛋黃成分中之水溶性物質 (water soluble fractions) 與顆粒均不利於冷凍解凍後之精子活力 (Pace and Graham, 1974)，另有研究亦指出蛋黃顆粒中之助孕素 (progesterone) 可能為精子獲能作用之潛在原因，因此不利精子冷凍保存 (Kampschmidt *et al.*, 1953; Moreno *et al.*, 2013)；III. 蛋黃顆粒可能干擾精子生化檢驗分析結果，使得顯微鏡精液評估更加困難，尤其是當使用電腦輔助精子分析儀 (computer-assisted sperm analysis, CASA) 時，蛋黃顆粒可能造成無法正確分析 (Singh *et al.*, 2012)；IV. 由於雞蛋批次間之差異很大，故使蛋黃難以標準化，增加實驗室品質掌控之困難 (Bousseau *et al.*, 1998)。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2637 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所遺傳育種組。

(4) 國立中興大學動物科學系。

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

目前研究顯示，低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL) 為蛋黃稀釋液中提供保護之主要成分，可增加膽固醇 / 磷脂比例，防止精子細胞膜上磷脂之流失，提高精子抗凍性並減少冷休克傷害 (Medeiros *et al.*, 2002; Muiño *et al.*, 2007)。在 Pace and Graham (1974) 初次將蛋黃中之 LDL 與高密度脂蛋白 (high-density lipoprotein, HDL) 分開後，分別添加至精子稀釋液使用中，結果發現蛋黃中 HDL 會破壞精子細胞膜，而 LDL 則能保留較多精子細胞膜之完整性，而在豬的冷凍精液中亦有相似的結果 (Demianowicz and Strzezek, 1996)。另在 Bergeron *et al.* (2004) 研究中，稀釋液添加含有 EY 或 LDL 之稀釋液，其牛精漿蛋白 (bovine semen proteins, BSP) 會減少 50 – 80%，且在培養期間精子細胞膜之膽固醇與磷脂顯著增加。推測係由於 LDL 可與 BSP 蛋白產生螯合作用，因而減少 BSP 主要蛋白與精子結合，可阻止精子細胞膜脂質流出，而此機制亦被推測應該為蛋黃中之 LDL 稀釋液可作為精子冷藏冷凍保護劑之原因。因此，本試驗旨在探討添加不同濃度 LDL 之冷凍稀釋液，對臺灣種公牛精液冷凍解凍後品質之影響。

材料與方法

I. 試驗動物

本試驗採用 3 頭 2 – 3 歲之荷蘭品種種公牛，為臺灣 DHI 數據排名之天噸牛後代年輕公牛，體重約在 650 – 800 kg，飼養於畜產試驗所新竹分所之西湖牧場。試驗公牛圈飼於個別牛欄，欄舍提供飲水、礦鹽與盤固乾草任飼，每日給予 1.5 – 2 kg 精料，採精期間補充苜蓿乾草每日 0.5 kg。

II. 雞蛋蛋黃 LDL 之萃取與組成分析

(i) LDL 之萃取

本試驗中 LDL 萃取方法係修正自 Moussa *et al.* (2002) 及康等 (2012) 等所述之萃取步驟。將蛋黃液加入 2 倍量之等滲透壓食鹽溶液 (0.17 M NaCl) 稀釋，並在 4℃ 下攪拌 1 h，其後，蛋黃液於 4℃ 以 10,000 × g 離心 45 min，取其上層液，上層液再以相同條件離心一次。離心後收集之上層液加入 40% 硫酸銨 (Sigma, A-4418) 於 4℃ 下充分攪拌 1 – 1.5 h 後取上層液。將上層液倒入透析膜中 (MW = 10,335; Sigma, D-9527)，置放於已滅菌過之蒸餾水中，於 4℃ 下續以磁石攪拌進行透析 24 h (透析過程共換水 6 次)，之後將透析袋內液體倒出，於 4℃ 以 10,000 × g 離心 45 min 後，再次將上層液重複透析步驟，完成共 48 h 透析，再次離心後可得清楚之分層，漂浮於上層濃稠流體即為 LDL，小心收集後將所得之 LDL 儲存於 4℃ 冰箱備用。

(ii) 乾物質含量分析

將 100 g 濕重之 LDL 樣品置於 104℃ 烘箱中烘乾 48 h，冷卻後秤重以計算乾物質含量。LDL 回收率 (recovery rate, %) 計算： $(\text{萃取前之蛋黃液重 (g)} - \text{萃取後之蛋黃液重 (g)}) / \text{萃取前之蛋黃液重 (g)} \times 100$ 。LDL 回收率及乾物質含量分析結果如表 3 所示。

III. 冷凍稀釋液之配製

(i) 蛋黃稀釋液之配製

市售購得之新鮮雞蛋，先以 75% 酒精噴於蛋殼表面後，以紙巾將蛋殼表面之髒污去除，接著小心打開蛋殼，將蛋黃及蛋白分離，儘量瀝除蛋白。將蛋黃倒在 110 mm 濾紙上，使濾紙吸附剩餘蛋白以及繫帶，再以手術刀片輕輕劃開蛋黃膜，使蛋黃液流出，並將蛋黃液收集在事先準備之乾淨燒杯中預冷。收集之蛋黃液加入 2 倍量之 0.17 M NaCl 液體，為避免蛋黃液中細菌增生，於 10℃ 下以磁石攪拌混合 1 h，之後將混合液於 10℃ 以 8,000 × g 離心 45 min 後收集上層液，上層液再以上述條件離心一次，所收集之上層液即為所需要之蛋黃液。第一階段稀釋液成分為添加 2.42 g Tris、1.48 g citric acid、1.00 g fructose、250 µg gentamicin、150 µg penicillin 以及 20 mL 蛋黃液於二次蒸餾之滅菌水中並定量到 100 mL；第二階段稀釋液成分除額外添加 14% 甘油外，其餘成分比例皆同第一階段稀釋液之配方。

(ii) 不同濃度 LDL 稀釋液之配製

第一階段稀釋液成分為添加 2.42 g Tris、1.48 g citric acid、1.00 g fructose、250 µg gentamicin、150 µg penicillin 以及 8% LDL 於二次蒸餾之滅菌水中並定量至 100 mL，再以 0.22 µm 過濾膜過濾後，儲存於 4℃ 冰箱備用。第二階段稀釋液成分除添加 14% 甘油外，其餘皆同第一階段稀釋液。精子冷凍稀釋液配方如表 1 所示，各稀釋液之滲透壓如表 2 所示。

IV. 公牛精液之採集與處理

公牛於涼季 (10 月至隔年 5 月) 進行精液採集，精液收集係使用人工假陰道 (artificial vagina, IMV, France) 法進行，頻率為每頭每週 2 次，每次採集三管，收集於 15 mL 離心管內之精液，吸取部分進行新鮮精液之各項

精液品質分析，經稀釋 200 倍後於顯微鏡下評估，其精子活力率在 70% 以上、活力 4 級以上，且是三管中最優者，方進行試驗。

表 1. 公牛精子冷凍稀釋液成分

Table 1. The calculated composition of bull semen cryopreservation extenders

Component	Control	Treatment
Egg yolk (%)	20	-
LDL (%)	-	6 ~ 10
Tris (g)	2.42	2.42
Citric acid (g)	1.48	1.48
Fructose (g)	1.00	1.00
Gentamicine (μg)	250	250
Penicillin (μg)	150	150
Glycerol (%)	14	14
Total	100 mL	100 mL

表 2. 不含甘油與含 7% 甘油之不同 LDL 濃度之公牛精液冷凍稀釋液滲透壓

Table 2. The calculated osmotic pressure of bull semen cryopreservation extenders containing different LDL concentrations and with 7% of glycerol or without glycerol

Extenders	Osmotic pressure (mOsm / kg)	Osmotic pressure after adding 7% of glycerol
Fresh bull semen	287	—
Tris- citric acid- fructose (TCF)	269	—
TCF containing 20% egg yolk (control)	282	1,692
TCF containing 6% LDL	261	1,590
TCF containing 7% LDL	253	1,521
TCF containing 8% LDL	246	1,445
TCF containing 9% LDL	239	1,399
TCF containing 10% LDL	224	1,325

V. 精液冷凍與解凍程序

本試驗精子之冷凍操作皆使用電腦程式化冷凍降溫儀 (computer control freezer, IceCube™ Series 14) 進行。新鮮精液精子濃度計算後，分別加入適量之各種不同第一階段冷凍稀釋液均勻混合進行稀釋，使稀釋濃度調整為每毫升 6×10^8 個精子數，再將裝有精液之離心管置入裝有 35 – 37°C 溫水之燒杯中，以隔水降溫方式移入 4°C 冷房降溫，並於 4°C 條件下平衡 1 – 1.5 h。平衡後，加入等量第二階段冷凍稀釋液進行稀釋，並將稀釋液分為 3 等份緩慢加入，每份加入之間隔時間為 10 min，使稀釋精液最終濃度達每毫升 3×10^8 個精子數，並於 4°C 下將精液分裝充填至 0.5 mL 麥管 (IMV, France) 後予以封粉，置入 4°C 冷房中平衡 2 h，最後將麥管排列於程式降溫儀內進行梯度冷凍過程，條件依序為：4°C 至 -10°C (-5°C / min)，-10°C 至 -100°C (-40°C / min)，-100°C 至 -140°C (-20°C / min) 等三階段，以完成精液冷凍之降溫程序，本試驗之冷凍降溫過程中並無植冰 (seeding) 程序。最終將麥管裝入鋁架上，移置至液態氮桶中儲存 (-196°C)。所有試驗處理組別之解凍流程如下，將冷凍精液自液態氮桶移出後，立即投入 37°C 水浴槽中解凍 30 sec，解凍後再進行相關精子性狀之評估。

VI. 精液品質之評估

(i) pH 值測定

pH meter (pH 3110 set 2 incl. SenTix® 41) 經校正後，直接測量所採集公牛之新鮮精液 pH 值並記錄之。

(ii) 精子分析儀

應用結合電子、光學顯微、影像處理器與電腦運算技術之精液檢測產品，SQA-Vb™，進行新鮮精液或冷凍精液檢測，檢測參數包含：總精子濃度 (M/mL)、活動精子濃度 (M/mL)、向前活動精子濃度 (M/mL)、活動精子百分比 (%)、向前活動精子百分比 (%)、正常精子形態百分比 (%) 以及精子鞭毛擺動頻率 (μm/

sec)。

VII 電腦輔助精子分析儀 (CASA)

