ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR

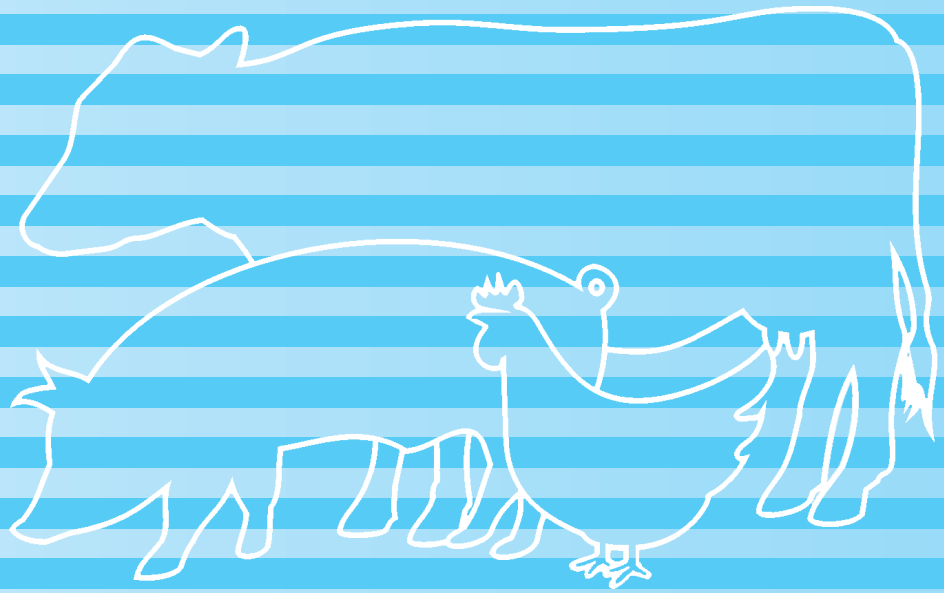
畜產研究

# 畜產研究

第五十八卷　第四期　　中華民國一一四年　十二月　　季　　刊

# JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 58 No. 4 December 2025



農業部畜產試驗所

農業部畜產試驗所
TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,
MINISTRY OF AGRICULTURE

# 畜 產 研 究

編　　者：農業部畜產試驗所
發　行　人：黃振芳
發　行　所：農業部畜產試驗所
地　　址：臺南市新化區牧場 112 號
電　　話：(06) 5911211
網　　址：www.tlri.gov.tw
編輯 \ 印製者：沐福商行
電　　話：0985-187287
出 版 日 期：中華民國 114 年 12 月出版
定　　價：新臺幣 200 元

展售處：
國家書店松江門市：臺北市中山區松江路 209 號 1 樓
五 南 文 化 廣 場：臺中市北屯區軍福 7 路 600 號
國 家 網 路 書 店：www.govbook.com.tw

GPN : 2005200015
ISSN : 0253-9209
D O I : 10.6991/JTLR

# 畜產研究

第 58 卷第 4 期　　中華民國 114 年 12 月

## 目　　錄

頁

畜產研究 58(4)：231-241, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0001

# 栽培密度與收穫期對不同燕麥品種芻料產量及品質影響 (1)

陳勃聿 (2)(3)

收件日期：113 年 7 月 2 日；接受日期：114 年 3 月 11 日

## 摘　要

本研究以 2 個燕麥品種 Saia (*Avena strigosa* Schreb.) 及 Swan (*A. sativa* L.) 為參試材料，於 2016 年 11 月 18 日在畜產試驗所進行人工種植，田間採逢機完全區集設計 (randomized complete block design) 4 重複，以探討 5 種栽培密度 ( 行距 10、15、20、25 及 30 cm ) 及 5 個收穫期 ( 種植後 67、87、98、112 及 126 日 ) 對燕麥產量、化學成分變化之影響。燕麥 Saia 的粗蛋白質 (crude protein, CP) 平均含量會隨著收穫期的延後而降低，由 67 日收穫的 15.2% 顯著 ($P < 0.05$) 降至 126 日的 6.3%；水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 及澱粉平均含量皆會隨著收穫期的延後而增加；酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF) 與中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 平均含量與 CP 平均含量呈現相反趨勢，皆以 126 日收穫時最高 ( 分別為 64.4 及 40.2% )。燕麥 Swan 的營養成分含量變化與燕麥 Saia 也有相同趨勢。2 個燕麥品種的 P、K、Ca 及 Mg 平均含量皆隨著收穫期的延後而降低。燕麥 Saia 晚收穫會導致品質大幅惡化，故收穫期以 87 － 98 日為宜，而燕麥 Swan 的乾物產量卻因晚收穫而大幅提高，故最佳收穫期推薦為 126 日。燕麥 Saia 的平均鮮種產量及乾物產量皆會隨著栽培密度的降低而增加，皆以 30 cm 處理的 ( 分別為 35.5 及 8.59 mt $ha^{-1}$ ) 最高，而燕麥 Swan 的平均乾物產量與燕麥 Saia 有相同趨勢，也以 30 cm 處理的 (40.2 及 9.18 mt $ha^{-1}$) 最高。兩個燕麥的平均 CP 含量在低栽培密度時會有較高的含量；WSC 的含量卻呈現相反趨勢，在高栽培密度時會有較高的含量；而栽培密度對於 2 個燕麥的 NDF、ADF、澱粉、P、K 及 Ca 平均含量無顯著差異。故 2 個燕麥品種的最適栽培密度皆為 30 cm，另燕麥 Saia 的最適收穫期以 87 － 98 日為宜，燕麥 Swan 則以 126 日為佳。

關鍵詞：燕麥、栽培密度、芻料產量、芻料品質、收穫期。

## 緒　言

國內畜牧業對進口牧草依賴甚深，導致牧場經營壓力日益嚴重，因此能否生產價廉物美的優質芻料，將關係未來草食動物產業的發展前景。燕麥 (*Avena sativa* L.) 為一年生的溫帶地區作物，適合冷涼濕潤的氣候環境，國內主要利用穀粒進行加工食用，然而其植株的營養成分及纖維含量佳，在國外已普遍將其作為芻料使用，是一種優質的飼料作物 (Sharma and Bhunia, 2001; Coblentz *et al.*, 2013; Irfan *et al.*, 2016)。國內學者曾調查多個燕麥品種的農藝性狀與芻料品質，發現非常適合臺灣的秋冬季節栽培 ( 朱等，2018；施及李，2020；陳及張，2022 )，能提供豐富的營養，適口性佳受到草食動物的喜愛。

燕麥屬有二、四及六倍體等 3 種染色體型，而本試驗品種 Saia 及 Swan 分屬於二倍體及六倍體。燕麥 Saia 生長快速屬早熟品種，由於株型直立、分蘗性佳、營養價值及消化率高，在美國南部、澳洲與南美洲常作為芻料利用 ( 陳及張，2021 )。燕麥 Swan 為紅燕麥與普通燕麥之雜交種，植株高、莖稈較粗且晚熟，引進國內栽培甚久，主要當成芻料使用。陳及張 (2022) 試驗結果顯示 2 個燕麥品種農藝型態差異大，且晚熟燕麥 Swan 的產量表現佳，芻料品質穩定，適合作為臺灣冬季芻料作物。而早熟燕麥 Saia 的乾草產量較燕麥 Swan 為低，但其芻料品質優異，可作為高品質的冬季牧草。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2815 號。
(2) 農業部畜產試驗所飼料作物組。
(3) 通訊作者，E-mail: muu680@mail.tlri.gov.tw。

影響作物產量的因素很多，但主要受品種及農藝技術等因素影響最深，而栽培密度則是一個的重要因素。在國外的研究報告指出，燕麥行播栽培會比撒播栽培具有更高的芻料產量和成本效益 (Sharma and Bhunia, 2001)，而提高燕麥的栽培密度則會增加乾物產量 (Irfan *et al.*, 2016)。作物適宜的行株距易受品種與環境等條件影響 ( 林及林，2019)，而栽培密度會讓植株間產生對於光、水和養分的競爭關係，使得其發育型態發生改變，如擴張植冠面積以增加太陽輻射攔截等，最終改變植物的生長狀況 (Ranjan *et al.*, 2016)。因此，作物的栽培密度若高於最適密度，則使植物因生長競爭激烈而導致發育狀況變差。另一方面，若低於最適密度，則植株對於營養、空間和光線利用無法達成最佳效率，導致單位產量不佳 (Lone *et al.*, 2010)。

牧草不似五穀雜糧類作物於種子成熟時收穫，其化學成分會隨著作物的成熟度、收穫期及環境影響而有所變動。Coblentz *et al.* (2013) 指出不同燕麥品種植體化學成分如 CP、水溶性碳水化合物 (water soluble carbohydrate, WSC) 或纖維含量，在不同收穫期常有顯著的差異表現。Liu and Mahmood (2015) 也指出當燕麥收穫時的成熟度越高，芻料品質隨之降低，也使飼養價值降低，而國內研究報告亦有相同結果 ( 朱等，2018；施及李，2020；陳等，2022 )。

不同的燕麥品種具有不同的遺傳特性，因此栽培密度過高及太低都不利其農藝性狀、產量及芻料品質表現。合適的栽培密度不僅能降低植株之間惡性的生長競爭，也會提高土地利用率及提升產量和芻料品質，在農業生產上具有極重要的意義，然而國內對芻料燕麥的相關研究報告甚少。因此，本研究以 Saia 及 Swan 等 2 個燕麥品種進行試驗，評估其在 5 種栽培密度及 5 個收穫期下的產量及品質變化，以獲得最佳栽培模式，可提供農民未來生產利用之參考。

# 材料與方法

I. 材料種植

本試驗以燕麥 Saia 及 Swan 為參試品種，於 2016 年 11 月 18 日在畜產試驗所進行人工種植，試驗田區土壤質地為黏土，土壤 N 及 Ca 含量分別為 0.098 及 0.054%，而 P、K、Mg 含量則為 36.6、80.5、49.5 ppm。燕麥種植後每週進行灌溉 1 次，持續 4 週，且於種植 2 週後進行行間除草 1 次。試驗期間的氣溫及雨量資料如表 1 所示。田間試驗以隨機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)，4 重複，每小區面積為 10 $m^2$ (5 m × 2 m)。燕麥採取條播種植共 5 種處理，分為行距 10 cm ( 20 行 )、15 cm ( 13 行 )、20 cm ( 10 行 )、25 cm ( 8 行 ) 及 30 cm ( 6 行 )，為固定各處理的每行種子量皆為 12 g，故換算成種子播種量分別為 240、156、120、96 及 72 kg $ha^{-1}$。施肥量為 N：120 mt $ha^{-1}$、$P_2O_5$：30 mt $ha^{-1}$、$K_2O$：60 mt $ha^{-1}$。N 肥於基肥時施用半量，另半量則於種植 1 個月後施用。P 肥及 K 肥於基肥時全部施用。

表 1. 試驗期間每月平均溫度及降雨量 (11/2016 至 03/2017)

Table 1. Average monthly temperature and rainfall during the trial period (November 2016 – March 2017)

| Growth period | Mean temperature | Precipitation |
|---|---|---|
| | ℃ | mm |
| 2016.11 | 23.0 | 62.0 |
| 2016.12 | 19.8 | 3.5 |
| 2017.01 | 18.5 | 0.0 |
| 2017.02 | 17.8 | 1.5 |
| 2017.03 | 20.8 | 6.0 |

II. 調查方法

於種植後 67 日 ( 2017 年 1 月 24 日 )、87 日 ( 2 月 13 日 )、98 日 ( 2 月 23 日 )、112 日 ( 3 月 10 日 ) 及 126 日 ( 3 月 24 日 ) 進行調查，每小區收割 0.2 $m^2$ (0.5 m × 0.4 m) 以進行鮮重調查，並取樣品 1 kg 以 65℃烘乾 96 小時後，測量其乾物率並換算 0.2 $m^2$ 的乾物重，也另取樣品 1 kg 進行葉莖分離，烘乾後測量葉及莖的乾物重，相除即為葉莖比。將乾燥樣品磨粉保存於 4℃冷藏庫，以供化學成分分析之用。於抽穗期 ( 87 日 ) 調查時在每小區隨機選擇 1 行收割 1 m 調查燕麥株數。

III. 化學成分分析

粗蛋白質含量的分析：以 Kjeldahl 方法測定植體全氮 (N) (Bremner and Mulvaney, 1982)，再將 N × 6.25 推估粗蛋白質含量。酸洗纖維、中洗纖維含量則依照 Goering and Van Soest (1970) 之方法測定。水溶性碳水化合物依 Morris (1948) 方法採 anthron 呈色法測定。澱粉 (starch)：以 Yoshida *et al.* (1976) 之方法進行萃取，先將測量完乾重產量之植體樣本磨碎後製成萃取液並加入呈色劑，之後以標準品檢量線 ( 0 － 500 ppm 葡萄糖 ) 經分光光譜儀測定 560 nm 之吸光值檢測樣本之澱粉含量。有效性鉀、鈣及鎂：利用 1 N 中性 $NH_4OAc$ 以 1：10 比例抽取，振盪 30 分鐘後，以 Adventec No. 1 濾紙過濾，再以原子吸光儀測定 (Thomas, 1985)。磷含量以鉬藍比色法 (Rodriguez *et al.*, 1994) 測定。

IV. 統計分析

試驗為二重裂區區集設計 (split-split plot design)，以品種為為大區，密度為中區，收穫期為小區。試驗所得資料經 R 軟體 (R version 4.0.0, http://www.r-project.org/) 進行統計分析。以變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 檢定不同栽培密度及收穫期的差異顯著性，若變方分析達顯著差異，再以最小顯著差異性 (least significant difference test, LSD) 測驗比較處理組間的差異 ( 以 $P < 0.05$ 為顯著差異水準 )。

# 結　果

I. 燕麥品種、栽培密度及收穫期之變方分析

燕麥的農藝性狀變方分析結果顯示 ( 表 2 )，在品種部分，於鮮重產量、乾物產量、乾物率、葉莖比及植株數等性狀皆呈現顯著差異 ($P < 0.05$)。在栽培密度部分，除植株數外，在其餘性狀皆呈現顯著差異。而收穫期則在所有農藝性狀皆呈現差異。品種與栽培密度間，於株高、鮮重產量及葉莖比有交感效應，顯示 2 個燕麥品種的農藝性狀差異頗大，在不同的栽培密度下會有不同的生長表現。品種與收穫期、栽培密度與收穫期於所有性狀皆有交感效應，顯示品種間的生長速率不同，導致產量表現會有所差異，早熟品種適合較早的收穫期，而晚熟品種生育期較長，較晚收穫時有較高的乾物產量。另，密植會導致植株競爭激烈，若是早熟品種則在生長初期就會影響其生長表現。品種、栽培密度及收穫期等 3 個處理之間於所有性狀皆具交感效應，顯示各處理的影響是相互關聯的，對於適宜的栽培密度與適合的收穫期，不能僅考慮單一因素。

表 2.　燕麥品種、栽培密度、收穫期及交感效應在農藝性狀變方分析之 P 值顯著性

Table 2.　Analysis of variance of probabilities of the main effects and their interactions on agronomic traits of row spacing on different harvest stages

| Treatments | PH[1] | FWY | DMY | DMR | LSR | Tiller |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Variety (V) | 0.07 | * | * | ** | *** | ** |
| Row (R) | ** | *** | *** | *** | *** | 0.78 |
| Harvest (H) | *** | *** | *** | *** | — | — |
| V × R | *** | * | 0.12 | 0.06 | ** | 0.11 |
| V × H | *** | *** | ** | *** | — | — |
| R × H | *** | *** | *** | *** | — | — |
| V × R × H | *** | *** | *** | *** | — | — |

[1] PH: plant height; FWY: fresh weight yield; DMY: dry matter yield; DMR: dry matter rate; LSR: leaf/stem ratio.
Significance level: $P < 0.05$*, $P < 0.01$**, $P < 0.001$***.

表 3 為燕麥植體化學成分的變方分析。在品種部分，於 WSC、NDF、ADF、P 及 Ca 含量皆具有顯著差異 ($P < 0.05$)。在栽培密度部分，除澱粉含量外，其餘成分含量皆呈現顯著差異。而收穫期在所有化學成分含量都呈現顯著差異。品種與栽培密度僅在 CP 及 WSC 含量有交感效應，顯示栽培密度會不同程度的影響不同品種的植株生長狀況，進而影響芻料品質表現。品種與收穫期於 CP、WSC、NDF、ADF、Ca 及 Mg 等含量皆有交感效應，顯示每個品種都有各自適當的收穫期，以避免過晚收穫導致品質下降。栽培密度與收穫期在 WSC、NDF、P 及澱粉含量之間有交感效應，顯示 2 個處理的交互作用會因植株的生長狀況進而改變營養成分的含量。品種、栽培密度及收穫期等 3 個處理之間的交感效應較少，僅 CP、WSC 及 P 含量受到影響，顯示這三種成分的含量

變化受品種、密度與收穫期的共同影響，非單一因素可決定。

表 3. 燕麥品種、栽培密度、收穫期及交感效應在芻料品質變方分析之 P 值顯著性測驗

Table 3. Analysis of variance of probabilities of the main effects and their interactions on forage quality of row spacing on different harvest stages

| Treatments | CP[1] | WSC | NDF | ADF | Starch | P | K | Ca | Mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variety (V) | 0.67 | *** | *** | ** | 0.92 | * | 0.34 | ** | 0.19 |
| Row (R) | *** | *** | ** | * | 0.27 | *** | *** | ** | *** |
| Harvest (H) | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| V × R | *** | *** | 0.61 | 0.60 | 0.18 | 0.64 | 0.29 | 0.13 | 0.30 |
| V × H | *** | *** | *** | *** | 0.27 | 0.33 | 0.29 | *** | *** |
| R × H | 0.32 | *** | * | 0.20 | *** | *** | 0.28 | 0.06 | 0.24 |
| V × R × H | *** | *** | 0.44 | 0.41 | 0.36 | * | 0.97 | 0.93 | 0.70 |

[1] CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber.
Significance level: P < 0.05*, P < 0.01**, P < 0.001***.

II. 栽培密度及收穫期對不同燕麥品種的農藝性狀及產量之影響

燕麥 Saia 的平均鮮重產量會隨著栽培密度的降低而增加，以 30 cm 處理的 35.5 mt ha$^{-1}$ 顯著 (P < 0.05) 最高，而 10 及 15 cm 處理的 ( 分別為 27.4 及 28.0 mt ha$^{-1}$ ) 則最低 ( 表 4 )。在平均乾物產量部分也有相同趨勢，以 30 cm 處理的 8.59 mt ha$^{-1}$ 最高。乾物率以 10 及 15 cm 處理的 ( 分別為 28.3 及 29.9% ) 高於 20、25 及 30 cm 處理的 ( 分別為 24.4、24.8 及 25.8% )。在種植後 98 日調查燕麥 Saia 的葉莖比及植株數，發現 5 個處理的葉莖比之間並無存在差異，但植株數則以 25 及 30 cm 處理 ( 分別為 797.5 及 738.8 ) 較高。

燕麥 Saia 的平均株高會隨著收穫期的延後而增高，由 94.3 cm 顯著 (P < 0.05) 增高至 143.2 cm ( 表 4 )；平均鮮重產量在 98 日收穫時 42.3 mt ha 最高，而以 126 日的 21.8 mt ha$^{-1}$ 最低；平均乾物產量以 98 日收穫時最高達 9.69 mt ha$^{-1}$，而在 67 日收穫時最低僅 4.13 mt ha$^{-1}$；平均乾物率與株高有相同趨勢，越晚收穫數值越高，在 126 日收穫時已達 45.9%。

栽培密度越低，燕麥 Swan 的平均株高就越高，以 25 及 30 cm 處理的 141.2 及 139.8 cm 顯著 (P < 0.05) 高於其他處理 ( 表 4 )；在平均鮮重產量部分，以 30 cm 處理的 40.2 mt ha$^{-1}$ 最高，而以 10 cm 處理的 27.3 mt ha$^{-1}$ 最低；乾物產量與鮮重產量有相同趨勢，以 30 cm 處理的 9.18 mt ha$^{-1}$ 最高，而以 10 cm 處理的最低僅為 7.55 mt ha$^{-1}$；在平均乾物率部分則呈現相反趨勢，隨著栽培密度降低而降低，以 10 cm 處理的 26.1% 最高，30 cm 處理的 22.5% 最低。

燕麥 Swan 的平均株高會隨著越晚收穫而增高，由 67 日的 94.3 cm 顯著 (P < 0.05) 增高至 126 日的 143.2 cm ( 表 4 )；平均鮮重產量以 98 日收穫的 43.8 mt ha$^{-1}$ 顯著最高，而以 67 日的 23.1 mt ha$^{-1}$ 最低；平均乾物產量會隨著收穫期的延後而增加，由 67 日的 3.55 mt ha$^{-1}$ 增加至 126 日的 12.77 mt ha$^{-1}$；而平均乾物率也與乾物產量有相同趨勢，由 15.7% 提高至 37.1%。

III. 栽培密度及收穫期對不同燕麥品種的化學成分之影響

燕麥 Saia 之 CP 平均含量以密植處理 10 cm 的 7.9% 顯著 (P < 0.05) 低於其他處理 ( 表 5 )；在 WSC 平均含量部分，以 30 cm 處理的 3.4% 最低，且會隨著栽培密度的增加而增加，以 15 cm 處理的 5.3% 最高；栽培密度對 NDF 平均含量之影響與 WSC 含量類似，以 30 cm 處理的 59.4% 最低，而 10 cm 處理的 62.8% 最高；礦物元素含量除 Mg 平均含量與栽培密度有關，隨著密度增加而含量增加外，其餘皆無差異存在。

燕麥 Saia 的 CP 平均含量會隨著收穫期的延後而降低，由 67 日收穫的 15.2% 顯著 (P < 0.05) 降至 126 日的 6.3%；收穫期對 NDF 與 ADF 平均含量與 CP 含量呈現相反趨勢，皆以 126 日收穫時最高 ( 分別為 64.4 及 40.2% )；澱粉平均含量會隨著收穫期的延後而增加，由 67 日收穫時的 3.8% 增加至 126 日的 7.5%；礦物元素 P、K、Ca 及 Mg 平均含量皆會隨著收穫期的延後而降低。

燕麥 Swan 之 CP 平均含量以 15、20 及 25 cm 處理 ( 分別為 10.8、11.0 及 10.5%) 顯著 (P < 0.05) 高於其它處理 ( 表 5 )；在 WSC 平均含量部分，以密植處理 10 cm 的 8.4% 最高；在 NDF、ADF 及澱粉平均含量部分，各

處理間並無差異；礦物元素含量皆以疏植處理 30 cm 的最高。

表 4. 燕麥在不同的栽培密度及收穫期的農藝性狀平均表現

Table 4. Effect of row spacing on different harvest stage on the average agronomic characteristics of oats

| Variety | Treatments | Growth stage | PH[1] | FWY | DMY | DMR | LSR | Tiller |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | cm | ---------- mt ha$^{-1}$ ---------- | | % | | no. m$^{-1}$ |
| Saia | | | 131.2 | 31.3$^{b}$ | 7.88$^{a}$ | 27.6$^{a}$ | 0.26$^{b}$ | 715.3$^{a}$ |
| Swan | | | 134.3 | 34.8$^{a}$ | 8.33$^{b}$ | 24.3$^{b}$ | 0.62$^{a}$ | 465.3$^{b}$ |
| | Row | | | | | | | |
| | 10 cm | | 134.2 | 27.4$^{c}$ | 7.57$^{b}$ | 28.3$^{a}$ | 0.26 | 700.0$^{ab}$ |
| | 15 cm | | 128.5 | 28.0$^{c}$ | 7.82$^{b}$ | 29.9$^{a}$ | 0.30 | 675.0$^{b}$ |
| Saia | 20 cm | | 131.5 | 32.1$^{b}$ | 7.78$^{b}$ | 24.4$^{b}$ | 0.21 | 665.0$^{b}$ |
| | 25 cm | | 131.6 | 33.4$^{ab}$ | 7.62$^{b}$ | 24.8$^{b}$ | 0.23 | 797.5$^{a}$ |
| | 30 cm | | 130.0 | 35.5$^{a}$ | 8.59$^{a}$ | 25.8$^{b}$ | 0.30 | 738.8$^{ab}$ |
| | 10 cm | | 129.9$^{b}$ | 27.3$^{d}$ | 7.55$^{c}$ | 26.1$^{a}$ | 0.56$^{bc}$ | 420.0 |
| | 15 cm | | 131.0$^{b}$ | 32.8$^{c}$ | 8.00$^{bc}$ | 23.6$^{b}$ | 0.75$^{a}$ | 502.5 |
| Swan | 20 cm | | 129.8$^{b}$ | 36.2$^{bc}$ | 8.36$^{ab}$ | 23.5$^{b}$ | 0.57$^{bc}$ | 516.3 |
| | 25 cm | | 141.2$^{a}$ | 37.8$^{ab}$ | 8.56$^{ab}$ | 23.1$^{b}$ | 0.55$^{c}$ | 435.0 |
| | 30 cm | | 139.8$^{a}$ | 40.2$^{a}$ | 9.18$^{a}$ | 22.5$^{c}$ | 0.67$^{b}$ | 452.5 |
| | Harvest | | | | | | | |
| | 67D | Boot | 94.3$^{c}$ | 26.1$^{d}$ | 4.13$^{d}$ | 16.4$^{e}$ | — | — |
| | 87D | Head | 135.6$^{b}$ | 35.4$^{b}$ | 6.92$^{c}$ | 19.7$^{d}$ | — | — |
| Saia | 98D | Soft dough | 139.7$^{ab}$ | 42.3$^{a}$ | 9.69$^{a}$ | 23.5$^{c}$ | — | — |
| | 112D | Soft dough | 143.1$^{a}$ | 30.8$^{c}$ | 9.09$^{b}$ | 29.3$^{b}$ | — | — |
| | 126D | Hard dough | 143.2$^{a}$ | 21.8$^{e}$ | 9.56$^{a}$ | 45.9$^{a}$ | — | — |
| | 67D | Boot | 100.4$^{d}$ | 23.1$^{d}$ | 3.55$^{e}$ | 15.7$^{e}$ | — | — |
| | 87D | Early head | 129.1$^{c}$ | 34.5$^{c}$ | 5.97$^{d}$ | 17.7$^{d}$ | — | — |
| Swan | 98D | Late head | 140.7$^{b}$ | 43.8$^{a}$ | 9.19$^{c}$ | 21.9$^{c}$ | — | — |
| | 112D | Milk | 148.9$^{a}$ | 38.5$^{b}$ | 10.18$^{b}$ | 27.6$^{b}$ | — | — |
| | 126D | Soft dough | 152.5$^{a}$ | 34.4$^{c}$ | 12.77$^{a}$ | 37.1$^{a}$ | — | — |

[1] PH: plant height; FWY: fresh weight yield; DMY: dry matter yield; DMR: dry matter rate; LSR: leaf/stem ratio.

[a, b, c, d, e] Means with the same superscripts within a column and category are not significantly different ($P < 0.05$).

燕麥 Swan 的 CP 平均含量會隨著收穫期的延後而顯著降低，由 67 日收穫的 14.8% 顯著 ($P < 0.05$) 降至 126 日的 5.5% ( 表 5 )；在 WSC 平均含量部分則呈現相反趨勢，由 67 日收穫的 2.9% 顯著提高至 126 日的 10.2%；NDF 及 ADF 平均含量與 WSC 平均含量呈現相同趨勢，以最初收穫時 67 日最低 ( 分別為 57.9 及 34.4%)，之後就逐漸上升；澱粉含量亦與 WSC 平均含量呈現相同趨勢，以最初收穫時最低僅 3.8%，隨著收穫期的延後而提高至 7.4%；礦物元素 P、K、Ca 及 Mg 平均含量皆會隨著收穫期的延後而降低，皆在 112 及 126 日收穫時達到最低。

IV. 燕麥品種在不同收穫期之產量及品質表現

燕麥 Saia 在相同的收穫期，皆以 30 cm 處理的平均乾物產量顯著 ($P < 0.05$) 高於其他處理，由 67 日的 4.47 mt ha$^{-1}$ 逐步提高至 126 日的 10.41 mt ha$^{-1}$ ( 圖 1 )；在 CP 平均含量部分，每個處理都隨著收穫期的延後而逐漸降低，且以 10 cm 處理在每個收穫期都顯著低於其他處理；在 WSC 平均含量部分，大部分的收穫期間以 15 及 20 cm 處理表現較優，而以 25 及 30 cm 處理的含量較低。

表 5. 燕麥在不同栽培密度及收穫期的芻料品質平均表現

Table 5. The average forage quality of oats of row spacing on different harvest stage

| Variety | Treatments | CP[1] | WSC | NDF | ADF | Starch | P | K | Ca | Mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % DM | | | | | | | | |
| Saia | | 9.8 | 4.4$^{b}$ | 60.5$^{a}$ | 37.2$^{a}$ | 6.0 | 1.19$^{b}$ | 2.71 | 0.21$^{a}$ | 0.26 |
| Swan | | 9.9 | 7.0$^{a}$ | 56.6$^{b}$ | 33.5$^{b}$ | 6.1 | 1.22$^{a}$ | 2.81 | 0.16$^{b}$ | 0.27 |
| | Row | | | | | | | | | |
| | 10 cm | 7.9$^{b}$ | 4.5$^{b}$ | 62.8$^{a}$ | 38.2 | 5.7 | 1.14 | 2.6 | 0.19 | 0.22$^{c}$ |
| | 15 cm | 10.0$^{a}$ | 5.3$^{a}$ | 60.4$^{ab}$ | 36.5 | 5.9 | 1.15 | 2.4 | 0.20 | 0.25$^{bc}$ |
| Saia | 20 cm | 10.6$^{a}$ | 4.8$^{ab}$ | 59.9$^{b}$ | 36.9 | 6.2 | 1.20 | 2.7 | 0.20 | 0.27$^{ab}$ |
| | 25 cm | 10.2$^{a}$ | 3.9$^{c}$ | 60.0$^{ab}$ | 37.0 | 6.2 | 1.24 | 2.9 | 0.22 | 0.28$^{a}$ |
| | 30 cm | 10.2$^{a}$ | 3.4$^{c}$ | 59.4$^{b}$ | 37.3 | 6.3 | 1.20 | 3.0 | 0.23 | 0.28$^{a}$ |
| | 10 cm | 8.1$^{b}$ | 8.4$^{a}$ | 58.2 | 33.7 | 6.0 | 1.15$^{b}$ | 2.7$^{ab}$ | 0.13$^{b}$ | 0.23$^{b}$ |
| | 15 cm | 10.8$^{a}$ | 7.2$^{b}$ | 56.0 | 32.7 | 6.3 | 1.16$^{b}$ | 2.4$^{b}$ | 0.16$^{a}$ | 0.26$^{ab}$ |
| Swan | 20 cm | 11.0$^{a}$ | 6.6$^{b}$ | 56.1 | 33.3 | 5.9 | 1.26$^{ab}$ | 3.1$^{a}$ | 0.16$^{a}$ | 0.29$^{a}$ |
| | 25 cm | 10.5$^{a}$ | 6.6$^{b}$ | 55.9 | 33.4 | 5.8 | 1.31$^{a}$ | 2.8$^{ab}$ | 0.17$^{a}$ | 0.30$^{a}$ |
| | 30 cm | 9.0$^{b}$ | 6.5$^{b}$ | 56.6 | 34.2 | 6.2 | 1.23$^{ab}$ | 3.0$^{ab}$ | 0.16$^{a}$ | 0.28$^{a}$ |
| | Harvest | | | | | | | | | |
| | 67D | 15.2$^{a}$ | 3.9$^{b}$ | 51.9$^{c}$ | 31.4$^{c}$ | 3.8$^{d}$ | 1.22$^{c}$ | 4.3$^{a}$ | 0.30$^{a}$ | 0.32$^{a}$ |
| | 87D | 11.1$^{b}$ | 5.5$^{a}$ | 60.0$^{b}$ | 35.9$^{b}$ | 5.9$^{c}$ | 1.55$^{a}$ | 2.7$^{b}$ | 0.18$^{bc}$ | 0.28$^{b}$ |
| Saia | 98D | 8.5$^{c}$ | 4.1$^{b}$ | 62.4$^{a}$ | 38.4$^{b}$ | 6.3$^{bc}$ | 1.36$^{b}$ | 2.5$^{b}$ | 0.17$^{c}$ | 0.24$^{c}$ |
| | 112D | 7.7$^{c}$ | 4.2$^{b}$ | 63.7$^{a}$ | 40.0$^{ab}$ | 6.7$^{b}$ | 0.92$^{d}$ | 2.2$^{bc}$ | 0.17$^{c}$ | 0.23$^{c}$ |
| | 126D | 6.3$^{d}$ | 4.1$^{b}$ | 64.4$^{a}$ | 40.2$^{a}$ | 7.5$^{a}$ | 0.88$^{d}$ | 1.8$^{c}$ | 0.21$^{b}$ | 0.25$^{c}$ |
| | 67D | 14.8$^{a}$ | 2.9$^{e}$ | 51.8$^{c}$ | 31.3$^{c}$ | 3.8$^{c}$ | 1.22$^{c}$ | 4.2$^{a}$ | 0.23$^{a}$ | 0.35$^{a}$ |
| | 87D | 11.9$^{b}$ | 7.0$^{d}$ | 55.4$^{b}$ | 32.6$^{b}$ | 5.9$^{b}$ | 1.58$^{a}$ | 3.0$^{b}$ | 0.16$^{b}$ | 0.32$^{b}$ |
| Swan | 98D | 10.3$^{c}$ | 6.3$^{c}$ | 57.9$^{ab}$ | 34.4$^{ab}$ | 5.9$^{b}$ | 1.41$^{b}$ | 2.9$^{b}$ | 0.15$^{b}$ | 0.28$^{c}$ |
| | 112D | 6.8$^{d}$ | 9.0$^{b}$ | 59.9$^{a}$ | 35.3$^{a}$ | 7.2$^{a}$ | 0.93$^{d}$ | 2.2$^{c}$ | 0.12$^{c}$ | 0.21$^{d}$ |
| | 126D | 5.5$^{e}$ | 10.2$^{a}$ | 57.8$^{ab}$ | 33.7$^{ab}$ | 7.4$^{a}$ | 0.97$^{d}$ | 1.7$^{c}$ | 0.11$^{c}$ | 0.20$^{d}$ |

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

[a, b, c, d] Means with different superscripts within a column and category differ significantly ($P < 0.05$).

燕麥 Swan 在相同的收穫期，以 30 cm 處理的平均乾物產量顯著 ($P < 0.05$) 高於其他處理，由 67 日的 4.27 mt ha$^{-1}$ 逐步提高至 126 日的 14.23 mt ha$^{-1}$ ( 圖 2 )；CP 平均含量會隨著收穫期延後而降低，但以 20 cm 處理表現較佳，雖由 17.7% 降至 6.0%，除 98 日收穫時僅 10.6%，其餘皆優於其他處理；而在 WSC 平均含量部分，每個處理都隨著收穫期的延後而增加含量，然在前 4 次收穫皆以 10 cm 處理的含量最高 ( 分別為 3.7、9.8、8.7 及 10.0% )，但至 126 日收穫時 5 個處理之間則無差異存在。

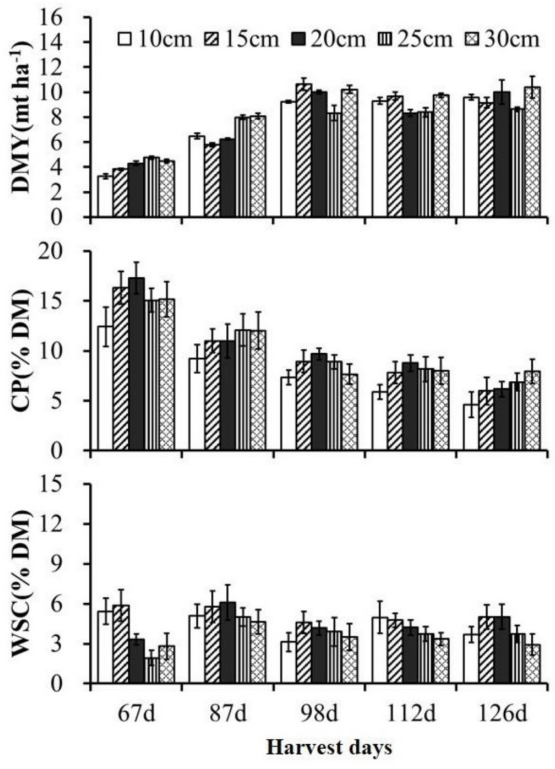



圖 1. 燕麥 Saia 在不同栽培密度及收穫期的乾物產量、粗蛋白及水溶性碳水化合物含量表現。

Fig. 1. Performance of dry matter yield (DMY), crude protein (CP) and water-soluble carbohydrate content (WSC) of oat Saia of row spacing on different harvest periods. The row spacing treatments for oat planting were 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm and 30 cm. Oats were harvested 67 days, 87 days, 98 days, 112 days and 126 days after planting. Bar indicates standard deviation.

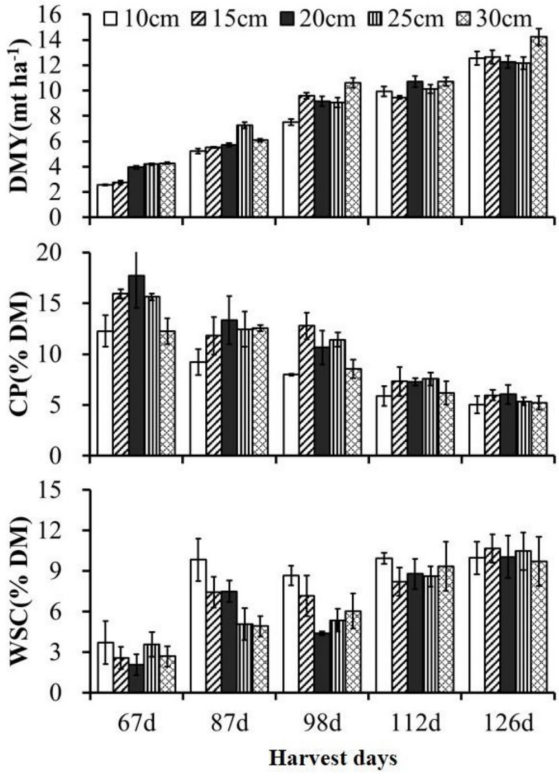



圖 2. 燕麥 Swan 在不同栽培密度及收穫期的乾物產量、粗蛋白及水溶性碳水化合物含量表現。

Fig. 2. Performance of dry matter yield (DMY), crude protein (CP) and water-soluble carbohydrate content (WSC) of oat Swan of row spacing on different harvest periods. The row spacing treatments for oat planting were 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm and 30 cm. Oats were harvested 67 days, 87 days, 98 days, 112 days and 126 days after planting. Bar indicates standard deviation.

# 討　論

整體而言，燕麥 Saia 與 Swan 皆在 30 cm 栽培密度處理可獲得最高的乾物產量，且隨收穫期延後，株高、乾物產量及乾物率均會提高。但 CP 含量確會隨著收穫期延後與栽培密度降低而下降，而 WSC、NDF、ADF 及澱粉含量則隨收穫期延後而增加。礦物元素含量則隨收穫期延後而降低。然由表 2 及 3 得知，品種、栽培密度及收穫期在眾多性狀之間具有交感效應，若僅考慮單一因素可能無法獲得最佳芻料產量與品質，故應分析各品種的農藝特性以選擇合宜的栽培密度，並考量適合的收穫期，以提高農業生產效益，並為後續的育種與田間管理提供參考依據。

2 個燕麥品種在農藝性狀及化學成分含量的表現常呈現顯著差異 ( 表 4、5 )，此與燕麥 Saia 的植株型態為莖細、葉窄的早熟品種，而燕麥 Swan 為莖粗、葉寬的晚熟品種有關。國外有研究指出，品種特性會造成芻料品質的差異 (Coblentz *et al.*, 2013; Liu and Mahmood, 2015)，而陳等 (2021) 以相同的燕麥品種進行營養成分變動之探討，結果顯示 2 個品種在成熟期及化學成分含量變化皆有所不同，此結果與本試驗的燕麥品種性狀表現趨勢相似，顯示植株型態確實會影響牧草產量及品質，而陳及張 (2022) 的研究報告亦有相同的結果。

早熟燕麥 Saia 在種植後 77 日抽穗 ( 50% 植株 )，而晚熟燕麥 Swan 則在 96 日抽穗 ( 表 4 )，此與陳等 (2021) 的結果 ( Saia 為 80 日，Swan 為 105 日 ) 略有差異，顯示氣候環境對於燕麥的抽穗期確實會有所影響，但 2 品種的抽穗日數差距至 19 日，顯示品種特性影響更大。2 個燕麥的抽穗日數皆會因栽培密度處理略受影響，密植處理的會略早於疏植的 1 － 2 日，但差異不大。Naveed *et al.* (2014) 的試驗結果顯示，小麥高播種量處理的抽穗日數為 122.5 日，而最低播種量為 119 日。林及林 (2019) 以薏苡進行產量比較，發現密植處理的生育日數較疏植為短，相差為 1 － 2 日。Holliday (1963) 指出植株間會彼此競爭生長空間，促使禾本科作物提早抽穗及成熟，Naveed *et al.* (2014) 亦指出低播種率處理的植株相對數量較少，從而可以獲得更多的養分，使得延長營養期轉換到生殖期的時間。由上述結果得知，燕麥品種特性 ( 早熟及晚熟 ) 對於抽穗日數影響較栽培密度為大。

2 個燕麥品種的平均鮮重產量皆以 30 cm 疏植處理的產量最高，而以密植處理 (10 cm) 的產量最低，而在平均乾物產量也有相同趨勢 ( 表 4 )。許多國外研究結果顯示，密植處理的產量通常比疏植處理的為高 (Naveed *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018)，此與作物密植時對雜草的競爭力較高有關 (Acharya *et al.*, 2003)。Li *et al.* (2018) 的研究結果顯示，高密植處理 (480 plants $m^{-2}$) 的雜草生物量比疏植處理 (120 及 240 plants $m^{-2}$) 為低 (59 及 56%)，因此增加植物密度確實可提高抑制雜草生長的成效。本試驗的結果與國外研究不同，可能與種植 2 週後即對各試區進行行間除草工作，導致雜草影響效應降低有關。然而 Li *et al.* (2018) 亦指出，密植不應作為禾穀類作物種植時抑制雜草的唯一策略，但可以作為一種工具。

2 個燕麥品種的 CP 平均含量皆以 10 cm 處理的最低，而 WSC 平均含量則以 30 cm 處理最低，在 NDF 及 ADF 平均含量部分，除燕麥 Saia 的 NDF 平均含量在處理間有差異之外，其餘處理皆不受栽培密度影響 ( 表 5 )。Albayrak *et al.* (2011) 的試驗結果顯示，播種行距 (17.5 及 35 cm) 對匈牙利豌豆的 CP、ADF 及 NDF 含量沒有影響，而 Hunter *et al.* (2020) 亦有相似的結果，播種行距 (15、30 及 61 cm) 並不影中間偃麥草的 CP 含量。本試驗 2 個燕麥的 CP 平均含量與前述研究結果不同，可能與作物的生長特性有關，但 2 個品種卻都有相同趨勢，在密植處理下會顯著降低 CP 含量。2 個燕麥品種的 NDF 及 ADF 平均含量差異不明顯，顯示栽培密度對纖維含量影響不大，此結果與 Albayrak *et al.* (2011) 的相似。在礦物元素含量部分，燕麥 Saia 除 Mg 含量以 25 及 30 cm 顯著較高外，其餘皆無差異。而燕麥 Swan 除 K 含量外，皆以 10 cm 處理最低。Hunter *et al.* (2020) 亦有相似的結果，播種行距不會影響整體 P 或 K 的含量。

兩個燕麥品種的平均鮮重產量皆以 67 日收穫時最低，以 98 日收穫時達到最高，之後就隨著植株成熟度增加而下降 ( 表 4 )；在平均乾草產量部分則呈現相反趨勢，越晚收穫產量越高；平均乾物率與平均乾草產量呈現相同趨勢，植株越成熟乾物率也就越高。燕麥的農藝性狀表現與國內外的研究報告有相同趨勢 ( 朱等，2018；施及李，2020；陳等，2022；Coblentz *et al.*, 2018)，越晚收穫有越高的乾物產量，而乾物率也隨之提高。

2 個燕麥品種的 CP 平均含量皆以 67 日收穫時最高，之後隨著收穫期越晚而有顯著下降趨勢 ( 表 5 )，此與國外的研究結果相同 (Coblentz *et al.*, 2000; Gunsaulis *et al.*, 2008; David *et al.*, 2010; Liu and Mahmood, 2015)，而國內的研究報告亦有相似的結果，不同收穫期會影響燕麥 CP 含量的變化 ( 施及李，2020；陳等，2022 )。WSC、澱粉、NDF 及 ADF 的平均含量則呈現相反趨勢，皆會隨著收穫期的延後而顯著提高。礦物元素 K、Ca 及 Mg 的平均含量會隨著植株的成熟度增加而顯著下降； 2 個燕麥品種的平均 P 含量皆以 87 日收穫時最高，之後則逐漸降低。燕麥的化學成分含量雖會因品種不同而產生差異，但在不同收穫期間的變化趨勢是一致的 ( 表 5 )。Coblentz *et al.* (2013) 指出，不同燕麥品種植體化學成分如 CP、WSC 或纖維含量，在不同收穫期常有顯著的差異表現。本研究的燕麥

Swan 的 NDF 及 ADF 平均含量會隨著植株生長而上升，之後隨穀粒澱粉累積而降低，陳等 (2021) 指出，此與非結構性碳水化合物及澱粉累積速度有關。Nadeau(2007) 亦指出，小穀類作物在抽穗後開始充實，越晚收穫澱粉含量越高，導致穗占整體乾物質比例增高，而使 NDF 含量的降低。

國內外有許多研究報告指出，燕麥收穫期越晚雖然芻料產量會提高，但營養及纖維含量卻不甚理想 ( 朱等，2018；施及李，2020；陳等，2022；Liu and Mahmood, 2015 )，本試驗亦有相似的結果，隨著燕麥的成熟度增加，乾物產量隨之增加，但 CP 及礦物元素含量卻隨之下降 ( 表 4、5 )。燕麥 Saia 在 98 日的平均乾物產量較 87 日的高 40.2%，但是其莖稈細導致越晚收穫越容易倒伏，造成機械收穫不易。燕麥 Saia 在 98 日的平均 CP 含量較 87 日的大幅下降 23.4%，且 NDF 含量也顯著增加，導致芻料品質大幅惡化。故，經綜合評估燕麥 Saia 的收穫期以 87 － 98 日為宜。

燕麥 Swan 的平均乾物產量表現與燕麥 Saia 有相同趨勢，越晚收穫產量越高，以 126 日的最高比 98 日的多 39.0%，但 NDF 及 ADF 的平均含量卻無大幅提升，雖然因晚收穫而使 CP 平均含量大幅降低至 5.5%，降幅達 46.6%，但 WSC 平均含量卻增加 25.4%，且無倒伏情形發生 ( 表 4、5 )。因此，燕麥 Swan 雖然晚收穫會導致芻料品質降低，但為獲得最大的芻料生產量，故經綜合評估最佳收穫期為 126 日。陳及張 (2021) 曾推薦燕麥 Saia 最佳收穫期評估為 90 － 105 日最為適宜，而燕麥 Swan 之最佳收穫期推薦為 120 日，與本試驗結果相近。

由上述評估得知，燕麥 Saia 的最適收穫期為 87 － 98 日。由圖 1 可以發現，燕麥 Saia 在 87 日收穫時，以 30 cm 處理的乾物產量 (8.09 mt $ha^{-1}$) 最高，而在 98 日收穫時，也以 30 cm 處理的 10.21 mt $ha^{-1}$ 最高，並於 112 日及 126 日皆有相同結果。在 CP 含量部分，於 87 日收穫時以 30 cm 處理的 12.0% 顯著高於其他處理，而在 98 日收穫時則以 15、20 及 25 cm 處理 ( 分別為 8.9、9.7 及 8.9%) 最高，30 cm 處理的 7.7% 次之。雖然 30 cm 處理的芻料品質並無明顯優於其他處理，然而其乾物產量卻是顯著最高 ($P < 0.05$)。因此，燕麥 Saia 的最適栽培密度以 30 cm 為宜。

由上述評估得知，燕麥 Swan 的最適收穫期為 126 日。由圖 2 可以發現，燕麥 Swan 在 126 日收穫時與燕麥 Saia 有相同結果，皆以 30 cm 處理的乾物產量 (14.23 mt $ha^{-1}$) 顯著高於其他處理。在 CP 含量部分，則以 15 及 20 cm 處理 ( 皆為 6.0% ) 最高，而 10 及 30 cm 處理的 ( 分別為 5.0 及 5.2% ) 最低。然而經換算粗蛋白質產量 (crude protein yield)，30 cm 處理 (0.75 mt $ha^{-1}$) 的表現則為最高，而且於 NDF 及 ADF 含量也未高於其他處理 ( 表 5 )。顯示 30 cm 處理的芻料品質雖未最佳，但其產量卻優於其他處理。因此，燕麥 Swan 的最適栽培密度也以 30 cm 為宜。

# 參考文獻

朱明宏、王紓愍、游翠凰、陳嘉昇。2018。黑燕麥在不同收穫期之芻料產量、品質及青貯調製研究。畜產研究 51：16-23。

林禎祥、林孟輝。2019。栽培密度對北部地區薏苡生育與產量之影響。桃園區農業改良場研究彙報 86：1-14。

施意敏、李姿蓉。2020。臺灣北部地區芻料用燕麥生產與利用之研究。畜產研究 53：244-252。

陳嘉昇、黃永芬、游翠凰、王紓愍。2021。芻料燕麥營養成分變動之探討。畜產研究 54：116-125。

陳勃聿、張世融。2021。有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 I. 地區輪作模式之建議。畜產研究 54：198-205。

陳勃聿、張世融。2022。有效益芻料作物甜高粱及燕麥之生產 II. 地區輪作模式之產量及品質評估。畜產研究 55：56-67。

陳勃聿、田玉娟、范耕榛。2022。以小麥、大麥及燕麥作為臺灣南部地區冬季芻料之評估。畜產研究 55：128-136。

Acharya, S. N., Mir, Z., Moyer, J. R., Orshinsky, B. R., and Thomas, J. E. 2003. Effect of row spacing and seeding rate on forage yield and quality of perennial cereal rye (Secale cereale L.). Can. J. Plant Sci. 83: 363-369.

