

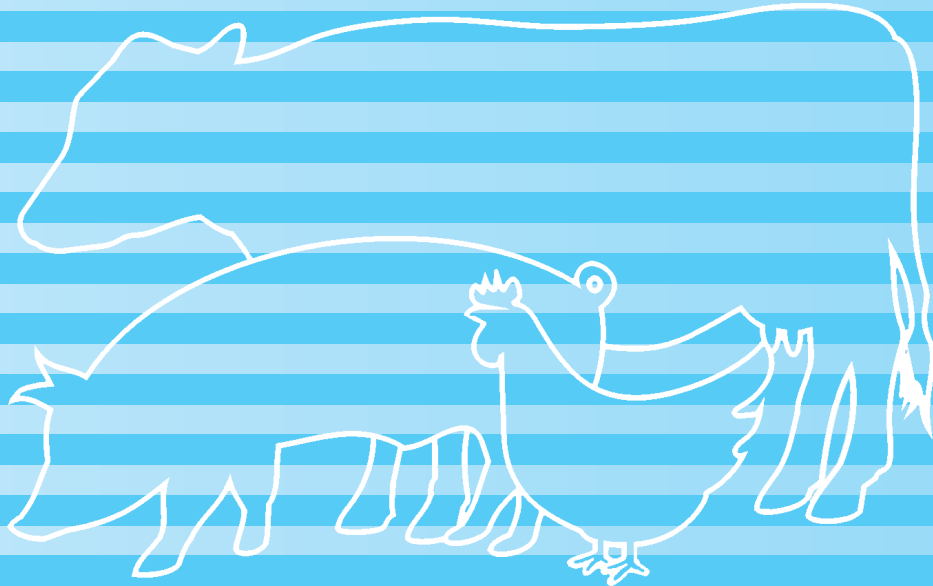
ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR

畜產研究

第五十七卷 第三期 中華民國一一三年 九月 季刊

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 57 No. 3 September 2024



農業部畜產試驗所

TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,
MINISTRY OF AGRICULTURE

畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

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

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

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

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

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

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

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

EDITORS:

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



畜產研究

編者：農業部畜產試驗所
發行人：黃振芳
發行所：農業部畜產試驗所
地址：臺南市新化區牧場 112 號
電話：(06) 5911211
網址：www.tlri.gov.tw
編輯\印製者：沐福商行
電話：0985-187287
出版日期：中華民國 113 年 9 月出版
定價：新台幣 200 元

展售處：

國家書店松江門市：臺北市中山區松江路 209 號 1 樓

五南文化廣場：臺中市北屯區軍福 7 路 600 號

國家網路書店：www.govbook.com.tw

GPN : 2005200015

ISSN : 0253-9209

DOI : 10.6991/JTLR

畜產研究

第 57 卷第 3 期

中華民國 113 年 9 月

目 錄

	頁
1. 天晴烏骨雞蛋殼色差及產蛋性狀之遺傳參數估算蔡銘洋、劉曉龍、洪哲明、林正鏞、林德育、鄭裕信	150
2. 施灌牛場沼液沼渣對盤固草及尼羅草芻料產量與氮利用率之影響陳勃聿、田玉娟、張世融	161
3. 有機酸鹽與植物萃取物提升潔淨標章肉製品保鮮技術之探討－專題論著萬添春	171
4. 臺灣地區乳羊飼養現況之調查潘昭治、吳志華、蕭士翔、許宗賢、林浚琛、鄭閔謙	184
5. 林下養鵝對環境生態及土壤性狀之影響蕭智彰、李姿蓉、王勝德、楊懿如	197
6. 不同收穫期對燕麥青貯品質之影響陳勃聿、范耕榛	212
7. 飼糧添加機能性油脂對阿爾拜因山羊泌乳性能與羊乳脂肪酸組成之影響范耕榛、蕭宗法、李春芳	222
8. 圓包牧草乾燥機效能評估及與含水率、重量關係之探討陳嘉昇、劉信宏、游翠凰、王紓愨、謝禮丞	233

天晴烏骨雞蛋殼色差及產蛋性狀之遺傳參數估算⁽¹⁾

蔡銘洋⁽²⁾⁽⁵⁾ 劉曉龍⁽²⁾ 洪哲明⁽²⁾ 林正鏞⁽²⁾ 林德育⁽³⁾ 鄭裕信⁽⁴⁾

收件日期：112 年 8 月 3 日；接受日期：112 年 12 月 21 日

摘 要

本研究利用具高產蛋特性的畜試白絲羽烏骨雞，雜交具十全外觀與產藍殼蛋之民間烏骨雞，進行外觀、蛋殼顏色及產蛋性能選育，育成具烏骨雞十全外觀且能產出藍殼蛋之天晴烏骨雞，經收集累積 7 代天晴烏骨雞產蛋性能等 6 項蛋殼色澤與產蛋性狀，依系譜相關資料採多性狀動物模式進行遺傳參數估算。結果顯示，天晴烏骨雞蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重之遺傳率分別為 0.996、0.606、0.475、0.488、0.738 及 0.590，其蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重皆具高度遺傳率。在表型相關方面，蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值具高度表型正相關 ($r_p = 0.63$, $P < 0.01$)，但與 L^* 值具中度表型負相關 ($r_p = -0.35$, $P < 0.01$)，再與母雞至 40 週齡產蛋數具低度表型負相關 ($r_p = -0.06$, $P < 0.05$)，更與母雞 40 週齡體重具低度表型正相關 ($r_p = 0.13$, $P < 0.01$)。另由遺傳相關分析結果，蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值為高度遺傳正相關 ($r_g = 0.67$)，又與 L^* 值為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.35$)，再與母雞至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重、40 週齡蛋重為低度遺傳正相關 ($r_g = 0.03$ ； $r_g = 0.01$ ； $r_g = 0.07$)。初步結果顯示選育蛋殼色差度 a^* 值越低，其蛋殼色差度 b^* 值亦會降低，而以表型值估算 40 週齡產蛋數則為增加。期望經多代選拔產蛋數所累積之資料能進一步評估對相關性狀之遺傳反應，以做為育種選拔之依據。

關鍵詞：天晴烏骨雞、蛋殼、遺傳率、遺傳相關。

緒 言

蛋殼中三種主要色素是膽綠素 (Biliverdin)-IX、膽綠素鋅螯合物和原卟啉 (Protoporphyrin)-IX，棕色蛋殼含有相對較多的原卟啉 -IX 和相對較少的膽綠素 -IX (Kennedy and Vevers, 1976)。構成禽類蛋殼顏色之重要色素因子，已知包括：原紫質 (Porphyrin) 與膽綠素及其衍生物，例如鋅-膽綠質螯合物；其中膽綠質為血色質裂解後之一產物，係構成青色蛋殼之主要色素 (劉等, 1998)。蛋殼顏色並不代表內部蛋品質，也不能反映蛋的營養價值或品質 (Flock *et al.*, 2007)。然而，許多偏愛棕色雞蛋的消費者也會關注蛋殼顏色的深淺和均勻程度，較淡或顏色不均勻的雞蛋可能會被拒絕購買。顯然，減少蛋殼顏色的變異性有助於提升出售時的蛋品呈現效果。國內雞蛋消費市場主要為白殼蛋，部分為褐殼蛋，鮮有藍殼蛋，因此藍殼蛋可發展多元特色化雞蛋產品，供消費市場做差異化之雞蛋產品，以豐富國產特色農業產品競爭能力。天晴烏骨雞選育蛋殼色差度 a^* 值結果，族群平均蛋殼色差度 a^* 值達 -8.71，較畜試白絲羽烏骨雞色差度 a^* 值 7.23，色差度改變許多。天晴烏骨雞 (Tien Ching silkie chickens, 以下簡稱 TCS) 第 8 代蛋殼色差度與商用烏骨雞相比較，天晴烏骨雞較商用烏骨雞蛋殼色差度 a^* 值低 12.59， b^* 值低 7.78 (劉等, 2022)。藍殼雞蛋以蛋殼色差度 a^* 值越低，其外觀越具藍色色澤，整體外觀天晴烏骨雞第 8 世代所生之雞蛋，與畜試白絲羽烏骨雞 (LRI silkie white chicken, 以下簡稱 SW) 及現有商用烏骨雞所生之雞蛋色澤有明顯不同顏色外觀，天晴烏骨雞蛋已全部皆為藍色蛋殼色澤，而畜試白絲羽烏骨雞及商用烏骨雞之蛋殼色為淺褐色。

多年來，商業用棕色雞蛋一直被認為較具有吸引力的深棕色外殼，蛋殼顏色遺傳率範圍介於 0.46 至 0.50 之間 (Zhang *et al.*, 2005)，此外西班牙 Francesch *et al.* (1997) 研究加泰隆尼亞地區 Penedesenca Negra, Prat Lleonada 以及 Empordanesa Roja 等 3 種蛋雞 (Layer hens, *Gallus gallus domesticus*) 品種，於 39 週齡分析蛋殼顏色遺傳估計值分別為

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2775 號。
(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(3) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。
(4) 農業部畜產試驗所所長室退休。
(5) 通訊作者，E-mail: mytsai@mail.tlri.gov.tw。

0.49、0.53 及 0.27，因此蛋殼顏色具有中度至高度遺傳率。劉等 (2022) 報告指出，畜試白絲羽烏骨雞母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重及 40 週齡產蛋數分別 158 日、1,181 g、29.7 g 及 97 枚，30 週齡蛋殼顏色之 a^* 值與 b^* 值分別為 7.23 與 17.67。臺南市西港地區民間藍殼蛋烏骨雞母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重及 40 週齡產蛋數分別為 189 日、1,247 g、29.7 g 及 48 枚，30 週齡蛋殼顏色之 a^* 值與 b^* 值分別為 -4.99 與 13.96。因而選取具藍殼蛋之民間烏骨雞與畜試白絲羽烏骨雞進行雜交繁殖，其 G0 天晴烏骨雞產蛋性能測定結果，母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週齡產蛋數分別為 164 日、1,373 g、30.8 g、1,486 g、41.1 g、59 枚，30 週齡蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值分別為 1.59 與 17.9。因此，畜試所期望進一步改良天晴烏骨雞之蛋殼色澤，進行有關產蛋性狀之遺傳參數估算及分析探討，以做為改進產蛋性能及選拔新品系之參考。

材料與方法

本試驗於農業部畜產試驗所 (簡稱畜試所) 畜產經營組試驗雞舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容經畜產試驗所實驗動物照護及使用小組以畜試動字 109-20 號核准在案。

I. 試驗雞隻之飼養管理及試驗方法

引種之種原分別有畜試白絲羽烏骨雞與民間藍殼蛋烏骨雞 (silkie chicken, 以下簡稱 SC)。畜試白絲羽烏骨雞為畜試所自民國 94 年起進行產蛋數選拔，經 8 世代育成，於 103 年正式提出命名登記申請，經行政院農業委員會審查，於中華民國 103 年 12 月 01 日行政院農業委員會農牧字第 1030043688 號函，公告通過新品種登記，正式命名為「畜試白絲羽烏骨雞」。民間藍殼蛋烏骨雞於民國 101 年自臺南市西港地區引進具烏骨雞鬍鬚外貌且產藍殼蛋之民間烏骨雞 4 隻母雞，飼養於畜試所並進行產蛋性能檢定。

將民間藍殼蛋烏骨雞母雞與畜試白絲羽烏骨雞公雞進行雜交，繁殖後代天晴烏骨雞。天晴烏骨雞進行自交，系譜繁殖新世代。雞隻於育成期間水與飼料任食，小雞於 0 - 3 週時以平飼保溫育雛，4 - 17 週齡於平飼或高床飼養。候選種母雞於 18 週齡以後上個別產蛋籠 (長 50 cm、寬 30 cm、高 39 cm)，進行產蛋性能檢定，水與飼料任食。候選種公雞於 18 週齡以後上個別產蛋籠 (長 50 cm、寬 30 cm、高 49 cm)，於 18 週齡 (含) 以後仍餵飼大雞料，水與飼料任食。TCS 第 1 - 8 世代 (G1 - G8) 以小族群系譜選育方式來選育母雞的蛋殼色差 a^* 值，每世代選留母雞群中蛋殼色差值 a^* 值最低之 100 隻母雞做為選育繁殖之種母雞，公雞則以全同胞或半同胞姐妹蛋殼色差度平均之 a^* 值資料，每世代選留公雞群中蛋殼色差值 a^* 值最低之 20 隻母雞做為選育繁殖之種公雞，進行家族選拔 30 週齡蛋殼顏色 a^* 值較藍之個體公雞，依個別系譜配種繁殖下一代，每世代約孵化 600 隻雛雞，每隻雛雞皆掛上個別羽號，可追溯每隻個別系譜資料。

II. 配種選育方法

收集天晴烏骨雞之產蛋性狀資料後，以小族群系譜選育方式來選育母雞的蛋殼色差 a^* 值，公雞則以全同胞或半同胞姐妹蛋殼色差度平均之 a^* 值資料，進行家族選拔達 30 週齡蛋殼顏色 a^* 值較低具色澤較藍之個體公雞與母雞，根據系譜配種繁殖下一代 (劉等, 2022)。G0、G1 及 G2 選留配種之公雞與母雞分別為公 12 隻與母 35 隻、公 10 隻與母 42 隻及公 15 隻與母 75 隻。另為擴大繁殖族群於 G3 - G6 選留種公 20 隻與母 100 隻進行配種繁殖。G7 因種雞舍籠飼飼養空間有限，改以公 14 隻與母 75 隻進行人工授精個別配種，並避開全同胞與半同胞配種，進行繁殖下一代。淘汰產蛋少、蛋未受精或未有孵化小雞之母雞，各世代供選拔天晴烏骨雞之公雞與母雞隻數列於表 1。統計自 2012 - 2021 年間共繁殖檢定天晴烏骨雞公 1,580 隻與母 1,908 隻，合計 3,488 隻，供選育天晴烏骨雞蛋殼色澤改良使用。

III. 產蛋性能測定

母雞經生長性能測定後，其 16 週齡體重需達 700 g 以上，經雛白痢篩選後，將雛白痢陰性反應母雞群，上個別產蛋籠進行初產蛋重、初產體重、初產日齡、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週齡產蛋數等產蛋性能檢定。

IV. 蛋殼色差度測定

個別母雞 30 週齡收集所產之雞蛋三顆，使用分光測色計 (KONICA MINOLTA, CM-2300d, Japan)，測其蛋殼鈍端之外表蛋殼色差度，其所測得 Hunter L^* 值、 a^* 值及 b^* 值。 L^* 值代表亮度，數值 100 時為全白，0 時為全黑； a^* 值代表紅色度，正值時為紅，負值為綠； b^* 值代表黃色度，正值時為黃，負值時為藍。

V. 微衛星遺傳標記檢測

以含 EDTA K3 抗凝劑的採血管，採集 117 隻天晴烏骨雞 G5 種雞個體之翼靜脈血樣，使用核酸萃取試劑組 (EasyPure Genomic DNA Extraction Kit) 萃取血樣 DNA。應用 FAO(2010) 建議使用的 24 組雞微衛星型遺傳標記組 (ADL0112、ADL0268、ADL0278、MCW0014、MCW0016、MCW0034、MCW0037、MCW0067、MCW0069、MCW0078、MCW0081、LEI0234、MCW0098、MCW0103、MCW0111、MCW0183、LEI0192、MCW0206、MCW0216、MCW0222、MCW0248、MCW0295、MCW0330)，進行 PCR 後，使用 ABI 3730 核酸定序儀進行微衛星遺傳標記分析，以 Excel Microsatellite Toolkit 套裝軟體進行多態性分析。

VI. 統計分析

本研究累積收集 2013 – 2021 年之試驗資料，使用 SAS 統計分析系統之 PROC INBREED 程序估算每代公母雞之近親係數，依 PROC CORR 分析產蛋性狀之表型相關，及以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，計算各項測定性狀之平均值及標準偏差 (SAS, 2004)，至於各項產蛋性狀之遺傳參數估算係利用 VCE 4.2 (Variance Component Estimate) 軟體 (Groeneveld, 1996)，使用孵化批次做為固定效應，個體系譜做為隨機效應，依限制最大似然法 (restricted maximum likelihood, REML) 採多性狀動物模式來進行遺傳參數 (遺傳率與遺傳相關) 之估算試驗。

結果與討論

I. 選拔試驗雞隻及選拔百分率

選拔試驗雞隻其各代選拔族群列於表 1，總計檢定公雞 1,580 隻與母雞 1,980 隻。G1 – G3 因族群隻數較少，選留蛋殼色澤較藍 (a^* 值) 之個體公雞與母雞，進行人工授精。G4 選取公 15 隻、母 75 隻配種繁殖。另為擴大繁殖族群於 G5 – G8 擴大選留種雞，選取公 20 隻、母 100 隻並避開全同胞與半同胞配種，進行繁殖下一代。淘汰蛋未受精或未有孵化小雞之母雞，實際有後代的公雞與母雞隻數如表 1。經計算選拔強度結果，公雞之選拔百分率介於 5.5 – 24.1%，母雞則介於 15.1 – 82.8%。

表 1. 天晴烏骨雞之選拔族群

Table 1. Selected populations of Tien Ching silkie chickens

Line/ Generations	Hatched data	Incubation date (year/month/day)	No. of chicks		Parents		Selection percentage	
			M*	F	M	F	M	F
SW, SC					13	14		
SW × SC/F1	4	2012/09/25						
		2012/11/05	29	29	7	24	24.1	82.8
		2012/12/10						
		2013/02/04						
TCS/G0	2	2013/12/02	139	146	9	22	6.5	15.1
		2014/02/13						
TCS/G1	1	2015/05/08	63	65	10	42	15.9	64.6
TCS/G2	2	2016/04/22	253	223	14	59	5.5	26.5
		2016/05/19						
TCS/G3	2	2017/04/20	292	277	20	89	6.8	32.1
		2017/05/11						
TCS/G4	1	2018/04/25	236	354	20	81	8.5	22.9
TCS/G5	1	2019/04/23	155	274	20	90	12.9	32.8
TCS/G6	1	2020/04/21	243	310	20	87	8.2	28.1
TCS/G7	1	2021/05/25	170	230	14	58	8.2	25.2
Total			1,580	1,908	147	556		

* M: male, F: female. SW: LRI silkie white chicken, SC: silkie chicken, TCS: Tien Ching silkie chickens, F1: first filial generation, Gx: self-fertilizations generation.

II. 每代公母雞之近親係數估算

計算天晴烏骨雞經 8 代選拔之後，每代公母雞之近親係數平均值與標準偏差計算結果列於表 2。公雞之近親係數平均值與母雞近似，由於 2013 年間之雞群數量少，雞隻採用逢機配種繁殖，可能存在血緣關係，因此為避開近親配種，重新編號，並假設種原來源無親屬關係，並避開全同胞與半同胞配種，以減少近親配種的發生。結果顯示於 G1 之公母雞均無存在親屬關係，惟每代近親係數呈緩慢增加，至 G7 時公雞為 0.125，母雞為 0.127。

表 2. 天晴烏骨雞公母雞各代之近親係數平均值與標準偏差

Table 2. Mean and standard deviation of inbreeding coefficients in males and females of the Tien Ching silkie chickens after generations of selection

Generations	Male	Female
G0	0.000 × 0.000	0.000 × 0.000
G1	0.000 × 0.000	0.000 × 0.000
G2	0.036 × 0.014	0.036 × 0.016
G3	0.063 × 0.025	0.064 × 0.022
G4	0.101 × 0.031	0.104 × 0.031
G5	0.108 × 0.018	0.108 × 0.020
G6	0.120 × 0.023	0.119 × 0.020
G7	0.125 × 0.020	0.127 × 0.021

Mean ± standard deviation.

Gx: self-fertilizations generation.

III. 天晴烏骨雞產蛋性能

母雞於 16 週齡雛白痢與外貌篩選後，於個別產蛋籠進行母雞產蛋性能測定。試驗結果如表 3，天晴烏骨雞第 7 世代母雞平均初產日齡、初產體重、初產蛋重、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週產蛋數分別為 169 日、1,379 g、32.0 g、1,575 g、43.2 g 及 78 枚。比較世代間天晴烏骨雞產蛋性能差異，初產日期以 G2 母雞最早開始初產，以 G4 母雞為最晚開始初產，G2 與 G4 相比較初產日期達顯著性差異 ($P < 0.05$)。初產體重以 G2 最重，G4 為最輕，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。初產蛋重以 G5 及 G6 較重，G3 為較輕，世代間無顯著差異。40 週齡平均蛋重以 G1 較重，G0 較輕，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。40 週齡體重以 G2 為最重，G4 為最輕，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。40 週齡產蛋數以 G0 為最少，G7 為最多，世代間有顯著性差異 ($P < 0.05$)。本品系之選育是以歷代母雞蛋殼色差 a^* 值選育為主，因此會產生蛋殼色差世代差異，而各世代間產蛋性能些許差異，可能是年度環境差別所造成。天晴烏骨雞 G7 產蛋性能與親代 SW 與引種烏骨雞 SC 相比較，天晴烏骨雞之初產日齡較 SW 晚 11 天，較 SC 提早 20 天。天晴烏骨雞之初產體重較親代 SW 和 SC 分別增加 198 g 和 132 g。天晴烏骨雞之初產蛋重較親代 SW 與 SC 增加 2.3 g。天晴烏骨雞之 40 週齡平均蛋重較親代 SW 和 SC 分別增加 3.8 g 及 3.1 g。天晴烏骨雞之 40 週齡體重較親代 SW 和 SC 分別增加 114 g 和 205 g。天晴烏骨雞 40 週齡產蛋數較親代 SW 少 19 枚蛋，較親代 SC 則增加 30 枚蛋。以 40 週齡產蛋數而言，天晴烏骨雞利用 SW 高產蛋性能雜交具藍殼蛋特性之 SC，其結果天晴烏骨雞較雜交親代 SC40 週齡產蛋數增加 1.62 倍以上，達到增加產藍殼蛋母雞之產蛋數效果。雜交親代 SW 與 SC 之 40 週齡產蛋數分別為 97 枚與 48 枚，與雜交子代 TCS 之 F1 世代 40 週齡產蛋數為 75 枚，計算 40 週齡產蛋數之雜交優勢為 3.5%，表示雜交後裔 40 週齡產蛋數優於親代 SC40 週齡產蛋數，具有雜交優勢。許 (2014) 試驗結果，絲羽烏骨雞母雞平均初產日齡、40 週齡體重、40 週齡平均蛋重及 40 週產蛋數分別為 185 日、1,158 g、39.1 g 及 51 枚。

另 2020 年 TCS 之 G6 取 32 隻母雞於 22 週齡至 74 週齡收集累計 52 週 (1 年) 之產蛋數與飼料採食記錄，該世代初產日齡為 168 日，22 週齡平均蛋重為 31.4 g，至 52 週齡產蛋數 145 枚，22 至 74 週齡平均蛋重為 42.1 g，總平均產蛋率為 54.7%，22 至 74 週齡產蛋數 (年產蛋數) 為 203 枚。中國江西省泰和縣與福建省泉州市飼養之絲羽烏骨雞，蛋殼以淺褐色，開產日齡福建地區為 170 日齡，江西地區為 156 日齡，年產蛋數福建地區為 120 - 150 個，江西地區為 110 枚，蛋重福建地區為 47 g，江西地區為 40 g。中國江西省東鄉縣飼養之東鄉綠殼蛋雞，蛋殼呈淺綠色，初產日齡為 152 日齡，至 500 日齡產蛋數 160 - 170 枚，蛋重 50 g。中國湖北省鄖陽地區飼養之鄖陽白羽烏雞，蛋殼呈淺褐色，初產日齡為 200 日齡，年產蛋數 160 枚，蛋重 45 g。中國四川省萬源

縣九院地區縣飼養之九院黑雞，蛋殼多為淺褐色，其中有 5% 左右為綠色，初產日齡為 195 日齡，年產蛋數 150 枚，蛋重 54 g。中國四川省沐川縣飼養之沐川烏骨黑雞，蛋殼呈淺褐色，初產日齡為 210 – 230 日齡，年產蛋數 110 枚，蛋重 54 g。中國雲南省鹽津縣飼養之鹽津烏骨雞，蛋殼以淺褐色為多，白色較少，初產日齡為 210 日齡，年產蛋數 120 – 160 枚，蛋重 57 g (徐及陳，2003)。天晴烏骨雞初產日齡較上述多數中國烏骨雞品種為早，年產蛋數更高於上述中國烏骨雞品種。

表 3. 天晴烏骨雞選育族群各世代之母雞產蛋性能

Table 3. Laying performance of Tien Ching silkie chickens in each generation of selection flock

Line/ Generation	AFE (day)	BWFE (g)	EWFE (g)	EW40 (g)	BW40 (g)	EN40 (egg)
SW	158 ± 14.8 (N = 235)	1,181 ± 125 (N = 235)	29.7 ± 6.5 (N = 235)	39.4 ± 3.3 (N = 215)	1,461 ± 162 (N = 233)	97 ± 23 (N = 235)
SC	189 ± 10.8 (N = 4)	1,247 ± 140 (N = 4)	29.7 ± 2.8 (N = 4)	40.1 ± 1.6 (N = 4)	1,370 ± 269 (N = 4)	48 ± 10 (N = 4)
SW × SC/F1	157 ± 8.2 ^c (N = 29)	1,366 ± 173 ^{bc} (N = 29)	33.2 ± 6.7 (N = 29)	41.2 ± 3.4 ^b (N = 27)	1,432 ± 190 ^{fg} (N = 29)	75 ± 23 ^{ab} (N = 29)
TCS/G0	164 ± 12.9 ^{bcd} (N = 85)	1,373 ± 172 ^b (N = 85)	30.8 ± 6.3 (N = 85)	41.1 ± 3.5 ^b (N = 78)	1,486 ± 224 ^{ef} (N = 85)	59 ± 22 ^c (N = 85)
TCS/G1	162 ± 13.3 ^{cd} (N = 47)	1,447 ± 240 ^a (N = 47)	30.8 ± 5.5 (N = 47)	43.6 ± 3.2 ^a (N = 47)	1,682 ± 352 ^{ab} (N = 47)	71 ± 18 ^{ab} (N = 47)
TCS/G2	159 ± 10.6 ^{dc} (N = 180)	1,496 ± 225 ^a (N = 180)	31.7 ± 7.4 (N = 179)	42.9 ± 3.4 ^a (N = 167)	1,733 ± 306 ^a (N = 179)	77 ± 20 ^a (N = 179)
TCS/G3	165 ± 12.9 ^{abc} (N = 216)	1,351 ± 179 ^{bc} (N = 216)	30.6 ± 5.4 (N = 216)	43.4 ± 3.0 ^a (N = 196)	1,625 ± 268 ^{bc} (N = 216)	70 ± 18 ^{ab} (N = 207)
TCS/G4	171 ± 17.2 ^a (N = 278)	1,238 ± 160 ^d (N = 277)	31.4 ± 5.6 (N = 277)	42.7 ± 2.8 ^a (N = 228)	1,394 ± 211 ^g (N = 270)	67 ± 21 ^b (N = 270)
TCS/G5	170 ± 19.2 ^a (N = 217)	1,301 ± 158 ^c (N = 179)	31.7 ± 5.4 (N = 179)	43.3 ± 3.7 ^a (N = 194)	1,441 ± 206 ^{fg} (N = 214)	75 ± 21 ^{ab} (N = 214)
TCS/G6	168 ± 14.1 ^{ab} (N = 284)	1,356 ± 176 ^{bc} (N = 284)	31.7 ± 6.8 (N = 284)	43.2 ± 3.1 ^a (N = 252)	1,526 ± 210 ^{dc} (N = 282)	75 ± 18 ^{ab} (N = 282)
TCS/G7	169 ± 12.4 ^{ab} (N = 207)	1,379 ± 157 ^b (N = 207)	32.0 ± 7.0 (N = 207)	43.2 ± 2.6 ^a (N = 189)	1,575 ± 217 ^{cd} (N = 201)	78 ± 17 ^a (N = 201)

AFE: Age at the first egg, BWFE: body weight at the first egg, EWFE: egg weight at the first egg, EW40: egg weight at 40 weeks of age, BW40: body weight at 40 weeks of age, EN40: egg number up to 40 weeks of age. SW: LRI silkie white chicken, SC: silkie chicken, TCS: Tien Ching silkie chickens, F1: first filial generation, Gx: self-fertilizations generation.

N: Sample size, Mean ± standard deviation.

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

IV. 蛋殼色差度與 40 週齡產蛋性狀之表型相關、遺傳率與遺傳相關

母雞於 30 週齡收集個別母雞所產之雞蛋三顆，測其外表蛋殼色差度及蛋殼品質測定，其結果分別列於表 4。天晴烏骨雞 G7 母雞 30 週齡平均蛋殼色差度 L^* 值為 83.0，蛋殼色差度 a^* 值為 -8.71，殼色差度 b^* 值為 9.07，其蛋殼外觀顏色為天藍色。以天晴烏骨雞 G7 之蛋殼色差度與引種親代 SW 與 SC 相比較，TCS 蛋殼色差度 L^* 值較親代 SW 增加 7.50，較親代 SC 增加 4.75，亮度有增加。TCS 蛋殼色差度 a^* 值較親代 SW 降低 15.94，較親代 SC 降低 3.72，TCS 經選育多代蛋殼色差度 a^* 值結果，較原種 SW 之色差度 a^* 值 7.23 明顯不同，可見選育母雞蛋殼色差度 a^* 值，可顯著改進蛋殼之外觀顏色。TCS 蛋殼色差度 b^* 值較親代 SW 降低 8.60，較親代 SC 降低 4.89。TCS 之 G7 蛋殼色差值較親代 SW 改進色澤許多，與親代 SC 色澤趨於相近。豐和烏骨雞(來源臺灣豐和火雞有限公司)平均蛋殼顏色 L^* 值為 81.3、 a^* 值 -7.87、 b^* 值 9.29(劉等，2018)。TCS 與豐和烏骨雞蛋殼顏色相比較，BSE 較豐和烏骨雞之 L^* 值高 1.7、 a^* 值低 0.84 及 b^* 值低 0.22。

表 4. 畜試白絲羽烏骨雞 (SW)、引種烏骨雞 (SC) 及天晴烏骨雞 (TCS) 選育族群各世代於 30 週齡母雞之蛋殼色差度

Table 4. The color differences of eggshell in various generations of breeding populations of SW, SC, and TCS at 30 weeks of age

Line/ Generation	L* value	a* value	b* value
SW	75.50 ± 3.96 ^Y (N = 104)	7.23 ± 2.29 ^X (N = 104)	17.67 ± 3.35 ^X (N = 104)
SC	78.25 ± 4.80 ^Y (N = 4)	-4.99 ± 2.33 ^Y (N = 4)	13.96 ± 6.17 ^Y (N = 4)
SW × SC/F1	75.59 ± 4.39 ^d (N = 12)	-1.75 ± 6.78 ^c (N = 12)	14.26 ± 3.25 ^c (N = 12)
TCS/G0	77.60 ± 4.07 ^c (N = 73)	1.59 ± 6.43 ^a (N = 73)	17.93 ± 4.23 ^a (N = 73)
TCS/G1	76.80 ± 6.82 ^{cd} (N = 48)	-0.06 ± 5.00 ^b (N = 48)	16.25 ± 4.09 ^b (N = 48)
TCS/G2	75.66 ± 4.25 ^d (N = 176)	-2.00 ± 6.39 ^c (N = 176)	14.78 ± 3.89 ^c (N = 176)
TCS/G3	75.50 ± 3.89 ^d (N = 208)	-5.90 ± 3.19 ^d (N = 208)	14.01 ± 3.65 ^c (N = 208)
TCS/G4	79.42 ± 3.50 ^b (N = 259)	-6.69 ± 2.74 ^{de} (N = 259)	12.35 ± 3.45 ^d (N = 259)
TCS/G5	79.70 ± 3.78 ^b (N = 207)	-7.38 ± 1.59 ^{ef} (N = 207)	11.97 ± 3.07 ^d (N = 207)
TCS/G6	80.38 ± 3.62 ^b (N = 276)	-8.01 ± 1.47 ^{ef} (N = 276)	10.52 ± 2.94 ^e (N = 276)
TCS/G7	83.00 ± 3.05 ^{a,x} (N = 197)	-8.71 ± 1.41 ^{f,z} (N = 197)	9.07 ± 2.69 ^{f,z} (N = 197)

N: Sample size, Mean ± standard deviation .

SW: LRI silkie white chicken, SC: silkie chicken, TCS: Tien Ching silkie chickens, F1: first filial generation, Gx: self-fertilizations generation.

^{a-f} Means in the same column with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

^{x-z} Means in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

天晴烏骨雞蛋殼色差度及產蛋性能資料進行表型相關、遺傳率與遺傳相關分析列於表 5。使用具系譜之天晴烏骨雞進行純系選拔，並進一步依系譜累積收集至 8 代 (G0 - G7) 相關資料，經採多性狀動物模式進行遺傳參數之估算結果，顯示天晴烏骨雞蛋殼色差度 a* 值、b* 值、L* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重之遺傳率分別為 0.996、0.606、0.475、0.488、0.738 及 0.590，此結果與劉等 (2010) 分析絲羽烏骨雞累積 5 代之至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重之遺傳率分別為 0.31、0.84 及 0.58，以及林等 (2021) 依據系譜與相關產蛋能力用 VCE 6.0.2 軟體進行臺灣土雞近親品系一號品系 L7 母雞產蛋性狀遺傳參數估計，結果顯示達 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡平均蛋重之遺傳率估值分別為 0.42、0.49 及 0.61，皆具高度遺傳率。從本研究結果與以往研究顯示體重和蛋重都比產蛋數有較高的遺傳率，而烏骨雞蛋殼色差度也有很高的遺傳率，尤其是 a* 值，所以選拔效率高。

在表型相關方面，母雞蛋殼色差度 a* 值與 b* 值具高度表型正相關 (rp = 0.6, P < 0.01)，與 AYGUN (2014) 以 60 週齡褐殼蛋雞分析結果高度表型正相關 (rp = 0.41, P < 0.001) 結果相似，顯示選留蛋殼色差度 a* 值下降，相對蛋殼色差度 b* 值亦會下降；蛋殼色差度 a* 值與 L* 值具中度表型負相關 (rp = -0.35, P < 0.01)，與 AYGUN (2014) 分析結果具高度表型負相關 (rp = -0.85, P < 0.001) 結果相似，代表蛋殼色差度 a* 越低，L* 相對較增高現象；母雞蛋殼色差度 b* 值與 L* 值具高度表型負相關 (rp = -0.70, P < 0.01)，與 AYGUN (2014) 分析結果具中度表型負相關 (rp = -0.26, P < 0.001) 結果相似，代表蛋殼色差度 b* 越低，其 L* 越高，亮度越亮；蛋殼色差度 L* 值與母

雞至 40 週齡產蛋數具中度表型正相關 ($r_p = -0.30$, $P < 0.01$)，代表蛋殼色差度 L^* 越高其母雞至 40 週齡產蛋數會較高。母雞 40 週齡體重與 40 週齡蛋重具中度表型正相關 ($r_p = 0.30$, $P < 0.01$)，代表天晴烏骨雞屬小體型烏骨雞，其母雞 40 週齡體重較重者，相對於 40 週齡所產之蛋重，有較重之趨勢。40 週齡產蛋數與 40 週齡體重具低度表型顯著正相關 ($r_p = 0.23$, $P < 0.01$) 之結果不同，推測可能因飼養環境氣候變化有關。

表 5. 天晴烏骨雞選育 8 代蛋殼色差度與產蛋性狀之遺傳率、表型相關與遺傳相關

Table 5. Heritability, phenotypic correlation, and genetic correlation of eggshell color and egg production traits in 8 generations of selectively bred Tien Ching silkie chickens

Items	a* value	b* value	L* value	EN40	BW40	EW40
a* value	0.996 ± 0.003	0.670 ± 0.030	-0.345 ± 0.046	0.033 ± 0.045	0.009 ± 0.036	0.074 ± 0.029
b* value	0.630**	0.606 ± 0.034	-0.785 ± 0.028	0.049 ± 0.066	-0.063 ± 0.053	0.085 ± 0.058
L* value	-0.353**	-0.702**	0.475 ± 0.034	0.321 ± 0.064	-0.092 ± 0.056	-0.214 ± 0.062
EN40	-0.063*	-0.149**	0.302**	0.488 ± 0.043	-0.244 ± 0.059	-0.407 ± 0.067
BW40	0.132**	0.076**	-0.168**	-0.019	0.738 ± 0.031	0.461 ± 0.048
EW40	-0.026	-0.021	-0.052	-0.102**	0.299**	0.590 ± 0.038

The phenotypic correlations (below the diagonal), heritabilities (on diagonal), and genetic correlations (above the diagonal, mean ± SD).

EN40: Number of eggs laid up to 40 weeks of age.

BW40: Body weight at 40 weeks of age.

EW40: Eggs weights at 40 weeks of age.

* Significant ($P < 0.05$).

** Highly significant ($P < 0.01$).

遺傳相關之估算結果，蛋殼色差度 a^* 值與 b^* 值為高度遺傳正相關 ($r_g = 0.67$)，代表選育蛋殼色差度 a^* 值越低，其蛋殼色差度 b^* 值亦會影響數值變降低。蛋殼色差度 a^* 與蛋殼色差度 L^* 值為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.35$)。蛋殼色差度 b^* 值與蛋殼色差度 L^* 值為高度遺傳負相關 ($r_g = -0.79$)。蛋殼色差度 L^* 值與母雞至 40 週齡產蛋數為中度遺傳正相關 ($r_g = 0.32$)，與 40 週齡蛋重為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.21$)。母雞至 40 週齡產蛋數與 40 週齡體重、40 週齡蛋重為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.24$; $r_g = -0.41$)，此結果與劉等 (2010) 分析絲羽烏骨雞累積 5 代之母雞至 40 週齡產蛋數與 40 週齡體重、40 週齡蛋重為中度遺傳正相關及低度遺傳負相關 ($r_g = 0.34$; $r_g = -0.18$) 不同，此外本試驗結果與 Francesch *et al.* (1997) 報告指出 3 種品種蛋雞 39 週齡產蛋數與蛋重為為中度遺傳負相關 ($r_g = -0.20$) 接近。另外母雞 40 週齡體重與 40 週齡蛋重為中度遺傳正相關 ($r_g = 0.46$)，此結果與劉等 (2010) 分析結果為高度遺傳正相關 ($r_g = 0.46$) 相同，以及林等 (2021) 臺灣土雞近親品系一號品系 L7 母雞 40 週齡體重與 40 週齡蛋重呈現高度遺傳正相關 ($r_g = 0.63$) 相似。Francesch *et al.* (1997) 報告指出 3 種品種蛋雞 39 週齡產蛋數與蛋殼色澤為低度至中度遺傳負相關 ($r_g = -0.03 - -0.29$)，而 39 週齡蛋重與蛋殼色澤為低度至中度遺傳正相關 ($r_g = 0.00 - 0.30$)，無法與本試驗蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值分別計算遺傳相關無法比較。

從表型相關分析結果與遺傳相關估算結果顯示，蛋殼色差度 a^* 值、 b^* 值、 L^* 值、至 40 週齡產蛋數、40 週齡體重及 40 週齡蛋重表型相關值等與遺傳相關均不一致。與蛋殼色差度 a^* 值呈顯著表型正相關之性狀為蛋殼色差度 b^* 值、40 週齡體重，然此性狀與蛋殼色差度 L^* 值之遺傳相關為負相關，由此可知這些性狀受其他因素影響間接提高雞蛋蛋殼色澤。因為表型相關係由遺傳相關和環境相關所組合，如果兩性狀具有低的遺傳變異率，顯示表型的相關性主要是由環境所影響，假如有較高的遺傳變異率，則遺傳是較重要的。表型相關的雙重性質顯示相關的大小與信息標誌很難單從表型相關的大小確定。而遺傳和環境的相互關係常存在不同的交感效應，不同的遺傳標誌通過不同的生理機制，產生遺傳和環境上對性狀的影響。另於觀察發現以相同的蛋殼色差 a^* 值二顆蛋，若其中一顆蛋殼色差 b^* 值數據相對較高，該顆蛋之外觀色澤會較偏向橄欖綠之色澤；以相同的蛋殼色差 a^* 值二顆蛋，若其中一顆蛋殼色差 L^* 值數據相對較高，該顆蛋之外觀色澤會較偏向較亮之色澤。以天晴烏骨雞之表型相關、遺傳率與遺傳相關資料顯示欲選育蛋殼色差度 a^* 值時，須一併考量 b^* 值及 L^* 值之數值。

V. 蛋殼色差度 a^* 值之累計改進量及其育種價估

分析 G0 至 G8 天晴烏骨雞蛋殼色差度 a^* 值之表型值，由 G0 之 1.59 下降至 G7 為 -8.71，其 G7 蛋殼色差度

G7 蛋殼色差度 a* 值之遺傳值累計改進量估值達 -6.88 (圖 1)。顯示經持續 8 代蛋殼色差度 a* 值選拔，在遺傳估值與表型值的分析結果頗為一致，均呈逐代改進現象。

表 6. 天晴烏骨雞蛋殼色差度 a* 值表型值與遺傳值累計改進量

Table 6. Cumulative improvement in phenotypic and genetic values of eggshell a* value in Tien Ching sikie chickens to 40 weeks of age

Generation	Phenotypic values of eggshell a* value	Breeding value of eggshell a* value	Cumulative improvement of phenotypic values	Cumulative improvement of genetic values
G0	1.59	3.52	0.00	0.00
G1	-0.06	0.26	-1.65	-3.26
G2	-2.00	0.33	-3.59	-3.19
G3	-5.90	-2.12	-7.49	-5.64
G4	-6.69	-2.68	-8.28	-6.20
G5	-7.38	-3.24	-8.97	-6.76
G6	-8.01	-3.31	-9.60	-6.83
G7	-8.71	-3.36	-10.30	-6.88

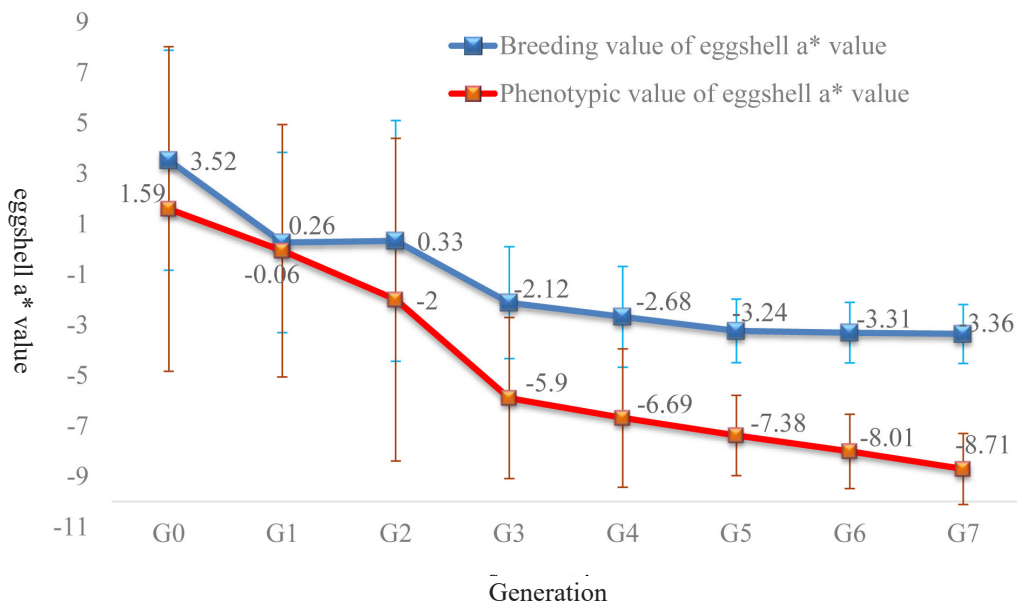


圖 1. 天晴烏骨雞蛋殼色差度 a* 值之表型值與育種價值改進情形。

Fig. 1. Cumulative improvement in phenotypic and genetic values of eggshell color a* value in Tien Ching silkie chickens.

VI. 微衛星遺傳標記分析

天晴烏骨雞微衛星遺傳標記分析結果，列如表 7。其中除 MCW0103、MCW0216 及 MCW0248 微衛星標記所檢測的基因型在所有檢測個體皆為單型外，其它 21 組微衛星標記皆有多態型的基因型，又以 LEI0192 微衛星標記具 12 個基因座最多，共檢測到 87 個對偶基因 (Na, Observed number of alleles)，平均每個基因座具有 3.5 個對偶基因 (1 - 13)；其期望異質度 (HE, Expected heterozygosity) 介於 0 到 0.774，平均為 0.42，觀測異質度 (HO, Observed heterozygosity) 介於 0 到 0.778，平均為 0.37，而多態性訊息含量介於 0 到 0.735，平均為 0.38，呈現中度多態性。PIC 是衡量微衛星多態性高低的指標，當 $PIC > 0.5$ 時，該基因座為高度多態性， $0.50 > PIC \geq 0.25$ ，為中度多態性，當 $PIC < 0.25$ 時，為低度多態性 (Moniem *et al.*, 2019)。在選用的 24 組微衛星標記組中有 10 組呈現高度多態性資訊，有 5 組呈現中度多態性資訊，9 組呈現低度多態性資訊 (林等, 2020)。張 (2007) 研究中國 13 個地方烏骨雞品種在 30 個微衛星標記的遺傳多樣性，共檢測 248 個等位基因。其中對偶基因最多的位點為 ADL136、LEI0094 有 12 個，最少的為 MCW150 有 4 個；平均對偶基因為 8.26，30 個微衛星標記均為多態性，其中有 17 個標記 PIC 值在 0.7 以上，除 ADL201、MCW147、LEI0166 標記為中度多態外，其餘 27 個微衛星標記均為高度多態，平均 PIC 含量為 0.68 高於天晴烏骨雞 0.38，顯示天晴烏骨雞遺傳變異較低，遺傳多樣

性較不豐富，推測是天晴烏骨雞族群小且封閉的緣故。

表 7. 天晴烏骨雞微衛星型遺傳標記分析

Table 7. The microsatellite genetic markers of Tien ching silkie chickens

Microsatellite loci	Chromosome	Frag-ment (bp)	Na	H _E	H _O	PIC
MCW0295	3	87 – 93	3	0.619	0.556	0.543
MCW0014	6	165 – 177	2	0.198	0.000	0.178
LEI0192	6	254 – 376	13	0.760	0.368	0.728
MCW0111	1	98 – 106	5	0.766	0.615	0.728
MCW0216	13	144	1	0	0	0
MCW0183	7	293 – 305	2	0.157	0.171	0.144
MCW0206	2	221 – 229	3	0.666	0.632	0.589
ADL0112	10	122 – 126	2	0.502	0.487	0.375
MCW0069	E60C04W23	155 – 173	4	0.583	0.590	0.535
ADL0268	1	108 – 112	2	0.467	0.479	0.357
MCW0067	10	179 – 183	2	0.113	0.120	0.106
MCW0098	4	255 – 259	3	0.485	0.453	0.378
ADL0278	8	111 – 123	3	0.474	0.547	0.415
MCW0248	W29	219	1	0	0	0
MCW0103	3	268	1	0	0	0
MCW0330	17	266 – 284	3	0.633	0.496	0.556
MCW0037	3	153 – 155	2	0.050	0.051	0.049
MCW0222	3	218 – 222	3	0.091	0.077	0.087
MCW0081	5	113 – 133	3	0.554	0.538	0.491
MCW0034	2	217 – 251	7	0.774	0.393	0.735
MCW0016	3	137 – 153	5	0.658	0.692	0.594
MCW0078	5	139 – 143	2	0.143	0.137	0.132
LEI0234	2	271 – 315	6	0.748	0.778	0.701
LEI0258	16	262 – 488	6	0.680	0.744	0.638
Mean ± standard deviation			3.5 ± 2.6	0.42 ± 0.28	0.37 ± 0.27	0.38 ± 0.26

Na: Observed number of alleles.

HE: Expected heterozygosity.

HO: Observed heterozygosity.

PIC: Polymorphic information content.

結 論

本試驗結果顯示天晴烏骨雞之表型相關、遺傳率與遺傳相關資料顯示，欲選育蛋殼色差度 a^* 值時，須一併考量 b^* 值及 L^* 值之數值。此外，經 8 代蛋殼色差度 a^* 值選拔，在遺傳估值與表型值分析結果一致，有逐代改進現象。另外，因天晴烏骨雞為封閉且族群小，造成遺傳多樣性不足。

參考文獻

林德育、曾淑貞、劉曉龍、賴永裕、蔡銘洋、洪哲明、吳明哲。2020。畜試所藍殼烏骨雞之微衛星遺傳標記多態性分析。中畜會誌 49 (增刊): 197。

- 林德育、曾淑貞、林慕堯、劉曉龍、賴永裕、朱家德、張秀鑾、吳明哲。2021。近親土雞 LRI-L7 品系母雞產蛋性狀遺傳參數估計。中畜會誌 50 (增刊)：229。
- 徐桂芳、陳寬維。2003。中國家禽地方品種資源圖譜。中國農業出版社。北京市，第 48-147 頁。
- 許純嘉。2014。峨眉雞、北京油雞、絲羽烏骨雞與興大選育土雞生長與產蛋性能之比較。國立中興大學，碩士論文，臺中市。
- 張晶鑫。2007。中國 13 個地方烏骨雞品種遺傳多樣性研究。揚州大學，碩士論文。
- 劉秀洲、黃振芳、孫自力、李舜榮、王政騰。1998。褐色萊鴨青殼蛋之遺傳特性。畜產研究 31：373-382。
- 劉曉龍、林義福、鄭裕信、洪哲明、謝昭賢。2010。絲羽烏骨雞產蛋性狀之遺傳參數估算。中畜會誌 39(4)：229-237。
- 劉曉龍、林德育、蔡銘洋、洪哲明、林義福、鄭裕信、王義松。2018。豐和烏骨雞選育 4 代之蛋殼顏色改良與近親係數。中畜會誌 47 (增刊)：185。
- 劉曉龍、洪哲明、林正鏞、林義福、林德育、鄭裕信、蔡銘洋。2022。藍殼蛋烏骨雞之選育。畜產研究 55(2)：145-156。
- Aygun, A. 2014. The relationship between eggshell colour and egg quality traits in table eggs. *Indian J. Anim. Res.* 48(3): 290-294.
- FAO. 2010. Secondary Guidelines: Measurement of Domestic Animal Diversity (MoDAD). In: Draft Guidelines on Molecular Genetic Characterization. Six Session, Rome.
- Flock, D. K., M. Schmutz, and R. Preisinger. 2007. Optimierung der Eiqualität aus züchterischer Sicht. *Züchtungskunde.* 79(4): 309-319.
- Francesch A., J. Estany, L. Alfonso, and M. Iglesias. 1997. Genetic parameters for egg number, egg weight, and eggshell color in three Catalan poultry breeds. *Poult. Sci.* 76(12): 1627-1631.
- Groeneveld, E. 1996. REML VCE a multivariate multimodel restricted maximum likelihood (co) variance estimation package. Version 4.2 User's Guide. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, FAL, Mariensee, Germany.
- Kennedy, G.Y. and H. G. Vevers. 1976. A survey of avian eggshell pigments. *Comp. Biochem. Phys.* 55: 117-123.
- Moniem, H. A., Y. Y. Zong, A. Abdallah, and G. H. Chen. 2019. Genetic diversity analysis of fourteen geese breeds based on microsatellite genotyping technique. *Asian-Australas J Anim Sci.* 32(11): 1664-1672.
- SAS. 2004. SAS User's Guide : Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Zhang, L. C., Z. H. Ning, G. Y. Xu, Z. C. Hou, and A. N. Yang. 2005. Heritabilities and genetic and phenotypic correlations of egg quality traits in brown-egg dwarf layers. *Poult Sci.* 84(8): 1209-1213.