利用電腦輔助精子分析系統以及 CEROS II Animal 軟體程序 (Hamilton Thorne Biosciences, Inc, Beverly, USA) 進行評估精子活力 (motility) (%)、前進活力 (progressive motility; %)、平均路徑速度 (velocity of average path, VAP; $\mu\text{m/s}$)、平均直線運動速度 (velocity of straight line, VSL; $\mu\text{m/s}$)、平均曲線運動速度 (velocity of curvilinear, VCL; $\mu\text{m/s}$)、精子平均側擺幅值 (amplitude of lateral head displacement, ALH; $\mu\text{m/s}$)、精子平均鞭打頻率 (beat cross frequency, BCF; Hz)、運動的前向性 (sperm track straightness, STR, $\text{STR} = \text{VSL} / \text{VAP} \times 100$; %)、運動的直線性 (linearity index, LIN, $\text{LIN} = \text{VSL} / \text{VCL} \times 100$; %)。

VIII 流式細胞儀

本試驗使用之流式細胞儀為 Guava® EasyCyte™ HT System 並搭配 InCyte™ 軟體進行分析，內建包含流體系統 (fluidics system)、光學系統 (optics system) 以及電子系統 (electronics system)，分析項目包括：精子存活率分析 (viability assay, Live/ Dead™ Sperm Viability Kit, Invitrogen)、活精子頭帽完整性分析 (acrosome integrity and viability assay, EasyKit™, IMV)、精子粒線體潛能分析 (Mitochondrial activity assay, EasyKit™, IMV)、精子染色質結構完整性分析 (sperm chromatin structure assay)。

IX 統計分析

本研究中各處理組別精子之活力、前進活力、存活率、頭帽完整性、粒線體潛能以及染色質完整性均以統計分析套裝軟體 (statistical analysis system, SAS, 9.4 版) 進行統計分析，使用一般線性模式 (GLM) 進行變方分析，再以鄧肯氏多變域分析 (Duncan's new multiple range test, DMRT) 評估各項處理組間差異之顯著性，並以 $P < 0.05$ 判定為具有顯著差異。

結 果

本試驗探討不同 LDL 濃度 (6、7、8、9 及 10%) 以及 20% 蛋黃 (對照組) 之稀釋液對臺灣荷蘭種公牛精液冷凍解凍後品質之影響。CASA 分析荷蘭種公牛精子之精子之活力及向前精子活力結果如圖 1 所示，解凍後精子之精子活力表現於添加 7% (59.61%)、8% (64.69%) 與 9% (57.31%) LDL 之處理組，精子活力顯著 ($P < 0.05$) 高於對照組 (20% 蛋黃; 49.01%) 與 6% (51.77%) 及 10% (51.42%) LDL ($P < 0.05$) 之處理組，以添加 8% LDL 之處理組有最佳之精子活力；而添加 6% 及 10% LDL 處理組之精子活力與對照組之間無顯著差異。向前精子活力與精子活力亦有相似之結果，以 7% (21.98%)、8% (24.56%) 與 9% (20.92%) LDL 處理組之向前精子活力顯著 ($P < 0.05$) 高於對照組 (20% 蛋黃; 17.27%)、6% (18.36%) 與 10% (17.73%) LDL ($P < 0.05$) 之處理組；以 8% LDL 之處理組有最佳之向前精子活力，然而 6% 與 10% LDL 處理組之精子活力與對照組之間無顯著差異。精子運動參數如表 4 所示，VAP 平均路徑速度 ($\mu\text{m/s}$)、VSL 平均直線運動速度 ($\mu\text{m/s}$)、VCL 平均曲線運動速度 ($\mu\text{m/s}$)、ALH 精子平均側擺幅值 ($\mu\text{m/s}$)、BCF 精子頭部擺動與平均路徑交叉頻率 (Hz)、STR 直線趨勢 (VSL/VAP , %)、LIN 直線前進之比率 (VSL/VCL , %) 等精子移動參數之結果顯示，精子保存於 7、8 及 9% LDL 處理組中與對照組 (20% 蛋黃) 相比在 VAP、VSL 與 ALH 有顯著性差異 ($P < 0.05$)；而在 STR、LIN 及 BCF 並無顯著性差異。而 VCL 在 8% LDL 處理組中與對照組 (20% 蛋黃) 間有顯著性差異 ($P < 0.05$)；其他 LDL 組 (6%、7%、9%、10%) 與對照組間均無顯著差異存在。6 與 10% LDL 處理組僅只有 VSL 數值與對照組間有顯著性差異 ($P < 0.05$)，其他精子運動參數均無顯著差異存在。

以流式細胞分析儀不同 LDL 濃度之精子存活率、頭帽完整性、粒線體活性及 DNA 完整性之結果，如圖 2 及表 5 所示，在精子存活率與頭帽完整性，以 8% LDL (56.99 與 47.74%) 與對照組 (20% 蛋黃; 49.11 與 41.96%) 具有顯著性差異 ($P < 0.05$)，而其他添加 6、7、9 及 10% LDL 之處理組與對照組及 8% LDL 間並無顯著差異。在冷凍稀釋液添加不同 LDL 濃度之精子粒線體活性及 DNA 完整性之分析中，各處理組間均無顯著性差異。

討 論

本試驗自雞蛋中萃取低密度脂蛋白之方法係修正自 Moussa *et al.* (2002) 及康等 (2012) 等所述之萃取步驟，以透析 24 h 後將透析液回收以 4°C 、 $10,000 \times g$ 、60 min 離心，再透析 24 h，其 LDL 之回收率可達 $54.27 \pm 2.56\%$ ，其水分為 $59.28 \pm 1.43\%$ ，乾物質約為 $40.71 \pm 1.43\%$ (表 3)，LDL 回收率與康等 (2012) 研究所得之 LDL 回收率 $60.37 \pm$

7.02% 相似，其水分 (57.17%) 與乾物質 (42.83%) 百分比相近，而略低於 Moussa *et al.* (2002) 之 67% 之回收率。由於在透析過程需要使用硫酸銨以沉澱 β -livetintin，而硫酸銨對細胞具有毒性，若透析不完全易造成精子死亡。本試驗以測定透析前後之 pH 值之高低來判定硫酸銨之殘留，一般透析前蛋黃液中含有硫酸銨之 pH 值約在 5.5 – 5.6 間，未添加硫酸銨之蛋黃液約 5.9 – 6.0，透析後回收之 LDL pH 值約在 5.95，此代表硫酸銨已被去除。

本試驗過程中發現，利用雞蛋中萃取之低密度脂蛋白作為冷凍稀釋計成分，能有效減少 CASA 分析時利用蛋黃為稀釋液成分者之蛋黃顆粒干擾，在 Amirat *et al.* (2005) 的研究中亦有相同之結果，其以電子顯微鏡觀察精子於低溫下培養在蛋黃稀釋液及 LDL 稀釋液中，發現蛋黃稀釋液中之蛋黃顆粒會吸附於精子頭帽上造成精子膜之受損，進一步增加精子頭帽反應，而 LDL 稀釋液之處理組明顯有較少之蛋黃顆粒吸附於精子表面，且精子頭帽反應百分比明顯較蛋黃稀釋液少，顯示經萃取後之 LDL 稀釋液，大部分之蛋黃顆粒在透析過程明顯被去除，且有助於維持精子頭帽之完整性。

由試驗之結果顯示，於 TCF 稀釋液中添加 8% LDL 與傳統之 20% 蛋黃液之對照組比較，其解凍後之精子活力 (64.69 vs. 49.01%)、向前精子活力 (24.56 vs. 17.27%)、VAP (116.07 vs. 104.02 $\mu\text{m/s}$)、VSL (94.81 vs. 79.73 $\mu\text{m/s}$)、ALH (10.02 vs. 8.85 μm)、精子存活率 (56.99 vs. 48.61%) 與頭帽完整性 (41.96 vs. 47.74%) 之數據皆以 8% LDL 組顯著優於蛋黃組 (對照組)。顯示公牛稀釋液中添加 8% LDL 應可以取代 20% 蛋黃稀釋液作為公牛冷凍稀釋液使用。此與 Ali Al Ahmad *et al.* (2008) 所得山羊冷凍精液之最佳 LDL 添加量 8% 及 Moussa *et al.* (2002)、Hu *et al.* (2010) 與 Hu *et al.* (2011) 研究顯示荷蘭種公牛 (Holstein bull) 冷凍稀釋液中添加 8% LDL 有最佳之精子活動力及存活率之結果皆相同。此說明公牛稀釋液中添加 8% LDL 之冷凍稀釋液不僅可取代 20% 蛋黃稀釋液作為公牛冷凍稀釋液使用；甚至具有更佳之冷凍保護效果。然而，在前人研究中曾指出，蛋黃中之 LDL 的結構大約由 87% 脂質與 12% 蛋白質所組成，其中脂質包含 69% 三酸甘油酯，26% 磷脂質以及 5% 膽固醇酯，形成一個直徑約 35 nm 球形結構 (Cook and Martin, 1969; Evans *et al.*, 1969)。而 Bergeron *et al.* (2004) 觀察到，在稀釋液中添加 LDL 或蛋黃的處理組與不含蛋黃或 LDL 的稀釋液處理組相比，含有 LDL 或蛋黃的處理組與精子結合的 BSP 蛋白質減少約 50 – 80%。此外，在稀釋液中不添加蛋黃或 LDL 的處理組，在 4°C 下儲存 24 h 期間，精子膜中的膽固醇和磷脂持續流出。然而，當稀釋液中添加 LDL 或蛋黃時，反而觀察到精子膜上之膽固醇和磷脂有增加的趨勢。顯示蛋黃中之 LDL 不但可與 BSP 蛋白產生螯合作用，可減少 BSP 主要蛋白與精子的結合，阻止精子細胞膜脂質流出，增加精子細胞膜之膽固醇和磷脂含量，推測此應該是蛋黃中之 LDL 稀釋液可作為精子冷藏冷凍之保護機制 (Manjunath, 2012)。此也是 8% LDL 冷凍稀釋液較 20% 蛋黃稀釋液所產製者具較佳精液品質之重要關鍵。