Albayrak, S., Türk, M., and Yüksel, O. 2011. Effect of row spacing and seeding rate on hungarian vetch yield and quality. Turkish Journal of field crops. 16(1): 54-58.

Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. p. 610-613. In: Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition.

Coblentz, W. K., K. P. Coffey, J. E. Turner, D. A. Scarbrough, J. S. Weyers, K. F. Harrison, Z. B. Johnson, L. B. Daniels, C. F. Rosenkrans, Jr., D. W. Kellogg, and D. S. Hubbell. 2000. Effect of maturity on degradation kinetics of sod-seeded cereal grain forage grown in northern Arkansas. J. Dairy Sci. 83: 2499-2511.

Coblentz, W. K., S. E. Nellis, P. C. Hoffman, M. B. Hall, P. J. Weimer, N. M. Esser, and M. G. Bertram. 2013. Unique

interrelationships between fiber composition, water-soluble carbohydrates, and in vitro gas production for fall-grown oat forages. J. Dairy Sci. 96: 7195-7209.

Coblentz, W. K., M. S. Akins, K. F. Kalscheur, G. E. Brink, and J. S. Cavadini. 2018. Effects of growth stage and growing degree day accumulation triticale forages: 1. Dry matter yield, nutritive value, and in vitro dry matter disappearance. J. Dairy Sci. 101: 8965-8985.

David, D. B., J. L. Nörnberg, E. B. de Azevedo, G. Brüning, J. D. Kessler, and F. R. Skonieski. 2010. Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. Rev. Bras. Zootec. 39: 1409-1417.

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Application). p. 8-9. Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC., USA.

Gunsaulis, J. L., W. K. Coblentz, R. K. Ogden, R. K. Bacon, K. P. Coffey, D. S. Hubbell III, J. V. Skinner, Jr., M. S. Akins, J. D. Caldwell, K. S. Lusby, and S. A. Gunter. 2008. Fall growth potential of cereal grain forages in Northern Arkansas. Agron. J. 100: 1112-1123.

Holliday, R. 1963. The effect of row width on the yield of cereals. Field Crop Abstracts. 16: 71-81.

Hunter, M. C., C. C. Sheaffer, S. W. Culman, W. F. Lazarus, and J. M. Jungers. 2020. Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass II: Forage yield and economics. Agron. J. 112: 1862-1880.

Irfan, M., M. Ansar, A. Sher, A. Wasaya, and A. Sattar. 2016. Improving forage yield and morphology of oat varieties through various row spacing and nitrogen application. J. Anim. Plant Sci. 26: 1718-1724.

Liu, K. and K. Mahmood. 2015. Nutrient composition and protein extractability of oat forage harvested at different maturity stages as compared to grain. J. Agr. Sci. 7: 50-58.

Li, P., Mo, F., Li, D., Ma, B-L., Yan W., and Xiong Y. 2018. Exploring agronomic strategies to improve oat productivity and control weeds: leaf type, row spacing, and planting density. Can. J. Plant Sci. 98: 1084-1093.

Lone, B. A., B. Hassan, S. Ansur-ul-haq, and M. H. Khan. 2010. Effect of seed rate, row spacing and fertility levels on relative economics of soybean (*glycine max.* L.) under temperate conditions. African J. of Agric. Research. 5: 322-324.

Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. Science 107: 254-255.

Nadeau, E. 2007. Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. J. Sci. Food Agric. 87: 789-801.

Naveed. K., M. A. Khan., M. S. Baloch., K. Ali., M. A. Nadim., E. A. Khan., S. Shah and M. Arif. 2014. Effect of different seeding rates on yield attributes of dual-purpose wheat. Sarhad J. Agric. 30: 83-91.

Ranjan, R. D., A. S. Gontia, A. Pal, S. Km Kumar, B. Kumar, K. Bhamini, and N. Kumari. 2016. Morphological and physiological responses of dual purpose wheat (*Triticum aestivum* L.) to nitrgen and seed rates. Agricultural Research Communication Centre 37: 279-89.

Rodriguez, J. B., J. R. Self, and P. N. Sotanpour. 1994. Optical conditions for phosphorus analysis by the ascorbic acid-molybdenum blue method. Soil Sci. Soc. Amer. J. 58: 866-870.

Sharma, S. K. and S. R. Bhunia. 2001. Response of oat (*Avena sativa* L.) to cutting management, method of sowing and nitrogen. Ind. J. Agron. 46: 563-567.

Thomas. G. W. 1985. Exchangeable cation. pp. 1159-1165. In: Page, A. L. (ed.). Method of soil analysis. Part 2. 2nd edition. American Society of Agronomy Inc., Madision. Wisconsin.

Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. Laboratory Manual of Physiological Studies of Rice 3rd Edition, pp. 46-49. International Rice Research Insititute, Los Baños, Philippines.

Taiwan Livestock Res. 58(4)：231-241, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0001

# Effect of Row Spacing and Different Harvest Stages on Oat (*Avena* spp.) Yield and Quality [1]

Po-Yu Chen [2] [3]

Received: Jul. 2, 2024; Accepted: Jul. 11, 2025

## Abstract

This study utilized two oat varieties, Saia (*Avena strigosa* Schreb.) and Swan (*A. sativa* L.), as the experimental materials. The trial was conducted at the Livestock Research Institute, Ministry of Agriculture, on November 18, 2016, using artificial planting. A randomized complete block design (RCBD) with four replications was employed to investigate the effects of five planting densities (row spacings of 10, 15, 20, 25, and 30 cm) and five harvesting stages (67, 87, 98, 112, and 126 days after planting) on oat yield and chemical composition changes. The crude protein (CP) content of Saia oats decreased significantly ($P < 0.05$) following the delay in harvesting stage, , from 15.2% at 67 days to 6.3% at 126 days. Conversely, the average contents of water-soluble carbohydrates (WSC) and starch increased with delayed harvesting. The average contents of acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) showed an opposite trend to CP, reaching the highest values at 126 days (64.4 and 40.2%, respectively).The changes in the nutritional composition of Swan oats followed a similar trend to those of Saia oats. The average contents of P, K, Ca, and Mg in both oat varieties decreased following the delay in  the harvesting stage was delayed. For Saia oats, late harvesting significantly deteriorated the quality, and thus, the optimal harvesting period was determined to be between 87 and 98 days. In contrast, the dry matter yield of Swan oats increased significantly with later harvesting, making 126 days the recommended harvesting time.The fresh yield and dry matter yield of Saia oats increased as planting density decreased, with the highest values observed at the 30 cm spacing (35.5 and 8.59 mt $ha^{-1}$, respectively). The dry matter yield of Swan oats exhibited a similar trend, with the highest yield also occurring at the 30 cm spacing (40.2 and 9.18 mt $ha^{-1}$, respectively). The average CP content of both oat varieties was higher under lower planting densities, while the WSC content showed the opposite trend, yielding a higher content at higher planting densities. However, planting density had little impact on the average contents of NDF, ADF, starch, and mineral elements in both oat varieties. Therefore, the optimal planting density for both oat varieties was determined to be 30 cm. Additionally, the optimal harvesting period for Saia oats was 87–98 days; while for Swan oats, 126 days was recommended.

Key words: Oat, Row spacing, Forage yield, Forage quality, Harvest stage.

(1) Contribution No. 2815 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Forage Crops Division, MOA-TLRI, HsinHua,Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(3) Corresponding author, E-mail: muu680@mail.tlri.gov.tw.

畜產研究 58(4)：242-250, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0002


# 性別對蘭嶼豬肉質特性、脂肪酸和胺基酸組成之影響 (1)

吳昇陽 (2)　李士昕 (2)　陳益隆 (2)　章嘉潔 (2)(3)

收件日期：113 年 7 月 31 日；接受日期：114 年 3 月 18 日

## 摘　要

本試驗旨在探討性別對蘭嶼豬肉質特性、脂肪酸和胺基酸組成之影響，選用 18 頭體重 13 ± 0.9 kg 之健康蘭嶼豬，閹公豬與女豬各半 (n = 9)，試驗為期 16 週，每頭豬每日供飼 1 kg 以碎糙米－玉米－豆粕為主之基礎飼糧，飲水採任食，試驗結束後進行屠宰並分析屠體特性。結果顯示，感官肉色評分項目，在大理石紋 (marbling)、嫩度 (tenderness)、多汁 (juiciness) 及風味 (flavor)，性別間無顯著差異。肉色評分以女豬顯著高於閹公豬 ($P < 0.001$)，而緊實度 (firmness) 以閹公豬顯著較女豬為高 ($P < 0.05$)。肌肉中脂肪酸組成中，豆蔻酸 (myristic acid, C14:0)、棕櫚酸 (palmitic acid, C16:0)、硬脂酸 (stearic acid, C18:0)、次亞麻仁油酸 (alpha-linolenic acid, C18:3)、總飽和脂肪酸 (total saturated fatty acid, SFA) 值，以閹公豬顯著高於女豬 ($P < 0.01$)；而油酸 (oleic acid, C18:1)、亞麻油酸 (linoleic acid, C18:2) 及山酸 (benenic acid, C22:0) 值，則女豬顯著較高於閹公豬 ($P < 0.01$)。蘭嶼豬背最長肌之總胺基酸含量，在性別間並無顯著差異。

關鍵詞：胺基酸、脂肪酸、蘭嶼豬、肉質特性。

## 緒　言

原生豬種的開發和利用，對於遺傳資源保存、生物多樣性維護和文化價值具有極其重要的意義，確保這些豬種的數量能夠持續維持至關重要 (Kasprzyk and Walenia, 2023)。與現代經遺傳改良商業品種相比，本地品種通常表現較差的生長性能和生產力。然而，開發具有獨特豬肉市場可提高本地品種的商業價值。屠體特性和肉質分析是確定本地豬種的開發以及未來研究方向的關鍵 (Nevrkla *et al.*, 2021; Razmaitė *et al.*, 2021; Lukovi´c *et al.*, 2023)，如韓國土黑豬 (Muhlisin *et al.*, 2014) 和葡萄牙的 Alentejano 和 Besaro 豬 (Martins *et al.*, 2020)，透過雜交育種改善本地豬的屠體特性和肉質，以確保持續的生產並增加經濟價值。

過去針對蘭嶼豬屠體性狀的研究中，李等 (2003) 探討餵飼檢定料及狼尾草對蘭嶼豬生長和屠體性能的影響，結果顯示，蘭嶼豬每日餵飼 1.0 公斤檢定料並任食狼尾草能顯著縮短其達適宰重的飼養天數，且不影響屠體品質。陳等 (2011) 比較蘭嶼豬、畜試迷彩豬與 LYD 商用豬的肉質特性，結果表明蘭嶼豬的香氣顯著高於 LYD 商用豬。潘等 (2012) 則對蘭嶼豬與畜試迷彩豬在不同屠宰體重下的生長、屠體性狀及脂質生成酵素進行比較，發現蘭嶼豬的脂質蓄積量及合成能力均明顯高於畜試迷彩豬。然而，以上研究均為品系之間的比較，尚未針對性別進行深入探討。

國外許多研究探討性別對屠體性狀、肉質特性 (Elbert *et al.*, 2020; Van den Broeke *et al.*, 2020; Ortiz *et al.*, 2021) 以及肉中胺基酸和脂肪酸組成的影響 (Gan *et al.*, 2020; Xia *et al.*, 2022)。研究已證實性別會影響屠體性狀和肉質，特別是性別在激素上所造成誘導脂肪沉積速率方面的差異，可能影響肉和肉製品的食用價值 (Nurnberg *et al.*, 1998)。脂肪組織和肌肉的脂肪酸組成在性別間存在差異，因而對肉品質產生影響，特別是脂肪酸組成決定脂肪組織的堅實度和肉的氧化穩定性，進而影響肉的顏色和風味 (Wood *et al.*, 2008)。此外，由於遺傳因素影響胺基酸組成，會影響肉的質地和風味，且在不同豬品種之間亦有所不同 (Ma *et al.*, 2020)。

蘭嶼豬是臺灣獨特的小型黑豬品種，1980 年從蘭嶼島引入畜產試驗所臺東種畜繁殖場進行種原保護，並陸續選育建立五個新品系。研究發現、蘭嶼豬的遺傳特徵為一種不尋常的單倍型 (Wu *et al.*, 2007)，與世界的野豬和家豬之間存在遙遠的遺傳關係。蘭嶼豬在系統發育樹中形成一個獨立的群體，可能由於海平面上升而造成的地理隔離，導

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2816 號。
(2) 農業部畜產試驗所東區分所。
(3) 通訊作者，E-mail: janices@mail.tlri.gov.tw。

致其遺傳獨特性的保存 (Larson *et al.*, 2010)，這一遺傳特徵對獨特本地品種至關重要。考量到蘭嶼豬的多用途利用，未來，也有望融入在原民飲食文化中的推廣應用，如鮮肉或肉製品的開發來源。因此，本研究設計旨在探討性別對蘭嶼豬肉質性狀、脂肪酸和胺基酸組成的影響，為其在肉品開發上的應用提供科學依據。

# 材料與方法

I. 試驗材料

試驗在原行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場進行，選用 18 頭平均體重 13 ± 0.9 kg 之蘭嶼豬保種品系 (Lanyu 200) 閹公豬 (n = 9) 與女豬 (n = 9)。期間每日供應 1 kg 以碎糙米－玉米－豆粕為主之基礎飼糧，飼糧組成詳如表 1，飼糧中粗蛋白質含量 14.4%、粗脂肪含量 3.7% 及總能為 3,750 kcal/kg，飲水採任食。試驗為期 16 週，平均體重閹公豬為 47.3 ± 2.1 kg、女豬為 43.5 ± 2.9 kg，試驗結束後豬隻送往臺灣農畜產公司進行屠宰與屠體分析。本試驗程序及動物使用均通過臺東種畜繁殖場之實驗動物照護及使用小組審查核准，核准編號 TAPS-111-03。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diet

| Ingredients | % |
|---|---|
| Crushed brown rice | 16.41 |
| Yellow corn | 49.24 |
| Soybean meal | 18.00 |
| Wheat bran | 10.00 |
| Limestone, pulverized | 1.00 |
| Dicalcium phosphate | 1.40 |
| Choline | 0.20 |
| Molasses | 3.00 |
| Salt | 0.50 |
| Vitamin premix[a] | 0.10 |
| Mineral premix[b] | 0.15 |
| Total | 100.00 |
| Analyzed values | |
| Crude protein, % | 14.89 |
| Crude fat, % | 3.78 |
| Gross energy, kcal /kg | 3,750.00 |

[a] Vitamin supplied the following per kilogram of diet: Vitamin A, 6,000 IU; Vitamin $D_3$, 400 IU; Vitamin E, 20 IU; Vitamin $K_3$, 2 mg; Vitamin $B_1$, 2.6 mg; Vitamin $B_2$, 2 mg; Niacin, 30 mg; Pantothenic acid, 30 mg; Pyridoxine, 3 mg; Vitamin $B_{12}$, 0.6 mg; Biotin, 0.2 mg.

[b] Mineral supplied the following per kilogram of diet: Fe ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$, 20.09% Fe), 80 mg; Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 25.45% Cu), 5 mg; Mn ($MnSO_4 \cdot H_2O$, 32.49% Mn), 6 mg; Zn ($ZnSO_4$, 80.35% Zn), 45 mg; I (KI), 0.2 mg; Se ($NaSeO_3$, 45.56% Se), 0.1 mg; Co ($CoSO_4 \cdot H_2O$, 32% Co), 0.35 mg.

II. 肉質性狀測定

(i) 大理石紋：依美國國家豬生產協會 (NPPC, 1991) 之豬肉品質鑑定圖譜，以背最長肌區分 5 級評分大理石紋 (marbling score)，1 分表油花稀疏，5 分表富含油花。數值低表示肉中肌內脂肪含量少，數值高表示肌內脂肪含量多。

(ii) 緊實度：採 NPPC 評分以背最長肌區分 5 級評分緊實度 (firmness score)，數值低表示肉質緊實度越差，數值高表示肉質緊實度越好。

(iii) 感官肉色：依美國國家豬生產協會 (NPPC, 1991) 方法修正背最長肌外觀評分，採 5 分制。肉色評分 (color score)，1 分表蒼白，5 分表暗紅。數值低表示淡色，數值高表示深色。本項由臺灣農畜產工業股份有限公司品評 (sensory evaluation) 團隊進行品評測試。

(iv) 感官品評：依 Cardello *et al.* (1983) 方法修正為背最長肌修整後，取適當大小並包裝後，經 80℃熱水浴 30 分鐘，本項由臺灣農畜產工業股份有限公司團隊進行品評測試，依嫩度 (tenderness)、風味 (flavor)、多汁性 (juiciness) 等 3 項目評分，採 5 分制評分，1 分最差，而 5 分最佳。

III. 胺基酸及脂肪酸測定

採背最長肌之肌肉樣品 300 g，由財團法人中央畜產會技術服務中心分析 10 項脂肪酸 (fatty acid) 及 17 項水解胺基酸 (amino acid) 含量，化學成分分析單位分別為 wt % 及 mg/100 g 表示。

IV. 統計分析

本研究數據使用 Excel (version XYZ; Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) 進行處理。隨後使用 SPSS (version 22.0; IBM Corporation, Armonk, NY, USA) 進行統計分析。性別比較採用一般線性模式 (generalized linear model)，性別間差異使用 Student's t-test 檢驗評估。數據以平均值加減標準偏差 (means ± standard deviation) 表示，當 $P < 0.05$ 表示具有顯著差異。

# 結果與討論

性別對蘭嶼豬肉品質評級之影響總結於表 2，閹公豬的肌肉緊實度顯著高於女豬 ($P < 0.05$)，而女豬的感官肉色分數顯著高於閹公豬 ($P < 0.001$)。然而，在大理石花紋分數、嫩度、多汁性或風味方面，性別之間沒有顯著差異。本研究發現蘭嶼豬閹公豬和女豬在大理石花紋分數上沒有差異，這與 Xia *et al.* (2022) 對杜洛克品種的研究結果一致，但與黃等 (2014) 和吳 (2012) 的研究結果不同。黃等 (2014) 和吳 (2012) 分別研究高畜黑豬以及國內三種藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種報告，閹公豬之大理石紋評分顯著優於女豬。性別效應產生差異的原因，可能與豬種的遺傳背景、環境因素以及性成熟等多種因素相關，不同豬種之間的結果差異仍有待進一步探討。

大理石花紋或稱肌內脂肪，主要由脂肪組織構成，影響熟肉的嫩度和多汁性 (Wood *et al.*, 2008)。Smith and Carpenter (1974) 發現脂肪含量與豬肉多汁性之間存在中等至強的相關性，但與豬肉風味之間的相關性則較弱至中等。脂肪對肉質多汁性的影響可歸因於脂肪增強保水能力，在烹飪過程中潤滑肌肉纖維並增加嫩度，從而顯著改善多汁性。此外，脂肪還通過在咀嚼過程中刺激唾液分泌來增加多汁性。Hornstein (1971) 指出，脂肪通過脂肪酸氧化產生增味的羰基化合物，並作為芳香化合物的儲存處而影響風味。

目前發現在嫩度、多汁性或風味方面，蘭嶼豬在性別之間沒有顯著差異。類似的結果發現於韓國原生種 KNP (Korean native pigs) 與杜洛克雜交品種 (Muhlisin *et al.,* 2014) 以及高畜黑豬 ( 黃等，2014 ) 中。然而，Kim *et al.* (2018) 指出 LYD 及 LYW (Landrace × Yorkshire × Woori) 品種女豬感官肉色顯著較閹公豬為高，但在嫩度和多汁性上則無差異。此外，吳 (2012) 也發現，來自藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種的公豬在嫩度、多汁性、風味和整體接受度方面得分比女豬高。值得注意的是，大理石花紋分數是影響消費者購買決策的關鍵因素 (Grunert *et al.*, 2004)。在本研究中，蘭嶼豬大理石花紋分數及肉質包括嫩度和多汁性，性別之間也沒有顯著差異。

在高畜黑豬中，閹公豬背最長肌緊實度評分顯著優於女豬 ( 黃等，2014 )，與本試驗發現蘭嶼閹公豬與女豬在緊實度之間具顯著差異結果一致，但吳 (2012) 研究國內三種藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種之緊實度評分性別無顯著差異。肌肉緊實度略可區分為為鬆軟、正常緊實及堅硬乾燥。肉鬆軟意味著較難保持其形狀，且肉較淺色水分易滲，這些特性不受消費市場所歡迎，相較之下，較緊實的肉在目前肉類市場是可被接受的，尤其透過加工技術製成之肉製品。脂肪酸影響的肉質特性包括脂肪組織硬度和風味 (Tartrakoon *et al.*, 2016)，脂肪酸對肉硬度的影響歸因於其不同的熔點 (Enser, 1984)。

當消費者選購鮮肉時，外觀是影響購買意願的關鍵因素之一。外觀通常包括肉類的色澤、質地、緊實且無異味的肉類，能夠提升消費者對品質的信任感，適當肉色呈現影響選購經驗及意願，本試驗藉由感官肉色評級進行了解，評級數值低表示肉色較淺，數值高肉色為深。目前研究觀察蘭嶼豬感官肉色項目女豬顯著較閹公豬為高，與 Kim *et al.* (2018) 研究 LYD 及 LYW 品種女豬結果相似。但吳 (2012) 研究發現，國內三種藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種在性別間沒有差異。同樣，Muhlisin *et al.* (2014) 研究韓國原生種 KNP 與杜洛克雜交品種，以及高畜黑豬 ( 黃等，2014 )，於感官肉色項目性別也無差別。關於性別對肉色影響的研究尚無定論 (Neethling *et al.*, 2017)，鮮肉顏色受肌紅蛋白 (Mb) 的量、化學狀態及肌肉組織結構等相關複雜因素影響 (Seideman *et al.*, 1984)，尚待更多研究投入。

表 2. 性別對蘭嶼豬肉品質評級之影響

Table 2. Effect of gender on the meat quality scores of longissimus dorsi muscle in Lanyu pigs

| Items | Barrows | Gilts | Gender |
|---|---|---|---|
| Marbling score | 1.33 ± 0.35 | 1.22 ± 0.36 | NS |
| Firmness score | 4.61 ± 0.60 | 4.17 ± 0.35 | * |
| Sensory meat color score | 3.11 ± 0.60 | 4.22 ± 0.36 | *** |
| Tenderness score | 3.18 ± 0.23 | 2.98 ± 0.49 | NS |
| Juiciness score | 3.26 ± 0.21 | 3.07 ± 0.34 | NS |
| Flavor score | 3.40 ± 0.28 | 3.39 ± 0.20 | NS |

The data were given as mean ± SE.
*P < 0.05, ***P < 0.001.
NS, not significant.

肉類中脂肪不僅反映營養價值，更決定風味 (Dinh *et al.*, 2021)。脂肪酸對肉質亦具重要影響。性別對蘭嶼豬背最長肌脂肪酸組成的影響如表 3 所示，豆蔻酸 (myristic acid, C14:0)、棕櫚酸 (palmitic acid, C16:0)、硬脂酸 (stearic acid, C18:0) 飽和脂肪酸 (Total saturated fatty acid, SFA) 的比例在閹公豬中含量高於女豬，而二十二酸 (benenic acid, C22:0) 飽和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA) 的比例閹公豬低於女豬，具有顯著性差異。整體而言，總飽和脂肪酸 (Total SFA) 在閹公豬中顯著高於女豬。單不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid, MUFA) 中，儘管油酸 (oleic acid, C18:1) 的比例在性別間有顯著差異，但總單不飽和脂肪酸 (Total MUFA) 在閹公豬與女豬之間差異不顯著。亞麻油酸 (linoleic acid, C18:2) 和 α- 亞麻仁油酸 (α- linolenic acid, C18:3) 多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 的比例在性別間有顯著差異，女豬的含量普遍較高。然而，總多元不飽和脂肪酸 (Total PUFA) 在閹公豬與女豬間差異不顯著。這可能與脂肪代謝途徑或脂肪累積模式有關，仍待進一步探討。Poklukar *et al.* (2020) 發現本地豬品種通常比現代商用品種積累較高的脂肪含量，本地豬品種具有較高的單不飽和脂肪酸 (MUFA) ／飽和脂肪酸 (SFA) 比例，以及較低的多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 程度，與本研究的結果一致。脂肪是影響肉類風味的重要關鍵因子，其脂肪酸的組成與多寡直接影響肉的風味。Correa *et al.* (2006) 指出，性別和生長速率會影響脂肪酸的組成和脂肪堆積。生長較慢的女豬具有顯著較低比例 SFA。Crouse *et al.* (1982) 指出，脂肪酸的組成能影響風味，其中油酸 (oleic acid, C18:1) 也具重要作用。一般而言，肉類中 SFA 和 MUFA 的含量與肉的風味呈正相關性，而多元不飽和脂肪酸 (PUFA) 的含量與風味呈負相關 (Cameron and Enser, 1991)。

許多研究探討性別影響總飽和脂肪酸，無論於 Duroc 豬種 (Xia *et al.*, 2022)、LYD 及 LY 品種 (Kim *et al.*, 2018)、立陶宛本土豬 LW (Lithuanian White) 及 LIW (Lithuanian Indigenous Wattle) 品種 (Razmaite *et al.*, 2021)、高畜雜交黑豬 ( 黃等，2014 )、國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種 ( 吳，2012 )；不論是商業品系、地方豬種，均顯示女豬的 SFA 低於閹公豬的趨勢，與本試驗結果一致。 具有較高 SFA 含量的肉品往往在多汁度、嫩度和風味方面表現更佳 (Xia *et al.*, 2022)。雖然蘭嶼閹公豬的總飽和脂肪酸 (Total SFA) 含量高於女豬，但在多汁度、嫩度和風味的比較中，性別差異並不顯著。

吳 (2012) 調查顯示國內藍瑞斯、杜洛克及約克夏品種女豬有較高的 MUFA，Garitano *et al.* (2013) 研究 LWD 三品種及黃等 (2014) 研究高畜雜交黑豬之脂肪酸組成，均發現女豬的 PUFA 比例高於閹公豬者。本研究中蘭嶼女豬的 PUFA 及 MUFA 略高閹公豬，但統計上無顯著差異，與立陶宛本土豬 LW 及 LIW 的結果一致 (Razmaitė *et al.*, 2021)。豬肉的硬度與 SFA 和 PUFA 的組成比例密切相關 (Wood *et al.*, 2003)。含有高比例 SFA 的脂肪在室溫下呈固態，而隨著 UFA 比例的增加，熔點下降，脂肪在室溫下變為液態，使豬肉變軟。閹公豬的總飽和脂肪酸 (SFA) 含量顯著高於母豬，這與表 2 中顯示的閹公豬在肌肉緊實度評級項目 (Firmness score) 上顯著高於母豬的結果呈現一致性。豬肉的脂肪酸組成受基因、品種、飲食和性別等多種因素影響 (Wood *et al.*, 2008; Alonso *et al.*, 2009; Vehovsky *et al.*, 2018)。研究證實去勢影響公豬肌肉的脂肪酸組成 (Cai *et al.*, 2010)。

從表 3 所示，PUFA 的性別比較中，C18:2 在蘭嶼女豬中的含量顯著較高，而 C18:3 則在閹公豬中顯著高於女豬。然而，總多不飽和脂肪酸含量 (Total PUFA) 在母豬中的平均值更高，但性別差異未達統計顯著水準。這顯示蘭嶼豬的性別會影響特定脂肪酸的含量，尤其是多不飽和脂肪酸的組成。這結果有助於了解及改善蘭嶼豬肉質的營養價值，並應用於豬隻育種與飼養策略上。一般不飽和脂肪酸在氧化和烹調過程中產生揮發物質，影響風味等感官參數 (Garitano *et al.*, 2013)。PUFA 高的肌肉可能較軟，並增加貯藏和加工過程中的變質風險，進而影響肉的品質 (Meier *et al.*, 2021)。由於不同脂肪酸的熔點各不相同，隨脂肪酸組成的變化會影響肉質特性。飽和脂肪酸具有較高的熔點

( 45 － 76℃ )，而不飽和脂肪酸則具有較低的熔點 ( 0 － 49℃ )，這可能影響肉品的硬度和加工製程 (Karolyi *et al.*, 2012)。在肉製品加工過程中，脂肪的硬度是一個關鍵考慮因素；這是因為軟脂肪可能影響肉製品的加工，並縮短產品的保質期 (Soladoye *et al.*, 2015)。

表 3.　性別對蘭嶼豬背最長肌之脂肪酸組成之影響

Table 3.　Effect of gender on fatty acids composition of longissimus dorsi muscle in Lanyu pigs

| Fatty acids, wt % | Barrows | Gilts | Gender |
|---|---|---|---|
| C14:0 | 1.41 ± 0.14 | 1.23 ± 0.06 | ** |
| C16:0 | 26.64 ± 1.62 | 23.50 ± 1.23 | ** |
| C16:1 | 2.74 ± 0.23 | 2.59 ± 0.37 | NS |
| C18:0 | 14.28 ± 1.05 | 11.90 ± 1.14 | *** |
| C18:1 | 40.43 ± 1.74 | 42.11 ± 1.39 | * |
| C18:2 | 8.45 ± 1.35 | 10.96 ± 0.81 | *** |
| C18:3 | 0.27 ± 0.03 | 0.19 ± 0.01 | *** |
| C20:0 | 0.06 ± 0.10 | 0.08 ± 0.10 | NS |
| C20:1 | 0.99 ± 0.13 | 0.89 ± 0.12 | NS |
| C22:0 | 0.07 ± 0.02 | 0.14 ± 0.03 | *** |
| Total SFA[1] | 42.48 ± 1.18 | 36.84 ± 1.03 | *** |
| Total MUFA[2] | 40.02 ± 2.06 | 45.75 ± 2.15 | NS |
| Total PUFA[3] | 8.72 ± 0.93 | 11.15 ± 0.56 | NS |
| Total USFA[4] | 53.33 ± 1.18 | 52.66 ± 1.71 | NS |
| MUFA/SFA | 0.94 ± 0.57 | 1.24 ± 0.47 | NS |

The data were given as mean ± SD.
*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001.
NS, not significant.
[1] Total SFA: Total saturated fatty acid (C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0).
[2] Total MUFA: Total monounsaturated fatty acid (C16:1 + C18:1 + C20:1).
[3] Total PUFA: Total polyunsaturated fatty acid (C18:2 + C18:3).
[4] Total USFA: Total unsaturated fatty acid (C16:1 + C18:1 + C20:1 + C18:2 + C18:3).

比較蘭嶼豬肌肉中胺基酸組成在不同性別間的差異結果 ( 表 4 ) 顯示，部分胺基酸在平均濃度上表現性別間的分佈趨勢，如甘胺酸 (Glycine) 及脯胺酸 (Proline) 在閹公豬數值偏高，天門冬胺酸 (Aspartic acid)、麩胺酸 (Glutamic acid)、胱胺酸 (Cystine)、絲胺酸 (Serine) 及色胺酸 (Tryptophan) 在女豬則略高，然而，整體統計分析結果顯示背最長肌之胺基酸含量在性別間並無顯著差異。胺基酸提供關鍵的營養價值，對肉質亦具重要影響 (Ma *et al.*, 2020)。此外，Xia 等人 (2022) 的研究指出，Duroc 豬種女豬肌肉中組胺酸 (Histidine) 含量高於閹公豬，而其餘各種胺基酸含量於性別間並無差異。學者研究西班牙 Celta 本土豬種 (Franco and Lorenzo, 2013)，以及國內對藍瑞斯、杜洛克及約克夏豬種的研究 ( 黃，1997；吳，2012 )，顯示肌肉中的胺基酸含量亦不受性別影響，與本次試驗結果一致。本研究探討性別對於蘭嶼豬肉品中胺基酸組成的影響，有助於評估蘭嶼豬肉品的營養價值與食用品質，並針對肉質改善提出建議。後續研究可再探討游離胺基酸，對產品品質控制及加工應用，如在發酵和熟成過程胺基酸變化會改變肉質口感，從而可在一定程度上控制和改進肉質整體風味。隨著對這些數據了解和掌握，能設計改進產品，提供具營養價值且口感優良的本地食材。

## 結　　論

綜合上述，蘭嶼閹公豬肌肉堅實度、脂肪酸 C14:0、C16:0、C18:0、C18:3 及 SFA 比例顯著較女豬高。女豬的感官肉色評分、脂肪酸 C18:1、C18:2 及 C22:0 則顯著較閹公豬高。肌肉中胺基酸含量，性別間並無差異。本研究針對性別對蘭嶼豬肉質特性的影響進行探討，為蘭嶼豬後續改良及肉製品的加工提供參考。

表 4. 性別對蘭嶼豬肌肉之胺基酸組成之影響

Table 4. Effect of gender on free amino acids composition of longissimus dorsi muscle in Lanyu pigs

| Amino acids, mg/100 g | Barrows | Gilts | Gender |
|---|---|---|---|
| Aspartic acid | 1,650.1 ± 145.4 | 1,716.4 ± 90.7 | NS |
| Glutamic acid | 2,654.8 ± 218.9 | 2,767.0 ± 162.3 | NS |
| Cystine | 197.1 ± 8.0 | 201.7 ± 5.7 | NS |
| Serine | 623.2 ± 65.3 | 654.0 ± 36.0 | NS |
| Histidine | 722.9 ± 79.3 | 781.3 ± 61.1 | NS |
| Glycine | 962.3 ± 326.0 | 857.6 ± 142.5 | NS |
| Threonine | 730.6 ± 54.9 | 765.6 ± 33.9 | NS |
| Arginine | 1,135.8 ± 155.3 | 1,150.0 ± 81.4 | NS |
| Alanine | 1,027.7 ± 169.8 | 1,020.2 ± 78.2 | NS |
| Tyrosine | 431.3 ± 74.0 | 470.6 ± 75.7 | NS |
| Valine | 866.5 ± 70.1 | 905.4 ± 48.0 | NS |
| Methionine | 292.1 ± 51.5 | 284.3 ± 26.2 | NS |
| Phenylalanine | 712.4 ± 48.3 | 745.4 ± 36.1 | NS |
| Isoleucine | 847.1 ± 44.1 | 881.4 ± 45.8 | NS |
| Leucine | 1,363.4 ± 101.5 | 1,428.1 ± 71.5 | NS |
| Lysine | 1,429.2 ± 94.0 | 1,523.0 ± 78.9 | NS |
| Proline | 523.4 ± 103.7 | 481.2 ± 73.3 | NS |
| Tryptophan | 140.1 ± 19.8 | 155.6 ± 19.7 | NS |

The data were given as mean ± SD.
*P < 0.05, **P < 0.01, ***P < 0.001.
NS, not significant.

## 誌　　謝

本試驗承農委會科技計畫 (110 農科 -2.6.1- 畜 -L1) 經費補助，特此致謝，試驗期間並承臺灣農畜產工業股份有限公司協助豬隻屠宰、屠體分切及屠肉品評，謹此一併致謝。

## 參考文獻

吳嘉輔。2012。豬隻品種、性別與屠宰時活體重對其屠體性狀與屠肉品質之影響。東海大學。碩士論文。臺中市。

李啟忠、廖宗文、黃政齊、曾穎玉、朱賢斌、陳文誠、鄭連春。2003 蘭嶼豬餵飼飼料及狼尾草對其生長及屠體性能之影響。畜產研究 36：157-164。

黃逸文。1997。臺灣區豬肉中核甘酸關聯物、游離胺基酸及游離糖之研究。中興大學。碩士論文。臺中市。

黃憲榮、許晉賓、李秀蘭、王漢昇、李春芳、許岩得、林正鏞。2014。高畜雜交黑豬之性別對屠體分切率、肌肉組成及肉質之比較。畜產研究 47：51-60。

陳坤照、李坤城、林亮全、詹德芳、朱賢斌、張俊達。2011。蘭嶼豬、畜試迷彩豬與 LYD 商用豬肉質特性之探討。畜產研究 44：1-12。

潘秀娟、陳坤照、林正鏞、范揚廣、朱賢斌、張俊達。2012。蘭嶼豬與畜試迷彩豬於不同屠宰體重之生長、屠體性狀及脂質生成酵素之比較。畜產研究 45：29-42。

Alonso, V., M. Campo Mdel, S. Español, P. Roncalés, and J. A. Beltrán. 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. Meat Sci. 81: 209-217.

Cardello, A. V., R. A. Segars, J. Secrist, J. Smith, S. H. Cohen, and R. Rosenkrans. 1983. Sensory and instrumental texture properties of flaked and formed beef. Food Microstruc. 2: 119-133.

Cai, W. Z., X. F. Zhao,X. L. Jiang,Y. C. Yao,C. J. Zhao, N.Y. Xu, and C. X. Wu. 2010. Comparison of muscle fatty acid composition of castrated and uncastrated male pigs at different slaughter ages. Ital. J. Anim. Sci. 9: 173-178.

Cameron, N. D. and M. B. Enser. 1991. Fatty acids comparison of lipid in Longissimus Dorsi muscles of Duros and Britush Landrace pigs and its relationship with eating quality. Meat Sci. 29: 295-307.

Correa, J. A., Faucitano, J. P. Laforest, J. Rivest, M. Marcoux, and C. Gariepy. 2006. Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates. Meat Sci. 72: 91-99.

Crouse, J. D., C. L. Ferrel, R. A. Field, J. R. Busboom, and G. J. Miller. 1982. The relationship of fatty acid composition and carcass charac teristics to meat flavor in lamb. J. Food Qual. 5: 203-214.

Dinh, T. T., K. V. To, and M. W. Schilling. 2021. Fatty acid composition of meat animals as flavor precursors. Meat and Muscle Biol. 5: 1-6.

Elbert, K., N. Matthews, R. Wassmuth, and J. Tetens. 2020. Effects of sire line, birth weight and sex on growth performance and carcass traits of crossbred pigs under standardized environmental conditions. Arch. Anim. Breed 63: 367-376.

Enser. M. 1984. The chemistry, biochemistry and nutritional importance of animal fat. J. Wiseman (Ed.), Fats in animal nutrition, Butterworths, London. pp. 23-51.

Franco, D. and J. M. Lorenzo. 2013. Effect of gender (barrows *vs.* females) on carcass traits and meat quality of Celta pig reared outdoors. J. Sci. Food Agric. 93: 727-734.

Gan, M., L. Shen, L. Chen, D. Jiang, Y. Jiang, Q. Li, Y. Chen, G. Ge, Y. Liu, X. Xu, X. Li, S. Zhang, and L. Zhu. 2020. Meat quality, amino acid, and fatty acid composition of liangshan pigs at different weights. Animals (Basel) 10: 822.

Garitano, I., C. Liébana, E. F. de Vargas, Á. Olivares, and A. Daza. 2013. Effect of gender on growth performance, carcass characteristics, meat and fat composition of pigs slaughtered at 125 kg of live weight destined to Teruel (Spain) ham production. Ital. J. Anim. Sci. 12: 1.

Grunert, K. G., L. Bredahl, and K. Brunso. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector-a review. Meat Sci. 66: 259-272.

Hornstein, I. 1971. Chemistry of meat flavor. pp. 348-363 in the science of meat and meat products, 2nd ed., J. F. price, editor; and B. S. Schweigert, editor, eds. San francisco. W. H. Freeman.

Kasprzyk, A. and A, Walenia. 2023. Native pig breeds as a source of biodiversity-breeding and economic aspects. Agriculture 13: 1528.

Karolyi, D., D. Rimac, K. Slajpal, and I. Kljak. 2012. The influence of dietary liseed on alpha-linolenic acid and its longer chain n-3 metabolites content in pork and back fat. Veterinarski. Arhiv. 82: 327-339.

Kim, Y. M., T. J. Choi, K. H. Cho., E. S. Cho, J. J. Lee, H. J. Chung, S. Y. Baek and Y. D. Jeong. 2018. Effects of sex and breed on meat quality and sensory properties in three-way crossbred pigs sired by Duroc or by a synthetic breed based on a Korean native breed. Korean J. Food Sci. Anim. Resour. 38: 544-553.

IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp 2013.

Larson, G., R. Liu, X. Zhao, J. Yuan, D. Fuller, L. Barton, K. Dobney, Q. Fan, Z. Gu, X. H. Liu, Y. Luo, P. Lv, L. Andersson, and N. Li. 2010. Patterns of East Asian pig domestication, migration, and turnover revealed by modern and ancient DNA. Proc. Natl. Acad. Sci. USA.107: 7686-7691.

Lukovic, Z., D, Skorput, D, Karolyi, and A. Kaic. 2023. Prospects for sustainable production of the banija spotted pig in relation to fattening, carcass, and meat quality traits: a preliminary study. Sustainability 15: 3288.

Ma, X., M. Yu, Z. Liu, D. Deng, Y. Cui, Z. Tian, and G. Wang. 2020. Effect of amino acids and their derivatives on meat quality of finishing pigs. J. Food Sci. Technol. 57: 404-412.

Martins, J. M., R. Fialho, A. Albuquerque, J. Neves, A. Freitas, J. Tirapicos Nunes, and R. Charneca. 2020. Portuguese local pig breeds: Genotype effects on meat and fat quality traits. Animals (Basel) 10: 905.

Meier, C., C. E. Harms, B. Früh, H. Stofers, G. Bee, D. H. Hugelshofer, N. Quander-Stoll, and H. Stolz. 2021. The effect of polyunsaturated fatty acids (PUFA) and organic labeling on Swiss consumers' acceptance of pork salami. Org. Agr. 11: 519-537.

Muhlisin., Panjono, S. J. Lee, J. K. Lee, and S. K. Lee. 2014. Effects of crossbreeding and gender on the carcass traits and meat quality of Korean native black pig and Duroc crossbred. Asian-Australas J. Anim. Sci. 27: 1019-1025.

National Pork Producers Council. 1991. Procedures to evaluate market hogs. 3rd ed. National Pork Producers Council. USA, p. 230.

Neethling, N. E., S. P. Suman, G. O. Sigge, L. C. Hoffman, and M. C. Hunt. 2017. Exogenous and endogenous factors influencing color of fresh meat from ungulates. Meat and Muscle Biol. 1: 253-275.

Nevrkla, P., E. Václavková, and M. Rozkot. 2021. The indigenous prestice black-pied pig breed differs from a commercial hybrid in growth intensity, carcass value and meat quality. Agriculture 11: 331.

Nurnberg, J. K. Wegner, and K. Ender. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose. Livest. Prod. Sci. 56: 145-156.

Ortiz, A., D. Tejerina, S. García-Torres, P. Gaspar, and E. González. 2021. Performance and carcass quality traits of Iberian × Duroc crossbred pig subject to gender and age at the beginning of the free-range finishing phase. Animal 15: 100324.

Poklukar, K., M. Candek-Potokar, N. Batorek Lukac, U. Tomazin, and M. Skrlep. 2020. Lipid deposition and metabolism in local and modern pig breeds: A review. Animals (Basel) 10: 424.

Razmaitė, V., R. Juska, R. Leikus, and V. Jatkauskienė. 2021. Pork quality of two Lithuanian breeds: effects of breed, gender and feeding regimen. Animals (Basel) 11: 1103.

Seideman, S. C. H. R. Cross, G. C. Smith, and P. R. Durland. 1984. Factors associated with fresh meat color: a review. J. Food Qual. 6: 211-237.

Smith, G. C. and Z. L. Carpenter. 1974. Eating quality of animal products and their fat content. Proceedings of the Symposium on Changing the Fat Content and Composition of Animal Products. Washington, D.C. National Academy of Sciences.

Soladoye, P. O., P. J. Shand, J. L. Aalhus, C. Gariépy, and M. Juárez. 2015. Review: pork belly quality, bacon properties and recent consumer trends. Can. J. Anim. Sci. 95: 325-340.

Tartrakoon, W., T. Tartrakoon, and N. Kitsupee. 2016. Effects of the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid on the growth performance, carcass and meat quality of finishing pigs. Anim. Nutr. 2: 79-85.

Van den Broeke, A., F. Leen, M. Aluwé, J. V. Meensel, and S. Millet. 2020. The effect of sex and slaughter weight on performance, carcass quality and gross margin, assessed on three commercial pig farms. Animal 14: 1546-1554.

Vehovský, K., K. Zadinová, R. Stupka, J. Čítek, N. Lebedová, M. Okrouhlá, and M. Šprysl. 2018. Fatty acid composition in pork fat: De-novo synthesis, fatty acid sources and influencing factors a review. Agron. Res. 16: 2211-2228.

Wood, J. D., R. I. Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R.Sheard, and M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: A review. Meat Sci. 66: 21-32.

Wood, J. D., M. Enser, A.V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, and F. M. Whittington. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Sci. 78: 343-358.

