

畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

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

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

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

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

DIRECTOR GENERAL,

LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE, COUNCIL OF AGRICULTURE

HSINHUA, TAINAN, TAIWAN

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

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

EDITORS:

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



畜 產 研 究

編 者：行政院農業委員會畜產試驗所

發 行 人：黃振芳

總 編 輯：林正斌

主 編：張以恆 田懋萍

發 行 所：行政院農業委員會畜產試驗所

地 址：臺南市新化區牧場 112 號

電 話：(06) 5911211

網 址：<http://www.tlri.gov.tw>

編輯\印製者：振緯企業有限公司

地 址：臺南市公園路 134 號

電 話：(06) 2288009

出 版 日 期：中華民國 108 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：<http://www.govbook.com.tw>

GPN : 2005200015

ISSN : 0253-9209

畜產研究

第 52 卷第 3 期

中華民國 108 年 9 月

目 錄

	頁
1. 狼尾草台畜草七號之育成李姿蓉、林正斌、張世融、盧啟信、成游貴、顏素芬	129
2. 不同胎次荷蘭母牛初乳品質與母仔牛週齡體重及血液參數值變化之研究王思涵、張俊達、蕭振文	137
3. 不同調製方式國產苜蓿之山羊適口性比較王紓愍、劉信宏、游翠凰、陳嘉昇	146
4. 芻料高粱墾丁一號之育成張敏郎、廖麗貞	153
5. 甘藷等外品青貯料作為荷蘭泌乳牛飼糧之可行性評估李春芳、范耕榛、施柏齡、王紓愍、蕭宗法、張俊達	165
6. 飼糧粗蛋白與代謝能含量對 4 至 8 週齡白羅曼肉鵝生長表現的影響王錦盟、張雁智、胡見龍、賈玉祥	176
7. 產蛋期代謝能餵飼量對籠飼褐殼蛋雞產蛋性能及雞蛋品質之影響林正鏞、郭曉芸、張以恆	182
8. 鴛鳥成長期行為觀察莊璧華、洪兮雯、陳蕙婷、蘇安國	191

狼尾草台畜草七號之育成⁽¹⁾

李姿蓉⁽²⁾⁽⁵⁾ 林正斌⁽³⁾ 張世融⁽²⁾ 盧啟信⁽²⁾ 成游貴⁽²⁾ 顏素芬⁽⁴⁾

收件日期：108 年 4 月 25 日；接受日期：108 年 6 月 10 日

摘 要

狼尾草品系 7728 係以美國引進親本 ‘Mott’ 開放授粉，由後裔族群中選育之品系，經後裔選拔、品系比較及區域試驗等試驗，結果顯示品系 7728 之農藝性狀，葉領株高和葉尖株高分別為 53.0 和 134.1 cm，為中莖型，葉莖乾物比 1.28，分蘖數多，鮮草產量 240.9 mt/ha/year，與現有狼尾草台畜草二號和台畜草三號在植株特性上具有區隔性。營養成分方面，粗蛋白質含量為 10.2%，酸洗纖維 35.9% 和中洗纖維 66.0%，並可利用 ISSR 區分品系 7728 與現有 6 個狼尾草品種。因此，於 105 年 5 月 21 日經命名審查委員一致通過，命名為「狼尾草台畜草七號」。

關鍵詞：狼尾草、狼尾草台畜草七號、牧草。

緒 言

狼尾草 (*Pennisetum purpureum*) 是目前臺灣經濟草食動物之芻料種類之一，栽種面積約 2,000 公頃，年產近 23 萬公噸鮮草 (行政院農業委員會，2018)，以細切直接鮮飼和調製成青貯料為主。而臺灣之狼尾草種原最早於 1961 年自菲律賓引進，屬高莖型，葉片多毛。行政院農業委員會畜產試驗所致力於狼尾草品種改良，根據市場需求已陸續選育出狼尾草台畜草一號至六號 (Napiergrass Taishiu No.1- 6, NP cv. TS 1- 6)，各品種各具特色。狼尾草台畜草一號 (NP cv. TS 1) 係 1991 年選拔自珍珠粟 (*Pennisetum americanum*) 品系 Tift#1S-1 與狼尾草 A146 雜交後裔，屬於莖葉無毛、株高半矮型且品質佳的品種，方便人工收割，惟產量較低 (成等，1992，1995)。隨後，於 1996 年狼尾草 A146 與 A149 品系雜交選育高莖、產量高的狼尾草台畜草二號 (NP cv. TS 2)，配合農用機械採收，推廣給農戶栽種使用，是目前國內栽培最廣之品種。1981 年本所自美國引進的矮性狼尾草 ‘Mott’，作為狼尾草品質性狀改良之親本，以縮短莖節，提高葉莖比，經混合選種、後裔選拔已於 2009 年命名品質佳的狼尾草台畜草三號 (NP cv. TS 3)，可用於泌乳羊 (范等，2010) 和家禽 (林等，2013；張等，2015) 之飼養。其他選育品種如狼尾草台畜草四號 (NP cv. TS 4) 特色為高產量及高纖維含量 (林等，2016a)、狼尾草台畜草五號 (NP cv. TS 5) 全株富含花青素等抗氧化物質，開發特色飲品，以及狼尾草台畜草六號 (NP cv. TS 6) 為最矮小的品種，葉片柔軟無莖稈的特色，適合做為寵物乾草 (林等，2016b)，因而使得狼尾草之利用更加多元化。

狼尾草經收穫機刈割細切後，可以鮮草或調製成青貯料供草食動物食用。隨著畜牧業的發展，對牧草的需求不僅是使動物飽足，更要求兼具高品質與產量。NP cv. TS 3 葉莖比高、營養成分高且適口性佳，但葉片多及莖嫩之特性，卻易使狼尾草收穫機之噴管阻塞，若收割日遇較強風勢，則葉片易隨風飄散。因此，為改善此現象，需求品質與產量兼備，葉莖比稍低，便於狼尾草收穫機收割之品種，此乃成為本品種育種選拔之主要目標。

材料與方法

I. 材料：品系來源

狼尾草台畜草七號原品系代號為 7728，是由親本 ‘Mott’ 試驗田之自然授粉後裔族群中選育之優良品系，其

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2615 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場。

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

育成經過如表 1 所示。1986 年將引進親本 ‘Mott’ 種植於行政院農業委員會畜產試驗所之牧草試驗隔離區（臺南市新化區），進行自然開放授粉，陸續完成實生苗培育、單株選拔、營養系品系之繁殖與觀察、區域試驗與動物試驗等。1988 年 8 月自 114 個單株選出 12 個優良營養系進行品系比較試驗，1989 年 8 月再選出之 3 個優良品系，於新竹縣香山鄉、彰化縣北斗鎮、屏東縣內埔鄉、屏東縣恆春鎮、臺東縣卑南鄉和花蓮縣吉安鄉等六個試驗田區進行區域試驗，2000 年比較不同月份收割之植體草酸鹽含量，2006 – 2011 年間進行荷蘭乳牛、土雞和阿爾拜因羊等動物飼養試驗，2013 年至 2014 年則以品系 7728 及 NP cv.TS 3 進行產量比較試驗。其餘試驗包括 2016 年進行品系 7728 之 DNA 親緣分析等試驗。

表 1. 狼尾草品系 7728 之選育過程

Table 1. Procedures for breeding of napiergrass line 7728

Executive item	Conduct period	Tested location	Description
Open pollination and observation	1986.11 - 1988.07	Tainan	Napiergrass line Mott O.P. 114 seedling lines
Preliminary advanced yield trial	1988.08 - 1989.07	Tainan	12 lines comparison, Mott , NP cv. TS 1 and NP cv. TS 3 as control Agronomic, quality and yield test
Regional yield trial	1989.08 - 1993.07	Hsinchu, Changhua, Pingtung, Taitung, Hualien	6 lines comparison, ‘Mott’ , NP cv. TS 1 and NP cv. TS 3 as control as control Agronomic, quality and yield test
Rumen digestibility trial	2006.09 - 2006.12	Tainan	4 lines comparison for Holstein cattle
Animal feeding trial for chicken	2009.01 - 2009.12	Tainan	5 lines for TLRI chicken no.13
Animal feeding trial for goat	2009.12 - 2011.12	Tainan	4 lines comparison for Albain goat
Yield trial	2013.01 - 2014.12	Tainan	3 lines comparison in different growing seasons
DNA finger printing analysis	2016.01 - 2016.04	Tainan	Line 7728 and 6 napiergrass cultivars

II. 區域試驗

1989 年 8 月至 1993 年 7 月間，狼尾草參試品系代號 7718、7728、7754、親本 ‘Mott’、NP cv.TS 1 及 NP cv.TS 3 為對照品種等 6 個品系 / 品種，分別於新竹縣香山鄉、屏東縣內埔鄉、屏東縣恆春鎮、彰化縣北斗鎮、臺東縣卑南鄉與花蓮縣吉安鄉等 6 個地區進行區域試驗。採逢機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，四區集，每區集規劃為有 6 個小區，每小區面積 $3.2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 16 \text{ m}^2$ ，行株距 $80 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ 。每年施肥量為氮素 600 kg/ha 、 P_2O_5 200 kg/ha 、 K_2O 300 kg/ha ，分於 6 次施用於收割後 1 週內施用，其餘栽培管理方法如一般狼尾草栽培慣行法。每 8 週進行一次農藝性狀調查、產量及植體營養成分分析。農藝性狀調查項目有，最上葉領株高 (toppest height of last leaf collar, THC)、葉尖株高 (plant height of leaf tip, PHL)、莖徑 (stem diameter, SD)、每橫分蘗數 (tiller number, TN)、葉片數 (leaf number, LN)、葉與莖乾物比 (leaf/stem ratio, LS)、鮮草產量 (fresh yield, FY) 及乾草產量 (dry matter yield, DY) 等，並取植體以 65°C 烘乾至恆重後磨成細粉，作為植體營養成分分析用。植體營養成分分析項目有粗蛋白質 (crude protein, CP)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF)、酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)，以及試管乾物質消化率 (*in vitro* dry matter digestibility, IVDMD)。

III. 不同收割月份之產量比較試驗

參試品系為 7728，並以 NP cv.TS 3、NP cv.TS 6 為對照品種。小區面積 $5 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$ ，行株距 $80 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ ，RCBD，三重覆。每 8 週收穫一次，其餘栽培管理方法如一般狼尾草栽培慣行法，以比較不同收割月份間之差異。農藝性狀調查及植體營養成分分析項目如葉領株高 (THC)、葉尖株高 (PHL)、莖徑 (SD)、節數 (node number, NN)、葉乾物率 (leaf dry matter ratio, LDR)、莖乾物率 (stem dry matter ratio, SDR)、葉莖比 (L/S)、鮮草產量 (FY) 與乾物產量 (DY)；植體營養成分包括：粗蛋白質 (CP)、水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC)、中洗纖維 (NDF)、酸洗纖維 (ADF)、酸洗木質素 (acid detergent lignin, ADL)、澱粉 (starch) 及鈣 (calcium) 元素含量等。

IV. 植體成分分析：

- 粗蛋白質含量，以 Kjeldahl 法測定氮含量後，乘以 6.25 之百分率得之 (A.O.A.C., 1990)。
- 酸洗纖維、中洗纖維和酸洗木質素含量檢測係參照 van Soest *et al.* (1991) 之方法，酸洗木質素含量測定則延

續酸洗纖維之分析，將酸洗纖維放入 25 mL、72% 之 H_2SO_4 中並攪拌成糊狀，每小時添加 2 mL、72% 之 H_2SO_4 攪拌，連續 3 小時，隨後進行抽真空過濾，再以 90°C 熱水清洗及過濾 5 次，經低溫烘乾 24 小時，秤重並計算酸洗木質素含量。

(iii) 水溶性碳水化合物之測定，依照 Paleg (1959) 所提之比色法分析。

(iv) 澱粉含量則以 Yoshida *et al.* (1976) 方法進行萃取，萃取液加入呈色劑，以標準品檢量線經分光光度計 (spectrophotometer, U-2100, Hitachi, Japan) 測定 532 nm 之吸光值。

(v) IVDMD 檢測係參照李及蕭 (2007) 之方法。

V. DNA 指紋分析：

(i) 參試品系為 NP cv.TS 1、NP cv.TS 2、NP cv.TS 3、NP cv.TS 4、NP cv.TS 5、NP cv.TS 6 及品系 7728 等 7 品種 (系)。

(ii) 方法：參考林等 (2012) 方法，採用 ISSR (Inter-Simple Sequence Repeat) DNA 分析法，樣品為葉片 DNA。由加拿大英屬哥倫比亞大學所發表之 100 組 ISSR 引子 (University of British Columbia, Set No. 9, No 801-900) 作為核酸標記引子。多型性測定之 PCR 反應使用熱循環反應器 (GeneAmp PCR System 9700, PE Applied Biosystems) 採 3 種黏合 (annealing) 溫度進行，反應條件為：94°C 2 分鐘；94°C 1 分鐘、60°C 30 秒、72°C 1 分 30 秒，循環 10 次，每循環黏合溫度下降 1°C；94°C 30 秒、55°C 20 秒、72°C 30 秒，共循環 36 次；72°C 4 分鐘，反應結束後產物以 4°C 保存。每一反應的總體積為 10 μ L，其中包含 20 ng 狼尾草 DNA，2.0 mM $MgCl_2$ ，ISSR 引子 0.4 μ M，dNTPs 各 0.2 mM，0.6 U *Taq* DNA 聚合酶 (Yeastern Biotech Co., Ltd)。PCR 反應後擴增之產物取 5 μ L 加入 5 μ L 之 TBE buffer，再加入 2 μ L 之 loading dye，總體積為 12 μ L，以 1.5% 瓊脂膠體 (agarose gel) 於 1X TBE buffer，以 100 V 電壓進行電泳分離約 60 分鐘，使用 100 base pair DNA ladder 作為參考標記。電泳完畢後，將膠片置於 0.1 μ g/mL 之溴化乙錠 (ethidium bromide) 中染色 20 分鐘，再以蒸餾水退染 5 分鐘，再放置 UV 燈箱中觀察膠片結果，並照相記錄存檔。

VI. 統計分析

試驗所得資料以 SAS 套裝軟體 9.0 (statistical analysis system) 進行統計分析。經變異數分析 (analysis of variance, ANOVA)，若達顯著差異水準 ($P < 0.05$)，再以最小顯著性差異 (least significance difference, LSD)，比較參試品系各項調查項目之平均值間差異顯著性。

結果與討論

I. 區域試驗

區域試驗各參試品系之三年農藝性狀與牧草產量三年平均結果如表 2，葉領株高以 'Mott' 最高，葉尖株高以品系 7728、'Mott' 和品系 7718 顯著高於品系 7754、NP cv. TS 1 和 NP cv. TS 3。莖徑方面，以 NP cv.TS 3 最粗，品系 7718 和 7728 次之，品系 7754 較細。分蘗數方面，以品系 7754 之 60.8 枝 / 橫為最多，品系 7718 最少。葉數方面，以 NP cv.TS 3 最多，品系 7718 最少。葉與莖乾物比，以 NPcv.TS 3 最高，品系 7754 次之，NP cv.TS 1 最低。鮮草和乾草產量方面，皆以品系 7728 最高，分別為 240.9 mt/ha/year 和 41.6 mt/ha/year。植體成分方面 (表 3)，粗蛋白質以 NP cv.TS 3 較高，與其他參試品系無顯著性差異，但親本 'Mott' 顯著性低於其他參試品系。酸洗纖維含量皆以 NP cv.TS 3 最低，'Mott' 最高，二者間具有顯著差異，但分別與其他參試品系無顯著差異。中洗纖維含量，以 'Mott' 最高，與品系 7718 和 NP cv.TS 3 具顯著差異。乾物質試管消化率則以 NP cv.TS 3 最高，親本 'Mott' 最低，具顯著差異 ($P < 0.05$)。由以上區域試驗綜合結果顯示，品系 7728 在農藝性狀上可與對照品種區分，株高屬中莖型，分蘗數中等，其鮮草產量及乾草產量皆較對照品種和參試品系來得高，粗蛋白質雖略低於 NP cv.TS 3，中洗纖維及酸洗纖維略高於 NP cv.TS 3。整體而言，品系 7728 之農藝性狀及營養成分符合育種目標，具有作為狼尾草新品種之潛力。

II. 不同收割月份之產量比較試驗

狼尾草品系在 5 個不同收穫月份之農藝性狀與產量試驗中，品系 7728 和 NP cv.TS 3 之葉領株高在 5 月時為最高，NP cv.TS 6 在 5 及 7 月份收穫時，葉領株高及葉尖株高分別由 5 月份之 51.3 cm 及 116.4 cm，分別長至 7 月份之 91.9 及 154.0 cm。節數都在 7 月採收時較高，葉莖比則參試品系 / 種均是 3 月份最高。鮮草產量最高均為品系 7728，產量最低者為 NP cv.TS 6，三個參試品系 / 種皆以 5 月份之鮮草產量最高，而 NP cv.TS 3 及 NP cv.TS 6 之鮮草產量在 5 月及 7 月無顯著差異 (表 4)。李 (2015) 利用 30 個狼尾草品系經過 5 個採收時期的調查，

狼尾草種原之農藝性狀表現因採收季節不同而部分有差異，其中葉領株高、葉尖株高、單枝鮮重、莖徑、葉片長度及葉面積有隨收割月份增加而生長量降低的趨勢。而 NP cv.TS 6 在 7 月和 9 月時皆因抽梗開花，導致葉尖株高和葉領株高增長，莖徑也較粗，因此葉與莖之乾物率下降，致使植體營養成分亦有改變。

植物體成分方面，蛋白質含量都以 NP cv.TS 6 最高，分別為 14.7 及 12.9%，而水溶性碳水化合物、中洗纖維、酸洗纖維、酸洗木質素及澱粉均與高品質之 NP.cv.TS 3 差異不大。品系 7728、NP.cv.TS 3 及 NP cv.TS 6 不同月份之蛋白質則以 3 月份最高，水溶性碳水化合物則均以 7 月份最高 (表 5)。牧草的營養成分因物種、成熟度和環境所影響，王等 (2003) 指出割期對狼尾草台畜草二號品質影響最顯著，季節則以冬季品質最佳，夏季最差。本試驗結果，三個參試品系皆以粗蛋白質表現最為顯著，3 個參試品系皆在 3 月時最高，7 月採收時最低，酸洗纖維而水溶性碳水化合物則有相反之趨勢。

畜產試驗所之狼尾草育種團隊因應不同動物需求上的差異，而選育不同植物特性之草種 (李, 2015)。林等 (2013) 利用 5 個狼尾草品系放養臺灣土雞，其中包含品系 7728，結果顯示可顯著減少雞隻啄羽情形，但狼尾草品系間之雞隻增重、屠宰率及脂肪酸則差異不顯著。

牧草是反芻動物飼養上需充分供應的飼量來源，而牧草飼養價值的提升，是酪農產業發展的重要基礎。范等 (2018) 指出葉莖乾物比值較高的狼尾草台畜草三號和台畜草七號 (品系 7728) 調製成青貯料，餵飼羊隻可使乳量優於台畜草二號，其中矮莖型的台畜草三號纖維含量低而消化率高，使羊隻有較高的採食量及較低的乳中尿素氮濃度；中莖型的台畜草七號，則有較佳的泌乳效率，顯示可做為泌乳羊良好的芻料來源。

表 2. 區域試驗各參試品系之三年農藝性狀與牧草產量平均

Table 2. Means of agronomic traits and forage yield of tested entries from different locations

Line	THC [#]	PHL	SD	TN	LN	LS	FY	DY
	----- cm -----		mm	no./clone	no./tiller	----- mt/ha/year -----		
7718	50.6 ^{ab}	127.9 ^a	9.4 ^b	27.9 ^c	7.3 ^c	1.21 ^c	155.0 ^b	30.9 ^b
7728	53.0 ^{ab}	134.1 ^a	9.0 ^{bc}	39.5 ^{bc}	8.5 ^{ab}	1.28 ^{bc}	240.9 ^a	41.6 ^a
7754	36.1 ^b	89.6 ^b	6.9 ^c	60.8 ^a	8.2 ^{bc}	1.47 ^{ab}	173.1 ^b	30.9 ^b
Mott	59.1 ^a	132.7 ^a	7.4 ^d	41.3 ^{bc}	8.6 ^{ab}	1.28 ^{bc}	226.5 ^a	39.0 ^a
NP cv.TS 1	44.7 ^b	91.1 ^b	8.3 ^{cd}	45.8 ^b	9.1 ^{ab}	1.20 ^c	163.2 ^b	29.2 ^b
NP cv.TS 3	32.9 ^b	86.1 ^b	10.4 ^a	37.8 ^{bc}	9.3 ^a	1.63 ^a	228.5 ^a	38.3 ^a

[#] THC: toppest height of last leaf collar; PHL: Plant height of leaf tip; SD: Stem diameter; TN: Tiller number; LN: Leaf number; LS: Leaf / stem ratio; FY: Fresh yield; DY: Dry matter yield.

^{a, b, c, d} Means within the same column followed by different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 3. 區域試驗參試品系之三年植體成分平均

Table 3. Means of chemical content of tested entries from different areas

Line	CP [#]	ADF	NDF	IVDMD
	----- % -----			
7718	10.4 ^a	34.7 ^{ab}	63.9 ^b	64.2 ^{bc}
7728	10.2 ^a	35.9 ^{ab}	66.0 ^{ab}	64.4 ^{bc}
7754	10.7 ^a	35.6 ^{ab}	65.1 ^{ab}	65.5 ^b
Mott	9.2 ^b	36.9 ^a	67.3 ^a	63.4 ^c
NP cv.TS 1	10.1 ^a	35.4 ^{ab}	66.4 ^{ab}	65.1 ^{bc}
NP cv.TS 3	10.8 ^a	32.7 ^b	60.9 ^b	68.3 ^a

[#] CP: crude protein; ADF: acid detergent fiber; NDF: neutral detergent fiber; IVDMD: *in vitro* dry matter digestibility.

^{a, b, c} As shown in Table 2.

表 4. 狼尾草品系在不同收穫月份之農藝性狀與產量

Table 4. Agronomic traits and forage yields of napiergrass lines in different harvest months

Line	month	THC [@]	PHL	SD	NN	LDR	SDR	LS	FY
		----- cm -----		mm	no/plant	----- % -----			mt/ha/time
7728	1	39.0 [*]	118.2 ^{bc}	11.5 ^b	2.7 ^{cd}	15.4 ^{ab}	10.5 ^b	2.2 ^b	39.4 ^c
	3	30.4 ^d	106.1 ^c	12.1 ^b	2.9 ^c	11.9 ^{bc}	8.8 ^b	3.0 ^a	28.3 ^c
	5	87.2 ^a	170.5 ^a	14.1 ^a	9.7 ^b	15.0 ^{ab}	9.0 ^b	1.2 ^c	87.6 ^a
	7	54.8 ^b	106.2 ^b	14.5 ^a	12.5 ^a	17.3 ^a	15.0 ^a	1.0 ^{bc}	71.4 ^b
	9	44.8 ^c	108.9 ^{bc}	14.8 ^a	9.6 ^b	16.5 ^a	10.3 ^b	1.7 ^{bc}	62.3 ^b
NP cv.TS 3	1	25.9 ^{cd}	96.9 ^c	10.9 ^{cd}	2.2 ^c	13.6 ^{ab}	12.3 ^{ab}	3.2 ^b	37.4 ^b
	3	22.8 ^d	92.5 ^c	10.4 ^c	2.8 ^c	11.5 ^{bc}	11.2 ^{ab}	3.9 ^a	28.9 ^b
	5	52.1 ^a	128.4 ^b	12.9 ^{bc}	9.0 ^b	15.1 ^{ab}	9.5 ^b	1.9 ^{bc}	71.1 ^a
	7	41.9 ^{ab}	154.0 ^a	15.1 ^{ab}	12.1 ^a	18.4 ^{ab}	17.6 ^a	1.4 ^c	58.1 ^a
	9	34.2 ^{bc}	116.4 ^{bc}	16.0 ^a	8.9 ^b	16.6 ^a	10.3 ^b	2.0 ^{bc}	49.0 ^{ab}
NP cv.TS 6	1	39.7 ^c	89.1 ^c	6.0 ^c	3.6 ^{cd}	16.8 ^c	13.7 ^{ab}	1.8 ^b	30.2 ^b
	3	16.8 ^d	59.5 ^c	4.3 ^c	2.0 ^d	17.5 ^c	9.7 ^c	2.1 ^a	21.1 ^b
	5	51.3 ^c	116.4 ^b	8.3 ^b	5.0 ^{bc}	18.5 ^{bc}	10.8 ^b	1.6 ^b	61.4 ^a
	7	91.9 ^a	154.0 ^a	10.8 ^a	9.8 ^a	24.7 ^a	17.8 ^a	0.8 ^c	48.9 ^a
	9	73.7 ^b	116.4 ^b	7.7 ^b	5.9 ^b	22.4 ^{ab}	15.0 ^{ab}	1.2 ^{bc}	40.4 ^{ab}

a, b, c, d As shown in Table 2.

[@] THC: toppest height of last leaf collar; PHL: Plant height of leaf tip; SD: Stem diameter; NN: node number; LDR: leaf dry matter ratio; SDR: stem dry matter ratio; LS: Leaf / stem ratio; FY: Fresh yield.

表 5. 狼尾草品系不同收穫月份之植體成分

Table 5. The chemical contents of napiergrass lines in different harvest months

Line	Month	N	CP [@]	Ca	WSC [#]	NDF	ADF	ADL	Starch
		----- % -----							
7728	3	2.9 ^a	17.9 ^a	0.24 ^a	2.0 ^d	50.5 ^b	29.7 ^b	5.9 ^b	3.7 ^b
	5	2.1 ^b	13.2 ^b	0.09 ^b	4.0 ^c	58.3 ^a	34.1 ^a	7.5 ^{ab}	5.8 ^{ab}
	7	1.6 ^b	10.1 ^b	0.12 ^b	10.7 ^a	61.6 ^a	32.0 ^{ab}	7.3 ^{ab}	6.0 ^a
	9	1.7 ^b	10.4 ^b	0.07 ^b	7.8 ^b	62.0 ^a	34.1 ^a	8.4 ^a	4.9 ^{ab}
NP cv.TS 3	3	2.8 ^a	17.6 ^a	0.19 ^a	2.4 ^c	52.1 ^a	33.1 ^a	8.2 ^{ab}	3.9 ^b
	5	1.9 ^b	11.8 ^b	0.08 ^b	5.7 ^{bc}	56.3 ^a	33.1 ^a	7.6 ^b	6.1 ^a
	7	1.4 ^b	8.8 ^b	0.14 ^{ab}	10.7 ^a	59.8 ^a	32.4 ^a	8.7 ^{ab}	5.8 ^{ab}
	9	1.9 ^b	11.6 ^b	0.11 ^b	6.2 ^b	62.3 ^a	33.4 ^a	9.0 ^a	4.5 ^b
NP cv.TS 6	3	2.9 ^a	18.4 ^a	0.25 ^a	1.6 ^c	51.1 ^c	29.5 ^b	7.2 ^a	4.4 ^b
	5	2.4 ^b	15.1 ^b	0.11 ^b	3.6 ^b	57.9 ^b	32.0 ^b	7.9 ^a	5.7 ^{ab}
	7	1.2 ^d	7.5 ^d	0.12 ^b	8.4 ^a	66.0 ^a	35.4 ^a	8.9 ^a	7.5 ^a
	9	1.7 ^c	10.4 ^c	0.09 ^b	3.3 ^a	67.4 ^a	36.7 ^a	8.5 ^a	6.3 ^{ab}

a, b, c, d As shown in Table 2.

[@] As shown in Table 2.[#] WSC: water soluble carbohydrate.

III. DNA 分析

參試品系之 DNA 以 ISSR 引子分析之結果 (圖 1) 顯示, 利用 #811 引子可發現在 1,900 – 2,000 bp 時, 品系 7728 與 NP cv.TS 1、NP cv.TS 3 和 NP cv.TS 5 可粗略分出其不同, 而 1,000 bp 至 500 bp 即可明顯看出品系 7728 與 NPcv.TS 1 至 NPcv.TS 6 等 6 個品種之不同。#845 組引子於 900 和 1,000 bp 之不同電泳條帶可明顯區分品系 7728 確實與 6 個品種有不同的表現。

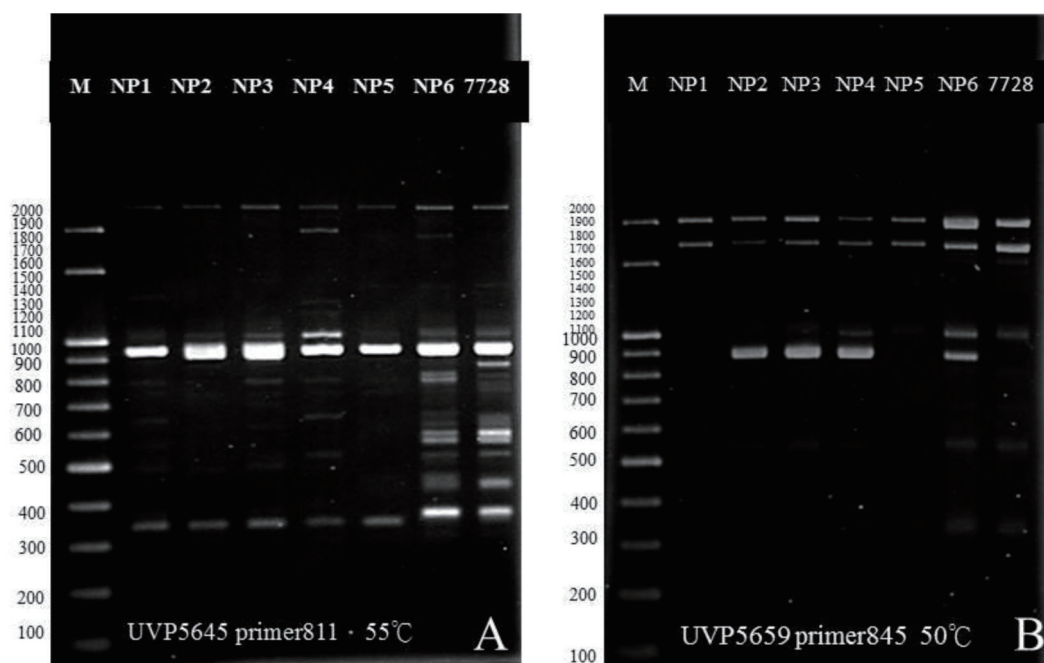


圖 1. 狼尾草台畜草一號至六號及品系 7728 之圖譜比較。A：引子 #811，B：引子 #845。

Fig. 1. Comparison of DNA maps of napiergrass cv.TS 1-TS 6 (NP 1-NP 6) and line 7728. A: primer#811, B: primer#845 (NP1: NPcv.TS 1; NP2: NPcv.TS 2; NP3: NPcv.TS 3; NP4: NPcv.TS 4; NP5: NPcv.TS 5; NP6: NPcv.TS 6).

結 論

狼尾草品系 7728 係狼尾草品系 ‘Mott’ 後裔, 自 1986 年開放授粉後, 經營養系選拔中之一品系, 再依續完成品系比較、區域試驗和動物試驗等, 顯示該品系具有蛋白質高、乾物質試管消化率高、分蘗數多、葉片多、酸洗纖維及中洗纖維低等特性。由比較試驗及區域試驗資料, 本品系於區域試驗之年平均鮮草產量為 240.8 mt/ha, 乾物質產量為 41.6 mt/ha, 皆比親本 ‘Mott’ 和對照種 NP cv.TS 3 增產。粗蛋白質含量比對照種 NP cv.TS 3 差異不大 (10.2 vs. 10.8%)、酸洗與中洗纖維含量比對照種 NP cv.TS 3 高 (分別為 37.1 vs. 33.2%, 67.0 vs. 60.9%), 乾物質試管消化率比對照種 NP cv.TS 3 低 (63.4 vs. 68.3%), 牧草品質佳, 符合原育種預期目標。狼尾草品系 7728 已於 2016 年 5 月 27 日通過新品種命名登記審查, 並命名為狼尾草台畜草七號 (NP cv.TS 7), 未來可作為輪牧雞隻和草食動物之芻料來源。

誌 謝

本品種之育成, 由行政院農業委員會科技計畫—狼尾草品種改良之經費挹注, 並承蒙本所王治華副所長、飼料作物組許福星前組長、成游貴博士的指導, 以及高雄種畜繁殖場、臺東種畜繁殖場和花蓮種畜繁殖場同仁的協助。

參考文獻

王舒愍、陳嘉昇、陳文、顏素芬、成游貴。2003。割期、季節及地區對狼尾草粗蛋白質、中洗纖維及酸洗纖維含量的影響。畜產研究 36(4): 357-367。

- 行政院農業委員會。2018。農業統計年報 (106 年)。行政院農業委員會，臺北。pp. 108-109。
- 成游貴、吳建福、羅國棟、唐清岑、張溪泉、陳文、黃耀興、卜瑞雄。1992。狼尾草育種。畜產研究 25(2)：151-170。
- 成游貴、陳嘉昇、吳建福。1995。矮性狼尾草產量與品質改良。畜產研究 28(4)：285-294。
- 李春芳、蕭宗法。2007。反芻動物飼料試管乾物質消化率 (IVDMD)。畜產研究 40(1)：59-65。
- 李姿蓉。2015。狼尾草農藝性狀之變異與相關性。畜產研究 48：143-153。
- 林正斌、李姿蓉、林明村、蘇建安、侯金日。2012。利用 ISSR 技術探討臺灣地區狼尾草種原遺傳歧異度。畜產研究 45(1)：83-89。
- 林正斌、李姿蓉、劉曉龍、李春芳、顏素芬、成游貴。2013。狼尾草 (*Pennisetum purpureum*) 地放養土雞之探討。畜產研究 46(1)：33-40。
- 林正斌、李姿蓉、張世融、盧啟信、王紓愍、施意敏、顏素芬、陳文、張溪泉、成游貴。2016a。狼尾草台畜草四號之育成。畜產研究 49(3)：162-170。
- 林正斌、李姿蓉、張世融、李春芳、施意敏、顏素芬、吳錫勳、成游貴、盧啟信。2016b。狼尾草台畜草六號之選育。畜產研究 49(4)：249-260。
- 范耕榛、李姿蓉、林正斌、成游貴、謝昭賢、李春芳。2010。狼尾草新品系台畜草三號對泌乳羊性能之影響。中畜會誌 (增刊)39：p. 267。
- 范耕榛、李姿蓉、蕭宗法、李姿蓉。2018。青貯狼尾草台畜草三號與七號對泌乳山羊飼養價值的評估。畜產研究 51(1)：8-15。
- 張仲彰、李滋泰、賈玉祥、范揚廣、林旻蓉。2015。飼糧添加生鮮狼尾草台畜草三號對白羅曼鵝生長及屠體性狀之影響。畜產研究 48(1)：16-24。
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 11 ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Paleg, L. G. 1959. Citric acid interference in the estimation of reducing sugars with alkaline copper reagents. Anal. Chem.31: 1902.
- SAS. 2002. SAS version 9.00. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. N. C. USA.
- van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.
- Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. In Laboratory manual for physiological studies of rice. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines. p.46-49.

Breeding of Napiergrass (*Pennisetum purpureum*) cv. Taishiu No.7 (NP cv.TS 7) ⁽¹⁾

Tzu-Rung Li ⁽²⁾ Jeng-Bin Lin ⁽³⁾ Shyh-Rong Chang ⁽²⁾ Chi-Hsin Lu ⁽²⁾
Yu-Kuie Cheng ⁽²⁾ and Shu-Fen Yan ⁽⁴⁾

Received: Apr. 25, 2019; Accepted: Jun. 10, 2019

Abstract

Napiergrass (*Pennisetum purpureum*) line 7728 was one of the progenies from 'Mott' open-pollination population, which was a strain selected by progeny selection, then went through strain comparison and regional trials. Results showed that the agronomic traits of line 7728, toppest height of last leaf collar and plant height of leaf tip were 53.0 and 134.1cm, respectively. It was a medium stem type, with dry leaf and stem ratio 1.28, large number of tillers, and fresh forage yield was 240.9 mt/ha/year. The contents of crude protein, acid detergent fiber, and neutral detergent fiber of the forage were 10.2%, 35.9% and 66.0%, respectively. The agronomic traits and the ISSR primer analysis could distinguish line 7728 from the existing six varieties of napiergrass in Taiwan. Therefore, line 7728 was named after Napiergrass Taishiu No.7 (NP cv.TS 7) on 2016 by the Variety Nomenclature Review Committee.

Key words: Napiergrass, NP cv.TS 7, Forage.

(1) Contribution paper No. 2615 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

(4) Hwalien Animal Propagation Station, COA-LRI, Hwalien 97362, Taiwan, R. O. C.

