

以飼糧調控降低豬隻氮排泄量⁽¹⁾

蘇天明⁽²⁾⁽⁵⁾ 劉士銘⁽²⁾ 翁義翔⁽²⁾ 蕭庭訓⁽²⁾ 李恒夫⁽³⁾ 郭猛德⁽⁴⁾

收件日期：101 年 6 月 30 日；接受日期：101 年 9 月 26 日

摘要

本研究旨在探討飼餵低粗蛋白質並添加必需胺基酸 (essential amino acid, EAA) 飼糧，對生長肥育豬生長性能、氮排泄量及屠體性狀之影響。調製以玉米—大豆粕為主要原料，消化能均為 3,400 kcal/kg，粗蛋白質 (CP) 含量分別為 18% (CP 18%)、16% + 必需胺基酸 (CP 16% + EAA)、14% (CP 14%) 和 12% + 必需胺基酸 (CP 12% + EAA) 等 4 種基礎飼糧。使用平均體重 41.7 kg 的 LYD 雜交肉豬 48 頭，閹公豬和肉女豬各半數。豬隻逢機分置在 4 種飼糧處理組，A 組為高蛋白質飼糧處理組，在豬隻生長期 (試驗開始至體重 70 kg) 和肥育期 (體重 70 - 110 kg) 分別飼餵 CP 18% 和 CP 14% 飼糧，B 組為低蛋白質飼糧處理組，生長期和肥育期分別提供 CP 16% 和 CP 12%，並補充胺基酸使與高蛋白質飼糧相同含量；C 組和 D 組豬隻在試驗第一週分別飼餵 CP 18% 和 CP 16% + EAA 飼糧，第二週開始每週分別以 CP 14% 和 CP 12% + EAA 飼糧調降粗蛋白質含量 0.28%。每欄飼養豬隻 1 頭，每處理 12 欄。試驗期間飼糧任飼、飲用水充分供應，並依照原料價格估算飼糧成本。在豬隻平均體重 55 和 90 kg 時，採集全部豬隻血液後，各處理組選取 4 頭閹公豬進行代謝試驗。生長試驗結束後各處理組逢機選取 6 頭，閹公豬和肉女豬各半，收集屠體性狀資料。結果顯示，除了肥育期 D 組豬隻的日增重和飼料效率顯著地較 A 組和 C 組為大外，在試驗期間的生長性能和血清的總蛋白質濃度，各處理組間差異皆無顯著。D 組豬隻在試驗期間的飼糧成本顯著地 ($P < 0.05$) 較 C 組低約 9.28%。A 組豬隻生長期和肥育期血中尿素氮的濃度分別顯著地較 B、C、D 組和 B、D 組為高。A 組和 C 組豬隻的屠體長度較 B 組顯著為長，D 組豬隻的屠宰率 ($P < 0.05$) 較 A 組為高，而屠宰日齡、活體重、屠體重、瘦肉率及脂肪率各處理組間無顯著差異。各組豬隻生長期氮的每日平均攝取量差異無顯著，A 組和 C 組豬隻在肥育期氮的每日平均攝取量則顯著地較 B 組為高。試驗結果顯示，以低粗蛋白質另補充 EAA 的飼糧飼餵生長肥育豬，對豬隻生長性能沒有顯著影響，並可節省飼糧成本。

關鍵詞：屠體性狀、飼糧調控、生長肥育豬、生長性能、氮排泄量

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1787號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所經營組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(4) 已退休，前行政院農業委員會畜產試驗所經營組。

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

緒言

蛋白質是動物生長所需之重要營養素。目前國內豬隻飼糧大多以玉米—大豆粕為主要原料，在蛋白質的供應方面，大多以飼糧的粗蛋白質（crude protein, CP）含量估算，致胺基酸不平衡而無法被豬隻充分利用；業者為確保蛋白質足供動物所需，而提供超出營養需求的飼糧，直接造成飼養成本提高和營養分的浪費。再者，未被利用的蛋白質藉由糞尿排泄，衍生後續之環境污染與河川水質優養化等環保問題。Yen *et al.* (2004) 使用離胺酸（lysine）和羥丁胺酸（threonine）調整飼糧成分餵飼體重 91.0 kg 的豬隻，測得氮表面消化率和表面滯留率分別為 86.9% 和 41.9%，而 Pettey *et al.* (2002) 以未額外添加必需胺基酸的飼糧餵飼體重 93 kg 的豬隻，測得氮表面消化率為 80.8%，顯示飼糧中添加必需胺基酸有助於提高氮的利用效率。Kerr *et al.* (1995) 以高 CP 含量（HCP；19%、16% 和 14%）、低 CP 含量（LCP 15%、12% 和 11%）和在低 CP 含量飼糧中添加離胺酸、色胺酸（tryptophan）和羥丁胺酸，使飼糧的離胺酸、色胺酸和羥丁胺酸含量與 HCP 飼糧相同（LCP+AA）之 3 種飼糧，分別餵飼保育期（平均體重 8.6–21.1 kg）、生長期（平均體重 21.1–55.2 kg）和肥育期（平均體重 55.2–92.6 kg）豬隻，結果 HCP 和 LCP+AA 組豬隻在生長期和肥育期的隻日採食量（average daily feed intake, ADFI）、日增重（average daily gain, ADG）及飼料效率（gain/feed, G/F）差異皆無顯著，而 LCP+AA 組豬隻的背脂厚度較 HCP 組顯著為厚，屠宰率較 HCP 組為高（ $P < 0.05$ ）。Portejoie *et al.* (2004) 以 CP 20%、16% 及 12% 的飼糧餵飼平均體重 52.8–54.5 kg 的豬隻，結果 CP 20% 組糞尿中氮的濃度以及氮的總排泄量皆顯著地較餵飼 CP 12% 飼糧組豬隻為高。國內肉豬大多僅區分生長期和肥育期兩種飼糧，Gu *et al.* (1992) 指出，生長期豬隻以骨骼和瘦肉生長為主，因此氮的消化率較高，以因應瘦肉生長之所需，而 NRC (1998) 和台灣地區飼養標準-豬 (1990) 皆隨著豬隻體重調降飼糧 CP 含量，倘若以生長期和肥育期兩種飼糧依不同比例漸進式的調降飼糧 CP 含量，可能有助於氮的減量排放。因此，本試驗分別提供生長期和肥育期豬隻高蛋白質飼糧及低蛋白質並補充必需胺基酸飼糧，以及以生長期高蛋白質飼糧及低蛋白質飼糧依比例與肥育期飼糧混合，漸進地調降飼糧粗蛋白質含量餵飼生長肥育期豬隻，探討對豬隻生長性能和屠體性狀之影響，以及降低氮排泄量之效果。

