

評估低粗蛋白飼糧於畜試雜交土雞之生長後期生長性能 與溫室氣體排放⁽¹⁾

李雁鈴⁽²⁾⁽⁴⁾ 洪靖崎⁽³⁾ 黃培峻⁽²⁾ 魏良原⁽²⁾ 張經緯⁽²⁾

收件日期：114 年 6 月 13 日；接受日期：114 年 8 月 22 日

摘 要

本研究旨在評估低粗蛋白 (crude protein, CP) 飼糧對畜試雜交土雞生長後期生長性能與溫室氣體排放量之影響，作為國家飼料標準與永續畜牧政策推動的技術依據。試驗選取 180 隻之 12 週齡畜試雜交土雞，依性別分群後隨機分為對照組 (CP = 15%) 與試驗組 (CP = 13%)，飼糧以玉米和大豆粕為主要原料，並配製為等代謝能，營養成分符合土雞飼養手冊建議，試驗組在降低飼糧中粗蛋白質含量時，額外補充滿足飼糧配方需求之胺基酸。試驗期為 12 至 20 週齡，期間飲水與飼料皆採任飼，紀錄雞隻體重、採食量、飼料轉換率及糞便成分，並估算氧化亞氮 (N₂O) 排放量。結果顯示，在飼糧中降低 2% 粗蛋白含量不影響土雞 20 週齡上市體重，且顯著改善公雞飼料轉換率 (P < 0.05)。母雞雖體重略低，但平均日採食量與日增重無顯著差異。在糞便成分方面，低 CP 組公、母雞糞便中氮含量較對照組下降 4.7 及 5.2%，水分含量分別降低 3.5 及 3.0%，顯示飼糧中降低 CP 含量可提升氮利用率，並改善墊料濕度。在評估 N₂O 排放量方面，當飼糧 CP 含量自 15% 調降至 13% 時，母土雞糞便堆肥中 N₂O 排放量可減少 23.7%。每隻公、母土雞於生長後期分別可減少 0.013 公克及 0.22 公克 N₂O 排放量，相當於減少約 0.0036 公斤及 0.060 公斤二氧化碳當量 (CO₂e)。綜上所述，降低飼糧 CP 含量 2% 並補充胺基酸，可維持土雞成長表現，提升飼料利用效率，且可降低糞便和墊料中的氮排放量，進而減緩溫室氣體排放，具實質應用與政策推廣價值，亦可作為我國推動低碳畜牧與飼料標準法規更新之重要參考。

關鍵詞：臺灣土雞、低粗蛋白質飼糧、生長性能、氮排放。

緒 言

隨著全球畜牧業的擴展，畜禽生產對環境造成的影響日益受到關注。家禽飼養在追求高生產效率的同時，通常也伴隨大量氮和氨的排放，進而對氣候與環境品質構成負面壓力 (Gerber *et al.*, 2013; Caro *et al.*, 2014; Malomo *et al.*, 2018)。降低飼糧中的粗蛋白質含量是限制肉雞氮排泄的有效方法，但常會降低雞隻生產性能 (Belloir *et al.*, 2017)。低粗蛋白飼料配方利用的核心在於選擇使用高品質的蛋白質來源，傳統飼料中常見的大豆粕等植物性蛋白質，雖然價格低廉，但氮的利用效率較低，而導致氮排放偏高。Nahm (2007) 研究指出，肉雞攝取的氮約有 70 – 75% 會以糞尿形式排出，主要因為胺基酸利用率不佳，當適度降低飼糧中的粗蛋白含量，並補充必要胺基酸，不影響生長，也可顯著減少氮排泄達 40%。胺基酸是雞隻維持、生長和生產所需的主要營養成分之一，飼料級合成胺基酸已日益普及，透過精確添加合成胺基酸比率，低粗蛋白飼料配方可有效滿足雞隻需求，繼而減少氮的排泄 (Ospina-Rojas *et al.*, 2014)。只要充分滿足家禽的胺基酸需求，肉雞的生長和育肥日糧中粗蛋白含量可以減少多達 3%，而不會對生長或肉質產生影響 (Benahmed *et al.*, 2023)，這樣的調整不僅降低了飼料中的總氮含量，還維持了雞隻的生產。另外，經由調整胺基酸比率的飼料，將肉雞日糧粗蛋白含量從 19% 降低到 17% 時，0 – 21 日齡期間肉雞氮排泄減少 29%，且氮利用率提升了 7%，每日每隻雞可減少 20.6 毫升的水消耗，並降低墊料水分 2.2%，因此，低粗蛋白飼糧配方可降低氮排泄並且減少墊料的濕度 (Alfonso-Avila *et al.*, 2022)。在火雞的研究中，應用低粗蛋白飼糧配方也能顯著改善墊料品質並降低足墊炎的發生 (Veldkamp *et al.*, 2017)，這些都證明了低粗蛋白飼糧配方

