

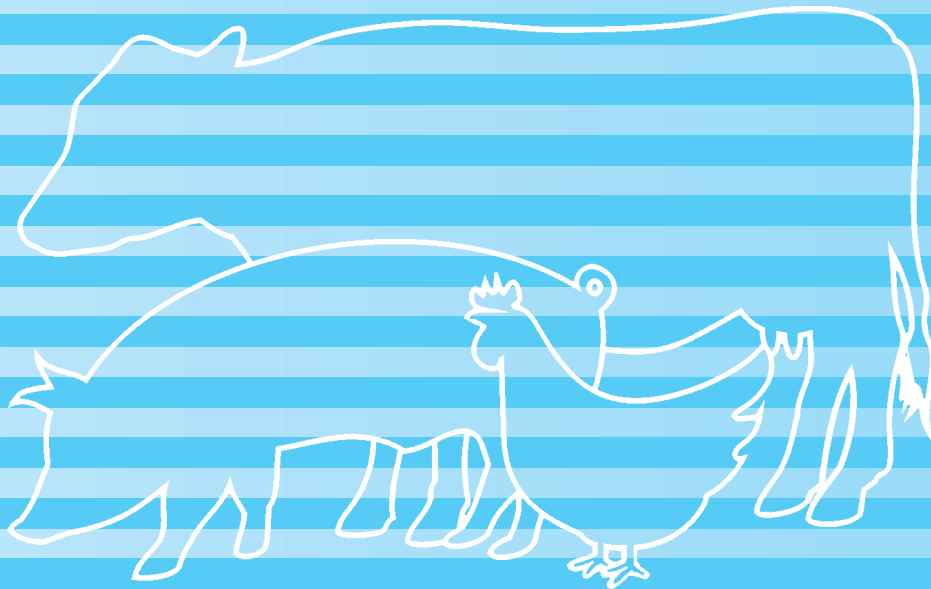
ISSN 0253-9209  
DOI: 10.6991/JTLR

# 畜產研究

第五十四卷 第二期 中華民國一一〇年 六月 季 刊

## JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 54 No. 2 June 2021



行政院農業委員會畜產試驗所

LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE,  
COUNCIL OF AGRICULTURE, EXECUTIVE YUAN

# 畜產研究編審委員會

主任委員：黃振芳

審查委員：丁詩同 方珍玲 王佩華 王尚禮 王紓愍 王淑音 王勝德 成游貴  
朱有田 朱志成 余 祺 余 碧 吳信志 吳勇初 吳錫勳 李固遠  
沈朋志 沈韶儀 阮喜文 周明顯 林旻蓉 林俊臣 林義福 林德育  
姜樹興 施宗雄 施意敏 唐品琦 徐阿里 徐濟泰 張秀鑾 張菊犁  
梁筱梅 章嘉潔 莊士德 許振忠 許福星 郭卿雲 郭猛德 陳仁炫  
陳文賢 陳志峰 陳宗禮 陳明造 陳洵一 陳秋麟 陳綵慈 黃文理  
黃英豪 楊鎮榮 葉茂生 廖仁寶 廖宗文 劉世賢 劉秀洲 劉振發  
劉登城 鄭裕信 盧虎生 盧啟信 蕭庭訓 蕭振文 謝清祥 謝豪晃  
(以姓名筆劃為序)

編輯委員：林幼君 王斌永 洪哲明 郭卿雲 陳立人 陳佳萱 廖仁寶  
(以姓名筆劃為序)

---

## JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

J. F. HUANG, EDITOR-IN-CHIEF,  
DIRECTOR GENERAL,  
LIVESTOCK RESEARCH INSTITUTE, COUNCIL OF AGRICULTURE  
HSINHUA, TAINAN, TAIWAN

### EDITORIAL ADVISORY BOARD:

S. T. DING	C. L. FANG	P. H. WANG	S. L. WANG	S. M. WANG
S. Y. WANG	S. D. WANG	Y. K. CHENG	Y. T. JU	C. C. CHU
C. YU	P. YU	H. C. WU	Y. C. WU	H. H. WU
G. Y. LI	P. C. SHEN	T. F. SHEN	S. I. SHEN	S. W. ROAN
M. J. LIN	C. C. LIN	Y. F. LIN	D. Y. LIN	S. H. CHIANG
C. H. SHIH	Y. M. SHY	P. C. TANG	A. L. HSU	C. T. HSU
H. L. CHANG	C. L. CHANG	H. M. LIANG	C. C. CHANG	S. T. CHUANG
C. C. HSU	F. H. HSU	C. Y. KUO	M. T. KUO	J. H. CHEN
W. S. CHAN	C. F. CHEN	C. L. CHEN	M. T. CHEN	H. I. CHEN
T. L. CHEN	T. T. CHEN	W. L. HUANG	I. H. HWANG	J. R. YANG
M. S. YEH	R. B. LIAW	C. W. LIAO	T. C. LIU	H. C. LIU
J. F. LIOU	S. S. LIU	Y. S. CHENG	H. S. LUR	C. H. LU
T. H. HSIAO	J. W. SHIAU	C. H. HSIEH	H. H. HSIEH	

### EDITORS:

Y. C. LIN	B. Y. WANG	C. M. HUNG	C. Y. KUO	L. R. CHEN
C. H. CHEN	R. B. LIAW			



---

## 畜 產 研 究

編 者：行政院農業委員會畜產試驗所

發 行 人：黃振芳

發 行 所：行政院農業委員會畜產試驗所

地 址：臺南市新化區牧場 112 號

電 話：(06) 5911211

網 址：<http://www.tlri.gov.tw>

編輯\印製者：沐福商行

電 話：0985-187287

出 版 日 期：中華民國 110 年 6 月出版

定 價：新台幣 200 元

展售處：

國家書店松江門市：臺北市中山區松江路 209 號 1 樓

五 南 文 化 廣 場：臺中市北屯區軍福 7 路 600 號

國 家 網 路 書 店：<http://www.govbook.com.tw>

GPN : 2005200015

ISSN : 0253-9209

# 畜產研究

第 54 卷第 2 期

中華民國 110 年 6 月

## 目 錄

	頁
1. 青割玉米與芻料高粱混植效益評估 .....張敏郎、廖麗貞	74
2. 舍內飼養密度對土番鴨生長性能與屠體性狀之影響 .....林榮新、林育安、曾再富、鄭智翔、劉秀洲、蘇晉暉	82
3. 山羊腹腔鏡卵母細胞採集技術之建立 .....康定傑、曾楷扉、林彥均、陳裕信、曲鳳翔、林信宏、沈朋志	91
4. 豬場智慧化防疫行動管理系統開發 .....王斌永、賴佑宜、蔡銘洋	99
5. 盤固草生物炭或雞糞墊料生物炭對畜禽糞堆肥異味去除研究 .....王紓愍、劉信宏、游翠凰、鍾承訓、李秀蘭	106
6. 芻料燕麥營養成分變動之探討 .....陳嘉昇、黃永芬、游翠凰、王紓愍	116
7. 菜鴨微衛星標記應用於不同番鴨族群遺傳多態性之探討 .....張怡穎、魏良原、陳怡蓁、劉秀洲	126
8. 利用 SPAD 值與電解質滲漏率評估高溫環境下狼尾草生長變化 .....蔡立中、李姿蓉、鍾萍	140



# 青割玉米與芻料高粱混植效益評估<sup>(1)</sup>

張敏郎<sup>(2)(4)</sup> 廖麗貞<sup>(3)</sup>

收件日期：109 年 9 月 11 日；接受日期：110 年 7 月 16 日

## 摘 要

青割玉米為臺灣地區重要芻料作物，惟受限氣候因素及避免栽培風險，夏季為青割玉米空窗期。本研究主要探討夏季多降雨期間，青割玉米與不同生育型芻料高粱混植栽培效益，期能有助於夏季芻料生產與供應。以行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所選育的青割玉米墾丁一號 (Kenting no.1, KT 1)、高莖型芻料高粱品系 (品系代號 FSH 01) 與分蘖型芻料高粱品系 (品系代號 FSM 02) 等 3 個品種系為試驗材料，分別進行春作混植及夏作芻料高粱宿根栽培試驗。參試處理包含單植青割玉米、單植高莖型芻料高粱、單植分蘖型芻料高粱、混植青割玉米與高莖型芻料高粱及混植青割玉米與分蘖型芻料高粱等 5 種不同單、混植處理。田間試驗設計為逢機完全區集設計，並依一般慣行栽培方式進行春、夏作栽培管理。春作混植栽培試驗結果顯示，於生育中、後期不僅作物與品系間有生長差異外，亦顯現混植間作物競爭的影響，尤以植株鮮重差異最明顯，單植高莖型芻料高粱 865.5 g 最重，混植青割玉米之分蘖型芻料高粱 363.3 g 最輕。青割玉米與芻料高粱混植栽培，玉米有較佳生長優勢，芻料高粱生育明顯受青割玉米影響，混植青割玉米之高莖型芻料高粱植株鮮重僅 427.3 g。春作單位面積鮮草產量，分蘖型芻料高粱與青割玉米混植產量 62.0 mt/ha，顯著高於高莖型芻料高粱與青割玉米混植 41.5 mt/ha ( $P < 0.05$ )。梅雨期間雖逢大量降雨，但田間無積水且無植株發生倒伏，交叉保護效果明顯。春作單、混植植株營養成分，單、混植芻料高粱粗蛋白質含量介於 8.53 – 9.81%，單、混植芻料高粱的青割玉米粗蛋白質含量 7.82 – 9.28%，與高莖型芻料高粱混植的青割玉米為 9.28% 最高，顯著高於單植青割玉米 7.82% ( $P < 0.05$ )。春作芻料青貯品質，不論單、混植組合芻料，所有青貯品質評分均達優良等級 (93.0 – 98.0)。夏作芻料高粱宿根再生栽培結果顯示，在植株鮮重、乾物重、莖 / 葉乾物重比與乾物率等性狀，品系間呈顯著差異。宿根刈割鮮草產量，以混植高莖型芻料高粱產量 78.4 mt/ha 最高，顯著高於其它單、混植處理組合 ( $P < 0.05$ )。累計總產量以混植青割玉米與分蘖型芻料高粱 124.8 mt/ha 最高且產量穩定 (春作與夏作收量分別 62.0 與 62.8 mt/ha)。綜合試驗結果，青割玉米與分蘖型芻料高粱混植栽培，可提供作為夏季生產芻料的另一種栽培模式。

關鍵詞：青割玉米、芻料高粱、氣候變遷、混植、單植。

## 緒 言

青割玉米營養成分與適口性俱佳，為重要本土芻料作物。但因春、夏季栽培期間常遭逢梅雨與大量降雨而倒伏，導致青割玉米生產遭受損失，為避免栽培風險及夏季期間幾無青割玉米栽培等問題，解決夏季芻料生產與供應問題為刻不容緩的事。芻料高粱 (*Sorghum bicolor* L. Moench) 屬禾本科作物，營養成分佳，具耐旱與耐瘠等多種耐逆境生育特性，且再生能力強，可宿根栽培及適合湛水環境下生長，適合夏季多降雨期間做為短期芻料栽培與利用 (Getachew *et al.*, 2016)。

利用兩種以上不同作物進行混植或間植之栽培方式，可穩定作物生產、增進產量與提升品質、減輕病蟲害發生及有助於雜草控制等多種效益 (Malezieux *et al.*, 2009; Gebru, 2015)。不同混植作物種類組合中，以禾豆科混植栽培方式有較佳的作物生育與管理效益 (Ndakidemi, 2006; Ayub and Shoaib, 2009; Malezieux *et al.*, 2009)，且於栽培生態系中存有物種多樣性 (Loreau and Hectorn, 2001)、產量穩定 (Swift *et al.*, 2004)、作物收穫品質佳 (Muschler, 2001)、增強病蟲害防治效益 (Hauggard-Nielsen and Jansen, 2005)、友善栽培環境 (Brussard *et al.*, 2007; Lithourgidis *et al.*, 2011)

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2671 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 國立高雄師範大學生物科技系。

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

與降低生產成本之經濟利益 (Perfecto *et al.*, 2003) 等多種效益。同為禾科作物混植栽培的相關研究較少且效益有限 (Elemo, 2010)。Bulson *et al.* (1997) 研究顯示芻料作物在逆境環境混植栽培，可獲得較佳飼料原料品質，推測可能為土壤養分調和與平衡的結果。豆科與穀類作物的混植栽培方式，使得穀類作物的穀粒中含有較高氮素含量而提昇其營養價值 (Bulson *et al.*, 1997)。

芻料高粱混植或間植栽培研究，主要都以豆科作物為混植種類，可明顯提高產量與提升品質 (Sankaranarayanan *et al.*, 2005; Ayub and Shoaib, 2009; Lithourgidis *et al.*, 2011; Kadam *et al.*, 2017)、增加芻料蛋白質產量與淨收益 (Pal *et al.*, 2014)。芻料高粱與青割玉米於乾旱地區進行混植的栽培方式，有降低因乾旱造成的收量損失風險及穩定產量，或有助於提升芻料調製青貯品質等效益 (Elemo, 2010; Samarappuli and Berti, 2018)。與臺灣臨近的國家如日本，是畜牧業發達的國家，其南部如九州與四國等較溫暖地區，於春、夏季期間，盛行青割玉米與芻料高粱 (甜高粱或其他高粱屬作物) 之混植栽培方式，於 7 – 8 月間第一次地上部收割後，不需整地播種即可續行芻料高粱宿根再生栽培供應所需芻料 (Kihara *et al.*, 1991; Kobayashi *et al.*, 2004; 2008)。此種青割玉米與芻料高粱混植的栽培模式或可提供臺灣於夏季栽培參考。

## 材料與方法

### I. 試驗材料

本研究以行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所選育的青割玉米墾丁一號 (Kenting no.1, KT 1)、高莖型芻料高粱品系 (品系代號 FSH 01) 與分蘗型芻料高粱品系 (品系代號 FSM 02) 等 3 個品種系，供作試驗用材料。

### II. 試驗方法

本混植試驗於畜產試驗所恆春分所試驗田區進行。田區經整地後施用基肥，施肥量依栽培玉米推薦用量  $N-P_2O_5-K_2O$  為 120 – 80 – 60 kg/ha，分基肥與追肥施用。基肥公頃用量氮素為 1/2 用量，磷鉀全量，氧化鉀全量。追肥部分則於生育約 25 – 30 天 (幼穗分化期) 中耕培土及孕穗期兩個階段施用，公頃用量氮素為剩餘 1/2 用量。於春季採穴播栽植，玉米與高粱單、混植種植方式，栽培密度均為行株距 70 × 20 cm。田區試驗設計採逢機完全區集設計 (Randomized complete block design)，3 區集，5 種處理。不同處理方式包括單植青割玉米、單植高莖型芻料高粱、單植分蘗型芻料高粱、混植青割玉米與高莖型芻料高粱、混植青割玉米與分蘗型芻料高粱等 5 種處理，每種處理種植 6 行，行長 5 m。依一般慣行栽培方式進行栽培管理，生育期間分別記錄單、混植作物間病蟲害發生情形與調查不同作物間之混植保護效果。於生育 40 天進行農藝性狀如株高、分蘗數、莖徑與植株鮮重等調查。收穫刈割前調查與比較作物農藝性狀如植株鮮重 (葉、莖與穗鮮重及總鮮重) 與乾物率。於收穫適期刈割調查牧草鮮草產量與營養成分分析，並調製小包裝青貯料及分析青貯品質。春作試驗於主作刈割收穫後續行夏作芻料高粱宿根再生栽培。田區經適度澆灌水及除草後施肥。施肥量依高粱推薦用量  $N-P_2O_5-K_2O$  為 100 – 60 – 50 kg/ha，分基肥與追肥施用。基肥公頃用量氮素為 1/2 用量，磷鉀全量，氧化鉀全量。追肥部分則於生育約 25 – 30 天 (幼穗分化期) 中耕培土及孕穗期兩個階段施用，公頃用量氮素為剩餘 1/2 用量。生育期間記錄芻料高粱品系間宿根栽培之病蟲害發生情形，並於夏季多降雨期間記錄植株之倒伏性。刈割收穫前調查各芻料高粱品系之宿根植株鮮重、植株乾重、莖 / 葉乾物重比與乾物率等農藝性狀。於收穫適期進行刈割調查鮮草產量與營養成分分析。

### III. 植體成分與青貯品質分析

- (i) 粗蛋白質 (crude protein, CP) 含量分析：以 Kjeldahl 法 (A.O.A.C., 1995) 測定植體全氮含量後，乘以 6.25 之百分率即得粗蛋白質含量。
- (ii) 酸洗纖維 (acid detergent fiber, ADF)、中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量測定依照 ANKOM 200 纖維分析儀進行 (Komarek *et al.*, 1996; Vogel *et al.*, 1999)，NDF 採添加  $\alpha$ -amylase 之方法測定 (Van Soest *et al.*, 1991)。
- (iii) 青貯品質分析：於收穫適期 (於開花抽穗後約 15 – 20 天) 刈割，整株細切成 2 – 3 cm，利用真空裝填機進行小包裝青貯調製，並於兩個月後開封測定青貯品質。分別測定 pH 值、乳酸、乙酸及丁酸含量，並計算 Flieg's score，評定青貯品質 (Kim *et al.*, 1992)。

### IV. 統計資料分析

試驗所得資料經 SAS (2004) 統計分析進行變方分析後，以最小顯著差異性法 (least significance difference test, LSD) 檢定不同處理間各個性狀的差異顯著性。

## 結果與討論

### I. 春作青割玉米與芻料高粱混植栽培

春作於 103 年 3 月 28 日種植，生育 40 天調查及比較青割玉米與芻料高粱單、混植間植株農藝性狀差異 (表 1)。由表 1 知單、混植青割玉米，植株高度介於 40.2 — 46.7 cm，植株莖徑 8.2 — 8.5 mm，植株鮮重介於 58.8 — 68.5 g；單、混植高莖型芻料高粱 FSH 01 品系，植株高度介於 66.8 — 68.5 cm，植株莖徑 11.2 — 12.5 mm，植株鮮重介於 98.8 — 112.5 g；單、混植分蘗型芻料高粱 FSM 02 品系，植株高度介於 40.2 — 41.5 cm，分蘗數 1.5 — 1.8，植株莖徑 9.2 — 10.8 mm，植株鮮重介於 95.2 — 105.7 g。試驗結果顯示，生育 40 天植株高度，以單、混植高莖型芻料高粱 FSH 01 品系最高。高莖型芻料高粱生育快且早熟品系，在生育初期尚無因不同栽培方式而影響生長。青割玉米與分蘗型芻料高粱 FSM 02 品系間植株高度無明顯差異。比較作物間生育 40 天植株鮮重，不同單、混植栽培方式在青割玉米與芻料高粱各品系間差異均不顯著，高莖型與分蘗型芻料高粱均顯著高於青割玉米。生育 40 天農藝性狀比較綜合結果，2 個不同生育型芻料高粱新品系初期生育均較青割玉米生長快速。

表 1. 青割玉米與芻料高粱於春作不同栽培方式播種後 40 天之農藝性狀比較

Table 1. Comparison of the agronomic traits of forage corn and forage sorghum with different planting methods 40 days after planting in spring crop

Crop	Variety /line	Planting method	Plant height cm	Tiller number Tiller no./ plant	Stem diameter mm	Fresh weight g/plant
Forage corn	KT 1 <sup>§</sup>	Pure stand	45.5 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	8.5 <sup>b</sup>	68.5 <sup>b</sup>
		Mixed with FSH 01	46.7 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	8.2 <sup>b</sup>	60.2 <sup>b</sup>
		Mixed with FSM 02	40.2 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	8.2 <sup>b</sup>	58.8 <sup>b</sup>
Forage sorghum	FSH 01	Pure stand	68.5 <sup>a*</sup>	0 <sup>b</sup>	12.5 <sup>a</sup>	112.5 <sup>a</sup>
	FSH 01	Mixed with KT 1	66.8 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	11.2 <sup>a</sup>	98.8 <sup>a</sup>
	FSM02	Pure stand	40.2 <sup>b</sup>	1.5 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	105.7 <sup>a</sup>
	FSM 02	Mixed with KT 1	41.5 <sup>b</sup>	1.8 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	95.2 <sup>a</sup>

\* Means in the same column with different superscripts differ significantly,  $P < 0.05$ .

<sup>§</sup> KT1: Kenting no.1; FSH 01: high stem type line; FSM 02: tillering type line.

芻料高粱或青割玉米約播種後 55 — 65 天開花，以高莖型芻料高粱最早抽穗開花，其次為青割玉米與分蘗型芻料高粱，兩者生育特性較為一致。於生育 75 天進行青割玉米與不同芻料高粱植株各部位鮮重與乾物率比較 (表 2)。結果顯示，不同作物間生育差異，以單株鮮重性狀最為明顯。由表 2 知，單植高莖型芻料高粱單株鮮重 865.5 g 最重，顯著高於其他單、混植芻料高粱及青割玉米 ( $P < 0.05$ )；與高莖型芻料高粱 FSH 01 品系混植的青割玉米單株鮮重為 682.8 g，顯著高於單植青割玉米、單混植的分蘗型芻料高粱 FSM 02 品系及混植的高莖型高粱 ( $P < 0.05$ )，顯示青割玉米與芻料高粱混植栽培方式，2 個芻料高粱新品系生育均明顯受青割玉米生長與競爭影響。進一步分析不同單、混植之植株各部位鮮重，以混植高莖型芻料高粱組合的青割玉米，其葉、莖與穗的鮮重均顯著增加，顯示青割玉米與高莖型芻料高粱混植栽培時，青割玉米可能有較佳生育優勢。相對地，高莖型芻料高粱其莖、葉與穗的鮮重均明顯減少，顯示受青割玉米生育影響。同樣地，分蘗型芻料高粱 FSM 02 品系與青割玉米混植栽培，其生育亦明顯受青割玉米生長影響。植株乾重差異方面，與高莖型芻料高粱混植之青割玉米 237.6 g 及單植的高莖型芻料高粱 232.2 g 最重，與青割玉米混植之高莖型芻料高粱 121.9 g 及與青割玉米混植之分蘗型芻料高粱 108.3 g 最輕。綜合試驗結果顯示，與青割玉米混植之不同生育型芻料高粱生育明顯受青割玉米生長影響。

### II. 夏作芻料高粱宿根再生栽培

春作混植試驗於刈割收穫，行田間灌水、除草與施肥作業，續行芻料高粱宿根再生栽培。於栽培生育約 82 日進行第一次宿根再生栽培生育調查與比較 (表 3)。由表 3 宿根栽培結果顯示，因無青割玉米生長影響，主要是不同生育型芻料高粱品系宿根栽培的生育特性差異，不同單、混植方式之芻料高粱品系在植株總鮮重與乾物率含量均呈顯著差異。單株總鮮重與總乾物重均以單植高莖型芻料高粱 FSH 01 品系最重，顯著高於其他單、混植芻料高粱品系 ( $P < 0.05$ )。比較不同生育型芻料高粱品系在單、混植栽培在植株鮮重間均有顯著差異；植株總乾物重均以單植高



莖型芻料高粱 FSH 01 品系最重，顯著高於其他單、混植芻料高粱品系 ( $P < 0.05$ )。比較不同生育型芻料高粱品系在單、混植栽培之植株乾物重間均呈顯著差異；莖 / 葉乾物重比，以單、混植高莖型芻料高粱 9.9 – 10.5 最高，顯著高於單、混植分蘗型芻料高粱 3.5 – 3.7，單植分蘗型芻料高粱 3.5 最低；乾物率以混植青割玉米之分蘗型芻料高粱 34.6% 最高，顯著高於單、混植青割玉米之高莖型芻料高粱及單植分蘗型芻料高粱 ( $P < 0.05$ )。夏作芻料高粱宿根再生栽培結果顯示，混植青割玉米栽培之宿根芻料高粱有增加芻料高粱乾物率趨勢。

表 2. 青割玉米與芻料高粱於春作不同栽培方式播種後 75 天之單株植株各部位鮮重與乾物率比較

Table 2. Comparison of fresh weights and dry matter percentages of forage corn and forage sorghum with different planting methods 75 days after planting in spring crop

Crop	Variety /line	Planting method	Leaf fresh weight	Stem fresh weight	Spike fresh weight	Total fresh weight	Dry matter percentage	Dry weight
			g/plant	g/plant	g/plant	g/plant	%	g/plant
Forage corn	KT 1 <sup>§</sup>	Pure stand	83.3 <sup>c</sup>	216.7 <sup>d</sup>	238.9 <sup>a</sup>	538.9 <sup>c</sup>	32.5 <sup>a</sup>	175.1 <sup>b</sup>
		Mixed with FSH 01	130.6 <sup>a*</sup>	291.1 <sup>c</sup>	261.1 <sup>a</sup>	682.8 <sup>b</sup>	34.8 <sup>a</sup>	237.6 <sup>a</sup>
		Mixed with FSM 02	88.9 <sup>c</sup>	200.0 <sup>d</sup>	211.9 <sup>a</sup>	500.8 <sup>c</sup>	33.2 <sup>a</sup>	166.3 <sup>b</sup>
Forage sorghum	FSH 01	Pure stand	131.1 <sup>a</sup>	672.2 <sup>a</sup>	62.2 <sup>b</sup>	865.5 <sup>a</sup>	26.8 <sup>c</sup>	232.0 <sup>a</sup>
	FSH 01	Mixed with KT 1	72.2 <sup>c</sup>	327.8 <sup>bc</sup>	27.8 <sup>c</sup>	427.8 <sup>d</sup>	28.5 <sup>b</sup>	121.9 <sup>c</sup>
	FSM 02	Pure stand	100.1 <sup>b</sup>	377.8 <sup>b</sup>	61.1 <sup>b</sup>	540.0 <sup>c</sup>	30.2 <sup>b</sup>	163.1 <sup>b</sup>
	FSM 02	Mixed with KT 1	52.2 <sup>d</sup>	283.3 <sup>c</sup>	27.8 <sup>c</sup>	363.3 <sup>c</sup>	29.8 <sup>b</sup>	108.3 <sup>c</sup>

\* Means in the same column with different superscripts differ significantly,  $P < 0.05$ .

<sup>§</sup> As shown in Table 1.

表 3. 芻料高粱不同栽培方式刈割後宿根再生 82 天單株鮮重與乾重比較

Table 3. Comparison of fresh weights and dry weights of forage sorghum with different planting method reforming 82 days after cutting

Crop	Variety /line	Planting method	Fresh weight	Dry weight	Stem/leaf dry weight	Dry matter percentage
			g/plant	g/plant		%
Forage sorghum	FSH 01 <sup>§</sup>	Pure stand	3,517.3 <sup>a*</sup>	949.7 <sup>a</sup>	10.5 <sup>a</sup>	27.0 <sup>c</sup>
	FSH 01	Mixed with KT 1	2,197.7 <sup>b</sup>	608.0 <sup>b</sup>	9.9 <sup>a</sup>	27.7 <sup>c</sup>
	FSM 02	Pure stand	1,807.3 <sup>c</sup>	578.3 <sup>c</sup>	3.5 <sup>b</sup>	32.0 <sup>b</sup>
	FSM 02	Mixed with KT 1	1,686.7 <sup>d</sup>	583.6 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	34.6 <sup>a</sup>

\* Means in the same column with different superscripts differ significantly,  $P < 0.05$ .

<sup>§</sup> As shown in Table 1.

### III. 春作混植主收穫與夏作宿根再生刈割鮮重產量預估

春作於栽培約 82 日進行刈割收穫與產量預估 (表 4)，由表 4 可知單位面積產量以混植青割玉米與分蘗型芻料高粱栽培有最高牧草收量 (62.0 mt/ha)，單植高莖型芻料高粱次之 (55.0 mt/ha)，均顯著高於其他單、混植組合 ( $P < 0.05$ )。青割玉米混植高莖型芻料高粱栽培，青割玉米 25.5 mt/ha，高莖型芻料高粱 16.0 mt/ha；青割玉米混植分蘗型芻料高粱栽培方式，青割玉米牧草收量 37.2 mt/ha，分蘗型芻料高粱 24.8 mt/ha，以單植青割玉米與單植分蘗型芻料高粱鮮草產量最低 (40.2 與 39.8 mt/ha)。春作在生育後期，因持續大量降雨，造成單植青割玉米與單植分蘗型芻料高粱生育變差而影響牧草收量，高莖型芻料高粱品系生育則不受影響。Getachew *et al.* (2016) 研究結果顯示，因應未來氣候變遷下農業栽培環境的劇烈變化如降雨頻度改變、大氣二氧化碳濃度的升高與高溫乾旱的氣候，節水與耐旱性強的高粱屬作物應可作為玉米的替代作物選項，栽培高粱作物除可適應高溫乾旱環境外，亦可得到較為穩定的收穫量。本試驗結果顯示，選擇栽培優良的芻料高粱品種進行單植或混植栽培，結果與 Getachew *et al.* (2016) 研究一致，顯示如能選育更適應臺灣多降雨氣候環境的本土性芻料高粱品種，則有栽培推廣的應用潛力。有關芻料高粱混植或間植等不同栽培方式的研究，大都以不同的豆科作物為主要混植種類，有明顯提高產量與提升品質 (Sankaranarayanan *et al.*, 2005; Ayub and Shoaib, 2009; Lithourgidis *et al.*, 2011; Kadam *et al.*, 2017) 及增加芻料蛋白質產量與淨收益 (Pal *et al.*, 2014) 等效益。同為禾本科作物混植栽培之相關文

獻較少。Elemo (2010) 研究結果顯示，高粱（穀粒型）與玉米混植或間植的栽培方式，收穫量明顯受栽培密度與栽培管理等因素影響，栽培密度過密則影響籽粒收穫產量與品質。因此，有鑑於此，本研究種植及栽培管理方式參考 Elemo (2010) 試驗方法進行，以期建立最佳的栽培管理模式以利後續栽培推廣之參考。本研究結果亦與 Samarappuli and Berti (2018) 研究結果一致，高粱（穀粒型）植株的生育亦明顯受飼料玉米生長影響而降低。

表 4. 青割玉米與芻料高粱不同栽培方式之各次收穫鮮重與總鮮重產量

Table 4. The fresh yields of forage corn and forage sorghum with different planting methods for each harvest and total production

Plant method	Crop	Variety/line	Main fresh yield mt/ha	First ratoon harvest mt/ha	Total fresh yield mt/ha
Pure stand	Forage corn	KT 1 <sup>§</sup>	40.2 <sup>b</sup>	—	40.2 <sup>c</sup>
	Forage sorghum	FSH 01	55.0 <sup>a*</sup>	63.1 <sup>b</sup>	118.1 <sup>a</sup>
		FSM 02	39.8 <sup>b</sup>	55.8 <sup>c</sup>	95.6 <sup>b</sup>
Mixed plating	Forage corn with forage sorghum	KT 1 and FSH 01	41.5 <sup>b</sup>	78.4 <sup>a</sup>	119.9 <sup>a</sup>
	Forage corn	KT 1	(25.5)	—	—
	Forage sorghum	FSH 01	(16.0)	78.4	—
	Forage corn with forage sorghum	KT 1 and FSM 02	62.0 <sup>a</sup>	62.8 <sup>b</sup>	124.8 <sup>a</sup>
	Forage corn	KT 1	(37.2)		
	Forage sorghum	FSM 02	(24.8)	62.8	

\* Means in the same column with different superscripts differ significantly,  $P < 0.05$ .

§ As shown in Table 1.

夏作芻料高粱宿根於栽培約 80 日進行刈割與牧草收量預估（表 4）。單位面積預估產量以混植高莖型芻料高粱有最大牧草鮮重（78.4 mt/ha），顯著高於混植分蘗型芻料高粱鮮草產量（62.8 mt/ha）。累計春、夏作各單、混植栽培組合牧草鮮草總收量，混植分蘗型芻料高粱牧草收量 124.8 mt/ha、混植高莖型芻料高粱牧草收量有 119.9 mt/ha，均與單植高莖型芻料高粱牧草收量之 118.1 mt/ha 相近且無顯著性差異，單植青割玉米 40.2 mt/ha 牧草收量最低。推測夏作芻料高粱宿根產量高的原因，於宿根栽培期間溫度高、降雨量多且生育快速，因此，單株的植株鮮重較春作明顯增加，且分支數目多，牧草收量高。依試驗結果推薦，如於春、夏多降雨期間採用青割玉米混植芻料高粱的栽培模式，可得穩定與較高牧草收量。

#### IV. 營養成分分析

表 5 為春作混植試驗青割玉米與芻料高粱植株主要營養成分比較。混植栽培之牧草收穫以整行刈割後依青割玉米與芻料高粱鮮草 1:1 比率均勻混合細切後，調製為青貯小包裝。不同單、混植之芻料高粱粗蛋白質含量分別 8.53 與 9.81%，單植分蘗型芻料高粱粗蛋白質含量 9.81%，與青割玉米混植之分蘗型芻料高粱蛋白質含量 9.29% 稍低，以與青割玉米混植的高莖型芻料高粱粗蛋白質含量 8.53% 最低。單、混植芻料高粱的青割玉米粗蛋白質含量介於 7.82 — 9.28%，與高莖型芻料高粱混植的青割玉米為 9.28% 最高，顯著高於單植青割玉米 7.82%。中洗纖維方面，以單植高莖型芻料品系 59.16% 最高，與其他單、混植組合之芻料高粱有顯著差異，單植分蘗型芻料高粱品系中洗纖維 53.46% 最低。酸洗纖維方面，不論單、混植青割玉米之芻料高粱品系，酸洗纖維含量則介於 39.21 — 39.87% 最高，以單植及與分蘗型芻料高粱品系混植的青割玉米最低（依次為 29.34 與 29.02%），與不同單、混植組合芻料高粱間均達顯著差異，顯示青割玉米品質仍較優於芻料高粱。分析本研究栽培期間，在生育中期遇高溫及乾旱氣候，生育後期則逢連續降雨等不利栽培的生長環境，青割玉米生育受限，影響青割玉米的營養成分與品質。

#### V. 青貯品質分析

春作單、混植於適期刈割收穫，進行真空小包裝青貯料調製。青貯品質分析結果如表 6。由表 6 知，pH 介於 3.65 — 3.77，以單植高莖型芻料高粱 pH 3.65 最低，單植青割玉米 pH 3.78 最高，單植芻料高粱品系有較低 pH；各單、混植栽培之芻料，乙酸含量介於 0.83 — 1.37%，單植青割玉米 1.37% 最高，與青割玉米混植分蘗型芻料高粱 FSM 02 品系之混合芻料乙酸 0.83% 最低；丙酸含量均在 0.01% 或以下；丁酸含量介於 0.02 — 0.04%

間，各單、混植組合間差異不大；乳酸介於 5.52 — 8.23% 之間，以混植分蘗型芻料高粱 FSM 02 最高。試驗結果顯示，不論單、混植栽培組合芻料，所有青貯品質評分均達優良等級 (93.0 — 98.0)。

表 5. 青割玉米與芻料高粱於春作不同栽培方式植體營養成分

Table 5. Nutrient contents of forage corn and forage sorghum with different planting methods in spring crop (% DM basis)

Crop	Variety /line	Planting method	CP <sup>#</sup>	NDF	ADF
Forage corn	KT 1 <sup>§</sup>	Pure stand	7.82 ± 0.19 <sup>c</sup>	57.93 ± 1.06 <sup>b</sup>	29.34 ± 2.67 <sup>d</sup>
		Mixed with FSH 01	9.28 ± 1.57 <sup>ab</sup>	58.11 ± 1.26 <sup>ab</sup>	31.41 ± 2.31 <sup>c</sup>
		Mixed with FSM 02	8.49 ± 0.83 <sup>b</sup>	57.93 ± 1.07 <sup>b</sup>	29.02 ± 0.46 <sup>d</sup>
Forage sorghum	FSH 01 <sup>§</sup>	Pure stand	8.58 ± 0.42 <sup>b</sup>	59.16 ± 0.77 <sup>a</sup>	39.87 ± 0.41 <sup>a</sup>
	FSH 01	Mixed with KT 1	8.53 ± 1.20 <sup>b</sup>	57.17 ± 2.91 <sup>bc</sup>	39.21 ± 1.13 <sup>a</sup>
	FSM 02	Pure stand	9.81 ± 1.54 <sup>a*</sup>	53.46 ± 1.99 <sup>c</sup>	39.84 ± 2.65 <sup>a</sup>
	FSM 02	Mixed with KT 1	9.29 ± 1.52 <sup>ab</sup>	57.18 ± 2.91 <sup>bc</sup>	39.38 ± 1.69 <sup>a</sup>
Forage corn with forage sorghum	KT1 and FSH 01	Mixed with KT I and FSH 01	9.02 ± 1.17 <sup>ab</sup>	57.65 ± 3.21 <sup>bc</sup>	34.24 ± 2.03 <sup>b</sup>
	KT1 and FSM 02	Mixed with KT 1 and FSM 02	8.85 ± 0.98 <sup>b</sup>	57.45 ± 1.05 <sup>b</sup>	34.08 ± 1.46 <sup>b</sup>

\* Means in the same column with different superscripts differ significantly, P < 0.05.

§ As shown in Table 1.

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

表 6. 青割玉米與芻料高粱不同栽培方式之青貯品質

Table 6. The silage quality of forage corn and forage sorghum with different planting methods

Planting method	Variety/line	pH	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid	Lactic acid	Flieg's score
----- % DW -----							
Pure stand	KT I <sup>§</sup>	3.78 <sup>a*</sup>	1.37 <sup>a</sup>	0.01	0.02 <sup>b</sup>	5.09 <sup>d</sup>	96.5
	FSH 01	3.65 <sup>b</sup>	0.85 <sup>c</sup>	0.01	0.04 <sup>a</sup>	7.81 <sup>b</sup>	96.5
	FSM 02	3.69 <sup>b</sup>	1.05 <sup>b</sup>	0.00	0.04 <sup>a</sup>	8.23 <sup>a</sup>	96.5
Mix planting	KT I with FSH 01	3.77 <sup>a</sup>	1.02 <sup>b</sup>	0.01	0.04 <sup>a</sup>	5.52 <sup>d</sup>	93.0
	KT I with FSM 02	3.76 <sup>a</sup>	0.83 <sup>c</sup>	0.01	0.02 <sup>b</sup>	6.66 <sup>c</sup>	98.0

\* Means in the same column with different superscripts differ significantly, P < 0.05.

§ As shown in Table 1.

## 結 論

本研究春作混植結果顯示，青割玉米單、混植不同生育型芻料高粱之栽培方式，混植高莖型芻料高粱與青割玉米組合植株間生育有明顯競爭現象，青割玉米顯現較強競爭優勢，有較佳植株鮮重，明顯影響高莖型芻料高粱生育，因此，混植組合中高莖型芻料高粱品系受青割玉米生育競爭影響。依據夏季芻料高粱宿根再生栽培結果，宜篩選再生能力強與分蘗性高的芻料高粱品系，以供後續進行混植栽培品種利用選擇。青割玉米與不同生育型芻料高粱混植的栽培模式，在春、夏季多降雨期間，不論春作主收穫或夏作宿根再生牧草產量均較單植青割玉米栽培穩定，顯示混植栽培模式有穩定牧草產量效益，適合臺灣地區春、夏季多降雨期間栽培生產，且混植栽培中不同作物間有相互保護效果，及增加作物乾物率等多種效益，極具推廣栽培潛力。

## 參考文獻

- A. O. A. C. 1995. Official methods of analysis. Vol.1. 16<sup>th</sup> ed. A.O.A.C. Arlington, VA, USA.
- 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. Agric. Sci. 46: 25-29.

- Brussaard, L., P. C. de Ruiter, and G. G. Brown. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agr. Ecosyst Environ.* 121: 233-244.
- Bulson, H. A. J., R. W. Sanydon, and C. E. Stopes. 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. Agr. Sci.* 128: 59-71.
- Elemo, K. A. 2010. Productivity of maize/ sorghum intercrop as influenced by component crop density and arrangement. *J. Agric. Sci. Environ.* 10: 25-35.
- Gebbru, H. 2015. A review on the comparative advantages of intercropping to mono-cropping system. *J. Bio. Agric. Healthcare* 5: 1-13.
- Getachew, G., D. H. Putnam, C. M. De Ben, and E. J. De Peter. 2016. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. *American J. Plant Sci.* 7: 1106-1121.
- Hauggaard-Nielsen, H. and E. Jensen. 2005. Facilitative root interactions in intercrops. *Plant Soil* 274: 237-250.
- Kadam, S. S., M. Arif and A. Kumar. 2017. Role of cropping system in forage production. *RASHTRIYA KRTSHI* 12: 1-12.
- Kihara Y., K. Nemoto, H. Suzuki, and M. Agata. M. 1991. Studies on mixed cropping of corn and sorghum. *Bull Kanagawa Prefectural Livestock Experiment Station* 81: 20-31. (In Japanese.)
- Kim, K. H., J. Tsujiguchi, and S. Uchida. 1992. Fermentation quality evaluation of Italian ryegrass silages by using the buffer index curve. *A.J.A.S.* 5: 737-740.
- Kobayashi, R., K. Sato, I. Hattori, and K. Tatenno. 2008. Seeding rate for the sorghum-sundangrass hybrid (*Sorghum bicolor* Moench x *Sorghum sudanense* [Piper] Stapf.) in the mixed seeding cultivation with corn (*Zea mays* L.) under a partial tillage condition in Kyushu region. *J. Japan Grassl. Sci.* 54: 81-88.
- Kobayashi, R., K. Tatenno, K. Sato, and I. Hattori. 2004. Practicability of corn cultivation under partial tillage with slurry as a top dressing. *J. Japan Grassl. Sci.* 50: 154-158. (In Japanese with English abstract.)
- Komarek, A. R., H. Manson, and N. Thiex. 1996. Crude fiber determination using the ANKOM system. Publ. 102. ANKOM technol. Corp., Fairport, NY. USA.
- Lithourgids, A. S., C. A. Dordas, C. A. Damalas, and D. N. Vlachostergios. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian J. Crop Sci.* 5: 396-410.
- Loreau, M. and A. Hectorn. 2001. Partitioning selection and complementarity on biodiversity experiments. *Nature* 412: 72-76.
- Malezieux, E., Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. de Tourdonnet, and M. Valantin-Morison. 2009. Mixing plant species in cropping system: concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 29: 43-62.
- Muschler, R. G. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforest. Syst.* 85: 131-139.
- Ndakidemi, P. A. 2006. Manipulating legume/cereal mixtures to optimize the above and below ground interaction in the traditional African cropping systems. *African J. Biotechn.* 25: 2526-2533.
- Pal, M. S., A. Reza, Y. P. Joshi, and U. B. S. Panwar. 2014. Production potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under different intercropping systems. *Agric. Sustain. Dev.* 2: 87-91.
- Perfecto, L., A. Mas, T. Dietsch, and J. Vandermeer. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodivers. Conserv.* 12: 1239-1252.
- Samarappuli, D. and M. Berti. 2018. Intercropping forage sorghum with maize is a promising alternative to maize silage for biogas production. *J. Cleaner Prod.* 194: 515-524.
- Sankaranarayanan, K. A. Solaimalai, and N. Sankaran. 2005. Intercropping of legume in fodder sorghum- A review. *Agric. Rev.* 26: 217-222.
- SAS. 2004. SAS procedure guide for personal computers. Statistical Version 7<sup>th</sup> ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Swift, M. J., A. M. N. Izac, and M. Van Noordwijk. 2004. Biodiversity and ecosystem services. Are we asking the right questions? *Agr. Ecosyst. Environ.* 104: 113-134.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Vogel, K., J. F. Pederson, S. D. Masterson, and J. J. Toy. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF and IVDMD forage analysis. *Crop Sci.* 39: 276-279.