材料與方法

I. 試驗飼糧調製

- (i) 以玉米—大豆粕為主要原料，調製消化能含量皆為 3,400 kcal/kg，粗蛋白質含量分別為 18%、CP 14%、CP 16%+EAA（CP 16%加必需胺基酸）和 CP 12%+EAA（CP 12%加必需胺基酸），CP 16%+EAA 和 CP 12%+EAA 並以合成胺基酸補充，使離胺酸、甲硫胺酸和羥丁胺酸含量分別與 CP 18% 和 CP 14% 相同的 4 種基礎飼糧（表 1）。
- (ii) 依照畜產試驗所 2010 年 5 月份的飼料原料價格，及離胺酸（含 L-Lysine 51%；希杰（聊城）生物科技公司，中國山東）、甲硫胺酸（含 DL-Methionine 99%；Adisseo, Co. USA）及羥丁胺酸（含 L-Threonine 98.5%；國光生化科技公司，中國浙江）依購買價分別為 36、200 及 97 元/kg，再另加 1.5 元加工成本估算飼糧價格，結果示於表 1。

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Items	Price ^a , NTD/kg	CP 18%	CP 16% + EAA	CP14%	CP 12% + EAA
Ingredients, %					
Yellow corn, CP 7.5%	8.26	64.95	68.13	71.25	76.50
Soybean meal, CP 43.5%	13.14	25.00	24.20	17.50	12.20
Fish meal, CP 60%	42.52	3.00	—	—	—
Molasses	6.20	3.00	3.00	3.00	3.00
Wheat bran	6.17	—	—	4.00	4.00
Soybean oil	41.00	1.30	1.30	1.50	1.20
Limestone	1.94	0.70	0.80	0.70	0.70
Dicalcium phosphate, pulverized	16.95	1.30	1.40	1.30	1.30
Choline chloride (50%)	32.90	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	3.00	0.40	0.40	0.40	0.40
Vitamin premix ^b	165.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ^c	27.00	0.15	0.15	0.15	0.15
L-Lysine, 51%	36.00	—	0.26	—	0.22
DL- Methionine, 99%	200.00	—	0.06	—	0.03
L-Threonine, 98.5%	97.00	—	0.10	—	0.10
Total		100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated value					
Digestible energy, kcal/kg		3,414	3,417	3,422	3,402
Crude protein, %		18.08	16.08	14.02	12.08
Ca, %		0.79	0.73	0.69	0.67
P, %		0.66	0.61	0.56	0.54
Cost, NTD/kg		12.63	11.74	11.22	11.07

^a Values were estimated on May 2010.^b Vitamin premix provided per kilogram of diet as following: Vitamin A, 6000 IU; Vitamin D₃, 800 IU; Vitamin B₁₂, 0.02 mg; Vitamin E, 20 IU; Vitamin K₃, 4 mg ; Vitamin B₁, 4 mg; Pantothenic acid, 16 mg; Niacin, 30 mg; Pyridoxine, 1mg; Folic acid, 0.5 mg; Biotin, 0.1 mg.^c Mineral premix provided per kilogram of diet as following: Fe (FeSO₄·7H₂O), 140 mg; Cu (CuSO₄·5H₂O), 7 mg; Mn (MnSO₄), 20 mg; Zn (ZnO), 70 mg; I (KI), 0.45 mg.

II. 試驗動物及處理

- (i) 使用平均體重 41.7 ± 3.6 kg，116.2 ± 6.5 日齡的 LYD 雜交肉豬 48 頭，逢機分置於 A、B、C 及 D 等 4 個處理組，每組閹公豬和肉女豬各 6 頭。A 組為高蛋白飼糧處理組，在生長期（試驗開始至體重 70 kg）和肥育期（體重 70 – 110 kg）分別餵飼 CP 18% 和 CP 14% 飼糧；B 組為低蛋白質飼

糧處理組，在生長期和肥育期分別提供 CP 16%+EAA 和 CP 12%+EAA 飼糧；C 組和 D 組豬隻以 A 組和 B 組飼糧漸進調降粗蛋白質含量，在試驗第一週分別餵飼 CP 18%和 CP 16%+EAA 飼糧，第二週開始每週分別以 CP 14%和 CP 12%+EAA 飼糧調降粗蛋白質含量 0.28%。

- (ii) 生長試驗 2010 年 5 - 8 月於畜產試驗所產業組豬場內進行，豬隻個別飼養，每欄 (3.1 m × 1.3 m) 1 頭，每處理有 12 欄。試驗期間飼糧任飼、飲用水充分供應。動物之使用、飼養及實驗內容，通過畜試所「動物實驗管理小組」審查。

III. 調查項目

(i) 生長性能

豬隻在試驗開始磅重後，每 2 週磅重 1 次；體重達 90 kg 後，每週磅重 1 次，記錄飼糧採食量，計算隻日採食量 (average daily feed intake, ADFI)、日增重 (average daily gain, ADG) 及飼料效率 (gain/feed, G/F)。