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

不同胎次荷蘭母牛初乳品質與母仔牛週齡 體重及血液參數值變化之研究⁽¹⁾

王思涵⁽²⁾⁽⁴⁾ 張俊達⁽³⁾ 蕭振文⁽²⁾

收件日期：108 年 5 月 27 日；接受日期：108 年 7 月 3 日

摘 要

本研究旨在探討不同胎次荷蘭母牛初乳品質與仔牛週齡體重及血液參數值之變化。不同胎次母牛在其分娩後第一至第三次 (0、12 與 24 小時) 擠乳之平均初乳品質間無顯著差異 ($P = 0.735$)，自第一至第四胎次母牛平均初乳品質之布里值 (Brix) 分別 18、17、14 及 19%。不論母牛分娩胎次為何，其於分娩後第一次擠乳時之初乳品質最佳，且與第二及第三次擠乳時之初乳品質間有顯著差異 ($P < 0.05$)。試驗牛群之母仔牛平均出生體重為 36.5 kg，第一至第四胎次分娩母牛之母仔牛平均出生體重，分別為 33.3、33.7、40.9 及 38.2 kg，經產牛分娩之母仔牛平均出生體重大於頭產牛；而母牛分娩月份對其母仔牛出生體重則無顯著影響 ($P = 0.578$)。仔牛出生後 0 – 5 週齡間，其血液中之葡萄糖與尿素氮濃度在週齡間有顯著差異 ($P < 0.05$)，但 β - 羥丁酸、麩胺酸草醯乙酸轉胺酶、麩胺酸丙酮酸轉胺酶、三酸甘油酯則無顯著差異。仔牛體重會隨著週齡增加而上升，可由 0 週齡之平均體重 37 kg，至 5 週齡達 69 kg，且週齡體重間有顯著差異 ($P < 0.05$)。綜合上述，母牛分娩後第一次擠乳之初乳品質最佳，經產母牛之母仔牛平均出生體重較初產牛重，且仔牛體重會隨著週齡的增加而顯著上升，但週齡間僅血液中之葡萄糖、尿素氮濃度有差異，在 β - 羥丁酸、麩胺酸草醯乙酸轉胺酶、麩胺酸丙酮酸轉胺酶、三酸甘油酯等則無。

關鍵詞：初乳品質、泌乳牛、血液參數值。

緒 言

仔牛出生時並不具有先天之免疫力，且因為瘤胃功能上的發育未完全也無法被稱為反芻動物。此時，面臨的最大挑戰是如何獲得被動免疫，及兼顧反芻動物瘤胃發育和生長之飼養管理模式建立 (Kertz *et al.*, 2017)。提供新生仔牛足夠的免疫球蛋白 G (Immunoglobulin G, IgG) 的初乳在仔牛的飼養管理中扮演重要的角色。新生仔牛出生兩日內，若無法將血清中的 IgG 濃度提升至 10 g/L 以上，即被認為其自母體獲得被動免疫 (failure of passive transfer, FPT) 的過程是失敗的 (Godden, 2008)。根據 Beam *et al.* (2009) 研究報告指出，證據表明 FPT 仍是美國乳牛群中普遍存在的問題之一。FPT 對仔牛健康的影響，並不僅限於離乳前之高發病風險及高死亡率，也會影響其達成熟體重前之飼料利用效率及生長表現，進一步造成其產乳量表現受到影響 (DeNise *et al.*, 1989; Faber *et al.*, 2005)。以仔牛發病率、死亡率及減少之日增重做為計算基準，失敗的被動免疫下，會造成每頭仔牛約 65 美元的經濟損失 (Raboisson *et al.*, 2016)。一般而言，初乳中的免疫球蛋白濃度高於 50 g/L，被認為是高品質之初乳 (Godden, 2008)。根據 Morrill *et al.* (2012) 調查美國 12 個州之中 67 個畜群結果指出，約有 30% 的母牛群其初乳中之免疫球蛋白濃度低於 50 g/L。母牛群之初乳品質會受到胎次、飼糧組成、懷孕季節、牛隻品種、乾乳期長短等之影響 (Godden, 2008; Buczinski and Vandeweerd, 2016)。為了減少被動免疫的失敗情形發生比例，進一步了解畜群內母牛群之初乳品質是首要步驟。過去十年內利用初乳數位折射計進行荷蘭泌乳牛初乳品質的相關研究，已經證明可成功地用於估計初乳中之免疫球蛋白濃度 (Bielmann *et al.*, 2010)。本研究旨在探討不同胎次荷蘭母牛初乳品質與仔牛週齡體重及血液參數值之變化。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2616 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組

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

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所試驗牛舍進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容經畜產試驗所新竹分所實驗動物管理小組以畜試竹字 107-1 號申請核准在案。

I. 試驗動物及飼養管理

本試驗採用於 2018 年 6 至 12 月間分娩之懷孕母牛共計 30 頭，其中第一產之母牛數為 7 頭、第二產為 15 頭、第三產為 2 頭及第四產為 6 頭。使用懷孕母牛群飼養管理部分以盤固乾草捆任食並搭配每日約 3 kg 精料為主；精料給飼時間為每日上午 8 時 30 分及下午 2 時 30 分，每次各 1.5 kg，飼糧組成如表 1 及表 2 所示。

表 1. 懷孕母牛之精料營養組成及成分分析

Table 1. Ingredients and nutritional composition of concentrate for pregnant cows

Ingredient items	DM basis %
Yellow corn	68.49
Soybean meal, 44 % CP	8.52
Corn gluten meal	8.52
Molasses	5.01
Salt-I	1.11
Limestone	3.40
CaHPO ₄	1.11
NaHCO ₃	1.11
Urea	1.39
Premix ¹	1.34
Total	100
Analyzed value (% as DM basis)	
DM, %	90.02
Crude protein, %	18.67
Crude fat, %	3.79
Ca, %	0.81
P, %	0.52
NEL ² , Mcal/kg	1.85

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

² NEL: NE required for lactation (NEL).

表 2. 懷孕母牛之盤固乾草營養成分分析

Table 2. The analyzed values of Pangola grass for pregnant cows

Analyzed items (%)	Pangola grass
DM	88.00
Crude protein	5.66
ADF	40.90
NDF	77.40
Ca	0.42
P	0.22

II. 試驗方法與測定項目

(1) 新生母仔牛飼養管理及體重記錄：新生母仔牛於出生後 12 小時內給與母親牛之初乳約 4 L，並飼養於不銹

鋼個別欄架內至少 7 日。7 日後移至仔牛舍，每日給與代乳量上下午各 4 L，並提供少量教槽料及百慕達乾草 (bermuda grass)，以自動水碗作為飲水供應來源。以仔牛專用磅秤，於母牛分娩當日進行新生母仔牛牛號及體重紀錄 (body weight, BW)，並標記其母親牛牛號及當日胎次。另外，本試驗挑選第一至第四胎次母牛分娩之仔牛各 2 頭，共計 8 頭，進行每週齡體重及血液參數值資料收集與紀錄至 6 週齡為止。

- (2) 乾乳牛精料、盤固乾草、代乳粉及教槽料採樣分析：每三個月進行各項原物料樣品收集，並暫存於 -20℃，待均勻混合連續 3 次樣品後，以 55℃ 烘乾 48 小時，熱秤得乾物質率後，依 AOAC (1990) 法進行乾物質、粗蛋白質、粗脂肪、鈣及磷等分析。乳糖分析依據中央畜產會 NAIF-B.-5.4.-03-55a 糖類的測定－飼料中糖類標準檢驗方法進行。依據 van Soest *et al.* (1991) 方法分析酸洗纖維及中洗纖維。綜上分析方法進行代乳粉及教槽料營養成份分析，結果顯示代乳粉 (maxmilk CMR 26, New Zealand) 粗蛋白質為 25.4% 粗脂肪為 23.8% 及乳糖為 41.8%；教槽料 (宜成農產加工廠，苗栗後龍) 粗蛋白質為 19.9%、粗脂肪為 5.9% 及碳水化合物為 58.8% (表 3)。

表 3. 代乳粉及教槽料營養成分分析

Table 3. The analyzed values of milk replacer and starter for calves

Analyzed items	Milk replacer	Starter
DM, %	99.00	90.00
Crude protein, %	25.40	19.90
Crude fat, %	23.80	5.90
Carbohydrate ² , %	-	58.80
Lactose, %	41.80	-
GE ¹ (Mcal/kg)	5.28	4.13

¹ GE: gross energy.

² Carbohydrate (%) = 100% - moisture% - ash% - fat% - protein%.

- (3) 母牛初乳樣品收集：本試驗收集之初乳樣品以母牛分娩後第一次擠乳作為採樣起始點，即 0 小時，經 12 小時及 24 小時再擠乳一次，分別以第二及第三次表示，每頭母牛初乳樣品採樣為 3 次。並利用初乳數位折射計 (Kruuse, Denmark) 進行初乳品質測量，初乳數位折射計之測量單位為布里 (Brix)，當初乳折射率高於 18% Brix 時表示初乳中之免疫球蛋白濃度高於 50 g/L。
- (4) 試驗牛群擠乳作業時間：每日清晨 5：00 與下午 4：00。
- (5) 母仔牛血液樣品採集：於上午約 7：30 時進行血液樣品採集，此時仔牛已至少空腹 12 小時以上，將仔牛頭部保定固定後，進行頸靜脈採血，採集時間自出生至 6 週齡為止，每週採一次。血液樣品採集後，以離心機 (Hettich® Universal 320R centrifuge) 在 1,500 xg、4℃、15 分鐘離心，取上層血清存放於 -20℃，以血液生化分析儀 (Fuji NX-500, Japan) 檢測葡萄糖 (glucose)、麩胺酸草醯乙酸轉胺酶 (glutamic oxaloacetic transaminase, GOT)、麩胺酸丙酮酸轉胺酶 (glutamic pyruvic transaminase, GPT)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、尿素氮 (blood urea, BUN) 等。β- 羥丁酸 (β-ketone) 以電化學法之試紙進行檢測 (Abbott, United Kingdom)。

III. 統計分析

試驗所得數值資料，利用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2002)，以一般線性模式程序 (general linear model, GLM) 分析，若達 5% 顯著差異水準，再以最小平方均值 (least squares means) 比較處理組的差異性。

結果與討論

逕向免疫擴散法 (radial immunodiffusion assay, RID) 被認為是判定牛隻初乳或血液中 IgG 濃度的標準方法，但此法耗費的時間多、成本高 (Fleenor and Stott, 1981)。因此，實際上於牧場多使用初乳比重計作為測量的工具。雖然，初乳比重計價格便宜也可作為有效評估的工具之一，但初乳比重計易損壞且其判定上未考慮溫度對初乳品質之影響，易產生誤差 (Quigley *et al.*, 2013)。過去十年之研究已指出，利用初乳數位折射計作為初乳中 IgG 濃度的評估方法具有相當的準確性，且在荷蘭種乳牛的建議數值為當布里值介於 18 - 20% 時，即可表示其初乳中之初乳中 IgG 濃度高於 50 g/L，為好的初乳品質 (Bielmann *et al.*, 2010; Morrill *et al.*, 2012)。以初乳數位折射計進行本分所 2018 年

6 至 12 月間分娩之荷蘭泌乳牛初乳品質測定結果顯示，不同胎次之母牛在其分娩後第一至第三次擠乳之平均初乳品質間無顯著差異 ($P = 0.735$)，自第一至第四胎次母牛平均初乳品質之布里值分別 18、17、14 及 19% (表 4)，根據 Silva-del-Río *et al.* (2017) 研究報告指出，初乳之布里值會隨著母牛分娩胎次的增加而上升，自第一至第三胎次母牛之初乳布里值可由 22.3% 增加至 28.3% ($n = 3,500$)。本試驗結果可能因為試驗牛群數量及採樣季節，無法呈現出不同胎次分娩母牛之初乳品質差異，但也說明了在國內北部地區環境與此懷孕母牛群飼養管理方式下，即使分娩月份落在熱季其初乳品質仍可達一般等級，但為避免失敗的被動免疫造成仔牛的損失，進一步提高熱季分娩牛群乾乳期的營養仍是需要的。另外，由於試驗期間第三胎次分娩母牛的數量遠低於其他胎次，進而造成第三胎次分娩母牛之平均初乳品質數值之代表性欠佳。張等 (2014) 指出，母牛分娩胎次不僅會影響其初乳品質，對產乳量及乳品質亦有影響，第一胎次之產乳量顯著低於第二至第四胎次之經產牛隻，而乳蛋白率、乳糖率、乳無脂固形物及乳總固形物隨產次增加而降低 ($P < 0.05$)。

表 4. 不同胎次母牛之初乳品質與母仔牛出生體重變化

Table 4. The Brix value of all milking colostrum and the birth weight of calf collected from different parity Holstein cows

Parity	Colostrum Brix%				Calf birth weight (kg)
	Mean	Max	Min	Colostrum Quality ¹	
1 (n = 7)	18	28	12	Normal	33.3
2 (n = 15)	17	33	12	Normal	33.7
3 (n = 2)	14	18	12	Normal	40.9
4 (n = 6)	19	33	12	Normal	38.2
Mean	17	28	12	Normal	36.5

¹ Colostrum Quality: Very Good = Brix% > 30%, Good = Brix% 20 – 30%, Normal = Brix% 15 – 20%, Poor = Brix% < 15%.

仔牛出生體重會受到胎次的影響，其中第一、二、九及十胎母牛分娩之仔牛出生體重會低於第三至八胎母牛分娩之仔牛，但懷孕期長短對仔牛出生體重的影響不大，一般而言公仔牛的出生體重較母仔牛高出 8% 左右 (Kertz *et al.*, 2017)。本試驗牛群之母仔牛平均出生體重為 36.5 kg，第一至第四胎次分娩母牛之母仔牛平均出生體重，分別為 33.3、33.7、40.9 及 38.2 kg，經產牛分娩之母仔牛平均出生體重高於頭產牛，趨勢與相關的研究報告相同。另外，Dhakal *et al.* (2013) 針對放牧牛群不同胎次分娩之母仔牛體重研究報告指出，母仔牛平均出生體重為 27.57 ± 0.54 kg，頭產母牛之母仔牛平均出生體重為 27.67 ± 0.56 kg；經產母牛之母仔牛平均出生體重為 29.43 ± 0.52 kg。不論放牧或圈飼牛群分娩之母仔牛出生體重，皆會因胎次不同而有差異，但放牧牛群分娩之母仔牛平均出生體重較圈飼牛群低。

初乳樣品收集以母牛分娩後第一次擠乳為起始點，即 0 小時，經 12 小時及 24 小時再收集初乳各一次，初乳品質之結果顯示，第一胎次分娩母牛其第一至第三次擠乳之初乳品質平均以布里值表示分別為 27、14 及 12%；第二胎次分娩母牛其第一至第三次擠乳之初乳品質平均分別為 25、16 及 13%；第三胎次分娩母牛其第一至第三次擠乳之平均初乳品質分別為 17、14 及 13%；第四胎次分娩母牛其第一至第三次擠乳之平均初乳品質分別為 28、18 及 14%。整體而言，不論母牛分娩胎次為何，其於第一次擠乳時之初乳品質最佳，且與第二及第三次擠乳時之初乳品質間有顯著差異 ($P < 0.05$) (表 5)。由相關研究顯示，分娩母牛第一次擠乳時之初乳品質布里值為 25.4%，最佳值為 37.1%；最低值為 16.2%，第二次擠乳時之初乳品質布里值為 18.7%，最佳值為 29.3%；最低值為 13.4%。另外，以分娩母牛第一次擠乳而言，頭產分娩母牛其初乳中 IgG 濃度較經產分娩母牛低，而第二 ($n = 134$) 及第三胎次 ($n = 68$) 分娩母牛之初乳中 IgG 濃度是接近的 (77.3 vs. 74.9 g/L)，但皆低於第四胎次以上分娩母牛之初乳中 IgG 濃度 98.4 g/L (Silva-del-Río *et al.*, 2017)。初乳品質之布里值與分娩後收集初乳的時間呈現負相關趨勢 (Quigley *et al.*, 2013)。上述與本試驗結果相似，雖然第一次擠乳時之初乳品質布里值較國外文獻數值低，但初乳品質會隨擠乳時間點的推移而減少之趨勢是接近的，但由於本試驗各胎次牛群數量並不一致，無法顯示出各胎次分娩母牛之第一次擠乳初乳品質差異。也再次說明愈早給與仔牛初乳，其被動免疫的效果會愈好。依照此試驗結果也可了解，試驗仔牛在第一餐初乳獲得之免疫球蛋白濃度是高於 50g/L，但第二餐及第三餐時則否。為確保仔牛出生兩日內將血清中的 IgG 濃度提升至 10g/L 以上，額外提供凍存高品質初乳可能是仔牛被動免疫成功的必要條件之一，而依本次試驗結果了解經產分娩母牛第一次擠乳之初乳品質是較佳的。

表 5. 不同胎次母牛之第一至第三次擠乳平均初乳品質變化

Table 5. The Brix value of change of first to third milking collected from different parity Holstein cows

Items	Milking hours		
Parity	0	12	24
1	27	14	12
2	25	16	13
3	17	14	13
4	28	18	14
Mean	24 ^a	15 ^b	13 ^b
Colostrum Quality ¹	Good	Normal	Poor

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

¹ Colostrum Quality: Very Good = Brix% $> 30\%$, Good = Brix% $20 - 30\%$, Normal = Brix% $15 - 20\%$, Poor = Brix% $< 15\%$.

母牛分娩月份對其母仔牛出生體重之影響結果顯示，2018 年 6 至 12 月間不同月份出生之母仔牛其出生體重間並無顯著差異 ($P = 0.578$) (表 6)。根據內布拉斯加州大學調查 1992 – 1997 年環境溫度對仔牛出生體重之研究結果指出 ($n = 47$)，仔牛出生體重會受到母牛懷孕時環境溫度變化之影響，當環境溫度為 -6°C 時仔牛平均出生體重為 35 kg；環境溫度為 -0.5°C 時仔牛平均出生體重為 30 kg (Gene *et al.*, 1999)。根據中央氣象局 2018 年 6 至 12 月苗栗地區環境溫度變化平均值，環境氣溫之平均值皆高於 30°C ，且各月份之差異不超過 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。總括來說，持續高溫是苗栗地區主要的夏季環境，顯示本試驗母仔牛平均出生體重並不受到母牛分娩月份之影響。

表 6. 母牛分娩月份對其母仔牛出生體重之影響

Table 6. The effect of dam birth month on the change of calf birth weight

Month of calving	N	Female calf birth weight (kg)	P
June	3	31.7	0.578
August	3	34.8	
September	3	35.9	
October	7	34.9	
November	4	37.0	
December	1	42.0	

早期許多仔牛營養之相關研究著重於如何利用原料替代配方乳粉中之乳蛋白質，包括血粉及肉骨粉等，但隨著乳粉產製技術的進步，以乾燥的奶粉作為仔牛替代配方是普遍被認為對仔牛較佳的 (Kertz *et al.*, 2017)。根據研究報告指出，為確保仔牛日增重，每日給與之乳量應佔其體重之 $8 - 10\%$ 以上，約為每日給飼兩次，每次約 $8 - 12\text{ L}$ (de Passillé *et al.*, 2011)，以活體重作為計算基礎值時，維持淨能約為 0.086 Mcal/kg 0.75 (NRC, 2001)。仔牛對於教槽料的攝取量，自三週齡開始才逐漸增加，但教槽料的攝取量會受到代乳給與量多寡而影響，高量的代乳給與量會增加仔牛生長但卻會減少教槽料的攝取量 (Sweeney *et al.*, 2010)。本試驗以 8 L 作為代乳給與量結果顯示，自仔牛出生後 $0 - 5$ 週齡間其血液中葡萄糖濃度分別為 93.3 、 166.7 、 116.3 、 88.5 、 90.3 及 103.6 mg/dL ； β - 羥丁酸濃度分別為 0.05 、 0.05 、 0.02 、 0.03 、 0.08 及 0.03 mmol/L ；GOT 活性分別為 41.8 、 40.7 、 38.8 、 43.2 、 48.8 及 50.7 U/L ；GPT 活性分別為 11 、 18 、 13 、 11 、 10 及 14 U/L ；TG 濃度分別為 14 、 27 、 22 、 8 、 12 及 17 mg/dL ；BUN 濃度分別為 4.75 、 3.68 、 7.75 、 7.60 、 7.85 及 9.16 mg/dL (表 7)。除血液中葡萄糖與尿素氮濃度在週齡間有顯著差異外， β - 羥丁酸、GOT、GPT、TG 等皆無顯著差異。第一週齡仔牛血液中葡萄糖濃度顯著高於其他週齡且有顯著差異 ($P < 0.05$)，母牛分娩後第一次擠乳時之初乳其全脂固形物含量約 23.9% 、無脂固形物含量約 16.7% 、蛋白質含量約 14% 、脂肪含量約 6.7% 及乳糖含量約 2.7% (宋, 2006)，此可說明仔牛在出生後之一週內自初乳獲得之營養符合需求，同時平均體重也自 37 kg 增加至 44 kg 。仔牛離乳前，血液中之葡萄糖、游離脂肪酸與尿素氮濃度變化可作為其瘤胃發育之指標 (Khan *et al.*, 2007)。本試驗仔牛離乳方式為於其 60 日齡開始，每日減少 10% 之代乳給與量，至 70 日齡時其代乳給與量至

0L 即完成離乳，不同週齡仔牛血液中尿素氮濃度的試驗結果顯示，仔牛血液中之尿素氮濃度會隨著週齡的增加而有上升趨勢，除第一週外，並無顯著差異 ($P > 0.05$)，可說明本試驗之仔牛對教槽料的適應可能自第 3 週齡起逐漸增加。

β - 羥丁酸為當能量供應為負平衡時，分解體組成所產生之代謝產物，根據 Quigley *et al.* (1991) 研究報告指出，當仔牛面臨離乳時飼糧轉換產生之離乳緊迫時，其血液中之 β - 羥丁酸會顯著上升 ($P < 0.05$)，且愈早期離乳緊迫愈大。本試驗之 β - 羥丁酸在各週齡間無顯著差異，且變化不大，可能因本試驗之採樣期間為離乳前，尚無離乳緊迫有關。GPT 之活性以肝臟中最高，腎臟及肌肉次之，當動物罹患疾病時血液中之 GPT 活性會增加，但不同動物間差異大。GOT 及 GPT 活性在仔牛出生六日齡內，會隨著日齡增加而上升 (Kurz *et al.*, 1991)。根據王 (2011) 年針對 0 – 8 週齡仔牛之體重與血液參數之研究指出，GOT 活性自第 1 週齡為 26.9 U/L 增加至第 6 週齡為 57.38 U/L；GPT 活性在第 1 週齡至第 6 週齡則介於 6.13 – 13.13 U/L 間，此與本試驗結果之數值相近且隨著週齡有逐漸上升的趨勢存在。Khan *et al.* (2007) 指出，給與仔牛兩倍初乳的量時，其血液中 TG 的濃度會顯著上升 ($P < 0.05$)。本試驗結果 TG 的濃度在各週齡間雖無顯著差異，但在初乳階段 1 週齡時母仔牛血液中 TG 的濃度高於其他週齡，可能與初乳營養成分較高的原因有關。

在仔牛不同週齡體重變化的部分結果顯示，仔牛體重會隨著週齡增加而上升，可由 0 週齡之平均體重 37 kg 上升至 5 週齡之 69 kg，且週齡間體重間有顯著差異 ($P < 0.05$)。但若將各週齡間平均體重進行日增重換算時 (表 8)，可發現不同週齡間日增重分別為 1 (0 – 1 週齡間)、0.43 (1 – 2 週齡間)、0.86 (2 – 3 週齡間)、1.29 (3 – 4 週齡間) 及 1 (4 – 5 週齡間) kg/day，根據 NRC (2001) 研究報告指出，仔牛平均日增重至少需為 0.75 kg/day，才表示其飼養管理為適當。本研究除 1 – 2 週齡間仔牛日增重低於 0.75 kg/day，其餘週齡間日增重都符合推薦標準，而 1 – 2 週齡間日增重偏低為飼養管理作業的關係，仔牛由新生仔牛舍移至仔牛舍，且由初乳轉為以代乳為營養來源。環境及營養來源同時轉換對仔牛造成不小之緊迫，而影響當週之日增重表現。

表 7. 試驗期間仔牛之血液參數值平均值

Table 7. The mean blood parameters of calves during the experimental periods

Items	Calf age (week)						SEM	P
	0	1	2	3	4	5		
Glucose (mg/dL)	93.3 ^a	166.7 ^b	116.3 ^a	88.5 ^a	90.3 ^a	103.6 ^a	32.9	0.03
β -Ketone (mmol/L)	0.05	0.05	0.02	0.03	0.08	0.03	0.06	0.87
GOT (U/L)	41.8	40.7	38.8	43.2	48.8	50.7	17.6	0.93
GPT (U/L)	11	18	13	11	10	14	9.03	0.81
TG (mg/dL)	14	27	22	8	11	17	12.8	0.39
BUN (mg/dL)	4.75 ^a	3.68 ^a	7.75 ^b	7.60 ^b	7.85 ^b	9.16 ^b	1.70	0.003
BW (kg)	37 ^a	44 ^a	47 ^a	53 ^{ab}	62 ^b	69 ^b	6.81	0.001

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

GOT: glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase, TG: triglyceride, BUN: blood urea, BW: body weight.

表 8. 試驗期間仔牛之週齡日增重平均值

Table 8. The weekly average daily gain of calves during the experimental periods

Week period	0 – 1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	4 – 5
ADG ¹ (kg/day)	1	0.43	0.86	1.29	1

¹ ADG: average daily gain.

結 論

初乳數位折射計可作為乳牛飼養現場評估初乳中 IgG 濃度的方法之一，第一至第四胎次母牛在其分娩後第一至第三次擠乳之平均初乳品質間並無顯著差異，而不論母牛分娩胎次為何，其於分娩後第一次擠乳之初乳品質最佳，

因此愈早給與仔牛初乳其獲得被動免疫的效果會愈好。第一至第四胎次分娩母牛之母仔牛平均出生體重間無顯著差異，但經產母牛之母仔牛平均出生體重較初產牛重，且仔牛體重會隨著週齡的增加而上升，0 – 5 週齡間之血液葡萄糖、尿素氮濃度具有差異，至於在 β - 羥丁酸、GOT、GPT 及 TG 等表現則無。

誌 謝

試驗期間感謝畜產試驗所新竹分所李聖隆先生等擠乳作業同仁協助初乳樣品收集，宋春蓮及邱怡萍小姐協助初乳樣品分析及資料整理。

參考文獻

- 王傑典。2011。荷蘭犢牛自出生至 8 週齡期間之體重與血液參數變化。國立中興大學動物科學系碩士學位論文，臺中市。
- 宋永義。2006。新編乳牛學。華香園出版社，臺北市。pp. 391-432。
- 張俊達、蕭宗法、李春芳、楊德威、歐修汶、謝昭賢。2014。泌乳階段與產次對荷蘭種泌乳牛牛乳成分之影響。畜產研究 47：161-168。
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, VA. USA.
- Beam, A. L., J. E. Lombard, C. A. Kopral, L. P. Garber, A. L. Winter, J. A. Hicks and J. L. Schalter. 2009. Prevalence of failure of passive transfer of immunity in newborn heifer calves and associated management practices on US dairy operations. J. Dairy Sci. 92: 3973-3980.
- Bielmann, V., J. Gillan, N. R. Perkins, A. L. Skidmore, S. Godden and K. E. Leslie. 2010. An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. J. Dairy Sci. 93: 3713-3721.
- Buczinski, S., and J. M. Vandeweerd. 2016. Diagnostic accuracy of refractometry for assessing bovine colostrum quality: A systematic review and meta-analysis. J. Dairy Sci. 99: 7381-7394.
- DeNise, S. K., J. D. Robison, G. H. Scott and D. V. Armstrong. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. J. Dairy Sci. 72:552-554.
- de Passillé A. M., T. F. Borderas and J. Rushen. 2011. Weaning age of calves fed a high milk allowance by automated feeders: Effects on feed, water and energy intake, behavioral signs of hunger, and weight gains. J. Dairy Sci. 94: 1401-1408.
- Dhakai, K., C. Maltecca, J. P. Cassady, G. Baloch, C. M. Williams and S. P. Washburn. 2013. Calf birth weight, gestation length, calving ease, and neonatal calf mortality in Holstein, Jersey, and crossbred cows in a pasture system. J. Dairy Sci. 96: 690-698.
- Fleener, W. A. and G. H. Stott. 1981. Single radial immunodiffusion analysis for quantitation of colostrum immunoglobulin concentration. J. Dairy Sci. 64: 740-747.
- Faber, S. N., N. E. Faber, T. C. McCauley and R. L. Ax. 2005. Effects of colostrum ingestion on lactational performance. Prof. Anim. Sci. 21: 420-425.
- Gene H. D., C. Dave and D. Rex. 1999. Climate Affects Calf Birth Weights and Calving Difficulty. Nebraska Beef Cattle Reports 400. University of Nebraska.
- Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 24: 19-39.
- Kurz, M. M. and L. B. Willett. 1991. Carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. J. Dairy Sci. 74: 2109-2118.
- Khan, M. A., H. J. Lee, W. S. Lee, H. S. Kim, S. B. Kim, K. S. Ki, J. K. Ha, H. G. Lee and Y. J. Choi. 2007. Pre- and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. J. Dairy Sci. 90: 876-885.
- Kertz, A. F., T. M. Hill, J. D. Quigley III, A. J. Heinrichs, J. G. Linn and J. K. Drackley. 2017. A 100-Year Review: Calf nutrition and management. J. Dairy Sci. 100: 10151-10172.

- Morrill, K. M., E. Conrad, A. Lago, J. Campbell, J. D. Quigley and H. Tyler. 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J. Dairy Sci.* 95: 3997-4005.
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academies Press, Washington, DC. USA. 5: 43-85.
- Quigley, J. D., L. A. Caldwell., G. D. Sinks and R. N. Heitmann. 1991. Changes in blood glucose, non-esterified, fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves. *J. Dairy Sci.* 74: 250-257.
- Quigley, J. D., A. Lago, C. Chapman, P. Erickson and J. Polo. 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J. Dairy Sci.* 96: 1148-1155.
- Silva-del-Río, N., D. Rolle, A. García-Muñoz, S. Rodríguez-Jiménez, A. Valdecabres, A. Lago and P. Pandey. 2017. Colostrum immunoglobulin G concentration of multiparous Jersey cows at first and second milking is associated with parity, colostrum yield, and time of first milking, and can be estimated with Brix refractometry. *J. Dairy Sci.* 100: 5774-5781.
- Raboisson, D., P. Trillat and C. Cahuzac. 2016. Failure of passive immune transfer in calves: A meta-analysis on the consequences and assessment of the economic impact. *PLoS One* 11:e0150452 <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150452>.
- SAS. 2002. *SAS User's guide: Basics*, 2002 edition. SAS institute Inc., Cary, NC.
- Sweeney, B. C., J. Rushen, D. M. Weary and A. M. de Passillé. 2010. Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk. *J. Dairy Sci.* 93: 148-152.
- van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccherides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

The study on the colostrum quality at different parities of Holstein cows and the weekly change of body weight and blood parameters of the calf⁽¹⁾

Szu-Han Wang⁽²⁾⁽⁴⁾ Chun-Ta Chang⁽³⁾ and Jenwen Shiau⁽²⁾

Received: May 27, 2019; Accepted: Jul. 3, 2019

Abstract

The purpose of this study was to investigate the colostrum quality at different parities of cow's lactation and the calves' birth weight and blood parameters. There was no difference on the colostrum quality between the first to third milking time and the number of cow's parity. The Brix value of colostrum from the first to fourth parities were 18, 17, 14 and 19% respectively. Regardless of the number of lactation, colostrum quality at the first milking was the best, and significantly ($P < 0.05$) higher than the second and third milking. The average birth weight of calves from the first to the fourth lactation was 33.3, 33.7, 40.9 and 38.2 kg, respectively. The calves of the first lactation cow have the lowest birth weight. While the month of calving had no effect on the birth weight of the calves. Blood glucose and urea nitrogen concentration were affected ($P < 0.05$) by calf's age. No effect on blood ketone and TG concentration, GOT and GPT. In conclusion, the colostrum quality at the first milking at the dam is higher than other milking. The birth weight of calves from multiparous cows were heavier than these from primiparous cow. There was difference on the blood glucose and urea nitrogen concentration among the age of calves, but not for blood ketone, GOT, GPT, TG, etc.

Key words: Colostrum quality, Lactating cow, Blood parameters.