# Evaluation of the advantages of mixed planting of forage corn with forage sorghum <sup>(1)</sup>

Min-Lang Chang <sup>(2)(4)</sup> and Li-Jen Liao <sup>(3)</sup>

Received: Sep. 11, 2020; Accepted: Jul. 16, 2021

## Abstract

Forage corn is an important forage crop in Taiwan. The production of forage corn was short due to climatic factors in the summer. The objectives of this study were mainly to explore the advantages of mixed planting of forage corn with the different growth types of forage sorghums, which can improve the forage production and supplement the shortage of forage corn production in the summer. Forage corn Kenting No.1 (KT 1), forage sorghum (FSH 01) with high stem and forage sorghum (FSM 02) with tillering type selected by the Hengchun Branch, Livestock Research Institute, Council of Agriculture were used. There were 5 different treatments, including forage corn with pure stand, high-stem forage sorghum with pure stand, tillering type forage sorghum with pure stand, forage corn mixed with high-stem forage sorghum, and forage corn mixed with tillering type forage sorghum. The field experiment design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 replications per treatment, with the cultivation management in compliance with the general cultivation practice. The results showed that significant growth differences were observed between crop species and among entry variety and lines in middle and late growth stage in spring crop. The growth competition was also observed in mixed planting, especially with the visible fresh weight of the plant. When forage corn was the mixed planting with forage sorghum, forage corn exhibited better growth and influence on the growth of forage sorghum. The fresh yield of tillering type forage sorghum mixed planting with forage corn was 62.0 mt/ha, which was significantly higher than that of high-stem forage sorghum mixed planting with forage corn (41.5 mt/ha) in spring crop. No lodging was observed in mixed planting between forage corn and forage sorghum. The two crop species could protect each other in mixed planting. In terms of the quality of forage silage of pure stand and mixed planting in spring crop, all silage quality scores reached the grade of excellence (93.0-98.0). For the regrowth of forage sorghum in summer, it showed that both fresh and dry weights per plant, stem/leaf ratio and dry matter percentage were significantly different between the lines. The fresh weight of forage sorghum with high-stem was 78.4 mt/ha, significantly higher than those of the others. The total fresh yield combined two harvests for forage corn mixed planting with tillering type forage sorghum, which was 124.8 mt/ha and the highest among all the treatments. It was suggested that forage corn mixed planting with tillering type forage sorghum might provide an alternative cultivation system that will increase forage production and supplement in the summer.

Key words: Forage corn, Forage sorghum, Climate change, Mixed planting, Pure stand.

---

(1) Contribution No. 2671 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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



# 舍內飼養密度對土番鴨生長性能與屠體性狀之影響<sup>(1)</sup>

林榮新<sup>(2)</sup> 林育安<sup>(3)</sup> 曾再富<sup>(4)</sup> 鄭智翔<sup>(2)</sup> 劉秀洲<sup>(2)</sup> 蘇晉暉<sup>(2)(5)</sup>

收件日期：110 年 2 月 24 日；接受日期：110 年 7 月 16 日

## 摘 要

本試驗旨在探討舍內飼養密度對土番鴨生長性能、屠體性狀、主翼羽長度及足墊損傷之影響，以建立最適合土番鴨之舍內飼養模式。使用 3 週齡二品種土番鴨 420 隻進行試驗，將土番鴨逢機分成 4 種飼養密度，分別為舍內每平方公尺飼養 1、1.5、2 或 2.5 隻等 4 種處理組，每處理組 3 重複，公母各半，每欄 20 m<sup>2</sup>，共飼養 12 欄。試驗期間測定其生長性狀、屠體性狀、主翼羽長度及足墊損傷，於 3 週齡每欄逢機選取公母各 1 隻鴨犧牲，犧牲後測定屠體性狀。試驗結果顯示：各處理組 12 週齡平均活體重介於 3,083 – 3,174 g，但以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻的平均活體重為 3,195 與 3,174 g，顯著較 2 與 2.5 隻組之 3,083 及 3,086 g 為重 ( $P < 0.05$ )。各處理組 12 週齡平均足墊損傷評分介於 3.07 – 4.20 分，但以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻組平均足墊損傷評分皆為 3.07 分，顯著較 2 與 2.5 隻組之 4.09 及 4.20 分為佳 ( $P < 0.05$ )。其他測定項目如 3 – 12 週齡之平均飼料轉換率、12 週齡主翼羽長度、12 週齡屠體重與屠宰率，各處理組間則無顯著差異。舍內每平方公尺飼養 1、1.5、2 及 2.5 隻組其增重生產量分別為 2.70、4.01、5.19 及 6.49 kg/m<sup>2</sup>。由本試驗結果得知，同時考量活體重、飼料轉換率與足墊損傷等因素，舍內土番鴨飼養密度以每平方公尺不超過 1.5 隻為宜；若以增重生產量評估，則以每平方公尺飼養 2.5 隻可獲得最多生產量。

關鍵詞：屠體性狀、生長性能、土番鴨、飼養密度。

## 緒 言

隨著國人環保意識的提升，以及禽流感問題威脅臺灣家禽生產事業的程度日益提升，對於養禽場生物安全防護要求的不斷提高，將飼養於戶外的肉鴨移入舍內飼養，是未來必須面對的課題。相較於傳統僅給予簡易遮蔽的飼養方式，密閉式鴨舍昂貴的建築與養護成本，會提高鴨隻的飼養成本。因此，生產業者必須以較高的飼養密度來提升生產收益。然而，文獻指出飼養密度因為受到空間的限制，常是動物福祉是否對農場收益造成負面效應的爭論核心 (Estevez, 2007)。儘管傳統籠飼方式可大幅提升空間之利用率及有利於飼養管理，但隨著國人動物保護意識之抬頭，並提倡重視動物福祉應提供圈養家禽適當之活動空間 (The Council of The European Union, 1999)，文獻指出飼養於密集式系統的鴨隻，需維持一個良好的微氣候 (micro-climate，如濕度及氨氣濃度) 及乾燥的墊料對腳部健康的重要性等 (Raud and Faure, 1994)，在鴨隻的飼養方式方面，歐洲委員會 (Council of Europe, 1999) 建議環境應維持使空氣溫度、流速及粉塵不至於產生對鴨隻健康及福祉等不利的影響，而且飼養密度應考慮通風系統的能力，以預防熱緊迫的發生。針對舍內飼養鴨隻，蘇等 (2013) 建議水簾式鴨舍土番鴨之飼養密度以每平方公尺飼養 1.5 隻為宜。胡等 (1999) 指出飼養密度較高 (1 – 3 隻 /m<sup>2</sup>)，會影響番鴨的生長。綜上所述，本試驗的目的在針對舍內土番鴨的飼養密度進行試驗，希望瞭解不同的舍內飼養密度對土番鴨生長性能、屠體性狀、主翼羽長度及足墊損傷之影響，以建立最適合土番鴨之舍內飼養模式。

## 材料與方法

### I. 試驗動物與試驗設計

- 
- (1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2672 號。
  - (2) 行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。
  - (3) 國立宜蘭大學生物技術與動物科學系。
  - (4) 國立嘉義大學動物科學系。
  - (5) 通訊作者，E-mail: chsu@mail.tlri.gov.tw。

鴨隻使用本分所自行育成之雛土番鴨。0—3 週齡之雛土番鴨飼養於育雛舍內，其飼料中主要營養組成為 CP 18.91%、ME 2,892 kcal/kg、鈣 0.74%、有效磷 0.37%、離胺酸 1.12% 與含硫胺酸 0.70%。420 隻二品種土番鴨（公番鴨 × 母北京鴨）滿 3 週齡後移入鴨舍內飼養至 12 週齡，並隨機分成 4 種飼養密度，分別為舍內每平方公尺飼養 1、1.5、2 或 2.5 隻等 4 種處理組，每處理組 3 重複，公母各半，每欄 20 m<sup>2</sup>，共飼養 12 欄。試驗期間鴨舍採自然通風，飲水及飼料皆採任飼，各組皆使用相同飼料。土番鴨試驗飼料依鴨隻營養分需要量手冊（沈，1988）推薦之營養標準餵飼（表 1），依 2020 年 12 月飼料單價與配方估算出試驗飼料每公斤為 13.28 元。各組每重複皆有相同規格水浴槽：長度為 50 cm、寬度為 30 cm、深度為 15 cm。禽舍大小：長 60.1 m、寬 15.3 m、高 4.7 m。本試驗期間為 109 年 6 月 11 日至 109 年 9 月 2 日。鴨床床面是一半不銹鋼網狀床面搭配一半塑膠床面，其規格如下：不銹鋼網床面之不銹鋼網線徑為 0.5 cm、網目為 5.0 × 1.5 cm；塑膠床面之每片塑膠長度為 90 cm、寬度為 30 cm、厚度為 3 cm；本研究涉及之動物試驗於行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所執行，動物之使用、飼養及實驗內容皆依行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所實驗動物管理委員會批准之文件與試驗準則進行。

表 1. 土番鴨飼養密度試驗 3—12 週齡土番鴨飼料組成

Table 1. Composition of diets for mule ducks stocking density during 3-12 weeks of age

Ingredients	3—12 weeks
Yellow corn, ground	66.3
Soybean meal, 43% CP	20.6
Wheat bran	8.71
Soybean oil	1.1
Pulverized limestone	1.44
Dicalcium phosphate	0.9
Iodized salt	0.3
L-Lysine · HCL, 99%	0.13
DL-Methionine, 98%	0.02
Vit-premix <sup>a</sup>	0.3
Min-premix <sup>b</sup>	0.2
Total	100.00
Calculated values	
CP, %	15.40
ME, kcal/kg	2,890
Ca, %	0.72
Available P, %	0.36
Lysine, %	0.90
Methionine + Cystine, %	0.57

<sup>a</sup> Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 24,000 IU; vitamin D, 5,000 IU; vitamin E, 50 IU; vitamin K, 6 mg; thiamin, 6 mg; riboflavin, 18 mg; pyridoxine, 14 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.06 mg; Ca-pantothenate, 30 mg; niacin, 120 mg; biotin (1.0%), 0.12 mg; and folic acid, 2 mg.

<sup>b</sup> Supplied per kilogram of diet: Mn (MnSO<sub>4</sub>), 100 mg; Zn (ZnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O), 90 mg; Cu (CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O), 8 mg; Se (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>), 0.2 mg; Fe (FeSO<sub>4</sub>), 100 mg; I (KIO<sub>3</sub>), 0.5 mg; and Co (CoCO<sub>3</sub>), 0.1 mg.

## II. 測定方法

### (i) 鴨舍內環境參數之測定

溫濕度之測定：使用溫濕度計 (FOURTEC, LITE5032L-RH, U.S.A.) 於試驗期間每週測定三天，測定時間為上午 9 點，測定地點為鴨舍前方、中間與後方，並將三天之數據加以平均。在試驗期間，鴨舍環境上午 9 點平均溫度為 33.9 ± 1.0°C、平均相對濕度為 75.2 ± 4.8% (圖 1)。

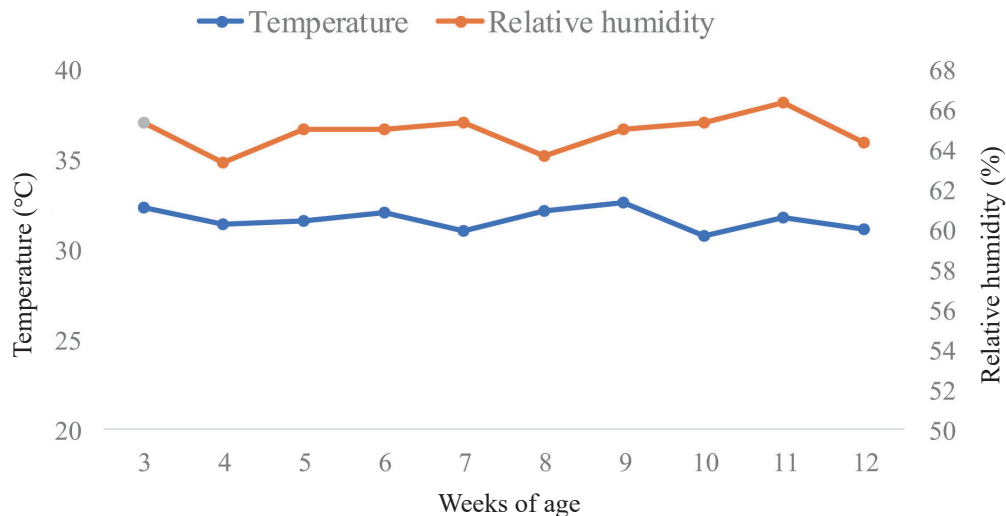


圖 1. 土番鴨飼養密度試驗期間之鴨舍環境 9 am 之溫濕度變化 (3 – 12 週齡)。

Fig. 1. Changes in temperature and relative humidity in the duck house at 9 am during the experiment period of stocking density (3-12 weeks of age).

#### (ii) 生長性狀之測定

在鴨隻 3、7、10 及 12 週齡時，測定各組鴨隻體重 ( $n = 60$ ) 及飼料採食量，以計算飼料轉換率。主翼羽長度之測定為鴨隻 7、10 及 12 週齡時，使用量尺測定鴨隻第 8 根主翼羽長度 ( $n = 60$ )。

#### (iii) 足墊損傷之測定

足墊損傷之測定是依照鴨隻足底肉墊損傷程度給予評分。評分方式參考 Hocking *et al.* (2008) 應用於火雞的評分方法，並由原本 0 至 4 分的評分方式調整為 0 至 5 分，各項分數之評分說明如下：0 分為沒有任何外傷，足墊呈現柔軟的觸感；1 分為足墊有些微外傷，足墊中央稍微硬化及隆起；2 分為足墊有明顯外傷，且具有輕微發炎情形，傷口處小於足墊面積的四分之一；3 分為足墊有清楚且明顯的外傷，足墊傷口有隆起但並未觀察到壞死情況；4 分為足墊整體發炎隆起，壞死區塊小於足墊面積的二分之一；5 分為足墊整體發炎隆起，壞死區塊大於足墊面積的二分之一 (圖 2)。

#### (iv) 屠體性狀之測定

於 12 週齡時，每重複逢機取樣公母各 1 隻，測定活體重後犧牲，供測定屠體重、屠宰率以及胸肉重。屠宰率計算方式為鴨隻犧牲放血、燙毛、脫毛、取內臟後 (不含腹脂) 之屠體重除以屠宰前所秤得之活體重而得。屠宰過程先使用電壓 110 伏特將鴨隻人道電昏，放血完全後，以 60°C 熱水進行燙毛 4 分鐘，再用脫毛機脫毛。

### III. 統計分析

試驗數據經 SAS (Statistical Analysis System, 2011) 套裝軟體之一般線性程序 (GLM procedure) 進行變異分析，如有顯著差異存在再以特奇公正顯著差異法 (Tukey's honest significant difference)，比較各組平均值間之差異顯著性。本試驗以  $P < 0.05$  為顯著差異水準。

## 結果與討論

飼養密度對土番鴨生長性能之影響，如表 2 所示。在活體重方面，各處理組 7 週齡平均活體重介於 2,069 – 2,145 g，各組間並無顯著差異。各處理組 10 週齡平均活體重介於 2,950 – 3,063 g，以每平方公尺飼養 1.5 隻之平均活體重 3,063 g，顯著較 2 與 2.5 隻組之 2,954 及 2,950 g 為重 ( $P < 0.05$ )。各處理組 12 週齡平均活體重介於 3,083 – 3,195 g，但以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻組的平均活體重 3,195 與 3,174 g，顯著較 2 與 2.5 隻組之 3,083 及 3,086 g 為重 ( $P < 0.05$ )；由此可知，舍內土番鴨飼養密度以每平方公尺不超過 1.5 隻，有助於鴨隻生長性能之表現。於 12 週齡時，舍內土番鴨飼養密度每平方公尺 2 隻與 2.5 隻組，其活體重顯著較 1 與 1.5 隻組為輕；探究其因，有看見工作人員與舍內發生聲響時，土番鴨較神經質，會因驚嚇而奔跑，且飼養密度高時鴨隻在奔跑間會互相碰撞而跌倒，而導致足墊損傷而影響活體重。此外，張等 (2010) 指出涼季飼養肉鵝時，以每平方公尺飼養 0.8 隻肉鵝的體重顯著較 1.6 隻者重。



在增重方面，各處理組 3 - 7、7 - 10、10 - 12 與 3 - 12 週齡時平均增重分別介於 1,583 - 1,649、876 - 944、112 - 148 及 2,597 - 2,700 g，各組間皆無顯著差異。蘇等 (2018) 指出飼養在室內鴨舍與非開放式鴨舍 12 週齡土番鴨之增重介於 2,609 - 2,676 g，本試驗結果與之相似。胡等 (1999) 指出影響番鴨體重之因素，除考慮品種及營養原因外，其他極可能係飼養管理造成之差異，因據本分所歷年檢定之番鴨體重成績，發現鴨床亦為影響生長性能重要因子之一，此可供養鴨業者參考。林等 (2019) 指出三品種土番鴨 12 週齡時，木條床面組與不銹鋼網狀床面組土番鴨活體重分別為 2,875 g 及 2,862 g 皆顯著較橡膠止滑床面組 2,663 g 為重 ( $P < 0.05$ )；於 3 - 7 週齡時，橡膠止滑床面組其飼料轉換率為 2.74 顯著較木條床面組 2.51 為差 ( $P < 0.05$ )；於 12 週齡時，以橡膠止滑床面組其主翼羽長度為 19.0 cm 有顯著較其它三組為短之現象 ( $P < 0.05$ )；其因為鴨舍清洗後橡膠止滑床面較潮濕，鴨隻因驚嚇於橡膠止滑床面奔跑，容易因止滑設計而跌倒，造成鴨隻主翼羽損傷，且會影響鴨隻增重與活體重而導致飼料轉換率較差。黃等 (1993) 利用不同飼養環境飼養三品種土番鴨發現，跛腳率以高床組 9.7% 顯著較墊料組 3.1% 與水池組 0.2% 為高 ( $P < 0.05$ )。胡等 (2009) 指出在臺灣熱季環境下，使用全條狀高床的鵝舍可改善 5 - 13 週齡生長肥育肉鵝增重不佳的情形。由以上文獻探討得知，舍內飼養土番鴨要慎選鴨床的床面與材質，否則土番鴨足墊可能會受傷而影響鴨隻之生長性能。



圖 2. 試驗鴨隻足墊評分示意圖 (自左上、右上、左中、右中、左下到右下分別為 0 到 5 分)。

Fig. 2. The illustration of different damage scores of foot pad for experimental duck (0 to 5 points from top left, top right, middle left, middle right, bottom left to bottom right).

在採食量方面，各處理組 3－7、7－10 與 10－12 週齡之平均隻日採食量分別介於 123－137、147－161 及 180－188 g，各組間皆無顯著差異（表 2）。各處理組 3－12 週齡平均隻日採食量介於 145－155 g，但以每平方公尺飼養 2.5 隻組之平均隻日採食量 145 g，顯著較 1 隻組者 155 g 少 ( $P < 0.05$ )；此結果可能是因為鴨隻飼養於高溫且擁擠環境下，其生理狀況皆處於輕微熱緊迫，故其採食量會受影響。林等 (2020) 指出飼養在複合型床面 10－12 週齡時土番鴨平均隻日採食量介於 180－192 g，本試驗結果與之相似。由於熱緊迫會導致動物體的體增重與飼料消耗量的下降 (Lesson, 1986; Teeter and Belay, 1996; Yahav, 2000)，因此，鴨隻飼養於較涼爽的環境下將能獲得較佳之體重。由以上文獻探討可得知，適當的飼養密度對於生產業者來說，不僅可提供動物良好的生長環境、兼顧動物福祉，並可減少因高密度飼養導致的種種不良性狀。

在飼料轉換率方面，各處理組 3－7、7－10、10－12 與 3－12 週齡之平均飼料轉換率分別介於 2.15－2.32、3.37－3.81、11.39－13.97 及 3.43－3.62，各組間皆無顯著差異（表 2）。然而土番鴨 3－7 與 7－10 週齡時各處理飼料轉換率皆在 4 以下，但在 10－12 週齡時各處理組飼料轉換率皆在 11 以上；此結果是因為鴨隻於生長前期（3－7 週齡）與生長後期（7－10 週齡）已快速增重，故其肥育期（10－12 週齡）則難有增重之空間，是故此時鴨隻之增重反而較少，因此導致 10－12 週齡時飼料轉換率有變差之情況。張等 (2010) 指出不論涼季和熱季，基於肉鵝增重、飼料消耗量和飼料轉換率考量，以每欄 (5 m<sup>2</sup>) 6 隻組以下較佳。王等 (2015) 指出 87 至 102 日齡之母火雞在 17.3 至 29.7 kg/m<sup>2</sup> 之飼養密度範圍內，應注意飼料轉換率隨著飼養密度的提高而變差的負面影響。本試驗舍內土番鴨飼養密度最高為每平方公尺 2.5 隻組，還未發生飼料轉換率變差之現象；如飼養密度提高為每平方公尺 3 隻組以上，則可能也會遇到飼料轉換率變差之問題，此問題土番鴨業者須特別注意。

表 2. 飼養密度對土番鴨生長性能之影響

Table 2. Effects of stocking density on the growth performance of the mule duck

Weeks of age	Stocking density, bird/m <sup>2</sup>			
	1	1.5	2	2.5
----- Body weight, g/ bird -----				
3	496 ± 9	495 ± 8	486 ± 7	487 ± 7
7	2,145 ± 26	2,119 ± 21	2,069 ± 20	2,074 ± 16
10	3,048 ± 34 <sup>ab</sup>	3,063 ± 23 <sup>a</sup>	2,954 ± 22 <sup>b</sup>	2,950 ± 24 <sup>b</sup>
12	3,195 ± 30 <sup>a</sup>	3,174 ± 24 <sup>a</sup>	3,083 ± 23 <sup>b</sup>	3,086 ± 22 <sup>b</sup>
----- Body weight gain, g/bird -----				
3－7	1,649 ± 21	1,623 ± 70	1,583 ± 43	1,586 ± 18
7－10	904 ± 58	944 ± 49	886 ± 82	876 ± 98
10－12	148 ± 9	112 ± 19	129 ± 20	135 ± 2
3－12	2,700 ± 44	2,679 ± 42	2,597 ± 89	2,597 ± 95
----- Feed consumption, g/bird/day -----				
3－7	137 ± 0.3	124 ± 1.7	123 ± 6.4	126 ± 1.5
7－10	161 ± 3.5	151 ± 6.8	158 ± 1.5	147 ± 2.2
10－12	182 ± 3.8	182 ± 6.2	188 ± 2.9	180 ± 4.0
3－12	155 ± 1.3 <sup>a</sup>	146 ± 3.0 <sup>ab</sup>	149 ± 2.3 <sup>ab</sup>	145 ± 0.9 <sup>b</sup>
----- Feed conversion ratio, feed/gain -----				
3－7	2.32 ± 0.02	2.15 ± 0.07	2.18 ± 0.17	2.22 ± 0.03
7－10	3.76 ± 0.21	3.37 ± 0.16	3.81 ± 0.32	3.60 ± 0.42
10－12	11.93 ± 0.80	13.97 ± 1.26	11.39 ± 2.51	12.81 ± 0.14
3－12	3.61 ± 0.04	3.43 ± 0.06	3.62 ± 0.14	3.52 ± 0.12

<sup>a, b</sup> Means in the same row without a common superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

Mean ± SE.

在主翼羽長度方面，各處理組 7、10 與 12 週齡時主翼羽長度分別介於 4.80－5.57、16.88－17.46 及 20.43－21.03 cm，各組間皆無顯著差異（表 3）。由試驗結果得知，於 7－10 週齡時是土番鴨羽毛發育最快速的時期，各

處理組之主翼羽皆生長 11 公分以上。由試驗結果得知，所使用的不同飼養密度對土番鴨羽毛發育並無負面影響。每平方公尺飼養土番鴨 2.5 隻組的鴨隻，可能是因為飼養密度較高，鴨隻的平均採食量較低，導致其體重與羽毛的發育都較遲緩。林等 (2019) 指出飼養在不同鴨床材質 12 週齡土番鴨主翼羽長度介於 19.0 – 21.1 cm，但以橡膠止滑床面組其主翼羽長度為 19.0 cm 有顯著較其他三組為短之現象，此可供養鴨業者參考。

表 3. 飼養密度對土番鴨主翼羽長度與足墊損傷之影響

Table 3. Effects of stocking density on the length of 8<sup>th</sup> primary feather and footpad damage of the mule duck

Weeks of age	Stocking density, bird/m <sup>2</sup>			
	1	1.5	2	2.5
----- Length of 8 <sup>th</sup> primary feather, cm -----				
7	5.57 ± 0.19	5.33 ± 0.26	4.80 ± 0.28	4.88 ± 0.25
10	16.88 ± 0.42	17.13 ± 0.19	17.00 ± 0.28	17.46 ± 0.23
12	21.03 ± 0.29	20.93 ± 0.23	20.43 ± 0.19	20.47 ± 0.30
----- Footpad damage, Score -----				
7	1.25 ± 0.17 <sup>b</sup>	1.62 ± 0.15 <sup>b</sup>	2.33 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.12 <sup>a</sup>
10	1.97 ± 0.21 <sup>b</sup>	2.31 ± 0.16 <sup>b</sup>	3.47 ± 0.12 <sup>a</sup>	3.15 ± 0.12 <sup>a</sup>
12	3.07 ± 0.23 <sup>b</sup>	3.07 ± 0.15 <sup>b</sup>	4.09 ± 0.11 <sup>a</sup>	4.20 ± 0.10 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Means in the same row without a common superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

Mean ± SE. (n = 60 each group)

在足墊損傷方面，各處理組 7 週齡平均足墊損傷評分介於 1.25 – 2.25 分，但以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻組平均足墊損傷評分為 1.25 及 1.62 分，顯著較 2 與 2.5 隻組者之 2.33 及 2.25 分為佳 ( $P < 0.05$ ) (表 3)。各處理組 10 週齡平均足墊損傷評分介於 1.97 – 3.47 分，但以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻組平均足墊損傷評分為 1.97 及 2.31 分，顯著較 2 與 2.5 隻組者之 3.47 及 3.15 分為佳 ( $P < 0.05$ )。各處理組 12 週齡平均足墊損傷評分介於 3.07 – 4.20 分，但以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻組平均足墊損傷評分皆為 3.07 分，顯著較 2 與 2.5 隻組者之 4.09 及 4.20 分為佳 ( $P < 0.05$ )。由以上試驗結果得知，舍內飼養密度每平方公尺 2 隻組就會顯著影響鴨隻之足墊健康；探究其因，試驗在鴨舍內以小面積分欄飼養，工作人員進行例行管理時，容易造成土番鴨緊迫，使得飼養密度較高之組別容易發生堆疊，而使鴨隻足墊受傷且影響鴨隻活體重，惟大面積飼養則需進一步探討。

在屠體性狀方面，各處理組 12 週齡屠體重介於 2,584 – 2,726 g，各組間並無顯著差異 (表 4)。在屠宰率方面，各處理組 12 週齡屠宰率介於 81.8 – 82.8%，各組間並無顯著差異。林等 (2020) 指出飼養在複合型床面 12 週齡時土番鴨屠宰率介於 81.4 – 81.9%；本試驗結果與之相似。在胸肉重方面，各處理組 12 週齡胸肉重介於 523 – 584 g，各組間並無顯著差異。蘇等 (2018) 指出飼養在室內鴨舍與非開放式鴨舍 12 週齡土番鴨其胸肉重介於 538 – 607 g；本試驗結果與之相似。

表 4. 飼養密度對土番鴨屠體性狀之影響

Table 4. Effects of stocking density on the carcass traits of the mule duck

Items	Stocking density, bird/m <sup>2</sup>			
	1	1.5	2	2.5
Body weight, g	3,295 ± 66	3,222 ± 69	3,140 ± 108	3,235 ± 88
Carcass weight, g	2,726 ± 62	2,628 ± 52	2,584 ± 71	2,683 ± 87
Dressing percentage, %	82.8 ± 1.0	81.8 ± 2.3	82.3 ± 1.0	82.7 ± 0.9
Breast weight, g	563 ± 28	557 ± 27	523 ± 35	584 ± 31

Mean ± SE. (n = 6 each group)

依 2020 年 12 月飼料單價與配方估算出試驗飼料每公斤為 13.28 元，經與表 2 飼料轉換率估算出舍內每平方公尺飼養 1、1.5、2 及 2.5 隻組，其土番鴨每公斤增重之飼料成本分別為 47.94、45.55、48.07 及 46.74 元 (表 5)。在增重生產量方面，舍內每平方公尺飼養 1、1.5、2 及 2.5 隻組，其增重生產量分別為 2.70、4.01、5.19 及 6.49



kg/m<sup>2</sup>，乘以活體重每公斤售價 70 元，則舍內每平方公尺飼養 1、1.5、2 及 2.5 隻組，其增重生產量售價分別為 189.0、280.7、363.3 及 454.3 元。由此可知，以舍內每平方公尺增重生產量來考量，則以每平方公尺飼養 2.5 隻之生產量最多。

表 5. 飼養密度對土番鴨增重飼料成本與生產量之影響

Table 5. Effects of stocking density on body weight gain feed cost and body weight gain produce of the mule duck

Items	Stocking density, bird/m <sup>2</sup>			
	1	1.5	2	2.5
	----- Body weight gain -----			
Feed cost, NT\$ / kg meat	47.94	45.55	48.07	46.74
Meat production, kg / m <sup>2</sup>	2.70	4.01	5.19	6.49
Value, NT\$ / m <sup>2</sup> *	189.0	280.7	363.3	454.3

\* The price of mule duck body weight on Dec. 21<sup>th</sup>, 2020 was 70 NT\$ per kg.

## 結 論

在活體重方面，於 12 週齡時以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻的平均活體重為 3,195 與 3,174 g，顯著較 2 與 2.5 隻組者為重 ( $P < 0.05$ )。於 12 週齡時以每平方公尺飼養 1 與 1.5 隻組平均足墊損傷評分皆為 3.07 分，顯著較 2 與 2.5 隻組者為佳 ( $P < 0.05$ )；由此得知，若同時考量活體重與足墊損傷等因素，舍內土番鴨飼養密度以每平方公尺不超過 1.5 隻可得到較佳的表現。但若考量鴨隻之增重生產量，則舍內每平方公尺飼養 2.5 隻，可讓飼養者獲得較多的鴨肉收益。

## 參考文獻

- 王勝德、王錦盟、施柏齡、蕭智彰、賈玉祥。2015。飼養密度對母火雞生長性能之影響。畜產研究 48：258-264。
- 沈添富。1988。鴨隻營養分需要量手冊。國立臺灣大學畜牧學系，臺北市。
- 林榮新、蘇晉暉、林育安、曾再富、鄭智翔、劉秀洲。2019。不同鴨床材質對土番鴨生長性狀與屠體性狀之影響。畜產研究 52：114-121。
- 林榮新、林育安、曾再富、鄭智翔、劉秀洲、蘇晉暉。2020。複合型床面對二品種土番鴨生長性能與屠體性狀之影響。畜產研究 53：187-194。
- 胡怡浩、戴謙、王政騰。1999。大型番鴨之選育 II. 肉用番鴨生長性能檢定。畜產研究 32：63-70。
- 胡見龍、王錦盟、張雁智、粘碧珠、李舜榮、賈玉祥。2009。禽舍地面型式對白羅曼鵝生長性能之影響。畜產研究 42：163-169。
- 張雁智、王錦盟、胡見龍、粘碧珠、賈玉祥。2010。高床鵝舍飼養密度對肉鵝生長性能之影響。畜產研究 43：51-58。
- 黃振芳、李舜榮、林達德、陳保基、王政騰。1993。不同飼養環境對三品種土番鴨生長及屠體之影響。畜產研究 26：203-211。
- 黃信又。2008。飼養環境、飼糧能量含量與添加抗壞血酸對白羅曼鵝生長性能與屠體性狀之影響。國立中興大學，碩士論文，臺中市。
- 蘇晉暉、林育安、曾再富、鄭智翔、黃振芳、劉秀洲、林榮新。2018。不同飼養環境對土番鴨生長性能與屠體性狀之影響。畜產研究 51：68-74。
- Council of Europe. 1999. Standing Committee of the European convention for the protection of animals kept for farming purposes. Recommendations concerning Muscovy ducks(*Cairina moschata*) and hybrids of Muscovy and domestic ducks(*Anas platyrhynchos*), adopted by the Standing Committee on 22 June 1999. [http://www.coe.int/t/e/legal\\_affairs/legal\\_co-operation/biological\\_safety\\_and\\_use\\_of\\_animals/farming/Rec%20Muscovy%20ducks%20E%201999.asp](http://www.coe.int/t/e/legal_affairs/legal_co-operation/biological_safety_and_use_of_animals/farming/Rec%20Muscovy%20ducks%20E%201999.asp).
- The Council of The European Union. 1999. Council Directive. Laying down minimum standards for the protection of laying hens. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/74/oj>.

- Estevez, I. 2007. Density allowances for broilers: where to set the limits? *Poult. Sci.* 86: 1265-1272.
- Hocking, P. M., R. K. Mayne, R. W. Else, N. A. French, and J. Gatchliffe. 2008. Standard European footpad dermatitis scoring system for use in turkey processing plants. *World's Poult. Sci. J.* 64: 323-328.
- Lesson, S. 1986. Nutritional considerations of poultry during heat stress. *World's Poult. Sci. J.* 42: 69-81.
- Raud, H. and J. M. Faure. 1994. Welfare of ducks in intensive unites. *Rev. Sci. Tec.* 13: 125-129.
- SAS. 2011. SAS user guide: Statistics, SAS Inst., Cary, NC. USA.
- Teeter, R. G. and T. Belay. 1996. Broiler management during heat stress. *Anim. Feed Sci. Technol.* 58: 127-142.
- Yahav, S. A. 2000. Domestic fowl-strategies to confront environment conditions. *Avian Poult. Biol. Rev.* 11: 81-95.



# The effects of stocking density on the growth performance and carcass traits of the mule ducks indoor <sup>(1)</sup>

Jung-Hsin Lin <sup>(2)</sup> Yu-An Lin <sup>(3)</sup> Tsai-Fuh Tseng <sup>(4)</sup> Chih-Hsiang Cheng <sup>(2)</sup>  
Hsiu-Chou Liu <sup>(2)</sup> and Chin-Hui Su <sup>(2)(5)</sup>

Received: Feb. 24, 2021; Accepted: Jul. 16, 2021

## Abstract

The aim of this experiment was to investigate the effects of stocking density on the growth, carcass traits, feather growth condition, and foot pad injury score in mule ducks, and establish a suitable model for rearing mule ducks indoors. Two hundred and ten male and female each of the two-way crossbred mule ducks, 3 weeks of age, were selected for the experiment. Mule ducks were randomly allocated into four feeding densities (1, 1.5, 2 and 2.5 duck/m<sup>2</sup>, respectively). Each treatment contained three pens of 20 m<sup>2</sup> area as the replicates, with a total of 12 pens used in the experiment. The growth and carcass traits, feather growth condition, and foot pad injury score were determined in the experiment. One male and one female duck from each pen, at 12 weeks of age, were chosen randomly and sacrificed for carcass traits determination. The results of duck's body weights revealed that the average of all treatments fell in the range of 3,083 to 3,174 g. Ducks reared under density 1 and 1.5 duck/m<sup>2</sup> resulted in significantly heavier body weight ( $P < 0.05$ ), namely 3,195g and 3,174 g respectively, compared with the 3,083g and 3,086g of ducks reared under density 2 and 2.5 duck/m<sup>2</sup> respectively. The average foot pad injury score among the treatments fell between 3.07 to 4.20, the score of density 1 and 1.5 duck/m<sup>2</sup> were both 3.07 and significantly better than the score 4.09 and 4.20, of density 2 and 2.5 duck/m<sup>2</sup> ( $P < 0.05$ ) respectively. The average feed conversion ratio for ducks aged 3-12 weeks, the primary feather length, carcass weight and dressing percentage of ducks aged 12 weeks did not show significant difference between the treatments. Based on the results of this experiment, it is recommended to rear mule ducks with area density of 1.5 duck/m<sup>2</sup> when duck body weight, feed conversion ratio and foot pad injury were taken into account concurrently. . When assessed by increased production, the area density of 2.5 duck/m<sup>2</sup> is recommended for maximum production capacity.

Key words: Carcass traits, Growth performance, Mule duck, Stocking density.

---

(1) Contribution No. 2672 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Department of Biotechnology and Animal Science, National Ilan University, 26047, Ilan, Taiwan, R. O. C.

(4) Department of Animal Science, National Chiayi University, Chiayi, 60004, Taiwan, R. O. C.