(ii) 血液性狀

生長期和肥育期分別在豬隻平均體重 55 和 90 kg 時，每頭從頸靜脈採集血液 10 mL，靜置 2 小時後置入離心機 (Centronix C1236-V)，以 3,000 rpm 轉速、離心 30 分鐘後，凍存於 -20°C 冷凍庫備檢。

(iii) 代謝試驗

豬隻在血液樣品採集後，每處理的閹公豬先磅重，生長期試驗選取與平均體重相近之閹公豬 4 頭置於代謝架，肥育期則使用與生長期相同的豬隻。每天上、下午各餵飼 1 次，提供與同組豬隻相同之飼糧任食，於隔餐餵飼前清除剩餘料並磅重，以記錄採食量。豬隻上架經 4 天適應期後，參照蘇等 (2010) 的方法，第 5 - 7 天在飼糧中分別添加 0.6% 的 Cr_2O_3 ，集尿桶中加入 40 mL、6 N 之 HCl，以全糞尿收集法收集綠色糞便及尿液，糞便收集後立即秤重，尿液以 1,000 mL 的量筒測量容積，記錄排尿量後，糞便及尿液皆凍存。收集第 5 - 7 天的尿液，糞便收集到綠色糞便全部排出，豬隻於第 10 天磅重後下架。

(iv) 屠體性狀測定

生長試驗結束後，逢機擇取豬隻 24 頭，每處理 6 頭，閹公豬和肉女豬各 3 頭，分 3 批送往屠宰，依照蘇等 (2005) 參考台灣區肉品發展基金會 (1988) 之方法，測定屠體性狀。豬隻屠宰前磅活體重，經屠宰、放血及去內臟後磅屠體重，量測屠體長度 (第 1 肋骨至最後腰椎)、左側屠體背脂厚度 (去皮後，量測第 1 肋骨、最後肋骨及最後腰椎處)，磅取瘦肉、脂肪及骨骼之重量。瘦肉率 = (左側屠體瘦肉重 × 2) / 屠體重 × 100；脂肪率 = (左側屠體脂肪重 × 2) / 屠體重 × 100。屠宰翌日取回左側屠體第 10 - 11 肋骨之間的背最長肌 (*longissimus dorsi* muscle) 樣品。

IV. 樣品採集與分析

- (i) 飼糧：採集每週調製之飼糧，依照 AOAC (1990) 所述方法，分析水分、灰分、氮、磷、鈣、銅、鋅、鐵、錳及鎂的含量。
- (ii) 糞便及尿液：依照 AOAC (1990) 所述方法，分析糞便的水分，以及糞便和尿液的氮和磷含量。糞便收集完成後先予解凍，經充分混合後立即秤重，以了解含水率變化；採集 100 g 的糞便樣品置於熱風循環烘箱 (DV 1202, Channel) 以 $55 \pm 1^\circ\text{C}$ 烘 48 小時，再取 3 g 經第一階段烘乾之糞便秤重後，以 $105 \pm 1^\circ\text{C}$ 烘約 6 小時至樣品恆重後秤重，分析水分含量。烘乾的糞便樣品經灰化、酸解，尿液則經酸解後分析氮和磷含量。
- (iii) 血液：以血液生化分析儀 (Hitachi 7150, Japan)，配合 Roche 公司之商業套組，分析血清中總蛋白質 (total protein, TP) 及尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN) 含量。
- (iv) 背最長肌：參考 Means *et al.* (1987) 的方法，以色差計 (Color reader, Minolta Co., Ltd., Japan)，測

定背最長肌表面之亮度值 (L 值)、紅色值 (a 值) 和黃色值 (b 值)，每樣品重複 2 次，每重複測定不同的 3 點，取其平均值。

- (v) 豬隻氮和磷的表面消化率 (apparent digestibility) 和表面滯留率 (apparent retained)：參照 McDonald *et al.* (2002) 所述公式計算：

$$(一) \text{氮 (磷) 表面消化率 (\%)} = \frac{\text{氮 (磷) 攝取量} - \text{糞便氮 (磷) 總排出量}}{\text{氮 (磷) 攝取量}} \times 100$$

$$(二) \text{氮 (磷) 表面滯留率 (\%)} = \frac{\text{氮 (磷) 攝取量} - \text{糞與尿氮 (磷) 總排出量}}{\text{氮 (磷) 攝取量}} \times 100$$

V. 統計分析

以每頭豬為試驗單位，利用 SAS 統計分析套裝軟體的一般線性模式程序 (General linear model procedure) 進行變方分析 (SAS, 2002)，估計各處理組的最小均方平均值及標準機差，再以鄧肯新多域顯著性測驗法 (Duncan's New Multiple Range Test)，比較各處理間的差異顯著性。

結果與討論

本試驗在豬隻生長期和肥育期分別調製 5 次和 9 次的 C 組和 D 組飼糧，同時採集各組飼糧樣品進行化學成分分析，結果示於表 2。生長期各組飼糧的乾物質、灰分、銅、鐵、鈣和鎂的含量皆相近，鋅、錳及磷的含量分別在 105 - 110、30 - 40 mg/kg 及 0.69 - 0.78% 之間，而肥育期飼糧的乾物質、鎂和氮的含量皆相近。生長期和肥育期飼糧氮含量分別在 2.57 - 2.91% 和 1.95 - 2.43% 間，估算其 CP 含量 (總氮 \times 6.25) 約為 16.06 - 18.19% 和 12.18 - 15.19%。飼糧實際的 CP 含量與試驗設計的趨勢相同而較估計值稍高，可能是由於估算飼糧組成時，原料 CP 估算值較實際含量為低所致。