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2838 號。
(2) 農業部畜產試驗所東區分所。
(3) 農業部畜產試驗所動物營養組。
(4) 通訊作者，E-mail: yeooovm@mail.tlri.gov.tw。

具有廣泛的應用潛力。降低飼糧粗蛋白質需要評估整體營養，因為不僅蛋白質和胺基酸，其他如纖維、電解質平衡和能量來源也都會受到影響 (Alfonso-Avila *et al.*, 2019)。雖然低粗蛋白飼糧之技術已被國際間廣泛研究與應用，但國內業者對其接受度仍偏低，主要因對生產性能影響疑慮及配方調整的技術門檻。因此，為因應 2024 年「配合飼料 (家畜、家禽用) 國家標準」修正後之需求，本研究進行生長後期土雞之餵飼試驗，評估低粗蛋白質含量之飼糧對其生長表現與溫室氣體排泄量的影響，可藉此建立適合本土環境之低蛋白飼糧模式，有助於滿足我國商業需求和飼料國家標準立法的要求。

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計

- (i) 本研究於農業部畜產試驗所東區分所 (花蓮場區) 執行，所有動物使用、飼養管理及試驗操作皆依據該場區之實驗動物管理委員會核准之實驗計畫 (動物實驗核准編號為 HUA1ACUC11203) 辦理與管理準則執行。
- (ii) 試驗使用畜產試驗所東區分所自行繁殖之畜試雜交土雞 (畜試土雞高畜 12 號公雞與 9 號母雞雜交) 180 隻，依性別分為公、母各 90 隻，並隨機分配至兩個處理組。每處理組設有 6 個欄位，其中公雞與母雞各分配 3 欄，為 3 重複試驗，每欄飼養 15 隻。試驗期自雞隻 12 週齡起至 20 週齡止，為期共計 8 週。雞隻飼養於水泥結構之半開放式禽舍，每欄面積為 12 m² 並配置餵料器和自動飲水器各 1 個。欄內鋪設 30 公斤的稻殼作為墊料，試驗期間未進行墊料更換或清理。飼養季節為 6 – 8 月份，試驗期間環境平均溫度為 28.1°C，平均相對濕度為 81.3% (交通部中央氣象署，2023)。
- (iii) 生長性能：12 週齡起至 20 週齡試驗飼料分為兩組，對照組飼糧粗蛋白質含量為 15% (CP = 15%)，試驗組粗蛋白質含量下調至 13% (CP = 13%)。飼糧以玉米和大豆粕為主要原料，並配製為等代謝能。飼糧組成皆符合土雞飼養手冊建議標準 (施等，2009)，試驗組在降低飼糧中粗蛋白質含量時，並同步補充合成胺基酸，以達到配方中胺基酸含量與平衡之要求，於配方設計中設定其最低需求值為限制條件，利用 Excel 進行線性規劃計算，調整玉米、豆粕、全脂豆粉與胺基酸比例，以同時達成代謝能與粗蛋白質的雙重目標。對照組因粗蛋白質含量較高，其所需額外補充胺基酸比例為 0.81%；試驗組在粗蛋白質含量降低的條件下，為補足因原料減少所造成的胺基酸含量，額外添加比例提升至 1.53%，主要補充之必需胺基酸包括甲硫胺酸 (DL-Methionine)、離胺酸 (L-Lysine HCl)、精胺酸 (Arginine)、色胺酸 (Tryptophan)、異白胺酸 (Isoleucine)、纈胺酸 (Valine) 及羥丁胺酸 (Threonine)，飼糧組成如表 1。試驗期間飲水與飼料皆任飼，分別於第 12、16 及 20 週齡測定雞隻體重與採食量，並計算飼料轉換率，評估生長性能表現。
- (iv) 代謝試驗與排泄物分析：於第 20 週齡，每處理組 6 欄位，每欄隨機抽取 2 隻雞，共計每組公母各 6 隻，個別置於單籠中進行代謝試驗。試驗期為 3 天，期間紀錄各雞隻採食量並進行全糞尿收集密封冰凍保存。收集完成之排泄物樣品，以烘箱 60°C 烘乾 24 小時，計算水分含量後粉碎寄送於農業部畜產試驗所飼料化驗中心，進行一般成分 (粗水分、粗蛋白質及粗灰分) 分析檢測，其自訂方法以飼料粗水分檢驗作業規範 (FAC-31803)、飼料粗蛋白質檢驗作業規範 (FAC-31805)、飼料粗灰分檢驗作業規範 (FAC-31809) 執行 (農業部畜產試驗所，2025)。
- (v) 生長後期雞排泄物 N₂O 排放量估算：以代謝試驗收集之雞隻排泄物樣品一般成分粗蛋白質數據，以 Excel 進行換算氮含量，公式如下：氮含量 (%) = 粗蛋白質含量 (%) / 6.25。另依據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 2006 (IPCC) 國家溫室氣體清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)，以 Tier 2 方法進行溫室氣體排放量估算，直接 N₂O 排放量 + 間接 N₂O 排放量，計算方式如下：
(糞便量 g / 日 × 糞便含氮量 % / 1000 × 糞尿管理系統 N₂O – N 轉化率) × 56 日 + (糞便量 g / 日 × 糞便含氮量 % × 糞尿管理系統 N 缺失值 / 100 × 0.01 × 48 / 28) × 56 日。