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

# 山羊腹腔鏡卵母細胞採集技術之建立<sup>(1)</sup>

康定傑<sup>(2)(6)</sup> 曾楷扉<sup>(2)</sup> 林彥均<sup>(2)</sup> 陳裕信<sup>(3)</sup> 曲鳳翔<sup>(3)</sup> 林信宏<sup>(4)</sup> 沈朋志<sup>(5)</sup>

收件日期：109 年 12 月 18 日；接受日期：110 年 8 月 6 日

## 摘 要

本研究主要目的為建立山羊腹腔鏡卵母細胞採集技術，並與傳統外科手術取卵方式進行比較。試驗使用臺灣黑山羊恆春品系及努比亞羊隻各 10 頭。山羊卵母細胞於採集後，接續進行體外成熟、體外受精及體外培養以觀察卵母細胞成熟率、卵裂率、囊胚率及囊胚細胞數。體外成熟率之評估結果顯示，無論何種卵母細胞採集方法，卵母細胞經 24 小時體外成熟培養後，細胞核可成功發育並停滯在第二次減數分裂中期 (Metaphase II, MII) 者無顯著差異 ( $74.88 \pm 2.00\%$  vs.  $81.14 \pm 7.00\%$ )。體外受精培養 24 小時後之受精卵續進行 48 小時培養後可以觀察到卵裂。不同卵母細胞收集方法 (外科手術 vs. 腹腔鏡法) 卵裂率 ( $73.93 \pm 1.90\%$  vs.  $68.30 \pm 3.99\%$ ) 及受精後第 7 天之囊胚率 ( $42.87 \pm 1.26\%$  vs.  $42.65 \pm 3.83\%$ ) 均無顯著差異；但囊胚細胞數則以外科手術法顯著高於腹腔鏡法 ( $76.41 \pm 1.29$  vs.  $69.00 \pm 8.91$ ,  $P < 0.05$ )。本研究成功建立了腹腔鏡卵母細胞收集技術，收集到的卵母細胞經體外培養後之囊胚發育能力不遜於外科手術收集者，腹腔鏡卵母細胞採集技術確實可用於山羊卵母細胞收集。

關鍵詞：山羊、腹腔鏡卵母細胞收集、囊胚率。

## 緒 言

腹腔鏡的應用是建立在現代人工輔助生殖技術基礎上，可將試驗動物利用最大化，並減少試驗動物使用的數量，其應用包括胚移植、子宮深部及子宮角人工授精、動物排卵及黃體觀察等 (Baldassarre, *et al.*, 2003; 2018; Luo *et al.*, 2019)。越來越多人對非外科手術的腹腔鏡卵母細胞採集方式 (Laparoscopic oocytes pick up, LOPU) 感到興趣，不同物種之卵母細胞收集及胚移植研究報告量亦增加，該技術往後應用於動物繁殖輔助技術上將更加多元與廣泛 (Menchaca *et al.*, 2016)。隨著山羊及綿羊胚體外生產技術成熟，卵母細胞的採集變成一個常態性的操作。以往體外胚生產的卵母細胞來源通常是屠宰場，此一來源的卵母細胞有著量大易取得的優點，但是由於無法確認品種及來源，且具有疾病傳佈之風險，仍不是一個安全之卵母細胞取得方式。另一個較為可靠及穩定的方法便是使用外科手術，針對活體動物進行卵母細胞之收集。然而外科手術麻醉風險高、對動物體的傷害較大、術後照顧較耗時耗力。此方法常在術後之子宮角、輸卵管或卵巢發生沾黏，導致動物使用年限降低；雖然可收集到來源資訊完整之卵母細胞，但在常態性收集的條件下，仍非便利之方法 (de Souza-Fabjan *et al.*, 2014; Paramio and Izquierdo, 2016)。活體動物腹腔鏡卵母細胞採集為一方便且快速的方法，手術過程幾乎無出血，在卵母細胞採集過程中經過簡單的卵巢固定便可直接抽吸卵巢表面之濾泡 (Stangl *et al.*, 1999)，過程中對動物體傷害小。操作會有 2 – 3 個不到 1 cm 的傷口，術後動物恢復亦相當快速。然而腹腔鏡並非沒有缺點，如超排處理個體差異、硬體設備昂貴、取得之卵母細胞後續發育能力不穩定以及對操作人員的經驗要求較高等。

本研究嘗試建立山羊腹腔鏡卵母細胞採集技術，除將臺灣腹腔鏡輔助繁殖技術接軌國際與世界同步外，也為將來商業化山羊胚生產模式之建立奠定基礎。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2673 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所生理組。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

(5) 國立屏東科技大學動物科學與畜產系。

(6) 通訊作者，E-mail: tckang@mail.npust.edu.tw。

## 材料與方法

I. 本試驗所使用之動物經過行政院農業委員會畜產試驗所實驗動物照護及使用小組審查同意，同意書編號畜試恆動字第 109007。

### II. 動物及發情同期化處理

本研究共使用 20 頭年齡介於 1.5 – 3 歲齡之臺灣黑山羊恆春品系 (10 頭) 及努比亞 (10 頭) 母羊。每次試驗處理羊隻 5 頭，每次試驗使用之羊隻品種均包含臺灣黑山羊恆春品系及努比亞，比例為 2:3 或 3:2，試驗中卵母細胞採集方法之安排，若第一次為腹腔鏡法 3 頭，外科手術法 2 頭，則下一次處理則換為腹腔鏡法 2 頭，外科手術法 3 頭。發情同期化處理使用 CIDR® (Controlled internal drug release, CIDR®, EAZI-breed, Rydalmere, Australia) 搭配孕馬血清激性腺素 (Pregnant mare's serum gonadotropin, PMSG, Prospec-Tany, Israel) 及前列腺素 F2α (Prostaglandin F2α, PGF2α, analogue cloprostenol, Estrumate, Vet Pharma Friesoythe GmbH) 進行。CIDR 植入陰道為第 0 天，第 9 天肌肉注射 PGF2α (5.3 mg/0.5 mL) 及 PMSG 500 IU，第 11 天移除 CIDR，並於 CIDR 移除後 12 小時以外科手術或腹腔鏡法進行卵母細胞收集。

### III. 腹腔鏡設備

試驗中使用之所有設備包括二氧化碳打氣系統、影像系統、光源系統、窺鏡、穿刺器及爪鉗均為德國 KARL STORZ 公司之產品。

### IV. 動物麻醉

每頭母羊於術前肌肉注射 0.2 mg/kg xylazine (Rompun®, Bayer, Leverkusen, Germany) 與 0.025 mg/kg 硫酸阿托品 (Atropine sulfate, 信東生技股份有限公司, 臺灣)，先行基礎鎮靜 10 分鐘後，續以靜脈注射 0.75 mg/kg 之舒泰 50® (Zoletil 50, Zolazepam base, 25 mg/mL, Virbac, French) 進行先導麻醉，後以異氟醚 (Isoflurane, Piramal Healthcare, India) 進行氣體麻醉。

### V. 外科手術及腹腔鏡卵母細胞採集

#### (i) 外科手術法

將羊隻手術區域 (手術切開區域為中心往外輻射放大約 15 – 20 cm 範圍) 之體毛剃除乾淨，並於清洗後以優碘與 75% 酒精消毒整個剃毛區域。於腹中線切開 (長度約 10 cm) 後將卵巢裸露，直接以 21G 針頭搭配 3.5 mL 針筒針對直徑大於 3 mm 濾泡進行抽吸以採集卵母細胞。

#### (ii) 腹腔鏡法

將羊隻進行手術區域之體毛剃除乾淨，清潔及消毒方法同外科手術法。欲進行腹膜穿刺之區域於皮下注射 20 mg/mL 之利都卡因 (Lidocaine, 臺裕化學製藥廠股份有限公司, 臺灣) 2 – 3 mL，等待約 5 分鐘後以手術刀於距左右乳頭前 2 – 3 cm 處及相對正三角形頂點位置處將皮膚劃開 1 cm 長、深度達肌肉層之創口 (不穿透腹膜)，續以腹膜穿刺器 (Trocarr) 刺穿腹膜。三個端點的創口，分別放入攝像頭及 2 支爪鉗或採卵針 (Robertson standard pipette, Minitube, Germany)，後端接以 3.5 mL 針筒組裝而成。經以爪鉗固定腹腔內之卵巢後，收集直徑大於 3 mm 濾泡內之卵母細胞。

### VI. 卵丘卵母細胞複合體 (Cumulus oocytes complexes, COCs) 分級

收集之山羊 COCs，予以進行品質分級。一級：卵母細胞外圍有兩層以上之完整卵丘細胞，且胞質分布均勻；二級：卵母細胞外圍有兩層以上之完整卵丘細胞；三級：卵母細胞部分裸露，無完整卵丘細胞包圍及四級：卵母細胞完全裸露。本次試驗所使用之卵母細胞均為 3 級以上 (混合培養)，唯並無單獨評估卵母細胞分級後各級卵母細胞之後續發育能力。

### VII. 卵母細胞體外成熟 (In vitro maturation, IVM) 培養

#### (i) 山羊卵母細胞體外成熟培養液

配方係參考 Joanna *et al.* (2014)，以 M-199 (Invitrogen 12340-030) 為基礎培養液，加入 10 ng/mL EGF (Sigma-Aldrich, E5036) 與 100 mM cysteamine (Sigma-Aldrich, 30070) 配製而成。

#### (ii) 體外成熟培養

COCs 先以體外成熟培養液清洗 4 次，將之轉移到四孔盤中 (Nunc, Roskilde, Denmark)，每 500  $\mu$ L/孔成熟培養液中放置 40 – 50 個 COCs。COCs 隨後在 38.8°C、5% CO<sub>2</sub> 及 100% 濕度條件之培養箱進行 24 小時的成熟培養。

## VII. 卵母細胞成熟率評估

經過 24 小時成熟培養後之 COCs，取出總數量 20% 之 COCs 放入含 0.1% hyaluronidase (Sigma-Aldrich, H-3506) 之 DPBS 清洗液短暫浸泡處理，接著利用適當口徑之玻璃吸管，以機械式連續吸吐方式完全移除外圍包被之卵丘細胞，經成熟培養液清洗數次後移入含有 10  $\mu\text{g/mL}$  之 Hoechst 33342 (Sigma-Aldrich, 382061) 之 M-199 染色液中進行染色 (10 分鐘)，染色後之卵母細胞於紫外光下觀察。當卵母細胞內之染色質呈均勻擴散分佈，且被侷限於圓形結構之核膜時，則判定為 GV 期；若卵母細胞內之染色質呈現濃縮狀態，且第一極體已排出核膜外則判定為 MII 期。體外成熟培養後發育中止 (無觀察到第一極體) 的卵母細胞數則歸類為退化 (Degenerated) 的卵母細胞，亦記錄之。

## IX. 精子準備及卵母細胞體外受精 (*In vitro* fertilization, IVF)

冷凍精液 (與試驗中供卵母羊品種相同之自行生產冷凍精液) 解凍後放入 2 mL 之 45%/90% Percoll (Pharmacia, Uppsala, Sweden) 中以 700  $\times g$  離心 15 分鐘。以體外受精培養液將精子濃度調整到 30  $\times 10^6$  spermatozoa/mL。成熟培養後的 COCs 移至有受精培養液的培養皿洗滌數次後放置在體外受精培養液中。清洗及受精培養液為含有 10% 去補體之山羊血清 (Goat serum, Invitrogen, 16210-064) 及 4  $\mu\text{g/mL}$  健大黴素 (Gentamicin, Sigma-Aldrich, G1272) 之合成輸卵管液 (Synthetic oviduct fluid, SOF)。合成輸卵管液之配置方法參考 Souza *et al.* (2013) 之方法。配製好之體外受精培養液調整 pH 至 7.3，滲透壓為 280 mOsm。精子獲能液配製方法同受精培養液，但多加了 5  $\mu\text{g/mL}$  肝素 (Calbiochem, 375095)。每 45 – 50 個 COCs 放置於每孔含有 450  $\mu\text{L}$  精子獲能液的四孔盤中，再放入 50  $\mu\text{L}$  含有精子的體外受精培養液，使精子最終濃度為 6  $\times 10^6$  spermatozoa/mL。將混有精子與 COCs 的四孔盤移入 38.8°C、5% CO<sub>2</sub> 及 100% 濕度條件之培養箱進行 24 小時的體外受精培養。

## X. 胚體外發育 (*In vitro* culture, IVC) 培養

卵母細胞與精子經過 24 小時受精培養後，以含 3 mg/mL 牛血清白蛋白 (Bovine serum albumin, BSA, Sigma-Aldrich, A7030) 的 SOF 體外發育培養液清洗數次以除去多餘的精子。於四孔盤中預先製作 75  $\mu\text{L}$  的小滴，並覆蓋 700  $\mu\text{L}$  的礦物油 (Mineral oil, Sigma-Aldrich M-8410)。清洗好的受精卵每 25 個 (懸浮於 25  $\mu\text{L}$  體外發育培養液) 移入一個小滴中。並於 38.8°C、5% O<sub>2</sub>、5% CO<sub>2</sub> 及 90% N<sub>2</sub> 的培養箱中進行 7 天之體外發育培養。受精後 48 小時，在體外發育培養液小滴中加入 10% 胎牛血清 (Fetal bovine serum, FCS, Sigma-Aldrich, F7524)。受精後 48 小時進行卵裂率計算，受精後 7 – 8 天計算囊胚率並以 H33342 (Sigma-Aldrich, 382065) 染色後在紫外光下進行囊胚細胞數計算。

## XI. 資料統計

以 SAS (Statistical analysis system, SAS, 2012) 套裝軟體進行單因子 (One way) 變異分析 (Analysis of variance, ANOVA)，若達顯著水準，再以鄧肯多變域分析法 (Duncan's multiple range test) 比較各組平均值間之差異顯著性，並以  $P < 0.05$  為顯著水準。

# 結果與討論

本研究主要目的為建立山羊腹腔鏡卵母細胞採集技術，並與傳統外科手術所取出之卵母細胞進行比較，觀察採集後之卵母細胞經過體外成熟、體外受精及體外培養後之卵母細胞成熟率、卵裂率、囊胚率及囊胚細胞數之差異。表 1 結果顯示，無論以何種卵母細胞採集方法，卵母細胞經 24 小時體外成熟培養後，細胞核發育至第二次減數分裂中期 (Metaphase II, MII) 者 (可否觀察到第一集體排出) 無顯著差異 ( $74.88 \pm 2.00\%$  vs.  $81.14 \pm 7.00\%$ )。卵母細胞經體外成熟培養後旋即進行 24 小時之體外受精培養。經過體外受精培養後之受精卵續進行體外培養。體外受精後 48 小時可以觀察到卵裂。由表 2 之結果顯示，不同卵母細胞收集方法 (外科手術 vs. 腹腔鏡法) 所得之卵母細胞在卵裂率 ( $73.93 \pm 1.90\%$  vs.  $68.30 \pm 3.99\%$ ) 及受精後第 7 天之囊胚率 ( $42.87 \pm 1.26\%$  vs.  $42.65 \pm 3.83\%$ ) 均無顯著差異；但在囊胚細胞數則以外科手術法顯著優於腹腔鏡法 ( $76.41 \pm 1.29$  vs.  $69.00 \pm 6.23$ ,  $P < 0.05$ )。

Jarosław *et al.* (2020) 試驗中注射高劑量之 PMSG (1,000 IU) 容易誘發抗體反應而導致產仔率下降之風險 (Baril *et al.*, 1993; Ucar *et al.*, 2005)。腹腔鏡採卵針的直徑較小時，吸取卵母細胞會對卵母細胞產生較大的壓力，較容易使附著在卵母細胞周圍的卵丘細胞脫落，影響到卵母細胞後續發育能力。使用 18G 的針頭進行卵母細胞收集時之回收率較 19G 及 21G 的針頭為佳 (Bols *et al.*, 1997)。針尖長度較短者，由濾泡吸取卵母細胞至針筒間的距離較短，因此減少了抽吸壓力與撞擊管壁導致的傷害，也可得到較佳之卵母細胞品質。應用於山羊時，一般真空度的範圍維持在



25 – 70 mmHg，真空度低於 25 mmHg 時回收率會下降，高於 100 mmHg 則使卵母細胞品質下降。但有研究指出真空度在 30 mmHg 時可達到 84% 的卵母細胞回收率 (Baldassarre *et al.*, 2003; Koeman *et al.*, 2003)。在山羊及綿羊，若要降低操作成本，也可利用子宮內授精管後面接上針筒取代真空馬達 (Morton *et al.*, 2008)。本研究便是使用腹腔鏡人工授精管 (針頭直徑同 21 G 針頭) 後接 3.5 mL 針頭進行卵母細胞抽吸 (圖 1 及圖 2)，唯沒有進行抽吸真空度的測量。在相同的抽吸壓力下，採卵針直徑越小，則流速越慢。一般而言，流速的測定方法是測量每分鐘可以吸取多少毫升的水來計算 (mL/min)。在綿羊試驗中發現，吸取流速越低時，回收之卵母細胞品質越佳。山羊使用之流速介於 7 – 7.5 mL/min 時可得到最佳之卵母細胞品質 (Avelar *et al.*, 2012)，本研究為初步建立腹腔鏡採卵技術，嗣後將更進一步就各項參數的影響進行試驗設計以提高卵母細胞回收率及品質。

表 1. 不同收集方式所得之卵母細胞經 24 小時體外成熟培養後對成熟率之影響

Table 1. Effects of different collection methods on the maturation rate of oocytes after 24 hours of *in vitro* maturation cultures

Oocytes origin	Total oocytes retrieved <sup>#</sup>	GV (%)	MII (%)	Degenerated (%)
Surgical	159	30 (18.53 ± 0.02%) <sup>a</sup>	119 (74.88 ± 2.00%)	10 (6.21 ± 1.29%) <sup>b</sup>
Laparoscopy	44	4 (5.70 ± 0.03%) <sup>b</sup>	35 (81.14 ± 7.00%)	5 (11.12 ± 2.27%) <sup>a</sup>

<sup>#</sup> 4 replications of collection.

Means ± SE.

GV: germinal vesicle; MII: metaphase II; Degenerated: no first polar body observed.

<sup>a, b</sup> Means in the same column with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).



圖 1. 以 Robertson Standard Pipette 搭配腹腔鏡進行卵母細胞收集。

Fig. 1. Using Robertson Standard Pipette collocation with laparoscope for oocyte collection.



圖 2. 以 Robertson Standard Pipette 直接由濾泡收集卵母細胞。

Fig. 2. Collect oocytes directly from follicles with Robertson Standard Pipette.

以往要收集活體動物之卵母細胞均是利用開腹手術將整個卵巢摘除後再於實驗室中由卵巢上之濾泡收集卵母細胞，以此方法收集卵母細胞，母羊就只有一次提供卵母細胞之機會，摘除卵巢的母羊，於術後恢復及抗生素停藥期屆滿後便安排淘汰。在本研究中同樣利用外科手術打開腹腔，唯不同之處為不將卵巢摘下，而是直接以 21G 針頭搭配 3.5 mL 針筒抽吸卵巢上之濾泡 (圖 3 及圖 4)，卵母細胞回收率可達  $88.51 \pm 2.2\%$ 。可獲得不錯之卵母細胞回收率，亦可重複使用該供卵動物 (試驗中部分母羊進行 2 次以上之重複卵母細胞採集)，相對降低了試驗動物使用數量。腹腔鏡卵母細胞收集時之影像是經由攝像頭將影像傳至螢幕，攝像頭之裝設具有方向性，若裝設不當將導致操作移動與影像移動不同而影響操作直覺性，除此之外，攝像頭與爪鉗之開口位置亦需要注意，需避免位置太近而在腹腔中操作時互相碰撞。

本試驗的卵母細胞體外成熟培養液為 M-199 搭配 10 ng/mL EGF 與 100 mM cysteamine，以腹腔鏡法取得之卵母細胞經過 24 小時體外成熟培養後之成熟率為  $81.14 \pm 7.00\%$ ，此結果與 Joanna *et al.* (2014) 同樣利用腹腔鏡法取得卵母細胞後分別進行 18 及 22 小時體外成熟培養之成熟率  $87 \pm 3.2\%$  及  $90 \pm 0.4\%$  相較下有些許差距。原因除了體外成熟培養液配方不同外，本試驗之腹腔鏡卵母細胞收集時為求盡量收集到多量之卵母細胞，對於濾泡直徑 (3 mm) 的要求較低 (一般為 5 mm 以上者最佳)。然而濾泡直徑影響卵母細胞後續發育甚鉅，濾泡直徑 2 – 3 mm、3.1 – 5

mm 及大於 5 mm 者，其卵母細胞成熟發育能力分別為 70%、83% 及 97% (Crozet *et al.*, 1995)，本試驗中外科手術及腹腔鏡法所取之卵母細胞直徑下限是 3 – 5 mm 之濾泡，成熟率為  $74.88 \pm 2.00\%$  及  $81.14 \pm 7.00\%$ ，此一結果正落在 Crozet *et al.* (1995) 研究中 2 – 3 mm、3.1 – 5 mm 濾泡所得之成熟率之間。



圖 3. 直接由卵巢上濾泡收集卵母細胞。

Fig. 3. Collecting oocytes directly from follicles on the ovary.



圖 4. 抽吸完成後濾泡呈現塌陷狀態。

Fig. 4. After suction is completed, the follicle appears collapsed.

由腹腔鏡法取得之卵母細胞經體外受精後之卵裂率為  $68.30 \pm 3.99\%$ ，此一結果與同樣以腹腔鏡採卵後進行體外受精試驗之  $72 \pm 7\%$  卵裂率結果相近 (Baldassarre *et al.*, 2007)；另有研究在賀爾蒙處理後 60 小時進行腹腔鏡卵母細胞收集，之後再以單一精子注入法 (Intracytoplasmic sperm injection, ICSI) 授精，所得之卵裂率為  $70.9 \pm 8.4\%$ ，此一結果亦與本研究相近 (Abdullah *et al.*, 2008)。

其他影響腹腔鏡卵母細胞收集效率的原因亦相當多，除了發情同期化處理外，個體的體型分數評等 (Cognié *et al.*, 2004)、品種及年齡 (Paramio, 2010; Romaguera *et al.*, 2011) 也左右了回收的卵母細胞數量與品質。事實上，每頭羊的個體反應是影響超量排卵處理的極重要因素之一。有研究發現牛隻以同樣的超量排卵處理後，不同個體所可收集到之卵母細胞數量介於 0 到 128 個之間 (Pontes *et al.*, 2011)；山羊經處理後觀察到之濾泡數為 4 到 33 個，卵母細胞回收數則為 2 至 12 個 (Gibbons *et al.*, 2008)。此現象說明了個體反應的差異性相當大，而且是一個難以克服的瓶頸 (Pontes *et al.*, 2011)。山羊年齡直接影響了濾泡的大小，由尚未性成熟女羊收集而來的卵母細胞，其後續發育能力較取自性成熟羊隻者為低 (Paramio, 2010)。此外，有研究指出未性成熟女羊的卵母細胞在超顯微結構及功能上均有缺陷 (Paramio, 2010)，因此其於體外系統培養後之發育能力較為低下。Baldassarre *et al.* (2007) 研究指出，具優良性能，但是經過連續人工授精處理皆無法成功懷孕的老母山羊，亦可使用 LOPU 技術採取卵母細胞而增加其優良遺傳性狀的保存或應用。處於繁殖季節的母山羊，利用傳統外科手術方式取得之卵母細胞品質較非繁殖季節時佳。但有研究發現一個有趣的現象，在非繁殖季節中，利用 LOPU 取得來自屠宰場之綿羊卵母細胞，經體外培養後，其囊胚率皆較繁殖季節高 (Vazquez *et al.*, 2010)。在水牛的研究則指出，卵母細胞於受精後之卵裂率及囊胚率在秋季會高於春季，而夏季及冬季的卵母細胞品質則介於秋及春季之間 (Francesco *et al.*, 2011)；牛隻除了日本黑牛外，在熱季時卵母細胞品質均不佳 (Takuma *et al.*, 2010)。在綿羊，於皮下植入褪黑激素，可以改善卵母細胞於非繁殖季節的發育能力。關於季節的影響，目前有許多技術可以應用來克服此一問題，例如，綿羊於非繁殖季節利用控制光照時



間，便可以有效的調節羊隻發情及卵母細胞品質 (Vazquez *et al.*, 2010)。

本研究成功建立了腹腔鏡卵母細胞收集技術，並與外科手術方法取得之卵母細胞進行體外成熟、體外受精及體外培養中各個關鍵點之比較評估，結果顯示，經由腹腔鏡方法取得之山羊卵母細胞經過體外培養系統培養後，雖然囊胚總細胞數在統計上顯著低於外科手術法收集者，但可以順利發育至囊胚，且囊胚率與外科手術法取得者相似，足以證明具備發育至囊胚階段之能力。

表 2. 不同收集方式所得之卵母細胞經體外受精培養後對卵裂率、囊胚率及囊胚細胞數之影響

Table 2. Effects of different collection methods on the cleavage rate, blastocyst rate and cell number of blastocyst after *in vitro* fertilization culture of oocytes

Oocytes origin	Total oocytes retrieved <sup>#</sup>	Cleavage (%)	Day 7 blastocysts (%)	Total cell no.
Surgical	165	105 (73.93 ± 1.90%)	61 (42.87 ± 1.26%)	76.41 ± 1.29 <sup>a</sup>
Laparoscopy	46	32 (68.30 ± 3.99%)	20 (42.65 ± 3.83%)	69.00 ± 6.23 <sup>b</sup>

<sup>#</sup> 4 replications of collection.

Means ± SE.

<sup>a, b</sup> Means in the same column with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

## 參考文獻

- Abdullah, R. B., S. L. Liow, A. N. M. A. Rahman, W. K. Chan, W. E. Wan-Khadijah, and S. C. Ng. 2008. Prolonging the interval from ovarian hyperstimulation to laparoscopic ovum pick-up improves oocyte yield, quality, and developmental competence in goats. *Theriogenology* 70: 765-771.
- Avelar, S. R. G., R. R. Moura, F. C. Sousa, A. F. Pereira, K. C. Almedia, C. H. S. Melo, A. C. A. Teles-Filho, G. Baril, L. M. Melo, D. I. A. Teixeira, and V. J. F. Freitas. 2012. Oocyte production and in vitro maturation in Canindé goats following hormonal ovarian stimulation. *Animal Reproduction*. 9: 1-7.
- Baldassarre, B. B., Wang, N. Kafidi, M. Gauthier, N. Neveu, J. Lapointe, L. Sneek, M. Leduc, F. Duguay, and J. F. Zhou. 2003. Production of transgenic goats by pronuclear microinjection of in vitro produced zygotes derived from oocytes recovered by laparoscopy. *Theriogenology* 59: 831-839.
- Baldassarre, B., K. M. Rao, N. Neveu, E. Brochu, I. Begin, E. Behboodi, and D. K. Hockley. 2007. Laparoscopic ovum pick-up followed by in vitro embryo production for the reproductive rescue of aged goats of high genetic value. *Reprod. Fertil. Dev.* 19: 612-616.
- Baril, G., B. Leboeuf, and J. Saumande. 1993. Synchronization of estrus in goats: the relationship between time of occurrence of estrus and fertility following artificial insemination. *Theriogenology* 40: 621-628.
- Bols, P. E., M. T. Ysebaert, A. Van Soom, and A. de KRUIF. 1997. Effects of needle tip bevel and aspiration procedure on the morphology and developmental capacity of bovine compact cumulus oocyte complexes. *Theriogenology*. 47: 1221-1236.
- Cognié, Y., N. Poulin, Y. Locatelli, and P. Mermillod. 2004. State of the reproduction, conservation, and transfer of in-vitro-produced embryos in small ruminants. *Reprod. Fertil.* 16: 437-445.
- Crozet, N., M. Ahmed-Ali, and M. P. Dubos. 1995. Developmental competence of goat oocytes from follicles of different size categories following maturation, fertilization and culture in vitro. *J. Reprod. Fert.* 103: 293-298.
- de Souza-Fabjan, J. M., B. Panneau, N. Duffard, Y. Locatelli, J. R. de Figueiredo, V. J. Freitas, and P. Mermillod. 2014. In vitro production of small ruminant embryos: Late improvements and further research. *Theriogenology* 81: 1149-1162.
- Fonseca, J. F., J. M. Souza-Fabjan, M. E. Oliveira, C. R. Leite, P. M. Nascimento-Penido, F. Z. Brandão, and K. C. Lehloeny. 2016. Nonsurgical embryo recovery and transfer in sheep and goats. *Theriogenology* 86: 144-151.
- Francesco, S. D., B. Lucia, C. Giuseppe, D. P. Rossella, V. Domenico, N. Gianluca, Z. Luigi, and G. Bianca. 2011. The effect of season on oocyte quality and developmental competence in Italian Mediterranean buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Anim. Reprod. Sci.* 123: 48-53.
- Gibbons, A., F. P. Bonnet, M. I. Cueto, M. Catala, D. F. Salamone, and A. Gonzalez-Bulnes. 2008. Procedure for maximizing oocyte harvest for in vitro embryo production in small ruminants. *Reprod. Domest. Anim.* 42: 423-426.

- Jarosław, W., J. Koseniuk, M. Skrzyszowska, and M. Cegła. 2020. L-OPU in goat and sheep—different variants of the oocyte recovery method. *Animals* 10: 658.
- Joanna, M. G., S. Fabjan, Y. Locatelli, N. Duffard, E. Corbin, J. L. Touzé, C. Perreau, J. F. Beckers, V. José, F. Freitas, and P. Mermillod. 2014. In vitro embryo production in goats: Slaughterhouse and laparoscopic ovum pick up—derived oocytes have different kinetics and requirements regarding maturation media. *Theriogenology* 81: 1021-1031.
- Koeman, J., C. L. Keefe, H. Baldassarre, and B. R. Downey. 2003. Developmental competence of prepubertal and adult goat oocytes cultured in semidefined media following laparoscopic recovery. *Theriogenology* 60: 879-89.
- Kühholzer, B., S. Müller, M. I. Prokofiev, L. K. Ernst, U. Besenfelder, and G. Brem. 1998. Laparoscopic techniques for the recovery and transfer of microinjected goat zygotes. *Theriogenology* 49: 245.
- Luo, J., W. Wang, and S. Sun. 2019. Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australia J. Anim. Sci.* 32: 1284-1295.
- Menchaca, A., N. Barrera, P. C. dos Santos Neto, F. Cuadro, and M. Crispo. 2016. Advances and limitations of in vitro embryo production in sheep and goats. *Anim. Reprod.* 13: 273-278.
- Morton, K. M., W. M. C. Maxwell, and G. Evans. 2008. Effect of aspiration pressure during oocyte harvesting on oocyte recovery and in vitro development of ovine oocytes. *Reprod. Domest. Anim.* 43: 106-110.
- Paramio, M. T. and D. Izquierdo. 2016. Recent advances in in vitro embryo production in small ruminants. *Theriogenology* 86: 152-159.
- Paramio, M. T. 2010. In vivo and in vitro embryo production in goats. *Small Rumin. Res.* 89: 144-148.
- Pontes, J. H. F., F. A. Melo Sterza, A. C. Basso, C. R. Ferreira, B. V. Sanches, K. C. P. Rubin, and M. M. Seneda. 2011. Ovum pick up, in vitro embryo production, and pregnancy rates from a large-scale commercial program using Nelore cattle (*Bos indicus*) donors. *Theriogenology* 75: 1640-1646.
- Romaguera, R., X. Moll, R. Morató, M. Roura, M. J. Palomo, M. G. Catalá, A. R. Jiménez-Macedo, S. Hammami, D. Izquierdo, T. Mogas, and M. T. Paramio. 2011. Prepubertal goat oocytes from large follicles result in similar blastocyst production and embryo ploidy than those from adult goats. *Theriogenology* 76: 1-11.
- SAS. 2012. SAS User's guide: Statistics. Version 7.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Stangl, M., B. Kuhholzer, U. Besenfelder, and G. Brem. 1999. Repeated endoscopic ovum pick-up in sheep. *Theriogenology* 52: 709-716.
- Souza J. M. G., N. Duffard, M. J. Bertoldo, Y. Locatelli, E. Corbin, and A. Fatet. 2013. Influence of heparin or the presence of cumulus cells during fertilization on the in vitro production of goat embryos. *Anim. Reprod. Sci.* 138: 82-89.
- Takuma, T., S. Sayoko, E. Daisuke, I. Hitoshi, J. Takaomi, K. Yukine, N. Takashi, and O. Takeshige. 2010. Effects of season and reproductive phase on the quality, quantity and developmental competence of oocytes aspirated from Japanese black cows. *J. Reprod. Dev.* 56: 55-59.
- Ucar, O., M. Kaya, S. Yildiz, F. Onder, M. Cenesiz, and M. Uzun. 2005. Effect of progestagen/PMSG treatment for qestrus synchronization of tuj Ewes to be bred after the natural breeding season. *Acta Vet. Brno.* 74: 385-393.
- Vazquez, M. I., F. Forcada, A. Casao, J. A. Abecia, C. Sosa, and I. Palacin. 2010. Undernutrition and exogenous melatonin can affect the in vitro developmental competence of ovine oocytes on a seasonal basis. *Reprod. Domest. Anim.* 45: 677-684.



# Establishment of goat laparoscopic oocytes pick-up technology <sup>(1)</sup>

Ting-Chieh Kang <sup>(2)(6)</sup> Kai-Fei Tseng <sup>(2)</sup> Yen-Chun Lin <sup>(2)</sup> Yu-Hsin Chen <sup>(3)</sup>  
Fung-Hsiang Chu <sup>(3)</sup> Hsin-Hung Lin <sup>(4)</sup> and Perng-Chih Shen <sup>(5)</sup>

Received: Dec. 18, 2020; Accepted: Aug. 6, 2021

## Abstract

The aims of this study were to establish the technique of laparoscopic oocytes pick-up and compare the techniques with the traditional surgical oocytes collection methods of goat. Twenty goats were used in this study (10 Hengchun line of Taiwan Black Goat and 10 Nubian goat), followed by conducting in vitro maturation, insemination, and maturation rate to observe cleavage rate, blastocyst rate and total cell number of blastocysts, after oocyte collection. The results showed no significant differences observed in maturation rate with the nuclear development arrested in the MII stage ( $74.88 \pm 2.00\%$  vs.  $81.144 \pm 7.00\%$ ), after the culture for maturation. After insemination, the fertilized zygotes were continuously developed in the in vitro culture system, and cleavage were observed 48 hours after insemination. The two different oocyte collection methods (surgical vs. laparoscopic method), showed no difference in the cleavage rate ( $73.93 \pm 1.90\%$  vs.  $68.30 \pm 3.99\%$ ) and the blastocyst rate on the 7th day after fertilization ( $42.87 \pm 1.26\%$  vs.  $42.65 \pm 3.83\%$ ); however the surgical method had a higher total cell number of blastocysts ( $76.41 \pm 1.29$  vs.  $69.00 \pm 8.91$ ). In this study, a laparoscopic oocyte pick-up technology was established with success. The blastocyst development capacity of the collected oocytes after in vitro culture was similar to that of surgical collect group. The laparoscopic oocyte pick-up technology can indeed be used for goat oocytes collection.

Key words: Goat, Laparoscopic oocytes pickup, Blastocyst rate.

---

(1) Contribution No. 2673 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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

(5) Department of Animal Science, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, 91201, Taiwan, R. O. C.

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

# 豬場智慧化防疫行動管理系統開發<sup>(1)</sup>

王斌永<sup>(2)(4)</sup> 賴佑宜<sup>(2)</sup> 蔡銘洋<sup>(3)</sup>

收件日期：110 年 4 月 7 日；接受日期：110 年 8 月 10 日

## 摘 要

本研究係行政院農業委員會畜產試驗所配合行政院農業委員會所建置之「豬場 e 把抓」系統，以 Web 版與 APP 版之跨平臺方式開發「豬場智慧化防疫行動管理系統」，系統可設定多人為管理員，依據防疫計畫提醒必要之防疫措施，以提供養豬農友更方便、更有效率之管理措施，期能達到防疫無漏洞之目標。系統可依循內建防疫計畫或經由輔導員與養豬農友之回饋意見數據，調整防疫計畫及醫療藥材管理，並由後端自動建立預設疫苗資料及防疫計畫排程設定，達到友善使用者提醒介面，符合現場管理之流程及需求，推動養豬場防疫管理專業化，並導入企業經營模式，達到提升生產效率之綜效。

關鍵詞：豬場、防疫、行動管理系統。

## 緒 言

我國自 1997 年 3 月 20 日爆發口蹄疫以來，至少撲殺了 385 萬頭豬，經濟損失達到 1,700 億元以上，歷經 23 年的努力，世界動物衛生組織 (Office international des épizooties, OIE) 於 2020 年 6 月 16 日認定我國為不施打疫苗口蹄疫非疫區，為確保此項得之不易的成果，加上面對逐步開放進口國際豬肉嚴峻壓力，政府力推國產豬肉以達市場區隔之目的，藉以提升消費者的認知與消費意願，國內養豬產業效能與品質勢待持續提升，因此落實豬場自主防疫措施，避免疫病發生，特別是數種傳統性或新的豬病，仍威脅養豬產業、造成損失，如：豬瘟、豬假性狂犬病、高致病性藍耳病、第二型豬環狀病毒、副豬嗜血桿菌病等，均係為產官學研界不可輕忽、亟需持續努力的課題。

國立中興大學動物科學系阮喜文教授研究團隊過去開發之「豬隻疾病查詢與初步診斷決策支援系統」(盛等，2006)係以加權值方式，建立線上豬病初步診斷系統，資料經網頁以表單方式傳入伺服器，配合擷取自文獻資料與豬病專家之知識及經驗而儲存於資料庫中的知識，進行查詢及診斷；前財團法人臺灣動物科技研究所(現為財團法人農業科技研究院，以下簡稱農科院)黃玉鴻博士則建立「豬場經營管理系統」(黃，2009)，該套系統係自從 1991 年起政府輔導養豬政策『提升養豬效率與降低生產成本』，提出「全面動員降低農業產銷成本」計畫，至 1997 年為期 6 年，動科所負責豬場現場輔導與提供豬場管理軟體建立資料庫，逐步為養豬農民整合資料，並已完成之豬場管理系統包括豬場經營效益分析系統、豬隻生產管理系統、豬場飼料管理系統、豬場醫療管理系統及肉豬行銷管理系統。

行政院農業委員會家畜衛生試驗所(以下簡稱家衛所)之業務主要執掌為動物衛生保健、疾病防治及研究等，其針對各種水生動物及家畜、禽之疾病，開發診斷輔助及病理影像資料庫系統，可提供臨床獸醫師作為診斷疾病時之參考(家衛所，2006)。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局(2020)亦於網站提供「豬場防疫手札」檔案，可讓國內養豬場依循不同豬隻、期別施行防疫注射，期望能給國內豬農對豬場衛生管理與自衛防疫更加重視及防範，並期能給養豬場以提昇生產效率與生活品質提供最大幫助。馮等(2007)介紹以專家系統與多媒體和資料庫集成的相關研究工作，在此基礎上提出一種集成多媒體和資料庫技術的豬病診斷專家系統結構模型，此模型已用於集成多媒體和 Access 資料庫的豬病診斷專家系統(Swine diseases diagnosis expert system, SDDDES)，並且取得了較好的效果。李(2015)開發以智慧手機為平臺的豬病遠端診斷系統，為飼養戶提供科學、巨量、圖文並茂的豬病資訊，使飼養戶能隨時隨地上傳發病豬群資訊，透過豬病專家即時協助解決豬病問題，並且由於豬病專家和獸醫基層人員短缺，飼養

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2674 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所技術服務組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

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

場分散、偏遠，豬病診治技術推廣手段落後等因素所造成的豬病問題，該系統為豬病診斷提供一種直觀、便捷的遠端輔助診斷工具。

行政院農業委員會（以下簡稱農委會）為因應全球農業資訊化、精緻化與加值化之趨勢，加速傳統農耕作業轉型，積極推動農業導入資訊技術應用，於 2014 年「智慧農業產銷行動加值應用服務計畫」針對農業生產作業管理領域，建構「農務 e 把抓」資訊服務系統，提供農務生產與管理之用；因考量先前產業使用軟體多須付費，或是針對較大型豬場規劃，因應近年來行動設備普及化，特別針對中小型養豬產業業者於種公母豬生育繁殖管理、豬隻飼養紀錄管理、防疫及異常事件提醒等實務需求，開發「豬場 e 把抓」系統 (<https://pigepm.coa.gov.tw/>) 提供養豬農友利用行動設備，獲取生產管理作業資訊化之管道，藉由應用該資訊服務，達提昇豬隻生產作業管理與營運效能之目的，進而帶動農業產業資訊化發展。「豬場 e 把抓」具備 4 大優勢，分別為：自動排程工作提醒、豬隻防疫計畫、豬隻異常淘汰提醒及掌控豬場成本開銷，是一個讓豬場工作人員進行豬隻管理與工作管理的資訊系統服務，包含 Web 後臺系統對應介接擴充開發行動版服務，透過行動裝置應用軟體，提升豬農工作管理、豬隻管理等實務作業之效率與效能，簡化豬農管理豬隻的流程，作為服務內容設計規劃依據，以符合實際運作需求，研發完善且具效率之豬場工作管理服務。本研究之系統，架接在豬場 e 把抓平臺，係針對國內不同型態飼養條件之豬場設計，具有符合國情之本土化優勢，容易進行現場管理、防疫工作排程及控管，大幅簡化豬農管理豬隻的流程，具有提升工作效益等實務作業之優點；在養豬產業中，仔豬育成率為養豬能否賺錢的關鍵之一，而豬場生物安全防疫更是養豬農友極為重視的課題，因此如何做到無漏洞的防疫措施，藉以減少疫病發生、降低損失，不僅是產官學研界努力合作的重心，亦是未來值得更深入探究的契機。

## 材料與方法

本研究方法為實務性運用資訊技術與機器學習理論，建構線上防疫行動管理系統，藉由不同養豬場與輔導專家的互動及交流中，逐漸建構與創造知識。先期已初步建立豬疾病初級資料庫，透過平臺不斷收集產業回饋大數據，滾動式修正調整系統，發展強化智能專家系統，除了一般生產面、經濟面及經營面資料之外，更提供線上初階 AI 分析數位服務，以強化資料探勘數據分析平臺。與使用者進行雙向資訊交流。在每一次分析後，可以累積更多數據參數進行建模分析與問答，以達到一學習型專家系統；本研究之建置流程係參酌國內養豬場通用防疫計畫及獸醫師之建議，依序為規劃、分析、設計及施行等步驟，並產出系統雛形如圖 1 所示。本項提醒功能主要區分為 3 部分：後臺設定防疫計畫功能、防疫提醒功能及後臺設定疫苗資訊。

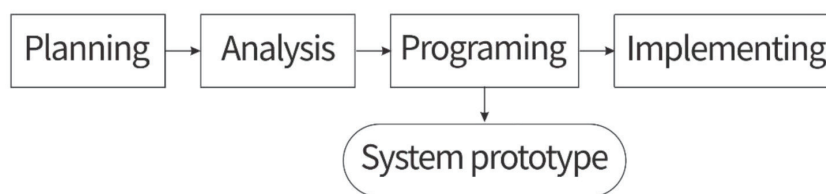


圖 1. 系統建置流程圖。

Fig. 1. System construction flow chart.

### ●智慧防疫管理功能規劃

#### I. 系統功能之目的：

- (i) 提供防疫計畫提醒功能，強化豬場防疫計畫的實施；
- (ii) 提供 Web 後臺系統，供系統用戶進行防疫計畫設定；
- (iii) 提供行動裝置應用軟體（包括 Android 及 iOS 版本），供系統用戶快速進行疫苗使用紀錄回報作業。

#### II. 系統用戶種類及特性區分為：

- (i) 系統管理者：可建立與維護基礎防疫計畫的預設值。
- (ii) 豬場管理者：豬場管理者可使用之最高權限帳號，可負責防疫計畫的排程及使用疫苗設定。
- (iii) 區域管理員：豬場管理者可設定他人為區域管理員，令其於被賦予權限之特定場區範圍進行相關作業管理。
- (iv) 飼養作業員：豬場管理者可設定他人為豬場飼養作業員，令其於被賦予權限之特定場區範圍進行防疫紀錄回報作業，而非可使用任一基本設定功能。

不同身分操作者可依不同權限賦予不同工作內容，使用者帳號並可透過 E-mail 驗證開通後，由後端自動建立預

設疫苗資料及防疫計畫排程設定，方便操作及管理。

### III. 系統功能架構：

- (i) Web 版功能架構：於系統基本架構下，其中防疫計畫設定區分為 4 部分：(1) 母豬、(2) 公豬、(3) 仔肉豬及 (4) 更新種豬，醫療器材管理則以疫苗種類為設定條件 (如圖 2)。

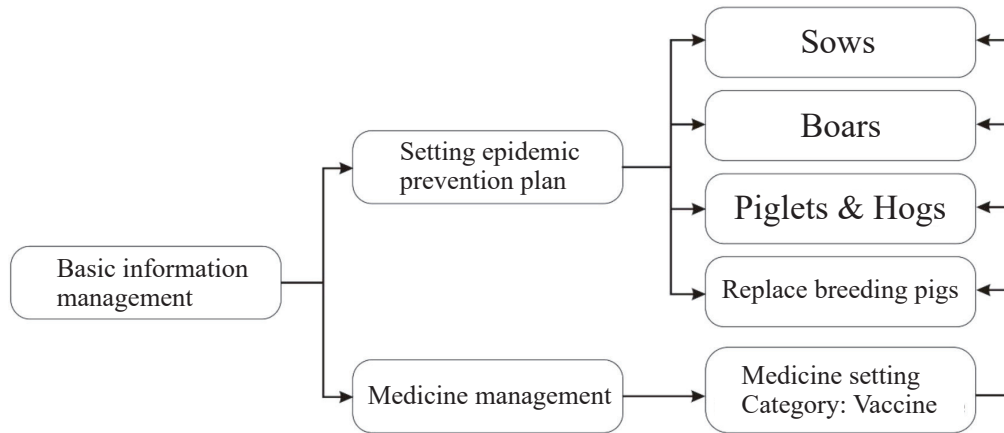


圖 2. Web 版防疫計畫設定功能架構。

Fig. 2. Web version of the anti-epidemic plan setting framework.

- (ii) APP 版功能架構：考量行動裝置，如手機的螢幕可閱讀範圍通常較小，但具有隨身攜帶的便利與即時性，因此特別針對 APP 介面設計提醒及完成工作之回報功能 (圖 3)，Web 版本與 APP 版本間之差異，詳如表 1 所述。

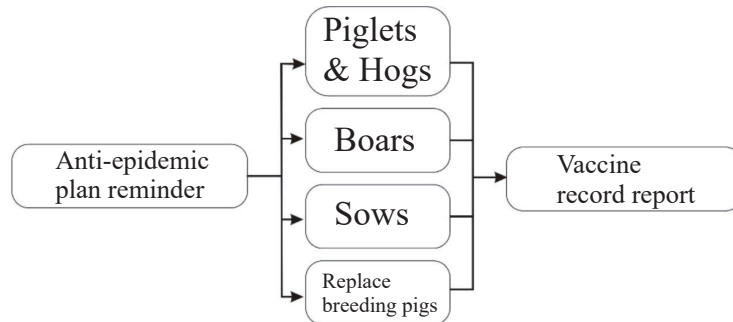


圖 3. APP 版提醒功能架構。

Fig. 3. APP version of the reminder function framework.