(1) Contribution No. 2616 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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

不同調製方式國產苜蓿之山羊適口性比較⁽¹⁾

王紓愍⁽²⁾⁽³⁾ 劉信宏⁽²⁾ 游翠鳳⁽²⁾ 陳嘉昇⁽²⁾

收件日期：108 年 6 月 3 日；接受日期：108 年 7 月 15 日

摘 要

本研究以 3 批偏好試驗探討不同調製方式對國產苜蓿適口性的影響，主要目的為評估中型膠膜捆包對國產苜蓿保存的適用性，並提供適當的調製操作條件。適口性試驗以 4 頭墾丁山羊母羊於個別飼養欄進行，每次進行 4 種飼糧的比較。試驗 1 探討上、下午二種含水率與菌劑接種與否 4 處理之中型苜蓿膠膜包（直徑 90 cm × 高度 90 cm 的圓形膠膜包）青貯 2 個月的適口性差異，結果顯示不論菌劑接種與否，上午高含水率組的青貯發酵均不佳，同時其適口性也顯著較差，適口性試驗反應與膠膜包的青貯發酵品質反應一致。試驗 2 以試驗 1 中接種處理的材料比較苜蓿半乾青貯與乾燥半乾青貯的適口性差異，結果半乾青貯表現明顯優於乾燥半乾青貯。試驗 3 則以國產寵物級苜蓿乾草、經倉貯 2 個月的同等級乾草、接種 - 下午處理之苜蓿半乾青貯及進口苜蓿半乾青貯進行比較，結果僅在 3 小時採食量上，寵物級乾草的表現顯著高於進口半乾青貯，其餘處理間差異不顯著。本研究顯示，萎凋至適當含水率的中型半乾青貯膠膜包是調製國產苜蓿應用時的可用選擇。

關鍵詞：苜蓿、青貯、適口性。

緒 言

苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 英文名為 alfalfa 或 lucerne，原產近東的豆科植物，為人類馴化利用的歷史極早，且是目前全球非常重要的商業牧草之一，並有「芻料之后」的美名。在溫帶地區苜蓿的栽培利用極普遍，一般種植後可以持續 3－5 年，視地區環境條件與管理而異。由於苜蓿對溫度的適應性可以由零下至 50℃，主根系可以深入土下數公尺，建立後對乾旱具有極佳耐性，但對酸性土壤、淹水的耐受性較差。國內亦早於十餘年前即已引進種植，並曾於中、北部地區試驗推廣，惟因多重時空因素，無法持續發展（蕭等，2003），其中栽培利用的方式無法與國內慣行的牧草生產調製體系配合，是影響其發展的因素之一。另臺灣夏季多雨，容易發生湛水情況，可能影響苜蓿根系健康與生產持續性（林等，2007）。

雖然苜蓿尚未成為主要的國產牧草，但近年多位研究人員以有機芻料生產、調和耕作土壤環境與增加芻料營養濃度等觀點再度提出苜蓿在國產牧草發展之可行性，包括陳等（2011）及梁等（2016）均以間植豆科改善國產芻料品質的作法，嘗試突破生產現況創造區隔性產品，苜蓿乾草年進口量超過 5 萬噸，國產苜蓿的栽培短期內雖然不容易發揮對進口苜蓿的替代效果，但推動國產苜蓿之栽培利用仍對國內芻料產業與小規模之草食動物產業發展上具重要意義，一方面苜蓿可以改善國內多年生牧草地的土壤肥力與牧草品質，另一方面可以逐漸充實國內缺乏的豆科牧草質量，持續推動未來將可實質發揮其效力。此外，近年寵物牧草市場日漸活絡，已有農民投入本土苜蓿寵物草之生產，並在畜試所的輔導下發展為獨特的利基產品。

由於苜蓿可以同時滿足草食動物對蛋白質與纖維的需求，一直是酪農業利用的主要牧草之一，難以取代。國際上，苜蓿乾草或苜蓿塊是主要的商品調製方式，但臺灣的氣候條件經常無法提供具有足夠調製優質乾草的晴天時間，因此以半乾青貯取代乾燥是方法之一，然而苜蓿為豆科牧草，先天上具有較高的植體緩衝能力 (buffer capacity)，青貯調製成功的門檻也較高。畜試所恆春分所進行了多種調製條件與菌劑篩選研究（游等，2012），已成功篩選出改善苜蓿青貯發酵之菌株，其中部分菌株已技轉並開發為商品，除菌株之外，苜蓿與苜蓿混植材料之青貯影響研究亦已進行（王等，2017；陳等，2017），王等（2018）的研究顯示，接種不同菌株會影響苜蓿半乾青貯的羊

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2617 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

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

隻適口性，同時苜蓿半乾青貯顯著優於盤固半乾青貯與進口百慕達乾草(王等，2018)。本研究繼續以山羊偏好試驗，探究以中型膠膜機進行不同調製條件對苜蓿半乾青貯的適口性影響，提供國內苜蓿調製利用參考。

材料與方法

I. 材料

- (I) 苜蓿半乾青貯：苜蓿來自畜試所恆春分所田區，於 106 年 3 月 21 日上午收穫，全區材料刈割後，田區一半的材料立即以中型膠膜機 (Agronic MidiVario 85-100) 進行捆包及覆膜，捆包為直徑 90 cm、高 90 cm，重量約 200 kg 的圓草包，捆包後立即覆膜，膠膜層數為 4 層，分為二種處理：對照 (噴水) 及接種 (噴商業菌劑，*Lactobacillus plantarum* 及 *Lactobacillus casei*，恆春分所技轉，接種量 2×10^8 cfu/kg forage)，調製操作依對照、接種順序進行。另一半材料置田間萎凋至下午，同樣進行對照及接種處理，進行方式如前述。苜蓿膠膜包運回草庫青貯 2 個月後開封，樣品混合後取樣測定牧草品質及青貯品質。各處理取樣 50 kg 密封於塑膠袋中，保存於冷藏庫供後續適口性試驗。
- (II) 乾燥苜蓿半乾青貯料：取前述接種—上午與接種—下午處理各 20 kg，置烘箱以 60℃ 烘至含水率 15% 以下。
- (III) 進口苜蓿半乾青貯：紐西蘭進口苜蓿半乾青貯料 (商品名為 FiberStart®)，每袋 25 kg。
- (IV) 寵物級苜蓿乾草：畜試所恆春分所自行生產的寵物級苜蓿乾草，生育期約 50 天，以節能乾燥設施人工乾燥至含水率 12% 以下。

II. 適口性試驗

- (I) 試驗動物：自恆春分所墾丁山羊族群中挑選體型接近之母羊 4 頭，起始體重分別為：55、50、60 及 56 kg。羊隻飼養於 $1.5 \times 3 \text{ m}^2$ 的個別飼養欄，每一欄均備有飲水頭與鹽磚，可任羊隻自由取用。
- (II) 適口性試驗：下述試驗 1、2、3 依序進行，每個個別飼養欄之長條飼料槽上放置 4 個直徑 30 cm、深 20 cm 圓形飼槽，飼槽內分別放置定量之下述草料處理。圓形飼槽位置每日輪替放置，避免位置效應之影響。每日 13：30 開始餵飼試驗，紀錄前 20 分鐘之每分鐘採食標的 (以每分鐘內主要採食之處理作為記錄標的，1 分鐘記錄 1 次，此為前期採食次數)，及 0.5、1、1.5、2 及 3 小時之採食量。16：30 記錄結束後移除圓形飼槽，施予 250 g 精料與盤固乾草任食，以補足每日所需之採食量。翌日上午 9：00 清空飼料槽，13：30 再開始餵飼試驗。
- (III) 試驗 1：上、下午及不接種 (對照)、接種的適口性比較：4 種飼糧分別為對照—上午、接種—上午、對照—下午與接種—下午，苜蓿半乾青貯每槽 533 g (上午) 或 348 g (下午)。試驗共進行 7 天，前 3 日為適應期，後 4 日為試驗期。
- (IV) 試驗 2：半乾青貯與乾燥半乾青貯的比較：4 種飼糧分別為接種—上午 (533 g/槽/日)、接種—下午 (348 g/槽/日)、接種—上午—乾燥 (160 g/槽/日) 與接種—下午—乾燥 (160 g/槽/日)。試驗共進行 7 天，前 3 日為適應期，後 4 日為試驗期。
- (V) 試驗 3：優質苜蓿乾草與半乾青貯的比較：4 種飼糧分別為寵物級苜蓿乾草、貨櫃倉儲 2 個月的寵物級苜蓿乾草、接種-下午處理的苜蓿半乾青貯及進口苜蓿半乾青貯，苜蓿乾草每槽 130 g，苜蓿半乾青貯每槽 250 g。試驗共進行 7 天，前 3 日為適應期，後 4 日為試驗期。

III. 牧草品質分析

- (I) 試驗材料組成分析：前述各試驗材料於試驗前各自取樣，於 80℃ 烘乾後磨粉，粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量依照 AOAC (1984) 之方法測定；酸洗纖維 (acid-detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral-detergent fiber, NDF) 則依照 van Soest *et al.* (1991) 方法以濾袋法測定 (Ankom 200)，每一樣品重複 2 次。本試驗所有材料之營養組成如表 1。
- (II) 半乾青貯品質分析：pH 酸鹼值為 20 克新鮮青貯料加蒸餾水 180 ml，打碎過濾後以酸鹼度計測定之值。乳酸、丁酸、丙酸及乙酸之測定以氣體層析儀依 Jones and Kay (1976) 的方法進行，將前述青貯萃取液經過陽離子管柱，洗出液以 0.05 N tetrabutyl ammonium hydroxide (TBAH) 滴定至 pH 為 8，70℃ 下烘乾，加入定量丙酮溶解，並依 TBAH 滴定量，加入適量 benzyl bromide 與揮發性脂肪酸反應，樣品製備完成，再以氣相層析儀 (Shimadzu, GC-2014) 分析含量。依青貯料中乳酸、丁酸及乙酸當量分別占測定乙酸、丙酸、丁酸與乳酸四者總當量之百分比進行評分，再將 3 項總加所得即為青貯品質評分 (Fleig's score)，評分 40 以下表示青貯失敗、40—60 分為可接受、60—80 分為好的青貯、80 分以上為發酵優良的青貯。

IV. 統計分析：4 日試驗結果以 SAS 軟體 (2002) 之 GLM procedure 進行變方分析，主效應為草料、羊隻及日期，各

主效應均為固定型，以鄧肯氏法 (Duncan's test) 測驗處理間的差異顯著性。

表 1. 本試驗所使用之苜蓿半乾青貯、苜蓿乾草的營養組成

Table 1. The nutrients composition of alfalfa haylages, alfalfa hay used in this study

Materials*	Dry matter content	Crude protein	Neutral detergent fiber	Acid detergent fiber
Haylage	%	----- % dry base -----		
Control-am	23.0	25.1	36.5	26.4
Inoculation-am	28.1	27.1	35.4	24.6
Control-pm	41.6	26.5	36.7	26.6
Inoculation-pm	44.2	26.2	35.7	25.7
Imported	45.0	17.3	43.7	41.3
Hay				
Pet's level	87.6	25.9	31.0	22.0
Stored	85.6	25.1	32.7	23.7

* Control-am, no inoculation haylage processed directly in the morning; Inoculation-am, haylage inoculated with a commercial inoculant (*L. plantarum* and *L. casei*) processed directly in the morning; Control-pm, no inoculation haylage processed in the afternoon after wilting; Inoculation-pm, haylage inoculated with a commercial inoculant processed in the afternoon after wilting; Imported, FiberStart® from New Zealand. Pet's level, high quality alfalfa hay produced for pets; Stored, pet's level hay stored in container for 2 months.

結果與討論

本研究的主要目的為評估中型膠膜捆包對國產苜蓿保存的適用性並提供適當的調製操作條件。研究中共進行 3 批山羊偏好試驗。試驗 1 為 4 種不同調製條件中型膠膜包青貯 2 個月後的比較。4 種調製條件為：對照—上午、接種—上午、對照—下午及接種—下午，4 種材料的營養組成見表 1，青貯發酵品質如表 2。青貯 2 個月後 4 種處理的 pH 值分別為 5.4、5.5、4.9 及 4.8；乳酸含量為 3.1、1.4、3.8 及 3.8%；乙酸含量為 3.2、1.9、1.7 及 1.5%；丁酸含量為 1.39、2.26、0.05 及 0.12%；上午調製之乾物率對照及接種處理分別為 23.0 及 28.1% (表 2)，均低於良好苜蓿青貯所需之乾物率條件 (Collins, 1997; Muck, 2011)，並有明顯的丁酸發酵現象，下午調製之乾物率介於 41.6—44.2% 間，二處理均發酵良好，顯示水分含量為影響苜蓿發酵品質的重要因子。本次試驗接種處理沒有顯著促進乳酸發酵的效果。適口性試驗結果與發酵品質趨勢一致，前期採食次數與採食量均以對照—下午處理的表現最佳，其 5 分鐘內的採食次數達 3.8 次，0.5 小時採食量為 120.1 g，1 小時採食量為 129.5 g，3 小時採食量為 139.8 g；表現最差者為對照—上午處理，其前 10 分鐘的採食次數為 0，3 小時採食量為 19.6 g，顯示山羊對此一處理極不喜好；接種—下午處理略次於對照—下午處理，其 1 小時採食量為 99.6 g，與對照—下午處理差異顯著，但 3 小時採食量 124.4 g 則差異不顯著。接種—上午處理的表現明顯較前二處理差，但優於對照—上午處理 (表 3)。

表 2. 本試驗中各種苜蓿半乾青貯的發酵品質

Table 2. The fermentation quality of alfalfa haylage used in this study

Haylage*	Dry matter content	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid	pH	Fleig's score
	----- % -----						
Control-am	23.0 ^b	3.20 ^a	0.32 ^a	1.39 ^a	3.09 ^b	5.41 ^a	41 ^c
Inoculation-am	28.1 ^b	1.89 ^b	0.20 ^a	2.26 ^a	1.38 ^c	5.50 ^a	22 ^c
Control-pm	41.6 ^a	1.74 ^b	0.02 ^b	0.05 ^b	3.76 ^b	4.89 ^b	77 ^b
Inoculation-pm	44.2 ^a	1.49 ^b	0.03 ^b	0.12 ^b	3.83 ^b	4.83 ^b	78 ^b
Imported	42.4 ^a	1.68 ^b	0.00 ^c	0.01 ^c	6.89 ^a	4.03 ^c	100 ^a

* The same as table 1.

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

表 3. 不同調製苜蓿半乾青貯的前期採食次數及採食量 (試驗 1)

Table 3. Bouts and dry matter intake of alfalfa haylage in experiment 1.

Haylage*	Bouts		Dry matter intake (g/goat)		
	1 – 5 min	6 – 10 min	0.5 hr	1 hr	3 hr
Control-am	0.0 ^b	0.0 ^b	1.5 ^d	2.6 ^c	19.6 ^c
Inoculation-am	0.3 ^b	0.3 ^b	26.4 ^c	36.3 ^c	53.6 ^b
Control-pm	3.8 ^a	2.3 ^a	120.1 ^a	129.5 ^a	139.8 ^a
Inoculation-pm	0.8 ^b	1.8 ^a	87.1 ^b	99.6 ^b	124.4 ^a

* The same as table 1.

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

試驗 2 則以試驗 1 中的接種處理為材料，比較半乾青貯與乾燥半乾青貯的適口性差異，各材料的營養組成與青貯發酵表現見表 1、表 2。結果顯示接種—上午—青貯、接種—下午—青貯、接種—上午—乾燥及接種—下午—乾燥處理的前 5 分鐘採食次數分別為 0.8、3.3、0 及 0.9 次；0.5 小時採食量分別為 57.5、124.4、30.2 及 76.2 g，此後維持此一趨勢至 3 小時 (表 4)。

表 4. 苜蓿半乾青貯與乾燥半乾青貯的前期採食次數及採食量 (試驗 2)

Table 4. Bouts and dry matter intake of alfalfa haylage and dried alfalfa haylage in experiment 2

Forage	Bouts		Dry matter intake (g/goat)		
	1 – 5 min	6 – 10 min	0.5 hr	1 hr	3 hr
Haylage*					
Inoculation-am	0.8 ^{bc}	0.8 ^b	57.5 ^b	74.4 ^b	109.8 ^b
Inoculation-pm	3.3 ^a	2.2 ^a	124.4 ^a	135.4 ^a	149.6 ^a
Dried haylage					
Inoculation-am	0.0 ^c	0.3 ^b	30.2 ^c	45.3 ^c	61.7 ^c
Inoculation-pm	0.9 ^b	0.2 ^b	76.2 ^b	81.0 ^b	92.3 ^b

* The same as table 1.

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

試驗 3 則是進行前述接種—下午處理之苜蓿半乾青貯與優質苜蓿乾草與進口苜蓿半乾青貯間的適口性差異，優質苜蓿乾草選用恆春分所自產之寵物級商品，該產品之乾燥是以人工節能乾燥設施進行，乾燥時間短，且葉 / 莖比高，色澤鮮綠，其一為新生產之產品，另一為經 2 個月貨櫃倉貯的產品。試驗結果在前期採食次數、0.5 小時與 1 小時採食量上均無顯著差異，僅在 3 小時採食量上以新鮮寵物級苜蓿乾草的 115.1 g 表現最佳，其次為接種—下午處理半乾青貯的 94.8 g 及倉貯乾草的 91.6 g，但與寵物級乾草差異不顯著，而進口半乾青貯的 81.1 g 顯著低於寵物級苜蓿乾草 (表 5)。進口苜蓿半乾青貯原本生產的目的為提供優質教槽料，以刺激促進高產乳牛等高價草食動物的瘤胃發育，其青貯發酵品質確實明顯較本試驗中的半乾青貯佳 (表 2)，然而牧草組成分析上則未見優勢 (表 1)，可能與其青貯時間較長有關 (開封時青貯已至少 7 個月以上)。本試驗結果顯示國產苜蓿乾草與半乾青貯的適口性與國外號稱頂級品質的產品相似，表示國內已具備優質苜蓿的調製技術。

乾燥與青貯是牧草保存的兩個主要方法，各有優缺點，應用時宜考慮現實的環境條件，選擇優點容易顯現而缺點較少者才能發揮效益。對國產苜蓿的調製保存而言，中型膠膜捆包的半乾青貯模式應是較適合目前一般應用等級的調製方式，其作業速度快，由收穫至調製可以兩天之內完成，降低苜蓿在田間遇雨的風險，減少乾燥打包時的落葉損失。同時草捆重量在 200 kg 上下，適合國內的羊、鹿場應用。

由本試驗結果，南臺灣、晴天下，半天的萎凋即足以達到適宜製作苜蓿半乾青貯的水分含量 (58%)，且青貯品質極佳。對於水溶性碳水化合物含量不高的材料而言，快速萎凋對於青貯品質有顯著的助益。Kung *et al.* (2010) 表示利用寬行攤曬減少材料達到目標水分含量時間，有助於生產較佳的苜蓿青貯，王等 (2017) 的研究也顯示較短的萎凋時間對盤固草 / 苜蓿混植草青貯品質較佳。

對苜蓿而言，多數的試驗均顯示接種乳酸菌具有明顯改善發酵品質的效果 (Kung *et al.*, 2003; Filya *et al.*, 2007; Muck, 2011; 游等, 2012; 王等, 2019), Oliveira *et al.* (2017) 整合 131 分青貯添加劑研究報告，也表示乳酸菌接種對苜蓿等豆科芻料青貯的反應為正向。但青貯發酵過程複雜，牽涉多種因子的交互作用，因此接種的效果亦非百分之百。本試驗中接種處理沒有明顯促進乳酸發酵的效果，推測也許與收穫當時材料之自然菌相有關，Kung *et al.* (2003) 即表示苜蓿未接種前的乳酸菌數可高達 6.3×10^6 CFU/g。本次試驗在田間作業時間短，材料應在極短的時間內即已進入厭氣狀態，在水溶性碳水化合物含量不高，且表面乳酸菌數高的情形下，可能無法顯現接種乳酸菌的效果，惟確切原因尚待進一步釐清。

表 5. 優質苜蓿乾草與半乾青貯的前期採食次數與採食量比較 (試驗 3)

Table 5. Bouts and dry matter intake of high quality alfalfa hay and haylage

Forage*	Bouts		Dry matter intake (g/goat)		
	1 – 5 min	6 – 10 min	0.5 hr	1 hr	3 hr
Hay					
Pet's level	1.0	1.6	67.3	92.9	115.1 ^a
Stored	1.9	1.3	65.1	77.4	91.6 ^{ab}
Haylage					
Inoculation-pm	1.1	1.1	47.3	67.1	94.8 ^{ab}
Imported	1.1	0.9	42.4	65.3	81.1 ^b

* The same as table 1.

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

Huhtanen *et al.* (2002) 整合 47 組飼養試驗表示，青貯料發酵特性與乳牛的青貯乾物採食間有關連，其中總酸量是採食量的最佳預測因子，次為乳酸。Manyawu *et al.* (2003) 的試驗同樣表示綿羊對狼尾草青貯之採食與發酵品質間有關連。Gerlach *et al.* (2014) 推測青貯料的適口性結果變動性大，應與其青貯品質優劣有關。本試驗同樣顯現苜蓿半乾青貯品質與山羊的採食意願有明顯相關。另試驗 2 的結果乾燥半乾青貯適口性明顯低於半乾青貯，則是再次顯示青貯的發酵產物或氣味可能對山羊確有吸引力 (陳等, 2018)。馬匹亦有類似的現象 (Müller and Udén, 2007)。動物適口性的評量是綜合動物的感官與採食意願，影響因子複雜，觸覺、嗅覺、味覺、外觀以及採食後的反應都可能影響動物飼糧的適口性 (Greenhalgh and Reid, 1971; Baumont, 1996)。Colombari *et al.* (2001) 的試驗發現乳牛對乾物 55% 苜蓿青貯的採食量較對乾物 35% 者高，但未影響乳量與後續之起司生產，Kung *et al.* (2003) 以青貯 10 個月的苜蓿大香腸調製 TMR (苜蓿青貯占 32%) 進行乳牛試驗，則發現對照組與接種組採食量相同，但接種組乳量提高 0.8 kg。目前本試驗雖尚無法了解苜蓿青貯品質與山羊採食的後續影響，但結果可以提供國產苜蓿調製參考。

參考文獻

- 王紓愍、游翠鳳、劉信宏、陳嘉昇。2017。接種與萎凋對盤固草 / 苜蓿混植草青貯發酵的影響。畜產研究 50：134-139。
- 王紓愍、陳嘉昇、游翠鳳。2018。接種菌株對苜蓿半乾青貯適口性的影響。畜產研究 51：286-292。
- 林正斌、楊翎翎、劉景平。2007。淹水對苜蓿產量、品質及根部組織之影響。畜產研究 40：193-202。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2011。低肥料投入的有機芻料生產研究—指草屬 (*Digitaria*) 牧草與苜蓿 (*Medicago sativa*) 混植。畜產研究 44：37-50。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳。2017。多年生禾豆混植草青貯發酵探討。畜產研究 50：52-61。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳。2018。牧草適口性探討：I. 山羊對添加糖、有機酸、水溶性碳水化合物變動與青貯發酵之反應。畜產研究 51：185-192。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、李璟好。2019。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。中畜會誌 47：197-207。
- 梁世祥、朱明宏、蕭振文。2016 臺灣北部地區盤固草地冬季混植禾豆類牧草增產之分析。畜產研究 49：285-289。
- 游翠鳳、王紓愍、劉信宏、陳嘉昇。2012。青貯菌劑的篩選及對苜蓿半乾青貯品質的影響。畜產研究 45：209-

216。

蕭素碧、林正斌、許進德。2003。臺灣引進豆科牧草產量與品質之評估。畜產研究 36：45-52。

A. O. A. C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14 ed. Washington DC. USA. pp. 125-142.

Baumont, R. 1996. Palatability and feeding behaviour in ruminants. A review. Ann. Zootech. 45: 385-400.

Collins, M. 1997. Do's and don'ts of alfalfa round baled silage. In 17th Annual Kentucky alfalfa conference.

Colombari, G., G. Borreani and G. M. Crovetto. 2001. Effect of ensiling alfalfa at low and high dry matter on production of milk used to make grana cheese. J. Dairy Sci. 84: 2494-2502.

Filya, I., R. E. Muck and F. E. Contreras-Govea. 2007. Inoculant effects on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value. J. Dairy Sci. 90: 5108-5114.

Greenhalgh, J. F. D. and G. W. Reid. 1971. Relative palatability to sheep of straw, hay and dried grass. Brit. J. Nutr. 26: 107-116.

Khalifa, E. I., M. E. Ahmed, Y. H. Hafez, O. A. El-Zolaky, K. M. Bahera and A. A. Abido. 2013. Age at puberty and fertility of Rahmani sheep fed on biological inoculated corn silage. Ann. Agri. Sci. 58: 163-172.

Kung, L., Jr., C. C. Taylor, M. P. Lynch and J. M. Neylon. 2003. The Effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86: 336-343.

Kung, Jr., L., E. C. Stough, E. E. McDonell, R. J. Schmidt, M. W. Hofherr, L. J. Reich and C. M. Klingerman. 2010. The effect of wide swathing on wilting times and nutritive value of alfalfa haylage. J. Dairy Sci. 93: 1770-1773.

Huhtanen, P., H. Khalili, J. I. Nousiainen, M. Rinne, S. Jaakkola, T. Heikkilä and J. Nousiainen. 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. Livestock Prod. Sci. 73: 111-130.

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.

Manyawu, G. J., S. Sibanda¹, I. C. Chakoma, C. Mutisi¹ and P. Ndiweni. 2003. The intake and palatability of four different types of napier grass (*Pennisetum purpureum*) silage fed to sheep. Aust. J. Anim. Sci. 16: 823-829.

Müller, C. and P. Udén. 2007. Preference of horses for grass conserved as hay, haylage or silage. Anim. Feed Sci. Tech. 132: 66-78.

Muck, R. E. 2011. The art and science of making silage. In: Proceedings, 2011 Western Alfalfa & Forage Conference, Las Vegas, NV, USA, 11-13 December, 2011.

Oliveira, A. S., Z. G. Weinberg, I. M. Ogunade, A. A. P. Cervantes, K. G. Arriola, Y. Jiang, D. Kim, X. Li, M. C. M. Gonçalves, D. Vyas and A. T. Adesogan. 2017. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 100: 4587-4603.

SAS. 2002. SAS version 9.00. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary. N.C. USA.

van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Comparison of palatability by goat fed on domestic alfalfa processed by different conditions ⁽¹⁾

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

Received: Jun. 3, 2019; Accepted: Jul. 15, 2019

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the applicability of medium-size film binding bale wrapper for domestic alfalfa and the effects of processing conditions on the preference of goats. There were three batches of preference tests in this study. The preference tests were conducted by four female Kenting goats in individual pen to compare the four alfalfa forages. In the first experiment, four process conditions confined were compared: control-am (wrapped immediately after harvest in the morning, with no inoculant), inoculation-am (wrapped immediately after harvest in the morning, with inoculant), control-pm (wrapped after wilting in the afternoon, with no inoculant), inoculation-pm (wrapped after wilting in the afternoon, with inoculant). The haylage bales (with diameter 90 cm × height 90 cm) were ensiled in room temperature for two months. The results showed that the fermentation quality of haylage wrapped in the morning were poor with or without inoculation. The responses of preference test were consistent with fermentation quality of alfalfa haylage. In the second experiment, four materials for comparison were alfalfa haylage-inoculation-pm, haylage-inoculation-am, dried haylage-inoculation-pm and dried haylage-inoculation-am. The results showed that the palatability of haylage were better than dried haylage. Two pet's grade domestic alfalfa hays: fresh prepared and stored were compared with two alfalfa haylages: inoculation-pm treated domestic alfalfa and imported alfalfa haylage in the third experiment. The dry matter intake of fresh prepared pet's hay was higher than it of imported haylage on feeding 3 hours and there was no difference on both bouts and dry matter intakes among these four treatments before feeding 3 hours. The results showed that medium-size film binding bale wrapper was applicable for domestic alfalfa preparation and the moisture content of alfalfa was a key factor for determining the ensiling quality.

Key words: Alfalfa, Ensiling, Palatability.

(1) Contribution No. 2617 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

芻料高粱墾丁一號之育成⁽¹⁾

張敏郎⁽²⁾⁽⁴⁾ 廖麗貞⁽³⁾

收件日期：108 年 6 月 3 日；接受日期：108 年 7 月 17 日

摘 要

為因應氣候變遷下芻料之栽培與生產，芻料高粱 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) 墾丁一號 (*Sb* cv. KT1) 為行政院農業委員會畜產試驗所新育成芻料用高粱新品種。本品種具生育快速、早熟、抗倒伏與牧草產量高等特性，適合臺灣地區春夏季高溫多雨季節栽培，且後續宿根栽培芻料產量亦高，可調製品質優良青貯料利用。夏季多雨期間栽培芻料高粱可替代不適栽培之青割玉米，穩定供應夏季芻料，並銜接秋冬季青割玉米。本品種命名前品系代號 FSH01，為高莖型植株，白色籽實偶帶紅斑點品系，對葉斑病、銹病及玉米螟具抗性，但對紋枯病呈中度感病。芻料高粱 FSH01 品系於 2011 年從自然逢機雜交後裔族群中，依農藝性狀等外表生育特性進行優良外表型選育而得。本品系經各級比較試驗、區域試驗及地方試作後，顯示具高產、耐病蟲害、耐旱及耐湛水等優良生育特性。本品種春作牧草產量高，植株高大且抗倒伏，耐濕性強，夏作宿根產量高，極適合臺灣地區春夏秋作栽培。FSH01 品系於 107 年 11 月 2 日經品種命名審查委員會通過，命名為芻料高粱墾丁一號。

關鍵詞：芻料高粱、農藝性狀、選育、新品種。

緒 言

近年來受地球暖化及氣候變遷等不利環境因子嚴重影響農業生產，芻料作物生產也無可避免面臨這些逆境，因此，尋求低需水量、耐旱、耐湛水及耐環境逆境的優良芻料作物種類顯得更為重要 (Getachew *et al.*, 2016)。高粱屬作物具極佳耐旱特性，其生育期間之需水量僅有玉米的 30 – 50%，並可適應各種不同地區與環境栽培 (Saeed and El-Nadi, 1998; Pedersen and Rooney, 2004; Marsalis *et al.*, 2009; 2010; Vaailakoglou *et al.*, 2011; Jahanazad *et al.*, 2013)。雖然傳統上認為其消化率與乾物率較低，營養價值相對低於青割玉米，但近年來國外畜牧業發展興盛國家，針對芻料高粱品種選育已大幅改良提升其品質 (Kalton, 1988; Bean *et al.*, 2013; Getachew *et al.*, 2016)。高粱通常依用途可區分成兩大類：穀粒型與芻料型。芻料型高粱又可再細分四種類型：芻料高粱 (含雜交種)、蘇丹草、高粱—蘇丹雜交種與甜高粱。不同芻料型高粱間之農藝性狀、生育特性與營養價值均不相同 (Pedersen, 1996; Whitfield *et al.*, 2012)。作為飼料利用的芻料高粱為 C4 型禾本科作物，耐乾旱且再生能力強，於管理粗放的邊際地區亦能生長良好，現今許多畜牧業發達的國家，均已普遍利用於芻料的供應，以作為牲畜能量的主要來源 (Baharani and Deghani-Ghenateghestani, 2004; Ayub and Shoaib, 2009; Bean *et al.*, 2013)。為配合臺灣地區畜牧業發展，提供青割玉米以外能有更多不同芻料作物種類選擇，畜產試驗所於民國 78 年即著手進行芻料用高粱屬品系選育，於民國 84 年選育出蘇丹草 (*Sorghum sudanense* Stapf) 臺畜草 1 號推廣 (蕭等, 1997)。另為配合生質能源發展政策，於民國 98 年另選育出多用途的甜高粱臺畜 1 號推廣栽培 (陳等, 2017)。近年來為因應氣候變遷環境下芻料作物的栽培利用，畜產試驗所恆春分所為選育適應本土生育環境且具高產潛力的芻料新品系，進行國外優良品系引種及收集、栽培及比較，以增加多樣化芻料生產與栽培利用。芻料高粱墾丁一號新品種，無論在產量、田間性狀表現與營養價值，均優於現有推廣的高粱屬品種，並可配合青割玉米栽培，進行本土芻料周年性生產與供應，極具推廣潛力。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2618 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 國立高雄師範大學生物科技系。

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

材料與方法

I. 親本來源

於 2008 – 2009 年陸續從美國、澳洲、日本及中國大陸等國家地區引進優良芻料高粱種原 (包括美國 10 品系 (品系代號 FSU01-10)、日本 6 品系 (代號 FSJ01-06)、澳洲 12 品系 (代號 FSA01-12) 與中國大陸 15 品系 (代號 FSC01-15)) 等，栽植於畜產試驗所恆春分所試驗田區進行多向雜交 (poly cross) 與一代自然受粉 (open pollination) 後，成為遺傳歧異度高的本土芻料高粱族群。芻料高粱墾丁一號新品種即源自此混雜高粱族群，依不同生育特性選拔優良單株後經多個世代分離選拔與純化而得。新品系母本主要源自澳洲引進品系 FSA05 及其分離系統，澳洲品系植株高大且生長快速，莖桿直立但易彎曲折斷，對紋枯病及葉斑病不具抗性。

II. 分離、純化與選拔

2011 年從自然逢機雜交後裔族群試驗田區，依其植株農藝性狀如株高、分蘖性、穗型、抗病蟲性及倒伏性等外表生育特性，進行優良外表型單株選拔。2011 年春選拔出生育特性較佳的單株 100 株，於 2011 年秋及 2012 年春進行優良單株穗行種植。於穗行間選出高莖型穗行 5 行，分別進行單株套袋自交純化及收穫種子。2012 年秋及 2013 年春持續進行分離選拔，選拔出優良單株。至此，穗行內之各農藝性狀已趨一致。於穗行內選出高莖型優良單株成為 7 個系統，分別編號高莖型 FSH01 至 FSH07，進行後續新品系栽培比較試驗。

III. 各級產量比較試驗

(i) 新品系初級比較試驗

2011 – 2012 年混雜族群之分離選拔與汰除劣株，於穗行內選育 7 個優良穗行。7 個優良穗行 (初級品系)，續於 2013 年秋及 2014 年春於畜產試驗所恆春分所試驗區，進行不同期作生育環境初級品系主作與宿根比較試驗。試驗田區整地後施用基肥，並於齊膝及孕穗期施用追肥。每品系種植 3 行，行長 3 m，行株距 70 × 20 cm，3 重複，試驗採逢機完全區集設計 (Randomized Complete Block Design, RCBD)，依慣行農法栽培與管理。2013 年秋種植，於刈割收穫後續行宿根栽培；2014 年春種植，於刈割收穫後亦續行宿根栽培。生育期間調查各項農藝性狀如株高、莖徑與鮮草產量。

(ii) 高級比較試驗

綜合 2013 年秋及 2014 年春初級品系不同季節栽培試驗與 2014 年春及 2014 年夏初級品系宿根栽培試驗結果，顯示 FSH01 與 FSH02 新品系及另選育之 FSM04 與 FSM06 等有較佳生育表現與高芻料產量。因此，以 FSH01、FSM04 及 FSM06 等 3 個新品系為試驗材料，與現行推廣栽培高粱屬品種甜高粱臺畜一號與蘇丹草臺畜一號為對照品系，合計共 5 個品系進行後續高級品系栽培比較試驗。2015 年春及 2015 年秋分別於畜產試驗所恆春分所試驗田區，進行高級品系比較試驗。試驗田區整地後施用基肥，並於齊膝及孕穗期施用追肥。每品系種植 5 行，行長 3 m，行株距 70 × 20 cm，3 重複，試驗採逢機完全區集設計，依慣行農法栽培與管理。2015 年春種植，於六月下旬 (生育約 85 天) 刈割收穫；2015 年秋種植，則於十二月下旬 (生育約 90 天) 收穫。生育期間進行各農藝性狀與鮮草產量調查。

(iii) 區域試驗

以 FSH01 新品系為試驗材料，與現有推廣栽培高粱屬品種甜高粱臺畜一號與蘇丹草臺畜一號為對照品系，合計共 3 個品系，2015 年春季分別於臺南新化與屏東內埔進行新品系不同區域栽培試驗。試驗於 2015 年春種植，試驗田區經整地後施用基肥，並於 7 葉齡與孕穗期施用追肥。每品系種植 5 行，行長 3 m，行株距 70 × 20 cm，3 重複，試驗採逢機完全區集設計，依慣行農法栽培與管理。試驗於生育約 85 – 90 天刈割收穫。生育期間進行生育性狀與鮮草產量調查。

(iv) 地方試作栽培

選育之芻料高粱新品系 FSH01 於 2016 及 2017 年春季進行不同年度及地區之地方試作栽培。2016 年春分別於雲林虎尾、土庫與苗栗西湖等 3 個不同地區進行新品系地方試作栽培。試驗均於三月下旬種植，每品系栽種面積各約 0.1 公頃。試驗田區經整地後施用基肥，另分別於 7 葉齡與孕穗期施用追肥，生育期間進行中耕培土及雜草防除作業。行株距 70 × 20 cm。生育期間調查病蟲害自然發生情形與植株耐旱性，依一般慣行農法進行栽培管理。試驗於生育 85 天刈割收穫。生育期間進行農藝性狀與鮮草產量調查。

IV. 重要特性檢定

- (i) 倒伏性檢定 (lodging incidence trial): 以量角器測量新品系成熟期植株之直立狀態，區分成 (1) 直立 (0° – 25°)、(2) 半直立 (傾斜) (25° – 50°) 以及 (3) 倒伏 (50° –) (陳等，2017)。

- (ii) 病害抗性檢定 (disease resistance)：以目測法依感病葉面積除以整株葉面積之百分比估算葉斑病抗性等級 (陳等, 2017)。等級按感病程度分為極抗 (0 – 5%)、抗 (6 – 20%)、中抗 (21 – 30%)、中感 (31 – 50%)、感 (51 – 75%) 及極感 (76 – 100%)。紋枯病則依莖桿 (葉鞘) 感病徵狀高度佔全株植株高度百分比估算抗性等級 (Kasuga and Inoue, 2000)。
- (iii) 青貯品質分析：於收穫適期刈割，整株細切成 2 – 3 cm，利用真空裝填機進行小包裝青貯調製，並於兩個月後拆封測定青貯品質。分別測定 pH 值、乳酸、乙酸及丁酸含量，並計算 Flieg' score 分數，評定青貯品質。

V. 植體成分分析

- (i) 粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量分析：以 kjeldahl 法 (A.O.A.C., 1990) 測定植體全氮含量後，乘以 6.25 之百分率即得粗蛋白質含量。
- (ii) 酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量測定依照 ANKOM200 纖維分析儀進行 (Komarek *et al.*, 1996; Vogel *et al.*, 1999)，NDF 採添加 α -amylase 之方法測定 (Van Soest *et al.*, 1991)。
- (iii) 水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 測定：樣品經烘乾磨粉，以 80% 酒精於 80°C 下萃取四次，萃取液混合，至 70°C 烘箱中除去酒精，殘餘液體以蒸餾水定量，取適量萃取液以蒽酮 (anthrone) 呈色法測定其水溶性碳水化合物含量 (Morris, 1948)。
- (iv) 澱粉測定：將糖類抽出之殘渣加入 2 mL 水於試管中煮沸 3 分鐘使之糊化並冷卻，然後以過氯酸加熱水解，萃取液加入呈色劑測定。

VI. 統計資料分析

試驗所得資料經 SAS (2002) 統計分析行變方分析後，以最小顯著性差異 (Least significant difference, LSD) 法檢定品種間的生長性狀差異顯著性。

結果與討論

I. 親本來源與品種育成經過

2008 年起著手進行粵料高粱新品系選育研究，分別從國外引種及收集國內優良品種 (系)，作為育種材料來源。將收集種原種植於試驗田區進行適應性觀察及選拔優良品系。2010 年春將適合本土生育環境的優良種原作為雜交親本種植，進行不同品系間之多向雜交。2010 年秋將收穫之雜交種子種植並進行一代自然授粉，衍生成為具遺傳歧異度高的本土粵料高粱族群。2011 年春開始從此混雜粵料高粱族群進行族群內優良單株選拔。

2011 年從雜交後裔族群，依其植株農藝性狀如株高、莖徑、分蘖性、穗型、抗病蟲性及倒伏性等外表生育特性進行優良外表型單株選拔。2011 年春選拔出生育特性較佳的單株 100 株，於 2011 年秋及 2012 年春進行優良單株穗行種植。於穗行間選出高莖特性穗行 5 行，不同穗行生育特性如表 1，並進行單株套袋自交純化及收穫種子。2012 年秋及 2013 年春持續進行分離選拔。至此，穗行內之農藝性狀已趨一致。

表 1. 粵料高粱族群之穗行選拔 (恆春, 2012 春)

Table 1. Ear rows (lines) selection of forage sorghum populations (Hengchun, 2012 spring)

Ear no.	Plant height	Ear length	Steam diameter	Fresh weight/plant	Dry matter ratio	Ear weight	<i>H. Sorghicola</i> resistant*	<i>R. Solani</i> resistant	Lodging index**
	cm	cm	cm	g	%	g	level	level	level
1	251.4 ± 9.6	38.5 ± 6.6	2.1 ± 0.3	868.4 ± 25.3	27.8	125.8	2	4	1
2	242.5 ± 12.5	39.2 ± 5.2	2.0 ± 0.2	855.8 ± 18.1	28.2	112.5	2	4	1
3	248.8 ± 10.2	36.8 ± 9.5	2.0 ± 0.2	812.4 ± 16.5	27.5	98.4	2	4	1
4	240.2 ± 10.8	36.5 ± 5.8	1.9 ± 0.3	824.4 ± 12.8	28.0	105.2	2	4	1
5	245.2 ± 8.8	38.2 ± 7.2	2.0 ± 0.2	826.8 ± 10.6	26.8	102.8	2	4	1

* Pest resistant levels: extreme resistant (1), resistant (2), mild resistant (3), mild susceptible (4), susceptible (5) and extreme susceptible (6).