另有許多研究也指出，蛋黃在經過冷凍過程時會產生凝膠化 (gelation) 現象，而 LDL 是造成此凝膠化現象之原因 (Wakamatu *et al.*, 1982; Kojima and Nakamura, 1985; Tsutsui, 1988)。LDL 的冷凍凝膠化現象發生在低於 -6°C 的溫度下，這種凝膠化現象主要是冰晶破壞 LDL 之結構，藉由增加 LDL 中之脂質與蛋白質相互作用，使 LDL 中之三酸甘油酯和磷脂在稀釋液中被釋放出來，與脫輔基蛋白 (apoproteins) 形成凝膠，此過程有利於冷凍過程引起細胞脫水之保護作用。Quinn and Chow (1980) 認為 LDL 被破壞後其中之磷脂可在精子膜表面形成保護膜。此外，Graham and Foote (1987) 和 Trimeche *et al.* (1996) 提出 LDL 的磷脂可以替代精子膜的某些磷脂，從而降低精子冷凍過程的溫度。Graham and Foote (1987) 亦觀察到單獨的磷脂酰絲氨酸 (phosphatidylserine) 或與磷脂酰膽鹼 (phosphatidylcholine) 結合是保護精子最有效的磷脂。

此外，表 4 之結果顯示，當 LDL 添加量達 10% 時，其精子活力及向前精子活力明顯較其他 LDL 處理組低，且於含 20% 蛋黃之對照組之數值相近，此結果與 Moussa *et al.* (2002) 及康等 (2012) 研究所顯示，當稀釋液中 LDL 濃度增加超過 10% 時，會導致解凍後精子性能降低之結果相同。此結果可能與稀釋液滲透壓有關 (表 2)，當稀釋液中 LDL 濃度增加時，滲透壓隨之下降。一般新鮮精液滲透壓為 287 mOsm/kg，含 20% 蛋黃之對照組在未添加甘油前之滲透壓為 282 mOsm/kg，而 10% LDL 於未添加甘油前之滲透壓已明顯降至 224 mOsm/kg，此已低於活體動物細胞正常滲透壓之 300 ± 30 mOsm/kg 範圍，而 Moussa *et al.* (2002) 及康等 (2012) 研究中亦指出，過低的滲透壓會導致精子死亡。本試驗第二階段稀釋液添加 7% 甘油，其滲透壓約在 $1,400 \pm 100$ mOsm/kg，略高於 Moussa *et al.* (2002) 使用甘油濃度為 6.2% 所測得之數據 $1,200 \pm 100$ mOsm/kg，是由於添加甘油百分比不同。本試驗稀釋液配方參照康等 (2012)，並未進一步試驗比較不同甘油濃度。但參照商業化稀釋液之滲透壓數據 (數據未顯示) 亦在 $1,400 \pm 100$ mOsm/kg 之間。Moussa *et al.* (2002) 針對高濃度之 LDL 提出兩假說，其一，稀釋液中之添加高濃度之 LDL，會與稀釋液中果糖及鹽類產生交互作用，造成 LDL 沉澱；另外一說為 LDL 濃度的增加會導致 LDL 聚集，進一步造成 LDL 作用的失活，此則可能是本試驗中利用較高 LDL 濃度組具較低之精液品質之另一原因。

綜合上述，公牛冷凍稀釋液中添加 8% LDL 濃度對冷凍解凍後之臺灣公牛精子具有顯著的冷凍保護特性，與稀釋液中使用 20% 蛋黃相比，可顯著提高精子活力、向前精子活力、精子運動參數、精子存活率與頭帽完整性。顯

示公牛稀釋液中添加 8% LDL 可以取代 20% 蛋黃稀釋液作為公牛冷凍稀釋液之使用。

表 3. LDL 乾物質含量分析結果

Table 3. LDL composition of dry matters

Recovery rate (%)	Moisture (%)	Dry matter (%)
54.27 ± 2.56	59.28 ± 1.43	40.71 ± 1.43

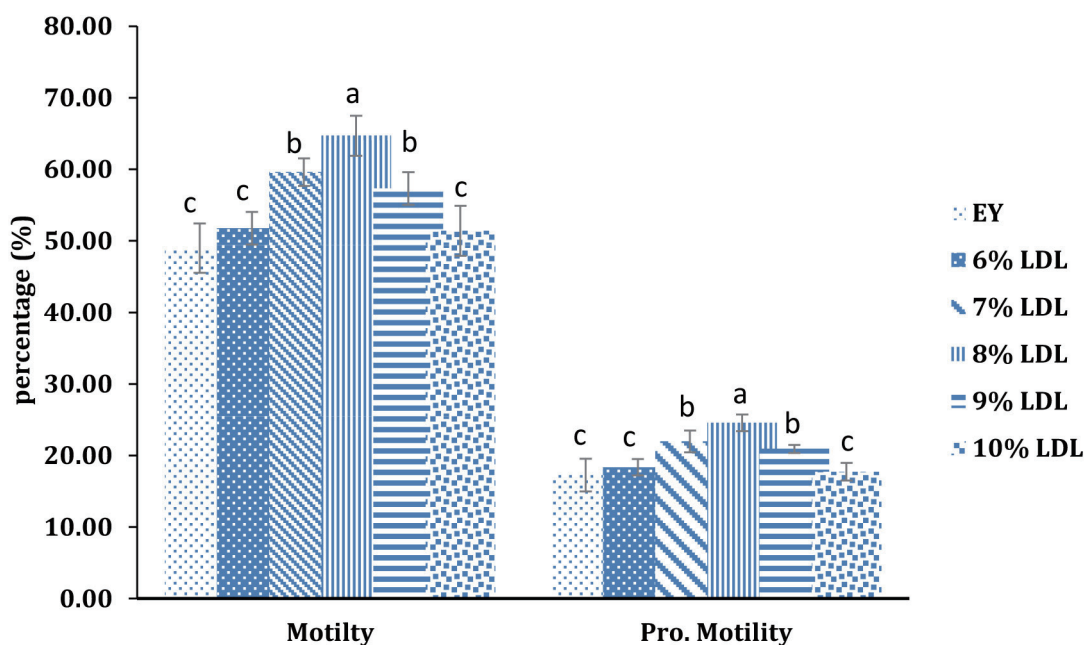


圖 1. 冷凍稀釋液中添加不同濃度低密度脂蛋白對精子活力與向前精子活力之影響。

Fig. 1. Effect of different concentrations of low-density lipoprotein (LDL) supplementation in the extenders on the motility and progressive motility (Pro. motility) of Taiwan Holstein bull spermatozoa after frozen-thawed process. Data were derived from 9 ejaculates (3 ejaculates × 3 bulls). Columns with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). Five LDL concentrations were examined: 6, 7, 8, 9 and 10% (w/v). $n = 3$.

表 4. 冷凍稀釋液中添加不同濃度低密度脂蛋白對臺灣荷蘭公牛冷凍解凍後活力及移動參數之 CASA 分析結果

Table 4. Effects of different concentration LDL supplementation in extenders on the motility and movement characteristics of Taiwan Holstein bull spermatozoa after frozen-thawed process by CASA analysis

Items	EY	6% LDL	7% LDL	8% LDL	9% LDL
Motility (%)	49.01 ± 3.45 ^c	53.77 ± 2.29 ^c	59.61 ± 2.94 ^b	64.69 ± 2.80 ^a	57.31 ± 2.29 ^b
Pro. Motility (%)	17.27 ± 2.29 ^c	18.36 ± 1.14 ^c	21.98 ± 1.53 ^b	24.56 ± 1.15 ^a	20.92 ± 0.58 ^b
VAP (μm/s)	104.02 ± 2.19 ^c	107.95 ± 4.46 ^{bc}	110.47 ± 2.36 ^b	116.07 ± 3.79 ^a	112.13 ± 4.44 ^{ab}
VSL (μm/s)	79.73 ± 3.05 ^c	88.20 ± 5.08 ^{ab}	89.47 ± 5.21 ^{ab}	94.81 ± 5.26 ^a	88.96 ± 2.78 ^{ab}
VCL (μm/s)	194.19 ± 6.96 ^b	204.58 ± 4.46 ^{ab}	203.78 ± 9.23 ^{ab}	205.99 ± 8.92 ^a	205.57 ± 5.93 ^{ab}
STR (%)	76.68 ± 3.49	80.95 ± 3.20	81.67 ± 1.43	81.67 ± 4.27	79.38 ± 1.18
LIN (%)	42.85 ± 0.69	41.71 ± 1.66	44.28 ± 1.39	45.90 ± 1.37	43.28 ± 0.47
ALH (μm)	8.85 ± 0.44 ^c	9.14 ± 0.62 ^{bc}	9.59 ± 0.50 ^{ab}	10.02 ± 0.64 ^a	9.61 ± 0.41 ^{ab}
BCF (Hz)	26.44 ± 1.53	26.12 ± 1.60	26.70 ± 0.54	27.36 ± 1.90	25.76 ± 2.09

^a Values are mean ± SEM of 9 ejaculates (3 ejaculates × 3 bulls). Means with different superscripts within same row are significantly different ($P < 0.05$). EY: 20% egg yolk, LDL: low-density lipoprotein, Pro. Motility: progressive motility, VAP: average path velocity; VSL: straight line velocity; VCL: curvilinear velocity; STR: straightness of trajectory; LIN: linearity; ALH: amplitude of lateral head; BCF: beat cross frequency. Five LDL concentrations were examined: 6, 7, 8, 9 and 10 (w/v). $n = 3$.