表 1. 智慧防疫系統功能說明

Table 1. Function description of smart epidemic prevention system

Function description
Web background-basic information management
• Pig Management Standard Setting-Epidemic Prevention Plan: Provide the management function to view/edit the management standard data of boars, sows and piglets.
Web background-system management function
• Symptom Information: Provides the default function setting of viewing/adding/editing/deleting [Medicine Management].
• Scheduling information: Provides the ability to view/edit the default settings of [Pig Management Standard Settings] and [Epidemic Prevention Plan].
APP function
• Maintenance reminders with mobile devices: Users use mobile devices (iOS or Android platforms) to process non-routine reminders (epidemic prevention plans) generated by the system based on relevant information settings and actual breeding conditions.



- (iii) 防疫計畫管理設定：透過人性化操作介面，可針對不同豬種、性別、用途及週齡，自建或挑選內建防疫計畫，設定應注射疫苗期程，並將透過提醒功能通知管理人員施行注射。
- (iv) 醫療器材管理設定：本系統參酌豬病相關資訊，內建防治豬隻疾病相關藥材及疫苗資訊，可提供使用農友快速選取及參閱。
- (v) 系統管理設定：本系統後臺管理人員可針對使用者、輔導員權限及輔導豬場進行相關設定，方便農友訊息即時傳達予輔導員。

## 結果與討論

目前國內養豬農友較常採用的管理軟體為 PigCHAMP，依據胡及阮 (1995) 的報告指出，PigCHAMP 是北美著名的豬場管理軟體，最初於 20 世紀 80 年代早期由明尼蘇達州立大學獸醫學院開發，其開發目的是用於採集科研數據；1999 年，明尼蘇達州立大學將 PigCHAMP 的所有權移交給 PigCHAMP 的雇員及外部投資者；2001 年 11 月，Farms.com 有限公司收購了 PigCHAMP (Wikipedia, 2021)，直至現今，國內用戶仍由財團法人農業科技研究院肩負持續推動之責。由於其係為需收費之軟體，且須符合規定之遴選要求 (農科院, 2019)，依據 PigCHAMP 官方網站所述，該系統主要用於資料收集與分析，並自詡為全球領先的豬場管理軟體及最強大的養豬知識來源 (PigCHAMP, 2021)，惟該系統對於防疫上的功能則未提供；依據農委會之資料指出，國內養豬場數多年來呈現下滑趨勢，2021 年上半年統計養豬場數 6,359 場，較 2020 年底的 6,497 場減少，此與亞洲地區爆發非洲豬瘟疫情後，我國加強畜牧場生物安全管理，例如輔導廚餘養豬場改用飼料等政策有關。農委會推廣「豬場 e 把抓」系統之定位，並非要取代 PigCHAMP，而係提供飼養頭數規模在 500 – 3,000 頭之養豬場，一個可資運用的管理系統，兼具國人自行開發、免服務費用與提供研究人員輔導等優點，同時亦將持續辦理訓練班、維持輔導量能。「豬場 e 把抓」系統所提供之各項功能與 PigCHAMP 比較如表 2 所示，其中以人性化操作介面之「儀錶板」(Dashboard) 方式，即讓操作者容易理解和輸入資料，不需要額外的訓練或人員輔導；另外，在防疫提醒和自動產出待辦事項方面，均為 PigCHAMP 所未提供的功能。

表 2. 「豬場 e 把抓」與 PigCHAMP 功能比較

Table 2. Comparison of “Pig Farm e-catch” and PigCHAMP function

Items	Pig Farm e-catch <sup>*</sup>	PigCHAMP
Charge	Free	NTD 38,000/year (varies according to different scales)
Management unit	Council of Agriculture Information Center	PigCHAMP
Business Company		
System environment	Internet connection is ready to use	Have to install PC program
Work list	(Full function)	(Rely on reports)
Reminders	(Full function)	(Rely on reports)
System advantages	Work management	Data collection and analysis
Expert counseling method	Data can be viewed remotely for coaching	Needs to be provided by the pig farmers manually export the data
Function correction or adjustment	Comply with the characteristics of domestic pig farmers and carry out system planning	Foreign software cannot be adjusted according to the needs of specific countries

<sup>\*</sup> The “Pig Farm e-catch” system can automatically adjust the rear acupoint work and reminders based on the recent pig breeding records, and can use real-time information to avoid inputting incorrect data without updating the pig information when reporting.

(資料來源：行政院農業委員會，2020)

現階段無論是家衛所架設之獸醫資訊系統、國際上所開發及推廣之豬隻生產管理或疾病診斷系統，均尚無包含養豬場之自主防疫計畫，因此透過本套豬場智慧化防疫行動管理系統之研發與推廣，可協助豬場經營業者落實自主

生物防疫、有效降低豬場衍生疾病的風險，規劃建構豬場防疫計畫提醒服務，針對養豬場經營業者於不同年齡及品種豬隻可設定疫苗施打排程、疫苗使用…等運作實務流程，開發 Web 後臺系統及行動版服務（含 Android 與 iOS）相關功能，進行分析規劃，作為防疫計畫提醒服務內容設計規劃依據，以符合養豬場經營業者實際運作需求，兼顧經營管理、生產效益診斷、自主防疫與降低衍生疾病之風險，對於養豬場經營者而言，將具有正面之助益。

透過畜產試驗所配合農委會所辦理之「豬場 e 把抓」（含智慧化防疫管理）教育訓練課程，截至 2021 年 4 月底已有逾 450 場牧場登記使用，種公豬 1,737 頭，種母豬 34,873 頭及肉豬 377,841 頭，依縣市別登錄豬隻數量統計資料如表 3 所示，課後並經問卷調查了解學員參訓後之意見，針對使用 Web 版與 APP 版功能上是最需要的選項中，提醒事項即以 APP 使用者之需求度明顯較高（61.2% vs. 51.0%，有效問卷 49 份），顯見透過便於攜帶之智慧行動裝置操作豬場 e 把抓管理功能時，確實希望能有即時性之提醒功能，利於落實各項現場管理作業（圖 4），對於學習成效吸收程度、能協助解決生產作業流程、是否導入或應用本系統，亦普遍表示非常同意或同意（圖 5）；收集並分析受訓學員之回饋意見，將有助於本系統日後增修功能之調整及修正，朝向更符合使用者需求及操作便利性之目標，藉以提高養豬農友運用本系統意願及現場實用性。後續亦將持續透過各種發表會或農民學院訓練班進行程式操作之應用介紹，並可透過養豬輔導團擴大推廣運用成效。

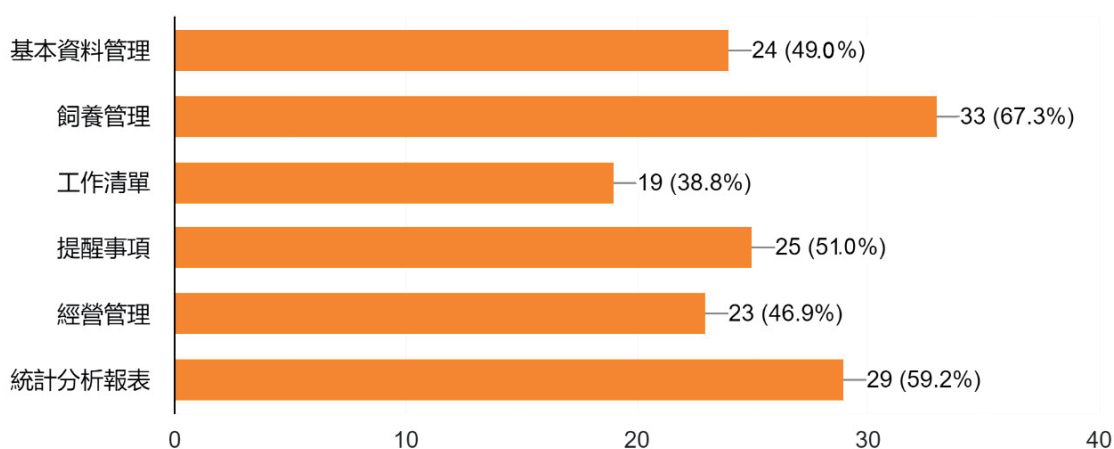
表 3. 使用「豬場 e 把抓」用戶各縣市登錄豬隻數量統計

Table 3. Statistics of the number of registered pigs in each county of “Pig Farm e-catch” users

Location	Boars	Sows	Piglets
Taoyuan	10	217	3,130
Hsinchu	—	—	493
Miaoli	118	665	7,228
Taichung	16	408	5,576
Changhua	189	4,606	57,437
Nantou	10	150	1,340
Yunlin	427	8,819	72,613
Chiayi	103	1,475	33,759
Tainan	331	8,600	70,884
Kaohsiung	73	1,563	11,585
Pingtung	428	7,852	109,126
Taitung	32	518	4,670
Total	1,737	34,873	377,841

Statistics until April 29, 2021

Web 版：



APP 版：

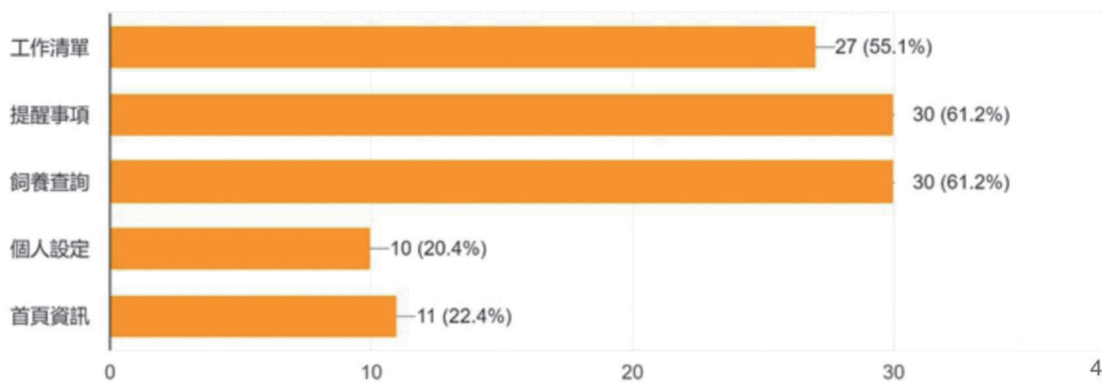


圖 4. 認為使用 Web 及 APP 版本最需要的功能。

Fig. 4. The most important functions when using the Web and APP versions.

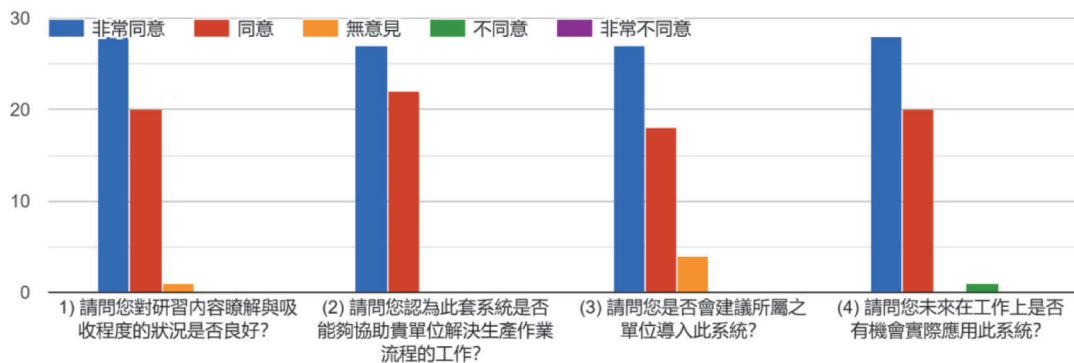


圖 5. 個人學習狀況分析。

Fig. 5. Analysis of individual learning status.

## 誌 謝

本試驗承行政院農業委員會 2018 — 2020 年科技計畫 (107 農科 -6.1.1- 畜 -L1、108 農科 -6.1.1- 畜 -L1、109 農科 -6.1.1- 畜 -L3) 經費補助，特此致謝。

## 參考文獻

- 行政院農業委員會。2020。豬場 e 把抓訓練教材。
- 行政院農業委員會家畜衛生試驗所。2006。獸醫資訊系統。<https://www.nvri.gov.tw/Module/DisplayPageContent.aspx?pid=%2FiNURYazO0c%3D>。
- 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。2020。豬場防疫手札。<https://www.baphiq.gov.tw/ws.php?id=20912>。
- 李盼玉。2015。基於智慧手機的豬病遠端診斷系統的設計與實現。安徽農業大學碩士論文，安徽合肥市。
- 胡見龍、阮喜文。1995。豬場電腦管理系統之比較。畜產學報 24：17-35。
- 財團法人農業科技研究院。2019。補助養豬農戶購置 PigCHAMP 電子紀錄軟體遴選作業要點。
- 盛乙宮、阮喜文、李維誠、黃玉鴻。2006。豬病查詢與初步診斷決策支援系統。中畜會誌 35：89-100。
- 馮萬宇、肖建華、劉雲、王洪斌。2007。集成技術的豬病診斷系統的開發研究。畜牧獸醫雜誌 26：26-28。
- 黃玉鴻。2009。豬場經營管理系統之建立。農業生技產業季刊 19：33-42。
- PigCHAMP. 2021. <https://www.pigchamp.com/>.
- Wikipedia. 2021. PigCHAMP. <https://zh.wikipedia.org/wiki/PigCHAMP>.

# Development of smart epidemic prevention action management system for pig farms <sup>(1)</sup>

Bin-Yong Wang <sup>(2)(4)</sup> Yui-I Lai <sup>(2)</sup> and Ming-Yang Tsai <sup>(3)</sup>

Received: Apr. 7, 2021; Accepted: Aug. 10, 2021

## Abstract

In this research, LRI cooperated with the “Pig Farm e-catch” system, established by the COA, to develop the “Pig Farm smart epidemic prevention action management system” in a cross-platform approach, between the web version and the APP version. The system can be set up with multiple users as the administrators. In accordance with the epidemic prevention plan, the necessary epidemic prevention measures are reminded to provide pig farmers with more convenient and efficient management measures, which will help them achieve the goal of preventing epidemics without loopholes. The system can adjust the epidemic prevention plan and the management of medical materials according to the built-in epidemic prevention plan or the feedback data from the counselor and the pig farmers. This will automatically generate preset vaccine information and the epidemic prevention plan schedule set up from the backend to achieve user friendliness. The user reminder interface meets the process and requirements of on-site management, promoting the professionalization of epidemic prevention management in pig farms, and introducing corporate business models to achieve the comprehensive effect of improvement on production efficiency.

Key words: Pig farm, Epidemic prevention, Mobile management system.

---

(1) Contribution No. 2674 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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



# 盤固草生物炭或雞糞墊料生物炭對畜禽糞堆肥異味 去除研究<sup>(1)</sup>

王舒愷<sup>(2)(5)</sup> 劉信宏<sup>(2)</sup> 游翠凰<sup>(2)</sup> 鍾承訓<sup>(3)</sup> 李秀蘭<sup>(4)</sup>

收件日期：110 年 5 月 13 日；接受日期：110 年 8 月 13 日

## 摘 要

本研究係集合近年以盤固草生物炭 (pangolagrass biochar, PB, 以下簡稱草炭) 或肉雞場雞糞墊料生物炭 (poultry litter biochar, PLB, 以下簡稱墊料炭) 進行的多個試驗, 評估應用生物炭對畜禽糞堆肥化的除臭效果。試驗 1 調查草炭直接覆蓋於雞糞墊料上的氨氣釋出情形, 結果發現氨氣釋出量隨添加草炭的比例增加而降低, 1、2 及 4% 處理組 1 h 的氨氣去除率介於 10.3 – 46.2%, 24 h 的氨氣去除率介於 5.9 – 40.2%。試驗 2 調查草炭及複合型除臭劑 (結合行政院農業委員會畜產試驗所, 以下簡稱畜試所) 自篩之氨氧化菌 (ammonia oxidizing bacteria, AOB) 與草炭) 對雞糞墊料氨氣去除的效果, 在依添加劑含水率調整至與 5% (鮮重比) 草炭相同乾物量下, 二種複合型除臭劑: 草炭+AOB 及草炭粉+AOB 處理的氨氣去除率分別為 52.4% 及 36.0%, 優於草炭及草炭粉之 23.6% 及 20.2%。試驗 3 比較添加不同量墊料炭與草炭對雞場墊料堆肥的影響, 結果發現對照組 (無添加) 的氨氣與三甲胺濃度在全期的總釋出量較高, 顯示生物炭處理能降低堆肥化過程二種異味氣體的散發, 添加量高者的效果較低者略佳, 草炭的去除效果略優於墊料炭。試驗 4 則是以固液分離後豬糞為主材料, 比較添加 5% 草炭對豬糞堆肥的影響, 結果草炭組之氨氣與硫化氫釋出總去除率達 65.0% 及 72.0%, 顯示具減少異味之效。本研究四項試驗結果均顯示, 添加草炭或墊料炭對畜禽糞堆肥異味去除具正向效果, 額外添加相關微生物效果更佳, 可提供畜牧場應用參考。

關鍵詞：盤固草生物炭、雞糞墊料生物炭、畜禽糞堆肥、除臭。

## 緒 言

生物炭是生物質 (biomass) 在低氧環境下高溫裂解 (pyrolysis) 的固體產物。燒炭的歷史起源極早, 主要為取得能源, 但近年在減緩全球暖化議題的推升下, 相關的研究與應用快速發展, 除能源外也已擴展至環境維護、農業生產等多元化利用 (Lehannes and Joseph, 2009; Windeatt *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2017)。由於生物質中的碳聚合物 (纖維素、半纖維素、木質素等) 在高溫下裂解及縮合會形成各種不同程度的孔洞與官能基, 使生物炭具有多孔性、高比表面積及特殊的吸附能力, 可在污染物質去除及除臭等方面發揮明顯效果 (Agyarko-Mintah *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017), 同時, 這些孔洞也可作為微生物的居所, 增加施用生物炭土壤的生物豐富度, 以及改善土壤的保水、通氣與團粒結構 (Lehannes and Joseph, 2009)。另外高溫炭化的生物炭結構穩定不易礦化, 估計可以留存百年以上, 具土壤碳匯 (carbon sink) 之效, 可做為減碳措施之一 (Windeatt *et al.*, 2014)。

木材、竹材與各種高碳含量的農業廢棄物 (稻殼、修剪枝、田間殘株、廢墊料、畜禽糞、廢草等) 是生物炭主要的材料來源, 此外, 工業與都市廢棄物如廢紙漿、污泥等, 甚至藻類、廚餘等高含水分的材料都有製作生物炭的紀錄。由於生物炭的應用範圍很廣, 炭化被視為解決廢棄物問題、促進物質循環與增值的手段之一, 因此相關的研究發展在近年也愈來愈多樣 (Oliveria *et al.*, 2017; Kalus *et al.*, 2019)。Tomczyk *et al.* (2020) 的回顧顯示材料種類與炭化溫度是影響生物炭特性的主要因子。炭化的方法可以大致分為慢速熱裂解、快速熱裂解與氣化等, 設施由可以自行組裝的簡易設備到複雜的整廠設備, 操作可以為實驗規模至大量生產規模, 差異極大, 加上各種不同材料種類, 因此產製的生物炭種類繁多, 特性亦均不同。這些特性包括組成、pH 值、陽離子吸附性、灰分、比表面積等, 而不

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2675 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所經營組。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

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

同的特性則會進一步影響生物炭的應用，如動物糞肥生物炭或污泥生物炭的養分含量較高較適宜提供作物生長，其高離子含量有益於無機污染物的去除，而植物性生物炭的高碳含量較能提供碳滙，高比表面積則對有機污染物的去除較有效 (Oliveria *et al.*, 2017)。

過去國內常見的生物炭主要為木炭、竹炭及稻殼炭，近年研究日增，出現如廢菇包炭、果樹修枝炭、菱角殼炭等多種不同類型的生物炭，2020 年林業試驗所集結國內近年的研究編印「臺灣生物炭產製與農業應用指南」，是國內第一本介紹生物炭產製及應用的書籍，惟以農作的應用占多數 (江等, 2020)，尚缺生物炭應用於畜牧場的研究。國產盤固乾草每年都有部分會因為調製過程的天候影響或倉儲條件不佳而無法利用，行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所 (以下簡稱恆春分所) 利用自行開發的炭窯在無外加能源投入的條件下進行炭化，盤固草炭相較於木炭、竹炭，其灰分含量較高，草炭可應用於牧草生產與牧草地土壤改良，也有助於增加牧草地土壤碳滙 (王等, 2018a; 2018b)。

由於現代化集約飼養以及飼養規模擴大，異味是畜牧業經常被抱怨的問題，國內外均有許多研究致力由飼糧調整、畜舍設計、異味去除設備等各個方面減少異味發生 (周等, 2013; 蕭等, 2015; Janni, 2020)，以降低經營阻力。本報告以多個試驗探討生物炭對畜禽糞或其堆肥除臭的效果，期望能增加利用生物炭於畜牧場應用的更多嘗試，促使畜牧產業朝向更減碳與循環的方向邁進。

## 材料與方法

### I. 生物炭

- (i) 草炭：自行生產，原料為盤固草乾草包，以自行設計的炭化窯進行炭化，設計原則參考慢速熱裂解方式 (Brown, 2009)。炭化最高溫度 (highest treatment temperature, HTT) 約 400 – 500°C，炭化時間約 10 h，本設施除可製備草炭外，尚可收集熱裂解過程的揮發氣體冷凝為草醋液。草炭的基本組成與特性如表 1。
- (ii) 墊料炭：恆春分所自行生產，原料購自臺南地區肉雞場，為肉雞育成後之出清廢棄物，內含雞糞、粗糠墊料及少量羽毛，外觀為粗糠與粗細不等團塊物體的混合體，購入時的水分含量為 30% 左右，隨堆置時間加長，水分含量逐漸降低，試驗期間打粒炭化材料的含水率為 15% 左右。原料經打粒為直徑 0.8 cm，長 1 – 1.5 cm 的柱狀顆粒，以上吸式氣化方式炭化 (Brown, 2009)，最高溫度約介於 700 – 800°C 間，炭化時間約 4 h。基本特性列如表 2。

表 1. 盤固草生物炭 (PB) 的組成及特性

Table 1. The compositions and properties of pangolagrass biochar (PB)

	pH	EC	C	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Ash
		mS/cm	----- % -----				----- mg/kg -----				%
Mean	9.6	5.0	64.2	1.7	2.0	3.8	0.2	0.4	15.7	8.7	12.9
Max.	9.9	7.5	73.0	2.3	2.3	4.8	0.3	0.5	20.8	10.8	14.1
Min.	8.7	2.9	54.2	1.0	1.5	2.7	0.1	0.3	10.8	7.5	12.1
CV.(%)	5.4	38.9	20.0	11.3	20.4	19.7	9.3	24.5	14.6	9.0	5.0

CV. (coefficient of variation), n = 13.

EC: Electrical conductivity.

表 2. 雞糞墊料生物炭 (PLB) 的組成及特性

Table 2. The compositions and properties of poultry litter biochar (PLB)

	pH	EC	C	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Ash
		mS/cm	----- % -----				----- mg/kg -----				%
Mean	9.8	12.7	40.4	2.8	7.4	12.5	1.5	2.3	270.5	165.5	50.9
Max.	10.2	14.4	51.3	3.6	10.5	14.9	1.7	2.8	318.8	187.5	55.1
Min.	9.5	11.8	32.9	1.9	2.2	10.6	1.3	1.9	231.3	118.8	45.2
CV.(%)	3.8	11.0	18.4	20.2	49.6	12.9	12.7	15.3	12.3	13.4	8.7

CV. (coefficient of variation), n = 6.

EC: Electrical conductivity.

- (iii) 生物炭特性分析：包括 pH 值、電導度 (electrical conductivity, EC) 及組成含量 (碳、氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、鋅及灰分)。pH 及 EC 為草炭 / 蒸餾水 (1/1) 萃取後之測值。碳以總碳分析儀測定 (Analytik Jena Multi EA 4000)。氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、鋅等元素分析是利用濃硫酸及  $H_2O_2$ ，於  $400^\circ C$  高溫分解至澄清，稀釋定量後保存於冰箱中，再分別經凱式氮測定儀測定總氮，磷以鉬藍法呈色後以分光光度計測定，鉀、鈣、鎂、銅、鋅則以原子光譜儀測定 (Enders and Lehmann, 2012)。灰分為  $600^\circ C$  下 6 h 的殘存重量比。

## II. 草炭與複合型除臭劑對雞糞墊料氨氣釋出的影響

- (i) 草炭添加量評估 (試驗 1)：試驗分為 1 對照組與 3 處理組，處理組分別為添加鮮重比 1%、2% 或 4% 之草炭，每處理採 3 重複，每組使用 1.2 kg 之白肉雞雞糞墊料，草炭直接添加於雞糞墊料上方做覆蓋處理，待草炭覆蓋後立即罩上壓克力採氣罩 ( $L \times W \times D$ ,  $30 \times 30 \times 60$  cm)，於 1 及 24 h 後採用氣體檢知器 (GV-100S, Gastec, Japan) 及北川式氨氣體檢知管 (No.105SC 及 No.105SD, KITAGAWA, Japan) 檢測罩內氨氣濃度 (圖 1)。對照組不施草炭，設置方式與氨氣檢測方式與試驗組相同，由試驗組及對照組之氨氣釋出差值計算氨氣去除率。去除率  $\% = (\text{對照組氨氣濃度} - \text{草炭組氨氣濃度}) \times 100 / (\text{對照組氨氣濃度})$ 。



圖 1. 草炭對雞糞墊料揮發性氨氣吸收試驗設置情形。左邊為採氣罩設置完成的處理現場，右邊為草炭覆蓋於雞糞墊料上的近照。

Fig. 1. The situation of experiment setting with applying PB for the absorption of volatile ammonia from chicken manure. Left: Set-up experiment site. Right: A close photo of PB covering on the top of chicken manure.

- (ii) 複合型除臭劑製作：先將畜試所經營組自行篩選之氨氧化菌 (ammonia oxidizing bacteria, AOB) 置於專用培養基中活化增殖 ( $10^5 - 10^6$  cfu/mL)，再加入草炭或草炭粉 (經磨碎成粉末，顆粒  $< 1$  mm) 進行共培養三週 (菌液：草炭 = 1：5 (體積比)，常溫好氣靜置培養)，製成二種除臭劑，於下列試驗中進行氨氣去除效果評估。
- (iii) 氨氣去除效果評估 (試驗 2)：依添加量評估試驗的基準於實驗室採瓶杯試驗 (Jar test) 評估，使用 500 mL 錐形瓶作為氨氣量測瓶，每瓶含 20 g 雞糞墊料 (含水率 33.4%)，分為 5 種處理：對照組 (不添加)、草炭組、草炭粉組、草炭 + AOB 組及草炭粉 + AOB 組，每處理 4 重複。共進行二次試驗。第一次各處理組添加量皆採鮮重比 4%。由於添加的草炭 (粉) 與複合型除臭劑的含水率差異大 (草炭及草炭粉含水率分別為 11.0% 及 7.7%，而草炭及草炭粉除臭劑含水率則分別為 63.0% 及 38.4%)，第二次試驗時依含水率調整添加量使各組添加的生物炭乾物量相近，各組實際添加量為草炭組 (1 g)、草炭粉組 (1 g)、草炭 + AOB 組 (2.4 g) 及草炭粉 + AOB 組 (1.5 g)。各試驗處理置入雞糞墊料與添加物後充分混勻，再以石臘膜封住瓶口，於  $26^\circ C$  下放置 24 h 後，使用北川氏氨氣檢知管檢測瓶內氨氣濃度。由試驗組及對照組之氨氣釋出差值計算氨氣去除率。去除率計算同前。

## III. 草炭與墊料炭添加對雞糞墊料堆肥化的影響 (試驗 3)

- (i) 試驗分組設計：草炭處理組共三種添加量，分別為添加鮮重比 0.5%、1% 及 2% (PB 0.5%、PB 1% 及 PB 2%)；墊料炭組為添加 0.5% 及 1% 二種處理組 (PLB 0.5% 及 PLB 1%)，對照組 (Control) 不添加生物炭，為有肉雞雞糞墊料。
- (ii) 堆肥處理：所有試驗組別雞糞墊料於堆置前各別磅重並記錄總重 (每組雞糞墊料重量約 540 kg)，並依各組試驗設計之添加量加入生物炭後混合均勻，再調整各組含水率約達到 60% 後，送入箱型式堆肥舍 ( $L \times W \times D$ ,  $2 \times 1 \times 0.6$  m) 進行 42 天靜態堆置堆肥化處理，並於堆肥化處理期間第 7、13、18、25 及 33 天進行翻堆。
- (iii) 發酵溫度測定：各處理組堆肥的中心點配置探針式溫度計，於每日上午及下午分別記錄各組中心發酵溫



度。

- (iv) 氨氣及三甲胺氣體濃度測定：採北川式氨氣體檢知管 (No.105SC 及 No.105SD, KITAGAWA, Japan) 及三甲胺氣體檢知管 (No. 105SE, KITAGAWA, Japan)，進行氣體濃度測定。

#### IV. 草炭添加對豬糞堆肥異味釋出的影響 (試驗 4)

- (i) 堆肥處理：以畜試所高雄種畜繁殖場之固液分離後豬糞為主要材料，進行試驗規模之堆肥試驗，每一處理約 100 kg 材料，堆置於鐵網圍成的直徑 38 cm 高度 1.2 m 直筒中，以靜置方式進行堆肥化。堆肥材料除豬糞外混入鮮重比 5% (w/w) 之細切盤固乾草以調整材料之含水率至 67% 左右。堆肥處理分為對照組 (CK，不含草炭) 及草炭組 (PB，含 5% (w/w) 草炭) 二組，每組二重複。堆置一個月。
- (ii) 發酵溫度測定：各處理組堆肥的中心點配置熱電偶記錄器 (HOBO® 4-channel thermocouple logger)，每 10 分鐘自動記錄發酵期間的溫度變化。
- (iii) 氣體檢測：利用攜帶式氣體偵測儀 (BW/GASALERT MICRO 5 PID, Mexico) 直接測定堆肥上端二氧化硫、硫化氫、氨氣及氧氣濃度。每週測三次。

## 結果與討論

### I. 草炭對雞糞墊料氨氣釋出影響

#### (i) 炭直接覆蓋試驗 (試驗 1)

表 3 結果為利用草炭直接覆蓋於肉雞糞墊料上的氨氣釋出情形，氨氣釋出量隨添加草炭的比例增加而降低，1 h 的氨氣去除率介於 10.3 – 46.2% 之間，24 h 的氨氣去除率介於 5.9 – 40.2% 之間，顯示草炭有降低雞糞墊料氨氣釋出的效果。Ritz *et al.* (2011) 仿照雞糞改良劑 (litter amendments) 的施用方式，改以生物炭處理於商業飼養雞舍，結果發現二種酸化處理的生物炭 (pH 2.0) 能降低氨氣揮發且具劑量效果，而花生殼炭 (pH 9.2) 對氨氣釋出的效果與對照無異，表示低 pH 應是影響關鍵。黃 (2018) 探討相同炭化條件下多種農業廢棄物生物炭特性與吸附水中氨氮之關聯性。結果顯示，生物炭對氨氮吸附量範圍為 0.5 – 2.2 mg/g，而其中以銀合歡吸附效果最好 (2.15 mg/g)，菱角殼次之 (1.94 mg/g)，椰殼纖維吸附能力最差 (0.53 mg/g)。Ro *et al.* (2015) 的研究顯示不同種類生物炭對氨氣的吸附能力在 0.15 – 1.59 mg N/g 間，與黃 (2018) 以水中氨氮吸附之研究結果近似，並表示生物炭對氨氣的吸附能力與其比表面積的大小關係不大，而經磷酸化活化過程可以大幅增加生物炭對氨氣的吸附能力，顯示可能與其表面酸性含氧官能基團 (acidic oxygen surface groups) 增加有關。Liang *et al.* (2016) 則表示包括炭對氨的吸附與其理化結構及組成特性有關，施用的 pH、生物炭劑量、粒徑的大小、氨的濃度均會影響，另外生物炭經過改造活化可以增強其吸附效能。

表 3. 不同草炭添加量對雞糞墊料氨氣釋出的影響 (試驗 1)

Table 3. Effect of PB on removal of volatile ammonia from chicken manure (experiment 1)

Duration	Treatment*	Ammonia	Removal rate
		ppm	%
1 hr	Control	130.0 ± 4.1	
	PB, 1%	116.7 ± 6.2	10.3
	PB, 2%	98.3 ± 8.5	24.4
	PB, 4%	70.0 ± 0.0	46.2
24 hr	Control	170.0 ± 4.1	
	PB, 1%	160.0 ± 4.1	5.9
	PB, 2%	133.3 ± 4.7	21.6
	PB, 4%	101.7 ± 6.2	40.2

\* PB: pangolagrass biochar.

#### (ii) 炭與氨氧化菌的效果 (試驗 2)

表 4 為以畜試所自篩氨氧化菌與草炭 / 草炭粉製作雛型除臭添加劑的第一次氨氣去除試驗結果，草炭與雛型除臭劑的氨氣去除效果相近，未顯出添加分解微生物的加乘效果。考量草炭 / 草炭粉與雛型除臭劑



間的含水率差異，調整為相同乾物基礎的添加量再進行第二次試驗，結果見表 5，雛型除臭劑的效果明顯較前試驗顯現，草炭 +AOB 及草炭粉 +AOB 處理的氨氣去除率分別為 52.4% 及 36.0%，優於草炭及草炭粉 (23.6% 及 20.2%) 的結果。Zhang *et al.* (2020) 的研究同樣發現添加分解微生物有增加玉米桿生物炭降低蛋雞糞堆肥氨氣的效果。

表 4. 添加 4% 不同除臭劑型對雞糞墊料氨氣釋出的影響 (試驗 2)

Table 4. Effect of adding 4% PB, PB powder and different prototype odorant on removal of volatile ammonia from chicken manure (experiment 2)

Duration	Treatment*	Ammonia	Removal rate
		ppm	%
1 hr	Control	245.0 ± 7.1	
	PB, 4%	196.3 ± 22.1	19.9
	PB powder, 4%	205.0 ± 5.8	16.3
	PB with AOB, 4%	192.5 ± 5.5	21.4
	PB powder with AOB, 4%	195.0 ± 5.8	20.4
24 hr	Control	103.8 ± 7.5	
	PB, 4%	88.8 ± 6.3	14.5
	PB powder, 4%	98.8 ± 2.5	4.8
	PB with AOB, 4%	82.5 ± 8.7	20.5
	PB powder with AOB, 4%	91.3 ± 6.3	12.1

\* PB: pangolagrass biochar; AOB: ammonia oxidizing bacteria.

表 5. 調整至相同生物炭乾物量下，不同除臭劑型處理 24 h 對雞糞墊料氨氣釋出的影響 (試驗 2)

Table 5. Effect of adding different odorants on the removal of volatile ammonia from chicken manure in 24 hours period. The addition was adjusted based on the same dry weight of biochar (experiment 2)

Treatment*	Ammonia	Removal rate
	ppm	%
Control	111.3 ± 7.5	
PB, 4%	85.0 ± 4.1	23.6
PB powder, 4%	88.8 ± 11.1	20.2
PB with AOB, 4%	53.0 ± 3.6	52.4
PB powder with AOB, 4%	71.3 ± 7.5	36.0

\* PB: pangolagrass biochar; AOB: ammonia oxidizing bacteria.

## II. 添加生物炭對畜禽糞堆肥化的影響

### (i) 添加生物炭於雞糞墊料的堆肥試驗 (試驗 3)

本試驗利用 0.5 – 2% 的草炭或 0.5 – 1% 的墊料炭添加於雞糞墊料中進行堆肥化，可以發現堆肥會在翻堆之後快速升溫，生物炭處理組在堆肥化初期的升溫反應較對照組高，持續四週後，對照組翻堆後的升溫反而較生物炭處理組較高 (圖 2)，顯示添加生物炭處理組的初期有機質分解反應較對照組活躍。由圖 3 及圖 4 發現對照組的氨氣與三甲胺濃度在堆肥化初期 (2 週) 較低，但之後二種氣體的釋出增高，全期的總釋出量也較高，顯示生物炭處理能降低堆肥化過程的氨氣與三甲胺散發，添加量高者的效果較低者略佳，草炭的吸附力略優於墊料炭。

### (ii) 添加草炭於固液分離後豬糞的堆肥試驗 (試驗 4)

圖 5 為固液分離豬糞堆肥化第一個月的溫度變化，由開始堆置至 1 週，草炭處理組即出現明顯溫度上升，2 天時達最高溫 69.1℃，之後逐漸降至 50℃ 左右；對照組則在升溫至 50℃ 左右後一直維持，持續 1 週。之後二組溫度即逐漸降至與環境溫度相近。顯示草炭添加可以促進堆肥化升溫，可能與草炭增加堆肥材料的通氣性有關。氣體方面，草炭組之氨氣與硫化氫釋出均較對照組低 (圖 6)，草炭處理組各別氨氣去

除率介於 37 – 79% 之間，堆置一個月的總氨氣去除率為 65%；各別硫化氫去除率介於 40 – 87% 之間，總去除率為 72%，顯示添加草炭具減少豬糞堆肥化過程氨氣與硫化氫釋出之效果。

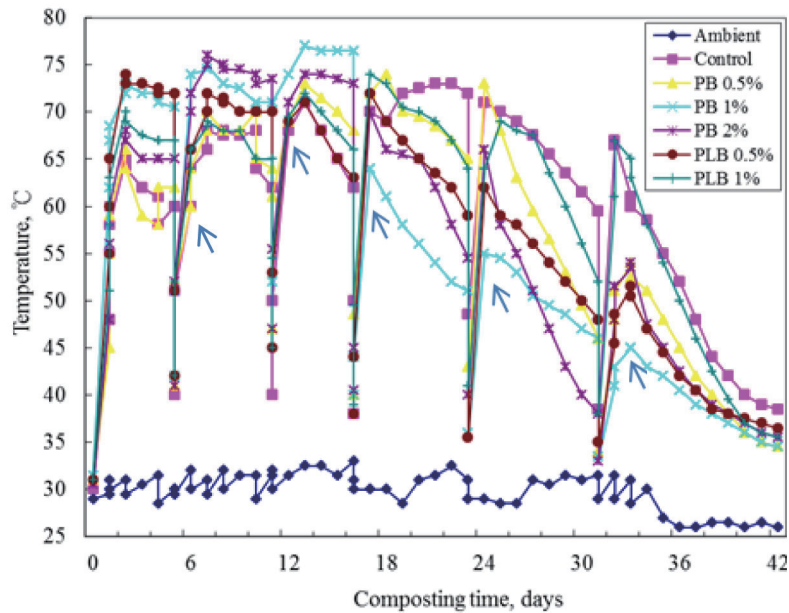


圖 2. 雞糞墊料堆肥化期間溫度變化圖。Control：無添加對照、PB 0.5%：0.5% 草炭添加、PB 1%：1% 草炭添加、PB 2%：2% 草炭添加、PLB 0.5%：0.5% 墊料炭添加、PLB 1%：1% 墊料炭添加。箭頭表示於第 7、13、18、25 及 33 日進行翻堆。(試驗 3)

Fig. 2. Temperature variations of different broiler litter composts treatments. Control: no additive, PB 0.5%: 0.5% pangolagrass biochar added, PB 1%: 1% pangolagrass biochar added, PB 2%: 2% pangolagrass biochar added, PLB 0.5%: 0.5% poultry litter biochar added, PLB 1%: 1% poultry litter biochar added. Arrows indicate the turning over on the 7th, 13th, 18th, 25th and 33rd day. (experiment 3)

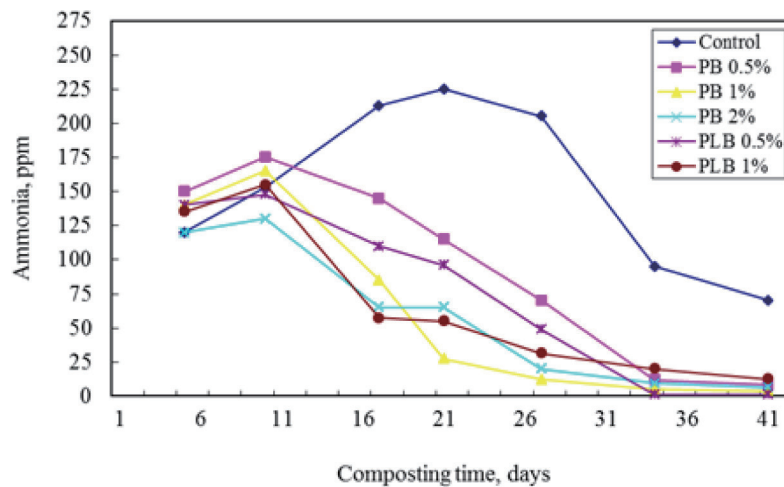


圖 3. 雞糞墊料堆肥化期間氨氣濃度變化圖。Control：無添加對照、PB 0.5%：0.5% 草炭添加、PB 1%：1% 草炭添加、PB 2%：2% 草炭添加、PLB 0.5%：0.5% 墊料炭添加、PLB 1%：1% 墊料炭添加。(試驗 3)

Fig. 3. Volatile ammonia content variations of different broiler litter composts treatments. Control: no additive, PB 0.5%: 0.5% pangolagrass biochar added, PB 1%: 1% pangolagrass biochar added, PB 2%: 2% pangolagrass biochar added, PLB 0.5%: 0.5% poultry litter biochar added, PLB 1%: 1% poultry litter biochar added. (experiment 3)

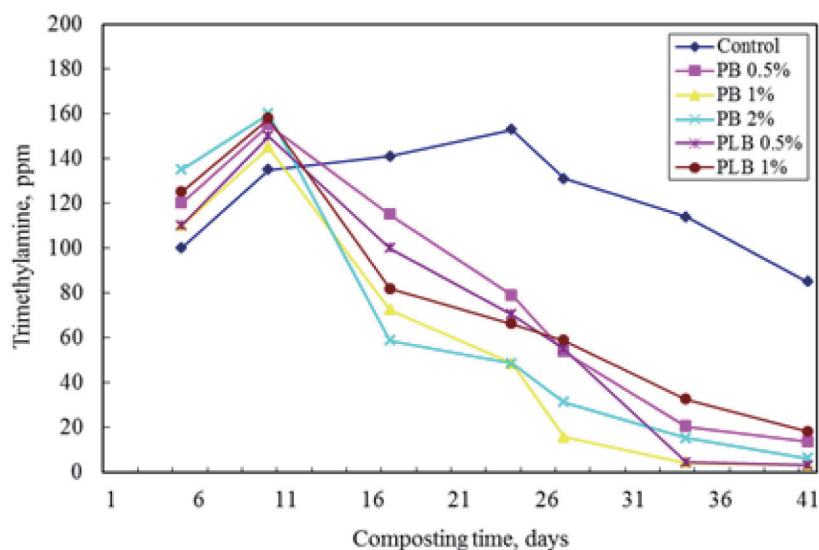


圖 4. 雞糞墊料堆肥化期間三甲胺濃度變化圖。Control：無添加對照、PB 0.5%：0.5% 草炭添加、PB 1%：1% 草炭添加、PB 2%：2% 草炭添加、PLB 0.5%：0.5% 墊料炭添加、PLB 1%：1% 墊料炭添加。(試驗 3)