Estimation of genetic parameters for eggshell color and laying traits in Tien Ching silkie chickens ⁽¹⁾

Ming-Yang Tsai ⁽²⁾⁽⁵⁾ Hsiao-Lung Liu ⁽²⁾ Che-Ming Hung ⁽²⁾ Cheng-Yung Lin ⁽²⁾
Der-Yuh Lin ⁽³⁾ and Yu-Shin Cheng ⁽⁴⁾

Received: Aug. 3, 2023; Accepted: Dec. 21, 2023

Abstract

This study used LRI white silkie chickens with high laying performance to cross with commercial silkie chickens with ten characteristics and blue shell eggs. The appearance, eggshell color and egg production performance were selected and bred. The silkie chickens with the ten characteristics appearance and blue-shelled eggs was named as Tien Ching silkie chicken. The multi traits animal model genetic parameters were estimated from egg production performance, eggshell color and egg traits of 7 generations. The results showed that heritability of a^* , b^* and L^* values of egg shell color and egg production number, body weight and egg weight at 40 weeks of age were 0.996, 0.606, 0.475, 0.488, 0.738 and 0.590, respectively. In phenotype correlation, egg shell color in a^* and b^* values had high positive correlation ($r_p = 0.63$, $P < 0.01$). L^* value had medium negative correlation ($r_p = -0.35$, $P < 0.01$). Egg production number at 40 weeks of age had low negative correlation ($r_p = -0.06$, $P < 0.05$) and body weight at 40 weeks of age had low positive correlation ($r_p = 0.13$, $P < 0.01$). Analysis of genetic correlation showed that egg shell color in a^* and b^* values had high positive correlation ($r_g = 0.67$). L^* value had medium negative correlation ($r_g = -0.35$). Egg production number, body weight and egg weight at 40 weeks of age had low negative correlation ($r_g = 0.03$; $r_g = 0.01$; $r_g = 0.07$). The results indicated that b^* value of egg shell color was lower by the lower of a^* value. Egg production number at 40 weeks of age increased by phenotype estimation. We expected that egg production selection for several generations can further estimate genetic response of related traits that can be used as the basis of selection and breeding.

Key words: Tien Ching silkie chickens, Eggshell, heritability, Genetic correlation.

(1) Contribution No. 2775 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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

(4) Retired from Director General Office, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

施灌牛場沼液沼渣對盤固草及尼羅草芻料產量 與氮利用率之影響⁽¹⁾

陳勃聿⁽²⁾ 田玉娟⁽²⁾ 張世融⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：112 年 5 月 3 日；接受日期：112 年 12 月 22 日

摘 要

禽畜廢棄物富含養分，能供作物生長。本試驗以每 10 週為一週期，分成連續施灌 2、4、6 週（分別為代號 2wk、4wk、6wk）的牛場沼液沼渣 (cattle manure digestate)（牛糞尿廢水經厭氣發酵）及清水（對照組）等 4 種處理，探討牛場產生之廢水施灌於盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 及尼羅草 (*Acroceras macrum*) 牧草地，對牧草乾物產量及氮吸收量的影響。經過 2 年連續施灌牛場沼液沼渣後，盤固草草地及尼羅草草地的土壤總氮含量由 0.08% 提高至 0.4% 及 0.3%。盤固草及尼羅草的乾草產量皆會隨著施灌量增加而提高，顯示牛場沼液沼渣富含養分，確實對於作物生長有所助益。盤固草的總氮產量之變化趨勢與乾物產量相似，且尼羅草也有相同的結果，顯示增加牛場沼液沼渣施灌量可供應大量的氮，有效提高牧草產量。尼羅草的平均表觀氮回收率 (apparent N recovery rate) 介於 20.3 – 34.1%，略高於盤固草的 18.4 – 29.7%，且會隨著牛場沼液沼渣施灌量增加而遞減。4wk 處理組灌溉牛場沼液沼渣 32 週後，會開始造成尼羅草植體內的 NO_3^- -N 含量過高，達到產生毒害的程度，因此建議尼羅草每割次施用應以 2 週為限則較合適。盤固草植體內的 NO_3^- -N 含量除 6wk 處理組在冬季時會超過 1,000 ppm 外，其餘皆符合標準，所以建議在寒冷季節應降低盤固草之牛場沼液沼渣施用量，每割次施用應以 4 週較合適。

關鍵詞：盤固草、尼羅草、沼液沼渣、產量、氮利用率。

緒 言

禽畜廢棄物如同有機堆肥，富含有機質及養分，能供作物生長或改善土壤理化性質 (Kiziloglu *et al.*, 2008; 盧及許, 2011)，可被視為一項有用資源。然而禽畜廢棄物具有資源性及污染性，需妥善處理後才能轉為植物可利用的養分 (Huang, 1991)，以避免對環境造成污染。畜牧業產生的糞尿廢水，經過三段式廢水處理程序（固液分離、厭氧消化、好氧處理）處理後，即成為沼液沼渣 (livestock manure digestate)，富含農作物生長所需的肥分和水分。因此，可將之回歸農田，提供農作物肥分和水分，不但合乎循環農業的資源再利用理念，而且也是去化國內龐大禽畜有機廢棄物的可行方法 (鍾, 2020; 蘇, 2020)。

畜禽沼液沼渣所含的氮主要是以銨態氮 (NH_4^+ -N) 形式存在，其次為有機態氮 (Kumar *et al.*, 2015)。銨態氮施灌於土壤後，部分會被吸附，而部分則轉換成硝酸態氮 (NO_3^- -N)，成為植物生長所需的主要氮源。氮肥是影響作物產量的重要因素 (De Bona and Monteiro, 2010)，但土壤在短時間內接受過多的氮素，可能導致植物奢侈型吸收，反而影響作物品質 (Jacobs, 1990)。

NO_3^- -N 為植物吸收氮素的主要型態，而當植物由土壤中吸收 NO_3^- -N 後會很快轉變成 NO_2^- -N 再轉化成 NH_4^+ -N，然後於細胞內合成胺基酸及蛋白質，因此植體內很少發生 NO_3^- -N 大量累積的現象 (Marschner, 1995; Britto and Kronzucker, 2002)。盧及許 (2009) 指出在特殊的條件下，如過量的施用氮肥，或天候不良如連續下雨、過於乾燥、或天氣太冷等，若造成植物生長受阻，就會有 NO_3^- -N 累積的現象。如果動物攝食過量的 NO_3^- -N，將導致其發生 NO_3^- -N 中毒現象，嚴重時甚至造成快速死亡 (Hill, 1999; Bolan and Kemp, 2003)。

本試驗的目的在探討牛場沼液沼渣施用於盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 及尼羅草 (*Acroceras macrum*) 牧草地後，對牧草生長之影響及評估牧草對氮的利用效率，以提供農民牛場沼液沼渣施灌於牧草地之參考。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2776 號。
(2) 農業部畜產試驗所飼料作物組。
(3) 通訊作者，E-mail: srchang@mail.thri.gov.tw。

材料與方法

I. 試驗材料

本試驗以多年生之尼羅草台畜草 2 號及盤固草 A254 為參試品種，種植於 36 cm × 36 cm × 35 cm 的盆栽 (每盆重量為 31 ± 0.5 kg)。盆栽內土壤經分析，砂粒、粉粒及粘粒之百分比分別為 44、34 及 22%，其土壤質地屬於壤土，土壤 pH 值 5.84、電導度值 0.65 mS cm⁻¹，全氮量為 0.08%。

本試驗所用牛場沼液沼渣是來自畜產試驗所牛舍之牛糞尿廢水處理場，將牛糞尿經固液分離後之廢水先經初沉澱池沉澱，再經厭氣消化池消化後排出之沼液沼渣，其理化性質如表 1 所示，為 2 年分析資料 (共計 5 批次)。因每批牛糞尿來源有所差異，故經厭氣消化處理後之沼液沼渣所含的各項營養元素比例並不固定。每批牛場沼液沼渣用盡後才進行補充，所以施灌時間會橫跨不同的割次。因本試驗的牛場沼液沼渣施灌量大且時間長，導致無法準確記錄每割次所施灌的成分，故以成分的平均值進行相關數據計算。因牛場沼液沼渣大部分為經過沉澱之上層液體，主要以氮素為主，其次為磷及鉀，而氮素成分則以 NH₄⁺-N 為多，而 NO₃⁻-N 幾乎沒有。

表 1. 牛場沼液沼渣之理化性質

Table 1. The physical and chemical properties and contents of the cattle manure digestate in this experiment (n = 5)

pH	EC*	Total- N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	P	K	Cu	Zn
	mS cm ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----						
6.80 – 8.06	2.30 – 3.18	119 – 483	120 – 210	0 – 5.1	105.0 – 161.2	177.5 – 620.5	0.7 – 2.0	10.5 – 42.5

* electrical conductivity.

II. 試驗方法

試驗期間自 2018 年 11 月 1 日至 2020 年 12 月 2 日，以每 10 週調查一次視為一個割次，共計 11 次。尼羅草及盤固草青割後待其再生二週後，才開始進行牛場沼液沼渣施灌試驗。試驗分為 4 種處理組，以連續施灌 2、4、6 週牛場沼液沼渣的 3 種處理組 (分別以代號 2wk、4wk、6wk 表示)，及全部灌溉清水 (地下水) 的對照組 (代號 CK)。每盆每週一至六進行施灌，每日施灌 1,200 mL 的清水或牛場沼液沼渣。各處理組的試驗步驟如下：對照組為連續 10 週清水；2wk 處理組首先為清水 2 週，次為牛場沼液沼渣 2 週，最後清水 6 週；4wk 處理組為清水 2 週，接續牛場沼液沼渣 4 週，最後清水 4 週；6wk 則為清水 2 週，牛場沼液沼渣 6 週，清水 2 週。試驗採完全隨機設計 (completely randomized design)，每處理組 3 重複 (盆)。

青割時調查每盆牧草的鮮重及乾重，並將樣本以 65°C 烘乾 48 小時後，磨成小於 1 mm 大小之粉粒，作為植物化學分析材料。土壤的採樣位置於表土 20 cm 深處，每次採 100 克土樣進行分析。

III. 分析方法

- (i) 植體前處理：植體利用濃硫酸及 H₂O₂，於 400°C 高溫分解至澄清後，稀釋至 50 mL 成分解液，將分解液貯存於冰箱中，作為分析全氮之用 (Wolf, 1982)。硝酸態氮及銨態氮利用蒸餾水萃取 (Mills, 1980)，以 1 : 10 (樣品 : 水) 製備，震盪 30 min 後，以 Whatman No. 5 之濾紙過濾 (萃取液)，貯存於冰箱中以待分析。
- (ii) 全氮、硝酸態氮及銨態氮：利用蒸餾法測定 (Bremner and Keeney, 1965; Jones, 1987)。銨態氮測定為取前述 (i) 之分解液或萃取液各 5 mL，利用蒸餾器 (德製 Gerhardt 廠牌) 加入 5 mL 之 10 N NaOH 蒸餾 5 分鐘，以內含 Methyl red 及 Bromocresol green 混合指示劑之 4% H₃BO₃ 溶液吸收，再以 0.025 N H₂SO₄ 滴定，其滴定結果換算為銨態氮 (a) 之濃度。硝酸態氮之測定為 (i) 分解液或萃取液各 5 mL 先加入 3 g 之 Devard 合金粉，將硝酸態氮還原成銨態氮 (b)，再依前述銨態氮測定方法蒸餾，以測定總銨態氮 (c)。總銨態氮 (c) 減掉銨態氮 (a) 為銨態氮 (b)，銨態氮 (b) 經換算則是硝酸態氮之量。以分解液測得之銨態氮及硝酸態氮之和視為植體之全氮。
- (iii) 土壤總氮量：如植體氮分析方法，土壤樣品先以濃 H₂SO₄ 及 H₂O₂ 酸解至澄清，取 5 mL 酸解液以蒸餾法測定。
- (iv) 土壤 pH 值：以水與土為 1 : 1 之比例測定，取 20 g 土壤加 20 mL 蒸餾水，充分攪拌 1 h，以美國製 Satorius PB-10 pH 計及玻璃電極測定其 pH。
- (v) 土壤電導度：以飽和土壤水測定，取若干土壤置於燒杯中，加入蒸餾水充分攪拌使土壤充滿水靜置過夜。倒去上層多餘水，利用真空馬達抽氣過濾，收集濾液利用臺製 Suntex Sc-170 電導度計測其電導度。

IV. 表觀氮回收率 (apparent N recovery rate)

(處理組植物的氮吸收量 - 對照組植物的氮吸收量) / 施用之氮量 (Burns *et al.*, 2002)

V. 試驗所得資料利用 SPSS 統計軟體 (IBM SPSS Statistics 28.0) 進行統計分析, 以廣義估計方程式 (generalized estimating equations) 進行檢定, 若達顯著差異再以最小顯著差異性 (least significant difference test, LSD) 測驗比較處理組間的差異, 並以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準。由於本研究以盆栽進行試驗, 因土壤採樣量問題, 故以各處理之平均值表示, 並標示 SEM。

結果與討論

I. 牧草產量

表 2 為盤固草施灌牛場沼液沼渣的 2 年產量資料。盤固草平均乾草產量以 6wk 處理組顯著最高, 為 2,873 g m⁻², 4wk 處理組的 2,655 g m⁻² 次之, 2wk 處理組的 1,727 g m⁻² 再次之 ($P < 0.05$), 顯示牛場沼液沼渣因富含植物生長所需養分, 確實對牧草產量有效提升。盧及許 (2011) 於尼羅草地施用豬糞尿消化廢水之試驗亦顯示相似結果, 隨著廢水施灌量的增加, 牧草產量也會提高。

表 2. 盤固草在牛場沼液沼渣之不同施灌量下各割次的乾物產量

Table 2. The dry matter yields of pangolagrass at different cuttings under different irrigation treatments of cattle manure digestate

Treatment	Year	2019											2020											SEM	Mean
		Month	01	03	05	07	10	12	02	05	07	09	12												
		----- g m ⁻² -----																							
CK*		344	359	568	981	942	490	350	240	920	837	390	84	583											
2wk		374	400	1,103	3,417	3,475	1,476	1,104	1,576	1,990	2,621	1,468	320	1,727											
4wk		537	1,855	3,272	4,602	4,226	2,059	2,472	2,241	2,758	3,325	1,859	349	2,655											
6wk		575	1,854	3,865	4,480	4,516	2,456	2,639	2,997	2,727	3,044	2,454	344	2,873											
LSD _{0.05} **		187	176	500	560	765	279	180	259	382	388	260													

* no irrigated by cattle manure digestate.

** Fisher's least significant difference (LSD) test; $P \leq 0.05$.

盤固草 4wk、6wk 處理組的乾草產量會隨著牛場沼液沼渣施灌時間增長而呈現提高趨勢, 在 2019 年 7 月 31 日 (分別為 4,602、4,482 g m⁻²) 至 10 月 9 日 (分別為 4,226、4,516 g m⁻²) 達到最高後開始下降, 雖然在 2020 年同時期有所回升, 但產量僅及最高時的 68% (表 2)。張等 (2002) 指出, 南部地區之盤固草以夏天生長較速, 但冬季氣溫緩和, 盤固草仍能繼續生長。然而, 同一地點每年各季生長之牧草產量不盡相同, 在固定栽培作法下, 主要原因可能是氣象環境變化所致。林 (2002) 指出, 各種禽畜糞堆肥之最高施用量亦因土壤條件及作物種類之不同而異, 超出此最高施用量上限, 對各作物均有減產之趨勢, 且在長期連續施用之情況下, 最高施用量上限亦有逐年調降之趨勢。因此, 盤固草的牧草產量除受氣候因素影響外, 亦受牛場沼液沼渣施灌量之影響, 當灌溉過量時將對盤固草產量造成減產之效。

尼羅草的平均乾草產量也會隨著牛場沼液沼渣施灌量的增加而提高 (表 3), 以 4wk 的 1,462 g m⁻² 顯著最高, 6wk 的 1,324 g m⁻² 次之, 2wk 的 1,223 g m⁻² 再次之 ($P < 0.05$)。牛場沼液沼渣灌溉時間也會影響尼羅草的乾草產量, 4wk 及 6wk 處理組的乾草產量由 108 年 1 月的 419 及 422 g m⁻² 逐次增加, 在 2019 年 10 月 9 日達到最高 (分別為 2,439 及 2,420 g m⁻²) 後則逐漸下降, 此趨勢與盤固草相同。然而尼羅草 6wk 處理組的乾草產量在此之後降幅巨大, 至 2020 年 5 月 6 日收穫時僅剩 93.0 g m⁻², 之後植株則呈現死亡現象。在 2020 年 2 月及 5 月尼羅草 6wk 處理組的 NH₄⁺-N 含量達 207 及 233 ppm (圖 4), 顯著高於 4wk 處理組的 (分別為 170 及 163 ppm), 顯示植株內有 NH₄⁺-N 大量累積的現象, Britto and Kronzucker(2002) 指出植物體內若含有過高的 NH₄⁺-N 濃度, 將會降低其代謝能力並造成毒害現象。

II. 牧草的氮吸收量

表 4 及表 5 分別為盤固草及尼羅草在牛場沼液沼渣之不同施灌量時的氮素吸收量表現, 兩者的氮素吸收量皆

會隨著施灌量的增加而提高，且都以 6wk 處理組顯著最高 ($P < 0.05$)。氮素的吸收量是直接影響植物生長重要的因素，許多研究報告指出，提高施肥量會提高牧草的氮素吸收量 (盧及許, 2011; 盧等, 2017)，而牧草中粗蛋白質含量也隨著氮肥的增加而提高 (盧等, 2017; Shahin *et al.*, 2013)。盤固草的氮素吸收量與乾物產量 (表 2) 之變化趨勢相似，而尼羅草 (表 3) 也有相同的結果，顯示氮素的供應量及吸收量會影響牧草的乾物產量。因此，增加牛場沼液沼渣灌溉量時確實可有效提高牧草產量，此與農民大量施用化學氮肥以增加牧草產量的方法相同。嚴 (1989) 指出，豬糞尿液的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 在適合條件下可取代 75% 化學氮肥，故施灌牛場沼液沼渣確實可以替代化學氮肥施用量。

表 3. 尼羅草在牛場沼液沼渣之不同施灌量下各割次的乾物產量

Table 3. The dry matter yields of nilegrass at different cuttings under different irrigation treatments of cattle manure digestate

Treatment	Month	Year 2019					Year 2020					SEM	Mean	
		01	03	05	07	10	12	02	05	07	09			12
----- g m^{-2} -----														
CK		270	177	312	682	589	358	242	300	524	584.9	369.3	50	401
2wk		407	931	1,599	1,687	1,824	1,212	855	1,022	1,308	1,421.2	1,192.4	124	1,223
4wk		419	1,256	1,821	2,147	2,439	1,406	709	1,304	1,490	1,620.1	1,466.6	173	1,462
6wk		422	1,322	2,020	2,198	2,420	1,574	545	93	—	—	—	311	1,324
LSD _{0.05}		147	308	273	311	320	233	164	209	246	190	213		

* no irrigated by cattle manure digestate.

** Fisher's least significant difference (LSD) test; $P \leq 0.05$.

表 4. 盤固草在牛場沼液沼渣之不同施灌量下各割次氮的吸收量

Table 4. The nitrogen uptakes of pangolagrass at different cuttings under different irrigation treatments of cattle manure digestate

Treatment	Month	Year 2019					Year 2020					SEM	Mean	
		01	03	05	07	10	12	02	05	07	09			12
----- g m^{-2} -----														
CK		2.3	3.0	4.8	7.4	6.3	4.0	3.2	1.7	5.1	3.9	2.9	0.5	4.1
2wk		2.5	4.4	10.7	20.0	27.1	10.1	12.8	10.0	13.2	12.9	12.1	2.0	12.3
4wk		3.9	19.3	36.1	40.3	48.1	21.1	24.7	20.6	29.9	27.2	24.5	3.6	26.9
6wk		4.0	24.5	52.2	47.6	65.3	34.4	33.2	33.8	41.4	36.8	38.0	4.7	37.4
LSD _{0.05}		1.7	1.9	11.0	5.3	8.9	1.9	3.8	2.0	9.0	6.4	4.0		

* no irrigated by cattle manure digestate.

** Fisher's least significant difference (LSD) test; $P \leq 0.05$.

表 5. 尼羅草在牛場沼液沼渣之不同施灌量下各割次氮的吸收量

Table 5. The nitrogen uptakes of nilegrass at different cuttings under different irrigation treatments of cattle manure digestate

Treatment	Month	Year 2019					Year 2020					SEM	Mean	
		01	03	05	07	10	12	02	05	07	09			12
----- g m^{-2} -----														
CK		2.1	1.8	2.6	7.0	4.5	3.6	2.4	2.1	3.6	3.8	3.4	0.4	3.3
2wk		4.3	10.6	16.2	19.1	19.6	13.0	15.7	9.4	16.2	16.3	17.0	1.4	14.3
4wk		4.2	20.8	20.5	29.6	37.3	24.5	15.5	21.8	23.6	27.5	31.4	2.6	23.3
6wk		4.2	28.1	34.2	40.7	49.9	36.4	9.9	2.2	—	—	—	6.4	25.7
LSD _{0.05}		2.5	7.9	5.7	5.7	6.3	4.8	4.3	2.2	5.8	1.9	2.6		

* no irrigated by cattle manure digestate.

** Fisher's least significant difference (LSD) test; $P \leq 0.05$.

III. 氮表觀回收率

表 6 為盤固草在牛場沼液沼渣之不同施灌量的氮表觀回收率，盤固草的平均回收率介於 18.4 – 29.7%。盧及許 (2004) 的試驗結果顯示，盤固草施用堆肥的處理中，扣除由化學肥料而來的氮素，則堆肥的氮利用率在 10 – 38%。尼羅草施灌牛場沼液沼渣組的平均回收率介於 19.2 – 27.9%，會隨著施灌廢水量增加而減少，此趨勢與盧及許 (2011) 結果相似。Ree 等 (1993) 的研究報告指出，有機肥濃度在土壤中超過 1.5% 時，其氮的淨礦質化效率大幅降低。有機肥施用於土壤後必先經過一段時間的分解及礦質化作用才能為植物所利用，故尼羅草前 2 次的氮回收率僅介於 0 – 17.1%，之後數值才逐步提升至 20.3 – 34.1% (表 7)，盧及許 (2000) 的豬糞尿汙泥的試驗也呈相似結果，隨著時間的增長，回收率也會提高。許多研究指出，作物對植物性有機肥的氮表觀回收率低，僅約 15 – 25% (Wagger *et al.*, 1985; Muller and Sundan, 1989)，而動物性堆肥亦小於 30% (Kirchman, 1989; Ree *et al.*, 1993)，本試驗中牧草對牛場沼液沼渣的回收率亦有相似的表現。

表 6. 盤固草在牛場沼液沼渣之不同施灌量下的氮表觀回收率

Table 6. The apparent N recovery rate of pangolagrass at different cuttings under different irrigation treatments of cattle manure digestate

Treatment	Month	Year 2019					Year 2020					SEM	Mean	
		01	03	05	07	10	12	02	05	07	09			12
----- % -----														
2wk		0.5	2.4	7.7	15.5	25.3	24.3	25.1	25.1	25.1	25.4	25.7	3.0	18.4
4wk		2.5	13.9	25.4	31.9	38.5	36.5	36.1	35.2	35.6	35.7	35.5	3.5	29.7
6wk		1.7	12.0	24.4	28.7	35.2	34.6	34.1	34.0	34.4	34.3	34.5	3.4	28.0

表 7. 尼羅草在牛場沼液沼渣之不同施灌量下的氮表觀回收率

Table 7. The apparent N recovery rate of Nilegrass at different cuttings under different irrigation treatments of cattle manure digestate

Treatment	Month	Year 2019					Year 2020					SEM	Mean	
		01	03	05	07	10	12	02	05	07	09			12
----- % -----														
2wk		7.0	17.1	25.5	28.5	32.2	31.7	33.1	31.8	32.6	33.3	34.1	2.6	27.9
4wk		3.3	16.4	20.3	24.0	29.4	29.9	28.6	28.8	29.1	29.8	31.1	2.5	24.6
6wk		0.0	0.1	20.7	24.3	28.9	29.7	26.6	23.3	—	—	—	4.3	19.2

盧及許 (2011) 於尼羅草地施灌豬場沼液沼渣 (相當每年每公頃 400、600、800 及 1,200 kg 氮素) 的氮表觀回收率介於 50.6 – 101.9%，明顯高於本試驗的平均值，分析原因為牛場沼液沼渣的灌澆量換算成氮素用量比建議量為高所致。盧及許 (2011) 指出，由於廢水中氮主要以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的型式存在，所以植物對氮的吸收相當快，但施灌量增加後，植物若不及吸收， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 很容易流失，並可能對地下水的污染考量。由盤固草及尼羅草的土壤總氮含量僅增加 0.3 – 0.4% (圖 3、4)，而氮回收率最高只有 29.7% 及 27.9%，顯示部分氮素有流失可能，故未來須再進行牧草地土層滲漏水的監測試驗。

IV. 硝酸鹽含量

圖 1 及 2 為盤固草及尼羅草在牛場沼液沼渣之不同施灌量對其植體 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量之影響。不同的牛場沼液沼渣施灌量明顯影響尼羅草的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量，4wk 及 6wk 處理組的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量則隨著連續施用牛場沼液沼渣的時間增加而逐步提高，在冬季收穫 (2019 年 12 月 18 日) 時達到最高 3,681 ppm，而後隨著溫度提高於夏季收穫 (2020 年 5 月 6 日至 9 月 23 日) 時又會降低至 1,000 ppm 以下。2wk 處理組的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量均在 1,000 ppm 內，縱然在夏季及冬季也連續施用牛場沼液沼渣，但由於提供的氮素較少，使得尼羅草可以有效的代謝，不至於造成植體內 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的累積，此與盧等 (2007) 試驗相似。尼羅草的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量會隨著氮肥的增加而提高，且冬季 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的累積較夏季更明顯，而盧等 (2008) 亦顯示相似的試驗結果。

通常植物體內很少發生 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 大量累積的現象，然在特別因素的影響下，如施用過量的氮肥，或者氣候不良如氣溫太冷、連續大雨等，造成植物生長受阻就會產生 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 累積。蕭等 (2013) 研究結果指出，栽培期間若

遇低溫及低日射量，葉菜類蔬菜將可能累積過多的硝酸鹽，而高日射量及高溫能促使植體硝酸鹽降低，此現象與尼羅草及盤固草在不同環境下植體內 NO_3^- -N 的累積趨勢相似。因此，牧草的 NO_3^- -N 含量若超過 1,000 ppm，餵飼動物可能會產生 NO_3^- -N 中毒現象 (Takahashi *et al.*, 1998)。Lenz *et al.* (2019) 認為單年生芻料作物較容易因肥培管理或天候等問題而發生 NO_3^- -N 含量過高的現象，而多年生牧草則較無此慮。不過，本試驗中尼羅草 4wk 及 6wk 的牛場沼液沼渣處理組，除 2020 年夏季外， NO_3^- -N 含量皆明顯達到毒害程度。因此，尼羅草較不適合大量灌溉牛場沼液沼渣，於每割次之牛場沼液沼渣施灌宜以 2 週較為合適。盤固草則是除 6wk 處理組在冬季時 NO_3^- -N 含量會超過 1,000 ppm 外，其餘皆符合標準，無 NO_3^- -N 毒害的危險性。但也顯示冬季溫度低會造成盤固草代謝降低，導致植體內 NO_3^- -N 的累積量增加，所以在寒冷季節應酌以降低牛場沼液沼渣施灌量，於每割次之牛場沼液沼渣施灌宜以 4 週較為合適。本試驗結果建議，利用牛場沼液沼渣灌溉多年生牧草地，當氣溫下降及日照不足時應調降施灌量與縮短施灌期，並且必須定期取樣監測牧草植體之 NO_3^- -N 含量。

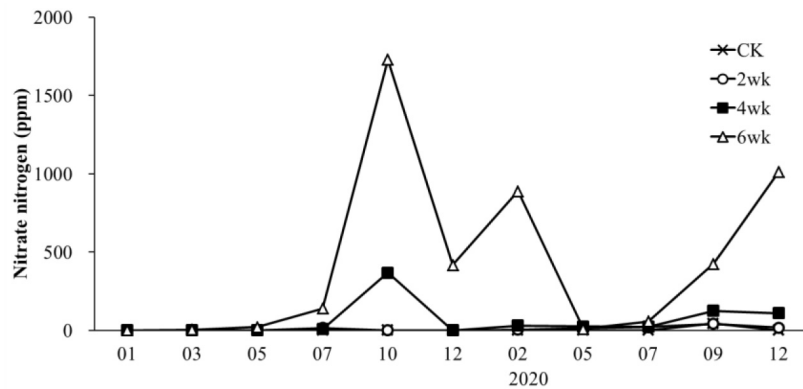


圖 1. 牛場沼液沼渣之不同施灌量對盤固草硝酸態氮含量之影響。(n = 3, 各處理的 SEM 分別為 4.0、4.0、33.4、169.7)。

Fig. 1. The effects of irrigation treatments of cattle manure digestate on the content of nitrate nitrogen in pangolagrass plant. (n = 3. The SEM values of each treatment are 4.0, 4.0, 33.4, 169.7).

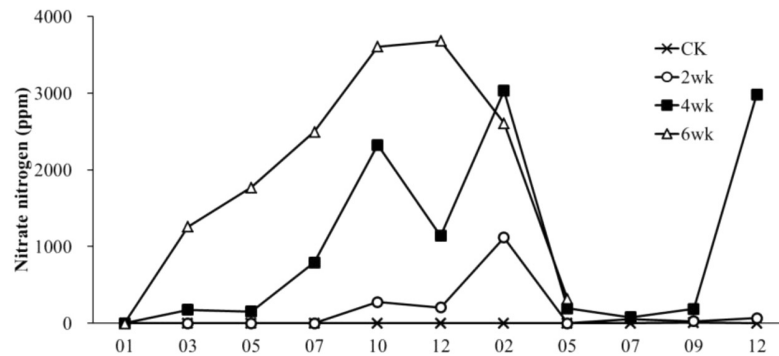


圖 2. 牛場沼液沼渣之不同施灌量對尼羅草硝酸態氮含量之影響。(n = 3, 各處理的 SEM 分別為 0.5、100.0、362.3、490.1)。

Fig. 2. The effects of irrigation treatments of cattle manure digestate on the content of nitrate nitrogen in Nilegrass plant. (n = 3. The SEM values of each treatment are 0.5, 100.0, 362.3, 490.1).

V. 土壤的總氮含量

國內種植牧草的土地大部分位於非灌溉區內，故生產所需的水源主要依賴雨水，因此牧草的產量高低深受氣候之影響。禽畜廢水為另一項可利用之水資源，施灌牛場沼液沼渣於牧草地時，作物除能得到水分補充亦可獲得生長所需的氮源 (盧及許, 2011)。盤固草地及尼羅草地經過 2 年的施灌牛場沼液沼渣後，廢水組的土壤總氮含量均有增加 (圖 3、4)，此與 Rusan *et al.* (2007) 的試驗結果相似，長期灌溉廢水會提高牧草地土壤的養分。盧及許 (2009) 指出當豬糞尿廢水施灌量越高時，牧草地土壤的總氮含量也越高，而本研究也有相同趨勢。盤固草及尼羅草每年氮肥的施用推薦量皆為 $320 - 480 \text{ kg ha}^{-1}$ ，而將各施灌處理組所施用的牛場沼液沼渣量換算成氮素量，2wk、4wk、6wk 相當於 1,930、3,860、5,790 kg/year 。因此，4wk 及 6wk 處理組每年施用的牛場沼液沼渣量，有效的將種植盤固草及尼羅草之土壤總氮含量由 0.08% 分別提高至 0.4% 及 0.3%。盤固草地的土壤氮

素含量均會隨著灌溉量的增加，也會隨之提高，以 6wk 處理組增加 5 倍為最多 (圖 3)，而尼羅草地的 4wk 處理組也增加約 3.75 倍 (圖 4)。盧及許 (2009) 試驗結果顯示，當豬糞尿廢水施灌量越高時，牧草地的土壤總氮含量也越高，此與本研究結果相似。周等 (2015) 指出長期施用化學肥料無法在耕土中累積氮，然而僅施有機質肥料，或有機質肥料配合三要素化學肥料適當施用，均可使土壤中的氮增加。

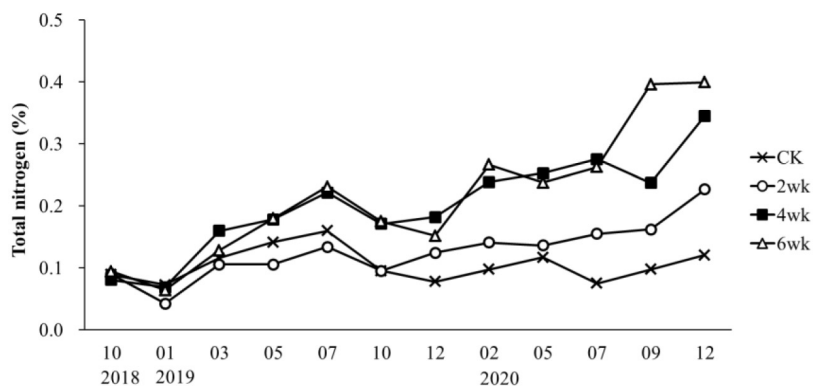


圖 3. 盤固草地施灌牛場沼液沼渣後之土壤總氮含量變化。(n = 3, 各處理的 SEM 分別為 0.01、0.02、0.03、0.01)。

Fig. 3. The changes of Total-N in pangolagrass pasture soil under irrigation treatments of cattle manure digestate. (n = 3. The SEM values of each treatment are 0.01, 0.02, 0.03, 0.01).

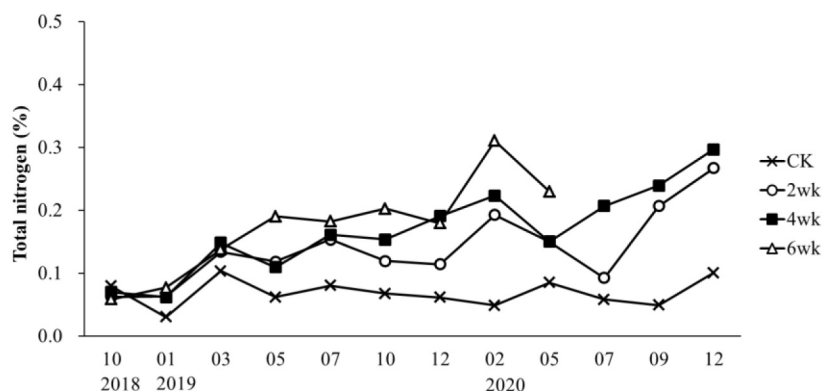


圖 4. 尼羅草地施灌牛場沼液沼渣後之土壤總氮含量變化。(n = 3, 各處理的 SEM 分別為 0.02、0.02、0.02、0.01)。

Fig. 4. The changes of Total-N in Nilegrass pasture soil under irrigation treatments of cattle manure digestate. (n = 3. The SEM values of each treatment are 0.02, 0.02, 0.02, 0.01).

黃等 (2021) 指出應用畜牧廢水資源化再利用時，如未經妥善處理及管理可能對環境產生潛在的污染風險。盧及許 (2011) 指出，由於豬糞尿廢水中氮主要以 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的型式存在，所以植物對氮的吸收相當快，但灌施量增加後，植物若不及吸收，很容易以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 型態流失，可能對地下水的污染。然盧及許 (2011) 亦指出廢水施灌尼羅草地，其土層滲漏水硝酸態氮的濃度均小於 4 mg L^{-1} 尚未達危害程度。Fried *et al.* (1976) 以長期施用氮肥的觀念來探討硝酸鹽的污染問題，若進入土壤的氮素能被植物吸收，則進入地下水的機會不大。黃等 (2021) 將厭氧發酵處理後之牛場廢水施灌於盤固拉草地，經 3 年監測結果其土壤性狀及地下水水質成分皆與背景值無明顯差異，皆在高限範圍內。因此，未來須再進行盤固草地及尼羅草地土層滲漏水的監測試驗，以測試施灌大量的廢水是否會對環境造成影響。國內的牧草生產區主要位於非灌溉區，故水源主要依賴雨水，因此水源的充足與否，將影響牧草產量高低。所以合理的利用禽畜廢水，牧草除可獲得生長所需的氮源，亦可得到水分補充。

參考文獻

- 林滄澤。2002。禽畜糞堆肥對不同作物之肥效評估。臺南區農業改良場研究彙報 40：68-77。
- 周恩存、戴順發、鍾仁賜。2015。兩種輪作制度下不同的施肥管理經十六年後土壤之氮與磷劃份之變化。高雄區農業改良場研究彙報 26：27-46。

- 張芳銘、楊純明、洪國源、施意敏、許福星、卜瑞雄、金文蔚。2002。氣象因子對盤固草產量之影響分析。中華農業研究 51：15-24。
- 黃雅玲、劉主欣、蘇天明、蕭庭訓、李欣蓉。2021。養牛廢水施灌盤固拉草地對土壤性狀及地下水水質之影響。畜產研究 54：282-291。
- 盧啟信、許福星。2000。豬糞尿汗泥對盤固草氮的吸收及產量之影響。畜產研究 33：111-122。
- 盧啟信、許福星。2004。堆肥施用對狼尾草及盤固草產量及氮利用率之影響。畜產研究 37：351-358。
- 盧啟信、張世融、許福星。2007。氮肥對尼羅草及狼尾草硝酸態氮累積之影響。中華農藝學會作物科學講座研究成果發表會第 102 頁。
- 盧啟信、張世融、許福星。2008。尼羅草及狼尾草不同割期對硝酸態氮累積之影響。中華農藝學會作物科學講座研究成果發表會第 116 頁。
- 盧啟信、許福星。2009。施灌經厭氣發酵豬糞尿廢水對狼尾草生長及牧草地土壤與滲漏水性質之影響。作物、環境與生物資訊 6：113-123。
- 盧啟信、許福星。2011。施灌厭氣發酵豬糞尿廢水對尼羅草生長、牧草地土壤及滲漏水之影響。畜產研究 44：81-93。
- 盧啟信、李姿蓉、張世融。2017。氮肥對狼尾草硝酸態氮含量之影響。畜產研究 50：7-14。
- 嚴式清。1989。畜牧廢棄物在有機農業之利用。有機農業研討會專輯。pp. 229-242。
- 鍾承訓。2020。畜牧場廢水處理及操作管理。科學發展 565：6-11。
- 蘇天明。2020。利用沼液沼渣施灌農地。科學發展 565：28-33。
- 蕭巧玲、楊純明、何佳勳、蔡淑珍、林毓雯、劉滄琴。2013。氮肥及氣象環境對設施葉萵苣生長及硝酸鹽含量之影響。作物、環境與生物資訊 10：284-289。
- Bolan, N. S. and P. D. Kemp. 2003. A review of factors affecting and prevention of pasture-induced nitrate toxicity in grazing animals. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 65: 171-178.
- Bremner, J. M. and D. R. Keeney. 1965. Steam distillation method for determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta. 32: 485-495.
- Britto, D. T. and H. J. Kronzucker. 2002. NH_4^+ -toxicity in higher plants: a critical review. J. Plant Physiol. 159: 567-584.
- Burns, D. T., K. Danzer, and A. Townshend. 2002. Use of the terms "recovery" and "apparent recovery" in analytical procedures. Pure Appl. Chem. 74: 2201-2205.
- De Bona, F. D. and F. A. Monteiro. 2010. Marandu palisadegrass growth under nitrogen and sulphur for replacing signal grass in degraded tropical pasture. Sci Agric. 67: 570-57.
- Fried, M., K. K. Tanji, and R. M. Van De Pol. 1976. Simplified long-term concept for evaluating leaching of nitrogen from agricultural land. J. Environ. Qual. 5: 197-200.
- Hill, M. J. 1999. Nitrate toxicity: myth or reality? Bri. J. Nut. 81: 343-344.
- Huang, S. N. 1991. The application of pig waste manure on the production of crops. (in Chinese with English abstract). In: Proceedings of a Symposium on pig waste treatment, compose use and making and management. Taiwan Livestock Research Institute, pp.1-18. ROC.
- Jacobs, L. W. 1990. Potential hazards when using organic materials as fertilizers for crop production. Food and Fertilizer Technology Center, No. 313:1-29. USA.
- Jones, J. B. Jr. 1987. Kjeldahl nitrogen determination. J. Plant Nutr. 10: 1675-1682.
- Kirchmann, H. 1989. A 3-year N balance study with aerobic, anaerobic and fresh ^{15}N -labelled poultry manure. In: Nitrogen in organic wastes applied to soil. Academic Press, pp. 113-125. London.
- Kiziloglu, F. M., M. Turan, U. Sahin, Y. Kuslu, and A. Dursun. 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. Agric Water Manag. 95: 716-724.
- Kumar, S., L. Malav, M. K. Malav, and S. Khan. 2015. Biogas slurry: source of nutrients for eco-friendly agriculture. Int. J. Extensive Res. 2: 42-46.
- Lenz, M. E., R. J. Kern, C. E. Orvis, and M. E. Drewnoski. 2019. Nitrate Concentrations of Annual Forages Grown for Grazing in Nebraska. Nebraska Beef Cattle Reports v1035. (<http://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/1035>).
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, pp. 889. London.
- Mills, A. H. 1980. Nitrogen specific ion electrode for soil, plant and water analysis. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 63: 797-801.

- Muller, M. and V. Sundman. 1989. The fate of nitrogen (^{15}N) released from different plant materials during decomposition under field condition. *Plant Soil*. 105: 133-139.
- Ree, R. M., L. Yan, and M. Ferguson. 1993. The release and plant uptake of nitrogen from some plant and animal manures. *Abiol. Afertil. Asoils*. 15: 285-293.
- Rusan, M. J. M., S. Hinnawi, and L. Rousan. 2007. Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination* 215: 143-152.
- Shahin, M. G., R. Th. Abdrabou, W. R. Abdelmoemn, and M. M. Hamada. 2013. Response of growth and forage yield of pearl millet (*Pennisetum galucum*) to nitrogen fertilization rates and cutting height. *Ann. Agric. Sci.* 58: 153-162.
- Takahashi, J., M. Ikeda, S. Matsuoka, and H. Fujita. 1998. Prophylactic effect of L-cysteine to acute and subclinical nitrate toxicity in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 74: 273-280.
- Wagger, M. G., D. E. Kissel, and S. J. Smith. 1985. Mineralization of nitrogen from nitrogen-15 labelled crop residues under field condition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 1220-1226.
- Wolf, B. 1982. A comprehensive system of leaf analysis and its use for diagnosing crop nutrient status. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 13: 1035-1059.

Effects of irrigation with cattle manure digestate on the forage yields and N uptake efficiency for pangolagrass and nilegrass ⁽¹⁾

Po-Yu Chen ⁽²⁾ Yu-Chuang Tien ⁽²⁾ and Shyh-Rong Chang ⁽²⁾⁽³⁾

Received: May. 3, 2023; Accepted: Dec. 22, 2023

Abstract

Livestock manure digestate, generated from the livestock wastes through the anaerobic fermentation, are rich in nutrients like organic compost, which can be used for crop growth. This experiment used cattle manure digestate as irrigating source, and the treatments were pastures of pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent.) or nilegrass (*Acroceras macrum*) that continuous irrigated by cattle manure digestate for 2, 4, and 6 weeks (respectively coded as 2wk, 4wk, and 6wk), while those irrigated by clean water were as control. The application effects of cattle manure digestate on forage yields and nitrogen uptakes for the pastures were discussed. After 2-year continuous irrigation, the total nitrogen content of the soil in both pangolagrass pasture and nilegrass pasture increased effectively from 0.08% to 0.4% and 0.3%, respectively. The hay yield of pangolagrass and nilegrass increased as the irrigation of cattle manure digestate increased, showing that the cattle manure digestate was indeed beneficial to crop growth. Furthermore, the changing tendencies of the total nitrogen yield for both pangolagrass pasture and nilegrass pasture were similar to that of hay yield, indicating that increasing the input of cattle manure digestate might supply much more nitrogen which enhanced forage yield effectively. The average apparent N recovery rates of nilegrass ranged from 20.3-34.1%, slightly higher than those of pangolagrass (18.4-29.7%), and they would decrease as the irrigation of cattle manure digestate increased. The more irrigation of cattle manure digestate would cause the higher plant NO_3^- -N content of nilegrass, which might reach the level of toxicity. Accordingly, the application of cattle manure digestate on nilegrass pasture should be limited to 2 weeks each time. As to pangolagrass, the plant NO_3^- -N contents of both 2wk and 4wk treatments were below 1,000 ppm, except that of the 6wk treatment in winter. Therefore, it is suggested that the application of cattle manure digestate on the pangolagrass pasture need to be reduced in cold season, while the application of cattle manure digestate on nilegrass pasture need to be limited to 4 weeks every time.

Key words: Pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent.), Nilegrass (*Acroceras macrum*), Livestock manure digestate, Yield, Nitrogen uptake efficiency.