餵飼不同 CP 含量飼糧對豬隻生長性能及飼糧成本之影響，如表 3 所示。豬隻在試驗開始、生長期結束和肥育期結束時的日齡、體重及試驗期間各組的 ADFI，差異皆無顯著，D 組豬隻在肥育期的 ADG 和 G/F 顯著地 ($P < 0.05$) 較 A 組和 C 組為高，B 組的 ADG 也有較 A 組和 C 組為高 ($P < 0.1$) 的趨勢。Kerr *et al.* (1995) 指出，餵飼生長期 (體重 21.1 - 55.2 kg) 和肥育期 (55.2 - 92.6 kg) 豬隻高 CP 含量 (16% 和 12%) 的飼糧，與生長期和肥育期分別餵飼降低 CP 含量 4% 和 3% 並補充必需胺基酸 (essential amino acid, EAA) 組豬隻的生長性能無顯著差異。就試驗全期而言，不論 ADG、ADFI 及 G/F，各處理組間皆相近，與 Kerr *et al.* (1995) 研究結果相似。考量台灣地區高溫多濕氣候，豬隻的 ADFI 較低，在必須提供豬隻生長足夠蛋白質的前提下，本試驗使用的高蛋白飼糧處理組與低蛋白飼糧處理組間 CP 含量僅相差 2%，再以合成胺基酸補充飼糧的必需胺基酸，使低蛋白質飼糧處理組的飼糧中離胺酸、甲硫胺酸及羥丁胺酸含量與高蛋白飼糧處理組相同，且在試驗結束時 C 組豬隻採食與 A 組相同之肥育期飼糧 (CP 14%)，D 組則餵飼與 B 組相同的飼糧 (CP 12% + EAA)，於是參考 NRC (1998) 及台灣地區飼養標準—豬 (1990)，估算生長期和肥育期豬隻的 ADFI 和 ADG，而決定 C 組和 D 組豬隻每週飼糧調製時的 CP 調降量為 0.28%。結果生長期和肥育期實際的平均採食量皆較預估量稍低，各處理組豬隻在 200 - 210 日齡時平均體重皆達 110 kg，較試驗設計預估的 200 日齡為高，而試驗結束時提供 C 組和 D 組豬隻的飼糧中尚含有 2% 的 A 組和 B 組生長期飼糧，CP 含量約較 A 組 (CP 14%) 和 B 組 (CP 12% + EAA) 飼糧高出 0.08%。在飼糧成本方面，高蛋白飼糧處理組 (A 組) 豬隻生長期的飼糧成本顯著地 ($P < 0.05$) 較低蛋白飼糧處理組 (B 組) 為高，肥育期和試驗全期各組豬隻的總飼糧成本相近，生長期、肥育期和試驗全期豬隻每公斤增重所需的飼糧費用 A 組和 B 組間差異無顯著。以

高蛋白質飼糧漸進調降 CP 含量的 C 組，在肥育期和試驗全期每公斤增重所需的飼糧費用分別為 40.71 元和 37.52 元，顯著地 ($P < 0.05$) 較以低蛋白質飼糧漸進調降 CP 含量的 D 組高出約 14.39% 和 10.22%。

表 2. 試驗飼糧化學成分分析值

Table 2. The analyzed value of experimental diets

Items	Grower period (n = 5)				Finisher period (n = 9)			
	Group A	Group B	Group C	Group D	Group A	Group B	Group C	Group D
Moisture, %	11.04	11.10	10.81	10.79	9.64	10.20	9.39	9.65
Dry matter, %	88.96	88.90	89.19	89.21	90.36	89.80	90.61	90.35
Ash, %	5.64	4.92	5.59	5.17	5.05	4.56	5.02	4.55
Cu, mg/kg	12	10	11	11	11	8	11	9
Zn, mg/kg	109	110	107	105	116	101	112	109
Fe, mg/kg	366	248	245	213	436	264	364	294
Mn, mg/kg	40	30	37	30	40	30	34	29
Ca, %	0.88	0.81	0.90	0.82	0.89	0.79	0.89	0.86
Mg, %	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.18	0.20	0.19
N, %	2.91	2.67	2.72	2.57	2.27	1.95	2.43	2.10
P, %	0.79	0.69	0.78	0.70	0.71	0.63	0.73	0.64

表 3. 飼餉不同粗蛋白質含量飼糧對豬隻生長性能、飼糧成本及血液性狀之影響

Table 3. Effect of dietary crude protein content on growth performance, dietary cost and serum trait of pigs

Items	Group A *	Group B	Group C	Group D	SE
No. of pigs	12	12	12	12	
Initial					
Age, day	118.3	116.1	116.1	114.4	2.8
BW, kg	42.8	41.1	41.1	42.0	1.9
Grower period					
Age, day	153.3	151.1	151.1	149.4	2.8
BW ¹ , kg	72.8	68.2	69.0	69.1	2.3
ADG ¹ , kg	0.86	0.77	0.80	0.78	0.04
ADFI ¹ , kg	2.24	2.09	2.11	2.10	0.06
G/F ¹	0.38	0.37	0.38	0.37	0.01
Feed cost, NTD/head	989 ^a	857 ^b	913 ^{ab}	855 ^b	27
Feed cost/gain, NTD/kg	33.60	31.86	33.16	31.83	1.04
TP ¹ , g/dL	7.31	7.14	7.02	7.24	0.13
BUN ¹ , mg/dL	15.04 ^a	11.17 ^b	11.38 ^b	9.58 ^b	0.85
Finisher period					
Age, day	205.1	205.7	209.3	201.7	4.2
BW, kg	111.6	111.6	111.8	111.8	0.6
ADG, kg	0.75 ^b	0.80 ^{ab}	0.74 ^b	0.83 ^a	0.02
ADFI, kg	2.73	2.78	2.68	2.69	0.07
G/F	0.27 ^b	0.29 ^{ab}	0.28 ^b	0.31 ^a	0.01
Feed cost, NTD/head	1,524	1,631	1,731	1,523	97
Feed cost/gain, NTD/kg	39.85 ^a	37.52 ^{ab}	40.71 ^a	35.59 ^b	1.26
TP, g/dL	6.88	6.86	6.98	7.05	0.11
BUN, mg/dL	12.29 ^a	8.81 ^b	11.29 ^a	8.78 ^b	0.57
Overall period					
ADG, kg	0.79	0.79	0.76	0.81	0.02
ADFI, kg	2.53	2.51	2.46	2.45	0.05
G/F	0.31	0.32	0.31	0.33	0.01
Feed cost, NTD/head	2,512	2,487	2,645	2,378	90
Feed cost/gain, NTD/kg	36.64 ^{ab}	35.28 ^{ab}	37.52 ^a	34.04 ^b	1.00

* The pigs of groups A and B fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA in growing period and fed with the diet of CP 14% and 12% + EAA in finishing period, respectively. Groups C and D fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA on the first week then subsequently weekly reduced CP 0.28% with the diet of CP 14% and 12% + EAA throughout the experimental period, respectively.