Wu, C. Y., Y. N. Jiang, H. P. Chu, S. H. Li, Y. Wang, Y. H. Li, Y. Chang, and Y. T. Ju. 2007. The type I Lanyu pig has a maternal genetic lineage distinct from Asian and European pigs. Anim. Genet. 38: 499-505.

Xia, J. Q., D. Y. Liu, J. Liu, X. P. Jiang, L. Wang, S. Yang, and D. Liu. 2022. Sex effects on carcass characteristics, meat quality traits and meat amino acid and fatty acid compositions in a novel Duroc line pig. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr (Berl). 10: 13680.

Taiwan Livestock Res. 58(4)：242-250, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0002


# Effects of sex on the meat quality traits, fatty acid and amino acid compositions in Lanyu pigs [1]

Sheng-Yang Wu [2] Shih-Sin Li [2] Yi-Lung Chen [2] and Chia-Chieh Chang [2] [3]

Received: Jul. 31, 2024; Accepted: Mar. 18, 2025

## Abstract

The current study evaluated the effects of sex on meat quality traits, fatty acid composition, and amino acid composition in Lanyu pigs. Eighteen healthy Lanyu pigs (averaged weight, 13 ± 0.9 kg) were classified into barrows (n = 9) and gilts (n = 9). During the 16-week experimental period, each pig received a daily diet comprising 1 kg of broken brown rice-corn-soybean meal access to water ad libitum. After the experiment, the pigs were slaughtered and various carcass characteristics were measured. The results showed that no differences were observed in meat quality scores for marbling, tenderness, juiciness, or flavor between sex. Meat color score was higher in gilts than in barrows ($P < 0.001$), whereas firmness score was higher in barrows than in gilts ($P < 0.05$). A between-sex comparison of fatty acid composition in muscles revealed that the contents of myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), alpha-linolenic acid (C18:3), and total saturated fatty acids were higher in barrows than in gilts ($P < 0.01$). In contrast, the contents of oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2), and behenic acid (C22:0) were higher in gilts than in barrows ($P < 0.01$). However, no difference was noted in the content of total amino acids in the longissimus dorsi muscle between the sex of Lanyu pigs.

Key words: Amino acid, Fatty acid, Lanyu Pig, Meat quality traits.

(1) Contribution No. 2816 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Eastern Region Branch, TLRI-MOA, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.
(3) Corresponding author, E-mail: janices@mail.tlri.gov.tw.

畜產研究 58(4)：251-262, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0003

# 菇類副產物對仔羊之生長性能、糞便指數及血液抗氧化物之影響 (1)

施柏齡 (2)　李宗育 (2)　呂昀陞 (4)　李滋泰 (5)　范耕榛 (3)(6)

收件日期：113 年 7 月 3 日；接受日期：114 年 3 月 20 日

## 摘　要

本試驗旨在研究餵飼菇類副產物對仔羊之生長性能、糞便指數及血液抗氧化物之影響，評估仔羊餵飼農副產物的效果，以提升農副產物之資源再利用。40 頭 4 週齡之阿爾拜因及撒能之雜交仔羊，逢機分配至 4 個飼糧處理組中，每處理組 5 重複 ( 欄 )，每欄 2 隻仔羊。飼糧處理組包括以基礎玉米－大豆粕飼糧 ( 對照組 )，飼糧中添加烘乾粉碎之 3% 杏鮑菇副產物、3% 金針菇副產物、杏鮑菇副產物與金針菇副產物各 1.5% 等 4 種飼糧。試驗為期 12 週，試驗期間 0 － 4 週 ( 5 － 8 週齡 ) 仔羊每日給予 1,000 mL 代用乳 ( 150 克乳粉還原配製 )，採精料任飼與自由飲水方式。試驗期間測定仔羊生長性能、糞便指數、血液性狀及血液脂質代謝等。結果顯示，金針菇副產物之總酚類化合物、還原力及自由基清除能力 (DPPH) 均高於杏鮑菇副產物。飼糧添加 1.5% 杏鮑菇副產物與 1.5% 金針菇副產物處理組於試驗 0 － 12 週全期之仔羊增重顯著高於對照組 ($P < 0.05$)，但於 0 － 4 週、5 － 8 週及 9 － 12 週試驗期間，仔羊飼料採食量與飼料轉換率各處理組之間並無顯著差異。試驗在 9 － 12 週期間飼糧添加 3% 金針菇副產物及兩種副產物各 1.5% 組之糞便指數顯著低於對照組 ($P < 0.05$)；仔羊添加菇類副產物處理組之第 4 週及第 12 週血液 IgM 含量均顯著高於對照組 ($P < 0.05$)；綜合上述，試驗全期以添加 1.5% 兩種菇類副產物處理組增重效果顯著最佳，菇類副產物具有促進仔羊健康與生長的潛力。

關鍵詞：菇類副產物、生長性能、仔羊。

## 緒　言

隨著全球飼料原料價格上漲，農業廢棄物資源循環利用的概念已經廣被禽畜飼養業者採用，研發農業資源廢棄物再製技術，轉變成禽畜可利用之飼料原料，如能利用農業副產物取代部分進口之飼料原料與乾草，可以降低禽畜生產成本並減少農業副產物廢棄處理成本。菇類每年產量約為 140,464 公噸，下腳料若以 10% 計算，約為 14,046 公噸 ( 臺灣菇類發展協會，2020 )。如能將菇類副產物或下腳料有效飼料化，可改善飼養成本及環保之問題。臺灣逐年限縮飼料中可使用的抗生素種類，畜產業界必須積極開發具保健功效之飼料添加物，以改善經濟動物之健康狀況 (Antunes *et al.*, 2020)，菇類副產物可能是其中的選項之一。

利用國產農業副產物之植物多醣，可取代抗生素生長促進劑 (antibiotic growth promoters, AGPs) 使用，維護畜禽健康 ( 施等，2022 )。菇類富含多種機能性成分，包含多醣體、三萜類及多酚化合物等，試驗證實菇類可以調節免疫力、抗發炎、抗腫瘤、抗細菌、抗病毒、降膽固醇及降血糖等功效 (Lee *et al.*, 2015; Mahfuz *et al.*, 2020a)。例如添加菇類及白木耳等副產物，其所含之多醣能提高畜禽之生長性能，並有取代抗生素之效果；杏鮑菇具生理活性蛋白如漆酶 (laccase)，能降解植物細胞壁中之木質素 (Wang and Ng, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008)；抗菌蛋白 (hemolysin) 能抑制芽孢桿菌 (*Bacillus*) 的生長 (Ngai and Ng, 2006)。金針菇具抗氧化性的超氧歧化酶 (superoxide dismutase, SOD) 富含胺基酸、維生素、糖蛋白及多醣等物質，並具有降血清膽固醇及抗癌作用 (Manzi and Pizzoferrato, 2000)。

---

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2817 號。
(2) 農業部畜產試驗所動物營養組。
(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(4) 農業部畜產試驗所植物病理組。
(5) 國立中興大學動物科學系，40227 臺中市南區興大路 145 號。
(6) 通訊作者，E-mail: m38208@mail.tlri.gov.tw。

菇類多醣體富含酚類、DPPH (α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl) 清除力及鐵離子螯合力 ( 抗氧化力指標 ) 具有免疫刺激與不同程度清除自由基之抗氧化功效 (Gyamfi *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2008; Manzi and Pizzoferrato, 2000; Hsieh *et al.*, 2021)。Lai *et al.* (2015) 指出蛋雞採食杏鮑菇可提高產蛋率、蛋品質及抗氧化力。施等 (2022) 以土雞飼予蟲草與杏鮑菇可促進土雞生長、飼料轉換率及健康且不影響其屠體性狀，顯示菇類副產物具有保健之飼料添加物的潛力。本試驗將以金針菇及杏鮑菇加工過程中所產生之副產物作為飼料原料，將其添加於仔羊飼糧，評估其對仔羊的生長性能、血液性狀及糞便指數，以提升菇類副產物之使用價值。

# 材料與方法

I. 菇類副產物營養成分及機能性成分分析

菇類副產物包含：杏鮑菇修整後副產物 (*Pleurotus eryngii* stalk residue, PESR) ( 來源為青松農場，臺中市新社區 )、金針菇修整後副產物 (*Flammulina velutipes* stalk residue, FVSR) ( 來源為社頭養菇農場，彰化縣社頭鄉 )，分別以烘箱 60℃烘乾後，磨粉備用。營養成分依 AOAC (2019) 分析粗蛋白、粗纖維、鈣及磷等含量。機能性成分分析前，先以粉末乾重 10 倍的蒸餾水萃取 2 小時 ( 100℃ )，之後減壓濃縮至適當體積，冷凍乾燥後備用。機能性成分分析包含多醣體 (polysaccharide)、總酚類物 (total phenolics)、黃酮類物 (flavonoid)、三萜類物 (triterpenoid)、麥角硫因 (ergothioneine) 和腺苷 (adenosine) 等含量分析依 Hsieh *et al.* (2021) 測定之，並測定抗氧化力。

(i) 多醣體含量測定：取乾燥樣品粉末 0.1 g 加 0.75 N HCl 5 mL 於沸水中迴流加熱及過濾後，萃取液經適當稀釋，加苯酚溶液 0.5 mL 再加濃硫酸 2.5 mL，作用 30 min 後，測 $OD_{488\ nm}$ 下的吸光值。

(ii) 總多酚化合物測定：取 0.1 g 的乾燥樣品粉末之氫氧化鈉萃取液，經適當稀釋後與 Folin-Ciocalteau reagent 0.25 mL 反應，最後加入 20% $Na_2CO_3$ 0.25 mL 作用 2 h 後，以 $OD_{750\ nm}$ 測定吸光值，並以不同濃度之沒食子酸 (gallic acid) 作為對照。

(iii) 總黃酮含量測定：取適量樣品，以 70% 酒精進行 16 h 萃取。實驗取 200 μL 酒精萃取液加入 70% 酒精 1,140 μL 及 5% $NaNO_2$ 60 μL，混合後反應 6 min，加入 10% Al $(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 600 μL 反應 6 min，加入 1 N NaOH 2,000 μL 混合後反應 15 min，測 $OD_{510\ nm}$ 吸光值。並以不同濃度槲皮素 (quercetin) 為標準品，製作標準曲線。

(iv) 總三萜類含量測定：總三萜類分析樣品，取樣品 0.1 mL 加入香草酸冰醋酸溶液 0.4 mL 和過氯酸 0.8 mL，經水浴後加入冰醋酸 0.2 mL 反應 15 min。以分光光度計測定 $OD_{548\ nm}$ 吸光值。

(v) 麥角硫因和腺苷含量測定：以高效能液相層析儀，分別配製成不同濃度之標準品溶液，分析條件為移動相為水和甲醇，樣品注入體積為 10 μL，流速 0.8 mL/min，分析管柱為高效逆向層析管柱 (GL Selence 138 ODS-3, 5 μm, 4.6 x 250 mm)，以 UV 260 nm 波長偵測樣品含量。

(vi) 菇類副產物抗氧化分析項目包含總酚類化合物、還原力、螯合亞鐵離子能力及清除 DPPH 自由基等項目 Lee *et al.* (2013) 所述分析。

II. 試驗動物與飼糧處理

動物試驗經過畜試所實驗動物照護及使用小組審核通過 ( 畜試動字 104-27)，本試驗使用畜試所營養組仔羊進行。以 40 頭 4 週齡之阿爾拜因及撒能之雜交仔羊，逢機分配至 4 個飼糧處理組中，每處理組 5 重複 ( 欄 )，每欄 2 隻仔羊。基礎日糧為以玉米、大豆粕為主的精料 ( 表 1 )，將其設為對照組。處理組為基礎日糧外加 3% 菇類副產物粉末，分為 3% 杏鮑菇組、3% 金針菇組及各添加 1.5% 之混合組，試驗為期 12 週，8 週齡前 ( 試驗 0 － 4 週 ) 之仔羊每日給予 1,000 mL 代用乳 ( 150 克代乳粉還原配製 )，教槽料及飲水任飼，8 週齡 ( 試驗第 4 週結束時 ) 離乳。測定仔羊生長性能、糞便指數及血液性狀等。

III. 測定項目

(i) 試驗期間共計 12 週，測定飼糧營養組成、記錄採食量及增重，並計算飼料轉換率 ( 飼料量 / 增重 )。

(ii) 於試驗開始及試驗期間，每日上、下午定時由專人個別觀察仔羊糞便指數 (Burke *et al.*, 2013)，並以當天糞便最高分數的觀察值之評分做為該欄當日的分數。

糞便指數由形狀評分分為 1 到 5 分：

1 分－正常：堅而不硬，成粒狀。

2 分－軟：糞便不成型，堆積成一團，不流動。

3 分－半固液：黏稠帶顆粒狀，固定在木條或斜板上。
4 分－液狀：分濺在床單上，範圍小，流動性低。
5 分－水漾狀：完全液態，落下後流至溝槽中。

表 1. 仔羊基礎試驗飼糧組成
Table 1. The compositions of basal diet for goat kids

| Item | % |
|---|---|
| Dehydrated alfalfa pellet | 13.05 |
| Skim milk powder | 5.22 |
| Soybean hull | 5.22 |
| Corn, ground | 49.60 |
| Soybean meal, CP 43% | 13.05 |
| Soybean oil | 1.30 |
| Fish meal, CP 65% | 3.91 |
| Whey powder | 5.22 |
| Molasses | 1.30 |
| Salt | 0.26 |
| Limestone, pulverized | 1.04 |
| Dicalcium phosphate | 0.52 |
| Vitamin premix[a] | 0.18 |
| Mineral premix[b] | 0.13 |
| Total | 100 |
| Calculated value | |
| ME, kcal/kg | 2,870 |
| Analyzed value, % | |
| Crude protein | 17.15 |
| Crude fiber | 5.79 |
| Calcium | 1.51 |
| Total phosphorus | 0.56 |

[a] Vitamin premix included 0.18% of vitamins. Each gram of vitamin premix contained 10,000 IU of vitamin A, 2,000 IU of vitamin $D_3$, and 55 IU of vitamin E.
[b] Mineral premix included 0.13% of mineral. Each kilogram of mineral premix contained 16 gm of Cu, 15 gm of Mn, 0.2 g of Co, 53 g of Zn, 1 g of I, and 0.5 g of Se.

(iii) 試驗期間第 4、8 及第 12 週時，各組各 10 頭仔羊採血，保定後以頸靜脈抽 10 mL，測定血中免疫球蛋白 (IgG、IgA、IgM) 含量等 ( 施等，2022 )，另以 3,000 g 轉速離心 10 min 後得之血清，凍存於 -20℃冷凍庫備檢。參考白等 (1996) 方法，以血液生化分析儀 (Hitachi 7150, Japan) 分析血中葡萄糖 (glucose)、天門冬胺酸轉胺酶 (glutamic oxaloacetic transaminase, GOT)、丙胺酸轉胺酶 (glutamic pyruvic transaminase, GPT)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、總蛋白質 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, ALB)、球蛋白 (globulin)、尿素氮 (urea nitrogen)、肌酸酐 (creatinine, CREA)、總膽固醇 (total cholesterol)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG)、高密度脂蛋白 (high-density lipoprotein, HDL)、低密度脂蛋白 (low-density lipoprotein, LDL)。試驗第 12 週依 Lee *et al.* (2013) 方法測定抗氧化力，包括穀胱甘過氧化酶 (glutathione peroxidase, GPx)、抗氧化物 (antioxidant)、過氧化氫酶 (catalase, CAT)、超氧化物岐化酶 (superoxide dismutase, SOD) 及硫代巴比妥酸反應性物質 (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)。

(iv) 試驗飼糧一般營養成分：飼糧中粗蛋白，粗纖維、鈣及磷含量依 AOAC (2019) 方法進行。

IV. 統計分析

試驗所得數值資料採用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2014) 進行分析，以飼料為處理，使用一般線性模式 (general

linear model procedure, GLM) 進行變方分析，再以最小平方均值 (least square mean, LSM) 進行試驗資料處理間差異比較。使用的數學模型為

$$Yij = \mu + Ti + \varepsilon ij$$

Yij = 欄中仔羊之觀察值；μ = 總平均值；Ti = 飼糧處理的固定效應；εij = 當欄位為試驗單位時的殘差誤差。

試驗單位以 4 種飼糧處理組別進行分析，仔羊依照完全隨機設計分佈在 20 個欄位內。使用變異數分析比較 4 種飼糧處理之間的平均值，如果變量受到處理影響顯著，則以 $P < 0.05$ 代表顯著性差異。

# 結果與討論

I. 菇類副產物營養成分分析及抗氧化力

由菇類副產物營養成分分析結果顯示，杏鮑菇副產物一般營養成分無論是粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維、鈣及磷含量均較金針菇副產物略高，但兩者整體營養分分析值結果相近 ( 表 2 )。由兩種菇類副產物抗氧力分析結果，無論以總酚類化合物、還原力及 DPPH 清除率 ( 清除自由基 )，均以金針菇副產物較杏鮑菇副產物為高。分析兩種菇類副產物之機能性成分如表 2，菇類副產物之杏鮑菇子實體之粗蛋白質為 17.3% ( 乾基 ) ( 施等，2022 )，Hsieh *et al.* (2021) 研究顯示杏鮑菇及秀珍菇副產物之粗蛋白質含量分別為 17.21 及 22.42%，本試驗之杏鮑菇副產物之粗蛋白質含量略低於文獻值，副產物可能受基質影響，營養成分略低於子實體；兩種菇類副產物機能性成分分析結果發現杏鮑菇副產物總多醣體略高於金針菇副產物 (2.5% *vs.* 1.8%)；總酚類物、三帖類物及總黃酮含量則以金針菇副產物較高；麥角固醇及腺苷含量則以杏鮑菇副產物有較高之現象，二種菇類副產物成分分析值，除中洗纖維呈顯著差異之外 ($P < 0.05$)，其餘分析項目則在統計上未有顯著差異。Lee *et al.* (2016) 指出杏鮑菇每克乾物重含粗多醣 1.65 mg，麥角固醇 1.25 mg，總多酚化合物 5 mg，腺苷 0.58 mg，本試驗菇類副產物機能成分分析值與其結果相似。

表 2.　菇類副產物營養分及機能成分分析值

Table 2.　The nutrient analyzed value and bioactive compound for stalk residue of *Pleurotus eryngii* and stalk residue of *Flammulina velutipes*[1]

| Items | PESR | FVSR |
|---|---|---|
| Moisture, % | 11.79 | 7.29 |
| Crude protein, % | 15.05 ± 0.11* | 14.58 ± 0.44 |
| Calcium, % | 0.55 ± 0.03 | 0.29 ± 0.06 |
| Phosphorus, % | 0.40 ± 0.02 | 0.87 ± 0.05 |
| Acid-detergent fiber, % | 29.53 ± 1.15 | 23.09 ± 1.73 |
| Neutral-detergent fiber, % | 40.80 ± 1.12[a] | 33.53 ± 1.15[b] |
| Crude polysaccharide (mg/g DW*) | 2.5 ± 0.13 | 1.8 ± 0.06 |
| Total phenolics (mg/g DW*) | 4.5 ± 0.12 | 5.8 ± 0.18 |
| Crude triterpenoid (mg/g DW*) | 0.9 ± 0.60 | 1.9 ± 0.29 |
| Flavonoid (mg/g DW*) | 3.2 ± 0.28 | 4.4 ± 0.23 |
| Ergothioneine (mg/g DW*) | 1.18 ± 0.14 | 0.50 ± 0.12 |
| Adenosine (mg/g DW*) | 0.4 ± 0.05 | 0.3 ± 0.06 |
| Ferrous ion chelating power, % | 60 ± 2.89 | 75 ± 2.96 |
| DPPH radical scavenging activity (mg/mL) | 47 ± 3.18 | 54 ± 2.31 |

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

[1] PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 4.

* mean ± SE.

DW*: dry weight.

Hsieh *et al.* (2021) 研究結果顯示杏鮑菇及金針菇之 DPPH 分別為 34 及 28%，而本試驗結果杏鮑菇副產物與金針菇副產物之 DPPH 分別為 47 及 54%，本試驗結果高於先前 Hsieh *et al.* (2021) 之杏鮑菇及金針菇研究結果；然而該篇文獻中鐵離子螯合力分別為 70 及 79%，則略高於本試驗結果。整體而言，金針菇副產物與杏鮑菇副產物均具有抗氧化力之機能性。

II. 生長性能

飼糧添加菇類副產物對仔羊生長之影響如表 3，仔羊採食量無論是試驗第 0 － 4 週、5 － 8 週、9 － 12 週或全期均以 1.5% 杏鮑菇及 1.5% 金針菇副產物處理組有提高之趨勢 ($P < 0.1$)，但未達顯著差異。於 0 － 8 週試驗期間，雖仔羊增重以對照組有較低的趨勢 ($P < 0.1$)，但未達顯著差異，隨試驗日期拉長至 9 － 12 週時，添加菇類副產物飼糧處理組顯著較對照組提高仔羊增重 ($P < 0.05$)。綜合 0 － 12 週試驗全期而言，添加兩種各 1.5% 菇類副產物處理組顯著高於對照組仔羊增重 ($P < 0.05$)；但無論是 0 － 4 週、5 － 8 週及 9 － 12 週試驗期間，仔羊飼料轉換率於各組之間結果均相近；試驗第 9 － 12 週添加兩種各 1.5% 菇類副產物處理組明顯提高仔羊增重，可能是因為有較高採食量所致，但採食量未達統計上之顯著差異。蘇等 (2002) 研究使用撒能與阿爾拜因仔羊，每日餵以 0.5 kg、1.0 kg 或任食由代奶粉所沖泡的乳汁及搭配教槽料 ( 精料與切碎盤固乾草 ) 任食 10 週，結果顯示 5 － 7 週及 7 － 10 週齡公仔羊平均每日增重、飼料採食量及飼料換肉率，分別為 0.108 － 0.246 kg、0.411 － 0.683 kg、3.17 － 9.34；仔母羊分別為 0.120 － 0.234 kg、0.411 － 0.683 kg、2.23 － 8.16，仔羊離乳前之增重，受到仔羊初生體重、營養、品種與性別等影響，在離乳前，持續採食足夠乳汁是有其必要性，且教槽料亦要充足的供應仔羊任食，以滿足仔羊在離乳前增重之營養需要量。Lee *et al.* (2013) 發現添加 1 － 2% 菇類副產物可提高肉雞增重，施等 (2022) 研究發現，添加 0.5% 蟲草米及 0.5% 杏鮑菇餵飼土雞 16 週可明顯提高雞在隻增重及改善飼料轉換率。

表 3. 飼糧添加菇類副產物對仔羊採食量及生長性能之影響

Table 3. Supplementation of mushroom stalk residue on feed intake and growth performances of goat kids

| Items | Control | 3% PESR[1] | 3% FVSR[1] | 1.5% PESR + 1.5% FVSR |
|---|---|---|---|---|
| 0 － 4 weeks[2] | | | | |
| Feed intake, g/d/head | 278 ± 51.61[*] | 298 ± 42.53 | 291 ± 39.35 | 291 ± 59.96 |
| Body weight gain, g /d/head | 142 ± 9.50 | 159 ± 7.32 | 161 ± 8.34 | 166 ± 12.67 |
| Feed conversion ratio (Feed/gain) | 1.95 ± 0.17 | 1.88 ± 0.12 | 1.81 ± 0.10 | 1.72 ± 0.06 |
| 5 － 8 weeks | | | | |
| Feed intake, g /d/head | 512 ± 51.84 | 484 ± 96.28 | 490 ± 103.1 | 580 ± 96.97 |
| Body weight gain, g/d/head | 148 ± 5.43 | 167 ± 7.63 | 156 ± 11.68 | 166 ± 10.76 |
| Feed conversion ratio (Feed/gain) | 3.35 ± 0.43 | 2.88 ± 0.55 | 3.28 ± 0.63 | 3.48 ± 0.51 |
| 9 － 12 weeks | | | | |
| Feed intake, g/d/head | 694 ± 68.97 | 731 ± 97.59 | 770 ± 107.3 | 820 ± 71.41 |
| Body weight gain, g/d/head | 149$^{c}$ ± 8.58 | 158$^{bc}$ ± 7.51 | 178$^{ab}$ ± 7.96 | 187$^{a}$ ± 12.50 |
| Feed conversion ratio (Feed/gain) | 4.50 ± 0.28 | 4.71 ± 0.37 | 4.68 ± 0.26 | 4.43 ± 0.24 |
| 0 － 12 weeks | | | | |
| Start BW, kg/head | 6.81 ± 0.28 | 6.89 ± 0.28 | 6.97 ± 0.35 | 6.76 ± 0.35 |
| Finish BW, kg/head | 19.08$^{b}$ ± 1.48 | 20.33$^{ab}$ ± 1.13 | 20.83$^{ab}$ ± 1.38 | 21.30$^{a}$ ± 1.09 |
| Feed intake, g/d/head | 453 ± 57.25 | 478 ± 97.87 | 451 ± 81.18 | 521 ± 72.52 |
| Body weight gain, g/d/head | 146$^{b}$ ± 14.45 | 160$^{ab}$ ± 15.78 | 165$^{ab}$ ± 18.07 | 173$^{a}$ ± 31.64 |
| Feed conversion ratio (Feed/gain) | 3.10 ± 0.05 | 2.98 ± 0.10 | 2.78 ± 0.05 | 3.01 ± 0.07 |

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

[1] PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

[2, 3] The feed intake consisted of 1,000 mL of milk replacer (prepared with 150 grams of milk powder) daily from 0 to 4 weeks.

n = 5.

[*] mean ± SD.

范等 (2020) 以菇類副產物餵飼泌乳山羊評估泌乳性能及保健之效果，顯示 3% 金針菇類副產物及 2% 杏鮑菇類副產物有較高的趨勢 (P < 0.1)，但在乳脂率及乳蛋白率則與對照組並無明顯差異。Soon (2014) 使用韓國黑山羊 (Korean black goats) 於完全混合日糧 (total mixed ration, TMR) 中添加菇類副產物進行飼養試驗，結果顯示 TMR 含 10 － 15% 菇類副產物較未添加或添加 5% 菇類副產物組改善羊隻增重、乾物質及氮表面消化率，並推薦使用菇類副產物作為反芻動物取代傳統芻料作為原料來源。在本試驗結果也顯示餵飼菇類副產物飼糧有提高仔羊增重之效果，具有飼料應用上的潛力。

表 4.　飼糧添加菇類副產物對仔羊糞便指數之影響

Table 4.　Supplementation of mushroom stalk residue on fecal index of goat kids

| Items | Control | 3% PESR[1] | 3% FVSR[1] | 1.5% PESR + 1.5% FVSR | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 weeks | 1.87 | 1.32 | 1.39 | 1.39 | 0.18 |
| 8 weeks | 1.54 | 1.10 | 1.23 | 1.12 | 0.11 |
| 12 weeks | 1.56[a] | 1.42[ab] | 1.18[b] | 1.08[b] | 0.12 |

[a, b] Means with different superscripts in the same row differ significantly (P < 0.05).

[1] PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 5.

表 5.　飼糧添加菇類副產物對仔羊血液免疫蛋白含量之影響

Table 5.　Supplementation of mushroom stalk residue on the immune response of goat kids

| Items | Control | 3% PESR[1] | 3% FVSR[1] | 1.5% PESR + 1.5% FVSR | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| IgA, μg/mL | | | | | |
| 4 weeks | 43.6 | 36.2 | 32.7 | 36.5 | 5.95 |
| 8 weeks | 37.6 | 45.9 | 51.7 | 46.5 | 6.04 |
| 12 weeks | 26.6[b] | 49.4[a] | 38.7[a] | 30.4[ab] | 3.47 |
| Mean | 40.8 | 43.8 | 39.2 | 39.8 | 3.27 |
| IgM, μg/mL | | | | | |
| 4 weeks | 1,832[b] | 1,879[b] | 2,311[a] | 2,398[a] | 114 |
| 8 weeks | 1,766 | 1,758 | 1,818 | 1,756 | 127 |
| 12 weeks | 1,473[b] | 1,531[a] | 1,535[a] | 1,560[a] | 18.8 |
| Mean | 1,387 | 1,506 | 1,466 | 1,571 | 110 |
| IgG, μg/mL | | | | | |
| 4 weeks | 1,535 | 1,430 | 1,189 | 1,420 | 217 |
| 8 weeks | 3,933 | 4,590 | 4,489 | 4,297 | 791 |
| 12 weeks | 6,884 | 8,602 | 7,554 | 6,656 | 534 |
| Mean | 4,084 | 4,874 | 4,374 | 3,857 | 446 |

[a, b] Means with different superscripts in the same row differ significantly (P < 0.05).

[1] PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 10.

在仔羊糞便指數方面，試驗開始時在各處理組糞便指數結果均相近，於 0 － 4 週及 5 － 8 週時仔羊糞便指數雖以對照組有提高之趨勢 (P < 0.1)，但在統計上尚未達到顯著差異；但 9 － 12 週試驗期則以添加 3% 金針菇副產物及兩種菇類副產物各 1.5% 處理組明顯較對照組降低糞便指數 (P < 0.05)，顯示添加金針菇副產物或混合菇類副產物可減輕下痢症狀。Hsieh *et al.* (2021) 發現白肉雞採食菇類可提高肉雞迴腸及盲腸中微生物增殖作用，尤其是金針菇副產物。Guo *et al.* (2018a) 以不同比例杏鮑菇副產物補充於三品雜交哺乳仔豬作為墊料 (mushroom bed) 及自由採食，結果發現當添加杏鮑菇副產物時，可提高哺乳豬日增重較未添加菇副產物者為高，下痢頻率及死亡率亦明顯降低，同時可促進空腸及迴腸消化酵素活性之發展，試驗中添加杏鮑菇副產物比例愈高，則效

果越明顯，該試驗證實菇類副產物可使仔豬結直腸中有較高益生菌 ( 乳酸菌類 ) 菌量，同時顯著減少沙門氏菌及病原性大腸桿菌菌數。Dan and Hao (2023) 以 2 － 4% 金針菇飼予離乳後仔豬 28 日齡可顯著減少仔豬下痢症狀及頻率，同時添加 2% 菇副產物組可提高仔豬氮消化率。上述研究結果可能說明本試驗餵飼仔羊金針菇副產物及兩種菇副產物混合組，可能可以促進消化道器官功能性發育及益生菌優勢化，進而降低仔羊下痢症狀，進而提高仔羊日增重的結果。

III. 血液性狀

在仔羊血液免疫球蛋白 (immunoglobulin, Ig) 含量方面，試驗期間第 12 週時以添加 3% 杏鮑菇副產物或 3% 金針菇副產物處理組顯著較對照組提高血中 IgA ($P < 0.05$)，第 4 及 8 週則無明顯變化；而血液 IgM 於試驗第 4 週及第 12 週時均以添加菇類副產物處理組明顯較對照組提高 ($P < 0.05$)；血液 IgG 含量於各試驗分期階段及全期之結果於各處理組之間均相近。

免疫球蛋白主要由漿細胞分泌，被免疫系統用於鑑別與中和外來物質 ( 抗原 ) 如細菌、病毒等病原體的 Y 字型單體。抗體分泌由含蛋白質的抗原所刺激依賴 T 淋巴細胞反應分泌 IgG 為主，由多醣體抗原所誘發非依賴 T 淋巴細胞反應，主要分泌 IgM 為主。菇類多醣體可能經門脈循環進入仔羊體內，具有免疫調節及輔助免疫反應之功能，能激活巨噬細胞、樹突狀細胞和自然殺手細胞，透過促進細胞激素的分泌，啟動細胞本身的活化作用，增強免疫反應。Guo *et al.* (2018b) 試驗指稱，以 25% 鋸木屑 + 25% 稻穀 + 50% 杏鮑菇副產物作為哺乳豬墊料並供自由採食，發現可提高仔豬血中 T 淋巴球及 B 淋巴球含量之趨勢，同時提升小腸粘膜之 IgA 免疫球蛋白含量明顯增加，此可能經由激活細胞激素 interleukin-1 (IL-1)、interleukin-6 (IL-6) 及 tumor necrosis factor-α (TNF-α) 等，造成特異性免疫球蛋白 IgA 或 IgM 含量之提升，其結論與本試驗仔羊採食菇類可提升血中 IgA 具有一致性。Long *et al.* (2024) 以杏鮑菇副產物餵飼黑山羊仔羊，發現可提升仔羊血中 IgA 及 IgM 含量，並減少血中 GOT 及 interleukin-6 (IL-6) 含量；上述研究結論與本試驗仔羊採食菇類具有提高免疫球蛋白之結果相似。

飼糧添加菇類副產物對仔羊血液抗氧化物含量之影響如表 6，仔羊經 12 週飼養試驗期之後，血中抗氧化物、麩胱甘肽過氧化物酶及超氧化物歧化酶雖於各處理組之間結果均相近，但仍以含菇類副產物飼糧處理組有略高之趨勢；過氧化氫酶則以添加兩種菇類副產物各 1.5% 處理組顯著最高 ($P < 0.05$)，而 3% 杏鮑菇或 3% 金針菇菇副產物組次之，對照組則明顯最低 ($P < 0.05$)，顯示菇類副產物飼養可提高仔羊體內抗氧化能力；但添加菇類副產物對仔羊血液硫代巴比妥酸反應物質並無明顯的變化。

表 6. 飼糧添加菇類副產物對 12 週仔羊血液抗氧化物含量之影響

Table 6. Supplementation of mushrooms stalk residue on the blood antioxidant enzyme activities of goat kids during 12 weeks period

| Items | Control | 3% PESR[1] | 3% FVSR[1] | 1.5% PESR + 1.5% FVSR | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| Antioxidant, mM/mL | 2.42 | 2.97 | 2.76 | 2.75 | 0.36 |
| GPx, nmol/min/mL | 51.44 | 51.50 | 52.10 | 52.46 | 5.20 |
| CAT, nmol/min/mL | 15.62[b] | 18.45[ab] | 18.68[ab] | 24.25[a] | 2.78 |
| SOD, U/mL | 37.41 | 38.88 | 38.28 | 38.71 | 4.62 |
| TBARS, μM/mL | 13.05 | 12.68 | 12.78 | 12.20 | 3.28 |

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

[1] PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*, FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

[2] GPx: glutathione peroxidase; CAT: catalase; SOD: superoxide dismutase; TBARS: thiobarbituric acid reactive substances. n = 10.

Mahfuz *et al.* (2019) 以白肉雞飼予含金針菇副產物之 35 日齡飼養試驗發現，飼糧添加 1% 或 2% 金針菇副產物可明顯提高白肉雞血中麩胱甘肽過氧化物酶、超氧化物歧化酶及過氧化氫酶等抗氧化力指標，本試驗結果顯示仔羊採食含菇類副產物之飼糧可明顯提高血中抗氧化力酵素活性與上述研究結果一致。

仔羊血液生化值方面，於試驗期第 4 週及第 8 週時，添加菇類副產物飼糧處理組並不影響血液葡萄糖含量，但隨仔羊採食試驗飼糧至第 12 週時，則以對照組明顯最低 ($P < 0.05$)，而全期血液葡萄糖平均值含量則無明顯變化；仔羊血液 GOT、GPT、鹼性磷酸酶、總蛋白、球蛋白、尿素氮及肌酸肝含量於各處理組之間結果均相近，但於試驗期第 4 週及第 8 週之血中白蛋白含量以添加 3% 金針菇副產物組及兩種 1.5% 菇類副產物混合組呈顯著較高之勢 ($P < 0.05$)。白蛋白為動物體蛋白質營養之重要指標，Huang *et al.* (2015) 研究也發現，在粗蛋白

質缺乏的日糧中添加甲硫胺酸能顯著提高血清白蛋白濃度，當試驗組的總蛋白和白蛋白濃度提高時，顯示梅花鹿對胺基酸的代謝能力及蛋白質吸收利用效率有所改善。菇類副產物飼糧的補充可能促進了蛋白質的吸收與利用，梅花鹿試驗中白蛋白含量與鹿對蛋白質利用情形，可能說明本試驗結果，白蛋白濃度的提高與顯著提升試驗第 12 週體重形成因果關係。

表 7.　飼糧添加菇類副產物對仔羊血液生化值之影響

Table 7.　Supplemenation of mushrooms stalk residue on the blood characteristics of goat kids

| Items | Control | 3% PESR[1] | 3% FVSR[1] | 1.5% PESR + 1.5% FVSR | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| Glucose, mg/dL | | | | | |
| 4 weeks | 90 | 92 | 89 | 95 | 0.12 |
| 8 weeks | 82 | 87 | 82 | 86 | 1.85 |
| 12 weeks | 76[b] | 80[ab] | 79[ab] | 84[a] | 1.89 |
| Mean | 83 | 87 | 83 | 89 | 2.33 |
| Glutamic oxaloacetic transaminase, U/L | | | | | |
| 4 weeks | 71 | 74 | 78 | 72 | 3.02 |
| 8 weeks | 76 | | 75 | 82 | 3.97 |
| 12 weeks | 81 | 84 | 83 | 82 | 5.89 |
| Mean | 79 | 79 | 76 | 81 | 2.63 |
| Glutamic pyruvic transaminase, U/L | | | | | |
| 4 weeks | 16.5 | 17.0 | 17.0 | 16.2 | 1.04 |
| 8 weeks | 18.5 | 20.5 | 18.1 | 20.8 | 1.12 |
| 12 weeks | 17.7 | 19.6 | 18.1 | 18.8 | 0.81 |
| Mean | 19.03 | 19.03 | 17.74 | 17.56 | 0.63 |
| Alkaline phosphatase, U/L | | | | | |
| 4 weeks | 366 | 364 | 438 | 500 | 120 |
| 8 weeks | 363 | 639 | 301 | 439 | 128 |
| 12 weeks | 381 | 434 | 349 | 489 | 195 |
| Mean | 370 | 426 | 362 | 506 | 89.87 |
| Total protein, g/dL | | | | | |
| 4 weeks | 5.56 | 5.35 | 5.32 | 3.56 | 0.19 |
| 8 weeks | 6.21 | 6.06 | 6.28 | 6.07 | 0.20 |
| 12 weeks | 6.37 | 6.16 | 6.31 | 6.38 | 0.19 |
| Mean | 6.04 | 5.85 | 5.97 | 5.99 | 0.14 |
| Albumin, g/dL | | | | | |
| 4 weeks | 2.85[b] | 3.02[ab] | 3.08[ab] | 3.23[a] | 0.08 |
| 8 weeks | 3.02[b] | 3.00[b] | 3.81[a] | 3.42[a] | 0.10 |
| 12 weeks | 3.37 | 3.43 | 3.46 | 3.64 | 0.09 |
| Mean | 3.18 | 3.07 | 3.18 | 3.12 | 0.06 |
| Globulin, g/dL | | | | | |
| 4 weeks | 2.40 | 2.50 | 2.24 | 2.33 | 0.16 |
| 8 weeks | 3.16 | 3.05 | 3.27 | 2.84 | 0.22 |
| 12 weeks | 2.94 | 2.79 | 2.83 | 2.75 | 0.16 |
| Mean | 2.86 | 2.78 | 2.78 | 2.57 | 0.12 |
| Urea nitrogen, mg/dL | | | | | |
| 4 weeks | 11.50 | 11.81 | 10.45 | 11.61 | 1.02 |
| 8 weeks | 17.58 | 15.01 | 15.40 | 16.41 | 1.30 |

表 7. 飼糧添加菇類副產物對仔羊血液生化值之影響 ( 續 )

Table 7. Supplemenation of mushrooms stalk residue on the blood characteristics of goat kids (continued)

| Items | Control | 3% PESR[1] | 3% FVSR[1] | 1.5% PESR + 1.5% FVSR | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 weeks | 19.80 | 18.30 | 16.43 | 18.08 | 1.48 |
| Mean | 15.81 | 15.54 | 14.09 | 14.80 | 0.87 |
| Creatinine, mg/dL | | | | | |
| 4 weeks | 0.65 | 0.68 | 0.62 | 0.62 | 0.02 |
| 8 weeks | 0.68 | 0.66 | 0.66 | 0.65 | 0.03 |
| 12 weeks | 0.74 | 0.73 | 0.68 | 0.75 | 0.02 |
| Mean | 0.69 | 0.68 | 0.65 | 0.67 | 0.02 |

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

[1] PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 10.

表 8. 飼糧添加菇類副產物對仔羊血液脂質之影響

Table 8. Supplementation of mushroom stalk residue on the blood lipid contents of goat kids

| Items | Control | 3% PESR[1] | 3% FVSR[1] | 1.5% PESR + 1.5% FVSR | SEM |
|---|---|---|---|---|---|
| Total cholesterol, mg/dL | | | | | |
| 4 weeks | 104 | 95.10 | 87.00 | 106 | 12.65 |
| 8 weeks | 84.55[a] | 65.50[b] | 68.11[b] | 73.80[ab] | 5.88 |
| 12 weeks | 83.37[a] | 69.80[b] | 87.78[a] | 74.50[ab] | 5.15 |
| Mean | 84.16 | 76.80 | 70.96 | 81.84 | 5.45 |
| Triglyceride, mg/dL | | | | | |
| 4 weeks | 36.00 | 33.70 | 40.55 | 38.55 | 6.32 |
| 8 weeks | 36.40 | 36.30 | 42.66 | 32.90 | 5.12 |
| 12 weeks | 28.30 | 27.40 | 26.89 | 26.38 | 3.11 |
| Mean | 33.56 | 32.46 | 38.03 | 32.84 | 3.17 |
| High-density lipoprotein, mg/dL | | | | | |
| 4 weeks | 53.00 | 54.90 | 53.48 | 59.08 | 5.74 |
| 8 weeks | 40.65[b] | 43.74[ab] | 45.04[ab] | 51.56[a] | 3.10 |
| 12 weeks | 38.71[b] | 46.43[ab] | 43.68[ab] | 50.27[a] | 2.89 |
| Mean | 44.64[b] | 46.40[ab] | 49.51[ab] | 53.37[a] | 2.52 |
| Low-density lipoprotein, mg/dL | | | | | |
| 4 weeks | 40.06 | 33.46 | 24.95 | 39.87 | 7.13 |
| 8 weeks | 21.21 | 17.75 | 17.65 | 25.83 | 2.99 |
| 12 weeks | 21.31 | 20.64 | 17.68 | 23.82 | 2.14 |
| Mean | 27.53 | 23.95 | 19.10 | 26.65 | 3.03 |
| LDL/HDL ratio | | | | | |
| 4 weeks | 0.69 | 0.60 | 0.57 | 0.60 | 0.07 |
| 8 weeks | 0.47 | 0.44 | 0.41 | 0.48 | 0.04 |
| 12 weeks | 0.43 | 0.46 | 0.43 | 0.52 | 0.03 |
| Mean | 0.53 | 0.49 | 0.47 | 0.55 | 0.03 |

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

[1] PESR: stalk residue of *Pleurotus eryngii*; FVSR: stalk residue of *Flammulina velutipes*.

n = 10.

仔羊血液脂質成分方面，於試驗期第 8 週或 12 週時，以添加 3% 杏鮑菇副產物或 3% 金針菇副產物處理組有較低血中總膽固醇含量 ($P < 0.05$)；仔羊血中高密度膽固醇 (HDL) 含量於試驗期第 8 週或第 12 週時，均以添加菇類副產物飼糧處理組有提高的趨勢，以含兩種 1.5% 菇類副產物處理組明顯較對照組提高 ($P < 0.05$)；仔羊血中三酸甘油脂及低密度膽固醇及高 / 低密度膽固醇比例於各處理組之間並無明顯變化。

研究報告指出，以 2 － 4% 金針菇飼予 28 日齡離乳仔豬，發現添加 2% 金針菇副產物可明顯增加離乳仔豬血清總蛋白質、白蛋白及 SOD 酵素活性。同時降低仔豬血清中總膽固酵及丙二醛 (malondialdehyde, MDA) 含量 (Dan and Hao, 2023)。本試驗結果，仔羊採食菇類副產物具提高血中白蛋白或降低血中膽固醇含量之趨勢與上述研究結論頗為相符。依王等 (2021) 以白羅曼鵝採食含 2 － 6% 杏鮑菇下腳料試驗發現，含 4% 杏鮑菇飼糧餵飼 8 週，鵝隻血中三酸甘油酯相較未添加者有明顯降低。Mahfuz *et al.* (2020b) 以蛋雞餵飼 2 － 6% 金針菇飼糧試驗發現，蛋雞添加 4% 金針菇可明顯提高蛋雞血中白蛋白、IgM 及 IgG 含量；本研究結果顯示，菇類具有提升仔羊血液白蛋白含量，並具有降低膽固醇含量之功效。

## 結　　論

飼糧添加菇類副產物對試驗 8 週內之仔羊增重無明顯差異，然第 9 － 12 週以 3% 金針菇組及兩種各 1.5% 菇組均呈明顯提高仔羊體增重，且較低糞便指數及減少下痢的發生率。

## 誌　　謝

本試驗經前農試所副研究員陳美杏博士指導菇類來源及加工技術指導；李進寶先生及羊舍同仁協助羊隻飼養管理與採樣相關工作，才使試驗順利推動完成，謹此誌謝。

## 參考文獻

王勝德、陳美惠、施柏齡、沈士怡、廖士傑。2021。杏鮑菇下腳料應用於白羅曼肉鵝飼養價值之評估。畜產研究 54：1-8。

白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學，立宇出版社，臺南。

施柏齡、陳美杏、呂昀陞、范耕榛、李宗育。2022。飼糧添加蟲草米與菇頭對土雞生長、屠體性狀及健康之影響。畜產研究 55：110-119。

范耕榛、陳美杏、施柏齡、李宗育、李春芳。2020。飼糧添加菇類副產物對乳山羊泌乳性能之影響。中畜會誌 49 (增刊)：349。

臺灣菇類發展協會。2020。菇類產業調查。臺中市。

蘇安國、楊深玄、陳水財、謝瑞春。2002。仔羊飼養模式之建立－ I. 離乳前仔羊飼養方式對離乳時仔羊生長性狀之影響。畜產研究 35：281-292。

Antunes, F., S. Marçal, O. Taofiq, A. M. M. B. Morais, A. C. Freitas, I. C. F. R. Ferreira, and M. Pintado. 2020. Valorization of mushroom by-products as a source of value-added compounds and potential applications. Molecules. 25: 2672.

AOAC. 2019. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists: official methods of analysis of AOAC international. 21st edition, AOAC, Washington DC.

Burke, J. M., J. E. Miller, T. H.Terrill, S. Orlik, M. Acharya, and J. A. Mosjidis., 2013. Sericea lespedeza as an aid in the control of Eimeria spp. in lambs. Vet. Parasitol. 193: 39-46.

Dan, K. and Z. Hao. 2023. Effect of dietary mushroom residue on growth performance, nutrient apparent digestibility and serum biochemical indexes of weaned piglets. Feed Res. 46: 11-15.

Guo, T., J. Ma, Y. Wu, Y. Chen, and X. Guo. 2018a. Effect of fermentation bed with spent mushroom substrate of pleurotus eryngii on weaning piglets. Anim. Husba. Feed Sci. 10: 84-89.

Guo, T., Y. Wu, W. Gao, and L. Li. 2018b. Effects of spent mushroom substrate of pleurotus eryngii as fermentation bed padding on growth performance, intestinal microflora and immunity of weaning piglets. Anim. Husb. Feed Sci. 10: 168-

173.

Gyamfi, M. A., M. Yonamine, and Y. Aniya. 1999. Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries. Gen. Pharmacol. 32: 661-667.

Hsieh, Y. C., W. C. Lin, W. Y. Chuang, M. H. Chen, S. C. Chang, and T. T. Lee. 2021. Effects of mushroom waster medium and stalk residues on the growth performance and oxidative status in broilers. Anim. Biosci. 34: 265-275.