** Lodging index: erect (1), lean (2) and lodging (3).

已選拔的 5 個穗行，其葉領高度介於 240.2 — 251.4 cm 間；穗長介於 36.5 — 39.2 cm；莖徑則介於 1.9 — 2.1 cm；植株鮮重介於 812.4 — 868.4 g；乾物率介於 26.8 — 28.2%；穗重介於 98.4 — 125.8 g；不同穗行間植株天然病蟲害抗耐性觀察檢測，於生育中後期葉鞘部位所有穗行植株葉鞘部位均有明顯紋枯病罹病徵狀，呈中感程度，但無葉斑病發生及其他蟲害為害，顯示對葉斑病有明顯抗性。植株的抗倒伏性亦佳（直立）（表 1）。

II. 新品系初級比較試驗

歷經 2011 — 2012 年混雜族群之分離選拔與汰除劣株後，此時各穗行內之農藝性狀已趨近一致。7 個優良穗行（初級品系），續於 2013 年秋（九月上旬）及 2014 年春（三月下旬）於畜產試驗所恆春分所試驗區，進行不同期作生育環境下初級品系主作與宿根比較試驗。

不同品系 2013 年秋作栽培結果顯示，7 個高莖型品系其株高介於 222.2 — 254.5 cm 間；莖徑 2.1 — 2.5 cm；主收穫鮮草產量介於 56.1 — 58.8 公噸 / 公頃，以 FSH01 產量最高，乾物產量達 18.8 公噸 / 公頃。2014 年春作宿根栽培結果，鮮草產量介於 48.2 — 51.8 公噸 / 公頃，乾物產量 15.4 公噸 / 公頃，以 FSH01 品系表現最優（表 2）。

表 2. 2013 年秋作初級品系比較試驗（恆春，2013 秋—2014 春）

Table 2. The agronomic characteristics of different lines of forage sorghum (Hengchun, 2013 autumn - 2014 spring)

Crop season	Line	Plant height cm	Stem diameter cm	Tiller number	Dry matter ratio %	Fresh yield ----- ton/ha -----	Dry matter production -----
Main harvest							
2013 autumn	FSH01	254.5 ^a	2.5	0	30.2	58.8	18.8
	FSH02	242.9 ^a	2.4	0	29.5	58.2	18.2
	FSH03	232.5 ^{ab}	2.2	0	29.4	57.4	18.0
	FSH04	225.8 ^b	2.1	0	29.8	57.0	17.5
	FSH05	228.8 ^b	2.3	0	29.2	56.1	17.2
	FSH06	232.5 ^{ab}	2.3	0	29.8	56.2	17.3
	FSH07	222.2 ^b	2.2	0	29.5	58.0	18.0
Ratoon							
2014 spring	FSH01	221.4 ^a	2.2	3.8 ^a	29.8	51.8	15.4
	FSH02	218.5 ^a	2.1	3.4 ^b	30.0	50.6	15.2
	FSH03	207.5 ^{ab}	2.1	3.2 ^b	29.5	49.5	14.6
	FSH04	201.6 ^b	1.9	3.4 ^b	28.8	48.2	13.9
	FSH05	198.6 ^b	1.8	3.2 ^b	29.6	48.5	14.4
	FSH06	195.2 ^b	1.8	3.2 ^b	29.8	48.8	14.5
	FSH07	195.2 ^b	2.0	3.2 ^b	29.8	48.7	14.5

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

不同高莖型品系春作栽培結果，顯示 7 個高莖型品系其株高介於 257.8 — 287.5 cm 間；莖徑 2.2 — 2.5 cm；主收穫鮮草產量介於 59.2 — 64.2 公噸 / 公頃，FSH01 產量最高；乾物產量可達 22.2 公噸 / 公頃。同表可知 2014 年高莖型品系夏作宿根栽培結果，鮮草產量介於 47.5 — 53.2 公噸 / 公頃；以 FSH01 品系表現最優，乾物產量可達 15.9 公噸 / 公頃（表 3）。

III. 高級品系比較試驗

綜合 2013 年秋及 2014 年春初級品系不同季節栽培試驗與 2014 年春及 2014 年夏初級品系宿根栽培試驗結果，顯示 FSH01 與 FSH02 新品系及選育 FSM04 與 FSM06 新品系等有較佳生育表現與高牧草產量，因此，以 FSH01、FSM04 及 FSM06 等 3 個新品系為試驗材料，與現行推廣栽培高粱屬品種甜高粱臺畜一號與蘇丹草臺畜草一號為對照品系，合計共 5 個品系進行後續高級品系栽培比較試驗。

2015 年春（三月下旬）及 2015 年秋（九月上旬）分別於畜產試驗所恆春分所試驗區，進行高級品系比較試驗。各高級品系於 2015 年春季栽培結果，顯示株高以高莖型 FSH01 品系 279.8 cm 最高。莖徑以分蘗型 FSM04

與 FSM06 品系 3.8 cm 最粗，蘇丹草及甜高粱最纖細，僅 1.4 cm。分蘗數以蘇丹草 5.0 最多，高莖型 FSH01 無分蘗。葉與莖比值以甜高粱 45.6% 最高。鮮草產量以高莖型 FSH01 最高 (60.1 公噸 / 公頃)。乾物產量以分蘗型 FSM04 最高 (16.3 公噸 / 公頃)。同表可知 2015 年夏季宿根栽培結果，鮮草產量以 FSH01 品系最高 (46.5 公噸 / 公頃)。乾物產量亦以 FSH01 品系之 13.1 公噸 / 公頃最高 (表 4)。

表 3. 2014 年春作初級品系比較試驗 (恆春，2014 春－2014 夏)

Table 3. The agronomic characteristics of different lines of forage sorghum (Hengchun, 2014 spring - 2014 summer).

Crop season	Line	Plant height cm	Stem diameter cm	Tiller number	Dry matter ratio %	Fresh yield ----- ton/ha -----	Dry matter production -----
Main harvest							
2014 spring	FSH01	287.5 ^a	2.5	0	30.4	64.2	22.2
	FSH02	268.9 ^{ab}	2.2	0	29.8	61.4	21.0
	FSH03	262.5 ^b	2.3	0	29.4	59.2	19.2
	FSH04	257.8 ^b	2.2	0	29.8	61.2	19.5
	FSH05	258.8 ^b	2.3	0	29.8	62.8	20.4
	FSH06	267.8 ^{ab}	2.2	0	29.8	61.1	19.5
	FSH07	262.2 ^b	2.2	0	29.5	60.8	19.2
Ratoon							
2014 summer	FSH01	228.4 ^a	2.2	3.5 ^a	29.8	53.2	15.9
	FSH02	216.4 ^a	2.2	3.5 ^a	29.7	53.0	15.7
	FSH03	212.5 ^a	2.1	3.2 ^{ab}	30.1	49.6	14.8
	FSH04	205.2 ^{ab}	2.0	3.1 ^b	30.0	49.8	14.4
	FSH05	198.8 ^b	2.1	3.0 ^b	29.6	47.8	14.6
	FSH06	189.8 ^b	2.1	3.0 ^b	29.8	47.5	13.8
	FSH07	193.2 ^b	2.0	3.1 ^b	29.5	48.0	14.7

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

表 4. 2015 年春作高級品系比較試驗 (恆春，2015 春)

Table 4. The agronomic characteristics of different lines of forage sorghum in spring crop (Hengchun, 2015 spring).

Crop season	Line	Plant height cm	Stem diameter cm	Tiller number	Leaf/stem ratio %	Dry matter ratio	Fresh yield ----- ton/ha -----	Dry matter production -----
Main harvest								
2015 spring	FSH01	279.8 ^a	2.2 ^b	0 ^d	34.4 ^b	26.3 ^b	60.1 ^a	15.6 ^a
	FSM04	212.9 ^{bc}	3.8 ^a	2.9 ^c	33.9 ^b	28.0 ^a	58.0 ^a	16.3 ^a
	FSM06	213.1 ^{bc}	3.8 ^a	2.6 ^c	32.5 ^b	27.6 ^a	57.7 ^a	15.9 ^a
	Sweet sorghum	232.2 ^b	1.4 ^c	3.9 ^b	45.6 ^a	29.8 ^a	23.3 ^b	7.0 ^b
	Sudangrass	193.3 ^c	1.4 ^c	5.0 ^a	31.4 ^b	25.5 ^b	20.5 ^b	5.2 ^b
Ratoon								
2015	FSH01	251.8 ^a	2.0 ^b	2.5 ^c	31.5 ^b	28.2 ^b	46.5 ^a	13.1 ^a
	FSM04	188.5 ^c	3.2 ^a	2.8 ^c	34.2 ^a	28.8 ^a	40.2 ^a	11.6 ^a
	FSM06	185.2 ^c	3.2 ^a	2.8 ^c	33.8 ^a	27.2 ^b	40.1 ^a	10.1 ^a
	Sweet sorghum	198.5 ^b	1.2 ^c	3.5 ^b	32.6 ^b	30.2 ^a	25.5 ^b	7.5 ^b
	Sudangrass	205.8 ^b	1.0 ^c	4.8 ^a	31.8 ^b	27.6 ^b	24.8 ^b	6.8 ^b

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

2015 年秋季栽培比較結果顯示，株高仍以 FSH01 品系 257.2 cm 最高，甜高粱最矮。莖徑以 FSM04 與 FSM06 品系 3.6 – 3.7 cm 最粗，蘇丹草最纖細，僅 1.2 cm。分蘗數以蘇丹草最多，FSH01 品系無分蘗。葉與莖比值以甜高粱 38.9% 最高，蘇丹草 23.4% 最低。鮮草產量以 FSM04 品系最高 (51.4 公噸 / 公頃)，其次為 FSM04 與 FSH01 品系。乾物產量以 FSM04 最高。同表可知 2016 年春季宿根栽培結果，鮮草產量以品系 FSH01 最高 (40.6 公噸 / 公頃)。乾物產量以 FSM06 的 11.5 公噸 / 公頃最高 (表 5)。

表 5. 2015 年秋作高級品系比較試驗 (恆春，2015 秋)

Table 5. The agronomic characteristics of different lines of forage sorghum in autumn crop (Hengchun, 2015 autumn)

Line	Plant height	Stem diameter	Tiller number	Leaf/steam ratio	Dry matter ratio	Fresh yield	Dry matter production
	cm	cm		%		----- ton/ha -----	-----
Main harvest							
FSH01	257.2 ^a	2.0 ^b	0 ^c	36.1 ^a	28.8 ^a	50.0 ^a	14.4 ^a
FSM04	199.1 ^c	3.7 ^a	2.9 ^b	33.0 ^b	28.7 ^a	51.4 ^a	14.7 ^a
FSM06	194.7 ^c	3.6 ^a	2.8 ^b	34.3 ^b	28.8 ^a	50.0 ^a	14.4 ^a
Sweet sorghum	179.5 ^c	1.4 ^c	2.4 ^b	38.9 ^a	24.5 ^b	16.7 ^b	4.1 ^b
Sudangrass	226.0 ^b	1.2 ^c	4.8 ^a	23.4 ^c	29.5 ^a	24.7 ^b	7.3 ^b
Ratoon							
FSH01	235.5 ^a	1.8 ^b	2.5 ^b	32.6 ^a	27.8 ^a	40.6 ^a	11.3 ^a
FSM04	181.3 ^b	3.0 ^a	2.7 ^b	32.5 ^a	28.2 ^a	39.8 ^a	11.2 ^a
FSM06	180.5 ^b	3.0 ^a	2.8 ^b	34.1 ^a	28.8 ^a	40.0 ^a	11.5 ^a
Sweet sorghum	170.5 ^b	1.2 ^c	2.5 ^b	34.9 ^a	25.2 ^b	26.8 ^b	6.8 ^b
Sudangrass	185.1 ^b	1.1 ^c	4.8 ^a	25.4 ^b	28.8 ^a	25.5 ^b	7.3 ^b

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

綜合 2015 年春秋不同季節栽培結果，顯示選育高莖型 FSH01 與分蘗型 FSM04 及 FSM06 等新品系，其生育特性與鮮草收量均較對照推廣栽培品種豐產，極具栽培推廣與利用潛力。

IV. 區域試驗

以 FSH01、FSM04 及 FSM06 等 3 個新品系為試驗材料，與現有推廣栽培高粱屬品種甜高粱臺畜 1 號與蘇丹草臺畜草 1 號為對照品系，合計共 5 個品系，2015 年春季分別於臺南新化與屏東內埔進行新品系不同區域栽培試驗。試驗於 2015 年春種植 (新化種植日期為 3 月 25 日，內埔種植日期為 3 月 28 日)。試驗於生育約 85 – 90 天 (六月下旬) 刈割收穫。

2015 年春作新化試區主收穫之各品系株高介於 206.7 – 301.6 cm，FSH01 品系 301.6 cm 最高，其次為甜高粱臺畜 1 號 274.9 cm；莖徑介於 1.1 – 3.8 cm，以 FSM04 之 3.8 cm 最粗，FSM06 品系 3.5 cm 次之，蘇丹草最纖細，僅 1.1 cm；分蘗數介於 0 – 5.4 間，以蘇丹草 5.4 最多，FSM04 與 FSM06 品系為 2.5 與 2.9，FSH01 品系無分蘗。葉與莖比值以甜高粱 43.7% 最高。乾物率以甜高粱 30.4% 最高，FSH01 品系最低，僅 26.3%；鮮草產量以 FSM04 品系最高，可達 59.1 公噸 / 公頃，品系 FSH01 次之 (58.6 公噸 / 公頃)。乾物產量以品系 FSM04 最高 (17.5 公噸 / 公頃)。2015 年夏作新化試區宿根栽培結果，鮮草產量以品系 FSH01 最高，達 48.2 公噸 / 公頃；乾物產量仍以品系 FSH01 最高 (13.4 公噸 / 公頃) (表 6)。

內埔試區主收穫之各品系間株高介於 205.1 – 283.2 cm，以 FSH01 品系 283.2 cm 最高，FSM06 品系最矮；莖徑介於 1.2 – 3.6 cm，以 FSM04 品系最粗，FSM06 品系次之，蘇丹草最纖細。分蘗數介於 0 – 5.3，以蘇丹草 5.3 最多，甜高粱臺畜 1 號 4.3 次之，FSH01 無分蘗。葉與莖比值以 FSH01 之 34.5% 最高。乾物率以 FSM06 最高；鮮草產量以品系 FSH01 最高，達 60.1 公噸 / 公頃，FSM04 品系次之 (58.2 公噸 / 公頃)。乾物產量以品系 FSH01 最高 (17.6 公噸 / 公頃)，FSM04 次之 (17.2 公噸 / 公頃)。2015 年夏作內埔試區宿根栽培結果顯示，鮮草產量以品系 FSH01 最高，達 50.2 公噸 / 公頃；乾物產量亦以品系 FSH01 最高 (15.2 公噸 / 公頃)。

綜合新化與內埔等 2 個不同地區的試驗結果顯示，品系 FSH01 與 FSM04 等 2 個新品系，其生育性狀與鮮草產量均較現有推廣品種甜高粱臺畜 1 號與蘇丹草臺畜草 1 號佳，具栽培推廣與利用潛力。

表 6. 高級品系區域試驗之農異特性與產量 (新化與內埔, 2015 春)

Table 6. Comparison of 5 forage sorghum lines for agronomic traits and yields in regional trial. (Hsinhua and Neipu, 2015 spring)

Crop season	Line	Plant height	Steam diameter	Tiller number	Leaf/steam ratio	Dry matter ratio	Fresh yield	Dry matter production
		cm	cm		%		----- ton/ha -----	
Main harvest								
Tainan spring	FSH01	301.6 ^a	1.8 ^b	0 ^d	37.0 ^b	26.3 ^b	58.6 ^a	15.4 ^a
	FSM04	218.3 ^c	3.8 ^a	2.9 ^c	38.4 ^b	29.3 ^a	59.1 ^a	17.5 ^a
	FSM06	206.7 ^c	3.5 ^a	2.5 ^c	37.2 ^b	28.2 ^a	56.5 ^a	15.9 ^a
	Sweet sorghum	274.9 ^b	1.6 ^b	3.9 ^b	43.7 ^a	30.4 ^a	25.7 ^b	7.8 ^b
	Sudangrass	255.1 ^b	1.1 ^c	5.4 ^a	27.3 ^c	30.0 ^a	25.0 ^b	7.5 ^b
Ratoon								
Tainan summer	FSH01	250.2 ^a	1.9 ^b	2.8 ^c	32.5 ^b	27.8 ^b	48.2 ^a	13.4 ^a
	FSM04	186.8 ^c	3.2 ^a	2.7 ^c	33.4 ^b	29.8 ^a	42.1 ^a	12.5 ^a
	FSM06	188.2 ^c	3.2 ^a	2.5 ^c	34.2 ^b	28.8 ^b	41.5 ^a	12.0 ^a
	Sweet sorghum	234.5 ^b	1.2 ^c	3.5 ^b	38.5 ^a	30.0 ^a	25.8 ^b	7.7 ^b
	Sudangrass	235.2 ^b	1.1 ^c	5.2 ^a	27.8 ^c	30.2 ^a	24.5 ^b	7.4 ^b
Main harvest								
Pingtung spring	FSH01	283.2 ^a	1.9 ^b	0 ^d	34.5 ^a	29.2 ^a	60.4 ^a	17.6 ^a
	FSM04	215.9 ^c	3.6 ^a	3.0 ^c	29.0 ^b	29.5 ^a	58.2 ^a	17.2 ^a
	FSM06	205.1 ^c	3.5 ^a	2.7 ^c	28.0 ^b	29.8 ^a	56.8 ^a	16.9 ^a
	Sweet sorghum	237.8 ^b	1.4 ^c	4.3 ^b	33.2 ^a	29.4 ^a	25.6 ^b	7.5 ^b
	Sudangrass	243.3 ^b	1.2 ^c	5.3 ^a	23.9 ^c	29.4 ^a	23.4 ^b	6.9 ^b
Ratoon								
Pingtung summer	FSH01	243.5 ^a	1.9 ^b	2.5 ^c	31.5 ^a	30.2 ^a	50.2 ^a	15.2 ^a
	FSM04	202.9 ^c	3.5 ^a	2.9 ^c	29.5 ^b	29.8 ^a	48.0 ^a	14.3 ^a
	FSM06	188.5 ^c	3.5 ^a	2.8 ^c	28.8 ^b	29.8 ^a	47.5 ^a	14.2 ^a
	Sweet sorghum	230.4 ^b	1.2 ^c	4.0 ^b	33.4 ^a	29.2 ^a	23.2 ^b	6.8 ^b
	Sudangrass	218.3 ^b	1.2 ^c	5.0 ^a	24.1 ^c	29.7 ^a	21.5 ^b	6.4 ^b

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

V. 地方試作

由表 2 至表 6 顯示芻料高粱新品系 FSH01 與 FSM04 等 2 個新品系具高產等優良生育特性，因此，於 2016 及 2017 年春季進行不同年度及地區之地方試作栽培。

2016 年春分別於雲林虎尾、土庫與苗栗西湖等 3 個不同地區進行 FSH01 與 FSM04 等 2 個新品系之地方試作栽培。試驗均於三月下旬種植 (虎尾 3 月 25 日、土庫 3 月 26 日及西湖 3 月 30 日)，每品系栽種面積各約 0.1 公頃。試驗田區經整地後施用基肥，生育期間再施用 2 次追肥。種植行株距 70 × 20 cm。生育期間以中耕覆土方式防除雜草，並調查田間病蟲害自然發生情形與耐旱性，依一般慣行農法進行栽培管理。試驗於生育 85 天刈割收穫，調查株高及鮮草收量。

地方試作結果顯示，FSH01 新品系在雲林虎尾及土庫地區鮮草產量與乾物產量均佳，惟苗栗西湖地區生育稍差 (推測可能天氣因素影響)。各地試作栽培過程雜草防除良好且無明顯病蟲害發生危害，顯示 2 品系均具可低投入且粗放生產與推廣栽培 (表 7)。

VI. 品系營養成分分析

2015 年春作環境下適期 (約生育 85 天) 刈割收穫並分析全株營養成分，3 個芻料高粱高級新品系之營養成分比較，結果品系間粗蛋白質含量介於 7.0 — 10.4%，甜高粱 10.4% 最高，新品系 FSH01 最低，其餘品系間無

明顯差異 (8.0 – 8.7%)；中洗纖維介於 51.2 – 55.2% 間，3 個新品系間無明顯差異；酸洗纖維介於 33.0 – 36.5% 間，新品系間無明顯差異；水溶性碳水化合物介於 14.6 – 22.9% 間，新品系 FSH01 最高，甜高粱最低；澱粉含量介於 7.5 – 10.1%，以 FSM04 品系最高，甜高粱次之，其餘品系間無明顯差異 (表 8)。

表 7. 粳料高粱 FSH01 與 FSM04 新品系地方試作 (2016 年春)

Table 7. Comparison of 2 new forage sorghum lines in the regional trial (2016, spring)

Location	lines	Plant height cm	Fresh yield ----- ton/ha -----	Dry matter production
Yunlin	FSH01	300.9 ± 5.1	57.2 ± 0.2	17.2 ± 0.3
	FSM04	196.6 ± 8.7	57.9 ± 0.4	18.5 ± 0.5
Yunlin	FSH01	293.4 ± 6.8	57.0 ± 0.7	16.5 ± 0.5
	FSM04	190.4 ± 5.4	56.8 ± 0.4	18.2 ± 0.4
Miaoli	FSH01	255.9 ± 7.2	45.3 ± 1.0	13.0 ± 0.8
	FSM04	151.4 ± 3.9	30.4 ± 1.3	9.4 ± 0.8

表 8. 高級試驗各品系全株營養成分比較 (恆春，2015 春及秋)

Table 8. Comparison of nutrient composition of new forage sorghum lines in maturity stage (Hengchun, 2015 spring - autumn)

Crop season	Line	CP*	NDF	ADF	WSC	Starch
		----- % -----				
2015 spring	FSH01	7.0 ^c	51.2 ^b	33.9 ^b	22.9 ^a	7.8 ^b
	FSM04	8.3 ^b	52.8 ^b	33.0 ^b	19.9 ^b	7.9 ^b
	FSM06	8.7 ^b	53.4 ^b	35.0 ^b	19.6 ^b	10.1 ^a
	Sweet sorghum	10.4 ^a	55.1 ^a	35.4 ^a	14.6 ^c	9.5 ^a
	Sudangrass	8.0 ^{bc}	55.2 ^a	36.5 ^a	18.8 ^b	7.5 ^b
2015 autumn	FSH01	7.2 ^b	53.5 ^{bc}	34.1 ^b	22.5 ^a	8.7 ^b
	FSM04	8.9 ^a	55.1 ^b	35.0 ^b	20.5 ^b	7.2 ^c
	FSM06	8.6 ^{ab}	58.6 ^b	38.4 ^a	17.6 ^c	9.9 ^a
	Sweet sorghum	8.5 ^{ab}	49.1 ^c	32.5 ^c	14.7 ^d	9.6 ^a
	Sudangrass	9.6 ^a	62.7 ^a	38.4 ^a	9.7 ^c	6.8 ^c

a, b, c, d, e Means in the same column without a common superscript differ ($P < 0.05$).

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

2015 年秋作，比較各品系營養成分顯示，粗蛋白質含量介於 7.2 – 9.6% 間，以蘇丹草 9.6% 最高，FSH01 品系最低，其餘品系間無明顯差異 (8.5 – 8.9%)；中洗纖維介於 49.1 – 62.7%，新品系間無明顯差異 (53.5 – 58.6%)；酸洗纖維介於 32.5 – 38.4% 間，除 FSM06 品系較高外，其餘 2 個新品系間無明顯差異 (34.1 – 35.0%)；水溶性碳水化合物介於 14.7 – 22.5%，以品系 FSH01 最高，蘇丹草最低，除 FSM06 品系外，其餘 2 個新品系間無明顯差異 (20.5 – 22.5%)；澱粉含量介於 6.8 – 9.9%，以 FSM06 最高，甜高粱次之，其餘品系間無差異。

綜合 2015 年春秋兩季之營養成分分析結果，顯示 FSH01 新品系粗蛋白質含量最低，但有最高水溶性碳水化合物含量，而 FSM04 與 FSM06 等品系粗蛋白含量居中 (8.3 – 8.9%)，其水溶性碳水化合物含量較對照品種高。

VII. 青貯品質分析

2016 年進行 3 個粳料高粱高級品系青貯調製試驗。連同甜高粱及蘇丹草共 5 個參試品系。青貯前粗蛋白質含量介於 7.7 – 10.7% 間，以 FSM04 品系 10.7% 最高，甜高粱次之 (10.5%)，FSH01 品系最低，其餘品系間無明顯差異 (8.9 – 9.0%)；中洗纖維介於 48.4 – 56.9% 間，以甜高粱 56.9% 最高，品系 FSM04 最低，其餘 3 個品系間無明顯差異 (51.8 – 52.7%)；酸洗纖維介於 31.0 – 38.4% 間，新品系間以 FSM04 品系較低，其餘 2 個品

系相近 (34.2 – 34.8%)；水溶性碳水化合物介於 13.7 – 25.8% 間，新品系均高於 20%，尤以 FSM04 品系含量 25.8% 最高，甜高粱 13.7% 最低，新品系 FSH01 與 FSM06 品系含量相近 (22.5 與 22.6%)；澱粉含量介於 7.0 – 9.2%，FSM06 品系 9.2% 最高，甜高粱 7.0% 最低 (表 9)。

表 9. 芻料高粱高級品系之營養成分 (青貯前) (恆春，2016 年春)

Table 9. The nutrient composition of new forage sorghum lines (Hengchun, 2016 spring)

Line	CP*	NDF	ADF	WSC	Starch
----- % -----					
FSM01	7.7	52.7	34.8	22.6	8.7
FSM04	9.0	48.4	31.0	25.8	7.3
FSM06	10.7	51.8	34.2	22.5	9.2
Sweet sorghum	10.5	56.9	38.4	13.7	7.0
Sudangrass	8.9	52.7	38.1	18.7	8.8
LSD 5%	1.1	3.5	1.9	2.2	1.8

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

各高級品系青貯後品質，pH 介於 3.53 – 3.82 間，以蘇丹草 pH 最低；乙酸含量介於 0.83 – 1.37%，FSH01 品系最高，FSM04 品系與蘇丹草之乙酸含量最低；丙酸含量則介於 0.02 – 0.59% 間，以 FSM06 品系最高，FSH01 品系最低；丁酸含量介於 0.09 – 0.34% 間，新品系有較高丁酸含量 (0.28 – 0.34%)，蘇丹草最低；乳酸介於 7.28 – 9.45%，分蘗型 FSM06 最高，分蘗型 FSM04 最低；試驗結果顯示所有品系青貯品質評分均達優良等級 (86.0 – 94.0) (表 10)。

表 10. 芻料高粱高級品系之青貯後品質 (恆春，2016 年春)

Table 10. The silage quality of new forage sorghum lines (Hengchun, 2016 spring)

品系	pH	Acetic acid	Proppion acid	Butyric acid	Lactic acid	Flieg's score
		----- % DW -----				
FSH01	3.58	1.37	0.02	0.34	8.45	86.0
FSM04	3.70	0.85	0.20	0.28	7.28	87.5
FSM06	3.71	1.05	0.59	0.28	9.45	88.5
Sweet sorghum	3.82	1.02	0.09	0.15	8.02	91.5
Sudangrass	3.53	0.83	0.06	0.09	9.31	94.0
LSD 5%	0.2	0.31	0.02	0.03	1.21	2.2

蕭 (1989) 針對芻料高粱選種指標進行探討，指出株高、葉寬、分蘗數、植株鮮重 (葉、莖與穗鮮重)、莖 / 葉乾物重比與乾物率等性狀與收量及總乾物重成極顯著正相關，因此，分所在選育過程則較著重這些性狀表現選拔。本選育 FSH01 新品系為高莖型且早熟等生育特性，係參考蕭等 (2000) 建議有關芻料高粱生長性狀指標進行品系選育，並調查多個農藝性狀特性，及評估該品系於早期生育期間進行篩選具高產潛能的可行性 (張及廖，2015)。選育 FSH01 新品系因植株較為高大且莖桿粗壯，含較高量的粗纖維與木質素，然較低的葉 / 莖乾物比，影響其營養成分與飼料價值。高莖的特性常易造成植株倒伏，且造成纖維素及木質素含量增加，降低芻料的營養品質 (Pedersen *et al.*, 2005)。高莖品系雖有生育優勢與高牧草產量，然因具低的葉 / 莖乾物比，且莖桿占大部份比例，明顯影響其營養品質。Rana *et al.* (1984) 提出高粱選育的理想植株高度為 175 cm 左右，而分所選育的 FSH01 高莖品系株高較高，似不符合選育的理想植株高度。因此，將來選育方向除降低植株高度外，亦一併考量葉片的優良性狀與植株分蘗等特性，增加葉 / 莖乾物比，提昇營養品質，期更廣泛栽植與利用芻料用高粱，以提昇本土性芻料生產及芻料自給率。

本選育過程中所有參試品系的乾物率低於 30%，明顯較玉米 (一般約為 30% 以上) 低，顯示其營養成分及飼料價值較玉米稍差 (陳及王，2012)。為提昇本土多元性芻料生產及芻料自給率，改進芻料高粱利用效率與提昇營養成分，除直接以育種方式選育較高乾物率品系外，另外，亦可透過栽培制度配合如與玉米或其他作

物混植、混合或調製成青貯料，可適度提昇營養價值與改善芻料品質 (Kalton, 1988; Zerbini and Thomas, 2003; Pedersen *et al.*, 2005; Ayub and Shoaib, 2009; Malezieux *et al.*, 2009; Marsalis *et al.*, 2009; 2010)。

結 論

芻料高粱墾丁一號於 107 年 11 月 2 日於臺南佳里完成品種命名審查。本品種經各級比較試驗、區域試驗及地方試作，顯示具早熟、高產、耐病蟲害、耐旱及耐湛水環境等優良生育特性，適合臺灣地區春夏秋作環境栽培，尤其是耐逆境表現優異，是因應未來氣候變遷與極端氣候下重要的芻料作物種類與芻料供應來源。為加強栽培與推廣，將設置種子繁殖田區，繁殖優良種子推廣栽植，並選定合適地點進行示範栽培觀摩，提供農民及芻料生產業者，並計畫於雲林等地區，辦理品種技轉及建立本土芻料生產與供應模式，預期藉由芻料高粱墾丁一號推廣栽培，提供多樣化作物種類與品種選擇，應可為農民、酪農及肉牛飼養業者所接受並選用，協助以本土芻料支援畜產的永續經營。

參考文獻

- 陳嘉昇、王紓愍。2012。青割玉米營養成分的變動與相關性探討。畜產研究 45(4)：287-301。
- 陳勃聿、許進德、蕭素碧。2017。甜高粱臺畜一號之育成。畜產研究 50(1)：37-44。
- 張敏郎、廖麗貞。2015。芻料用高粱品系生產潛力評估。48(3)：170-177。
- 蕭素碧。1989。芻料用高粱選種指標之探討。畜產研究 22(1)：59-68。
- 蕭素碧、羅國棟、許福星、洪國源、盧啟信、陳坤照、金文蔚、陳文、陳玉燕、張溪泉、黃耀興。1997。蘇丹草臺畜一號之育成。畜產研究 30(4)：337-350。
- 蕭素碧、林正斌、陳玉燕。2000。芻料用高粱雜交 F1 品系之選育。畜產研究 33(2)：154-164。
- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis. Vol.1. 15th ed. A.O.A.C. Arlington, VA. U.S.A.
- 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.
- Bahrani, M. J. and A. Deghani-Ghenatghehstani. 2004. Summer forage sorghum yield, protein and prussic acid contents as affected by plant density and nitrogen topdressing. J. Agri. Sci. Techno. 6: 73-78.
- Bean, B. W., R. L. Baumhardt, F. T. McCollum III and K. C. McCuiston. 2013. Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. Field Crops Res. 142: 20-26.
- Getachew G., D. H. Putnam, C. M. De Ben and E. j. De Peters. 2016. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. American J. Plant Sci. 7: 1106-1121.
- Jahanzad, E., M. Jorat, H. Moghadam, A. Sadeghpour, M. R. Chaichi and M. Dashtaki. 2013. Response of new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. Agri. Water Man. 117: 62-69.
- Kalton, R. R. 1988. Overview of forage sorghum. In: Proc. Annu. Corn and sorghum Ind. Res. Conf. 43rd. eds. Wilkinson, D. Am. Seed Trade Assoc., Washington, DC, pp.1-12.
- Kasuga S. and N. Inoue. 2000. Varietal different of resistance to sheath blight (*Rhizoctonia solani* kühn) in sorghum. Grassland Sci. 46: 28-33.
- Komarek, A. R., H. Manson and N. Thiex. 1996. Crude fiber determination using the ANKOM system. Publ. 102. ANKOM technol. Corp., Fairport, N.Y. U.S.A.
- Malezieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. de Tourdonnet and M. Valantin-Morison. 2009. Mixing plant species in cropping system: concepts, tools and models. A review. Agron. Sustain. Dev. 29: 43-62.
- Marsalis. M. A., S. Angadi, F. E. Contreras-Govea and R. E. Kirksey. 2009. Harvest timing and by product addition effects on corn and forage sorghum silage grown under water stress. Bull. 799. NMSU Agri. Exp. Stn. Las. Cruces, NM.
- Marsalis. M. A., S. Angadi and F. E. Contreras-Govea 2010. Dry matter yield and nutritive value of corn, forage sorghum, and BMR forage sorghum at different plant populations and nitrogen rates. Field Crop Res. 116: 52-57.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent, Science 107: 254-255.

- Pedersen, J. F. 1996. Annual forages: New approaches for C-4 forages. In: Progress in New Crops, eds. Janick J. American Society of Horticultural Science, Alexandria, VA, pp. 246-251.
- Pedersen, J. F. and W. L. Rooney. 2004. Warm-Season (C4) Grasses. Agronomy Monograph 45: 1057-1079.
- Pedersen, J. F., K. P. Vogel and D. L. Funnell. 2005. Impact of reduced lignin on plant fitness. Crop Sci. 45: 812-819.
- Rana, B. S., B. C. Barah, H. P. Binswanger and N. G. Rao. 1984. Breeding optimum plant types in sorghum. Indina J. Gent. 44: 385-398.
- Saeed, I. A. M. and A. H. El-Nadi. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. Irrig. Sci. 18: 67-71.
- SAS. 2002. SAS procedure guide for personal computers. Version 6th ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. U.S.A.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neural detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.
- Vaailakoglou, I., K. Dhima, N. Karagiannidis and T. Gatsis. 2011. Sweet sorghum productivity for bio-fuels under increased soil salinity and reduced irrigation. Field Crop Res. 120: 38-46.
- Vogel, K., J. F. Pederson, S. D. Masterson and J. J. Toy. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF and IVDMD forage analysis. Crop Sci. 39: 276-279.
- Whitfield, M. B., M. Chinn and M. W. Veal. 2012. Processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. Ind. Crops Pro. 37: 362-375.
- Zerbini, E. and D. Thomas. 2003. Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in south Asia through genetic enhancement. Field Crop Res. 84: 3-15.

Breeding of the new forage sorghum variety “SB cv. KT1”⁽¹⁾

Min-Lang Chang⁽²⁾⁽⁴⁾ and Li-Jen Liao⁽³⁾

Received: Jun. 3, 2019; Accepted: Jul. 17, 2019

Abstract

Forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) variety (Sb cv. KT1) is a new cultivar bred at Heng-Chun branch of Livestock Research Institute. This variety has rapid growth, early maturity, lodging resistance and high forage yield, which is suitable for Taiwan. It is cultivated in hot and rainy season in spring and summer, and the yield of subsequent perennial forage is also high, which is suitable for ensiling. Forage sorghum can replace forage corn to produce summer feeds during the summer rainy season and connect to the autumn and winter crops of forage corn. The selection code of this variety was FSH01, which is a white seed with red spots line and is resistant to leaf spot, rust and corn borer. It is mildly susceptible to sheath. FSH01 was obtained from the descendants of the open pollinated population, and was selected according to the agronomic traits and other external agronomic characteristics in 2011. After line comparison tests, regional trials and local trials, the FSH01 had high yield with excellent agronomic characteristics, such as resistance to diseases and insects, drought tolerance and lodging resistance. Spring crop of FSH01 has high yield, high plant height and lodging resistance, strong moisture resistance and high perennial yield in summer. It is suitable for spring, summer and autumn cultivation in Taiwan. The FSH01 line was named by the Variety Nomenclature Review Committee on November 2, 2018.