糞尿管理系統 N₂O – N 轉化率，本試驗以 IPCC (2006) 表 10.21 堆肥 (翻堆 + 通風) 轉化率係數 0.005 帶入；糞尿管理系統 N 缺失值依據 IPCC (2006) 表 20.22 家禽有墊料之糞便之糞尿管理系統 N 缺失值為 40；係數 0.01 為依據 IPCC (2006) 表 11.3 土壤和水面大氣氮沉積中產生的 N₂O 排放的排放因子，kgN₂O – N (kgNH₃ – N + NO_x – N 揮發)；48/28 係指 (N₂O – N) (mm) 排放轉化為 N₂O (mm) 排放轉換係數，生長後期飼養日數 56 日。

II. 統計分析

試驗所得數據利用 SAS 套裝統計分析軟體 (Statistical Analysis System, 2000) 以一般線性模式程序 (General

Linear Model Procedure, GLM) 進行變方分析，再以鄧肯氏新多變域測定法 (Duncan's New Multiple Range Test) 比較各組間之差異顯著性，當 $P < 0.05$ 表差異顯著。

表 1. 試驗飼糧之組成

Table 1. The composition of experimental diets

Items	CP = 15%	CP = 13%
Ingredients, %		
Yellow corn	72.22	77.6
Soybean meal (42%)	14.45	12.28
Soybean flour	8.30	4.30
Calcium carbonate	1.49	1.51
Salt	0.50	0.50
Dicalcium phosphate	1.53	1.58
Mineral premix ¹	0.30	0.30
Vitamin premix ²	0.20	0.20
Choline chloride (50%)	0.20	0.20
Amino acid premix ³	0.81	1.53
Total	100	100
Calculated value, %		
Crude protein	15	13
Crude fat	4.46	3.91
Linoleic Acid	2.42	2.12
Crude fiber	2.49	2.29
Ash	1.80	1.71
Methionine + Cystine	0.62	0.62
Methionine	0.46	0.49
Lysine	0.94	0.94
Arginine	1.10	1.10
Threonine	0.75	0.75
Isoleucine	0.68	0.68
Valine	0.77	0.77
Tryptophan	0.19	0.19
Metabolizable energy, kcal/kg	3,050	3,050

¹ Mineral premix supplied per kilogram of diet: Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 6 mg; Fe ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 50 mg; Mn ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 40 mg; Zn (ZnO), 60 mg; Se (NaSeO_3), 0.075 mg.

² Vitamin premix supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 12,000 IU; Vitamin D₃, 3,125 IU; Vitamin E, 37.5 IU; Vitamin K₃, 6.25 mg; Vitamin B₁, 3.75 mg; Vitamin B₂, 12.5 mg; Vitamin B₆, 10.0 mg; Vitamin B₁₂, 0.05 mg; Ca-pantothenate, 18.8 mg; Niacin, 50 mg; Biotin, 0.06 mg; Folic acid, 1.25 mg.

³ Amino acid premix composition: Methionine, Lysine, Arginine, Threonine, Isoleucine, Valine, and Tryptophan. The proportion is due to undisclosed business secrets.