¹ BW: body weight; ADG: average daily gain; ADFI: average daily feed intake; G/F: gain/feed. TP: total protein; BUN: blood urea nitrogen.

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

在豬隻平均體重 55 kg 及 90 kg 時，分別進行生長期和肥育期代謝試驗，試驗前採集全部參試豬隻血液，分析血液性狀（表 3）。結果不論生長期或肥育期，各處理組豬隻血清的總蛋白質（TP）及血中尿素氮（BUN）的濃度分別介於 6.86 – 7.31 g/dL 及 8.78 – 15.04 mg/dL 間，與白等（1996）指出，豬隻 TP 及 BUN 的正常值分別介於 6.0 – 8.0 g/dL 及 6 – 30 mg/dL 間的結果相符。當動物營養不良時會造成 TP 濃度下降，而脫水或體液過度損耗則會提高 TP 濃度（白等，1996），顯示在豬隻正常的採食情況下，各組飼糧蛋白質含量皆足供其營養所需。A 組豬隻生長期的 BUN 濃度較 C 組為高（ $P < 0.05$ ），而不論生長期或肥育期其 BUN 濃度皆顯著地高於 B 組和 D 組。BUN 是體內蛋白質分解及胺基酸合成時產生，為血液循環非蛋白態氮的終產物，因此豬隻攝食的蛋白質超出需求或胺基酸不平衡時，BUN 的濃度相對提高（白等，1996）。A 組豬隻生長期 BUN 濃度顯著地較其他三組為高，與 Gómez *et al.*（2002）指出，提供豬隻較高 CP 含量飼糧其 BUN 濃度較餵飼低 CP+AA 飼糧組為高之結果一致。

豬隻生長期和肥育期代謝試驗期間之生長性能及糞尿排泄量，如表 4 所示。各組豬隻生長期和肥育期的糞便排泄量分別介於 691 – 811 g/d 和 919 – 1,083 g/d，尿液排泄量在 4,438 – 5,622 mL/d 和 3,822 – 5,739 mL/d 間，而糞便含水率介於 64 – 69% 和 61 – 67%，除了 C 組豬隻在肥育期糞便乾物質的氮含量顯著高於 B 組外，各組間差異皆無顯著。蘇等（2009）調查體重 50 kg 和 100 kg 豬隻的糞便排泄量、尿液排泄量與糞便含水率分別為 816 和 980 g/d、2,577 和 2,975 mL/d 與 76.58% 和 67.69%。台灣省畜產試驗所（1993）以體重 100 kg 豬隻的糞尿排泄量作為規劃廢水處理場之基準，而糞便排泄量以每日每頭約 1.7 kg 估算，較本試驗肥育期豬隻每日平均糞便排泄量僅約 1 kg 明顯為多，而尿液排泄量以 3.3 L/d 估算，則較本試驗結果（約 4.6 L/d）為少。本試驗生長期豬隻糞和尿總排泄量約 5.7 kg，與 Paul（1992）指出，豬隻每日的糞、尿排泄量可以體重的 10% 估算之結論相近，但肥育期豬隻糞、尿總量僅約 5.6 kg，明顯較 Paul（1992）估算為少，但與 Yen *et al.*（2004）的研究，體重 90 kg 的豬隻其每日糞尿排泄量為 5,872 g 之結果相近。洪（1998）指出，豬隻糞便排泄量之多寡與飼糧組成、品質和餵飼方式均有關，季節不同、飲水量互異，尿液排泄量也會有所不同。

生長期各組豬隻糞便氮和磷的濃度各組間差異皆無顯著，肥育期除了 C 組豬隻糞便的氮濃度顯著高於 B 組外，不論生長期或肥育期尿液中的氮、磷濃度，各組間差異皆無顯著（表 4）。就氮、磷攝取與排泄量而言（表 5），在生長期豬隻每日氮攝取量、糞便氮排泄量及其表面消化率，各組間差異皆無顯著，A 組豬隻尿液氮排泄量有較 D 組為高的趨勢（ $P < 0.1$ ），致使 A 組氮的總排泄量亦較 D 組為高，而每日平均滯留量和表面滯留率較 D 組為低，惟差異皆未達顯著水準，此與同處理組豬隻間氮的滯留量和滯留率變異較大有關。在磷的方面，生長期豬隻每日磷攝取量、磷的排泄量、表面消化率及表面滯留率，各組間差異皆無顯著。肥育期 A 組和 C 組豬隻的每日氮攝取量顯著地（ $P < 0.05$ ）較 B 組為高，A 組和 B 組的每日磷攝取量顯著地（ $P < 0.05$ ）較 C 組和 D 組為高，而糞便和尿液氮和磷的排泄量、表面消化率及表面滯留率，各組間差異皆無顯著。

表 4. 飼料不同粗蛋白質含量飼糧對豬隻糞尿排泄量之影響（代謝試驗）

Table 4. Effect of dietary crude protein content on feces and urine excretion of pigs (metabolism trial)