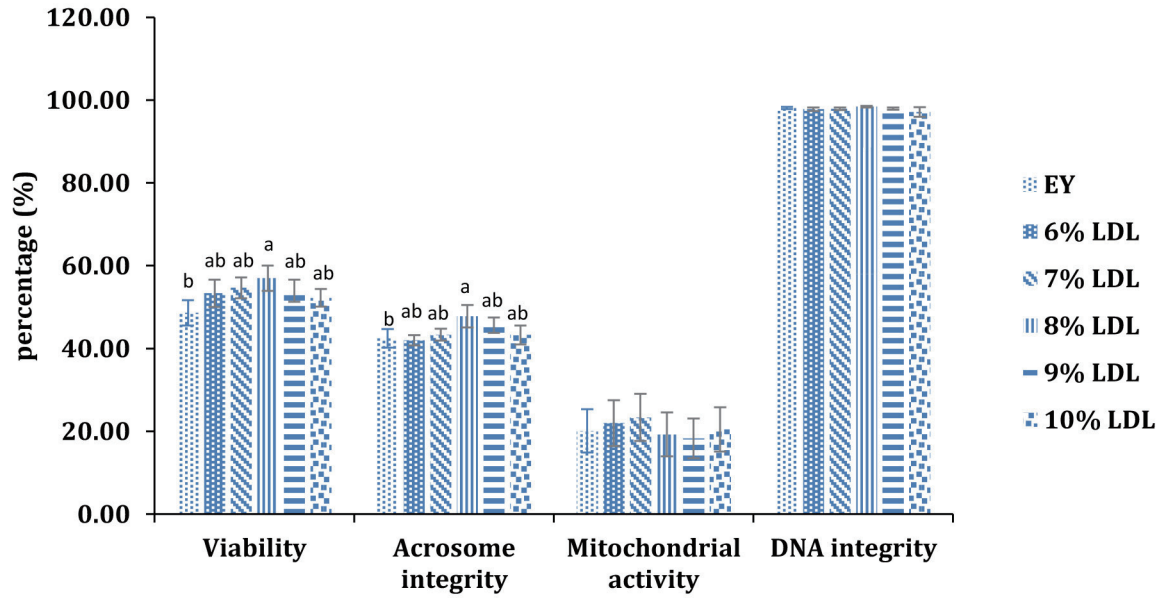


圖 2. 應用流式細胞儀分析牛冷凍稀釋液中添加不同濃度低密度脂蛋白 (LDL) 對精子冷凍解凍後之存活率、頭帽完整性、粒線體完整性以及 DNA 完整性之影響。

Fig. 2. Sperm viability, acrosome integrity, mitochondrial integrity, and DNA integrity with different concentrations of LDL supplementation after frozen-thawed process in Taiwan of Holstein bull spermatozoa by Flow cytometry analysis. Data were derived from 9 ejaculates (3 ejaculates × 3 bulls). Columns with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). Five LDL concentrations were tested: 6, 7, 8, 9 and 10% (w/v). $n = 3$.

表 5. 冷凍稀釋液中添加不同濃度之低密度脂蛋白經流式細胞儀分析之結果

Table 5. Sperm viability, acrosome integrity, mitochondrial activity and DNA integrity with different concentrations of LDL supplementation after frozen-thawed process in Taiwan Holstein bull spermatozoa by flow cytometry analysis

Items (%)	20% EY	6% LDL	7% LDL	8% LDL	9% LDL
Viability	49.11 ± 2.78 ^b	52.63 ± 2.56 ^{ab}	53.29 ± 2.02 ^{ab}	56.99 ± 2.88 ^a	54.05 ± 2.50 ^{ab}
Acrosome integrity	41.96 ± 0.86 ^b	42.65 ± 1.95 ^{ab}	42.59 ± 1.18 ^{ab}	47.74 ± 2.48 ^a	46.21 ± 1.66 ^{ab}
Mitochondrial activity	22.79 ± 4.32	25.12 ± 4.64	26.66 ± 4.66	21.96 ± 4.58	20.41 ± 4.08
DNA integrity	97.98 ± 0.22	97.77 ± 0.32	97.80 ± 0.23	98.30 ± 0.18	97.92 ± 0.18

Values are mean ± SEM of 9 ejaculates (3 ejaculates × 3 bulls).

Means with different superscripts within same row are significantly different ($P < 0.05$). $n = 3$.

EY: 20% egg yolk, LDL: low-density lipoprotein.

誌 謝

本研究承行政院農業委員會科技發展細部計畫 (106 農科 -6.3.1- 畜 -L1) 經費支持。試驗期間畜產試驗所新竹分所徐永耀同仁協助公牛採精，與總所遺傳育種組楊淳淳助理協助藥品製備，始克順利完成，謹此誌謝。

參考文獻

- 康定傑、沈朋志、邢湘琳、陳裕信、曲鳳翔、陳立人。2012。冷凍稀釋液中添加低密度脂蛋白對阿爾拜因山羊精液冷凍解凍後精子活力之影響。畜產研究 45：95-106。
- Aires, V. A., K. D. Hinsch, F. Mueller-Schloesser, K. Bogner, S. Mueller-Schloesser and E. Hinsch. 2003. In vitro and in vivo comparison of egg yolk-based and soybean lecithin-based extenders for cryopreservation of bovine semen. Theriogenology. 60: 269-279.
- Ali Al Ahmad, M. Z. G. Chatagnon, L. Amirat-Briand, M. Moussa, D. Tainturie and M. Anton. 2008. Use of glutamine and

- low density lipoproteins isolated from egg yolk to improve buck semen freezing. *Reprod. Domest. Anim.* 43: 429-436.
- Amirat, L., M. Anton, D. Tainturier, G. Chatagnon, I. Battut and J. L. Courtens. 2005. Modifications of bull spermatozoa induced by three extenders: Biociphos, low density lipoprotein and Triladyl, before, during and after freezing and thawing. *Reproduction* 129: 535-543.
- Bergeron, A., M. H. Crete, Y. Brindle and P. Manjunath. 2004. Low-density lipoprotein fraction from Hen's egg yolk decrease the binding of the major protein of bovine seminal plasma to sperm and prevents lipid efflux from the sperm membrane. *Biol. Reprod.* 70: 708-717.
- Bousseau, S., J. Brillard, B. Marquant-Le Guienne, B. Guerin, A. Camus and M. Lechat. 1998. Comparison of bacteriological qualities of various egg yolk sources and the in vitro and in vivo fertilizing potential of bovine semen frozen in egg yolk or lecithin based diluents. *Theriogenology* 50: 699-706.
- Cook, W. H. and W. G. Martin. 1969. Structural and functional aspects of lipoproteins in living systems. Egg lipoproteins. In: Tria E, Scanu AM, editors. Academic Press pp. 579-615.
- Crespilho, A., M. Sá Filho, J. Dell'Aqua, M. Nichi, G. Monteiro, B. Avanzi, A. Martins and F. O. Papa. 2012. Comparison of in vitro and in vivo fertilizing potential of bovine semen frozen in egg yolk or new lecithin based extenders. *Liv. Sci.* 149: 1-6.
- Demianowicz, W. and J. Strzezek. 1996. The effect of lipoprotein fraction of egg yolk on some of the biological properties of boar spermatozoa during storage of the semen in liquid state. *Reprod. Dom. Anim.* 31: 279-280.
- Evans, R., D. Bauer, S. Vaghefi and C. Flegal. 1969. Influence of feeding cottonseed oil to laying hens on the low density lipoproteins of their eggs. *J. Nutr.* 99: 485-490.
- Foote, R. H., C. C. Brockett and M. T. Kaproth. 2002. Motility and fertility of bull sperm in whole milk extender containing antioxidants. *Anim. Reprod. Sci.* 71: 13-23.
- Graham, J. and R. Foote. 1987. Effect of several lipids, fatty acyl chainlength, and degree of unsaturation on the motility of bull spermatozoa after cold shock and freezing. *Cryobiology* 24: 42-52.
- Hu, J. H., Q. W. Li, L. S. Zan, Z. L. Jiang, J. H. An, L. Q. Wang and Y. H. Jia. 2010. The cryoprotective effect of low-density lipoproteins in extender on bull spermatozoa following freezing-thawing. *Anim. Reprod. Sci.* 117:11-17.
- Hu, J. H., Z. L. Jiang, R. K. Lv, Q. W. Li, S. S. Zhang, L. S. Zan, Y. K. Li and X. Li. 2011. The advantages of low density lipoproteins in the cryopreservation of bull semen. *Cryobiology* 62: 83-87.
- Kampschmidt, R. F., D. T. Mayer and H. A. Herman. 1953. Lipid and lipoprotein constituents of egg yolk in the resistance and storage of bull spermatozoa. *J. Dairy Sci* 36: 733-742.
- Kojima, E. and R. Nakamura. 1985. Heat gelling properties of hen's egg yolk low density lipoprotein (LDL) in the presence of other protein. *J. Food Sci.* 50: 63-66.
- Manjunath, P. 2012. New insights into the understanding of the mechanism of sperm protection by extender components. *Anim. Reprod.* 9: 809-815.
- Medeiros, C., F. Forell, A. Oliveira and J. Rodrigues. 2002. Current status of sperm cryopreservation: why is't it better? *Theriogenology* 57: 327-344.
- Moreno, D., D. Bencharif, L. Amirat-Briand, A. Neira, S. Destrumelle and D. Tainturier. 2013. Preliminary results: the advantages of low-density lipoproteins for the cryopreservation of equine semen. *Equine Vet. Sci.* 33: 1068-1075.
- Moussa, M., V. Martinet, A. Trimeche, D. Tainturier and M. Anton. 2002. Low density lipoproteins extended from hen egg yolk by an easy method: cryoprotective effect on frozen-thawed bull semen. *Theriogenology* 57: 1695-1706.
- Muñoz, R., M. Fernandez and A. Peña. 2007. Post-thaw survival and longevity of bull spermatozoa frozen with an egg yolk-based or two egg yolk-free extenders after an equilibration period of 18 h. *Reprod. Domest. Anim.* 42: 305-311.
- Pace, M. M. and E. F. Graham. 1974. Components in egg yolk which protect bovine spermatozoa during freezing. *J. Anim. Sci.* 39: 1144-1149.
- Phillips, P. H. and H. A. Lardy. 1940. A yolk-buffer pabulum for the preservation of bull semen. *J. Dairy Sci.* 23: 399-404.
- Quinn, P. J. and P. Y. W. Chow. 1980. Evidence that phospholipids protects spermatozoa from cold shock at a plasma membrane site. *J. Reprod. Fertil.* 60: 403-407.
- Singh, A., V. Singh, B. Narwade, T. Mohanty and S. Atreja. 2012. Comparative quality assessment of buffalo (*Bubalus bubalis*) semen chilled (5°C) in egg yolk-and soya milk-based extenders. *Reprod. Domest. Anim.* 47: 596-600.
- Statistical Analysis System, SAS. 2016. User's Guide: Statistics, Version 9.4 Edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

- Trimeche, A., M. Anton, P. Renard, G. Gandener and D. Tainturier. 1996. Quail egg yolk: A novel cryoprotectant for the freeze preservation of Poitou jackass sperm. *Cryobiology* 34: 385-393.
- Tsutsui, T. 1988. Functional properties of heat-treated egg yolk low density lipoprotein. *J. Food Sci.* 53: 1103-1106.
- Vishwanath, R. and P. Shannon. 2000. Storage of bovine semen in liquid and frozen state. *Anim. Reprod. Sci.* 62: 23-53.
- Wakamatu, T., Y. Sato and Y. Saito. 1982. Identification of the components responsible for the gelation of egg yolk during freezing. *Agri. Biol. Chem.* 46: 1495-1503.
- Yildiz, C., Y. Bozkurt and I. Yavas. 2013. An evaluation of soybean lecithin as an alternative to avian egg yolk in the cryopreservation of fish sperm. *Cryobiology* 67: 91-94.