結果與討論

I. 降低生長後期飼糧粗蛋白質含量對畜試雜交土雞生長性能之影響

在本研究中，12 至 20 週齡之畜試雜交土雞於生長後期階段餵飼不同粗蛋白質含量飼糧對生長性能之影響結果如表 2。研究指出，高蛋白飼糧能對禽隻腸道健康和生長表現產生負面影響，當蛋白質於小腸末端未被完全消化，其殘餘部分可能會被盲腸中的厭氧菌發酵，進而產生胺類、酚類、甲酚和氨等有害與具毒性之代謝產

物，於高濃度情況下恐對雞的生長性能產生不利影響 (Apajalahti and Vienola, 2016)。低粗蛋白質飼糧的訂定需要控制必需胺基酸的供應，即離胺酸、蛋胺酸 (+ 半胱胺酸)、羥丁胺酸、纈氨酸、異白胺酸、白胺酸、色胺酸、精氨酸、苯丙胺酸 (+ 酪胺酸) 和組胺酸等，透過加入飼料用合成胺基酸可以滿足對限制性必需胺基酸的需求，將肉用公雞的飼糧 CP 由 19% 降低至 17%，並調整育肥期飼糧之胺基酸組成，並不影響其上市體重 (Belloir *et al.*, 2017)。當降低飼糧中粗蛋白質含量時，應考慮個別胺基酸之間的平衡，否則會減緩生長與降低飼糧中蛋白質利用率，Han *et al.* (1992) 指出，0 – 3 週齡雞隻低蛋白飼糧 (CP = 19%) 中限制性胺基酸為蛋胺酸、離胺酸、精氨酸、羥丁胺酸和纈氨酸等 5 種，於低蛋白飼糧中補充此五種限制性胺基酸後，與對照組 (CP = 23%) 比較，其增重和飼料效率顯著提高，體脂含量則降低，且於 3 到 6 週齡雞，飼糧含補充限制性胺基酸的飼糧 (CP = 16%)，其生長表現與對照 (CP = 20%) 組相似。Emmert *et al.* (2000) 發現當 1 至 3 週齡肉雞飼糧低粗蛋白飼糧 (CP = 18% 以下)，在未補充甲硫胺酸與羥丁胺酸組，其採食量會增加，若於低粗蛋白飼糧中添加甲硫胺酸與羥丁胺酸，則採食量未明顯增加且生長性能較佳，因此當雞隻飼糧蛋白質降低時，需保持胺基酸比例平衡，添加胺基酸後可補飼糧中粗蛋白質之不足，可使得雞隻生長性能不受影響。本試驗結果顯示，試驗組公雞於 12 – 20 週齡平均日採食量與飼料轉換率皆顯著低於對照組 (表 2, $P < 0.05$)，然至第 20 週齡上市體重則差異不顯著，此結果與前述研究相符。當飼糧 CP 含量自 15% 降至 13%，且適當補充胺基酸量後，雖觀察到土雞的採食量降低，但飼料利用效率明顯提升。於 12 – 20 週齡平均日採食量，試驗組為 86.7 g 顯著低於對照組之 94.1 g，且分析比較對照組與試驗組的飼料轉換率分別為 5.0 及 4.6，此顯示試驗組飼料轉換率顯著較佳，此結果與 Harn *et al.* (2019) 於降低肉雞飼糧中 CP 含量 2% 的飼養實驗，有助其飼料轉換率提升之結果相符。至於母雞部分，對照組於第 20 週齡之體重略高於低蛋白組，但兩組間平均日採食量與平均日增重則無顯著差異，顯示降低飼糧 CP 2% 含量對母雞生長性能影響相對有限，此與 Oluwabiye *et al.* (2022) 研究於育成期蛋雞降低飼糧中 CP 含量，不會影響最終體重、採食量和飼料轉換率等生長性能之結果相符，且也與 Heo *et al.* (2023) 研究降低母雞日糧中的 CP 含量會降低排泄物排出量、氮攝取量和氮排泄量，但不影響每日飼料攝取量相符。而公、母雞對飼糧中蛋白質含量變化在生長性能上的差異，推測可能與性別及營養需求差異有關。公雞通常用於肉品生產，在肌肉組織快速增長階段對能量與營養素轉換效率依賴性較高，故飼糧低蛋白並補充胺基酸之飼糧時，能更有效轉化養分以支持生長，進而顯著改善飼料轉換效率。相對而言，母雞在育成過程中除具備一定的體重發展需求外，亦須儲備能量以備未來產蛋使用，此使得其生長生理反應相對較為穩定。綜合上述，本研究於畜試雜交土雞生長後期 (12 至 20 週齡) 飼養階段，將飼糧 CP 含量由 15% 降低至 13%，並經胺基酸補充調整後，可使得雞隻生長性能不受影響，且有效提升飼料利用效率。