Key words: Forage sorghum, Agronomic character, Selection, New variety.

(1) Contribution No. 2618 from Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture.

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

(3) National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung City 80201, Taiwan, R. O. C.

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

甘藷等外品青貯料作為荷蘭泌乳牛飼糧之可行性評估⁽¹⁾

李春芳⁽²⁾ 范耕榛⁽²⁾ 施柏齡⁽²⁾ 王紓愍⁽³⁾ 蕭宗法⁽⁴⁾ 張俊達⁽⁴⁾⁽⁵⁾

收件日期：108 年 2 月 21 日；接受日期：108 年 7 月 25 日

摘 要

本試驗目的在研發適當的甘藷等外品青貯料，評估其作為乳牛飼料應用之可行性，以建立環保友善的農業模式。試驗首先製作 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮小量青貯料（鮮重 10：0：1 逐級調整為 0：10：1），隨著高澱粉甘藷的減低與高纖維豆莢的增加，青貯料的粗蛋白質與纖維增加、非纖維性碳水化合物（non-fibrous carbohydrate, NFC）與試管乾物質消化率（in vitro dry matter digestibility, IVDMD）降低；青貯過程降低青貯料 pH 達 0.88 單位與 IVDMD 達 5.1%，綜合推薦甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 9：1：1 到 5：5：1 五組青貯料具優良品質。荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗採用甘藷 + 麩皮（10：1）比例調製膠膜香腸式青貯料，甘藷 + 麩皮青貯料以取代飼糧中啤酒粕與大豆殼粒的方式，逐級添加為飼糧乾基的 0、4.5、9 或 13.5%。將 28 頭乳量 23 kg 以上的乳牛逢機分成 4 組，分別群飼進行 2 次各 24 天的飼養試驗。試驗結果顯示，青貯過程可有效降低 28.7% 新鮮甘藷的胰蛋白酶抑制因子活性。甘藷 + 麩皮青貯料對泌乳牛的主要影響在促進牛隻乾物採食量但降低乳脂率（不添加組 3.76%，添加三組平均 3.40%，降幅 9.7%， $P < 0.05$ ），乳量有隨甘藷添加量增加而提高的趨勢。推測牛群泌乳性能表現主要受甘藷 + 麩皮添加組飼糧的低纖維與高 NFC 含量所影響，四組飼糧中洗纖維（neutral detergent fiber, NDF）含量依序自 42.2% 降低到 32.1%，降幅 20%；NFC 則依序自 31.0% 增加到 42.8%，增幅高達 32%。甘藷等外品可作為乳牛高消化率高能量的飼料原料，但為避免乳脂率偏低，建議甘藷等外品應以取代精料中玉米的方式添加，以平衡飼糧營養分同時照護牛隻的健康與性能。

關鍵詞：飼料資源、荷蘭泌乳牛、乳脂率、非纖維性碳水化合物、甘藷等外品。

緒 言

近 10 幾年來，全球飼料原料供應不穩定與價格飆高，使國內畜產業的高飼養成本面臨嚴峻的考驗，是否能永續經營，影響民生物資的供應、價格與國家安定，因此開發自給飼料資源以提升糧食安全是國內農業重要的研究主題。本試驗目標在開發可用的飼料資源，以增加自產飼料、降低生產成本、促進農業循環及保護環境。

由於反芻動物牛羊有瘤胃微生物可分解纖維，並且可由多元化飼料原料設計配方，因此較適合進行各類副產物的飼料化利用。以青貯方法進行各類農作與食品加工副產物的適當調製與保存，並評估在反芻動物飼糧中適當應用，已獲得良好成效，如由鳳梨皮渣、麩皮及盤固乾草製作的香腸式青貯料可以用來餵飼荷蘭泌乳牛，每天每頭 8 – 20 kg 餵飼量不影響乳量（平均 27.8 kg）與牛乳品評，但可明顯提高泌乳效率（1.25 vs. 1.43，乳量 / 乾物質採食量）（張等，2013）；以鳳梨皮渣與金針菇廢棄培養基調製成鳳金青貯料，餵飼乳用山羊生長期 62 日，獲得 73 g 的日增重，推薦添加量可達飼糧乾基的 16%（范等，2014a），以此鳳金青貯料餵飼撒能與阿爾拜因泌乳山羊後，得知最佳添加量為飼糧乾基的 4%，羊隻乾物採食量（2.44 kg）與乳量（2.40 kg）有較不添加對照組（分別為 2.29 與 2.30 kg）為佳的趨勢，推薦泌乳羊飼糧乾基中可添加 8%（范等，2014b）；以此鳳金青貯料添加到荷蘭泌乳牛飼糧中，得到 23.5 kg 泌乳量，推薦每天每頭可以採食到 9 kg（張等，2014）。

依據民國 106 年農業年報資料顯示（行政院農業委員會，2017），大豆的種植面積近三年快速增加到 3,188 公頃，產量達 4,674 公噸，在高屏地區的臺灣綠金毛豆專業種植區，已創造亮眼的外銷成績，其規格品外的毛豆莢量

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2619 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

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

大並富含纖維、蛋白質與能量；甘藷是一種高澱粉能量原料，近年企業化的多元甘藷產品生產日益蓬勃，甘藷的種植面積穩定成長達 10,310 公頃，年產量有 241,694 公噸，簡單以 15% 等外品估算，每年甘藷等外品量約為 36,254 公噸，造成業界對甘藷等外品去化的極大壓力。副產物的去化有堆肥製作與生技產品開發等方向，但實務上可能以飼料化應用較為經濟可行。

胰蛋白酶抑制因子 (trypsin inhibitor) 是一種普遍存在飼料原料中的抗營養因子 (Kunitz, 1947)，如大豆即需經過熱處理來降低其胰蛋白酶抑制因子的活性與改善肉雞性能 (Pacheco *et al.*, 2014)。甘藷具有明顯的胰蛋白酶抑制因子活性，且抑制因子活性在熱處理後仍然只能部分去除 (李等, 2016)，在本所 101 – 104 年增加自給飼料資源的研究結果中，顯示除了蛋禽外，糙米可以取代飼糧中玉米的 50% – 100%，但甘藷只能取代玉米的 20% – 30%，因此甘藷做為單胃動物畜禽飼糧有很高的限制性。為提升甘藷以飼料化的去化可行性，本次試驗想探究甘藷經青貯處理與瘤胃微生物分解後，可否大幅降低其胰蛋白酶抑制因子活性而增加在反芻動物飼糧中的應用性。毛豆莢與甘藷等外品這兩項高量副產物在反芻動物的飼料化應用有其研究價值，是本次試驗探討的目標。

材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所產業組乳牛試驗場進行，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畜試 107-42 號申請核准在案。

I. 甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的調製

本次試驗首先考慮以甘藷的高澱粉搭配毛豆莢的高纖維來調製青貯料，以保存為反芻動物的飼糧原料。經分別拜訪甘藷與毛豆產業，取得各約 300 kg 鮮物，以麩皮做為乾物質調整材並固定占比 1，以 1/10 鮮物重的級距，設計甘藷 10：毛豆莢 0：麩皮 1 比例，並逐級替換成甘藷 0：毛豆莢 10：麩皮 1 共 11 種配方，各組原料依配方比例混勻並塞緊密封於黑色塑膠水管袋中，製成各約 11 kg 鮮重的小量青貯料，每處理 3 重複。採集兩項原料樣品及各處理組混合樣品，進行水萃與烘乾粉碎處理，測定 pH 值與營養成分。青貯料一個月後開封，同樣進行採樣與測定。青貯料品質以氣相層析儀進行青貯料水萃液的乙酸、丁酸、丙酸及乳酸含量分析 (Jones and Kay, 1976)，轉換成占總當量百分比，再依 Flieg's 青貯料品質評分表 (Flieg, 1952) 計算品質分數。以各處理營養成分、開封後性狀與品質評分等決定下一步製作泌乳牛飼效試驗大量青貯料配方的參考。

副產物的生產有季節性，本次試驗遇到毛豆莢一直無法取得，甘藷又快過了生產季節的壓力，因此於民國 107 年 8 月底改以甘藷 + 麩皮 10：1 鮮重比例，製作香腸式膠膜青貯料約 55 公噸做為泌乳牛飼養試驗用。甘藷等外品的成分依照生產廠的清洗打碎等加工而有所不同。小量塑膠水管青貯試驗所用之甘藷等外品，其青貯前水萃液 pH 為 4.49、乾物質 (dry matter, DM) 可達 30.8%、粗蛋白質 (crude protein, CP) 僅 4.3%、纖維含量也非常低，但非纖維性碳水化合物 (non-fibrous carbohydrate, NFC = 100 – CP – NDF – EE – Ash, NRC 2001) 與試管乾物質消化率 (in vitro dry matter digestibility, IVDMD) 則非常高，分別達到 80.9% 與 92.7%，因此是一種高消化率的高能量飼料來源 (表 1)。製作大量香腸式青貯料的甘藷等外品的組成與消化率與製作小量青貯料時的有些差異，但趨勢一致 (表 1)。毛豆莢含水率高達約 80%，水萃液 pH 高達 6.92、CP 含量中等為 13.6%，NFC 僅 19.5%、纖維含量高但消化率仍可以達到 73.6% (表 1)，顯示豆科因緩衝力高而不適於單獨製作青貯料 (pH 偏高)，但其他營養組成良好，應可作為反芻動物一種高纖高消化率的飼料來源。甘藷 + 麩皮 (10：1) 調製後青貯前的組成為 9.2% (CP)、22.8% (NDF)、57.9% (NFC) 及 80.7% (IVDMD)，麩皮的加入提高青貯料的乾物質、粗蛋白質、纖維及磷含量，消化率與澱粉類含量也仍維持良好 (表 1)。

II. 甘藷 + 麩皮青貯料在荷蘭泌乳牛飼糧之應用

(i) 試驗設計

飼糧營養分提供依據美國 NRC (2001) 乳牛營養需要推薦，設計乳量 25 kg 的完全混合日糧 (total mixed ration, TMR)。飼糧由玉米青貯料、苜蓿乾草、甘藷 + 麩皮 (10：1) 青貯料、啤酒粕青貯料、麩皮、大豆殼粒、大豆粕及玉米一大豆粕穀類精料組成。飼糧處理為甘藷 + 麩皮青貯料的不同量添加，甘藷 + 麩皮青貯料以取代飼糧中啤酒粕、大豆殼粒及麩皮的方式，逐級添加為飼糧乾基的 0 (對照組)、4.5、9 或 13.5%，亦即每日每頭 TMR 中分別添加 0、3、6 或 9 kg (飼料基)。牛隻採食相同精料，甘藷 CP 低因此添加組額外補充少量大豆粕。四組飼糧的芻料、副產物及精料比例皆約占飼糧乾基的 1/3，詳細飼糧配方列於表 2。

選擇每日產乳量 23 kg 以上的荷蘭泌乳牛 28 頭，其乳量平均為 25.7 ± 5.2 kg，胎次平均為 1.43 ± 0.79 胎，體重平均為 608 ± 59 kg。牛群依乳量、胎次與體重等逢機分成 4 組，各組分別群飼於隧道式水簾降溫牛舍

的四大欄。飼養試驗進行 24 天並重複 1 次，試驗前 14 天為飼糧適應期，後 10 天是正式採樣期，第 2 次試驗牛群重新選擇與分組，但以不重複第 1 次試驗處理為原則。

表 1. 甘藷飼養試驗中青貯原料之組成 (青貯前, 乾基 %)

Table 1. Compositions of ingredients before ensiling in sweet potato feeding trial (DM basis)

Sample	pH	DM ¹	CP	EE	NDF	ADF	ADL	Ash	Ca	P	IVDMD
SSP ² (Small bag)	4.49	30.8	4.3	0.70	11.4	3.4	ND	2.73	0.10	0.13	92.7
SP (Small bag)	6.92	19.5	13.6	3.40	51.7	37.1	5.15	11.8	0.60	0.26	73.6
SSP (Big bag)	5.01	23.2	3.5	1.04	13.7	8.5	---	7.21	0.24	0.25	82.3
SSP + WB (10:1) (Big bag)	4.12	28.5	9.2	2.22	22.8	10.7	---	7.95	0.27	0.48	80.7

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

² SSP: sub-quality sweet potato, SP: soybean pod, WB: wheat bran.

表 2. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗的飼糧配方與成分 (乾基 %)

Table 2. Diet formulations and compositions for Holstein lactating cows in sweet potato feeding trial (DM basis)¹

Items	Rate of SSP + WB silage in diet DM ¹ (%)			
	0	4.5	9	13.5
Ingredients and rate (%)				
Corn silage	27.4 (20) ⁴	27.4 (20)	28.0 (20)	28.6 (20)
Alfalfa hay	7.2 (1.5)	7.2 (1.5)	7.4 (1.5)	7.5 (1.5)
Wet brewer's grains silage	9.5 (6)	8.0 (5)	6.5 (4)	5.0 (3)
Soybean hull pellet	19.5 (4)	17.1 (3.5)	13.0 (2.6)	10.2 (2)
SSP + WB silage	0	4.4 (3)	9.1 (6)	13.9 (9)
Wheat bran	4.9 (1)	3.9 (0.8)	3.0 (0.6)	2.0 (0.4)
Soybean meal	0	0.5 (0.1)	1.0 (0.2)	1.5 (0.3)
Concentrate ²	31.5 (6.5)	31.5 (6.5)	32.1 (6.5)	31.3 (6)
Total	100.0 (39.0)	100.0 (40.4)	100.0 (41.4)	100.0 (42.2)
Analyzed compositions, %				
Dry matter (n = 20) ³	49.2	47.5	46.9	46.2
Crude protein (n = 4)	16.9	16.5	15.8	15.4
Neutral detergent fiber	42.2	36.1	33.1	32.1
Acid detergent fiber	23.5	21.3	18.9	19.8
Non-fibrous carbohydrate	31.0	38.1	41.6	42.8
Ca	0.81	0.77	0.77	0.75
P	0.36	0.33	0.34	0.36
Estimated NE, Mcal/kg ¹	1.60	1.60	1.61	1.62
Forage : Byproduct : Concentrate	35:34:31	35:33:32	35:32:33	36:31:33

¹ DM: dry matter; SSP: sub-quality sweet potato; WB: wheat bran.

² Each 100 kg concentrate contained ground corn 56.6 kg, soybean meal 29.6 kg, fish meal 3.1 kg, molasses 3.0 kg, salt 1.0 kg, limestone 2.1 kg, dicalcium phosphate 0.4 kg, K₂CO₃ 1.0 kg, NaHCO₃ 1.5 kg, urea 1.1 kg, vitamin premix (A, D, E) 0.4 kg, and mineral premix (Cu, Zn, Mn, Co, I, Se) 0.2 kg.

³ Values for DM were averaged from 20 samples. Values for the other contents were averaged from two trials, one for each trial, which were sub-sampled from two original samplings.

⁴ Values in parentheses indicated the as fed quantity, kg, in diet.

(ii) 泌乳牛群照顧

牛群飼養於水簾牛舍，為單邊式長型自由式牛舍，設置餵飼走道、頸夾、牛床及不鏽鋼水槽，以 12 頭份為一欄分為四區群飼，定時刮糞移除牛糞尿。為紓解熱緊迫，牛舍裝置噴霧與噴水兩種設施，由感應溫度、濕度及定時器等電腦連線控制啟動，並隨時維持最少 10 臺風扇運轉以增加通風量。泌乳牛群每日擠乳兩次，分別為清晨 4：30 與下午 3：15。每日新鮮配製 TMR 兩次，分別於上午 7：00 配製 1/3 量及下午 2：30 配製 2/3 量，並應用自動推料機一天推料 7 次，每日下午餵飼前清除剩料，調整配製量達 TMR 任食，各組以自動給水槽供水任飲，每日巡視水槽飲水清潔，牛群與牛舍衛生防疫依標準作業流程執行。

(iii) 測定項目

1. 體重：試驗開始與試驗結束時，連續兩日上午 8：30 採食後過磅牛隻。
2. 乳量：每日上下午擠乳並以電腦記錄乳量。
3. 乳成分：正式期採集個別牛隻的 pm - am 乳樣 3 天，儘速送本所新竹分所牛乳檢驗室分析乳脂、乳蛋白質、乳糖、無脂固形物、體細胞數及尿素氮等含量。
4. 乾物質採食量：每日記錄各組牛群的 TMR 下午上午提供量、隔日下午剩餘量及實際各組牛頭數，並依牛隻採食情形適當增減 TMR 提供量，調整各組剩料量為其配製量的 5 - 10%。於正式期 10 天內，每日採集各組 TMR 與各組剩料，密封於 -20℃ 凍存，或立即開始 55℃ 的烘乾，以計算每組每日乾物質採食量。
5. 飼糧組成：每次試驗期間，採集 2 次 7 項 TMR 原料 (2 芻料、4 副產物及 1 種精料)，並增加 3 項青貯料採樣數以測定乾物質率與水萃液 pH。樣品皆先行密封冷凍保存，或立即開始 55℃ 烘乾工作。冷凍樣品要烘乾前，室溫隔夜平衡，以 55℃ 烘乾 48 hr，熱秤得乾物質率。各組飼糧剩料樣品只做乾物質測定，其餘烘乾的 TMR 與原料樣品先以 2 mm Wiley mill 磨碎混勻，以各次試驗為單位，再等重取樣混合成一個樣品，即各組 TMR 樣品每期 1 個，分別來自當期 10 天採樣，七項原料樣品每期 1 個，分別來自當期 2 次採樣。再採樣的樣品經 1 mm Wiley mill 磨細，依 AOAC (2005) 方法進行 DM、CP、EE、Ash、Ca、P 分析，並以 Ankom 方法進行 NDF、ADF、酸洗木質素 (acid detergent lignin, ADL) 的含量分析 (ANKOM 200 Fiber Analyzer, ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA) 及 IVDMD 的分析 (ANKOM DaisyII)。本次報告中的組成分與消化率，除了乾物質率與水萃液 pH 外，皆以乾基表示。
6. 甘藷具有明顯的胰蛋白酶抑制因子活性，試驗分別採集甘藷原料、甘藷 + 麩皮 (10：1) 青貯前樣品，甘藷 + 麩皮 (10：1) 青貯後與四種處理飼糧樣品則來自飼養試驗的採樣，各樣品皆經如前一節所述烘乾粉碎處理，再進行胰蛋白酶抑制因子活性的測定 (賴等，2013；Hamerstrand *et al.*, 1981)，由樣品與胰蛋白酶分解標準品 BAPA (benzoyl-DL-arginine-p-nitroanalide hydrochloride) 進行呈色比較。

(iv) 統計分析

由牛隻泌乳性能表現與粗收益評估甘藷 + 麩皮青貯料在荷蘭泌乳牛飼糧中使用的可行性。四組牛隻性能表現依 SAS 一般線性模式 (2002)，進行有變積校正的完全逢機變方分析 (CRD w/ covariate analysis) 以去除牛隻個體差異，變因包括飼糧處理、期別及變積期性能 (在試驗前收集所有泌乳牛在相同飼養管理下的乳量與乳成分性能資料)，若期別無影響則兩期資料合併使用。統計差異顯著水準訂為 5%，若 P 值接近 10%，也以括號說明其所具的趨勢。同時使用對比 (Contrast) 統計方法，比較不添加組 (對照組) 與添加甘藷 + 麩皮三組之泌乳性能差異 (-3 vs. 1 1 1)。

結果與討論

I. 甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的成分

甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 11 種配方的組成分，依照兩種主原料的成分與比例而變化，隨著高澱粉甘藷的減低與高纖維豆莢的增加，水萃液的 pH 增加、配方的 DM 與消化率降低但 CP 與纖維增加，11 種組合在青貯前的 DM 自 35.5% 降低至 24.1%、CP 自 7.7% 增加至 16.1%、NDF 自 12.1% 增加至 46.5%、ADF 自 5.5% 增加至 29.2%、ADL 自 1.1% 增加至 5.0% 及 IVDMD 自 87.6% 降低至 69.8% (圖 1)。

青貯 1 個月對 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮組合的組成影響繪於圖 1。青貯過程可以有效降低其水萃液的 pH 平均值達 0.88 單位 (自 4.89 至 4.01)、青貯對纖維與 CP 含量的影響不大，平均 NDF 含量自 31.6% 降低 2.7% 至 28.9%、平均 ADF 含量自 16.4% 增加 0.9% 至 17.3%、平均 CP 含量自 11.3% 微幅增加 0.2% 至 11.4%，但平均 IVDMD 經青貯後降低 5.1%，自 83.5% 至 78.4%，但仍在相當高消化率的範圍，推測消化率降低應該是乳酸菌與青貯早期植物呼吸對營養分的分解利用所致。青貯開封後採集 10：0：1 比例樣品 (主為甘藷) 送檢黃麴毒素含量，四種黃麴毒素 B₁、B₂、G₁ 及 G₂ 皆未檢出。

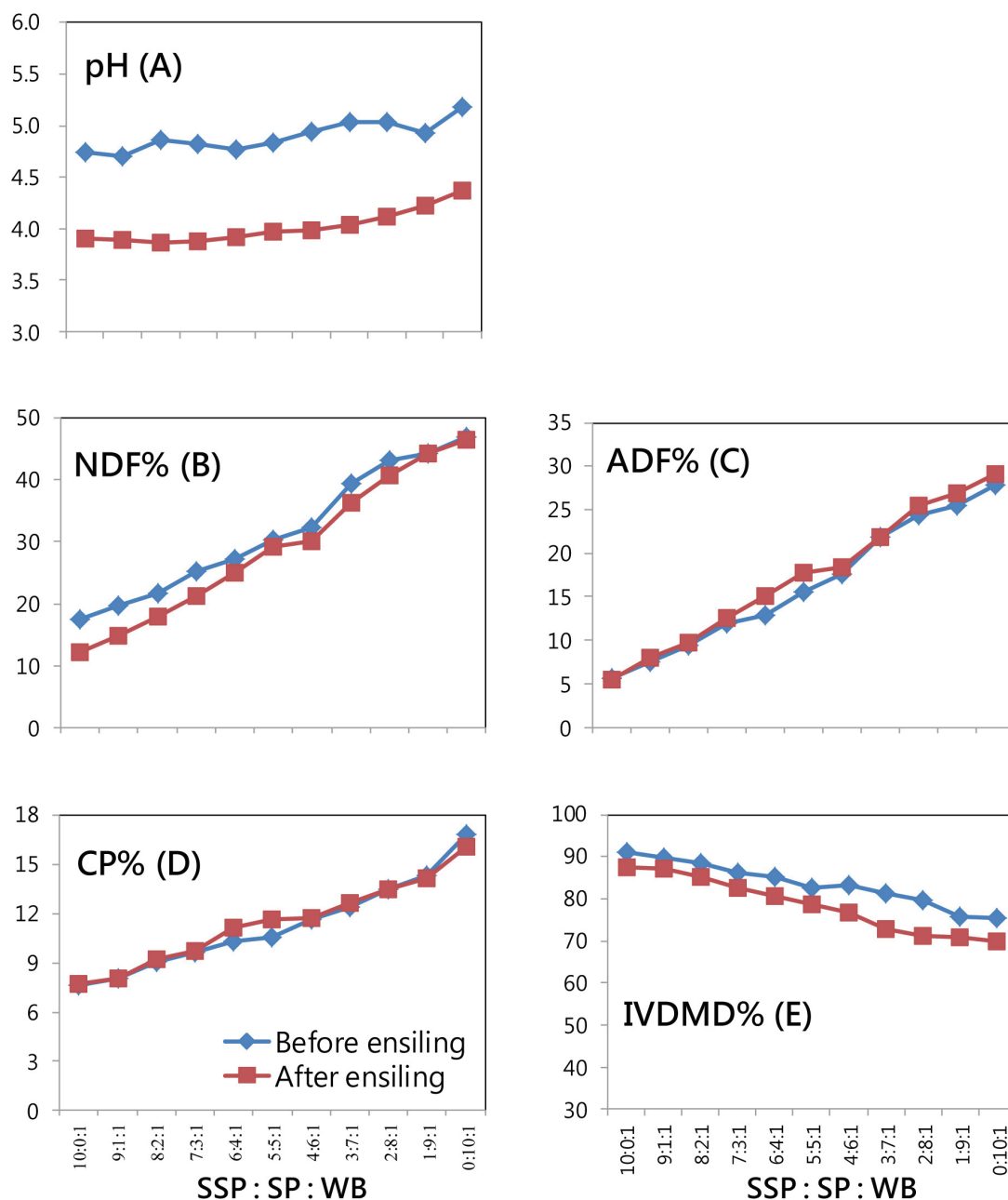


圖 1. 青貯前 (◆) 後 (■) 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮組合 (X 軸) 的酸鹼值 (A)、中洗纖維 (B)、酸洗纖維 (C)、粗蛋白質 (D) 及試管乾物質消化率 (E) 的變化。

Fig. 1. Changes of pH (A), neutral detergent fiber (NDF, B), acid detergent fiber (ADF, C), crude protein (CP, D), and in vitro dry matter digestibility (IVDMD, E) values of 11 SSP + SP + WB (from 10:0:1 to 0:10:1, X axis) before (◆) and after (■) ensiling, where SSP, SP, and WB represented the sub-quality sweet potato, soybean pod, and wheat bran separately.

青貯料的 pH 值是一品質指標，很早期的研究報告即推薦適當的禾草青貯料的 pH 範圍在 3.5 – 4.0 (Bender and Bosshardt, 1939)，近年推廣報告仍採用相近的推薦。青貯過程使樣品水萃液 pH 值明顯下降，甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 10:0:1 到 4:6:1 的 7 種青貯料的 pH 值都可降低到 4.0 以下 (3.86 – 3.98)，毛豆莢較高比例的 4 組 (甘藷 3 – 0:毛豆莢 7 – 10:麩皮 1) 則會使 pH 達到 4.03 – 4.37 範圍。11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的有機酸以乳酸濃度最高，乙酸其次，丙酸與丁酸含量皆低。11 種青貯料品質評分結果的趨勢與其乳酸濃度非常一致 (圖 2)，11 種配方中青貯品質達優良等級 (81 – 100 分) (Flieg, 1952) 的有甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 7:3:1 到 5:5:1 三組，評分達 81 – 82，而 9:1:1 與 8:2:1 兩組亦達良好等級的 80 分。依據青貯料的成分、評分與現場開封的物理形態與風味，推薦以甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 9:1:1 (pH 3.88、DM 34.6%、CP 8.1%、NDF 14.7%、ADF 8.0%、ADL 1.60% 及 IVDMD 87.0%) 到甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 5:5:1 (依序為 3.97、28.0%、11.6%、29.2%、17.8%、3.19% 及 78.6%) 五種配方組合，可以做為大型香腸式膠膜青貯料調製時的參考。

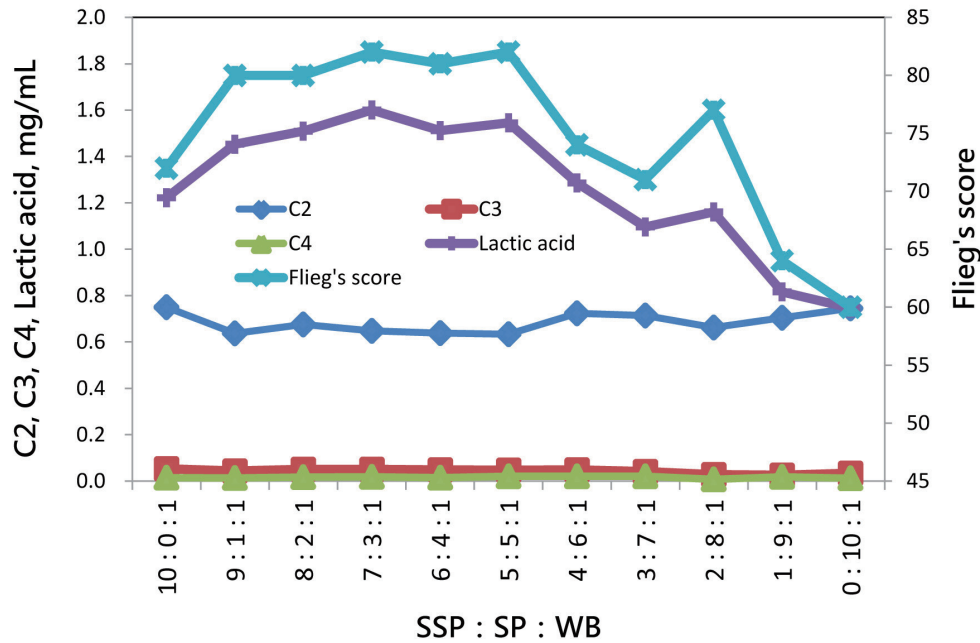


圖 2. 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的有機酸含量與青貯品質評分。

Fig. 2. The organic acid contents and silage quality scores of 11 SSP + SP + WB silages. See the abbreviations in Fig. 1.

II. 甘藷 + 麩皮 (10 : 1) 青貯料在荷蘭泌乳牛飼糧之應用

用於甘藷 + 麩皮 (10 : 1 鮮重) 泌乳牛飼養試驗的主要飼糧原料的成分分析結果列於表 3，四組飼糧成分分析結果列於表 2。將飼養試驗中甘藷 + 麩皮青貯料的組成與青貯前比較 (表 1)，得知以青貯前成分計算 TMR 配方，CP 與 NDF 有高估情形並且 NFC 有低估情形，青貯前 CP 9.2% 較飼養時的 7.4% 為高，青貯前 NDF 的 22.8% 較實際採食的 18.1% 為高，青貯前 NFC 的 57.9% 較實際採食的 64.3% 為低，此差異應是飼糧 CP 與 NDF 隨甘藷 + 麩皮添加量增加而降低且 NFC 隨添加量增加而明顯增加的部分原因 (表 2)。

表 3. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗之飼糧主原料的成分 (乾基 %)

Table 3. Compositions of major feed ingredients used in sweet potato feeding trial of Holstein lactating cows (DM basis)¹

Ingredients	pH	DM ¹	CP	NDF	ADF	EE	NFC	IVDMD
Corn silage	3.84	24.3	10.9	47.9	28.1	3.18	30.3	70.4
Alfalfa hay	---	93.8	16.0	48.1	39.2	1.50	26.9	64.0
WBG silage ²	4.36	31.2	30.3	51.5	20.1	10.2	4.4	62.9
SBH pellet	---	91.9	11.7	66.4	47.1	2.26	14.8	83.2
SSP + WB silage	3.66	34.9	7.4	18.1	11.7	2.75	64.3	81.7
Concentrate	---	91.4	22.2	11.1	3.6	2.98	54.0	93.9

¹ DM: dry matter; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; EE: ether extract; NFC: non-fibrous carbohydrate; IVDMD: in vitro dry matter digestibility;.

² WBG: wet brewer's grains, SBH: soybean hull.

甘藷 + 麩皮青貯料餵飼荷蘭泌乳牛的主要影響，在顯著增加牛隻乾物質採食量、降低乳脂率及有很強的趨勢降低乳總固形物濃度 (對比分析 $P = 0.09$)，四組牛隻在其他乳成分與體重日變化的表現都相近 (表 4)。牛隻採食量隨甘藷 + 麩皮添加量的增加而依序增加，自不添加組的每頭每天 19.6 kg 到添加 13.5% 組的 22.8 kg，增加 3.2 kg，增幅達 16% (CRD, $P = 0.039$)，或者以對比分析，添加三組的採食量平均 21.8 kg 顯著高於不添加的對照組達 11% ($P = 0.023$)。飼糧添加甘藷 + 麩皮 4.5% – 13.5% 雖有效促進採食量，但此增加的採食量並未能促進乳量的明顯增加，乳量表現在數字上有隨添加量增加而增加的趨勢，對比分析得添加三組乳量平均 25.7 kg，較不添加組增加 1.6 kg ($P = 0.31$)。採食量的增加部分表現在乳量的增加，也微幅的表現在日增重上，因此使牛隻泌乳效率 (乳量 / 乾物採食量) 有降低的趨勢。飼糧添加甘藷 + 麩皮使三組牛隻的乳脂率明顯降低，對比分析時達到 $P = 0.023$ 的顯著差異水準，三添加組的乳脂率平均 3.40%，較不添加組的 3.76% 降低 0.36%，降幅高達

9.7%。添加組採食量增加配合乳量有增加的趨勢，因此四組牛隻的泌乳效率（乳量 / 乾物質採食量）相近，並未因甘藷 + 麩皮的添加而有所改善，同時因乳脂率的降低，使得經 4% 乳脂校正後的乳量也十分相近。

表 4. 飼糧中添加甘藷 + 麩皮青貯料對荷蘭乳牛泌乳性能之影響

Table 4. Effect of dietary addition of SSP + WB silage on milking performance of Holstein lactating cows

Items	Rate of SSP + WB silage in diet DM ¹ (%)				P-value ²	P-value Contrast ²
	0	4.5	9	13.5		
Cow No.	13	12	14	13		
BW change, kg	0.28	0.49	0.43	0.33	NS	NS
DMI, kg ³	19.6 ^c	20.5 ^{bc}	22.1 ^{ab}	22.8 ^a	0.039	0.023
Milk yield, kg	24.1	25.1	25.4	26.5	NS	NS
4% FCM, kg	23.5	22.7	23.4	23.5	NS	NS
ME	1.23	1.23	1.14	1.16	NS	NS
Milk compositions:						
Fat, %	3.76 ^(a)	3.39 ^(b)	3.45 ^(b)	3.35 ^(b)	(0.13)	0.023
Protein, %	3.63	3.42	3.61	3.58	NS	NS
Lactose, %	4.80	4.67	4.84	4.85	NS	NS
Solid not fat, %	9.13	8.80	9.15	9.18	NS	NS
Total solid, %	12.9	12.2	12.6	12.5	NS	(0.09)
Urea N, mg/dL	13.6	14.1	14.5	14.5	NS	NS
SCC, × 10 ⁴ /mL	26.1	31.4	36.6	30.2	NS	NS

¹ DM: dry matter; SSP: sub-quality sweet potato; WB: wheat bran.

² Two statistic methods were used, CRD w/ covariate and Contrast, 0% vs. 4.5 - 13.5% groups.

³ BW: body weight; DMI: dry matter intake; 4% FCM: 4% fat corrected milk, milk yield × 0.4 + milk fat yield × 15; ME: milk efficiency, milk yield/DMI; Urea N: urea nitrogen; SCC: somatic cell count.

^{a, b, c} Means in the same row with different superscript differ significantly ($P < 0.05$). When P value close to 0.10, it was shown in parentheses to indicate the tendency. NS indicates not significant ($P > 0.05$).

在經濟效益評估方面，添加甘藷 + 麩皮青貯料的三組在採食量增加、飼糧成本增加、乳量雖有增加但生乳收購單價降低（依乳脂率與無脂固形物濃度計價）的狀況下，每頭每天扣除飼料費後的粗收益分別為對照組的 99% – 105%，平均 101%，表示在暖季時（每年 10 – 11 月），以每公斤甘藷等外品新臺幣 1.6 元價格，飼糧中添加 4.5 – 13.5% 甘藷 + 麩皮青貯料不會提升或減低酪農戶的粗收益（表 5）。飼養試驗顯示甘藷應可以作為牛隻飼糧來源，然考慮乳脂率降低到 3.40% 所可能代表的牛隻瘤胃健康疑慮，如何更適當的使用甘藷需要審慎評估。

表 5. 飼糧中添加甘藷 + 麩皮青貯料對荷蘭泌乳牛之經濟效益評估

Table 5. Evaluation of economic benefit of dietary addition of SSP + WB silage for Holstein lactating cows

Items	Rate of SSP + WB silage in diet DM ¹ (%)			
	0	4.5	9	13.5
Diet price, NT\$/kg DM ²	10.5	10.4	10.4	10.2
Diet fee, NT\$/cow/day	206	213	230	233
Milk price, NT\$/kg	28.9	27.7	28.3	28.1
Milk income, NT\$/cow/day	695	696	720	745
IOFC, NT\$/cow/day ³	489	482	490	511
IOFC, %	100.0	98.6	100.2	104.5

¹ DM: dry matter; SSP: sub-quality sweet potato; WB: wheat bran.

² The price for SSP + WB (10:1) was NT\$ 1.9/kg (as fed basis).

³ IOFC: income over feed cost.