Huang, J., T. Zhang, B. Kun, G. Li, and K. Wang. 2015. Effect of supplementation of lysine and methionine on growth performance, nutrients digestibility and serum biochemical indices for growing sika deer (*Cervus Nippon*) fed protein deficient diet. Italian J. Anim. Sci. 14: 61-65.

Kim, M. Y., P. Seguin, J. K. Ahn, J. J. Kim, S. C. Chun, E. H. Kim, S. H. Seo, E. Y. Kang, S. L. Kim, Y. J. Park, H. M. Ro, and I. M. Chung. 2008. Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. J. Agric. Food Chem. 56: 7265-7270.

Lai, L. P., M. T. Lee, C. S. Chen, B. Yu, and T. T. Lee. 2015. Effects of co-fermented *Pleurotus eryngii* stalk residues and soybean hulls by *Aureobasidium pullulans* on performance and intestinal morphology in broiler chickens. Poult. Sci. 94: 2959-2969.

Lee, T. T., J. Y. Ciou, C. L. Chen, and B. Yu. 2013. Effect of Echinacea purpurea L. on oxidative status and meat quality in Arbor Acres broilers. J. Sci. Food Agric. 93: 166-172.

Lee, M. T., W. C. Lin, B. Yu, and T. T. Lee. 2016. Antioxidant capacity of phytochemicals and their potential effects on oxidative status in animals. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 30: 299-308.

Lee, T. T., C. C. Wang, C. H. Chang, and B. Yu. 2015. Antimicrobial activity in vitro and growth performance of broilers supplemented with dried *Pleurotus eryngii* stalk residue. Jo. Adva. Agric. Tech. 2: 143-146.

Long, Y., W. Xiao, Y. Zhao, C. Yuan, D. Wang, Y. Yang, C. Su, P. Paengkoum, and Y. Han. 2024. Effects of *Flammulina velutipes* mushroom residues on growth performance, apparent digestibility, serum biochemical indicators, rumen fermentation and microbial of Guizhou black goat. Front Microbiol. 15: 134-147.

Mahfuz, S., T. He, S. Liu, D. Wu, S. Long, and X. Piao. 2019. Dietary inclusion of mushroom (*Flammulina velutipes*) stem waste on growth performance, antibody response, immune status, and serum cholesterol in broiler chickens. Animals 9: 692-670.

Mahfuz, S., T. He, J. Ma, H. Liu, S. Long, Qi. Shang, L. Zhang, J. Yin, and P. Xiangshu. 2020a. Mushroom (*Flammulina velutipes*) stem residue on growth performance, meat quality, antioxidant status and lipid metabolism of broilers. Ital. J. Anim. Sci. 19: 803-813.

Mahfuz, S., S. Wang, M. Chen, Fi Zao, D. Zhen, Z. J. Liu, and H. Song. 2020b. Effects of mushroom stem waste (*Flammulina velutipes*) on laying performance, egg quality and serum biochemical indices. Pakistan J. Zool. 52: 255-262.

Manzi, P. and L. Pizzoferrato. 2000. Beta-glucans in edible mushrooms. Food Chem. 68: 315-318.

Ngai, P. H., and T. B. Ng. 2006. A hemolysin from the mushroom *Pleurotus eryngii*. Appl. Microbiol. Biotech. 72: 1185-1191.

Rodríguez, E., F. J. Ruiz-Dueñas, R. Kooistra., A. Ram, A. T. Martínez, and M. J. Martínez. 2008. Isolation of two laccase genes from the white-rot fungus *Pleurotus eryngii* and heterologous expression of the pel3 encoded protein. J. Biotech. 134: 9-19.

Statistical Analysis System (SAS) Institute (2014) SAS/STAT User's Guide. SAS Institute, Cary, NC.

Soon, H. B. 2014. Effects of total mixed fermentations with spent mushroom (*Flammulina velutipes*) and wet brewer's grain on growth performance, feed intake and nutrient digestibility in Korean black goats. J. Kor. Grassl. Forage. Sci. 34: 45-51.

Wang, H. X. and T. B. Ng. 2006. Purification of a laccase from fruiting bodies of the mushroom *Pleurotus eryngii*. Appl. Microbiol. Biotech. 69: 521-525.

DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0003

# Effects of mushroom by-product on the growth performance, fecal index and blood antioxidant in goat kids [1]

Bor-Ling Shih [2] Tsung-Yu Lee [2] Yun-Sheng Leu [5] Tzu-Tai Lee [4] and Geng-Jen Fan [3] [6]

Received: Jul. 3, 2024; Accepted: Mar. 20, 2025

## Abstract

This study was aimed to evaluate the effect of adding mushroom by-product to the daily diets for goat kids on growth performance, fecal index, and blood antioxidant, and thereby improve the reuse of agricultural by-product. Forty 4-wk-old Alpine or Saanen hybrid kids were randomly assigned to 4 diet treatment groups, with each treatment group replicating (row) in 5 and 2 goat kits per row. The diet control group included the basal corn-soybean meal (comparison group), including 4 diets added with dried and pulverized 3% Pleurotus Eryngii by-product, and 3% Flammulina enoki by-product, 1.5% Pleurotus Eryngii by-product, and 1.5% Flammulina enoki by-product. The experiment lasted 12 weeks. For the first 0-4 week, kids (5-8 week of age) received 1,000mL of milk replacer (150 g reconstituted milk) daily, adopting concentrated feed and water ad libitum.The experiment conducted tests on the growth performance, fecal index, blood traits, and lipid metabolism in blood of goat kids. The results showed that the total polyphenol compounds (TPC), reducing power and free radical scavenging capacity (DPPH) scavenging rate of Flammulina enoki by-product were higher than those of Pleurotus Eryngii by-product. The treatment group fed the diet of 1.5% Pleurotus Eryngii by-product and 1.5% of Flammulina enoki by-product during the 0-12 week period showed significantly higher weight gain than those from the control group ($P < 0.05$). However, there is no significant difference in feed intake and feed conversion rate among the treatment groups during the 0-4, 5-8, and 9-12-week periods. During the 9 and 12 wk, kids fed 3% Flammulina enoki by-product and mixture diet of 1.5% each of the two by-products showed significant decrease in the fecal index than that of the control group ($P < 0.05$). The treatment group fed diet adding mushroom by-products showed significantly higher content of IgM concentration in blood at the $4^{th}$ and $12^{th}$ week than the control group ($P < 0.05$). In sum of the above, supplementing 1.5% each of the two mushroom types to the diet of treatment groups will result in optimal effect in weight gain while the mushroom by-product could improve the health and growth performance in kids.

Key words: Mushroom by-product, Growth performance, Goat kids.

(1) Contribution No. 2817 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, HsinHua,Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(3) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(4) Plant Pathology Group, MOA-ARI, No. 189, Zhongzheng Rd, Wufeng, 41362, Taichung, Taiwan, R. O. C.
(5) Department of Animal Science, National Chung Hsing University, 40227,Taichung, Taiwan, R. O. C.
(6) Corresponding author, E-mail: m38208@mail.tlri.gov.tw.

畜產研究 58(4)：263-274, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0004

# 狼尾草 (*Pennisetum purpureum*) 台畜草八號之選育 (1)

李姿蓉 (2)(5)　成游貴 (2)　張世融 (2)　盧啟信 (2)　林正斌 (2)
林信宏 (3)　吳昇陽 (4)　莊璧華 (4)

收件日期：113 年 11 月 22 日；接受日期：114 年 4 月 10 日

## 摘　要

狼尾草 (*Pennisetum purpureum*, Napier grass, NG) 品系 2504 係由台畜草二號 (Taishiu No.2, NG cv. TS 2) 和台畜草三號 (Taishiu No.3, NG cv. TS 3) 雜交後裔族群中，經由單株選拔、品系比較及區域試驗選出之優良品系，品系 2504 之植物性狀為綠色直立叢生型，葉片直立，葉身與葉鞘毛茸無或極少，與現有狼尾草品種在植株特性上具有區隔性。依據區域試驗結果，品系 2504 再生 10 週之農藝性狀為，葉領株高和葉尖株高分別為 71.8 和 149.0 cm，莖徑 13.5 mm，葉莖乾物比 0.93，分蘗數中等。產量方面，年平均鮮草產量為 208.7 mt ha$^{-1}$，比親本 NG cv. TS 3 增加 39.3%，也較對照種 NG cv. TS 7 增產約 28.2%，乾物質產量為 36.4 mt ha$^{-1}$，皆比 NG cv. TS 3 與 NG cv. TS 7 高。營養成分方面，粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維等含量以及相對飼養效率，分別為 12.0、33.5、59.3 及 99.1%，以上成分含量都優於對照品種 NG cv. TS 7 且有顯著差異。除外表性狀外，利用簡單序列重複區間 (Inter-Simple Sequence Repeat, ISSR) 亦可區分品系 2504 與現有 7 個狼尾草品種之差異。本品系已於 107 年 10 月 21 日通過命名為「狼尾草台畜草八號」。

關鍵詞：狼尾草、狼尾草台畜草八號、相對飼養價值。

## 緒　言

狼尾草 (*Pennisetum purpureum*, Napier grass) 屬於熱帶型多年生牧草，在臺灣種植面積 2,225 公頃，鮮草產量約 30 萬公噸 ( 農業部，2024 )，以農業部畜產試驗所選育的狼尾草台畜草二號種植面積最廣，多以鮮草或調製成青貯料供應經濟動物食用。其植物特性在於牧草產量高、適應性廣、可以利用機械採收，然再生 50 天起開始老化，酸洗纖維 42.2%，中洗纖維為 68.9% 且隨再生天數增加而增加 ( 王等，2003 )，維持好品質的時間較短。為改良品質，育種者利用珍珠粟 (*Pennisetum americanum*) 與狼尾草的矮性基因，或由矮性狼尾草 'Mott' 自交後裔中選拔矮性或半矮性品系，這些營養系後裔的特色是較矮的株高，較高的葉片率及營養品質，且能適用於放牧及機械採收等 ( 成等，1995; Burton *et al.*, 1969; Boddoff and Ocumpugh, 1986; Hanna, 1986; Cheng, 1991; Rai and Rao, 1991 )。農業部畜產試驗所依產業需求，除選育可作為優質牧草的品種外，亦有用於伴侶動物食用、能源及食品原料之品種，包含狼尾草台畜草一號至七號 (Napier grass cv. Taishiu No.1-7, NG cv. TS 1-7) 等。其中 NG cv. TS 7 為中莖型品種於 105 年 5 月完成命名，是為改善 NG cv. TS 3 植株較矮，致使機械採收時易阻塞及產量較低等缺點 ( 李等，2019 )。NG cv. TS 7 特性是產量高且適合大面積機械採收，於適割期再生 8 週之牧草品質與 NG cv. TS 3 相似。希望能再選育出適割期長，若遇高溫多濕的雨季時則可延後採收，獲得較佳的牧草品質。

本試驗研究目的，藉由品種 NG cv. TS 2 與 NG cv. TS 3 之雜交，選育出中莖型，分蘗性佳、相對飼養價值 (Relative feed value, RFV) 佳、老化緩和兼具產量高等特性之優質新品系。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2818 號。
(2) 農業部畜產試驗所飼料作物組。
(3) 農業部畜產試驗所南區分所。
(4) 農業部畜產試驗所東區分所。
(5) 通訊作者，E-mail: trli@mail.tlri.gov.tw。

# 材料與方法

I. 雜交品系來源

狼尾草台畜草八號 (NG cv. TS 8) 原品系代號為 2504，出自 NG cv. TS 3 和 NG cv. TS 2 之雜交後裔，育成經過如表 1 所示。

表 1. 狼尾草品系 2504 之選育過程

Table 1. Procedures for breeding of Napier grass line 2504

| Executive item | Conduct period | Tested location | Description |
|---|---|---|---|
| Pollination | 2005.12<br>2009.11 | Tainan | NG cv. TS 3 × NG cv. TS 2 |
| F1 observation | 2009.03 ─<br>2009.11 | Tainan | 375 seedling lines<br>Agronomic trait evaluation |
| Preliminary advanced yield trial | 2009.12 ─<br>2010.11 | Tainan | 17 lines comparison, NG cv. TS 7 as control |
| Intermediate advanced yield trial | 2010.12 ─<br>2012.11 | Tainan | 8 lines comparison, NG cv. TS 3 as control |
| Regional yield trial | 2012.11 ─<br>2014.12 | Tainan, Pingtung, Taitung, Hualien | 4 lines comparison, NG cv. TS 3 and NG cv. TS 7 as control |
| Silage and animal feeding trial for goat | 2009.12 ─<br>2011.12 | Tainan | Line 2504 and NG cv. TS 2 comparison for Albain goat |
| DNA finger printing analysis | 2016.04 | Tainan | Line 2504 and 7 cultivars |

II. 選拔評估試驗

(i) 後裔單株選拔

NG cv. TS 2 和 NG cv. TS 3 雜交種子以穴盤育成實生苗後，2008 年 12 月種植 375 株實生苗於農業部畜產試驗所飼料作物組試驗田 ( 臺南市新化區 )，行株距為 100 × 80 cm，2009 年 3 月至 2009 年 11 月每 8 週調查一次農藝性狀共 5 次。

(ii) 初級品系比較試驗

單株選拔符合中莖型和多分蘗的特性有 17 個品系，與現行中莖 NG cv. TS 7 為對照品種，進行比較試驗，2009 年 12 月種植於畜產試驗所飼料作物組試驗田間，小區面積 12 $m^2$，每小區間距為 1.5 m，取雙節苗扦插於田間，行株距為 100 × 80 cm。田間採完全逢機設計 (Completely randomized design, CRD)，二重複。自 2010 年 3 月起每 8 週調查農藝性狀和產量，為期 1 年共 5 次調查。

(iii) 中級品系比較試驗

選出參試品系代號 1120、1224、2002、2102、2112、2405、2406 及 2504 等 8 個，以親本 NG cv. TS 3 為對照品種，分成 2 組試驗。2010 年 12 月種植於畜產試驗所飼料作物組試驗田間，試驗設計規劃為完全逢機區集設計 (Randomized completely block design, RCBD)，三區集，每小區面積 16 $m^2$，行株距為 100 × 80 cm。每 8 週調查農藝性狀、產量，以及營養成分分析，自 2011 年 3 月起為期 2 年共 10 次調查。

(iv) 區域試驗

根據 (iii) 試驗結果之葉領株高、葉尖株高、鮮草產量及乾草產量優於對照品種 NG cv. TS 3，且葉尖株高矮於 200 cm，以及粗蛋白質含量與對照品種 NG cv. TS 3 最相近者進入區域試驗。選出 2002、2102、2406 和 2504 等 4 個參試品系，以 NG cv. TS 3 和 NG cv. TS 7 作為對照品種，於 2012 年 11 月分別於農業部畜產試驗所飼料作物組試驗田 ( 臺南市新化區 )、南區分所屏東場區 ( 屏東縣內埔鄉 )、東區分所臺東場區 ( 臺東縣卑南鄉 ) 和花蓮場區 ( 花蓮縣吉安鄉 ) 等 4 個地建立區域試驗田。採 RCBD，三區集，每區集 6 小區，小區面積 24 $m^2$，以產業常用機械採收行株距為 150 × 60 cm。每 10 週調查一次農藝性狀、產量及營養成分分析，2013 年 3 月起至 2014 年 12 月間共計 10 次調查。

III. 栽培管理及性狀調查

(i) 栽培管理方法

以狼尾草一般慣行栽培管理法進行，施肥於每次收割後 1 週內完成，使用臺肥特 1 號 (20-5-10)，每年

施用 N 600 kg/ha、$P_2O_5$ 150 kg/ha 和 $K_2O$ 300 kg/ha 為基準。

(ii) 農藝性狀調查

採樣固定於上午 8 至 10 時完成，每試驗小區逢機採樣 10 枝，於離地表 5 cm 處割下，農藝性狀調查參照李 (2015)，調查項目有：

1. 最高葉領株高 (The toppest leaf collar height, PHA)：自莖基部至第一展開葉片 ( 葉鞘張開 1 cm 深 ) 葉領之高度。
2. 葉尖株高 (Leaf tip height, PHB)：自莖基部至葉尖之高度。
3. 莖徑 (Stem diameter, SD)：切割處上數第二節位莖稈之直徑，量取徑長及徑寬，兩者之平均。
4. 葉莖乾物比 (Leaf to stem dry matter ratio, L/S)：葉與莖分開秤鮮重，以 65℃烘乾至恆重，葉與莖乾物重為比值。
5. 鮮草產量 (Fresh weight, FW)：小區內鮮草總重量，單位換算為 mt/ha。
6. 乾草產量 (Dried weight, DW)：樣品以以 65℃烘乾至恆重計算乾物率，乘以鮮草產量得之，單位換算為 mt/ha。
7. 分蘗數 (Tiller number per clone, TN)：每小區選 10 株之平均分蘗數。
8. 節間長度 (Internode length per tiller, IN)：每單枝可見莖節之總長度除以莖節數。

IV. 一般成分分析：植體以 65℃烘乾後磨粉冷藏於 4℃保存，待進行下列分析

(i) 粗蛋白質 (Crude protein, CP) 含量的分析：以 Kjeldahl 法測定氮含量後，再乘以 6.25 之百分率 (AOAC, 1990)。

(ii) 酸洗纖維 (Acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量：參照 van Soest *et al.* (1991) 方法，以纖維分析器 ANKOM 200 進行 (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY)。酸洗木質素 (Acid detergent lignin, ADL) 測定則將酸洗纖維放入 50 mL 之燒杯中，加入 2% 之 $H_2SO_4$ 25 mL 並攪拌成糊狀，之後每小時加入 72% $H_2SO_4$ 2 mL 並攪拌反應物，連續 3 小時，接著使用預先秤重之濾紙進行真空抽氣過濾，以 90℃之熱水清洗並過濾 5 次，再於低溫烤箱中烘乾 24 小時，放入乾燥器中冷卻後，秤重及計算酸洗木質素含量。計算相對飼養效率 (Relative feed value, RFV) ( 加拿大牧草協會 Manitoba Forage Council, 1995 )，公式如下，

$$RFV\% = \{[\ 88.9 - (0.779 \times ADF\%)] \times (120 / NDF\%)\} / 1.29$$

(iii) 水溶性碳水化合物 (Water soluble carbohydrate, WSC)：將測量完乾重產量之植體樣本磨碎成均質細粉，之後加入蒸餾水以 100℃煮沸後冷卻並定量至 100 mL，後取適量萃取液依照 Paleg (1959) 之比色法測定，以分光光譜儀 (Spectrophotometer, U-2900, Hitachi, Japan) 設定波長 560 nm 對樣本進行水溶性碳水化合物含量之測定。

(iv) 澱粉 (Starch)：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. DNA 指紋分析

(i) 參試品種 ( 系 )

為 NG cv. TS 1、NG cv. TS 2、NG cv. TS 3、NG cv. TS 4、NG cv. TS 5、NG cv. TS 6、NG cv. TS 7、品系 2504 及其他 2 品系等 10 品種 ( 系 )。

(ii) 方法

參考林等 (2012) 方法，採用簡單序列重複區間 (Inter-Simple Sequence Repeat, ISSR) DNA 分析法，樣品為葉片 DNA。取自 UBC ISSR Set No. 9, No 801- 900，共 100 組引子作為核酸標記 (John Hobbs, NAPs Unit, University of British Columbia, Vanconver, Canada)。多型性測定之 PCR 反應使用熱循環反應器 (GeneAmp PCR System 9700, PE Applied Biosystems, USA) 採 3 種黏合 (annealing) 溫度進行，反應條件為：94℃ 2 分鐘；94℃ 1 分鐘、60℃ 30 秒、72℃ 1 分 30 秒，循環 10 次，每循環黏合溫度下降 1℃；94℃ 30 秒、55℃ 20 秒、72℃ 30 秒，共循環 36 次；72℃ 4 分鐘，反應結束後產物以 4℃保存。每一反應的總體積為 10 μL，其中包含 20 ng 狼尾草 DNA，2.0 mM $MgCl_2$，ISSR 引子 0.4 μM，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 μL 加入 5 μL 之 TBE buffer，再加入 2 μL 之 Loading dye，總體積為 12 μL，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 作為標記。電泳完畢後，將膠片置於 0.1 μg/mL 之溴化己錠 (Ethidium bromide) 中染色 20 分鐘，再以蒸餾水退染 5 分鐘，再放置 UV light 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 (SAS, 2002)。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. 單株選拔

狼尾草為異質四元體 (2n = 4x = 28) (Martel *et al.*, 1997; Dowling *et al.*, 2014)，矮性基因於珍珠粟與狼尾草中發現，成等 (1995) 指出利用矮性基因於狼尾草之改良，縮短莖節，可降低莖的比率，因而使品質提高，可選育兼顧產量與品質之品系。為了改善狼尾草牧草產量與品質，傳統雜交組合有以同屬不同種之珍珠粟、矮莖狼尾草品種自交及開放授粉等方式。成等 (1992) 由珍珠粟與高莖型 A146、珍珠粟與矮性狼尾草 'Mott' 等 2 種雜交組合，分別獲得後裔品系 7301 及 7768 (2n = 3x = 21)，前者先於 1991 年命名為狼尾草台畜草一號，品系 7768 於 2016 年命名為 NG cv. TS 6 ( 林等，2016 )。'Mott' 為 Hanna (1986) 高產的高莖型品系 'Merkeron' 自交後裔中選出 (2n = 4x = 28)，成等 (1992) 再自 'Mott' 自交後裔中選育出品系 7728 及 7734 等，品系 7734 先於 2009 年命名為 NG cv. TS 3，品系 7728 於 2016 年命名為 NG cv. TS 7 ( 李等，2019 )。

本研究為了選育兼具產量及品質之狼尾草品系，選用畜產試驗所於 1986 年命名之 NG cv. TS 2 品種為父本，高莖型，節間長、植體營養成分佳，分蘗性中等，每年鮮草產量 275 mt/ha，是目前全臺栽培面積最廣之品種。NG cv. TS 3 為母本，矮莖型，節間短、葉莖乾物比高，且植體營養成分高，具分蘗性高及莖稈不易老化等優良特性，鮮草年產量約 228 mt/ha。獲得雜交後裔族群有 375 個單株，單株選拔於 2007 至 2009 年間每 8 週進行一次葉領株高、葉尖株高、分蘗數和節間長度等農藝性狀調查，其表現頻度如表 2。各性狀大致分為三群，葉領株高方面，三群頻度分別為 60 cm 以下 (40.5%) 最多，其次為 61 － 120 cm (34.4%)，121 cm 以上為 22.9%。葉尖株高方面，三群頻度分別為 100 cm 以下 (18.4%)、101 － 200 cm (47.7%) 以及 200 cm 以上 (33.8%)。分蘗數方面，三群頻度分別為每欉 30 枝以下 (70.4%)、31 － 60 枝 (27.1%) 以及 60 枝以上 (1.3%)。莖節間長方面，三群頻度分別為 5 cm 以下 (33.8%)、5 － 10 cm (46.4%) 以及 10 cm 以上 (19.7%)。

表 2.　狼尾草台畜草三號和台畜草二號之雜交後裔之葉領株高、葉尖株高、分蘗數和節間長分布頻度 ( 再生 8 週 )

Table 2.　Distribution frequency of the toppest leaf collar height, top leaf tip height, tillers number per clone and internode of the F1 of Napier grass Taishiu No. 3 and Taishiu No. 2 (Eight weeks of regeneration)

| The toppest leaf collar height (cm) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 － 30 | 31 － 60 | 61 － 90 | 91 － 120 | 121 － 150 | 151 － 180 | 181 － 210 | Total |
| no. (%) | | | | | | | |
| 65 (17.3)[1] | 87 (23.2) | 74 (19.7) | 55 (14.7) | 45 (12.0) | 40 (10.7) | 9 (0.2) | 375 |
| **Top leaf tip height (cm)** | | | | | | | |
| 0 － 50 | 51 － 100 | 101 － 150 | 151 － 200 | 201 － 250 | 251 － 300 | 301 － 350 | |
| no. (%) | | | | | | | |
| 20 (5.3) | 49 (13.1) | 96 (25.6) | 83 (22.1) | 65 (17.3) | 56 (14.9) | 6 (1.6) | 375 |
| **Tiller number per clone** | | | | | | | |
| 1 － 15 | 16 － 30 | 31 － 45 | 46 － 60 | 61 － 75 | 76 － 90 | 91 － 105 | |
| no. (%) | | | | | | | |
| 113 (30.1) | 151 (40.3) | 83 (22.1) | 19 (5.0) | 4 (1.0) | 0 0.0 | 1 (0.3) | 375 |
| **Internode (cm)** | | | | | | | |
| 0 － 2.5 | 2.6 － 5.0 | 5.1 － 7.5 | 7.6 － 10.0 | 10.1 － 12.5 | 12.6 － 15.0 | 15.1 － 17.0 | |
| no. (%) | | | | | | | |
| 73 (19.4) | 54 (14.4) | 65 (17.3) | 109 (29.1) | 63 (16.8) | 7 (1.9) | 4 (1.0) | 375 |

[1] Numbers in parentheses are percentages.

本試驗結果顯示 NG cv. TS 3 存有矮性基因，與高莖型 NG cv. TS 2 雜交，後裔表現可獲得矮莖型、中莖型和高莖型，或分蘗性弱、中和強等多種株型。其後裔之葉領株高分布在 120 cm 以下佔 74.9%，但無超過 210 cm。根據此次育種目標，選擇具有葉領株高中等 61 － 120 cm、葉尖株高中等 101 － 200 cm、分蘗性中等和莖節長度小於 10 cm 等特性，共選出品系代號 1001、1004、1120、1122、1224、1306、1523、1524、1915、2002、2102、2112、2405、2406、2420、2423 和 2504 等 17 個新品系，供初級品系比較試驗之用。

II. 初級品系比較試驗

狼尾草可做為評估參數的農藝性狀多，Tcacenco and Lance (1992) 指出狼尾草之莖徑寬度、葉部毛群、莖節數，以及葉片長寬比等，皆可做為選拔性狀，在本研究中依照各級比較試驗逐漸增加農藝性狀項目。品系代號 1001、1004、1120、1122、1224、1306、1523、1524、1915、2002、2102、2112、2405、2406、2420、2423 和 2504 等 17 個新品系經過二年共 10 次之農藝性狀與產量調查結果如表 3。葉領株高方面，品系 1001 及 2112 顯著高於對照種。葉尖株高，品系 1001、1004 及 2112 顯著高於對照種。莖徑方面，品系 1224、2405 、2406、2420、2423 及 2504 與對照種有顯著差異。莖節間長度方面，以品系 1001 和 1004 顯著長於對照品種，其餘無顯著差異。鮮草產量方面，品系 1915 低於對照品種，品系 2112、2423 及 2504 等顯著高於對照種，其餘品系與對照種無顯著差異，以品系 2112 平均每次收穫 116.0 mt ha$^{-1}$ 最高，品系 2504 之 101.6 mt ha$^{-1}$ 次之。根據調查結果，選出葉領株高和葉尖株高與對照種相近，且產量高的品系，包括品系 1120、1224、2002、2102、2112、2405、2406 和 2504 等 8 個品系，繼續中級品系比較試驗。

表 3. 狼尾草品系初級比較試驗之農藝性狀及產量表現 ( 再生 8 週 )

Table 3. The agronomic characteristics of different lines of preliminary comparative experiments on Napier grass (Eight weeks of regeneration)

| | TLC1 | TLT | SD | IN | Yield |
|---|---|---|---|---|---|
| Line | ---------- ------- cm ---------- ------- | | mm | cm | mt/ha/time |
| 1001 | 91.8 ± 15.0$^{ab2}$ | 184.5 ± 16.1$^{ab}$ | 15.4 ± 3.0$^{bcdef}$ | 8.6 ± 1.0$^{a}$ | 64.7 ± 25.4$^{bcde}$ |
| 1004 | 87.2 ± 21.2$^{abc}$ | 184.1 ± 25.2$^{ab}$ | 14.7 ± 2.3$^{def}$ | 8.2 ± 0.9$^{a}$ | 63.0 ± 11.1$^{bcde}$ |
| 1120 | 60.6 ± 7.6$^{de}$ | 150.8 ± 20.0$^{cd}$ | 14.9 ± 0.5$^{def}$ | 3.8 ± 1.5$^{cde}$ | 67.6 ± 1.6$^{bcde}$ |
| 1122 | 66.5 ± 11.2$^{cde}$ | 144.3 ± 7.5$^{cd}$ | 14.1 ± 1.2$^{ef}$ | 4.8 ± 0.3$^{bcde}$ | 57.0 ± 0.6$^{de}$ |
| 1224 | 53.1 ± 7.5$^{e}$ | 133.1 ± 4.9$^{d}$ | 18.6 ± 2.5$^{abcd}$ | 2.3 ± 0.4$^{ed}$ | 79.0 ± 25.9$^{abcde}$ |
| 1306 | 76.2 ± 6.4$^{bcde}$ | 167.6 ± 6.1$^{abc}$ | 16.1 ± 2.4$^{bcdef}$ | 5.3 ± 0.7$^{bcde}$ | 72.0 ± 12.7$^{bcde}$ |
| 1523 | 66.5 ± 3.3$^{de}$ | 151.6 ± 11.9$^{cd}$ | 15.7 ± 2.1$^{bcdef}$ | 2.9 ± 1.4$^{cde}$ | 60.9 ± 3.9$^{cde}$ |
| 1524 | 62.8 ± 5.6$^{de}$ | 133.1 ± 17.6$^{d}$ | 15.2 ± 1.5$^{cdef}$ | 3.2 ± 0.4$^{cde}$ | 64.1 ± 2.6$^{bcde}$ |
| 1915 | 57.7 ± 6.2$^{de}$ | 131.6 ± 10.2$^{d}$ | 13.2 ± 1.7$^{ef}$ | 4.5 ± 0.5$^{bcde}$ | 47.2 ± 8.5$^{e}$ |
| 2002 | 71.2 ± 5.8$^{bcde}$ | 152.9 ± 17.8$^{bcd}$ | 15.2 ± 1.1$^{cdef}$ | 3.3 ± 0.3$^{cde}$ | 65.8 ± 7.4$^{bcde}$ |
| 2102 | 77.7 ± 6.2$^{bcde}$ | 159.2 ± 1.8$^{bcd}$ | 14.8 ± 2.0$^{def}$ | 4.8 ± 1.1$^{cde}$ | 73.1 ± 29.3$^{bcde}$ |
| 2112 | 101.1 ± 5.4$^{a}$ | 198.6 ± 6.5$^{a}$ | 15.5 ± 1.2$^{bcdef}$ | 6.5 ± 1.1$^{ab}$ | 116.0 ± 38.1$^{a}$ |
| 2405 | 59.0 ± 4.6$^{de}$ | 144.9 ± 14.8$^{cd}$ | 20.8 ± 3.1$^{abcd}$ | 2.3 ± 0.0$^{ed}$ | 86.1 ± 2.6$^{abcde}$ |
| 2406 | 59.6 ± 8.5$^{de}$ | 144.5 ± 16.8$^{cd}$ | 19.3 ± 3.3$^{abcd}$ | 2.7 ± 0.1$^{ed}$ | 94.9 ± 9.6$^{abcd}$ |
| 2420 | 62.5 ± 15.0$^{de}$ | 141.3 ± 9.3$^{cd}$ | 19.6 ± 4.8$^{abcd}$ | 3.6 ± 0.6$^{cde}$ | 70.0 ± 22.7$^{bcde}$ |
| 2423 | 81.7 ± 21.9$^{abcd}$ | 168.8 ± 25.0$^{abc}$ | 17.4 ± 2.8$^{abcde}$ | 4.9 ± 1.6$^{bcd}$ | 99.2 ± 1.0$^{abc}$ |
| 2504 | 66.9 ± 14.0$^{cde}$ | 148.6 ± 10.7$^{cd}$ | 18.6 ± 5.2$^{abcd}$ | 3.8 ± 0.9$^{cde}$ | 101.6 ± 23.1$^{ab}$ |
| NG cv TS 7 | 61.6 ± 4.7$^{de}$ | 138.8 ± 10.9$^{cd}$ | 12.8 ± 0.4$^{f}$ | 4.7 ± 0.5$^{bcde}$ | 57.6 ± 5.4$^{de}$ |

[1] TLC: the toppest leaf collar height; TLT: top leaf tip height; SD: stem diameter; NL: node length per tiller; Yield: means of 5 cutting.

[2] Mean ± SD.

[a, b, c, d, e, f] Means within the same column without the same superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

III. 中級品系比較試驗

參試品系有 1120、1224、2002、2102、2112、2405、2406 和 2504 等 8 個，分成二個試驗組合，(1) 1120、

1224、2405、2406 和 2504；(2) 1120、1224、2002、2102 和 2112，皆以 NG cv. TS 3 為對照品種。

試驗組合 (1) 之農藝性狀與產量調查結果如表 4。葉領與葉尖株高方面，所有參試品系高於對照品種 NG cv. TS 3，且具顯著差異。莖徑方面，除品系 2504 外，其餘品系皆與對照品種有差異顯著 ($P < 0.05$)，其中品系 1120 最細。葉與莖之乾物比方面，參試品系皆低於對照品種，除品系 1120 外，其餘品系皆與對照品種有顯著差異。鮮草和乾草產量方面，除品系 1224 與對照品種無顯著差異，所有參試品系高於對照品種且有顯著差異，其中以品系 2504 最高。在植體營養成分方面 ( 表 5 )，粗蛋白質含量以對照品種 (14.7%) 最高，品系 2504 (13.2%) 次之，然參試品系皆與對照品種有顯著差異。水溶性碳水化合物含量方面，以品系 1120 最高與品系 2504 有顯著差異，與其餘品系間無顯著差異。中洗纖維與酸洗纖維含量方面，以對照種最低，與所有參試品系有顯著差異。酸洗木質素含量以品系 1120 (6.8%) 最高，品系 2504 與其餘品系和對照品種之間無顯著差異。

表 4.　狼尾草中級品系比較試驗組合 (1) 之農藝性狀及產量調查結果 ( 再生 8 週 )

Table 4.　The agronomic characteristics of different lines of intermediate comparative experiments (1) on Napier grass (Eight weeks of regeneration)

| | TLC[1] | TLT | SD | L/S | FY | DY |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Line | ---------- cm ---------- | | mm | | ---------- mt/ha/y ---------- | |
| 1120 | 71.9 ± 5.4[b2] | 184.9 ± 11.3[a] | 14.4 ± 2.0[c] | 1.02 ± 0.2[ab] | 180.3 ± 14.7[c] | 39.0 ± 2.1[b] |
| 1224 | 51.7 ± 5.2[c] | 141.1 ± 12.1[c] | 18.6 ± 1.3[a] | 1.00 ± 0.1[b] | 150.8 ± 12.0[d] | 29.5 ± 1.1[c] |
| 2405 | 71.8 ± 9.6[b] | 178.3 ± 10.8[ab] | 18.4 ± 1.2[a] | 0.87 ± 0.5[c] | 210.8 ± 15.0[b] | 37.3 ± 2.5[b] |
| 2406 | 75.1 ± 8.2[ab] | 182.2 ± 11.0[a] | 18.2 ± 1.0[a] | 0.80 ± 0.5[c] | 219.8 ± 10.2[b] | 41.0 ± 1.0[b] |
| 2504 | 78.9 ± 7.3[a] | 172.9 ± 6.2[b] | 15.9 ± 1.5[b] | 0.88 ± 0.3[c] | 285.0 ± 8.2[a] | 48.2 ± 1.9[a] |
| NG cv.TS 3 | 41.3 ± 5.5[d] | 108.2 ± 3.4[d] | 16.6 ± 1.2[b] | 1.13 ± 0.7[a] | 146.7 ± 12.3[d] | 26.5 ± 3.4[c] |

[1] TLC: the toppest leaf collar height; TLT: top leaf tip height; SD: stem diameter; L/S: ratio of leaf and stem dried weight; FY: total fresh yield per year; DY: total dried yield per year.

[2] Mean ± SD.

[a, b, c] Means within the same column without the same superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 5.　狼尾草中級品系比較試驗 (1) 之植體成分分析結果 ( 再生 8 週 )

Table 5.　The chemical content of different lines of intermediate comparative (1) experiments on Napier grass (Eight weeks of regeneration)

| | CP[1] | WSC | NDF | ADF | ADL |
|---|---|---|---|---|---|
| Line | ---------- % ---------- | | | | |
| 1120 | 11.8 ± 0.7[c2] | 3.8 ± 0.2[a] | 63.9 ± 1.6[a] | 36.5 ± 0.8[a] | 6.8 ± 0.9[a] |
| 1224 | 13.1 ± 0.9[b] | 3.5 ± 0.3[ab] | 60.7 ± 1.2[b] | 33.0 ± 0.5[c] | 5.1 ± 1.0[b] |
| 2405 | 12.5 ± 0.6[bc] | 2.9 ± 0.5[ab] | 62.1 ± 1.6[ab] | 35.0 ± 1.3[b] | 5.3 ± 0.8[b] |
| 2406 | 12.8 ± 0.5[b] | 2.9 ± 0.6[ab] | 62.6 ± 1.8[ab] | 35.2 ± 1.3[b] | 5.5 ± 0.7[b] |
| 2504 | 13.2 ± 0.8[b] | 2.5 ± 0.4[b] | 60.5 ± 1.3[b] | 35.4 ± 1.1[b] | 6.0 ± 1.1[ab] |
| NG cv. TS 3 | 14.7 ± 0.9[a] | 2.8 ± 0.7[ab] | 56.9 ± 1.1[c] | 31.4 ± 1.0[d] | 5.4 ± 0.8[b] |

[1] CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin.

[2] Mean ± SD.

[a, b, c, d] Means within the same column without the same superscript are significantly different ($P < 0.05$).

試驗組合 (2) 之農藝性狀與產量調查結果如表 6。葉領與葉尖株高方面，以品系 2112 最高，與其餘品系間有顯著差異，而對照種最矮。莖徑方面，以品系 1224 最粗，與其餘品系間有顯著差異。葉片與莖的乾物質比方面，以品系 1224 最高，除對照品種外，與其餘品系間有顯著差異。鮮草產量方面，以品系 2102 最高，除品系 2002 外，與其餘品系間有顯著差異。乾草產量方面，以品系 1120 最高，與品系 1224 及對照種之間有顯著差異。植體營養成分方面 ( 表 7 )，粗蛋白質含量，以對照品種最高，與其餘品系間有顯著差異。水溶性碳水化合物含量方面，則各參試品系間無顯著差異。中洗纖維方面，以對照品種最低，與其餘品系間有顯著差異。酸洗

纖維含量方面，以對照品種最低，除品系 1224 外，與其餘品系間有顯著差異。各品系之酸洗木質素含量則無顯著差異。

分別自試驗組合 (1) 和 (2) 選葉領及葉尖株高高於對照品種 NG cv. TS 3，且葉尖株高小於 200 cm，鮮草產量及乾草產量高於對照品種，以及粗蛋白質含量最接近對照品種之品系，因此綜合品系試驗一和二之結果，選出 2002、2102、2406 和 2504 等 4 個高產量及一般成分分析與對照品種相近的中莖型品系，進行區域試驗。

表 6. 狼尾草中級品系比較試驗組合 (2) 之農藝性狀及產量調查結果 ( 再生 8 週 )

Table 6. The agronomic characteristics of different lines of intermediate comparative experiments (2) on Napier grass (Eight weeks of regeneration)

| | TLC[1] | TLT | SD | L/S | FY | DY |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Line | ---------- cm ---------- | | mm | | ---------- mt/ha/y ---------- | |
| 1120 | 75.6 ± 6.0[b2] | 194.0 ± 12.5[b] | 14.3 ± 1.8[d] | 1.00 ± 0.3[b] | 287.0 ± 14.3[b] | 53.3 ± 8.2[a] |
| 1224 | 47.2 ± 5.9[c] | 135.7 ± 10.8[d] | 19.8 ± 1.6[a] | 1.15 ± 0.6[a] | 204.0 ± 15.8[c] | 34.5 ± 9.8[b] |
| 2405 | 80.6 ± 4.5[b] | 177.5 ± 11.1[c] | 16.1 ± 1.1[bc] | 0.87 ± 0.7[c] | 310.2 ± 14.6[a] | 52.4 ± 8.0[a] |
| 2406 | 82.6 ± 5.8[b] | 180.3 ± 14.2[bc] | 16.5 ± 1.2[bc] | 0.85 ± 0.6[c] | 316.2 ± 10.2[a] | 50.0 ± 7.9[a] |
| 2504 | 101.0 ± 7.8[a] | 215.1 ± 10.7[a] | 14.6 ± 1.7[cd] | 0.85 ± 0.6[c] | 287.0 ± 15.0[b] | 50.5 ± 9.2[a] |
| NG cv.TS 3 | 42.9 ± 4.9[c] | 109.7 ± 4.2[e] | 15.5 ± 1.8[bcd] | 1.12 ± 0.5[a] | 207.6 ± 15.1[c] | 37.9 ± 7.0[b] |

[1] TLC: the toppest leaf collar height; TLT: top leaf tip height; SD: stem diameter; L/S: ratio of leaf and stem dried weight; FY: total fresh yield per year; DY: total dried yield per year.

[2] Mean ± SD.

[a, b, c, d] Means within the same column without the same superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 7. 狼尾草中級品系比較試驗 (2) 之植體成分分析結果 ( 再生 8 週 )

Table 7. The chemical content of different lines of intermediate comparative (2) experiments on Napier grass (Eight weeks of regeneration)

| | CP[&] | WSC | NDF | ADF | ADL |
|---|---|---|---|---|---|
| Line | ---------- % ---------- | | | | |
| 1120 | 11.5 ± 0.8[bc] | 2.6 ± 0.4 | 65.2 ± 1.8[ab] | 38.6 ± 0.6[ab] | 7.0 ± 1.1 |
| 1224 | 12.5 ± 0.6[b] | 3.0 ± 0.5 | 61.0 ± 1.9[c] | 34.0 ± 0.7[c] | 5.9 ± 1.3 |
| 2002 | 11.5 ± 0.7[bc] | 3.4 ± 0.4 | 64.3 ± 1.7[ab] | 36.9 ± 1.2[b] | 7.0 ± 1.0 |
| 2102 | 12.1 ± 0.9[b] | 3.0 ± 0.3 | 62.6 ± 1.0[bc] | 36.7 ± 1.2[b] | 7.3 ± 1.2 |
| 2112 | 10.6 ± 1.2[c] | 2.9 ± 0.4 | 66.8 ± 1.9[a] | 39.5 ± 1.1[a] | 7.2 ± 1.1 |
| NG cv. TS 3 | 13.7 ± 1.1[a] | 2.8 ± 0.4 | 58.0 ± 1.0[d] | 32.5 ± 1.0[c] | 6.3 ± 0.9 |

[&] CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin.

[a, b, c] Means within the same column without the same superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

IV. 區域試驗

狼尾草慣行適割期為再生 8 週，本次選育目標因應氣候、全年收益及牧草品質，評估新品系再生 10 週之產量及品質，因此區域試驗時設定每再生 10 週收割及調查。綜合臺南、屏東、臺東和花蓮等 4 地之二年區域試驗結果，其再生 10 週之農藝性狀及產量表現如表 8。葉領株高方面，以品系代號 2002 最高，NG cv. TS 3 最矮，而品系 2504 次矮但與 NG cv. TS 7 沒有顯著差異。葉尖株高方面，品系 2002、2102 和 2406 與 NG cv. TS 7 之間沒有顯著差異，品系 2504 次之，以 NG cv. TS 3 最矮。莖節間長度方面，以品系 2002 最長，NG cv. TS 7 次之，NG cv. TS 3 最短，品系 2504 次之，且有顯著差異。莖徑則以品系 2406 最粗，與其餘品系有顯著差異。葉與莖之乾物比方面，以 NG cv. TS 3 最高，與其他品系間有顯著差異。鮮草產量方面，以品系 2002 最高與 2102、2406 和 2504 沒有顯著差異，與 NG cv. TS 7 及 NG cv. TS 3 間有顯著差異。乾草產量方面，以品系 2002 最高，與 NG cv. TS 7 及 NG cv. TS 3 有顯著差異。營養成分方面 ( 表 9 )，粗蛋白質含量以 NG cv. TS 3 含量最高，與品系 2504 沒有顯著差異，與其餘品系有顯著差異。水溶性碳水化合物含量方面，以品系 2102 最高，與品系 2002

及 2406 間沒有顯著差異，而 NG cv. TS 3 與品系 2504 間沒有顯著差異，以 NG cv. TS 7 最低。中洗纖維含量方面，以 NG cv. TS 3 最低與品系 2504 沒有顯著差異，與其餘品系有顯著差異。酸洗纖維方面，以 NG cv. TS 3 最低，品系 2504 次低，與其他品系間有顯著差異。以酸洗木質素方面，以 NG cv. TS 3 最低，然品系間無顯著差異。澱粉含量方面，NG cv. TS 7 最高，與品系 2002 及 2102 間無顯著差異。相對飼養價值方面，以 NG cv. TS 3 最高，品系 2504 次之，NG cv. TS 7 最低。

表 8.　區域試驗各參試品系之二年農藝性狀與牧草產量平均 ( 再生 10 週 )

Table 8.　Means of agronomic traits and forage yield of tested entries from different locations. (Ten weeks of regeneration)

| | TLC[1] | TLT | NL | SD | L/S | FY | DY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Line | ---------- cm ---------- | | | mm | | ---------- mt/ha/y ---------- | |
| 2002 | 87.6 ± 12.8$^{a2}$ | 171.0 ± 13.7$^{a}$ | 8.3 ± 1.2$^{a}$ | 13.1 ± 2.6$^{b}$ | 0.90 ± 0.22$^{b}$ | 219.1 ± 57.3$^{a}$ | 38.7 ± 11.0$^{a}$ |
| 2102 | 86.2 ± 15.0$^{ab}$ | 168.8 ± 16.8$^{a}$ | 8.2 ± 1.6$^{a}$ | 12.8 ± 2.5$^{b}$ | 0.93 ± 0.23$^{b}$ | 194.0 ± 50.7$^{ab}$ | 37.1 ± 10.4$^{ab}$ |
| 2406 | 80.3 ± 12.5$^{bc}$ | 168.1 ± 13.4$^{a}$ | 6.0 ± 0.7$^{c}$ | 15.2 ± 3.2$^{a}$ | 0.97 ± 0.26$^{b}$ | 193.2 ± 46.8$^{ab}$ | 31.0 ± 7.9$^{abc}$ |
| 2504 | 71.8 ± 7.2$^{d}$ | 149.0 ± 13.3$^{b}$ | 5.9 ± 0.9$^{c}$ | 13.5 ± 2.7$^{b}$ | 0.93 ± 0.17$^{b}$ | 208.7 ± 6.7$^{a}$ | 36.4 ± 13.2$^{ab}$ |
| NG cv. TS7 | 77.8 ± 11.5$^{cd}$ | 159.9 ± 16.0$^{a}$ | 7.5 ± 1.5$^{b}$ | 11.4 ± 2.9$^{c}$ | 1.03 ± 0.21$^{b}$ | 162.8 ± 37.1$^{bc}$ | 29.6 ± 5.7$^{bc}$ |
| NG cv.TS 3 | 45.4 ± 5.3$^{e}$ | 105.8 ± 8.1$^{c}$ | 3.6 ± 0.5$^{d}$ | 11.9 ± 1.8$^{c}$ | 1.58 ± 0.36$^{a}$ | 149.8 ± 39.0$^{c}$ | 24.1 ± 5.4$^{c}$ |

[1] TLC: the toppest leaf collar height; TLT: top leaf tip height; NL: node length per tiller: SD: stem diameter; L/S: ratio of leaf and stem dried weight; FY: total fresh yield per year; DY: total dried yield per year.