Effects of different concentrations of low density lipoprotein in semen extender on the quality of frozen semen in Holstein bulls ⁽¹⁾

Chia-Xin Lee ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ Ming-Kuew Yang ⁽²⁾ Ting-Yung Kuo ⁽³⁾ and Pin-Chi Tang ⁽⁴⁾

Received: Jan. 7, 2020; Accepted: May 8, 2020

Abstract

The purpose of the study was to investigate the effects of concentrations of low density lipoprotein (LDL) in the semen extenders on the quality of semen after frozen-thawed process. Three young offspring, derived from Ten Tons Cows based on DHI data ranking, were chosen in this study. Semen was collected by an artificial vagina and diluted with extenders containing either different percentages of LDL (6, 7, 8, 9 or 10%) or 20% EY (egg yolk, control group) to the final sperm concentration of 3×10^8 cells/mL. The sperm motility, viability, mitochondria activity and acrosome integrity after frozen-thawed process were evaluated by computer-assisted sperm analysis (CASA) and flow cytometer. The results showed that sperms in the group of 8% LDL had significantly ($P < 0.05$) higher viability, acrosome integrity, motility and progressive motility than the control group. Besides, better motility parameters, including average path velocity (VAP), curvilinear velocity (VCL) and amplitude of lateral head displacement (ALH), were found in the extender with of 8% LDL. In conclusion, the cryopreservation extenders containing 8% LDL maintain sperms good mobility, progressive motility, movement characteristics and viability. This can effectively improve the quality of frozen semen of domestic Holstein bulls.

Key words: Holstein bull, Low density lipoproteins, Cryopreservation.

(1) Contribution No. 2637 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Breeding and Genetics Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Department of Animal Science, National Chung Hsing University, Taichung 40249, Taiwan, R. O. C.

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

養牛場使用沼氣渦輪發電機之性能表現⁽¹⁾

歐修汶⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ 蕭宗法⁽²⁾ 周明顯⁽³⁾

收件日期：109 年 1 月 7 日；接受日期：109 年 5 月 18 日

摘 要

本研究旨在養牛場進行沼氣發電，藉由收集與分析沼氣發電數據，並了解實際運作情形，最後做簡單之經濟分析，以提供做為養牛場日後設置沼氣發電之參考。本試驗使用微型氣渦輪發電機，並以養牛場之廢水處理設施產生之沼氣做為燃料。未經純化之沼氣先經由活性碳吸附塔脫硫處理，純化後之沼氣則導入紅泥膠皮袋儲存；發電機之額定輸出功率設定在 30 kW，於發電機開啟與關閉時，量測並記錄沼氣成分與使用量、發電時間、發電量與前處理設施耗電量。結果顯示，發電機全年平均每小時發電量為 24.7 ± 1.4 kWh；前處理設施全年平均每小時耗電量為 3.6 ± 0.2 kWh，耗電量所占發電量之比值平均值為 $14.7 \pm 0.9\%$ 。沼氣中甲烷濃度平均為 $57.9 \pm 2.1\%$ ，二氧化碳平均濃度為 $29.3 \pm 2.8\%$ 。發電機之熱轉換效率平均為 $20.8 \pm 0.8\%$ ，沼氣消耗量平均為 373.3 ± 12.7 L/min，平均每發 1 度電需消耗 0.83 ± 0.03 m³ 之沼氣。全年試驗期間總計發電量為 33,942 度，若依躉購電價每度 5.0874 元計，估算發電收入為 172,676 元，共減少 18,091 kg CO₂e 之排放。以沼氣發電減少碳排放之貢獻與降低對其他能源的依賴，是值得應用與推廣。

關鍵詞：沼氣、微型氣渦輪發電機、沼氣發電、熱轉換效率、乳牛場。

緒 言

在家畜飼養的過程中，會產生許多有機廢棄物，例如糞尿、飼料或是草料等，在沖洗畜舍的過程中被帶到廢水處理設施，當廢水經微生物之厭氣處理後，除可將有機物降解合成自身所需之營養外，亦會產生一些產物，如沼氣和沼液、沼渣。沼氣直接排放於空氣中會增加許多溫室氣體排放。若能將沼氣收集並加以利用，除可解決上述問題外，又可當成一再再生且乾淨之燃料來源，創造牧場收益。在許多處理農業廢棄物的研究中指出，家畜糞尿產生之沼氣主要成分是甲烷和二氧化碳，其濃度分別為 45 – 70% 及 30 – 55% (郭等, 2012; Rasi *et al.*, 2007; Nagy and Wopera, 2012)，其他還有一些微量的氣體，例如硫化氫。沼氣亦可被當成是碳中和 (carbon neutral) 之能量資源 (羅, 2014; Holm-Nielsen *et al.*, 2009)，因植物行光合作用利用太陽輻射和二氧化碳，產生自身有機化合物。因植物被餵飼給動物將碳轉移至動物，然後部分碳回到環境中以二氧化碳之形式 (因呼吸或燃料沼氣產生)，因此，在此循環中淨碳數量為零 (蓋, 2013)。Chen *et al.* (2010) 分析臺灣再生能源狀況，臺灣因為石化能源價格不高比較容易傳輸與利用，消費者的接受度高，導致再生能源並未充分被開發，因此值得去研究並設法並克服上述困境。立法院於 2009 年 7 月 8 日公布「再生能源發展條例」，再生能源將會變得越有競爭力。另外，提倡再生能源對相關產業將提供正向之經濟利益。

目前活塞式 (piston) 或氣渦輪式 (gas-turbine) 的引擎 / 發電機可以經由燃燒沼氣產生電力 (羅, 2014)。本試驗所使用之微型氣渦輪發電機，具有可靠度高、低維護及操作成本、操作容易、低噪音 (< 70 dBA@10 m)、占地小及可在低甲烷濃度 (> 35%) 及高硫化氫濃度 (5,000 ppm) 下運轉等優點 (郭等, 2012)。在國內外，此等發電機有應用在污水處理場 (徐, 2016; 郭等, 2012; Basrawi *et al.*, 2012)、垃圾掩埋場 (郭等, 2012)、養豬場 (李, 2015; 蓋, 2013; 羅, 2014)，但在國內很少應用於養牛場之研究。因此，本研究旨在養牛場進行沼氣發電，藉由收集與分析沼氣發電數據，並了解實際運作情形，最後做簡單之經濟分析，以提供做為養牛場日後設置沼氣發電之參考。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2638 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 國立中山大學環境工程研究所。

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

材料與方法

I. 沼氣來源與處理

試驗於 2014 年本所產業組乳牛場之廢水處理設施進行，乳牛場飼養 200 頭乳牛，養牛廢水以三段式（固液分離、厭氣、好氣）處理，其中厭氣處理所產生之沼氣（為未經處理之沼氣），為本試驗沼氣來源。未經處理之沼氣會先經紅泥膠皮袋收集，由一臺沼氣抽氣機，沼氣由活性碳吸附塔底部，通過填充之柱狀活性碳層，經由活性碳表面之孔隙對沼氣行吸附作用，主要將沼氣成分中之硫化氫吸附在活性碳中，經吸附處理後之沼氣再進入另一紅泥膠皮袋收集備用。

II. 沼氣渦輪發電機組與操作流程

沼氣渦輪發電機組由空壓機 (H-50, Fu Sheng Industrial Co., Taiwan)、冷凍乾燥機 (RD-20A, 通世興業有限公司, 臺灣)、高壓鋼桶和氣渦輪發電機 (CR30, Capstone Turbine Co., USA) 所組成，其中空壓機 (5 HP) 與冷凍乾燥機 (0.5 HP) 屬於燃料前處理機 (圖 1)，於發電運轉中會消耗電能；氣渦輪發電機為氣冷式連續運轉型、全機無使用潤滑油脂、發電容量輸出電力 30 ± 1 kW、熱效率 $25 \pm 2\%$ 、電力輸出三相四線 400 – 480 VAC / 60 Hz、噪音 65 dB(A)、適用於畜牧沼氣或掩埋場沼氣供作為發電燃料、排氣溫度 275°C 。空壓機將純化後之沼氣（硫化氫濃度 < 100 ppm）抽進冷凍乾燥機中，藉由壓力與溫度變化，將沼氣中多餘之水分排除，經壓縮且脫水之沼氣則提供做為發電機燃料。將發電機之額定輸出功率 (rated power output) 設定在 30 kW，然後啟動發電機後燃燒沼氣，將沼氣之能量轉換成電能及熱能。發電機運轉產生之電力則經由線路併聯至市電，供養牛場使用；廢熱則經排氣管直接排放於大氣中。

III. 檢測項目與方法

於每次操作發電機時，記錄發電量、耗電量、沼氣成分與沼氣消耗量。總發電量與耗電量由設置於電箱中之電錶 (D-68T, Tatung Co., Taiwan 和 DEM560, DAE Automation Co., Taiwan) 累計；沼氣成分以可攜式多用氣體偵測器 (Dräger X-am 7000, Dräger Safety AG & Co, KGaA, Germany) 偵測，甲烷 (CH_4)、二氧化碳 (CO_2) 及氧氣 (O_2) 濃度之偵測極限分別為 0 – 100%、0 – 100% 和 0 – 25%。發電機以手動按壓開關的方式開啟，於每次啟動發電前，先量測儲存於紅泥膠皮袋備用沼氣中 CH_4 、 CO_2 及 O_2 濃度，並於空壓機前端安裝氣體流量計 (TBX100, Aichi Tokei Denki Co., Japan)，累計每次發電時所消耗沼氣量。本試驗全年度共操作 206 天 (次)。



圖 1. 乳牛場廢水處理系統之沼氣發電前處理設備 (左：冷凍乾燥機；右：空壓機)。

Fig. 1. Pre-treatment facility in biogas power generator from wastewater treatment system of the dairy farm (Left: Freeze dryer; Right: Air compressor).