(1) Contribution No. 2776 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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

有機酸鹽與植物萃取物提升潔淨標章肉製品 保鮮技術之探討—專題論著⁽¹⁾

萬添春⁽²⁾⁽³⁾

收件日期：112 年 8 月 18 日；接受日期：112 年 12 月 27 日

摘 要

本專題論著目的為綜述應用重要的天然抑菌劑，以提升潔淨標章肉製品的保鮮技術，這些天然抑菌成分具有使用在潔淨標章肉製品的潛力。畜產品是營養豐富的食品，同時肉製品也提供微生物繁殖的適宜環境。消費者對安全與高品質產品的需求不斷增加，對開發低脂肪、低鹽及減低食品添加物的新型潔淨標章肉製品愈形重要。在產品中減低食鹽與亞硝酸鹽抑制微生物生長的成分含量，可能導致減低潔淨標章肉製品的穩定性與安全性，產生對消費者健康構成了極大的風險。為了避免食源性微生物在潔淨標章產品儲存過程中繁殖，本專題論著整理肉品使用有機酸、有機酸鹽、植物萃取物及植物精油等天然抑菌劑之相關研究，做為提升潔淨標章肉製品保鮮技術之可行性探討。總之，使用天然抑菌劑可以提升潔淨標章肉製品儲存期限，在肉品加工上的使用具有潛力。

關鍵詞：潔淨標章、保鮮技術、肉製品、天然抑菌劑、安全性。

緒 言

在人類的飲食進化過程中，畜產品是在飲食中發揮關鍵作用的重要食品之一。食肉與肉製品是人類在不同生命階段的最佳生長發育所不可或缺，因為它們是必需胺基酸、維生素 B 群、鐵、鋅、硒及磷等重要營養成分來源 (Geiker *et al.*, 2021)。食肉是一種極易變質的食品，如果不加以防腐處理，就會在儲存過程中因新陳代謝、微生物活動和外因因素的改變而變質。生物抑菌劑作為一種新型抑菌劑，具有無毒、來源廣泛、在食肉中應用前景良好等特性 (Ren *et al.*, 2021)。

儘管畜產肉製品提供了許多營養學的優點，但由已發表的流行病學結果顯示，食用紅肉加工肉製品與罹患心血管疾病或肥胖症的高風險以及某些類型癌症的風險增加有關 (Wolk, 2017)。近年來，消費者對營養健康食品的需求越來越高，包括肉製品，人們擔心其高脂肪含量，高鹽含量，或在加工肉製品中使用某些添加物 (例如亞硝酸鹽) 可能產生人類健康問題 (Alirezalu *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021)。為減低健康風險因素，世界衛生組織建議減低食用量，並限制某些加工肉製品的消費 (Flores *et al.*, 2019)。

在食肉與加工肉製品的營養成分中，飽和脂肪是導致心血管疾病的主要成分 (Huang *et al.*, 2021)，這些成分對消費者的健康可許多產生負面影響，進一步導致肉類產品消費量減低。傳統的肉製品，例如絞碎的漢堡肉製品與乳化型法蘭克福香腸含有高量脂肪 (da Silva *et al.*, 2019; Domínguez *et al.*, 2021)。因為健康原因，許多的研究著重於使用重組新的配方與使用具有健康益處的成分代替飽和脂肪，以開發具有健康概念的加工肉製品 (Foggiaro *et al.*, 2022)。然而，減低加工肉製品中的脂肪是一項高技術挑戰，因為脂肪具有重要的感官與技術優勢，例如促進乳化、調節脫水過程、產品品質及產生香氣等功用，因此不容易被其他物質取代 (Badar *et al.*, 2021)。在肉製品配方中使用脂肪替代品的其他原因是可以改善保水性、硬度及風味特性 (de Carvalho *et al.*, 2020)。

因此，潔淨標章肉製品使用蛋白質、碳水化合物或其他成分的多種脂肪替代品 (Cengiz and Gokoglu, 2007)。潔淨標章是一個橫跨所有食品加工類別，它旨在去除或盡量減少產品清單中負面的人工成分，或以天然成分取代 (Roobab *et al.*, 2021)。「潔淨標章」可以透過三種方式解釋：I. 作為重新配方，去除添加劑、香料、防腐劑、穩定

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2777 號。

(2) 農業部畜產試驗所技術服務組。

(3) 通訊作者，E-mail: tcwan@tlri.gov.tw。

劑、增稠劑或低鹽、低脂肪其他成分聲明，以創造更天然的產品，成分更簡單，很少或沒有加工；II. 根據消費者對產品包裝和成分清單的閱讀，了解產品的天然程度；III. 使用天然成分、透過加工天然成分物理衍生但不是透過加工化學衍生的成分，以及基於消費者可以透過零售店自行購買的成分，它需要含有盡可能少的成分，易於識別的名稱，並且不含有可被視為人工香料或合成化學物質 (Asioli *et al.*, 2017)。

食鹽作為食品防腐劑已經使用了數千年。隨著冷藏技術的出現和擴展、物流的改進、更好的包裝以及對影響微生物穩定性因素的更多了解，食鹽仍然是在肉製品（主要是鹹肉製品）中具有許多的感官與技術特性的重要成分，但是食鹽攝取過量會引起許多健康的疑慮 (Vidal *et al.*, 2023)。有關減低食鹽添加量在潔淨標章肉製品的研究，包括食鹽替換品或其他具有特定風味的成分 (Rangel-Vargas *et al.*, 2021)。食鹽是加工肉製品製造過程使用的重要成分，不僅因為它的感官效應或微生物穩定性因素，食鹽還具有加工技術過程增加鹽溶性蛋白質萃取與增加肉品之保水性。因此，減低食鹽添加量對肉品加工業而言有其安全疑慮，亦是對食源性微生物控制的重要挑戰。

硝酸鹽與亞硝酸鹽作為醃漬肉製品色澤穩定物，也是有效抑制肉毒桿菌的生長物質。然而，加工肉製品使用亞硝酸鹽一直存在許多爭議，因為許多研究結果顯示肉製品中的亞硝酸鹽可對人類健康產生負面影響。這是由於亞硝基化合物可形成致癌物，例如 N-亞硝胺 (Alirezalu *et al.*, 2019)。該亞硝基化合物與多種腫瘤形成有關，因為亞硝基化合物造成細胞結構、蛋白質或 DNA 損傷的風險 (Karwowska *et al.*, 2022)。為了克服這個問題，有關研究使用植物萃取物或植物精油來替代亞硝酸鹽 (Ozaki *et al.*, 2021)。亦有研究人員使用植物萃取物的天然硝酸鹽來替代化學硝酸鹽 (Domínguez *et al.*, 2020; Munekata *et al.*, 2021)。有關這方面的試驗，使用了芹菜、菠菜或甜菜萃取物。植物萃取物的硝酸鹽，使用控制發酵條件使硝酸鹽轉化為亞硝酸鹽，以確保在肉製品加工過程中控制硝酸鹽或亞硝酸鹽含量 (Hwang *et al.*, 2018)。發酵過程存在許多變數，發酵程度、硝酸鹽含量及加工肉製品配方中的抗氧化物，可改變最終產品中硝酸鹽或亞硝酸鹽的轉化效率與殘留量。此外，植物萃取物作為亞硝酸鹽替代品，可減低殘留亞硝酸鹽與 N-亞硝胺的形成 (Awad *et al.*, 2022)，此方法可作為不含或減低亞硝酸鹽含量的加工肉製品。亦有相關研究使用有機酸或有機酸鹽類替代加工肉製品中的亞硝酸鹽，以限制肉毒桿菌、沙門氏菌及李斯特菌生長的風險 (Tabanelli *et al.*, 2022)。

以非肉成分取代加工肉製品的脂肪、食鹽或亞硝酸鹽，考量的一個重點是加工肉製品微生物安全性。在肉製品乳化物中添加植物油會額外添加水分，可能導致產品微生物污染的風險 (Pintado *et al.*, 2016)；以食鹽替代品抑制微生物生長效果，抑制效果可能視替代品種類與微生物種類而異 (Lorenzo *et al.*, 2015; Teixeira *et al.*, 2021)；亞硝酸鹽是肉製品工業使用重要的抑菌劑，假如減低亞硝酸鹽添加量，也應有其他抑菌劑的互補作用，以抑制食源性微生物（例如肉毒桿菌）的生長。

因此，加工肉製品的微生物種類可因潔淨標章產品而發生顯著變化，多年來肉製品工業一直使用幾種化學合成抑菌劑來延緩產品微生物生長，但是許多消費者擔心合成抑菌劑對人體的副作用 (Alirezalu *et al.*, 2017)。因此，具有抑菌作用的天然物質，因為具有保健功能、友善環境及消費者需求而受到歡迎 (Awad *et al.*, 2022)。

為了克服產品減低食鹽、亞硝酸鹽或脂肪使用量，造成產品穩定性與微生物的安全性問題。許多相關的研究集中在探討抑制微生物生長的天然成分，主要是添加多種天然抑菌劑作為開發更健康的潔淨標章肉製品策略 (Hygreva *et al.*, 2014; Pintado *et al.*, 2021)。針對消費者對健康的強烈需求，鼓勵肉製品加工廠使用更多天然抑菌劑作為傳統化學抑菌劑的替代品 (Sbardelotto *et al.*, 2022; Tan *et al.*, 2023)。本文旨在討論新型態潔淨標章肉製品使用天然抑菌劑，作為化學合成抑菌劑的替代品，以提升潔淨標章產品之保鮮技術。

I. 肉製品中常見的食源性微生物

本文列出肉製品常見的食源性微生物種類，已有許多研究提出具有抑菌作用的天然抑菌劑，可為潔淨標章肉製品提供抑菌功能，以延長產品的儲存期限。

表 1. 肉製品中常見的食源性微生物

Table 1. Commonly seen foodborne microorganisms in meat products

Items	Microbial species	References
Bolognese sausage	<i>Enterobacteriaceae</i>	Jiménez-Colmenero <i>et al.</i> , 1997
Chicken and turkey meat	<i>Pseudomonas</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., and <i>Staphylococcus aureus</i>	Li <i>et al.</i> , 2020
Pork	<i>Campylobacter</i> spp. and <i>Salmonella</i> spp.	Li <i>et al.</i> , 2020
Ready-to-eat meat products	<i>Lactobacillus</i> spp. and <i>L. monocytogenes</i>	Li <i>et al.</i> , 2020

加工肉製品品質降低、腐敗及食源性微生物生長是造成肉製品經濟損失的主要原因，這些原因也是重要的消費者健康風險因素。除了這些健康因素之外，食源性微生物生長也是肉製品工業的一個主要問題，因為食源性微生物疾病是一個全球性的健康問題 (Coimbra *et al.*, 2022)。相同的，食源性微生物生長是造成食品變敗的主要原因之一，其中 40% 的食品腐敗發生在零售運輸與消費者保存過程 (Bouarab-Chibane *et al.*, 2019)。導致肉質變質的主要細菌屬有假單胞菌種 (*Pseudomonas spp.*)、乳酸桿菌 (*Lactobacillus spp.*) 及腸桿菌 (*Enterobacteriaceae*)。這些食源性微生物生長過程產生有毒成分，如三甲胺 (da Silva *et al.*, 2021) 等。此外，在加工肉製品製造過程的操作步驟，在絞碎、切片及混合等過程，增加了加工肉製品中微生物的交叉污染機會，因為這些加工過程可增加微生物與產品之間的接觸面 (Pérez-Córdoba *et al.*, 2022)。絞肉產品由於原料肉增加較多的接觸面積，極易造成品質下降的結果 (Beya *et al.*, 2021)。

另一個重要原因係許多食源性微生物與食肉接觸，食源性微生物與食肉表面互相結合形成細胞外基質 (生物膜)，因此導致人類感染 (Coimbra *et al.*, 2022)。由於抑菌劑無法直接接觸生物膜與食源性微生物作用，生物膜還為食源性微生物提供了緩衝作用增加抵抗力，進而阻止了抑菌劑的作用 (Carrascosa *et al.*, 2021)。

製造潔淨標章肉製品可能會出現的困難，新配方可能減低一些抑菌重要成分，例如亞硝酸鹽、硝酸鹽或食鹽，此結果可能對產品中微生物生長產生許多不同影響，重組新配方可能有利於食源性微生物的生長，導致不安全的產品 (Fraqueza *et al.*, 2021)。特別要注意革蘭氏陰性菌具有保護性外脂多醣包膜，會造成抑菌劑不易通過發揮作用 (Cordery *et al.*, 2018)。例如，這些存在於革蘭氏陰性菌膜的脂多醣會排斥植物精油，相反的由於其親脂性生物活性分子特性可以很容易地穿透革蘭氏陽性菌膜 (Gram-positive bacterial membrane) (Coimbra *et al.*, 2022)。在肉品加工上革蘭氏陰性菌比革蘭氏陽性菌更不易受天然抑菌劑的抑菌作用 (Bouarab-Chibane *et al.*, 2019)，儘管有幾種天然抑菌劑對革蘭氏陰性菌與陽性菌的生長均表現出強烈的抑制作用。在肉製品中，沙門氏菌 (*Salmonella spp.*) 是雞肉與火雞肉中最常見的食源性微生物。豬肉呈現出更多的沙門氏菌與彎曲桿菌。李斯特菌 (*Listeria monocytogenes*) 是即食性加工肉製品最常見的食源性微生物，李斯特菌在加工過程中存活，導致加工後產品受食源性微生物污染 (Li *et al.*, 2020)，上述食源性微生物污染都是必須考量，加以控制的。

減低脂肪對肉製品微生物生長狀況的影響主要受到加工過程熱處理、包裝、儲存溫度及產品配方組成影響 (Jiménez-Colmenero, 2000)。產品添加 20% 的水分與其他非肉製品成分可能導致微生物生長增加，因為產品的水分活性快速增加。水分含量較高的的博洛尼亞香腸，金黃色葡萄球菌 (*S. aureus*) 及腸桿菌在真空包裝中的微生物數目較高 (Jiménez-Colmenero *et al.*, 1997)。

另一方面，食鹽具有降低水活性與抑制微生物生長的作用。因此，降低潔淨標章肉製品中的食鹽含量，是否還能維持這些產品安全性的一個重要課題。

此外，微生物生長過程可促進產品生物胺的形成，生物胺可能與亞硝酸鹽衍生物反應，並產生亞硝酸胺致癌物質 (Fraqueza *et al.*, 2021)。相同的，加工肉製品的安全性也受到減低亞硝酸鹽等添加物的影響，由於亞硝酸鹽具有很強的抑菌作用 (Karwowska *et al.*, 2022)。亞硝酸鹽可有效抑制微生物的生長，例如肉毒桿菌 (*Clostridium botulinus*)、李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏菌及大腸桿菌 (*E. coli*) (Fraqueza *et al.*, 2021)。此外，李斯特菌對高鹽含量與低 pH 值具有高度耐受性，這對肉品工業是一個嚴重的警訊 (Karwowska *et al.*, 2022)。因此，減低添加亞硝酸鹽可能造成食源性微生物的生長，並引起食源性微生物問題。

由於潔淨標章肉製品的安全性可能會難以控制，這些有爭議添加物的替代品至關重要，因為必須確保銷售的產品絕對安全，不會對人類健康構成任何風險。事實上，食源性微生物感染的受害者包括消費者、肉品加工業、衛生組織及政府機關 (Munekata *et al.*, 2020)。

II. 天然抑菌劑對肉製品的影響

有機酸與有機酸鹽是天然食品添加物，此外，乳酸菌在碳水化合物代謝過程中產生有機酸。表 2 列出抑制加工肉製品食源性微生物之常用有機酸與有機酸鹽。

有機酸是一個合適的天然食品添加物，可使用作為潔淨標章肉製品中天然抑菌劑。天然有機酸具有明顯的抑菌功能；但是需適量的使用，使用時須考慮對產品顏色與風味品評變化之影響。最常使用的有機酸是乙酸、檸檬酸、乳酸、蘋果酸、琥珀酸及酒石酸。這些有機酸是良好的天然抑菌劑，有機酸與鹽類亦被認為是最有效的抑菌劑之一，這類天然抑菌劑是加工肉製品中常用的抑菌劑 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)，天然抑菌劑具有多種優點，可接受的每日攝入量沒有限制、成本低且易於使用 (Mani-López *et al.*, 2012)。

天然來源的有機酸方便使用與價格低廉，例如，檸檬酸可以很容易地從幾種柑橘汁與酸性水果中萃取，而苯甲酸存在於蔓越莓、覆盆子及多種蔬果 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)。

表 2. 抑制肉製品食源性微生物之常用有機酸鹽

Table 2. Organic acid salts commonly used to inhibit foodborne microorganisms in meat products

Items	Microbial species	References
Citric acid	<i>E. coli</i> and <i>L. monocytogenes</i>	Casco <i>et al.</i> , 2015; Bushell <i>et al.</i> , 2019; Ben-Braïek and Smaoui, 2021
Lactic acid	<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>S. aureus</i> , Total plate counts	Brewer <i>et al.</i> , 1995
Sodium acetate	<i>L. monocytogenes</i> , Mold, Total plate counts, and Yeast	Barmpalia <i>et al.</i> , 2004; Barmpalia <i>et al.</i> , 2005
Sodium lactate	<i>E. coli</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Lactobacillus</i> spp., <i>L. monocytogenes</i> , Psychrotrophic bacteria, <i>Salmonella</i> spp.	Brewer <i>et al.</i> , 1995; Bedie <i>et al.</i> , 2001; Lin and Lin, 2002; Hwang <i>et al.</i> , 2011

有機酸與有機酸鹽對多種微生物具有強烈抑制作用，抑菌機制係加工肉製品的弱酸性，有機酸的解離常數較低，有機酸與有機酸鹽大部分保持在未解離形式。不帶電形式的有機酸具有自由移動穿過微生物膜的能力，有機酸在微生物細胞內解離 (Bushell *et al.*, 2019)。有機酸與有機酸鹽產生抑制微生物生長的陰離子，以及降低細胞內 pH 值，從而對微生物的生長產生直接抑制作用，這種抑菌作用在低 pH 值時增強，有機酸促進質子的破壞性，形成不利微生物生長的環境 (Nkosi *et al.*, 2021)。有機酸或有機酸鹽比無機酸具有更強的抑菌作用，顯示有機酸或有機酸鹽在食品保鮮技術的應用可行性。雖然一般解釋有機酸的抑菌作用機制，有機酸抑菌作用為多重的機制，它們抑菌作用是由於各種作用的交互結果。乳酸在革蘭氏陽性細菌膜表面相互作用中產生不穩定，從而導致微生物細胞膜上出現孔洞與微生物死亡。檸檬酸與蘋果酸可引起代謝變化，因為它們可螯合陽離子與破壞細胞膜的穩定性，進而抑制微生物的生長 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)。

一些研究結果顯示有機酸具有正面的抑菌結果，有機酸與其鹽類在潔淨標章肉製品的實際應用還很少，但是已經應用於屠宰場中屠體的表面去污與淨化。醋酸具有強烈的氣味與味道，限制了它在食品中的使用範圍。醋酸高度溶於水，並已運用在香腸與火腿等醃製產品 (Mani-López *et al.*, 2012)。

乳酸鈉為天然抑菌劑，Lin and Lin (2002) 將乳酸鈉 (3%) 與磷酸三鈉、山梨酸鉀應用在中式香腸 (18% 脂肪)，進行抑菌效果的比較，在 4°C 下儲存香腸 12 週期間，乳酸鈉具有更好的物理化學特性與更低的微生物數。乳酸鈉還能有效抑制不同食源性微生物在蒸煮火腿中的生長，使用乳酸鹽可延遲李斯特菌、大腸桿菌及沙門氏菌生長。在多個儲存溫度情況下，與沒有添加乳酸鈉的對照組相比，添加 1% 與 2% 乳酸鈉的蒸煮火腿處理組，李斯特菌的平均增長率分別降低 35% 與 60%。同樣的，對於儲存在 8°C 的樣品，李斯特菌的數目分別減少 16% 與 41% (添加 1% 與 2% 乳酸鈉)，大腸桿菌在 8°C 的平均生長速率因添加 1% 乳酸鈉而降低 (減低 33%) 與 2% (減低 50%)。重要的是，在低溫條件下乳酸鈉 (1%) 抑制蒸煮火腿中微生物生長效果更好，在所有儲存溫度下微生物生長數量顯著降低與減低對風味之影響 (Hwang *et al.*, 2011)。

類似的試驗結果，使用 3% 乳酸鈉混合牛絞肉在 4°C 下儲存 21 天後，顯著降低好氧菌數、嗜低溫菌、腸桿菌及乳酸菌數目，這證明了乳酸可有效延長牛絞肉儲存期限，從 8 天延長到 15 天的效果 (Sallam and Samejima, 2004)。有關乳酸鈉的應用，可以有效延緩豬絞肉中好氧菌的生長 (減低約 1.5 – 2.0 個對數值) (Brewer *et al.*, 1995)。此外，使用乳酸鈉 (3 – 6%)、乙酸鈉或雙乙酸鈉 (0.25 – 0.5%) 以控制法蘭克福香腸接種李斯特菌的生長研究 (Bedie *et al.*, 2001)。使用 3 或 6% 的乳酸鈉 (減低 2.4 或 6.4 對數值) 或 0.25 或 0.50% 的雙乙酸鈉 (減低 2.4 或 6.6 對數值) 在所有儲存時間，產品具有明顯的抑菌效果，而 3% 的乳酸鈉在前 70 天儲存期抑制食源性微生物生長。在添加乳酸鈉與雙乙酸鈉或其組合法蘭克福香腸接種李斯特菌的處理組，也獲得了相同結果 (Barmpalia *et al.*, 2004)。其中兩種有機酸鹽的混合抑制李斯特菌的生長 (在 40 天的儲存期間保持約 2 對數值)，同時還減低了微生物總數 (減低 1 – 5 對數值之間，以及酵母菌與黴菌的數量，乳酸鈉與雙乙酸鈉鹽組合，在 4°C 儲存的豬肉博洛尼亞香腸，可有效控制食源性微生物李斯特菌 (約減低 5.5 對數值) 的生長 (Barmpalia *et al.*, 2005)。在三種不同的即食加工肉製品 (博洛尼亞香腸、豬肉火腿及烤牛肉) 中添加乳酸鉀 (2%)，結果顯示李斯特菌與沙門氏菌的數目顯著減低。這些試驗結果顯示，添加乳酸鉀延長了兩種微生物的遲滯期，在 4°C 冷藏的儲存期間，烤牛肉與家禽熟食顯著減低上述微生物的數目 (Casco *et al.*, 2015)。

考慮到上述情況，因為有機酸與有機酸鹽對食源性微生物具有很強的抑制作用，有機酸與有機酸鹽的應用可以延長潔淨標章肉製品儲存期限，以確保食品安全的策略之一。重要的是有機酸與有機酸鹽的抑菌效果可能

不會與其他抑菌劑產生互相干擾 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)。

III. 植物性抑菌劑對肉製品的影響

表 3 列出植物萃取物與植物精油的主要活性成分與抑制的食源性微生物。本文並列出微膠囊化精油應用的效果。

表 3. 植物萃取物與精油的主要生物活性成分與抑制的食源性微生物

Table 3. Main bioactive compounds and antimicrobial species of plant-derived extracts and essential oils

Plant source	Bioactive compounds	Antimicrobial species	References
Green tea extract	Epicatechin, epigallocatechin, epicatechin gallate, and epigallocatechin gallate	<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i>	Alirezalu <i>et al.</i> , 2017
Olive leaf extract	Oleuropein, oleuroside, demethyloleuropein, ligstroside, and verbascoside	<i>S. aureus</i> , <i>S. enterica</i> , <i>L. monocytogenes</i> and <i>S. enteritidis</i>	Liu <i>et al.</i> , 2017; Cordery <i>et al.</i> , 2018; Alirezalu <i>et al.</i> , 2020
Onion and Garlic extract	Allylsulfide, diallilsulfide, catechins, and gallic acid	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> , <i>E. faecalis</i> , and Molds	Alirezalu <i>et al.</i> , 2020; Stupar <i>et al.</i> , 2022
Lemongrass (Essential oil)	Citral, geranial, neral, myrcene, and limonene	<i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>L. plantarum</i> , and <i>Staphylococcus</i> spp.	Boeira <i>et al.</i> , 2018; Kieling <i>et al.</i> , 2019
Sage (Essential oil)	Thujone, camphor, eucalyptol, and viridiflorol	<i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>P. aeruginosa</i> , and <i>A. niger</i>	Šojić <i>et al.</i> , 2018; Durović <i>et al.</i> , 2022
Thyme (Essential oil)	Thymol, carvacrol, p-cymene, linalool, terpinen-4-ol	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. typhimurium</i>	Cutillas <i>et al.</i> , 2018; Šojić <i>et al.</i> , 2018; Šojić <i>et al.</i> , 2020

近年來，許多植物性抑菌添加物被使用為肉製品工業的天然抑菌劑 (Munckata *et al.*, 2020)。許多植物性添加物抑菌主要成分為多酚類物質，在體外與食品模型中證明了它們對幾種食源性微生物的抑菌作用。因此，植物性添加物可以用作潔淨標章肉製品中的天然食品抑菌劑，以提高畜產品的微生物安全性 (dos Santos *et al.*, 2022)。多酚類物質亦具有極佳的抗氧化作用，在肉類工業中，通常在肉類製品中添加合成抗氧化劑以防止脂質氧化和褪色。然而，近年來，隨著食品市場的需求，人們越來越有興趣用天然物質取代這些合成抗氧化劑 (Bergamaschi *et al.*, 2023)。常見的酚類物質包括酚酸 (phenolic acid) (阿魏酸、迷迭香酸、咖啡酸及沒食子酸)、酚類二萜 (phenolic diterpenes) (鼠尾草酸)、類黃酮 (flavonoids) (槲皮素、兒茶素及山奈酚) 及揮發性植物精油 (薄荷醇、香芹酚、百里酚、丁香酚、肉桂醛及芳樟醇) (Pateiro *et al.*, 2021)。因此，考慮到天然抑菌劑親脂性或親水性特性，可以細分為親水性萃取物與親脂性植物精油。此外，植物萃取物或精油可作為延長潔淨標章肉製品儲存期限的天然來源，這些物質具有很強的抑菌或抗真菌活性，因此，天然植物性抑菌劑是化學合成抑菌劑良好的替代品 (Alirezalu *et al.*, 2020)。紅色水果萃取物 (李子與紅葡萄) 對金黃色葡萄球菌與大腸桿菌等食源性微生物具有抑制作用，主要抑菌作用成分為植物萃取物中花青素。這些植物萃取物對食源性微生物具有良好的抑菌作用，研究結果指出這些植物萃取物亦可促進腸道益生菌的生長 (Coman *et al.*, 2017)。綠茶萃取物也是一種有效的天然抑菌劑，其特點是含有大量兒茶素，對多種微生物具有抑制生長作用，包括金黃色葡萄球菌、大腸桿菌、李斯特菌及沙門氏菌 (Alirezalu *et al.*, 2017)。

橄欖葉萃取物具有良好的抑菌功能，其抑菌作用與高含量的橄欖苦苷 (oleuropein)、黃酮類成分與酚類成分有關 (Alirezalu *et al.*, 2020)。關於其抑菌作用，使用橄欖葉萃取物可抑制沙門氏菌與李斯特菌的生長，這種抑制作用歸因於橄欖苦苷的成分 (Liu *et al.*, 2017)。其他研究還指出，橄欖葉萃取物對金黃色葡萄球菌、李斯特菌及假單胞菌具有抑制生長的作用 (Cordery *et al.*, 2018)。

酚類成分來源多元，水果與植物材料皆富含酚類成分，建議適當的添加以免損害風味品質，從而影響消費者對產品的接受度。根據產品的不同特性，這些氣味可以被認為是正面的或負面的 (Sharma *et al.*, 2020)。使

用植物精油應特別注意，因為它們含有大量的萜烯與其他成分，植物精油氣味閾值非常低並具有特殊的氣味。植物萃取物與精油已被公認為天然抑菌劑，並在多種肉製品中得到證實能抑制微生物生長。部分加工肉製品使用香辛料，並且證實具有抑制微生物生長的作用，抑菌效果視產品的香辛料添加量與種類而定 (Pateiro *et al.*, 2021)。

多種唇形科植物亦具有抑菌成分的成分，迷迭香草富含迷迭香酸、咖啡酸、熊果酸、酚酸、鼠尾草酸及鼠尾草酚；鼠尾草萃取物主要含有鼠尾草酸、迷迭香酸及鼠尾草酚；百里香含有大量的咖啡酸、對羥基苯甲酸、阿魏酸、原兒茶酸、丁香酸、綠原酸、槲皮素及芹菜素 (Lorenzo *et al.*, 2019)。此外，柑橘萃取物具有抑制微生物細胞壁合成、影響核酸代謝、促進細胞裂解等抑菌生物活性作用。這些抑菌作用與類黃酮、酚酸及類胡蘿蔔素的存在有關。柑橘皮萃取物對大腸桿菌與金黃色葡萄球菌具有很強的抑制作用 (Guo *et al.*, 2020)。紅色洛神花萃取物的主要成分為沒食子酸 (gallic acid)、兒茶素 (catechin)、綠原酸 (chlorogenic acid) 及肉桂酸 (cinnamic acid)，這些成分對大腸桿菌、沙門氏菌、金黃色葡萄球菌及李斯特菌具有明顯的抑菌生長作用 (Beya *et al.*, 2021)。洋蔥與大蒜萃取物富含有機硫成分，包括蒜氨酸、環大蒜素、兒茶素及山奈酚，上述天然萃取物均已證明對食源性微生物與真菌具有抑菌作用 (Stupar *et al.*, 2022)。

天然酚類成分的抑菌作用機制可歸納如下：羥基導致細胞內容物洩漏與細胞能量 (ATP) 耗散，從而導致細胞死亡。此外，質子濃度的增加可導致 pH 值下降，並降低細胞內部 pH 值 (Bouarab-Chibane *et al.*, 2019)。酚酸可導致細胞膜破裂與細胞內容物凝固，花青素具有抑制大腸桿菌生長作用，花青素可以粘附在細胞表面上，從而阻止微生物附著在這些細胞上。單寧、微生物多醣及金屬形成複合物，進一步產生酶抑制、氧化磷酸化、裂解及微生物死亡。黃酮類成分作用於微生物膜蛋白並降低膜流動性，同時還可以對能量代謝、DNA、蛋白質及 RNA 合成產生修飾作用。最後，其他植物萃取物通過嵌入 DNA 與抑制核酸合成發揮抑菌作用，進而防止微生物增殖。雖然羥基是多酚抑菌作用的主要物質來源，隨添加量濃度增加對抑菌活性有明顯的影響 (Beya *et al.*, 2021)。由於這些植物添加物抑菌作用，植物萃取物可以應用於延長潔淨標章肉製品的儲存期限或抑制微生物的生長。

此外，綠茶與橄欖葉萃取物使用在無添加亞硝酸鹽法蘭克福香腸儲存過程，這些天然萃取物具有明顯的減低總生菌數或抗真菌生長作用。綠茶與橄欖葉萃取物抑制微生物生長 (減低 1 個對數值)，進而延長該無添加亞硝酸鹽法蘭克福香腸的儲存期限。不同添加量的乳鏈菌肽 (nisin)、聚賴氨酸 (polylysine) 或幾丁聚醣 (chitosan) 混合植物萃取物結合，試驗結果顯示，0.2% 聚賴氨酸或 1% 幾丁聚醣與混合植物萃取物的組合，可有效抑制總生菌數 (減低 0.5 – 1 對數值) 以及酵母與黴菌的生長 (減低 1.5 對數值)。這兩種組合方式，能延長產品儲存期限 (與對照樣品相比儲存期限延長 30%)。幾丁聚醣抑菌作用歸因於幾丁聚醣中帶正電荷的殘基與微生物膜帶負電荷的分子、螯合金屬之間的相互作用，以及蛋白質合成的相互作用與抑制。聚賴氨酸與微生物膜與酶活性相互作用，以抑制微生物生長 (Alirezalu *et al.*, 2019)。

使用 1% 檸檬草萃取物混合於新鮮雞肉香腸中，總生菌數明顯低於對照樣品 (減低約 1 個對數值) (Bocira *et al.*, 2018)。同樣，添加檸檬草萃取物可延長煮熟雞胸肉的儲存期限，產品儲存試驗過程未檢測到葡萄球菌屬、沙門氏菌及大腸桿菌的存在 (Kieling *et al.*, 2019)。檸檬草萃取物的抑菌作用，主要活性成分是檸檬醛、橙花醛及香葉醇等成分 (Beya *et al.*, 2021)。

多種植物萃取精油包含肉桂 (cinnamon)、鼠尾草 (sage)、迷迭香 (rosemary)、羅勒 (basil)、百里香 (thyme)、丁香 (clove)、肉豆蔻 (nutmeg)、薄荷 (peppermint)、生薑及薰衣草精油 (lavender essential oils) 與其活性成分包含香蘭素 (vanillin)、香芹酚 (carvacrol)、檸檬醛 (citral)、肉桂醛 (cinnamaldehyde)、芳樟醇 (linalool)、香芹酮 (carvone)、丁香酚 (eugenol)、百里香酚 (thymol) 及檸檬烯 (limonene)，被認為是安全物質 (Pateiro *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2022)，其中一些在美國屬於食品添加物，例如檸檬精油、羅勒、丁香、香草、百里香及香菜 (Coimbra *et al.*, 2022)。因此，這些植物精油可使用於食品工業。此外，親脂性植物精油具有抑菌作用 (Pateiro *et al.*, 2021)。植物精油的主要成分是萜烯 (terpenes)、苯丙烷 (phenylpropane)、醛、酯、醇及酮，但通常情況下，最豐富的基團是萜烯與含氧衍生物 (Pateiro *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2022)。

植物精油的生物活性視生物成分含量而定 (Sharma *et al.*, 2022)，許多植物精油具有重要的抑菌或抗真菌作用，例如迷迭香精油中含有大量的桉樹腦、蒎烯、檸檬烯及樟腦 (Alirezalu *et al.*, 2020)。鼠尾草精油中最重要的抑菌作用分子是含氧單萜、含氧倍半萜 (viridiflorol) 及二萜多酚 (epirosmanol)，其次是側柏酮、冰片、醋酸龍腦酯、石竹烯及葎草烯 (Šojić *et al.*, 2018)。此外，這些植物精油對金黃色葡萄球菌、大腸桿菌、枯草芽孢桿菌及黑麴黴具有抑制生長作用 (Durović *et al.*, 2022)。

植物精油中含有多種抑菌成分，主要是單萜、萜類成分及苯丙烷類成分。大約 20 – 60 種不同成分的複雜混合物，但通常都以高含量的兩種或三種成分為主要作用物質。然而，這些分子對於植物精油的生物活性都很重要，因為它們可以協同作用通過細胞的多個作用點發揮功能，來增進植物精油的抑菌特性 (Kachur and Suntres, 2020)。因此，植物精油的抑菌作用不能歸因於特定機制，主要是通過與微生物的不同相互作用來解釋。從這個意義上說，與細胞膜的疏水基相互作用是至關重要，它會導致細胞膜組織的變化與損傷，從而導致細胞內物質的流動性、滲透性及釋放發生變化。然後，植物精油成分也導致細胞內 ATP 的耗盡，電子傳遞鍊與營養吸收的變化導致蛋白質與 DNA 合成的重要損害，質子動力的耗散，進而導致微生物死亡 (Pateiro *et al.*, 2021)。

百里香精油是一種天然抑菌劑，對食源性微生物具有明顯的抑制作用 (Coimbra *et al.*, 2022)。百里香精油常見的成分是百里酚、香芹酚與芳樟醇 (Šojić *et al.*, 2020)。這些成分對李斯特菌、金黃色葡萄球菌、大腸桿菌及沙門氏菌具有很強的抑制作用 (Coimbra *et al.*, 2022)。許多研究發現百里酚比芳樟醇在抑制大腸桿菌與李斯特菌生長方面更有效 (Cutillas *et al.*, 2018)。百里酚與香芹酚具有良好的抑菌作用，而芳樟醇具有中等活性的抑菌活性 (Lorenzo *et al.*, 2019)。除了對多種微生物、酵母菌與黴菌具有直接抑菌作用外，這種植物精油還具有高的抗生物膜活性，可防止生物膜形成，以減低使用化學抑菌劑 (Coimbra *et al.*, 2022)。

丁香與百里香精油，主要成分為百里酚與香芹酚是有效的抑菌作用組合之一。許多研究指出不同植物精油的混合物組合，可延長雞肉香腸的儲存期限，試驗結果顯示使用高量丁香與百里香精油混合物具有抑菌作用，可延長產品儲存期限 (Sharma *et al.*, 2020)。

奧勒岡與薰衣草精油，主要成分為香芹酚與芳樟醇，進行了抑制大腸桿菌與金黃色葡萄球菌的生長試驗。試驗結果顯示，這兩種植物萃取物對金黃色葡萄球菌有抑制效果 (Martucci *et al.*, 2015)。添加這些香料與植物精油萃取物在加工肉製品中，可抑制沙門氏菌、大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、李斯特菌及酵母菌的生長 (Hygrevea *et al.*, 2014)。

應用植物精油在肉製品對產品的冷藏保存期限之試驗，使用植物精油在真空低溫烹調牛肉對李斯特菌的抑制作用。同時使用百里香與迷迭香精油試驗，迷迭香精油比百里香更能有效的減低此食源性微生物生長 (在 2°C 與 8°C 下，分別減低 1.23 與 2.63 對數值)。在兩種不同儲存溫度下，於第 0 天與第 28 天的儲存天數分別減低 0.57 與 0.06 個對數值 (Gouveia *et al.*, 2016)。奧勒岡精油與蘿蔔粉的組合也被建議用於製造低亞硝酸鹽發酵香腸。在這項研究中，不含亞硝酸鹽的樣品中添加奧勒岡精油可控制大腸桿菌、沙門氏菌與葡萄球菌的生長。基於這些試驗結果，這種植物萃取物組合可減少使用加工肉製品中亞硝酸鹽，並同時確保其安全性的良好策略之一 (Ozaki *et al.*, 2021)。

在鮮豬肉中加入黑胡椒精油 (0.1 或 0.5%) 在儲存期間可抑制假單胞菌的生長 (減低 2.1 或 3.1 對數值) 與腸桿菌 (減低 1.05 或 1.85 對數值)。然而，這種植物精油對乳酸菌沒有抑菌作用。此外，黑胡椒精油對革蘭氏陰性菌的抑制作用強於革蘭氏陽性菌，而其抑菌效果與劑量有關 (Zhang *et al.*, 2016)。

減低亞硝酸鹽的熟豬肉香腸使用 0.78 或 1.56% 芫荽精油，結果顯示微生物品質有明顯改善效果。減低亞硝酸鹽與添加芫荽精油對總生菌數具有明顯的抑制作用 (減低 0.2 或 0.5 對數值)，並且抑制作用與劑量成正比 (Šojić *et al.*, 2019)。此外，使用肉桂精油來改善乳化香腸中的微生物品質。添加肉桂精油可延長真空包裝乳化香腸的儲存期限，因為它控制了主要的總生菌數與乳酸菌生長 (減低 0.54 對數值)，此類產品的腸桿菌與真菌的抑制生長有關 (Khorsandi *et al.*, 2019)。

百里香精油微膠囊化 (microencapsulation) 加入牛肉漢堡，於冷藏期間檢測肉品中多種微生物生長的抑菌試驗，在這項研究中，使用植物精油之對照組或微膠囊化百里香精油均顯著減低了腸桿菌的數量 (對照組減低了 1.15 – 1.79 對數值，微膠囊化精油減低 2.19 – 3 對數值)、總生菌數目 (對照組減低 1.11 – 1.82 對數值，微膠囊化精油減低 1.58 – 1.99 對數值)、金黃色葡萄球菌 (對照組減低 1.07 – 2 對數值，微膠囊化精油減低 4.13 – 4.69 對數值) 及乳酸菌 (對照組減低 0.72 – 1.26 對數值，微膠囊化精油減低 1.44 – 2.04 對數值)。此外，作者強調使用微膠囊化精油時抑制效果最顯著，並將這種效果歸因於微膠囊化精油過程，通過微膠囊化保護植物精油避免分解與揮發，進而延長植物精油作用的使用期限。這不僅是延長植物精油對肉品的儲存期限，而且對提高其抑菌作用也很重要 (Ghaderi-Ghahfarokhi *et al.*, 2016)。此外，百里香精油還具有很強的抗真菌活性，這特性在某些肉製品中可能很重要 (Ghasemi *et al.*, 2020)。在最近的一項研究中，使用麥芽糖糊精 – 酪蛋白作為微膠囊化精油，在漢堡類肉製品中顯示植物精油具有明顯的抑菌作用 (Radünz *et al.*, 2020)。

從這些研究得出結論，微膠囊化植物精油可有效抑制肉品之金黃色葡萄球菌、大腸桿菌、李斯特菌及沙門氏菌的生長。在另一項研究中，評估了兩個品種的百里香精油對四種食源性微生物 (大腸桿菌、沙門氏菌、金

黃色葡萄球菌及假單胞菌)在牛絞肉中對微生物生長的抑制功效(Jayari *et al.*, 2018)。使用低濃度的百里香精油(0.01 – 0.05%)，對大腸桿菌與沙門氏菌皆產生強烈的生長抑制作用(約減低0.5個對數值)，而在使用高濃度(3%)時，百里香精油對所有微生物都具有抑菌活性(從減低4 – 7個對數值到不可檢測)。此外，百里香精油(0.075 – 0.15 $\mu\text{L/g}$)添加於豬肉餅，發現含有精油的豬肉餅具有顯著降低總生菌數(減低0.47 – 1.48對數值)、乳酸菌(減低0.33 – 0.56對數值)及腸桿菌計數(減低0.32 – 0.82對數值)，百里香精油處理提高加工肉製品的微生物安全性作用(Šojić *et al.*, 2020)。

探討使用微膠囊化丁香精油製作漢堡類產品之抑菌效果，在這項研究中，在漢堡配方中添加丁香精油(3.05 mg/g)比亞硝酸鹽更能有效地抑制金黃色葡萄球菌(減低0.86對數值)的生長，而微膠囊化丁香精油並沒有表現出更佳的抑菌作用(Radünz *et al.*, 2019)。鼠尾草精油具有延長豬肉香腸儲存期限的作用，鼠尾草精油對沙門氏菌、大腸桿菌及李斯特菌具有抑菌作用，在試驗處理組均未檢測到食源性微生物。此外，鼠尾草精油的抑菌作用主要因為單萜成分(Šojić *et al.*, 2018)。

探討使用肉桂精油或幾丁聚醣微膠囊化肉桂精油對牛肉餅儲存期間之抑菌效果，這些研究在牛肉餅配方中添加兩種類型的植物精油，無論是對照組植物精油或微膠囊化植物精油，對總生菌數皆具有生長抑制作用(減低1.19 – 2對數值)、乳酸菌(約減低1 – 2對數值)、大腸桿菌(植物精油減低1.15 – 1.79對數值，微膠囊化植物精油減低3.23 – 3.86對數值)、金黃色葡萄球菌(植物精油減低2.12 – 2.62對數值，微膠囊化植物精油減低3.99 – 4.59對數值)以及酵母或黴菌生長(植物精油減低1.62 – 1.92對數值，微膠囊化植物精油減低2.96 – 3.16對數值)。此外，上述兩種精油抑制微生物生長效果都與劑量有關(0.05或0.10%)，並且微膠囊化植物精油抑菌作用更佳(Ghaderi-Ghahfarokhi *et al.*, 2017)。表3列出植物萃取物與植物精油的主要活性成分與抑制的食源性微生物。

結 論

隨著消費者健康意識高漲，關注過量食用脂肪、食鹽或化學添加物對健康的負面影響，因此對健康、機能性及清潔標章肉製品的需求增加。許多研究尋找植物性替代品，以減低這些有爭議添加物的使用量。然而，減低食鹽、脂肪或亞硝酸鹽添加量可導致產品微生物快速生長。使用天然抑菌劑是提高潔淨標章肉製品的安全性與儲存期限方法之一。在不影響感官品評的情況下，適當添加量以獲得最大的抑菌效果為佳。過量添加植物精油可能對加工肉製品的感官品評產生負面影響。使用天然抑菌劑可以提升潔淨標章肉製品儲存期限，在肉品加工上的使用具有潛力。

參考文獻

- Alirezalu, K., J. Hesari, M. H. Eskandari, H. Valizadeh, and M. Sirousazar. 2017. Effect of green tea, stinging nettle and olive leaves extracts on the quality and shelf life stability of Frankfurter type sausage. *J. Food Process. Preserv.* 41: e13100.
- Alirezalu, K., J. Hesari, Z. Nemati, P. E. S. Munekata, F. J. Barba, and J. M. Lorenzo. 2019. Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free Frankfurter type sausage. *Food Res. Int.* 120: 839-850.
- Alirezalu, K., M. Pateiro, M. Yaghoubi, A. Alirezalu, S. H. Peighambaroust, and J. M. Lorenzo. 2020. Phytochemical constituents, advanced extraction technologies and techno-functional properties of selected Mediterranean plants for use in meat products. A comprehensive review. *Trends Food Sci. Technol.* 100: 292-306.
- Asioli, D., J. Aschemann-Witzel, V. Caputo, R. Vecchio, A. Annunziata, T. Næs, and P. Varela. 2017. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Res. Int.* 99: 58-71.
- Awad, A. M., P. Kumar, M. R. Ismail-Fitry, S. Jusoh, M. F. A. Aziz, and A. Q. Sazili. 2022. Overview of plant extracts as natural preservatives in meat. *J. Food Process. Preserv.* 46: e16796.
- Badar, I. H., H. Liu, Q. Chen, X. Xia, and B. Kong. 2021. Future trends of processed meat products concerning perceived healthiness: A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 20: 4739-4778.
- Barmpalia, I. M., I. Geornaras, K. E. Belk, J. A. Scanga, P. A. Kendall, G. C. Smith, and J. N. Sofos. 2004. Control of *Listeria monocytogenes* on frankfurters with antimicrobials in the formulation and by dipping in organic acid solutions. *J.*

- Food Prot. 67: 2456-2464.
- Barmपालia, I. M., K. P. Koutsoumanis, I. Geornaras, K. E. Belk, J. A. Scanga, P. A. Kendall, G. C. Smith, and J. N. Sofos. 2005. Effect of antimicrobials as ingredients of pork bologna for *Listeria monocytogenes* control during storage at 4 or 10°C. Food Microbiol. 22: 205-211.
- Bedie, G. K., J. Samelis, J. N. Sofos, K. E. Belk, J. A. Scanga, and G. C. Smith. 2001. Antimicrobials in the formulation to control *Listeria monocytogenes* postprocessing contamination on Frankfurters stored at 4°C in vacuum packages. J. Food Prot. 64: 1949-1955.
- Ben-Braïek, O. and S. Smaoui. 2021. Chemistry, safety, and challenges of the use of organic acids and their derivative salts in meat preservation. J. Food Quality 2021: 6653190.
- Bergamaschi, M., N. Simoncini, V. M. Spezzano, M. Ferri, and A. Tassoni. 2023. Antioxidant and sensory properties of raw and cooked pork meat burgers formulated with extract from non-compliant green coffee beans. Foods. 12:1264.
- Beya, M. M., M. E. Netzel, Y. Sultanbawa, H. Smyth, and L. C. Hoffman. 2021. Plant-based phenolic molecules as natural preservatives in comminuted meats: A Review. Antioxidants 10: 263.
- Boeira, C. P., N. Piovesan, M. B. Soquetta, D. C. B. Flores, B. N. Lucas, C. S. da Rosa, and N. N. 2018. Terra, Extraction of bioactive compounds of lemongrass, antioxidant activity and evaluation of antimicrobial activity in fresh chicken sausage. Ciência Rural 48: e20180477.
- Bouarab-Chibane, L., P. Degraeve, H. Ferhout, J. Bouajila, and N. Oulahal. 2019. Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. J. Sci. Food Agric. 99: 1457-1474.
- Brewer, M. S., B. K. Rostogi, L. Argoudelis, and G. K. Sprouls. 1995. Sodium lactate/sodium chloride effects on aerobic plate counts and color of aerobically packaged ground pork. J. Food Sci. 60: 58-62.
- Bushell, F. M. L., P. D. Tonner, S. Jabbari, A. K. Schmid, and P. A. Lund. 2019. Synergistic impacts of organic acids and pH on growth of *Pseudomonas aeruginosa*: A comparison of parametric and Bayesian non-parametric methods to model growth. Front. Microbiol. 10: 3196.
- Carrascosa, C., D. Raheem, F. Ramos, A. Saraiva, and A. Raposo. 2021. Microbial Biofilms in the Food Industry- A Comprehensive Review. Int. J. Environ. Res. Public Health 18: 2014.
- de Carvalho, F. A. L., P. E. S. Munekata, M. Pateiro, P. C. B. Campagnol, R. Domínguez, M. A. Trindade, and J. M. Lorenzo. 2020. Effect of replacing backfat with vegetable oils during the shelf-life of cooked lamb sausages. LWT 122: 109052.
- Casco, G., T. M. Taylor, and C. Z. Alvarado. 2015. Evaluation of novel micronized encapsulated essential oil-containing phosphate and lactate blends for growth inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* on poultry bologna, pork ham, and roast beef ready-to-eat deli loaves. J. Food Prot. 78: 698-706.
- Cengiz, E. and N. Gokoglu. 2007. Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages. Int. J. Food Sci. Technol. 42: 366-372.
- Coimbra, A., S. Ferreira, and A. Paula Duarte. 2022. Biological properties of *Thymus zygis* essential oil with emphasis on antimicrobial activity and food application. Food Chem. 393: 133370.
- Coman, M. M., A. M. Oancea, M. C. Verdenelli, C. Cecchini, G. E. Bahrim, C. Orpianesi, A. Cresci, and S. Silvi. 2017. Polyphenol content and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial and prebiotic properties of red fruit extracts. Eur. Food Res. Technol. 244: 735-745.
- Cordery, A., A. P. Rao, and S. Ravishankar. 2018. Antimicrobial activities of essential oils, plant extracts and their applications in foods-A Review. J. Agric. Environ. Sci. 7: 76-89.
- Cutillas, A. B., A. Carrasco, R. Martinez-Gutierrez, V. Tomas, and J. Tudela. 2018. Thyme essential oils from Spain: Aromatic profile ascertained by GC-MS, and their antioxidant, anti-lipoxygenase and antimicrobial activities. J. Food Drug Anal. 26: 529-544.
- Domínguez, R., P. E. S. Munekata, M. Pateiro, A. Maggolino, B. Bohrer, and J. M. Lorenzo. 2020. Red beetroot. A potential source of natural additives for the meat industry. Appl. Sci. 10: 8340.
- Domínguez, R., P. E. Munekata, M. Pateiro, O. López-Fernández, and J. M. Lorenzo. 2021. Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. Curr. Opin. Food Sci. 37: 135-144.
- Durović, S., D. Micić, L. Pezo, D. Radić, J. G. Bazarnova, Y. A. Smyatskaya, and S. Blagojević. 2022. The effect of various extraction techniques on the quality of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil, expressed by chemical composition,

- thermal properties and biological activity. *Food Chem.* 13: 100213.
- Flores, M., L. Mora, M. Reig, and F. Toldrà. 2019. Risk assessment of chemical substances of safety concern generated in processed meats. *Food Sci. Hum. Wellness* 8: 244-251.
- Foggiaro, D., R. Domínguez, M. Pateiro, A. Cittadini, P. E. S. Munekata, P. C. B. Campagnol, M. J. Fraqueza, P. De Palo, and J. M. Lorenzo. 2022. Use of healthy emulsion hydrogels to improve the quality of pork burgers. *Foods* 11: 596.
- Fraqueza, M. J., M. Laranjo, M. Elias, and L. Patarata. 2021. Microbiological hazards associated with salt and nitrite reduction in cured meat products: Control strategies based on antimicrobial effect of natural ingredients and protective microbiota. *Curr. Opin. Food Sci.* 38: 32-39.
- Geiker, N. R. W., H. C. Bertram, H. Mejbom, L. O. Dragsted, L. Kristensen, J. R. Carrascal, S. Bügel, and A. Astrup. 2021. Meat and Human Health-Current Knowledge and Research Gaps. *Foods* 10: 1556.
- Ghaderi-Ghahfarokhi, M., M. Barzegar, M. A. Sahari, and M. H. Azizi. 2016. Nanoencapsulation approach to improve antimicrobial and antioxidant activity of thyme essential oil in beef burgers during refrigerated storage. *Food Bioprocess Technol.* 9: 1187-1201.
- Ghaderi-Ghahfarokhi, M., M. Barzegar, M. A. Sahari, H. Ahmadi Gavlighi, and F. Gardini. 2017. Chitosan-cinnamom essential oil nanoformulation: Application as a novel additive for controlled release and shelf life extension of beef patties. *Int. J. Biol. Macromol.* 102: 19-28.
- Ghasemi, G., A. Alirezalu, Y. Ghosta, A. Jarrahi, S. A. Safavi, M. Abbas-Mohammadi, F. J. Barba, P. E. S. Munekata, R. Domínguez, and J. M. Lorenzo. 2020. Composition, antifungal, phytotoxic, and insecticidal activities of thymus kotschyanus essential oil. *Molecules* 25: 1152.
- Gouveia, A. R., M. Alves, J. A. Silva, and C. Saraiva. 2016. The antimicrobial effect of rosemary and thyme essential oils against *Listeria monocytogenes* in sous vide cook-chill beef during storage. *Procedia Food Sci.* 7: 173-176.
- Guo, C., Y. Shan, Z. Yang, L. Zhang, W. Ling, Y. Liang, Z. Ouyang, B. Zhong, and J. Zhang. 2020. Chemical composition, antioxidant, antibacterial, and tyrosinase inhibition activity of extracts from Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall) peel. *J. Sci. Food Agric.* 100: 2664-2674.
- Huang, Y., D. Cao, Z. Chen, B. Chen, J. Li, J. Guo, Q. Dong, L. Liu, and Q. Wei. 2021. Red and processed meat consumption and cancer outcomes: Umbrella review. *Food Chem.* 356: 129697.
- Hwang, C. A., S. Sheen, and V. Juneja. 2011. Effects of sodium lactate on the survival of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* 0157:H7 and *Salmonella* spp., in cooked ham at refrigeration and abuse temperatures. *Food Nutr. Sci.* 2: 464-470.
- Hwang, K. E. E., T. K. K. Kim, H. W. W. Kim, D. H. H. Seo, Y. B. B. Kim, K. H. H. Jeon, and Y. S. S. Choi. 2018. Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 31: 1358-1365.
- Hygreeva, D., M. C. Pandey, and K. Radhakrishna. 2014. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Sci.* 98: 47-57.
- Jayari, A., N. El Abed, A. Jouini, O. Mohammed Saed Abdul-Wahab, A. Maaroufi, and S. Ben Hadj Ahmed. 2018. Antibacterial activity of *Thymus capitatus* and *Thymus algeriensis* essential oils against four food-borne pathogens inoculated in minced beef meat. *J. Food Saf.* 38: e12409.
- Jiménez-Colmenero, F., J. Carballo, P. Fernández, S. Cofrades, and E. Cortés. 1997. Retail chilled display storage of high- and reduced-fat sliced Bologna. *J. Food Prot.* 60: 1099-1104.
- Jiménez-Colmenero, F. 2000. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. *Trends Food Sci. Technol.* 11: 56-66.
- Kachur, K. and Z. Suntres. 2020. The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 60: 3042-3053.
- Karwowska, M., P. E. S. Munekata, J. M. Lorenzo, and I. Tomasevic. 2022. Functional and clean label dry fermented meat products: phytochemicals, bioactive peptides, and conjugated linoleic acid. *Appl. Sci.* 12: 5559.
- Khorsandi, A., M. H. Eskandari, M. Aminlari, S. S. Shekarforoush, and M. T. Golmakani. 2019. Shelf-life extension of vacuum packed emulsion-type sausage using combination of natural antimicrobials. *Food Control* 104: 139-146.
- Kieling, D. D., M. F. Delarco, and S. H. Prudencio. 2019. Lemongrass extract as a natural preservative of cooked and shredded chicken breast during storage. *J. Culin. Sci. Technol.* 19: 55-66.