[2] Mean ± SD.

[a, b, c, d, e] Means within the same column without the same superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

表 9.　區域試驗各參試品系之植體成分平均 ( 再生 10 週 )

Table 9.　Means of chemical content of tested entries from different areas. (Ten weeks of regeneration)

| | CP[1] | WSC | NDF | ADF | ADL | Starch | RFV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Line | ---------- % ---------- | | | | | | |
| 2002 | 10.7 ± 1.7$^{c2}$ | 6.9 ± 1.8$^{ab}$ | 61.3 ± 2.8$^{b}$ | 34.6 ± 0.9$^{a}$ | 6.9 ± 1.1 | 5.8 ± 1.0$^{ab}$ | 94.2 ± 4.9$^{c}$ |
| 2102 | 11.0 ± 1.8$^{bc}$ | 7.1 ± 2.0$^{a}$ | 61.1 ± 2.9$^{b}$ | 34.4 ± 0.7$^{a}$ | 6.7 ± 0.6 | 5.8 ± 0.8$^{ab}$ | 94.9 ± 5.0$^{c}$ |
| 2406 | 11.0 ± 1.6$^{bc}$ | 6.3 ± 1.9$^{abc}$ | 61.6 ± 2.5$^{ab}$ | 34.8 ± 1.1$^{a}$ | 6.6 ± 1.1 | 5.3 ± 0.8$^{c}$ | 93.5 ± 4.7$^{cd}$ |
| 2504 | 12.0 ± 2.0$^{ab}$ | 5.9 ± 1.9$^{bc}$ | 59.3 ± 3.4$^{c}$ | 33.5 ± 2.0$^{b}$ | 6.6 ± 1.6 | 5.5 ± 0.8$^{bc}$ | 99.1 ± 8.0$^{b}$ |
| NG cv.TS 7 | 10.8 ± 1.7$^{bc}$ | 5.4 ± 1.6$^{e}$ | 62.6 ± 1.1$^{a}$ | 35.0 ± 1.1$^{a}$ | 6.9 ± 1.0 | 6.0 ± 1.4$^{a}$ | 91.7 ± 2.5$^{d}$ |
| NG cv.TS 3 | 12.3 ± 1.7$^{a}$ | 6.0 ± 2.4$^{bc}$ | 58.6 ± 1.0$^{c}$ | 31.7 ± 1.3$^{c}$ | 6.4 ± 0.6 | 5.4 ± 0.6$^{bc}$ | 102.3 ± 5.2$^{a}$ |

[1] CP: crude protein; WSC: water soluble carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin; RFV: relative feed value.

[2] Mean ± SD.

[a,b,c,d,e] Means within the same column without the same superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

割期、季節及地區等對狼尾草之營養品質有相當程度的影響 ( 王等，2003；李，2015 )，狼尾草隨割期增長，牧草品質降低，其粗蛋白質含量下降、酸洗纖維及中洗纖維含量增加。縮短割期，則因乾物質低使全年總產量降低 ( 洪等 , 1992 )。葉莖比的改變亦是影響因素之一，牧草之葉比莖部位具有較高營養成分，則可獲得較佳的牧草品質 ( 張等，2002 )。故其葉莖比與營養價值有其相關性，飼糧中牧草之葉比例提高，會提高乾物質攝食量，進而有較佳之動物性能表現 (Tudsri *et al.*, 2002)。狼尾草之水溶性碳水化合物含量是影響青貯的重要因子，水溶性碳水化合物含量與青貯品質均隨品系及收穫季節有顯著差異，青貯結果也以高水溶性碳水化合物含量品系之表現較佳 ( 王等，2000 )，因此選育新品系篩選時亦須評估植體之水溶性碳水化合物含量。

黃等 (2012) 指出矮莖型的 NG cv. TS 3 葉莖比高，泌乳羊之乾物採食量、乳產量、4% 脂肪校正乳及體增重上，皆顯著高於 NG cv. TS 2 組 ($P < 0.05$)。在乳組成方面，乳脂率、乳蛋白率、乳糖及總固形物，NG cv. TS 3 組皆顯著高於 NG cv. TS 2 組 ($P < 0.05$)。品系 2504 兼具親本的產量及品質佳的優點，改善 NG cv. TS 2 鮮草易老化及倒伏之缺點，提高 NG cv. TS 3 產量略低之缺點。兩種葉莖比較高的 NG cv. TS 3 及 NG cv. TS 7，除了可以支持乳山羊較佳的泌乳量表現外，NG cv. TS 3 可提升羊隻採食量與蛋白質利用效率，NG cv. TS 7 則有較佳

的養分轉換泌乳的趨勢，因此兩者皆可以做為泌乳山羊飼糧中良好的芻料來源，具有良好的飼養價值 ( 范等，2018 )。范等 (2019) 指出品系 2504 可以做為良好的泌乳羊芻料來源，在補充少許玉米粉提高飼糧能量後，其飼養價值可與玉米青貯料飼糧相當。

綜合上述，參試品系中品系 2504 之株高為中莖型、葉莖乾物比亦與 NG cv. TS 7 相近，適宜機械採收。每 10 週採收一次，四個地區年平均鮮草產量為 208.7 mt/ha，比親本 NG cv. TS 3 之 149.8 mt/ha 增加 39.3%，對照檢定種 NG cv. TS 7 增產約 28.2%，乾物質產量為 36.4 mt/ha，比親本 NG cv. TS 3 增產 51.0%，比對照檢定種 NG cv. TS 7 增產約 23.0%，粗蛋白質含量與親本 NG cv. TS 3 差異不大 (12.0 *vs.* 12.3%)、酸洗與中洗纖維含量較親本 NG cv. TS 3 高 ( 分別為 33.5 *vs.* 31.7%，59.3 *vs.* 58.6%)，相對飼養價值與親本 NG cv. TS 3 相近，為 99.1% *vs.* 102.3%，高於 NG cv. TS 7 之 91.7%。鮮草和乾草產量皆高於對照品種 NG cv. TS 3 和 NG cv. TS 7，且營養成分含量與 NG cv. TS 3 相似，屬於高品質等級，品系 2504 農藝性狀及營養成分符合此次育種目標，具有作為狼尾草新品種之潛力。

V. DNA 指紋分析

由參試品系之 DNA 以 ISSR 引子分析之結果 ( 圖 1 ) 顯示，經 100 組引子篩選後，利用 #810 和 #811 引子可區分出各品種間之差異。#810 在 2,000 bp 至 600 bp 時，可分出參試品種 / 系之不同，尤其是 #811 之 1,000 bp 至 500 bp 亦可明顯看出 NG cv. TS 1 至 NG cv. TS 7 與品系 2504 之不同。

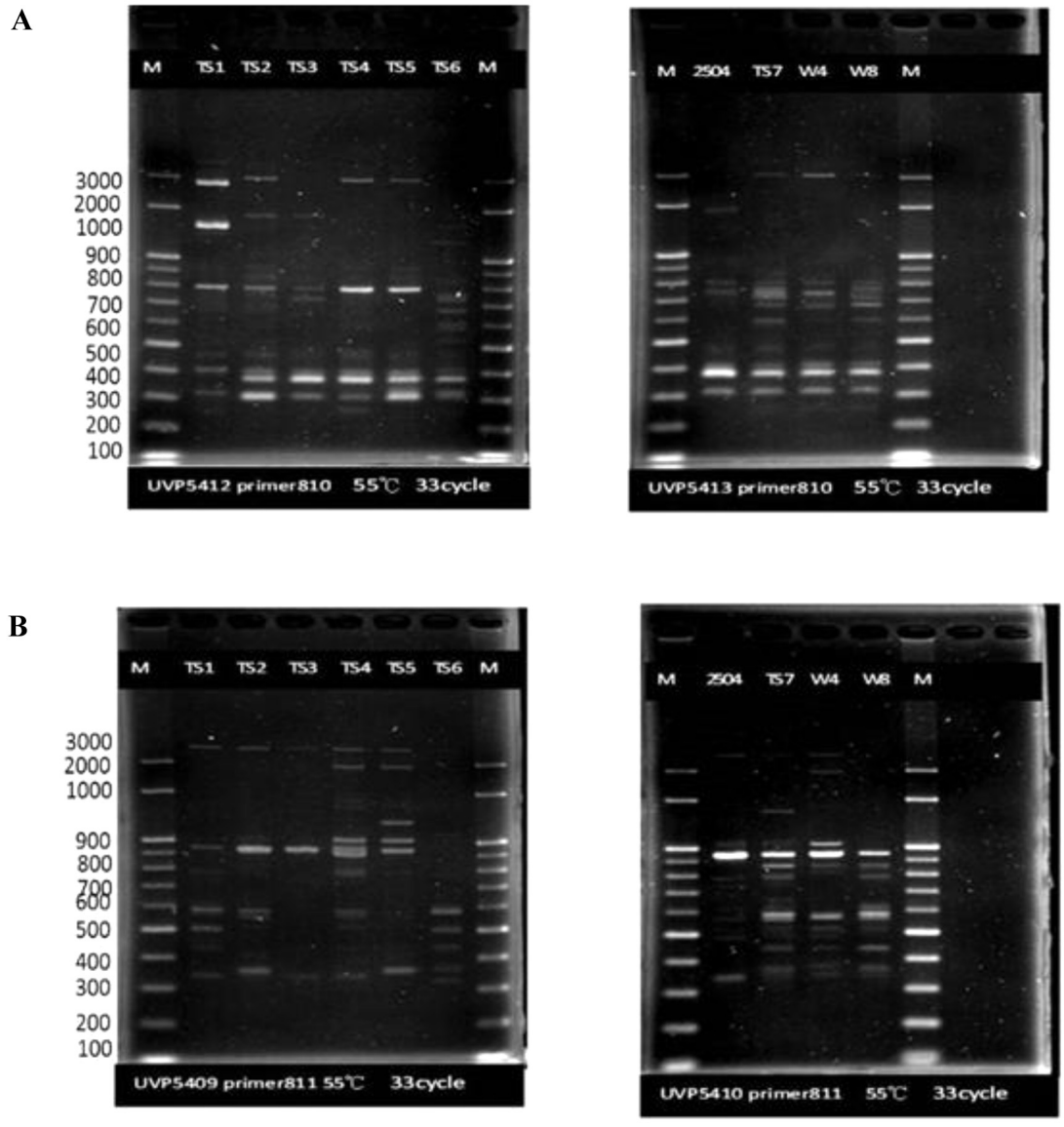



圖 1. 狼尾草台畜草一至七號及品系 2504、W4、W8 之 DNA 圖譜比較，A：引子 810；B：引子 811。

Fig. 1. Comparison of DNA maps of Napier grass cv.TS1- TS7 and line 2504, W4 and W8. A: primer#810, B: primer#811. (TS1: NGcv.TS1; TS 2: NGcv.TS2; TS 3: NGcv.TS3; TS 4: NGcv.TS4; TS 5: NGcv.TS5; TS6: NGcv.TS6; TS 7: NG cv. TS 7)

## 結　　論

狼尾草品系 2504 經由後裔選拔、品系比較、區域等試驗，結果符合育種預期目標兼具產量及品質，已於 2017 年 10 月 21 日通過新品種命名登記審查，並命名為狼尾草台畜草八號 (NG cv. TS 8)。

## 致　　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，並承蒙本所王治華前副所長指導及同仁之協助，謹申萬分謝忱。

## 參考文獻

王紓愍、陳嘉昇、成游貴。2000。狼尾草品系水溶性碳水化合物含量與青貯品質之關係。畜產研究 33：352-361。

王紓愍、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 36：357-367。

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 25：151-170。

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 28：285-294。

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。

李姿蓉、林正斌、張世融、盧啟信、成游貴、顏素芬。2019。狼尾草台畜草七號之育成。畜產研究 52：129-136。

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 45：83-89。

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。2016。狼尾草台畜草六號之選育。畜產研究 49：249-260。

洪國源、許福星、王永琴。1992。栽培密度與割期對矮性狼尾草產量、品質及莖基部碳水化合物含量之影響。畜產研究 25：25-34。

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 51：8-15。

范耕榛、施柏齡、李姿蓉、蕭宗法、李滋泰、李春芳。2019。狼尾草台畜草 8 號對泌乳山羊飼養價值的評估。畜產研究 52：256-263。

黃憲榮、成游貴、許晉賓、王治華。2012。狼尾草台畜草三號及二號品種對乳羊泌乳性能之影響評估。畜產研究 45：217-226。

張芳銘、楊純銘、洪國源、施意敏、許福星、卜瑞雄、金文蔚。2002。氣象因子對盤固草產量之影響分析。中華農業研究 51：15-24。

農業部。2024。112 年農業統計年報。農業部，臺北。pp.108-109。

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 11 ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Boddorf, D. and W. R. Ocumpaugh. 1986. Forage quality of pearl millet x napiergrass hybrids and dwarf napiergrass. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 45: 170-173.

Burton, G. W., W. G. Monson, J. C. Johnson, R. S. Lowrey, H. D. Chapman, and W. H. Marchant. 1969. Effect of the d2 dwarf gene on the forage yield and quality of pearl millet. Agron. J. 61: 607-612.

Cheng, Y. K. 1991. Forage breeding in Taiwan-Review. AJAS 4: 203-209.

Dowling, C. D., B. L. Burson and R. W. Jessup. 2014. Marker-assisted verification of kinggrass (*Penninsetum purpureum* Schumach x P. glaucum [L.]R. Br). Plant Omics J. 7: 72-79.

Hanna, W. W. 1986. Notice of release of dwarf Tift N75 napiergrass germplasm. USDA, ARS and Georgia Agric. Exp. Stn. Memo.

Martel, E., D. De Nay, S. Siljak-Yakovlev, S. Brown, and A. Sarr. 1997. Genome size variation and basic chromosome number in pearl millet and fourteen *Pennisetum* related species. J. Hered. 88: 139143.

Manitoba Forage Council. 1995. Canadian hay and straw certification program. Inspector's manual. Manitoba. Canadian.

Paleg, L. G. 1959. Citric acid interference in the estimation of reducing sugars with alkaline copper reagents. Anal. Chem. 31: 1902.

Rai, K. N. and A. S. Rao. 1991. Effect of d2 dwarfing gene on grain yield and yield component in pearl millet near-isogenic lines. Euphytica 52: 25-31.

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.

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

Tcacenco, F. A. and G. N. Lance. 1992. Selection of morphological traits for characterization of elephant grass accessions. Trop. Grasslands 26: 145-155.

Tudsri S., S. T. Jorgensen, P. Riddach, and A. Pookpakdi. 2002. Effect of cutting height and dry season date on yield and quality of five Napier grass cultivars in Thailand. Trop. Grassl. 36: 248-252.

Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock, and K. A. Gomez. 1976. Determination of sugar and starch in plant tissue. pp.46-49. in Laboratory manual for physiological studies of rice. International Rice Research Insititute, Los Baños, Philippines.

Taiwan Livestock Res. 58(4)：263-274, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0004


# Breeding of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) cv. Taishiu No.8 (1)

Tzu-Rung Li (2) (5) Yu-Kuei Cheng (2) Shyh-Rong Chang (2) Chi-Hsin Lu (2) Jeng-Bin Lin (2)
Hisn-Hung Lin (3) Sheng-Yang Wu (4) and Pi-Hua Chuang (4)

Received: Nov. 22, 2024; Accepted: Apr. 10, 2025

## Abstract

Napier grass (NG, *Pennisetum purpureum*) line 2504 was a superior line selected from a hybrid descendant of Taishiu No. 3 (NG cv. TS 3) and Taishiu No.2 (NG cv. TS 2) through progeny selection, strain comparison and regional trials. The agronomic traits of line 2504 include straight leaves, none or very little hair in the leaf blade and leaf sheath, , which distinguishes them from existing Napier grass cultivars in plant characteristics. Regional test results show that at 10 weeks of regeneration, the height of leaf collar and leaf apex for the agronomic traits of line 2504 were 71.8 and 149.0 cm, respectively. The stem diameter was 13.5 mm, dry leaf and stem ratio 0.93 and the number of tillers was medium. In terms of forage yields, the average fresh yield was 208.7 mt/ha/y, up 39.3% compared with the parent NG cv. TS 3, and up 28.2% compared with the control cultivar NG cv. TS 7. The dry matter yield was 36.4 mt/ha, which was higher than both NG cv. TS 3 and NG cv. TS 7. In terms of nutrient composition, the contents of crude protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, and relative feed value of the forage were 12.0, 33.5, 59.3 and 99.1%, respectively. The above contents were all better than the control cultivar NG cv. TS 7 and with significant difference. Apart from the Phenotypic traits, the adoption of Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) could also distinguish line 2504 from the existing seven varieties of Napier grass in Taiwan. Therefore, line 2504 became a new cultivar named as Napier grass Taishiu No.8 (NG cv. TS 8) on October 21, 2018.

Key words: Napier grass (*Pennisetum purpureum*), NG cv. TS 8, Relative feed value.

(1) Contribution No. 2818 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Forage Crops Division, MOA-TLRI, HsinHua,Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(3) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.
(4) Eastern Region Branch, MOA-TLRI, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.
(5) Corresponding author, E-mail: trli@tlri.gov.tw.

畜產研究 58(4)：275-281, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0005

# 阿爾拜因山羊全年性採精之精液品質變化 (1)

康定傑 (2)(5)　曾楷扉 (2)　陳裕信 (3)　曲鳳翔 (4)　蔡佩均 (4)　林信宏 (2)　劉雅醇 (2)

收件日期：113 年 10 月 11 日；接受日期：114 年 4 月 9 日

## 摘　要

本研究主要目的為探討阿爾拜因公羊在全年性採精過程中，其精液量、精子活力、存活率以及濃度之變化情形。試驗中使用 12 頭 3 － 4 歲之阿爾拜因公羊，以每週 2 次，每次間隔最少 2 天之頻率進行全年度精液採集。試驗結果顯示，精液量在 12 月時最高 (0.96 ± 0.22 mL)，4 月最低 (0.43 ± 0.06 mL)；精子活力由 8 月開始到 1 月均維持在高點，而自 2 月到 6 月處於低點，在 6 月時最低 (50.71 ± 2.66%)；精子存活率由 8 月份 (72.17 ± 1.96%) 開始上升，於 11 月 (90.20 ± 0.86%) 達到高峰後逐漸下降，至 5 月達到最低點 (58.57 ± 1.07%)；精子濃度顯示，3 月 (91.63 × $10^6$ spermatozoa/mL) 與 5 月 (89.20 × $10^6$ spermatozoa/mL) 時精子濃度較高，其餘月份之精子濃度則相對較低。進一步分析溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 與精液各性狀間之關聯性發現，THI 與精子存活率、精子活力以及精液量間呈現負相關，僅與精子濃度呈現正相關 (0.140)；檢視全年性採集之精液性狀表現可以發現，高 THI 值時，對精子活力與其運動性具有顯著之負面影響。本研究結果可以提供其他相關研究與飼養業者在高溫高濕季節中，對於精液採集須採取相應措施時之參考。

關鍵詞：阿爾拜因公羊、精液品質、溫濕度指數。

## 緒　言

在動物繁殖研究中，環境因素對生殖能力的影響一直是重點研究議題之一，特別是氣溫與光照等季節性變化，對雄性繁殖性能之影響 (Pretorius, 1969)。在不同地區、相異品種的動物中，生殖活動往往會隨著季節而變化，這種變化與日照長短、環境溫度以及營養狀況密切相關 (Roca *et al.*, 1992)。因此，了解並管理季節性變化對精液特性與生殖表現的影響，對於提高動物繁殖效率至關重要 (Belkadi *et al.*, 2017)。以綿羊與山羊等小型反芻動物而言，季節性變化會影響睪丸大小、精液質量和精子活力。例如，於 Merino 公綿羊的研究顯示，精液質量在春季達到最佳狀態，而在秋季降低，但這樣的變化不會顯著影響正常生育能力 (Ibrahim, 1997)。在 Ouled Djellal 公綿羊的研究指出，春季時睪丸周長與精子濃度顯著增加，而冬季精子異常率最高 (Belkadi *et al.*, 2017)。除此之外，不同種群的羊，特別是在阿拉伯聯合大公國的研究，顯示了當地環境對精子濃度和性驅動力的季節性影響 (Ibrahim, 1997)。山羊的生殖研究顯示，精漿蛋白質在不同季節的表現與精液品質直接相關，這一點尤其在地中海氣候的 Murciano-Granadina 山羊中更為顯著 (Roca *et al.*, 1992; Aguiar *et al.*, 2013)。比較巴西乾旱與雨季時羊隻精液性狀，發現乾旱季節的精漿生化成分中，果糖與檸檬酸顯著降低，但精子運動能力不受影響 (Aguiar *et al.*, 2013)。此外，蛋白質分析顯示，季節性變化會影響精子保護機制，從而影響生育能力 (Aguiar *et al.*, 2013)。精液質量和性行為的季節性變化亦受到其他因素，如光照長度與睾固酮濃度調節的影響 (Al-Anazi *et al.*, 2017)。研究指出，非繁殖季節 ( 如夏季 ) 收集的精液數量較少，精子活力也顯著下降。而在繁殖季節 ( 9 － 12 月 )，精液品質顯著提升，精子數量和運動性更佳，這與光週期引發的內分泌變化密切相關 (Maquivar *et al.*, 2021)。同時，氣候變化如高溫會干擾精子生成，導致精子異常增加，尤其是在亞熱帶與乾旱地區 (Pretorius, 1969; Belkadi *et al.*, 2017)。總體而言，不同品種和地區的動物在繁殖表現上有顯著差異。Murciano-Granadina 山羊在整年中精液質量保持在可接受範圍內，即使在生殖能力最低的冬季，其異常精子比例仍維持在正常生育範圍內 (Roca *et al.*, 1992)。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2819 號。
(2) 農業部畜產試驗所南區分所。
(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(4) 農業部畜產試驗所遺傳生理組。
(4) 通訊作者，E-mail: tckang@mail.tlri.gov.tw。

山羊在熱緊迫下的繁殖性能受到不同生理過程的影響，如精子質量下降、動情週期紊亂，以及胚胎發育異常 (Serradilla *et al.*, 2018)。此外，高溫會影響睪丸功能和精子生成，進一步降低雄性繁殖能力 (Ali *et al.*, 2023)。母羊在極端熱緊迫下，黃體生成激素 (LH) 濃度降低，影響排卵和受孕率 (Danso *et al.*, 2024)。因此，繁殖失敗率隨著熱緊迫的強度增加而上升 (Vinet *et al.*, 2023)。然而，透過合適的飼養管理，例如營養補充和光照控制，能有效改善精液特性，並支持全年繁殖 (Ibrahim, 1997; Aguiar *et al.*, 2013)，尤其是在人工授精計畫的雄性動物選擇和管理中，這些發現提供了改善繁殖效率的重要基礎，選擇最佳的繁殖時機與條件，不僅能提高生殖成功率，還能提升整體生產效率 (Belkadi *et al.*, 2017)。

總而言之，以溫濕度指數 (Temperature-Humidity Index, THI)，綜合量測氣溫與相對濕度來評估熱緊迫 (heat stress) 程度是否對季節性繁殖動物的生殖性能產生影響而言，高 THI 環境會影響動物的生理和生殖功能，降低繁殖效率。因此，在飼養管理中，應重視環境溫度和濕度的控制，採取適當的降溫措施，如使用風扇、噴水系統或改善畜舍通風，以減少熱緊迫對動物生殖性能之負面影響。本研究主要利用阿爾拜因公羊進行全年度精液採集，紀錄精液相關性狀，並與 THI 值進行比對，以瞭解阿爾拜因公羊精液在各月份之變化以及其與 THI 間之相關性。

# 材料與方法

I. 試驗動物申請

試驗使用 12 頭 3 至 4 歲之阿爾拜因公羊。公羊飼養於自然光照的畜舍中。依法申請，並經過前行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所實驗動物照護及使用小組審查同意 ( 畜試恆動字第 107005 )。

II. 精液採集：

精液每週採集 2 次，每次採集間隔時間最少 2 天。精液採集係使用人工假陰道 (artilicial vagina) 法，採集前先予以組裝，於假陰道外殼之注水孔注入 45℃溫水，使假陰道內襯夾層間呈現約 2/3 之飽滿度，其後再於氣孔吹入空氣以維持假陰道內腔適宜的壓力；採精時於假陰道內腔前緣處之表面塗抹對精子無害之潤滑劑 (K-Y 軟膏 , Johnson and Johnson medical, Limited Gargrave, Skipton, BD23 3RX. U. K.)。人工採精操作時，待公羊駕乘母羊的同時，將公羊陰莖導入假陰道內，直至完成射精動作；其後，並將假陰道之錐形漏斗向下甩動使精液集中於集精管 ( 15 mL 離心管 ) 內而完成精液採集。所採集之精液須避光並快速移入 37℃恆溫水槽中，續進行射精量、精子濃度、精子活力 (motility) 及移動參數 (movement characteristics) 分析。

III. 溫度、濕度及溫濕度指數 (temperature-humidity index, THI) 計算

THI 公式：$THI = (1.8 \times T + 32) - (0.55 - 0.0055 \times H) \times (1.8 \times T - 26)$ ( T 為溫度，H 為濕度 ) (Bohmanova *et al.*, 2007)。使用溫濕度偵測計 (Fourier Technologies, FORTEC Microlite III Temperature & RH, Australia) 進行偵測。溫度偵測範圍 -40℃到 +80℃，靈敏度 0.1℃，準精度為 ± 0.5℃。濕度偵測範圍 0 到 100% 相對濕度，靈敏度為 0.1% 相對濕度，準精度為 ± 3% 相對濕度。試驗中偵測時間設定為每小時記錄一次，每星期取回紀錄器並連接至電腦讀出數據。

IV. 精子活力分析

精子活力及移動參數檢測係利用電腦輔助精子分析系統 (computer assisted sperm analysis, CASA) 進行分析。

V. 精子存活率評估

係利用精子死活套組 LIVE/DEAD sperm viability kit (Invitrogen, L7011, California, USA) 與 EasyBuffer (EB, IMV ref.022162, Frence) 評估精子存活率。LIVE/DEAD sperm viability kit 包括 SYBR-14 與 PI (propidium iodide) 兩種嵌入性核酸螢光染劑，可嵌入 DNA 鹼基中。染色原理：SYBR-14 為可穿透細胞膜之小分子，而 PI 為細胞膜不可穿透性。若活的精子其細胞膜完整者，PI 無法進入精子細胞內，只可被 SYBR-14 染成綠色；反之於死精子則因其不具有阻隔大分子進入細胞之特性，因此 PI 得以進入精子細胞內，PI 之紅色螢光強度遠大於 SYBR-14，將 SYBR-14 之綠色覆蓋而呈現紅色。故染色呈現紅色螢光者 (PI+) 表示為死精子；呈現綠色螢光者 (SYBR-14+) 則為活精子。計算隨機視野中 300 個精子之活精子數。

VI. 統計分析

本研究中各處理組別射精量、活力、存活率、濃度及精子移動性能參數，是利用 Statistical Analysis System Enterprise Guide 7.1 (SAS EG 7.1) 進行變異數分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以鄧肯多變域分析法 (Duncan's multiple range test) 評估各處理間之差異性，所有處理組別間差異性以 $P < 0.05$ 表示。

相關性分析使用皮爾森積差相關係數 (Pearson correlation coefficient) 來分析各個變數與溫濕度指數 (THI) 之間的線性關係，皮爾森相關係數用來測量兩個連續變數間的線性相關程度，其數值範圍介於 -1 至 1 之間。當係數為 1 時，表示兩變數具有完全正相關；當係數為 -1 時，表示完全負相關；當係數為 0 時，表示沒有線性相關性。

# 結果與討論

臺灣夏季高溫多濕，表 1 為臺灣 107 年度溫度與濕度之變化。1 月份的平均氣溫約為 21.2℃，濕度為 82.7%，THI 為 69，而隨著時間推移，溫度和濕度逐漸上升，尤其在春夏季節，此二指標數值增加，5 月份均溫達到 29.9℃的高峰，濕度高達 96.1%，THI 達到 85.2。進入秋冬季節後，溫度和濕度逐漸下降，尤其在 12 月份，氣溫下降至 19.1℃，濕度降至 78.7%，THI 回落至 65.4。

表 1. 107 年度各月份溫度、濕度及 THI 值變化

Table 1. Monthly variations in temperature, humidity, and THI values

| Month | Temperature (°C) | Humidity (%) | THI |
|---|---|---|---|
| January | 21.2 ± 1.1 | 82.7 ± 3.2 | 69.0 |
| February | 23.3 ± 1.9 | 72.1 ± 7.1 | 71.5 |
| March | 23.9 ± 2.7 | 70.2 ± 13.4 | 72.2 |
| April | 25.8 ± 2.7 | 80.0 ± 14.4 | 76.2 |
| May | 29.9 ± 2.5 | 96.1 ± 8.6 | 85.2 |
| June | 30.4 ± 1.7 | 95.4 ± 10.3 | 85.9 |
| July | 31.5 ± 2.1 | 95.4 ± 10.3 | 87.9 |
| August | 28.8 ± 1.8 | 98.4 ± 10.3 | 83.6 |
| September | 28.1 ± 3.7 | 89.7 ± 3.2 | 81.2 |
| October | 26.1 ± 1.5 | 84.7 ± 2.8 | 77.2 |
| November | 22.8 ± 1.1 | 80.7 ± 3.2 | 71.4 |
| December | 19.1 ± 1.6 | 78.7 ± 3.2 | 65.4 |

Means ± SE.

THI: temperature-humidity index.

一般而言，當 THI 超過 72 時便被認為會對動物產生明顯的熱緊迫 (Brügemann *et al.*, 2008)，而在 5 月份，該指數達到了 85，顯示環境會引起動物極大之緊迫，對精液性狀以及精子品質造成不利影響。研究指出，當 THI 超過 70 時，山羊的受孕率開始顯著下降，而 THI 從 70 增加到 84 時，山羊的受孕率會從 55% 驟降至 10% (Danso *et al.*, 2024)，說明了高 THI 環境會對山羊之繁殖能力造成嚴重影響，包括精子形態異常、畸形率增加與活力降低，持續暴露在高溫環境下的山羊，其精子活力與數量均會顯著下降。這種影響不僅會降低繁殖成功率，還可能影響下一代的健康 (Danso *et al.*, 2024)。此外，高 THI 會影響精子之生成過程。持續的熱緊迫會導致睪丸溫度升高，從而抑制精子的生成。這種生理過程失調會導致精子數量的減少，進一步影響受孕機會 (Carabaño *et al.*, 2017)。另一項研究指出，高 THI 環境下的山羊精液抗氧化物質量顯著降低，此結果會增加精子受到氧化刺激的風險，從而損傷精子細胞。而精子運動能力以及 DNA 完整性下降，進一步降低受孕成功率 (Ali *et al.*, 2023)。另一研究亦指出，當環境溫度達到 35℃時，精子的線粒體產生活性氧 (reactive oxygen species, ROS)，會導致精子細胞膜之流動性增加以及單股 DNA 斷裂。特別是圓形精子細胞和四倍體精子細胞最容易受到損害，故受精率與胚胎發育也受到了影響，並且即便這些精子仍然具有受精能力，但亦可能會影響後代的基因完整性 (Houston *et al.*, 2018)。在人類陰囊給予熱緊迫的試驗中揭明，連續 3 個月的試驗期間，精子濃度、精子運動能力，以及正常形態精子的比例顯著下降，精子濃度在受試 1 個月時降至 $38.33 \times 10^6$ spermatozoa/mL，2 個月降至 $33.79 \times 10^6$ spermatozoa/mL，第 3 個月降至 $28.99 \times 10^6$ spermatozoa/mL；精子運動能力亦在 3 個月內顯著降低，並且引起白血球數量增加；精子 DNA 損傷與染色質凝集檢測中，精子 DNA 片段碎裂顯著增加。染色質凝集在測試中也顯示出類似趨勢，第 3 個月時異常染色質凝集率達到 79.33%，同時精子細胞的凋亡亦增加。在停止熱緊迫刺激 3 個月後，大部分參數 ( 如精子濃度與染色質完整性 )

恢復至正常水平，但精子運動能力的恢復較慢，仍未完全恢復 (Zhang *et al.*, 2015)。

本研究結果顯示 ( 表 2 )，精液量在全年各月中有顯著差異。最高值出現在 12 月 (0.96 ± 0.22 mL)，而最低值出現在 4 月 (0.43 ± 0.06 mL)。9 月至 1 月的精液量普遍較高，反映了山羊在這段繁殖季節中具有更好的生殖活力。而在春季和夏季，精液量逐漸減少，顯示在非繁殖季節，山羊的精子生成能力有所下降。精子存活率的最高值出現在 11 月 (90.20 ± 0.86%)，而最低值則出現在 5 月 (58.57 ± 1.07%)。從 8 月開始，雖然 THI 值仍高於 80，然而其精子活力相較於 6 月均有顯著提升 ($P < 0.05$)；存活率數據亦顯示自 4 月開始逐漸下降，而在 5 月達到最低點以後，在 6 － 7 月反轉上升。從光照長度討論，臺灣的光照時間在夏至 ( 6 月 21 至 22 號 ) 達到最長，之後開始反轉而漸短，季節發情動物的松果體只對光線敏感，夏至過後光照時間漸短，松果體開始活化，相關性荷爾蒙分泌的腺體亦受影響而甦醒及活化。在針對綿羊的研究發現，短日照期間 ( 秋冬季節 ) 會刺激松果體分泌褪黑激素，進一步促進睪丸活動和生殖激素如性腺刺激素釋放激素 (gonadotropin-releasing hormone, GnRH)、黃體成長激素 (luteinizing hormone, LH)、濾泡刺激素 (follicle-stimulating hormone, FSH)、睪固酮 (testosterone) 的分泌，提升精子生產及性行為 (Maquivar *et al.*, 2021)。溫度雖然可以對動物體造成緊迫，進而影響到生理的變化，但是試驗使用的公羊經過世代繁衍，顯然已可以適應臺灣的氣候條件，且根據多個研究顯示，光照長度是影響季節性發情動物繁殖的主要原因，溫度雖然重要，但其影響因子複雜，且為次要原因。此一結果在鳥類 (Sur *et al.*, 2024)、綿羊 (Zhu *et al.*, 2024) 及涵蓋昆蟲、哺乳動物 ( 如老鼠、人類 ) 等之綜合性研究，均顯示出溫度變化影響部分生理行為，但相對於光照，其調控作用較為間接，光照在調控季節性生理與行為中扮演更核心角色 (Michel and Kervezee, 2023)。精子濃度在 3 月 ($91.63 \times 10^6$ spermatorzoa/mL) 和 5 月 ($89.20 \times 10^6$ spermatorzoa/mL) 達到最高，而在其他月份中相對較低，但是存活率及活力隨著濃度減少而有增加的趨勢。從本研究結果觀察到，在高 THI 環境及長日照時，有較低的精子存活及活力，但是濃度上卻呈現較高的現象，這是否是動物體為因應高溫而產生的代償性現象，目前尚未有直接證據及研究證實。精子活力自 7 月低點後，在 8 月開始顯著提升，並在冬季 ( 9 月 ) 達到高峰，但在春夏季節明顯下降，尤其在 6 月達到全年最低值 (50.71 ± 2.66%)。這顯示季節變化對精子活力有顯著影響，特別是在長日照及高溫環境中，精子活力會受到抑制。

表 2.　阿爾拜因山羊各月份精液品質分析

Table 2.　Analysis of semen quality of Alpine goats by month

| Month | Volume (mL) | n | Viability (%) | Concentration ($10^6$/mL) | Motility (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| January | $0.68 \pm 0.07^{ab}$ | 9 | $78.44 \pm 2.91^{c}$ | $49.06 \pm 3.98^{c}$ | $62.03 \pm 0.57^{bc}$ |
| February | $0.51 \pm 0.05^{a}$ | 8 | $78.88 \pm 3.54^{c}$ | $61.04 \pm 7.20^{bc}$ | $57.36 \pm 1.80^{cde}$ |
| March | $0.45 \pm 0.04^{a}$ | 8 | $71.00 \pm 2.13^{b}$ | $91.63 \pm 14.70^{b}$ | $53.67 \pm 0.94^{de}$ |
| April | $0.43 \pm 0.06^{a}$ | 7 | $61.43 \pm 0.90^{a}$ | $75.52 \pm 12.13^{bc}$ | $52.98 \pm 1.79^{de}$ |
| May | $0.48 \pm 0.08^{a}$ | 7 | $58.57 \pm 1.07^{a}$ | $89.20 \pm 1.18^{b}$ | $52.98 \pm 0.99^{de}$ |
| June | $0.57 \pm 0.07^{ab}$ | 5 | $60.00 \pm 0.00^{a}$ | $73.93 \pm 5.69^{bc}$ | $50.71 \pm 2.66^{e}$ |
| July | $0.66 \pm 0.06^{ab}$ | 6 | $60.67 \pm 1.23^{a}$ | $49.10 \pm 5.16^{c}$ | $56.50 \pm 0.90^{cd}$ |
| August | $0.92 \pm 0.17^{b}$ | 6 | $72.17 \pm 1.96^{bc}$ | $50.78 \pm 8.70^{c}$ | $63.07 \pm 0.97^{a}$ |
| September | $0.95 \pm 0.05^{b}$ | 6 | $87.73 \pm 1.19^{d}$ | $77.19 \pm 3.25^{bc}$ | $64.08 \pm 2.48^{a}$ |
| October | $0.61 \pm 0.07^{ab}$ | 6 | $87.33 \pm 3.18^{d}$ | $52.00 \pm 7.01^{c}$ | $62.58 \pm 0.87^{bc}$ |
| November | $0.62 \pm 0.04^{ab}$ | 8 | $90.20 \pm 0.86^{d}$ | $45.62 \pm 6.23^{c}$ | $61.34 \pm 2.80^{abc}$ |
| December | $0.96 \pm 0.22^{b}$ | 8 | $87.75 \pm 0.84^{d}$ | $52.74 \pm 5.54^{c}$ | $60.06 \pm 2.00^{abc}$ |

Means ± SE.

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

THI: temperature-humidity index.

由表 1 及表 2 的結果可知，季節性與環境因素 ( 如溫度、濕度及 THI ) 對精液性狀的影響極其顯著，其他研究結果亦說明，高溫高濕環境對動物的精液性狀產生顯著的負面影響，尤其是在熱帶和亞熱帶地區，THI 對家畜的繁殖性能影響尤為重要，當 THI 超過 72 時，動物會面臨熱緊迫，對精液質量和繁殖效率產生負面影響 (Ali *et al.*, 2023)；阿爾拜因山羊在秋冬季節精液品質較佳的現象，與 Leboeuf *et al.* (2004) 的研究結果指出，季節性日照時間的變化，尤其是短日照的影響，對山羊的繁殖能力有積極作用亦互相呼應，而該研究還強調了光照調節對公羊精液

品質的改善作用，與本研究中所得到，秋冬季精子活力與存活率較高的結果一致。熱緊迫對精子生成的負面影響在許多研究中都有討論，Serradilla *et al.* (2018) 指出，持續的高溫會抑制睪丸的正常功能，進而影響精子生成，導致精子濃度和質量下降。本研究中。秋冬季節精子存活率和活力的提升也得到相關文獻的支持 (Leboeuf *et al.*, 2004)。Houston *et al.* (2018) 的研究顯示，溫度降低可以減少精子氧化壓力，從而提高精子質量和活力，在高溫環境中，精子會受到更多氧化損傷，進一步影響其運動能力，而本研究中，秋冬季節的精子活力和存活率提升，與該研究的結果相互印證。

每個月數據與 THI 的相關性分析中 ( 表 3 )，精液量 (volume) 與 THI 的相關性為 -0.093，顯示兩者之間的負相關性很低；存活率 (viability) 與 THI 的相關性較高，為 -0.6，顯示出隨著 THI 上升，存活率有較強的負相關；精子濃度 (concentration) 與 THI 的相關性為 0.140，顯示為正相關；精子活力 (motility) 與 THI 的相關性為 -0.265，顯示 THI 上升與活動率有中度負相關。總結來看，THI 對精子存活率以及活動率有較明顯的負面影響，而對精液體積與精子濃度影響相對較小 ( 表 3 )。

表 3.　THI 與各項精液品質間的相關係數

Table 3.　Correlation coefficients between THI and various semen quality parameters

| Variable | THI Correlation | P-value |
|---|---|---|
| Month | 0.022 | > 0.05 |
| Volume | -0.092 | > 0.05 |
| Viability | -0.632 | < 0.001 |
| Concentration | 0.139 | > 0.05 |
| Motility | -0.265 | < 0.05 |

THI: temperature-humidity index.

本研究針對阿爾拜因公羊進行為期一年的全年度精液採集與分析，結果顯示精液品質隨季節與環境變化而呈現明顯差異。精液量在秋冬季節 ( 特別是 12 月 ) 達到高峰，而在春季 ( 4 月 ) 最低；精子活力與存活率在秋冬季表現最佳，於 6 月及 5 月分別降至全年最低。相對地，精子濃度則在春季 ( 3 月、5 月 ) 較高，其餘月份則相對偏低。進一步的相關性分析指出，溫濕度指數 (THI) 與精子存活率呈現中度負相關 ($r = -0.633$，$P < 0.0001$)，顯示高溫高濕環境對精子膜完整性及生存力具顯著抑制作用；THI 與精子活力相關性雖達統計顯著 ($r = -0.265$，$P = 0.026$)，但因數值低於 0.3，仍屬於不相關等級，顯示影響有限。至於精液量與精子濃度則與 THI 無顯著相關性，顯示其變動可能主要受光週期與內分泌因子影響。綜合而言，阿爾拜因公羊的精液品質受季節性變化與環境條件雙重影響，高溫高濕季節的熱緊迫對精子存活率尤其不利；相對地，秋冬短日照條件則有助於提升精液品質。此結果提示，於繁殖管理與人工授精應用中，應特別關注高 THI 季節之降溫與管理措施，以減緩熱緊迫對公羊繁殖性能之負面影響，進而提升繁殖效率與種用價值。

# 參考文獻

Aguiar, G. V., M. F. van Tilburg, A. G. V. Catunda, C. K. S. Celes, I. C. S. Lima, A. C. N. Campos, A. A. A. Moura, and A. A. Araújo. 2013. Sperm parameters and biochemical components of goat seminal plasma in the rainy and dry seasons in the Brazilian Northeast: the season's influence on the cooling of semen. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec 65: 6-12.

Ali, A. I. M., S. Sandi, A. Fariani, and A. Darussalam. 2023. Physiological changes and behavioral responses in heat-stressed goats under humid tropical environment. Int. J. Biometeorol. 67: 1757-1764.

Al-Anazi, Y., M. G. Ai-Mutary, M. Ai-Ghadi, M. M. Alfuraiji, A. R. Al-himaidi, and A. Ammari. 2017. Seasonal variations in scrotal circumference and semen characteristics of Naimi and Najdi rams in Saudi Arabia. S. Afr. J. Anim. Sci. 47(4): 454-459.

Belkadi, S., B. Safsaf, N. Heleili, M. Tlidjane, L. Belkacem, and Y. Oucheriah. 2017. Seasonal influence on sperm parameters, scrotal measurements, and serum testosterone in Ouled Djellal breed rams in Algeria. Vet. World 10(12): 1486-1492.

Brügemann, K., E. Gernand, Uta. K. von Borstel, and S. König. 2008. Defining and evaluating heat stress thresholds in

different dairy cow production systems. Arch. Tierz. 55(1): 13-24.

Bohmanova, J., I. Misztal, and J. B. Cole. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. J. Dairy Sci. 90: 1947-1956.

Carabaño, M. J., M Ramón, C Díaz, A. Molina, M. D. Pérez-Guzmán, and J. M. Serradilla. 2017. BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM: Breeding for resilience to heat stress effects in dairy ruminants. A comprehensive review. J Anim. Sci. 95(4): 1813-1826..

Danso, F., L. Iddrisu, S. E. Lungu, G. Zhou, and X. Ju. 2024. Effects of heat stress on goat production and mitigating strategies: A Review. Animals 14(12): 1793.

Houston, B. J., B. Nixon, J. H. Martin, G. N. De luliis, N. A. Trigg, E. G. Bromfield, K. E. McEwan, and R. J. Aitken. 2018. Heat exposure induces oxidative stress and DNA damage in the male germ line. Biol. Reprod. 98(4): 593-606.

Ibrahim, S. A. 1997. Seasonal variations in semen quality of local and crossbred rams raised in the United Arab Emirates. Anim. Reprod. Sci. 19: 161-167.

Leboeuf, B., V. Furstoss, P. Guillouet, and P. Boue. 2004. Production of semen for artificial insemination from Alpine and Saanen bucks under different photoperiodic cycles. S. Afr. J. Anim. Sci. 34 (Supplement 1): 230-232.

Maquivar, M. G., S. M. Smith, and J. R. Busboom. 2021. Reproductive management of rams and ram lambs during the pre-breeding season in US sheep farms. Animals 11, 2503.

Michel, S. and· L. Kervezee. 2023. One seasonal clock fits all?. J. Comp. Physiol. A. https://doi.org/10.1007/s00359-023-01680-4.

Pretorius, P. S. 1969. Seasonal changes in semen characteristics of merino rams. Agroallimalia 1: 53-60.

Roca, J., E. Martinez, M. A. Sanchez-Valverde, S. Ruiz, and J. M. Vazquez. 1992. Seasonal variations of semen quality in male goats: study of sperm abnormalities. Theriogenology 38: 115-125.

Serradilla, J. N., M. J. Carabano, M. Ramon, A. Molina, C. Diaz, and A. Menendez-Buxadera. 2018. Characterisation of Goats' Response to Heat Stress: Tools to Improve Heat Tolerance. Goat Science. pp. 329-347.

Sur, S., and A. Sharma. 2024. Understanding the role of temperature in seasonal timing: Effects on behavioural, physiological and molecular phenotypes. https://doi.org/10.1111/mec.17447.

Vinet, A., S. Mattalia, R. Vallee, C. Bertrand, B, C. D. Cuyabano, and D. Boichard. 2023. Estimation of genotype by temperature-humidity index interactions on milk production and udder health traits in Montbeliarde cows. Genet. Sel. Evol. 55(4): 1-17.

Zhang, H., Z. D. Shi, J. C. Yu, Y. P. Zhang, L. G. Wang, and Y. Qiu. 2015. Scrotal heat stress causes sperm chromatin damage and cysteinyl aspartate-specific proteinases 3 changes in fertile men. J. Assist. Reprod. Genet. 32(5): 747-755.

Zhu, Z., W. Li, H. Zhao, A. O. Adetunji, A. M. Kamel, and L. Mi. 2024. Effects of Varying Light Durations on Sperm Quality in Rams. Animals 14, 3592.