結果與討論

將整年度沼氣發電之資料進行整理成表 1，整年度不同月份之平均每小時發電量範圍在 23.0 – 27.3 kWh，全年平均為 24.7 ± 1.4 kWh，此結果與蓋 (2013) 在發電機額定輸出為 30 kW 時，實際最大之發電輸出量為 25.2 kWh 接

近。平均每小時耗電量範圍在 3.3 – 3.9 kWh，全年平均為 3.6 ± 0.2 kWh，因氣渦輪發電機於運轉過程中，沼氣需經前處理設備將沼氣加壓並去（脫）水後，再將沼氣打入並儲存於不鏽鋼桶中供應發電機燃料，而此前處理設備會消耗電能，故將前處理設備之馬達馬力進行耗電量估算，計算公式如下：

$$\text{空壓機 } 5.5 \text{ HP} + \text{冷凍乾燥機 } 0.5 \text{ HP} = 5.5 \text{ HP}$$

$$1 \text{ HP} = 0.746 \text{ kW}, \text{馬力換算成耗電量} = 5.5 \text{ HP} \times 0.746 \text{ kW/HP} = 4.103 \text{ kW}$$

即可得每小時耗電量為 4.103 kWh，此計算值皆高於本研究實際紀錄之數據，顯示本研究所使用之前處理設備並未超過其額定負載量。另外將耗電量除以發電量所得比值之百分比範圍在 12.7 – 15.9%，平均 $14.7 \pm 0.9\%$ 。顯示於發電機操作過程中，所輸出之電力約 15% 需消耗在前處理設備上，而實際可供使用之電力約剩 85%。因此若能在前處理設備之耗電作改進，將有助提升可用之電量。

表 1. 2014 年畜試所乳牛場廢水處理系統不同月份平均每小時發電量

Table 1. Average hour power generation in different months of the year 2014 from wastewater treatment system of TLRI dairy farm

Month	Power generation (kWh)	Electricity consumption (kWh)	Consumption ratio (%)	Temperature (°C)
Jan	27.3	3.9	14.3	16.4
Feb	26.5	3.9	14.8	17.8
Mar	25.9	3.9	15.2	20.9
Apr	24.3	3.8	15.7	24.4
May	24.3	3.7	15.1	26.2
Jun	23.4	3.6	15.2	28.4
Jul	23.0	3.7	15.9	29.4
Aug	23.5	3.3	13.9	27.9
Sep	23.2	3.4	14.6	28.2
Oct	24.3	3.5	14.4	25.0
Nov	24.6	3.5	14.2	23.0
Dec	25.6	3.3	12.7	17.1
Mean	24.7	3.6	14.7	23.7

進一步討論溫度對發電量之影響，本試驗之室外溫度資料來源是根據交通部中央氣象局畜試所農業氣象觀測站（以下簡稱畜試所測站）溫度記錄，全年平均溫度為 $23.7 \pm 4.7^\circ\text{C}$ ，月平均溫度範圍在 $16.4 - 29.4^\circ\text{C}$ ，畜牧場室外月平均溫度與發電量關係如圖 2 所示，隨著溫度逐漸增加，發電量則逐漸下降；當溫度逐漸降低時，發電量則上升，發電量與溫度間之相關係數 -0.96，呈高度負相關 ($p = 0.000$)。Vidal *et al.* (2007) 利用丙烷當燃料，評估外界溫度對渦輪發電機效率之表現，結果顯示，當室溫從 24.4 升至 28.9°C 時，實際發電功率減少 5.1% (25.5 降至 24.2 kWh) 及其熱轉換效率減少 2.0%。羅 (2014) 的研究結果顯示，當環境溫度從 21.8°C 上升至 31.4°C ，其發電功率與熱效率分別減少 9.6% (26.56 降至 24.01 kWh) 和 2.9%，而本研究月平均溫度從 1 月 16.4°C 上升至 7 月 29.4°C ，溫差高達 13°C ，發電功率下降約 16% (27.3 降至 23 kWh)。Basrawi *et al.* (2011) 利用微型渦輪發電機結合汽電共生 (cogeneration) 系統研究發電機進氣時之環境溫度對此系統性能之影響，結果顯示當環境溫度升高時，發電機之熱轉換效率降低，但其汽電共生系統對廢熱之回收率增加。經上述研究顯示高環境溫度對發電機之發電表現有不良之影響，可能是因為高溫使發電機散熱更不易，亦或可能因其溫度差異變小，使轉換效率降低。

整年度之沼氣產量為 $38,860 \text{ m}^3$ ，平均每月之沼氣量為 $3,238 \text{ m}^3$ 。不同月份之沼氣成分，在沼氣中濃度占比最大且對發電量主要影響之成分為甲烷與二氧化碳（表 2），其中甲烷濃度範圍在 $55.2 - 62.0\%$ ，平均為 $57.9 \pm 2.1\%$ ；而二氧化碳濃度範圍在 $24.4 - 33.1\%$ ，平均為 $29.3 \pm 2.8\%$ ；甲烷濃度與二氧化碳濃度間之相關係數 (-0.72) 呈高度負相關，即當甲烷濃度增高時，二氧化碳濃度則會降低，但二成分加總約占沼氣成分 $87.1 \pm 1.9\%$ 。在畜牧廢水厭氣處理中，主要還原反應產物為甲烷，而二氧化碳則為氧化反應之產物。結合表 1 和表 2 之資料計算分析顯示，月均溫與甲烷濃度間之相關係數為 -0.59，呈中度負相關；月均溫與二氧化碳濃度間之相關係數為 0.62，呈中度正相關。

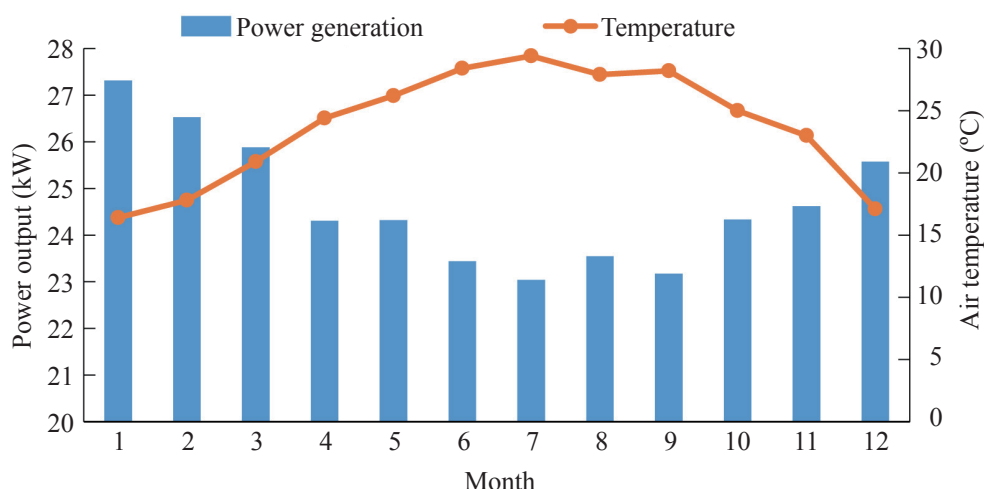


圖 2. 2014 年乳牛場廢水處理系統不同月份發電量與月均溫之變化。

Fig. 2. Power generation and average temperature in different months of the year 2014 from wastewater treatment system of the dairy farm.

表 2. 2014 年畜試所乳牛場廢水處理系統之不同月份沼氣成分

Table 2. Biogas compositions in different months of the year 2014 from wastewater treatment system of TLRI dairy farm

Month	CH ₄ concentration (%)	CO ₂ concentration (%)
Jan	59.2 ± 2.0	27.8 ± 4.1
Feb	57.5 ± 5.8	27.5 ± 3.3
Mar	58.1 ± 1.3	31.3 ± 2.4
Apr	56.4 ± 2.4	30.8 ± 3.2
May	55.8 ± 3.5	30.3 ± 1.0
Jun	55.2 ± 2.1	31.8 ± 3.4
Jul	54.8 ± 3.4	33.1 ± 5.7
Aug	57.5 ± 3.3	32.6 ± 3.8
Sep	59.4 ± 0.5	29.0 ± 0.6
Oct	60.0 ± 1.7	27.0 ± 4.4
Nov	58.3 ± 4.1	24.4 ± 5.7
Dec	62.0 ± 3.6	25.5 ± 2.8
Mean ± SD	57.9 ± 2.1	29.3 ± 2.8

在沼氣成分對發電量之影響方面，圖 3 顯示甲烷與二氧化碳濃度對發電量之影響，甲烷濃度與發電量間呈中度正相關 ($r = 0.44$)，即隨著沼氣中甲烷濃度降低，發電量亦隨之下降，因甲烷濃度降低會使沼氣熱值降低；而二氧化碳濃度與發電量間呈中度負相關 ($r = -0.49$)，即隨著沼氣中二氧化碳濃度增加，發電量則隨之下降，因二氧化碳濃度增加亦會降低沼氣之熱值。Lee *et al.* (2013) 利用四行程柴油引擎發電機進行測試，比較沼氣燃料中不同甲烷濃度 (73 和 60%) 對發電機之表現，結果顯示發電量會隨甲烷濃度增加而上升。Somehsaraei *et al.* (2014) 使用沼氣與天然氣為燃料比較分析渦輪發電機之發電表現，因不同來源之沼氣中甲烷濃度會受許多因素影響，並評估是否合適做為渦輪發電機之燃料。結果顯示發電機因沼氣中甲烷濃度減少而降低發電效率，特別是在低電力負載或低環境溫度時；而其在熱交換器之熱回收，亦因沼氣濃度減少而使回收率降低。但其結論指出，利用沼氣為燃料來源雖略有負面之影響，但在減少對石化燃料的依賴和有助減少溫室氣體之排放上，使用沼氣燃料是可行的。因沼氣發電主要是將沼氣中甲烷燃燒產生之熱能轉換為電能，故理論上甲烷濃度高低對發電量是有影響的，但因本研究量測之甲烷濃度變化較小，且對發電量之影響可能不如室外溫度變化來得大。二氧化碳濃度高低則會影響沼氣之熱值，間接影響發電量，但影響遠不如室外溫度變化。