- Kim, T. K., H. I. Yong, S. Jung, H. W. Kim, and Y. S. Choi. 2021. Technologies for the production of meat products with a low sodium chloride content and improved quality characteristics-A Review. *Foods* 10: 957.
- Li, H., X. Sun, X. Liao, and M. Gänzle. 2020. Control of pathogenic and spoilage bacteria in meat and meat products by high pressure: Challenges and future perspectives. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 19: 3476-3500.
- Lin, K. W. and S. N. Lin. 2002. Effects of sodium lactate and trisodium phosphate on the physicochemical properties and shelf life of low-fat Chinese-style sausage. *Meat Sci.* 60: 147-154.
- Liu, Y., L. C. McKeever, and N. S. A. Malik. 2017. Assessment of the antimicrobial activity of olive leaf extract against foodborne bacterial pathogens. *Front. Microbiol.* 8: 113.
- Lorenzo, J. M., R. Bermúdez, R. Domínguez, A. Guiotto, D. Franco, and L. Purriños. 2015. Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control* 50: 763-769.
- Lorenzo, J. M., A. Mousavi-Khaneghah, M. Gavahian, K. Marszałek, I. Es, P. E. S. Munekata, I. C. F. R. Ferreira, and F. J. Barba. 2019. Understanding the potential benefits of thyme and its derived products for food industry and consumer health: From extraction of value-added compounds to the evaluation of bioaccessibility, bioavailability, anti-inflammatory, and antimicrobial activities. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59: 2879-2895.
- Mani-López, E., H. S. García, and A. López-Malo. 2012. Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. *Food Res. Int.* 45: 713-721.
- Martucci, J. F., L. B. Gende, L. M. Neira, and R. A. Ruseckaite. 2015. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Ind. Crops Prod.* 71: 205-213.
- Munekata, P. E. S., M. Pateiro, D. Rodríguez-Lázaro, R. Domínguez, J. Zhong, and J. M. Lorenzo. 2020. The role of essential oils against pathogenic *Escherichia coli* in food products. *Microorganisms* 8: 924.
- Munekata, P. E. S., M. Pateiro, R. Domínguez, E. M. Santos, and J. M. Lorenzo. 2021. Cruciferous vegetables as sources of nitrate in meat products. *Curr. Opin. Biotechnol.* 38: 1-7.
- Nkosi, D. V., J. L. Bekker, and L. C. Hoffman. 2021 The use of organic acids (lactic and acetic) as a microbial decontaminant during the slaughter of meat animal species: A review. *Foods* 10: 2293.
- Ozaki, M. M., M. dos Santos, W. O. Ribeiro, N. C. de Azambuja Ferreira, C. S. F. Picone, R. Domínguez, J. M. Lorenzo, and M. A. R. Pollonio. 2021. Radish powder and oregano essential oil as nitrite substitutes in fermented cooked sausages. *Food Res. Int.* 140: 109855.
- Pateiro, M., P. E. S. Munekata, A. S. SantAna, R. Domínguez, D. Rodríguez-Lázaro, and J. M. Lorenzo. 2021. Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. *Int. J. Food Microbiol.* 337: 108966.
- Pérez-Córdoba, L. J., A. C. Pinheiro, M. N. de Villavicencio-Ferrer, M. A. Trindade, and P. J. A. Sobral. 2022. Applying gelatine:chitosan film loaded with nanoemulsified garlic essential oil/ tocopherol as active packaging of sliced Omega-3 rich mortadella. *Int. J. Food Sci. Technol.* 57: 6378-6388.
- Pintado, T., A. M. Herrero, C. Ruiz-Capillas, M. Triki, P. Carmona, and F. Jiménez-Colmenero. 2016. Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food Sci. Technol. Int.* 22: 132-145.
- Pintado, T., I. Muñoz-González, M. Salvador, C. Ruiz-Capillas, and A. M. Herrero. 2021. Phenolic compounds in emulsion gel-based delivery systems applied as animal fat replacers in frankfurters: Physico-chemical, structural and microbiological approach. *Food Chem.* 340: 128095.
- Radünz, M., M. L. M. da Trindade, T. M. Camargo, A. L. Radünz, C. D. Borges, E. A. Gandra, and E. Helbig. 2019. Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. *Food Chem.* 276: 180-186.
- Radünz, M., H. C. dos Santos Hackbart, T. M. Camargo, C. F. P. Nunes, F. A. P. de Barros, J. Dal Magro, P. J. S. Filho, E. A. Gandra, A. L. Radünz, and E. da Rosa Zavareze. 2020. Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products. *Int. J. Food Microbiol.* 330: 108696.
- Rangel-Vargas, E., J. A. Rodríguez, R. Domínguez, J. M. Lorenzo, M. E. Sosa, S. C. Andrés, M. Rosmini, J. A. Pérez-Alvarez, A. Teixeira, and E. M. Santos. 2021. Edible mushrooms as a natural source of food ingredient/additive replacer.

- Foods 10: 2687.
- Ren, B., W. Wu, O. P. Soladoye, K. H. Bak, Y. Fu, and Y. Zhang. 2021. Application of biopreservatives in meat preservation: A review. *Internat. J. Food Sci. and Technol.* 56: 6124-6141.
- Roobab, U., A. W. Khan, J. M. Lorenzo, R. N. Arshad, B. R. Chen, X. A. Zeng, A. E. D. Bekhit, R. Suleman, and R. M. Aadil. 2021. A systematic review of clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing. *Food Res. Int.* 150: 110792.
- Sallam, K. I. and K. Samejima. 2004. Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *Leb. Technol.* 37: 865.
- dos Santos, L. R., A. Alía, I. Martin, F. M. Gottardo, L. B. Rodrigues, K. A. Borges, T. Q. Furian, and J. J. Córdoba. 2022. Antimicrobial activity of essential oils and natural plant extracts against *Listeria monocytogenes* in a dry-cured ham-based model. *J. Sci. Food Agric.* 102: 1729-1735.
- Sbardelotto, P. R. R., E. Balbinot-Alfaro, M. da Rocha, and A. T. Alfaro. 2022. Natural alternatives for processed meat: Legislation, markets, consumers, opportunities and challenges. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2022: 1-16.
- Sharma, H., S. K. Mendiratta, R. K. Agarwal, and K. Gurunathan. 2020. Bio-preservative effect of blends of essential oils: Natural antioxidant and anti-microbial agents for the shelf life enhancement of emulsion based chicken sausages. *J. Food Sci. Technol.* 57: 3040-3050.
- Sharma, K., A. Babaei, K. Oberoi, K. Aayush, R. Sharma, and S. Sharma. 2022. Essential oil nanoemulsion edible coating in food industry: A Review. *Food Bioprocess Technol.* 2022: 1-21.
- da Silva, S. L., J. T. Amaral, M. Ribeiro, E. E. Sebastião, C. Vargas, F. de Lima Franzen, G. Schneider, J. M. Lorenzo, L. L. M. Fries, and A. J. Cichoski. 2019. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Sci.* 149: 141-148.
- da Silva, B. D., P. C. Bernardes, P. F. Pinheiro, E. Fantuzzi, and C. D. Roberto. 2021. Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. *Meat Sci.* 176: 108463.
- Singh, S., P. K. Chaurasia, and S. L. Bharati. 2022. Functional roles of essential oils as an effective alternative of synthetic food preservatives: A review. *J. Food Process. Preserv.* 46: e16804.
- Šojić, B., B. Pavlić, Z. Zeković, V. Tomović, P. Ikonić, S. Kocić-Tanackov, and N. Džinić. 2018. The effect of essential oil and extract from sage (*Salvia officinalis* L.) herbal dust (food industry by-product) on the oxidative and microbiological stability of fresh pork sausages. *LWT-Food Sci. Technol.* 89: 749-755.
- Šojić, B., B. Pavlić, P. Ikonić, V. Tomović, B. Ikonić, Z. Zeković, S. Kocić-Tanackov, M. Jakanović, S. Škaljac, and M. Ivić. 2019. Coriander essential oil as natural food additive improves quality and safety of cooked pork sausages with different nitrite levels. *Meat Sci.* 157: 107879.
- Šojić, B., V. Tomović, S. Kocić-Tanackov, D. B. Kovačević, P. Putnik, Ž. Mrkonjić, S. Durović, M. Jakanović, M. Ivić, and S. Škaljac. 2020. Supercritical extracts of wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) by-product as natural antioxidants in ground pork patties. *LWT* 130: 109661.
- Stupar, A., L. Šaric, S. Vidovic, A. Bajic, V. Kolarov, and B. Š. Šaric. 2022. Antibacterial potential of allium ursinum extract prepared by the green extraction method. *Microorganisms* 10: 1358.
- Tabanelli, G., F. Barbieri, F. Soglia, R. Magnani, G. Gardini, M. Petracci, F. Gardini, and C. Montanari. 2022. Safety and technological issues of dry fermented sausages produced without nitrate and nitrite. *Food Res. Int.* 160: 111685.
- Tan, L., Y. Ni, Y. Xie, W. Zhang, J. Zhao, Q. Xiao, J. Lu, Q. Pan, C. Li, and B. Xu. 2023. Next-generation meat preservation: integrating nano-natural substances to tackle hurdles and opportunities. *Crit. Rev. in Food Sci. and Nutrit.*
- Teixeira, A., R. Domínguez, I. Ferreira, E. Pereira, L. Estevinho, S. Rodrigues, and J. M. Lorenzo. 2021. Effect of NaCl replacement by other salts on the quality of Bísaro pork sausages. *Foods* 10: 961.
- Vidal, V. A.S., C. S. Paglarini, J. M. Lorenzo, P. E. S. Munkata, and M. A. R. Pollonio. 2023. Salted meat products: nutritional characteristics, processing and strategies for sodium reduction. *Food Reviews.* 39: 2183-2202.
- Wolk, A. 2017. Potential health hazards of eating red meat. *J. Intern. Med.* 281: 106-122.
- Zhang, J., Y. Wang, D. D. Pan, J. X. Cao, X. F. Shao, Y. J. Chen, Y. Y. Sun, and C. R. Ou. 2016. Effect of black pepper essential oil on the quality of fresh pork during storage. *Meat Sci.* 117: 130-136.

Organic acid salts and plant extracts to enhance the freshness of clean labeled meat products- a review ⁽¹⁾

Tien-Chun Wan ⁽²⁾⁽³⁾

Received: Aug. 18, 2023; Accepted: Dec. 27, 2023

Abstract

The purpose of this review was to summarize applications of some important natural bacterial inhibitors that had the potential to be used in clean labeled meat products to enhance the preservation technology. Livestock products were nutrient-rich foods. However, it also provided a suitable environment for microbial growth. Increasing consumer demand for safe and high quality products had made it increasingly important to develop new clean labeled meat products that were low in fat, salt, and food additives. However, reducing the amount of salt and nitrite in products that inhibit microbial growth might result in reduced stability and safety of clean labeled meat products, thus posing a significant risk to consumer health. In order to avoid the proliferation of food-borne microorganisms in the storage process of clean labeled products, this review presented a comprehensive study of natural antibacterial substances such as organic acids, organic salts, plant extracts, and essential oils to enhance the preservation technology of clean labeled meat products. In conclusion, the use of natural bacteriostatic agents can enhance the shelf life of clean labeled meat products and has potential for use in meat processing.

Key words: Clean label, Freshness, Meat product, Natural antibacterial agents, Safety.

(1) Contribution No. 2777 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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

臺灣地區乳羊飼養現況之調查⁽¹⁾

潘昭治⁽²⁾ 吳志華⁽²⁾ 蕭士翔⁽³⁾ 許宗賢⁽⁴⁾ 林浚琛⁽⁵⁾ 鄭閔謙⁽²⁾⁽⁶⁾

收件日期：112 年 8 月 3 日；接受日期：113 年 1 月 8 日

摘 要

臺灣養羊產業應逐步朝向知識飼養和專業經營等方向邁進，而產業發展需要充分資訊提供參考。本調查共訪談 139 戶飼養規模在 100 頭以上之乳羊場，受訪場數與羊隻飼養頭數分別占國內地區 53.7% 與在養量 92.9%。在養頭數 71.3% 為阿爾拜因山羊。在春天與秋天之仔羊出生頭數顯著高於在夏天與冬天，不同季節出生之仔羊離乳育成率並無顯著差異，平均為 81.1%。仔羊於出生後 7 日內死亡比例最高，造成仔羊最常見死亡主因為下痢與肺炎。只有 47.3% 乳羊場於仔羊 14 日齡內給予教槽料。有 71.2% 之乳羊場於 3 月齡將仔羊離乳。有 88.5% 乳羊場為羊隻去角，其中有 93.1% 乳羊場於仔羊 30 日齡內執行去角。泌乳羊群頭數以飼養 200 頭以下佔大多數 (85.3%)，不滿 4 歲齡即淘汰之羊場比例高達 67.9%。平均乳羊生產 3 至 4 胎即淘汰之比例為最高 (46.5%)。受調查之乳羊場有 60.7% 每日每頭泌乳羊泌乳量超過 2 kg 以上。畜主年齡層分佈以 55 至 65 歲占 45.4% 為最多。羊場主要管理人有 89.1% 為男性，每場平均工作人數為 3.03 ± 1.1 ，每人管理 96.4 ± 41.8 頭。畜牧場產權有 95.6% 為自有資產。羊舍屋齡、面積及羊床高度分別為 23.6 ± 1.39 年、 835 m^2 及 $1.38 \pm 0.56 \text{ m}$ 。僅有 45.3% 使用機械式糞便清除設備。有 82.5% 建立羊隻個體識別標籤，但僅不到 30% 羊場確實執行場內繁殖、飼養、成本紀錄。綜上所述，臺灣乳羊產業在羊隻飼養管理上已具有基本觀念，惟在仔羊早期離乳、母羊使用年限、泌乳量及人力使用效率上都還有改善空間，且應落實牧場管理紀錄，做為場內育種、經營效率及疾病管理之參考依據。本研究調查可作為乳羊產業基盤資料，提供產業發展參考與往後相關研究之基礎。

關鍵詞：生產銷售、羊場設施、羊場管理者、乳羊品種、飼養管理。

緒 言

人類飼養山羊至少有 1 萬年歷史，其為人類最早馴養動物之一 (Monteiro *et al.*, 2018)。由於山羊能適應較惡劣環境、具有耐粗性及較好管理等優點，一直以來都對許多發展中國家之農業經濟有很大幫助。因此，世界上約 95.8% (7.4 億頭) 山羊數量集中在發展中國家，其中亞洲 65.3%、非洲 29.2% 及中美洲 1.3% (Olivier *et al.*, 2005)。

臺灣乳羊產業在早期主要為小規模零星飼養之副業經營方式，但隨著經濟快速發展，羊奶需求提高，於民國 82 至 87 年期間，帶動乳用山羊飼養戶數與飼養頭數急遽快速成長，最高峰時期飼養達 129,106 頭；而開始統計場數自民國 96 年起，場數有 433 場、飼養 67,817 頭；截至 111 年止，登記立案乳羊場共有 190 場，在養頭數為 33,002 頭 (農業部, 2022)。16 年來，平均每場飼養頭數自 156.6 頭提高至 173.7 頭，由此顯示，乳羊場之飼養規模與經營型態已逐步朝專業化與企業化之方向在進行。

然而，目前並無完整有關臺灣乳羊隻生產、飼養管理、畜舍設備、人力使用等之調查資訊。因此，本調查目的為建立臺灣 100 頭以上乳羊場之生產與飼養管理資訊、飼養品種、羊舍設施及場主基本資料等，做為產業基盤資料庫來源，解決乳羊場知識差距，並提供未來相關研究之重要參考資料。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2778 號。
(2) 農業部畜產試驗所南區分所。
(3) 東海大學畜產與生物科技學系。
(4) 財團法人農業科技研究院。
(5) 中華民國養羊協會。
(6) 通訊作者，E-mail: mccheng@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 調查對象

本研究調查資料，為經調查人員藉由已設計之問卷，向牧場主人或管理者詢問而得。本次共調查臺灣 139 戶飼養 100 頭以上之乳羊場。

II. 資料蒐集之方法與項目

本研究以臺灣地區飼養 100 頭以上之乳羊場為研究對象，調查人員於 107 年 5 月至同年 11 月，在乳羊場以面訪方式向牧場主人或管理者進行問卷調查。調查項目包括羊隻品種、飼養管理、羊場工作人力、乳羊生產與銷售資訊、羊舍設備基本資料等。有效資料共 139 份。

III. 統計分析

問卷彙整輸入於文書軟體中 (Excel; Microsoft, 2010)，以描述性統計分析研究各項目之分布情形。以統計軟體 SAS (SAS, 2018) 分析數據結果，使用一般線性模式 (general linear models procedure, GLM) 進行變方分析，若差異顯著以最小平方均值 (least squares mean, LSMEANS) 比較其平均值之差異顯著性。

結果與討論

I. 羊場規模與羊隻品種

本研究共調查臺灣 139 戶乳羊場、羊隻總數共 39,766 頭 (表 1)，不同飼養頭數之羊場地點分佈如圖 1 所示。總體來說，本次調查規模以 100 至 199 頭占比最多 (35.3%)，其他間距規模除了 500 頭以上僅占 5% 之外，其餘大約皆占 20% 上下。調查場數分佈以臺南、高雄及嘉義為最多。該縣市亦為 107 年農業統計年報資料顯示飼養最多乳羊之前三名縣市 (農業部，2020a)。農業部 (2022) 107 年農業統計乳羊場數為 244 場，乳羊數量為 42,793 頭。本次調查場數與頭數分別占國內地區乳羊場 57.0% 與 92.9%，乳羊飼養規模為平均每場 175.4 頭，相較鄰近國家之韓國、日本、印尼、馬來西亞、泰國和越南為高，但與菲律賓 179.0 頭相近 (Min *et al.*, 1999; Liang and Paengkoum, 2019)。與歐洲國家相比，平均每場頭數較低於法國 190.0 頭，較高於希臘 160.2 頭、西班牙 63.5 頭、義大利 35.5 頭 (Pulina *et al.*, 2018)。另外，遠低於澳洲平均每場 450 頭之飼養規模 (Zamuner *et al.*, 2020)。

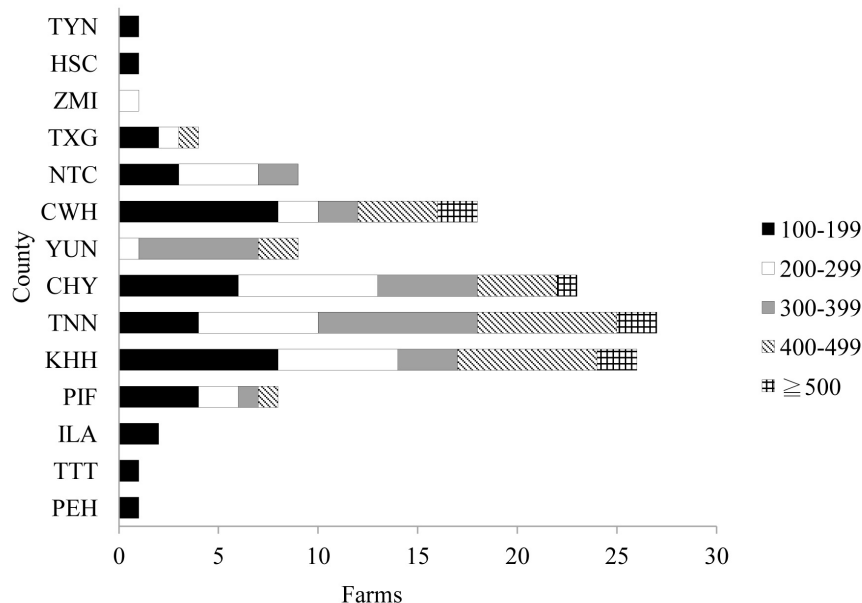


圖 1. 臺灣不同飼養頭數乳羊場之地理位置分佈 (2018 年)。

Fig. 1. Geographical location of dairy goat farms in Taiwan (2018).

TYN: Taoyuan City; HSC: Hsinchu City; ZMI: Miaoli County; TXG: Taichung City; NTC: Nantou County; CHW: Changhua County; YUN: Yunlin County; CHY: Chiayi County; TNN: Tainan City; KHH: Kaohsiung City; PIF: Pingtung County; ILA: Yilan County; TTT: Taitung County; PEH: Penghu County.

表 1. 受調查乳羊場之各品種羊隻在養數量

Table 1. The heads of various breeds in the investigated dairy goat farms

Breeds	Buck	Doe	Kid	Virgin goat	Wether	Total, head	%
Alpine	600	15,244	3,601	6,100	2,834	28,379	71.3
Saanen	148	3,572	749	1,264	540	6,273	15.8
Toggenburg	10	94	23	65	8	200	0.5
Lamanchu	2	98	20	31	0	151	0.4
Nubian	34	442	220	194	295	1,185	3.0
Hybrid	59	1,639	730	642	508	3,578	9.0
Total, head	853	21,089	5,343	8,296	4,185	39,766	
%	2.2	53.0	13.4	20.9	10.5		

Buck: billy goat, male goat; Doe: nanny goat, female goat; Kid: immature goat, small goat; Virgin goat: nulliparous female goat; Wether: castrated male goat.

進一步推測飼養不到 100 頭乳羊場為 105 場，飼養頭數總共 3,027 頭，即為 43.0% 乳羊場，其平均每場飼養頭數不到 29 頭。與本研究受調查羊場飼養頭數規模平均 286 頭相比，說明臺灣乳羊場之飼養規模朝兩極化發展。

本次調查結果顯示，臺灣飼養之乳羊品種以阿爾拜因 (Alpine) 山羊為大宗，占整體乳羊總數約 71.3%，其次撒能 (Saanen) 為 15.8% (表 1)。Panzuti *et al.* (2018) 於法國研究指出 Alpine 乳羊每日每頭泌乳量介於 2.62 至 2.97 kg，在國際上產乳性能僅次於 Saanen，且體型屬中大型，毛色又以黑或褐色為主，因此其闖公羊肥育後在市場上也深受歡迎 (吳, 2018)。白 (2008) 指出臺灣 1990 年以前進口之乳用山羊品種以 Saanen 最多，但可能因其毛色及其他因素影響，導致 Saanen 山羊飼養數量漸漸式微。依據中華民國養羊協會在西元 2000 年臺灣羊場調查數據顯示，Alpine 在養量為 28,558 頭，已較 Saanen 23,115 頭為高 (林, 2008)，由此顯示，Alpine 山羊經過多年飼養後，已成為臺灣最主要乳羊品種。

II. 仔羊

(i) 各季節仔羊出生率及離乳後育成率

本次受調查乳羊場之仔羊於春季 (28.9%) 與秋季 (31.4%) 之出生率顯著高於在夏季 (17.8%) 與冬季 (21.9%) (圖 2)。出生率計算是依據各季節出生頭數佔全年總頭數之比值表示。飼養乳羊品種主要為 Alpine 山羊，其具有高度季節性發情行為 (Amoah *et al.*, 1996; Desire *et al.*, 2018)，母羊在發情季節內配種時，其仔羊會於春天出生。而 Đuričić *et al.* (2021) 研究 Alpine 山羊在克羅埃西亞西北部地區之仔羊出生率，主要分佈在冬季 (73.6%) 和春季 (24.5%) 兩個季節。與歐洲季節性仔羊出生率之差異主要源於羊奶產銷結構，因為臺灣山羊奶銷售方式以加溫後配送為主，在涼季天氣較冷時銷售量較佳，收購價錢也以涼季較熱季為高 (林, 2015)，促使許多乳羊場會利用生殖技術將母羊調整於春末夏初配種，以增加乳羊於涼季之泌乳量。惟逆 Alpine 乳羊高度季節性發情之天性，在夏季高溫濕熱環境進行懷孕和分娩，需要更多研究探討熱緊迫傷害與乳羊生育率、育成率和使用年限等相關性，以達乳羊產業永續經營目標。

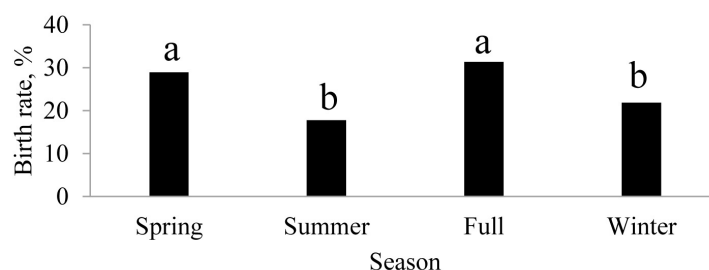


圖 2. 受調查乳羊場於不同季節之仔羊出生率。

Fig. 2. The birth rate of goat kids in different seasons in the investigated dairy goat farms. a,bSuperscripts above the open columns without a common letter differ ($P < 0.05$).

蘇等人 (2002) 研究 Alpine 與 Saanen 仔羊人工哺乳 3 個月離乳育成率為 76.5% 至 82.4%。本次受調查乳

羊場在各季節出生仔羊之離乳育成率並無顯著差異，平均為 81.1% (資料未顯示)。在歐洲克羅埃西亞西北部地區採自然哺乳之 Alpine 仔羊，至 1 月齡離乳之育成率為 93.7% (Đuričić *et al.*, 2021)。

(ii) 仔羊常見死亡日齡與原因

本次受調查之乳羊場，仔羊離乳平均死亡率為 18.9% (資料未顯示)，其中有 53.6% 仔羊於出生後 7 日內死亡為最高，其次為 8 至 15 日齡 (22.5%)。造成仔羊死亡最常見原因依序為下痢、肺炎及鼓脹 (表 2)。Alpine 與 Saanen 仔羊死亡大部份發生在其出生後 28 日內，其中有 91% 仔羊是因為肺炎或肺炎引起之併發症而死亡 (蘇等, 2002)。Donkin and Boyazoglu (2004) 調查南非 Saanen 與本地種雜交仔羊出生後死亡率與死亡原因，其結果指出當地仔羊死亡率約 29%，出生後 30 天內死亡率最高。最常見死亡原因為球蟲 (含腸炎) 所引起之下痢，其次為肺炎。有些仔羊會有球蟲與肺炎併發情況。有些則是只有罹患肺炎，此可能為仔羊未攝食足夠初乳、初乳過度加熱處理或保溫不當而引起。Choe *et al.* (2012) 調查韓國本地黑山羊飼養場之常見致死疾病發生原因，結果指出仔羊腹瀉與呼吸道疾病為仔羊常見之死亡原因。本調查結果與上述文獻報告類似。

(iii) 保溫設施與哺乳方式

表 2 顯示本次調查有高比例乳羊場備有仔羊保溫設施 (86.9%)。因有高達 93.5% 乳羊場之仔羊出生後即與母羊隔離餵養 (資料未顯示)，因此必須仰賴保溫設備維持體溫。此與國外乳仔羊餵養方式相似 (Bañón *et al.*, 2006)。本次受調查之乳羊場有 72.9% 使用之保溫設施為保溫燈，保溫箱 18.4% 為其次 (表 2)。Zhou and Xin (1999) 指出保溫燈為仔畜局部保溫主要熱能來源，因可提供快速輻射熱源與使用便利等優點。

表 2. 受調查乳羊場之仔羊飼養方式

Table 2. Feeding methods of goat kids in the investigated dairy goat farms

Survey question	Response	Percentage (number) of farms, %
What are the common diseases that cause death in kids?	Diarrhea	55.2
	Pneumonia	19.0
	Bloat	17.9
	Quardriplegia	7.9
What is the average age at death during the kid period?	0 – 7 days	53.6
	8 – 15 days	22.5
	16 – 30 days	15.6
	Over 30 days	8.3
Does the kid barn have insulation equipment?	Yes	86.9
	No	13.1
What types of kid insulation equipment are used?	Heat lamps	72.9
	Heat box	18.4
	Heat pad	8.0
	Others	0.7
When did kids start feeding with starter?	Less than 7 days	11.1
	8 – 14 days	36.2
	15 – 21 days	33.9
	22 – 28 days	14.1
	Over 28 days	4.7
When are kids weaned on average?	Less than 2 months	9.5
	2 – 3 months	71.2
	Over 3 months	19.3
Will kids have disbudding?	Yes	88.5
What is the average age for kids to be disbudding?	Less than 14 days	23.0
	15 – 21 days	47.1
	22 – 30 days	23.0
	Over 30 days	6.9

本次調查有高達 85.6% 之乳羊場使用乳汁加熱器 (資料未顯示)。莊 (2018) 指出, 乳汁於 56°C 下經 1 小時加熱處理後可有效防治山羊關節炎腦炎 (Caprine Arthritis Encephalitis, CAE) 疾病。

(iv) 教槽、離乳、去角

提供仔羊教槽料可以刺激其瘤胃發育, 提高仔羊離乳後生長性能 (Lu and Potchoiba, 1988)。本次調查結果顯示只有 47.3% 乳羊場於仔羊 14 日齡內給予教槽料 (表 2)。Anzuino *et al.* (2019) 指出英國有 47.5% 乳羊場會在 7 天內給予教槽料, 14 天內給予教槽料之乳羊場高達 85%。早期給予教槽料可促進瘤胃發育, 有助於仔羊成長與早期離乳, 未來可再加強宣導。

本次調查顯示有 71.2% 之乳羊場其仔羊於 2 至 3 月齡離乳, 有 19.3% 之乳羊場其仔羊離乳月齡超過 3 月齡 (表 2)。Panzuti *et al.* (2018) 指出法國透過營養策略使哺乳羊隻增加固態飼料採食量, 將 Alpine 乳羊離乳月齡提前至 2 月齡。其試驗更證明於 40 日齡早期離乳之 Alpine 母羊相較於 60 日齡離乳之母羊於 200 日齡時之體重並無顯著差異, 且泌乳量及乳成分亦不受影響。Anzuino *et al.* (2019) 指出英國有 69% 乳羊場之仔羊目標離乳週齡為 6 至 8 週。早期離乳可以降低畜牧場仔羊人工餵奶粉成本, 且不會影響仔羊在未來生長過程之消化效率 (Yáñez-Ruiz *et al.*, 2019)。未來可在仔羊之營養與飼養管理上深入研究, 朝早期離乳目標努力。

受調查乳羊場仔羊去角時間如表 2 所示, 有 88.5% 乳羊場為羊隻去角, 其中有 70.1% 乳羊場於仔羊 21 日齡前即去角, 有 23.0% 於 22 至 30 日齡去角, 超過 30 日齡去角亦有 6.9% (表 2)。然 Hartnack *et al.* (2018) 指出仔羊 14 至 28 日齡為理想去角時間。且 Anzuino *et al.* (2019) 指出英國有 93.3% 乳羊場之仔羊於 14 日齡前即完成去角。顯示臺灣乳羊場仔羊去角時間可再提早至 14 日齡。

燒烙法全世界最常見、最有效幫助仔羊去角之方法, 然仔羊頭骨較薄, 且較早發育, 該方法會增加大腦受到熱損傷風險, 另外, 透過燒烙法去角會導致仔羊皮質醇急性升高, 並增加壓力和疼痛之行為表達, 可能嚴重影響動物福利, 因此需要建立完善適合仔羊之去角流程和疼痛緩解策略 (Alvarez *et al.*, 2009; Hempstead *et al.*, 2020)。而燒烙法亦為臺灣乳羊場仔羊去角最常見方式 (96.7%) (資料未顯示)。但是, 在歐盟有機乳羊農場不允許對山羊進行去角, 只能在認證機構監管之特殊情況, 如衛生、動物福利或生物安全問題才能進行 (Rahmann, 2009)。

III. 乳羊生產資訊

(i) 羊隻運動場與修蹄

本次受調查乳羊場皆無實施放牧飼養模式, 且在乳羊畜舍內規畫運動場比例僅 11.9% (資料未顯示)。臺灣為地狹人稠之國家, 土地持有成本較高, 因此多數羊場都採集約化飼養方式, 以節省土地成本開銷。

修蹄容易被忽略造成蹄部變形, 嚴重導致羊隻跛腳、步態不穩、行動不便, 進而降低採食意願; 變形蹄部在長期疏忽後, 常常是難以回復原狀, 因此定期修蹄是一項必要例行工作 (楊及徐, 2018; 吳及鄭, 2023)。本次受調查乳羊場有 91.6% 乳羊場會定期幫羊隻修蹄, 其中 49.3% 乳羊場為自行修蹄, 其餘為外包聘請專業修蹄師。修蹄頻率以 3 至 6 個月為最高。但仍有 6.5% 乳羊場修蹄頻率高過 6 個月以上 (表 3), 應密切注意是否有腳蹄過長問題。

(ii) 泌乳羊頭數與使用年限

本次受調查乳羊場中, 泌乳羊頭數 200 頭以下佔 85.3% (表 3)。Pulina *et al.* (2018) 指出法國、義大利、西班牙及希臘之乳山羊場大多屬於中小型羊場, 每場泌乳羊頭數介於 36 至 190 頭, 臺灣則為 5 至 375 頭。泌乳羊群少之乳羊場普遍有兼養乳公羊, 本次調查乳羊場所生之仔公羊自行飼養比例為 62.8% (資料未顯示)。近幾年因肉羊於肉品市場拍賣價格高, 兼養乳公羊可增加羊場收入。農民表示羊乳消費量逐年遞減, 乳品公司限制羊乳收購數量, 進而限制泌乳羊飼養頭數, 而使部分乳羊場必須兼養肉羊販賣來添補虧損。

本次受調查之乳羊場, 其羊隻平均淘汰年齡以 3 至 4 歲齡之比例 46.5% 為最高 (表 3), 乳羊平均淘汰年齡不滿 4 歲齡即淘汰之羊場比例高達 67.9%。平均乳羊生產 3 至 4 胎即淘汰之比例最高 (48.5%)。Mekawy *et al.* (2009) 指出家畜長壽性關聯畜牧場經濟收入, 而 Castañeda-Bustos *et al.* (2017) 研究顯示選拔乳羊生產壽命目標建議為 72 個月。但臺灣氣候高溫多濕, 乳羊又以 Alpine 品種為主, 其於夏季有嚴重熱緊迫問題, 因此未來可朝改善夏季熱緊迫與參考國外利用體型評鑑、羊乳產量、乳脂肪產量、乳蛋白質產量、乳脂肪百分比、乳蛋白質百分比、第一胎生產年齡及第一胎與第二胎之間隔時間等, 作為山羊長壽性之選拔參數 (Castañeda-Bustos *et al.*, 2017), 以提高臺灣乳羊生產壽命。

(iii) 泌乳量

Ferro *et al.* (2017) 比較世界各地飼養山羊品種之泌乳量, 平均泌乳量最高為 Alpine 與 Saanen, 分別為 2.66

和 2.55 kg/d。在澳洲之 Saanen 平均泌乳量為 2.23 kg/d (Zamuner *et al.*, 2020)。又 Panzutil *et al.* (2018) 指出於法國飼養之 Alpine 乳羊每日每頭泌乳量介於 2.62 至 2.97 kg。受調查之乳羊場有 60.7% 每日每頭泌乳羊泌乳量超過 2 kg 以上 (表 3)。此顯示臺灣之泌乳羊飼養技術已接近世界水準。然，亦有 39.3% 乳羊場，其每日每頭平均泌乳量低於 2 kg，未來可在育種、營養及飼養管理策略來改善，以提升其羊隻潛在泌乳性能。另外，在氣候炎熱地區如馬來西亞，其 Saanen 在不同泌乳階段之泌乳量有顯著差異，以泌乳中期 833.1 g/d 最高 (Ibrahim and Tajuddin, 2021)，顯示高泌乳量乳羊在氣候炎熱地區之表現量不如預期，上述低泌乳量之羊場值得進一步探討場內羊隻是否處於熱緊迫狀態等因素造成。

表 3. 受調查乳羊場之羊乳生產資訊

Table 3. Goat milk product information in the investigated dairy goat farms

Survey question	Response	Percentage (number) of farms, %
Will goat's hoof be trimmed?	Yes	91.6
Where are the manpower sources for dairy goat hoof trimming?	Farm owner	49.3
	contract out	50.7
How often are the hoof trimming?	Less than 3 months	4.8
	3 – 6 months	88.7
	Over 6 months	6.5
How many dairy goats are raised?	Less than 100 head	43.4
	101 – 200 head	41.9
	201 – 300 head	12.4
	301 – 400 head	2.3
How long do dairy goats average stay on farm?	Less than 3 years	21.4
	3 – 4 years	46.5
	4 – 5 years	19.9
	Over 5 years	12.2
How many parities can lactating goats have on average?	Less than 3	9.1
	3 – 4	48.5
	4 – 5	28.8
	Over 5	13.6
How much milk yield does each dairy goat produce on average per day?	Less than 1 kg	2.2
	1 – 2 kg	37.1
	2 – 3 kg	59.9
	Over 3 kg	0.8
Average number of lactating months per dairy goat per year?	Less than 6 months	5.2
	6 – 8 months	48.2
	8 – 10 months	36.3
	10 – 12 months	8.1
	Over 12 months	2.2

Alpine 與 Saanen 泌乳天數相似，分別為 248 和 250 天 (Ferro *et al.*, 2017)，而在澳洲之 Saanen 泌乳天數為 233 天 (Zamuner *et al.*, 2020)。調查每頭乳羊每年平均擠乳月數，有 89.7% 牧場不到 10 個月 (300 天)，顯示乳羊場每年有配合乳羊泌乳期施行配種及乾乳措施。

(iv) 每日擠乳次數、時間及羊乳銷售方式

Salama *et al.* (2003) 研究表示乳羊每天擠乳 1 次之泌乳量比每天擠乳 2 次降低 18%，但不會對乳成分和乳房健康產生負面影響。本次調查之乳羊場全部皆為每日擠乳 2 次，時間分別為上午 06:20 ± 1 時與下午 17:30 ± 1 時 (資料未顯示)。雖有文獻證明每日擠乳次數提高至 3 次可顯著增加泌乳量 (Wilde *et al.*,

1987)，但考量成本效益關係，目前法國與澳洲泌乳羊依然採用每日擠乳 2 次之頻率，且每次擠乳間隔時間應儘量相等 (Panzuti *et al.*, 2018; Zamuner *et al.*, 2020)。本次調查有 85.2% 乳羊場之羊乳交由乳品廠收購 (資料未顯示)。

IV. 羊場基本資料

(i) 飼主之年齡分佈

本次調查發現乳羊場畜主年齡平均 56.3 歲，最小 27 歲，最大 81 歲。畜主年齡層分佈以 55 至 65 歲占 45.4% 為最多 (圖 3)。108 年農業統計要覽 (農業部，2020b) 指出臺灣從事農業人口年齡於 35 至 64 歲占 71.2% 最多。這些資料與本研究調查結果類似。Chamdi (2004) 調查印尼區域性羊場負責人之年齡區間為 15 至 55 歲占 72.9%，55 歲以上占 27.13%。相比之下，臺灣羊場負責人年齡層有較年長之趨勢。顯示牧場普遍面臨第二代經營意願不高之問題，因此，如何優化產業經營模式，使年輕人願意投入養羊產業為日後重要課題。

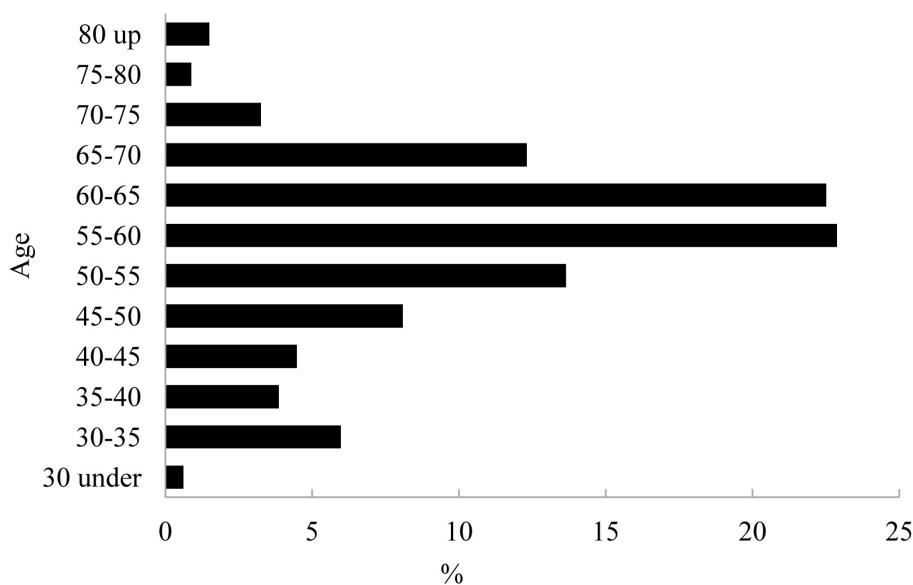


圖 3. 受調查乳羊場之畜主年齡分佈。

Fig. 3. Age distribution of owners in the investigated dairy goat farms.

(ii) 飼主之性別統計

調查顯示 78% 羊場負責人即為主要管理者，羊場主要管理人中 89.1% 為男性 (資料未顯示)。由於農事作業偏向勞力使用，女性在體力上略差於男性，因此其農事地位及角色多處於幫工性質。蔡 (2011) 指出於農牧戶工作指揮者男性占 81.1%，108 年農業年報統計資料 (農業部，2020b) 亦顯示農牧戶就業人口中男性占 74%，皆與本調查結果類似。

(iii) 工作人力

本次受調查乳羊場之平均工作人數分別為 3.03 ± 1.1 (表 4)，平均每位人力分別飼養 96.4 ± 41.8 頭。Mena *et al.* (2017) 調查西班牙地區之乳肉羊場，其羊場平均飼養頭數為 372 ± 58 頭，平均每場工作人數為 1.7 ± 0.2 ，換算每位人力可飼養 210 ± 24 頭。Pulina *et al.* (2018) 指出法國平均每個乳羊場之工作人數為 1.5 人，平均每位人力可飼養 222 頭母羊。臺灣養羊場自動化程度不高，且大部分都是圈飼飼養，勞力工作繁雜，因此單位人力飼養頭數相較以放牧為主或機械自動化程度較高之國家為少。本次受調查之乳羊場僅有 29.5% 有聘用員工，工作人力組成大部分為家庭成員 (79.4%) (表 4)。農民表示這與工資高漲與雇工困難有關，但家庭成員可以提供乳羊場較穩定工作人力來源且向心力也較一般雇員強。

表 4. 受調查乳羊場之使用勞力狀況

Table 4. Labor status in the investigated dairy goat farms (mean \pm SD)

Farms	Total labors (person)	Employees (person)	Family workforce (%)	Goats managed (heads/person)
Milk	3.03 ± 1.1	1.4 ± 0.9	79.4	96.4 ± 41.8

V. 羊舍資訊

(i) 羊舍產權所屬、方位、屋齡及面積

本次調查羊場中 95.6% 畜牧場為自有財產，租賃僅占 4.4% (資料未顯示)。此結果顯示臺灣乳羊產業朝正常與健康方向發展，因在有土斯有財之傳統觀念下，羊舍為自有財產相對租賃者來說，較有意願投資設備與長期經營決心，且後代接班可能性也較高。

表 5. 受調查乳羊場之畜舍狀況

Table 5. Goat house information in Taiwan in the investigated dairy goat farms

Survey question	Item	Results
Which orientation does the largest side of the goat barn face?	East-West	48.2%
	South-North	46.8%
	East North-West South	2.9%
	West North-East North.	2.1%
What is the average age of a goat barn?	Barn year	23.6 ± 1.39 year
How many does average structural size of the goat barn?	Roof height	5.82 ± 1.39 m
	Heel height	4.81 ± 1.41 m
	Barn length	52.2 ± 26.9 m
	Barn width	16.0 ± 8.2 m
	High-bed height	1.38 ± 0.56 m
What type of roof materials in goat barn?	Corrugated steel sheet plus heat insulation foam	41.3%
	Corrugated steel sheet	28.8%
	Asbestos roof	26.3%
	Other	3.6%
What type of high-bed materials used in goat barn?	Wood	52.0%
	Stainless steel	44.9%
	Galvanized iron mesh	2.5%
	Cement	0.6%
What type of feed trough materials used in goat barn?	Stainless steel	80.4%
	Polyvinyl Chloride	12.1%
	Iron	4.9%
	Cement	2.6%
What type of cooling equipment in goat barn?	Fan	74.5%
	Fan plus spray	16.9%
	None	8.6%
What type of manure removal methods?	Manually	54.7%
	Manure sifting net	36.8%
	Manure scraper	8.5%

本次受調查乳羊場之羊舍長軸僅有 48.2% 為東西向 (表 5)，其餘畜舍可能存在陽光長時間照射問題。喻 (2018) 指出羊舍建築長軸以東西向為佳，但可能因臺灣農地面積狹小且零碎，多數羊舍建造時需遷就持有土地之地形與地貌，因此，此類羊舍可能需使用降溫設備來改善羊隻熱緊迫之症狀。

調查羊場羊舍屋齡與面積結果如表 5 所示，乳羊場之平均屋齡為 23.6 ± 1.39 年。羊場畜舍平均面積 (畜舍長 × 寬) 為 835 m² (資料未顯示)。Toussaint (1997) 指出，舍內飼養之每頭成年羊隻所需最少空間為 0.5 m²，離乳前仔羊則為 0.3 m²。如果以本次調查之總飼養頭數與場數換算平均飼養頭數為 289 頭，並以畜舍面積 1/3 為羊隻飼養面積計算，每頭羊隻之飼養空間平均為 0.93 m²，顯示目前臺灣羊隻飼養密度尚在合理範圍。另外，為維持舍內有足夠之自然通風，畜舍高度最低要有 3 m。在本次受調查之乳羊場中全部都採高床飼養，羊床平均高度為 1.38 ± 0.56 m。羊舍屋頂平均高度為 5.82 ± 1.39 m。屋頂高有利通風，但屋

簷如果太高，則會增加陽光直射入內時間，而使舍內溫度升高。喻 (2018) 建議臺灣羊舍屋簷高度為 2.5 至 4.5 m，屋頂與屋簷之斜率為 1/4。本次調查羊舍屋簷高度約 4 至 5 m 左右，屋頂與屋簷斜率約為 1/8 至 1/9，較不利浮力通風。

(ii) 羊舍屋頂、羊床及飼槽型式與材質

受調查乳羊場中，羊舍有太子樓設施比例為 20.9%，具封閉式屋頂型式之羊場有 24.5% 於屋頂裝置排風設施 (資料未顯示)。羊舍屋頂材質有 70.1% 選用浪板材質 (表 5)，其中 41.3% 羊舍於浪板底層再輔以泡棉或木頭隔熱。受調查羊農表示，封閉式屋頂較太子樓能防風與防雨，且維護也較方便。羊舍之屋側型式以帆布占 93.4% 最多 (資料未顯示)，帆布較有利於調整通風及其價格較低廉等優點。

受調查羊場中，羊床材質以木條使用比例最高 (52.0%)，44.9% 使用不鏽鋼為其次 (表 5)。羊農表示羊床材質選用木頭材質理由為冬暖夏涼與羊隻不易滑倒之優點，選用不鏽鋼理由為其有堅固耐用與不鏽蝕優點，可節省維修成本與時間。Chiang *et al.* (2020) 強烈建議裝設木板羊床之羊場需改善木地板材料或徹底清潔、定期消毒並保持地板乾燥，以預防山羊感染弓形蟲。在馬來西亞因自然資源枯竭、氣味污染、維護成本較高和使用壽命較低等原因，使用木質材料建造乳羊舍幾乎不再可行，開始採用鋁和鍍鋅鐵等複合材料取代木頭 (Awang *et al.*, 2020)。許 (2017) 指出金屬網狀床面或木條床面並不會顯著影響泌乳羊於熱季時之乳產量、乳組成及總生菌數。

有 92.8% 受調查乳羊場之飼槽為高架型式 (資料未顯示)。乳羊場使用不鏽鋼材質之飼槽比例最高 (80.4%)，其次為 12.1% 使用聚氯乙烯 (PVC) 塑膠管 (表 5)。此現象可能為經營乳羊場者投入資金高，傾向選擇使用年限較長之材料作為飼槽材質來源。

(iii) 羊舍降溫設備

本次受調查之乳羊場有 74.5% 裝設風扇作為降溫設施，其中又有 16.9% 增設噴霧作為降溫輔助 (表 5)。Koluman and Daskiran (2011) 指出，保持畜舍通風除可增進動物福利外，亦可透過降低畜禽體表或環境熱能，進而增加畜禽性能表現，並降低環境中污染物質濃度。同時其試驗指出，當環境溫度平均 35°C，強制風扇通風組較無風扇通風組羊隻之活體重量增加 15%。

(iv) 糞便清除設備、方式

本次受調查乳羊場僅有 45.3% 使用機械式糞便清除設備 (表 5)。此可能與乳羊場規模不大有關。

VI. 羊場紀錄

(i) 羊隻個體識別方式

本次受調查之乳羊場有 82.5% 建立羊隻個體識別標籤 (表 6)，其中又以耳標占比最多、耳刻居次。農民表示，耳標較容易辨識與紀錄，但其也有容易被羊隻扯咬掉落之缺點。

表 6. 受調查乳羊場之羊場紀錄

Table 6. Goat record in Taiwan in the investigated dairy goat farms

Survey question	Item	Percentage (number) of farms, %
How to establish goat individual identification?	Ear tag	49.6
	Ear notch	16.5
	Collar	12.2
	banding	1.4
	Ear tattoo	4.3
	None	15.8
What types of management records in dairy goat farms?	Reproduction	29.5
	Feeding	22.3
	Cost	24.5
	Therapy	58.3
	Disinfection	89.9

(ii) 場內管理紀錄

羊隻個體識別為場內紀錄之基本，個體識別有助於羊場管理者在選拔育種、疾病管理及繁殖生產上使用，為未來羊場發展所必須 (Olivier *et al.*, 2005)，然而本次調查僅不到 30% 羊場確實執行場內繁殖、飼養、

成本紀錄(表6)。然而,疾病管理與場內消毒紀錄比率分別56.4%與88.9%羊場有執行,此可能為避免治療用抗生素污染乳品與現行動物傳染病防治條例等相關法規強制規定有關。未來應加強相關教育宣導與開發容易使用之紀錄工具,鼓勵農民執行場內紀錄。

結 論

國人飼養之乳羊品種以Alpine為大宗,畜舍設計則偏好高床設計,大致上,乳羊場逐漸朝向專業化經營,且山羊產業所面臨之環保問題也低於其他畜禽。以上為臺灣養羊產業之利基與希望,惟羊場負責人與主要管理者年齡層較大,未來羊舍應朝省工與自動化方向努力,期能吸引更多年輕人投入養羊產業。臺灣養羊產業目前受限於國人對羊乳氣味敏感與羊肉末端產品單一影響,導致羊場規模與利潤難以擴大,多元化產品研發及通路行銷亦是學術與產業需努力方向。另一方面,由目前調查資料顯示,養羊產業在羊隻飼養管理上已具有基本觀念,惟在仔羊早期離乳、母羊使用年限、泌乳量及人力使用效率上都還有改善空間,且應落實牧場管理紀錄,做為場內育種、經營效率及疾病管理之參考依據。

致 謝

本試驗承農業部計畫(107 救助調整一牧一 25(1))經費補助。研究調查期間承國立臺灣大學徐濟泰教授及國立宜蘭大學楊价民教授提供意見協助建立調查表格,特此誌謝。

參考文獻

- 白火城。2008。乳羊產業發展之現況與未來,畜牧要覽草食家畜篇。華香園出版社,臺北市,第11-18頁。
- 林炯仁。2008。肉羊產業發展之現況與未來,畜牧要覽草食家畜篇。華香園出版社,臺北市,第18-25頁。
- 林佳穎。2015。臺灣地區乳羊養殖戶經營策略、銷售通路與績效關係之探討。國立中興大學行銷學系所,碩士論文,臺中市。
- 吳明哲。2018。山羊之品種與育種,山羊飼養管理要覽。農業部畜產試驗所,臺南市,第11-35、90-91頁。
- 吳志華、鄭閔謙。2023。新型磨蹄網對山羊過長腳蹄磨效果之評估。畜產研究 56: 230-235。
- 許辰。2017。不同種類地面材質對泌乳羊行為暨生產表現之影響。國立臺灣大學,碩士論文,臺北市。
- 喻新。2018。羊舍建築設計準則,山羊飼養管理要覽。農業部畜產試驗所,臺南市,第143-165頁。
- 楊价民、徐于捷。2018。山羊飼養現場管理,山羊飼養管理要覽。農業部畜產試驗所,臺南市,第90-91頁。
- 莊士德。2018。羊場健康管理與重要疾病防治,山羊飼養管理要覽。農業部畜產試驗所,臺南市,第119-140頁。
- 農業部。2020a。農業統計年報。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 農業部。2020b。農業統計要覽。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 農業部。2022。畜牧類農情統計調查結果(含產值)。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。
- 蔡培慧。2011。臺灣農村婦女在減貧、農村發展與糧食安全中的角色與培力。財團法人婦女權益促進發展基金會研究報告,臺北市。
- 蘇安國、楊深玄、陳水財、謝瑞春。2002。仔羊飼養模式之建立—I. 離乳前仔羊飼養方式對離乳時仔羊生長性狀之影響。畜產研究 35: 281-292。
- Alvarez, L., R. A. Nava, A. Ramirez, E. Ramirez, and J. Gutiérrez. 2009. Physiological and behavioural alterations in disbudded goat kids with and without local anaesthesia. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 117: 190-196.
- Amoah, E. A., S. Gelaye, P. Guthrie, and Jr. C. E. Rexroad. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *J. Anim. Sci.* 74: 723-728.
- Anzuino, K., T. G. Knowles, M. R. F. Lee, and R. Grogono-Thomas. 2019. Survey of husbandry and health on UK commercial dairy goat farms. *Vet. Rec.* 185: 267-267.
- Awang, R., S. B. Mohamed, W. Noorakma, and N. Raihan. 2020. A sustainable dairy goat housing design using composite material for domestic farming in Malaysia. *Int. J. Adv. Sci. Technol.* 29: 2885-2893.
- Bañón, S., R. Vila, A. Price, E. Ferrandini, and M. D. Garrido. 2006. Effects of goat milk or milk replacer diet on meat

- quality and fat composition of suckling goat kids. *Meat Sci.* 72: 216-221.
- Castañeda-Bustos, V. J., H. H. Montaldo, M. Valencia-Posadas, L. Shepard, S. Pérez-Elizalde, O. Hernández-Mendo, and G. Torres-Hernández. 2017. Linear and nonlinear genetic relationships between type traits and productive life in US dairy goats. *J. Dairy Sci.* 100: 1232-1245.
- Chamdi, A. N. 2004. Study of socio economic profile of small holder goat farming in Gumelar sub-district Banyumas regency. *J. Anim. Prod.* 6: 61-67.
- Chiang, S. H., H. H. Huang, C. C. Chou, C. S. Chu, W. L. Shih, J. M. Lai, H. C. Lin, W. C. Yang, H. H. Lee, Y. L. Tsai, and Y. C. Su. 2020. Epidemiological survey of *Toxoplasma gondii* and *Neospora caninum* infections in dairy goats in Central-Southern Taiwan. *J. Vet. Med. Sci.* 82: 1537-1544.
- Choe, C., D. Kang, S. H. Choi, C. Y. Cho, B. Y. Jung, J. K. Son, T. Y. Hur, Y. H. Jung, S. J. Kang, Y. J. Do, I. S. Ryu, U. H. Kim, Y. S. Park, and D. S. Son. 2012. A survey of disease occurrence in Korean black goats. *J. Vet. Clin.* 29: 160-164.
- Desire, S., S. Mucha, M. Coffey, R. Mrode, J. Broadbent, and J. Conington. 2018. Pseudopregnancy and aseasonal breeding in dairy goats: genetic basis of fertility and impact on lifetime productivity. *Animal* 12: 1799-1806.
- Donkin, E. F. and P. A. Boyazoglu. 2004. Diseases and mortality of goat kids in a South African milk goat herd. *South African J. Anim. Sci.* 34: 258-261.
- Đuričić, D., I. Ž. Žaja, M. Benić, T. Sukalić, M. Kovačić, and M. Samardžija. 2021. Relationship between reproductive performance and meteorological variables in French Alpine goats in the northwestern part of Croatia. *J. Anim. Behav. Biometeorol.* 9: 1-6.
- Ferro, M. M., L. O. Tedeschi, and A. S. Atzori. 2017. The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats. *Transl. Anim. Sci.* 1: 498-506.
- Hartnack, A. K., M. S. Diplomate, M. E. Jordan, A. J. Roussel, and M. S. Diplomate. 2018. Complications associated with surgical dehorning in goats: A retrospective study of 239 cases. *Vet. Surg.* 47: 188-192.
- Hempstead, M. N., J. R. Waas, M. Stewart, and M. A. Sutherland. 2020. Goat kids are not small calves: Species comparisons in relation to disbudding. *Anim. Welf.* 29: 293-312.
- Ibrahim, N. S. and F. H. A. Tajuddin. 2021. Evaluation of milk production and milk composition at different stages of Saanen dairy goats. *J. Agrobiotechnol.* 12: 204-211.
- Koluman, N. and I. Daskiran. 2011. Effects of ventilation of the sheep house on heat stress, growth and thyroid hormones of lambs. *Trop. Anim. Health Prod.* 43: 1123-1127.
- Liang, J. B. and P. Paengkoum. 2019. Current status, challenges and the way forward for dairy goat production in Asia-conference summary of dairy goats in Asia. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 32:1233.
- Lu, C. D. and M. J. Potchoiba. 1988. Milk Feeding and Weaning of Goat Kids-A Review. *Small Rumin. Res.* 1: 105-112.
- Mekkawy, W., R. Roehle, R. M. Lewis, M. H. Davies, L. Bungler, G. Simm, and W. Haresign. 2009. Genetic relationship between longevity and objectively or subjectively assessed performance traits in sheep using linear censored models. *J. Anim. Sci.* 87: 3482-3489.
- Mena, Y., R. Gutierrez-Peña, F. A. Ruiz, and M. Delgado-Pertíñez. 2017. Can dairy goat farms in mountain areas reach a satisfactory level of profitability without intensification? A case study in Andalusia (Spain). *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 41: 614-634.
- Min, T. G., K. O. Kong, and H. B. Song. 1999. The marketing of the goat in Korea. College of Natural Resources, Taegu University, South Korea.
- Monteiro, A., J. M. Costa, and M. J. Lima. 2018. Goat System Productions: advantages and Disadvantages to the Animal, Environment and Farmer. *Goat Sci.* pp. 351-366.
- Olivier, J. J., S. W. P. Cloete, S. J. Schoeman, and C. J. C. Muller. 2005. Performance testing and recording in meat and dairy goats. *Small Rumin. Res.* 60: 83-93.
- Panzuti, C., G. Mandrile, C. Duvaux-Ponter, and F. Dessauge. 2018. Early weaning and high feeding level in post-weaning period did not impact milk production in Alpine dairy goats. *J. Dairy Res.* 85: 277-280.
- Pulina, G., M. J. Milán, M. P. Lavín, A. Theodoridis, E. Morin, J. Capote, D. L. Thomas, A. H. D. Francesconi, and G. Caja. 2018. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *J. Dairy Sci.* 101: 6715-6729.
- Rahmann, G. 2009. Goat milk production under organic farming standards. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 11: 105-108.