Taiwan Livestock Res. 58(4)：275-281, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0005

# Seasonal variation in semen quality of Alpine bucks throughout the year [1]

Ting-Chieh Kang [2] [5] Kai-Fei Tseng [2] Yu-Hsin Chen [3] Fung-Hsiang Chu [4]
Pei-Chun Tsai [4] Hisn-Hung Lin [2] and Ya-Chun Liu [2]

Received: Oct. 11, 2024; Accepted: Apr. 9, 2025

## Abstract

The primary objective of this study was to examine the seasonal changes in semen volume, sperm motility, viability, and concentration of Alpine bucks throughout the year in the annual semen collection process. Twelve 3-4-year-old Alpine bucks were used in the experiment, with semen collected twice a week and with at least two days of interval in between the collections throughout the year. The results show that semen volume was the highest in December (0.96 ± 0.22 mL) and the lowest in April (0.43 ± 0.06 mL). Sperm motility remained high from August to January and remained low from February to June, reaching its lowest point in June (50.71 ± 2.66%).Viability started increasing in August (72.17 ± 1.96%), and peaked in November (90.20 ± 0.86%) before gradually declining, which reached its lowest point in May (58.57 ± 1.07%). Sperm concentration was higher in March ($91.63 \times 10^6$ spermatozoa/mL) and May ($89.20 \times 10^6$ spermatozoa/mL), with relatively lower sperm concentrations in other months. Further analysis of the correlation between the temperature-humidity index (THI) and various semen characteristics revealed a negative correlation between THI and sperm viability, motility rate, sperm activity, and semen volume. THI was positively correlated only with sperm concentration (0.140). The semen characteristics observed in this annual collection suggested that high THI values had significantly negative impact on sperm motility. These results can provide a reference for other related studies and breeders in adopting appropriate measures during the hot and humid seasons.

Key words: Alpine bucks, Semen quality, Temperature-humidity index.

(1) Contribution No. 2819 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.
(3) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(4) Genetics and Physiology Division, MOA-TLRI, HsinHua Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(5) Corresponding author, E-mail: tckang@mail.tlri.gov.tw.

畜產研究 58(4)：282-290, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0006


# 牛糞產製固態廢棄物衍生燃料及燃燒評估 (1)

歐修汶 (2)　蕭庭訓 (2)　劉威志 (2)　蘇天明 (2)　鍾承訓 (2)(3)

收件日期：113 年 6 月 25 日；接受日期：114 年 4 月 15 日

## 摘　要

本研究於養牛場分別收集機械刮糞、水車式及斜篩式固液分離機處收集牛糞固形物，再以太陽能乾燥產製牛糞固態衍生燃料後，進行粒徑、熱值與燃燒排氣污染物 ( 粒狀污染物、二氧化硫及氮氧化物 ) 等性狀及成分分析。結果顯示牛床機械刮糞、水車式固液分離後與斜篩式固液分離後之牛糞固態衍生燃料粒徑大於 3.8 mm 以上者分別為 94.3、71.8 與 43.9%。其熱值則介於 3,974 － 4,195 kcal/kg 之間，具替代燃料利用之可行性。3 種來源之牛糞固態衍生燃料之 C (35.1 － 42.7%)、H (5.39 － 6.08%)、O (30.8 － 36%)、N (1.37 － 2.37%) 和 S (0.23 － 0.51%)。燃燒後其排氣管道中 $SO_2$、NOx 及粒狀污染物校正後濃度值範圍分別為 (204 － 283 mg/Nm$^3$)、(617 － 701 mg/Nm$^3$) 及 (1,564 － 3,873 mg/Nm$^3$)，僅 $SO_2$ 符合本國空氣污染物排放標準。故本研究建議，未來可藉由調整衍生燃料顆粒大小、添加輔助成分、改進爐體形狀、燃燒溫度和燃燒技術類型等方式，來改善與降低污染物濃度。

關鍵詞：牛糞、固態廢棄物衍生燃料、固液分離、熱值。

## 緒　言

牛糞尿廢水屬高濃度有機廢水，含纖維素、半纖維素、木質素，微生物難以分解 (Rico *et al.*, 2007)，且隨日糧及飼養階段 ( 乾乳牛、泌乳牛、小牛 ) 不同，其含量也隨之變化。Zhang *et al.* (2019) 提到牛糞的常見處理方法有直接施肥、堆肥化、厭氧消化、生化及熱化學處理。國內牛糞清除方式通常以清水直接沖洗、人工或機械刮除再沖洗，產生的廢水再以水車式及斜篩式固液分離機將固形物與液體分離，固形物堆肥化處理後回歸農地；分離液則以廢水處理系統處理後排放或資源化利用。固形物分離方式會影響固形物成分與粒徑，Hjorth *et al.* (2010) 指出，機械式固液分離設施廣泛被應用於亞洲，固液分離後之固形物粒徑大小或分離效果，則與選用固液分離機型式，如離心式、篩網式、螺旋擠壓式及篩網孔徑有關，顯示固形物分離方式會影響固形物成分與粒徑。Burton (2007) 利用擠壓、離心、過濾或過篩等機械式固液分離機，自廢水中取出固形物。

由於可用的石化原料逐年減少，且國際能源需求增加。近年來，國際能源價格明顯飆漲，致利用農業資材 ( 生物質，biomass ) 生產的綠色能源日益受到重視，將牛糞材料產製成固態衍生燃料，充當鍋爐、區域熱供應、熱電共生廠、發電廠燃料，應該可以創造溫室氣體減量效益。吳及葛 (2001) 為因應我國垃圾處理策略，建立本土化的固態廢棄物衍生燃料 (refuse derived fuel, RDF) 技術，於民國 90 年建造完成處理量 200 kg/hr 之 RDF-5 之先導型實驗工廠，並已完成都市廢棄物及一般事業廢棄物 ( 廢紙排渣 ) 固態衍生燃料製造相關技術研究與測試。將動物糞便轉化為能量主要有兩種方法，一種是生化轉化 (biochemical conversion)，另一種是熱化學轉化 (thermochemical conversion) (Yuan *et al.*, 2017)。與生化轉化相比，熱化學轉化具有更高的效率、更短的反應時間和更優越的降解動物糞便的能力。熱化學轉化可進一步細分為燃燒 (combustion)、氣化 (gasification) 和熱解 (pyrolysis) (Cao *et al.*, 2014)。牛糞固形物屬生質能 (biomass energy)，常被發展中國家當作家庭燃料使用。Bhargava *et al.* (2004) 研究印度偏遠地區孟加拉，居民利用牛糞餅充當家庭烹煮燃料。Tsai and Liu (2015) 研究指出水牛糞便、肉牛糞及乳牛糞之熱值分別為 19.6、19.3 及 18.5 MJ/kg，含水率 80% 以上。國內亦有將牛糞固形物，製成活性碳產品，且品質上與市售活性碳產品相當 ( 鄭等，2014 )。固態衍生燃料產製方式，為將廢棄物經破碎、分選、乾燥、混合添加劑及成型等處理過程。Rico *et. al.* (2007) 指出，牛糞固形物含纖維素且粒徑小，經乾燥後可直接進行粒狀或餅狀固態衍生燃料

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2820 號。
(2) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(3) 通訊作者，E-mail: cschung@tlri.gov.tw。

產製。用生牛糞 (raw cow dung) 製成之顆料燃料相較其他農業剩餘生物質 (agricultural residue biomass) 顆料燃料，更具廣泛可利用性、低成本與較高之燃料特性 (Szymajda *et al.*, 2021)。

本研究利用牛床機械刮糞 (mechanical scraper, MS)、水車式固液分離機 (waterwheel solid- separator, WSS) 與斜篩式固液分離機 (inclined screen separator, ISS) 等方式取得之牛糞固形物，產製固態衍生燃料，期能使牛糞固形物轉化為可用生質能源，同步監測燃燒過程所排放的空氣污染物，如二氧化硫、氮氧化物及粒狀污染物，以了解產製之固態衍生燃料燃燒對環境的影響。

# 材料與方法

I. 試驗設備

燃燒爐 1 組 ( 圖 1 )，其組成包括腳架、投料口、燃燒室、活動門、貯水層及排煙管道，總高度 405 cm，燃燒室內徑 50 cm 附有活動門，貯水層及排煙管道內徑與高分別為 70 與 152.5 cm 及 30 與 300.5 cm，距排煙管道頂端 65.5 cm 設直徑 10 cm 氣體採樣口。

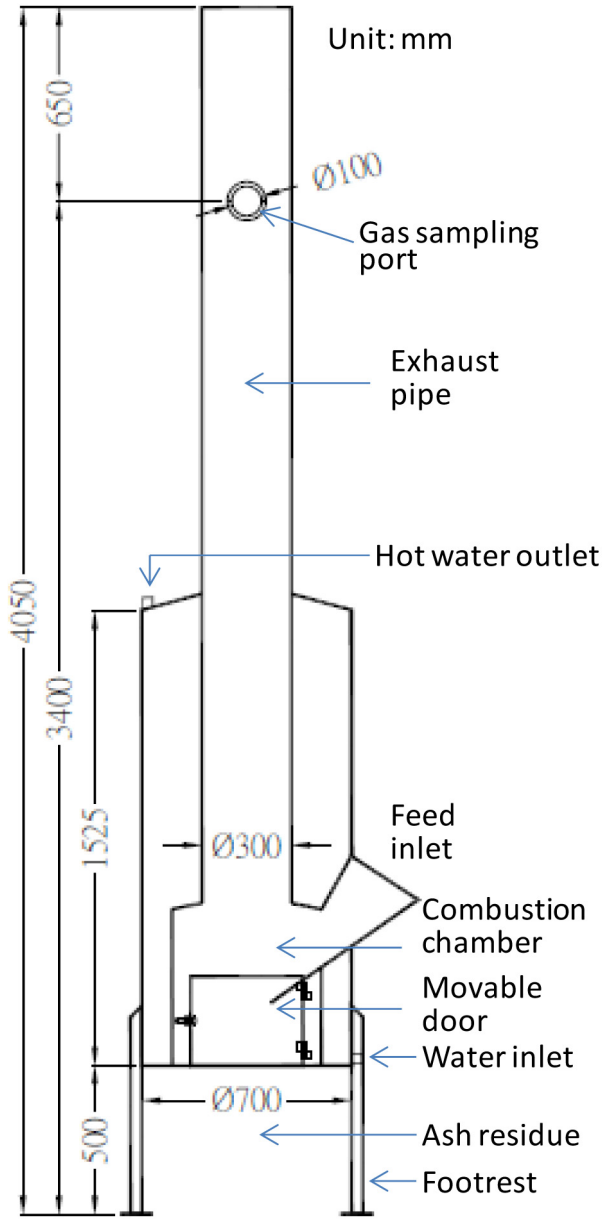



圖 1. 燃燒爐示意圖。

Fig. 1. A schematic diagram of combustion furnace.

II. 試驗材料

(i) 牛糞固形物來源：試驗材料分別取自乳牛場床面機械刮除之牛糞固形物 (mechanical scraper solid, MS's)、沖洗牛床之廢水經水車式固液分離機附設擠壓機之牛糞固形物 (waterwheel solid- separator solid, WSS's) 與經水車式固液分離液再以斜篩式固液分離機附設擠壓機之牛糞固形物 (inclined screen separator solid, ISS's) ( 圖 2 ) ( 斜篩式固液分離機之分離固體為經第二次分離之固體，已非原牛糞尿第一次分離之固體，因此造成粒徑較小及其他成分差異 ) 。分析組成分包括水分、灰分、有機質、總氮、銅及鋅等。


圖 2.　不同分離型態之牛糞固形物採樣點 ( a. 機械刮除、b. 水車式固液分離機、c. 斜篩式固液分離機 )。

Fig. 2. Sampling points of cow manure solids with different separation types. (a. Mechanical scraper, b. Waterwheel solid-liquid separator, c. Inclined screen separator).

(ii) 牛糞固態衍生燃料產製：將上述收集之 3 種牛糞固形物，分批平鋪於塑膠房內水泥地面，以太陽能乾燥後，再利用市售農業用塑膠網，網目分別為 3.8 mm 以下、3.8 － 10、10 － 13、13 － 20、20 － 24 及 24 mm 以上，過篩牛糞固態衍生燃料，其粒徑分布百分比如表 1 所示。ISS 之牛糞固態衍生燃料粒徑較小，粒徑低於 3.8 mm 以下者占 56.1%，在考慮進行燃燒試驗可能有其困難性，故利用造粒機 (DFAA-15, WONDERFUL Machine Industrial Co., Taiwan) 進行造粒，產製直徑為 6 mm，長為 16 － 19 mm 之牛糞固態衍生燃料。固態衍生燃料產製為將廢棄物經破碎、分選、乾燥、混合添加劑及成型等處理過程，但本試驗之 MS 及 WSS 分離後之牛糞固形物直接曬乾後已成塊狀，則可免去產製等處理過程。

III. 牛糞固形物、固態衍生燃料特性及燃燒氣體分析

(i) 水分 (moisture) 及凱氏氮 (Kjeldahl nitrogen, KN) 含量：依環境部公告之檢測方法 (NIEA R203.02C) 測定水分後；以 NIEA R410.21C 方法分析凱氏氮含量。

(ii) 有機質 (organic matter, OM) 含量估算：灰分含量測定後，依照 Nolan *et al.* (2011) 方法，有機質 (%) = ( 1 – 灰分含量 ) × 100 估算之。

(iii) 灰分 (ash)、銅 (Cu) 及鋅 (Zn) 含量分析：樣品經水分測定精秤後，放入灰化爐 (MF-40L, Channel, Taiwan)，在 550 － 650℃溫度下灰化約 6 小時。樣品灰化、冷卻、精秤，記錄灰分含量後，加入 3 N 的鹽酸 10 mL，以錶玻璃覆蓋置 350℃電熱板進行酸解。酸解後以 1 號濾紙過濾並定量，以原子吸收光譜儀 (Spectrophotometer Z8100, Hitachi, Japan) 測定銅及鋅含量。

(iv) 固態衍生燃料熱值 (calorific value) 分析：使用燃燒彈熱卡計法 (NIEA R214.01C) 以定容程序測試出 3 種固態衍生燃料之燃燒熱值。

(v) 固態衍生物燒產生的空氣污染物，以環境部公告方法進行採樣。粒狀污染物 (particulate pollutant) 以排放管

道中粒狀污染物採樣及其濃度之測定方法 (NIEA A101.77C)，二氧化硫 (sulfur oxides, SOX expressed as $SO_2$) 以排放管道中二氧化硫自動檢測方法－非分散性紅外光法、紫外光法、螢光法 (NIEA A413.76C)，氮氧化物 (nitrogen oxides, NOx expressed as $NO_2$) 採用排放管道中氮氧化物自動檢測方法－氣體分析儀法 (NIEA A411.75C)。

表 1. 不同分離型態之牛糞固態衍生燃料粒徑分布

Table 1. Particle size distribution of solid-derived fuel from cow dung with different separation types

| Mesh | Mechanical scraper | | Waterwheel solid-liquid separator | | Inclined screen separator | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Percentage | Cumulative percentage | Percentage | Cumulative percentage | Percentage | Cumulative percentage |
| (mm) | (%) | | | | | |
| Above 24 | 19.2 | 19.2 | 10.5 | 10.5 | 0.0 | 0.0 |
| 20 － 24 | 10.5 | 29.7 | 8.2 | 18.7 | 0.0 | 0.0 |
| 13 － 20 | 25.7 | 55.4 | 13.4 | 32.1 | 7.1 | 7.1 |
| 10 － 13 | 20.4 | 75.8 | 13.0 | 45.1 | 6.6 | 13.7 |
| 3.8 － 10 | 18.5 | 94.3 | 26.7 | 71.8 | 30.2 | 43.9 |
| Below 3.8 | 5.7 | 100.0 | 28.2 | 100.0 | 56.1 | 100.0 |

IV. 燃燒氣體排放量計算

依行政院環境保護署 (2013)「公私場所固定污染源空氣污染物排放量申報管理辦法」之計算公式，簡示如下：

(i) 粒狀污染物

排放量 (kg/h) = 實測濃度 (mg/$Nm^3$) × 乾基排氣量 ($Nm^3$/min) × 60 min/h × $10^{-6}$ (kg/mg) －公式 1

(ii) 二氧化硫及氮氧化物

排放量 (kg/h) = 實測濃度 (ppm) × 分子量 ÷ 22.4 × 乾基排氣量 ($Nm^3$/min) × 60 min/h × $10^{-6}$ (kg/mg) －公式 2

V. 統計分析

不同固液分離型態之固形物成分分析資料，利用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2012)，進行統計分析，以一般線性模式程序 (general Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，並以鄧肯氏新多次變域測定法 (Duncan's New Multiple Range Test) 比較不同分離型態之差異顯著性。

## 結果與討論

I. 牛糞固形物分離型態之固形物組成分

本研究分別於牛床機械刮糞 (MS)、水車式分離後再經擠壓後 (WSS) 與斜篩式分離再經擠壓 (ISS) 進行固形物採集 ( 圖 2 ) 並分析，括水分、灰分、有機質、總氮、銅及鋅等項目，結果如表 2 所示。其中水分、灰分、總氮及鋅等濃度以 MS's 顯著高於 WSS's 與 ISS's ($P < 0.05$)，MS's、WSS's 與 ISS's 之水分及灰分則分別為 86.5、83.8 與 83.2 及 16.2%、6.12 與 5.32%。MS's、WSS's 與 ISS's 之總氮、鋅平均值分別為 2.39 和 1.64 與 1.50%、86.8 和 53.5 與 44.3 ppm。牛糞固形物有機質以 MS's 顯著低於 WSS's 與 ISS's 之分析值 ($P < 0.05$)，平均值分別為 83.8 和 93.9 與 94.7%；銅含量平均值分別為 19.6 和 14.2 及 13.2 ppm，無顯著差異。本研究之 MS's、WSS's 與 ISS's 含水率為 83.2 至 86.5%，固形物含水率與行政院農業委員會畜產試驗所 (2010) 調查指出泌乳牛及乾乳牛糞便含水率分別為 85.3 及 83.6% 相近，銅及鋅濃度分別為 46 及 252 ppm。Shen *et al.* (2015) 研究牛糞中銅及鋅的濃度分別為 56.2 至 66.4 ppm 及 133 至 157 ppm，前述兩份研究結果，均高於本研究。探究可能原因為本試驗之牛糞固形物有經尿液 (MS) 或沖洗水稀釋 (WSS 及 ISS) 之故。

II. 固態衍生燃料特性分析

(i) 物性與熱值分析

將 MS's、WSS's 與 ISS's 之牛糞固態衍生燃料，進行水分、灰分、元素及熱值分析，並計算可燃物百分比，結果如表 3。MS's、WSS's 與 ISS's 之固態衍生燃料之水分、灰分及可燃物平均值分別為 14.2、17.1 及 68.7% 和 16.0、15.5 及 68.5 與 13.0、10.4 及 76.6%。ISS's 的可燃物平均含量較高於 MS's 和 WSS's。MS's、WSS's 與

ISS's 之熱值分別 4,042 (16.92)、3,974 (16.64) 及 4,195 (17.56) kcal (MJ) /kg。固態衍生燃料主要含有碳 (C)、氫 (H) 和氧 (O)，本研究分析 3 種來源之牛糞固態衍生燃料之 C (35.1 － 42.7%)、H (5.39 － 6.08%) 和 S (0.23 － 0.51%) 數值，相似其他各國文獻 (Wang *et al.*, 2020; Maj *et al.*, 2021; Szymajda *et al.*, 2021; Maj *et al.*, 2022; Gadhi *et al.*, 2024)。ISS's 的 C 含量亦高於 MS's 和 WSS's。碳含量的重要性在於其對生物質熱值的正面影響，對於燃燒而言，其透過放熱反應氧化成 $CO_2$，熱值和碳含量是重要的品質特性，當牛糞作為發電廠和熱電聯工廠的替代能源時 (Szymajda *et al.*, 2021)。參考不同回顧文獻之牛糞熱值，如 Font-Palma (2019) 指出，其不同品種與來源之牛糞的高熱值 (higher heating value, HHV) 從 8.7 － 18.7 MJ/kg；Maj *et al.* (2022) 亦彙整不同品種與來源之牛糞的高熱值範圍在 13.41 － 19.04 MJ/kg。Szymajda *et al.* (2021) 將牛糞製成顆粒狀燃料的低熱值 (lower heating value, LHV) 為 16.34 MJ/kg，與本試驗 3 組固態衍生燃料之熱值 (16.34 － 17.56 MJ/kg) 接近，而其報告整理之表格中，其他品種之牛糞之高熱值範圍 (11.95 － 17.61 MJ/kg) 與低熱值 (11.08 － 16.34 MJ/kg)。Huang *et al.* (2019) 之研究，稻稈及木屑之高熱值分別為 14.3 及 17.9 MJ/kg，而本研究 3 組固態衍生燃料之熱值 ( 約 4,000 kcal/kg ) 相當，顯示牛糞產製固態衍生燃料之熱值，具替代燃料利用之可行性。亦有研究以牛糞混合紡織污泥 (75：25, w：w%) 造粒後進行燃燒試驗，以提升廢棄物持續增值為能源來源之新技術 (Gadhi *et al.*, 2024)；而 Anwar *et al.* (2024) 則是在牛糞中添加不同比例之其他農業植物質 (agricultural phytomass)，例如：鋸木屑、甘蔗渣、麥桿、油菜殼和稻殼等，均具高總熱值 (gross calorific value, GCV)，將純牛糞 GCV (3,066 kcal/kg) 提升到 3,600 kcal/kg，混合燃料之揮發物成分 (volatile matter content) 也從 60 提升到 68%，灰分從 19 減少為 11%。

表 2.　不同分離型態之牛糞固形物組成

Table 2.　Composition of cow dung solids with different separation types

| Treatment | Moisture | Ash | OM* | KN# | Cu# | Zn# |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | % | % | % | ppm | ppm |
| Mechanical scraper | 86.5[a] | 16.2[a] | 83.8[b] | 2.39[a] | 19.6[a] | 86.8[a] |
| Waterwheel solid-liquid separator | 83.8[b] | 6.12[b] | 93.9[a] | 1.64[b] | 14.2[a] | 53.5[b] |
| Inclined screen separator | 83.2[b] | 5.32[b] | 94.7[a] | 1.50[b] | 13.2[a] | 44.3[b] |

KN: Kjeldahl nitrogen.

* Calculated by OM (organic matter) = (100% – ash) (Nolan *et al.*, 2011).

# Dry basis.

[a, b] Means in the same column with the different superscript differ significantly ($P < 0.05$).

(ii) 空氣污染物分析

本研究產製之牛糞固態衍生燃料，利用燃燒爐 ( 圖 1 ) 進行燃燒，分析其排氣管道中的二氧化硫 ($SO_2$) 、氮氧化物 ($NO_2$) 及粒狀污染物 (particulate pollutant) 排放濃度。MS's、WSS's 與 ISS's 等牛糞固態衍生燃料，其排氣管道中 $SO_2$、$NO_2$ 及粒狀污染物實測值，經 6% $O_2$ 校正濃度值，分別為 204、701 及 2,590 mg/Nm$^3$、283、639 及 1,564 mg/Nm$^3$ 與 230、617 及 3,873 mg/Nm$^3$ ( 表 4 )，其中 $SO_2$ 排放濃度與 Szymajda *et al.* (2021) 之研究接近 (244.38 mg/Nm$^3$)，在 $NO_2$ (255.92 mg/Nm$^3$) 則高出許多，可能原因為乳牛日糧中之粗蛋白質添加偏高，會造成糞便中含蛋白質 ( 氮源 ) 亦偏高，本試驗顯示 3 種固態衍生燃料之氮 (1.37 － 2.37%) 偏高 ( 表 3)，於燃燒時產生較高 NOx；而木質顆粒燃料 (woody pellets) 兩者均非常低。本研究之粒狀污染物、$SO_2$ 及 $NO_2$ 濃度校正值，除 $SO_2$ 符合環境部 (2023) 公告固定污染源空氣污染物排放標準 (300 ppm or 785 mg/Nm$^3$) 外，$NO_2$ 及粒狀污染物均高於 (500 ppm or 614 mg/Nm$^3$) 及 50 mg/Nm$^3$ 排放標準。本試驗結果顯示，直接燃燒牛糞固體衍生燃料，恐會污染環境，故需加裝空氣污染防治設備。Park *et al.* (2013) 及 Begum *et al.* (2009) 之研究指出牛糞燃燒及孟加拉生質燃料 ( 木頭、牛糞及農業廢棄物 ) 使用於廚房，燃燒過程會產生粒狀物、揮發性有機污染物 (VOCs) 及有機碳等。本試驗 3 種不同衍生燃料燃燒之 $SO_2$ 與 $NO_2$ 排放量分別介於 0.022 － 0.028 kg/h 及 0.097 － 0.12 kg/h，變化不大。粒狀污染物以 ISS's 0.44 kg/h 最高，WSS's 0.17 kg/h 最低。Dolzynska *et al.* (2020) 指出，$NO_2$ 排放量除了會隨著燃料中氮含量的增加而提高，空氣供應、爐體形狀、燃燒溫度和所使用的燃燒技術類型亦會影響 $NO_2$ 形成。可藉由調整衍生燃料顆粒大小、添加輔助成分、改善燃燒效率或改進燃燒方式來控制 $NO_2$ 形成。Qian *et al.* (2019) 提出雞糞墊料與天然氣混燒，增加家禽墊料含量混合比例至 4.51 可潛在地減少 $SO_2$ 和 $NO_2$ 的排放，家禽糞便和天然氣的共燃有可能成為將傳統燃料轉化為電能的更清潔的替代品，同時減少排放。以牛糞與木質生物質混合為製成燃料，將使整體燃料更具經濟性 (Roy *et al.*, 2010; Anwar *et al.*, 2024)。

表 3.　不同分離型態之牛糞固態衍生燃料之成分分析與熱值

Table 3.　Characteristics and calorific value of solid-derived fuels of cow manure with different separation types

| Treatment | Moisture | Ash# | Combustibles* | C# | H# | O# | N# | S# | Caloric value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | | | | | kcal/kg |
| Mechanical scraper | 14.2 | 17.1 | 68.7 | 39.3 | 5.5 | 31.9 | 2.2 | 0.5 | 4,042 |
| Waterwheel solid-liquid separator | 16.0 | 15.5 | 68.5 | 35.1 | 5.4 | 36.0 | 2.4 | 0.4 | 3,974 |
| Inclined screen separator | 13.0 | 10.4 | 76.6 | 42.7 | 6.1 | 30.8 | 1.4 | 0.2 | 4,195 |

# Dry basis.

* Calculated by combustibles = (100% – moisture – ash), include volatile matter and fixed carbon.

表 4.　牛糞固態衍生燃料燃燒之排氣成分

Table 4.　Exhausted gas components of cow dung solid-derived fuels after combustion

| Treatment | Exhaust volume# | $SO_2$ | | | $NO_2$ | | | Particulate pollutant | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Actual measured value | Corrected value | Pollutants emission | Actual measured value | Corrected value | Pollutants emission | Actual measured value | Corrected value | Pollutants emission |
| | ($Nm^3$/min) | ($mg/Nm^3$) | ($mg/Nm^3$) | (kg/h) | ($mg/Nm^3$) | ($mg/Nm^3$) | (kg/h) | ($mg/Nm^3$) | ($mg/Nm^3$) | (kg/h) |
| Mechanical scraper | 6.96 | 49.0 | 204 | 0.022 | 168 | 701 | 0.12 | 622 | 2,590 | 0.28 |
| Waterwheel solid-liquid separator | 6.13 | 69.9 | 283 | 0.028 | 158 | 639 | 0.097 | 428 | 1,564 | 0.17 |
| Inclined screen separator | 6.88 | 58.6 | 230 | 0.026 | 156 | 617 | 0.11 | 981 | 3,873 | 0.44 |

# Dry basis.

$SO_2$: Sulfur dioxide.

$NO_2$: Nitrogen dioxide.

# 結　　論

MS、WSS 分離後及 ISS 分離後之固形物產製之牛糞固態衍生燃料，粒徑大於 3.8 mm 以上者，分別為 94.3、71.8、43.9%，顯示 MS's 與 WSS's 產製之固態衍生燃料可逕行燃燒。而牛糞產製 3 種固態衍生燃料之熱值介於 3,974 至 4,195 kcal/kg，相當於廢稻桿之熱值，可達到一般生質燃料之熱值，具替代燃料利用之可行性。本研究產製之牛糞固態衍生燃料，經燃燒試驗分析排氣管道中的 $SO_2$、$NO_2$ 及粒狀污染物排放濃度，除 $SO_2$ 符合環境部公告固定污染源空氣污染物排放標準外，$NO_2$ 及粒狀污染物均高於排放標準。未來可藉由調整衍生燃料顆粒大小、添加輔助成分、改進爐體形狀、燃燒溫度和燃燒技術類型等降低污染物濃度。

# 參考文獻


行政院農業委員會畜產試驗所。2010。畜禽糞尿量及其成分。行政院農業委員會產試驗所專輯第 141 號。

行政院環境保護署。2013。公私場所固定污染源空氣污染物排放量計算方法規定。中華民國 112 年 3 月 29 日行政院環境保護署環署空字第 1020024943 號公告修正。

環境部國家環境研究院。2004。廢棄物熱值檢測方法－燃燒彈熱卡計法 (NIEA R214.01C)。中華民國 93 年 11 月 19 日環署檢字第 0930084869 號公告。

環境部國家環境研究院。2004。廢棄物中凱氏氮含量檢測方法 (NIEA R410.21C)。中華民國 93 年 12 月 22 日環署檢字第 0930094520 號公告。

環境部國家環境研究院。2009。事業廢棄物水分測定方法－間接測定法 (NIEA R203.02C)。中華民國 98 年 5 月 11 日環署檢字第 0980040837A 號公告。

環境部國家環境研究院。2016。排放管道中氮氧化物自動檢測方法－氣體分析儀法 (NIEA A411.75C)。中華民國 105 年 1 月 4 日環署檢字第 1040109638 號公告。

環境部國家環境研究院。2021。排放管道中粒狀污染物採樣及其濃度之測定方法 (NIEA A101.77C)。中華民國 110 年 12 月 3 日環署授檢字第 1101006430 號公告。

環境部國家環境研究院。2023。排放管道中二氧化硫自動檢測方法－非分散性紅外光法、紫外光法、螢光法 (NIEA A413.76C)。中華民國 112 年 12 月 18 日環部授研字第 1125105687 號。

環境部。2023。固定污染源空氣污染物排放標準。中華民國 112 年 6 月 14 日行政院環境保護署環署空字第 1121064054D 號令修正。

吳佩芬、葛家賢。2001。固態廢棄物衍生燃料技術簡介。財團法人臺灣產業服務基金會。

鄭閔謙、蘇天明、蕭庭訓、蕭宗法、劉主欣、程梅萍。2014。牛糞固形物產製活性碳之評估。畜產研究 47：205-212。

Anwar, M. T., N. Ullah, S. Khalid, N. Ahmad, and M. Shahzeb Khan. 2024. Fuel composites development using cow dung and agricultural biomass. Mater. Proc. 17(1): 23.

Begum, B. A., S. K. Paul, M. D. Hossain, S. K. Biswas, and P. K. Hopke. 2009. Indoor air pollution from particulate matter emissions in different households in rural areas of Bangladesh. Build. Environ. 44: 898-903.

Bhargava, A., R. N. Khanna, S. K. Bhargava, and S. Kumar. 2004. Exposure risk to carcinogenic PAHs in indoor-air during biomass combustion whilst cooking in rural India. Atmos. Environ. 38: 4761-4767.

Burton, C. H. 2007. The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. Livest. Sci. 112(3): 208-216.

Cao, H., Y. Xin, D. Wang, and Q. Yuan. 2014. Pyrolysis characteristics of cattle manures using a discrete distributed activation energy model. Bioresour. Technol. 172: 219-225.

Dolzynska, M., S. Obidzinski, J. Piekut, and G. Yildiz. 2020. The utilization of plum stones for pellet production and investigation of post-combustion flue gas emissions. Energies 13(19): 5107.

Font-Palma. C. 2019. Methods for the treatment of cattle manure - a review. J. Carbon Res. 5(2): 27.

Gadhi, T. A., R. B. Mahar, T. A. Qureshi, M. R. Bawani, D. A. Khokhar, M. A. Pinjaro, I. Ansari, and B. Bonelli. 2024. Valorization of textile sludge and cattle manure wastes into fuel pellets and the assessment of their combustion characteristics. ACS Omega 9(1): 456-463.

Hjorth, M., K. V. Christensen, M. L. Christensen, and S. G. Sommer. 2010. Solid liquid separation of animal slurry in theory

and practice. A review. Agron. Sustain. Dev. 30: 153-180.

Huang, H. J., Y. C. Chang, F. Y. Lai, C. F. Zhou, Z. Q. Pan, X. F. Xiao, J. X. Wang, and C. H. Zhou. 2019. Co-liquefaction of sewage sludge and rice straw/wood sawdust: The effect of process parameters on the yields/properties of bio-oil and biochar products. Energy 173: 140-150.

Maj, I. 2022. Significance and challenges of poultry litter and cattle manure as sustainable fuels: a review. Energies 15(23): 8981.

Maj, I., S. Kalisz, A. Szymajda, G. Łaska, and K. Gołombek. 2021. The influence of cow dung and mixed straw ashes on steel corrosion. Renew. Energy 177: 1198-1211.

Maj, I., S. Kalisz, and S. Ciukaj. 2022. Properties of animal-origin ash—a valuable material for circular economy. Energies 15(4): 1274.

Nolan, T., S. M. Troy, M. G. Healy, W. Kwapinski, J. J. Leahy, and P. G. Lawlor. 2011. Characterization of separated pig manure composted with a variety of bulking agents at low initial C/N ratios. Bioresour. Technol. 102: 7131-7138.

Park, D., M. L. Barabad, G. Lee, S. B. Kwon, Y. Cho, D. Lee, K. Cho, and K. Lee. 2013. Emission characteristics of particulate matter and volatile organic compounds in cow dung combustion. Environ. Sci. Technol. 47: 12952-12957.

Qian, X., S. Lee, R. Chandrasekaran, Y. Yang, M. Caballes, O. Alamu, and G. Chen. 2019. Electricity evaluation and emission characteristics of poultry litter co-combustion process. Appl. Sci. 9: 4116.

Rico, J. L., H. García, C. Rico, and I. Tejero. 2007. Characterisation of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. Bioresour. Technol. 98: 971-979.

Roy, P. C., A. Datta, and N. Chakraborty. 2010. Assessment of cow dung as a supplementary fuel in a downdraft biomass gasifier. Renew. Eng. 35(2): 379-386.

SAS. 2012. SAS/STAT User's Guide, Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Shen, X., G. Huang, Z. Yang, and L. Han. 2015. Compositional characteristics and energy potential of Chinese animal manure by type and as a whole. Appl. Energy 160: 108-119.

Szymajda, A., G. Łaska, and M. Joka. 2021. Assessment of cow dung pellets as a renewable solid fuel in direct combustion technologies. Energies 14(4): 1192.

Tsai, W. T. and S. C. Liu. 2015. Thermochemical characterization of cattle manure relevant to its energy conversion and environmental implications. Biomass Conv. Bioref. 6: 71-77.

Wang, J., M. Ma, Y. Bai, W. Su, X. Song, and G. Yu. 2020. Effect of CaO additive on co-pyrolysis behavior of bituminous coal and cow dung. Fuel 265: 116911.

Yuan, X., T. He, H. Cao, and Q. Yuan. 2017. Cattle manure pyrolysis process: Kinetic and thermodynamic analysis with isoconversional methods. Renew. Eng. 107: 489-496.

Zhang, J., J. Liu, F. Evrendilek, W. Xie, J. Kuo, X. Zhang, and M. Buyukada. 2019. Kinetics, thermodynamics, gas evolution and empirical optimization of cattle manure combustion in air and oxy-fuel atmospheres. Appl. Therm. Eng. 149: 119-131.

Taiwan Livestock Res. 58(4)：282-290, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0006


# Production and combustion evaluation of refuse-derived fuels from cow dung [1]

Hsiu-Wen Ou [2] Ting-Hsun Hsiao [2] Wei-Zhi Liu [2] Tein-Ming Su [2] and Cheng-Hsun Chung [2] [3]

Received: Jun. 25, 2024; Accepted: Apr. 15, 2025

## Abstract

In this study, the solids of cow dung (CD) were collected from the mechanical scraper (MS), waterwheel solid-liquid separator (WSS), and inclined screen separator (ISS) of a dairy farm, which produced into CD solid derived fuels using solar drying. The particle size, calorific value, and combustion pollutants (particulate pollutant, sulfur oxides, nitrogen oxides) from the fuels were analyzed for the traits and composition. The results showed that the percentages of particle size over 3.8 mm after the solid-liquid separation were 94.3, 71.8 and 43.9%, respectively, for MS, WSS and ISS of cow dung derived fuels. The calorific values of the fuels were between 3,974-4,195 kcal/kg, which were feasible for utilization as the alternative fuel. These 3 solid-derived fuels of CD included C (35.1-42.7%), H (5.39-6.08%), O (30.8-36%), N (1.37-2.37%), and S (0.23-0.51%). After combustion, the corrected concentration ranges of $SO_2$, $NO_2$, and particulate pollutants in the exhaust pipe were (204-283 mg/$Nm^3$), (617-701 mg/$Nm^3$), and (1,564-3,873 mg/$Nm^3$), respectively. Only $SO_2$ complied with the air pollutant emission standards of Taiwan. Therefore, this research suggests that in the future, means by adjusting the size of derived fuel particles, adding auxiliary ingredients, air supply, furnace geometry, combustion temperature, and type of combustion technology could be adopted to improve and reduce the air-pollutant concentration.

Key words: Cow dung, Refuse-derived fuels, Solid-liquid separation, Calorific value.

(1) Contribution No. 2820 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Livestock Management Division, MOA-LRI, Hsinhua, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(3) Corresponding author, E-mail: cschung@tlri.gov.tw.

畜產研究 58(4)：291-302, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0007

# 管理模式、品種及天候對育成期肉牛公牛血液生化值之影響 (1)

林郁芳 (2)(3)　許佳憲 (2)　康定傑 (2)　李光復 (2)

收件日期：113 年 6 月 14 日；接受日期：114 年 4 月 21 日

## 摘　要

本篇研究旨在管理模式、品種及天候對育成期肉牛公牛血液生化值產生之影響進行綜合探討。數據來源於 2008-2009 年間，針對 22 頭育成期公牛進行例行性健康檢查之血液檢測資料，品種為純種臺灣黃牛 (TY) 及其與普通牛之雜交種 (YX)。藉由主成分分析，可以發現本批血液生化值之變異來源非常多，因此第一和二主成分沒有辦法解釋的變異高達 57.2%，但能得知三個因子之中主要之變異來源為管理模式。透過將變異數分析結果比對超過標準範圍比例，結果顯示在天候造成的效應中，12 項有季節間顯著差異 ($P < 0.05$)。但隨溫溼度變化較明顯的為葡萄糖 (Glucose, Glu)、鈣 (Calcium, Ca)、乳酸脫氫酶 (Lactate Dehydrogenase, LDH)、鹼性磷酸酶 (Alkaline Phosphatase, ALP)；在品種效應中，顯著較高的 5 個血液生化指標證實雜交牛攝取較多營養且有較快的生長速度的特性；在球蛋白 (Globulin, Glo) 一項中，純種臺灣黃牛比其雜交種低於標準值較少應驗其相對有更好的免疫能力，可能為環境適應性較佳的原因；關於管理模式，分別在血液學及血清中有 2 項及 11 項參數有顯著差異。透過文獻探查及論證，幾乎所有顯著差異之結果均可歸因於放牧過程因草相變化無法全年度提供足夠的蛋白質和能量，而圈飼不僅有穩定芻料供應且補充精料，反映採食來源之差異對育成期公牛之影響大於品種的效應。而肉牛的生長及繁殖性能皆與血液生化值息息相關，從血液生化值推論調整日糧組成比引進普通牛 (*Bos taurus*) 血統之牛種對肉牛生理機能有更大的影響。

關鍵詞：臺灣黃牛、血液生化值、放牧、圈飼。

## 緒　言

肉牛的管理模式依據飼養環境有圈飼及放牧之分，兩種模式各有利弊，就初始資本及管理所需之人力成本及土地利用效率而言，圈飼較高 (Bazer *et al.*, 2019)；若加入動物福利及碳中和之考量，放牧會因為肉牛表現自然行為的機會提高 (Cooke *et al.*, 2023) 以及飼養過程產生之排泄物可被牧草利用而優於圈飼模式。然而，使用放牧模式經營的牛群營養來源為放牧地之植被，會顯著受到季節性波動影響 (Howden *et al.*, 2008)，無法全年度提供足夠的蛋白質和能量 (McIvor *et al.*, 2011)，導致達到上市體重的時間延長 (Dixon *et al.*, 2011)。臺灣黃牛為臺灣唯一本土肉牛品種，隨先民自中國大陸引入臺灣已四百餘年，牛種分類上屬於中國南方型黃牛，兼具瘤牛 (*Bos indicus*)、普通牛 (*Bos taurus*) 及斑騰牛 (*Bos banteng*) 之血緣 (Cai *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2007)。於臺灣高溫多濕的氣候下飼養，具備良好的環境適應性，不僅耐熱、耐壁蝨 ( 張，1997 )、也耐粗 ( 許等，2009 )。其耐熱性於細胞層級也可見，研究指出其耐熱調控主要位於卵細胞質 (Kesorn*et al.*, 2017)。然而相較於國際上常用之溫帶肉牛品種，其體型較小 (Yao and Peng, 2020)、增重也較慢，所以達上市體重時間較久。普通牛種因其不耐壁蝨及不耐熱，在熱帶地區之環境適應性較差 (Ibelli*et al.*, 2012; Ayres *et al.*, 2015)，若與臺灣黃牛進行雜交，可為臺灣肉牛產業提供一條有效的商業生產途徑。血液生化值是反應生理變化的一項偵測指標，可用來了解動物體內外變化之關聯性 (Yang *et al.*, 2022)，因此醫學上廣泛用於疾病之預防與治療期間之觀察 (Matei*et al.*, 2010; Qayyum *et al.*, 2016)，在許多動物實驗也被用於了解藥物、添加物 (Kim *et al.*, 2012; Xuan *et al.*, 2018) 或其他處理對動物生理的影響 (Mirzard*et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2021)。目前關於臺灣在地肉牛血液生化值之文獻極少，國際間也少有研究報告同時探討不同管理模式、品種、天候

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2821 號。
(2) 農業部畜產試驗所南區分所。
(3) 通訊作者，E-mail: f0979193091@tlri.gov.tw。

對肉牛血液生化值的影響。因此本篇研究旨在探討管理模式、品種、季節對育成期公牛血液生化值產生之影響，作為日後飼養管理參考之基礎數據、乃至於生產模式之擬定。

# 材料與方法

本篇研究數據採用 2008 － 2009 年間，於前行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所進行肉牛例行性健康檢查之血液檢測資料。

I. 試驗動物及飼糧處理

1 － 2 歲之育成公牛 22 頭，圈飼 14 頭：2 頭臺灣黃牛 (TY)，其餘為臺灣黃牛與普通牛之雜交牛 (YX)，放牧 8 頭：3 頭 TY，其餘為 YX。圈飼牛隻每頭牛空間約 5.3 平方公尺。每頭每日飼糧 ( 按體重與月齡分段調整餵食量 ) 約由 40% 精飼料 ( 粗蛋白含量約 14% )、28% 濕高粱酒粕、16% 盤固乾草及 16% 百慕達乾草組成。放牧牛隻放養於主要生長盤固草之牧地，間有銀合歡及其他灌木雜草，放牧地面積約每公頃 2 － 3 頭牛。放牧區全日自由採食，牛隻採食種類以盤固草為主。

II. 測定項目

牛群於 2008 年 7 月至 2009 年 5 月間，每月採血 1 次，圈飼與放牧牛隻需分別驅趕 2 及 1 公里路程至作業欄 ( 含繫留欄、油壓式固定夾及地磅室 )，該欄供水不供料，於休息約 30 分鐘後進行採血。採血結束後即放入冷藏 4℃ 空間儲存等待分析，血液學 (i) 之各項目利用全自動血液血球分析儀 (Medonic CA530) 進行分析；血清各項參數 (ii － v) 用全自動血液生化檢驗儀 (Auto Dry Chemistry Analyzer, SPOTCHEM SP-4410) 分析，檢測項目如下：

(i) 血液學

紅血球 (red blood cell, RBC)、平均血球容積 (mean corpuscular volume, MCV)、分布寬度 (red blood cell volume distribution width, RDW)、血球容積 (hematocrit, HCT)、血小板 (thrombocyte)、血小板容積 (mean platelet volume, MPV)、白血球 (white blood cell, WBC)、血紅素 (hemoglobin, Hb)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpus-cular hemoglobin, MCH)、平均紅血球血紅素濃度 (mean corpuscular hemoglobin concen-tration, MCHC)、淋巴球 (lymphocytes, LYM)、顆粒球 (granulocyte,)。

(ii) 血液中常見酵素及總膽紅素

丙酮酸轉氨酶 (Alanine aminotransferase, ALT)、鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、草酸轉氨酶 (Aspartate aminotransferase, AST)、乳酸脫氫酶 (lactate dehydro-genase, LDH)、總膽紅素 (total bilirubin, T-Bil)。

(iii) 醣類及脂質

血糖 (glucose, Glu)、總膽固醇 (total cholesterol, T-Cho)。

(iv) 含氮物質

尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、總蛋白 (total protein, T-Pro)、白蛋白 (albumin, Alb)、球蛋白 (globin, Glo)、白球比 (concentration of albumin / concentration of globin, A/G)、肌酸酐 (creatinine, Cre)、尿酸 (uric acid, UA)。

(v) 巨量礦物質

鈣 (calcium, Ca)、磷 (inorganic phosphorus, IP)、鎂 (Magnesium, Mg)。

III. 計算超出正常範圍的樣本數所占的比例

各檢測項目會計算在不同品種中或管理模式中超出或低於正常範圍的樣本數所占的比例，並以百分比表示，公式如下：

$$\text{該管理模式超出或低於正常範圍百分比} = \frac{\text{該管理模式超出或低於範圍的樣本數}}{\text{該管理模式總樣本數}}$$

$$\text{該管理模式超出或低於正常範圍百分比} = \frac{\text{該品種超出或低於範圍的樣本數}}{\text{該品種總樣本數}}$$

IV. 統計分析

試驗收集之各項資料，利用 R 統計軟體，進行主成分分析 (Principal components analysis, PCA) 以了解不同因子對整體血液生化值變異的貢獻程度，並進行變異數分析 (ANOVA)，比較季節、管理模式及品種在各測定項

目之差異是否具顯著性，當 $P < 0.05$ 表差異顯著，而 $P < 0.01$ 表差異極顯著。此外，透過比對國際血液生化標準範圍 (Hosh *et al.*, 1994;Cornell University College of Veterinary Medicine, 2017) 計算異常值佔總樣本數及其在不同處理組的比例。

# 結果與討論

I. 綜合效應

主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 結果顯示第一 (23.5%) 和第二 (19.2) 主成分之累積解釋方差為 42.8%，( 如圖 1 － 3 ) 顯示，管理模式可明顯被主成分 2 所區隔，品種的效應則不明顯，將涼季的血液生化值藉由主成分 1 和 2 之數學模型計算後的數值均會聚集於正負 ± 2 之間，熱季則均分散於 -5 － 6，可明顯看出季節對血液生化值造成一定量的變異，但兩個數學模型均無法將季節區隔於 0 的兩側。由此分析可知，本批血液生化值之變異來源非常多，因此第一和二主成分無法解釋的變異高達 57.2%，但是可以看出主要造成變異的因子為管理模式，因此會對於管理模式造成的效應做較為仔細的分析。

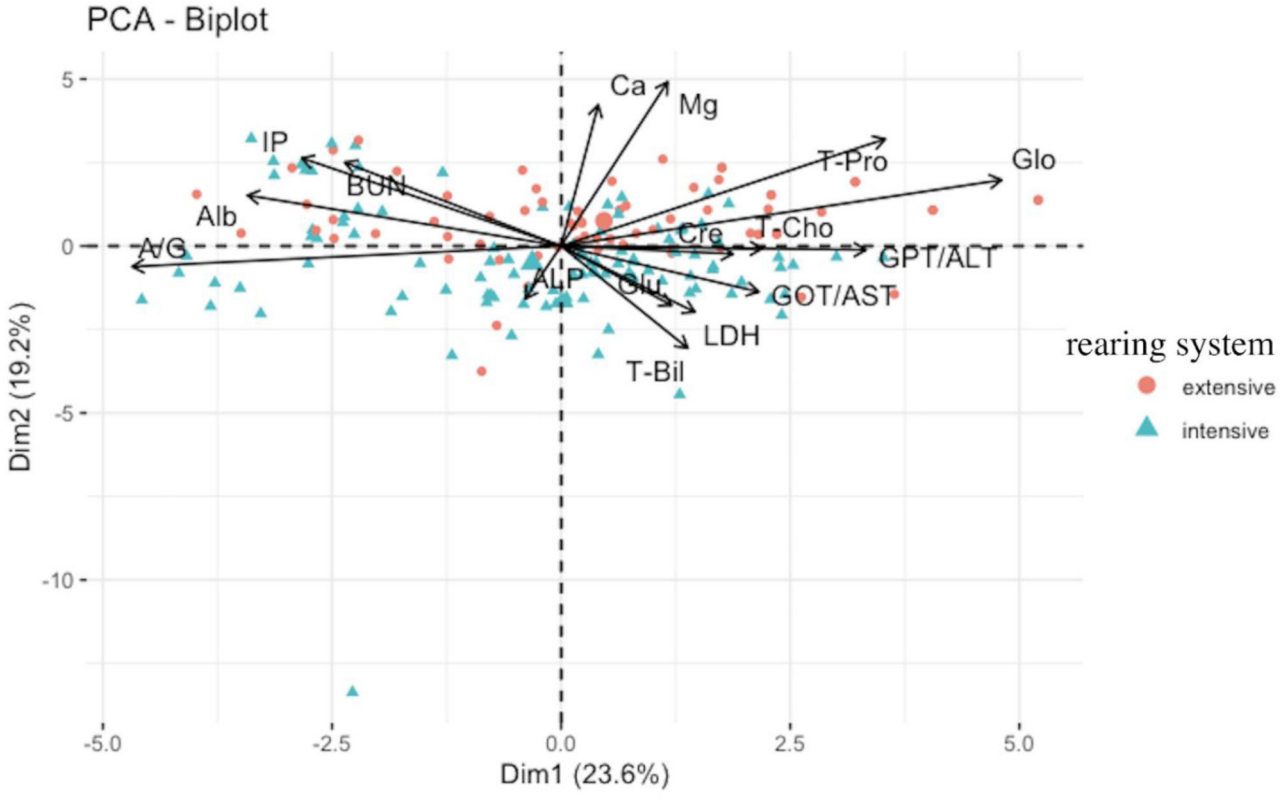



圖 1. 管理模式對血液生化值之影響之主成分分析圖。

Fig. 1. Principal component analysis (PCA) biplot of the targeted blood parameters of beef rearing system for the first two principal components.