Items	Grower period					Finisher period				
	Group A *	Group B	Group C	Group D	SE	Group A	Group B	Group C	Group D	SE
No. of pigs	4	4	4	4		4	4	4	4	
IBW ² , kg	52.6	54.0	52.8	54.3	1.6	91.3	93.1	89.9	92.5	1.4
FBW, kg	58.0	62.5	60.5	61.1	1.8	95.4	96.9	95.2	98.7	1.6
ADFI ³ , kg	1.59	1.75	1.70	1.70	0.07	2.46	2.41	2.25	2.40	0.10
Feces										
Excretion, g/d	716	811	691	687	72	943	1,083	981	919	70
Moisture, %	66.21	64.55	68.20	65.62	1.40	62.83	66.32	63.54	61.98	1.42
Excretion ³ , g/d	243	288	218	235	25	349	365	358	354	31
N ³ , %	3.45	3.56	3.64	3.45	0.06	3.33 ^{ab}	3.12 ^b	3.41 ^a	3.19 ^{ab}	0.08
P ³ , %	2.54	2.56	2.63	2.49	0.15	2.83	2.34	2.60	2.45	0.16
Urine										
Excretion, mL/d	4,912	5,622	4,673	4,438	881	5,739	3,822	5,028	3,964	1,235
N, mg/L	4,906	3,520	4,458	4,124	977	4,249	4,246	4,092	5,263	1,257
P, %	0.29	0.07	0.22	0.14	0.08	0.13	0.22	0.16	0.26	0.05

*The pigs of groups A and B fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA in growing period and fed with the diet of CP 14% and 12% + EAA in finishing period, respectively. Groups C and D fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA on the first week then subsequently weekly reduced CP 0.28% with the diet of CP 14% and 12% + EAA throughout the experimental period, respectively.

² IBW: initial body weight; FBW: final body weight; ADG: average daily gain; ADFI: average daily feed intake; G/F: gain/feed.

³ dry matter basis.

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

表 5. 飼料不同粗蛋白質含量飼糧對豬隻氮磷攝取與排泄量之影響（代謝試驗）
Table 5. Effect of dietary crude protein content on nitrogen and phosphorus intake and excretion of pigs (metabolism trial)

Items	Grower period					Finisher period				
	Group A *	Group B	Group C	Group D	SE	Group A	Group B	Group C	Group D	SE
No. of pigs	4	4	4	4		4	4	4	4	
Nitrogen										
Intake, g/d	46.23	46.59	46.13	43.64	2.00	55.84 ^a	46.88 ^b	54.64 ^a	50.45 ^{ab}	2.09
Feces, g/d	8.43	10.22	7.93	8.14	0.92	11.60	11.39	12.14	11.38	1.05
Apparent digestibility, %	81.58	77.96	82.94	81.34	2.15	79.15	75.77	77.79	77.20	2.14
Urine, g/d	22.90	19.10	18.45	14.96	3.26	20.17	14.32	16.54	15.80	1.87
Total excretion, g/d	31.32	29.32	26.38	23.09	3.44	31.77	25.71	28.69	27.17	2.00
Retained, g/d	14.91	17.27	19.75	20.55	2.66	24.08	21.17	25.96	23.28	2.29
Apparent retained, %	32.57	37.09	43.65	46.96	6.25	43.18	45.23	47.38	45.77	3.66
Phosphorus										
Intake, g/d	12.55	12.04	13.23	11.88	0.55	17.47 ^a	17.55 ^a	14.17 ^b	15.38 ^b	0.65
Feces, g/d	6.12	7.43	5.62	5.87	0.73	9.86	8.50	9.36	8.70	1.02
Apparent digestibility, %	50.83	37.87	57.65	50.73	6.17	43.29	51.52	34.03	42.09	7.68
Urine, mg/d	1.33	0.43	0.99	0.48	0.40	0.69	0.73	0.62	0.87	0.14
Total excretion, g/d	7.45	7.85	6.61	6.34	0.86	10.55	9.23	9.98	9.57	1.04
Retained, g/d	5.10	4.19	6.62	5.54	1.02	6.92	8.32	4.19	5.81	1.27
Apparent retained, %	39.19	34.36	50.45	46.71	7.41	39.40	47.31	29.60	36.41	7.91

* The pigs of groups A and B fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA in growing period and fed with the diet of CP 14% and 12% + EAA in finishing period, respectively. Groups C and D fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA on the first week then subsequently weekly reduced CP 0.28% with the diet of CP 14% and 12% + EAA throughout the experimental period, respectively.

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

各組豬隻生長期和肥育期氮的表面消化率分別介於 77 – 83% 和 75 – 78% 間，生長期氮的表面消化率明顯較肥育期為高（表 5）。Gu *et al.* (1992) 指出，生長期豬隻以骨骼和瘦肉生長為主，因此氮的消化率較高，以因應瘦肉生長之所需。本試驗生長期和肥育期代謝試驗在豬隻平均體重 52 – 54 kg 和 90 – 93 kg 時分別進行，其生長期氮的表面消化率較 Shriver *et al.* (2003) 以體重 36.3 kg 的豬隻所測得的 89.6%，和蘇等 (2009) 以體重 50 kg 的豬隻所測得的 84.84% 皆為低，肥育期氮的表面消化率也較蘇等 (2009) 以體重 100 kg 的豬隻所測得的 85.19%，以及 Pettey *et al.* (2002) 以體重 93 kg 的豬隻氮的表面消化率為 80.8% 為低。本試驗生長期豬隻氮的表面滯留率為 32.57 – 46.96%，明顯地較 Shriver *et al.* (2003) 的 60.8% 低，而肥育期氮的表面滯留率 43.18 – 47.38%，則較 Yen *et al.* (2004) 的 41.9% 為高。在磷的消化率方面，Pomar *et al.* (2008) 收集三種不同體重 (24.0、41.7 及 61.0) 豬隻糞尿，測得磷的平均表面滯留率為 48.0%。Pettey *et al.* (2002) 研究發現，體重 93 kg 的豬隻其磷的表面消化率為 45.7%，蘇等 (2009) 以體重 50 kg 和 100 kg 的豬隻測得磷的表面滯留率分別為 42.68% 和 34.08%，與本試驗測得生長期和肥育期豬隻磷的表面滯留率分別介於 34.36 – 50.45% 和 29.60 – 47.31% 間之結果相近。