- Salama, A. A. K., X. Such, G. Caja, M. Rovai, R. Casals, E. Albanell, M. P. Marín, and A. Marti. 2003. Effects of once versus twice daily milking throughout lactation on milk yield and milk composition in dairy goats. *J. Dairy sci.* 86: 1673-1680.
- SAS. 2018. SAS/ STAT® Version 9.2th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Toussaint, G. 1997. The housing of milk goats. *Livest. Prod. Sci.* 49: 151-164.
- Wilde, C. J., A. J. Henderson, C. H. Knight, D. R. Blatchford, A. Faulkner, and R. G. Vernon. 1987. Effects of long-term thrice-daily milking on mammary enzyme activity, cell population and milk yield in the goat. *J. Anim. Sci.* 64: 533-539.
- Yáñez-Ruiz, D. R., E. Martínez, E. Jiménez, R. Serrano, A. Belanche, and A. I. Martín-García. 2019. Early weaning of kid goats does not compromise rumen microbial colonization and post-weaning digestive capacity. *Options Méditerranéennes. Serie A, Séminaires Méditerranéens* 123: 195-200.
- Zamuner, F., K. DiGiacomo, A. W. N. Cameron, and B. J. Leury. 2020. Effects of month of kidding, parity number, and litter size on milk yield of commercial dairy goats in Australia. *J. Dairy Sci.* 103: 954-964.
- Zhou, H. and H. Xin. 1999. Effects of heat lamp output and color on piglets at cool and warm environments. *Appl. Eng. Agric.* 15: 327-330.

Survey on feeding status of dairy goat industry in Taiwan ⁽¹⁾

Chao-Chih Pan ⁽²⁾ Jhih-Hua Wu ⁽²⁾ Felix Shih-Hsiang Hsiao ⁽³⁾ Zong-Sian Syu ⁽⁴⁾
Jun-Chen Lin ⁽⁵⁾ and Min-Chien Cheng ⁽²⁾⁽⁶⁾

Received: Aug. 3, 2023; Accepted: Jan .8, 2024

Abstract

The goat industry should develop knowledge in raising and professional management gradually, which could provide reference in Taiwan. A total of 139 goat farms with a feeding scale of more than 100 heads were surveyed. The number of farms surveyed and goat raised accounted for 53.7% and 92.9% of the domestic total farms and dairy goat population respectively. 71.3% of raised goat breeds were Alpine goats. The number of kids born in spring and autumn was significantly higher than that in summer and winter. There was no significant difference in the survival rate of goat kid born in different seasons, which averaged above 80%. Mortality of goat kid was the highest within 7 days after birth as compared with other stages. The most common causes of death for goat kids were diarrhea and pneumonia. Only 47.3% of farms gave creep feed to goat kids within 14 days of age. Age at weaning was 3.0 ± 1.1 months in 71.2% of farms. 88.5% of farms were dehorned the goat kids, and 93.1% of them were done within 30 days of age. The heads of lactating goat was the majority (85.3%) raised below 200. 67.9% of goat who were culled under the fourth parity. On average, lactating goats were culled within 3-4 parity (46.5%). Between 55 to 65 years old of owners was most distributed, accounting for 45.4%. 89.1% of main managers were male. The average number of workers per farm was 3.03 ± 1.1 , one labor managed 96.4 ± 41.8 heads of goats. The property rights of farms were 95.6% with self-owned assets. The average barn year of goat farm was 23.6 ± 1.39 years, area of goat barn and height of high-bed was 835 m² and 1.38 ± 0.56 m, respectively. Only 45.3% of goat farms were used mechanical manure removal equipment. 82.5% of farms have established individual identification for goats, but only less than 30% of farms actually implement reproduction, feeding, and cost records. In short, Taiwan's dairy goat industry has basic concepts in feeding management. However, it will need promote in the early weaning of kids, the productive life of the does, milk yield and the efficiency of worker use in the future. In addition, management records should be implemented as a reference for breeding, operating efficiency, and disease management. The survey of dairy goat farms could be used as primary information to provide references for future industry development and related research.

Key words: Production and marketing, Goat facilities, Goat worker, Dairy goat breed, Feeding and management.

(1) Contribution No. 2778 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

(3) Department of Animal Science and Biotechnology, Tunghai University, 1727 Section 4 Taiwan Boulevard, Taichung 407302, Taiwan, R. O. C.

(4) Agricultural Technology Research Institute, 1 Lane 51Dahu Road, Hsinchu 300, Taiwan, R. O. C.

(5) Goat Farmer Association, 105 Mituo Road, Chiayi 60040, Taiwan, R. O. C.

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

林下養鵝對環境生態及土壤性狀之影響⁽¹⁾

蕭智彰⁽²⁾ 李姿蓉⁽³⁾ 王勝德⁽²⁾ 楊懿如⁽⁴⁾⁽⁵⁾

收件日期：112 年 7 月 10 日；接受日期：113 年 1 月 15 日

摘 要

本研究旨在調查林下養鵝對環境生態及土壤性狀影響及粗收益。調查地點位於花蓮縣光復鄉人工造林地，以 250 隻白羅曼鵝實施林間放牧。調查結果顯示，在生態環境方面，林下養鵝對於鳥類、哺乳類及兩棲爬行類未有明顯影響，惟對林下植被覆蓋度明顯下降，由 100% 下降至 50%，至結束養鵝後之植被覆蓋度更降至 25%。養鵝林地的 β 多樣性指數從 0.879 逐漸下降至 0.831，降度為 -0.048，顯示林下養鵝會造成植物生態多樣性的下降。在土壤性狀方面，林下養鵝對環境土壤之 pH 值、總氮、鉀、鈣與銅含量具顯著影響 ($P < 0.001$)，顯示林下養鵝可以增加土壤肥力，從而成為農場營養循環的一部分，惟對其電導度、磷、鋅與鎂則無顯著影響。鵝隻 12 週齡體重平均為 5.40 kg、飼料轉換率 3.24，每隻鵝平均粗收益 160 元。綜合上述，於夏季進行林下養鵝需先進行適度林下空間規劃，避免造成對環境生態影響。

關鍵詞：環境生態、土壤性狀、林下養鵝。

緒 言

聯合國糧食及農業組織 (Food and Agriculture Organization, FAO) 提出促進永續農業的方針，其中一項便是混農林業 (Agroforestry)，混農林業指的是在一定土地面積內，以某種形式的空間排列或時間順序，同時進行樹木、動物、作物的經營，不僅整合農林牧業，更使生產多樣化和永續 (FAO, 2015)。相似於混農林業，施行保育政策的臺灣將目標傾注於林下經濟 (何及許, 2020)，利用林下的空間進行農業等經濟行為 (黃, 2018)。行政院農業委員會林務局在 2016 年成立「林下經濟推動小組」，邀集行政院農業委員會農糧署、行政院農業委員會林業試驗所、行政院農業委員會農業試驗所等機關，在不破壞森林環境的前提下進行林下經濟的試驗 (何及許, 2020；林, 2021)，並於 2019 年提出「適地發展林下經濟」政策，在上述原則下，進行林下森林副產物的經營，以分享森林生態系的多元服務價值 (行政院農業委員會林務局, 2019)。

鵝係草食性且耐粗食之水禽，且為國內重要之禽肉來源，依據行政院農業委員會農業統計年報 (2021)，110 年度肉鵝屠宰量為 364 萬隻，主要品種為白羅曼鵝，市占率為 97%，其餘 3% 則是華鵝。而鵝肉係為一種高蛋白、低脂肪及低膽固醇的肉類，於食品與健康保健日益重視的今日，其消費量有逐年增加的趨勢 (Liu *et al.*, 2014)。本研究旨在調查林下養鵝對環境生態、土壤性狀及粗收益之影響。

材料與方法

I. 調查環境與動物飼養管理

調查地點位於花蓮縣光復鄉臨馬鞍溪畔一般農業用地 (23°40'35.6"N, 121°26'23.7"E)，為超過 10 年的人造林，周邊為水稻田及雜木林。依調查目的分為對照林地及養鵝林地 2 大樣區，對照林地呈現狹長型，主要栽植樹種有茄苳 (*Bischofia javanica*)、土肉桂 (*Cinnamomum osmophloeum*)、樟樹 (*Cinnamomum camphora*)、烏心石 (*Michelia compressa*)、大葉桃花心木 (*Swietenia macrophylla*)、欒 (*Zelkova serrata*) 等，總面積約 660 m²。養鵝林

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2779 號。
(2) 農業部畜產試驗所北區分所。
(3) 農業部畜產試驗所飼料作物組。
(4) 國立東華大學自然資源與環境學系。
(5) 通訊作者，E-mail: treefrog@gms.ndhu.edu.tw。

地呈現方型，除對照林地主要栽植的樹種外，另增加楓香 (*Liquidambar formosana*)，總面積約 784 m²。調查時間為 2021 年 7 月 7 日 (放養前)、8 月 10 日 (放養中)、9 月 16 日 (售鵝後) 及 10 月 18 日 (售鵝後 1 個月)。購自民間孵化場之 250 隻白羅曼 1 日齡雛鵝，其中逢機取 50 隻掛腳環以記錄體重資料，供計算增重與飼料轉換率，前 4 週飼養於舍內高床，飼養期間水及飼料任飼 (表 1)。於第 5 週移至養鵝林地收集白羅曼鵝之飼料採食量至 12 週齡分批送至屠宰場止，於 9 月 15 日結束飼養工作。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Ingredients	Starting period	Growing period
Yellow Corn, ground	29.20	30.00
Soybean meal, 44%	27.90	20.00
Brown rice	29.20	30.00
Wheat bran	—	6.00
Alfalfa meal	2.00	7.00
Soybean oil	3.00	—
Molasses	1.00	4.00
Fish meal, 65%	5.00	—
Calcium carbonate	0.70	0.50
Dicalcium phosphate	1.00	1.50
Salt	0.30	0.30
Choline chloride, 50%	0.10	0.10
DL-methionine	0.15	0.15
L-lysine	0.05	0.10
Vitamin premix ¹	0.25	0.20
Mineral premix ²	0.15	0.15
Total	100.00	100.00
Calculated value		
Crude protein, %	20.24	15.00
ME ³ , kcal/kg	2,914.00	2,557.00
Crude fiber, %	3.11	6.87
Calcium, %	0.89	0.78
Non-phytate phosphorus, %	0.45	0.41

¹ Supplied per kilogram of diet: vitamin A 10,000 IU, vitamin D₃ 2,000 IU, vitamin E 20 IU, vitamin B₁ 1 mg, vitamin B₂ 4.8 mg, vitamin B₆ 3 mg, vitamin B₁₂ 0.01 mg, biotin 0.2 mg, vitamin K₃ 1.5 mg, D-calcium pantothenate 10 mg, folic acid 0.5 mg, nicotinic acid 25 mg.

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

³ ME: Metabolizable energy.

II. 調查項目與分析方法

- (i) 鵝隻粗收益計算：收集調查期間之飼料用量、記錄掛有腳環的 50 隻鵝體重 (表 2)，250 隻鵝之平均採食量、鵝隻活體售價依中華民國養鵝協會公告之產地每日交易價格計算之。
- (ii) 生態調查：分為對照林地及養鵝林地，每月定期調查野生動植物資源 (圖 1)，調查日午後 4 時進行維管束植物、鳥類與哺乳類調查，於天黑後進行兩棲類及爬行類調查。
 1. 採用穿越線法 (Line transect) 於日間進行，調查人員於 2 種林地內各停留 20 分鐘，期間內以固定的速度記錄眼睛看到、耳朵聽到的物種種類與數量。
 2. 採用定點計數法 (Point count) 於 2 種林地內的定點分別進行 2 分鐘的目視及聽音的調查。
 3. 採用目視遇測法 (Visual encounter surveys) 於天黑後進行，調查人員於 2 種林地內各停留 20 分鐘，期間內

以固定的速度做穿越線調查，記錄眼睛看到的物種種類與數量。

4. 穿越線鳴叫計數法 (Audio strip transects) 則記錄在特定穿越線兩側聽到的蛙類種類及數量。

- (iii) 土壤性狀調查：2 種林地各採 10 個點，每點採樣深度 0 – 15 cm，每點取 0.6 – 1.0 kg 土壤，經風乾後研磨、過篩送至畜試所飼料作物組進行分析，項目包含 pH 值、電導度 (electrical conductivity, EC)、總有機碳、總氮、鈣、磷、鉀、鎂、銅及鋅等。

表 2. 林下養鵝粗收益

Table 2. Evaluation of crude earnings of feeding geese under the forestlands

Items	Male (n = 22)	Female (n = 28)
Body weight of birth, g	90	85
Marking body weight (12 weeks of age), g	5,990	4,980
Gain weight, g	5,900	4,895
Feed intake, g/250 birds	17,640	
Feed conversion ratio, feed/gain	3.24	
Feed cost, NT\$/250 birds	78,963	
Gain weight cost, NT\$/250 birds	117,884	
Crude earnings, NT\$/250 birds	38,291	



圖 1. 林下環境生態調查。

Fig. 1. Investigation of environmental ecology under the forestlands.

III. 統計分析

試驗所得資料利用統計分析系統 (Statistical Analysis System, SAS, 2004) 進行統計分析，依一般線性模式 (General Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，再以 Tukey's Studentized Range Test 比較處理組間之差異顯著性。另生態調查數據利用 Microsoft Excel 軟體，進行生物多樣性指數，即 α 多樣性 (Shannon-Wiener Index)、 β 多樣性 (Sørensen–Dice Coefficient) 與 γ 多樣性 (Gamma Diversity) α 多樣性比較對照林地與養鵝林地的物種多樣性， β 多樣性比較放養前 (7 月) 與不同月份調查的物種數，以探討 2 種林地的物種差異， γ 多樣性則比較 2 種林地的物種數：

$$\text{Shannon-Wiener Index 公式： } \alpha = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

其中，S：各群集中所記錄到的物種數。 p_i ：各群集中第 i 種物種所佔的比例。

$$\text{Sørensen-Dice Coefficient 公式： } \beta = \frac{2S_{1,2}}{S_1 + S_2}$$

其中， S_1 ：群集 1 的物種數。 S_2 ：群集 2 的物種數。 $S_{1,2}$ ：群集 1 和群集 2 共有的物種數。

Gamma Diversity 公式： $\gamma = S_{1,2}$

$S_{1,2}$ ：群集 1 和群集 2 所有的物種數。

結果與討論

I. 林下養鵝粗收益

表 2 顯示，於 12 週齡之公鵝平均體重為 5.99 kg，母鵝為 4.98 kg，平均為 5.40 kg，飼料轉換率為 3.24。張等 (2013) 指出，13 週齡白羅曼鵝上市體重約 5.44 kg，本調查結果與張等 (2013) 結果相似。盧等 (1991) 指出，生長鵝隻 (6 – 13 週齡) 放牧於盤固拉草地時，試驗期間平均每日每隻之採食量約 396 g，本調查則為 305 g。林等 (2007) 指出，餵飼狼尾草與尼羅草之鵝隻 (0 – 13 週齡)，飼料採食量分別為每隻 18.0 kg 與 17.8 kg，本調查每隻為 17.64 kg，顯示林下放牧與人工餵飼牧草結果相似。王等 (2004) 指出，5 – 8 週齡白羅曼鵝之生長表現受相對高溫環境的抑制，於飼料採食量與增重上較相對低溫環境降低 23.1% 與 21.0%，且 13 週齡體重亦下降 10.9%。在夏季因氣候炎熱導致鵝隻在白天的食慾變差，如於林下養鵝可提供適宜之生長環境 (圖 2)，從而促進成長，民間夏季時節之鵝隻上市體重要求為 5.10 kg 以上，本次飼養結果亦符合市場需要。另分析林下養鵝粗效益，銷售金額扣除飼料費用再除以總隻數，每隻鵝平均收益 160 元，顯示林下養鵝具有初步經濟效益。



圖 2. 林下養鵝。

Fig. 2. Feeding geese under the forestlands.

II. 生態影響調查

(i) 不同林地植物物種調查結果列於表 3，二種林地共調查到維管束植物共 44 科 75 種，物種最豐富的 3 科依序為禾本科 8 種、茄科 6 種及菊科 5 種。以來源別區分，原生種 47 種 (63%)、歸化種 25 種 (33%) 及栽培種 3 種 (4%)，顯示樣區植被半數植物為自然拓殖，其餘為人為刻意引入栽種。另比較養鵝林地在放養鵝隻後 1 個月的植被覆蓋度，已由 100% 下降至 50%，至結束養鵝後之植被覆蓋度更降至 25% (圖 3)，於調查期間並記錄到葉片或莖幹上有鵝的啄痕。鵝隻對啄食的植物並沒有明顯的選擇性，甚至有毒植物 (如 *Phytolacca americana* Linn.) 及大型草本植物 (如香蕉) 都有被啄食的情形。對照林地的植被覆蓋度則由原本的 30% 至調查結束後逐漸上升至 65%，推測與調查期間降雨有關。調查期間遭遇 2 次颱風帶來豐沛的雨量，林下有許多植物種子發芽、長葉，植物生長茂盛或是新個體的萌蘖都增加林下植被覆蓋度。另在植物多樣性分析中，養鵝林地的 β 多樣性指數從 0.879 逐漸下降至 0.831，降度為 -0.048，而對照林地則持平為 0.876，顯示林下養鵝會造成植物生態多樣性的下降。

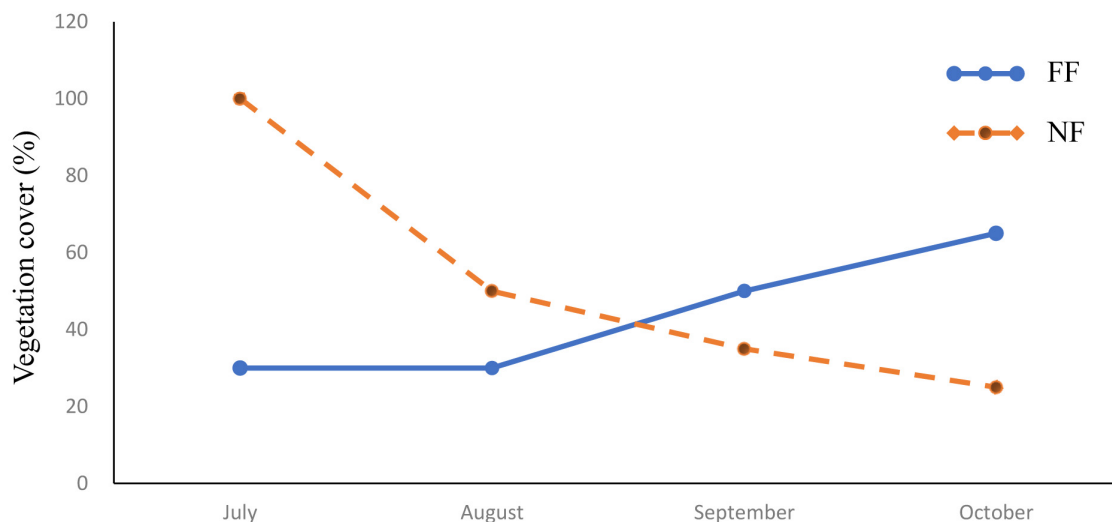


圖 3. 不同月份植被覆蓋度之變化。

Fig. 3. Vegetation cover changes in different month.

FF: Feeding geese under the forestlands, NF: Not feeding geese under the forestlands.

表 3. 不同林地植物物種調查結果

Table 3. Investigation results of plant species in different forestlands

Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Aspleniaceae								
<i>Asplenium nidus</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Athyriaceae								
<i>Deparia petersenii</i>		V	V	V	V	V		V
Davalliaceae								
<i>Davallia griffithiana</i>		V	V	V	V	V		V
Dennstaedtiaceae								
<i>Microlepia strigose</i>		V	V	V	V	V		V
Polypodiaceae								
<i>Lemmaphyllum microphyllum</i>		V	V	V	V	V		V
<i>Drynaria coronans</i>		V	V	V	V	V		V
Pteridaceae								
<i>Pteris fauriei</i>	V							
Thelypteridaceae								
<i>Christella dentata</i>	V		V					
Amaranthaceae								
<i>Amaranthus lividus</i>	V							
Anacardiaceae								
<i>Mangifera indica</i>	V		V		V		V	
Caricaceae								
<i>Carica papaya</i>	V		V		V		V	
Compositae (Asteraceae)								
<i>Bidens pilosa var. radiata</i>	V	V	V				V	
<i>Mikania micrantha</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
<i>Conyza canadensis</i>	V	V	V	V		V		
<i>Youngia japonica</i>		V						
<i>Pterocypsela indica</i>	V		V		V		V	

表 3. 不同林地植物物種調查結果 (續)

Table 3. Investigation results of plant species in different forestlands (continued)

Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Convolvulaceae								
<i>Ipomoea obscura</i>	V				V		V	
Euphorbiaceae								
<i>Macaranga tanarius</i>	V		V		V		V	V
<i>Bischofia javanica</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
<i>Chamaesyce hirta</i>				V		V		
<i>Glochidion philippicum</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Hamamelidaceae								
<i>Liquidambar formosana</i>	V		V		V		V	
Lauraceae								
<i>Cinnamomum osmophloeum</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
<i>Cinnamomum camphora</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Labiatae								
<i>Clinopodium gracile</i>				V		V		
Leguminosae (Fabaceae)								
<i>Leucaena leucocephala</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Lythraceae								
<i>Lagerstroemia subcostata</i>	V		V		V		V	
Magnoliaceae								
<i>Michelia compressa</i>		V		V		V		V
Meliaceae								
<i>Swietenia macrophylla</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Moraceae								
<i>Morus australis</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
<i>Broussonetia papyrifera</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
<i>Artocarpus incises</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Myrsinaceae								
<i>Ardisia squamulosa</i>				V		V		V
Oleaceae								
<i>Fraxinus griffithii</i>		V		V		V		V
Oxalidaceae								
<i>Oxalis corymbosa</i>			V					
<i>Oxalis corniculata</i>	V							
Passifloraceae								
<i>Passiflora suberosa</i>		V		V		V	V	V
Phytolaccaceae								
<i>Phytolacca americana</i>	V		V		V			
Piperaceae								
<i>Piper betle</i>	V		V		V		V	
Pittosporaceae								
<i>Pittosporum pentandrum</i>	V		V	V	V	V	V	V
Ranunculaceae								
<i>Clematis grata</i>	V		V	V	V	V	V	

表 3. 不同林地植物物種調查結果 (續)

Table 3. Investigation results of plant species in different forestlands (continued)

Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Rosaceae								
<i>Rubus rosifolius</i>		V		V		V		V
<i>Eriobotrya japonica</i>	V		V		V		V	
Rubiaceae								
<i>Coffea arabica</i>	V		V		V		V	
<i>Paederia foetida</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Sapindaceae								
<i>Koelreuteria henryi</i>		V		V		V		V
<i>Euphoria longana</i>	V		V		V			
Ulmaceae								
<i>Trema orientalis</i>	V		V		V		V	
<i>Zelkova serrata</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Rutaceae								
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>			V		V		V	
Solanaceae								
<i>Brugmansia suaveolens</i>	V		V		V		V	
<i>Lycopersicon esculentum var. cerasiforme</i>								
<i>Solanum capsicoides</i>	V							
<i>Solanum torvum</i>	V		V		V		V	
<i>Solanum diphyllum</i>	V			V	V	V	V	V
<i>Solanum nigrum</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Verbenaceae								
<i>Lantana camara</i>	V	V	V	V	V	V		
Vitaceae								
<i>Vitis thunbergii</i>	V		V		V		V	
<i>Ampelopsis brevipedunculata var. hancei</i>		V		V		V		V
Araceae								
<i>Alocasia odora</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Cyperaceae								
<i>Cyperus rotundus</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
<i>Kyllinga brevifolia</i>								
Gramineae (Poaceae)								
<i>Panicum maximum</i>		V						
<i>Miscanthus floridulus</i>								
<i>Imperata cylindrica var. major</i>	V	V		V		V	V	V
<i>Oplismenus hirtellus</i>	V	V	V	V		V		V
<i>Paspalum conjugatum</i>		V						V
<i>Setaria verticillata</i>		V		V		V		V
<i>Saccharum spontaneum</i>	V	V		V	V	V		V
<i>Digitaria setigera</i>	V							
Liliaceae								
<i>Asparagus cochinchinensis</i>		V		V		V		V
Musaceae								
<i>Musa sapientum</i>		V		V		V		V

表 3. 不同林地植物物種調查結果 (續)

Table 3. Investigation results of plant species in different forestlands (continued)

Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Palmae (Areacaceae)								
<i>Calamus quiquesetinervius</i>		V		V		V		V
<i>Areca catechu</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Zingiberaceae								
<i>Alpinia zerumbet</i>		V		V		V		V

Investigation species marked 「V」.

¹ FF: Feeding geese under the forestlands.

² NF: Not feeding geese under the forestlands.

- (ii) 不同林地鳥類及哺乳類物種調查結果列於表 4，鳥類及哺乳類共調查到 275 隻次，計有 21 科 26 種。對照林地在 7 月調查到鳥類及哺乳類 16 種物種共 28 隻次、8 月調查則降至 12 種物種共 28 隻次、9 月調查再降至 10 種物種共 51 隻次、10 月調查則增加至 12 種物種共 33 隻次，但仍較 7 月調查資料低 (圖 4)。養鵝林地在 7 月調查到鳥類及哺乳類 9 種物種共 38 隻次、8 月調查降至 7 種物種共 44 隻次、9 月調查再降至 5 種物種共 18 隻次、10 月調查則增加至 6 種物種共 35 隻次，雖較 7 月調查資料有微幅增加但物種總數或總隻次仍較低。比較 2 種林地 7 至 10 月份鳥類及哺乳類物種數變化則相似，惟 8 月下降可能與鄰近地區有大型機械操作發出之巨大聲響干擾有關，另 9 月物種數及總數下降推測與降雨有關。人工林因樹種組成單一，其動物組成及多樣性因此受限 (袁等, 2005)，且林下環境改變後，動物是否繼續留存，得視環境及植群恢復情形而定 (Bender *et al.*, 1997)。在多樣性變化方面 (如圖 5)，對照林地的 α 多樣性在 7 月最高為 2.55、8 月下降至 2.34、9 月最低為 0.98、10 月則提升至 2.12，試驗林地的 α 多樣性在 7 月最高為 1.54、8 月微降至 1.53、9 月持續下降至 1.49、10 月達最低 1.31。調查期間對照林地的 α 多樣性變化與物種數變化相似，於 9 月到達最低可能與記錄到大量黃頭鷺 (*Bubulcus ibis*) 導致 (表 4)，而後於 10 月抬升，惟整體而言仍是下降；養鵝林地的 α 多樣性變化則以相對平緩的趨勢下降。對照林地的 β 多樣性在 8 月最高為 0.71、9 月下降至 0.38、10 月提升至 0.64，對照林地的 β 多樣性變化於 9 月到達最低可能是降雨的雨勢所造成，而 10 月調查資料顯示則有超過一半物種與 7 月調查時相同；養鵝林地的 β 多樣性在 8 月最高為 0.75、9 月下降至 0.57、10 月達最低 0.40，養鵝林地的 β 多樣性於 9 月的下降趨勢雖較對照林地緩慢，惟 10 月仍持續下降至僅一半物種與 7 月調查時相同。由上述資料分析推測林下養鵝應不會對鳥類及哺乳類物種多樣性造成影響，但可能會改變鳥類及哺乳類動物的物種組成。

表 4. 不同林地鳥類及哺乳類物種調查結果

Table 4. Investigation results of species of birds and animals in different forestlands

Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Caprimulgidae								
<i>Caprimulgus affinis stictomus</i>		V						
Corvidae								
<i>Dendrocitta formosae formosae</i>					V	V		
Pycnonotidae								
<i>Hypsipetes leucocephalus nigerrimus</i>	V	V	V	V				V
<i>Pycnonotus taivanus</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Zosteropidae								
<i>Zosterops simplex</i>	V	V	V	V	V		V	V
Passeridae								
<i>Passer montanus</i>	V	V	V	V	V	V	V	V
Sturnidae								
<i>Acridotheres javanicus</i>	V	V	V					V

表 4. 不同林地鳥類及哺乳類物種調查結果 (續)

Table 4. Investigation results of species of birds and animals in different forestlands (continued)

Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Cisticolidae								
<i>Prinia inornata flavirostris</i>		V		V		V		V
Monarchidae								
<i>Hypothymis azurea</i>		V				V		
Leiothrichidae								
<i>Garrulax taewanus</i>		V		V				V
Timaliidae								
<i>Pomatorhinus musicus</i>							V	
Dicruridae								
<i>Dicrurus aeneus</i>				V				
<i>Dicrurus macrocercus harterti</i>		V						
Sylviidae								
<i>Sinosuthora webbiana bulomacha</i>							V	V
Laniidae								
<i>Lanius cristatus</i>								V
Hirundinidae								
<i>Hirundo rustica</i>			V	V	V	V	V	V
Megalaimidae								
<i>Psilopogon nuchalis</i>	V	V	V	V				
Columbidae								
<i>Streptopelia tranquebarica</i>		V		V				V
<i>Streptopelia chinensis chinensis</i>	V					V		
Phasianidae								
<i>Bambusicola sonorivox</i>		V		V				
Ardeidae								
<i>Bubulcus ibis</i>						V		
<i>Gorsachius melanolophus</i>		V		V		V		V
<i>Egretta garzetta garzetta</i>	V							
Rallidae								
<i>Rallina eurizonoides</i>		V						
Accipitridae								
<i>Accipiter soloensis</i>						V		
Sciuridae								
<i>Callosciurus erythraeus taiwanensis</i>	V	V						

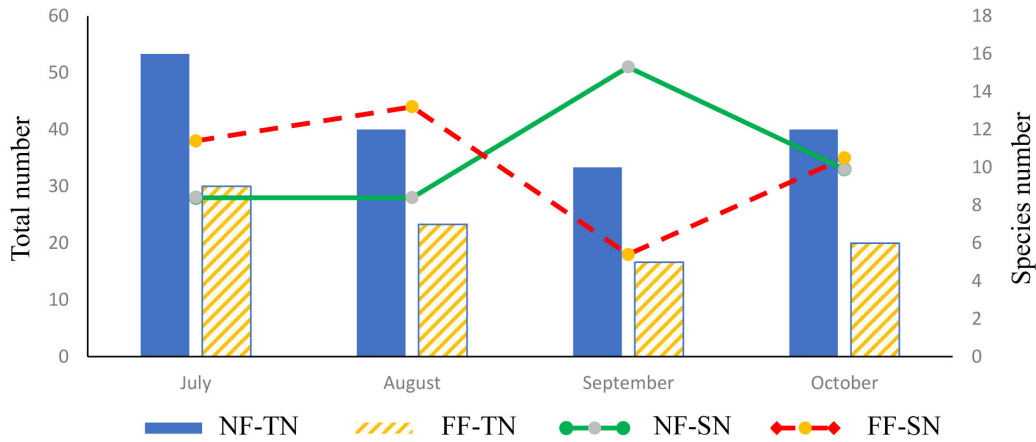
Investigation species marked 「V」.

¹ FF: Feeding geese under the forestlands.² NF: Not feeding geese under the forestlands.

- (iii) 不同林地兩棲類及爬行類物種調查結果列於表 5，兩棲類及爬行類共調查到 109 隻次，計有 6 科 11 種，包含莫氏樹蛙 (*Zhangixalus moltrechti*)、太田樹蛙 (*Buergeria otai*)、斯文豪氏攀蜥 (*Diploderma swinhonis*) 等 3 種臺灣特有種物種，對照林地調查到的物種數及總隻次皆高於養鵝林地 (10 種 77 隻次 vs. 8 種 32 隻次)。對照林地在 7 月調查到 6 種兩棲類及爬行類物種共 15 隻次、8 月則增加至 7 種物種共 20 隻次、9 月仍為 7 種物種共 20 隻次、10 月則降至 5 種物種共 22 隻次 (圖 6)。養鵝林地於 7 月調查到 3 種兩棲類及爬行類物種共 4 隻次、8 月增加至 4 種物種共 12 隻次、9 月再增至 5 種物種共 10 隻次、10 月則降至 3 種物種共 6 隻次、物種數在 9 月時達最高、總隻次則在 8 月達最高。比較 2 種林地於 7 至 10 月份的物種數變化雖相似，惟 9 月養鵝林地增加而對照林地持平，推測與 8 月濕度較高、9 月颱風雨勢有關，而 10 月可能因溫度逐漸下降、季節轉換使物種數下降。對照林地的 α 多樣性於 7 月為 1.53、8 月些微下降至 1.50、9 月抬升至最高 1.70、10 月則下降至 1.55；對照林地的 β 多樣性在 8、9 月最高為 0.77、10 月下降至 0.55，造成下降的原因

可能是季節轉換所致；養鵝林地的 α 多樣性在 7 月為 1.04、8 月提升至 1.24、9 月持續上升到 1.42、10 月驟降至最低 0.94。養鵝林地的 β 多樣性在 8 月最高為 0.86、9 月下降至 0.50、10 月最低 0.33。養鵝林地的 β 多樣性於 9 月下降推測為雨勢所致，而 10 月仍持續下降亦是季節轉變造成。陳 (2012) 指出，梭德氏赤蛙活動受到水源限制，而拉都希氏赤蛙活動則相反，本次養鵝林地提供鵝隻飲水的水源有增加蛙類來訪的結果，顯示鵝隻飲用水源增加蛙類相對豐度。

(A) birds and animals



(B) reptile and amphibians

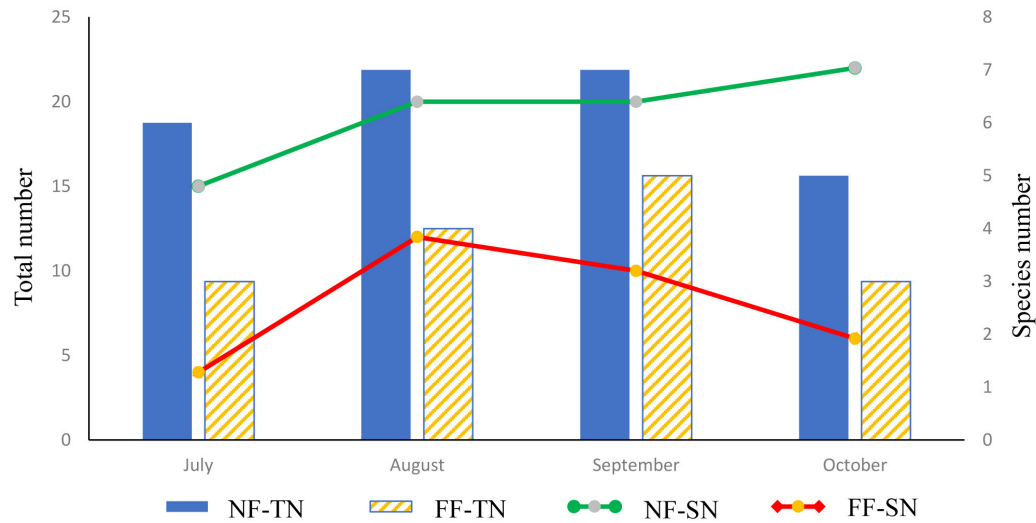


圖 4. 物種數及總隻數之月變化 (A) 鳥及哺乳類 (B) 兩棲爬行類。

Fig. 4. The monthly species and total number (A) birds and animals (B) reptile and amphibians. FF: Feeding geese under the forestlands, NF: Not feeding geese under the forestlands. TN: Total number, SN: Species number.

表 5. 不同林地兩棲爬行類物種調查結果

Table 5. Investigation results of species of reptile and amphibians in different forestlands

Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Bufonidae								
<i>Duttaphrynus melanostictus</i>	V		V		V	V		
Rhacophoridae								
<i>Zhangixalus moltrechti</i>		V		V		V		V
<i>Polypedates braueri</i>		V	V	V	V	V	V	V
<i>Buergeria otai</i>				V				

表 5. 不同林地兩棲爬行類物種調查結果 (續)

Table 5. Investigation results of species of reptile and amphibians in different forestlands (continued)

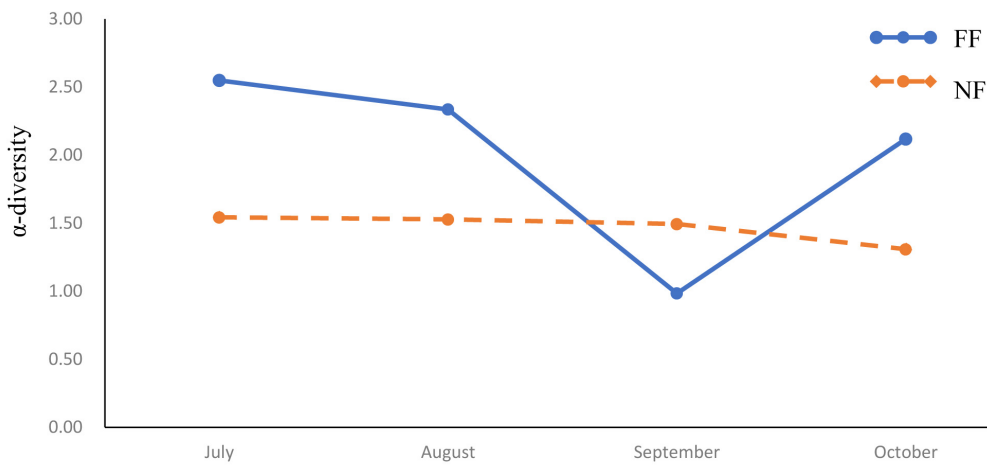
Species	July		August		September		October	
	FF ¹	NF ²	FF	NF	FF	NF	FF	NF
Dicroglossidae								
<i>Fejervarya limnocharis</i>		V		V	V	V		
Microhylidae								
<i>Microhyla fissipes</i>		V		V	V	V		
<i>Microhyla heymonsi</i>		V						
Agamidae								
<i>Diploderma swinhonis</i>		V		V	V	V		V
Gekkonidae								
<i>Gekko hokouensis</i>							V	V
<i>Hemidactylus frenatus</i>	V		V	V				V
<i>Hemidactylus bowringii</i>	V		V				V	

Investigation species marked 「V」.

¹ FF: Feeding geese under the forestlands.

² NF: Not feeding geese under the forestlands.

(A) α -diversity



(B) β -diversity

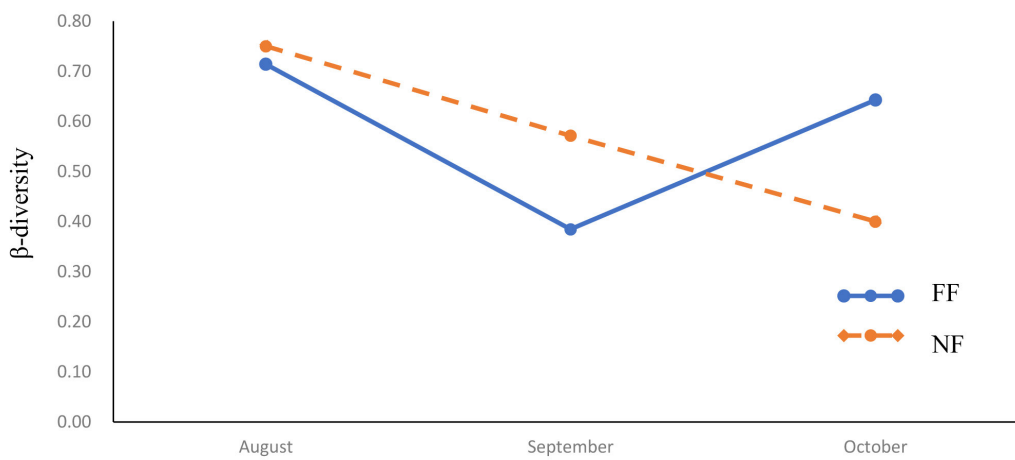


圖 5. 鳥及哺乳類之物種數月變化 (A) α 多樣性 (B) β 多樣性。

Fig. 5. The monthly species of birds and mammals (A) α -diversity (B) β -diversity.

FF: Feeding geese under the forestlands, NF: Not feeding geese under the forestlands.

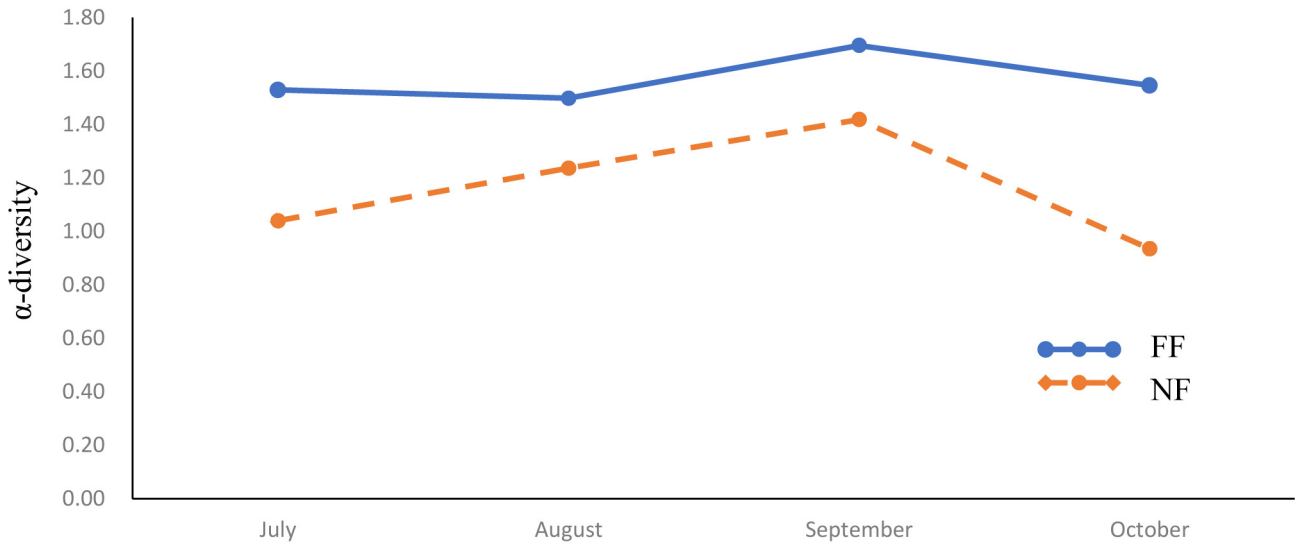
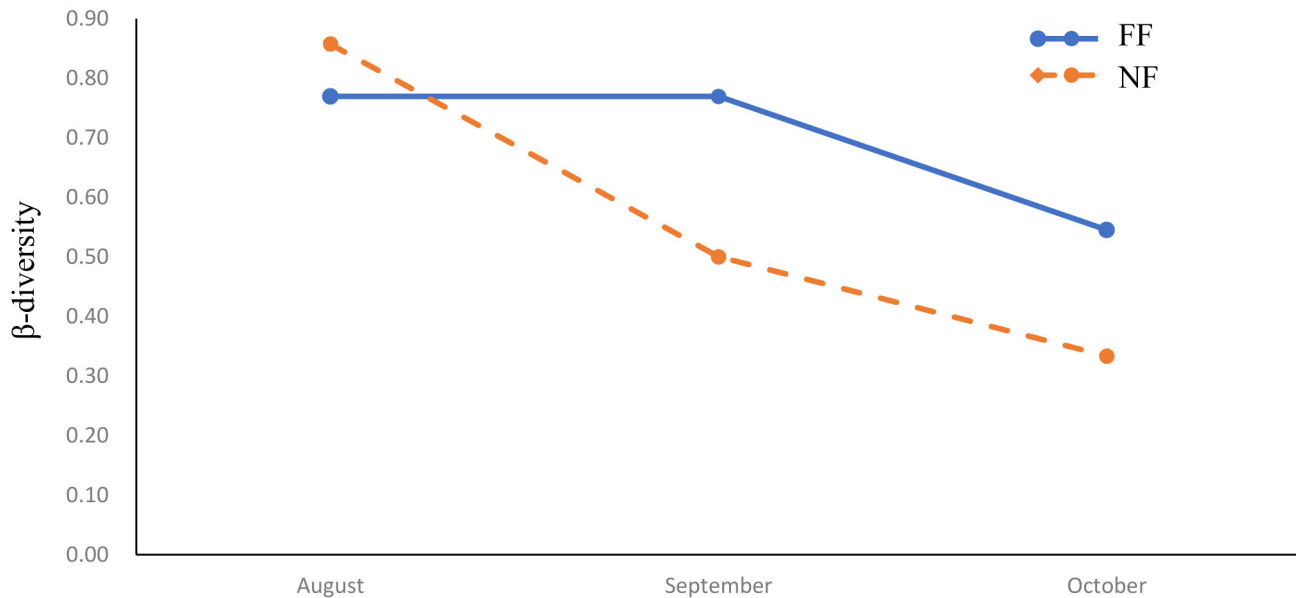
(A) α -diversity(B) β -diversity圖 6. 兩棲爬行類之物種數月變化 (A) α 多樣性 (B) β 多樣性。

Fig. 6. The monthly species of reptile and amphibians (A) α -diversity (B) β -diversity.
FF: Feeding geese under the forestlands, NF: Not feeding geese under the forestlands.