本次試驗看到飼糧添加甘藷 + 麩皮青貯料三組牛隻乳脂率的一致性陡降 (圖 3)，推測可能原因包括甘藷抗營養因子與飼糧 NDF 與 NFC 含量。由於甘藷的胰蛋白酶抑制因子很明確的影響單胃動物的性能表現 (李等, 2016)，本次試驗進行相關甘藷原料、青貯前後及四種處理飼糧的胰蛋白酶抑制因子活性測定。與標準品的呈色效果比較，新鮮甘藷有高達 98% 的胰蛋白酶抑制因子活性，甘藷 + 麩皮青貯前抑制活性仍高達 96.9%，但青貯後降低 28.7% 的抑制因子活性，顯示青貯過程的溫度、酸度或微生物可以有效降解部分抑制因子。甘藷 + 麩皮青貯料分三種比例添加於牛隻飼糧中，在未添加的對照組飼糧樣品中可以測得 64.7% 的胰蛋白酶抑制因子活性，隨著甘藷 + 麩皮青貯料添加量的增加，其飼糧胰蛋白酶抑制因子活性隨之逐步增加 7.2%、12.7% 及 16.8% (表 6)。由於四組飼糧的胰蛋白酶抑制因子活性依序提升，並未如乳脂率自對照組的一致性突然陡降，因此推測可能與導致乳脂率的降低較無相關。

表 6. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗的飼糧胰蛋白酶抑制因子活性 (%) 變化¹

Table 6. Change of the trypsin inhibitor activity (TIA, %) of ingredients and diets in sweet potato feeding trial by Holstein lactating cow¹

Items	SSP ² fresh	SSP + WB fresh	SSP + WB Ensiled	SSP + WB 0%	SSP + WB 4.5%	SSP + WB 9%	SSP + WB 13.5%
Mean ± SE	98.2	96.9	69.1 ± 17.1	64.7 ± 3.5	69.3 ± 4.0	72.9 ± 9.3	75.6 ± 6.7
Ensiling effect	---	100	-28.7	---	---	---	---
Diet effect	---	---	---	100	+7.2	+12.7	+16.8

¹ TIA was valued by comparing the color reaction between the sample and the pure trypsin reacted with BAPA (benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide hydrochloride).

² See footnote in Table 1.

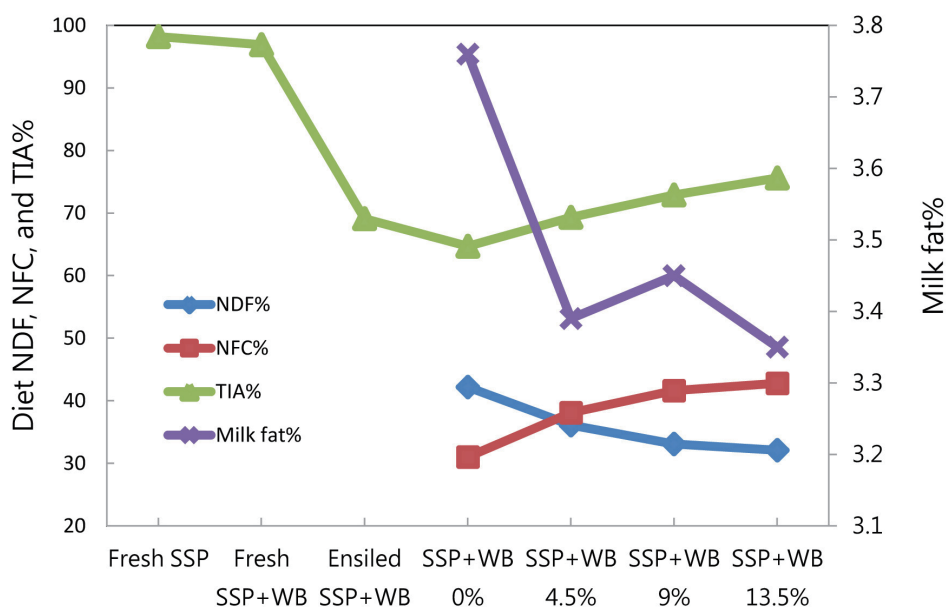


圖 3. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗中甘藷 + 麩皮添加三組乳脂率顯著降低之原因探討。乳脂率、飼糧成分及其胰蛋白酶抑制因子活性之變化。

Fig. 3. Speculation of the reason for sharply decreased milk fat percentage of SSP + WB addition groups in sweet potato feeding trial using Holstein lactating cows. See Fig. 1 and 2 for the abbreviations. The X axis represented the diet ingredients and diets added with 0 to 13.5% SSP + WB silage.

四組試驗飼糧的 NDF 與 NFC 含量變化也繪於圖 3，添加甘藷 + 麩皮青貯料 0、4.5、9 或 13.5% 飼糧的 NDF 含量依序自 42.2% 降低到 36.1、33.1 及 32.1%，添加三組的 NDF 降幅平均達 20%；而 NFC 則依序自 31.0% 增加到 38.1、41.6 及 42.8% 的高水準，添加三組 NFC 增幅平均高達 32%，且 NDF 與 NFC 含量變化最大處在於不添加對照組與添加 4.5% 組之間，添加三組間的變化較小，此變化與乳脂率自對照組陡降後三組相近的趨勢一致，因此推測低纖維與高澱粉是甘藷 + 麩皮添加組乳脂率降低的主要影響因素。

飼糧 NDF 與 NFC 適當含量的研究很多，其受多種因素影響如牧草種類、NDF 來源及牛隻性能等等。高泌

乳性能牛隻需要降低飼糧 NDF 與增加 NFC (主要為澱粉、糖、果膠與有機酸等成分) 來支持高的泌乳營養需求，但飼糧中過多在瘤胃易發酵碳水化合物、芻料有效纖維不足或兩者同時存在時，都會引起瘤胃過酸與蹄葉炎等代謝擾亂 (Nocek, 1997) 而影響動物健康與產能。Batajoo and Shaver (1994) 建議，對乳量 40 kg 以上的牛隻，其飼糧中 NFC 至少要高於 30%，但自 36% 以上再增加到 42% 並沒有再改善的效果；對美國以苜蓿青貯料 50% 與玉米青貯料 50% 構成飼糧纖維來源的飼養模式，Nocek and Russell (1988) 建議最適當飼糧 NFC 為 40%。在討論 NFC 對瘤胃消化影響機制方面，當飼糧 NFC 增加時，可能因澱粉在瘤胃的快速發酵，使瘤胃 pH 快速下降 (Stokes *et al.*, 1991)，因此降低飼糧的纖維消化率與乳脂率 (Robinson *et al.*, 1987; Sutton *et al.*, 1987)；當飼糧 NDF 降低與 NFC 增加時，可增快瘤胃內容物排出速率 (passage rate) 而促進牛隻採食量增加，瘤胃乙酸合成減低丙酸合成增加，最終導致乳脂率的降低與乳量的增加。Sievert and Shaver (1993) 也觀察到相似的結果，以粉頭與乾啤酒粕取代部分玉米與大豆粕，將飼糧 NFC 自 42% 降低至 35%，結果 42% NFC 飼糧有顯著增加牛隻採食量的效果，乳量提升不明顯 (35.3 vs. 34.7 kg)，但影響荷蘭泌乳牛瘤胃消化，42% NFC 飼糧降低牛隻乳脂率 (3.06 vs. 3.13%)、瘤胃 pH、乙酸濃度及 NDF 消化率 (33.9 vs. 40.5%)，作者結論以高纖副產物降低飼糧 NFC 至 35% 有益於瘤胃消化環境的改善，並且不影響乳量。Cherney *et al.* (2003) 為了解禾本科牧草飼糧 (Fescue silage, 約占飼糧乾基 52%) 中 NFC 比例之影響，選擇乳量 > 35 kg 泌乳早期荷蘭牛群，餵飼含 NFC 40% (NDF 31.5%) 或 30% (NDF 35.8%) 飼糧，結果高 NFC 飼糧促進牛隻採食量 (21.6 vs. 20.4 kg) 與乳量 (39.6 vs. 38.3 kg) 但降低乳脂率 (3.25 vs. 3.46%)。以上相關研究之觀察與機制論述可以說明本次試驗所得，即以甘藷取代高纖副產物方式添加於飼糧中，使飼糧 NDF 降低 (自 42% 至 36 – 32%) 與 NFC 增加 (自 31% 至 38 – 43%)，導致乳量 25 kg 荷蘭泌乳牛的採食量增加、乳量有增加趨勢，但乳脂率明顯下降之結果。然而，飼糧 NDF 與 NFC 適當量受到很多因素影響，Wei *et al.* (2018) 的試驗結果即不同於以上試驗，其在含玉米稈 15% 飼糧中增加磨碎玉米比例，使 NFC 含量自 35% 增加到 40%，試驗得知增加 NFC 到 40% 顯著降低牛隻採食量，不影響泌乳量 (22.8 vs. 23.2 kg)、乳脂率 (4.11 vs. 4.25%)、瘤胃 pH 及揮發性脂肪酸濃度，但可明顯提升泌乳效率 (1.15 vs. 1.08，乳量 / 採食量) 與改善飼糧氮轉換利用。

近年來農業循環與環保概念興起，本所乳牛試驗場經研究確認可行後，已採用 333 的配方設計近 10 年，牛群泌乳性能、繁殖效率與健康皆穩定良好且可明顯降低生乳成本。333 配方即飼糧中長纖牧草、副產物與穀類精料各約占飼糧乾基 1/3 的方式。使用高纖副產物如大豆殼、粉頭、甜菜渣或玉米筋粉時需要考慮飼糧中有效中洗纖維 (effective NDF) 的提供與 NFC 的含量，副產物所帶來的非牧草纖維 (Non-forage fiber) 與牧草的纖維是不同的，其具有可以提供大量在瘤胃可分解 NDF、顆粒度小及相對比重高等特性 (Batajoo and Shaver, 1994)，除了帶毛全棉籽外 (Clark and Armentano, 1993)，副產物纖維的有效性 (維持乳脂肪率能力) 一般以牧草纖維的 50% 計算，因此如 333 高副產物飼糧的平衡上，即需特別注意提高飼糧總 NDF 含量與牧草長纖的足量供應，以提供足夠的有效纖維。本次試驗所得 3.40% 乳脂率，對國內乳量 25 kg 牛隻而言是偏低的，推測甘藷 + 麩皮添加組的瘤胃 pH 會明顯降低，低乳脂率所可能代表的瘤胃過酸與後續蹄病問題，在泌乳牛的飼養管理上需要謹慎處理。為維護瘤胃與牛隻健康及高乳脂率以提升乳價，在以玉米青貯料為主要長纖的 333 配方中，建議飼糧 NDF 應高於 36% 與 NFC 應低於 38%，同時甘藷 + 麩皮青貯料以取代高纖副產物啤酒粕與大豆殼粒的方式加入飼糧宜再討論，未來將改以甘藷等外品取代精料中玉米的使用方式進行甘藷飼料化評估，以同時完整照護牛隻的健康與性能。

結 論

甘藷等外品是一項大量的食品加工副產物，亟需適當利用以去化，其含有高量澱粉，與玉米同屬能量飼料原料。甘藷等外品經適當青貯保存後，可以大幅降低其抗營養因子胰蛋白酶抑制因子活性，因此推動做為反芻動物飼料化的可行性高。甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的搭配，推薦以鮮重比 9 : 1 : 1 到 5 : 5 : 1 使用，可以獲得優良的青貯品質。甘藷 + 麩皮 (10 : 1) 青貯料可以作為泌乳牛飼糧來源，但宜以取代飼糧精料中玉米的方式餵飼荷蘭泌乳牛，以避免乳脂率的降低，並維護牛隻瘤胃健康。應用環保高副產物飼糧時 (如 333 飼糧) 需注意飼糧有效中洗纖維與澱粉類的平衡。

參考文獻

- 李春芳、畜產試驗所同仁。2016。稻米及甘藷在畜禽飼糧上之應用。飼料甘藷選育及在畜禽飼糧應用學術研討會，畜產試驗所，臺南，臺灣，中華民國。pp. 9-1 — 9-5。
- 范耕榛、張俊達、陳美杏、蕭宗法、李春芳。2014a。飼糧中添加鳳梨皮渣與金針菇培養基青貯料對乳用山羊生長性能之影響。中畜會誌 43(增刊)：289。
- 范耕榛、張俊達、蕭宗法、李春芳。2014b。飼糧中添加鳳梨皮渣與金針菇培養基青貯料對乳山羊泌乳性能之影響。中畜會誌 43(增刊)：290。
- 張俊達、范耕榛、李欣蓉、蕭宗法、李春芳。2013。飼糧中添加鳳梨皮渣青貯料對荷蘭乳牛泌乳性能與牛乳風味之影響。中畜會誌 42(增刊)：288。
- 張俊達、范耕榛、蕭宗法、謝昭賢、李春芳。2014。飼糧中添加鳳梨皮渣與金針菇培養基青貯料對荷蘭乳牛泌乳性能之影響。中畜會誌 43(增刊)：293。
- 賴永昌、廖文昌、黃哲倫。2013。飼料甘藷品種(系)產量比較及其胰蛋白酶活性分析。因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究-102年度成果發表暨研討會論文集，農業試驗所，臺中，臺灣，中華民國。pp. 185-192。
- ANKOM Technology. 2019. <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/>.
- Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Washington, DC., USA.
- Batajoo, K. K. and R. D. Shaver. 1994. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. 77: 1580-1588.
- Bender, C. B. and D. K. Bosshardt. 1939. Grass silage: A critical review of the literature. J. Dairy Sci. 22: 637-651.
- Cherney, D. J., J. H. Cherney and L. E. Chase. 2003. Influence of dietary nonfiber carbohydrate concentration and supplementation of sucrose on lactation performance of cows fed fescue silage. J. Dairy Sci. 86: 3983-3991.
- Clark, P. W. and L. E. Armentano. 1993. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. J. Dairy Sci. 76: 2644-2650.
- Flieg, O. 1952. The question of the evaluation of silage. Landwirtschaftliche Forschung 3: 169-176.
- Hamerstrand, G. E., L. T. Black and J. D. Glover. 1981. Trypsin inhibitors in soy products: Modification of the standard analytical procedure. Cereal Chem. 58: 42-45.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acids C1-C6, and lactic acid in silage fruits. J. Sci. Food Agric. 27: 1005-1014.
- Kunitz, M. 1947. Crystalline soybean trypsin inhibitor: II. General properties. J. Gen. Physiol. 30: 291-310.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Nat. Acad. Press, Washington, DC., USA.
- Nocek, L. E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. J. Dairy Sci. 80: 1005-1028.
- Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71: 2070-2107.
- Pacheco, W. J., C. R. Stark, P. R. Ferket and J. Brake. 2014. Effects of trypsin inhibitor and particle size of expeller-extracted soybean meal on broiler live performance and weight of gizzard and pancreas. J. Poult. Sci. 93: 2245-2252.
- Robinson, P. H., S. Tamminga and A. M. Van Vuuren. 1987. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on milk production and whole tract digestibility in dairy cows. Livest. Prod. Sci. 17: 19-35.
- SAS. 2002. User's Guide: Basics, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Stokes, S. R., W. H. Hoover, T. K. Miller and R. Blauweikel. 1991. Ruminal digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. J. Dairy Sci. 74: 871-881.
- Sutton, J. D., J. A. Bines, S. V. Morant, D. J. Napper and D. I. Givens. 1987. A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. J. Agric. Sci. (Camb.) 109: 375-386.
- Sievert, S. J. and R. D. Shaver. 1993. Effect of nonfiber carbohydrate level and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on intake, digestion, and milk production in lactating dairy cows. J. Anim. Sci. 71: 1032-1040.
- Wei Z., B. Zhang and J. Liu. 2018. Effects of the dietary nonfiber carbohydrate content on lactation performance, rumen fermentation, and nitrogen utilization in mid-lactation dairy cows receiving corn stover. J. Anim. Sci. Biotechnol. 9: 20-26.

Feasibility assessment of sub-quality sweet potato silage as a feed resource for Holstein lactating cows ⁽¹⁾

Churng-Faung Lee ⁽²⁾ Geng-Jen Fan ⁽²⁾ Bor-Ling Shih ⁽²⁾ Shu-Min Wang ⁽³⁾
Tzong-Faa Shiao ⁽⁴⁾ and Chun-Ta Chang ^{(4) (5)}

Received: Feb. 21, 2019; Accepted: Jul. 25, 2019

Abstract

This study is aimed to explore the proper ensiling method for domestic sub-quality sweet potato (SSP) and its feasibility as a feed ingredient for lactating cows. Eleven silages constituted of SSP, soybean pod (SP) and wheat bran (WB) sequentially from 10:0:1 to 0:10:1 fresh weight ratios were formulated. With the decrease of high starch SSP and increase of high fiber SP, non-fibrous carbohydrate (NFC), the *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of the silages were decreased and crude protein and fiber content increased. Ensiling effectively cut down the pH value by 0.88, decrease IVDMD by 5.1%, but has little effect on the crude protein and fiber contents. Due to the good quality, SSP + SP + WB silages from 9:1:1 to 5:5:1 ratio was recommended. In the feeding trial, silage formulated by SSP + WB at 10:1 fresh weight ratio was used. By substituting the wet brewer's grains and soybean hull pellet, SSP + WB silage was added into diets by 0, 4.5, 9, or 13.5% (DM basis). A total of 28 Holstein cows, with daily milk yield above 23 kg, were randomly assigned into four groups and group fed for 24-day feeding twice. Results showed that ensiling decreased 28.7% of the trypsin inhibitor activity in SSP. The main effect by adding SSP + WB silage was the high DM intake and the low milk fat percentage (control vs. three adding groups, 3.76 vs. 3.40%, $P < 0.05$). Milk yield increased following the increasing addition of SSP + WB in diets. The low fiber and high NFC contents in diets may attributed to the response. NDF content was decreased by 20% from 42.2% to 32.1% and the NFC was increased sharply by 32% from 31.0% to 42.8%. SSP is an feed ingredient of high energy and digestibility for dairy cows. To avoid the milk fat reduction and the possible rumen acidosis, it is suggested that adding SSP in diet to substitute the corn in the grain mixture. This can balance the diet nutrition and maintain the rumen health and the cow milking performance.

Key words: Feed resource, Holstein lactating cow, Milk fat, Non-fibrous carbohydrate, Sub-quality sweet potato.

(1) Contribution No. 2619 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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

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

Effects of dietary crude protein and metabolizable energy levels on the growth performance of White Roman Geese between 4 and 8 weeks of age ⁽¹⁾

Chin-Meng Wang ⁽²⁾ Yen-Chih Chang ⁽³⁾⁽⁴⁾ Chien-Lung Hu ⁽³⁾ and Yu-Shine Jea ⁽³⁾

Received: Jun. 17, 2019; Accepted: Aug. 15, 2019

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of dietary crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) levels on growth of White Roman geese from 4 to 8 weeks of age (WOA). Experiment was a 2 × 3 factorial arrangement with two CP levels (13 and 15%) and three ME levels (2, 400, 2, 700 and 3,000 kcal/kg). Results showed that there was no difference on feed intake or BW gain for the geese fed either the 13 or 15% crude protein diets. The feed conversion ratio (FCR) of geese providing the 13% CP diet was significantly ($P < 0.05$) better than that giving the 15% CP diet. Calculating the protein intake of geese, a 38.2 g/goose/day protein intake was sufficient for BW gain of geese from 4 to 8 WOA. The decrease of dietary ME significantly ($P < 0.01$) increased the feed intake and BW gain for geese fed 13% CP diet from 4 to 8 WOA. The FCR was improved by increasing dietary ME. In conclusion, the provision of 13% crude protein with 2,700 kcal/kg ME diet was sufficient for the geese growth from 4 to 8 WOA.

Key words: Goose, Crude protein, Metabolizable energy.

Introduction

White Roman goose is the most popular domestic goose in Taiwan (more than 95% of the market). Concerning goose meat production, geese are sold at 12 weeks of age (WOA) and slaughtered between 13 and 15 WOA. From 80 to 90% of marketable body weight of geese can be achieved at 8 WOA. In the UK, geese are marketed at 9 or 16 WOA when they have the first or second set of feathers, or when they are in the complement moult stage after 20 WOA (Stevenson, 1989). In two review papers, the CP requirement of domestic geese was found to be from 140 to 200 g/kg during growth period, (Saleyev, 1975; Allen, 1983). Allen (1983) suggested that dietary CP contents should be 160 and 140 g/kg for the periods from 5 to 6 and 7 to 9 WOA, respectively. Saleyev (1975) recommended that the dietary CP content should be 180 g/kg from 4 to 9 WOA. The higher CP concentration diet from 180 to 220 g/kg had no advantage in BW gain of Embden geese (Summer *et al.*, 1987).

The metabolizable energy (ME) content should be 2,916 kcal/kg from 4 to 9 WOA (Saleyev 1975). The range of grower diets ME concentration from 2,629 to 3,107 kcal/kg had no significant differences in the weight gain of Italian Legarth geese (Stevenson, 1985). A 15% CP and 2,900 ME kcal/kg diet was recommended for growing geese after 4 WOA (NRC, 1994). These studies show that the choice of dietary CP and energy had a broad range from 14 to 22% CP and from 2,629 to 3,170 ME kcal/kg. This implies that a low CP or ME diet may be useful for domestic White Roman geese.

In general, giving the same diet to domestic geese from 4 to 12 WOA is recommended. The BW of White Roman geese can achieve about from 80 to 90% marketable body weight at 8 WOA. This implies that the nutrition requirements of geese before and after 8 OWA are different. This study evaluates the effects of different CP and ME levels on the growth performance of White Roman geese from 4 to 8 WOA.

(1) Contribution No. 2620 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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

Materials and methods

I. Geese and dietary treatments

The 1-day-old White Roman goslings were obtained from Changhua Animal Propagation Station, COA-LRI. The goslings were given starter feed (CP 20% , ME 2,900 kcal /kg) until 4 WOA. A total of 192 geese (4 WOA, 28-d-old) were randomly assigned to 6 dietary treatments, each dietary treatment with 4 replicated pens, each pen with 4 females and 4 males in a 2 × 3 factorial arrangement experimental design. Two dietary CP levels of 13 and 15% each containing 2,400, 2,700 and 3,000 kcal ME/kg (Table 1) were used from 4 to 8 WOA. Water and feed were provided ad libitum throughout the experimental period. Feed consumption and body weight were measured weekly. The FCR was calculated by feed consumption and BW gain.

Table 1. The composition of the experimental diets

CP, %	13			15		
ME, kcal/kg	2,400	2,700	3,000	2,400	2,700	3,000
Ingredients, %						
Yellow corn	53.10	60.10	67.10	50.30	56.40	62.50
Soybean meal	11.50	14.57	17.65	17.90	20.87	23.85
Wheat bran	25.25	13.73	2.20	21.65	10.83	0.00
Rice hulls	7.00	6.75	6.50	7.00	6.75	6.50
Limestone, pulverized	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Dicalcium phosphate	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Salt, iodized	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Choline chloride, 50%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Soybean oil	0.00	1.70	3.40	0.00	2.00	4.00
Vitamin premix ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix ²	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Calculated values						
CP, %	13.0	13.0	13.0	15.0	15.0	15.0
ME, kcal/kg	2401	2701	3002	2401	2703	3004
C fiber, %	8.00	6.9	6.0	8.0	7.0	6.1
Ca, %	0.78	0.77	0.77	0.79	0.79	0.78
Available P, %	0.41	0.39	0.38	0.41	0.40	0.39
Met, %	0.225	0.230	0.235	0.251	0.256	0.260
Met + Cystine, %	0.455	0.467	0.478	0.510	0.520	0.530
Lys, %	0.791	0.822	0.853	0.934	0.964	0.994
Analyzed values						
Crude protein (%) [*]	14.1 ± 0.08	13.8 ± 0.04	13.9 ± 0.57	15.6 ± 0.02	15.4 ± 0.02	15.1 ± 0.08
Ether extract (%) [*]	3.0 ± 0.03	4.9 ± 0.33	6.1 ± 0.53	3.4 ± 0.33	5.2 ± 0.74	6.9 ± 0.96

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

² Provided per kilogram of diet: Fe, 150 mg; Cu, 22.5 mg; Mn, 120 mg; Co 0.38 mg; Zn, 75 mg; I, 1.3mg; Se 0.23 mg.

^{*} Mean ± SD.

II. Feed composition determination

The crude protein and ether extract of feed samples were determined by Livestock Research Institute Feed Analysis Center, which using CNS 2770-5 method and CNS 2770-4 method, respectively.

III. Statistical analyses

The data of experiment were analyzed with General Linear Model (GLM). The ANOVA option of GLM as a 2 × 3

factorial arrangement of dietary treatments with dietary CP and ME as main effects were used with SAS software (SAS Institute, 1996). The differences of growth performance between the 6 dietary treatments were compared by the Tukey's Studentized Range Test when probability values were significant ($P < 0.05$).

Results

The effects of dietary CP and ME levels on the growth performance of geese from 4 to 8 WOA are given in Table 2. There were no significant difference in feed intake or BW gain between 13 and 15% CP levels during this period. Whereas, the FCR (feed intake / BW gain, kg : kg) of geese fed with 13% CP diet was better ($P < 0.05$) than those fed with 15% CP diets.

Table 2. The effects of CP and ME levels on growth performance of White Roman geese from 4 to 8 weeks of age

Item	Feed intake (g/day/goose)	BW gain (kg)	Feed conversion ratio (feed intake / BW gain, kg : kg)
CP levels, %			
13	292	1.93	4.25 ^b
15	302	1.93	4.38 ^a
ME, kcal/kg of diet			
2,400	317 ^a	2.03 ^a	4.37 ^a
2,700	302 ^a	1.91 ^b	4.43 ^a
3,000	274 ^b	1.85 ^b	4.14 ^b
	----- P-value -----		
CP	0.0826	0.8919	0.0372
ME	0.0001	0.0025	0.0028
CP × ME	0.0800	0.0781	0.3323

^{a, b} Means within a column that without a common superscript were significantly different ($P < 0.05$).

The effects of dietary ME levels significantly influenced ($P < 0.05$) the feed intake, BW gain, and FCR in this growing period. Feed intake and BW gain were increased by decreasing the dietary ME levels ($P < 0.01$). The highest and lowest FCR was 4.43 and 4.14 from the diets containing 2,700 and 3,000 ME kcal /kg respectively, and the lowest FCR significantly ($P < 0.01$) better than others.

No significant interaction between CP and ME factors had been detected in feed intake, BW gain, and FCR. However, the P values of feed intake ($P = 0.080$) and BW gain ($P = 0.078$) were low. This indicated that CP and ME interaction factor to feed intake and BW gain tended to interact.

Discussion

I. The CP effects on the growth performance of geese

A low CP diet suppresses the appetite of chicken (Leeson *et al.*, 1993). The feed intake of geese fed with the 13 and 15% CP diets had no significant difference ($P = 0.08$) in this study (Table 2). Similar with chicken, a lower feed intake (292 g/day/goose) was obtained from the geese fed with the lower 13% CP diets. It seems that the effect of low CP diets was to suppress the appetite of geese. The 13% CP diets had lower feed consumption and the same BW gain of geese fed with the 15% CP diets. However, the FCR of geese fed with the 13% CP diets was significantly ($P < 0.01$) better than those fed with the 15% CP diets. We concluded that the 13% CP level diet was useful for the growth of geese from 4 to 8 WOA.

II. Higher energy diet resulting better FCR on geese

Higher energy diets had better FCR on the broilers at 6, 7, and 8 WOA (Holsheimer and Veerkamp, 1992). The most critical nutritional factor for Pekin ducks is dietary nutrient density. Giving higher dietary ME concentration had better

FCR was also found in Pekin duck (Zeng *et al.*, 2015). The same result was found in this study, the geese from 4 to 8 WOA given higher energy diets had better FCR ($P < 0.01$) (Table 2).

III. The relation between energy and feed intake of geese

Morris *et al.* (1968) indicated that the effect of changing dietary energy on growing birds is dependent on the capacity of birds to alter feed intake to meet demands. Veldkamp *et al.* (2005) reported that feed intake decreased linearly as dietary energy increased in turkeys. Increasing diet energy from 2,500 to 3,250 ME kcal/kg, showed a decreasing feed intake from 318 to 273 g/day/goose on White Roman geese from 4 to 8 WOA (Wang *et al.*, 2004). In this study, increasing dietary energy from 2,400 to 3,000 ME kcal/kg of diet could decrease the feed intake from 317.1 to 274.0 g/day/goose in the geese from 4 to 8 WOA of geese (Table 2). Changing the dietary energy from 2,500 to 3,250 ME kcal/kg, the geese had the ability to alter the feed intake to meet geese demands (Wang *et al.*, 2004). We concluded that geese have to adjust their feed intake with diet ranging from 2,400 to 3,000 ME kcal/kg.

IV. Protein and essential amino acid intake of geese

The 15% CP level of grower diet was recommended by NRC (1994). The White Roman geese giving 15% CP diets under relative high and low environmental temperature, we calculated protein intake of the geese were 44.3 and 50.6 g/day/goose, respectively (Wang *et al.*, 2004). In this study the BW gain of geese fed with 2,400, 2,700 and 3,000 ME kcal/kg under 15% CP diet had no significant difference (Table 3). The 3 groups giving 15% CP diet had similar calculated protein intakes (47.0, 46.7 and 42.6 g/goose/day) and BW gain (1.99, 1.91 and 1.91 kg/goose) from 4 to 8 WOA, respectively.

Table 3. The growth performance of White Roman geese between 4 and 8 weeks of age

CP, %	13			15		
	2,400	2,700	3,000	2,400	2,700	3,000
ME, kcal/kg						
ME/CP ratio	185	208	231	160	180	200
8 weeks body weight (kg/goose)*	4.6 ± 0.4	4.4 ± 0.4	4.3 ± 0.5	4.5 ± 0.5	4.4 ± 0.4	4.4 ± 0.6
Body weight gain (kg/goose)	2.08 ± 0.07 ^a	1.92 ± 0.09 ^{bc}	1.80 ± 0.10 ^c	1.99 ± 0.10 ^{ab}	1.91 ± 0.07 ^{bc}	1.91 ± 0.11 ^{bc}
Feed intake (g/goose/day)	321 ± 14 ^a	294 ± 11 ^{bd}	264 ± 11 ^e	313 ± 13 ^{ac}	311 ± 8 ^{ab}	284 ± 18 ^d
Feed conversion rate**	4.32 ± 0.20 ^{bc}	4.30 ± 0.10 ^{bc}	4.12 ± 0.17 ^c	4.42 ± 0.10 ^{ab}	4.57 ± 0.13 ^a	4.17 ± 0.17 ^c
Calculated intake						
Protein (g/day)	41.7	38.2	34.3	47.0	46.7	42.6
Met + Cystine (g/day)	1.46	1.37	1.26	1.60	1.62	1.51
Lys (g/day)	2.54	2.42	2.25	2.92	3.00	2.82
ME (kcal/day)	770.4	793.8	792.0	751.2	839.7	852.0

* Mean ± SD.

** Feed intake/body weight gain.

^{a-c} Means within rows without a common superscript were significantly different ($P < 0.05$).

In 13% CP dietary treatments, the geese given the 3,000 ME kcal/kg diet showed the lowest protein intake (34.3 g/day/goose) and BW gain (1.80 ± 0.10 kg/goose). The geese fed with 2,700 ME kcal/kg diet had a 38.2 g/day/goose protein intake and had similar BW gain 1.92 kg/goose with the 15% CP dietary treatments, although lower than the calculated protein intake 44.3 g/day/goose from Wang *et al.* (2004). It means that the 38.2 g/goose/day protein intake was sufficient for the geese from 4 to 8 WOA.

Besides, we also calculated Methionine + Cystine and Lysine intake (protein intake × amino acid percentage of diet), which were 2.42 and 1.37 g/day/goose. It implied that diet with 2.42 g Methionine + Cystine and 1.37 g Lysine intake per day, was sufficient for the geese. We concluded that the 38.2 g/goose/day protein intake was sufficient for BW gain of White Roman geese from 4 to 8 WOA.

V. The ratio of energy to protein of diet influence the growth performance

Birds receiving higher energy diet had a lower feed intake and better FCR than birds receiving normal energy

diet (Waldroup *et al.*, 1990; Lei and Van Beek 1997; Hu *et al.*, 2008). Our data revealed that geese from 4 to 8 WOA receiving the lowest ME diet (2,400 ME kcal/kg) had the highest feed intake (317 g/day) and BW gain (2.03 kg) (Table 2). It implied that the ratio of energy to protein of diet might be an affecting factor.

The BW gain of geese fed with the three different energy diets with 15% CP had no significant difference (Table 3). The geese receiving the 231 ME/CP ratio diet had the lowest BW gain 264 ± 11 (mean \pm SD) g/goose/day. The result indicated that the 231 ME/CP ratio of diet is too high for geese from 4 to 8 WOA. The geese that fed with 208 ME/CP ratio diets (13% CP and 2,700 ME Kcal/kg) did not get a lower BW gain. We concluded that the ME/CP ratio for the geese was not more than 208, and the lower CP diet with suitable ME/CP ratio might be useful for the geese.

Acknowledgments

The authors wish to thank Miss L.L. Chen for the feeding geese. Thanks are also due to Mr. William K. Earl and Dr. J. Y. Kao for English editing.

References

- Allen, N. K. 1983. Nutrition of growing geese. *Rev. Avicole (France)* 93: 97-98.
- CNS 2770-4. 2011. 1.4 Promulgation for confirmation of national standards. CNS Number 2770-4. *Standards Gazette / Number 3*, pp. 1.
- CNS 2770-5. 2011. 1.4 Promulgation for confirmation of national standards. CNS Number 2770-5. *Standards Gazette / Number 3*, pp. 2.
- Holsheimer, J. P. and C. H. Veerkamp. 1992. Effect of dietary energy, protein, and lysine content on performance and yields of two strains of male broiler chicks. *Poult. Sci.* 71: 872-879.
- Hu, C. L., C. M. Wang, H. L. Juang, L. R. Chen, S. R. Lee, T. F. Chen and Y. S. Jea. 2008. Effect of dietary energy concentration on growth performance of fattening geese under hot season. *J. Taiwan Livest. Res.* 41(1): 45-50.
- Lei, S. and G. Van Beek. 1997. Influence of activity and dietary energy on broiler performance. Carcase yield and sensory quality. *Br. Poult. Sci.* 38: 183-189.
- Leeson, S., J. D. Summer and L. Caston. 1993. Growth response of immature brown-egg strain pullet to varying nutrient density and lysine. *Poult. Sci.* 72: 1349-1358.
- Morris, T. R. 1968. The effect of dietary energy level on the voluntary calorie intake of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 9: 285-295.
- National Research Council. 1994. *Nutrient Requirement of Poultry*. 9th revised edition. National Academy Press, Washington, D. C., USA.
- Saleyev, P. 1975. Ways of increasing goose meat production in the USSR. *World's Poult. Sci. J.* 31(4): 276-287.
- SAS Institute Inc. 1996. The SAS[®] system for Windows. Release 6.12 SAS Institute Inc., Carry, North Carolina.
- Stevenson, M. H. 1985. Effects of diets of varying energy concentrations on the growth and carcass composition of geese. *Br. Poult. Sci.* 26: 493-504.
- Stevenson, M. H. 1989. Nutrition of domestic geese. *Proc. Nutr. Soc.* 48: 103-111.
- Summer, J. D., G. Hurnik and S. Leeson. 1987. Carcass composition and protein utilization of Embden geese fed varying levels of dietary protein supplemented with lysine and methionine. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 159-164.
- Veldkamp, T., R. P. Kwakkel, P. R. Ferket and M. W. Verstegen. 2005. Growth responses to dietary energy and lysine at high and low ambient temperature in male turkeys. *Poult. Sci.* 84: 273-282.
- Waldroup, P. W., N. M. Tidwell and A. L. Izat, 1990. The effects of energy and amino acid levels on performance and carcass quality of male and female broilers grown separately. *Poult. Sci.* 69: 1513-1521.
- Wang, C. M., C. L. Hu, H. L. Juang, G. C. Wu, L. R. Chen and S. R. Lee. 2004. Environmental temperature effect on the growth performance of geese. *J. Taiwan Livestock Research*, 37: 163-169.
- Zeng, Q. F., P. Cherry, A. Doster, R. Murdoch, O. Adeola, and T. J. Applegate. 2015. Effect of dietary energy and protein content on growth and carcass traits of Pekin ducks. *Poult. Sci.* 94: 384-394.