表 2. 降低畜試雜交土雞生長後期飼糧粗蛋白質含量對生長性能之影響

Table 2. Effect of reduced dietary crude protein during the late rearing period on growth performance of crossbred native chickens

Sex Items	Male		Female	
	CP = 15%	CP = 13%	CP = 15%	CP = 13%
Body weight, g				
12 week old	1,208 ± 185	1,142 ± 162	965 ± 123	932 ± 168
20 week old	2,291 ± 236	2,219 ± 160	1,924 ± 133	1,855 ± 252
12 – 20 week old				
Average daily gain, g/day/bird	19.3 ± 3.0	19.2 ± 2.5	17.1 ± 2.3	16.5 ± 2.8
Average Feed intake, g/day/bird	94.1 ± 8.2 ^a	86.7 ± 4.2 ^b	84.6 ± 2.6	83.2 ± 4.5
Feed conversion ratio, feed/gain	5.0 ± 0.9 ^a	4.6 ± 0.6 ^b	5.0 ± 0.8	5.2 ± 1.2

^{a, b} Means of the same row within gender with the different superscript differ significantly ($P < 0.05$).

Values are mean ± SD.

n = 45.

II. 降低生長後期飼糧粗蛋白質含量對糞便性狀與氮排放之影響

調整飼糧中 CP 含量之策略，有助於提高肉雞生產產業的永續性。飼糧 CP 降低 2% 對土雞糞便性狀之影響結果如表 3 所示。Belloir *et al.* (2017) 研究指出以調整胺基酸成分降低飼糧粗蛋白質含量，將肥育期肉用公禽飼糧 CP 含量從 19% 調降至 17%，氮的利用率會增加，可有效減少雞隻氮的排泄量與揮發量，且不會改變雞隻

生長性能與屠體品質。而 Attia *et al.* (2020) 以僅添加蛋胺酸和離胺酸的 15% 粗蛋白飼糧餵飼 28 至 49 日齡的肉雞，與對照組 (CP = 18%) 比較發現低蛋白飼糧組屠體蛋白質、總脂肪量和胸肉水分百分比沒有不良影響，且同時使氮排泄量降低。另有研究指出，於 1 至 33 日齡的肉雞飼糧中補充限制性胺基酸，可以將飼糧 CP 降低 2% 以上，而不影響其生長性能，且可同時減少氮排泄和氮排放 (Aderibigbe *et al.*, 2024)。本試驗將低飼糧粗蛋白質調降 2% 後，公、母雞糞便中氮排泄量分別下降 4.7 及 5.2%，顯示其體內氮利用效率有所提升，此與前述研究相符。此外，氮攝入量與雞隻之飲水需求具有密切關聯，因體內多餘氮須經由尿液與糞便排出，此過程需要增加水分攝取。據本研究結果，公雞試驗組糞便中水分含量 70.8% 顯著低於對照組的 73.4%，減幅達 3.5%，母雞試驗組糞便中水分含量 75.3% 則低於對照組的 77.6%，減幅為 3.0%，此現象有助於降低禽舍墊料濕度，改善飼養環境衛生條件，並與 Alfonso-Avila *et al.* (2022) 研究結果一致。綜合以上結果，當降低 CP 含量不僅有助於提升土雞氮的利用效率，同時減少糞便中氮與水分的排放量。

表 3. 降低畜試雜交土雞生長後期飼糧粗蛋白質含量對糞便性狀之影響

Table 3. Effect of reduced dietary crude protein during the late rearing period on feces characteristics of crossbred native chickens

Sex	Male		Female	
	CP = 15%	CP = 13%	CP = 15%	CP = 13%
Moisture, %	73.4 ± 4.5 ^a	70.8 ± 4.7 ^b	77.6 ± 2.3	75.3 ± 4.6
Nitrogen, %	6.78 ± 0.9	6.46 ± 0.7	6.67 ± 0.3	6.32 ± 1.3
Ash ² , %	20.1 ± 2.4	20.3 ± 2.5	16.4 ± 3.8 ^b	18.7 ± 2.4 ^a
Reduction (Compared with the CP = 15%)				
Moisture reduction, %		3.5		3.0
Nitrogen reduction, %		4.7		5.2

^{a, b} Means of the same row within gender with the different superscript differ significantly ($P < 0.05$).