III. 土壤分析

對照組和林下養鵝組在 7 月飼養前，可能與植被物種及種植密度使土壤表層之 pH 值、總有機碳、磷、鉀、鋅與鈣即有明顯差異。林下養鵝對環境土壤性狀物之影響列於表 6，林下養鵝對環境土壤之 pH 值、總氮、鉀、鈣與銅含量具顯著影響 ($P < 0.001$)，對環境土壤之電導度、磷、鋅、鎂則無顯著影響。由於皆屬露天，因有雨水之淋洗作用，鹽分較不易大量累積，EC 值在飼養前後皆無顯著差異，亦顯示林下養鵝的鵝隻密度不高及短期間不致於對土壤性質造成顯著影響。畜牧飼養可以使農業生態系統多樣化並增加土壤肥力 (Hendrickson *et al.*, 2008)，透過動物糞便向土壤提供的養分 (如氮、磷、鉀)，惟在不同物種之間差異很大，取決於動物的覓食喜好以及其飼糧給予 (Watson *et al.*, 2005)。故動物糞便可以提供作物必需的有機物、營養素及微量元素，減少對外部肥料的需求 (Russelle *et al.*, 2007)。土壤為植物發育的基質，其 pH 值及養分對於植物生長發育具有重要決定因素。莊等 (2004) 調查塔塔加高山地區鐵杉、玉山箭竹及草原表土之物理與化學性質比較指出，在不同地區及不同深度表土土壤其 pH 值沒有顯著差異，本調查結果與莊等 (2004) 結果不同，且土壤中 pH 值改變可能與糞便中之陽離子有關。另張 (2008) 指出，鵝隻採食量與糞便量呈正相關，9 週齡白羅曼鵝排泄物之鉀含量介於 2.88 -

2.97% 之間及銅含量介於 115 – 118 ppm 之間，謝等 (1997) 指出，長期於地表施用牛糞有助於增加土壤的鉀及鈣含量，亦會增加磷及鎂含量，本次調查僅鉀及鈣的含量有差異，而磷及鎂含量部分未有顯著影響，其原因仍待進一步探討。顏 (2012) 在有機栽培綠竹園 120 m² 放養 6 – 8 隻肉鵝 86 日，其糞便可提高土壤酸鹼度，增加土壤磷、鉀、鈣及鎂等元素含量，對土壤肥力有正面效應，放養之肉鵝於園中啄食或踩踏，不影響竹筍產量，對抑制雜草生長有正面效應，成鵝販售可增加筍農收入。未放養肉鵝的土壤 EC 值均較處理前下降，應與肥料施用量及肉鵝糞所提供之養分，不足供應綠竹吸收及自然散失有關。施 (2014) 指出桶柑果園放養土雞能啄食雜草及害蟲，且排泄物富含有機質及礦物質，可減少果園管理人力及資材之投入，但需注意土壤中鋅含量之累積。黃等 (2021) 指出，長期以養牛廢水施灌牧草地可能會改變土壤 pH 值及土壤中銅與鋅含量，本調查亦有相似結果，惟林下養鵝後其 pH 值、土壤中銅含量降低，其原因仍待進一步探討。Massaccesi *et al.* (2019) 指出，鵝隻因放牧活動減少葡萄園土壤中的銅含量。於本調查中，養鵝林地土壤中銅含量隨著鵝隻放養而下降結果相似，推測可能原因為林地上的植物吸收土壤中的銅造成土壤中的銅含量降低。

表 6. 林下養鵝對環境土壤性狀之影響

Table 6. Effects of soil properties of feeding geese under the forestlands

Item	Feeding period			P-value
	July	August	September	
n	20	20	20	
pH	7.78 ± 0.33 ^a	7.39 ± 0.31 ^b	7.46 ± 0.22 ^b	<0.001
EC ¹ , μs/cm	341.66 ± 84.19	403.70 ± 122.04	400.63 ± 120.92	0.144
TOC ¹ , %	7.71 ± 4.82	10.36 ± 5.46	8.60 ± 3.77	0.206
TN ¹ , %	0.11 ± 0.05 ^b	0.19 ± 0.04 ^a	0.17 ± 0.03 ^a	<0.001
Ca, %	0.19 ± 0.02 ^b	0.22 ± 0.02 ^a	0.23 ± 0.02 ^a	<0.001
K, ppm	56.18 ± 15.86 ^b	45.40 ± 11.09 ^b	100.95 ± 22.02 ^a	<0.001
P, ppm	95.87 ± 58.24	120.92 ± 79.72	86.96 ± 36.58	0.196
Zn, ppm	7.71 ± 4.82	10.36 ± 5.46	8.60 ± 3.77	0.206
Cu, ppm	4.22 ± 1.40 ^a	2.95 ± 0.88 ^b	2.70 ± 0.64 ^b	<0.001
Mg, ppm	101.30 ± 33.02	117.60 ± 38.78	117.90 ± 20.50	0.175

Mean ± S.D.

^{a, b} Means without the same superscript in the same row differ significantly (P < 0.001).

¹ EC: electronic conduction, TOC: total organic carbon, TN: total nitrogen.

結論與建議

透過林下養鵝可以有效控制草本植物，但也造成林下植被覆蓋度明顯下降，故建議養鵝前需先進行適度林下空間規劃，保留部份環境供底層生物棲息，以達到資源共享、永續經營的精神，另對於環境土壤成分中的鉀、鈣含量造成影響，也是林下養鵝需要關注的要項。本次調查僅評估林下養鵝對短期生態及土壤的影響，未來可進一步研究林下養鵝對長期生態及土壤之評估。

誌謝

本調查承蒙行政院原住民族委員會 110 年推動原鄉環境友善林畜產業多態模式 – 發展原鄉畜產業多態模式計畫之經費支持，感謝本場詹志立先生、江兆弘獸醫師及保證責任花蓮縣芭奈稻米生產合作社現場工作人員的協助，使調查工作如期完成，特此致謝。

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之影響。畜產研究 37：

163-169。

- 行政院農業委員會。2021。中華民國 110 年農業統計年報。臺北。臺灣。
- 行政院農業委員會林務局，2019。林業大變革林下養蜂種菇可合法經營。https://www.forest.gov.tw/0000014/0063864。
- 何政坤、許原瑞。2020。臺灣林下經濟的推動與發展。臺灣林業 46：13-22。
- 林旻蓉、張伸彰、吳國欽、陳添福、賈玉祥、李順榮、范揚廣。2007。飼糧輔以生鮮狼尾草與尼羅草對白羅曼鵝之飼養價值。中畜會誌 36：231-242。
- 林華慶。2021。林下經濟適地發展。農政與農情 343：11-16。
- 施伯明。2014。桶柑園放養土雞對土壤肥力、果實品質及經濟效益之影響。桃園區農業改良場研究彙報 75：18-30。
- 袁孝維、丁宗蘇、盧道杰、謝欣怡。2005。森林生態系經營示範區鳥類群聚監測。臺大實驗林研究報告 19：77-87。
- 莊俊逸、王亞男、王明光、吳星輝。2004。塔塔加高山地區鐵杉、玉山箭竹及草原表土之物理與化學性質比較。臺大實驗林研究報告 18：35-40。
- 陳宥延。2012。梭德氏赤蛙繁殖族群動態與產卵位置之選擇。國立嘉義大學水生生物科學系研究所，碩士論文，嘉義市。
- 張伸彰。2008。水禽隻排泄量與污染量之調查研究。行政院農業委員會畜產試驗所五十週年所慶學術研討會專輯，畜產環保與經營，臺南市，第 10-1~10-9。
- 張雁智、王錦盟、蕭智彰、粘碧珠、胡見龍、賈玉祥。2013。比較白羅曼鵝與雜交華鵝之生長性能和飼料成本。畜產研究 46：147-152。
- 黃裕星。2018。從混農林業談臺灣特色林下經濟。林業研究專訊 25：1-4。
- 黃雅玲、劉主欣、蘇天明、蕭庭訓、李欣蓉。2021。養牛廢水施灌盤固拉草地對土壤性狀及地下水水質之影響。畜產研究 54：282-291。
- 盧金鎮、盧啟信、徐阿里、許福星、洪典戊、池雙慶。1991。精料餵飼量對放牧鵝隻生長性能之影響。畜產研究 24：77-84。
- 謝昭賢、洪嘉謨、洪國源、許福星、陳碧慧。1997。施用牛糞對盤固草地土壤理化性質之影響。畜產研究 30：395-409。
- 顏勝雄。2012。有機綠竹園放養肉鵝對土壤性質、竹筍產量及雜草控制影響研究。桃園區農業改良場研究彙報 71：47-56。
- Bender, L. C., D. L. Minnis, and J. B. Haufler. 1997. Wildlife responses to thinning red pine. North. J. App. Forst. 14: 141-146.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. History. About agroforestry. https://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/.
- Hendrickson, J. R., M. Liebig, and G. Sassenrath. 2008. Environment and integrated agricultural systems. Renew. Agric. Food Syst. 23: 304-313.
- Liu, H. W., Y. T. Tsai, and S. J. Chang. 2014. *Toona sinensis* leaf extract inhibits lipid accumulation through up-regulation of genes involved in lipolysis and fatty acid oxidation in adipocytes. J. Agri. Food Chem. 62: 5887-5896.
- Massaccesi, L., A. Cartoni Mancinelli, S. Mattioli, M. De Feudis, C. Castellini, A. Dal Bosco, M. L. Marongiu, and A. Agnelli. 2019. Geese reared in vineyard: soil, grass and animals interaction. Animals 9: 179.
- Russelle, M. P., M. H. Entz, and A. J. Franzluebbbers. 2007. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. Agron. J. 99: 325-334.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Watson, C., I. Öborn, J. Eriksen, and A. Edwards. 2005. Perspectives on nutrient management in mixed farming systems. Soil Use Manag. 21: 132-140.

Effects of geese feeding under the forestlands on environmental ecology, and soil properties ⁽¹⁾

Chih-Chang Hsiao ⁽²⁾ Tzu-Rung Li ⁽³⁾ Sheng-Der Wang ⁽²⁾ and Yi-Ju Yang ⁽⁴⁾⁽⁵⁾

Received: Jan. Jul. 10, 2023; Accepted: Jan. 15, 2024

Abstract

The aim of study was to investigate the effects of geese feeding under the forestlands for environmental ecology, soil properties and crude earnings. Our study was taken place in an artificial forest where a total of two hundred and fifty white Roman geese were grazed and located at Guangfu township, Hualien county. The results showed that there has no obvious impact on birds, mammals, amphibians and reptiles for geese feeding under the forestlands in environmental ecology, but the vegetation coverage under the forest is significantly reduced, from 100% to 50%, and the vegetation coverage reduced to 25% after the end of geese feeding. The β -diversity index of the geese feeding forestland decreased gradually from 0.879 to 0.831, and the degree of decrease was -0.048, which indicated that geese feeding under the forest would cause the decline of plant biodiversity. In soil properties, the pH, total nitrogen, K, Ca and Cu of soil were significantly different ($P < 0.001$), indicating that the geese feeding under the forestlands can increase soil fertility, thereby becoming part of the nutrient cycle on the farm. Whereas there were no significant difference in, electrical conductivity, P, Zn, and Mg. Average body weight of geese is 5.40 kg and the feed conversion rate is 3.24 at 12 weeks of age. The crude earnings are 160 dollars per goose. In conclusion, the geese feeding under the forestlands in summer, it should be properly planned for their space to avoid environmental and ecological impacts.

Key words: Environmental ecology, Soil properties, Geese feeding under the forestlands.

(1) Contribution No. 2779 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

(3) Forage Crops Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(4) Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong-Hwa University, Hualien 97441, Taiean, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: treefrog@gms.ndhu.edu.tw.

不同收穫期對燕麥青貯品質之影響⁽¹⁾

陳勃聿⁽²⁾⁽⁴⁾ 范耕榛⁽³⁾

收件日期：112 年 4 月 26 日；接受日期：113 年 1 月 15 日

摘 要

本研究以 3 個燕麥品種 Saia (*Avena strigosa* Schreb.)、Swan (*A. sativa* L.) 及 Mount one (*A. sativa* L.) 為參試材料，田間採逢機完全區集設計 (randomized complete block design) 4 重複，以探討不同收穫期對燕麥產量、化學成分變化、青貯品質及消化率之影響。燕麥在孕穗期開始收穫，乾物產量由 9,130 kg ha⁻¹ 顯著增加至軟熟期的 19,300 kg ha⁻¹；乾物率也有相同趨勢，由孕穗期的 13.1% 大幅提升至軟熟期的 37.8%。燕麥粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量由孕穗期的 17.6% 降至軟熟期的 9.6%，水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate) 含量則由 4.4% 升至 9.5%。中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 及酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 含量皆在抽穗期達到最高，分別 59.6% 及 36.4%。燕麥的青貯評分以孕穗期收穫最優，可達到佳的等級，其青貯料的 CP、NDF 及 ADF 含量分別為 13.3、46.1 及 32.4%，顯示品質優良。此外，在孕穗期的試管乾物消化率 (In vitro dry matter digestibility) 及相對飼養價值 (relative feed value) 表現也比其他收穫期為優。晚熟燕麥 Swan 及 Mount one 的青貯製作以孕穗期為佳，而中早熟燕麥 Saia 因抽穗期製作的青貯料評分最高，故此時收穫較為合適。

關鍵詞：燕麥、生長期、青貯、芻料品質。

緒 言

燕麥屬作物 (*Avena* spp.) 適合生長於冷涼濕潤的氣候環境，主要產區位於溫帶，已經普遍作為芻料使用，其粗蛋白質 (crude protein, CP) 及纖維含量等品質佳，可部分取代飼糧配方的玉米青貯料，是一種優質的飼料作物 (Coblentz *et al.*, 2013)。國內學者曾調查多個燕麥品種的農藝性狀與芻料品質，發現非常適合臺灣的秋冬季節栽培 (朱等, 2018；施及李, 2020；陳及張, 2022)。

臺灣中、北部地區的熱帶牧草受到冬天氣候冷涼及潮溼的影響，在冬季幾乎無法生長與收穫乾草，導致芻料供應嚴重短缺。青貯是一種牧草保存技術，現已常用於各國的畜牧業。國外研究結果顯示，燕麥的收穫期會影響青貯品質 (David *et al.*, 2010; Wallsten *et al.*, 2010)。Berto and Mühlbach (1997) 指出，生產燕麥青貯料的最佳收穫期是營養生長期，此時其粗蛋白質含量及消化率皆高。然而，此時燕麥也存有水分含量高、緩衝能力高及可溶性碳水化合物含量低等不易製作青貯料的缺點。有研究報告使用接種微生物菌劑、植體萎凋或添加糖蜜等方式 (朱等, 2018；Khan *et al.*, 2006)，以促進燕麥青貯料中的乳酸菌生長以提高品質。然而，萎凋及噴施添加劑等作業流程會增加生產成本及提高生產難度。

Coblentz *et al.* (2013) 研究結果顯示，不同燕麥品種植體化學成分如 CP、水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 或纖維含量，在不同收穫期常有顯著的差異表現。Liu and Mahmood (2015) 也指出當燕麥收穫時的成熟度越高，營養成分含量就會越低，而芻料品質也隨之降低。朱等 (2018) 的結果也有相同趨勢，燕麥 Saia 品種自孕穗期開始，會隨著收穫期越晚乾物率及產量會越高，然而芻料品質卻隨著收穫期越晚而越差。朱等 (2018) 亦指出不同收穫期會影響燕麥青貯調製與品質，早收穫時不論有無添加乳酸菌均能製成良好青貯。Hill *et al.* (2001) 根據青貯料的營養特性，纖維經發酵後以更易消化的形式存在。

本研究旨在探討不同收穫期對燕麥青貯品質、化學成分變化及消化率的影響，以供農民參考利用。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2780 號。
(2) 農業部畜產試驗所飼料作物組。
(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(4) 通訊作者，E-mail: muu680@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 材料種植

本試驗以燕麥 Saia (*A. strigosa* Schreb.)、Swan (*A. sativa* L.)、Mount one (*A. sativa* L.) 等 3 個品種為參試品種，於 2017 年 12 月 05 日在行政院農業委員會 (現農業部畜產試驗所，簡稱畜產試驗所) 進行種植。田間試驗以隨機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，四重複，每小區面積為 10 m² (2 m × 5 m)，條播種植行距 20 cm，播種量為 120 kg ha⁻¹。施肥量為 N：120 kg ha⁻¹、P₂O₅：30 kg ha⁻¹、K₂O：60 kg ha⁻¹。氮肥於基肥時施用半量，另半量則於種植 1 個月後施用。磷肥及鉀肥於基肥時全部施用。

II. 調查方法

在燕麥的孕穗期 (booting stage)、抽穗期 (heading stage)、乳熟期 (milk stage) 及軟熟期 (soft dough stage) 進行收穫，於每小區收割 1 m² (5 m × 0.2 m) 以估算產量。將收穫燕麥細切至 3 – 5 cm，取 2 kg 裝入 PVC 塑膠袋內，並抽真空密封，60 天後取出青貯料，調查酸鹼度 (pH 值)、乳酸 (lactic acid)、乙酸 (acetic acid) 與丁酸 (butyric acid) 等揮發性脂肪酸含量。將青貯前後的燕麥樣品於 65°C 下烘乾 96 小時後，測量其乾物重並計算乾物率，並將乾燥樣品磨粉保存於 4°C 冷藏庫，以供化學成分分析之用。

III. 化學成分分析

- (i) 營養成分：粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量的分析：以 Kjeldahl 方法測定植體全氮 (N) (Bremner and Mulvaney, 1982)，再將 N × 6.25 推估粗蛋白質含量。酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量則依照 Goering and Van Soest (1970) 之方法測定。水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 依 Morris (1948) 方法採 anthron 呈色法測定。澱粉 (starch)：以 Yoshida *et al.* (1976) 之方法進行萃取，先將測量完乾重產量之植體樣本磨碎後製成萃取液並加入呈色劑，之後以標準品檢量線 (0 – 500 ppm 葡萄糖) 經分光光譜儀測定 560 nm 之吸光值檢測樣本之澱粉含量。
- (ii) 青貯品質分析：酸鹼值測定使用 20 g 青貯料加水 180 mL，打碎過濾後以酸鹼度計 (pH/Ion meter, SP-2500, SUNTEX Company, Taiwan) 測定過濾後溶液。乳酸、乙酸、丙酸及丁酸之測定以高壓液相層析儀 (high performance liquid chromatograph, HPLC; Diode Array Detector, L-2450, HITACHI, Japan) 依 Jones and Kay (1976) 的方法進行。
- (iii) 青貯品質評分 (Flieg's score)：以青貯料中乳酸、醋酸及丁酸的含量，計算占所測定乳酸、醋酸、丙酸與丁酸等 4 項總量之當量百分比，再將百分比依 Flieg 氏青貯料脂肪酸組成評分表進行換算評分，最後將 3 項分數加總即為青貯品質評分，40 分以下表示青貯失敗、40 – 60 分為可接受、60 – 80 分為佳、80 分以上為優良 (Woolford, 1984)。
- (iv) 試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD)：檢測係參照李及蕭 (2007) 之方法。
- (v) 相對飼養價值 (relative feed value, RFV) 之計算方式：
$$RFV = (120/NDF) \times (88.9 - 0.779 \times ADF) / 1.29$$
 (Undersander and Moore, 2002)

IV. 試驗所得資料經 R 軟體 (R version 4.0.0, <http://www.r-project.org/>) 進行統計分析。以變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 檢定不同收穫期的差異顯著性，若變方分析達顯著差異，再以最小顯著差異性 (least significant difference test, LSD) 測驗比較處理組間的差異 (以 P < 0.05 為顯著差異水準)。

結果與討論

I. 農藝性狀

本試驗以燕麥 Saia、Swan、Mount one 等 3 個品種為參試品種，其中 Saia 為中早熟、莖細葉細型品種，而 Swan 與 Mount one 皆屬晚熟、莖粗葉寬型品種。Swan 的成熟期及植株型態與 Mount one 較為相似，與 Saia 的品種特性較為不同。在 2018 年 2 月 06 日收穫時 Saia 為孕穗期，Swan 與 Mount one 尚處於營養生長期未收穫；在 2 月 22 日時 Saia 已經開始抽穗而 Swan 與 Mount one 則處於孕穗期；在 3 月 06 日時 Saia 已進入乳熟期，而 Swan 與 Mount one 則進入抽穗期開始開花；在 3 月 21 日時，Saia 已處於軟熟期而 Swan 與 Mount one 則進入乳熟期階段；在 4 月 02 日時，Saia 已處於硬熟期而 Swan 與 Mount one 則為軟熟期。本試驗的 Swan 與 Saia 等 2 個品種的生長表現與陳等 (2021) 在屏東縣恆春鎮試驗結果不同，植株有較早成熟趨勢，此與種植地區的冬季氣候環境不同有關。

燕麥的平均鮮草產量以孕穗期至抽穗期 (分別為 69,704 及 67,646 kg ha⁻¹) 時最高 ($P < 0.05$)，之後就隨著植株成熟度增加而下降 (表 1)；在平均乾草產量部分則呈現相反趨勢，越晚收穫產量越高，孕穗期為 9,130 kg ha⁻¹，到抽穗期則顯著增加至 12,077 kg ha⁻¹，至軟熟期達到最高為 19,300 kg ha⁻¹，增幅 111%；平均乾物率與平均乾草產量呈現相同趨勢，植株越成熟乾物率也就越高，平均乾物率在孕穗期 (13.1%) 至抽穗期 (18.6%) 時增幅並不大，但進入乳熟期後就顯著提升至 30.5%，而在軟熟期最高為 37.8%。燕麥的農藝性狀表現與國內的研究報告有相同趨勢 (朱等，2018；施及李，2020)，越晚收穫有越高的乾物產量而乾物率也隨之提高。

3 個品種的乾物率在孕穗期 (分別為 13.0%、13.6% 及 12.7%) 都是最低的 ($P < 0.05$)，而到軟熟期則分別增加至 31.6%、47.8% 及 33.9%，並以 Swan 的增幅最大達 251% (表 1)。乾物產量也有相同趨勢，Saia 及 Swan 皆在軟熟期達到最高 (分別為 20,961 及 21,163 kg ha⁻¹)。鮮重產量則呈現相反趨勢，Saia 及 Swan 皆在孕穗期 (分別為 82,990 及 70,229 kg ha⁻¹) 收穫時達到最高，之後則逐漸下降。Mount one 的最高產量表現 (分別為 66,563 及 20,177 kg ha⁻¹) 皆略遜於 Swan，此與施及李 (2020) 研究結果相似，顯示不同晚熟燕麥品種的農藝性狀表現也會有所差異。

表 1. 不同燕麥品種在不同收穫期之農藝性狀表現

Table 1. The agronomic performance of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	Fresh weight yield	Dry matter yield	Dry matter content
		----- kg ha ⁻¹ -----		
Growth stage*	Boot	69,704 ^a	9,130 ^c	13.1 ^d
	Head	67,646 ^a	12,077 ^b	18.6 ^c
	Milk	61,320 ^b	18,686 ^a	30.5 ^b
	Soft dough	52,403 ^c	19,300 ^a	37.8 ^a
Saia	Boot	82,990 ^a	10,774 ^c	13.0 ^e
	Head	76,417 ^a	10,758 ^c	14.1 ^c
	Milk	58,000 ^b	16,370 ^b	28.2 ^b
	Soft dough	66,396 ^b	20,961 ^a	31.6 ^a
Swan	Boot	70,229 ^a	9,532 ^d	13.6 ^d
	Head	64,073 ^b	13,061 ^c	21.3 ^c
	Milk	59,396 ^b	19,512 ^b	32.9 ^b
	Soft dough	44,292 ^c	21,163 ^a	47.8 ^a
Mount one	Boot	55,892 ^b	7,083 ^d	12.7 ^d
	Head	62,449 ^a	12,412 ^c	20.3 ^c
	Milk	66,563 ^a	20,177 ^a	30.3 ^b
	Soft dough	46,521 ^c	15,777 ^b	33.9 ^a

* Average value of 3 varieties at the same growth stage

^{a, b, c, d} Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

II. 芻料品質

燕麥的平均 CP 含量會隨著收穫期的延後而顯著降低，由孕穗期的 17.6% 降至軟熟期的 9.6% ($P < 0.05$)，降幅達 45% (表 2)；平均 WSC 含量則有相反趨勢，由 4.0% 最高升至 9.7%，增幅達 116%；而平均澱粉含量的變化趨勢與 WSC 含量相同，由 3.0% 逐漸增加至 7.1%，增幅更達 137%；平均 NDF 及平均 ADF 含量皆在孕穗期時最低，分別為 50.3% 及 30.4%，在抽穗期達到最高，分別 61.6% 及 37.4%，之後隨之下降。

燕麥 Saia 在孕穗期的 CP 含量最高為 22.7% ($P < 0.05$)，而在軟熟期收穫時最低僅 10.0%，降幅達 56% (表 2)；WSC 含量則呈現相反趨勢，在孕穗期僅為 3.6%，而在軟熟期收穫時最高達 8.5%，增幅達 136%；而在澱粉含量部分也與 WSC 有相同趨勢，由 2.1% 增加至 5.2%。Swan 及 Mount one 的 CP 含量的變化與 Saia 有相同趨勢，都以孕穗期收穫時最高，分別為 13.4% 及 16.7%；而在 WSC 含量部分也是有相同變化，都是在軟熟期時有最高含量，分別為 8.3% 及 11.7%。雖然燕麥的芻料品質雖會因品種不同而產生差異，但在不同收穫期間的變化

趨勢是一致的。

表 2. 不同燕麥品種在不同收穫期之青貯前化學成分

Table 2. The forage quality of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	CP*	WSC	NDF	ADF	SA
		----- % DM** -----				
Growth stage***	Boot	17.6 ^a	4.4 ^d	50.3 ^c	30.4 ^c	3.0 ^d
	Head	12.6 ^b	5.1 ^c	59.6 ^a	36.4 ^a	4.0 ^c
	Milk	11.0 ^c	8.1 ^b	56.5 ^b	34.2 ^b	4.8 ^b
	Soft dough	9.6 ^d	9.5 ^a	57.0 ^b	34.7 ^b	7.1 ^a
Saia	Boot	22.7 ^a	3.6 ^b	45.4 ^c	26.6 ^c	2.1 ^c
	Head	13.2 ^b	3.0 ^b	57.7 ^b	36.0 ^b	3.1 ^b
	Milk	11.3 ^{bc}	3.7 ^b	63.7 ^a	38.8 ^a	4.8 ^a
	Soft dough	10.0 ^c	8.5 ^a	59.4 ^b	36.4 ^b	5.2 ^a
Swan	Boot	13.4 ^a	5.4 ^b	54.7 ^b	33.1 ^{ab}	3.7 ^c
	Head	12.9 ^a	6.5 ^b	58.5 ^a	34.9 ^a	4.9 ^b
	Milk	10.7 ^b	9.3 ^a	52.5 ^b	31.3 ^b	5.2 ^b
	Soft dough	8.8 ^b	8.3 ^a	54.4 ^b	31.9 ^b	8.4 ^a
Mount one	Boot	16.7 ^a	4.0 ^c	50.7 ^c	31.5 ^c	3.3 ^c
	Head	11.9 ^b	5.8 ^b	62.5 ^a	38.4 ^a	3.9 ^{bc}
	Milk	10.9 ^{bc}	11.3 ^a	53.5 ^c	32.4 ^c	4.4 ^b
	Soft dough	10.0 ^c	11.7 ^a	57.2 ^b	35.7 ^b	7.5 ^a

* CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; SA: starch.

** DM: dry matter.

*** Average value of 3 varieties at the same growth stage.

^{a, b, c, d} Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

朱等 (2018) 指出燕麥收穫期越晚雖然芻料產量會提高，但品質卻不甚理想，施及李 (2020) 亦有相似的結果，不同收穫期會影響燕麥 CP 含量的變化。Jacobs *et al.* (2009) 亦指出，隨著牧草的成熟度增加，乾物產量也會增加，但此結果與代謝能 (metabolizable energy) 和 CP 含量下降有關。本試驗燕麥的 CP 含量會隨著收穫期越晚而有下降趨勢 (表 2)，此與國外的研究結果相同 (Coblentz *et al.*, 2000; Gunsaulis *et al.*, 2008; David *et al.*, 2010; Liu and Mahmood, 2015)。CP 含量是牧草品質評價中最重要指標之一。Mustafa and Seguin (2003) 指出收穫期對燕麥 CP 含量的影響大於對碳水化合物的影響，此與本研究結果相同。Nadeau (2007) 研究結果顯示，小穀類作物在抽穗後最顯著的化學成分變化是澱粉含量的增加和 NDF 含量的降低，此與穗占植物乾物質比例較高而導致的。陳等 (2021) 指出，燕麥的 ADF、NDF 含量在抽穗前有隨生長上升的趨勢，到抽穗後出現高點，之後隨穀粒澱粉累積而降低，可能與非結構性碳水化合物及澱粉累積速度有關。本研究也有相同趨勢，收穫期越晚澱粉含量越高而 NDF 含量則降低。Coblentz *et al.* (2013) 指出在低 NDF 燕麥品種的 WSC 含量與生長期之間存在正相關。Coblentz *et al.* (2018) 亦指出燕麥的 WSC 含量於孕穗早期會達到頂點，隨後下降在抽穗早期達到最低點，而後增加在軟熟期達到穩定。本研究也有相同趨勢，收穫期越晚 3 個燕麥品種的 WSC 含量越高。

III. 青貯品質

燕麥在不同的收穫期進行青貯試驗，青貯 60 日後青貯料的化學成分及品質詳如表 3 及 4。燕麥青貯料的平均 CP 含量以孕穗期收穫時顯著最高達 13.3% ($P < 0.05$)，然隨著收穫期延後而下降，在軟熟期收穫時最低為 9.9%，降幅達 26%；平均 WSC 含量與平均 CP 含量呈現相反趨勢，由 1.4% 逐漸提高至 3.1%，而平均澱粉含量也有相同趨勢，以軟熟期收穫時的 5.7% 顯著最高。平均 pH 值在孕穗期收穫時最低為 4.1，之後隨著收穫期的延後而顯著提高至 4.9；平均醋酸含量在開始收穫時顯著最低為 1.2%，而在乳熟期收穫時達到最高為 1.7%；平均乳酸含量則呈現相反趨勢，越晚收穫含量越少，在孕穗期收穫時顯著最高為 1.7%，而在軟熟期收穫時最低僅

0.8%。在平均青貯評分部分，以孕穗期的 73 最佳，而後隨著成熟度增加而降低，顯示燕麥早收穫時的青貯品質較佳。

在青貯料化學成分部分 (表 3)，3 個燕麥品種的 CP 含量變化是一致的，越早收穫含量越高，皆以孕穗期 (分別為 11.3%、15.4% 及 13.1%) 為最 ($P < 0.05$)；而在 WSC 含量部分則與 CP 含量呈現相反結果，但 3 個品種的趨勢是一致的，越晚收穫含量越高皆以軟熟期 (分別為 5.2%、1.6% 及 2.4%) 為最。在青貯品質部分 (表 4)，3 個品種的 pH 值皆以孕穗期 (分別為 4.1%、4.4% 及 3.9%) 最低；乳酸含量也在孕穗期 (分別為 1.9%、1.3% 及 1.9%) 有較高的含量；在孕穗期，Swan 及 Mount one 有較低的醋酸含量 (1.2% 及 0.9%)，但 Saia 的含量高達 1.5%。因此，Swan 及 Mount one 在孕穗期有較高的青貯評分 (76 及 84)，而 Saia 僅為 58，但 Saia 在抽穗期及乳熟期的乳酸與醋酸比例 (lactic acid / acetic acid) 達到 1.5 及 1.4 時，其青貯評分也達到 75 及 72。由上述可知，燕麥青貯品質在不同品種之間會有差異，但以收穫期早晚的影響較大。

表 3. 燕麥在不同收穫期之青貯料化學成分

Table 3. The chemical composition of silages of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	CP*	WSC	NDF	ADF	SA
		----- % DM** -----				
Growth stage ***	Boot	13.3 ^a	1.4 ^d	46.1 ^c	32.4 ^c	3.7 ^c
	Head	10.1 ^b	1.7 ^c	55.1 ^{ab}	37.0 ^a	5.6 ^a
	Milk	9.8 ^b	2.4 ^b	55.9 ^a	34.8 ^b	4.2 ^b
	Soft dough	9.9 ^b	3.1 ^a	54.4 ^b	32.2 ^c	5.7 ^a
Saia	Boot	15.4 ^a	1.4 ^a	43.8 ^d	31.0 ^c	3.5 ^c
	Head	11.5 ^b	1.2 ^b	51.3 ^c	36.7 ^b	4.3 ^b
	Milk	10.7 ^b	1.2 ^b	58.0 ^b	37.7 ^b	5.6 ^a
	Soft dough	9.1 ^c	1.6 ^a	66.3 ^a	42.8 ^a	2.8 ^c
Swan	Boot	11.3 ^a	1.4 ^d	48.4 ^b	33.4 ^b	4.0 ^c
	Head	8.8 ^b	2.4 ^c	56.5 ^a	36.8 ^a	6.6 ^b
	Milk	8.9 ^b	3.4 ^b	54.9 ^a	32.1 ^c	3.8 ^c
	Soft dough	9.8 ^b	5.2 ^a	48.1 ^b	25.9 ^d	7.7 ^a
Mount one	Boot	13.1 ^a	1.4 ^b	46.1 ^b	32.9 ^b	3.7 ^b
	Head	10.0 ^b	1.5 ^b	57.5 ^a	37.4 ^a	5.9 ^a
	Milk	9.9 ^b	2.4 ^a	54.8 ^a	34.8 ^b	3.3 ^b
	Soft dough	10.7 ^b	2.4 ^a	48.9 ^b	27.8 ^c	6.6 ^a

** CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate ; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; SA: starch.

** DM: dry matter.

*** Average value of 3 varieties at the same growth stage.

^{a, b, c, d} Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

國外的研究顯示，雖然全株小穀類牧草相對容易進行青貯，但青貯料的營養成分和發酵成效取決於青貯製作時的生長階段 (Filya, 2003)。Kung and Shaver (2001) 指出植體的化學成分，如含水率、WSC 含量或酸鹼緩衝能力等，會影響青貯發酵 (乳酸發酵) 的成效。Zhang (2002) 指出影響青貯發酵的各種因素中，乳酸菌和 WSC 是 2 個關鍵因素，當它們不足時往往會限制發酵品質。Wan *et al.* (2007) 的研究結果顯示，當苜蓿含水率高時則會限制發酵，導致青貯料品質變差且易造成養分流失。有研究報告指出，WSC 是提供微生物發酵的主要能量來源，若含量過低，微生物產酸不足，將無法抑制其他雜菌生長，對青貯結果影響很大。青貯材料中的 WSC 如低於鮮重的 3% (約為乾物的 9%)，其發酵過程易造成二次發酵，且一般的青貯材料乾物率在 25 – 30% 較為理想 (盧及許, 2001)。依據前述，本試驗燕麥的乾物率及 WSC 含量需到軟熟期時才較適合製作青貯料。然而燕麥青貯結果顯示 (表 4)，pH 值雖會因收穫期的不同而有顯著差異，但與乾物率及 WSC 含量關聯性並不大 (資料未呈現)。而乳酸與醋酸比例部分，則會與收穫期、乾物率及 WSC 含量呈現負相關 (資料未呈現)，但在孕穗期收穫時達到最高 1.5，顯示燕麥越早收穫會有較佳的青貯發酵，此與 Berto and Mühlbach (1997) 的結果相同。

表 4. 燕麥在不同收穫期之青貯發酵產物與評分

Table 4. The fermentation profile of silages of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid	Flieg's score
		----- % DM* -----				
Growth stage **	Boot	4.1 ^b	1.7 ^a	1.2 ^b	N.D.	73
	Head	4.3 ^b	1.1 ^b	1.4 ^b	N.D.	66
	Milk	4.2 ^b	1.1 ^b	1.7 ^a	N.D.	59
	Soft dough	4.9 ^a	0.8 ^c	1.3 ^b	N.D.	56
Saia	Boot	4.4 ^b	1.3 ^a	1.5 ^a	N.D.	58
	Head	4.3 ^b	1.2 ^a	0.8 ^b	N.D.	75
	Milk	4.4 ^b	1.3 ^a	1.0 ^b	N.D.	72
	Soft dough	5.3 ^a	0.6 ^b	0.9 ^b	N.D.	59
Swan	Boot	4.1 ^b	1.9 ^a	1.2 ^b	N.D.	76
	Head	4.4 ^{ab}	1.6 ^{ab}	1.2 ^b	N.D.	74
	Milk	4.4 ^{ab}	1.0 ^{bc}	2.5 ^a	N.D.	51
	Soft dough	4.8 ^a	0.7 ^c	1.3 ^b	N.D.	54
Mount one	Boot	3.9 ^{bc}	1.9 ^a	0.9 ^b	N.D.	84
	Head	4.2 ^{ab}	0.4 ^b	2.1 ^a	N.D.	50
	Milk	3.7 ^c	0.9 ^b	1.6 ^a	N.D.	54
	Soft dough	4.4 ^{ab}	1.0 ^b	1.8 ^a	N.D.	54

* DM: dry matter

** Average value of 3 varieties at the same growth stage

a, b, c, d Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

本試驗的燕麥植體青貯前與青貯後化學成分比較發現 (表 2 及 3)，平均 WSC 含量在 4 次的收穫期之平均損失約 69%，顯示 WSC 是提供微生物發酵的主要能量來源之一，此與 Zhang(2002) 的研究結果相同。然而晚收穫的燕麥青貯料 pH 值顯著較高的原因 (表 4)，可能與平均乾物率已達 37.8% 有關 (表 1)。朱等 (2018) 指出 93 天收穫之黑燕麥經萎凋後，在適當的乾物率及 WSC 含量下，其發酵的產酸量不論有無乳酸菌接種均較播種後 119 天高，顯示影響青貯發酵的原因並不僅一種因素。燕麥 Saia 及 Mount one 青貯料的 CP 含量在孕穗期時損失率分別達 32% 及 21%，然隨收穫期延後損失幅度逐漸縮小，而 WSC 含量的損失率趨勢則呈現相反結果，逐漸提高至 81% 及 80%。雖然本試驗並無進行青貯料的氨態氮濃度，但國外的報告指出，燕麥青貯會損失 WSC 但有效保存 CP，維持青貯料的營養價值 (Gunsaulis *et al.*, 2008; David *et al.*, 2010; Liu and Mahmood, 2015)，此結果與本研究相似。

Cherney and Cherney (2003) 指出軟熟期的低 CP 含量會使青貯料緩衝能力降低，促進 pH 值快速下降，避免青貯料的營養成分遭受微生物之降解。本試驗燕麥 Saia 在孕穗期的 CP 含量高達 22.7% (表 2)，而青貯料的含量僅為 15.4% (表 3)，減損達 32%，此時乳酸與醋酸比為 0.9 (表 4)。但當 Saia 的 CP 含量降至 13.2% 時，乳酸與醋酸比提高至 1.5，減損僅為 13%，顯示燕麥的 CP 含量確實會對青貯料緩衝能力造成影響。

Coblentz *et al.* (2018) 指出通常穀物型燕麥品種在軟熟期收穫作為青貯料是最為理想，然而本試驗的 Swan 及 Mount one 在孕穗期有較高的青貯評分 (表 4)，而 Saia 則在抽穗期表現較佳，此與 Berto and Mühlbach (1997) 的結果較為相似。雖然燕麥在孕穗期及抽穗期收穫時會造成較高的 CP 損失，然而此時的青貯品質卻遠優於其他時期收穫的。

IV. 消化率及相對飼養價值

在燕麥青貯料的 IVDMD 部分 (表 5)，Saia、Swan 及 Mount one 皆於孕穗期 (分別為 83、81 及 79%) 收穫時最高 ($P < 0.05$)，然隨著收穫期延後就顯著下降。Coblentz *et al.* (2018) 的研究報告顯示，隨著收穫期的延後，黑小麥的 IVDMD 也會隨之下降，而在營養期與孕穗期所收穫的燕麥青貯料則具有較高的 IVDMD，此與本研究報告結果一致。Mustafa and Seguin (2003) 指出燕麥可緩降解 (slowly degradable fraction) 乾物質之降解速率會隨

著成熟度的增加而下降。Kiliçalp and Türk (2023) 的研究結果顯示，在抽穗前收穫的青貯料有較高的消化率及採食量，而最低的則是在抽穗期所收穫的。Mobashar *et al.* (2018) 則指出隨著飼料作物的成熟度增加會導致纖維消化率下降，此結果與牧草的葉莖比下降及纖維含量增加有關。本報告燕麥青貯料的 CP 含量在孕穗期 (13.3%) 顯著較其他收穫期高 ($P < 0.05$) (表 3)，而 NDF 及 ADF 含量 (分別為 46.1 及 32.4%) 則較其他收穫期低。因此，燕麥在孕穗期收穫所製成的青貯料，會有較佳的消化率。

Waldo and Jorgensen (1981) 指出，高品質的牧草必須具有高的攝取量、消化率和利用效率。McCartney and Vaage (1994) 強調牧草的經濟價值取決於其產量和餵飼價值，而大麥、燕麥和黑小麥等小穀類作物的產量和化學成分被認為是合適的青貯飼料。本試驗的燕麥青貯料之平均 RFV 以孕穗期收穫時顯著最高為 129 ($P < 0.05$)，而在抽穗期及乳熟期的最低，僅為 102 及 103，但軟熟期又回升至 113 (表 5)。此結果與 Kiliçalp and Türk (2023) 相似，其指出燕麥在抽穗前的 NDF 及 ADF 含量顯著最低，因此在開花前收穫的 RFV 最高，但在抽穗期後就逐步降低。本試驗也有相同的趨勢，燕麥在孕穗期會有較低的 NDF 及 ADF 含量表現 (表 2)。

Saia 的 RFV 在孕穗期收穫時最高 ($P < 0.05$) 為 138，但隨著收穫期的延後而降低，至軟熟期僅為 78，降幅達 43% (表 5)。而 Swan 及 Mount one 的 RFV 在孕穗期 (分別為 121 及 128) 收穫時皆有較佳的表現，然後隨之下降，但在軟熟期又提升至 133 及 128，此現象與 Saia 較為不同。Swan 及 Mount one 的 RFV 皆在抽穗期收穫時最低，降幅僅為 18 及 24%，皆小於 Saia，此與 Kiliçalp and Türk (2023) 的研究結果相似，晚熟品種的 RFV 表現會較早熟品種為佳。

表 5. 燕麥在不同收穫期之青貯料 IVDMD 及 RFV 表現

Table 5. The IVDMD and RFV of silages of oats at different harvested dates

Variety	Growth stage	IVDMD*		RFV
		----- kg ha ⁻¹ -----		
Growth stage***	Boot	81 ^a		129 ^a
	Head	69 ^b		102 ^c
	Milk	64 ^c		103 ^c
	Soft dough	62 ^d		113 ^b
Saia	Boot	83 ^a		138 ^a
	Head	70 ^b		109 ^b
	Milk	61 ^c		95 ^c
	Soft dough	50 ^d		78 ^d
Swan	Boot	81 ^a		121 ^b
	Head	69 ^b		99 ^d
	Milk	64 ^c		108 ^c
	Soft dough	69 ^b		133 ^a
Mount one	Boot	79 ^a		128 ^a
	Head	68 ^b		97 ^b
	Milk	66 ^b		105 ^b
	Soft dough	68 ^b		128 ^a

*IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility; RFV: relative feed value.

**DM: dry matter.

*** Average value of 3 varieties at the same growth stage.

^{a, b, c, d} Means with the same letter within the same column of the growth stage of the variety are not significantly different at 5% level.

晚熟燕麥品種 Swan 及 Mount one 在孕穗期收穫除有較高的鮮草產量外，在青貯製作過程無須額外增加乳酸菌等添加物，即可確保發酵成效，獲得最佳的青貯品質，且所製作的青貯料也會有較佳的消化率及較優的飼養價值。中早熟燕麥品種 Saia 則在抽穗期所製作的青貯料評比最高，故此時收穫較為合適。因此，Swan 及 Mount one 的青貯製作以孕穗期為佳，而 Saia 則以抽穗期較為適宜。

參考文獻

- 朱明宏、王紓愍、游翠鳳、陳嘉昇。2018。黑燕麥在不同收穫期之芻料產量、品質及青貯調製研究。畜產研究 51：16-23。
- 李春芳、蕭宗法。2007。反芻動物飼料試管乾物質消化率 (IVDMD) 方法之修改。畜產研究 40：59-65。
- 施意敏、李姿蓉。2020。臺灣北部地區芻料用燕麥生產與利用之研究。畜產研究 53：244-252。
- 陳嘉昇、黃永芬、游翠鳳、王紓愍。2021。芻料燕麥營養成分變動之探討。畜產研究 54：116-125。
- 陳勃聿、張世融。2022。有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 II. 地區輪作模式之產量及品質評估。畜產研究 55：56-67。
- 盧啟信、許福星。2001。國產芻料青貯品質之研究。畜產研究 34：187-192。
- Berto, J. L. and P. R. F. Mühlbach. 1997. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. Rev. Bras. Zootec. 26: 651-658.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. pp. 610-613. In: Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. Page, A. L. (ed.) Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Cherney, J. H. and D. J. R. Cherney. 2003. Assessing silage quality. In: Buxton, D. R.; Muck, R. E. and J. H. Harrison (Eds.) Silage Science and Technology, pp. 141-198. Madison.
- Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, D. A. Scarbrough, J. S. Weyers, K. F. Harrison, Z. B. Johnson, L. B. Daniels, C. F. Rosenkrans, Jr., D. W. Kellogg, and D. S. Hubbell. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in northern Arkansas. J. Dairy Sci. 83: 2499-2511.
- Coblentz, W. K., S. E. Nellis, P. C. Hoffman, M. B. Hall, P. J. Weimer, N. M. Esser, and M. G. Bertram. 2013. Unique interrelationships between fiber composition, water-soluble carbohydrates, and *in vitro* gas production for fall-grown oat forages. J. Dairy Sci. 96: 7195-7209.
- Coblentz, W. K., M. S. Akins, K. F. Kalscheur, G. E. Brink, and J. S. Cavadini. 2018. Effects of growth stage and growing degree day accumulation triticale forages: 1. Dry matter yield, nutritive value, and *in vitro* dry matter disappearance. J. Dairy Sci. 101: 8965-8985.
- David, D. B., J. L. Nörnberg, E. B. de Azevedo, G. Brüning, J. D. Kessler, and F. R. Skonieski. 2010. Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. Rev. Bras. Zootec. 39: 1409-1417.
- Filya, I. 2003. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. Anim. Feed Sci. Technol. 103: 85-95.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Application). pp. 8-9. Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC., USA.
- Gunsaulis, J. L., W. K. Coblentz, R. K. Ogden, R. K. Bacon, K. P. Coffey, D. S. Hubbell III, J. V. Skinner, Jr., M. S. Akins, J. D. Caldwell, K. S. Lusby, and S. A. Gunter. 2008. Fall growth potential of cereal grain forages in Northern Arkansas. Agron. J. 100: 1112-1123.
- Hill, J., G. Q. Xiao, and A. S. Ball. 2001. Effect of inoculation of herbage prior to ensiling with *Streptomyces achromogenes* ISP 5028 on chemical composition of silage. Anim. Feed Sci. Technol. 89: 83-96.
- Jacobs, J. L., J. Hill, and T. Jenkin. 2009. Effect of stage of growth and silage additives on whole crop cereal silage nutritive and fermentation characteristics. Anim. Prod. Sci. 49: 595-607.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acid C1-C6 and lactic acid in silage juice. J. Sci. Food Agric. 27: 1005-1014.
- Khan, M. A., M. Sarwar, M. Nisa, M. S. Khan, Z. Iqbal, W. S. Lee, H. J. Lee, and H. S. Kim. 2006. Chemical composition, *in situ* digestion kinetics and feeding value of oat grass (*Avena sativa*) ensiled with molasses for Nili-Ravi Buffaloes. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19: 1127-1133.
- Kiliçalp, N. and T. Türk. 2023. Cultivar and harvest stage effects on nutritive value of whole crop oat (*Avena sativa* L.) silages. J. Agric. Nat. 26: 437-449.
- Kung, L. and R. Shaver. 2001. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. University of Wisconsin Madison, USA. Focus Forage 3: 1-5.
- Liu, K. and K. Mahmood. 2015. Nutrient composition and protein extractability of oat forage harvested at different maturity

- stages as compared to grain. *J. Agr. Sci.* 7: 50-58.
- McCartney, D. H. and A. S. Vaage. 1994. Comparative yield and feeding value of barley, oat, and triticale silage. *Can. J. Anim. Sci.* 74: 91-96.
- Mobashar, M., M. Tahir, S. Javaid, I. M. Anjum, I. Gul, N. Ahmad, and S. Sami. 2018. Nutritional evaluation of various stages of maturity of oat hay and its effect on milk production and composition in lactating holstein friesian cows. *Pak. J. Zool.* 50: 220 -2216.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254 - 255.
- Mustafa, A. F. and P. Seguin. 2003. Effects of stage of maturity on ensiling characteristics and ruminal nutrient degradability of oat silage. *Arch. Anim. Nutr.* 57: 347-358.
- Nadeau, E. 2007. Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *J. Sci. Food Agric.* 87: 789-801.
- Undersander, D. and J. E. Moore. 2002. Relative forage quality (RFQ) indexing legumes and grasses for forage quality. University of Wisconsin Extension. Retrieved from <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/rfq.htm>.
- Waldo, D. R. and N. A. Jorgensen. 1981. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. *J. Dairy Sci.* 64: 1207-1229.
- Wallsten, J., J. Bertilsson, E. Nadeau, and K. Martinsson. 2010. Digestibility of whole-crop barley and oat silages in dairy heifers. *Animal* 4: 432-438.
- Wan, L. Q., X. L. Li, X. P. Zhang, and F. He. 2007. The effect of different water contents and additive mixtures on *Medicago sativa* silage. *Acta Pratacul. Sin.* 2: 40-45.
- Woolford, M. K. 1984. *The silage fermentation*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA.
- Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. *Laboratory Manual of Physiological Studies of Rice* 3rd Edition, pp. 46-49. International Rice Research Insititute, Los Baños, Philippines.
- Zhang, J. G. 2002. Roles of biological additives in silage production and utilization. *Res. Adv. Food Sci.* 3: 37-46.