在不同沼氣濃度對沼氣消耗量與總發電量計算所得之沼氣發電機熱轉換效率 (thermal efficiency) 與每產 1 度電所需消耗沼氣量之比值整理如表 3 所示。每次發電操作時可量得沼氣成分濃度、發電時間、總發電量及沼氣消耗量，再藉由公式換算沼氣消耗量對應產生之電量與實際總發電量，可得到當次發電之熱轉換效率值，公式如下所示 (蓋, 2013)：

$$\text{熱轉換效率 (thermal efficiency)} = \frac{\text{實際發電量 (actual power generation)}}{\text{能量輸入量 (energy input)}}$$

本研究之實際發電量，就是指發電機當次操作之總發電量 (power output)，而能量輸入量則是從甲烷之低位發熱量 (lower heating value, LHV) 計算。LHV 為燃燒所產生的水份以蒸氣的形式存於產物中，常稱為低熱值或低位發熱量，用來表示該化合物之燃燒熱。假設 95% 甲烷 LHV 為 34 MJ/m³ (Nagy and Wopera, 2012)，其計算公式如下：

$$\text{Energy input} = \dot{m}_{\text{CH}_4} \times \text{LHV of CH}_4$$

其中 \dot{m}_{CH_4} 為甲烷在沼氣中之質流量 (mass flow rate)，而其計算公式如下：

$$\dot{m}_{\text{CH}_4} = \text{Biogas flow rate (沼氣流量)} \times \rho_{\text{CH}_4}$$

其中 ρ_{CH_4} 為甲烷之密度。藉由實驗紀錄之甲烷濃度與總沼氣消耗量計算可得沼氣之燃燒熱值 (MJ)，再換算成電能單位 (kW) 最後與紀錄之總發電量計算而得到熱轉換效率。

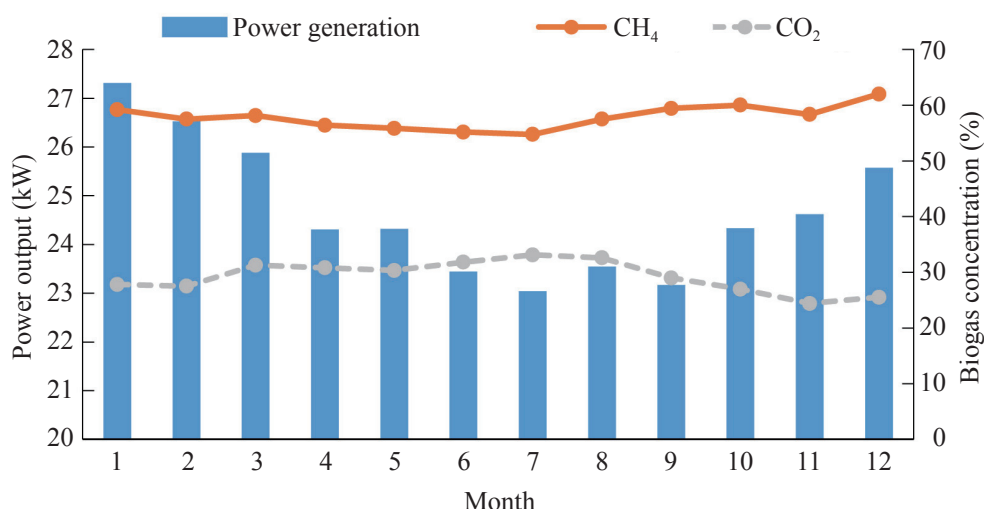


圖 3. 2014 年乳牛場廢水處理系統不同月份發電量與沼氣成分變化。

Fig. 3. Power generation and biogas compositions in different months of the year 2014 from wastewater treatment system of the dairy farm.

試驗之沼氣中甲烷濃度在 55 – 61%，發電機熱轉換效率範圍在 19.6 – 22.0%，平均 $20.8 \pm 0.8\%$ (表 3)，此效率低於蓋 (2013) 之 23.1%，亦低於原廠規範之數值 ($26 \pm 2\%$)。在熱轉換效率之計算上會受沼氣中甲烷濃度影響，隨甲烷濃度增加，平均熱轉換效率有些微變差；但在產生每度電時所消耗之沼氣量，則隨甲烷濃度增加，有些許減少。黃 (2011) 以不同甲烷濃度 (60% 與 73%) 對發電效能之研究中提到，提升甲烷濃度，發電功率隨著甲烷濃度提升而提升；但在燃料較濃之情況下 (即機器所提供之空氣量固定時)，提升甲烷濃度對熱轉換效率沒有好的影響，與本研究結果相似，而本研究中之甲烷濃度僅差 6%，所造成之影響較不顯著。計算結果顯示，此發電機發電時，僅將約 21% 之熱能轉換為電能，其餘之熱能則藉由發電機上方排氣管排出，顯示仍有相當大比例之熱能未能利用到。沼氣平均消耗量介於 351 – 401 L/min，平均 373 ± 12.7 L/min，此結果高於蓋 (2013) 所做之研究之最大值 252 L/min (CH₄ 濃度為 67%)。以最大值 400 L/min 估算，推測要維持此發電機於額定電力輸出 30 kW 每日 24 小時運轉時，則畜牧場每日約需提供 576 m³ 之沼氣。最後將耗電量除以發電量所得之比值，代表每產生 1 度電需消耗多少沼氣，此值之範圍在 0.77 – 0.88 m³，平均值為 0.83 ± 0.03 m³，可藉此計算值估算場內發電機每日發電所需之沼氣量。於全年 (1374.2 小時 / 年) 試驗期間總計發電量為 33,942 kWh，全年平均每小時發量約為 24.7 kWh，以參考經濟部能源局公布 108 年度再生能源電能躉購費率計算，生質能 (有厭氣消化設備) 之躉購電價每度 5.0874 元計，

發電之收入為 172,676 元；因沼氣發電屬於碳中和，不會增加二氧化碳之量，依照經濟部能源局公布 107 年度電力排碳係數，每產生一度電，會產生 0.533 kg CO₂e，本研究沼氣發電共減少 18,091 kg CO₂e 之排放。

蓋 (2013) 在其研究中指出，約 60% 之沼氣能量以熱能之形式損失，約 15% 能量以摩擦力之形式損失，而只剩約 25% 的能量可供利用，因此若能將熱能損失之能量回收，將可大大提升可用之能量 (雷及王，1996；雷及鄭，1996)。在國外已有成功的結合汽電共生系統，提升沼氣發電後之廢熱回收效率 (Monteiro *et al.*, 2009; Basrawi *et al.*, 2011; Basrawi *et al.*, 2012)，最高可達 85%。

表 3. 2014 年畜試所乳牛場廢水處理系統之甲烷濃度對發電效能的影響

Table 3. Effects of methane concentration on power generator performance of the year 2014 from wastewater treatment system of TLRI dairy farm

CH ₄ concentration (%)	Power output (kW)	Biogas consumption (m ³)	Thermal efficiency (%)	Biogas/Power (m ³ /kW)
55.0	93	78.95	21.5	0.85
55.0	135	117.78	21.0	0.87
55.0	129	110.65	21.3	0.86
Mean			21.3	0.86
57.0	221	194.65	20.0	0.88
57.0	191	153.08	22.0	0.80
57.0	92	76.73	21.2	0.83
57.0	108	88.24	21.6	0.82
Mean			21.2	0.83
60.0	66	56.54	19.6	0.86
60.0	220	180.87	20.4	0.82
60.0	224	177.14	21.2	0.79
60.0	94	78.50	20.1	0.84
Mean			20.3	0.83
61.0	230	191.75	19.8	0.83
61.0	181	140.16	21.3	0.77
61.0	62	49.91	20.5	0.80
Mean			20.5	0.80

結 論

本研究使用微型氣渦輪發電機，以 200 頭乳牛的養牛場之廢水處理設施產生之沼氣做為燃料，發電機之額定輸出功率設定在 30 kW。獲致下列結論：

- I. 發電機全年平均每小時發電量為 24.7 ± 1.4 kWh；前處理設施全年平均每小時耗電量為 3.6 ± 0.2 kWh，耗電量占發電量比平均值為 $14.7 \pm 0.9\%$ 。
- II. 沼氣中甲烷濃度平均為 $57.9 \pm 2.1\%$ ，二氧化碳平均濃度為 $29.3 \pm 2.8\%$ 。發電機之熱轉換效率平均為 $20.8 \pm 0.8\%$ ，沼氣消耗量平均為 373.3 ± 12.7 L/min，平均每發 1 度電需消耗 0.83 ± 0.03 m³ 之沼氣。
- III. 一年中共發電 1374.2 小時，總計發電量為 33,942 度，發電收入為 172,676 元，共減少 18,091 kg CO₂e 之排放。
- IV. 本研究對前處理設備之耗電量進行分析結果顯示其占整個發電量約 15%，若能提升前處理設備之效能，降低其耗電量，將有助提升發電效率。以沼氣發電減少碳排放之貢獻與降低對其他能源的依賴，是值得應用與推廣的。