表 6. 飼料不同粗蛋白質含量飼糧對豬隻屠體性狀及背最長肌肉色之影響

Table 6. Effect of dietary crude protein content on carcass characteristics and meat color of *longissimus dorsi* muscle of pigs

Items	Group A *	Group B	Group C	Group D	SE
No. of pigs	6	6	6	6	
Carcass					
Slaughter age, day	198.0	202.5	203.2	193.8	3.5
Slaughter weight, kg	112.3	110.3	109.5	110.8	1.1
Carcass weight, kg	89.3	89.4	89.5	91.7	1.2
Carcass length, cm	89.4 ^a	86.5 ^b	90.2 ^a	88.7 ^{ab}	0.7
Dressing percentage, %	79.47 ^b	81.03 ^{ab}	81.69 ^{ab}	82.73 ^a	0.80
Backfat thickness, mm	22.5	21.7	22.2	25.4	1.6
Percentage lean, %	51.55	52.92	50.89	51.74	1.19
Percentage fat, %	16.48	16.19	16.40	16.15	1.31
Color					
L value	54.2	53.3	55.2	55.0	1.6
a value	4.4	5.1	4.4	3.8	0.7
b value	10.7	10.2	11.1	10.9	0.5

* The pigs of groups A and B fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA in growing period and fed with the diet of CP 14% and 12% + EAA in finishing period, respectively. Groups C and D fed with the diet of CP 18% and 16% + EAA on the first week then subsequently weekly reduced CP 0.28% with the diet of CP 14% and 12% + EAA throughout the experimental period, respectively.

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

A 組和 C 組豬隻肥育期糞便乾物質氮的濃度明顯較 B 組和 D 組為高（表 4），但每日藉由消化排泄的氮量各組間顯著無差異（表 5）；各組豬隻尿液的氮濃度相近（ $P > 0.05$ ），惟經由尿液代謝的氮，不論生長期或肥育期皆以 A 組明顯較 D 組為多，與 Pomar *et al.* (2008)、Portejoie *et al.* (2004) 和 Yen *et al.* (2004) 之研究結果一致。本試驗 A 組豬隻在生長期經由尿液代謝的氮量約佔氮總排泄的 73.12%（未列於表中），較 B 組約佔 65.14% 為高，與 Portejoie *et al.* (2004) 飼予豬隻高粗蛋白質含量（CP 20%）飼糧，其氮經由尿液代謝排泄的比率（73.3%）比飼低粗蛋白質含量（CP 12%）飼糧者（58.1%）為高之結果相似，並且與 Pomar *et al.* (2008) 指出，豬隻對氮的排泄主要經由尿液代謝排出之結果一致。

生長試驗結束後，各組選取閹公豬和肉女豬各 3 頭，測定屠體性狀（表 6）。結果各組豬隻的屠宰日齡、活體重、屠體重、瘦肉率、脂肪率及骨酪率差異皆無顯著。D 組豬隻的背脂厚度較其他三組為厚（ $P < 0.1$ ），而屠宰率顯著地（ $P < 0.05$ ）較 A 組為高。Kerr *et al.* (1995) 指出，提供豬隻 HCP 飼糧其屠體背脂厚度和屠宰率皆較飼 LCP+AA 飼糧組為低。Millet *et al.* (2006) 指出，豬隻飼 CP 含量（20% vs. 14%）較低的飼糧，其屠體背脂厚度顯著較厚，Čandek-Potokar *et al.* (1998) 的研究，豬隻屠體背脂厚度較厚，其屠宰率也會隨之提高，上述結論皆與本試驗結果相似。此外，背最長肌的肉色 L、a、b 值各組間均無顯著差異，與 Millet *et al.* (2006) 研究結果一致。

結論

本試驗在豬隻生長期飼高蛋白質飼糧（A 組）其飼糧成本較飼低蛋白質飼糧者（B 組）為高。高蛋白質飼糧漸進調降粗蛋白質含量組（C 組）在豬隻肥育期和整個試驗期每公斤增重所需的飼糧費用較以低蛋白質飼糧漸進調降粗蛋白質含量（D 組）者高出 10% 以上。飼不同粗蛋白質含量飼糧對豬隻在整個試驗期的生長性能沒有顯著影響，且從豬隻血清的總蛋白質濃度判斷，各組飼糧蛋白質含量皆足供其營養所需，就豬隻血中尿素氮濃度和尿液氮排泄量而言，高蛋白質飼糧組的粗蛋白質含量尚有調降空間。提供豬隻低蛋白質漸進調降粗蛋白質含量飼糧，可節省飼糧成本及降低氮排泄量，惟必須增加飼糧的調製頻率，較適合飼料自配之豬場應用。

參考文獻

- 台灣地區飼養標準-豬。1990。台灣地區養豬標準編輯委員會。行政院農業委員會出版。
- 台灣省畜產試驗所。1993。豬糞尿處理設施工程設計、施工手冊（修訂本），台灣省畜產試驗所專輯第 21 號，台南新化。
- 台灣區肉品發展基金會。1988。台灣肉豬屠體評級手冊，台北市。
- 白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學。立宇出版社。台南市。
- 洪嘉謨。1998。跨世紀養豬排泄廢棄資源處理技術。台灣省畜產試驗所，台南新化。
- 蘇天明、劉建甫、蔡金生、廖宗文、盧金鎮。2005。不同品種與屠宰體重肉豬之生長性能、屠體性狀及體脂蓄積能力之探討。畜產研究 38(4)：247-258。
- 蘇天明、李免蓮、吳遵文、蕭庭訓、李恒夫、廖宗文、郭猛德。2009。不同體重肉豬糞尿排泄量及其成分調查。中國畜牧學會會誌 38(2)：97-107。
- 蘇天明、李恒夫、蕭庭訓、劉士銘、陳國隆、盧金鎮、廖宗文。2010。飼糧銅型式及含量對生長肥育豬生長、屠體與銅排泄量之影響。畜產研究 43(2)：115-127。
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Čandek-Potokar, M., B. Žlender, L. Lefaucheur and M. Bonneau. 1998. Effects of age and/or weight at