The effects of different harvest stage on nutritive value of oat (*Avena* spp.) silages ⁽¹⁾

Po-Yu Chen ⁽²⁾⁽⁴⁾ and Geng-Jen Fan ⁽³⁾

Received: Apr. 26, 2023; Accepted: Jul. 15, 2024

Abstract

3 varieties of oat (*Avena* spp.), Saia (*Avena strigosa* Schreb.), Swan and Mount one (*Avena sativa* L.), were used for field experiment by the randomized complete block design with 4 repetitions to explore the effects of different harvest periods on forage yield, changes of chemical composition, silage quality and dry matter digestibility. Oats began to be harvested in the boot growth period, and the dry matter yield increased as the harvest period got later, which were 9,130 kg ha⁻¹ at the initial harvest to 19,300 kg ha⁻¹ at soft dough stage ($P < 0.05$). The dry matter rate showed the similar tendency, which increased from 13.1% at the boot growth period to 37.8% at the soft dough period. The content of crude protein (CP) of oats decreased from 17.6% at the boot growth period to 9.6% at the soft dough period, while the content of water soluble carbohydrate (WSC) increased from 4.4% to 9.5%. The content of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) reached the highest in the heading stage, which were 59.6% and 36.4%, respectively. The Flieg's scores of silage quality for oats reached the best grade when harvested at the booting stage. Furthermore, the forage quality for oats harvested at the booting stage were good as their contents of CP, NDF and ADF were 13.3, 46.1 and 32.4% respectively. In addition, the *In vitro* dry matter digestibility and relative feed value performance for oats harvested at the booting stage were also much better than that were harvested after heading stage. Based on the results above, Swan and Mount one harvested at the booting stage could get better silage quality and Saia harvested at the heading stage.

Key words: Oat, Growth stage, Silage, Forage quality.

(1) Contribution No. 2780 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

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

(4) Corresponding author, E-mail: muu680@mail.tlri.gov.tw.

飼糧添加機能性油脂對阿爾拜因山羊泌乳性能 與羊乳脂肪酸組成之影響⁽¹⁾

范耕榛⁽²⁾⁽⁴⁾ 蕭宗法⁽³⁾ 李春芳⁽³⁾

收件日期：112 年 8 月 21 日；接受日期：113 年 1 月 16 日

摘 要

為強化羊乳脂肪酸組成，在阿爾拜因乳山羊飼糧中分別添加 0%、3% 大豆油 (含 55.3% C18:2)、3% 魚油 (含 21.5% C22:6, DHA) 或 3% 亞麻籽油 (含 60.7% C18:3, n-3)，探討對羊隻泌乳性能、瘤胃消化與羊乳脂肪酸組成之影響。乳山羊共 20 頭，完成變積期泌乳性能測定後逢機分成四組，在個別欄飼養 18 日後，重新分組進行第二次飼養試驗。兩頭瘤胃開窗乾乳羊每 10 日依序採食四處理飼糧，並於最後 2 日連續採集瘤胃內容物。試驗結果顯示，四組羊隻平均採食量與泌乳量相近，不受三種各具脂肪酸特色油脂添加的影響，總平均分別為 1.63 與 2.33 kg，羊隻對魚油飼糧的接受度變異大；飼糧油脂會影響羊乳脂肪的合成，四組羊隻乳脂率依序分別為不添加對照組的 3.34 (100%)、3.71 (111%)、3.00 (90%) 及 3.57% (107%)，大豆油提高而魚油降低乳脂率 ($P < 0.01$)。因健康因素，只有 1 頭瘤胃開窗羊完成試驗。飼糧添加油脂明顯降低瘤胃總揮發性脂肪酸的日生成，對照組與添加油脂組平均分別為 93.7 與 77.1 mM。在羊乳脂肪酸方面，油脂添加可顯著降低其飽和度 (自對照組 69.6% 降低至添加組 65.5%)，且可增加多不飽和脂肪酸 (自 4.18% 增加至 6.72%) 及共軛亞麻油酸比例 (自 1.39% 增加至 3.73%)，魚油與亞麻籽油添加可以顯著增加 n-3 脂肪酸比例 (n-6/n-3 自 6.20 降低至 2.36)。綜合試驗結果建議，亞麻籽油飼糧的適口性佳，可維持羊隻良好泌乳性能，且其添加可使羊乳脂肪酸組成更符合現代健康期待。

關鍵詞：阿爾拜因乳山羊、魚油、亞麻籽油、乳脂肪酸。

緒 言

牛乳、羊乳和其乳製品是全球人類營養的重要來源之一，提供優良蛋白質、礦物質、維生素和能量等，也是必需脂肪酸的重要來源 (Dauber *et al.*, 2021)。

由於瘤胃微生物活躍的氫化作用，反芻動物的乳與肉的脂肪酸飽和度偏高，現代消費者食物豐富充沛，當食用過多的飽和脂肪酸易導致高膽固醇、動脈粥樣硬化和其他心血管健康問題 (Noakes *et al.*, 1996)、降低胰島素敏感性，造成代謝紊亂和糖尿病風險 (Givens, 2015)。美國威斯康辛州乳銷售管理局 (Wisconsin Milk Marketing Board) 於 1988 年提出理想牛乳脂肪酸組成的建議，即飽和脂肪酸 (saturated fatty acids, SFA)、單不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acids, MUFA) 與多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated acids, PUFA) 的比例約為 8%、82% 及 < 10% (O'Donnell, 1989)，而實際一般牛乳脂肪酸組成約略分別為 70%、25% 及 5%，飽和度非常高，羊乳脂肪酸組成亦類似，分別為 76%、20% 及 4% (范等, 2016)。實際與理想之間的差距相當大，牛乳脂肪酸組成雖可由多種方法改善，但要改善使其成為理想牛乳組成也應是不可能的任務 (Grummer, 1991)。

一般公共衛生政策建議，減少飽和脂肪酸攝取並增加 Omega-3 脂肪酸 (ω -3 脂肪酸；n-3 脂肪酸) 飲食。Omega-3 脂肪酸主要包括 α -亞麻酸 (α -linolenic acid, ALA, C18:3 cis9, cis12, cis15)、二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic acid, EPA, C20:5) 及二十二碳六烯酸 (docosahexaenoic acid, DHA, C22:6) 三種，皆為人體必需脂肪酸。含高量 C18:3, n-3 脂肪酸的植物較少，亞麻籽油為其代表。EPA 主要幫助抗發炎、改善血液循環及抗血栓形成，DHA 則為幫助腦部、視力健康發展及維持健康的免疫反應，EPA 與 DHA 為水中單細胞藻類所合成，由深海魚類進食後累積，主要來源如

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2781 號。
(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(3) 農業部畜產試驗所退休。
(4) 通訊作者，E-mail: m3802@mail.tlri.gov.tw。

魚粉。Liu *et al.* (2016) 在高油飼糧中調高 PUFA，發現可以有效降低小鼠的動脈粥狀硬化程度與發炎反應等，且以來自動物源（魚油）與藻油的 DHA/EPA 調整較有效。自 1970 年代晚期，因研究發現 n-6 脂肪酸可衍生為前列腺素 (prostaglandin) 與花生四烯酸 (arachidonic acid) 等發炎因子，因此認為促進體內發炎，而 n-3 脂肪酸則持相反作用可降低發炎反應，興起以 n-6/n-3 比例做為評估指標，但陸續的研究發現 PUFA 的影響錯綜複雜，且脂肪酸種類多又特性不一，William (2018) 於是建議由新的指標來取代：Omega-3 Index (wt%)，指人體紅血球表面的 EPA+DHA 含量。

牛乳脂肪酸並非都不利於人體健康，如 C18:0 與 C18:1 可以有效降低膽固醇 (Parthasarathy *et al.*, 1990)。乳中共軛亞麻油酸 (conjugated linoleic acid, CLA)、神經鞘磷脂 (sphingomyelin)、丁酸 (butyric acid)、醚脂 (ether lipids)、 β -胡蘿蔔素 (β -carotene)、維生素 A 與維生素 D 都有抗癌效果 (Parodi, 1999)。反芻動物的乳與肉是自然界中 CLA 最豐富的來源 (Khanal and Olson, 2004)，屬於亞油酸 (C18:2) 的共軛二烯，是瘤胃微生物氫化飼糧中大量不飽和脂肪酸成為最終 C18:0 的中間產物 (Kepler and Tove, 1967; Enjalbert *et al.*, 2017)。CLA 的抗癌效果已經在老鼠動物研究及細胞株培養實驗中證實，即使只添加到飼糧的 0.1%，已可抑制老鼠的乳房腫瘤 (Schut *et al.*, 1997)，其他效果尚包括抗肥胖、抗糖尿病、抗心臟血管疾病及調整免疫功能等 (Aydin, 2005)，CLA 也具有降低乳脂率的效果，研究得知自皺胃灌注的 CLA 降低 52% 的乳脂率，並且集中在自體合成脂肪酸部分 (Chouinard *et al.*, 1999)。Baumgard *et al.* (2002) 指出，CLA 異構物中的 trans10, cis12 形式，可能經由降低與乳脂合成相關基因的表現而使乳脂合成顯著降低，另外異構物 C18:1, trans9 也是一很強的乳脂肪合成抑制脂肪酸 (Gama *et al.*, 2008)。

油脂能量濃度約為澱粉類的 2.5 倍，雖然瘤胃發酵易受飼料油脂的干擾，但在高產牛羊營養需求高與熱季採食量下降的雙重壓力下，適量添加油脂為一常用的營養調整策略，在反芻動物飼糧中油脂的使用最高約 5 – 7%。適當的油脂補充也能夠調節哺乳動物的乳脂組成，顯著改善乳汁營養特性。Noakes *et al.* (1996) 以保護處理過的菜籽油與大豆油 (C18:1 較高) 取代原 C16:0 與 C14:0 為主的飼糧，可以將其乳製品的脂肪酸飽和度自 70% 降低到 51%，並顯著降低參試人員血中膽固醇濃度，尤其是低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL)；在山羊飼糧中添加亞麻籽油會顯著降低乳脂肪飽和度、短鏈和中鏈脂肪酸濃度及 n-6/n-3 脂肪酸比例，並增加 CLA 與 C18:3 含量 (Kholif *et al.*, 2018)；在山羊飼糧中添加 1.5%、3% 或 4.5% 大豆油可以提升羊乳營養品質，Silva *et al.* (2020) 報告大豆油的添加可有效降低飽和脂肪酸濃度，尤其是導致動脈粥樣硬化的 C12:0、C14:0 及 C16:0。最近研究報告指出，在乳山羊飼糧中補充 4.16% 的鮭魚油與亞麻籽油混合物，不影響動物性能表現，但可以降低羊乳脂肪酸飽和度，同時增加 CLA cis9, trans11、C18:1, trans11 及 DHA 含量，因此有益於提升消費者健康 (Thanh *et al.*, 2023)。

本試驗之目的，為探討泌乳羊飼糧中額外添加大豆油、魚油或亞麻籽油對泌乳羊生產性能、乳成分及乳脂肪酸組成之影響，以期了解飼糧油脂添加對提升羊乳健康訴求的可行性。

材料與方法

本試驗於農業部畜產試驗所試驗羊舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容經畜產試驗所實驗動物管理小組以畜試動字第 97032 號申請核准在案。

I. 試驗處理

選擇具機能性脂肪酸之油脂 3 種，分別添加達飼糧乾基的 3%。四處理組分別為不添加油脂的對照組、添加 3% 大豆油 (含 55.3% 的 C18:2，大成大豆沙拉油) 組、添加 3% 魚油 (含 21.5% 的 C22:6，DHA) 組及添加 3% 亞麻籽油 (含 60.7% 的 C18:3，屬 n-3 脂肪酸，美國 Barlean organic high lignan flax oil) 組。

II. 泌乳山羊飼養試驗設計

將阿爾拜因泌乳山羊 20 頭，群飼兩週後測定個別乳量、乳成分與乳中脂肪酸組成，做為統計時的變積期資料。試驗開始前參試羊群的平均體重、乳量、乳脂肪、泌乳天數與胎次分別為 60.9 ± 10.7 kg、 $2,482 \pm 614$ g、 $3.07 \pm 0.42\%$ 、 79 ± 10 天與 2.0 ± 0.9 胎。羊隻依乳量及泌乳天數隨機分入 4 個處理組，飼養於高架個別欄，進行第一次 18 天飼養試驗，試驗結束後群飼休息 4 天，以不與第 1 次試驗同一組別原則下重新分組重複試驗 1 次。兩次試驗的前 14 天為羊隻適應期，之後進行各組飼糧採樣與分析、個別羊隻採食剩料採樣、乳量記錄、乳樣採集與成分測定等。

試驗飼糧的營養分提供以體重 60 kg、每日產乳量 2.5 kg 且乾物採食量 2.0 kg 為基礎，依 NRC (2007) 乳山羊之營養需要量進行調配，基礎飼糧組成為每日每頭提供 3.2 kg 泌乳牛 TMR (乳量 26.5 kg)、300 g 青割狼尾草、150 g 百慕達乾草、250 g 苜蓿乾草及 400 g 穀類精料 (餵飼基)，添加油脂三處理組每日每頭再補充 60 g 油

脂，並將 60 g 油脂先行與 400 g 穀類精料混合後冷藏備用（處理後精料）。實際各飼糧原料提供量依羊隻變積期乳量進行等比例增減，試驗期間也再參考採食狀況做必要調整。對照組基礎飼糧營養組成計算值分別為乾物質 (dry matter, DM) 47.2%、總可消化營養分 (total digestible nutrients, TDN) 68.6%、粗蛋白質 (crude protein, CP) 17.0%、酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 26.9%、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 42.7%、粗脂肪 (ether extract, EE) 2.86%、鈣 0.84% 及磷 0.44% (乾基) (表 1)。

表 1. 阿爾拜因乳羊脂肪添加試驗之基礎飼糧配方與營養分估算¹

Table 1. Formula and calculated nutrient compositions of basal diet fed to lactating Alpine dairy goats in dietary fat supplementation trial¹

Diet formula			Calculated compositions	
Ingredient	Quantity (g/day/goat, as fed basis)	Quantity (% DM basis)	Nutrient	Concentration (% DM basis)
TMR for lactating cow ²	3,200	62.1	DM	47.2
Napiergrass fresh cut	300	2.7	CP	17.0
Bermudagrass hay	150	6.6	EE	2.86
Alfalfa hay	250	11.1	NEI	1.56 Mcal/kg
Grain mixture ³	400	17.4	NDF	42.7
			ADF	26.9
			Ca	0.84
			P	0.44

¹ Basal diet was formulated to support 2.5 kg daily milk yield with 2.0 kg of dry matter intake.

² TMR: total mixed ration. The TMR for lactating cow included corn silage 22, fresh cut napiergrass 5, pangolagrass hay 1, alfalfa hay 2, alfalfa pellet 1, soybean hull pellet 2, silage from wet brewer's grains and corn meal (10:1 w/w) 11, wheat bran 0.8, and grain mixture 5 kg/cow/day (as fed basis). Dry matter (DM), crude protein (CP), net energy for lactation (NEI), and neutral detergent fiber (NDF) of TMR were 39.4%, 16.0%, 1.60 Mcal/kg, and 45.5% (DM basis), respectively.

³ Grain mixture was constituted from corn meal 40, soybean meal 37, wheat bran 13, molasses 3, salt 0.5, limestone 1.6, di-calcium phosphate 1.0, sodium bicarbonate 2.0, magnesium oxide 1.2, and vitamin and mineral premix 0.7 kg per 100 kg amount (as fed basis). This mixture had 23.7% of CP and 77.1% of total digestible nutrients (TDN) (DM basis).

III. 泌乳山羊飼養管理

羊隻逢機分成四組後，依序循環安置於羊舍內同一排高架個別羊欄內，每個羊欄均有飼槽及自動飲水碗，羊群飼養管理依標準作業流程進行。每日分別於上午 7:00 與下午 3:30 擠乳。每天分 3 次餵飼羊隻，時間與餵飼量分別約為上午 8:30 的 25%、下午 2:30 的 50% 及夜間 9:00 的 25%。每餐觀察羊隻剩料量作為其餵飼量調整之依據，使隔日上午剩料約為前 1 日總提供量的 5 - 10%，以達任食。三餐餵飼時先行秤取處理後精料餵飼，再秤取泌乳牛 TMR (每日分 3 次提供) 與青割狼尾草 (上午提供)、百慕達乾草 (下午提供) 或苜蓿乾草 (晚上提供)，置於飼料槽中手拌混合餵飼。

IV. 瘤胃消化試驗

以兩頭瘤胃開窗的阿爾拜因乾乳羊，依序餵飼泌乳羊對照組、大豆油組、亞麻籽油組及魚油組飼糧。每期飼養期 10 天，前 8 天適應，最後兩天連續採集瘤胃內容物，測定瘤胃 pH、揮發性脂肪酸 (volatile fatty acid, VFA) 與氨態氮 (NH₃-N) 的濃度日變化。

V. 測定項目

(i) 乳山羊泌乳性能測定

1. 體重：於兩次試驗開始與結束日，各連續兩日上午 10:30 餵飼後過磅。
2. 飼糧組成：於兩次試驗第 9 日起，採集 3 次各項飼糧原料，先以 -20°C 保存，試驗結束後以 55°C 烘乾 48 小時，熱秤得乾物質率，將每項原料的 3 個乾燥後樣品均勻再採樣以混合成 1 個樣品，經 1 mm Wiley mill 磨細後依 AOAC (2000) 分析 CP 與 EE 等，另參考 Goering and Van Soest (1970) 方法分析 NDF 及 ADF。試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD) 依李及蕭 (2007) 修正方法進行。
3. 採食量：每日記錄個別羊隻飼糧提供量與隔日上午剩餘量。於試驗最後 5 日採集三餐飼糧及隔日個別羊隻剩料，先行冷凍保存後再烘乾如飼糧原料之處理，並依飼糧乾物質供應量及剩料乾物質率，計算個別

羊隻 5 日的平均乾物質採食量。

4. 泌乳量：試驗開始前 3 日，連續記錄個別羊隻乳量並採集個別乳樣送驗，作為羊隻變積期性能數據。於試驗第 15 日到第 18 日，連續四日測定個別羊隻的泌乳量，於第 16 日到 18 日連續三日依個別羊隻的上下午乳樣，依其乳量比例（約 2：1）混合成一日乳樣，送本所北區分所牛乳檢驗室，以全自動多功能乳成分分析儀 (MilkScan™ FT⁺, Foss, Denmark) 分析一般乳成分，包括乳脂、乳蛋白質、乳糖、乳總固形物及乳中尿素氮等。
- (ii) 瘤胃消化：兩頭瘤胃開窗阿爾拜因乾乳羊於每次試驗第九天起，進行連續兩天 48 小時的瘤胃內容物採樣。採樣時間為上午 8：00 (0 h, 餵飼前)、9：30 (1.5 h)、11：00 (3 h)、下午 1：00 (5 h)、3：00 (餵飼前, 7 h)、4：30 (8.5 h)、6：00 (10 h)、夜間 7：30 (11.5 h)、9：30 (餵飼前, 13.5 h)、11：00 (15 h)、隔日凌晨 0：30 (16.5 h)、3：00 (19 h) 及 5：30 (21.5 h)，共 13 個採樣點。瘤胃液採集方法、分析步驟及項目參考范等 (2021)。
- (iii) 羊乳脂肪酸分析：在取乳樣時多取 1 份，每頭羊 3 日乳樣各取 1/3 混合，以 -20℃ 冷凍保存以備脂肪酸分析。分析前隔夜解凍水浴加溫至 37℃ 後，參考 Chouinard *et al.* (1999) 方法，以正己烷 (hexane) 及異丙醇 (isopropanol) 等進行乳脂肪酸萃取與甲基酯化處理，再以附火焰離子偵測器 (flame ionization detector, FID) 的氣相層析儀 (Varian CP-3800) 分析乳脂肪酸組成，脂肪酸標準品包括 C4 – C24 脂肪酸及三種 CLA 脂肪酸 (cis9, trans11、trans10, cis12 及 trans9, trans11)，分析方法參考范等 (2016)。

VI. 統計分析

羊隻泌乳量與乳成分以有變積分析的完全隨機設計 (Completely randomized design (CRD) with covariance analysis) 統計分析，以消除羊隻個體性能差異；其餘性狀差異性分析以 CRD 統計分析；試驗所得資料以 SAS 統計軟體 (2005) 進行一般線性模式 (General Linear Model, GLM) 分析，若變方分析達顯著差異水準，再以最小平方均值 (least squares means, LSM) 比較處理組間的差異，本次試驗以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準。

結果與討論

I. 飼糧組成

試驗期間飼糧之基礎配方 (對照組) 及營養組成計算如表 1，飼糧原料組成之營養成分分析結果列於表 2，對照組之飼糧營養成分設計含粗蛋白質 17% 與泌乳淨能 1.56 Mcal/kg，並由泌乳牛 TMR、青割狼尾草、百慕達乾草、苜蓿乾草與穀類精料共同組成作為泌乳羊 TMR，實測飼糧原料組成與設計值相近，青割狼尾草品質優而百慕達乾草品質較預期為低，整體而言飼糧營養應可符合體重 60 kg 乳量 2.5 kg 泌乳羊需求。參考 NRC (2007) 飼料成分表，油脂泌乳淨能為 6.3 Mcal/kg，試驗組額外添加 60 g 油脂相當於每天每頭提高 0.378 Mcal 泌乳淨能。

表 2. 阿爾拜因乳羊脂肪添加試驗之飼糧原料營養分組成 (%，乾基)

Table 2. Nutrient compositions of diet ingredients fed to lactating Alpine dairy goats in dietary fat supplementation trial (%，dry matter basis)

Ingredients	DM ¹	CP	EE	ADF	NDF	IVDMD
Grain mixture w/o oil added ²	91.0	23.8	1.48	9.0	18.4	—
Grain mixture w soybean oil	92.5	21.1	16.6	6.6	15.6	—
Grain mixture w fish oil	92.7	20.7	16.7	6.7	16.1	—
Grain mixture w flaxseed oil	93.3	20.7	15.5	7.8	19.0	—
TMR for lactating cow ²	37.5	18.7	3.43	28.1	50.6	—
Napiergrass, fresh cut	10.9	12.3	2.54	42.9	69.4	60.0
Bermudagrass hay	90.9	9.7	1.65	36.0	82.8	48.1
Alfalfa hay	86.1	20.6	2.29	31.1	44.0	63.6

¹ DM: dry matter, CP: crude protein, EE: ether extract, ADF: acid detergent fiber, NDF: neutral detergent fiber, IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility.

² w/o: without, w: with, TMR: total mixed ration.

II. 泌乳性能

三項機能性油脂添加對乳羊泌乳性能之影響，整理於表 3。飼養試驗過程中，觀察到羊隻對魚油處理料的接受度變異頗大，有厭食與拒食情形。問題嚴重羊隻移除 1 頭後，四組每日每頭乾物質採食量以平均值 \pm SD 表示時，依序分別為不添加油脂對照組的 $1,656 \pm 344$ 、添加大豆油組的 $1,636 \pm 229$ 、添加魚油組的 $1,443 \pm 382$ 及添加亞麻籽油組的 $1,754 \pm 336$ g，魚油組採食量的變異較其他組為大，平均採食量在數值上也較對照組降低了 12.6%，亞麻籽油的適口性有較佳趨勢 ($P < 0.10$)，平均採食量增加為對照組的 106%，大豆油的添加不影響羊隻採食；然而由於羊隻採食量變異較大，各組採食量並未達顯著差異水準。另依實際乾物質採食量推算，在處理後精料都可以完全採食前提假設下，三組油脂添加占飼糧的比例分別為 3.67、4.16 及 3.42%，魚油組添加比例可能偏高。

表 3. 飼糧添加機能性油脂對阿爾拜因山羊泌乳性能之影響

Table 3. Effects of supplementation of functional fat in diets on the milking performance of Alpine dairy goats

Items ¹	Control	Soybean oil 3%	Fish oil 3%	Flaxseed oil 3%	P-value
No.	10	10	9	10	
DM intake, g/d	1,656	1,636	1,447	1,754	0.25
BW change, g/d	-123	-91	-131	-75	0.58
Milk production, g/d	2,294	2,362	2,220	2,409	0.48
Milk efficiency	1.37	1.45	1.50	1.40	0.71
Milk fat, %	3.34 ^b	3.71 ^a	3.00 ^c	3.57 ^{ab}	<.001
Milk protein, %	2.78	2.85	2.80	2.79	0.42
Milk lactose, %	4.23	4.31	4.33	4.32	0.12
Milk total solid, %	11.05 ^b	11.56 ^a	10.83 ^b	11.39 ^a	<.001
MUN, mg/dL	29.4	25.8	26.4	27.5	0.18

The least squares means (LSM) are listed.

¹ DM: dry matter, BW: body weight, Unit for milk efficiency: Milk/DMI; and MUN: milk urea nitrogen.

^{a, b, c} LSM with different superscripts differed significantly ($P < 0.001$).

魚油添加影響採食在相關研究也觀察到，Kitessa *et al.* (2001) 使用氫化的鮭魚油或未保護的鮭魚油餵飼山羊 (魚油占飼糧乾物質 3%)，結果未保護魚油降低了採食量；Donovan *et al.* (2000) 指出荷蘭泌乳牛補充 0、1、2 或 3% 魚油時，乾物質採食量分別為 28.8、28.5、23.4 及 20.4 kg，魚油添加達飼糧 2% 時即開始顯著抑制採食量與其後的產乳量；Lacasse *et al.* (2002) 也指出餵飼未經微膠囊保護的魚油，採食量降幅可能高達 25% 以上。

三種各具脂肪酸特色油脂的添加並未能明顯改善乳量，未添加組、大豆油組、魚油組與亞麻籽油組依序泌乳量為 2,294 (100%)、2,362 (103%)、2,220 (97%) 及 2,409 g (104%)，總平均 2,321 g/日/頭，同時也不影響日增重、泌乳效率、乳蛋白質濃度及乳糖濃度，但對羊乳脂肪合成具有顯著的影響 ($P < 0.01$)，四處理組的乳脂率分別為 3.34 (100%)、3.71 (111%)、3.00 (90%) 及 3.57% (107%)，魚油顯著抑制乳脂肪合成，大豆油顯著促進乳脂肪合成，亞麻籽油也有促進乳脂肪合成之趨勢。魚油組脂肪率的降低進一步降低其生乳總固形物濃度。試驗同時觀察到四組羊隻都處在失重狀況，這可能因炎熱夏季降低了羊群採食量而僅達到 2 kg 設定值的 81% 所致；其中大豆油組與亞麻籽油兩組羊隻失重較為緩和，較對照組與魚油組減少 35% 的失重 (-83 vs. -127 g)。

Cattaneo *et al.* (2006) 指出，在乳山羊的飼糧中添加未保護的魚油會顯著降低乳脂率，並有降低乳量的傾向；Kitessa *et al.* (2001) 餵飼未經氫化保護魚油除了減低採食量，也降低乳羊乳量、乳蛋白質和乳脂肪產量。El-Nor and Khatlab (2012) 在飼糧中添加魚油、葵花籽油或其組合，羊乳中的脂肪、蛋白質和無脂固形物濃度皆有降低現象；Núñez de González *et al.* (2020) 指出乳山羊對魚油補充的反應仍呈現相互矛盾的結果。綜合文獻顯示，飼糧直接添加未保護的魚油很可能影響採食量、乳量及乳成分，但植物性油脂的適量添加則多呈現正面效果。Martínez-Marín *et al.* (2011) 於乳山羊的基礎飼糧中分別添加高油酸葵花籽油、普通葵花籽油或亞麻籽油每日每頭 48 g，結果添加油脂除了不影響採食量外，高油酸葵花籽油可提升乳量，普通葵花籽油與亞麻籽油則促進較高的乳脂率，試驗結果與本次的大豆油組及亞麻籽油組一致。Ali *et al.* (2019) 評估於山羊飼糧中補充亞麻籽油每日每頭 10、20 或 30 mL 後，乳蛋白質與乳糖濃度不受影響，但乳量較不添加組分別增加 14.6、18.8 及

26.0%，平均增加達 19.8%，餵飼 30 mL 亞麻籽油且有較高的乳脂濃度，該結果較本次試驗亞麻籽油組增加 4% 乳量明確。

III. 瘤胃消化

試驗前準備了兩頭瘤胃開窗乾乳羊，但其中一頭在餵飼後有屢管脫落情形，造成飼糧兩天瘤胃代謝結果重複性差，因此試驗僅提供一頭分析結果為參考而無統計分析 (表 4)。瘤胃消化試驗結果顯示，油脂添加對瘤胃 pH 環境影響相近；添加魚油及亞麻籽油降低瘤胃 NH₃-N 的產生高峰，縮小一日內變化幅度；在瘤胃 VFA 方面，魚油的影響與另二種油脂不同，添加魚油降低 C2、增加 C3 及 C4 的莫耳比例，使 C2/C3 比例降低，與魚油組的低乳脂率反應相符。整體瘤胃消化顯示，油脂的添加非常明顯的抑制了 17.8% 的總 VFA 生成 (93.7 vs. 77.1 mM)，意即瘤胃內碳水化合物的分解受到影響，有關飼糧添加油脂與瘤胃纖維分解的相互影響仍研究不輟 (Enjalbert *et al.*, 2017)，早期 Devendra and Lewis (1974) 的研究曾提出油脂抑制纖維分解的假說，其一可能是物理上，瘤胃中的油脂會結合到飼糧顆粒上，因而降低瘤胃纖維分解菌必要的貼附 (adhesion)；然而 Ali *et al.* (2019) 研究指出添加亞麻籽油可促進較高的 VFA 濃度與乳量；高濃度的 VFA 提高泌乳山羊的乳量 (Kholif *et al.*, 2015; Morsy *et al.*, 2015)。本次試驗添加油脂明顯降低瘤胃 VFA 的產生，使得羊隻由 VFA 提供的能量減少，推測油脂的添加可能用於彌補 VFA 源能量的損失，使得本試驗油脂的添加未能顯示出乳量的改善。

表 4. 飼糧添加機能性脂肪對乾乳山羊瘤胃消化之影響¹

Table 4. Effects of supplementation of functional fat in diets on the ruminal digestion of dry goat¹

Items	Control	Soybean oil 3%	Fish oil 3%	Flaxseed oil 3%
Ruminal pH				
Diurnal wei. avg. ²	6.29	6.35	6.52	6.46
Highest	6.72	6.58	6.67	6.78
Lowest	6.01	6.11	6.32	6.19
Ruminal NH₃-N, mg/dL				
Diurnal wei. avg.	23.9	24.7	19.9	21.0
Highest	37.5	33.4	26.8	25.4
Lowest	15.8	17.4	14.9	16.6
Ruminal VFA				
C2/C3	3.96	4.30	2.96	3.71
C2, mM, wei. avg.	67.8	56.8	50.9	52.1
C2, molar%	73.0	73.1	65.5	69.9
C3, mM, wei. avg.	17.1	13.2	17.2	14.0
C3, molar%	18.1	16.9	21.6	18.6
C4, mM, wei. avg.	5.93	5.58	7.75	6.16
C4, molar%	6.37	7.23	10.16	8.45
Total VFA, mM, wei. avg.	93.7	78.1	78.4	74.9

¹ Due to health problem, only one Saanen goat finished the experiment. Observed data were provided for reference, not statistical analyzed.

² Data were expressed as 24-hr diurnal weighed average (wei. avg.). C2: acetic acid, C3: propionic acid, C4: butyric acid, Total VFA: sum of individual volatile fatty acids (VFA).

IV. 飼料、油脂與羊乳脂肪酸組成

飼料與油脂之脂肪酸組成列於表 5。三種油脂各有其特殊的脂肪酸組成，大豆油總脂肪酸中有 55.3% 的 C18:2，魚油在於其特高的 C22:6 DHA 含量，占總脂肪酸的 21.5%，亞麻籽油則是目前高 n-3 脂肪酸的代表，C18:3 含量達總脂肪酸的 60.7%。牧草與穀類都含有約 25% 的 C16:0 飽和脂肪酸，但在不飽和脂肪酸組成方面則不盡相同，牧草主要含 C18:2 與 C18:3 脂肪酸，穀類則主要為 C18:1 與 C18:2 脂肪酸。牧草、魚油及亞麻籽油有高的 n-3 脂肪酸比例，穀類與大豆油的 n-3 比例則偏低。

表 5. 阿爾拜因乳羊脂肪添加試驗之飼糧原料脂肪酸組成 (總脂肪酸 %)

Table 5. Fatty acid compositions of diet ingredients fed to Alpine dairy goats in dietary fat supplementation trial (% of total fatty acids)

Fatty acid	Napiergrass fresh cut	Bermudagrass hay	Alfalfa hay	Grain mixture	Soybean oil	Fish oil	Flaxseed oil
C14:0	0	3.62	5.59	4.30	0.06	5.54	0.03
C16:0	28.6	28.9	24.5	22.8	10.8	22.8	5.35
C16:1	1.32	0	0	0	0.08	7.11	0.09
C18:0	2.50	4.02	4.01	4.26	3.96	2.89	3.05
C18:1 ¹	5.30	5.16	1.58	26.2	23.0	31.0	15.9
C18:2 ¹	18.0	17.6	17.7	35.5	55.3	1.78	14.5
C18:3 ¹	34.8	24.6	34.1	2.54	5.75	0.80	60.7
C20:5	0	0.60	0	0	0	1.74	0
C22:6	1.62	2.33	1.28	0	0	21.5	0
SAFA ²	38.9	49.7	45.3	35.8	15.7	33.6	8.80
MUFA ²	6.61	5.16	1.58	26.2	23.1	39.5	16.0
PUFA ²	54.5	45.1	53.1	38.1	61.2	26.9	75.2
CLA ²	0	0	0	0	0.07	0.72	0
n-6/n-3 ²	0.50	0.64	0.50	14.11	9.63	0.09	0.24

¹ C18:1, cis 9; C18:2, cis 9, 12; C18:3, cis 9, 12, 15.

² SAFA: saturated fatty acid, MUFA: mono-unsaturated fatty acid, PUFA: poly-unsaturated fatty acid. CLA: conjugated linoleic acid. n-6/n-3: ratio of omega 6 to omega 3 fatty acid.

三種機能性油脂的添加對羊乳脂肪酸組成的影響列如表 6 所示。由於各組內羊乳脂肪酸組成的變異很小，使得 29 種個別脂肪酸幾乎都達到組間顯著差異。與對照組比較，三種油脂的添加可以有效降低 6% 羊乳脂肪酸飽和度 (69.6 vs. 65.5%)、增加 60% 多不飽和脂肪酸 (4.18 vs. 6.72%) 與增加 2.68 倍的 CLA (1.39 vs. 3.73%)；大豆油與亞麻籽油可以有效提高單不飽和脂肪酸 11.6% (26.2 vs. 29.3%)；魚油與亞麻籽油添加非常有效的提高羊乳中的 n-3 脂肪酸 (n-6/n-3 6.20 vs. 2.35)，因此油脂添加對整體脂肪酸的改善是有幫助的。

魚油對羊乳脂肪酸的影響模式與另二種油脂不一致。在有益健康方面，魚油顯著增加 4.1 倍的 C18:2, cis9, trans11 型式 CLA (對照組 1.16 vs. 4.89%)，大豆油與亞麻籽油組增加 2.1 倍，亞麻籽油組更增加 2.3 倍的 C18:3 (0.41 vs. 0.96%) 脂肪酸，魚油添加也使羊乳中含有微量但顯著較高的 EPA 與 DHA 濃度；對健康不利的方面，魚油增加 C6:0 到 C14:0 自體合成飽和脂肪酸濃度 14% (25.9 vs. 29.6%)，但大豆油與亞麻籽油組可降低 12.3% (25.9 vs. 22.7%)，同時降低 15% 的 C16:0 脂肪酸 (28.6 vs. 24.3%)；魚油添加也顯著降低 C18:0、C18:1, cis9 與 C18:2, cis9, cis12 脂肪酸合成，大豆油與亞麻籽油組可增加 28% 的 C18:0 (10.2 vs. 13.1%)，但大豆油添加也促使 n-6 脂肪酸比例顯著增高。綜合比較後建議，本次試驗魚油與大豆油的添加對改善羊乳脂肪酸的效果正反皆有；亞麻籽油添加的羊乳脂肪酸組成較符合現代健康訴求。

本試驗中魚油組乳脂率的顯著降低，可能與其顯著高的 C18:1, trans9 (2.21 vs. 9.34%，增加 4.2 倍) 濃度有關。在瘤胃，C18:2 與 C18:3 被氫化成為 C18:0 的過程中，C18:1, trans9 是其中產物之一 (Enjalbert *et al.*, 2017)，推測本次試驗的 C18:1, trans9 脂肪酸應是由魚油中高達 31% 的 C18:1, cis9 脂肪酸轉化而來，Gama *et al.* (2008) 發現乳牛採食魚油引起的乳脂率降低，與 C18:1 trans 型式脂肪酸 (雙鍵在 C10 或以下位置) 存在明確負相關，因此 C18:1, trans9 脂肪酸具有抑制乳脂合成能力。

Kitessa *et al.* (2001) 餵飼鮭魚油會產生富含 n-3 的羊乳 (0.3 – 0.5% EPA 和 1.01 – 1.12% DHA)，也觀察到以鮭魚油餵養羊隻降低了乳中 C18:0 濃度，可能是由於長鏈多不飽和脂肪酸優先進入羊乳三酸甘油酯中和或抑制瘤胃生物氫化 C18:1 至 C18:0 所致。Cattaneo *et al.* (2006) 研究報告顯示，在飼糧中添加魚油可顯著減少羊乳中的飽和脂肪酸含量，並增加多元不飽和脂肪酸含量，與本試驗觀察一致，但 AL-Sultan (2007) 研究顯示，飼糧補充未受保護魚油可降低脂肪濃度，但不影響羊乳脂肪酸組成。

Martínez-Marín *et al.* (2011) 餵飼高油酸葵花籽油、普通葵花籽油或亞麻籽油，可增加不飽和脂肪酸含量，乳脂中 n-6/n-3 脂肪酸比例隨亞麻籽油的添加而降低，隨普通葵花籽油增加而增加，表示亞麻籽油可提高羊乳中 n-3

的比例，而葵花籽油則否，該結果與本試驗的兩种植物性油脂的結果十分一致。Ali *et al.* (2019) 在山羊飼糧中添加亞麻籽油，使飽和脂肪酸平均減少 13.7%，不飽和脂肪酸的濃度平均增加了 28.3%，其中 C18:1、C18:2 和 C18:3 的濃度顯著增加。綜合本次試驗與相關文獻結果，飼餵泌乳山羊亞麻籽油可以作為一種營養策略，降低羊乳的中短鏈及飽和脂肪酸濃度，增加羊乳的長鏈和多不飽和脂肪酸，提高 n-3 脂肪酸，並有助採食量與乳量表現，這種策略對消費者的營養和健康具有正面效益。

表 6. 飼糧添加機能性脂肪對阿爾拜因羊乳脂肪酸組成之影響 (總脂肪酸 %)

Table 6. Effects of supplementation of functional fat in diets on milk fatty acid profiles of Alpine dairy goats (% of total fatty acids)

Fatty acid	Control	Soybean oil 3%	Fish oil 3%	Flaxseed oil 3%	Sig.
C4:0	2.99 ^{ab}	3.00 ^{ab}	2.75 ^b	3.31 ^a	*
C6:0	2.41 ^b	2.33 ^b	2.56 ^a	2.41 ^b	*
C8:0	2.57 ^b	2.44 ^b	3.04 ^a	2.44 ^b	***
C10:0	8.13 ^b	7.39 ^{bc}	9.66 ^a	7.15 ^c	***
C12:0	3.07 ^b	2.63 ^c	3.73 ^a	2.55 ^c	***
C14:0	9.67 ^b	8.04 ^c	10.58 ^a	7.98 ^c	***
C16:0	28.6 ^a	25.0 ^b	30.0 ^a	23.5 ^c	***
C18:0	10.2 ^c	12.2 ^b	3.27 ^d	13.9 ^a	***
C18:1, t9 ¹ , n-9	2.21 ^c	5.57 ^b	9.34 ^a	4.45 ^b	***
C18:1, c9 ¹ , n-9	23.2 ^a	23.0 ^a	14.5 ^b	24.2 ^a	***
C18:2, c9,12, n-6	2.38 ^a	2.55 ^a	1.65 ^c	2.14 ^b	***
C18:3, c9,12,15, n-3	0.41 ^c	0.36 ^c	0.55 ^b	0.96 ^a	***
C18:2, c9t11 (CLA)	1.16 ^d	2.87 ^b	4.89 ^a	2.05 ^c	***
C18:2, t10c12 (CLA), n-6	0	0	0	0.01	NS
C18:2, t9t11 (CLA)	0 ^b	0 ^b	0.0007 ^b	0.025 ^a	*
C20:5 (EPA), n-3	0 ^b	0 ^b	0.069 ^a	0 ^b	***
C22:6 (DHA), n-3	0.021 ^b	0.024 ^b	0.57 ^a	0.012 ^b	***
Saturated fatty acid	69.6 ^a	64.6 ^c	67.0 ^b	64.9 ^{bc}	***
SAFA ¹ ≤ C14:0	28.9 ^b	25.9 ^c	32.4 ^a	25.8 ^c	***
MUFA ¹	26.2 ^b	29.2 ^a	25.0 ^b	29.3 ^a	***
PUFA ¹	4.18 ^c	6.17 ^b	8.10 ^a	5.88 ^b	***
SAFA/USAFA ¹	2.32 ^a	1.83 ^c	2.06 ^b	1.86 ^c	***
CLA ¹	1.39 ^c	3.24 ^b	5.23 ^a	2.72 ^b	***
n-6/n-3 ¹	6.20 ^b	7.69 ^a	1.77 ^d	2.94 ^c	***

¹ SAFA: saturated fatty acid, MUFA: mono-unsaturated fatty acid, PUFA: poly-unsaturated fatty acid, USAFA: unsaturated fatty acid, CLA: conjugated linoleic acid, n-6/n-3: ratio of omega 6 to omega 3 fatty acid, c: cis, and t: trans.

Sig.: Significance. *: P < 0.05, **: P < 0.01, ***: P < 0.001, and NS: P > 0.05.

^{a, b, c, d} LSM with different superscripts differed significantly (P < 0.05).

本次試驗中觀察到另一現象，值得討論。很多研究工作都期待由飼糧的強化提升畜產品的健康品質。飼糧中大量的不飽和脂肪酸影響瘤胃微生物的生長，尤其是原蟲與纖維分解菌，瘤胃微生物因此以生物氫化作用進行解毒，將不飽和脂肪酸先自 cis 型式轉化成 trans 型式，最終氫化為飽和脂肪酸型式 (Enjalbert *et al.*, 2017)。本次試驗的三種油脂皆未經過保護處理，以魚油所含的 DHA 計算，估算自飼糧的採食量到羊乳中的產出量，其轉換率僅 3.84%，Kitessa *et al.* (2001) 指出飼糧中 EPA 和 DHA 轉移到羊乳中的比例為 3.5 至 7.6%，若將魚油先行保護處理，則可明顯提高轉換效率，Chilliard *et al.* (2001) 也指出，因為瘤胃活躍的氫化作用，飼糧中魚油的 EPA 與 DHA 機能性脂肪酸送達乳中的效率是低的。這個現象也可以飼糧與羊乳脂肪酸組成的變化為佐證，飼糧不飽和脂肪酸以 C18:1、C18:2 及 C18:3 為主，但在羊乳中已氫化為以 C18:0 與 C18:1 為主 (表 5、表 6)，因此

欲將天然的機能性脂肪酸由餵飼移轉入乳中的做法，效果應有限。

結論與建議

機能性油脂大豆油 (含 55.3% C18:2)、魚油 (含 21.5% C22:6, DHA) 及亞麻籽油 (含 60.7% C18:3, n-3) 添加至泌乳羊飼糧的 3%，未能改善羊隻乳量，但魚油會抑制羊乳脂肪合成，大豆油則是增加羊乳脂肪，且羊隻對魚油的接受度變異大。整體評估，油脂的添加可提升羊乳脂肪酸組成，降低脂肪酸飽和度，增加多不飽和脂肪酸及共軛亞麻油酸比例。魚油對羊乳脂肪酸組成的影響正反皆有，大豆油與亞麻籽油可降低 C16:0、增加 C18:0，亞麻籽油更可增加 C18:3 與提高羊乳中 n-3 比例，大豆油添加使 n-6 脂肪酸偏高值得注意，綜合試驗結果建議，添加亞麻籽油的羊乳脂肪酸組成較符合現代健康訴求。

參考文獻

- 范耕榛、蕭宗法、李春芳。2016。泌乳山羊飼糧中椰子粕適當用量之探討。畜產研究 49：50-59。
- 范耕榛、蕭宗法、李春芳。2021。飼糧添加椰子粕對阿爾拜因山羊增重及瘤胃消化之影響。畜產研究 54：162-172。
- 李春芳、蕭宗法。2007。反芻動物飼料試管乾物質消化率 (IVDMD) 方法之修改。畜產研究 40：59-65。
- Ali, M., M. Thabet, and E. Ibrahim. 2019. Effects of flaxseed oil supplementation to lactating goats diet on milk production, composition and fatty acids profiles. *Al-Azhar J. Agri. Res.* 44: 66-78.
- AL-Sultan, S. I. 2007. Influence of feeding different concentration of fish oil on milk composition of Awasi goats. *J. Anim. Vet. Adv.* 6: 57-60.
- Association of Official Analytical Chemists. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Aydin, R. 2005. Conjugated linoleic acid: chemical structure, sources and biological properties. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 29: 189-195.
- Baumgard, L. H., E. Matitashvili, B. A. Corl, D. A. Dwyer, and D. E. Bauman. 2002. trans-10, cis-12 Conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 2155-2163.
- Cattaneo, D., V. Dell'Orto, G. Varisco, A. Agazzi, and G. Savoini. 2006. Enrichment in n-3 fatty acids of goat's colostrum and milk by maternal fish oil supplementation. *Small Rumin. Res.* 64: 22-29.
- Chilliard, Y., A. A. Ferlay, and M. Doreau. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70: 31-48.
- Chouinard, P. Y., L. Corneau, D. M. Barbano, L. E. Metzger, and D. E. Bauman. 1999. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *J. Nutr.* 129: 1579-1584.
- Dauber, C., T. Carreras, A. Britos, S. Carro, C. Cajarville, A. Gámbaro, S. Jorcín, T. López, and I. Vieitez. 2021. Elaboration of goat cheese with increased content of conjugated linoleic acid and transvaccenic acid: Fat, sensory and textural profile. *Small Rumin. Res.* 199, Article 106379.
- Devendra, C. and D. Lewis. 1974. Interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. *Anim. Prod.* 19: 67-76.
- Donovan, D. C., D. J. Schingoethe, R. J. Baer, J. Ryali, A. R. Hippen, and S. T. Franklin. 2000. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83: 2620-2628.
- El-Nor, S. A. H. A. and M. S. A. Khattab. 2012. Enrichment of milk with conjugated linoleic acid by supplementing diets with fish and sunflower oil. *Pak. J. Biol. Sci.* 15: 690-693.
- Enjalbert, F., S. Combes, A. Zened, and A. Meynadier. 2017. Rumen microbiota and dietary fat: A mutual shaping. *J. Appl. Microbiol.* 123: 782-797.
- Gama, M. A. S., P. C. Garnsworthy, J. M. Griinari, P. R. Leme, P. H. M. Rodrigues, L. W. O. Souza, and D. P. D. Lanna. 2008. Diet-induced milk fat depression: Association with changes in milk fatty acid composition and fluidity of milk fat. *Livest. Sci.* 115: 319-331.

- Givens, D. I. 2015. Manipulation of lipids in animal-derived foods: Can it contribute to public health nutrition? *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117: 1306-1316.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). *Agric. Handbook No. 379*, ARS-USDA, Washington, DC, USA.
- Grummer, R. R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74: 3244-3257.
- Kepler, C. R. and S. B. Tove. 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids: III. Purification and properties of a linoleate 12-cis, 11-trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.* 242: 5686-5692.
- Khanal, R. C. and K. C. Olson. 2004. Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat, and egg: A review. *Pakistan J. Nutr.* 3: 82-98.
- Kholif, A. E., T. A. Morsy, and M. M. Abdo. 2018. Crushed flaxseed versus flaxseed oil in the diets of Nubian goats: Effect on feed intake, digestion, ruminal fermentation, blood chemistry, milk production, milk composition and milk fatty acid profile. *Anim. Feed Sci. Technol.* 244: 66-75.
- Kholif, S. M., T. A. Morsy, O. H. Matloup, H. M. Ebeid, and A. M. Kholif. 2015. Effects of crushed linseed or linseed oil supplementation on performance of dairy goats and fatty acid profile in milk. *Life Sci. J.* 12: 94-99.
- Kitessa, S. M., S. K. Gulati, J. R. Ashes, E. Fleck, T. W. Scott, and P. D. Nichols. 2001. Utilisation of fish oil in ruminants: II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89: 201-208.
- Lacasse, P., J. J. Kennelly, L. Delbecchi, and C. E. Ahnadi. 2002. Addition of protected and unprotected fish oil to diets for dairy cows. I. Effects on the yield, composition and taste of milk. *J. Dairy Res.* 69: 511-520.
- Liu, L., Q. Hu, H. Wu, Y. Xue, L. Cai, M. Fang, Z. Liu, P. Yao, Y. Wu, and Z. Gong. 2016. Protective role of n6/n3 PUFA supplementation with varying DHA/EPA ratios against atherosclerosis in mice. *J. Nutr. Biochem.* 32: 171-180.
- Martínez-Marín, A. L., P. Gómez-Cortés, G. G. Castro, M. Juárez, L. P. Alba, M. P. Hernández, and M. A. de la Fuente. 2011. Animal performance and milk fatty acid profile of dairy goats fed diets with different unsaturated plant oils. *J. Dairy Sci.* 94: 5359-5368.
- Morsy, T. A., S. M. Kholif, A. E. Kholif, O. H. Matloup, A. Z. M. Salem, and A. A. Elella. 2015. Influence of sunflower whole seeds or oil on ruminal fermentation, milk production, composition, and fatty acid profile in lactating goats. *Asian-Austral. J. Anim. Sci.* 28: 1116-1122.
- National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. Washington, DC: National Academy Press.
- Noakes, M., P. J. Nstel, and P. M. Clifton. 1996. Modifying the fatty acid profile of dairy products through feedlot technology lowers plasma cholesterol of humans consuming the products. *Am. J. Clin. Nutr.* 63: 42-46.
- Núñez de González, M., R. Attaie, S. Woldesenbet, A. Mora-Gutierrez, J. Kirven, Y. Jung, and D. Myers. 2020. Effect of feeding a low level of encapsulated fish oil to dairy goats on milk yield, composition, and fatty acid profile. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 97: 281-288.
- O'Donnell, J. A. 1989. Milk fat technologies and markers: a summary of the Wisconsin Milk Marketing Board 1988 Milk Fat Roundtable. *J. Dairy Sci.* 72: 3109-3115.
- Parodi, P. W. 1999. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *J. Dairy Sci.* 82: 1339-1349.
- Parthasarathy, S., J. C. Khoo, E. Miller, J. Barnett, J. L. Witztum, and D. Steinberg. 1990. Low density lipoprotein rich in oleic acid is protected against oxidative modification: implications for dietary prevention of atherosclerosis. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 87: 3894-3898.
- SAS Institute. 2005. *SAS User's Guide: Statistics*. Version 9.1 Edition. SAS Inc., Cary, NC.
- Schut, H. A. J., D. A. Cummings, M. H. E. Smale, S. Josyula, and M. D. Friesen. 1997. DNA adducts of heterocyclic amines: Formation, removal, and inhibition by dietary components. *Mutat. Res.* 376: 185-194.
- Silva, L. S. E., J. V. F. L. Cavalcanti, A. L. R. Magalhães, K. R. Santoro, G. D. Goncalves, L. P. V. Santana, J. D. B. de Siliva, and O. C. de Almeida. 2020. Soybean oil modulates the fatty acid synthesis in the mammary gland, improving nutritional quality of the goat milk. *Small Rumin. Res.* 183, Article 106041.
- Thanh, L. P., J. J. Loor, D. T. T. Mai, and T. T. T. Hang. 2023. Effect of fish oil and linseed oil on intake, milk yield and milk fatty acid profile in goats. *Animals* 13: 2174-2186.
- William S. H. 2018. The Omega-6:Omega-3 ratio: A critical appraisal and possible successor. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 132: 34-40.