飼糧粗蛋白與代謝能含量對 4 至 8 週齡白羅曼肉鵝 生長表現的影響⁽¹⁾

王錦盟⁽²⁾ 張雁智⁽³⁾⁽⁴⁾ 胡見龍⁽³⁾ 賈玉祥⁽³⁾

收件日期：108 年 6 月 17 日；接受日期：108 年 8 月 15 日

摘 要

本試驗目的在評估不同粗蛋白 (CP) 和代謝能 (ME) 含量對 4 至 8 週齡白羅曼肉鵝生長表現的影響。試驗以 192 隻 4 週齡白羅曼鵝為試驗動物。試驗採 2 × 3 複因子設計，即二種粗蛋白質含量 (13 及 15%) 與三代謝能含量 (2,400、2,700 及 3,000 kcal/kg)。結果顯示，試驗期間肉鵝給飼 13 或 15% 粗蛋白質飼糧，對肉鵝的採食量或增重均無顯著影響。給予 13% CP 飼糧之肉鵝飼料轉換率 (FCR) 顯著 ($P < 0.05$) 優於 15% CP 飼糧者。計算鵝隻的蛋白質攝入量，顯示 4 到 8 週齡肉鵝攝取 38.2 克 / 天的蛋白質，足以使鵝隻有良好的生長表現。降低 13% CP 飼糧的 ME 含量，顯著 ($P < 0.01$) 增加 4 至 8 週齡鵝隻的採食量和增重，而增加飼糧 ME 含量可改善鵝隻的 FCR。綜上所述，13% 粗蛋白質及 2,700 kcal/kg 代謝能含量飼糧，可滿足 4 到 8 週齡肉鵝生長所需。

關鍵詞：鵝、粗蛋白質、代謝能。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2620 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所彰化種畜繁殖場。

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

產蛋期代謝能餵飼量對籠飼褐殼蛋雞產蛋性能 及雞蛋品質之影響⁽¹⁾

林正鏞⁽²⁾⁽⁵⁾ 郭曉芸⁽³⁾ 張以恆⁽⁴⁾

收件日期：108 年 5 月 21 日；接受日期：108 年 8 月 9 日

摘 要

本試驗旨在探討產蛋期不同代謝能餵飼量，對籠飼褐殼蛋雞產蛋性能及雞蛋品質之影響。試驗選用 25 週齡商業品系之伊沙褐殼蛋雞 (Isa brown layers) 160 隻，依代謝能餵飼量分為 4 處理組，每組 4 重複，餵飼等蛋白質濃度 (18.5 g/ 隻 / 天) 但不同代謝能濃度之飼糧，每天每隻餵飼 95 g 飼料，各處理組之平均隻日代謝能餵飼量分別為 A 組 265 kcal、B 組 273 kcal、C 組 281 kcal 及 D 組 289 kcal。試驗期間水任飲，每天給與光照 16 小時，共進行 8 週，至 32 週齡結束。試驗期間記錄並測定產蛋雞之產蛋率、蛋重、產蛋量 (egg mass)、飼料能量效率比 (feed ME, kcal/egg mass, g)、蛋形指數、蛋殼顏色與強度及厚度、蛋黃重量、高度、顏色與蛋黃係數及蛋黃比例、蛋白比例與豪氏單位等，並作為衡量指標。結果顯示，產蛋率、蛋重、產蛋量、蛋黃重及蛋黃高度以 A 處理組 (265 kcal) 顯著低於其他處理組 ($P < 0.05$)。飼料能量效率比以 B 處理組 (273 kcal) 顯著優於 A 處理組 (265 kcal) ($P < 0.05$)。體重變化、死亡率、蛋殼品質、豪氏單位、蛋黃係數、蛋黃與蛋白比例、蛋形指數、蛋殼及蛋黃顏色等性狀於各處理組間則無顯著差異。本試驗結果顯示，褐殼蛋雞產蛋期之代謝能攝取量達 273 kcal/ 天 / 隻，即可維持良好產蛋率及雞蛋品質。

關鍵詞：褐殼蛋雞、代謝能、產蛋性能、雞蛋品質。

緒 言

依據行政院農業委員會畜禽統計調查結果 107 年底調查臺閩地區蛋雞在養隻數為 40,978,922 隻 (行政院農業委員會, 2019)。臺灣主要蛋雞飼養品種為海蘭 (Hy-Line)、羅曼 (Lohmann)、伊沙 (Isa)、漢德克 (Hendrix) 及海斯 (H&N nick) 等 5 大品種，其中以海蘭飼養最多，約佔 4 成 (中華民國養雞協會, 2017)。依蛋殼顏色分為褐蛋及白蛋，臺灣飼養之蛋雞以白殼蛋為主，一般而言白色雞生白殼蛋，紅 (有色) 雞生褐殼蛋。白色雞以單冠來航雞為主，多為品系間雜交，較神經質，對環境較敏感，易受緊迫影響，有色雞則為品種間或種間雜交，一般為洛島紅，母系為洛島白或蘆花雞，較溫順、體重大、採食量大、抗緊迫能力強，毛色分為紅色及黑色。產褐殼蛋之雞種因體型較大、採食量較多、產蛋率稍低及產蛋飼料利用效率較差，生產成本較高，雞蛋售價亦較高。消費者總認為褐殼蛋比白殼蛋的營養價值高，而雞蛋的營養決定在吃的飼料與飼養條件，雞蛋品質受品種、飼料、雞齡與飼養系統等之影響，雞蛋的顏色則是因為雞的品種不同。在臺灣、日本、美國及北歐之雞蛋生產以白殼蛋為主，西歐國家則以生產褐殼蛋為主，而法國、英國、義大利等褐殼的比例更高 (岳, 2014)。

Pearson and Herron (1982) 指出飼料中蛋白質含量，對繁殖性能之影響較能量之影響為小。許多研究報告亦指稱，產蛋雞於攝取未滿足產蛋所需營養範圍內，產蛋率會隨能量攝取量增加而提高 (Pym and Dillon, 1974; Pearson and Herron, 1982; Spratt and Lesson, 1987)。當能量供應不足固然不利於產蛋，但供應過多則易造成肥胖或脂肪堆積過多，亦會而影響產蛋，並影響蛋殼品質 (McDaniel *et al.*, 1981; McDaniel, 1983; Robbins *et al.*, 1988) 與降低種蛋之受精率與孵化率 (McDaniel *et al.*, 1981; Robbins *et al.*, 1986)。Pearson and Herron (1982) 指出，肉種雞的每日代謝能攝

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2621 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所生理組。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

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

取量介於 270 – 385 kcal 之間，種蛋重會隨每日能量攝取量增加而呈線性增加。Spratt and Lesson (1987) 亦指出，蛋黃比例會隨每日能量攝取量增加而增加。影響產蛋雞能量需要量的因素甚多，包括品種或品系 (Waldroup and Hazen, 1976; Lohmann tierzucht. 2016a, b)、體重 (NRC, 1994)、季節或環境溫度 (Isa, 2016a; Scott, 1985)、籠飼或平飼等飼養方式 (Pearson and Herron, 1981; Pearson and Herron, 1982)、胺基酸攝取量 (Bornstein *et al.*, 1979; Harms and Willson, 1980)、產蛋率或產蛋階段 (Pearson and Herron, 1980; Hy-Line International, 2016a, b; Isa, 2016a, b)。雞隻體重增加時，其維持之能量需要量亦增加 (NRC, 1994)，能量需要量會隨產蛋率增加而增加，當體重 1.5 kg 且產蛋率 70% 時，每天之代謝能需要為 264 kcal，當產蛋率提高至 90% 時，每天之代謝能需要則增加至 289 kcal (NRC, 1994)。在雞舍溫度為 15°C 時，每天之代謝能需要量為 322 kcal，當雞舍溫度升高至 35°C 時，每天之代謝能需要量降低至 262 kcal (Isa, 2016a)。在 25 – 45 週齡產蛋階段之白殼蛋雞每天代謝能需要量為 292 – 300 kcal，至 80 週齡代謝能需要量降為 280 kcal (Isa, 2016a)。產褐殼蛋雞隻因體型較大、採食量較多、產蛋率稍低及產蛋的飼料利用效率較差，其營養需要量與白殼蛋雞有所差異，且蛋雞的營養研究大多以白殼蛋為主。因此，本試驗進行褐殼蛋雞的產蛋期間代謝能需要量的研究，以期能提供業者參考。

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計

本試驗使用伊沙商業品系褐殼蛋雞 (Isa brown layers)，試驗採完全隨機設計，雞隻於 25 週齡時隨機分配至 4 種不同代謝能餵飼量的處理組，每天每隻雞餵飼 95 g 的飼料，使每隻母雞每天採食蛋白質 18.5 g (Isa, 2016b; Lohmann, 2016a)，每天不同的代謝能採食量分別為 265、273、281 及 289 kcal，試驗飼量組成如表 1。於試驗前一週調查產蛋及飼料採食量後，依體重及產蛋率進行分組。每處理組 4 重複，每重複 10 隻，計 160 隻，試驗為期 8 週，至 32 週齡結束，試驗期間為 5 – 6 月。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The compositions of the experimental diets

Ingredients	Metabolizable energy, kcal/day/hen			
	265	273	281	289
	----- % -----			
Yellow corn	46.97	45.17	42.97	40.91
Soybean meal	36.60	36.80	37.30	37.70
Soybean oil	4.30	5.90	7.60	9.25
Salt	0.40	0.40	0.40	0.40
Dicalcium phosphate	1.35	1.35	1.35	1.35
Limestone, pulverized	4.00	4.00	4.00	4.00
Oyster shell	6.00	6.00	6.00	6.00
DL-Methionine	0.18	0.18	0.18	0.18
Premix*	0.20	0.20	0.20	0.20
Total	100	100	100	100
Calculated value (ME, kcal/kg)	2,790	2,875	2,961	3,045
Analyzed value (%)				
Crude protein	20.90	21.11	20.62	20.57
Crude fat	6.44	8.21	9.09	9.90
Ca	3.84	3.63	3.97	3.93
Total phosphorus	0.62	0.63	0.59	0.59
Methionine	0.41	0.41	0.41	0.41
Cysteine	0.20	0.21	0.23	0.18
Lysine	1.11	1.17	1.15	1.11

* Supplied per kg of diet: Vit. A, 10,000 IU; Vit. D₃, 2,000 IU; Vit. E, 25 IU; Vit. K₃, 3 mg; Vit. B₁, 2 mg; Vit. B₂, 5.1 mg; Niacin, 30 mg; Vit. B₆, 3.65 mg; Vit. B₁₂, 5 µg; Biotin, 0.1 mg; Folic acid, 1 mg; Calcium pantothenate, 10 mg; Fe, 30 mg; Zn 30 mg; Cu, 10 mg; Mn 50 mg; I, 1 mg; Se, 0.1mg.

II. 試驗動物之飼養

試驗禽舍為周邊有金屬圍籬，防止野鳥進入的傳統型非開放式禽舍，內有 V 字型左右兩邊各有上、下二排的個別產蛋籠，個別產蛋籠的大小為寬 24 cm × 深 30 cm × 高 30 cm。每天給予 16 小時光照，試驗期間水採任飲，飼料於每天下午一次餵給，翌日上午進行撥料，並每天記錄產蛋率，蛋重每週測定一次，蛋形指數 (egg shape index)、蛋殼顏色 (L、a、b 值) 與蛋殼品質 (強度、厚度及比例)、蛋黃顏色 (L、a、b 值)、重量、高度與蛋黃係數 (yolk index) 及比例、蛋白比例與豪氏單位 (Haugh Unit, HU) 等雞蛋品質性狀，則每 4 週測定一次，並於試驗結束時進行個別雞隻秤重。

III. 測定項目

(i) 體重變化

分別於試驗開始及試驗結束秤量個別母雞體重，體重變化 = 結束體重 - 開始體重。

(ii) 產蛋性能

自試驗開始至試驗結束，每天記錄個別母雞每日產蛋狀況及死亡率，以計算隻日產蛋率 (hen-day laying rate)。每週測量個別母雞在當週所產 1 顆蛋的平均重量，以進行產蛋量 (egg mass) 計算。隻日產蛋量 (egg mass, g/day/bird) = 隻日產蛋率 % × 蛋重 g。

(iii) 雞蛋品質

每 4 週測定蛋形指數、蛋殼顏色與蛋殼品質、蛋黃顏色、重量、高度與蛋黃係數及比例、蛋白比例與豪氏單位等雞蛋品質性狀一次。測定時於 15:30 收集當日產下的新鮮雞蛋，並於收集後 24 小時內測量蛋重，以電子卡尺 (Mitutoyo, Japan) 測量雞蛋之短徑及長徑，並計算蛋形指數 (蛋的短徑 / 長徑 × 100)；並以手提式色差計 (NR-300, Nippon Denshoku, Japan) 測定蛋殼及蛋黃色澤，以 CIE L, a, b 值代表蛋殼及蛋黃之色度，L 值代表亮度，a 值代表紅色度，b 值代表黃色度。再以蛋殼強度器 (FHK, Japan) 測定蛋殼強度後，打開蛋殼將蛋內容物置於蛋品質測定儀 (FHK, Japan) 載臺上，以電子卡尺測量濃厚蛋白與蛋黃高度及蛋黃直徑，以計算蛋黃指數 (蛋黃高度 / 蛋黃直徑)，並依 Silversides and Villeneuve (1994) 之公式計算豪氏單位 (Haugh Unit, HU)，即 $HU = 100 \times \log (H - 1.7 \times W^{0.37} + 7.57)$ ，式中的 H 為蛋白高度 (mm)，W 為全蛋重 (g)。之後再分離蛋白後測量蛋黃重量。而打開之蛋殼在將蛋殼擦乾後秤蛋殼重，並去除蛋殼膜，分別在鈍端、尖端與赤道區域 (equatorial area) 各取一塊蛋殼，以圓球端點的蛋殼厚度計 (FHK, Japan) 測量得平均蛋殼厚度 (mm) (Nordskog and Farnsworth, 1953)。由以上測量之數據，分別計算得蛋殼重、蛋白重與蛋黃重，再分別計算其佔雞蛋之比例。

IV. 統計分析

試驗資料利用 SAS (2014) 統計分析系統的一般線性模式程序 (general linear model procedure) 進行分析，並以最小平方均值 (least squares mean, LSM) 測定法，比較各處理組間差異的顯著性。

結果與討論

I. 產蛋性能

表 2 列示產蛋期代謝能餵飼量對籠飼褐殼蛋雞產蛋性能之影響。結果顯示，每天之代謝能餵飼量於 265 - 289 kcal 間，對體增重與死亡率並無顯著影響，但隻日產蛋率、平均蛋重及隻日產蛋量，以 A 處理組 (265 kcal) 顯著低於其他各處理組 ($P < 0.05$)。產蛋飼料能量效率比 (每產 1 g 蛋所需之飼料代謝能消耗量) 以 B 處理組 (273 kcal) 顯著優於 A 處理組 (265 kcal) ($P < 0.05$)。林及徐 (1997) 指稱，每日代謝能攝取量介於 240 - 290 kcal 間，對種母土雞之產蛋率及產蛋飼料利用效率並無顯著影響，但蛋重及體增重則隨代謝能攝取量增加而增加。Pearson and Herron (1982) 亦指出，肉種雞的每日代謝能攝取量介於 270 - 385 kcal 間，蛋重隨每日能量攝取量增加而呈線性增加。而其他之研究報告顯示，能量攝取量於未滿足母雞產蛋所需範圍內，產蛋率會隨能量攝取量增加而提高 (Pym and Dillon, 1974; Pearson and Herron, 1982; Spratt and Lesson, 1987)。另 McDaniel *et al.* (1981) 及 McDaniel (1983) 之報告則指稱，能量供應不足固然不利於產蛋，但供應過多則易造成肥胖而影響產蛋率、蛋殼品質、受精率及孵化率。NRC (1994) 建議之白殼蛋雞於產蛋率 90% 時每天推薦之蛋白質攝取量為 18.2 g，代謝能攝取量為 319 kcal。Isa 褐殼蛋雞於 18 週齡可進入初產，於 21 週齡開始 (產蛋第 4 週) 進入高產蛋期 (85% 以上)，25 - 32 週齡之平均產蛋率為 94.9%，平均蛋重為 60.8 g；如以進入產蛋後第 5 - 12 週之產蛋率計算，平均產蛋率為 94.2%，平均蛋重為 59.7 g。褐殼蛋雞於初產 - 45 週齡之代謝能攝取量建議應在 266 kcal 以上，

且從 5% 產蛋率至 28 週齡之體重應增加 20% (約 300 g) (Isa, 2016a)，而本試驗能量餵飼量介於 265 – 289 kcal/hen/day 間，於試驗期間各組均處於能量正平衡 (增重) 狀態，各組之增重介於 52 – 93 g 間，且於各組間並無顯著差異。而白殼蛋雞於 25 – 32 週齡之蛋白質需要量為 18.0 g/天，代謝能需要量為 292 – 300 kcal，但溫度每升高 1°C 代謝能需要量降低 3 kcal，於 27 – 35°C 時，代謝能需要量介於 262 – 294 kcal 之間 (Isa, 2016b)。而羅曼褐殼蛋雞於產蛋一期每天之蛋白質需要量為 18.5 g，代謝能需要量為 250 – 277 kcal (Lohmann, 2016a)。本試驗結果顯示，在開放式雞舍蛋雞個別籠飼下，褐殼蛋雞產蛋期 (25 – 32 週齡) 每天之代謝能攝取量達 273 kcal/天/隻即已足夠所需。

表 2. 伊沙褐殼蛋雞產蛋期 (25 – 32 週齡) 代謝能餵飼量對產蛋性能之影響

Table 2. Effect of metabolizable energy intake levels on egg production performances of cage Isa brown layers during 25 to 32 weeks of age laying period

Items	Metabolizable energy, kcal/day/hen			
	265	273	281	289
Initial body weight, g	1,685 ± 70*	1,688 ± 72	1,683 ± 67	1,682 ± 76
Initial egg production, %	86 ± 4	87 ± 4	86 ± 4	87 ± 4
Initial egg weight, g	52.3 ± 0.4	52.5 ± 0.4	52.2 ± 0.5	52.6 ± 0.4
Avg. egg production, %	79.9 ± 1.8 ^c	94.9 ± 1.6 ^a	88.0 ± 1.7 ^b	93.6 ± 1.5 ^a
Avg. egg weight, g	57.7 ± 2.2 ^b	59.6 ± 2.3 ^a	60.1 ± 2.5 ^a	59.4 ± 2.1 ^a
Avg. egg mass, g/day/hen	46.1 ± 1.9 ^c	56.6 ± 1.8 ^a	52.9 ± 2.0 ^b	55.6 ± 1.9 ^{a,b}
Energy efficiency, ME intake, kcal/egg mass, g	5.7 ± 0.3 ^b	4.8 ± 0.3 ^a	5.3 ± 0.3 ^{a,b}	5.2 ± 0.3 ^{a,b}
Body weight change, g	80 ± 16	52 ± 15	93 ± 18	63 ± 17
Mortality, %	0	0	0	0

* Mean ± standard deviation.

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

II. 蛋殼顏色與蛋殼品質

產蛋期代謝能餵飼量對籠飼褐殼蛋雞蛋殼顏色與蛋殼品質之影響列示於表 3。結果顯示，每天之代謝能餵飼量於 265 – 289 kcal 間，對蛋殼顏色與蛋殼品質並無顯著影響。蛋殼顏色的均一性為商品差別化的條件之一。消費者總認為褐殼蛋比白殼蛋的營養價值高，褐色蛋的主要色素為原紫質 (protoporphyrin)，若行紫外線照射會發出紅色的螢光。原紫質的含量和蛋殼顏色之間有密切的關係，於洛島紅雞所產之深褐色蛋、褐色蛋及淡褐色蛋之蛋殼，原紫質含量分別為 59.1、44.6 及 16.1 mg/kg。蛋殼色素是存在於子宮黏膜，原紫質大部分沈著於蛋殼被膜的角質層，在雞於產蛋前 3 – 5 小時集中著色。如以反射分光器 (reflectometer) 進行蛋殼測定時，當蛋殼顏色濃時，反射的光亮少所以分光器的讀數小，相反的，當蛋殼顏色淡時，因反射光量多，所以分光器的讀數大。白色蛋的讀數若為 100%，濃褐色蛋約是 38%。蛋殼的顏色受雞種 (高遺傳率)、日齡 (隨機齡增加而變淡，尤其是 40 週齡以後，變化更明顯)、疾病 (呼吸道疾病及某些球蟲藥會使蛋殼顏色變淡) 及緊迫、蛋殼厚度 (蛋殼薄的色素的沈著亦較少)、貯蛋日數及貯蛋的光照強度 (蛋殼顏色隨貯蛋天數及貯蛋時的光照強度增加而變淡)、飼養型態 (蛋殼的顏色以籠飼 > 平飼 > 放牧) (褚, 2007) 等多種因素影響。如擬利用飼料或添加物想直接改善蛋殼顏色，是不易的，仍有研究之空間。

蛋殼厚度與蛋殼強度均與破損蛋的發生有密切的關係。蛋殼強度為雞蛋於一定面積所能承受之重量，一般以每平方公分可承受多少公斤為單位。Isa 褐殼蛋雞手冊 (2016a) 於產蛋期平均之蛋殼強度為 4.1 kg/cm²，Hy-Line W36 蛋雞手冊 (2016b) 顯示，蛋殼強度於 32 週齡時為 4.16 kg/cm²，且隨年齡增加而降低，由初產時的 4.28 kg/cm²，降至 80 週齡的 3.91 kg/cm²。蛋殼厚度為蛋殼去除蛋殼膜後測量所得之數值。一般雞蛋的蛋殼厚度為 0.26 – 0.36 mm (葉, 2001)。蛋殼品質會受雞隻品種、年齡、溫度及飼料配方等因素影響 (Bar *et al.*, 1999; Anderson *et al.*, 2004; Khajali *et al.*, 2008)。蛋殼含蛋殼膜一般佔全蛋比例的 10 – 13%，此數值會受飼養管理、飼糧及年齡的影響 (岳, 2014)。林及徐 (1994) 指稱，飼糧代謝能含量於 2,700 – 2,900 kcal 間，對蛋殼厚度及蛋殼強度並無顯著影響，但雞隻餵飼含 14.5% 蛋白質者之蛋殼強度顯著較餵飼蛋白質 17.5% 者低。另林及徐 (1997) 之報告指稱，每日攝取 240 – 290 kcal 的代謝能對蛋殼厚度及蛋殼強度並無顯著影響。褚 (2007) 指稱蛋殼品質會受疾病、雞齡、礦物質 (特別是鈣及磷) 攝取量、鈣源種類與顆粒大小、餵飼時間、產蛋時刻、光照制度、季節及環境溫度等因素的影響。

表 3. 伊沙褐殼蛋雞產蛋期 (25 – 32 週齡) 代謝能餵飼量對蛋殼色澤及品質之影響

Table 3. Effect of metabolizable energy intake levels on the egg shell colors and egg shell quality of cage Isa brown layers during 25 to 32 weeks of age laying period

Items	Metabolizable energy, kcal/day/hen			
	265	273	281	289
Egg shell L value	61.3 ± 3.6*	63.7 ± 5.5	63.6 ± 3.9	63.8 ± 5.6
Egg shell a value	17.4 ± 1.9	16.7 ± 3.4	16.1 ± 3.4	15.8 ± 3.2
Egg shell b value	25.0 ± 1.2	23.7 ± 1.9	23.8 ± 2.1	24.6 ± 1.8
Egg shell a/b value	0.69 ± 0.03	0.70 ± 0.04	0.68 ± 0.03	0.64 ± 0.04
Egg shell strength, kg/cm ²	4.1 ± 1.0	4.4 ± 0.8	4.0 ± 1.3	4.0 ± 1.5
Egg shell thickness, mm	0.39 ± 0.04	0.39 ± 0.03	0.40 ± 0.05	0.38 ± 0.04
Egg shell rate, %	12.7 ± 1.3	12.9 ± 2.0	12.1 ± 1.3	11.7 ± 1.1

* Mean ± standard deviation.

本結果顯示，在開放式雞舍蛋雞個別籠飼下，褐殼蛋雞產蛋期每天之代謝能攝取量在 265 – 289 kcal 間對蛋殼顏色與蛋殼品質並無顯著影響，即每天之代謝能攝取量達 265 kcal 以上即可獲得良好之蛋殼品質。

III. 蛋黃顏色及蛋黃品質

表 4 列示產蛋期代謝能餵飼量對籠飼褐殼蛋雞蛋黃顏色及蛋黃品質之影響。結果顯示，每天之代謝能餵飼量於 265 – 289 kcal 間對蛋黃顏色與蛋黃係數並無顯著影響，但蛋黃重量及蛋黃高度蛋則以每天餵飼 265 kcal 處理組，顯著較其他處理組為低 ($P < 0.05$)。Alkan *et al.* (2008) 之報告顯示，蛋黃高度與蛋重及雞蛋長度之相關性甚低，但與雞蛋寬度之相關性較高。蛋黃係數不只和蛋的新鮮度有關，亦與豪氏單位有相當高的關連性，所以它亦頗適合用於作內部蛋品質的綜合評價 (褚，2007)。而本試驗各處理組間之蛋黃係數均在 0.40 以上，屬於一級蛋的範疇。

產蛋雞的卵巢內一般有數個黃色 (4 – 6 個) 卵泡，與為數甚多 (約 1 – 1.2 萬個) 之白色卵泡。在休止階段之多數白色小卵泡之中的一個，於某個時間點起可開始蓄積卵黃，其體積每日可見增加，直至排卵為止。鳥類的卵泡可在短期間內 (7 – 12 日) 發育且急速成長，而約有 86% 的卵泡急速成長日數是 8 – 9 日 (褚，2007)。Spratt and Lesson (1987) 指出，蛋黃重及蛋黃比例隨每日能量攝取量增加而增加。蛋黃呈球形，外有蛋黃膜包覆並被繫帶固定。蛋黃品質的檢測項目主要有顏色、表面斑紋之有無、蛋黃係數及蛋黃在蛋白中之位置 (蛋白偏心率) 等。而蛋黃係數之變化可作為蛋黃性狀及雞蛋新鮮度的指標 (Keener *et al.*, 2006)，新鮮雞蛋的蛋黃係數為 0.36 – 0.44 (中華民國養雞協會，2013)。隨著雞蛋鮮度的劣化，蛋黃係數與蛋黃膜強度亦逐漸變低，導致在打蛋的時候蛋黃膜很容易破裂，這與蛋白的 pH 上升，及濃厚蛋白水樣化有密切關係。亦即蛋黃係數的劣化和雞蛋內部所有品質的低下是一致的。蛋黃係數主要受蛋貯存天數與溫度的影響 (貯存溫度越高劣化越快) (褚，2007)。蛋黃顏色的濃淡對消費者的視覺而言是一種差別化的要素，消費者認為蛋黃顏色較深的雞蛋營養價值高，且外觀較漂亮。蛋黃的顏色從淡如奶油色到深如橘紅色，市售雞蛋的蛋黃顏色一般介於羅氏蛋黃顏色比色扇 (Roche yolk color fan score) 的 7 – 12 級間。黃色蛋黃的介於 7 – 9 級間，橘紅色蛋黃的則介於 9 – 12 級間。羅氏蛋黃顏色比色扇與反射分光器測定之 L 值的相關係數是 -0.898，與 a 值的相關係數是 0.963，與 b 值的相關係數是 0.953，與 a/b 值的相關係數達 0.996，這是因為羅氏蛋黃顏色比色扇的色調設定基準主要是基於黃色調的紅色調之程度關係而來的 (褚，2007)。蛋黃的色素成分主要是類胡蘿蔔素 (carotenoids)，而類胡蘿蔔素根據其組成可分為胡蘿蔔素 (carotene) 和葉黃素 (xanthophyll)。葉黃素又可細分為玉米黃素或稱隱黃素 (cryptoxanthin)、葉黃素 (lutein) 及玉米黃質 (zeaxanthin) 三種。蛋黃中的色素量以 lutein 最多，佔 63 – 76%，其次是 zeaxanthin，佔 15 – 32%，第三是 cryptoxanthin，佔 3 – 10%，最後是 carotene，佔 2 – 4%，其中 carotene 和 cryptoxanthin 具有維生素 A 的效果，它佔總色素的 10% 左右，而 α -carotene 及 cryptoxanthin 之維生素 A 效力只有 β -carotene 的一半 (岳，2014)。為了得到羅氏蛋黃顏色比色扇 9 – 12 級的蛋黃顏色，每公斤飼料中的葉黃素含量必須要有 18 – 35 mg。而蛋雞飼料中的玉米用量約為 50 – 60% 左右，每公斤飼料中的葉黃素含量僅約 10 – 13 mg，故飼料中必須使用玉米麩粉與苜蓿粉等色素含量較高之飼料原料，或於飼料中添加金盞花粉與辣椒粉或萃取物等物質來達成。蛋黃顏色主要受飼料中類胡蘿蔔素含量多寡的影響，另飼料中添加高量的脂溶性維生素，會減少類胡蘿蔔素的吸收而影響蛋黃顏色，而雞隻呼吸道疾病亦會造成蛋黃顏色變淡 (褚，2007)。

表 4. 伊沙褐殼蛋雞產蛋期 (25 – 32 週齡) 代謝能餵飼量對蛋黃色澤及蛋黃品質之影響

Table 4. Effect of metabolizable energy intake levels on the egg yolk colors and egg yolk quality of cage Isa brown layers during 25 to 32 weeks of age laying period

Items	Metabolizable energy, kcal/day/hen			
	265	273	281	289
Egg yolk L value	56.1 ± 1.9 [*]	58.0 ± 2.2	57.5 ± 2.2	56.9 ± 2.9
Egg yolk a value	7.2 ± 1.1	8.1 ± 1.9	7.8 ± 1.5	6.7 ± 1.5
Egg yolk b value	27.1 ± 2.9	28.5 ± 3.2	27.7 ± 2.5	27.8 ± 3.2
Egg yolk a/b value	0.26 ± 0.02	0.28 ± 0.03	0.28 ± 0.03	0.24 ± 0.02
Yolk height, mm	17.9 ± 0.8 ^b	18.6 ± 0.8 ^a	19.1 ± 0.8 ^a	18.8 ± 0.9 ^a
Yolk weight, g	12.5 ± 1.3 ^b	13.8 ± 1.3 ^a	13.9 ± 1.0 ^a	13.9 ± 0.9 ^a
Yolk index	0.46 ± 0.02	0.46 ± 0.02	0.43 ± 0.06	0.47 ± 0.04

^{*} Mean ± standard deviation.

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

本試驗之結果顯示，於籠飼狀態下褐殼蛋雞產蛋期每天之代謝能攝取量介於 265 – 289 kcal 間並不會影響蛋黃顏色與蛋黃係數，而每天之代謝能攝取量達 273 kcal 以上則有較重的蛋黃重及蛋黃高度。

IV. 蛋形指數、豪氏單位、蛋白比例及蛋黃比例

產蛋期代謝能餵飼量對籠飼褐殼蛋雞蛋形指數、蛋白豪氏單位、蛋白比例及蛋黃比例之影響列示於表 5。結果顯示，代謝能每天餵飼量在 265 – 289 kcal 間對蛋形指數、蛋白豪氏單位、蛋白比例及蛋黃比例均無顯著影響。標準的蛋形應該是優美的橢圓形，它是消費者一目瞭然的商品價值之一。一般蛋形指數若在 72 – 76 的範圍內均屬正常。蛋形過長或太圓非但不好看，亦會影響蛋的放置、包裝及搬運，在蛋的包裝時也比較容易發生破損。因此蛋形的整齊有助於商品價值的提高。蛋形指數主要受雞種、年齡及疾病的影響，一般而言褐蛋品種之蛋形指數大於白蛋品種，且褐蛋品種之蛋形指數隨年齡增加而變小，白蛋品種之蛋形指數則較不受年齡影響，而傳染性支氣管炎與新城雞病等呼吸器官疾病更可導致生產畸形蛋 (褚, 2007)。蛋白品質的檢定項目包括濃厚蛋白稀薄化程度、蛋白的起泡性、顏色、透明度及有無異物混入等。其中濃厚蛋白稀薄化程度可藉由蛋白係數及豪氏單位作判定，為雞蛋新鮮度的重要指標。新鮮蛋之蛋白係數約介於 0.14 – 0.17，豪氏單位則為 80 – 90。豪氏單位不只和蛋白的品質有關，亦與蛋黃品質有相當高的關連性，所以它頗適合用於做蛋內部品質的綜合評價。一般將豪氏單位達 79 以上者列為特 A 級，61 – 78 為一級，60 以下則列為二級 (United States Department of Agriculture, 2000)。Isa 褐殼蛋雞手冊 (2016a) 於產蛋期平均之豪氏單位為 82，Hy-Line W36 蛋雞手冊 (2016b) 顯示，豪氏單位於 32 週齡時為 93.2，且隨年齡增加而降低，由初產時的 98.0，降至 80 週齡的 85.0。雞蛋品質亦會隨存放時間增加而改變，而在存放時間相等情況下亦受到雞之品系、年齡、溫度、飼料配方、疾病及貯存條件所影響 (岳, 2014; Roberts, 2004; Khajali *et al.*, 2008)。雞蛋組成主要可分為三部分，即蛋殼 (約佔蛋重的 10%，主要為無機物，其中有 98% 為碳酸鈣)、蛋黃 (約佔蛋重的 30%，含水分 50%、脂肪 35%、蛋白質 17%、碳水化合物 1%) 及蛋白 (約佔蛋重的 60%，含水分 85%、蛋白質 10%、碳水化合物 0.9%、無機物 0.6%) (James *et al.*, 1998; Roberts, 2004; Hunton, 2005)。Scott and Silversides (2000) 指稱，褐殼蛋雞之蛋白比例較白殼蛋雞為高，但蛋黃比例較白殼蛋雞為低，其於 Isa 蛋雞之研究發現，Isa 褐殼蛋雞之蛋重與蛋白重較 Isa 白殼蛋雞為重，而蛋黃重及蛋白高則較 Isa 白殼蛋雞為低。Silversides (1994) 則指出，蛋重、蛋黃重、蛋白重、蛋殼重、蛋白高及豪氏單位等均受到週齡影響，其中蛋重、蛋白重及蛋黃比例隨著週齡增加而上升，蛋白高、豪氏單位、蛋殼比例及蛋白比例則隨著週齡增加而下降。林及徐 (1994) 指稱，飼糧蛋白質含量於 14.5 – 17.5% 間，代謝能含量於 2,700 – 2,900 kcal 之間，對蛋黃重及蛋黃比例並無顯著影響。但林及徐 (1997) 之報告指稱每日攝取 11.0 – 18.5 g 的蛋白質量並不會影響蛋黃比例，但每日的代謝能攝取量會影響蛋黃比例，當代謝能攝取量低於 250 kcal 者，其蛋黃比例顯著低於攝取 280 kcal 以上者。而本試驗之代謝能差距較小，可能為蛋黃比例無顯著差異之原因。本試驗之結果顯示，於籠飼狀態下褐殼蛋雞產蛋期每天之代謝能攝取量介於 265 – 289 kcal 間並不會影響蛋形指數、蛋白豪氏單位、蛋白比例及蛋黃比例，即每天之代謝能攝取量達 265 kcal 以上即可獲得良好之蛋形指數及蛋白之豪氏單位。

表 5. 伊沙褐殼蛋雞產蛋期 (25 – 32 週齡) 代謝能餵飼量對蛋形指數、豪氏單位、蛋白及蛋黃比例之影響

Table 5. Effect of metabolizable energy intake levels on the egg shape index, haugh unit, egg white and yolk ratio of cage Isa brown layers during 25 to 32 weeks of age laying period

Items	Metabolizable energy, kcal/day/hen			
	265	273	281	289
Egg shape index	78.8 ± 2.2*	78.2 ± 1.3	77.3 ± 3.5	78.8 ± 3.2
Haugh unit	86.1 ± 7.4	87.0 ± 4.2	87.4 ± 9.7	85.2 ± 7.9
Egg white ratio, %	65.5 ± 2.4	65.4 ± 1.3	65.5 ± 1.9	65.9 ± 1.7
Yolk ratio, %	21.8 ± 2.3	22.2 ± 1.6	22.4 ± 1.6	22.4 ± 1.2

* Mean ± standard deviation.