Fig. 4. Trimethylamine content variations of different broiler litter composts treatments. Control: no additive, PB 0.5%: 0.5% pangolagrass biochar added, PB 1%: 1% pangolagrass biochar added, PB 2%: 2% pangolagrass biochar added, PLB 0.5%: 0.5% poultry litter biochar added, PLB 1%: 1% poultry litter biochar added. (experiment 3)

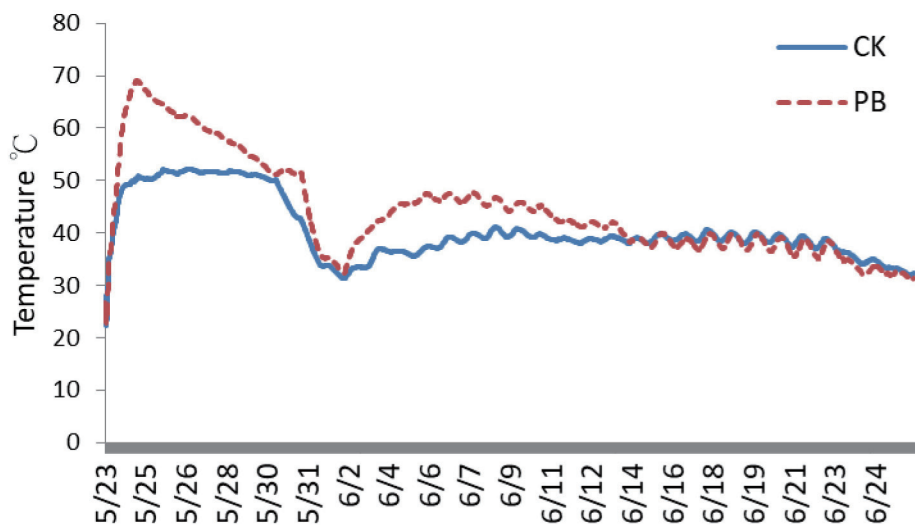


圖 5. 固液分離後豬糞堆肥化過程之溫度變化。CK：對照、PB：5% 草炭添加。(試驗 4)

Fig. 5. Temperature variations of solid-liquid separated pig manure composting. CK: control, PB: added 5% pangolagrass biochar. (experiment 4)

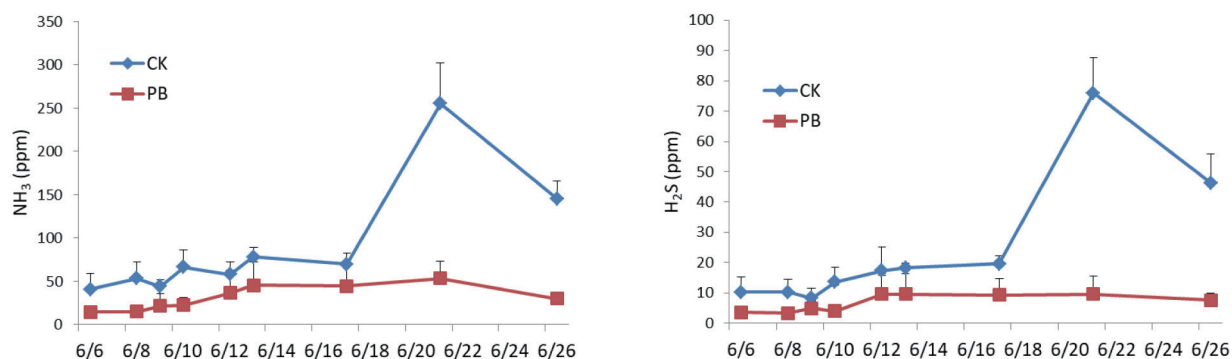


圖 6. 固液分離豬糞堆肥化過程之氨氣與硫化氫釋放。CK：對照、PB：5% 草炭添加。(試驗 4)

Fig. 6. Variation of the released ammonia and hydrogen sulfide contents in solid-liquid separated pig manure composting. CK: control, PB: added 5% pangolagrass biochar. (experiment 4)

Agyarko-Minta *et al.* (2017) 利用 12% 的庭園廢棄物 (green waste) 生物炭或雞場墊料生物炭與墊料雞糞一起進行堆肥化 (co-composting)，發現二種生物炭處理可較對照 (無添加) 減少氨氣釋出 60% 及 55%，並增加堆肥中保存的氮含量。伴隨著較低濃度的可溶有機碳及較高的  $\beta$ -葡萄糖苷酶 ( $\beta$ -glucosidase) 與白胺酸胺肽酶 (leucine-aminopeptidase) 活性，Agyarko-Minta *et al.* (2017) 推測庭園生物炭處理組較低的氨氣釋出除與其具高表面積外，也可能與較高的微生物活性有關。Janczak *et al.* (2017) 的試驗結果同樣發現，以 5% 及 10% 木質生物炭處理雞糞堆肥可以減少氨氣釋放 30% 及 44%。Duan *et al.* (2019) 的豬糞堆肥試驗顯示，生物炭與微生物菌群共同處理的效果較生物炭單獨處理更佳。Akdeniz (2019) 的研究回顧則分別說明生物炭對畜禽糞堆肥的各項影響，多數的研究報告顯示生物炭具有改善堆肥化過程的效果，如延長堆肥過程的高溫階段，降低堆肥材料的 pH，防止滲濾液形成，並減少氨、甲烷和氧化亞氮的排放等。此外，添加生物炭尚有降低畜禽糞堆肥內銅、鋅移動性的效果，可減少後續施用於土壤易發生重金屬累積的風險。Chen *et al.* (2010) 的試驗顯示，添加 9% 竹炭可以顯著較對照組豬糞堆肥降低銅及鋅移動性達 35% 及 39%。

Kalus *et al.* (2019) 的回顧列出許多不同生物炭的炭化條件與其特性間的關聯，如生物炭的碳含量會隨裂解溫度升高而提高，但製成率會降低，比表面積通常在高溫炭化下較高，可能與高溫下碳的縮合石墨化有關，糞肥炭化的碳含量低，灰分含量高。本研究中華炭與墊料炭的組成分析 (表 1 及表 2) 也大致與文獻結果相似 (Cantrell *et al.*, 2012; Sadaka *et al.*, 2014)。

除草炭外，畜試所尚有牛糞 (鄭等, 2014)、羊糞 (恆春分所未發表資料) 及肉雞廢墊料曾有炭化的嘗試，唯目前僅有草炭達試量產階段，其餘均為實驗規模。牧草炭窯是依牧草特性設計，採用適當技術 (appropriate technology) 原則，具經濟、規模彈性與方便操作性，可以簡單地生產平價的盤固草炭及炭醃液。依初步的試驗結果，草炭具備相當的畜牧場應用潛力。結合炭化技術與畜牧廢物處理具有多種好處，包括廢棄物減量、減少污染、加值利用以及降低溫效氣體排放等，值得持續進階研究與應用。

## 結 論

本研究發現草炭對氨氣具吸附能力，添加草炭或墊料炭明顯降低堆肥過程之氨氣、三甲胺、硫化氫等異味氣體之釋出，四項試驗結果均顯示，添加草炭或墊料炭對畜禽糞堆肥異味去除具正向效果，額外添加相關微生物效果更佳，可提供畜牧場應用參考。

## 參考文獻

- 王紓愍、劉信宏、游翠鳳、陳嘉昇。2018a。盤固草生物炭的特性研究與對牧草生長的影響。畜產研究 51：209-216。
- 王紓愍、劉信宏、游翠鳳、盧啟信、陳嘉昇。2018b。牧草生物炭研究 II：盤固草生物炭的分解與碳固定效應研究。中國畜牧學會會誌 47：123-134。
- 江汶錦、吳有恒、吳羽婷、吳耿東、李宜映、林文風、林裕仁、邱祈榮、倪禮豐、徐英綺、張敬宜、張廖伯勤、梁瑩如、陳韋辰、陳綺玲、陳鴻堂、黃文益、楊爵因、劉俊宏、蔡正賢、鄭美如、龍暉、薛佑光、簡士豪。2020。臺灣生物炭產製與農業應用指南。行政院農業委員會林業試驗所、臺灣農業科技資源運籌管理學會，臺北市。
- 周明顯、張筱瑜、李尚娟。2013。畜牧場及堆肥場臭味控制技術手冊。國立中山大學，高雄市。
- 黃懋宸。2018。生物炭特性與吸附水中氨氮能力關聯性之研究。國立交通大學環境工程研究所，碩士論文，新竹市。
- 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。
- 蕭庭訓、蘇天明、陳水財、黃裕益、李超陽、程梅萍。2015。滴濾設施去除密閉式豬舍逸散之粉塵、氨氣及異味。畜產研究 48：36-44。
- Agyarko-Mintah, E., A. Cowie, L. Van Zwieten, B. P. Singh, R. Smillie, S. Harden, and F. Fornasier. 2017. Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting. Waste Manage. 61: 129-137.
- Akdeniz, N. 2019. A systematic review of biochar use in animal waste composting. Waste Manage. 88: 291-300.
- Brown, R. 2009. Biochar production technology. Biochar for environmental management: science and technology. MPG



- Books, pp. 127-146. UK.
- Cantrell, K. B., P. G. Hunt, M. Uchimiya, J. M. Novak, and K. S. Ro. 2012. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresour. Technol.* 107: 419-428.
- Chen, Y. X., X. D. Huang, Z. Y. Han, X. Huang, B. Hu, D. Z. Shi, and W. X. Wu. 2010. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. *Chemosphere* 78: 1177-1181.
- Duan, Y., S. K. Awasthi, T. Liua, and Z. Zhang. 2019. Evaluation of integrated biochar with bacterial consortium on gaseous emissions mitigation and nutrients sequestration during pig manure composting. *Bioresour. Technol.* 291: 121880.
- Enders, A. and J. Lehmann. 2012. Comparison of wet-digestion and dry-ashing methods for total elemental analysis of biochar. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 43: 1042-1052.
- Janczak, D., K. Malin'ska, W. Czekala, R. Cáceres, A. Lewicki, and J. Dach. 2017. Biochar to reduce ammonia emissions in gaseous and liquid phase during composting of poultry manure with wheat straw. *Waste Manage.* 66: 36-45.
- Janni, K. 2020. Reflections on odor management for animal feeding operations. *Atmosphere* 11: 453.
- Kalus, K., J. A. Koziel, and S. Opaliński. 2019. A review of biochar properties and their utilization in crop agriculture and livestock production. *Appl. Sci.* 9: 3494.
- Lehannes, J. and S. Joseph. 2009. *Biochar for environmental management: science and technology*. MPG Books, UK.
- Liang, P., H. Yu, J. Huang, Y. Zhang, and H. Cao. 2016. The review on adsorption and removing ammonia nitrogen with biochar on its mechanism. *MATEC Web Conf.* 67: 07006.
- Oliveira, F. R., A. K. Patel, D. P. Jaisi, S. Adhikari, H. Lu, and S. K. Khanal. 2017. Environmental application of biochar: Current status, and perspectives. *Bioresour. Technol.* 246: 110-122.
- Ritz, C. W., A. S. Tasistro, D. E. Kissel, and B. D. Fairchild. 2011. Evaluation of surface-applied char on the reduction of ammonia volatilization from broiler litter. *J. Appl. Poult. Res.* 20: 240-245.
- Ro, K. S., I. M. Lima, G. B. Reddy, M. A. Jackson, and B. Gao. 2015. Removing gaseous NH<sub>3</sub> using biochar as an adsorbent. *Agriculture* 5: 991-1002.
- Sadaka, S. M. A. Sharara, A. Ashworth, P. Keyser, and F. Allen. 2014. Characterization of Biochar from Switchgrass Carbonization. *Energies* 7: 548-567.
- Tomczyk, A., Z. Sokołowska, and P. Boguta. 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 19: 191-215.
- Windeatt, J. H., A. B. Ross, P. T. Williams, P. M. Forster, M. A. Nahil, and S. Singh. 2014. Characteristics of biochars from crop residues: Potential for carbon sequestration and soil amendment. *J. Environ. Manage.* 146: 189-197.
- Zhang, H., J. N. Marchant-Forde, X. Zhang, and Y. Wang. 2020. Effect of cornstalk biochar immobilized bacteria on ammonia reduction in laying hen manure composting. *Molecules* 25: 1560.

# Study on the odor removal of livestock manure compost by pangolagrass biochar or poultry litter biochar <sup>(1)</sup>

Shu-Min Wang <sup>(2) (5)</sup> Hsin-Hung Liu <sup>(2)</sup> Tsui-Huang Yu <sup>(2)</sup> Cheng-Hsun Chung <sup>(3)</sup> and Hsiu-Lan Lee <sup>(4)</sup>

Received: May 13, 2021; Accepted: Aug. 13, 2021

## Abstract

This report has collected several experiments conducted in recent years to evaluate the effect of pangolagrass biochar (PB) or poultry litter biochar (PLB) on the odor removal of livestock manure compost. The first experiment was to investigate the effect of covering PB on the release of ammonia from broiler manure. Results showed that the released amount of ammonia decreased with the increased proportion of PB added. The ammonia removal rate in 1 hour was between 10.3 - 46.2%, and the ammonia removal rate in 24 hours was between 5.9 - 40.2%. The second experiment aimed to evaluate the ammonia removal rate of the prototype deodorants which combined PB/PB powder with ammonia oxidizing bacteria (AOB, strains selected by the Livestock Research Institute). The addition was adjusted based on the same dry matter base, the ammonia removal rate of the deodorant treatments, PB+AOB and PB powder+AOB, were 52.4% and 36%, respectively, which performed better than the 23.6% and 20.2% of PB and PB powder. The third experiment aimed to evaluate the effect of PB on ammonia removal from broiler litter compost. The results showed that the total amounts of ammonia and trimethylamine released in the control (without addition) during the entire compost period were higher than those of PB and PLB treatments, indicating that the biochar treatments could reduce the odor emission during the composting process. The effect of odor removal increased with increased addition of biochar. The odor removals of PB treatments were slightly better than those of PLB treatments. The forth experiment aimed to evaluate the effect of PB on the odor removal of solid-liquid separated pig manure compost. Results showed that the total removal rate of ammonia and hydrogen sulfide of PB treatment reached 65% and 72%, respectively. All results in this study showed that adding PB and PLB had a positive effect on the odor removal, which could be used as a reference for livestock farm applications.

Key words: Pangolagrass biochar, Poultry litter biochar, Livestock manure compost, Odor removal.

---

(1) Contribution No. 2675 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

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

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

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

# 芻料燕麥營養成分變動之探討<sup>(1)</sup>

陳嘉昇<sup>(2)(4)</sup> 黃永芬<sup>(3)</sup> 游翠凰<sup>(2)</sup> 王紓愷<sup>(2)</sup>

收件日期：110 年 5 月 27 日；接受日期：110 年 8 月 13 日

## 摘 要

芻料燕麥適於冬春作栽培，可充分利用單期作農地，其發展值得關注。本文以兩個燕麥品種 Saia (*Avena strigose*, Schber) 與 Swan (*Avena sativa*) 為材料，分兩試區進行試驗，試區 1 於 10 月 26 日種植，探討 1. 播種後 60 天起植體成分隨生育期的連續變動；2. 水溶性碳水化合物 (WSC) 的日變化；試區 2 於 11 月 26 日種植，探討生長 90 日後，二個刈割時間 (上、下午) 及二種乾燥方式 (自然日曬與人工乾燥) 對芻料燕麥營養組成的影響。目的在了解燕麥於恆春地區環境下的營養成分變動狀況。兩品種粗蛋白質 (CP) 含量在調查的前期 (抽穗前至種子發育前期) 隨天數下降，但在後期 (種子成熟後期) 都呈現上升。中洗纖維 (NDF) 方面，兩品種從 60 天起均穩定上升，Saia 至 85 天 (種子成熟前期) 後下降，Swan 於 110 天 (種子成熟前期) 後下降；酸洗纖維 (ADF) 的趨勢與中洗纖維相似。兩品種澱粉含量的累積速度及幅度有很大差異，但均達到高點 (種子成熟前期) 後下降，而水溶性碳水化合物含量則繼續上升。上述成分在調查的後期 (種子成熟期間) 呈現不連續的遞增或遞減現象，推測可能為新分蘗的產生所造成，主分蘗雖隨生育期老化，但新分蘗的產生及比例的改變影響全株的營養成分含量。WSC 的日變化方面，由上午 7 點取樣開始 WSC 含量隨光合作用而累積，下午之後再逐漸下降，日變化量約 2 – 4%，不同品種及取樣日期間有差異。第三個試驗探討上、下午刈割和乾燥方式對芻料燕麥營養組成的影響，由變方分析結果，刈割時間主要影響 WSC，Saia 及 Swan 兩品種下午刈割較上午分別提高 1.9 及 3.7%，亦影響 Swan 品種的 CP 及澱粉；乾燥方式對所有調查成分都有顯著影響 (Saia 的 CP 除外)，兩品種人工乾燥的 NDF 分別較日曬乾燥降低 5.4 及 6.0%，ADF 降低 4.1 及 4.7%，WSC 提高 3.3 及 2.9%，澱粉提高 0.6 及 1.4%。由本試驗結果可得知收穫期、調製的相對影響，而人工輔助快速乾燥不僅可減少淋雨的風險，亦顯著提升乾草品質，可為生產管理與後續研究的參考。

關鍵詞：芻料燕麥、收穫期、日變化、乾燥方式、營養組成。

## 緒 言

芻料燕麥是世界性的主要芻料之一 (Ahmad *et al.*, 2014)，目前也與苜蓿及百慕達草並列為臺灣的三大進口乾草草種。臺灣芻料燕麥栽培始於 1911 年起連續三年在恆春試種，1979 年臺灣大學由引進小穀類作物種原中選獲適合本土栽植的芻料燕麥品系，登記為「燕麥臺大選一號」(曾，1984；劉及曾，1984)。1982 年臺灣芻料燕麥栽培面積有 440 公頃，後因農地政策及進口乾草量增之故，2000 年後僅剩零星栽培 (黃及陳，2020)。近年進口乾草價格高漲且供貨不穩定，加之休耕地政策調整，本土芻料的發展出現新契機，其中芻料燕麥雖歸類為溫帶牧草，但適於臺灣各地冬、春作栽培，可充分利用單期作農地，融入不同地區耕作制度，其發展值得關注；除補充冬季熱帶性牧草如盤固草、狼尾草的產草不足外，配合調製技術的改善後，以燕麥乾草或半乾青貯取代進口乾草更值得期待。

燕麥屬 (*Avena*) 包含二倍體、四倍體及六倍體三類型計 30 個種，各倍數體均含一栽培種，本試驗對象之品種 Swan 及 Saia 即分別屬於六倍體及二倍體的栽培種。澳洲品種 Swan 過往被歸為是 *A. sativa* (Common oats, 普通燕麥) 與 *A. byzantina* (Red oats, 紅燕麥) 的種間雜交後代，現今燕麥研究者已多將 *A. sativa* 與 *A. byzantine* 歸於同種 (Loskutov, 2008; Loskutov and Rines, 2011)。Swan 的莖稈較粗、葉片寬大，晚熟；巴西選育之品種 Saia (*A. strigose*, Schber) 生長快速，莖稈細，莖葉比高，屬於二倍體之黑燕麥。黑燕麥株型直立、分蘗性佳，對環境適應性高，在高

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2676 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(3) 國立臺灣大學農藝學系。

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

溫及乾旱環境下的耐受性較普通燕麥強，美國南部、澳洲與南美洲常作為芻料利用，適合於亞熱帶地區栽培，作為草食動物的冬季芻料 (Restellatto *et al.*, 2013; Heuzé *et al.*, 2015)。

牧草作物不似穀類作物有固定之收穫期，其營養成分隨著割期、成熟度及環境而有大幅的變動，而營養成分及品質牽涉動物營養及交易價格，是牧草生產與研發的核心課題。國產芻料如盤固草、狼尾草、青割玉米等的品質變動已多所探討，對影響因素及變動的大致規則亦有所掌握 (陳及王，2005；陳及王，2012；Chen *et al.*, 2006)，而本土芻料燕麥的品質變動資料尚有限 (朱等，2018)。由溫帶地區之研究，夏或秋季播種的燕麥芻料品質較春季播種者為佳 (Contreras-Govea and Albrecht, 2006; Kim *et al.*, 2006)，收穫期愈晚芻料燕麥的纖維含量增加、粗蛋白質含量及總可消化養分降低 (Coblentz *et al.*, 2012; 2014)；不同品種及月份非結構性碳水化合物累積之曲線有很大的差異，環境因素與成熟度的影響可能都很重要 (Chatterton *et al.*, 2006; Coblentz and Walgenbach, 2010)。臺灣與前述研究之緯度及氣候不同，為因應未來發展，需有更有系統性的了解。

本文以倍數性、株型及生育日數殊異 (中早熟種 Saia 及晚熟種 Swan) 的兩個品種 (物種) 為材料，探討 1. 播種後 60 天起植體成分隨生育期的連續變動；2. 水溶性碳水化合物的日變化；3. 不同刈割時間 (上、下午) 及二種乾燥方式 (日曬與人工乾燥) 對芻料燕麥營養組成的影響。目的在了解恆春地區環境下芻料燕麥營養成分變動狀況與影響因子，以做為品種選拔與生產管理、調製的參考。

## 材料與方法

### I. 植體組成變動調查 (試區一)

參試的兩個品種燕麥材料分別是黑燕麥品系 Saia 以及澳洲燕麥品系 Swan。試驗田區位於畜產試驗所恆春分所，於 2016 年 10 月 26 日播種，行距 15 公分，8 行區，行長 20 公尺，2 重複，採條播方式種植。試驗田區以臺肥 1 號複合肥料 ( $N : P_2O_5 : K_2O = 20 : 5.5 : 10$ ; 100 kg/ha) 作為基肥，不施用追肥，利用中耕培土及人工除草進行雜草防除。播種後 60 至 116 天，間隔 5 天之 7、11 及 15 時取樣，刈割行長 30 公分之地上部 (至少 20 個分蘗以上)，以 80°C 烘乾 48 小時後磨粉，冷藏備用。7 及 15 時之樣品用以分析 WSC 及澱粉含量，11 時的取樣分析粗蛋白質、酸洗纖維、中洗纖維；其中兩日 (Saia 為 2017 年 1/11 及 2/5；Swan 為 2/5 及 2/14) 增加 19 時及 23 時取樣點，以進行 WSC 及澱粉含量的日變動調查。

### II. 不同刈割時間 (上、下午) 及二種乾燥方式 (日曬與人工乾燥) 試驗 (試區二)

品種、田區設計及田間管理同試區一，於 2016 年 11 月 26 日種植。生長 90 日後，於上午 9 時及下午 14 時分別刈割，刈割後材料分為二組：1. 以 60°C 烘乾機乾燥 2 天 (快速乾燥)，2. 置於戶外曝曬 5 天 (緩慢乾燥)，機械乾燥結束 Saia、Swan 烘乾的含水率分別為 11、12%，日曬的含水率則為 17、18%。調製完成的乾草置於冷藏庫保存，二星期後取出回溫切段 (約 5 公分，含水率 10%) 磨粉冷藏備用。

### III. 植體成分測定

- (i) 粗蛋白質：依照 AOAC (2019) 方法測定。樣品經濃硫酸高溫分解後，以自動定氮儀測定 Kjeldahl 氮量，再換算為粗蛋白質量。每樣品 2 重複。
- (ii) 酸洗纖維：依照 van Soest *et al.* (1991) 之方法，以 ANKOM 200 纖維分析儀進行 (Vogel *et al.*, 1999)。樣品密封於專用濾袋 (ANKOM F57)，浸置於酸洗液中加熱振盪 75 分鐘，洗去溶液，取出濾袋烘乾稱重，計算酸洗纖維含量。每樣品 2 重複。
- (iii) 中洗纖維：採添加  $\alpha$ -amylase 之方法 (van Soest *et al.*, 1991)，以 ANKOM 200 纖維分析儀進行 (Vogel *et al.*, 1999)。樣品密封於專用濾袋 (ANKOM F57)，浸置於含有耐熱  $\alpha$ -amylase 之中洗液中加熱振盪 75 分鐘，洗去溶液，取出濾袋烘乾稱重，計算中洗纖維含量。每樣品 2 重複。
- (iv) 水溶性碳水化合物：樣品經烘乾磨粉，以 80% 的酒精於 80°C 下萃取四次，萃取液混合，置 70°C 烘箱中去除酒精，殘餘液體以蒸餾水定量，以 anthron 呈色法測定含量 (Morris, 1948)。每樣品 2 重複。
- (v) 澱粉：先以 80% 的酒精於 80°C 下萃取除去 WSC，棄去萃取液，樣品烘乾後加入過氯酸加熱水解，定量後同樣以 anthron 呈色法測定含量 McCready *et al.* (1950)。每樣品 2 重複。
- (vi) 非結構性碳水化合物 (NSC)：NSC 含量為 WSC 含量與澱粉含量相加。

IV. 統計分析：上、下午刈割及乾燥方式試驗收集資料以 SAS 軟體 (SAS, 2002) 之 GLM Procedure 進行變方分析，主效應為刈割時間、乾燥方式，主效應均為固定型，當達顯著差異時再以鄧肯氏法 (Duncan's test) 測驗處理間的差異顯著性。本試驗差異顯著水準為  $P < 0.05$ 。



## 結 果

### I. 芻料燕麥的粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維含量變動 (試區 1)

Saia 及 Swan 為兩個成熟期及株型差異大的燕麥品種，Saia 為中早熟型、細莖細葉，Swan 相對較為晚熟、粗莖寬葉。Saia 之主分蘗於 2017/1/11 進入孕穗期、1/16 抽穗期 (播種後 80 天)、1/26 約為糊熟期 (播種後 90 天)、2/5 約完熟期 (播種後 100 天)、2/14 為完熟後期 (播種後 109 天)；Swan 之主分蘗於 2/5 (播種後 100 天) 才進入孕穗期、2/10 (播種後 105 天) 為抽穗期，取樣結束之 2/21 才達糊熟期 (播種後 116 天)。

播種後 60 天至 116 天的植體組成調查結果，在粗蛋白質方面，Saia 的 CP 含量由播種後 60 天 (12/27) 的 23.1% 降至 100 天 (2/5，約完熟期) 的 11.5%，再回升到 110 天 (2/15) 的 15.2%；Swan 由 60 天 (12/27) 的 26.8% 降至 80 天 (1/16) 的 12.6%，回升到 90 天 (1/26) 的 18.8%，再降到 110 天 (2/15) 的 7.7%，最後 116 天 (2/21) 再升至 13.5%。兩品種的 CP 含量在抽穗前至種子發育前期有隨生長天數呈現下降趨勢，但在個別的最一次調查期，分別為 2/14 (Saia 完熟後期) 及 2/21 (Swan 糊熟期)，兩個品種 CP 含量都呈現上升 (圖 1)。

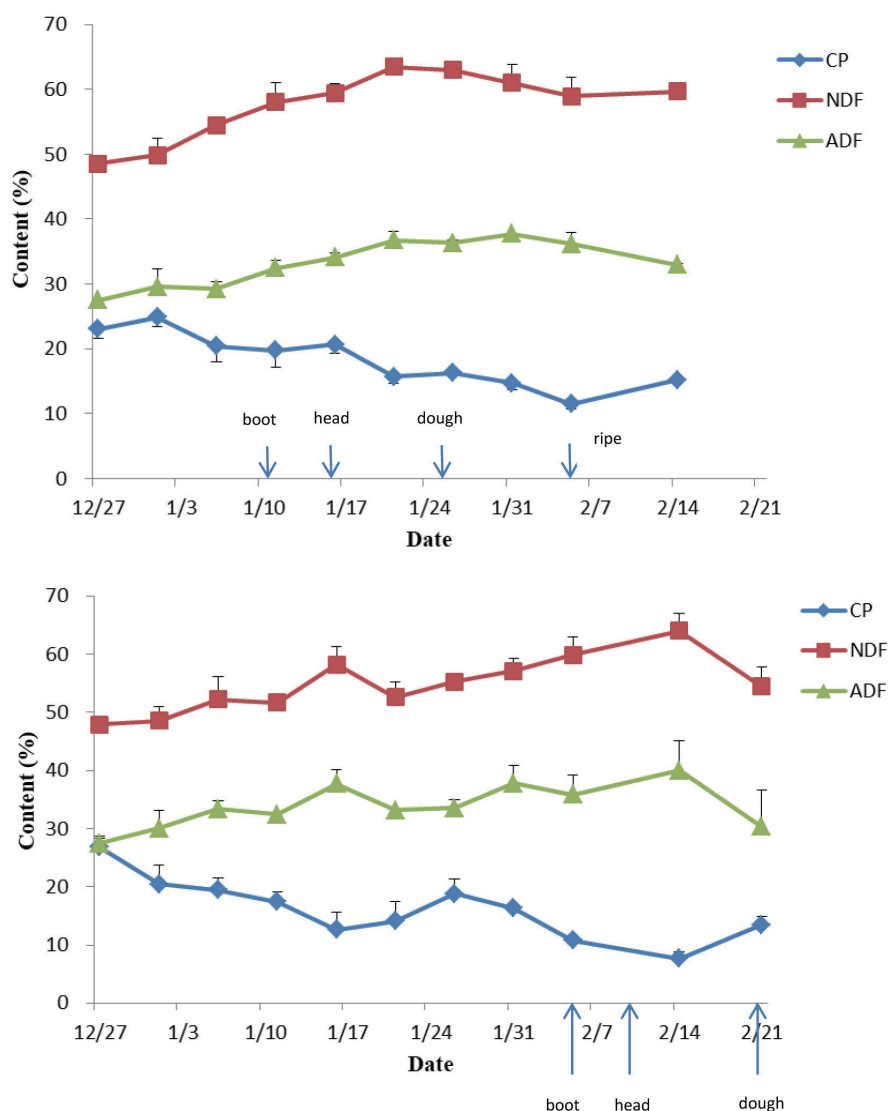


圖 1. 燕麥品種 Saia (上圖) 及 Swan (下圖) 之粗蛋白質、中洗纖維、酸洗纖維隨著收穫日期 (2016/12/27 – 2017/2/21) 之含量變化。柱狀表示該測值的標準差。

Fig. 1. The contents of crude protein, acid detergent fiber, and neutral detergent fiber of oat varieties Saia (upper) and Swan (lower) harvested at different dates (2016/12/27–2017/2/21). Bar indicates standard deviation.

在中洗纖維方面，Saia 從 60 天 (12/27) 的 48.6% 上升至 85 天 (1/21) 的 63.4%，再降至 100 天的 58.9%；Swan 從 60 天 (12/27) 的 47.9% 升至 110 天 (2/15) 的高點 64.0%，再降到 116 天 (2/21) 的 54.4%。酸洗纖維的趨

勢與中洗纖維相似，Saia 從 60 天 (12/27) 的 27.5% 增加至 37.7% (1/31)，再降至 109 天 (2/14) 的 33.0%；Swan 從 60 天 (12/27) 的 27.4% 升至 40.0% (2/14)，再降為 116 天 (2/21) 的 30.3% (圖 1)。

## II. 芻料燕麥 WSC、澱粉、NSC 含量變化 (試區 1)

圖 2 所示，在播種後 60 天至 116 天的調查期間，Saia 於上午 7 時 WSC 含量範圍為 2.8 – 8.5%，15 時含量範圍為 4.4 – 9.4%，澱粉含量 (15 時) 範圍為 9.0 – 17.3%，NSC 含量 (15 時) 範圍為 14.1 – 21.7%；Swan 於上午 7 時的 WSC 含量範圍為 1.7 – 13.3%，15 時含量範圍為 3.7 – 14.5%，澱粉含量 (15 時) 範圍為 3.8 – 14.2%，NSC 含量 (15 時) 範圍為 7.5 – 24.2%。

兩品種 WSC 含量在 1/31 (Saia 為近黃熟期；Swan 尚未抽穗) 前均在低點狹幅起伏，Saia 7 時的 WSC 含量約在 4% 以下，Swan 又稍低。2/7 (Saia 為完熟期；Swan 為孕穗) 後兩品種 WSC 含量呈現高斜率的拉升，Saia 於 2/14 (完熟後期) 達 8.5%，Swan 於 2/21 (糊熟期) 達 13.3%。15 時的含量趨勢與 7 時一致，約較 7 時高 1 – 3%。

Saia 與 Swan 澱粉含量的線形差異大，Saia 自播種後 60 天 (12/27) 起含量即達 10%，高點在 95 天 (1/31，約黃熟) 的 17.3% 而後下降；Swan 於 60 天 (12/27) 時，澱粉含量僅 3.8%，直到 100 天 (2/5，孕穗) 時仍在 10% 之下，110 天 (2/14，乳熟早期) 達 14.2% 的高點而後下降。兩品種的澱粉含量達高點之後下降，WSC 則繼續提升 (圖 2)。

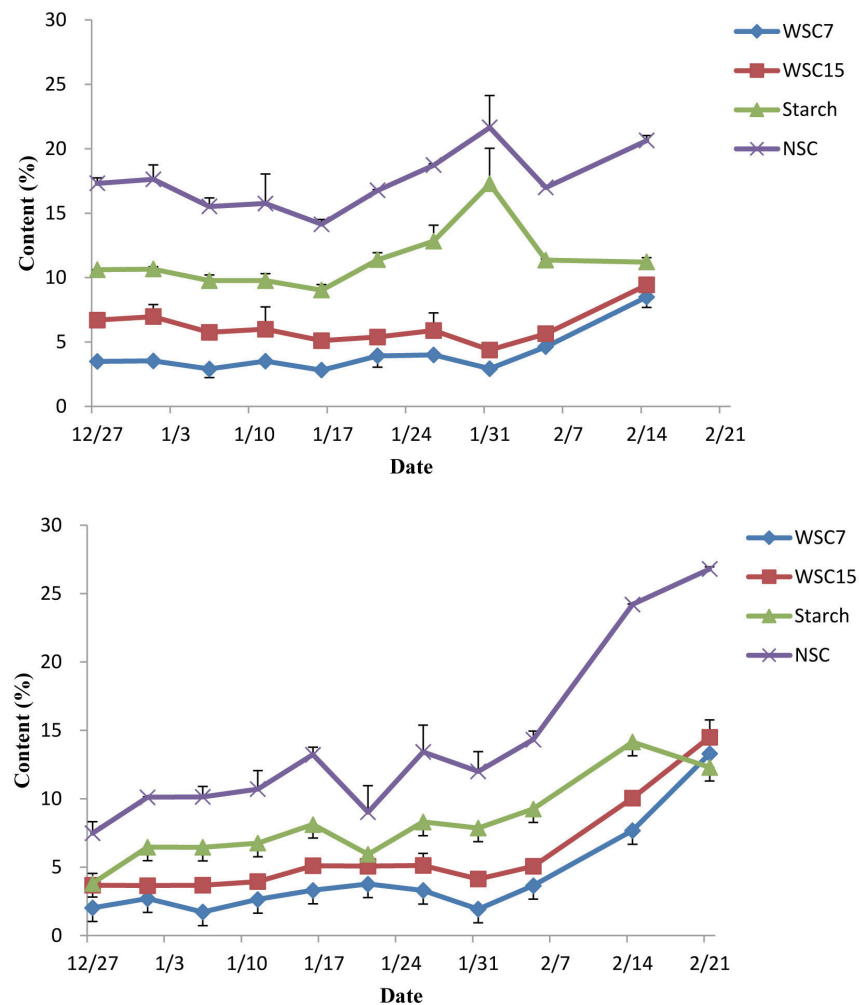


圖 2. 燕麥品種 Saia (上圖) 及 Swan (下圖) 之水溶性碳水化合物、澱粉與非結構性碳水化合物隨著收穫日期 (2016/12/27 – 2017/2/21) 之含量變化。WSC7：7 時刈割的水溶性碳水化合物、WSC15：水溶性碳水化合物、Starch：15 時刈割的澱粉、NSC：15 時刈割的非結構性碳水化合物。柱狀表示該測值的標準差。

Fig. 2. The contents of water-soluble carbohydrate, starch, and nonstructural carbohydrate of oat varieties Saia (upper) and Swan (lower) harvested at different dates (2016/12/27-2017/2/21). WSC7: water-soluble carbohydrate harvested at 7:00; WSC15: water-soluble carbohydrate harvested at 15:00; Starch: starch harvested at 15:00; NSC: non-structural carbohydrate harvested at 15:00. Bar indicates standard deviation.

### III. 芻料燕麥 WSC 的日變化 (試區 1)

圖 3 為不同成熟度下，Saia 與 Swan 的 WSC 日變動量。當 Saia 主分蘗為孕穗期 (1/11)，WSC 從 7 時的 3.5% 上升至 15 時的 6.0% 而後緩慢下降至 23 時的 5.1%；當 Saia 主分蘗已為完熟期時 (2/5)，上午 7 時 WSC 含量高達 8.5%，較 1/11 同一時段高 5.0%，上升至 15 時的 9.4% 而後大幅下降至 23 時的 6.2%，僅較 1/11 同一時段高 1.1%。

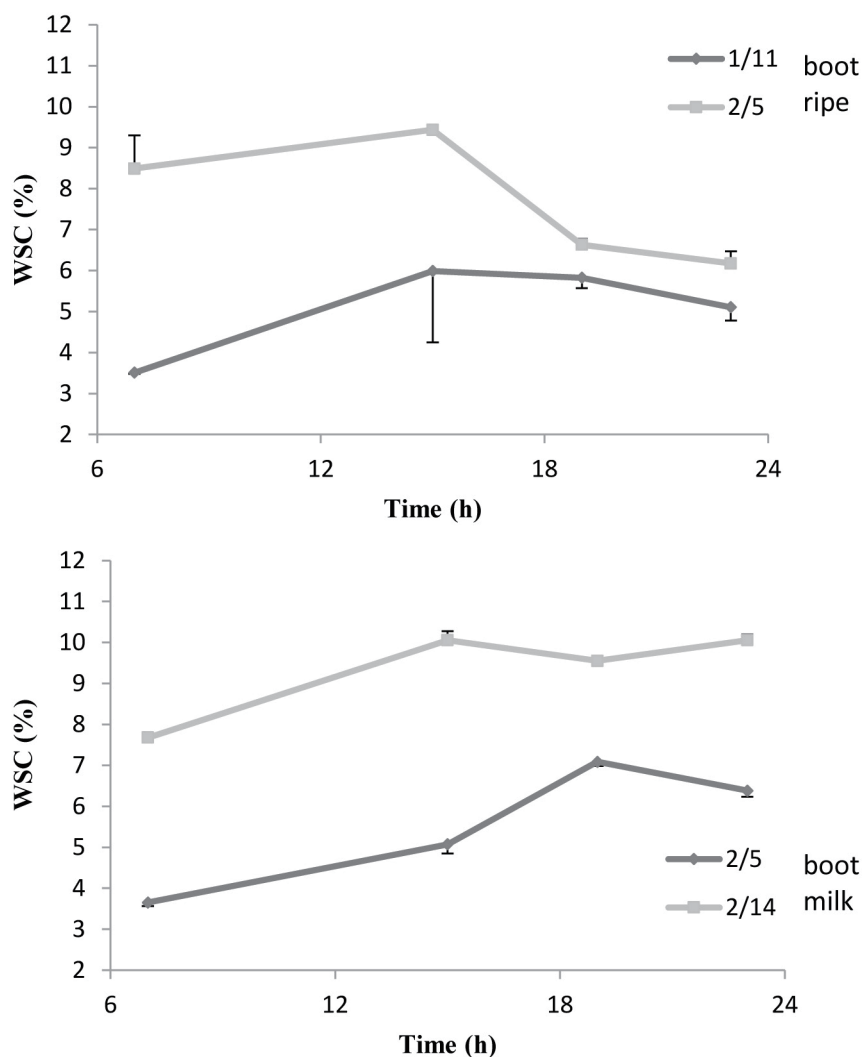


圖 3. 燕麥品種 Saia (上圖) 及 Swan (下圖) 之 WSC 日變動量。柱狀表示該測值的標準差。

Fig. 3. The diurnal changes of contents of water-soluble carbohydrate for oat varieties Saia (upper) and Swan (lower) determined on two different dates. Bar indicates standard deviation.

當 Swan 2/5 主分蘗為孕穗期時 (2/5)，WSC 從 7 時的 3.7% 上升至 15 時的 5.1%，再上升至 19 時的 7.1%，而後下降至 23 時的 6.4%；Swan 主分蘗為乳熟期時 (2/14)，上午 7 時 WSC 含量為 7.7%，較 2/5 同一時段高 4.0%，上升至 15 時的 10.1%，而後約持平至 23 時的 10.1%，較 2/5 同一時段高 3.4%。

綜合以上結果，WSC 的日變化幅度約 2 – 4%，WSC 含量隨光合作用盛行而累積，下午後再逐漸下降，基本上符合作物生理知識，但下降幅度在品種與成熟度 (取樣日期) 的表現不一，尚待進一步研究。

### IV. 芻料燕麥收穫時間及乾燥方式之影響 (試區 2)

播種後 90 天之 Saia 和 Swan 分別於 9 時及 14 時收穫，再分成 60℃ 烘乾 2 天和日曬 5 天兩種乾燥方式，比較收穫時間和乾燥方式對芻料燕麥營養組成的影響。

由變方分析結果 (表 1)，Saia 的 CP 含量於刈割時間與乾燥法的 F 值均不顯著；NDF 在乾燥法的 F 值達極顯著 ( $P < 0.01$ )，日曬乾燥的 NDF 較人工乾燥提高了 5.4% (表 2)；ADF 在乾燥法的 F 值為 5% 顯著水準，日曬的 ADF 較人工乾燥提高 4.1%，下午刈割比上午刈割減少 1.5%，但未達顯著水準；WSC 則刈割時間與乾燥法的 F 值均達極顯著水準，下午提高 1.9%，人工乾燥提高 3.3%；澱粉僅乾燥法達顯著水準，人工乾燥高 0.7%。相

對來看，乾燥法在 ADF 及澱粉雖均為 5% 顯著水準，ADF 乾燥法的 F 值為刈割時間的數倍 (19.5 vs. 2.74)，澱粉僅兩倍 (8.67 vs. 3.20)，顯示乾燥法對 ADF 的影響程度較澱粉為高。

表 1. 上、下午刈割及不同乾燥方式對芻料燕麥 Saia 及 Swan 營養成分變方分析之 F 值顯著性測驗

Table 1. F-test of analysis of variance for nutrient components of oat varieties Saia and Swan harvested in the morning or afternoon and dried by sunshine or oven

Variety	Source of variance	F-value				
		CP	NDF	ADF	WSC	Starch
Saia	Cutting time	0.00	0.2	2.74	22.0**	3.20
	Drying method	0.56	24.8**	19.5*	68.4**	8.67*
	Interaction	0.07	2.8	1.05	0.2	0.43
Swan	Cutting time	15.6*	0.1	1.5	209.9**	8.8*
	Drying method	17.9*	72.4**	45.0*	571.8**	27.4**
	Interaction	0.9	33.4*	16.0	65.3*	7.7

\*\*\* The F-test are significant at 5% and 1%, respectively.