參考文獻

- 李宗翰。2015。提高豬場沼氣發電效益之研究。國立交通大學機械工程學系博士論文，新竹。
- 徐瑋勵。2016。沼氣發電對溫室氣體的減量及排放與環境衝擊之評估。國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文，臺北。
- 郭猛德、陳志成、程梅萍、蘇進興。2012。沼氣發電系統發展概況。中技社通訊 100：12-17。
- 黃聖容。2011。利用廢熱回收提升進氣溫度對沼氣發電的影響研究。國立交通大學機械工程學系碩士論文，新竹。
- 雷鵬魁、王豐文。1996。養豬場利用沼氣發電機之基礎研究。畜產研究 29：31-42。
- 雷鵬魁、鄭水松。1996。養豬場沼氣發電機性能調查評估。畜產研究 29：15-30。
- 蓋泰全。2013。養豬場使用沼氣微型渦輪發電機發電之實驗研究。國立交通大學機械工程學系碩士論文，新竹。
- 羅晨愷。2014。養豬場環境溫度對 30kW 沼氣渦輪發電機發電影響之實驗研究。國立交通大學機械工程學系碩士論文，新竹。
- 經濟部能源局。2019。107 年度電力排碳係數。https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=6989。
- 經濟部能源局。2019。中華民國一百零八年度再生能源電能躉購費率及其計算公式(附表)。https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/main/Law/wHandEditorFile.ashx?file_id=5551。
- Basrawi, F., T. Yamada, K. Nakanishi and S. Naing. 2011. Effect of ambient temperature on the performance of micro gas turbine with cogeneration system in cold region. Appl. Therm. Eng. 31: 1058-1067.
- Basrawi, M. F. B., T. Yamada, K. Nakanishi and H. Katsumata. 2012. Analysis of the performances of biogas-fuelled micro gas turbine cogeneration systems (MGT-CGSs) in middle-and small-scale sewage treatment plants: Comparison of performances and optimization of MGTs with various electrical power outputs. Energy 38: 291-304.
- Chen, F., S. Lu, E. Wang and K. Tseng. 2010. Renewable energy in Taiwan. Renew. Sustain. Energy Rev. 14: 2029-2038.
- Holm-Nielsen, J. B., T. Al. Seadi and P. Oleskowicz-Popiel. 2009. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. Bioresour. Technol. 100: 5478-5484.
- Lee, T., S. Huang and C. Chen. 2013. The experimental study on biogas power generation enhanced by using waste heat to preheat inlet gases. Renew. Energy 50: 342-347.
- Nagy, G. and Á. Wopera. 2012. Biogas production from pig slurry-feasibility and challenges. Mater. Sci. Eng. 37/2: 65-75.
- Rasi, S., A. Veijanen and J. Rintala. 2007. Trace compounds of biogas from different biogas production plants. Energy 32: 1375-1380.
- Monteiro, E., N. A. Moreira and S. Ferreira. 2009. Planning of micro-combined heat and power systems in the Portuguese scenario. Appl. Energy 86: 290-298.
- Somehsaraei, H. N., M. M. Majoumerd, P. Breuhaus and M. Assadi. 2014. Performance analysis of a biogas-fueled micro gas turbine using a validated thermodynamic model. Appl. Therm. Eng. 66: 181-190.
- Vidal, A., J. C. Bruno. R. Best and A. Coronas. 2007. Performance characteristics and modelling of a micro gas turbine for their integration with thermally activated cooling technologies. Int. J. Energy Res. 31: 119-134.

Performance of biogas turbine generators from wastewater treatment system of the dairy farm ⁽¹⁾

Hsiu-Wen Ou ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ Tzong-Faa Shiao ⁽²⁾ and Ming-Shean Chou ⁽³⁾

Received: Jan. 7, 2020; Accepted: May 18, 2020

Abstract

This study aim to survey biogas power generation at the dairy farm and make a simple economic evaluation for assessing the feasibility of using biogas power generator. A micro gas turbine was used and the biogas was used as fuel. The rated output power of the generator was set at 30 kW. The results shewed that the annual power generation was 24.7 ± 1.4 kWh (range 23.0 ~ 27.3 kWh); the annual power consumption of the pre-treatment facility was 3.6 ± 0.2 kWh (range 3.3 ~ 3.9 kWh). The power consumption divided by the amount of electricity generated was $14.7 \pm 0.9\%$ (range 12.7 ~ 15.9%). The annual outside temperature was $23.7 \pm 4.7^\circ\text{C}$ (range $16.4 \sim 29.4^\circ\text{C}$). The CH_4 concentration in biogas was $57.9 \pm 2.1\%$ (55.2 ~ 62.0%) and the CO_2 concentration was $29.3 \pm 2.8\%$ (range 24.4 ~ 33.1%). The average thermal efficiency was $20.8 \pm 0.8\%$ (range 19.6 ~ 22.0%), and the biogas consumption was 373.3 ± 12.7 L/min (range 350.5 ~ 400.5 L/min). Generator consumed an average of 0.83 ± 0.03 m³ (range 0.77 ~ 0.88 m³) of biogas to generate 1 kWh electricity. During the whole test, the total power generation was 33,942 kWh, and the income was about 172,676 NT\$. A total of 18,091 kg CO₂e emissions was reduced. Biogas as fuel power generation can reduce both carbon emissions and consumption of other energy sources. It was worthy of promotion to farmers.

Key words: Biogas, Micro gas turbine, Biogas power generation, Thermal efficiency, Dairy farm.

(1) Contribution No. 2638 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Institute of Environmental Engineering, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung 80424, Taiwan, R. O. C.

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

行政院農業委員會畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

(民國 108 年 12 月修訂)

- I. 本刊為學術性刊物，刊載有關畜產科學原創性研究報告、調查報告及學術性專題論著。
- II. 本刊為季刊，每年 3 月、6 月、9 月及 12 月底出版。
- III. 文稿之排列順序為標題、摘要、緒言、材料與方法(學術性專題論著可略)、結果、討論(結果與討論可合為一節)、結論(可略)、誌謝(可略)及參考文獻。以中文撰寫者，須附英文摘要(Abtract)，以英文撰寫者，則附中文摘要。中英文摘要以不超過五百字為原則，須列中英文相對應之 3 至 6 個關鍵詞。
- IV. 文稿書寫格式，主要參考 Journal of Animal Science：
 - (i) 文稿請用 Word 檔 A4 紙張格式，內文以 12 號字型繕打，中文採新細明體，英文採 Times New Roman，圖表置於內文之後。行距採用單行間距，版面設定中等邊界(上下 2.54 cm，左右 1.91 cm)，並編碼連續行號。
 - (ii) 文字敘述之編號依序為 I、(i)、1、(1)、A、(a)。圖表以圖 1、表 1 等順序表示。中文稿件之圖表標題及圖說請中英並列，圖表內文字請以英文呈現。文字敘述用英文者，圖表中之文字僅用英文。
 - (iii) 本刊以黑白印刷為原則，圖表務求印刷後可清楚分辨標示，並請以電腦繪製，以利排版。
 - (iv) 單位及縮寫：
 1. 單位使用公制，習見之符號及縮寫不必另附中文。專門名詞無適當譯名者可從原文。
 2. 以下常用之縮寫可直接撰寫於本刊稿件不須另作定義：
 - (1) 長度：km、m、cm、mm、 μm 。
 - (2) 重量：kg、g、mg、 μg 。
 - (3) 體積：L、mL、 μL 。
 - (4) 時間：wk、d、h、min、s。
 - (5) 其他： $^{\circ}\text{C}$ 、pH、cal、rpm。
 - (v) 統計分析達顯著差異性請以 *、^a、^b、^c 等上標標示，並於表下方說明。
 - (vi) 參考文獻：
 1. 正文中須書出參考文獻之作者姓氏與年份：
 - (1) 西文文獻之作者僅一人者，書一人之姓如 (Johnson, 1991)；作者為二人者，書二人之姓如 (Johnson and Hobbs, 1991)；作者為三人或以上者，用第一人之姓後再書 *et al.* 如 (Johnson *et al.*, 1991)。
 - (2) 中文文獻之作者僅一人者，書一人之姓氏如 (趙, 1990)；作者為二人者，書二人之姓氏如 (趙及錢, 1990)；作者為三人或以上時，則於第一人姓氏後再加一等字如 (趙等, 1990)。
 2. 參考文獻列示以確經引用者為限，排列次序為作者、年份、題目、發表刊物名稱、卷數、頁數等依次書寫，例如：
 - (1) 期刊類
王政騰、朱慶誠。1991。土番鴨繫留、電昏、放血、燙毛等屠宰條件之探討。畜產研究 24：133-140。
胡怡浩、姜延年、陳銘正、潘金水。1991。北京鴨雜交品系與商業品系肉鴨之生長及屠體性能之比較。畜產研究 24：141-148。
Ayub, M. and M. Shoaib. 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum alone and in mixture with 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* Schamach) in the dry, cold season in Taiwan. Proceedings of the XV International Grassland Congress, pp. 1239-1241. Kyoto, Japan.

(3) 其他類

- 行政院農業委員會。2018。農業統計年報。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 行政院農業委員會。2017。農委會農業資料統計查詢。<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx>。
- SAS. 2015. SAS/STAT® 14.1. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- SPSS. 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. SPSS Inc., Chicago, IL. USA.
3. 中日文獻以第一作者姓氏筆劃多少為序，西文以第一作者姓氏之拼音先後排列，並按中文、日文、西文之次序排列。
4. 西文期刊名稱請用縮寫，縮寫請參照美國國家醫學圖書館線上資料庫 (NLM Catalog) 之 IOS (Information and documentation) 縮寫。
5. 參考文獻皆不編號。
- V. 本刊編輯委員會保有修改與退稿之權利。稿件經本刊接受後，作者進行出刊校稿時，不得擅自更改內容及數據。
- VI. 本刊亦接受短報 (short communication) 與速報 (rapid report)。其寫法亦遵照本稿約之規定，稿長包括圖、表、相片等不得超過 4 個印刷面。
- VII. 稿件經本刊委員會轉請專家審查，編輯委員會根據專家審查意見通知投稿人，是否接受刊載，或須修改後始可刊載。本刊無提供稿費。
- VIII. 稿件經本刊接受後，該稿件之全部或部份，不得投稿其他刊物，以不同語文投稿其他刊物亦所不許。本刊具專屬版權，刊登權屬發行單位畜產試驗所所有，非經本所書面同意，不得轉載或轉移他處發表。如有上述情事，相關法律責任由作者自負，本刊有拒絕接受其投稿之權利。
- IX. 來稿請寄 71246 臺南市新化區牧場 112 號，「行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組畜產研究編輯委員會」收，聯絡電話：06-5911211。投稿請以 A4 紙列印，確認收件後，另通知繳交電子檔。
- X. 自民國 93 年開始實施之計畫，其論文如涉及使用脊椎動物進行科學應用計畫者，請撰稿者檢附該計畫經所屬機構動物實驗管理小組審議認可之文件。