Effects of supplementation of functional fat in diets on the milking performance and milk fatty acids profiles of Alpine dairy goats ⁽¹⁾

Geng-Jhen Fan ⁽²⁾⁽⁴⁾ Tsung-Fa Shiao ⁽³⁾ and Chun-Fang Lee ⁽³⁾

Received: Aug., 21, 2023; Accepted: Jan, 16, 2024

Abstract

To enrich the fatty acid profiles of goat milk for health, three functional fats, soybean oil (contains 55.3% C18:2), fish oil (21.5% C22:6, DHA), or flaxseed oil (60.7% C18:3, n-3) were added into diets at 3% dry matter level to study their effects on milking performance, rumen digestion, and milk fatty acids profiles of Alpine dairy goats. A total of 20 head lactating goats were evenly assigned into four groups after the covariate period and raised individually 18 days. And reassigned to repeat once. Two rumen-cannulated dry goats were sequentially fed these four diets for 10 days each. Rumen content was continuously sampled during the last two days. Results indicated the daily dry matter intake (total average 1.63 kg) and milk yield (2.33 kg) of goats among four groups were similar, not affected by three dietary fats with their specific characteristics. However, the high variation in acceptance of fish oil diet of goats was observed. Meanwhile, percentages of milk fat were influenced. They were 3.34 (100%), 3.71 (111%), 3.00 (90%) and 3.57% (107%), respectively for control, soybean oil, fish oil, and flaxseed oil groups ($P < .001$). Fish oil inhibited milk fat synthesis, while soybean oil stimulated. Due to health problem, only one rumen-cannulated goat provided the ruminal digestion data. Supplementation of fat to diets obviously suppressed the production of volatile fatty acids (VFA) in the rumen. The total VFA of control and fat-added groups were 93.7 and 77.1 mM. For the enrichment of fatty acids profiles of goat milk, it was found addition of fats in diets could decreased the saturation level of fatty acids from 69.9 in control group to 65.5% in fat-added groups; increased the polyunsaturated fatty acids level from 4.18 to 6.72%; and conjugated linoleic acids level from 1.39 to 3.73%, respectively. Addition of fish oil and flaxseed oil also significantly promoted the level of n-3 fatty acids, n6/n3 ratio decreased from 6.20 to 2.36. It is suggested flaxseed oil supplemented diet is palatable to lactating Alpine goats and supports well performance. Its addition could improve the milk fatty acid profiles to fit modern health expectation.

Key words: Alpine dairy goat, Fish oil, flaxseed oil, Fatty acids of milk.

(1) Contribution No. 2781 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

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

(3) Retired from MOA-TLRI.

(4) Corresponding author, E-mail: m3802@mail.tlri.gov.tw.

圓包牧草乾燥機效能評估及與含水率、 重量關係之探討⁽¹⁾

陳嘉昇⁽²⁾⁽⁴⁾ 劉信宏⁽²⁾ 游翠凰⁽²⁾ 王紓愨⁽²⁾ 謝禮丞⁽³⁾

收件日期：112 年 8 月 21 日；接受日期：113 年 2 月 17 日

摘 要

為評估農業部畜產試驗所第三代圓包牧草乾燥雛型機(新型專利 M591608 號) 之效能，探討牧草捆包乾燥所需之油耗與時間，本研究以圓形盤固草 (*Digitaria decumbens* Stent.) 草包為材料，進行不同調製條件的烘乾試驗，共計進行 14 批次，每批次 6 個草包，探討草包含水率、重量與乾燥效率的關係，並推估不同條件草包完成乾燥所需之油耗與時間。本研究參試材料各批次草包重量之平均值由 308.5 ± 9.4 kg 至 488.8 ± 23.5 kg，含水率由 16.0% 至 61.0%；乾燥時間由 4.3 至 37.4 hs，具廣泛的變異範圍，應足以進行研究目的之探討。參試方法為將 14 批測試依打包機械種類及有無導流，分為 Lely 組、Kuhn 組及無導流 (No diversion, Nd) 組，分組迴歸分析結果，Lely 組之每機組每小時耗油量、每小時蒸發水量及每公升柴油可移除水量分別為 5.03、43.10 及 8.6 L，Kuhn 組為 3.04、26.70 及 9.0 L。Lely 組與 Kuhn 組之油耗及蒸發水量與時間均有良好的線性關係，而 Lely 組耗油及水分蒸發量均比 Kuhn 組快，每公升柴油可移除水量則接近。無導流組效率低且變動關係不可預測 (R^2 為 0.23)。合併 Lely 組與 Kuhn 組資料，以乾燥時間及草包重量為自變數對耗油量及蒸發水量進行複迴歸分析， R^2 分別為 0.96 及 0.90，可據以對不同條件草包所需乾燥時間及油料量進行預估，以含水率 30%、重量 340 kg 草包為例，乾燥至 12% 所需時間為 8.8 hs，每草包需耗 6.7 L 柴油。綜合上述結果，考量能源成本，以 40% 含水率以下的草包應用本乾燥系統較為適當。

關鍵詞：乾草、乾燥、圓形包，含水率。

緒 言

亞熱帶海洋性氣候是國內乾草生產面臨的基本問題，在牧草繁盛的多雨季節鮮有連續 4-5 天不降雨的機會，推遲收穫或乾燥不足衍生而來的老化與品質不穩定，減損其商品價值，讓國內存在已久的乾草產業受限，也讓國內草食動物業對進口乾草的依賴難以解除。

過去因國內、外乾草的價差小，經濟上缺乏後端加工的空間，而如今因人工及運輸成本增加，國內外牧草單價價差擴大，使收穫後機械乾燥的可行性浮現。因此，農業部畜產試驗所(以下簡稱畜試所) 近年投入「乾草生產調製技術改良」，改良生產環節外，並與中興大學生物產業機電工程系合作研發牧草乾燥機組，以期在最低附加成本內完成乾草調製，克服生產限制。

乾燥機械的研發因生產條件而有不同的形式與效率，盧及陳(1997) 曾研發散裝方式入料的連續式盤固拉草乾燥機，長 11.4 m、寬 3 m、高 2.3 m，以含水率 40 - 65% 原料，每小時可生產 540 kg 含水率 13% 之盤固草。Arinze *et al.* (1994) 設計一堆疊方型草包的乾燥設施，在 45°C 乾燥空氣之下，可將 40% 含水率的方包在 37 hs 內乾燥至含水率 15% 以下。Savoie and Descoteaus (2004) 開發一雙向熱風、適用中型方包的乾燥機械，可在 12 hs 內將初始含水率 30% 之草包乾燥至 12%。Carson and Kreider (1988) 乾燥 2 噸乾草需時 24 - 36 hs；Parker *et al.* (1992) 乾燥 4 - 8 公噸、密度 80 - 133 kg/m³ 方形包苜蓿需時 48 - 210 hs，但易發生不均勻及過度乾燥問題。因牧草體積大且單價不高，機械乾燥的效率與經濟性是產業應用的主要考量，散裝連續進料之設計高溫而快速，但進出料費工；批次捆包者乾燥速度慢但工序較簡，唯高密度者易有不均勻問題，不同研發設計各有優缺點，端視實務條件選擇。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2782 號。
(2) 農業部畜產試驗所南區分所。
(3) 國立中興大學生物產業機電工程學系。
(4) 通訊作者，E-mail: chencsg@mail.tlri.gov.tw。

牧草田間乾燥速度受日照強度、風速及大氣相對溼度影響 (Rotz and Muck, 1994; Digman *et al.*, 2011; Undersander and Saxe, 2013)，此外，牧草長短及剪草機種類也影響乾燥速度，朱等 (2017) 調查長草區、短草區以圓盤或調製型割草機刈割，於田間萎凋 30 hs 後之乾物率分別為 33.9、23.4、34.6 及 27.3%，調製型割草機能夠折斷草莖，使其較圓盤型割草機刈割之盤固草乾燥速度快。牧草刈割後的水分散失可大分為三階段，第一階段是剪草 (含水率約 80%) 至含水率 60% 左右，水分主要由葉面的氣孔蒸散 (刈割時氣孔是開啓的)，此時水分散失的速度最快；第二階段約略是含水率 60 至 25%，水分由葉面的氣孔及莖的斷面散出，由於氣孔逐漸關閉，水分散失的速度變慢；第三階段是含水率 25% 以下，由於膨壓降低使氣孔完全關閉，植體水分只能透過莖部角質層緩慢蒸發 (Undersander and Saxe, 2013)。而第三階段就是乾燥速度最慢，難以掌握天候的高風險時段。基於風險與成本考量，本乾燥機組定位在以人工乾燥補足田間乾燥，刈割後先於田間乾燥 1 – 2 天，當牧草含水率降至 35 – 25% 時，整捆草包上機，以簡化工序與節約廠房面積，再以導流設計減少熱氣損失，以將能源成本控制在較低範圍 (盧，2018；廖，2019)。

本研究以 14 批次 (每批 6 個) 的圓形盤固草包為材料，探討本雛型機 (圖 1) 之乾燥效能，及草包含水率、重量與乾燥效率的關係，並進一步推估不同含水率、重量之草包完成批次乾燥調製所需之油耗與時間，以做為產業界運用之參考。

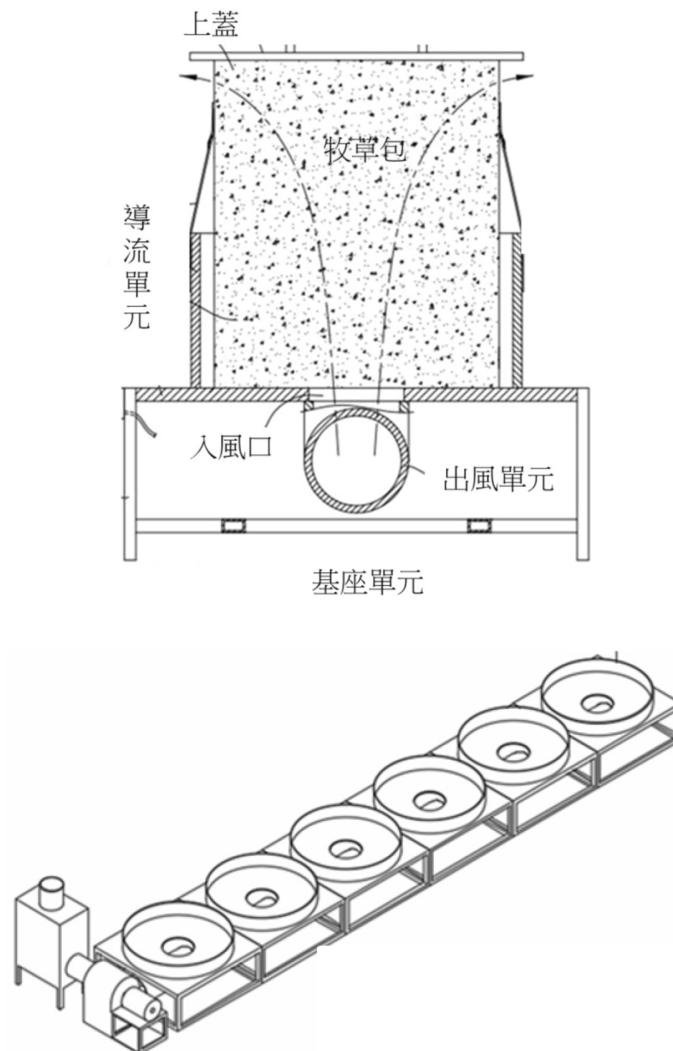


圖 1. 圓包乾燥機之基座單元 (上)，由熱風爐、加壓風機及六個基座單元串聯之機組示意圖 (下)。

Fig. 1. Diagram of round bale dryer (lower) composed by six units of stand (upper), heater, and pressurized fan.

材料與方法

I. 乾燥設備

本測試對象之乾燥機組為設置於畜試所南區分所之第三代雛型機 (圖 1，新型專利 M 591608 號)。乾燥機

組每批次可乾燥 6 個圓型草包，單元機座及機組串接模式，包含：(i) 柴油熱風爐：熱出力 60 kw/h、三相電壓 220 v、最高使用溫度 75°C。(ii) 加壓風機：進氣口與熱風爐熱風出口連接、額定功率 15 KW、三相電壓 220 v、風壓 220 m³/min、靜壓 280 MMAQ 以上，風機出風口與基座單元連接直徑 40 cm。(iii) 六孔基座：每孔基座約為 2.56 m²，與加壓風機出口連接、下方通氣出風單元直徑 40 cm，基座單元之間的出風單元相連串接。在基座平面上定位筒直徑 150 cm、高 50 cm、厚 0.4 cm，定位筒與入風口同中心點。外圍設置包覆氣密軟導流帳。

II. 田間乾燥與捆包

以南區分所多年生草地之盤固草為材料，單次割草面積 2 – 10 公頃，為模擬可能的批次間不同草包密度與含水率，每批次田間作業條件不一：i. 刈割後田間萎凋時間分別由 6 至 60 hs；ii. 翻草或無翻草；iii. 打包機：分別以 Lely RP245 (寬 123 cm、直徑 110 cm)、Kuhn FB3135 (寬 122 cm、直徑 120 cm) 二廠牌打包機進行捆包。捆包前取樣測定牧草含水率 (80°C 烘乾 48 小時)，捆包後每草包分別秤重，隨即上機進行乾燥。本盤固草乾燥測試共進行 14 批次，每批次 6 個乾草包，其中以 Lely RP245 機型捆包 9 批次，以 Kuhn FB3135 機型捆包 5 批次，上機前之初始含水率介於 46 – 18% (表 1)。試驗期間為 111 年 1 月至 112 年 4 月。

表 1. 批次測試之草包重量、時間、耗油量及含水率

Table 1. Weight of bale, operation time, consumed diesel oil, and moisture for the 14 tested batches of round bales

Batch no.	Baler brand	Air diversion	Initial wt./bale	End wt./bale	Time	Disel/set	Initial moisture	End moisture
			kg	kg	h	L	%	%
1	Lely	Yes	413.3 ± 12.2	282.5 ± 15.6	19.5	90.8	37.0	8.7 ± 2.9
2	Kuhn	Yes	324.7 ± 5.7	295.6 ± 6.3	4.3	19.5	18.9	10.6 ± 0.6
3	Lely	Yes	488.8 ± 23.5	204.5 ± 20.3	37.4	193.0	61.0	7.2 ± 4.5
4	Kuhn	Yes	441.4 ± 6.2	318.4 ± 6.8	24.0	73.5	35.6	10.8 ± 1.8
5	Kuhn	Yes	462.2 ± 4.6	330.8 ± 15.6	32.5	95.1	35.0	10.0 ± 3.5
6	Kuhn	Yes	375.5 ± 1.4	326.0 ± 10.5	9.5	31.7	21.5	9.7 ± 0.4
7	Lely	Yes	308.5 ± 9.4	264.1 ± 4.7	8.3	27.4	25.4	12.4 ± 2.1
8	Kuhn	Yes	393.4 ± 9.4	292.7 ± 21.7	23.3	72.8	32.1	8.5 ± 1.6
9	Lely	Yes	313.5 ± 6.5	257.8 ± 4.6	7.0	37.5	26.2	10.0 ± 1.1
10	Lely	Yes	349.1 ± 8.0	245.6 ± 6.3	17.0	88.6	34.5	6.1 ± 3.1
11	Lely	No	321.5 ± 9.5	282.3 ± 7.2	21.6	93.7	30.2	20.3 ± 2.5
12	Lely	No	350.0 ± 9.1	292.8 ± 7.6	20.3	97.3	23.9	9.1 ± 1.5
13	Lely	No	320.5 ± 13.5	256.0 ± 13.0	19.3	79.3	22.3	8.0 ± 1.2
14	Lely	No	343.8 ± 15.9	313.6 ± 16.3	10.0	45.8	16.0	7.7 ± 0.4

III. 圓包批次乾燥

每批次 6 個乾草包，以天車吊掛置於乾燥機臺進行機械烘乾。機組熱風溫度設定 50°C、風量 220 m³/min。14 批次中，僅第 11 批次未完成乾燥即關機外，其餘均以熱像儀 (FLIR TG165) 偵測草包各部位熱風通氣均勻後，確認完成乾燥再予以關機。以 Lely 捆包者之其中 4 批次未使用導流裝置 (no diversion, Nd)，其餘均使用導流裝置 (圖 1)，以比較導流裝置效果。分別於烘乾前、後取樣測定含水率，並紀錄柴油消耗量與乾燥時間，進行乾燥成本估算。

IV. 統計分析

- 組間差異比較：以打包機型與有無導流將 14 批次分為 3 組：Lely 組 (Lely 打包機有導流)、Kuhn 組 (Kuhn 打包機有導流) 及 Nd 組 (no diversion, Lely 打包機無導流)，以 SAS (SAS, 2002) 進行單因子變方分析，主效應為固定型，組間平均值 F-test 以 SAS 之 GLM (general linear model) 進行，以鄧肯氏法測驗 (Duncan's test)，比較處理間的差異顯著性。
- 乾燥時間與耗油量、蒸發水量的關係探討：由前述 3 組資料各別進行，以 Excel 軟體進行耗油量與乾燥時間、蒸發水量與乾燥時間及耗油量與蒸發水量間的單因子迴歸分析及趨勢線；繼而以 Lely 組及 Kuhn 組分別進行乾燥時間、蒸發水量與草包上機前初始含水率間之單因子迴歸分析及趨勢線。

- (iii) 完成乾燥所需時間及耗油量的推估：合併 Lely 組及 Kuhn 組資料，進行以乾燥時數及草包重量兩因子為自變數，耗油量及蒸發水量為隨變數之複迴歸分析，再進行以初始含水率及草包重量兩因子為自變數，達 12% 含水率所需時間及耗油量為隨變數之複迴歸分析。二因子複迴歸分析以 SAS(SAS, 2002) 之 GLM/REG(regression) 程式進行。

結果與討論

參試 14 批草包依試驗日期先後編號，其草包初始重量、乾燥後重量、含水率、所需乾燥時間及機組耗油量如表 1。每批草之 6 個草包間重量存在差異，各批次草包初始重量之平均值由 308.5 ± 9.4 至 488.8 ± 23.5 kg，初始含水率由 16.0 至 61.0%；所需乾燥時間由 4.3 至 37.4 hs，每批 (6 個) 草包之耗油量由 19.5 至 193.0 L，乾燥後草包重量 204.5 ± 20.3 至 330.8 ± 15.6 kg；乾燥後含水率除第 11 批為 20.3%，其餘均在 6.1 – 12.4% 之間，屬過度乾燥狀況。本研究之 14 批測試材料具廣泛的變異範圍，適宜進行乾燥效能與變異因素間關係的探討。

I. 組間差異比較

由 Kuhn 機型打包之草包較 Lely 打包者直徑大 10 cm，Kuhn 機型打包之草包乾燥後重量 292.7 – 330.8 kg，高於 Lely 之 204.5 – 313.6 kg，同機型內重量差異亦大，乃由於田間狀況及打包機密度調整之故。兩機型之草包重量有差異，但密度平均值分別 214.8 及 224.9 kg/m³，並無顯著差異 (表 2)。

表 2. 分為三組乾草包所蒸發之水量、乾燥後密度，每小時油量、乾燥效率及每公斤乾草之所需油量

Table 2. Water evaporated, bale density, diesel oil consumed per hour, drying efficiency, and diesel oil per kg hay for the three groups of batches

Group	Batch no.	Water evap./bale L	Bale den-sity kg/m ³	Disel/hr/bale L	Wa-ter/hr/bale L	Water/ Disel L	Disel / hay kg L
Lely	1	130.8 ± 8.7	241.8	0.79	6.7	8.5	0.054
	3	284.3 ± 14.6	226.1	0.86	7.6	8.8	0.157
	7	43.5 ± 7.5	175.1	0.55	5.3	9.5	0.017
	9	55.7 ± 4.1	220.7	0.89	7.9	8.9	0.024
	10	103.5 ± 10.2	210.3	0.86	6.1	7.1	0.060
	mean		214.8	0.79 ^a	6.7 ^a	8.6 ^a	
Kuhn	2	29.1 ± 1.3	229.1	0.76	7.9	8.9	0.011
	4	123.0 ± 6.9	237.9	0.53	5.1	9.7	0.038
	5	131.4 ± 12.6	234.5	0.48	4.0	8.4	0.048
	6	49.5 ± 1.7	212.6	0.55	5.2	9.5	0.016
	8	100.7 ± 7.2	210.5	0.52	4.3	8.3	0.041
	mean		224.9	0.57 ^b	5.3 ^b	9.0 ^a	
No diversion	11	39.2 ± 3.0	241.5	0.72	1.8	2.5	0.055
	12	57.2 ± 7.6	250.6	0.79	2.8	3.6	0.055
	13	65.4 ± 5.6	219.8	0.69	3.4	4.9	0.052
	14	30.2 ± 2.5	268.5	0.76	3.0	4.0	0.024
	mean		245.0	0.74 ^a	2.8 ^c	3.8 ^b	

為初步探討草包大小、含水率、是否導流等變動因子與油耗、時間之關係，將 14 批次測試分為 Lely 組、Kuhn 組及 Nd 組，其中 Nd 組均由 Lely 機型所打包，各組測試結果如表 2。由每草包蒸發之水量計算每草包、每小時之蒸發水量，Lely 組平均為 6.7 L，顯著高於 Kuhn 組之 5.3 L，也高於 Nd 組之 2.8 L，表示草包輕者水分散失較快，而無導流者失水速度不及有導流者之半。每小時之油耗量則 Lely 組 (0.79 L/bale) 與 Nd 組 (0.74 L/bale) 差異不顯著，但顯著高於 Kuhn 組 (0.57 L/bale)，表示每小時之油耗量可能與草包重量有關，而有無

導流並不影響每小時油耗量。再計算每公升柴油可蒸發水量，Lely 組平均為 8.6 L 與 Kuhn 組平均 9.0 L 間差異不顯著，而無導流者僅 3.8 L，顯示無導流者能源效率低落 (表 2)。

由上述結果，Lely 組與 Kuhn 組之每公升柴油可蒸發水量差異不顯著，但每小時之油耗量及每小時之蒸發水量有別，為定量油耗、時間、蒸發水量與初始含水率等之關係，本文繼而分組進行變數間之單因子迴歸分析。

II. 乾燥時間與耗油量、蒸發水量的關係

分三組個別探討乾燥時間與每機組油耗量的關係 (圖 2 上)，由設定截距為 0 之直線迴歸趨勢線可知 Lely 組之每機組油耗量為 5.03 L/h，Kuhn 組為 3.04 L/h， R^2 均高達 0.98，表示每小時的耗油量穩定，組間之差異可能為 Kuhn 組草包較重，風阻較大，因而減少單位時間的耗油量。Nd 組為 4.43 L/h，低於 Lely 組， R^2 亦達 0.94。

每小時之蒸發水量方面 (圖 2 下)，Lely 組每機組蒸發水量 43.10 L/h，Kuhn 組 26.70 L/h，Nd 組之速度慢，僅 15.79 L/h，且 R^2 極低 (0.29)。

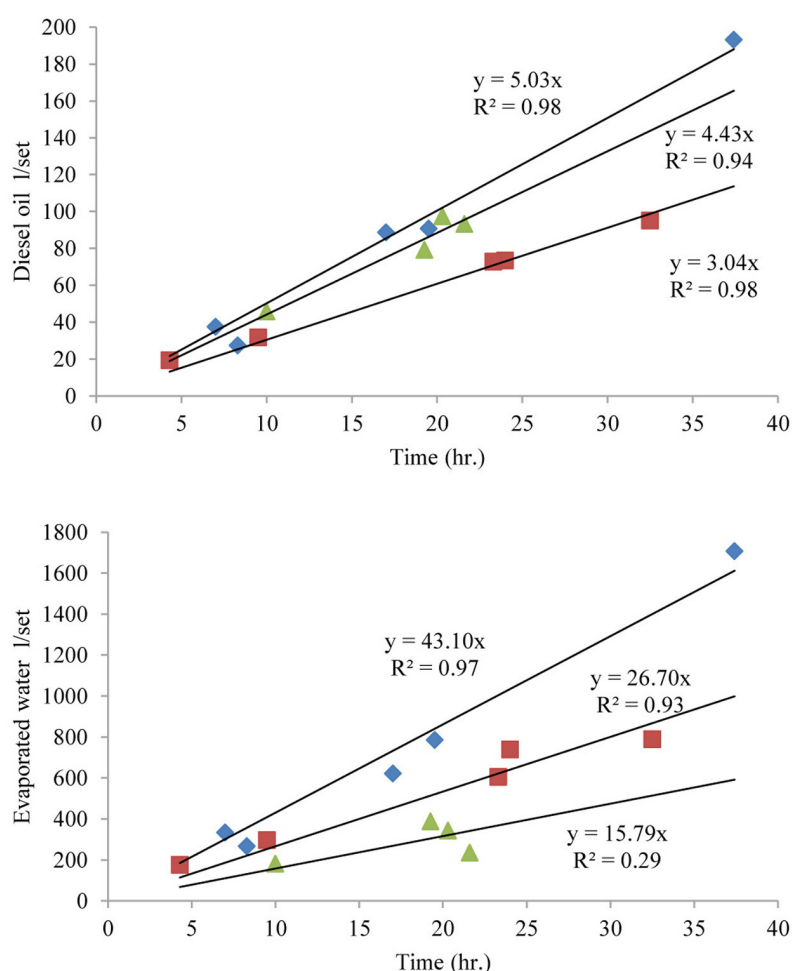


圖 2. 油耗量與水分蒸發量隨乾燥時間之直線回歸。◆ Lely ■ Kuhn ▲ Nd。

Fig. 2. The linear regression of diesel oil on operation time (upper) and evaporated water on operation time (lower). ◆ Lely ■ Kuhn ▲ Nd.

綜合上述結果，Lely 組與 Kuhn 組之油耗及蒸發水量與時間均有良好的線性關係，而 Lely 組耗油快，水分蒸發亦快；Kuhn 組耗油慢，水分蒸發亦慢。因此以油耗為因變數、蒸發水量為隨變數獲得迴歸線如圖 3。設定截距為 0，Lely 組每公升柴油可移除水分 8.56 L，Kuhn 組每公升柴油可移除水分 8.80 L，其間差異小，且 R^2 高達 0.98 及 0.96。Nd 組每公升柴油可移除水 3.55 L，且 R^2 極低 (0.23)，Nd 組效率低且變動關係不可控，結果如預期不具效率，擬不再進行後續探討。

III. 初始含水率與完成乾燥所需時間、耗油量的關係

初始含水率與完成乾燥所需時間亦有良好的線性關係，Lely 組與 Kuhn 組之 R^2 分別為 0.91 及 0.98，分組狀

況下，可據以概估完成乾燥所需時間 (圖 4 上)。初始含水率與耗油量的關係亦然，Lely 組與 Kuhn 組之耗油量與完成乾燥時間， R^2 分別為達 0.99 及 0.92 (圖 4 下)。此結果可知在 Lely 組與 Kuhn 組分別估算之下，由初始含水率即可概估完成乾燥所需時間及所消耗的油量，然為了能適用於一般性草包的預估 (而非特定機型的重量或體積)，機型所造成差異必須加入考量。

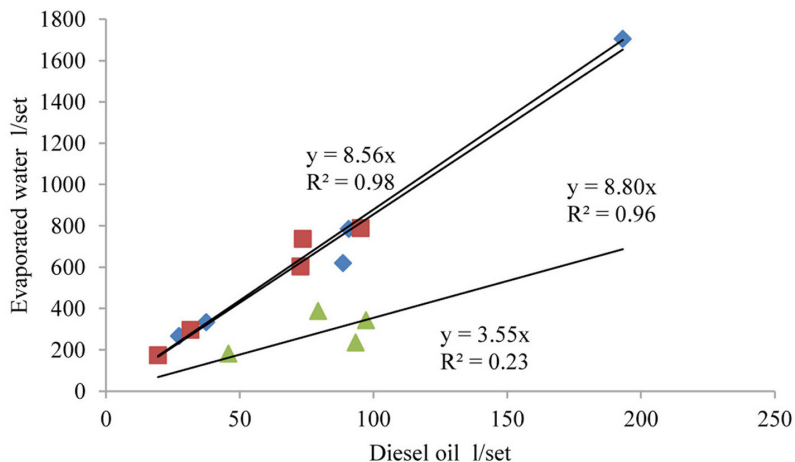


圖 3. 油料量與蒸發水量之關係。◆ Lely ■ Kuhn ▲ Nd。

Fig. 3. The linear regression of evaporated water on consumed diesel oil. ◆ Lely ■ Kuhn ▲ Nd.

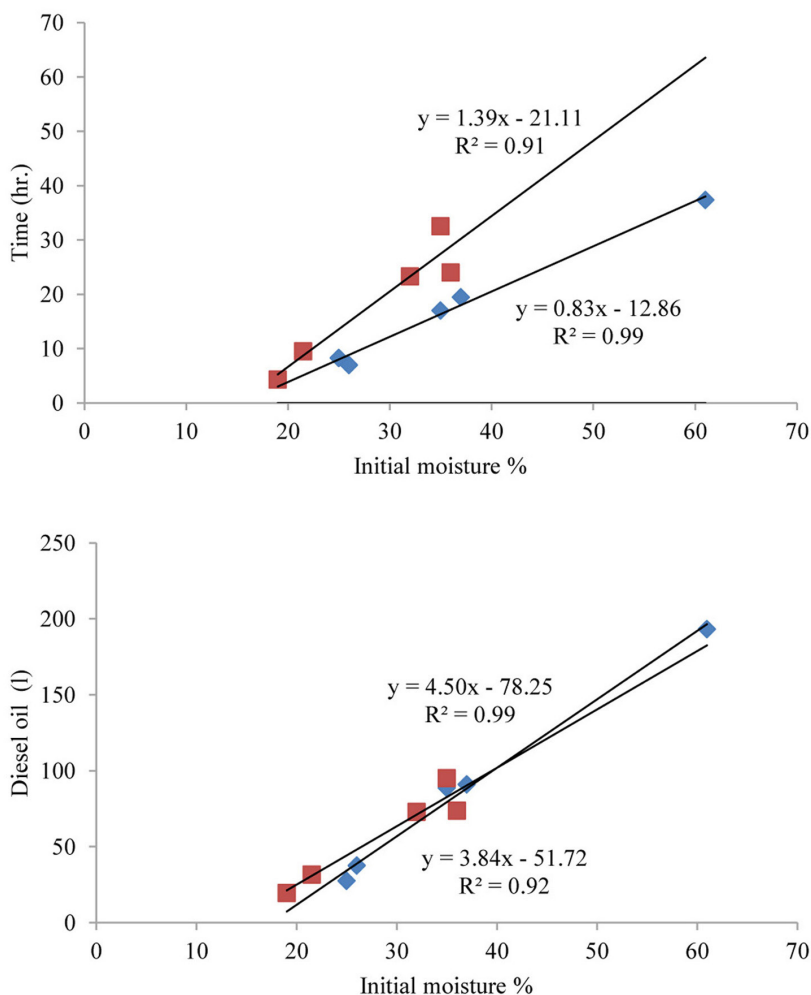


圖 4. 完成乾燥時間、耗油量隨初始含水率的直線迴歸。◆ Lely ■ Kuhn。

Fig. 4. The linear regression of operation time on initial moisture (upper) and consumed diesel oil on initial moisture (lower).
◆ Lely ■ Kuhn.

IV. 對完成乾燥所需時間及耗油量的推估

因此，本研究繼而合併組間資料，加入乾燥後草包重量為另一自變數進行複迴歸分析，以乾燥時間及草包重量對耗油量及水分蒸發量之複迴歸分析結果如表 3， R^2 分別為為 0.96 及 0.90，表示合併考量乾燥時間及重量變數後，對不同組間耗油量及水分蒸發量亦具充分之解釋力。

在實務作業上，初始含水率及初始重量為上機乾燥前所能獲得的數據，若可據以推估完成乾燥所需時間及所需耗油量將有助於排程及成本預估，本文續以初始含水率及重量為自變數，對達 12% 含水率所需時間及所需耗油量進行複迴歸分析，結果如表 4， R^2 分別為為 0.89 及 0.95，表示由初始含水率及重量為已知變數，對乾燥所需時間及耗油量進行預測具可行性，而預估乾燥所需時間的誤差高於耗油量。

表 3. 以乾燥時數及草包重量兩因子為自變數，耗油量及蒸發水量為隨變數之複迴歸分析參數

Table 3. The estimates of multiple regression of diesel oil consumed and evaporated water on operation time and bale weight

Dependent Variable	R-Square	Parameter	Estimate	Standard Error
		Intercept	130.59	29.21
Disel oil	0.96	h	3.81	0.37
		wt	-0.45	0.09
		Intercept	1,068.92	410.39
Water	0.90	h	34.90	5.31
		wt	-3.67	1.35

表 4. 以初始含水率及草包重量兩因子為自變數，達 12% 含水率所需乾燥時數及耗油量惟隨變數之複迴歸分析參數

Table 4. The estimates of multiple regression of operation time to 12% moisture and diesel oil consumed on initial moisture and bale weight

Dependent Variable	R-Square	Parameter	Estimate	Standard Error
		Intercept	-47.73	14.28
H	0.89	moisture	0.968	0.13
		wt	0.11	0.039
		Intercept	-70.08	43.57
Disel oil	0.95	moisture	3.90	0.40
		wt	0.02	0.12

為便於概估以本乾燥機烘乾草包所需之油耗及時間，本文經迴歸式計算結果圖示不同初始草包重量下，及不同初始含水率下乾燥至 12% 含水率時所需之油量 (圖 5 上) 與乾燥時間 (圖 5 下)。以初始含水率 30%、初始重量 340 kg 草包為例，依圖 5 所示，乾燥至 12% 所需時間為 8.8 hs，每草包需耗 6.7 L 柴油；乾燥至 12% 的草包重 270 kg，以目前國內高級柴油每公升 27.7 元計，該商品乾草之每公斤乾燥油料成本為 0.71 元。

為節約能源成本，40% 含水率以下為本乾燥系統之較適初始含水率，在此含水率下，初始重量 500 kg 為目前國內機型之極限值，亦即圖 5 涵蓋國內乾草產業適用範圍。

臺灣的乾草事業一直受天候的干擾，雖近年國際乾草市場不穩定及國內外價差擴大，後端加工空間浮現，然人工乾燥仍應以節能及彈性為首要考量，因而本機組設計之初即定位在以人工乾燥補足田間乾燥，並以批次機組為單元，適用於自產戶及大面積的專業區，可隨規模增加機組。

牧草收割後於田間萎凋的初期水分蒸發快速，30 hs 含水率即可降至 25 – 30%，後期水分降低速度減緩，需要額外 2 – 3 d 才能降至安全含水率 (15 – 18%) 以下，而這額外 2 – 3 d 即為不可控風險之所在，也是乾草調製困難的主因。如圖 5 所示，初始重量 340 kg、初始含水率 30% 草包為例，乾燥至 12% 所需時間為 8.8 hs，每公斤乾草油料成本為 0.71 元；初始含水率 40% 者則需時 14 hs，每公斤乾草油料成本為 1.25 元，無法於一天

內完成兩次調製，且油料成本增加 76%。從割草日起一兩天內氣象預測準確度高於後三天，且連續 5 天無降雨之機率極低，割草後於田間曝曬 1 – 2 d 再打包運至廠房人工乾燥，不僅降低淋雨風險，使收穫排程順暢，且可善用田間萎凋、節約能源。

產能方面，本機組長 11 m，寬 1.6 m，高 2.3 m，批次可乾燥 6 個草包，總重量約 1,700 kg，本系統機組可依需要配置機組數，同時運作，且不須連續進料人工及乾燥後再打包之工序。四座機組可乾燥 24 個草包，重量 6,800 kg，適為國內目前慣用乾草貨車之裝載量，若待乾燥之草包數較多，一天兩批次運作或擴充機組數即可提高產能。

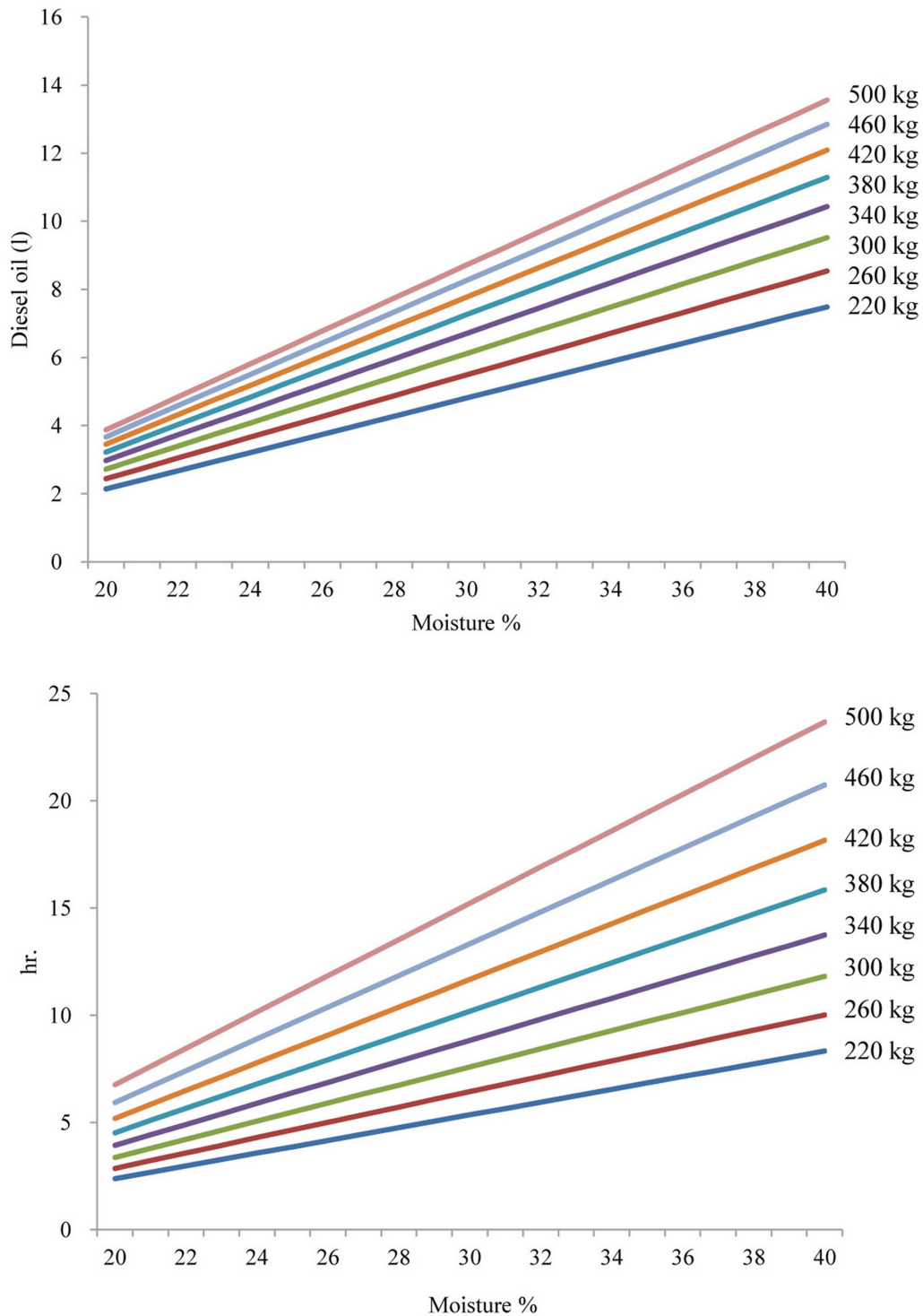


圖 5. 不同初始草包重量下，以不同初始含水率預估乾燥至 12% 含水率時所需之油量（上圖）與乾燥時間（下圖）。
Fig. 5. The predicted diesel oil consumed per bale (upper) and operation time by different initial moisture for the different initial bale weights (lower).

臺灣的乾草大都屬交易型，鬆軟草包不利裝載與運輸成本，然高密度草包有礙熱氣均勻傳導，導流裝置即為克服此問題而設計，此裝置不僅使乾燥均勻且減少乾燥過程熱空氣之流失，節約能源效果顯著。由試驗結果，Lely 組及 Kuhn 組每公升柴油可移除水量 8.56 及 8.80 L，且其直線迴歸之 R^2 高；Nd 組每公升柴油僅能移除水量 3.55 L，且 R^2 低，能源效率低且變動關係不可控。由此結果亦可知導流裝置的設計是本乾燥機組得以有效率運行的主要因素。

雖然一般狀況下，田間日曬萎凋 30 hs 含水率可降至 25 – 30%，然而受種種因素影響而有不小差異。草包重量亦然，不同機械間、鬆緊度的調整、乾草的粗細，都造成草包重量之差異。亦即實務上，批次草包間的重量及含水率不可避免的有一相當的變異範圍，因此本文乃涵蓋不同打包機型、重量、含水率，探討其影響因素與關係，並對不同草包條件乾燥所需時間及油料量等進行預估。為實務運作的需要，圖 5 提供由一個可能範圍已知條件所需乾燥時間及油料量的概估供參考。

具備生產「平價而優質」國產乾草的技術是筆者等執行「乾草生產調製技術改良」的總目標，除進行田間機械與倉貯改良的影響探討(朱等，2017；陳等，2021)，本乾燥機械的研發扮演一關鍵角色。本乾燥機由研發、改良至本文之測試與因素探討，驗證本機組可在「平價」之下完成乾草的調製，而「優質」則為本機組運作後的預期。因成熟度是影響牧草收穫前品質的最重要因素，不受天候干擾、不因延遲收穫而致過度老化是確保品質的第一步(陳及王，2005；陳等，2018)，而降低淋雨之可溶性物質流失，及因延長田間作業時間與乾燥度不足的微生物繁衍，均有助於維持營養價值；此外，減少陽光曝曬可使牧草不過度褪色，烘乾使產生更濃草香味等，均有助提高商品價值。從另一層面看，人工乾燥的導入克服純日曬的困難，讓禾豆混植、苜蓿、燕麥等高營養價值草種有機會成為國內可產業化的乾草。

結 論

本研究顯示畜試所第三代圓包牧草乾燥雛型機(新型專利 M 591608 號)之應用對生產「平價優質」國產乾草具關鍵性，以 40% 含水率以下的草包應用本乾燥系統，為平衡乾草品質與考量能源成本的適當選擇。

參考文獻

- 朱明宏、張敏郎、劉信宏、游翠鳳、陳嘉昇。2017。耙式調製型割草機利用於盤固乾草生產之評估畜產研究。50：78-85。
- 陳嘉昇、王紓愨、游翠鳳、李璟好。2018。牧草適口性探討：II. 草種、乾燥度與調製法對山羊適口性的影響。中國畜牧學會會誌 47：197-207。
- 陳嘉昇、王紓愨。2005。盤固草試管真消化率的變動與預測。畜產研究 38：197-207。
- 陳嘉昇、劉信宏、游翠鳳。2021。乾草倉儲通風改良對梅雨期盤固草圓形乾草包去濕效果測試。畜產研究 54：250-258。
- 廖翊丞。2019。捆裝牧草乾燥設備之研究。中興大學生物產業機電工程學研究所，碩士論文，臺中。
- 盧琛。2018。牧草圓包乾燥設備之自動化裝置與熱源供應系統研究。中興大學生物產業機電工程學研究所，碩士論文，臺中。
- 盧福明、陳育修。1997。連續式盤固拉草乾燥機之研究。農業機械學刊 6：29-40。
- Arinze, E. A., S. Sokhansanj, G. J. Schoenau and F. G. Trauttmansdorff. 1994. Design, evaluation and optimization of a heated-air batch hay dryer operated with automatic bale wagon. ASAE Paper No. 94-6033. St. Joseph, MI: ASABE.
- Carson, J. L. and B. J. Kreider. 1988. Forced heated air drying of hay. ASAE, St. Joseph, MI, Paper No. 88-6583.
- Digman, M., D. Undersander, K. Shinnors, and C. Saxe. 2011. Best practices to hasten field drying of grasses and alfalfa. University of Wisconsin-Extension. <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0145/8808/4272/files/A3927.pdf>.
- Parker, B. F., G. M. White, M. R. Lindley, R. S. Gates, M. Collins, S. Lowry, and T. C. Bridges. 1992. Forced-air drying of baled alfalfa hay. Transactions of the ASAE 35(2): 607- 615.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Forage quality, evaluation, and utilization, Eds. G. C. Fahey, Jr. *et al.* Am. Soc. Agron., Madison, WI. pp. 828-868.
- SAS. 2002. SAS version 9.00. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary, N.C. USA.

- Savoie, P. and S. Descôteaux. 2004. Artificial drying of corn stover in mid-size bales. *Canadian Biosystems Engineering /Le génie des biosystèmes au Canada*. 46: 2.25-2.34.
- Undersander, D. and C. Saxe. 2013. Field drying forage for hay and haylage. Univ. of Wisconsin Coop. Ext. Focus on Forage. <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/SwathDrying-FOF.pdf>.

Performance evaluation of the round bale hay dryer and investigating its relationships to moisture content and bale weight ⁽¹⁾

Chia-Sheng Chen ⁽²⁾⁽⁴⁾ Hsin-Hung Liu ⁽²⁾ Tsui-Huang Yu ⁽²⁾
Su-Min Wang ⁽²⁾ and Li-Cheng Hsieh ⁽³⁾

Received: Aug. 21,2023; Accepted: Feb. 17,2024

Abstract

In this study, 14 batches of 6 round bales of pangolagrass (*Digitaria decumbens* Stent.) were used as materials to evaluate the drying performance of the new hay dryer, and to investigate the relationships between the moisture content, weight and their drying efficiency. Oil consumption and time required for the completion of drying the bales of different conditions were further estimated. The test batches had a wide range of variation, with initial weight ranged from 308.5kg to 488.8kg, initial moisture content ranged from 16.0 to 61.0%, and the required drying time ranged from 4.3 to 37.4 hours. The 14 batches were divided into Lely group, Kuhn group and non-diversion (Nd) group according to baler and air diversion. The results of regression analysis showed that the fuel consumption per hour of the batch, the evaporated water per hour and the removed water per liter of diesel oil in the Lely group were 5.03, 43.1 and 8.56 liters, respectively. While in Kuhn group were 3.04, 26.7 and 8.80 liters, respectively. The fuel consumption and evaporated water volume had a good linear relationship with time in both the Lely group and the Kuhn group. While fuel consumption and water evaporated in Lely group were faster than those in Kuhn group, and the water that can be removed per liter of diesel oil were near. The Nd group was inefficient and the relationships between factors were unpredictable. Then, the data of Lely group and Kuhn group were combined, and the drying time and bale weight were used as independent variables to conduct a multiple regression analysis on the fuel consumption and evaporated water. The R^2 of the regressions were 0.96 and 0.90 respectively, which could be used to estimate the drying time and diesel oil required for bales of variable conditions. Taking bales with an 30% initial moisture content and an initial weight of 340kg as an example, it takes 8.8 hours to dry to 12% of moisture, and each bale consumes 6.7 liters of diesel oil. Considering the energy consumed, bales with initial moisture content below 40% are suggested for this drying system.

Key words: Hay, Drying, Round bale, Moisture content.

(1) Contribution No. 2782 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Southern Region Branch, LRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

(3) Department of Bio-industrial Mechatronic Engineering, National Chung Hsing University, Taichung 402202, Taiwan, R. O. C.

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

農業部畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

(民國 108 年 12 月修訂)

(民國 111 年 11 月修訂)

(民國 112 年 8 月修訂)

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

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 57 No. 3

September 2024

CONTENTS

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

行政院新聞局出版事業登記證
警字第十八號
執登記為雜誌
字第六七七號
交寄

ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR



9 770253 920004

GPN: 2005200015
定價：新臺幣二〇〇元

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

(2) 書本類

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

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

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

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

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

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

(3) 其他類

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

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

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

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

3. 中日文獻以第一作者姓氏筆劃多少為序，西文以第一作者姓氏之拼音先後排列，並按中文、日文、西文之次序排列。
 4. 西文期刊名稱請用縮寫，縮寫請參照美國國家醫學圖書館線上資料庫 (NLM Catalog) 之 IOS (Information and documentation) 縮寫。
 5. 參考文獻皆不編號。
- V. 本刊編輯委員會保有修改與退稿之權利。稿件經本刊接受後，作者進行出刊校稿時，不得擅自更改內容及數據。
 - VI. 稿件經本刊委員會轉請專家審查，編輯委員會根據專家審查意見通知投稿人，是否接受刊載，或須修改後始可刊載。本刊無提供稿費。
 - VII. 稿件經本刊接受後，該稿件之全部或部份，不得投稿其他刊物，以不同語文投稿其他刊物亦所不許。本刊具專屬版權，刊登權屬發行單位畜產試驗所所有，非經本所書面同意，不得轉載或轉移他處發表。如有上述情事，相關法律責任由作者自負，本刊有拒絕接受其投稿之權利。
 - VIII. 自民國 93 年開始實施之計畫，其論文如涉及使用脊椎動物進行科學應用計畫者，請撰稿者檢附該計畫經所屬機構動物實驗管理小組審議認可之文件。