Values are mean ± SD.

Ash as dry matter bass.

n = 6.

III. 降低生長後期飼糧粗蛋白質後糞便堆肥對 N₂O 排放之影響

N₂O 為全球第三大溫室氣體，根據營養利用效率的差異，動物日糧中提供的氮有 50 – 80% 會被排泄出 (Tamminga, 1992)，而在家禽中，排泄的總氮中超過 70% 是以尿酸的形式排出，尿酸會在體內水解迅速轉化為氨氣 (NH₃) (Koerkamp, 1994)。若未採取有效措施來減少氮的排泄，高達 18 至 41% 的糞便氮將以氨氣及其他含氮化合物的形式排放至大氣，對空氣品質造成負面影響 (Patterson, 2001)。本試驗依據 IPCC Tier 2 方法估算生長後期糞便堆肥中 N₂O 排放量結果如表 4 所示，當生長後期飼糧 CP 含量自 15% 調降至 13% 時，估算公、母雞糞便堆肥中 N₂O 排放量，以母雞減少較多約可減少 23.7%。IPCC (2021) 第六次評估報告指出 N₂O 的全球暖化潛勢值 (Global Warming Potentia, GWP) 為 273，即 1 公克的 N₂O 相當於 273 公克的 CO₂e，研究顯示生長後期 (56 日)，每隻公、母雞土雞分別可減少 0.013 公克及 0.22 公克 N₂O 排放量，相當於減少約 0.0036 公斤及 0.060 公斤 CO₂e。依據 2023 台灣家禽統計手冊統計資料，2023 年臺灣有色肉雞供應量為 10,956 萬隻 (陳等, 2024)，其中紅羽土雞飼養佔 56%，約 6,135 萬隻，若各推行 5% 的雞隻於生長後期餵飼低粗蛋白飼糧，公、母雞每年總減排量分為約 11 公噸及 184 公噸 CO₂e。此一結果顯示低粗蛋白飼糧策略除具飼養效益外，亦對減緩畜牧業溫室氣體排放具實質貢獻。

表 4. 降低畜試雜交土雞生長後期飼糧粗蛋白質後推估糞便堆肥 N₂O 排放量影響Table 4. Estimated impact of reduced dietary crude protein during the late rearing period on N₂O emissions from fecal composting of crossbred native chicken

Sex Item	Male		Female	
	CP = 15%	CP = 13%	CP = 15%	CP = 13%
Annual N ₂ O emissions from ma-nure management, kg N ₂ O head × 56 days ⁻¹	8.85 × 10 ⁻⁴ ± 1.53 × 10 ⁻⁴	8.72 × 10 ⁻⁴ ± 0.69 × 10 ⁻⁴	9.28 × 10 ⁻⁴ ± 1.84 × 10 ^{-4a}	7.08 × 10 ⁻⁴ ± 1.82 × 10 ^{-4b}
Annual N ₂ O emissions from ma-nure management, kg N ₂ O head × 56 days ⁻¹ (5% promotion) ³	2,716 ± 468	2,675 ± 212	2,846 ± 563 ^a	2,171 ± 557 ^b
Reduction (Compared with the CP = 15%), %				
Annual N ₂ O emissions from ma-nure management reduction, kg N ₂ O head × 56 days ⁻¹		1.5		23.7
Annual N ₂ O emissions from ma-nure management reduction, kg N ₂ O head × 56 days ⁻¹ (5% promotion)		1.5		23.7

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

Values are mean ± SD.

N₂O emissions from composting are estimated based on IPCC Tier 2:

(Daily fecal mass × fecal nitrogen content % / 1,000 × feces-urine management system N₂O-N conversion rate) × 56 days + (Daily fecal mass × fecal nitrogen content % × feces-urine management system N loss factor / 100 × 0.01 × 48 / 28) × 56 days.

5% promotion: based on the estimated total supply of 61.35 million red-feather native chickens in Taiwan in 2023, a 5% utilization rate corresponds to approximately 3.07 million birds.

n = 6.