CP: crude protein, NDF: neutral-detergent fiber, ADF: acid-detergent fiber, WSC: water soluble carbohydrate.

表 2. 芻料燕麥 Saia 及 Swan 營養成分在刈割時間及乾燥法主效應之平均值比較

Table 2. Means of the main effect of cutting time and drying method for nutrient components of oat varieties Saia and Swan

Variety	Main effect	CP	NDF	ADF	WSC	Starch
----- % dry base -----						
Saia	9*	22.9	55.2	32.0	4.03 <sup>b</sup>	2.73
	14	22.9	54.8	30.5	5.92 <sup>a</sup>	3.14
	Sun	23.2	57.7 <sup>a</sup>	33.3 <sup>a</sup>	3.30 <sup>b</sup>	2.60 <sup>b</sup>
	Artificial	22.6	52.3 <sup>b</sup>	29.2 <sup>b</sup>	6.64 <sup>a</sup>	3.27 <sup>a</sup>
Swan	9	14.6 <sup>a</sup>	58.2	35.3	5.96 <sup>b</sup>	4.57 <sup>a</sup>
	14	12.2 <sup>b</sup>	58.0	34.4	9.66 <sup>a</sup>	3.78 <sup>b</sup>
	Sun	14.6 <sup>a</sup>	61.1 <sup>a</sup>	37.2 <sup>a</sup>	7.76 <sup>b</sup>	3.48 <sup>b</sup>
	Artificial	12.2 <sup>b</sup>	55.1 <sup>b</sup>	32.5 <sup>b</sup>	10.86 <sup>a</sup>	4.88 <sup>a</sup>

\* 9: Mowed at 9 am., 14: Mowed at 14 pm., Artificial: Drying in oven at 60°C for two days, Sun: Drying outdoors for 5 days.

<sup>a, b</sup> Means with different superscripts between the main effect are significantly different ( $P < 0.05$ ).

CP: crude protein, NDF: neutral-detergent fiber, ADF: acid-detergent fiber, WSC: water soluble carbohydrate.

Swan 方面，不同於 Saia，CP 變方分析於刈割時間與乾燥法的 F 值均達 5% 顯著，在上午刈割較下午刈割高 2.4%，人工乾燥較日曬乾燥低 2.4%；刈割時間不影響 NDF，乾燥法的 F 值則為極顯著，日曬乾燥的 NDF 較人工乾燥提高了 6.0%；ADF 於乾燥法的 F 值達 5% 顯著水準，日曬乾燥的 ADF 較人工乾燥提高 4.7%；WSC 之刈割時間與乾燥法的 F 值均達極顯著水準，下午提高 3.7%，人工乾燥提高 3.1%；澱粉則刈割時間 F 值達 5% 顯著水準，乾燥法達 1% 顯著水準，下午刈割減少 0.8%，日曬乾燥減少 1.4%。

從變方分析表看兩個品種差異之處，不同於 Saia，Swan 的 CP 於兩變因的 F 值均顯著，以及澱粉於上、下午刈割間有顯著差異，可能與 Swan 的 WSC 含量高、變動幅度大，造成的連動效應有關，此外，Swan 的 WSC 在兩變因的交互顯著，表示相對變動幅度有差異。

綜合上述，刈割時間主要影響 WSC，兩品種下午刈割較上午分別提高 1.9 及 3.7%，亦影響 Swan 品種的 CP 及澱粉；乾燥方式對大部分調查成分都有顯著影響（僅 Saia 的 CP 除外），Saia、Swan 兩品種人工乾燥的 NDF 分別降低 5.4 及 6.0%，ADF 降低 4.1 及 4.7%，WSC 提高 3.3 及 2.9%，澱粉提高 0.6 及 1.4%。

## 討 論

植物各部位的成分含量隨生育期而改變，而生長速度、供源積儲關係 (source-sink relationship) 與比例等則不外



受品種與環境因素影響，因此牧草收穫前營養成分的變動看似複雜，但有其基本因果關係可循 (Buxton and Fales, 1994; Nelson and Moser, 1994)，能否掌控一個物種品質的變動甚至理出其變動規則，端視研究者對變動因素的了解與掌握程度。收穫後的品質變化則又是另一段歷程與影響因素 (Rotz and Muck, 1994; Rotz, 2003)。

多年生的盤固草、狼尾草無穀粒充實的影響，其營養成分概隨莖稈老化速度、比例而律動，同一個基因型下老化速度受溫度、日長等影響，由積溫、日長等變因對纖維含量或消化率多項式迴歸的決定係數 ( $R^2$ ) 達 0.7 以上 (陳及王, 2005; Chen *et al.*, 2006)；多年生的苜蓿由其外觀與氣象因子對品質的預測程度亦高 (Fick and Onstad, 1988; Hintz and Albrecht, 1991; Sanderson, 1992)。單莖的穀類作物如青割玉米，因生育後期苞穗比例大、澱粉大幅累積，是另一類型。玉米的稿稈隨著成熟而老化，營養價值降低，然而在生育後期穀粒的比例隨著成熟而增加，提高全株消化率 (陳等, 2007; Coors *et al.*, 1997; Darby and Lauer, 2002)。雖然飼養價值在年度間有不同，不同品種亦有別，不易歸納出品質成分的預測，但大致隨成熟度呈現一致的關係，青割玉米全株 CP 隨成熟度下降，消化率則前期下降，後期隨成熟度而提高 (陳及王, 2012; Wiersma *et al.*, 1993; Lauer *et al.*, 1999)。

屬小穀類的燕麥其生育特性則不同於上述兩類作物。植株叢生而多分蘗，抽穗期後亦有澱粉累積，但分蘗的發生及抽穗、充實時間不一，而穗占全株比例的品種差異也較大，從植株型態可預知其影響成分因素不似前二類牧草之單純。前人研究，在溫帶地區，春季播種的芻料燕麥較夏或秋季播種的產量高，但夏或秋季播種的芻料燕麥在生殖生長階段氣候較為冷涼，因此其芻料品質較春季播種者為佳 (Contreras-Govea and Albrecht, 2006; Kim *et al.*, 2006)。夏末播種的芻料燕麥因生育後期氣溫漸降，WSC 含量較春季播種者高而增強植株對低溫的耐受性 (Coblentz *et al.*, 2011; 2012)。另亦有研究指出收穫期愈晚會使植株的成熟度愈高，造成芻料燕麥的纖維含量增加、粗蛋白質含量及總可消化養分降低而影響芻料品質，品種特性亦會造成芻料品質的差異 (Wallsten *et al.*, 2008; Coblentz *et al.*, 2014; Winter, 2017)。

本研究結果，ADF、NDF 在抽穗前有隨生長上升的趨勢，到抽穗後出現高點，之後隨穀粒澱粉累積而降低，兩品種雖抽穗期差距 30 餘天，但大體趨勢相同。以生育階段看，Saia 的 NDF 在乳熟期才下降，Swan 在充實前期即開始下降，可能與兩品種 NSC 及澱粉累積速度有關。另，兩品種 CP 含量在調查前期有隨生育天數下降的趨勢，但在調查的最後期都呈現上升，Saia 的 CP 於 2/14 最低點後上升 2.7%，Swan 在 2/21 的低點後亦上升 5.8%，此現象不同於多年生的盤固草、狼尾草，也不同於主莖型的青割玉米，也未見於前人有關芻料燕麥營養成分的報告 (陳及王, 2012; Coblentz *et al.*, 2012; 2014)。

除以上 CP、ADF、NDF 變動外，小穀類作物的燕麥，其 NSC 佔植株成分相當大的比例，而兩品種 NSC 累積的狀況不同。本試驗中 Saia 的澱粉含量於調查前期 (播種後 60 天) 即高達 10% 左右，高於 Swan 的 5% 左右；Saia 的 NSC 由前期 (播種後 60 天) 的 15% 提升至後期 (播種後 109 天，完熟後期) 22%，幅度較小；Swan 的 NSC 則由前期 (播種後 60 天) 的 8% 提升至後期 (播種後 116 天，糊熟期) 27%，有數倍的增幅，此差異可統歸為品種因素，而此品種差異是否為早熟品種的營養生長期短，以致 WSC 及 NSC 累積量較不足所致？值得探究。而兩品種於調查後期都有澱粉含量下降的現象，據觀察推測可能是新分蘗產生後，整體生物量稀釋了澱粉含量所致。Saia 的 WSC 於糊熟期前累積並不明顯，糊熟後降低而後又升高；Swan 生育期較晚，至調查後期仍呈上升趨勢，由於兩品種的生育期差距甚大，但同樣在 1/29 後有較快速的拉升，除生育期外，是否有氣候等環境因子造成的影響值得進一步探討。由以上成分隨刈割期變化調查結果可知，芻料燕麥營養成分變動的複雜度高於盤固草、狼尾草及青割玉米，基本上芻料燕麥為叢生多分蘗型且穀粒占相當大的比例，而主分蘗與次分蘗間營養生長、生殖生長夾雜，各部位比例因品種、環境、栽培因素而增減，因此芻料燕麥成分變動的規則及預測的複雜度高。此結果亦不如前人所述收穫期愈晚造成芻料燕麥的纖維含量增加、粗蛋白質含量降低而影響芻料品質 (Coblentz *et al.*, 2014)，是否與恆春冬季風大，植株較矮、穀粒占全株比例較大有關，值得進一步探究。

WSC 含量與國內酪農偏好芻料燕麥的「甜度」有關，同時亦是提供青貯發酵的能量來源，與青貯調製品質有關。為數不少的文獻提及刈割時間 (上午、下午) 對品質的影響，刈割時間主要影響水溶性碳水化合物含量而改變植體營養成分比例 (Fisher *et al.*, 1999; Griggs *et al.*, 2005)。本研究結果，WSC 除隨生育期變動外有顯著的日變化，圖 3、表 2 可說明上午、下午刈割 WSC 的變動幅度及對全株成分的改變，與熱帶牧草等調查結果大致相似 (王等, 2004; 王及陳, 2005)。

除收穫前因素影響植體成分外，芻料 (乾草) 品質受收穫後調製狀況的影響極大，主要為田間曝曬萎凋至完成乾燥的時間與儲存狀況。牧草刈割後，植株細胞內的水解作用及呼吸酵素功能仍持續進行而消耗養分，緩慢乾燥將消耗植體內可溶性碳水化合物，產生二氧化碳及熱量，導致乾物質損失 (Undersander *et al.*, 2013)。芻料萎凋過程除植體及微生物呼吸作用消耗 WSC，亦會水解澱粉產生 WSC，CP、ADF、NDF 與木質素等含量差異不大 (Rotz and Muck, 1994)，而萎凋時間愈長，澱粉及 WSC 含量下降愈顯著 (Owens *et al.*, 1999; Cavallarin *et al.*, 2005)，儘速將乾

草乾燥到適當的含水分應有助減少乾草調製期間的損失 (Digma *et al.*, 2011; Castagnara *et al.*, 2012)。本研究比較人工輔助乾燥與田間曝曬結果，兩者之間營養成分含量有極大的差異，田間曝曬者因萎凋時間長，WSC 含量顯著降低，ADF、NDF 比例相對提高；人工乾燥者 WSC 及澱粉顯著高於日曬乾燥者，且 ADF、NDF 較低。由本結果亦可說明人工乾燥不僅可減少天候上遭遇淋雨的風險，亦顯著提升乾草品質，可做為推廣人工輔助乾燥雖增加成本，但可提升品質的論據。

臺灣業者喜愛使用進口芻料燕麥草飼養草食動物，芻料燕麥是冬季裡作栽培的理想作物，本土芻料燕麥草的發展具有潛力。由本文可知芻料燕麥的成分變動大，除品種與割期影響外，收穫調製也顯著影響營養成分，掌握品質變動才可在臺灣生產不亞於進口草品質的芻料燕麥。本文以連續生育期的植體成分變動、水溶性碳水化合物的日變化，以及上、下午刈割與乾燥方式之影響等，初步探討恆春地區環境下芻料燕麥營養成分變動狀況與影響因子，可為生產管理與品種選拔與後續研究的參考。

## 參考文獻

- 王紓愍、陳嘉昇、陳文、顏素芬。2004。狼尾草水溶性碳水化合物含量變化與影響因子研究。畜產研究 37：153-161。
- 王紓愍、陳嘉昇。2005。青割玉米非結構性碳水化合物含量變化之研究。畜產研究 38：1-10。
- 朱明宏、王紓愍、游翠鳳、陳嘉昇。2018。黑燕麥在不同收穫期之芻料產量、品質及青貯調製研究。畜產研究 51：16-23。
- 陳嘉昇、王紓愍、游翠鳳、劉信宏。2007。品種、種植期與收穫期對青割玉米產量與品質的影響。畜產研究 40：1-15。
- 陳嘉昇、王紓愍。2005。盤固草試管真消化率的變動與預測。畜產研究 38：197-207。
- 陳嘉昇、王紓愍。2012。青割玉米營養成分的變動與相關性探討。畜產研究 45：287-302。
- 曾美倉。1984。燕麥。雜糧作物各論。財團法人臺灣區雜糧發展基金會，臺北市，第 131-168 頁。
- 黃永芬、陳嘉昇。2020。燕麥。新編臺灣雜糧作物。財團法人臺灣區雜糧發展基金會，臺北市，第 106-139 頁。
- 劉明宗、曾美倉。1984。燕麥臺大選一號週年栽培試驗。畜產研究 17：11-23。
- Association of Official Agricultural Chemists. 2019. Official Methods of Analysis. 21st ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA. USA.
- Ahmad, M., Z. A. Gul-Zaffar, and M. Habib. 2014. A review on oat (*Avena sativa* L.) as a dual-purpose crop. Sci. Res. Essays 9: 52-59.
- Buxton, D. R. and S. L. Fales. 1994. Plant environment and quality. In Forage quality, evaluation, and utilization. American Society of Agronomy, Inc. Madison, pp. 155-199.
- Castagnara, D. D., M. A. Neres, P. S. R. D. Oliveira, C. C. Jobim, T. T. Trê, E. E. Mesquita, and M. A. Zambom. 2012. Use of a conditioning unit at the haymaking of Tifton 85 overseeded with *Avena sativa* or *Lolium multiflorum*. Revista Brasileira de Zootecnia 41: 1353-1359.
- Cavallarin, L., S. Antoniazzi, G. Borreani, and E. Tabacco. 2005. Effects of wilting and mechanical conditioning on proteolysis in sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop) wilted herbage and silage. J. Sci. Food Agric. 85: 831-838.
- Chatterton, N. J., K. A. Watts, K. B. Jensen, P. A. Harrison, and W. H. Horton. 2006. Nonstructural carbohydrates in oat forage. J. Nutr. 136: 2111-2113.
- Chen, C. S., S. M. Wang, and J. T. Hsu. 2006. Factors Affecting *in vitro* true digestibility of Napiergrass. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19: 507-513.
- Coblentz, W. K. and R. P. Walgenbach. 2010. Fall growth, nutritive value, and estimation of total digestible nutrients for cereal-grain forages in the north-central United States. J. Anim. Sci. 88: 383-399.
- Coblentz, W. K., M. G. Bertram, and N. P. Martin. 2011. Planting date effects on fall forage production of oat cultivars in Wisconsin. Agron. J. 103: 145-155.
- Coblentz, W. K., M. G. Bertram, N. P. Martin, and P. Berzaghi. 2012. Planting date effects on the nutritive value of fall-grown oat cultivars. Agron. J. 104: 312-323.
- Coblentz, W. K., W. E. Jokela, and M. G. Bertram. 2014. Cultivar, harvest date, and nitrogen fertilization affect production and quality of fall oat. Agron. J. 106: 2075-2086.

- Coors, J. G., K. A. Albrecht, and E. J. Bures. 1997. Ear-fill effects on yield and quality of silage corn. *Crop Sci.* 37: 243-247.
- Contreras-Govea, F. E. and K. A. Albrecht. 2006. Forage production and nutritive value of oat in autumn and early summer. *Crop Sci.* 46: 2382-2386.
- Darby, H. M. and J. G. Lauer. 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agron. J.* 94: 559-566.
- Digman, M., D. Undersander, K. Shinnars, and C. Saxe. 2011. Best practices to hasten field drying of grasses and alfalfa. University of Wisconsin – Extension: Madison, WI. Cooperative Extension Service A3927.
- Fick, G. W. and D. W. Onstad. 1988. Statistic models for predicting alfalfa herbage quality from morphological or weather data. *J. Prod. Agric.* 1: 160-166.
- Fisher, D. S., H. F. Mayland, and J. C. Burns. 1999. Variation in ruminants' preference for tall fescue hays cut either at sundown or at sunup. *J. Anim. Sci.* 7: 763-768.
- Griggs, T., J. W. MacAdam, H. F. Mayland, and J. C. Burns. 2005. Nonstructural carbohydrate and digestibility patterns in orchard grass sward during daily defoliation sequences initiated in evening and morning. *Crop Sci.* 45: 1295-1304.
- Heuzé, V., G. Tran, P. Hassoun, and F. Lebas. 2015. Black oat (*Avena strigosa*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/581>.
- Hintz, R. W. and K. A. Albrecht. 1991. Prediction of alfalfa chemical composition from maturity and plant morphology. *Crop Sci.* 31: 1561-1565.
- Kim, J. D., S. G. Kim, S. J. Abuel, C. H. Kwon, C. N. Shin, K. H. Ko, and B. G. Park. 2006. Effect of location, season, and variety on yield and quality of forage oat. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19: 970-977.
- Lauer, J. G., P. R. Carter, T. M. Wood, G. Daniel, D. W. Wiersma, R. E. Rand, and M. J. Mlynarek. 1999. Corn hybrid response to planting date in the northern corn belt. *Agron. J.* 91: 834-839.
- Loskutov, I. G. 2008. On evolutionary pathways of *Avena* species. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55: 211-220.
- Loskutov, I. G. and H. W. Rines. 2011. *Avena*. Wild crop relatives: genomic and breeding resources, Cereals. Ed. C. Kole, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 109-183. Clemson, USA.
- McCready, R. M., J. Guggolz, V. Silveira, and H. S. Owens. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. *Anal. Chem.* 22: 1156-1158.
- Morris, D. L. 1948. Quantitative determination of carbohydrates with dry-wood's anthrone reagent. *Science* 107: 254-255.
- Nelson, C. J. and L. E. Moser. 1994. Plant factors affecting forage quality. Forage quality, evaluation and utilization. American Society of Agronomy, Inc. pp.115-154. Madison, USA.
- Owens, V. N., K. A. Albrecht, R. E. Muck, and S. H. Duke. 1999. Protein degradation and fermentation characteristics of red clover and alfalfa silage harvested with varying levels of total non-structural carbohydrates. *Crop Sci.* 39: 1873-1880.
- Restelatto, R., P. S. Pavinato, L. R. Sartor, and S. J. Paixão. 2013. Production and nutritional value of sorghum and black oat forages under nitrogen fertilization. *Grass Forage Sci.* 69: 693-704.
- Rotz, C. A. and R. E. Muck. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. Forage quality, evaluation, and utilization. American society of agronomy, Inc. pp. 828-868. Madison, USA.
- Rotz, C. A. 2003. How to maintain forage quality during harvest and storage. *Adv. Dairy Technol.* 15: 227-239.
- Sanderson, M. A. 1992. Predictors of alfalfa quality: validation with field data. *Crop Sci.* 32: 245-250.
- Undersander, D. and C. Saxe. 2013. Field drying forage for hay and haylage. Univ. of Wisconsin Coop. Ext. Focus on Forage. [www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/SwathDrying-FOF.pdf](http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/SwathDrying-FOF.pdf).
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Vogel, K., J. F. Pedersen, S. D. Masterson, and J. J. Toy. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Sci.* 39: 276-279.
- Wallsten, J., E. Nadeau, J. Bertilsson, and K. Martinsson. 2008. Voluntary intake and diet selection by dairy heifers fed ensiled whole-crop barley and oats harvested at different stages of maturity. *Livest. Sci.* 122: 94-98.
- Wiersma, D. W., P. Carter, K. A. Albrecht, and J. G. Coors. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod. Agric.* 6: 94-99.
- Winter, B. 2017. Forage Oat Variety Guide 2017. Department of agriculture and fisherie, the government of queensland.



# Study on the variation of nutrient compositions of forage oats <sup>(1)</sup>

Chia-Sheng Chen <sup>(2)(4)</sup> Yung-Fen Huang <sup>(3)</sup> Tsui-Huang Yu <sup>(2)</sup> and Shu-Min Wang <sup>(2)</sup>

Received: May 27, 2021; Accepted: Aug. 13, 2021

## Abstract

Forage oats are suitable for cultivation in winters and springs, which can also be incorporated with annual cropping farmland in Taiwan. Its development merits attention. Two oat varieties were used to determine 3 subjects, as shown in the follows: 1. The continuous changes of plant composition with the growth period in 60 days after sowing (DAS); 2. The diurnal changes of water-soluble carbohydrate; 3. The influence of cutting in the morning or afternoon as well as the drying method (sun-curing vs. artificial drying). The purpose aimed to understand the changes of nutrient composition of oats in the local environment (Hengchun area). The crude protein (CP) contents of the two varieties decreased during the growth days in the early period, but both showed increase in the later growth stage. In terms of neutral detergent fibers (NDF), both varieties increased steadily from 60 DAS, where Saia decreased 85 DAS, and Swan declined 110 DAS. The trend of acid detergent fibers (ADF) was similar to those of NDF. The accumulation speed and range of starch contents of the two varieties were quite different, as both decreased after reaching a high point, while the contents of water soluble carbohydrate (WSC) continued to rise. The above-mentioned components showed discontinuous increase or decrease in the later period of investigation, which could have been caused by the production of new tillers. Although the main tillers grew with advancement, the emergence of new tillers changed the ingredient ratio of the whole plant. In terms of the diurnal variation of WSC, basically the contents of WSC were accumulated with photosynthesis after sunrise, and then gradually decreased after sunset. The daily variation was about 2-4%, and there were difference in different varieties and growth dates. The third experiment explored the effects of cutting in the morning or afternoon, as well as the drying speed (method). From the analytical results of variance, the cutting time mainly affected WSC. Saia and Swan both increased in WSC contents by 1.9% and 3.7% cut in the afternoon respectively, compared to those cut in the morning. The cutting time also affected both CP and starch of Swan. Drying speed had a significant impact on all the investigated ingredients (except CP of Saia). The NDF of Saia and Swan decreased by 5.4% and 6.0%, respectively, with artificial drying. ADF decreased by 4.1% and 4.7%, respectively. WSC increased by 3.3% and 2.9%, respectively and the starch increased by 0.6% and 1.4%, respectively. From the results of this experiment, we might recognize the relative impact of harvesting and processing. Artificial drying not only reduced the risk of rain, but also significantly improved the quality of hay. The results could provide information for production management and further researches of forage oats.

Key words: Forage oat, Harvest date, Diurnal change, Drying method, Nutrient Compositions.

(1) Contribution No. 2676 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan.

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



# 菜鴨微衛星標記應用於不同番鴨族群遺傳多態性之探討<sup>(1)</sup>

張怡穎<sup>(2)(4)</sup> 魏良原<sup>(2)</sup> 陳怡蓁<sup>(3)</sup> 劉秀洲<sup>(2)</sup>

收件日期：110 年 2 月 9 日；接受日期：110 年 8 月 23 日

## 摘 要

為探討菜鴨微衛星標記用於不同番鴨族群遺傳結構研究及跨世代遺傳監測之可行性，本研究應用 11 組菜鴨微衛星標記進行五結黑色番鴨 3 個世代 (BMg9、BMg13 及 BMg16)、白色番鴨畜試 1 號 302、304 族群 (L302g23、L304g23) 及最少疾病番鴨族群 (MDg12) 之遺傳分析。結果顯示，本研究之菜鴨微衛星標記在不同番鴨族群分別有 6 至 8 組標記具中至高度多態性 ( $PIC > 0.25$ )，可供應用於後續遺傳結構探討。五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代的平均交替基因數從 3.2 降至 3.0 個、平均觀測異質度從第 9 代最高 0.406 降至第 16 代 0.340、平均期望異質度亦從第 9 代最高 0.466 降至第 16 代 0.420，顯示隨世代數增加，五結黑色番鴨遺傳多態性有輕微下降的趨勢，但其有效交替基因數在跨世代皆維持恆定，且世代間無分化或僅有輕度分化。白色番鴨三個族群，平均交替基因數自 2.2 至 2.4、平均有效交替基因數自 1.6 至 1.7，平均觀測異質度最高為 0.358 (L304g23)、最低為 0.287 (MDg12)，平均期望異質度最高為 0.352 (L304g23)，最低為 0.315 (L302g23)。相較五結黑色番鴨，11 組菜鴨微衛星標記在 3 個白色番鴨族群之遺傳多態性普遍較為低下。在不同白色番鴨族群中，白色番鴨畜試 1 號除 APT012、APT033 以外，其餘標記大多顯示其有遠親配種趨勢，而最少疾病番鴨族群則有 3 組微衛星標記無多態性。本研究結果將應用於各番鴨族群後續遺傳監測，並供作其他番鴨保種研究參考，以促進番鴨種原永續經營利用。

關鍵詞：菜鴨微衛星標記、遺傳多態性、遺傳結構、番鴨。

## 緒 言

番鴨原產南美秘魯，早自 17 世紀便引入臺灣，早期民間主要飼養黑色番鴨，作為土番鴨父系或冬季進補食材之用 (周及黃, 1970; 洪等, 1996)。然於民國 50、60 年代，大體型白色番鴨自澳洲、美國與荷蘭等地引進，並大量推廣用於改善後裔土番鴨毛色，或引黑色番鴨與白色番鴨雜交，致黑色番鴨飼養數量大幅減少 (康等, 1992)。由於黑色番鴨在我國仍有其定位及市場，為維護珍貴種原，行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所於民國 76 年自嘉義與宜蘭地區引進黑色番鴨 (康等, 1993)，自第 8 代開始逢機分為 15 個家族，應用家族輪迴系統配種，並於民國 102 年將該族群命名為五結黑色番鴨，供民間黑色番鴨種原更新使用 (行政院農業委員會畜產試驗所, 2013)。

除黑色番鴨，畜產試驗所另育有白色番鴨畜試 1 號，其始於民國 73 年法國贈送之番鴨種蛋 80 枚，由行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所 (簡稱宜蘭分所) 孵出 38 隻雛鴨 (27 公、11 母)；民國 82 年由法國國家農業研究院再帶來 30 枚 ST4 品系種蛋，再孵出 18 隻雛鴨 (3 公、15 母)，其中 1 公與 7 母併入第 6 代種親群，自第 0 代至第 8 代採用 10 週齡體表型性狀作為選拔指標，第 8 代開始，此族群的選拔指標由體表型值改為累加性遺傳值，各代皆避開祖父母代全同胞或半同胞關係進行配種；第 13 代公母鴨 10 週齡體重分別達 4,137 及 2,536 g，此品系目前作為肉用純系或商業土番鴨之終端公鴨使用 (行政院農業委員會畜產試驗所, 2007)。

為供應國內生醫產業資材所需，宜蘭分所自白色番鴨畜試 1 號第 13 代又分離出最少疾病番鴨 (Minimal disease Muscovy duck, MD) 族群，在其第 12、26 及 40 週齡採血、離心血清，委由行政院農業委員會家畜衛生試驗所進行水禽小病毒及病毒性肝炎抗體檢定，淘汰檢定陽性的鴨隻，留下的鴨隻 (約 80%) 才作為種鴨，用於生產無水禽小病毒抗體之胚蛋、雛鴨，供作水禽小病毒疫苗或相關試驗，主要供應對象包括家畜衛生試驗所、瑞寶基因、臺灣生物製劑等，(魏, 2014)，近三年胚蛋加雛鴨供應量每年皆達 3,000 隻 (枚) 以上 (邱, 2020)。最少疾病番鴨族群先

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2677 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所。

(3) 東海大學畜產與生物科技學系。

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

前為整群逢機配種，考量族群數量小，為避免嚴重近親衰退，此族群自第 12 代開始逢機分為四個家族，進行家族輪迴配種。

前述番鴨族群或因族群較小，或經長年選拔，為保存珍貴種原，根據聯合國糧食及農業組織建議，另應以分子標記探討遺傳結構，觀察族群分化，並監測其是否受近親衰退影響 (FAO, 2012)。各種分子標記中，微衛星標記因具有廣布於真核生物基因組、較不受選拔影響、交替基因數多、多態性訊息含量豐富等特性 (Liu and Cordes, 2004; Tamaki, 2007; Gemayel *et al.*, 2010)，廣泛應用於各國鴨隻保種研究，如 Sultana *et al.* (2017) 應用 24 組微衛星標記分析韓國及孟加拉的當地鴨種的遺傳多態性；Hariyono *et al.* (2019) 為制定印尼 8 個國家種原本土鴨種的保種策略，應用 22 組微衛星標記分析其類緣關係；Zhang *et al.* (2019b) 應用 12 組微衛星標記估算 21 個中國鴨種的遺傳距離，並結合族群資訊進行邊際多樣性 (Marginal diversity) 分析，以協助制定種原保存優先順序；Lai *et al.* (2020) 自褐色菜鴨再篩選 17 組新微衛星標記，並加上原有 7 組標記，進行褐色菜鴨及白色菜鴨遺傳多態性分析，供後續遺傳監測使用。

然針對番鴨進行的遺傳結構研究較少，大多研究仍利用篩選自鴨的微衛星標記於番鴨分析 (Zhang *et al.*, 2019b)，其多態性常有偏低之情形。如 Maak *et al.* (2003) 之研究，在 18 組標記中，僅有 11 組具多態性；又 Ahmadi *et al.* (2007) 研究之 12 組標記，僅有 9 組可於番鴨增幅，且各基因座觀測所得之交替基因僅有 1 – 4 個，目前針對番鴨開發微衛星標記相關文獻僅一篇，且僅有 4 組標記 (Stai and Hughes, 2003)。為擴增可應用於黑色番鴨遺傳監測之標記數量，先前研究應用自褐色菜鴨基因體篩選之微衛星標記，且經於黑色番鴨測試可增幅者共 11 組，進行五結黑色番鴨第 9、13 代之多態性測試及遺傳結構分析，結果顯示 11 組微衛星標記皆具多態性 (張等, 2015)。為探討前述標記作為不同番鴨族群遺傳結構研究及跨世代遺傳監測工具之可行性，本研究應用同樣 11 組微衛星標記進行五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代跨世代遺傳分析，另建立白色番鴨族群包括最少疾病番鴨第 12 代、白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群之遺傳歧異度資訊，供未來遺傳監測參考。

## 材料與方法

### I. 試驗動物

供試動物為宜蘭分所之五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代族群 (BMg9、g13 及 g16)、最少疾病番鴨第 12 代族群 (MDg12)、白色番鴨畜試 1 號 302、304 族群第 23 代 (L302g23、L304g23)，其中 BMg9、BMg13 及 MDg12 之基因型鑑定為先前研究獲得 (張等, 2015；張等, 2018b)。五結黑色番鴨每世代族群數量約 180 隻，自第 8 代開始，保種計畫將該族群個體隨機分為 15 個家族並實施輪迴配種，並於第 9、13 及 16 代族群皆自每家族逢機採樣公、母各 1 隻，各世代各採樣 30 隻。最少疾病番鴨每世代族群數量約 120 隻，其種原來源為白色番鴨畜試 1 號第 13 代，此族群原採逢機配種，自 2015 年相關計畫將第 12 代族群逢機分為四個家族，開始輪迴配種，於同年自四家族分別採樣 2 公 5 母，共 28 隻 (魏, 2015)。白色番鴨畜試 1 號 302、304 族群第 23 代 (L302g23、L304g23)，族群數量分別約有 487 及 95 隻，於 2016 年依親代配種組合各採 1 公 1 母，兩族群分別採樣 50 隻、27 隻 (表 1)。

本研究涉及之動物試驗於畜產試驗所宜蘭分所執行，動物之使用、飼養及實驗內容係依據行政院農業委員會畜產試驗所宜蘭分所實驗動物照護及使用小組審查核准 (畜試宜動字第 105002 號) 之試驗準則進行。

表 1. 應用菜鴨微衛星標記進行遺傳分析之番鴨族群資訊

Table 1. Information of Muscovy duck populations using Tsaiya duck-derived microsatellite markers for genetic analysis

Population <sup>1</sup>	Generation	No. of drake	No. of duck
BM	9	16	16
	13	15	15
	16	15	15
MD	12	8	20
L302	23	25	25
L304	23	14	13

BM: Wujie Black Muscovy; MD: minimal disease Muscovy duck; L302: White Muscovy LRI 1 L302 population; L304: White Muscovy LRI 1 L304 population.

## II. 微衛星標記分析

採集自上述試驗動物之翅靜脈採集新鮮血液，依 EasyPure Genomic DNA mini kit (Biomax, Taiwan) 說明書指示微調 (張等, 2016) 進行基因組 DNA 之萃取。所得基因組 DNA 置入 -20°C 保存備用。

使用之微衛星標記篩選自褐色菜鴨 (Hsiao *et al.*, 2008)，再從其中挑選於菜鴨及番鴨皆有多態性者如表 2，包括 APT001、APT004、APT008、APT010、APT012、APT017、APT020、APT025、APT026、APT032 及 APT033，共 11 組。針對前述試驗動物萃取所得之基因組 DNA 進行 PCR，其反應總體積為 10  $\mu$ L，其中包含 50 ng 模板基因組 DNA、正反引子各 0.2  $\mu$ M、1 X PCR buffer、1.5 mM MgCl<sub>2</sub>、0.2 mM dNTP 及 0.375 U *Taq* DNA polymerase (TAKARA Co., Japan)。反應條件為 94°C 變性 10 分鐘，接著進行以下循環 30 次，包括 94°C 變性 20 秒、60°C 鍊合 30 秒及 72°C 延伸 30 秒，最後再以 72°C 延伸 10 分鐘。PCR 反應後，以 TBE 緩衝液製備 1% 瓊脂糖膠體進行電泳確認產物。PCR 產物經稀釋與基因標準品 (GeneScan 500 Liz size standard) 混合製備成樣品盤，送國家基因體醫學研究中心 (National Center for Genome Medicine) 經 ABI 3730 序列分析儀 (Applied Biosystems, USA) 分析辨別 PCR 產物片段大小，取得分析原始檔後，再以 Peak Scanner v1.0 software (Applied Biosystems, USA) 人工判讀各微衛星標記之基因型。

表 2. 11 組菜鴨微衛星標記引子序列、鍊合溫度及所在鴨染色體資訊

Table 2. Primer sequences, annealing temperature and orthologous microsatellites in the duck genome scaffold of the 11 Tsaiya duck-derived microsatellite markers

Locus <sup>1</sup>	Primer sequences (5' → 3')	Ta (°C) <sup>2</sup>	Duck genome scaffold no. <sup>3</sup>
APT001	F: GTCCCACTGGTTTGCTGTCC R: ACTACGCATGGCAGTGAGGTT	60	1,509
APT004	F: GGGCAGGAAAATCTCCTGAAT R: TCTCAGTGGCTGAGCGGTC	60	192
APT008	F: CAAAGAAATCCTAGAACATCATTCAAAT R: TCTTCTGGCTTTTCACCTTAGTTTAGTA	60	358
APT010	F: CACTCAGGCTTTTAGGTCCATTAATA R: CATCTGAGAATGCACTTACTGTCAAA	60	1,199
APT012	F: TTGAGCCTCAGGTTCTAAACTCCTA R: TCATAACATTTTCAGACCAGTTTTCAGA	60	5
APT017	F: TGGATGGACAGACGGGTGA R: TGGAAGTTTTGATTTCTAGTGCTTACA	60	481
APT020	F: TTCCAAGTTTGTCATGCCAATAGA R: CTGACCATGTTAGGGCGTTTTAG	60	197
APT025	F: TCCTAAGAAACGTTGCTTCATAGACC R: GAGTTAAGCTTCATCACTCTGTGACTG	60	121
APT026	F: CCCTGAAAGGCTGTTTTATATATCCA R: ATGTAAATAAAGTAGCCTTGCACGGT	60	477
APT032	F: TCACTTTCTTGACTCTCCTTGTTTT R: TGACTTGAATTCTGTTTCAGGATAAATG	60	45
APT033	F: CTTCAACCCTACCTCATAAGGAAGT R: ATCCAAATCTGCAAGGTGAGTATTA	60	14

<sup>1</sup> Hsiao *et al.* (2008), developed from Tsaiya duck.

<sup>2</sup> Annealing temperature.

<sup>3</sup> The orthologous microsatellites in the duck genome scaffold.

## III. 遺傳變異與族群遺傳結構之統計分析

為探討族群之遺傳多態性及標記可用性，本研究利用 Cervus 3.0 軟體 (Kalinowski *et al.*, 2007) 針對前項所得基因型資料計算交替基因數目 (Number of alleles, N<sub>a</sub>)、觀測 (Observed heterozygosity, H<sub>o</sub>) 與期望異質度 (Expected



heterozygosity,  $H_E$ ) (Nei, 1978) 及多態性訊息含量 (Polymorphic information content, PIC) (Botstein *et al.*, 1980), 並以 POPGENE 1.32 軟體 (Yeh *et al.*, 1997) 計算有效交替基因數目 (Number of effective alleles,  $N_e$ ) 等遺傳變異及進行哈溫平衡 (Hardy-Weinberg equilibrium) 檢定 (Guo and Thompson, 1992)。

族群分析部分使用 FSTAT 2.9.3 (Goudet, 2002) 依 Weir and Cockerham (1984) 所述計算 Wright's  $F$ -statistics 之族群近交係數 (Within-population inbreeding coefficient,  $F_{IS}$ ) 與族群分化指數 (Population genetic differentiation,  $F_{ST}$ ) (Wright, 1965) 以評估族群近親及族群間分化程度。另本研究利用統計軟體 R 的 adegenet 套件進行族群主成分分析 (Principal component analysis) 並繪圖 (Jombart and Ahmed, 2011), 另以 STRUCTURE 2.3 軟體 (Pritchard *et al.*, 2000) 進行群數分布之模擬分析, 其計算開始模擬 5,000 次後 500,000 次可能的分群數  $K$  ( $K = 2 - 10$ ), 每個  $K$  值重複模擬 20 次, 並利用 STRUCTURE HARVESTER v0.6.91 程式 (Earl and vonHoldt, 2012) 依 Evanno 法 (Evanno *et al.*, 2005) 估算最適  $K$  值 (分群數) 以探討家族輪迴、長期選育對於族群分化的影響。

## 結果與討論

### I. 微衛星標記多態性

為探討族群之遺傳多態性及標記可用性, 本研究利用 11 組菜鴨微衛星標記進行五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代 (BMg9、g13 及 g16)、最少疾病番鴨第 12 代 (MDg12)、白色番鴨畜試 1 號 302、304 族群第 23 代 (L302g23、L304g23) 遺傳分析, 於前述番鴨族群共觀測到 47 個交替基因, 各基因座所含交替基因數為 2 至 7 個, 平均每基因座含 4.3 個交替基因, 遠低於褐色菜鴨之 5.8 個 (張等, 2018a), 亦稍低於白色菜鴨之 4.6 個 (張等, 2016); 有效交替基因數介於 1.2 (APT017) 至 3.9 (APT020) 個, 平均每基因座具有 2.2 個有效交替基因。觀測異質度介於 0.107 (APT001) 到 0.572 (APT008、APT025), 平均為 0.340; 期望異質度介於 0.176 (APT017) 到 0.745 (APT020), 平均為 0.477。多態性訊息含量介於 0.168 (APT017) 到 0.708 (APT020), 平均為 0.434。在 11 組微衛星標記中, 僅有 7 組具中至高度多態性 ( $PIC > 0.25$ ); 五結黑色番鴨部分 (BMg9、BMg13 及 BMg16), 有效交替基因數介於 1.0 (APT010) 至 3.9 (APT020) 個, 平均每基因座具有 2.1 個有效交替基因。觀測異質度介於 0.033 (APT010) 到 0.707 (APT020), 平均為 0.375; 期望異質度介於 0.032 (APT010) 到 0.750 (APT020), 平均為 0.443。多態性訊息含量介於 0.032 (APT010) 到 0.704 (APT020), 平均為 0.393。11 組微衛星標記中, 8 組標記具中至高度多態性 ( $PIC > 0.25$ ); 白色番鴨 (MDg12、L302g23 及 L304g23) 部分, 有效交替基因數介於 1.0 (APT001) 至 2.4 (APT026) 個, 平均每基因座具有 1.7 個有效交替基因。觀測異質度介於 0 (APT01) 到 0.602 (APT008), 平均為 0.310; 期望異質度介於 0 (APT001) 到 0.592 (APT026), 平均為 0.353, 多態性訊息含量介於 0 (APT001) 到 0.530 (APT026), 平均為 0.298。在 11 組微衛星標記中, 僅 APT026 具高度多態性 ( $PIC > 0.5$ ), 另 3 組標記 (APT001、APT004 及 APT017) 僅有低度多態性。有效交替基因數與褐色菜鴨 (3.2 個)、白色菜鴨 (2.8 個) 相較低了許多。在標記多態性部分, 黑色番鴨及白色番鴨皆有部分標記僅具低度多態性訊息含量, 其中部分原因應係使用跨物種標記。文獻指出某些高多態性標記可能因跨物種標的序列旁供引子黏合區域之突變累積, 造成無法增幅, 在增幅測試時即被剔除 (Primmer *et al.*, 1997); 又或菜鴨基因組中高多態性區域與不同屬之番鴨有所差異, 使得標記之多態性及專一性因跨屬利用而有所折扣 (Van Hoof *et al.*, 1999)。由於截至目前番鴨仍少有專一性標記可用, 故本研究仍嘗試使用來自褐色菜鴨基因組開發之 33 組微衛星標記 (Hsiao *et al.*, 2008) 中, 11 組可於黑色番鴨增幅並具多態性者 (張等, 2015) 在白色番鴨族群進行遺傳分析, 然於白色番鴨應用時, 多態性又進一步下降, 此應與五結黑色番鴨引進係作種原保存, 採家族輪迴配種維持族群遺傳多態性, 而白色番鴨則以經過 20 餘個世代選拔所致。然在不同番鴨族群中, 分別有 6 至 8 組標記具中至高度多態性 ( $PIC > 0.25$ ), 顯示本研究使用之菜鴨微衛星標記可應用於番鴨遺傳結構研究 (Elston, 2005; Zhang *et al.*, 2019a)。

### II. 遺傳變異分析

五結黑色番鴨各世代及白色番鴨各族群之觀測交替基因分布如表 3 所示。五結黑色番鴨不同世代間所具有交替基因頻率大致皆接近, 僅有少數標記疑有特有交替基因, 如第 9 代特有 APT008 之 188 bp 及 APT032 之 233 bp, APT020 無 169 bp、APT033 無 229 bp; 第 16 代於 APT010 無 192 bp 等, 但這些片段基因頻率大多小於 0.05, 亦有可能是採樣數量較小, 影響這些片段是否被觀測。惟第 13 及第 16 代在 APT012 皆出現部分樣本一直無法成功增幅的情形, 但這些樣本使用其它標記基因型鑑別時皆正常, 另第 9 代個體在 APT012 分析亦正常, 故推測第 13 及 16 代個體可能是在引子黏合位置發生突變, 造成增幅失敗、交替基因缺失 (Hoffman and Amos, 2005)。



表 3. 五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代 (BMg9、BMg13、BMg16)、最少疾病番鴨第 12 代 (MDg12)、白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群 (L302g23、L304g23) 觀測之交替基因

Table 3. Observed alleles of the 9<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> generation of Wujie Black Muscovy (BMg9, BMg13, BMg16), the 12<sup>th</sup> generation of minimal disease Muscovy duck (MDg12), the 23<sup>rd</sup> generation of White Muscovy LRI 1 302 and 304 population (L302g23 and L304g23)

Population	APT001	APT004	APT008	APT010	APT012	APT017	APT020	APT025	APT026	APT032	APT033
BMg9	228 <sup>1</sup>	0.73 <sup>2</sup>	289	0.73	289	0.73	289	0.73	289	0.73	289
	260	0.27	297	0.27	297	0.27	297	0.27	297	0.27	297
BMg13	228	0.63	289	0.78	289	0.78	289	0.78	289	0.78	289
	260	0.37	297	0.22	297	0.22	297	0.22	297	0.22	297
BMg16	228	0.63	289	0.82	289	0.82	289	0.82	289	0.82	289
	260	0.37	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297
MDg12	228	1.00	289	1.00	289	1.00	289	1.00	289	1.00	289
	260	0.37	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297
L302g23	228	1.00	285	0.05	285	0.05	285	0.05	285	0.05	285
	260	0.37	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297
L304g23	228	1.00	285	0.06	285	0.06	285	0.06	285	0.06	285
	260	0.37	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297	0.18	297

<sup>1</sup> Fragment size (bp) of PCR product.