綜合本試驗之結果顯示，於籠飼狀態下褐殼蛋雞產蛋期每天之代謝能攝取量達 273 kcal 以上即可獲得良好之產蛋性能及產蛋品質。

參考文獻

- 中華民國養雞協會。2013。雞蛋新鮮度判別。臺北市。
- 中華民國養雞協會。2017。蛋種雞進口數量統計表。Accessed Jul. 4, 2017.<http://www.poultry.org.tw/industry02.php>。
- 行政院農業委員會。2019。畜禽統計調查結果。agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx。
- 林正鏞、徐阿里。1994。飼糧蛋白質及能量含量對種母土雞繁殖性能之影響。畜產研究 27：325-338。
- 林正鏞、徐阿里。1997。種母土雞蛋白質及代謝能需要量。畜產研究 30：111-123。
- 岳喜慶。2014。畜產食品加工學。中國輕工業出版社，北京市。
- 葉力子。2001。畜牧要覽：家禽篇。華香園出版社，臺北市。
- 褚慶環。2007。蛋品加工技術。中國輕工業出版社，北京市。
- Alkan, S., Kemal Karabag, Askin Galic and M. Soner Balcioglu. 2008. Predicting yolk height, yolk width, albumen length, eggshell weight, egg shape index, eggshell thickness, egg surface area of Japanese quails using various eggs traits as regressors. International J. Poult. Sci. 7: 85-88.
- Anderson, K. E., J. B. Tharrington, P. A. Curtis and F. T. Jones. 2004. Shell characteristics of eggs from histornic strains of single comb white leghorn chickens and the relationship of egg shape to shell strength. Int. J. Poult. Sci. 3: 17-19.
- Bar, A., E. Vax and S. Striem. 1999. Relationships among age, eggshell thickness and vitamin D metabolism and its expression in the laying hen. Comp. Biochem. Physiol. A-Mol. Integr. Physiol. 123: 147-154.
- Bornstein, S., S. Hurwitz and Y. Lev. 1979. The amino acid and energy requirements of broiler hens. Poult. Sci. 58: 104-116.
- Harms, R. H. and H. R. Wilson. 1980. Protein and sulfur amino acid requirements of broiler breeder hens. Poult. Sci. 59: 470-472.
- Hunton, P. 2005. Research on eggshell structure and quality: an historical overview. Braz. J. Poult. Sci. 7: 67-71.
- Hy-Line International. 2016a. Hy-Line brown layers management guide. West des moines. US.
- Hy-Line International. 2016b. Hy-Line W-36 layers management guide. West des moines. US.
- Isa. 2016a. Isa brown product guide cage production system. Boxmeer. The Netherlands.
- Isa. 2016b. Isa white product guide cage production system. Boxmeer. The Netherlands.
- James, J. M., R. S. Zeiger, M. R. Lester, M. B. Fasano, J. E. Gern, L. E. Mansfield, H. J. Schwartz, H. A. Sampson, H. H. Windom, S. B. Machtinger and S. Lensing. 1998. Safe administration of influenza vaccine to patients with egg allergy. J. Pediatr. 133: 624-628.
- Khajali, F., E. A. Khoshouie, S. K. Dehkordi and M. Hematian. 2008. Production performance and egg quality of Hy-Line W36 laying hens fed reduced-protein diets at a constant total sulfur amino acid: lysine ratio. J. Appl. Poult. Res. 17: 390-397.
- Keener, K. M., K. C. McAvoy, J. B. Foegeding, P. A. Anderson and J. A. Osborne. 2006. Effect of testing temperature on intestinal egg quality measurements. Poult. Sci. 85: 550-555.

- Lohmann tierzucht. 2016a. Lohmann LSL-Lite layers management guide. Cuxhaven, Germany.
- Lohmann tierzucht. 2016b. Lohmann brown-classic layers management guide. Cuxhaven, Germany.
- McDaniel, G. R., J. Brake and R. D. Bushong. 1981. Factors affecting broiler breeder performance. 1. Relationship of daily feed intake level to reproductive performance of pullets. *Poult. Sci.* 60: 307-312.
- McDaniel, G. R. 1983. Factors affecting broiler breeder performance. 5. Effects of preproduction feeding regimens on reproductive performance. *Poult. Sci.* 62: 1949-1953.
- Nordskog, A. W. and G. Farnsworth. 1953. The problem of sampling for egg quality in a breeding flock. *Poult. Sci.* 32 (Suppl.): 918 (abstr.).
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. Ninth revised edition. National academy press, Washington, D. C.
- Pearson, R. A. and K. M. Herron. 1980. Feeding standards during lay and reproductive performance of broiler breeders. *Br. Poult. Sci.* 21: 171-178.
- Pearson, R. A. and K. M. Herron. 1981. Effects of energy and protein allowances during lay on the reproductive performance of broiler breeder hens. *Br. Poult. Sci.* 22: 227-239.
- Pearson, R. A. and K. M. Herron. 1982. Relationship between energy and protein intakes and laying characteristics in individually-caged broiler breeder hens. *Br. Poult. Sci.* 23: 245-259.
- Pym, R. A. and J. F. Dillon. 1974. Restricted food intake and reproductive performance of broiler breeder pullets. *Br. Poult. Sci.* 15: 245-259.
- Robbins, K. R., G. C. McGhee, P. Osei and R. E. Beauchene. 1986. Effects of feed restriction on growth, body composition, and egg production of females through 68 weeks age. *Poult. Sci.* 65: 2226-2231.
- Robbins, K. R., S. F. Chin, G. C. McGhee and K. D. Roberson. 1988. Effects of *ad libitum* versus restricted feeding on body composition, and egg production of broiler breeders. *Poult. Sci.* 67: 1001-1007.
- Roberts, J. R. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *J. Poult. Sci.* 41: 161-177.
- SAS Institute. 2014. SAS® University Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Scott, M. L. 1985. Dietary nutrient allowances for chickens, Turkeys. *Feedstuffs* 57: 17-19.
- Scott, T. A. and F. G. Silversides. 2000. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poult. Sci.* 79: 1725-1729.
- Silversides, F. G. 1994. The Haugh unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different lines and ages. *J. Appl. Poult. Res.* 3: 120-126.
- Silversides, F. G., and P. Villeneuve. 1994. Is the Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature? *Poult. Sci.* 73: 50-55.
- Spratt, R. S. and L. Lesson. 1987. Broiler breeder performance in response to diet protein and energy. *Poult. Sci.* 66: 683-693.
- United States Department of Agriculture. 2000. United States standards, grades, and weight classes for shell eggs. AMS 56.
- Waldroup, P. W. and K. R. Hazen. 1976. A comparison of the daily energy needs of the normal and dwarf broiler breeder hen. *Poult. Sci.* 55: 2342-2347.

The effect of metabolizable energy intake on the egg production and egg quality for brown layers in cage during laying period ⁽¹⁾

Cheng-Yung Lin ⁽²⁾⁽⁵⁾ Hsiao-Yun Kuo ⁽³⁾ and I- Heng Chang ⁽⁴⁾

Received: May 21, 2019; Accepted: Aug. 9, 2019

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of dietary metabolizable energy (ME) levels on the egg production and quality for brown layers raised in cage. A total of one hundred and sixty Isa commercial brown layers, 25 weeks of age were randomly divided into four groups and provided the average daily ME intake for 265 kcal, 273 kcal, 281 kcal, and 289 kcal, respectively. Each group was fed with the isoprotein diet and restricted the diet for 95 g per day per bird (18.5 g protein/bird/day). Laying hens in each group were allocated into four replicates with 10 in each treatment group. Water was supplied *ad libitum* and photoperiod was provided 16 hours per day. Experimental period was eight weeks from 25 to 32 weeks of age. The egg production, egg weight, egg mass, egg efficiency, egg shape index, egg shell colors and characteristics (strength, thickness and ratio), yolk weight, height, colors, ratio and yolk index, egg white ratio and haugh unit, were measured and used as parameters for determining the ME requirements. The results showed that egg production, egg weight, egg mass, yolk weight and yolk height of group A (265 kcal ME/d) were significant ($P < 0.05$) lower than those others of the groups. Egg efficiency in group B (273 kcal ME/d) was significant ($P < 0.05$) better than that of A (265 kcal ME/d) groups. The body weight gain, mortality, egg shell quality, Haugh unit, yolk index, egg shape index, egg yolk and egg white ratio, egg shell and egg yolk color value were not influenced by ME intake. In conclusion, the daily ME intake at 273 kcal was sufficient for normal egg production and egg quality of brown layers in cage during laying period.

Key words: Brown layers, Metabolizable energy, Egg production, Egg quality.

(1) Contribution No. 2621 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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

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

駝鳥成長期行為觀察⁽¹⁾

莊璧華⁽²⁾ 洪兮雯⁽³⁾ 陳薏婷⁽²⁾ 蘇安國⁽²⁾⁽⁴⁾

收件日期：108 年 6 月 4 日；接受日期：108 年 8 月 14 日

摘 要

本試驗對 8 隻 0 – 2 月齡駝鳥及 10 隻 6 – 7 月齡之駝鳥，進行在圈養狀況下之 13 種行為頻率調查與分析。結果顯示，1 週齡以下雛鳥以蹲坐行為表現頻率為最高，1 週 – 2 月齡駝鳥以採食行為表現頻率為最高，6 月齡駝鳥以環境探啄行為頻率為最高。白天 11：00 – 14：00 採食行為頻率最少。雨天時駝鳥站立行為被蹲坐行為所取代，雨天站立比率較晴天顯著 ($P < 0.05$) 較低 (14.78% vs. 24.86%)。本試驗藉由駝鳥行為觀察推論，雛鳥舍高床與有效保溫設備、顯眼明亮飲水盤與飼料槽、成長駝鳥舍鋪砂與放牧活動空間、足夠之欄位與適當體重分欄及降低外界任何干擾，均可提供成長駝鳥安全的成長空間，有助於其存活率之提升。

關鍵詞：駝鳥、行為、成長。

緒 言

駝鳥原產於非洲草原與阿拉伯沙漠，因為經濟活動而逐漸引進至其他國家，由於氣候環境與飼養模式改變，為了適應當地環境，駝鳥自然地隨之改變其行為模式。例如在野外的母駝鳥，其巢內蛋若達一定數量，則母駝鳥會減緩其產蛋速度，因此，野外母駝鳥的產蛋行為並不會顯著增加每日鈣的攝取量。然而若駝鳥以人工圈養，且其蛋採人工孵化，則因人為移蛋作業，會使母駝鳥產蛋數量增加，飼料中鈣的需求量需達 16 g/kg，因此需以任飼方式額外補充鈣質 (Ullrey and Allen, 1996)。此外，野生雛鳥會模仿親代之食糞行為，藉由食入親代排遺，有助於建立腸道內菌叢及消化食物。惟人工飼養之雛鳥，此行為則僅能於同年齡雛鳥間進行 (Amado *et al.*, 2011)。Deeming (1998) 研究發現，駝鳥飼養於英國低溫、潮濕及陰天較多的環境，分析其日間活動期間行為，駝鳥覓食行為佔 50% 以上，成鳥藉由行為模式之改變，較有適應惡劣環境之能力。12 週齡前之幼雛，由親代哺育與以人工哺育方式 (長期相處，有聲音及動作之互動) 比較，其存活率無顯著差別，但在 4 週齡至 22 週齡間，親代哺育之幼雛體重表現顯著較佳。比較人工哺育與慣行式飼養 (與幼雛互動少)，其幼雛育成率以人工哺育組較佳 (Wang *et al.*, 2012)。成對圈養之 5 – 6 月齡駝鳥，同組駝鳥行為模式傾向同步化，如一起覓食及喝水等。行為表現以走路 61.5% 為最高，喝水 1.1% 最低 (Degen *et al.*, 1989)。19 世紀中期，駝鳥才開始採農場式管理飼養，目前有紀錄最年長的駝鳥為 50 歲 (Human Ageing Genomic Resources, 2006)。但因為馴養期短，且可能因人為與自然環境的不同，又無較有系統的資訊收集及研究，造成產蛋率不佳、胚胎死亡率高、育成率低及成長速率低落 (Glatz and Miao, 2008; Bonato *et al.*, 2013)，致使駝鳥產業生產效率差。加上動物福祉愈來愈受重視，建立符合動物自然行為與福祉的駝鳥飼養方式極為重要 (Bonato *et al.*, 2015)。因此本試驗希望藉觀察駝鳥的行為，正確解讀駝鳥之行為、改善其飼養設備、調整其適當飼養方式，期能提供駝鳥養殖戶飼養管理之參考，降低駝鳥養殖戶之鳥群損失，增加駝鳥生產效益與農民收益。

材料與方法

I. 試驗材料

花蓮種畜繁殖場飼養之 8 隻雛駝鳥 (觀察期間為 0 – 1 週、1 – 4 週及 1 – 2 月齡) 及 10 隻 6 月齡育肥駝鳥 (觀察期間為 6 – 7 月齡)，試驗駝鳥皆源自同一親代，不區分駝鳥性別。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2622 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所花蓮種畜繁殖場。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

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

II. 試驗方法

試驗鴛鴦群獨立飼養於同一飼養區域，1 週齡以下鴛鴦飼養區為室內鍍鋅網高床，長、寬為 3.5 m × 2 m，於高床網上鋪設 1.2 m × 1.2 m 塑膠地墊，提供適當休憩空間。飼養區周圍設支架，四周包以透明塑膠帆布，其內提供保溫燈，避免風雨侵襲與熱氣擴散。1 – 4 週齡鴛鴦飼養區亦為室內鍍鋅網高床，長、寬為 7 m × 3 m，設置與 1 週齡以下鴛鴦飼養區相同之保溫空間，惟其另有通往戶外 7 m × 0.85 m 小型戶外運動空間，這兩階段試驗每日 8 – 9 am、13 – 14 pm 及 15 – 16 pm 餵飼精料 3 次，飲水採任食。1 – 2 月齡鴛鴦移置室內平地飼養，飼養空間為 11 m × 3 m，其地面廣鋪高 5 cm 黑色細砂。6 – 7 月齡鳥則飼養於 11 m × 9 m 室內，並提供 23 m × 15 m 戶外運動場供其活動。這兩階段試驗舍內及舍外放牧區空間均架設防鳥網。每日 8 – 9 am 及 15 – 16 pm 餵飼精料 2 次，飲水同樣採任食。0 – 2 月齡及 6 月齡試驗鳥試驗觀察期間為 2018 年 2 – 4 月及 8 – 9 月，依據氣象局統計資料顯示 (<https://www.cwb.gov.tw/V7/>)，花蓮地區 2 – 4 月平均溫度為 20.3℃，相對濕度為 76.0%，8 – 9 月平均溫度為 28.3℃，相對濕度為 77.3%。本試驗於鴛鴦舍內與放牧區架設定點監視器共 9 組 (Embedded net DVR，型號 DS-7216HGH-SH)，舍內近距離鏡頭 4 組，放牧區遠距離鏡頭 5 組，採 24 小時錄影，每週擇二天，由同一觀察者進行行為記錄，觀察期間為 08:00 – 17:59。採 one-zero sample 進行行為記錄 (Simpson and Simpson, 1977; Chen *et al.*, 2016)。每 10 分鐘記錄 10 秒行為 (Deeming, 1998)，雛鴛鴦 13 種行為模式 (Csermely *et al.*, 2007; Amado *et al.*, 2011) 區分如下：

日常行為：

- (i) 喝水 (Drinking)：至飲水器飲水。
- (ii) 排泄 (Egesting)：站立排糞尿。
- (iii) 採食 (Feeding)：啄食飼槽內飼料。
- (iv) 環境探啄 (Investigatory pecking)：啄地面、吃草、吃石頭、吃糞、啄籬笆、啄鐵網及啄門等。
- (v) 跑 (Running)：跑步。
- (vi) 站立 (Standing)：站立頭擡高。
- (vii) 走路 (Walking)：於圈飼區內行走。
- (viii) 蹲坐 (Sitting)：蹲坐有三種形態，包含蹲坐頭擡高、蹲坐頭或脖子平貼於地面 (或啄地面) 及蹲坐，上半身擡高。

舒適行為：

- (ix) 整羽 (Preen)：用喙整理自身羽毛。
- (x) 沙浴 (Dust bathe)：蹲坐雙翅揮動，揚起塵土。

威嚇行為：

- (xi) 威嚇 (Aggression)：踢其他鳥或發出嘶嘶聲。
- (xii) 啄羽 (Feather peck)：抓或扯下別隻鳥背部羽毛。

其他行為：

- (xiii) 跳舞 (Dancing)：跳躍或轉圈。

III. 統計分析

本試驗資料以 IBM® SPSS® Statistics version 22 (IBM Corp., 2013) 軟體進行統計分析，不同週齡鴛鴦與不同時段行為分析，採用無母數分析法中 Kruskal-Wallis test (H 檢定法)，分析各組平均等級的差異。6 – 7 月齡鴛鴦於晴天及雨天行為表現，以單因子變異數分析法 (One Way ANOVA) 比較各組平均值之差異。

結果與討論

於 08:00 – 17:59 間，統計 1 週齡以下 (高床區)、1 – 4 週齡 (高床區)、1 – 2 月齡 (沙地平飼區) 及 6 – 7 月齡 (平飼放牧) 試驗鴛鴦群各種行為。結果如表 1 所示，1 週齡以下之鴛鴦以蹲坐行為表現最高，可能與其剛出生，雙腳尚無法適當支撐有關。出生後 2 – 3 天卵黃囊可提供雛鳥生長所需營養 (Western Cape Department of Agriculture, 2014)，之後於飼養區內使用綠色飼料槽或不鏽鋼水槽，並放置閃亮物品，以誘導鴛鴦採食及飲水 (Miao *et al.*, 2003)，有助於進食及體重之增加。1 – 4 週齡鴛鴦以採食行為表現頻率顯著高於 1 週齡以下與 6 – 7 月齡之鴛鴦，1 – 2 月齡鴛鴦走路與跑之行為頻率較其他三組鴛鴦有較高的趨勢。有研究指出，年輕的鴛鴦其走路與跑的行為較年長的鴛鴦多 (Amado *et al.*, 2011)。走路及踱步有可能是動物藉此宣洩在圈飼環境中的壓力，若將動物改

置於較大的飼養空間、適當的群飼數量、提供更自然的環境素材及供給芻料等，將有助於降低動物的壓力 (Boyd, 1986; Degen *et al.*, 1989; Western Cape Department of Agriculture, 2014)。6 – 7 月齡鴛鴦以環境探啄行為頻率最高。野生的鴛鴦，環境探啄或覓食行為可佔 60 – 70% (Degen *et al.*, 1989)，於圈飼環境下，由於人為給予精料飼育，因而環境探啄行為表現比例降低。家禽啄羽行為會造成飼養管理及經濟上的損失，造成啄羽行為發生的原因可能與覓食行為、沙浴或吸引啄食的物體顏色（如白色束帶條等）等有關 (Jones, 2001; Newberry *et al.*, 2007)。本試驗鴛鴦群啄羽行為較常見於 0 – 1 週齡以下，鴛鴦之間偶爾會有互啄的行為，常見部位為頭部、背部或腳趾。有研究指出啄羽率與生長速度成負相關，喜歡啄羽之鴛鴦，因為注意力集中在啄羽行為，影響進食行為，導致成長緩慢 (Lambert *et al.*, 1995)。

表 1. 鴛鴦白日行為表現百分比 (08 : 00 – 17 : 59)

Table 1. The percentage of behavior in the ostriches during the daytime (08:00-17:59)

Behavior	Age	0 – 1 wk (raised bed) ¹	1 – 4 wks (raised bed) ¹	1 – 2 months (floor feeding) ²	6 – 7 months (floor + graze) ³	SE
		----- % -----				
Drinking		0.22	1.08	0.84	0.61	0.57
Egesting		0	0.31	0.26	0.22	0.17
Feeding		4.20 ^b	26.64 ^a	26.98 ^a	13.75 ^b	5.43
Investigatory pecking		4.19 ^b	18.71 ^{ab}	12.63 ^{ab}	23.88 ^a	4.97
Running		0 ^b	0.49 ^{ab}	4.38 ^a	0.89 ^{ab}	2.63
Standing		11.30 ^{ab}	8.37 ^b	11.14 ^{ab}	21.08 ^a	4.55
Walking		8.43 ^b	12.83 ^{ab}	21.70 ^a	11.15 ^b	3.47
Sitting		68.87 ^a	29.75 ^{ab}	19.24 ^b	21.79 ^b	10.21
Preen		1.98 ^b	1.55 ^b	2.54 ^{ab}	6.28 ^a	1.27
Dust bathe		0	0	0.19	0.24	0.16
Aggression		0	0	0	0.10	0.05
Feather peck		0.82	0.09	0.11	0.02	0.82
Dancing		0	0.19	0	0	0.19

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

¹ Chicks were raised on the galvanized loft bed indoor.

² Chicks were raised on the sand indoor.

³ Chicks were raised on the sand indoor and grazed outdoor.

鴛鴦性成熟的年齡約在 2 – 4 歲 (Bolwig, 1973; Hicks-Alldredge, 1998)，於配種期間，成熟的鴛鴦會有求偶 (courtship)、駕乘 (mounting) 及築巢 (nest building) 等行為。本試驗於 6 – 7 月齡之鴛鴦行為觀察中發現，該月齡鴛鴦已有企圖駕乘、蹲坐鴛鴦的行為，但皆因被駕乘鴛鴦發現起身而失敗。另於本試驗觀察期間，未見求偶及築巢行為。

分析 1 – 2 月齡鴛鴦每日不同時間 08 : 00 – 10 : 59、11 : 00 – 14 : 59 及 15 : 00 – 17 : 59 行為結果如表 2 所示。結果顯示，於白天 11 : 00 – 14 : 59 採食及飲水行為有較少之趨勢，此與 Amado 等人分析 10 天至 5 月齡鴛鴦行為觀察結果雷同，可能與該時段溫度較高及避免代謝產生熱能有關 (Amado *et al.*, 2011)。另站立行為則於 08 : 00 – 10 : 59 有較高之趨勢，此與其他報告指出，不論成年的鳥或不分季節分析，於早上至中午時間，是鴛鴦較為平靜的時段，站立行為較多的結果相似 (Deeming, 1998; Amado *et al.*, 2011)。

鴛鴦屬日行性動物，活動以白天為主，夜間幾乎無活動 (Fericean and Rada, 2013; Western Cape Department of Agriculture, 2014)。蹲坐（頭或脖子伸直或平貼於地面）為鴛鴦休憩時最常見之行為。觀察本試驗鴛鴦群休憩時間（長時間蹲坐）多發生於傍晚以後至凌晨，常見數隻鴛鴦聚集一起蹲坐。夜間會因環境因素影響，如噪音等，多次起身移動，甚至全體鴛鴦奔跑，直至再次感覺安全後，方會再次蹲下休憩。統計 1 週齡以下鴛鴦平均每日休憩時間為 11.92 小時、2 – 4 週齡為 9.12 小時、1 – 2 月齡為 8.08 小時及 6 – 7 月齡為 8.47 小時。本試驗觀察到 6 – 7 月齡鴛鴦飼養區雖有提供自由進出的舍內及戶外空間，但鴛鴦群於夜間（不論晴雨天）並不會進入遮蔽建物中，多於戶外群聚蹲坐休憩，此行為於育肥期鳥及種鳥亦可觀察到。Lesku *et al.* (2011) 研究發現，鴛鴦睡眠中的快速動

眼期 (rapid eye movement, REM) 較一般家禽長，類似現存最原始的哺乳動物鴨嘴獸，可能與物種演化具有關聯性。駝鳥夜間於戶外休憩行為是否沿襲其在野外為防止掠食者的攻擊，可立即起身奔跑之習性有關，可再進一步研究。

花蓮地區 2018 年 9 月降雨量為 258 mm/ 月。本試驗 6 – 7 月齡之駝鳥平飼於室內沙地，並提供自由進出之戶外放牧環境，受環境因素影響較大，依晴天及雨天分析試驗鳥群行為，其結果如表 3 所示。雨天時駝鳥站立行為被蹲坐行為取代，雨天站立比率顯著較晴天低 (14.78% vs. 24.86%)。不論白天或夜晚，下雨時部分駝鳥並不會躲入遮蔽物避雨，反而是蹲坐於戶外，等待雨勢較小後才繼續活動。駝鳥雖源自於非洲草原與阿拉伯沙漠，但並不畏懼水，反而主動靠近水源或於下雨後積水的小水坑中戲水。沙浴行為僅發現於晴天，且於下午發生頻率最高。於室內沙地平地飼養之 1 – 2 月齡駝鳥與 2 週 – 1 月齡室內高床飼養之駝鳥各項行為，於雨天或晴天則無顯著差異。

表 2. 駝鳥於全日不同時段行為表現百分比 (1 – 2 月齡駝鳥)

Table 2. The percentage of behavior in the ostriches (1-2 months) during the whole day period

Behavior	Time period on the day			SE
	08 : 00 – 10 : 59	11 : 00 – 14 : 59	15 : 00 – 17 : 59	
	----- % -----			
Drinking	1.73	0.44	0.53	1.31
Egesting	0.16	0.45	0.27	0.26
Feeding	29.21	21.29	32.47	5.57
Investigatory pecking	5.94	12.67	14.86	5.39
Running	2.19	7.99	2.65	6.56
Standing	14.51	11.19	9.07	5.44
Walking	20.53	20.37	24.25	5.63
Sitting	22.26	21.84	14.18	7.75
Preen	3.41	3.34	1.57	1.18
Dust bathe	0.00	0.14	0.15	0.13
Aggression	0.00	0.00	0.00	0.00
Feather peck	0.07	0.28	0.00	0.20

表 3. 6 – 7 月齡駝鳥於晴天及雨天行為表現百分比

Table 3. The activities percentages of 6-7 month-old ostriches in the sunny and rainy day

	Sunny	Rainy
	----- % -----	
Drinking	0.76 ± 0.20	0.37 ± 0.37
Egesting	0.23 ± 0.32	0.20 ± 0.08
Feeding	13.82 ± 1.27	13.61 ± 1.36
Investigatory pecking	22.85 ± 2.33	25.58 ± 7.44
Running	0.98 ± 0.53	0.73 ± 0.89
Standing	24.86 ± 4.91 ^a	14.78 ± 4.17 ^b
Walking	10.08 ± 0.89	12.93 ± 2.86
Sitting	19.87 ± 3.68	24.98 ± 6.74
Preen	5.99 ± 2.57	6.76 ± 1.27
Dust bathe	0.39 ± 0.44	0.00 ± 0.00
Aggression	0.12 ± 0.17	0.05 ± 0.09
Feather peck	0.03 ± 0.07	0.00 ± 0.00

^{a, b} Means within the same activity without the same superscript differ (P < 0.05).

駝鳥因為沒有汗腺，天氣炎熱時，駝鳥利用張嘴呼吸與張開雙翼來散熱，相反的，天氣寒冷時，駝鳥會蹲坐，利用雙翅將大腿覆蓋，避免熱量流失 (Samson, 1996)。於本試驗觀察中亦可發現此現象，天氣炎熱時，駝鳥會躲進遮蔽物，站立張開雙翼及張嘴呼吸，保持靜止站立時間亦較長。

結 論

駝鳥的人工飼養發展迄今已超過一個世紀以上，但於人工飼養上仍有許多問題待解決，如 1 月齡前的高死亡率與種鳥低受精率等，皆是有待解決的問題。目前有關駝鳥行為的研究較少，飼養者利用現有的常識所建立的畜舍或遮蔽物，不一定適合駝鳥居住。舉例而言，飼養者雖然提供了溫暖的畜舍，仍有駝鳥凍死的案例發生。由本次行為研究得知，成長駝鳥並不會於夜間回到畜舍或遮蔽物下休憩。因此，在較寒冷地區飼養駝鳥，是需考慮強制將駝鳥趕回畜舍，以保持其體溫不流失。

本試驗對成長期駝鳥進行行為調查，初步觀察結果顯示，適當的保溫、隔絕設備及飼槽、水槽顏色選擇等，對於 0 – 1 月齡駝鳥養成很重要。建議農民於此階段增設保溫燈、適當之保暖地墊，並限制雛駝鳥於保溫燈照射範圍內活動，另水槽與飼料槽建議選擇綠色或不鏽鋼，可增加雛駝鳥攝食頻率，或許可改善其育成率。由於駝鳥繁殖期長達 10 個月，建議將畜舍進行不同欄位規劃，依體重大小或公母鳥進行分群飼養，避免較大隻駝鳥爭食，可使鳥群生長整齊度增加，降低雛駝鳥或育成鳥損失。2 月齡以上之駝鳥提供放牧空間，供駝鳥活動與探索環境。夜間儘量降低環境噪音與避免野狗入侵，以免鳥群受損。

參考文獻

- Amado, M. F., D. B. Xavier, V. Boere, C. T. Pereira, C. McManus and F. E. M. Bernal. 2011. Behaviour of captive ostrich chicks from 10 days to 5 months of age. R. Bras. Zoo tec. 40: 1613-1618.
- Bolwig, N. 1973. Agonistic and sexual behavior of the African ostrich (*Struthio camelus*). The Condor. 75: 100-105.
- Bonato, M., I. A. Malecki, M. D. Wang and S. W. P. Cloete. 2013. Extensive human presence at an early age of ostriches improves the docility of birds at a later stage of life. Appl. Anim. Behav. Sci. 148: 232-239.
- Bonato, M., M. I. Cherry and S. W. P. Cloete. 2015. Mate choice, maternal investment and implications for ostrich welfare in a farming environment. Appl. Anim. Behav. Sci. 171: 1-7.
- Boyd, L. 1986. Behavior problems in equids in zoos. In: S. L. Crowell-Davis and K. A. Houpt (Editors), The Veterinary Clinics of North America, Equine Practice: Behavior. Saunders, Philadelphia, 653-664.
- Chen, J. M., K. E. Schütz and C. B. Tucker. 2016. Technical note: comparison of instantaneous sampling and continuous observation of dairy cattle behavior in free stall housing. J. Dairy Sci. 99: 8341-8346.
- Csermely, D., G. Gaibani and E. Dardani. 2007. Year-round behavioural sequences in captive ostrich (*Struthio camelus domesticus*) pairs. Appl. Anim. Behav. Sci. 103: 156-166.
- Deeming, D. C. 1998. A note on effects of gender and time of day on the winter time-activity budget of adult ostriches (*Struthio camelus*) in a farming environment. Appl. Anim. Behav. Sci. 59: 363-371.
- Degen, A. A., M. Kam and A. Rosenstrauch. 1989. Time-activity budget of ostriches (*Struthio camelus*) offered concentrate feed and maintained in outdoor pens. Appl. Anim. Behav. Sci. 22: 347-358.
- Fericean, L. M. and O. A. Rada. 2013. The behavior of ostriches in captivity. Res. J. Agric. Sci. 45: 165-171.
- Glatz, P. C. and Z. H. Miao. 2008. Husbandry of ratite and potential welfare issues: a review. Aust. J. Exp. Agric. 48: 1-9.
- Hicks-Allred, K. 1998. Ratite reproduction. Veterinary clinics of North America: food animal practice. 14: 437-453.
- Human Ageing Genomic Resources. 2006. AnAge Database. Human Ageing Genomic Resources <http://genomics.senescence.info/> [Access date: 04/10/2014].
- IBM Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Jones, R. B. 2001. Does occasional movement make pecking devices more attractive to domestic chicks? Br. Poult. Sci. 42: 43-50.
- Lambert, M. S., D. C. Deeming, R. M. Sibly and L. L. Ayres. 1995. The relationship between pecking behaviour and growth

- rate of ostrich (*Struthio camelus*) chicks in captivity. Appl. Anim. Behav. Sci. 46: 93-101.
- Lesku J. A., L. C. R. Meyer, A. Fuller, S. K. Maloney, G. Dell'Omo, A. L. Vyssotski., N. C. Rattenborg. 2011. Ostriches sleep like platypuses. PLoS ONE. 6: e23203.
- Miao, Z. H., P. C. Glatz and Y. J. Ru. 2003. The nutrition requirements and foraging behaviour of ostriches. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 16: 773-788.
- Newberry, R. C., L. J. Keeling and I. Estevez. 2007. Behaviour when young as a predictor of severe feather pecking in adult laying hens: the redirected foraging hypothesis revisited. Appl. Anim. Behav. Sci. 107: 262-274.
- Samson, J. 1996. Behavioral problems of farmed ostriches in Canada. Can. Vet. J. 37: 412-414.
- Simpson, M. J. A. and A. E. Simpson. 1977. One-zero and scan methods for sampling behavior. Anim. Behav. 25: 726-731.
- Ullrey, D. E. and M. E. Allen. 1996. Nutrition and feeding of ostriches. Anim. Feed Sci. Technol. 59: 27-36.
- Wang M. D., S. W. P. Cloete, K. Dzama, M. Bonato and I. A. Malecki. 2012. Foster parenting, human imprinting and conventional handling affects survival and early weight of ostrich chicks. Afr. J. Anim. Sci. 42: 123-131.
- Western Cape Department of Agriculture. 2014. Ostrich Manual. Private Bag X1, Elsenburg 7607.

The investigation of ostrich behaviors during the growing periods ⁽¹⁾

Pi-Hua Chuang ⁽²⁾ Hsi-Wen Hung ⁽³⁾ Yi-Ting Chen ⁽²⁾ and An-Kuo Su ⁽²⁾⁽⁴⁾

Received: Jun. 4, 2019; Accepted: Aug. 14, 2019

Abstract

The ostrich chicks were studied using group with 8 birds from the birth to 2 months old and 10 birds from 6 to 7 months old for their thirteen behaviors items investigation. The results demonstrated that the behavior of sitting, feeding and standing of ostrich chicks was the high frequency behavior in 0-1wk, 2wk to 2 month and in 6 month old, respectively. During the 11:00-14:00 in the daytime, the eating frequency was the lowest behavior. In the rainy day, the standing behavior, which was decreased in the flocks significantly (14.78% vs. 24.86%), was replaced by the sitting behavior. This ostrich behavior observation can be applied to improve the survival rate of young chick. In general, giving an appropriate and effective insulation equipment for keeping warm at the barn, conspicuous bright drinking trays and feed troughs, a sand bed at grow ostrich floor and enough outdoor activity space, appropriate group separation by bird weight and reducing external environmental any disturbances, which can improve ostrich survival rate by providing a safe growth space for growing ostriches.

Key words: Ostrich, Behavior, Growing.

(1) Contribution No. 2622 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Hualien Animal Propagation Station, COA-LRI, Hualien 97362, Taiwan, R. O. C.

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

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

行政院農業委員會畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

- I. 本刊為純學術性刊物，發表有關畜牧原始性研究報告及調查報告之用，但亦歡迎綜合性專題論著。
- II. 本刊每年出版 4 次，在 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、結果、討論(結果與討論亦可合為一節寫)、與參考文獻。如以中文撰寫者，須另附英文摘要(Abtract)，英文撰寫者，須另附中文摘要。(中英文摘要均包括關鍵詞)。關鍵詞 3 至 8 字，另外每篇請加 Running title(請勿超過 20 字)。
- IV. 文稿之書寫：
 - (i) 中英文稿請用 A4 紙電腦橫打，並加標點。不論中英文稿務求清楚整潔，審查通過後，另通知繳交電子檔。
 - (ii) 題目宜簡短，英文題目僅句首大寫，通訊作者須附電子郵件信箱。
 - (iii) 文字敘述之編號 :I、(i)、1、(1)、A、(a)。圖表以圖 1，表 1 等順序表示。中文稿圖表標題請附英文，圖表內文字請僅用英文，並請打字以完稿方式提出。文字敘述用英文者，圖表中文字僅用英文。
 - (iv) 數字與單字：
 1. 文字敘述中之數字，除單位數外，均請用阿拉伯數字表示。
 2. 單位用公制。習見之符號，如 kg、mg、m、mL、ppm、pH 等不必用中文。專門名詞無適當譯名者，從原文。
 - (v) 統計表差異顯著性如英文 a, b, c.... 上標表示時，表下方說明請參考下列表示方式。abc Means with the different superscript differ significantly ($P < 0.05$).
 - (vi) 照片限於原始攝影者。照片圖畫如有模糊不清，得請投稿人重新製備，如投稿人不能重新製備，則恕不接受投稿。
 - (vii) 參考文獻：
 1. 正文須書出參考文獻之作者姓氏與年份：
 - (1) 西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. 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、頁數等依次寫明。例如：
 - (1) 期刊類
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(2)：141-148。
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(2)：133-140。
Hsu, F. H., C. J. Nelson and A. G. Matches. 1985. Temperature effects on germination of perennial warm-season forage grasses. Crop Sci. 25: 215-220.
 - (2) 書本類
李登元。1979。乳牛學。台灣商務印書館，台北，pp. 300-322。
Tai, C. 1985. Duck breeding and artificial insemination in Taiwan. In: Duck Production Science and Practice. eds. Farrell, D. J. and Stapleton, P. University of New England, pp. 193-203.
Wang, Y. C. 1985. Regrowth ability of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) in the dry, cold season in Taiwan, Proceeding of the XV international grassland congress in Kyoto, Japan, 1985. pp. 1239-1241.

American Oil Chemists Society. 1980. Official and Tentative Methods of the American Oil chemists Society. 3rd. ed. American Oil Chemists Society, Champaign, IL. USA.

3. 中日文者以姓氏筆劃多少為序，西文以著者之拼音先後排列。並按中文、日文、西文之次序排列。
 4. 西文雜誌名稱請用縮寫。縮寫之方法以美國出版之 **Biological Abstract** 為準。
 5. 參考文獻皆不編號。
- V. 稿件文字必須盡量修潤簡潔，否則本刊編輯委員會有權修改與退稿。如有疑問時，得商請投稿人修正之。
- VI. 本刊亦接受速報 (包括預報、追試、短報)。其寫法亦遵照本稿約之規定，稿長包括圖、表、相片等不得超過 4 印刷面。
- VII. 稿件經本刊委員會轉請專家審查，編輯委員會根據專家審查意見通知投稿人，是否接受刊載，或需修改後始可刊載。
- VIII. 稿件接受刊載後，該稿件之全部或部份，不得再投稿其他刊物發表，即以不同文字投稿其他刊物 (如在本刊用中文，在其他刊物用英文) 亦所不許。
- IX. 來稿請寄一式兩份，逕寄 71246 臺南市新化區牧場 112 號行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組收，聯絡電話：06-5911211 轉 256。
- X. 自九十三年度開始實施之計畫、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。