若比對國際血液生化標準範圍 (Hosh *et al.*, 1994; Cornell University College of Veterinary Medicine, 2017) ( 如表 1 )，整體數值過高的項目有 Glu、ALP、Cre、IP、LDH、T-Bil，其中將前五項的數據與 Doornenbal 等 (1988) 的報告比對後，發現除了 LDH 還是高出甚多以外，其餘四項數值範圍與此文獻類似，牛的完全成熟期約在 2 歲後，因此推測 1 － 2 歲公牛的骨骼與肌肉仍在快速發育中，而血中與肌肉活動相關的酵素 ( 如 LDH、CK ) 基礎值通常高於成年牛 (Radostits *et al.* 2007. 2008; Kaneko *et al.*)。若再加上公牛打鬥或其他應激行為，則差異更容易顯著升高 (Smith 2015)。總膽紅素是肝功能指標之一，在本研究中管理模式及品種間均無顯著差異，但是總體超過正常值者有 38.05%。此測定機臺是利用 550 nm 吸光值來推算濃度，但這同時也是血紅素之吸光值，且此機臺膽紅素之測定值與標準值的相關係數 (0.90) 低於其餘之血液生化參數 (> 0.96)，說明準確度略遜一籌 (Hoshi *et al.*, 1994)。而根據前人研究，膽紅素升高會使膽固醇和 ALP 下降 (Lorenz *et al.*, 2001)，但以本研究之膽紅素測定數值進行分析，對此二者之相關係數分別為 0.10 和 0.14，因此排除實際膽紅素過高之情形，推測此數值過高之

原因是受血紅素影響。

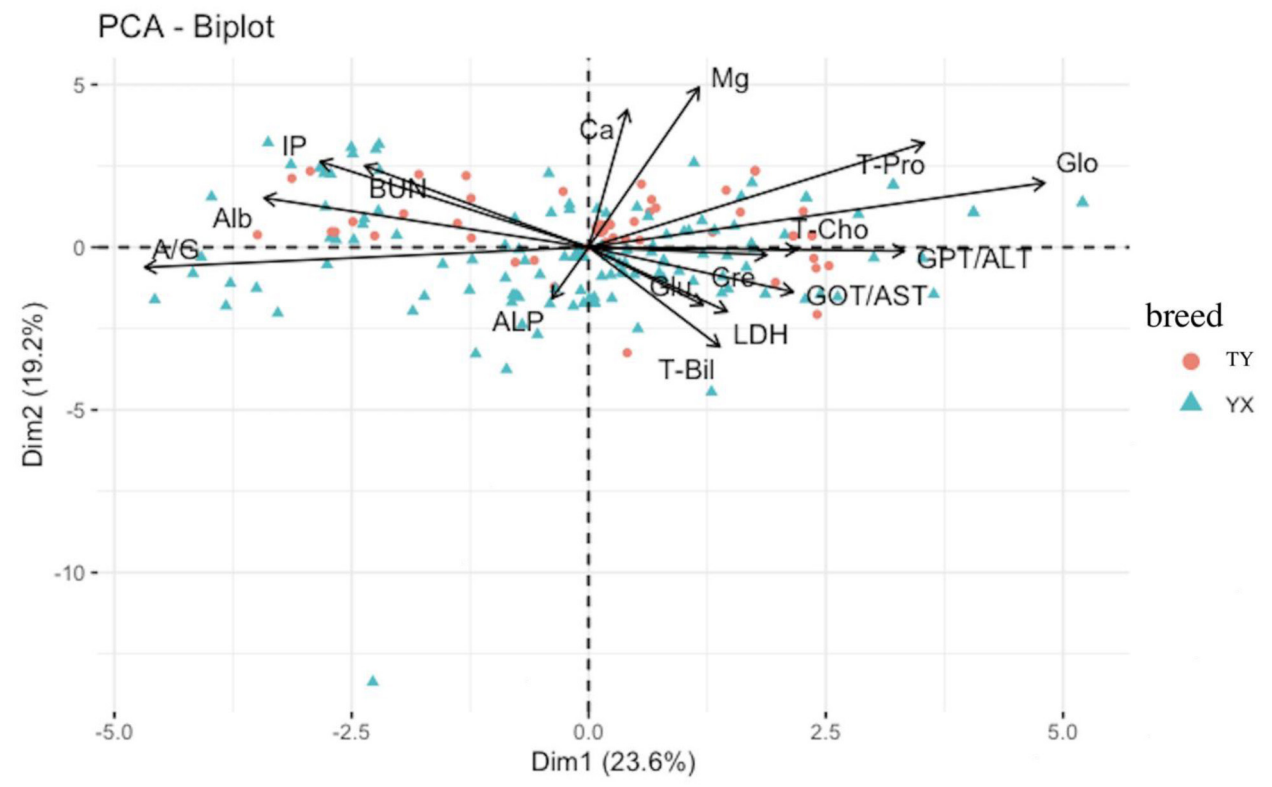



圖 2. 品種對血液生化值之影響之主成分分析圖。

Fig. 2. Principal component analysis (PCA) biplot of the targeted blood parameters of breed for the first two principal components.

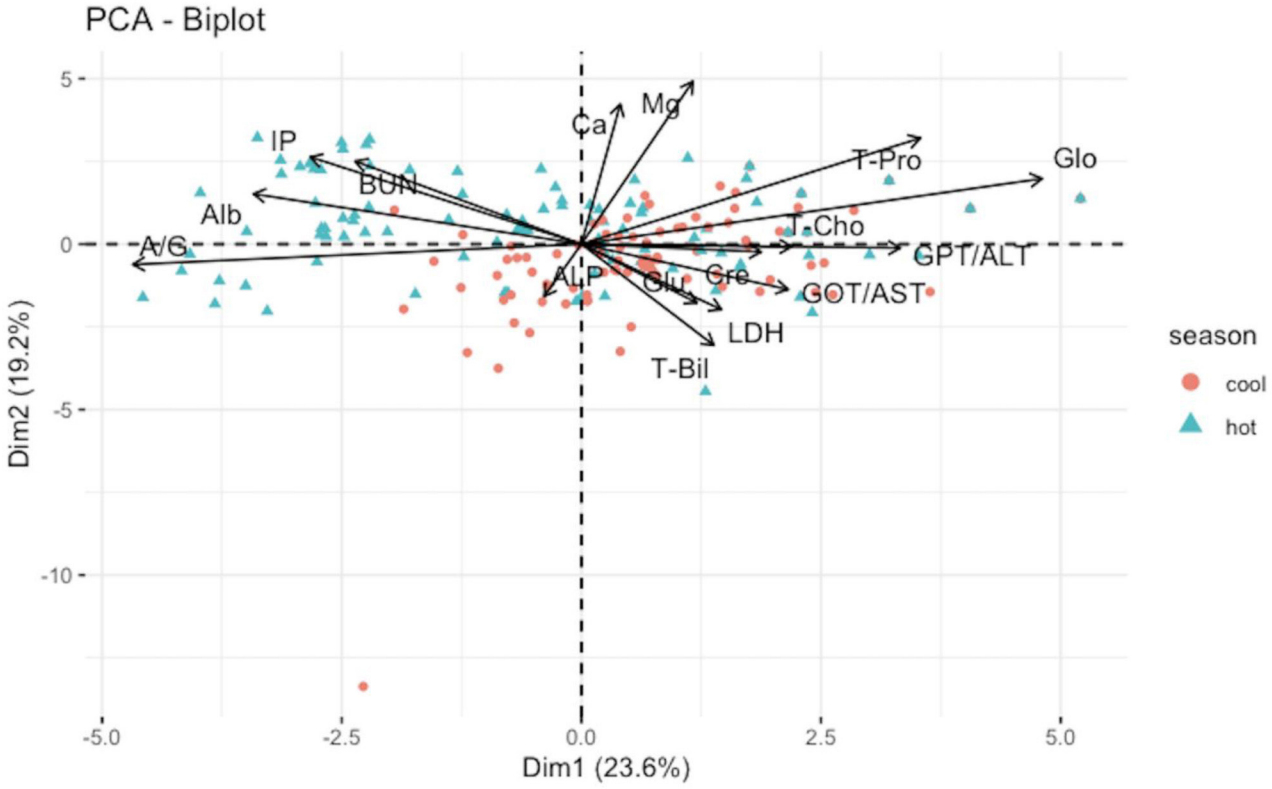



圖 3.　季節對血液生化值之影響之主成分分析圖。

Fig. 3. Principal component analysis (PCA) biplot of the targeted blood parameters of season for the first two principal components.

表 1. 超出正常範圍的樣本數及在不同管理模式中所占的比例

Table 1. The amount of value beyond the Standard range and the percentage of it in each system

| Serum component | Standard range[1] | Exceed, % | | | Below, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | total | Feedlot | Grazing | total | Feedlot | Grazing |
| AST, IU/L | 54 — 135 | 9 (4.00) | 7 (5.11) | 2 (2.28) | 20 (8.89) | 15 (8.76) | 8 (9.1) |
| ALT, IU/L | 16 — 59 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 27 (12.00) | 18 (12.41) | 10 (11.37) |
| ALP, IU/L | 45.6 — 121.4 | 183 (81.34) | 113 (82.49) | 70 (79.55) | 1 (0.45) | 1 (0.73) | 0 (0.00) |
| LDH, IU/L | 725 — 1,122 | 204 (90.67) | 116 (84.68) | 88 (100.00) | 1 (0.45) | 1 (0.73) | 0 (0.00) |
| T-Bil, mg/dl | 0.29 — 0.47 | 72 (33.97) | 38 (28.79) | 34 (42.50) | 35 (16.51) | 22 (17.43) | 12 (15.00) |
| Glu, mg/dl | 57 — 79 | 116 (54.72) | 84 (63.64) | 32 (40.00) | 13 (6.14) | 11 (2.28) | 11 (12.50) |
| T-Cho, mg/dl | 74.9 — 212.2 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 43 (19.12) | 21 (15.33) | 22 (25.00) |
| BUN, mg/dl | 7 — 19 | 32 (14.23) | 16 (11.68) | 16 (18.19) | 2 (0.89) | 2 (1.46) | 0 (0.00) |
| Cre, mg/dl | 0.4 — 0.9 | 203 (90.23) | 116 (84.68) | 87 (98.87) | 2 (0.89) | 1 (0.73) | 1 (1.14) |
| T-Pro, g/dl | 6.7 — 8.8 | 1 (0.45) | 1 (0.73) | 0 (0.00) | 19 (8.45) | 18 (13.14) | 1 (1.14) |
| Alb, g/dl | 3.3 — 4.3 | 5 (2.23) | 4 (2.92) | 1 (1.14) | 54 (24.00) | 20 (14.60) | 34 (38.64) |
| Glo, g/dl | 2.8 — 5.4 | 3 (1.34) | 0 (0.00) | 3 (4.55) | 14 (1.78) | 13 (27.01) | 1 (10.23) |
| A/G | 0.6 — 1.6 | 6 (2.67) | 6 (4.38) | 0 (0.00) | 5 (2.23) | 0 (0.00) | 5 (5.69) |
| Ca, mg/dl | 8.9 — 10.9 | 39 (17.34) | 16 (11.68) | 23 (26.14) | 7 (3.12) | 6 (3.65) | 2 (2.28) |
| IP, mg/dl | 4.1 — 7.3 | 96 (42.67) | 66 (48.18) | 30 (34.10) | 1 (0.45) | 0 (0.73) | 0 (0.00) |
| Mg, mg/dl | 1.6 — 2.5 | 17 (7.56) | 7 (5.11) | 10 (11.37) | 3 (1.34) | 2 (0.73) | 2 (2.28) |

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total cho-lesterol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Standard range[1]: the stand range of ALP and T-Bil are from Kitasato University, the others are from Cornell university (2017). Values outside parentheses indicate the number of animals exceeding (or below) the standard range; values in parentheses indicate the corresponding percentage within each group. For example, in the "Exceed – total" column, IP is shown as 96 (42.67), meaning that 96 animals exceeded the normal range of IP, accounting for 42.67% of the total. In the "Exceed – Feedlot" column, 66 (48.18) indi-cates that 61 YX animals exceeded the normal range, corresponding to 41.5% of the Feedlot group.

II. 季節及時間序列效應

血液學資料僅搜集 2008 年 7 — 10 月，故不做變異數分析 (ANOVA)。而在血清各項參數中，涼季 ( 11 — 4 月 ) 顯著較高者有 Glu、T-Cho、T-Bil、ALP、BUN、Glo 和 LDH，熱季 ( 5 — 10 月 ) 顯著較高者有 ALP、BUN、Alb、A/G、Ca、IP 及 Mg ( 如表 2 )。在時間序列效應的部分，隨著時間推移而產生的情況大約可分為 4 類：

(i) 隨時間推移而上升：T-Cho、T-Bil、T-pro、Glo

(ii) 隨時間推移而下降：Alb、A/G、IP

(iii) 不太變動：AST、ALT、ALP、Cre

(iv) 其它：Glu、Mg、BUN、Ca、LDH

III. 品種效應

在血液學之各檢測項目中均無顯著差異，顯示各種血球的數量及比例與品種無關。YX 顯著大於 TY 者有 AST、Cre、Alb、A/G 和 LDH；顯著較低者有 Glo 和 Ca，其餘無顯著差異，如表 3 所示。 AST 為肝功能指標之一，不過若是肝損傷或其他臟器損傷會使 ACT 一起升高 (Saber *et al.*, 2008; Ganguly *et al.*, 2015)，若是有天氣或疾病等緊迫，則會和 ACT 及 Glo 一起升高，因此 AST 單獨於正常範圍內偏高之情形無法代表其有上述損傷 (Berian, 2019)；LDH 是參與糖解反應的主要酵素 (Liao *et al.*, 2018)；Alb、A/G 同時提高代表攝取之蛋白質提高；Cre 是動物體內肌肉和磷酸鹽代謝的產物，濃度主要與骨骼肌含量、肌肉代謝活動有關 (Yang *et al.*, 2022)。值得注意的是 Ca 超出正常範圍的比例 ( 表 4 )，TY (28.9%) 是 YX (13.6%) 兩倍 ; 過低比例分別為 0 及 4%，然而兩者的 IP 含量無顯著差異，過高比例分別為 50% 及 41.5%，顯示品種會影響血中鈣磷的濃度。

表 2.　季節對季節血液生化值之影響

Table 2.　Effects of season on blood biochemical values

| Serum component | season | |
|---|---|---|
| | cool<br>n = 83 | hot<br>n = 91 |
| AST, IU/L | 79.25 ± 26.19 | 75.15 ± 23.87 |
| ALT, IU/L | 21.83 ± 6.66 | 21.29 ± 7.03 |
| ALP, IU/L | 203.35 ± 54.38[b] | 233.49 ± 101.08[a] |
| LDH, IU/L | 2,329.10 ± 521.03[a] | 2,151.85 ± 527.47[b] |
| T-Bil, mg/dl | 0.52 ± 0.23[a] | 0.35 ± 0.21[b] |
| Glu, mg/dl | 90.30 ± 21.75[a] | 82.39 ± 22.97[b] |
| T-Cho, mg/dl | 96.42 ± 20.6[a] | 82.58 ± 18.21[b] |
| BUN, mg/dl | 13.59 ± 2.93[b] | 18.08 ± 8.74[a] |
| Cre, mg/dl | 2.09 ± 0.54 | 1.97 ± 0.41 |
| T-Pro, g/dl | 7.43 ± 0.8 | 7.36 ± 0.59 |
| Alb, g/dl | 3.37 ± 0.39[b] | 3.64 ± 0.41[a] |
| Glo, g/dl | 4.06 ± 0.73[a] | 3.72 ± 0.85[b] |
| A/G | 0.86 ± 0.19[b] | 1.06 ± 0.37[a] |
| Ca, mg/dl | 10.22 ± 1.09[b] | 10.59 ± 0.58[a] |
| IP, mg/dl | 7.07 ± 1.01[b] | 7.86 ± 1.07[a] |
| Mg, mg/dl | 2.09 ± 0.37[b] | 2.52 ± 0.22[a] |

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total cho-lesterol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Mean ± SD.

[a, b] Means with the different superscriptin the same row differ significantly ($P < 0.05$).

IV. 管理模式效應

(i) 血液學

在血液學之各檢測項目中，放牧在 LYM 顯著較高，而圈飼在顆粒球顯著較高，其餘無顯著差異 ( 如表 3 )，進一步分析其超過標準範圍的值，發現半數以上牛隻的白血球過高，而圈飼及放牧比例分別為 66 及 62%，在 LYM 超標比例圈飼及放牧分別為 59 及 75%；在顆粒球超標比例圈飼及放牧分別為 14 及 3%，顯示 2 種管理模式均有許多牛出現發炎反應，但僅從這些資料無法判斷發炎原因。

(ii) 血液中常見酵素及總膽紅素

血液中常見酵素一般用於檢測肝功能。其中，丙酮酸轉氨酶和草酸轉氨酶為蛋白質合成所需酵素，因此在生長效率較快的牛 (He *et al.*, 2018) 或是有肝損傷或肌肉損傷而需修復者較高，LDH 參與糖解反應，用以提供能量，因此心肌及骨骼肌損傷或是提高飼糧精粗比均會導致其提高 (Kaneko *et al.*, 2008)。鹼性磷酸酶在成熟個體主要存於肝臟；而成長牛則位於骨組織，含量高者代表快速生長 (Doornenbal*et al.*, 1988)。因此根據上述資訊，本研究中圈飼牛在 AST 及 ALP 均顯著較高且超出範圍比例也較多是因為有穩定供應芻料及精料而生長較快，其肝臟也因需處理較多養分代謝而負擔較大。圈飼牛之 LDH 顯著較高，且呈極顯著 ($P < 0.001$)，但超過康乃爾大學所表列之標準範圍比例 ( 高標為 1122IU/L )，圈飼牛稍少 ( 圈飼 84%；放牧 100% )。為究其因逐步提高上限值，發現以超過 2,500 計算，圈飼 (40.15%) 遠大於放牧 (6.82%)，顯然圈飼牛極端高出標準值者遠高於放牧牛，此情形與品種效應相同；若提高至 2,500 IU/L，則 YX 和 TY 之超出比例分別為 34 及 7.7%，與標準為 1,122 IU/L 時所得結果 (88 *vs.* 94%) 相反。此外，根據 Doornenbal 等 (1988) 的數據顯示週歲牛之 LDH 值為 1,369.1 ± 144.5 IU/L，本批數據超過 1,369 IU/L 者佔總體比例為 89.78%，在大量採食的情況下雖然快速生長卻有程度不一的肝損傷，而 TY 和放牧牛群較少前述情形。

表 3. 管理模式及品種對血液生化值之影響

Table 3. Effects of beef management system and breed on blood biochemical value

| Serum component | Beef management system | | Breed | |
|---|---|---|---|---|
| | Feedlot n = 104 | Grazing n = 70 | TY n = 45 | YX n = 123 |
| AST, IU/L | 82.40 ± 28.61[a] | 69.87 ± 16.58[b] | 69.91 ± 22.13[b] | 79.84 ± 25.61[a] |
| ALT, IU/L | 20.79 ± 5.88 | 22.64 ± 7.91 | 20.6 ± 5.78 | 21.91 ± 7.17 |
| ALP, IU/L | 232.1 ± 85.19[a] | 199.7 ± 75.37[b] | 225.84 ± 82.6 | 215.95 ± 82.75 |
| LDH, IU/L | 2,422.62 ± 604.57[a] | 1,982.93 ± 228.50[b] | 2,027.22 ± 421.05[b] | 2,317.05 ± 546.10[a] |
| T-Bil, mg/dl | 0.43 ± 0.28 | 0.45 ± 0.16 | 0.44 ± 0.15 | 0.44 ± 0.26 |
| Glu, mg/dl | 93.33 ± 23.09[a] | 76.46 ± 18.03[b] | 82.42 ± 26.40 | 87.72 ± 21.07 |
| T-Cho, mg/dl | 91.48 ± 20.76 | 86.53 ± 20.11 | 89.36 ± 17.94 | 89.44 ± 21.53 |
| BUN, mg/dl | 15.31 ± 7.21 | 16.64 ± 6.44 | 16.2 ± 6.45 | 15.74 ± 7.09 |
| Cre, mg/dl | 2.09 ± 0.53 | 1.95 ± 0.40 | 1.79 ± 0.33[b] | 2.12 ± 0.50[a] |
| T-Pro, g/dl | 7.20 ± 0.73[b] | 7.67 ± 0.55[a] | 7.56 ± 0.46 | 7.33 ± 0.76 |
| Alb, g/dl | 3.58 ± 0.45[a] | 3.41 ± 0.35[b] | 3.4 ± 0.36[b] | 3.55 ± 0.43[a] |
| Glo, g/dl | 3.62 ± 0.74[b] | 4.26 ± 0.75[a] | 4.16 ± 0.65[a] | 3.79 ± 0.84[b] |
| A/G | 1.05 ± 0.32[a] | 0.84 ± 0.25[b] | 0.86 ± 0.24[b] | 1 ± 0.33[a] |
| Ca, mg/dl | 10.22 ± 0.97[b] | 10.71 ± 0.63[a] | 10.71 ± 0.5[a] | 10.3 ± 0.97[b] |
| IP, mg/dl | 7.65 ± 1.09[a] | 7.22 ± 1.10[b] | 7.67 ± 1.11 | 7.39 ± 1.10 |
| Mg, mg/dl | 2.13 ± 0.38[b] | 2.31 ± 0.37[a] | 2.24 ± 0.29 | 2.2 ± 0.42 |

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total cho-lesterol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Mean ± SD.

[a, b] Means with the different superscript in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

(iii) 醣類及脂質

在反芻動物的瘤胃中，微生物發酵所產生之乙酸及丙酸均為能量來源，前者合成三酸甘油脂及其他脂質，後者合成葡萄糖，攝入高量澱粉可使微生物產生大量丙酸進而提高葡萄糖產量，而後進入血液形成血糖 (Kaneko *et al.*, 2008)。此外，草飼會使牛肉中非膽固醇合成來源的硬脂酸 (C18:0) 比例較高，而導致膽固醇升高的肉荳蔻酸 (C14:0) 和棕櫚酸 (C16:0) 的比例較低 (Daley *et al.*, 2010)。

本研究中，圈飼牛血糖顯著較高而超標比例也較多，其差異極顯著 ($P < 0.001$)；而總膽固醇雖差異不顯著，低於標準值的比例較放牧少 ( 圈飼：15.33%；放牧：25% )，顯示圈飼提高澱粉攝取量而加強之前述效應確實反應在數據上。

(iv) 含氮物質

疾病及其導致之發炎反應會提高 BUN (Hammond, 1997)、T-Pro (Zaitsev *et al.*, 2020)、Glo，降低 A/G (Kaneko *et al.*, 2008)，不過健康範圍內較高的 Glo 意味著具有更好的肝功能、穩定的免疫力 (Garcia-Martinez *et al.*, 2013)，低氮飼糧及降低精料占比會提高 BUN (Mirzard*et al.*, 2018)、和 T-Pro (Zaitsev *et al.*, 2020) 但降低 Alb (Xuan *et al.*, 2018)，因反芻動物主要通過 BUN 循環增加氮沉積以滿足所需，且 Kim *et al.* (2012) 提及 Alb 為肌肉的合成材料，供應肌肉快速生長，血清中之 Alb 也會隨之提升，但是過高或過低都代表有發炎反應 (Smuts *et al.*, 2019)。如表 3 所示，圈飼牛在 Alb、A/G 比顯著較高，而放牧牛之 T-Pro、Glo 顯著較高。至於圈飼及放牧超出或低於正常範圍的比例 ( 如表 1 )，整體而言，BUN 超標者高於 10% 且放牧牛超標者較多，其他項目超標者均不超過 3%，但是放牧牛之白蛋白低於標準比例達 (38.6%) 遠高於圈飼牛 (14.6%)；推測原因為放牧區域缺乏豆科等粗蛋白含量較高的飼糧，導致其蛋白質攝取不足，因此提高體內蛋白質分解作用所以 BUN 超標者較高。另外，在球蛋白方面，放牧與圈飼低於標準的比例分別為 1 及 27%，在 27% 的異常值中過半數為 2008 年 8 月的所採樣本，這幾筆數據在其他檢測項目沒有找到其他共通性，所以原因

無法判斷。

表 4.　超出正常範圍的樣本數及在不同品種中所占的比例

Table 4.　The amount of value beyond the Standard range and the percentage of it in each breed

| Serum component | Standard range[1] | Exceed, % | | | Below, % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | total | YX | TY | total | YX | TY |
| AST, IU/L | 54 — 135 | 9 (4.00) | 7 (4.77) | 1 (1.93) | 20 (9.14) | 14 (9.53) | 5 (9.62) |
| ALT, IU/L | 16 — 59 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 27 (12.33) | 18 (12.25) | 8 (15.39) |
| ALP, IU/L | 45.6 — 121.4 | 183 (81.34) | 120 (81.64) | 47 (90.39) | 1 (0.46) | 1 (0.69) | 0 (0.00) |
| LDH, IU/L | 725 — 1,122 | 202 (89.78) | 129 (87.76) | 48 (92.31) | 1 (0.46) | 1 (0.00) | 0 (0.00) |
| T-Bil, mg/dl | 0.29 — 0.47 | 72 (33.97) | 44 (31.66) | 17 (35.42) | 35 (17.00) | 25 (17.99) | 6 (12.50) |
| Glu, mg/dl | 57 — 79 | 116 (54.72) | 79 (56.84) | 19 (39.59) | 13 (6.32) | 5 (3.60) | 8 (14.59) |
| T-Cho, mg/dl | 74.9 — 212.2 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 43 (19.64) | 31 (21.09) | 9 (17.31) |
| BUN, mg/dl | 7 — 19 | 32 (14.23) | 21 (14.29) | 10 (19.24) | 2 (0.92) | 1 (0.69) | 0 (0.00) |
| Cre, mg/dl | 0.4 — 0.9 | 203 (90.23) | 130 (88.44) | 48 (92.31) | 2 (0.92) | 1 (0.69) | 1 (1.93) |
| T-Pro, g/dl | 6.7 — 8.8 | 1 (0.45) | 0 (0.00) | 1 (1.93) | 19 (8.68) | 16 (10.89) | 0 (0.00) |
| Alb, g/dl | 3.3 — 4.3 | 5 (2.23) | 5 (3.41) | 0 (0.00) | 54 (24.66) | 27 (18.37) | 18 (34.62) |
| Glo, g/dl | 2.8 — 5.4 | 3 (1.34) | 3 (2.05) | 0 (1.93) | 12 (5.48) | 9 (6.13) | 1 (1.93) |
| A/G | 0.6 — 1.6 | 6 (2.67) | 6 (4.09) | 0 (0.00) | 5 (2.29) | 5 (3.41) | 0 (0.00) |
| Ca, mg/dl | 8.9 — 10.9 | 39 (17.34) | 20 (13.61) | 15 (28.85) | 7 (3.20) | 6 (4.09) | 0 (0.00) |
| IP, mg/dl | 4.1 — 7.3 | 96 (42.67) | 61 (41.5) | 26 (50.00) | 1 (0.46) | 1 (0.69) | 0 (0.00) |
| Mg, mg/dl | 1.6 — 2.5 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 16 (7.31) | 9 (7.49) | 4 (7.70) |

AST = glutamate oxaloacetate transaminase; ALT = glutamate pyruvate transaminase; ALP = alkaline phosphatase; LDH = lactate dehydrogenase; T-Bil = total bilirubin; Glu = glucose; T-Cho = total choles-terol; BUN = blood urea nitrogen; Cre = creatinine; T-Pro = total protein; Alb = albumin; Glo = globulin; A/G = albumin/globulin ratio; Ca = calcium; IP = inorganic phosphorus; Mg = magnesium.

Standard range[1]: the stand range of ALP and T-Bil are from Kitasato University, the others are from Cornell university (2017). Values outside parentheses indicate the number of animals exceeding (or below) the standard range; values in parentheses indicate the corresponding percentage within each group. For example, in the "Exceed – total" column, IP is shown as 96 (42.67), meaning that 96 animals exceeded the normal range of IP, accounting for 42.67% of the total. In the "Exceed – YX" column, 61 (41.5) indicates that 61 YX animals exceeded the normal range, corresponding to 41.5% of the YX group.

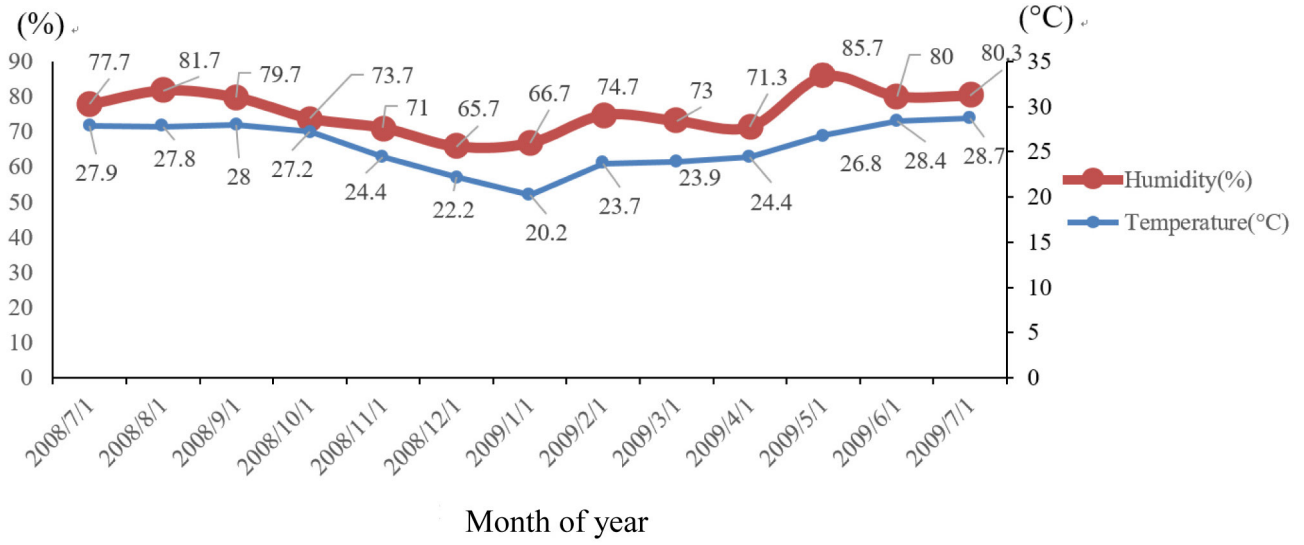



圖 4.　採樣期間溫濕度變化折線圖。

Fig. 4.　Line chart of temperature and humidity changes during sampling period.

表 5. 管理模式及品種對血液學之影響

Table 5. Effects of beef management system and breed on hematology values

| | Beef management system | | Breed | |
|---|---|---|---|---|
| | Feedlot n = 56 | Grazing n = 32 | TY n = 20 | YX n = 60 |
| RBC, $10^6$/ul | 7.28 ± 1.41 | 7.31 ± 1.28 | 7.51 ± 1.37 | 7.09 ± 1.39 |
| MCV, fl | 41.61 ± 2.87 | 42.04 ± 3.27 | 40.65 ± 2.06 | 42.28 ± 3.28 |
| RDW, % | 16.67 ± 5.76 | 16.24 ± 5.52 | 15.01 ± 5.20 | 16.64 ± 5.89 |
| HCT, % | 30.29 ± 6.24 | 30.56 ± 4.97 | 30.58 ± 5.99 | 107.56 ± 603.35 |
| PLT, $10^3$/ul | 312.50 ± 96.11 | 314.00 ± 98.22 | 1,227.63 ± 2,221.33 | 1,141.05 ± 1,897.35 |
| MPV, fl | 9.94 ± 5.55 | 9.56 ± 5.56 | 10.32 ± 5.88 | 9.92 ± 5.83 |
| WBC, $10^3$/ul | 15.38 ± 2.42 | 15.19 ± 2.31 | 16.09 ± 2.23 | 15.03 ± 2.39 |
| HGB, g/dl | 11.97 ± 1.3 | 11.79 ± 1.25 | 12.23 ± 1.18 | 11.73 ± 1.34 |
| MCH, pg | 17.02 ± 3.21 | 16.58 ± 2.88 | 16.77 ± 3.19 | 17.09 ± 3.21 |
| MCHC, g/dl | 41.08 ± 8.38 | 39.55 ± 6.96 | 41.35 ± 8.00 | 40.62 ± 8.36 |
| LYM, $10^3$/ul | 7.95 ± 1.79[b] | 8.53 ± 1.29[a] | 8.1 ± 1.31 | 7.9 ± 1.24 |
| Granulocyte, $10^3$/ul | 5.26 ± 1.82[a] | 4.49 ± 1.36[b] | 5.69 ± 1.71 | 4.96 ± 1.61 |
| LYM, % | 52.06 ± 8.81 | 54.73 ± 11.35 | 49.23 ± 10.40 | 52.58 ± 8.19 |
| Seg, % | 34.06 ± 8.93[a] | 29.34 ± 5.78[b] | 35.23 ± 7.56 | 32.79 ± 7.63 |

RBC = red blood cell; MCV = mean corpuscular volume; RDW = red blood cell distribution width; HCT = hematocrit; PLT = platelet; MPV = mean platelet volume; WBC = white blood cell; HGB = hemoglobin; MCH = mean corpuscular hemoglobin; MCHC = mean corpuscular hemoglobin concen-tration; LYM = lymphocyte; Granulocyte = granulocyte; Seg = segmented neutrophil.

Mean ± SD.

[a, b] Means with the different superscript in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

肌酸酐是動物體內肌肉和磷酸鹽代謝的產物，濃度主要受骨骼肌含量、運動能力和腎功能的影響 (Yang *et al.*, 2022)。一般而言，數值高代表運動能力和肌肉代謝能力強，不過在本研究之分析結果顯示，管理模式並未對此產生顯著差異。

(v) 巨量礦物質

穀物的磷含量很高，但芻料則反之，而磷和鈣拮抗 (De Boer *et al.*, 1981)，鎂則和鈣、磷、鉀拮抗 (Stewart *et al.*, 2017)，因此解釋了圈飼牛的磷顯著高於放牧牛，而鈣則反之的結果。而本研究中放牧牛血液中的鎂含量較高，可能是因為放牧區快速生長且鉀含量高的幼嫩青草比例較少，所以未出現放牧牛的低鎂情形，但是圈飼牛可能因為攝取的磷過高而抑制鎂的吸收。

## 結　論

透過主成分分析可知三個因子之中，主要造成變異的因子為管理模式。關於三種因子造成的效應，透過將 ANOVA 分析結果比對超過標準範圍比例，結果顯示在天候造成的效應中，涼季顯著較高者有 Glu、T-Cho、T-Bil、ALP、BUN、Glo 和 LDH ($P < 0.05$)，熱季顯著較高者有 ALP、BUN、Alb、A/G、Ca、IP 及 Mg ($P < 0.05$)。但隨溫溼度變化較明顯的為 Glu、Ca、LDH、ALP；在品種效應中，YX 的五個血液生化指標 (AST、Cre、Alb、A/G 和 LDH ($P < 0.05$) 顯著較高；TY 之 Glo 低於標準值的情形少於 YX，也應證 Y 相對有更好的免疫能力，可能為較佳環境適應性的原因；最後，管理模式對血清中多項參數均有顯著差異，其原因多半來自圈飼牛有攝取精料，而放牧牛則否，代表對本批試驗公牛而言，營養因素對這些基本血液檢測項目的影響較 50% 普通牛種血緣廣泛。

## 參考文獻

張傳貴。中國黃牛。1997。生物學通報 32(1)：18-19。

許榮成、蕭宗法和李春芳。荷蘭牛、臺灣水牛及臺灣黃牛之瘤胃纖維分解能力比較。2009。中國畜牧學會會誌 38(1)：53-62。

Ayres, D. R., R. J. Pereira, A. A. Boligon, F. Baldi, V. M. Roso, and L. G. Albuquerque. 2015. Ge-netic parameters and investigation of genotype × environment interactions in Nellore × Hereford crossbred for resistance to cattle ticks in different regions of Brazil. J. Appl. Genet. 56: 107-113.

Bazer, F. W., G. C. Lamb, and G. Wu (eds.). 2019. Animal agriculture: Sustainability, challenges and innovations. Academic Press, College Station, TX, USA.

Berian, S. 2019. Effect of heat stress on physiological and hemato-biochemical profile of crossbred dairy cattle. 9: 95-101.

Cai, X., H. Chen, C.-Z. Lei, S. Wang, Z.-Q. Zhang, K. Xue, and X.-Z. Wang. 2006. Phylogenetic Re-lationship of Ten cattle breeds in China based on DNA sequences of Cytochrome b gene. Chin. J. Biochem. Mol. Biol. 22(2): 168-171.

Cooke, A. S., S. Mullan, C. Morten, J. Hockenhull, P. Le-Grice, K. L. Cocq, M. R. F. Lee, L. M. Car-denas, and M. J. Rivero. 2023. Comparison of the welfare of beef cattle in housed and grazing systems: hormones, health and behaviour. J. Agric. Sci. 1-14.

Cornell University College of Veterinary Medicine. 2017. Chemistry (Cobas). Available online: https: //www.vet.cornell.edu/animal-health-diagnostic-center/laboratories/clinical-pathology/reference-intervals/chemistry.

Daley, C. A., A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader, and S. Larson. 2010. A review of fatty acid pro-files and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutr. J. 9: 10.

De Boer, G., J. G. Buchanan-Smith, G. K. Macleod, and J. S. Walton. 1981. Responses of dairy cows fed alfalfa silage supplemented with phosphorus, copper, zinc, and manganese. J. Dairy Sci. 64: 2370-2377.

Dixon, R. M., C. Playford, and D. Coates. 2011. Nutrition of beef breeder cows in the dry tropics. 2. Effects of time of weaning and diet quality on breeder performance. Anim. Prod. Sci. 51: 529-540.

Doornenbal, H., A. K. Tong, and N. L. Murray. 1988. Reference values of blood parameters in beef cattle of different ages and stages of lactation. Can. J. Vet. Res. 52: 99-105.

Garcia-Martinez, R., P. Caraceni, M. Bernardi, P. Gines, V. Arroyo, and R. Jalan. 2013. Albumin: pathophysiologic basis of its role in the treatment of cirrhosis and its complications. Hepatol. Bal-tim. Md. 58: 1836-1846.

Ganguly, A., V. Bhanot, R. S. Bisla, I. Ganguly, H. Singh, and S. S. Chaudhri. 2015. Hematobio-chemical alterations and direct blood polymerase chain reaction detection of *Theileria annulata* in naturally infected crossbred cows. Vet. World. 8: 24-28.

Hammond, A. C. 1997. Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle. Proceedings of the 8th Florida Ruminant Nutrition Symposium. pp. 43-52. Florida, USA.

He, L., H. Wu, Q. Meng, and Z. Zhou. 2018. Growth performance, carcass traits, blood parameters, rumen enzymes, and fattening earnings of cattle fed corn silage/corn stalk silage based finishing diets. Czech J. Anim. Sci. 63: 483-491.

Hoshi, F., M. Satho, S. Koyama, K. Nakadaka, M. Chiba, N. Ikeda, R. Hakamada, S. Higuchi, and S. Kawamura. 1994. Application to cows and horses of Spotchem, a dry-chemistry blood analyzer for use in veterinary clinics. Zentralbl. Veterinarmed. A. 41: 22-30.

Howden, S. M., S. J. Crimp, C. J. Stokes, S. M. Howden, S. J. Crimp, and C. J. Stokes. 2008. Climate change and Australian livestock systems: impacts, research and policy issues. Aust. J. Exp. Agric. 48: 780-788.

Ibelli, A. M. G., A. R. B. Ribeiro, R. Giglioti, L. C. A. Regitano, M. M. Alencar, A. C. S. Chagas, A. L. Paço, H. N. Oliveira, J. M. S. Duarte, and M. C. S. Oliveira. 2012. Resistance of cattle of var-ious genetic groups to the tick *Rhipicephalus microplus* and the relationship with coat traits. Vet. Parasitol. 186: 425-430.

Kaneko, J. J., J. W. Harvey, and M. L. Bruss. 2008. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Aca-demic Press.

Kesorn, P., J. W. Lee, H. Y. Wu, J. C. Ju, S. Y. Peng, S. S. Liu, H. H. Wu, and P. C. Shen. 2017. Cellular thermotolerance is inheritable from Holstein cattle cloned with ooplasts of Taiwan native yellow cattle. Theriogenology 88: 244-253.

Kim, D. H., K. H. Kim, I. S. Nam, W. Y. Kim, J. M. Yeo, S. S. Lee, J. C. Ju, and Y. K. Oh. 2012. Comparison of blood metabolites and enzyme activities at different slaughter ages of Hanwoo cattle. J. Anim. Sci. Technol. 54: 443-448.

Li, G. F., J. S. Wu and Y. K. Cheng. 2007. Study of the origin of Taiwan Yellow cattle and blood protein polymorphism. Taiwan Livestock Res. 40: 77-85.

Liao, Y., R. Hu, Z. Wang, Q. Peng, X. Dong, X. Zhang, H. Zou, Q. Pu, B. Xue, and L. Wang. 2018. Metabolomics profiling of serum and urine in three beef cattle breeds revealed different levels of tolerance to heat stress. J. Agric. Food Chem.

66(26): 6926-6935.

Lorenz, I., M. Aigner, and W. Klee. 2001. Investigations on the usefulness of the dry chemistry blood anaylsis system SPOTCHEM SP-4410in laboratory diagnosis of cattle. Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr. 114: 51-56.

Matei, S. T., I. Groza, S. Andrei and L. Bogdan. 2010. Serum Metabolic Parameters in Healthy and Subclinical Mastitis Cows. Vet Med. 67: 110-114.

McIvor, J. G., C. Guppy, and M. E. Probert. 2011. Phosphorus requirements of tropical grazing sys-tems: the northern Australian experience. Plant Soil. 349: 55-67.

Mirzard, A. N., T. Tada, H. Ano, I. Kobayashi, T.yauchi, and H. Katamoto. 2018. Seasonal changes in serum oxidative stress biomarkers in dairy and beef cows in a daytime grazing system. J. Vet. Med. Sci. 80: 20-27.

Qayyum, A., J. A. Khan, R. Hussain, M. Avais, N. Ahmad, and M. S. Khan. 2016. Investigation of milk and blood serum biochemical profile as an indicator of sub-clinical mastitis in Cholistani cat-tle. Pak Vet J. 36(3): 275-279

Radostits, O. M., C. C. Gay, K. W. Hinchcliff, and P. D. Constable. 2007. Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats, 10th ed. Saunders, Philadel-phia, PA, USA, pp. 412-414.

Saber, P., M. Khorrami, and M. Nouri. 2008. Evaluation of Haematochemical Parameters in Crossbred Cattle Naturally Infected with *Theileriaannulata* in Iran. Int. J. Dairy Sci. 3: 205-209.

Smith, B. P. 2015. Large Animal Internal Medicine, 5th ed. Mosby Elsevier, St. Louis, MO, USA, pp. 25-28.

Smuts, M. P., S. de Bruyn, P. N. Thompson, and D. E. Holm. 2019. Serum albumin concentration of donor cows as an indicator of developmental competence of oocytes. Theriogenology 125: 184-192.

Stewart, L. 2017. Mineral Supplements for Beef Cattle. https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B895&title=mineral-supplements-for-beef-cattle.

Xuan, N. H., H. T. Loc, and N. T. Ngu. 2018. Blood biochemical profiles of Brahman crossbred cattle supplemented with different protein and energy sources. Vet. World 11: 1021-1024.

Yang, Y., S. Yang, J. Tang, G. Ren, J. Shen, B. Huang, C. Lei, H. Chen, and K. Qu. 2022. Compari-sons of hematological and biochemical profiles in Brahman and Yunling cattle. Animals 12: 1813.

Yao, J., and D. Peng. 2020. Protection and Utilization of Yellow Cattle Breed Resources in China. Asian Agric. Res. 12. Available from: https: //ideas.repec.org//a/ags/asagre/309991.html.

Zaitsev, S. Y., N. V. Bogolyubova, X. Zhang, and B. Brenig. 2020. Biochemical parameters, dynamic tensiometry and circulating nucleic acids for cattle blood analysis: a review. PeerJ 8: e8997.

Zhang, X., H. Wang, and X. Guo. 2021. Effects of total mixed ration with various silage on growth performance, serum parameters, ruminal fermentation, and bacteria community profile in beef cattle. Food Sci. Nutr. 9: 5959-5970.