<sup>2</sup> Allele frequencies.

白色番鴨部分，最少疾病番鴨可發現 11 組微衛星標記中 APT001、APT004 及 APT010 無多態性，11 組標記中僅有三組標記 (APT008、APT025 及 APT026) 具 3 個以上交替基因；白色番鴨畜試 1 號之 302 及 304 族群於 APT001 亦無多態性，11 組標記中分別有 4 組 (APT008、APT012、APT025 及 APT026) 及 2 組標記 (APT008 及 APT026) 具 3 個以上交替基因。由於最少疾病番鴨為白色番鴨畜試 1 號第 13 代分離出來，顯示 APT001 可能於分離前即無多態性，而 APT004 及 APT010 應是在分離出最少疾病番鴨後才無多態性。最少疾病番鴨與白色番鴨畜試 1 號 302、304 族群交替基因分布及基因頻率皆大致相同，僅最少疾病番鴨於 APT025 具有 136、140 bp 兩特有交替基因。比較五結黑色番鴨與白色番鴨，可看到五結黑色番鴨具較大的交替基因分布差異，因白色番鴨各族群目前各僅有一個世代資訊，後續需增加可用的微衛星標記數量或進行其它白色番鴨族群、世代分析後，才能進一步確認此差異是否為黑色番鴨與白色番鴨間的差異或不同管理措施造成。另外，與黑色番鴨相同，白色番鴨三個族群亦於 APT012 出現疑似無效交替基因，後續應進一步定序確認。

表 4 至表 6 分別為五結黑色番鴨第 16 代、最少疾病番鴨第 12 代、白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群之遺傳變異，表 7 則為各族群之平均遺傳變異。比較五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代，在平均交替基因數從 3.2 降至 3.0 個、平均觀測異質度從第 9 代最高 0.406 降至第 16 代 0.340、平均期望異質度亦從第 9 代最高 0.466 降至第 16 代 0.420，各項參數皆有輕微下降的趨勢，且族群近交指數微幅上升，第 16 代有一組標記偏離哈溫平衡，但有效交替基因數在三世代皆持平為 2.1 個，顯示前述交替基因頻率變化可能由遺傳漂變或基因頻率較低未被採樣造成，主要交替基因仍留存於族群中。比較白色番鴨三個族群，平均交替基因數自 2.2 至 2.4、平均有效交替基因數自 1.6 至 1.7，平均觀測異質度最高為 0.358 (L304g23)、最低為 0.287 (MDg12)，平均期望異質度最高為 0.352 (L304g23)，最低為 0.315 (L302g23)，平均多態性訊息含量最高為 0.282 (L304g23)，最低為 0.263 (L302g23)，可看到三個族群在以上參數之差距皆甚小。與 Ahmadi *et al.* (2007) 分析北伊朗番鴨相較，該研究使用之 12 組標記中有 3 組具 4 個以上交替基因，平均交替基因數為 2.4 個，有效交替基因數為 2.2 個，觀測異質度平均為 0.44，期望異質度為 0.41，交替基因數略低於本研究之黑色番鴨，而與白色番鴨接近，有效交替基因數、觀測及期望異質度則接近、但略高於本研究黑色番鴨。此外 Wu *et al.* (2008) 將 Maak *et al.* (2000) 及 Maak *et al.* (2003) 於鴨開發之 20 組微衛星標記應用於浙江番鴨族群，平均有效交替基因數達 5.7 個，但同一標記 (如 AJ515883 與

表 4. 應用 11 組菜鴨微衛星標記分析五結黑色番鴨第 16 代之遺傳變異

Table 4. Genetic variations of the 16<sup>th</sup> generation of Wujie Black Muscovy (BMg16) with the 11 Tsaiya duck-derived microsatellite markers

Locus	Fragment (bp)	N <sub>a</sub> <sup>1</sup>	N <sub>e</sub> <sup>2</sup>	H <sub>O</sub> <sup>3</sup>	H <sub>E</sub> <sup>4</sup>	PIC <sup>5</sup>	F <sub>IS</sub> <sup>6</sup>
APT001	228 – 260	2	1.9	0.267	0.472	0.357	0.434
APT004	289 – 297	2	1.4	0.233	0.305	0.255	0.236
APT008*	164 – 176	3	2.4	0.333	0.597	0.509	0.442
APT010	184	1	1.0	0.000	0.000	0.000	NA
APT012	157 – 161	2	1.0	0.040	0.040	0.038	0.000
APT017	169 – 177	2	1.2	0.133	0.183	0.164	0.273
APT020	169 – 201	6	4.0	0.700	0.764	0.713	0.084
APT025	120 – 136	5	3.2	0.733	0.702	0.646	-0.044
APT026	134 – 142	3	2.2	0.467	0.554	0.486	0.157
APT032	201 – 237	4	3.3	0.700	0.709	0.639	0.013
APT033	217 – 229	3	1.4	0.133	0.294	0.267	0.548
Average		3.0	2.1	0.340	0.420	0.370	0.214
SD		1.5	1.0	0.272	0.272	0.247	0.208

<sup>1</sup> Number of alleles.

<sup>2</sup> Expective number of alleles.

<sup>3</sup> Observed heterozygosity.

<sup>4</sup> Expected heterozygosity.

<sup>5</sup> Polymorphic information content.

<sup>6</sup> Wright's fixation index, within population inbreeding estimate.

\* Represented significant (P < 0.05) departure from Hardy-Weinberg equilibrium.

NA: not available.

APH02) 在 Maak *et al.* (2003) 中之交替基因數為 5 個，在 Wu *et al.* (2008) 的有效交替基因數卻達 9 個以上，且 20 組標記除 1 組無多態性，其餘觀測異質度自 0.6757 至 0.9118，平均觀測異質度達 0.8079，各標記皆有雜合度過高情形，可能有假交替基因 (False allele) 之虞 (Hoffman and Amos, 2005)，囿於兩篇研究皆無試驗番鴨族群之詳細遺傳背景、配種資訊，尚難做進一步判斷。

表 5. 應用 11 組菜鴨微衛星標記分析最少疾病番鴨第 12 代之遺傳變異

Table 5. Genetic variations of the 12<sup>th</sup> generation of minimal disease Muscovy duck (MDg12) with the 11 Tsaiya duck-derived microsatellite markers

Locus	Fragment (bp)	N <sub>a</sub> <sup>1</sup>	N <sub>e</sub> <sup>2</sup>	H <sub>O</sub> <sup>3</sup>	H <sub>E</sub> <sup>4</sup>	PIC <sup>5</sup>	F <sub>IS</sub> <sup>6</sup>
APT001	228	1	1.0	0.000	0.000	0.000	NA
APT004	289	1	1.0	0.000	0.000	0.000	NA
APT008	164 — 180	3	2.0	0.667	0.498	0.429	-0.339
APT010	184	1	1.0	0.000	0.000	0.000	NA
APT012	161 — 177	2	1.4	0.048	0.285	0.239	0.832
APT017	165 — 169	2	1.2	0.148	0.201	0.178	0.264
APT020	169 — 185	2	1.7	0.407	0.409	0.321	0.005
APT025	116 — 140	5	3.0	0.667	0.677	0.601	0.015
APT026	134 — 150	4	3.5	0.630	0.729	0.665	0.136
APT032	201 — 209	2	1.8	0.444	0.453	0.346	0.020
APT033	221 — 225	2	1.6	0.148	0.391	0.310	0.621
Average		2.3	1.7	0.287	0.331	0.281	0.194
SD		1.3	0.8	0.281	0.260	0.230	0.374

<sup>1</sup> Number of alleles.

<sup>2</sup> Expective number of alleles.

<sup>3</sup> Observed heterozygosity.

<sup>4</sup> Expected heterozygosity.

<sup>5</sup> Polymorphic information content.

<sup>6</sup> Wright's fixation index, within population inbreeding estimate.

NA: not available.

較特別的是白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群在族群近交指數遠低於五結黑色番鴨及最少疾病番鴨，檢視表 7 可發現 302 及 304 族群分別有 5 組及 7 組標記的族群近交指數具遠親配種趨勢 ( $F_{IS} < 0$ )。經查白色番鴨畜試 1 號平均選拔百分率在母鴨為 39.6%，高於褐色菜鴨畜試一號 (19.6%)、褐色菜鴨畜試三號 (24.9%)；公鴨為 9.1%，介於褐色菜鴨畜試一號 (13.7%)、褐色菜鴨畜試三號 (5.9%) 之間 (行政院農業委員會畜產試驗所，2005；2007；2008)，且皆避開祖父母代全同胞或半同胞進行配種。雖然此族群經過長期選拔，以微衛星標記檢測之多態性甚低，但仍具相當低的族群近交指數。而最少疾病番鴨族群先前為整群逢機配種，自第 12 代，即本研究採樣族群，始逢機分為四個家族，開始進行輪迴配種，相較於白色番鴨畜試 1 號，此族群平均近交指數偏高，且多 2 組標記無多態性。後續應以此次資料為基準，持續進行遺傳監測，並增加番鴨可用標記數量及基因型鑑定之個體數量，進行跨世代分析以獲得較精準之遺傳監測結果；同時或可考量現場管理狀況，增加輪迴配種家族數以避免嚴重近親衰退。

### III. 遺傳結構分析

進一步合併五結黑色番鴨及白色番鴨族群之基因型資料，利用統計軟體 R 的 *adegenet* 套件進行族群主成分分析，至第二主成分之累積比例約 0.24，至第三主成分亦僅增至 0.30，故取第一與第二主成分繪圖 (圖 1)，結果顯示以 11 組菜鴨微衛星標記可完全區分五結黑色番鴨及白色番鴨族群。五結黑色番鴨部分，如同表 4 所示，三世代之交替基因分布、頻率十分相似，主成分分析圖中三世代之範圍大小及分布中心極為接近，尤以第 13 代及第 16 代幾乎完全交疊。白色番鴨部分，三個族群呈部分交疊，並未完全分開，其中以最少疾病番鴨族群與白色番鴨畜試 1 號 304 族群較為接近；然白色番鴨畜試 1 號 302 與 304 族群間交疊範圍較大，顯示其親緣關係更為接近。

表 6. 應用 11 組菜鴨微衛星標記分析白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群第 23 代之遺傳變異

Table 6. Genetic variations of the 23<sup>rd</sup> generation of White Muscovy LRI 1 302 and 304 population (L302g23 and L304g23) with the 11 Tsaiya duck-derived microsatellite markers

L302g23								L304g23							
Locus	Fragment (bp)	Na <sup>1</sup>	N <sub>e</sub> <sup>2</sup>	H <sub>O</sub> <sup>3</sup>	H <sub>E</sub> <sup>4</sup>	PIC <sup>5</sup>	F <sub>IS</sub> <sup>6</sup>	Locus	Fragment (bp)	Na <sup>1</sup>	N <sub>e</sub> <sup>2</sup>	H <sub>O</sub> <sup>3</sup>	H <sub>E</sub> <sup>4</sup>	PIC <sup>5</sup>	F <sub>IS</sub> <sup>6</sup>
APT001	228	1	1.0	0.000	0.000	0.000	NA	APT001	228	1	1.0	0.000	0.000	0.000	NA
APT004	289	2	1.1	0.100	0.096	0.090	-0.042	APT004	289	2	1.1	0.111	0.107	0.099	-0.037
APT008	164 — 180	3	2.4	0.612	0.587	0.517	-0.043	APT008	164 — 180	3	1.8	0.519	0.440	0.382	-0.180
APT010	184	2	1.7	0.460	0.416	0.327	NA	APT010	184	2	1.6	0.370	0.391	0.310	NA
APT012	161 — 177	3	2.0	0.313	0.495	0.397	0.368	APT012	161 — 177	2	1.3	0.130	0.264	0.225	0.508
APT017	165 — 169	2	1.1	0.082	0.079	0.075	-0.038	APT017	165 — 169	2	1.6	0.481	0.372	0.299	-0.293
APT020	169 — 185	2	1.3	0.220	0.228	0.201	0.035	APT020	169 — 185	2	2.0	0.577	0.503	0.372	-0.147
APT025	116 — 140	3	1.7	0.400	0.427	0.361	0.063	APT025	116 — 140	2	1.4	0.346	0.292	0.245	-0.185
APT026	134 — 150	4	1.8	0.510	0.455	0.374	-0.121	APT026	134 — 150	4	2.3	0.704	0.567	0.467	-0.242
APT032	201 — 209	2	1.3	0.260	0.258	0.222	-0.008	APT032	201 — 209	2	1.7	0.444	0.425	0.330	-0.045
APT033	221 — 225	2	1.7	0.280	0.424	0.332	0.340	APT033	221 — 225	2	2.0	0.259	0.507	0.374	0.489
Average		2.4	1.6	0.294	0.315	0.263	0.062	Average		2.2	1.6	0.358	0.352	0.282	-0.015
SD		0.8	0.4	0.190	0.193	0.159	0.174	SD		0.8	0.4	0.216	0.174	0.135	0.302

<sup>1</sup> Number of alleles.<sup>2</sup> Expective number of alleles.<sup>3</sup> Observed heterozygosity.<sup>4</sup> Expected heterozygosity.<sup>5</sup> Polymorphic information content.<sup>6</sup> Wright's fixation index, within population inbreeding estimate.

NA: not available.



表 7. 應用 11 組菜鴨微衛星標記分析五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代 (BMg9、BMg13、BMg16)、最少疾病番鴨第 12 代 (MDg12)、白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群 (L302g23、L304g23) 之平均遺傳變異

Table 7. The average of genetic variations of the 9<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> generation of Wujie Black Muscovy (BMg9, BMg13, BMg16), the 12<sup>th</sup> generation of minimal disease Muscovy duck (MDg12), the 23rd generation of White Muscovy LRI 1 302 and 304 population (L302g23 and L304g23) with the 11 Tsaiya duck-derived microsatellite markers

Population <sup>*</sup>	N <sup>1</sup>	N <sub>a</sub> <sup>2</sup>	N <sub>e</sub> <sup>3</sup>	H <sub>o</sub> <sup>4</sup>	H <sub>E</sub> <sup>5</sup>	PIC <sup>6</sup>	dHWE <sup>7</sup>	F <sub>IS</sub> <sup>8</sup>
BMg9	32	3.2	2.1	0.406	0.466	0.403	0	0.133 ± 0.236
BMg13	30	3.2	2.1	0.376	0.423	0.369	0	0.150 ± 0.299
BMg16	30	3.0	2.1	0.340	0.420	0.370	1	0.214 ± 0.208
MDg12	28	2.3	1.7	0.287	0.331	0.281	0	0.194 ± 0.374
L302g23	50	2.4	1.6	0.294	0.315	0.263	0	0.062 ± 0.174
L304g23	27	2.2	1.6	0.358	0.352	0.282	0	-0.015 ± 0.302

<sup>1</sup> Sample size.

<sup>2</sup> Number of alleles.

<sup>3</sup> Number of effective alleles.

<sup>4</sup> Observed heterozygosity.

<sup>5</sup> Expected heterozygosity.

<sup>6</sup> Polymorphic information content.

<sup>7</sup> Number of markers departed from Hardy-Weinberg equilibrium.

<sup>8</sup> Wright's fixation indice, within population inbreeding estimate and standard deviations.

\* BMg9 and BMg13 were conducted in Chang *et al.* (2015, in Chinese), and MDg12 was genotyped in Chang *et al.* (2018b, in Chinese), and the other populations were conducted in this study.

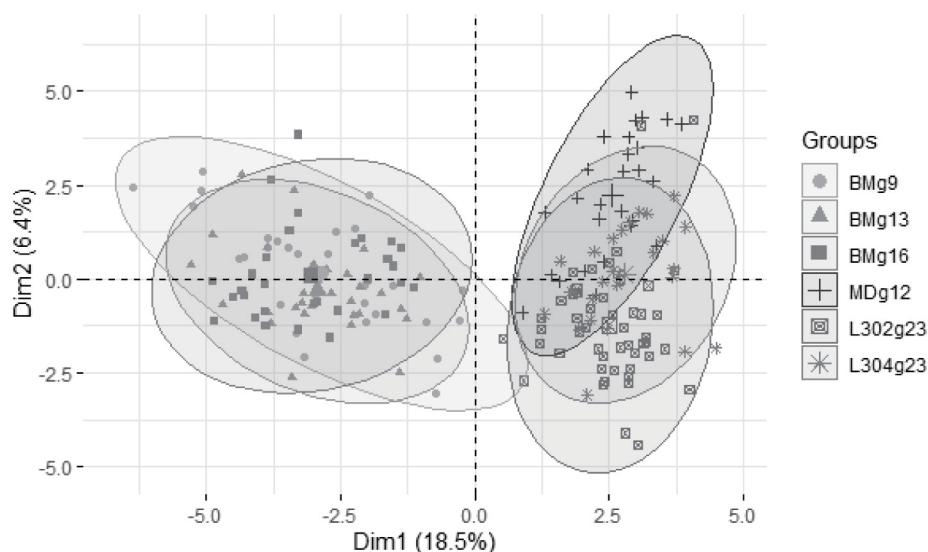


圖 1. 利用 11 組微衛星標記分析五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代 (BMg9、BMg13、BMg16)、最少疾病番鴨第 12 代 (MDg12)、白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群 (L302g23、L304g23) 之主成分分析圖，橫軸及縱軸分別為第一及第二主成分與所解釋變異數比例。

Fig. 1. The results of principal component analysis of the 9<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> generation of Wujie Black Muscovy (BMg9, BMg13, BMg16), the 12<sup>th</sup> generation of minimal disease Muscovy duck (MDg12), the 23rd generation of White Muscovy LRI 1 302 and 304 population (L302g23 and L304g23) from the 11 Tsaiya duck-derived microsatellite markers. The horizontal and vertical axis are the ratio of the first and second principal components to the explained variance, respectively.

根據 STRUCTURE 軟體 (Pritchard *et al.*, 2000) 分析結果 (圖 2) 經 Evanno 法估算 (Evanno *et al.*, 2005)，最適 K 值為 2，分別為五結黑色番鴨與白色番鴨。雖目前白色番鴨各族群在遺傳結構上無法完全獨立分別，然繪成長條圖觀測，如 K = 3，可清楚看到最少疾病番鴨跟白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群明顯區別，另白色番鴨畜試 1 號兩個族群之遺傳組成亦有些微不同。

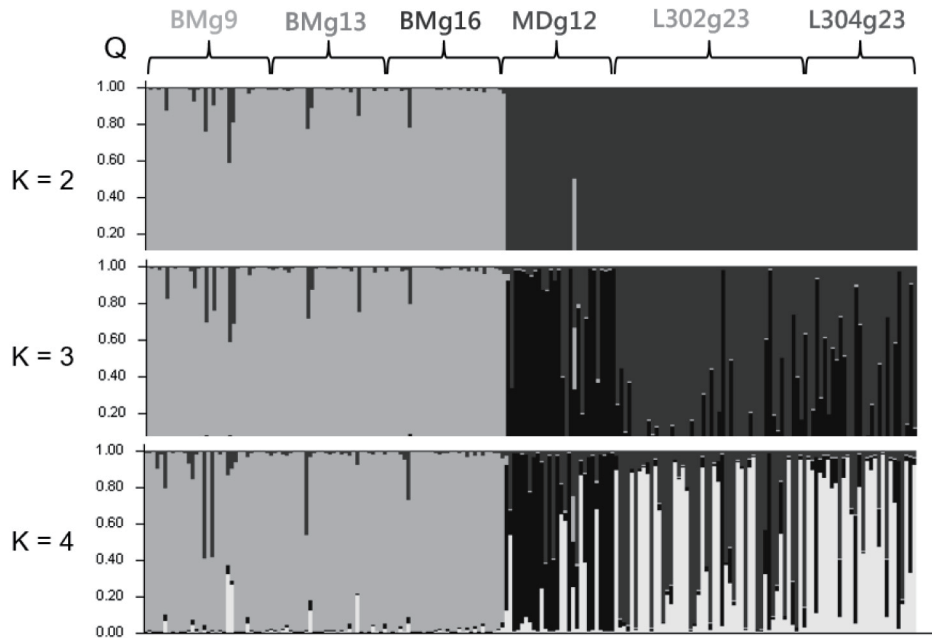


圖 2. 五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代 (BMg9、BMg13、BMg16)、最少疾病番鴨第 12 代 (MDg12)、白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群 (L302g23、L304g23) 以 STRUCTURE 軟體進行分群分析之結果。可能分群數 (K) 設為 2、3 及 4，最適 K 值為 2；Q：個體基因源自該群集之比例，不同群集以不同顏色表示，縱軸每圖條代表一個體。

Fig. 2. Genetic cluster analysis for the 9<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> generation of Wujie Black Muscovy (BMg9, BMg13, BMg16), the 12<sup>th</sup> generation of minimal disease Muscovy duck (MDg12), the 23<sup>rd</sup> generation of White Muscovy LRI 1 302 and 304 population (L302g23 and L304g23) using STRUCTURE software. K: possible number of subpopulation from 2 to 4, the optimal K value in this study is 2. Q: proportional membership of Brown Tsaiya ducks to genetic clusters. Colors correspond to different genetic clusters. Each vertical bar represents a single individual.

五結黑色番鴨及白色番鴨族群之族群分化分析結果如表 8 所示，根據 Wright(1965) 所述，當族群分化指數小於 0.05 表幾乎無分化；介於 0.05 至 0.25 表低至中度分化；而大於 0.25 時表高度分化。各族群兩兩相較之下，五結黑色番鴨世代間幾乎無分化 ( $F_{ST} = -0.0001 - 0.0211$ )，白色番鴨三族群間皆為低至中度分化，但以最少疾病番鴨族群與白色番鴨畜試 1 號 302 族群之分化程度最高 ( $F_{ST} = 0.1381$ )，白色番鴨畜試 1 號 302 族群與 304 族群分化程度最低 ( $F_{ST} = 0.0576$ )。此與先前主成分分析、STRUCTURE 軟體分析結果一致。

表 8. 利用 11 組微衛星標記分析五結黑色番鴨第 9、13 及 16 代 (BMg9、BMg13、BMg16)、最少疾病番鴨第 12 代 (MDg12)、白色番鴨畜試 1 號 302 及 304 族群 (L302g23、L304g23) 之遺傳分化指數 (對角線右上)

Table 8. The  $F_{ST}$  value based on 11 microsatellite markers for the 9<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> generations of Wujie Black Muscovy (BMg9, BMg13, BMg16), the 12<sup>th</sup> generations of minimal disease Muscovy duck (MDg12), the 23<sup>rd</sup> generation of White Muscovy LRI 1 302 and 304 population (L302g23 and L304g23)

Population	BMg9	BMg13	BMg16	MDg12	L302g23	L304g23
BMg9	—	0.0145*	0.0211*	0.2977*	0.2912*	0.2864*
BMg13		—	-0.0001	0.3476*	0.3248*	0.3217*
BMg16			—	0.3524*	0.3395*	0.3350*
MDg12				—	0.1381*	0.0994*
L302g23					—	0.0576*
L304g23						—

\*  $F_{ST}$  with significant differentiation ( $P < 0.05$ ).

綜觀番鴨遺傳結構研究，大多僅跟其他家鴨進行品種間的比較 (Ahmadi *et al.*, 2007)，甚至有將黑白羽色番鴨當作同一族群混合進行分析 (Zhang *et al.*, 2019b)。不同番鴨族群間的研究如 Oguntunji and Ayorinde (2014)，為保育及提升種原應用目的，希望透過表型檢定區分不同生態型來源番鴨族群，以失敗告終。又如 Paramasivam

*et al.* (2017) 自 Genbank 資料庫比較來自印度、法國及中國不同品系之番鴨 69 隻個體，共 13 種 D-loop 序列單倍型 (haplotype)，在 D-loop 491 bp 序列中僅有 12 個變異位置，以法國與中國番鴨遺傳分化較高 ( $F_{ST} = 0.6826 - 0.7295$ )，印度跟中國與法國的遺傳分化則居中 ( $F_{ST} = 0.2098 - 0.3655$ )，接近本研究黑色番鴨與白色番鴨之遺傳分化指數 ( $F_{ST} = 0.2864 - 0.3524$ )，有趣的是該試驗中國未知品系番鴨樣本與法國番鴨序列完全一致，分化程度為 0，此可能因粒線體 DNA 在遺傳資訊上缺乏核內 DNA 演化資料，且分型較不足，故較難進行遺傳監測等需較高解析度之研究 (Wan *et al.*, 2004)。以上結果顯示，本研究透過菜鴨微衛星標記建立之各番鴨族群之遺傳多態性資訊可供作其他番鴨保種研究之良好參考。未來仍應定期收集番鴨族群遺傳物質，並將本研究結果應用於後續遺傳監測、比較，以促進番鴨種原永續經營利用。

## 結 論

本研究利用 11 組菜鴨微衛星標記進行五結黑色番鴨跨世代遺傳結構比較，並建立白色番鴨各族群之遺傳多態性資訊，在不同番鴨族群中，分別有 6 至 8 組標記具中至高度多態性，顯示相關跨物種標記可應用於番鴨遺傳結構研究。五結黑色番鴨遺傳多態性有隨世代輕微下降的趨勢，但有效交替基因數在跨世代比較皆維持恆定，且世代間無分化或僅有輕度分化；11 組菜鴨微衛星標記在白色番鴨三個族群之多態性雖皆低下，然白色番鴨畜試 1 號多項標記顯示其有遠親配種趨勢，相較之下最少疾病番鴨族群有 3 組微衛星標記無多態性，後續除持續進行性能監測外，可能需增加更多標記資訊及白色番鴨族群之基因型鑑定，才能更加精確進行白色番鴨之遺傳監測。未來仍應定期收集番鴨族群遺傳物質，並將本研究結果應用於後續遺傳監測、比較，以促進番鴨種原永續經營利用。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會經費支持 (105 農科 -2.5.4- 畜 -L1(3))，並承科技部生技類核心設施平臺維運計畫下之國家基因體醫學研究中心協助微衛星標記基因型分析。試驗期間承蒙林阿葉、林秀齡、林美葉、柯惠君、陳淑惠、馮國銘及黃順和等宜蘭分所同仁協助試驗之進行，特此誌謝。

## 參考文獻

- 行政院農業委員會畜產試驗所。2005。「褐色菜鴨畜試一號」品系登記審定書。
- 行政院農業委員會畜產試驗所。2007。「白色番鴨畜試 1 號」品系登記審定書。
- 行政院農業委員會畜產試驗所。2008。「褐色菜鴨畜試三號」品系登記審定書。
- 行政院農業委員會畜產試驗所。2013。「五結黑色番鴨」品系登記審定書。
- 周光宇、黃暉煌。1970。臺灣的養鴨。中國農村復興委員會畜牧第 8 號，臺北市，第 2-5 頁。
- 邱如均。2020。最少疾病番鴨穩定供應及生產效率提升研究。行政院農業委員會畜產試驗所 109 年度科技計畫研究報告。
- 洪福隆、田正德、陳明造。1996。家飼番鴨的歷史 (六)。中國畜牧雜誌 28：97-101。
- 康清亮、李舜榮、胡怡浩、黃振芳。1993。褐色菜鴨、白色菜鴨、黑色番鴨種原保存族群的生長及產蛋性能之觀察。畜產研究 26：317-326。
- 康清亮、李舜榮、黃振芳、胡怡浩、王政騰。1992。菜鴨、黑色番鴨種原保存與利用。八十一年度畜產評議會工作報告。
- 張怡穎、黃振芳、魏良原、蕭孟衿、劉秀洲。2015。五結黑色番鴨種原保存與菜鴨微衛星標識於其遺傳監測之初探。中畜會誌 44：131-146。
- 張怡穎、劉秀洲、陳怡蓁、丁詩同、王佩華、林恩仲、蕭孟衿、黃振芳。2016。微衛星標記應用於白色菜鴨保種族群與宜蘭白鴨臺畜一號遺傳結構之探討。畜產研究 49：138-147。
- 張怡穎、張惠斌、魏良原、陳怡蓁、丁詩同、王佩華、林恩仲、黃振芳、陳志峰、劉秀洲。2018a。微衛星標記應用於不同褐色菜鴨品系族群遺傳結構之探討。中畜會誌 47：221-238。
- 張惠斌、張喬茵、魏良原、張怡穎、劉秀洲。2018b。最少疾病番鴨之疾病篩除與生產供應。中畜會誌 47：277-

289。

- 魏良原。2014。強化最少病原番鴨供應及品質提升。行政院農業委員會畜產試驗所 103 年度科技計畫研究報告。
- 魏良原。2015。強化最少病原番鴨供應及品質提升。行政院農業委員會畜產試驗所 104 年度科技計畫研究報告。
- Ahmadi, A. K., G. Rahimi, A. Vafaei, and H. Sayyazadeh. 2007. Microsatellite analysis of genetic diversity in Pekin (*Anas platyrhynchos*) and Muscovy (*Cairina moschata*) duck populations. *Int. J. Poult. Sci.* 6: 378-382.
- Botstein, D., R. L. White, M. Skolnick, and R. W. Davis. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am. J. Hum. Genet.* 32: 314-331.
- Earl, D. A. and B. M. vonHoldt. 2012. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conserv. Genet. Resour.* 4: 359-361.
- Elston, R. C. 2005. Polymorphism Information Content. *Encyclopedia of Biostatistics*. New York: John Wiley & Sons.
- Evanno, G., S. Regnaut, and J. Goudet. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Mol. Ecol.* 14: 2611-2620.
- FAO. 2012. Phenotypic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 11. Rome.
- Gemayel, R., M. D. Vences, M. Legendre, and K. J. Verstrepen. 2010. Variable tandem repeats accelerate evolution of coding and regulatory sequences. *Annu. Rev. Genet.* 44: 445-477.
- Goudet, J. 2002. FSTAT: a program to estimate and test gene diversities and fixation indices. Version 2.9.3. Department of ecology and evolution, Lausanne University, Lausanne, Switzerland.
- Guo, S. W. and E. A. Thompson. 1992. Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportion for multiple alleles. *Biometrics* 48: 361-372.
- Hariyono, D. N. H., D. Maharani, S. Cho, P. Manjula, D. Seo, N. Choi, J. H. P. Sidadolog, and J. H. Lee. 2019. Genetic diversity and phylogenetic relationship analyzed by microsatellite markers in eight Indonesian local duck populations. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 32: 31-37.
- Hoffman, J. I. and W. Amos. 2005. Microsatellite genotyping errors: detection approaches, common sources and consequences for paternal exclusion. *Mol. Ecol.* 14: 599-612.
- Hsiao, M. C., H. C. Liu, Y. C. Hsu, Y. H. Hu, S. H. Li, and S. R. Lee. 2008. Isolation and characterization of microsatellite markers in Tsaiya duck. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21: 624-627.
- Jombart, T. and I. Ahmed. 2011. adegenet 1.3-1: new tools for the analysis of genome-wide SNP data. *Bioinformatics* 21: 3070-3071.
- Kalinowski, S. T., M. L. Taper, and T. C. Marshall. 2007. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. *Mol. Ecol.* 16: 1099-1106.
- Lai, F. Y., Y. Y. Chang, Y. C. Chen, E. C. Lin, H. C. Liu, J. F. Huang, S. T. Ding, and P. H. Wang. 2020. Monitoring of genetically close Tsaiya duck populations using novel microsatellite markers with high polymorphism. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 33: 888-901.
- Liu, Z. J. and J. F. Cordes. 2004. DNA marker technologies and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture* 238: 1-37.
- Maak, S., K. Neumann, R. Gattermann, and R. Gattermann. 2000. First seven microsatellites developed for the Peking duck (*Anas platyrhynchos*). *Anim. Genet.* 31: 228-241.
- Maak, S., K. Wimmers, S. Weigend, and K. Neumann. 2003. Isolation and characterization of 18 microsatellites in the Peking duck (*Anas platyrhynchos*) and their application in other waterfowl species. *Mol. Ecol. Notes* 3: 224-227.
- Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89: 583-590.
- Oguntunji, A. O. and K. L. Ayorinde. 2014. Multivariate analysis of morphological traits of the Nigerian Muscovy ducks (*Cairina moschata*). *Arch. Zootec.* 63: 483-493.
- Paramasiva, K., S. S. Vyshnava, D. K. Kanderi, and C. Pertoldi. 2017. Genetic diversity of Muscovy ducks revealed by mtDNA D-loop. *IOSR J. Biotechnol. Biochem.* 3: 11-18.
- Primmer, C. R., T. Raudsepp, B. P. Chowdhary, A. P. Møller, and H. Ellegren. 1997. Low frequency of microsatellites in the avian genome. *Genome Res.* 7: 471-482.
- Pritchard, J. K., M. Stephens, and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data.



- Genetics 155: 945-959.
- Stai, S. M. and C. R. Hughes. 2003. Characterization of microsatellite loci in wild and domestic Muscovy ducks (*Cairina moschata*). Anim. Genet. 34: 387-389.
- Sultana, H., D. Seo, N. R. Choi, Y. S. Kim, P. Manjula, M. S. A. Bhuiyan, K. N. Heo, and J. H. Lee. 2017. Genetic diversity analyses of asian duck populations using 24 microsatellite markers. Korean J. Poult. Sci. 44: 75-81.
- Tamaki, K. 2007. Molecular forensics. In: Minisatellite and microsatellite DNA typing analysis. pp. 71-86. John Wiley & Sons, Ltd. England.
- Van Hooft, W. F., O. Hanotte, P. W. Wenink, A. F. Groen, Y. Sugimoto, H. H. Prins, and A. Teale. 1999. Applicability of bovine microsatellite markers for population genetic studies on African buffalo (*Syncerus caffer*). Anim. Genet. 30: 214-220.
- Wan, Q. H., H. Wu, T. Fujihara, and S. G. Fang. 2004. Which genetic marker for which conservation genetics issue? Electrophoresis 25: 2165-2176.
- Weir, B. S. and C. C. Cockerham. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. Evolution 38: 1358-1370.
- Wright, S. 1965. The interpretation of population structure by F-Statistics with special regard to systems of mating. Evolution 19: 395-420.
- Wu, Y., X. L. Liu, S. S. Hou, and W. Huang. 2008. Study on genetic diversity of six duck populations with microsatellite DNA. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 21: 776-783.
- Yeh, F. C., R. C. Yang, T. B. J. Boyle, Z. H. Ye, and J. X. Mao. 1997. POPGENE, the user-friendly shareware for population genetic analysis. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Canada.
- Zhang, X. X., J. S. Ran, T. Lian, Z. Q. Li, C. W. Yang, X. S. Jiang, H. R. Du, Z. F. Cui, and Y. P. Liu. 2019a. The single nucleotide polymorphisms of myostatin gene and their associations with growth and carcass traits in Daheng broiler. Braz. J. Poult. Sci. 21: eRBCA-2018-0808.
- Zhang, Y., L. Wang, Y. Bian, Z. Wang, Q. Xu, G. Chang, and G. Chen. 2019b. Marginal diversity analysis of conservation of Chinese domestic duck breeds. Nat. Res. 9: 13141.

# Study on the genetic diversities in different Muscovy duck populations with the microsatellite markers derived from Tsaiya duck <sup>(1)</sup>

Yi-Ying Chang <sup>(2) (4)</sup> Liang-Yuan Wei <sup>(2)</sup> Yi-Chen Chen <sup>(3)</sup> and Hsiu-Chou Liu <sup>(2)</sup>

Received: Feb. 9, 2021; Accepted: Aug. 23, 2021

## Abstract

The aim of this study was to investigate the feasibility of Brown Tsaiya duck-derived microsatellite markers as a tool for genetic-structure research and across-generation genetic monitoring in different Muscovy duck populations. We applied eleven Brown Tsaiya duck-derived microsatellite markers to conduct genetic analysis in three generations of Wujie Black Muscovy (BMg9, BMg13 and BMg16) and three white Muscovy duck populations, including the 23<sup>rd</sup> generation of White Muscovy LRI 1 302 and 304 populations (L302g23 and L304g23), and minimal disease Muscovy duck (MDg12). The results showed that there were 6 to 8 Tsaiya duck-derived microsatellite markers with intermediate to high PIC (polymorphism information content) in different Muscovy duck populations. The average number of alleles in Wujie black Muscovy decreased from 3.2 (BMg9) to 3.0 (BMg16), the average observed heterozygosity decreased from 0.406 (BMg9) to 0.340 (BMg16), and the average expected heterozygosity also decreased from 0.466 (BMg9) to 0.420 (BMg16). There was a slight decrease in the genetic diversity of Wujie Black Muscovy, as the number of generations increased; however, the number of effective allele remained constant across generations while there was no differentiation or only slight differentiation between generations. On the other hand, the three white Muscovy duck populations had an average number of alleles ranging from 2.2 to 2.4 and an average number of effective alleles ranging from 1.6 to 1.7. The highest average observed heterozygosity was 0.358 (L304g23), the lowest was 0.287 (MDg12), and the highest average expected heterozygosity was 0.352 (L304g23), the lowest was 0.315 (L302g23). The 11 Tsaiya duck-derived microsatellite markers showed lower genetic diversities in all three white Muscovy duck populations, when compared with Wujie black Muscovy. However, most of the other markers, except for APT012 and APT033, showed outbreeding trends in the two populations of White Muscovy LRI 1, while three markers remained fixed in MDg12. The results of this study may apply to subsequent and regular genetic monitoring, as well as reference for other conservation research in promoting the sustainable management of Muscovy duck populations.

Key words: Tsaiya duck-derived microsatellite markers, Genetic diversity, Genetic structure, Muscovy duck.

---

(1) Contribution No. 2677 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Department of Animal Science and Biotechnology, Tunghai University, No.1727, Sec. 4, Taiwan Blvd., Xitun District, Taichung 40704, Taiwan, R.O.C.