結 論

試驗中比較現行標準飼糧與低蛋白飼糧對生長後期畜試雜交土雞成長表現、氮利用率及糞便含氮量之差異，將 CP 含量由 15% 降低至 13%，並搭配合適必需胺基酸補充，可在不影響上市體重的前提下，顯著降低公雞採食量與飼料轉換率，進而提升飼養效率，顯示其具備實際應用潛力。此外，低粗蛋白飼糧可減少糞便中水分與氮含量，改善墊料濕度，並降低氧化亞氮排放，有助於減緩溫室氣體產生，未來可作為本土土雞產業因應永續發展與政策制定之參考依據。

參考文獻

- 交通部中央氣象署。2023。氣候統計資料查詢。https://www.cwa.gov.tw/V8/C/。
- 陳志峰、王榮生、何玉珍、吳俊達、李建勳、郭慧華、陳玉珍、陳麗玲、陳逸瑄、鄒信南、蕭金鳳。2024。台灣家禽統計手冊。財團法人獸醫畜產發展基金會，新北市，pp.20。
- 施柏齡、林正鏞、徐阿里、黃振芳、林榮新、李舜榮、王勝德。2009。家禽營養分需求量手冊。行政院農業委員會畜產試驗所，臺南縣，pp. 2-8。
- 農業部畜產試驗所。2025。飼料化驗中心化學測試領域認可項目測試方法及定量極限。https://www.tlri.gov.tw/list.php?theme=web_structure&subtheme=268。
- Aderibigbe, A. S., T. L. Wise, J. D. Davis, V. D. Naranjo, V. Hess, and W.A. Dozier III. 2024. Effects of reduced crude protein diets while maintaining essential amino acid concentrations on growth performance, nitrogen output, ammonia production, and meat yield. *Poult. Sci.* 103: 103572.
- Alfonso-Avila, A. R., O. Cirot, W. Lambert, and M. P. Létourneau-Montminy. 2019. Effect of low protein diets on nitrogen utilization efficiency, daily water consumption, and litter moisture in broilers through meta-analysis approach. *Energy and Protein Metabolism and Nutrition, USA.* pp. 153-154.
- Alfonso-Avila, A. R., O. Cirot, W. Lambert, and M. P. Létourneau-Montminy. 2022. Effect of low-protein corn and soybean meal-based diets on nitrogen utilization, litter quality, and water consumption in broiler chicken production: insight

- from meta-analysis. *Animal* 16: 100458.
- Apajalahti, J. and K. Vienola. 2016. Interaction between chicken intestinal microbiota and protein digestion. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 221: 323-330.
- Attia Y. A., F. Bovera, J. Wang, M. A. Al-Harhi, and W. K. Kim . 2020. Multiple amino acid supplementations to low-protein diets: effect on performance, carcass yield, meat quality and nitrogen excretion of finishing broilers under hot climate conditions. *Animal* 10(6): 973.
- Belloir, P., B. Méda, W. Lambert, E. Corrent, H. Juin, M. Lessire, and S. Tesseraud. 2017. Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal* 11: 1881-1889.
- Benahmed, S., A. Amani, R. de Théophane, L. M. Marie-Pierre, and N. Alnahhas . 2023. Effect of reduced crude protein diets supplemented with free limiting amino acids on body weight, carcass yield, and breast meat quality in broiler chickens. *Poult. Sci.* 102: 103041.
- Caro, D., S. J. Davis, S. Bastianoni, and K. Caldeira. 2014. Global and regional trends in greenhouse gas emissions from livestock. *Climatic Change* 126: 203-216.
- Emmert , J. L., H. M. Edwards 3rd, and D. H. Baker. 2000. Protein and body weight accretion of chicks on diets with widely varying contents of soyabean meal supplemented or unsupplemented with its limiting amino acids. *Br. Poult. Sci.* 41: 204-213.
- Gerber, P. J., H. Steinfeld, B. Henderson, A. Mottet, C. Opio, J. Dijkman, A. Falcucci, and G. Tempio. 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. pp. 37.
- Han, Y., H. Suzuki, C. M. Parsons, and D. H. Baker. 1992. Amino acid fortification of a low-protein corn and soybean meal diet for chicks. *Poult. Sci.* 71: 1168-1178.
- Harn, J. V., M. A. Dijkslag, and M. M. van Krimpen. 2019. Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. *Poult. Sci.* 98: 4868-4877.
- Heo, Y. J., J. Park, Y. B. Kim, B. Y. Kwon, D. H. Kim, J. Y. Song, and K. W. Lee. 2023. Effects of dietary protein levels on performance, nitrogen excretion, and odor emission of growing pullets and laying hens. *Poult. Sci.* 102(8): 102798.
- Intergovernmental panel on climate change. 2021. Climate change 2021: The working group I contribution to the sixth assessment report. United nation.
- Koerkamp, P. W. G. 1994. Review on emission of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *J. Agric. Eng. Res.* 59: 73-87.
- Malomo, G. A., S. A. Bolu, A. S. Madugu, and Z. S. Usman. 2018. Nitrogen emissions and mitigation strategies in chicken production. *Animal Husbandry and Nutrition*. IntechOpen, London. pp. 43.
- Nahm, K. H. 2007. Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. *Bioresour. Technol.* 98: 2282-2300.
- Oluwabiyi, C. T., J. Zhao, H. Jiao, X. Wang, and H. Lin. 2022. Dietary protein levels during the pullet phase (8–18 week) influence the mortality during laying stage. *J. Appl. Poultry Res.* 31: 100223.
- Ospina-Rojas, I. C., A. E. Murakami, C. R. A. Duarte, C. Eyng, C.A.L. Oliveira, and V. Janeiro. 2014. Valine, isoleucine, arginine and glycine supplementation of low-protein diets for broiler chickens during the starter and grower phases. *Br. Poult. Sci.* 55: 766-773.
- Patterson, P. 2001. Using dietary and management strategies to reduce the nutrient excretion of poultry. The Pennsylvania State University 32. USA
- Statistical Analysis System. 2000. Version 8.01. Statistical Analysis Institute, Inc., Cary, N.C. USA.
- Tamminga, S. 1992. Gaseous pollutants produced by farm animal enterprises. Effect of farm animals on the human environment . C.A.B. International, Wallingford, UK, pp. 345-356.
- Veldkamp, T., P. M. Hocking, and L. J. Vinco. 2017. Effect of crude protein concentration and dietary electrolyte balance on litter quality, foot pad dermatitis, growth performance and processing yields in two medium heavy turkey hybrids. *Br. Poult. Sci.* 58: 557-568.