# Effects of Rearing System, Breed, and Weather on the Blood Biochemical Parameters in Stocker Cattle (1)

Yu-Fang Lin (2) (3) Jia-Shian Shiu (2) Ting-Chieh Kang (2) and Guang-Fuh Li (2)

Received: Jun. 14, 2024; Accepted: Apr. 21, 2024

## Abstract

This study analyzed the effects of rearing system, breed, and weather conditions on the blood biochemical values of 22 stocker cattle—purebred Taiwanese yellow cattle (TY) and crossbreeds with *Bos taurus* lineage (YX). Data were obtained from routine health assessments conducted between 2008 and 2009. Principal component analysis indicated that substantial variation (57.2%) was unex-plained by the first two components, implying multiple sources of variability. Nevertheless, rearing system was identified as the primary variable from the three factors affecting blood biochemical val-ues. Analysis of variance revealed significant ($p < 0.05$) seasonal differences in the 12 blood biochem-ical parameters, with glucose (Glu), calcium (Ca), lactate dehydrogenase (LDH), and alkaline phos-phatase levels (ALP) being sensitive to temperature and humidity. Crossbred cattle had significantly higher levels of five blood biochemical parameters, highlighting traits typical of temperate breeds with more nutrients from intake and faster growth speed. Additionally, the lower frequency of substandard globulin (Glo) values in TY explained their enhanced immune capacity, and likely the reason for better environmental adaptation.Significant differences between rearing systems were found in 13 blood pa-rameters of hematology (2 parameters) and serum (11 parameters), attributable to inadequate nutrient availability in grazing systems and stable supplies of forage and concentrate feeds in housing systems throughout the year, according to literature review and arguments, reflecting the difference of sources of intake had more effect on the stocker cattle than the breed. In summary, the growth and breeding performance of cattle are closely related to the blood biochemical parameters. Moreover, adjustments in feed composition could influence the physiological functions of beef cattle more significantly than the introduction of temperate breeds (*Bos Taurus*).

Key words: Taiwanese yellow cattle, Blood biochemical parameters, Grazing housing, Rearing system.

(1) Contribution No. 2821 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Southern Region Branch, MOA-TLRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.
(3) Corresponding author, E-mail: f0979193091@tlri.gov.tw.

畜產研究 58(4)：303-317, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0008

# 以網路問卷調查消費者對臺灣動物福利之認知、認證標章重要性與相關乳品願付價格 (1)

洪兮雯 (2)　李佳蓉 (3)(4)

收件日期：112 年 9 月 14 日；接受日期：114 年 4 月 22 日

## 摘　要

經濟動物與民生所需相關，其動物福利議題也應該受到重視，而消費者的支持是改善經濟動物福利不可或缺的一環。本研究採網路問卷的形式調查臺灣消費者的基本資料、對動物福利及相關政策之瞭解、動物福利認證標章之重要性、動物福利會造成之影響、動物福利友善乳品之願付價格、購買因素與動物福利認證標章之偏好等資訊，用以探討消費者對於動物福利之認知、認證標章重要性與相關產品願付價格之差異。本研究統計 2020 年 220 份有效問卷，顯示大部分消費者自覺對政府的政策方面認知較不足，但認同保護經濟動物很重要，亦認為動物福利標章很重要，乳品需要有動物福利標章等。調查顯示，受訪者年齡以 30 歲以下與 31 － 40 歲居多，分別占整體的 57.73% 及 20.45%。有 65.81% 的消費者願意多支付 5 － 15% 的金額購買動物福利友善乳品，而有 21.82% 的消費者願意支付高於一般鮮乳 20% 以上的價格。本調查將受訪者區分為「積極型消費者」、「潛力型消費者」及「保守型消費者」，積極型消費者對於動物福利友善乳品有最高的願付價格，對動物福祉及相關政策之瞭解程度最高，認同動物福利認證標章的重要性，採購時重視食品安全及認證標章，此類型的消費者可作為行銷動物福利友善乳品的首要目標。另外，潛力型消費者擁有次高的願付價格，均有大專院校或以上的教育程度，且多數居住於北部地區，可作為行銷的次要目標。

關鍵詞：集群分析、友善飼養、畜產品。

## 緒　言

動物福利最基本的觀念，是希望動物享有免於飢餓與口渴的自由 (Freedom from hunger and thirst)、免於不適的自由 (Freedom from discomfort)、免於疼痛 / 受傷 / 疾病的自由 (Freedom from pain, injury or disease)、表現正常行為的自由 (Freedom to express normal behavior)、免於恐懼 / 困苦的自由 (Freedom from fear and distress) 的五大自由 (Farm Animal Welfare Council, 1992)。我國對於動物福利聲浪較大或者民眾較關心的議題為伴侶動物，然而經濟動物與民生所需相關，其動物福利議題也應該受到重視。經濟動物的動物福利與其飼養管理息息相關，為了改善經濟動物的福利，各國已紛紛制定相關法律，美國 1966 年通過動物福利法，歐盟於 2012 年起禁止將雞隻飼養於巴達利籠 (Battery cage) 中，我國也於 2014、2017 和 2021 年分別訂定「雞蛋友善生產系統定義及指南」、「豬隻友善飼養系統定義及指南」及「牛乳友善生產系統定義及指南」，提供業者作為友善飼養的參考指引。

消費者倘若有動物福利的概念，將有助於推動動物福利之改善。同時，消費者可以採取消費行動支持動物福利友善產品 (Animal welfare-friendly product)，表達對動物福利之支持與關注，藉此導引生產者往友善飼養的方向前進 (de Graaf *et al.*, 2016)。消費者大多認為政策是一種提升經濟動物福利的良好工具 (Heinola *et al.*, 2023)，而標章可以加強市場區隔、產品定位及透明度，提供更多資訊供消費者分辨是否為其所需產品。而產品若有相關認證標章，消費者認為產品品質會提升 ( 陳，2006; Kehlbacher *et al.*, 2012 )，並對其信任程度及購買意願均有影響 ( 郭，2017 )。然而友善飼養的飼養密度通常較傳統飼養低，其飼養畜舍內會裝設友善設施，如棲架、玩具等，讓動物可以表現其自然行為或避免無聊。這些提升動物福利的措施，無形中會提高生產成本，造成產品售價較高。國外的研究指出，

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2822 號。
(2) 農業部畜產試驗所動物營養組。
(3) 農業部畜產試驗所畜產經營組。
(4) 通訊作者，E-mail: shisah1218@mail.tlri.gov.tw。

消費者對於動物福利程度較高的產品具有較好的願付價格 (Willingness-to-pay, WTP) (Li *et al.*, 2016; Mulder and Zomer, 2017; Yang and Hong, 2019)。因此，瞭解消費者對於動物福利友善產品的 WTP 是推動經濟動物福利不可或缺的一環。

牛奶營養價值高，為優良動物性蛋白質來源之一。根據農業部 ( 前行政院農業委員會 ) 2021 年糧食供需年報顯示，2019 年至 2021 年國人平均每人每年食用 28.15 － 29.34 公斤的乳品。我國乳牛至 2021 年底的在養頭數約為 14 萬隻，牛乳產量約為 44.9 萬公噸，其產值為全國畜牧產品產值的第 4 名，僅次於豬肉、雞肉及雞蛋 ( 行政院農業委員會，2021b )，於畜牧產業占有一席之地。由友善生產指南公布的時間可知，我國在牛隻友善飼養的推動較豬隻及雞隻晚，目前有動物福利認證標章的鮮乳品牌為數不多，仍具有發展潛力，而國內亦缺乏對於動物福利友善乳品的相關研究。因此，本研究目的在於以乳品為例，探討臺灣消費者對於動物福利之認知、認證標章與願付價格之間的差異，並運用集群分析探討消費者特徵，期望可作為業者行銷策略規劃及政策推廣之參考。

# 材料與方法

I. 問卷發放對象及方法

本研究母群體為臺灣地區曾購買過乳品的消費者，問卷採用便利抽樣方式 ( 吳等，2014 ) 進行網路問卷調查，於問卷調查相關 FB 組群、通訊軟體社團及 BBS 平臺發放，取樣時間點為 2020 年 5 月 1 日至 5 月 20 日，共計回收問卷 305 份。經剔除漏填以及前後問答有所矛盾的問卷，有效問卷數量為 220 份，有效問卷率為 72.1%。

由於時間、金錢、人力及調查地點之限制，本次研究逢機抽樣結果有年齡層偏低且學歷集中於高中以上之情形，故僅針對所收樣本進行分析，尚不能概括整個臺灣地區消費者對動物福利之認知、標章與動物福利友善乳品願付價格。

II. 問卷設計

問卷分為「基本資料」、「對動物福利及相關政策之瞭解」、「動物福利認證標章之重要性」、「動物福利會造成之影響」、「動物福利友善乳品之願付價格」、「購買因素」以及「動物福利認證標章之偏好」共七個構面。

本研究的問卷量表係以洪及李 (2022) 的消費者調查問卷為基礎進行設計，除了消費者對動物福利之認知，亦將消費者選購動物福利友善產品的行為模式納入考量。食品安全是消費者考量購買畜產品的因素之一 (Vonada *et al.*, 2001; Grunert, 2018)，認證標章的有無會影響消費者的購買意願或願付價格 ( 陳，2006; Kehlbacher *et al.*, 2012 )，產品價格同樣會影響消費者的購買意願 (Al-Salamin and Al-Hassan, 2016; de Graaf *et al.*, 2016)，因而將食品安全、認證標章與產品價格列入消費者購買因素之選項。

本研究事先進行一次 25 人的預調，確認因素分析分類正確且無共線性，各構面的信度分析落在 0.77 － 0.96 之間。問卷內容如下：

(i) 構面 1：基本資料
1. 性別：男、女
2. 居住地區：北部、中部、南部、東部
3. 年齡：30 以下、31 － 40、41 － 50、51 － 60、60 以上
4. 教育程度：國小以下、國中、高中職、大專院校、研究所以上
5. 平均月收入：30,000 元以下、30,001 － 50,000 元、50,001 － 70,000 元、70,001 － 90,000 元、90,001 元以上

(ii) 構面 2：對動物福利及相關政策之瞭解
1. 我瞭解動物有哪五大自由
2. 我瞭解世界動物健康組織 (World Organization for Animal Health, WOAH) ( 前世界動物衛生組織 ) 對於經濟動物福利的規範
3. 我瞭解我國對經濟動物有關的動物保護法內容
4. 我瞭解我國對經濟動物有關的動物運送法律規範
5. 我瞭解我國現有對遵循經濟動物福利推動政策
6. 我瞭解我國現有對經濟動物福利的其他作為

(iii) 構面 3：對於動物福利認證標章之重要性
1. 我認為保護經濟動物的福利非常重要
2. 我認為對經濟動物福利來說，動物福利的標章是重要的
3. 我認為對經濟動物福利來說，政府或公民團體要積極推動標章制度
4. 我認為乳品應該要有動物福利的標章
5. 我認為乳品有動物福利標章制度會提升產品品質

(iv) 構面 4：動物福利會造成之影響
1. 請問您同意若強制推動動物福利，會對畜牧生產產生很大衝擊？
2. 請問您同意強制動物福利生產方式，會大幅增加消費者負擔？

(v) 構面 5：購買因素
1. 我在採購乳品時會考量食品安全而比較不同品牌
2. 我在採購乳品時會考量認證標章而比較不同品牌
3. 我在採購乳品時會考量價格而比較不同品牌

(vi) 構面 6：動物福利友善乳品之願付價格
1. 國產鮮奶價格因販售地區、季節、通路、部位不同而有不同，如果，無認證的國產鮮奶價格以一公升 80 － 100 元不等 ( 平均 90 元 ) 來計算，我可以為「有動物福利認證標章」的國產鮮奶支付多少價格？
(1) 還是買沒標章的產品 ( 願意多付 0%)
(2) 84 － 105 元，平均 94.5 元 ( 願意多付 5%)
(3) 88 － 110 元，平均 99 元 ( 願意多付 10%)
(4) 92 － 115 元，平均 103.5 元 ( 願意多付 15%)
(5) 96 － 120 元，平均 108 元 ( 願意多付 20%)
(6) 102 － 125 元或以上，平均 112.5 元或以上 ( 願意多付 25% 以上 )

(vii) 構面 7：動物福利標章之偏好
1. 標章有分成二種，一種是劃定門檻 ( 例如 CAS、有機、產銷履歷認證都是通過門檻即可取得標章 )，一種是分級標章 ( 例如家電節能等級 )，先進國家亦有二種制度。門檻標章亦即「有標章者至少都達到這種程度」；而分級標章代表「有標章者至少都達到這種程度，但有等級區別」。請問，您偏好符合動物福利的產品適合哪種標章？
(1) 門檻式的標章比較好
(2) 分級式的標章比較好

上述問卷內容除了基本資料、構面 6 與構面 7 之外，皆採用 7 項李克特量表 (7 point Likert scale)，答案從「非常同意」、「同意」、「有點同意」、「普通」、「有點不同意」、「不同意」到「非常不同意」，共分 7 個等級讓受訪者勾選符合其認知的答案，評分方式為依序給予 7、6、5、4、3、2 及 1 分，分數越高代表受訪者對於該問題的情境認同程度也就越高。

III. 統計分析

本研究使用 SPSS 22.0 (2013) 統計套裝軟體進行統計分析，依研究目的資料特性，進行描述性統計分析 (Descriptive statistical analysis)、皮爾森積差相關分析 (Pearson correlation)、集群分析 (Clustering analysis)、單因子變異數分析 (Analysis of variance, ANOVA) 及卡方檢定 (Chi-squared test)。

# 結果與討論

I. 基本資料

本次問卷調查觸及之受訪者男女比例各占 50% ( 表 1 )。年齡層以 30 歲以下與 31 － 40 歲居多，分別占整體的 57.73 及 20.45%，而 80% 受訪者的教育程度都在大專以上。平均月收入在 30,000 元以下的受訪者占 45.00%，平均月收入在 30,001 － 50,000 元之間的受訪者占 34.45%，其餘平均月收入超過 50,001 元的受訪者占 20.46%。由於本次研究中 30 歲以下受訪者居多，可能表示未入職場或初入職場的比例較高，連帶提高平均月收入 30,000 元以下的占比。

受訪者居住地區為北部占 32.73%、中部 25.00%、南部 37.27% 及東部 5.00%，依內政部 111 年度的人口統

計資料，北、中、南及東部的人口比例分別為 45.6、24.7、26.8 及 2.3%，比較本調查觸及之消費者分布北部偏多，南部偏少，但分布比例尚屬合理。

表 1.　受訪者的基礎資料 (n = 220)

Table 1.　Characteristics of respondents (n = 220)

| Characteristics | | Number of valid cases | % |
|---|---|---|---|
| Gender | male | 110 | 50.00 |
| | female | 110 | 50.00 |
| Age | ≦ 30 | 127 | 57.73 |
| | 31 － 40 | 45 | 20.45 |
| | 41 － 50 | 20 | 9.09 |
| | 51 － 60 | 23 | 10.45 |
| | ≧ 61 | 5 | 2.27 |
| Education | Senior high school/Senior vocational high school | 44 | 20.00 |
| | Junior college/University | 116 | 52.73 |
| | ≧ Graduate school | 60 | 27.27 |
| Average monthly income | ≦ NT $ 30,000 | 99 | 45.00 |
| | NT$ 30,001 － 50,000 | 76 | 34.45 |
| | NT$ 50,001 － 70,000 | 30 | 13.64 |
| | NT$ 70,001 － 90,000 | 10 | 4.55 |
| | ≧ NT$ 90,001 | 5 | 2.27 |
| Living area | Northern Taiwan | 72 | 32.73 |
| | Central Taiwan | 55 | 25.00 |
| | Southern Taiwan | 82 | 37.27 |
| | Eastern Taiwan | 11 | 5.00 |

II. 對動物福利及相關政策之瞭解

消費者對動物福利及相關政策之瞭解如表 2。同意自己對動物的五大自由有所瞭解的消費者僅 39.09%，其中「有點同意」、「同意」及「非常同意」的比例分別為 11.82、16.82 與 10.45%。而在相關政策的瞭解程度皆不超過三分之一，同意自己對「我國動物保護法中有關經濟動物的內容」有所瞭解的消費者為 28.59%，自覺對「我國經濟動物有關的動物運送法律規範」有所瞭解的人為 25.91%，而認為對「我國現有對經濟動物福利的其他作為」有所瞭解的消費者為 26.82%。而 2007 年歐盟委員會調查報告顯示，68% 的歐盟會員國消費者對自己國家的農場經濟動物飼養狀況有所瞭解 (European Commission, 2007)。此與洪及李 (2022) 的調查結果相似，顯示大部分的消費者自覺對政府的政策方面認知較不足。

III. 對於動物福利認證標章之重要性

消費者對於動物福利認證標章之重要性如表 3。有 85% 的消費者認同保護經濟動物很重要，其中「有點同意」、「同意」及「非常同意」的比例分別為 22.73、39.09 與 23.18%。在標章方面，認為動物福利標章很重要的消費者有 80.45%，其中「有點同意」、「同意」及「非常同意」的比例分別為 20.45、40.00 與 20.00%；同意需要積極推動標章制度的消費者有 80.45%，「有點同意」、「同意」到「非常同意」的比例分別為 24.09、35.91 及 20.45%；認同乳品需要有動物福利標章的消費者有 79.09%；認為乳品有動物福利標章制度會提升產品品質的消費者有 80.91%。

臺灣效仿歐美之方式，並未強制要求動物福利畜產品之認證，而是採取由民間自願性推動生產系統標示的作法 ( 洪及李，2022 )。目前已有主打使用友善飼養方式之鮮乳品牌以及標章，顯示動物福利友善乳品已出現在市場上，但不一定具有認證標章。而標章之價值取決於消費者的重視程度，倘若重視標章的消費者增加，願意申請認證的生產者也會增加。除了形成良性循環之外，亦可產生市場區隔。

表 2.　受訪者對於動物福利及相關政策的瞭解 (n = 220)

Table 2.　Respondents' understanding of animal welfare and related policies (n = 220)

| Questions | Strongly disagree | Disagree | Somewhat disagree | Neither agree nor disagree | Somewhat agree | Agree | Strongly agree | Score+ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | | | | Mean | SD |
| I understand what is “five freedoms” of animal welfare | 6.82 | 18.18 | 16.36 | 19.55 | 11.82 | 16.82 | 10.45 | 4.04 | 1.80 |
| I understand the animal welfare regulations of World Organization for Animal Health (WOAH) on farm animals | 10.91 | 20.91 | 14.55 | 22.27 | 13.64 | 10.91 | 6.82 | 3.67 | 1.75 |
| I understand the content of animal protection laws regarding farm animals in Taiwan | 8.18 | 17.27 | 19.55 | 26.36 | 14.55 | 8.64 | 5.45 | 3.70 | 1.59 |
| I understand the content of animal transportation laws regarding farm animals in Taiwan | 12.73 | 18.64 | 17.27 | 25.45 | 12.27 | 8.64 | 5.00 | 3.52 | 1.66 |
| I understand the polices of promoting animal welfare regarding farm animals in Taiwan | 10.00 | 18.18 | 16.36 | 28.64 | 14.09 | 7.73 | 5.00 | 3.62 | 1.60 |
| I understand other initiatives of animal welfare regarding farm animals in Taiwan | 9.09 | 18.18 | 17.73 | 27.27 | 13.64 | 9.09 | 5.00 | 3.65 | 1.60 |

+ Score: we use 7 point Likert scale to sum the values of each selected option and create a score for each respondent. "1" indicates a strongly disagree, "2" indicates disagree, "3" indicates somewhat disagree, "4" indicates neither agree nor disagree, "5" indicates somewhat agree, "6" indicates agree, and "7" indicates strongly agree. The mean and standard deviation (SD) of the item are calculated based on the responses.

表 3.　受訪者對於動物福利認證標章之重要性 (n = 220)

Table 3.　The importance of animal welfare labeling to respondents (n = 220)

| Questions | Strongly disagree | Disagree | Somewhat disagree | Neither agree nor disagree | Somewhat agree | Agree | Strongly agree | Score[+] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | | | | Mean | SD |
| I think it is very important to protect farm animals' welfare | 0.00 | 2.27 | 1.36 | 11.36 | 22.73 | 39.09 | 23.18 | 5.65 | 1.13 |
| I think it is important to have animal welfare labeling | 0.00 | 3.18 | 0.91 | 15.45 | 20.45 | 40.00 | 20.00 | 5.53 | 1.18 |
| I think government or civic organizations need to actively promote certification systems for animal welfare labeling | 0.45 | 2.27 | 2.27 | 14.55 | 24.09 | 35.91 | 20.45 | 5.49 | 1.21 |
| I think egg, meat and milk should have animal welfare labeling | 0.00 | 2.27 | 2.27 | 16.36 | 20.45 | 35.91 | 22.73 | 5.54 | 1.20 |
| I think egg, meat and milk will increase their qualities while having animal welfare labeling | 1.36 | 1.82 | 1.82 | 14.09 | 25.91 | 29.09 | 25.91 | 5.52 | 1.29 |

[+] Score: we use 7 point Likert scale to sum the values of each selected option and create a score for each respondent. "1" indicates a strongly disagree, "2" indicates disagree, "3" indicates somewhat disagree, "4" indicates neither agree nor disagree, "5" indicates somewhat agree, "6" indicates agree, and "7" indicates strongly agree. The mean and standard deviation (SD) of the item are calculated based on the responses.

表 4.　受訪者認為動物福利會造成之影響 (n = 220)

Table 4.　The influence that respondents believe animal welfare will have (n = 220)

| Questions | Strongly disagree | Disagree | Somewhat disagree | Neither agree nor disagree | Somewhat agree | Agree | Strongly agree | Score[+] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | | | | Mean | SD |
| Do you agree that the production of livestock will have a big effect if the government forces to promote animal welfare | 4.09 | 2.27 | 3.18 | 17.27 | 30.00 | 24.55 | 18.64 | 5.15 | 1.46 |
| Do you agree that the burden on consumers will be greatly increased if the government forces to promote animal welfare | 4.09 | 1.82 | 5.45 | 21.36 | 31.82 | 24.09 | 11.36 | 4.93 | 1.40 |

[+] Score: we use 7 point Likert scale to sum the values of each selected option and create a score for each respondent. "1" indicates a strongly disagree, "2" indicates disagree, "3" indicates somewhat disagree, "4" indicates neither agree nor disagree, "5" indicates somewhat agree, "6" indicates agree, and "7" indicates strongly agree. The mean and standard deviation (SD) of the item are calculated based on the responses.

表 5.　受訪者的購買因素 (n = 220)

Table 5.　The purchasing determinants of respondents (n = 220)

| Questions | Strongly disagree | Disagree | Somewhat disagree | Neither agree nor disagree | Somewhat agree | Agree | Strongly agree | Score+ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | | | | Mean | SD |
| When purchasing milk, I consider food safety from different brands | 0.00 | 2.27 | 1.82 | 14.09 | 19.09 | 33.18 | 29.55 | 5.68 | 1.22 |
| When purchasing milk, I take into consideration whether they have animal welfare labels and compare different brands | 1.82 | 4.09 | 3.64 | 21.82 | 24.09 | 29.09 | 15.45 | 5.11 | 1.39 |
| When purchasing milk, I compare prices from different brands to consider affordability | 0.00 | 0.91 | 1.82 | 16.36 | 23.18 | 39.09 | 18.64 | 5.54 | 1.08 |

+ Score: we use 7 point Likert scale to sum the values of each selected option and create a score for each respondent. "1" indicates a strongly disagree, "2" indicates disagree, "3" indicates somewhat disagree, "4" indicates neither agree nor disagree, "5" indicates somewhat agree, "6" indicates agree, and "7" indicates strongly agree. The mean and standard deviation (SD) of the item are calculated based on the responses.

IV. 動物福利會造成之影響

如同表 4 所示，有 73.19% 的消費者認同「政府如果強制推動動物福利，會對畜牧生產造成很大的衝擊」，同時有 67.27% 的消費者認同「政府強制推行動物福利，會對消費者造成很大的負擔」。對照表 3 的結果來看，顯示大部分的消費者認同保護經濟動物很重要，也需要積極推動標章，但若強行推動動物福利，對畜牧生產與消費者皆會造成很大的影響。

V. 購買因素

如表 5 所示，81.82% 的消費者在採購乳品時會考量食品安全而比較不同品牌的產品；68.63% 的消費者在採購乳品時會考量動物福利標章而比較不同品牌；80.91% 的消費者在採購乳品時會考量價格而比較不同品牌。統計結果顯示，超過 80% 的消費者在購買乳品時會關心食品安全與價格，比動物福利標章的有無來得高。消費者選擇購買動物福利友善乳品的理由之一，便是認為它有較好的品質且較為安全健康 (de Graaf *et al.*, 2016)，然而友善生產過程的成本較高，往往造成終端售價高出傳統產品，在較多消費者以價格為考量的狀況下，推動動物友善產品是一大挑戰。值得注意的是，根據 Appleby (2005) 的研究，即使是些微的價格增幅，這漲幅即用在提升農場經濟動物福利，也能改善動物現狀。

VI. 動物福利友善乳品之願付價格

如表 6 所示，消費者對於動物福利友善乳品的 WTP 多在 5 － 15% 以內，計有 65.81%。而有 12.27% 消費者不考慮多花錢，當金額超過一般鮮乳價格的 20% 時，願意購買的消費者仍有 21.82%。臺灣消費者於動物福利友善豬肉的 WTP 有 64.4% 落在 5 － 10% 以內 ( 洪及李，2022 )，或許是鮮乳單價相對於豬肉較低，負擔得起較高比例的額外金額。令人意外的是，本研究調查有高達 87.73% 消費者願意支付額外價格，比起歐盟 2016 年報告 (European Commission, 2016) 僅有 59% 消費者願意支付溢價高出許多。

表 6. 受訪者對於動物福利友善乳品的願付價格 (n = 220)

Table 6. The willingness-to-pay of respondents for animal-welfare milk (n = 220)

| I'd like to pay more than... | Number | % |
|---|---|---|
| 0% | 27 | 12.27 |
| 5% | 55 | 25.00 |
| 10% | 54 | 24.45 |
| 15% | 36 | 16.36 |
| 20% | 26 | 11.82 |
| ≧ 25% | 22 | 10.00 |

VII. 動物福利標章之偏好

本調查顯示偏好分級式標章的受訪者較門檻式者多，占 74.5% ( 表 7 )。臺灣目前推行的動物福利相關標章 ( 含雞蛋與豬肉 ) 有四種，皆為門檻式，而國外則兩種皆有。不同種動物福利標章其審視標準皆有所不同，英國的環境食品與鄉村事務部指出，消費者會因標章種類繁多而混淆，難以比較動物福利的程度 (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2022)，此現象可能反而不利推廣動物友善產品。

表 7. 受訪者對於動物福利認證標章之偏好

Table 7. The animal welfare labeling those respondents preferred (n=220)

| I prefer⋯ | Number | % |
|---|---|---|
| With no levels | 56 | 25.45 |
| With different levels | 164 | 74.55 |

VIII. 相關性分析

將消費者對「對動物福利及相關政策之瞭解」、「對於動物福利認證標章之重要性」、「動物福利會造成之影響」、「採購時考量食品安全」、「採購時考量認證標章」及「採購時考量價格」等連續變數與 WTP 進行相關性分析 ( 表 8 )，可以發現除了「動物福利會造成之影響」及「採購時考量價格」之外，其他因素皆對 WTP 有顯著正相關。

表 8.　受訪者對於動物福利之瞭解、標章重要性、預期影響、產品購買決策與願付價格之相關性

Table 8.　The correlations between respondents' understanding, importance, influence, purchasing determinants and willingness-to-pay

| | Understanding | Importance | Influence | Food safety | Label | Price | WTP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Understanding[1] | 1 | | | | | | |
| Importance[2] | 0.34** | 1 | | | | | |
| Influence[3] | -0.22* | -0.43 | 1 | | | | |
| Food safety[4] | 0.34** | 0.43** | -0.09 | 1 | | | |
| Label[5] | 0.37** | 0.43** | -0.12 | 0.68** | 1 | | |
| Price[6] | 0.17 | 0.23** | 0.15* | 0.38** | 0.28** | 1 | |
| WTP[7] | 0.25** | 0.35** | -0.86 | 0.26** | 0.27** | 0.04 | 1 |

[1] The respondents' understanding of animal welfare and related policies.
[2] The importance of animal welfare labeling to respondents.
[3] The influence that respondents believe animal welfare will have.
[4] Respondents will consider food safety when buying milk.
[5] Respondents will consider animal welfare labeling when buying milk.
[6] Respondents will consider their affordability when buying milk.
[7] Willingness-to-pay.
*P < 0.05; **P < 0.01.

「對動物福利及相關政策之瞭解」則與「對於動物福利認證標章之重要性」、「採購時考量食品安全」及「採購時考量認證標章」有顯著正相關。此外，「對於動物福利認證標章之重要性」亦與「採購時考量食品安全」、「採購時考量認證標章」及「採購時考量價格」彼此之間有顯著正相關。但多數相關係數的絕對值落在 0.10 － 0.39 之間，為低度相關。

研究指出 WTP 受到諸多因素影響，如動物種類、教育程度、居住地區、年齡、信任度及食品安全等 ( 洪及李，2022; Clark *et al.*, 2016; de Graaf *et al.*, 2016; Clark *et al.*, 2017 )。於本調查中「採購時考量價格」與 WTP 無顯著相關。

IX. 消費者的集群分析

本調查依照消費者對「對動物福利及相關政策之瞭解」、「對於動物福利認證標章之重要性」、「動物福利會造成之影響」三個構面問題之平均分數及 WTP 進行二階段集群方法進行集群分析，最終分為三組，其中 WTP 亦轉換成分數呈現，將問卷答案「0%」、「5%」、「10%」、「15%」、「20%」到「≧ 25%」，依序給予 6、5、4、3、2 及 1 分，以利於統計分析。後續使用單因子變異數分析與卡方檢定分析三個群組於消費者對「對動物福祉及相關政策之瞭解」、「對於動物福利認證標章之重要性」、「動物福利會造成之影響」、「購買因素」、「動物福利標章之偏好」、「基礎資料」與 WTP 之差異，列於表 9。

表 9. 受訪者對於動物福利及乳品之瞭解、看法、預期影響、購買因素、願付價格與基本資料的集群分析 (n = 220)

Table 9. Respondents' segmentation based on understanding, importance, expected influence, purchasing determinants, demographic features, and willingness-to-pay for animal welfare and milk after clustering analysis (n = 220)

| Statement | Cluster 1 Active (n = 73) | Cluster 2 Potential (n = 48) | Cluster 3 Conservative (n = 99) |
|---|---|---|---|
| Understanding[1,&] | 5.28[a] | 1.98[c] | 3.37[b] |
| Importance[2,&] | 6.20[a] | 5.62[b] | 5.03[c] |
| Influence[3,&] | 4.77 | 5.03 | 5.24 |
| Purchasing determinants[4,&] | | | |
| Food safety | 6.26[a] | 5.54[b] | 5.31[b] |
| Label | 5.85[a] | 4.79[b] | 4.73[b] |
| Price | 5.70 | 5.50 | 5.43 |
| WTP[5,$] | 4.44[a] | 3.96[a] | 2.00[b] |
| Animal welfare labeling (%)[6] | | | |
| With no levels | 19.20 | 25.00 | 30.30 |
| With different levels | 80.80 | 75.00 | 69.70 |
| Gender (%) | | | |
| Male | 45.20 | 52.10 | 52.50 |
| Female | 54.80 | 47.90 | 47.50 |
| Age (%) | | | |
| ≦ 30 | 50.70 | 64.60 | 59.60 |
| 31 － 40 | 21.90 | 14.60 | 22.20 |
| 41 － 50 | 16.40 | 10.40 | 3.00 |
| 51 － 60 | 6.80 | 8.30 | 14.10 |
| ≧ 61 | 4.10 | 2.10 | 1.00 |
| Education level (%) | | | |
| Senior high school/Senior vocational high school | 26.00[a] | 0.00[b] | 25.30[a] |
| Junior college/University | 46.60 | 64.60 | 51.50 |
| ≧ Graduate school | 27.40 | 35.40 | 23.20 |
| Living area (%) | | | |
| Northern Taiwan | 26.00[b] | 54.20[a] | 27.30[b] |

表 9.　受訪者對於動物福利及乳品之瞭解、看法、預期影響、購買因素、願付價格與基本資料的集群分析 (n = 220) ( 續 )

Table 9.　Respondents' segmentation based on understanding, importance, expected influence, purchasing determinants, demographic features, and willingness-to-pay for animal welfare and milk after clustering analysis (n = 220) (continued)

| Statement | Cluster 1 Active (n = 73) | Cluster 2 Potential (n = 48) | Cluster 3 Conservative (n = 99) |
|---|---|---|---|
| Central Taiwan | 26.00 | 25.00 | 24.20 |
| Southern Taiwan | 41.10[a] | 18.80[b] | 43.40[a] |
| Eastern Taiwan | 6.80 | 2.10 | 5.10 |
| Average monthly income (%) | | | |
| ≦ NT$ 30,000 | 35.60 | 43.80 | 52.50 |
| NT$ 30,001 － 50,000 | 37.00 | 33.30 | 33.30 |
| NT$ 50,001 － 70,000 | 19.20 | 12.50 | 10.10 |
| NT$ 70,001 － 90,000 | 5.50 | 8.30 | 2.00 |
| ≧ NT$ 90,001 | 2.70 | 2.10 | 2.00 |

[1] The mean of the respondents' understanding of animal welfare and related policies.
[2] The mean of the importance of animal welfare labeling to respondents.
[3] The mean of the influence that respondents believe animal welfare will have.
[4] The mean of purchasing determinants while consider purchasing milk.
[5] The mean of willingness-to-pay.
[6] The animal welfare labeling those respondents preferred.
[&] We use 7 point likert scale to sum the values of each selected option and create a score for each respondent. "1" indicates a strongly disagree, "2" indicates disagree, "3" indicates somewhat disagree, "4" indicates neither agree nor disagree, "5" indicates somewhat agree, "6" indicates agree, and "7" indicates strongly agree.
[$] The average score of WTP. "1" means 0%, "2" means 5%, "3" means 10%, "4" means 15%, "5" means 20%, "6" means ≥ 25%.
[+] Analysis of variance.
[#] Chi-squared test.
[a, b, c] Means in the same row without the same superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

根據各集群的特徵，本研究將集群 1、2 及 3 分別命名為「積極型消費者」、「潛力型消費者」及「保守型消費者」。三個集群在消費者對「對動物福利及相關政策之瞭解」、「對於動物福利認證標章之重要性」、「採購時考量食品安全」、「採購時考量認證標章」、WTP、教育程度及居住地區有顯著差異。

以百分比的方式呈現各集群 WTP 的比例，能更直觀地發現積極型與保守型消費者不同之處，積極型消費者的 WTP 集中於 15 － 20%，有 52.78%，而願意付 25% 以上的人有 23.29%；潛力型消費者 WTP 集中於 10 － 15%，有 56.25%，而願意付 25% 以上的人有 10.42%；保守型消費者有 27.27% 不考慮多花錢購買動物福利友善乳品，願意多付 5 － 10% 的人有 72.72%，沒有受訪者願意多付 15% 以上的費用。由表 9 可見積極型消費者在 WTP 的分數最高，對於動物福利及相關政策之瞭解程度最高，認同動物福利標章有其重要性的程度最高，購買乳品時也比其他兩個集群的消費者更會考量食品安全及標章。

潛力型消費者除了對動物福利及相關政策之瞭解程度最低之外，在 WTP 的分數、認同動物福利標章有其重要性的程度以及購買乳品時考量食品安全及標章的程度都是次高。另外，潛力型消費者整體教育程度較其他兩個集群高，全數都為大專院校畢業或以上的教育程度，亦有 54.2% 的人居住於北部。

而保守型消費者除了對動物福祉及相關政策之瞭解程度次高之外，在 WTP 的分數、認同動物福利標章有其重要性的程度以及購買乳品時考量食品安全及標章的程度都是三個集群中最低的。

## 結　　論

本調查將受訪者區分為「積極型消費者」、「潛力型消費者」及「保守型消費者」，積極型消費者對於動物福

利友善乳品有最高的 WTP，對動物福利及相關政策之瞭解程度最高，認同動物福利認證標章的重要性，採購時重視食品安全及認證標章，此類型的消費者可作為行銷動物福利友善乳品的首要目標。另外，潛力型消費者擁有次高的 WTP，均有大專院校或以上的教育程度，且多數居住於北部地區，可作為行銷的次要目標。

## 誌　　謝

本調查承本所技術服務組陳素真小姐協助問卷資料整理，以及技術服務組同仁協助問卷調查回收，特此感謝。

## 參考文獻

行政院農業委員會。2021a。糧食供需年報。https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx。

行政院農業委員會。2021b。農業統計年報。https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx。

吳麗珍、黃慧滿、李浩銑。2014。方便取樣和立意取樣之比較。護理雜誌。61：105-111。

洪兮雯、李佳蓉。2022。消費者對於動物福利友善豬肉之認知與願付價格分析。畜產研究 55：68-80。

陳婉婷。2006。國產鮮乳使用品質驗證標章對消費者行為影響之研究。國立中興大學應用經濟學系，碩士論文，臺中市。

郭立婷。2017。消費者對於農產品標章的認知、信任程度以及消費者行為之研究－以小白菜為例。國立臺灣大學公共事務研究所，碩士論文，臺北市。

Al-Salamin, H. and E. Al-Hassan. 2016. The impact of pricing on consumer buying behavior in Saudi Arabia : Al-Hassa case study. E. J. B. M. ( European Journal of Business and Management) 8: 62-73.

Appleby, M. C. 2005. The relationship between food prices and animal welfare. J. Anim. Sci. 83: 9-12.

Clark, B., G. B. Stewart, L. A. Panzone, I. Kyriazakis, and L. J. Frewer. 2016. A systematic review of public attitudes, perceptions and behaviours towards production diseases associated with farm animal welfare. J. Agric. Environ. Ethics 29: 455-478.

Clark, B., G. B. Stewart, L. A. Panzone, I. Kyriazakis, and L. J. Frewer. 2017. Citizens, consumers and farm animal welfare: a meta-analysis of willingness-to-pay studies. Food Policy 68: 112-127.

de Graaf, S., E. J. Van Loo, J. Bijttebier, F. Vanhonacker, L. Lauwers, F. A. M. Tuyttens, W. Verbeke, 2016. Determinants of consumer intention to purchase animal-friendly milk. J. Dairy Sci. 99: 8304-8313.

Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2022. Summary of responses to the call for evidence on labelling for animal welfare. P. 9. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1100605/animal-welfare-labelling-summary-of-responses.pdf.

European Commission. 2007. Attitudes of EU citizens towards animal welfare. Special Eurobarometer 270. https://www.politique-animaux.fr/fichiers/eurobarometer_-_attitudes_of_eu_citizens_towards_animal_welfare-_2007.pdf.

European Commission. 2016. Attitudes of Europeans towards Animal Welfare. Special Eurobarometer 442. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9bc3a0b7-ec17-11e5-8a81-01aa75ed71a1/language-en.

Farm Animal Welfare Council. 1992. FAWC updates the five freedoms. Veterinary Record 17: 357.

Grunert, K. G., W. I. Sonntag, V. Glanz-Chanosa, and S. Forum. 2018. Consumer interest in environmental impact, safety, health and animal welfare aspects of modern pig production: Results of a cross-national choice experiment. Meat Sci. 137: 123-129.

Heinola, K., T. Latvala,andJ. K.Niemi. 2023. Consumer trust and willingness to pay for establishing a market-based animal welfare assurance scheme for broiler chickens. Poult. Sci. 102: 102765. doi.org/10.1016/j.psj.2023.102765.

Kehlbacher, A., R. Bennetta, and K. Balcombe. 2012. Measuring the consumer benefits of improving farm animal welfare to inform welfare labelling. Food Policy 37: 627-633.

Li, X., K. L. Jensen, C. D. Clark, and D. M. Lambert. 2016. Consumer willingness to pay for beef grown using climate friendly production practices. Food Policy 64: 93-106.

Mulder, M. and S. Zomer. 2017. Dutch consumers' willingness to pay for broiler welfare. J. Appl. Anim.Welf. Sci. 20: 137-154.

SPSS. 2013. SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. SPSS Inc., Chicago, IL. USA.

Vonada, M. L., B. S. Bidner, K. E. Belk, F. K. McKeith, W. R. Lloyd, M. E. O'Connor, and G. C. Smith. 2001. Factors influencing consumer demand for U.S. pork exported to the Republic of Korea (South Korea). J. Anim. Sci. 79: 907-11.

Yang, Y. C. and C.Y. Hong. 2019. Taiwanese consumers' willingness to pay for broiler welfare improvement. Animals 9: 231. doi:10.3390/ani9050231.

Taiwan Livestock Res. 58(4)：303-317, 2025
DOI：10.6991/JTLR.202512_58(4).0008

# An online questionnaire survey on Taiwanese consumers' awareness of animal welfare, the importance of certification labels and the price willing to pay for related dairy products [1]

Hsi-Wen Hung [2] and Chia-Jung Lee [3] [4]

Received: Sep. 14, 2023; Accepted: Apr. 22, 2025

## Abstract

Economic animals are correlated to life's essentials, while the farm animals' welfare is an important issue. The support from consumers is crucial to improving farm animal welfare. This questionnaire analyzed the consumer awareness of animal welfare, importance of certification labels, and willingness to pay for related dairy products through the investigation on the basic information of Taiwanese consumers, their understanding of animal welfare and related policies, the importance of animal certification labels, impact on animal welfare, price willing to pay for animal-welfare friendly dairy products, purchase factors, and preference in animal welfare certification labels. The study compiled data from 220 valid questionnaires collected in 2020, which results indicated that despite low policy awareness, most consumers agreed on the importance of protecting economic animals and animal welfare labeling. They also expressed a preference for animal welfare labeling on dairy products. Moreover, the majority of respondents were under the age of 30 (57.73%) and between the ages of 31 and 40 (20.45%). There were 65.81% respondents willing to pay 5-15% more for animal-welfare friendly dairy products while 21.82% respondents willing to pay 20% or higher price for average milk. In this survey, respondents were categorized into three groups: active consumers, potential consumers, and conservative consumers. Active consumers showed the highest willingness to pay for animal-friendly dairy products, with the strongest awareness of animal welfare and related policies, and highly agreeing on the importance of farm animal welfare labeling. They also prioritized food safety and certification labels when purchasing, making them prime marketing targets for animal welfare-friendly dairy products. Additionally, potential consumers, with the second highest willingness to pay, are predominantly situated in northern Taiwan and with the majority having educational background in at least junior college, representing the secondary marketing target for animal welfare-friendly dairy products.

Key words: Clustering analysis, Animal-friendly raising, Livestock products.

(1) Contribution No. 2822 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agricuiture (MOA).
(2) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, HsinHua,Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(3) Livestock Management Division, MOA-TLRI, HsinHua,Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.
(4) Corresponding author, E-mail: shisah1218@mail.tlri.gov.tw.

# 第五十八卷作者索引

# Author Index to Volume 58

# 第五十八卷中文主題索引

# Subject Index to Volume 58

# 第五十八卷中文目錄

第一期



第二期

第三期



第四期

# Contects to Volume 58

Vol. 58 No. 3



Vol. 58 No. 4

# 農業部畜產試驗所「畜產研究」稿約

( 民國　94 年　3 月修訂 )
( 民國 108 年 12 月修訂 )
( 民國 111 年 11 月修訂 )
( 民國 112 年　8 月修訂 )

I. 本刊為學術性刊物，刊載有關畜產科學原創性研究報告及學術性專題論著。

II. 本刊為季刊，每年 3 月、6 月、9 月及 12 月底出版。

III. 文稿之排列順序為標題、摘要、緒言、材料與方法 ( 學術性專題論著可略 )、結果、討論 ( 結果與討論可合為一節 )、結論 ( 可略 )、誌謝 ( 可略 ) 及參考文獻。以中文撰寫者，須附英文摘要 (Abstract)，以英文撰寫者，則附中文摘要。中英文摘要以不超過五百字為原則，須列中英文相對應之 3 至 6 個關鍵詞。

IV. 文稿書寫格式，主要參考 Journal of Animal Science：

(i) 文稿請用 Word 檔 A4 紙張格式，內文以 12 號字型繕打，中文採新細明體，英文採 Times New Roman，圖表置於內文之後。行距採用行距 1.5，版面設定中等邊界 ( 上下 2.54cm，左右 1.91cm)，並編碼連續行號。

(ii) 文字敘述之編號依序為 I.、(i)、1.、(1)、A.、(a)。圖表以圖 1、表 1 等順序表示。中文稿件之圖表標題及圖說請中英並列，圖表內文字請以英文呈現。文字敘述用英文者，圖表中之文字僅用英文。

(iii) 本刊以黑白印刷為原則，圖表務求印刷後可清楚分辨標示，並請以電腦繪製，以利排版。

(iv) 單位及縮寫：

1. 單位使用公制，習見之符號及縮寫不必另附中文。專門名詞無適當譯名者可從原文。

2. 以下常用之縮寫可直接撰寫於本刊稿件不須另作定義：

(1) 長度：km、m、cm、mm、μm。

(2) 重量：kg、g、mg、μg。

(3) 體積：L、mL、μL。

(4) 時間：wk、d、h、min、s。

(5) 其他：℃、pH、cal、rpm。

(v) 統計分析達顯著差異性請以 $^{*}$、$^{a}$、$^{b}$、$^{c}$ 等上標標示，並於表下方說明。

(vi) 參考文獻：

1. 正文中須書出參考文獻之作者姓氏與年份：

(1) 西文文獻之作者僅一人者，書一人之姓如 (Johnson, 1991)；作者為二人者，書二人之姓如 (Johnson and Hobbs, 1991)；作者為三人或以上者，用第一人之姓後再書 *et al.* 如 (Johnson *et al.*, 1991)。

(2) 中文文獻之作者僅一人者，書一人之姓氏如 ( 趙，1990 )；作者為二人者，書二人之姓氏如 ( 趙及錢，1990 )；作者為三人或以上時，則於第一人姓氏後再加一等字如 ( 趙等，1990 )。

2. 參考文獻列示以確經引用者為限，排列次序為作者、年份、題目、發表刊物名稱、卷數、頁數等依次書寫，例如：

(1) 期刊類

王政騰、朱慶誠。1991。土番鴨繫留、電昏、放血、燙毛等屠宰條件之探討。畜產研究 24：133-140。

胡怡浩、姜延年、陳銘正、潘金水。1991。北京鴨雜交品系與商業品系肉鴨之生長及屠體性能之比較。畜產研究 24：141-148。

Ayub, M. and M. Shoaib. 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum alone and in mixture with guara under different planting techniques. Pak. J. Agri. Sci. 46: 25-29.

Hsu, F. H., C. J. Nelson, and A. G. Matches. 1985. Temperature effects on germination of perennial warm-

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

(2) 書本類

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

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

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

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

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

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

(3) 其他類

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

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

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

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

3. 中日文文獻以第一作者姓氏筆劃多少為序，西文以第一作者姓氏之拼音先後排列，並按中文、日文、西文之次序排列。
4. 西文期刊名稱請用縮寫，縮寫請參照美國國家醫學圖書館線上資料庫 (NLM Catalog) 之 IOS (Information and documentation) 縮寫。
5. 參考文獻皆不編號。

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

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

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

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

JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 58 No. 4 December 2025

## CONTENTS



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

ISSN 0253-9209
DOI: 10.6991/JTLR

9 770253 920004

GPN:2005200015

定價：新臺幣二〇〇元