- slaughter on *longissimus dorsi* muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Sci.* 48: 287-300.
- Gómez, R. S., A. J. Lewis, P. S. Miller and H. Y. Chen. 2002. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding level. *J. Anim. Sci.* 80: 644-653.
- Gu, Y., A. P. Schinckel and T. G. Martin. 1992. Growth, development, and carcass composition in five genotypes of swine. *J. Anim. Sci.* 70: 1719-1729.
- Kerr, B. J., F. K. McKeith and R. A. Easter. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, and C. A. Morgan. 2002.10 Evaluation of foods: digestibility. In: *Animal Nutrition* (6th ed.). pp. 247.
- Means, W. J., A. D. Clark and J. N. Sofos. 1987. Binding, sensory and storage properties of algin/calcium structured beef steaks. *J. Food Sci.* 52: 252-256.
- Millet, S., E. Ongena, M. Hesta, M. Seynaeve, S. De Smet and G. P. J. Janssens. 2006. The feeding of ad libitum dietary protein to organic growing-finishing pigs. *Vet. J.* 171: 483-490.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. 10th ed. National Academic Press, Inc., NY, USA.
- Paul, T. 1992. Practical and environmentally acceptable methods of removal of nitrogen and phosphorus from pig wastes and wastewaters. In: *Proc. Intl. Pig Waste Treatment Symp.* June 16-17, Taipei, Taiwan. pp. 13-31.
- Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne and J. A. Shriver. 2002. Effects of beta-mannanase addition to corn-soybean meal diets on growth performance, carcass traits, and nutrient digestibility of weanling and growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 1012-1019.
- Pomar, C., F. Gagné, J. J. Matte, G. Barnett and C. Jondreville. 2008. The effect of microbial phytase on true and apparent ileal amino acid digestibilities in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86: 1598-1608.
- Portejoie, S., J. Y. Dourmad, J. Martinez and Y. Lebreton. 2004. Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 91: 45-55.
- SAS. 2002. *SAS procedure guide for personal computers*. Version 6th ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. U.S.A.
- Shriver, J. A., S. D. Carter, A. L. Sutton, B. T. Richert, B. W. Senne and L. A. Petty. 2003. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 492-502.
- Yen, J. T., J. E. Wells and D. N. Miller. 2004. Dried skim milk as a replacement for soybean meal in growing-finishing diets: effects on growth performance, apparent total-tract nitrogen digestibility, urinary and fecal nitrogen excretion, and carcass traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 3338-3345.

Study on reducing the nitrogen excretion of pig by dietary manipulation⁽¹⁾

Tein-Ming Su⁽²⁾⁽⁵⁾ Shine-Ming Liou⁽²⁾ Yi-Hsiang Weng⁽²⁾

Ting-Hsun Hsiao⁽²⁾ Herng-Fu Lee⁽³⁾ and Meeng-Ter Koh⁽⁴⁾

Received: Jun. 30, 2010; Accepted: Sep. 26, 2010

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of low protein supplemented with essential amino acids (EAA) on growth performance, nitrogen excretion and carcass characteristics of grower-finisher pigs. Four basal corn-soybean meal diets, which contained DE 3,400 kcal/kg and crude protein (CP) 18%, 16% + EAA, 14% and 12% + EAA were designed. A total of 48 LYD pigs, with averaged body weight (BW) 41.7 kg, half barrow and half gilt were used. Pigs were randomly assigned into four feeding treatments with 12 replicates each, and one head in each replicate. The pigs of group A fed with the diet of CP 18% in growing period (initial to BW 70 kg) and the diet of CP 14% in finishing period (BW 70-110 kg), respectively. Group B fed with the diet of CP 16% + EAA in growing period and the diet of CP 12% + EAA in finishing period, respectively. Group C fed with the diet of CP 18% on the first week then subsequently weekly reduced 0.28% of CP by the diet of CP 14% throughout the experimental period. Group D fed with the diet of CP 16% + EAA on the first week then subsequently weekly reduced 0.28% of CP by the diet of CP 12% + EAA throughout the experimental period. Feed and water were provided *ad libitum* during the experimental period. Costs of the experimental diets were calculated by the price of ingredients. Once pigs were 55 kg and 90 kg, blood sample of each was collected and four barrows in each group were selected and housed in metabolic cage individually for metabolic trial. Feeding trial was terminated when pigs reached BW 110 kg. A total of six pigs, half barrow and half gilt in each group were randomly chosen and slaughtered for carcass measurement. The results showed that in exception of the pigs of group D had higher ($P < 0.05$) average daily gain than the groups A and C, the growth performance and concentration of total blood protein were similar among treatments. The dietary cost of group D significantly decreased ($P < 0.05$) 9.28% when compared to the group C. Group A had higher ($P < 0.05$) concentration of blood urea nitrogen than groups B, C and D in growing period and groups B and D in finishing period, respectively. Pigs of A and C groups had longer ($P < 0.05$) carcass length than the group B. Group A had significantly lower ($P < 0.05$) dressing percentage when compared to the pigs of group D. The slaughter age, slaughter weight, carcass weight, percentage of lean and percentage of fat were similar among treatments. In finishing period, the pigs of groups A and C had higher ($P < 0.05$) average daily nitrogen intake than the group D. In conclusion, pigs fed low protein diet with EAA did not affect the growth performance but could reduce dietary cost.

Key words: Carcass characteristics, Dietary manipulation, Growing-finishing pig, Growth performance, Nitrogen excretion.

(1) Contribution No.1787 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan

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

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

(4) Retired from Livestock Management Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan, 71246, Taiwan, R. O. C.

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