Evaluation of low crude protein diets on the growth performance and greenhouse gas emissions of crossbred native chickens during the late rearing period ⁽¹⁾

Yen-Ling Lee ⁽²⁾⁽⁴⁾ Ching-Chi Hung ⁽³⁾ Pei-Jun Huang ⁽²⁾
Liang-Yuan Wei ⁽²⁾ and Chin-Wei Chang ⁽²⁾

Received: Jun. 13, 2025; Accepted: Aug. 22, 2025

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of low crude protein (CP) diets on the growth performance and greenhouse gas emissions of crossbred native chickens during the late rearing period. A total of 180 twelve-week-old crossbred native chickens were selected and divided by sex into control (CP = 15%) and experimental (CP = 13%) groups. Diets were comprised of maize and soy meal, and formulated with equal metabolizable energy. The experimental diet was supplemented with essential amino acids to compensate for the reduced CP content in conformance with nutrition compositions specified in the native chicken manual. Chickens were fed and watered ad libitum from 12 to 20 weeks of age. Body weight, feed intake, feed conversion ratio (FCR), and fecal composition were recorded, with estimation of nitrous oxide (N₂O) emissions. Results indicated that reducing dietary CP by 2% did not significantly affect market body weight at 20 weeks. Results showed that reducing 2% crude protein in feeds did not affect the market weight of native chickens at 20 weeks while the male chickens showed a significantly improved FCR ($P < 0.05$). The female chickens did not show significant difference in the average daily food intake and weight change, in spite of the slightly light weight. In the low CP group, nitrogen content in the excreta of male and female chickens decreased by 4.7 and 5.2%, respectively, compared to the control group. Moisture content was also down by 3.5% in males and 3.0% in females, indicating that reducing dietary CP levels can enhance nitrogen utilization efficiency and improve litter moisture conditions. Reducing dietary CP from 15 to 13% resulted in a 23.7% reduction in N₂O emissions during composting of manure from female native chickens. During the late rearing period, N₂O emissions were estimated to be reduced by 0.013 g and 0.22 g for each male and female chickens, respectively—equivalent to 0.0036 kg and 0.060 kg of CO₂-equivalent (CO₂e). In conclusion, a 2% reduction in dietary CP, with appropriate amino acid supplementation, can maintain growth performance in native chickens, improve feed efficiency, and reduce nitrogen excretion and greenhouse gas emissions. These findings demonstrate practical applicability and policy relevance, providing a scientific basis for promoting low-carbon livestock production and updating national feed standards in Taiwan.

Key words: Native chicken, Low crude protein diet, Growth performance and Nitrogen emissions.

(1) Contribution No. 2838 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Eastern Reigion Branch, MOA-TLRI, Ilan 268, Taiwan, R. O. C.

(3) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, Tainan, 712, Taiwan, R. O. C.

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