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

# 利用 SPAD 值與電解質滲漏率評估高溫環境下 狼尾草生長變化<sup>(1)</sup>

蔡立中<sup>(2)(3)</sup> 李姿蓉<sup>(2)</sup> 鍾萍<sup>(2)</sup>

收件日期：110 年 3 月 23 日；接受日期：110 年 8 月 25 日

## 摘 要

全球氣候變遷，高溫、乾旱等極端氣候對牧草作物之產量與品質產生不良影響，其問題越來越嚴重。本研究探討國內選育之狼尾草品種於夏季高溫下之生長狀況與 SPAD (Soil-Plant Analysis Development) 值之相關性，期望能加快選育耐逆境牧草新品種之速度。狼尾草台畜草 1 至 8 號 (Napiergrass Taishu No. 1 to No. 8, NP cv. TS 1 - 8) 於夏季高溫環境下栽培於不透風溫室內 8 週，調查其 SPAD 值與電解質滲漏率，以及株高、產量等農藝性狀表現，進行農藝性狀與 SPAD 值及電解質滲漏率相關性分析。結果顯示，狼尾草第 1 週至 8 週內株高之總改變率以台畜草 6 號最高。SPAD 值以狼尾草台畜草 6、7 號較高，而 4、5 號較低；電解質滲漏率在各品種間則無顯著差異。將 SPAD 值與株高生長率作相關性分析，除與台畜草 1 號及 2 號不顯著外，其餘品種則皆為顯著正相關，大部分品種之相關係數為介於 0.3 至 0.7 之間之中度相關，而最高者為台畜草 4 號，其相關係數達 0.716。電解質滲漏率與株高生長率相關性之顯著性分析，除台畜草 3 號以外皆不顯著。本研究之結果，多數狼尾草品種於高溫環境下，SPAD 值與株高生長率之間具正相關性，可做為未來新品種選育之參考指標。

關鍵詞：高溫、狼尾草、SPAD 值、電解質滲漏率。

## 緒 言

因全球氣候變遷，極端化氣候頻傳，臺灣近年來年平均溫度更是逐年增高。高溫氣候對植物之影響可造成植物在結構、形態、生理、生化及遺傳等層次上發生改變，因而降低其產量或品質 (陳等, 2013)。植物之耐熱性 (Heat tolerance) 為可遺傳及馴化的生理反應 (Ismail and Hall, 1999)，而耐熱性篩選可分為外部形態和經濟性狀、微觀結構、生理生化指標及分子標誌等四大類 (陳, 2013)。國內畜牧常用芻料作物種類諸如狼尾草、盤固草、尼羅草、青割玉米和甜高粱等，近年來曾觀察到在遭遇持續 1 至 2 週高溫、乾旱，陸續出現黃葉和節間縮短等現象，但有些品種 (系) 牧草則表現較不明顯，顯示品種 (系) 間可能具有耐熱及耐旱程度上之差異。

植物葉片之葉綠素含量可利用葉綠素計做非破壞性測量，葉綠素計測得讀值 SPAD (Soil-Plant Analysis Development) 之原理為測量植株葉片 650 nm 和 940 nm 兩個波長的透射率，以此估計葉片之綠色程度，即葉片中的相對葉綠素濃度 (Barutçular *et al.*, 2016)。SPAD 值與葉片萃取之葉綠素含量呈高度線性相關，張及張 (1998) 以葉綠素計測定三種果樹葉片之 SPAD 值，結果顯示芒果、荔枝及梨之 SPAD 值與丙酮萃取法取得之葉綠素含量皆呈現二次效應迴歸方程式關係，其決定係數都高於 0.9。Netto *et al.* (2005) 指出咖啡葉中之葉綠素 a (Chlorophyll a)、葉綠素 b (Chlorophyll b)、類胡蘿蔔素 (Carotenoids) 及總葉綠素含量等光合色素皆與 SPAD 值呈現正向指數關係。Lombard *et al.* (2010) 之研究顯示兩種楊屬 (*Populus*) 植物葉片之 SPAD 值與總葉綠素含量呈正向直線關係，決定係數分別為 0.66 及 0.85。光合色素之多寡可反應植物光合作用功能之完整性 (廖, 2018)，因此於高溫環境下，利用 SPAD 值間接測量植株之葉綠素含量，藉以評估其生長狀況，是簡單、快速鑑定植物耐熱性的方法之一 (羅等, 2019)。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2678 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所飼料作物組。

(3) 通訊作者，E-mail: humanspider123@tlri.gov.tw。

細胞膜由雙層磷脂質所構成，在植物遭遇高溫、低溫、乾旱、淹水和高鹽等逆境時，細胞之代謝途徑異常，造成細胞膜構造改變，使之通透性增加，導致細胞電解質滲漏 (Electrolyte leakage, EL) 提高 (陳, 2013)。過去已有多篇農藝及園藝作物研究報告指出，利用此細胞膜之滲漏特性能有效鑑別出不同耐逆境能力之品種，為一敏感且可快速評估作物耐熱性之方法 (王及葉, 2013; 陳等, 2013; Dong *et al.*, 2013)。

狼尾草 (*Pennisetum purpureum* Schum.) 為國內畜產業重要芻料作物之一，可細切鮮飼或製成青貯料利用。自 1961 年從菲律賓引進以來，行政院農業委員會畜產試驗所依據產業需求陸續研發出株高、產量、品質皆各有其特色，適合各種用途之狼尾草台畜草 1 至 8 號 (李等, 2018; 林等, 2018)。過去狼尾草雖已建立基本性狀資料庫，但仍未有精準、快速之耐熱性評估方法。牧草外部形態與經濟性狀之田間調查耗時費力，若能以 SPAD 值與細胞電解質滲漏率等較為方便測量之指標作為輔助，間接評估在高溫環境下之生長狀況，作為牧草耐熱或耐旱性評估指標之依據，將有助於加速選育耐逆境之牧草新品種。本研究探討各狼尾草品種在高溫下之生長表現，並測量其 SPAD 值與細胞電解質滲漏率，使之結合作相關性分析，供牧草新品系選拔之參考，為未來之選育工作邁出第一步。

## 材料與方法

### I. 試驗材料與試驗規劃

本試驗以狼尾草台畜草 1、2、3、4、5、6、7、8 號 (Napiergrass Taishu No. 1 to No. 8, NP cv. TS 1 - 8) 為試驗材料。台畜草 1、7、8 號為半矮性狼尾草，葉尖株高約 120 至 170 cm；其中台畜草 7 及 8 號高度適中，莖粗不容易倒伏，有利於機械採收。台畜草 3、6 號為矮性狼尾草，葉尖株高約 40 至 95 cm，形態特徵上與其他品種相比，其葉莖比高。台畜草 2、4、5 號為高莖型狼尾草，葉尖株高可超過 200 cm，產量上較高；其中台畜草 5 號因富含花青素，莖葉呈現紫色，可作為保健食品之原料 (林等, 2018; 范等, 2019)。

每一狼尾草品種採 3 重複，栽培於 40 × 40 × 35 cm 之盆栽內，並採取一般慣行之栽培模式。於夏季高溫環境下生長 2 週後將盆栽移至不透風之玻璃溫室內，模擬植株在高溫環境下生長之情形。玻璃溫室內放置一枚溫度記錄器 (HOBO Pro U23 系列) 以記錄溫度，儀器設定為每小時記錄一次。田間排列採完全隨機設計 (Completely randomized design, CRD)。

### II. 農藝及經濟性狀調查

- (i) 試驗期間 2020 年 8 月 24 日至 10 月 16 日，每週記錄一次葉尖株高 (Plant height of leaf tip, PHL)，每盆測量 3 支，共計記錄 8 個週次，並於試驗結束後收割材料，量測每盆產量。
- (ii) 株高生長率：計算每週間株高的改變量，其計算方法為  $[(H_1 - H_0) / H_0] \times 100\%$ ， $H_0$ ：前一週之株高； $H_1$ ：當週之株高；株高生長率之計算結果若為負數則強制將其定為零。
- (iii) 第 1 週至 8 週內株高之總改變率：計算 8 週生長期內株高的淨改變量，其計算方法同上，然而  $H_0$  為第一週之株高； $H_1$  為則最後一週之株高。

### III. SPAD 值與電解質滲漏率之分析方法

- (i) SPAD 值：以葉綠素計 (SPAD 502 Plus) 對植株葉片進行非破壞性之 SPAD 值測量，每週記錄 5 日，每日上、下午各記錄一次，共計記錄 8 週。測量部位為由植株頂端數下第 3 至 4 片成熟葉，每盆測量 2 葉，每葉測量一點，選擇葉片中央葉寬最大之處並避開中肋進行測量。
- (ii) 電解質滲漏率 (Electrolyte leakage rate)：每週測量一次，共計記錄 8 個週次。電解質滲漏率之測定方法及計算公式參考周等 (2017) 及廖 (2018) 之方法，每盆植株取 5 片避開中肋之成熟葉圓片 (直徑為 0.55 cm)，以去離子水洗淨後置入離心管並加入 15 mL 之純水。以 100 rpm 震盪 3 小時，後以電導度計測定初始電導度 (Initial electrical conductivity,  $EC_0$ )。接著將離心管置入 95 - 100℃ 之熱水浴 30 分鐘以破壞細胞膜，待其回復至室溫後測定最大電導度 (Maximum electrical conductivity,  $EC_1$ )。電解質滲漏率之計算公式： $EC (\%) = (EC_0 / EC_1) \times 100\%$ 。

### IV. 統計分析

試驗結果以 SPSS 軟體 (2011) 進行變方分析與相關性分析，SPAD 值之結果顯示其資料母群體不符合常態分佈 (未通過 Shapiro-Wilk 常態性檢定)，因此以 Kruskal-Wallis test 進行無母數分析，並以鄧肯氏法 (Duncan's test) 進行事後比較；電解質滲漏率之結果以 One-Way ANOVA test 比較其差異顯著性。將每週調查之 SPAD 值與電解質滲漏率分別與株高生長率做相關性分析，SPAD 值將每日之調查資料先換算成每週之平均再做分析，相關性分析以皮爾森積差相關分析 (Pearson correlation) 進行之。



## 結果與討論

### I. 溫室內之溫度環境

溫室內之每週之晝溫、夜溫及全天均溫如圖 1 所示，2020 年 8 月 24 日至 10 月 16 日共 8 週試驗期內之總平均晝溫為 33.1℃，溫度範圍為 25 至 36℃。總平均夜溫為 26.8℃，溫度範圍最低為 25.2℃，最高為 29.2℃。溫室內最熱時段（10 時至 14 時）之總平均溫度可達 35.6℃。

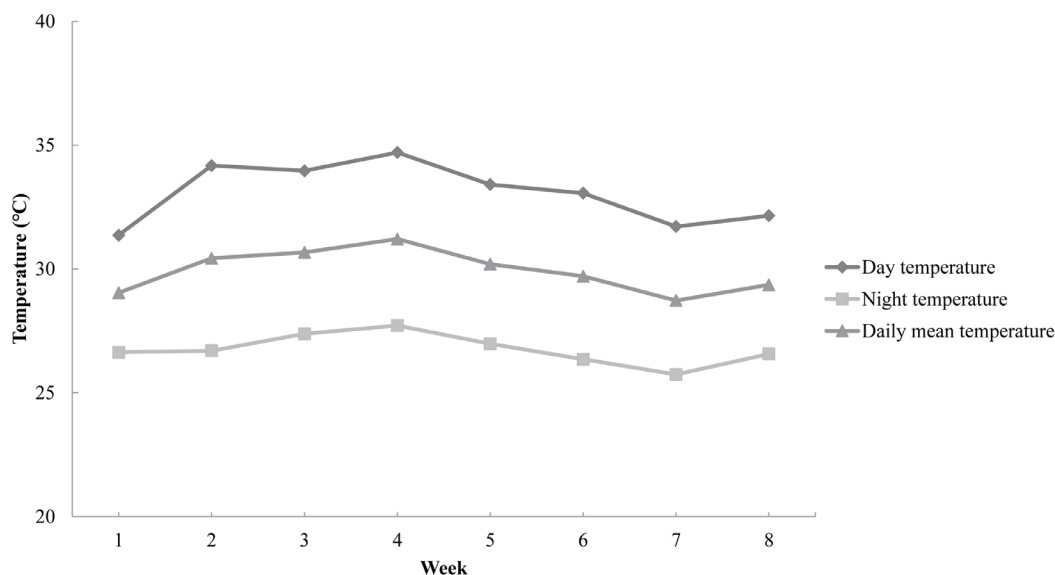


圖 1. 溫室內各週之晝溫、夜溫及全天均溫。

Fig. 1. The day temperatures, night temperatures, and daily mean temperatures in the greenhouse for each week.

### II. 農藝性狀表現

狼尾草各品種於高溫下生長之農藝性狀結果如表 1，包含第 8 週株高、第 1 週至 8 週內株高之總改變率及第 10 週之每盆鮮重產量。第 1 週至 8 週內株高之總改變率以台畜草 6 號最高，共生長了 220.2%；鮮重產量方面以台畜草 2 號最低。

表 1. 不同狼尾草品種於高溫下生長之農藝性狀

Table 1. The agronomic traits of different napiergrass varieties grown under high temperature environment

Variety	Plant height <sup>#</sup> cm	Changing rate of plant height %	Fresh forage yield kg/pot/cut
NP cv. TS 1 <sup>@</sup>	87.8 ± 16.3*	111.5 ± 41.8	0.42 ± 0.20
NP cv. TS 2	129.9 ± 38.7	78.0 ± 64.3	0.29 ± 0.11
NP cv. TS 3	94.3 ± 8.7	91.0 ± 29.5	0.54 ± 0.01
NP cv. TS 4	168.9 ± 29.5	144.3 ± 17.7	0.44 ± 0.20
NP cv. TS 5	181.9 ± 24.6	125.9 ± 75.6	0.50 ± 0.18
NP cv. TS 6	149.1 ± 14.3	220.2 ± 46.0	0.54 ± 0.11
NP cv. TS 7	120.4 ± 9.7	83.4 ± 26.9	0.49 ± 0.08
NP cv. TS 8	124.5 ± 11.8	67.1 ± 16.6	0.66 ± 0.11

\* Mean ± SD.

<sup>#</sup> Plant height: plant height at the 8<sup>th</sup> week; Changing rate of plant height: changing rate of plant height for the period from the 1<sup>st</sup> week to the 8<sup>th</sup> week; Fresh forage yield: fresh yield cut at the 10<sup>th</sup> week.

<sup>@</sup>NP cv. TS 1 - 8: Napiergrass Taishu No. 1 to No. 8.

株高生長率大致呈現 3 週前較高，之後隨著週數增加而遞減之趨勢（圖 2），此結果顯示高溫環境下狼尾草株高上的生長主要集中在第 1 至 3 週之生長前期，約至第 4 週後生長逐漸趨緩，之後維持穩定的生長速率。台

畜草 6 號於第 7 週至第 8 週間具有較高之株高生長率，而其他品種之生長率則較低，試驗中觀察到台畜草 6 號約於第 6 週之時開始抽穗，可能為造成其株高在最後一週仍大幅度抽高之原因。

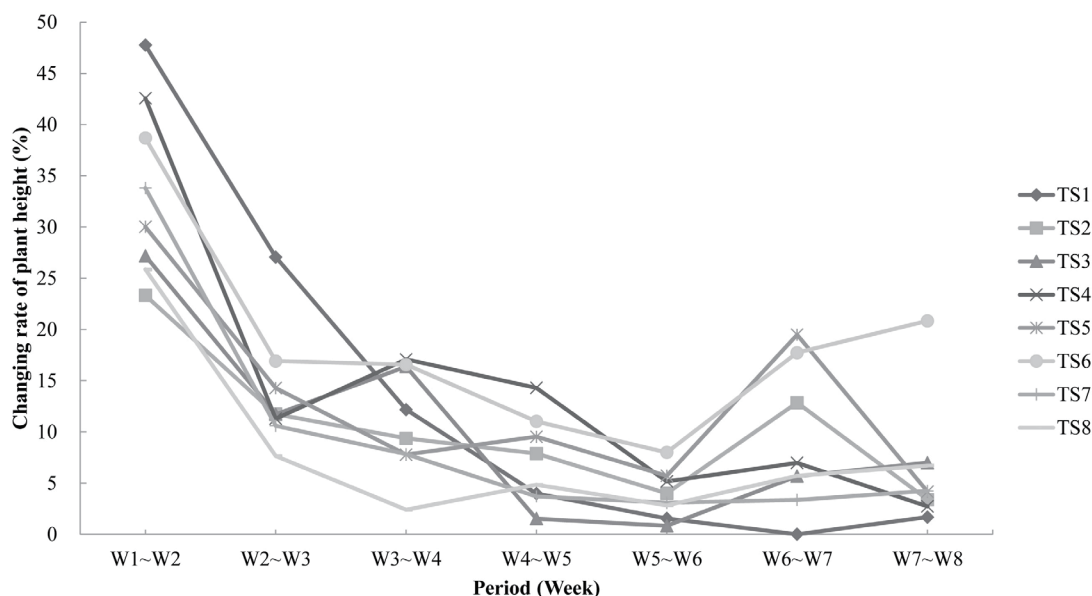


圖 2. 高溫環境下不同狼尾草品種各週之株高生長率。TS1 至 TS8 為狼尾草台畜草 1 至 8 號。

Fig. 2. Changing rates of plant height of different napiergrass varieties grown under high temperature environment for each week. TS1 to TS8 indicate NP cv. TS 1 to NP cv. TS 8.

### III. SPAD 值與電解質滲漏率

在第 8 週，即最後一週之 SPAD 值以狼尾草台畜草 6、7 號較高，而 4、5 號較低 (Kruskal-Wallis test,  $H = 59.73$ ,  $P < 0.001$ , 表 2)。本試驗中不同狼尾草品種於高溫生長條件下之 SPAD 值具顯著差異。高溫環境下 8 個狼尾草品種於生長期 8 週內 SPAD 值每週之平均如圖 3 所示，SPAD 值大致上呈現隨著生長期增加而遞減之趨勢。羅等 (2019) 之研究顯示 32 個芥藍品系在  $S_6$ 、 $F_7$  世代於高溫處理下生長 7 日後，其 SPAD 值有下降的趨勢。陳等 (2013) 選用「清華」與「萬福」兩品種之青花菜為試驗材料，比較其高溫處理下 4 日之生理表現，發現兩品種皆隨著高溫處理時間延長，總葉綠素含量持續下降，而生長於正常溫度下之對照組則大致維持穩定不變。本研究與以上之文獻呈現一致結果，SPAD 值隨著在高溫下生長之時間延長而降低，可能說明高溫使各狼尾草品種之葉綠素含量下降，光合作用受到影響，而 SPAD 值之下降趨勢，隨著生長至晚期而逐漸趨緩。

表 2. 高溫環境下不同狼尾草品種第 8 週之 SPAD 值與電解質滲漏率

Table 2. SPAD values and electrolyte leakage rates of different napiergrass varieties grown under high temperature environment at the 8<sup>th</sup> week

Variety	SPAD value <sup>#</sup>	Electrolyte leakage rate %
NP cv. TS 1 <sup>@</sup>	36.3 ± 3.3 <sup>ab*</sup>	25.7 ± 0.5
NP cv. TS 2	34.4 ± 2.6 <sup>abcd</sup>	22.3 ± 3.5
NP cv. TS 3	32.6 ± 4.9 <sup>bcd</sup>	23.9 ± 0.2
NP cv. TS 4	31.3 ± 1.7 <sup>d</sup>	28.6 ± 4.5
NP cv. TS 5	31.8 ± 4.6 <sup>cd</sup>	24.9 ± 1.1
NP cv. TS 6	40.9 ± 8.0 <sup>a</sup>	23.1 ± 4.2
NP cv. TS 7	36.8 ± 4.0 <sup>a</sup>	23.5 ± 3.6
NP cv. TS 8	35.6 ± 5.2 <sup>ab</sup>	22.6 ± 2.7

\* Mean ± SD.

<sup>#</sup> SPAD value: Soil-Plant Analysis Development value.

<sup>a, b, c, d</sup> Means in the same column with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>@</sup>NP cv. TS 1 - 8: Napiergrass Taishu No. 1 to No. 8.

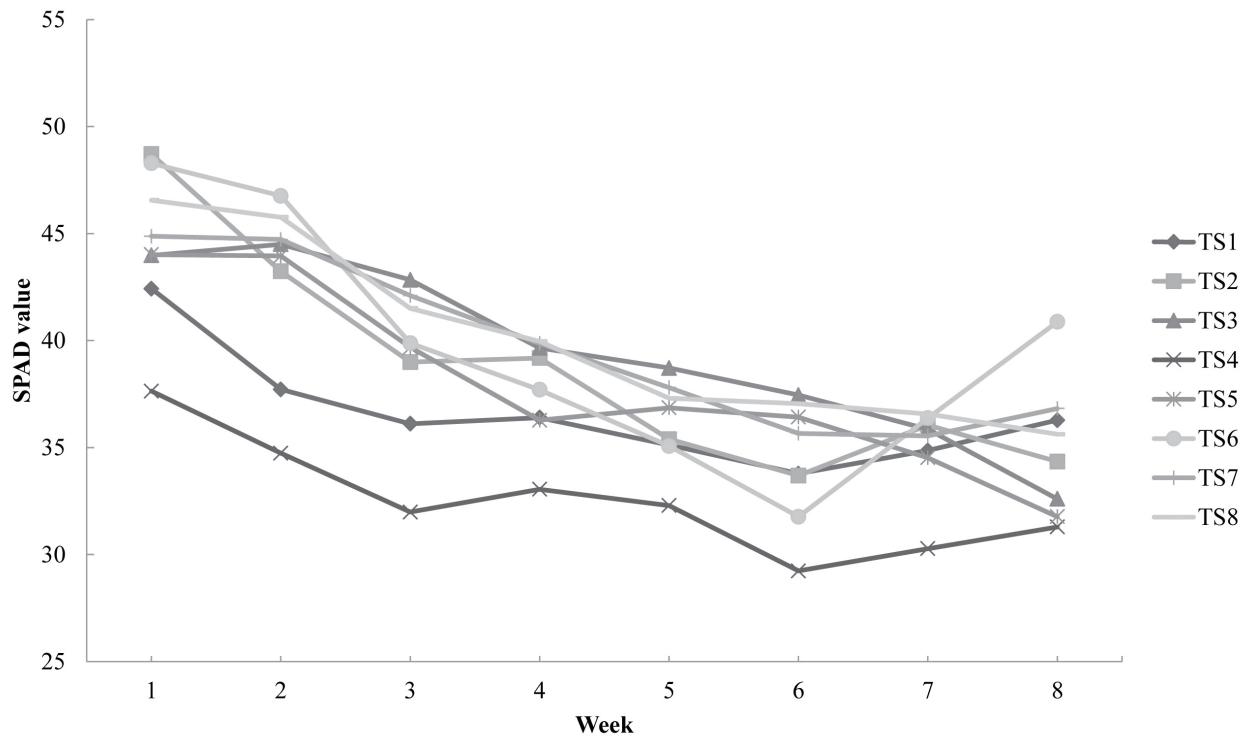


圖 3. 高溫環境下不同狼尾草品種各週之 SPAD 值平均。TS1 至 TS8 為狼尾草台畜草 1 至 8 號。

Fig. 3. Averages of SPAD values of different napiergrass varieties grown under high temperature environment for each week. TS1 to TS8 indicate NP cv. TS 1 to NP cv. TS 8.

第 8 週之電解質滲漏率以台畜草 1、4 號較高，2、8 號較低，然而並無顯著差異 (One-Way ANOVA test,  $F = 1.44$ ,  $P = 0.26$ , 表 2)。當植物遭受逆境傷害時，細胞膜之破壞常使其通透性上升，細胞內之電解質因而外滲，造成外液導電率上升之現象 (羅等, 2019)，因此植株之電解質滲漏率上升時，表示其生理表現變差，具有不良之生長狀況。過去許多耐熱相關研究皆以電解質滲漏率作為測定指標，電解質滲漏率已廣泛做為植物之耐逆境指標 (吳等, 2017)。透過測定植株細胞膜之熱穩定性與電解質滲漏率，亦可判別品種間的耐熱性程度。陳等 (2013) 比較「清華」與「萬福」兩品種之青花菜在高溫處理下之電解質滲漏率，結果顯示兩品種高溫處理之數值皆高於對照組，且處理結束後，熱敏感品種「清華」之電解質滲漏率上升 29.79%，而耐熱品種「萬福」只上升了 2.21%。稜角絲瓜 (*Luffa acutangula*) 也有類似情形，過去研究發現經過高溫處理之稜角絲瓜幼苗，其電解質滲漏率隨著處理時間延長而增加，熱敏感品種之電解質滲漏率上升了 113%，而耐熱品種只上升了 0.52%，且熱傷害程度換算之指數與電解質滲漏率亦呈現顯著正相關 (周等, 2017)。芥藍之電解質滲漏率隨著處理溫度上升，在不同品種間同樣皆有不同程度之增加 (羅等, 2019)。Wassie *et al.* (2019) 比較 15 個苜蓿品種 (*Medicago sativa* L.) 於高溫處理下 7 日之電解質滲漏率差異，發現大部分品種在高溫處理下電解質滲漏率皆顯著高於對照組，增加幅度在不同品種間有很大差異，分別為 36.5% 至 61.4% 不等，顯示不同品種間之細胞膜具不同程度之穩定度，即其耐熱程度不同。在本研究中，狼尾草於溫室內第 8 週時之電解質滲漏率並無明顯上升，與第 2 週之數值大致相等 (圖 4)，本結果與過去研究並不相符，顯示在本試驗條件下，以電解質滲漏率作為狼尾草耐熱性指標還不夠敏感，需要在更高溫之環境處理下才可確實反映其生長狀況。

#### IV. 相關性分析

將 SPAD 值與株高生長率進行相關性分析，除台畜草 1 號及 2 號之外，其餘品種之顯著性皆為顯著，且為正相關；而電解質滲漏率與株高生長率之相關性分析則只有台畜草 3 號呈顯著正相關性 (表 3)。大部分品種 SPAD 值與株高生長率之相關係數呈中度相關 (相關係數介於 0.3 至 0.7 之間)，最高者為台畜草 4 號，其相關係數達 0.716。過去許多研究顯示 SPAD 值可間接反應植株之生長狀況，除了反應葉綠素含量之外，SPAD 值與水稻穀粒重 (Gholizadeh *et al.*, 2011)、小麥穀粒重 (Spaner *et al.*, 2005; Yıldırım *et al.*, 2010; 2013; Barutçular *et al.*, 2016)、植株葉片氮含量 (Shukla *et al.*, 2004; Netto *et al.*, 2005; Spaner *et al.*, 2005)、植株產量 (Dong *et al.*, 2002) 皆呈現正相關關係，因此除了評估光合作用之功能，SPAD 值尚可用於評估植株產量、種子產量及葉片氮營養狀況等經濟性狀。本研究之結果與前人之研究具有相似趨勢，大部分狼尾草品種之 SPAD 值與株高生長率呈正相關關係，說明 SPAD 值可作為評估狼尾草生長狀況之指標之一，而電解質滲漏率則否。

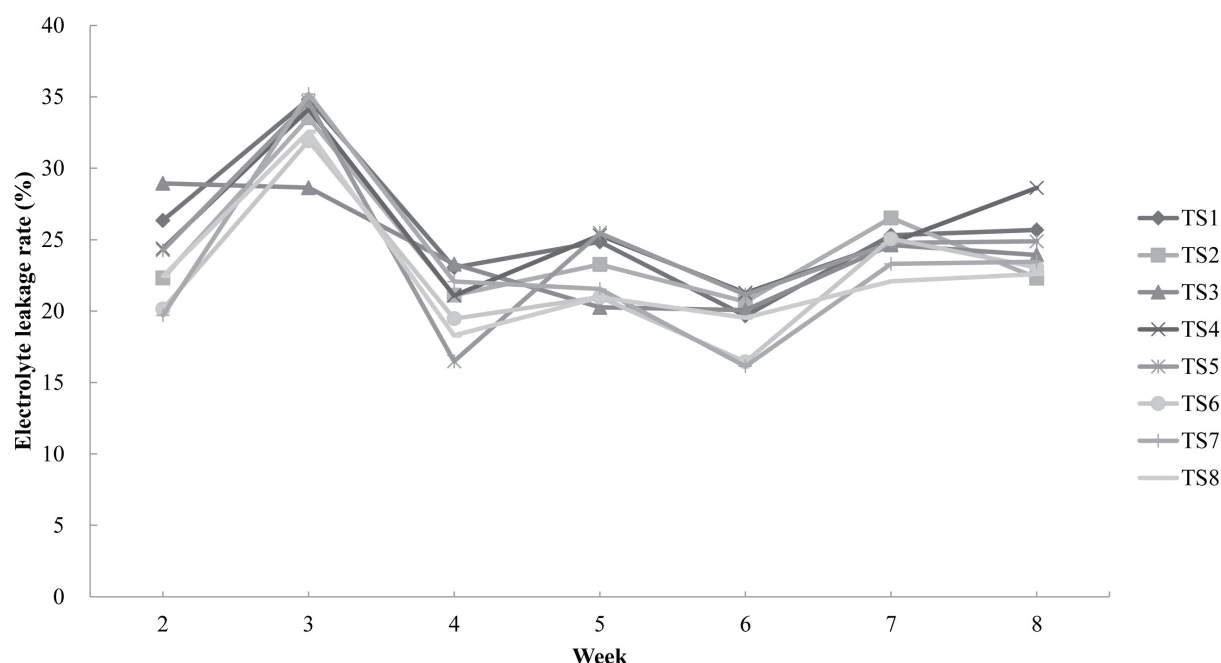


圖 4. 高溫環境下不同狼尾草品種各週之電解質滲漏率。TS1 至 TS8 為狼尾草台畜草 1 至 8 號。

Fig. 4. Electrolyte leakage rates of different napiergrass varieties grown under high temperature environment for each week. TS1 to TS8 indicate NP cv. TS 1 to NP cv. TS 8.

表 3. 高溫環境下狼尾草株高生長率與 SPAD 值及電解質滲漏率之相關性分析

Table 3. Correlation analysis between changing rates of plant height and SPAD values, and between changing rates of plant height and electrolyte leakage rate of the napiergrass grown under high temperature environment

Variety	Changing rate of plant height - SPAD value <sup>#</sup>		Changing rate of plant height - Electrolyte leakage rate	
	Pearson's r	Significant test	Pearson's r	Significant test
NP cv. TS 1 <sup>@</sup>	0.429	NS*	0.270	NS
NP cv. TS 2	0.395	NS	0.093	NS
NP cv. TS 3	0.580	0.006	0.644	0.002
NP cv. TS 4	0.716	< 0.001	-0.197	NS
NP cv. TS 5	0.457	0.037	0.257	NS
NP cv. TS 6	0.509	0.019	0.208	NS
NP cv. TS 7	0.527	0.014	-0.063	NS
NP cv. TS 8	0.643	0.002	0.175	NS

\* NS: not significant.

<sup>#</sup> SPAD value: Soil-Plant Analysis Development value.

<sup>@</sup>NP cv. TS 1 - 8: Napiergrass Taishu No. 1 to No. 8.

## 結 論

參試狼尾草農藝性狀表現之結果，第 1 週至 8 週內株高之總改變率以台畜草 6 號最高。SPAD 值方面，以狼尾草台畜草 6、7 號較高，而 4、5 號較低；電解質滲漏率則無顯著差異。將 SPAD 值與株高生長率進行相關性分析，除台畜草 1 號及 2 號之外，其餘品種呈現顯著正相關性；而電解質滲漏率與株高生長率之相關性則大多不顯著。狼尾草於高溫環境下 SPAD 值與株高生長率之間具相關性，可做為未來新品種選育之參考指標。

## 參考文獻

王進學、葉德銘。2013。菊花之細胞膜熱穩定性檢測及其應用於篩選耐熱實生苗。臺灣園藝 59：153-166。



- 李姿蓉、鍾萍、林正斌、顏素芬。2018。狼尾草品種改良。行政院農業委員會畜產試驗所年報。行政院農業委員會畜產試驗所，臺南市，第 36 頁。
- 吳曉花、周雯、汪寶根、魯忠富、徐沛、吳新義、李國景。2017。高溫脅迫下 6 份瓠瓜材料的耐熱性分析。浙江農業科學 58：1169-1173。
- 周小燕、羅劍甯、李金月、李偉華、吳海濱。2017。有稜絲瓜苗期耐熱性及其對熱脅迫的生理響應。熱帶亞熱帶植物學報 25：357-369。
- 林正斌、李姿蓉、成游貴、顏素芬、盧啟信、范耕榛、李春芳。2018。狼尾草育種改良與應用。行政院農業委員會畜產試驗所六十週年所慶學術研討會專輯 - 飼作。行政院農業委員會畜產試驗所，臺南市，第 7-12 頁。
- 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。
- 張致盛、張林仁。1998。兩種速測法在果樹葉片葉綠素含量測定之應用。臺中區農業改良場研究彙報 59：37-45。
- 陳葦玲。2013。作物耐熱性篩選指標之建立。臺中區農業改良場特刊 116：217-220。
- 陳葦玲、蕭政弘、蕭瑞展。2013。高溫逆境下青花菜之生理、組織結構變化及開花表現之研究。臺中區農業改良場研究彙報 121：9-24。
- 廖冠琳。2018。低溫對甘藷葉片生理的影響及生物刺激素增加低溫耐受性之研究。國立中興大學園藝學系，碩士論文，臺中市。
- 羅惠齡、林楨祐、王三太。2019。芥藍耐熱品種選育。臺灣農業研究 68：293-304。
- Barutçular, C., M. Yıldırım, M. Koç, C. Akıncı, I. Toptaş, O. Albayrak, A. Tanrıku, and A. El Sabagh. 2016. Evaluation of SPAD chlorophyll in spring wheat genotypes under different environments. Fresenius Environ. Bull. 25: 1258-1266.
- Dong, S., L. Cheng, and L. H. Fuchigami. 2002. Effects of urea and defoliant-CuEDTA in a single or a mixed application in the autumn on N reserves and regrowth performance of young 'Fuji'/M26 apple trees. Acta Hort. 636: 29-34.
- Dong, X., H. Bi, G. Wu, and X. Ai. 2013. Drought-induced chilling tolerance in cucumber involves membrane stabilisation improved by antioxidant system. Int. J. Plant Prod. 7: 67-80.
- Gholizadeh, A., M. S. Mohd Amin, A. A. Rahim, and A. Wayayok. 2011. Using soil plant analysis development chlorophyll meter for two growth stages to assess grain yield of Malaysian rice (*Oryza sativa*). Am. J. Agric. Biol. Sci. 6: 209-213.
- Ismail, A. M. and A. E. Hall. 1999. Reproductive-stage heat tolerance, leaf membrane thermostability and plant morphology in cowpea. Crop Sci. 39: 1762-1768.
- Lombard, K., M. O'Neill, J. Mexal, A. Ulery, B. Onken, G. Bettmann, and R. Heyduck. 2010. Can soil plant analysis development values predict chlorophyll and total Fe in hybrid poplar? Agroforest. Syst. 78: 1-11.
- Netto, A. T., E. Campostrini, J. G. de Oliveira, and R. E. Bressan-Smith. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. Sci. Hortic. 104: 199-209.
- Shukla, A. K., J. K. Ladha, V. K. Singh, B. S. Dwivedi, V. Balasubramanian, R. K. Gupta, S. K. Sharma, Y. Singh, H. Pathak, P. S. Pandey, A. T. Padre, and R. L. Yadav. 2004. Calibrating the leaf color chart for nitrogen management in different genotypes of rice and wheat in a systems perspective. Agron. J. 96: 1606-1621.
- Spaner, D., A. G. Todd, A. Navabi, D. B. McKenzie, and L. A. Goonewardene. 2005. Can leaf chlorophyll measures at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in eastern Canada? J. Agron. Crop Sci. 191: 393-399.
- SPSS. 2011. SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. SPSS Inc., Chicago, IL. USA.
- Wassie, M., W. Zhang, Q. Zhang, K. Ji, and L. Chen. 2019. Effect of heat stress on growth and physiological traits of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and a comprehensive evaluation for heat tolerance. Agronomy 9: 597.
- Yıldırım, M., H. Kılıç, E. Kendal, and T. Karahan. 2010. Applicability of chlorophyll meter readings as yield predictor in durum wheat. J. Plant Nutr. 34: 151-164.
- Yıldırım, M., M. Koç, C. Akıncı, and C. Barutçular. 2013. Variations in morphological and physiological traits of bread wheat diallel crosses under timely and late sowing conditions. Field Crops Res. 140: 9-17.

# Evaluation of growth status of napiergrass under high temperature environment using SPAD values and electrolyte leakage rates <sup>(1)</sup>

Li-Chung Tsai <sup>(2) (3)</sup> Tzu-Rung Li <sup>(2)</sup> and Ping Chung <sup>(2)</sup>

Received: Mar. 23, 2021; Accepted: Aug. 25, 2021

## Abstract

The aim of this research was to analyze the growth status of domestic napiergrass and determine the correlation relationship with SPAD values (Soil-Plant Analysis Development) under high summer temperature. The napiergrass varieties Taishu No. 1 to No. 8 (NP cv. TS 1 - 8) were planted in the greenhouse in the summer for eight weeks to simulate the environment of summer heat stress. SPAD (Soil-Plant Analysis Development) values, electrolyte leakage (EL) rates, PHL, and forage yield per pot were determined. Results showed that the changing rate of PHL for Taishu No. 6 was the highest. Taishu No. 6 and No. 7 had the highest SPAD values, whereas Taishu No. 4 and No. 5 had the lowest. There was no significant difference in electrolyte leakage rates among the varieties. Pearson correlation analysis showed that there were positive relationships between SPAD values and PHL changing rates; while those between EL and changing rates of PHL were insignificant. The correlation coefficients between SPAD values and PHL changing rates for Taishu No. 3, No. 5, No. 6, No. 7, and No. 8 ranged between 0.3 and 0.7, and the highest was Taishu No. 4 with 0.716. This research showed that the relationship between SPAD value and PHL changing rate was positive. Such information could be applied to future breeding of napiergrass varieties.

Key words: High temperature, Napiergrass, SPAD value, Electrolyte leakage rate.

---

(1) Contribution No. 2678 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

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

(3) Corresponding author, E-mail: humanspider123@tlri.gov.tw.

# 行政院農業委員會畜產試驗所「畜產研究」稿約

(民國 94 年 3 月修訂)

(民國 108 年 12 月修訂)

- I. 本刊為學術性刊物，刊載有關畜產科學原創性研究報告、調查報告及學術性專題論著。
- II. 本刊為季刊，每年 3 月、6 月、9 月及 12 月底出版。
- III. 文稿之排列順序為標題、摘要、緒言、材料與方法(學術性專題論著可略)、結果、討論(結果與討論可合為一節)、結論(可略)、誌謝(可略)及參考文獻。以中文撰寫者，須附英文摘要(Abtract)，以英文撰寫者，則附中文摘要。中英文摘要以不超過五百字為原則，須列中英文相對應之 3 至 6 個關鍵詞。
- IV. 文稿書寫格式，主要參考 Journal of Animal Science：
  - (i) 文稿請用 Word 檔 A4 紙張格式，內文以 12 號字型繕打，中文採新細明體，英文採 Times New Roman，圖表置於內文之後。行距採用單行間距，版面設定中等邊界(上下 2.54 cm，左右 1.91 cm)，並編碼連續行號。
  - (ii) 文字敘述之編號依序為 I、(i)、1、(1)、A、(a)。圖表以圖 1、表 1 等順序表示。中文稿件之圖表標題及圖說請中英並列，圖表內文字請以英文呈現。文字敘述用英文者，圖表中之文字僅用英文。
  - (iii) 本刊以黑白印刷為原則，圖表務求印刷後可清楚分辨標示，並請以電腦繪製，以利排版。
  - (iv) 單位及縮寫：
    1. 單位使用公制，習見之符號及縮寫不必另附中文。專門名詞無適當譯名者可從原文。
    2. 以下常用之縮寫可直接撰寫於本刊稿件不須另作定義：
      - (1) 長度：km、m、cm、mm、 $\mu\text{m}$ 。
      - (2) 重量：kg、g、mg、 $\mu\text{g}$ 。
      - (3) 體積：L、mL、 $\mu\text{L}$ 。
      - (4) 時間：wk、d、h、min、s。
      - (5) 其他： $^{\circ}\text{C}$ 、pH、cal、rpm。
  - (v) 統計分析達顯著差異性請以 \*、<sup>a</sup>、<sup>b</sup>、<sup>c</sup> 等上標標示，並於表下方說明。
  - (vi) 參考文獻：
    1. 正文中須書出參考文獻之作者姓氏與年份：
      - (1) 西文文獻之作者僅一人者，書一人之姓如 (Johnson, 1991)；作者為二人者，書二人之姓如 (Johnson and Hobbs, 1991)；作者為三人或以上者，用第一人之姓後再書 *et al.* 如 (Johnson *et al.*, 1991)。
      - (2) 中文文獻之作者僅一人者，書一人之姓氏如 (趙, 1990)；作者為二人者，書二人之姓氏如 (趙及錢, 1990)；作者為三人或以上時，則於第一人姓氏後再加一等字如 (趙等, 1990)。
    2. 參考文獻列示以確經引用者為限，排列次序為作者、年份、題目、發表刊物名稱、卷數、頁數等依次書寫，例如：
      - (1) 期刊類  
王政騰、朱慶誠。1991。土番鴨繫留、電昏、放血、燙毛等屠宰條件之探討。畜產研究 24：133-140。  
胡怡浩、姜延年、陳銘正、潘金水。1991。北京鴨雜交品系與商業品系肉鴨之生長及屠體性能之比較。畜產研究 24：141-148。  
Ayub, M. and M. Shoaib. 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum alone and in mixture with guar under different planting techniques. Pak. J. Agri. Sci. 46: 25-29.  
Hsu, F. H., C. J. Nelson, and A. G. Matches. 1985. Temperature effects on germination of perennial warm-season forage grasses. Crop Sci. 25: 215-220.

## (2) 書本類

- 朱純燕。2001。水禽類小病毒蛋白基因之分子選殖及抗原性分析。國立中山大學生物科學系，博士論文，高雄市。
- 李登元。1979。乳牛學。臺灣商務印書館，臺北市，第 300 - 322 頁。
- American Oil Chemists Society (AOCS). 1980. Official and Tentative Methods of the American Oil chemists Society. 3rd ed. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, IL, USA.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA, USA.
- Tai C. 1985. Duck breeding and artificial insemination in Taiwan. Duck Production Science and World Practice, pp. 193-203. University of New England, Armidale, Australia.
- Wang, Y. C. 1985. Regrowth ability of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schamach) in the dry, cold season in Taiwan. Proceedings of the XV International Grassland Congress, pp. 1239-1241. Kyoto, Japan.

## (3) 其他類

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



# JOURNAL OF TAIWAN LIVESTOCK RESEARCH

Vol. 54 No. 2

June 2021

## CONTENTS

	Page
1. Evaluation of the advantages of mixed planting of forage corn with forage sorghum <i>Min-Lang Chang and Li-Jen Liao</i> .....	74
2. The effects of stocking density on the growth performance and carcass traits of the mule ducks indoor <i>Jung-Hsin Lin, Yu-An Lin, Tsai-Fuh Tseng, Chih-Hsiang Cheng, Hsiu-Chou Liu and Chin-Hui Su</i> .....	82
3. Establishment of goat laparoscopic oocytes pick-up technology <i>Ting-Chieh Kang, Kai-Fei Tseng, Yen-Chun Lin, Yu-Hsin Chen, Fung-Hsiang Chu, Hsin-Hung Lin and Perng-Chih Shen</i> .....	91
4. Development of smart epidemic prevention action management system for pig farms <i>Bin-Yong Wang, Yui-I Lai and Ming-Yang Tsai</i> .....	99
5. Study on the odor removal of livestock manure compost by pangolagrass biochar or poultry litter biochar <i>Shu-Min Wang, Hsin-Hung Liu, Tsui-Huang Yu, Cheng-Hsun Chung and Hsiu-Lan Lee</i> .....	106
6. Study on the variation of nutrient compositions of forage oats <i>Chia-Sheng Chen, Yung-Fen Huang, Tsui-Huang Yu and Shu-Min Wang</i> .....	116
7. Study on the genetic diversities in different Muscovy duck populations with the microsatellite markers derived from Tsaiya duck <i>Yi-Ying Chang, Liang-Yuan Wei, Yi-Chen Chen and Hsiu-Chou Liu</i> .....	126
8. Evaluation of growth status of napiergrass under high temperature environment using SPAD values and electrolyte leakage rates <i>Li-Chung Tsai, Tzu-Rung Li and Ping Chung</i> .....	140

行政院新聞局出版事業登記證  
警字第18號執登  
為雜誌字第六七七號  
交寄

ISSN 0253-9209  
DOI: 10.6991/JTLR



9 770253 920004

GPN:2005200015

定價：新臺幣二〇〇元