

飼糧粗蛋白質及代謝能含量對高肉質黑豬 雜交肉豬生長性能之影響⁽¹⁾

王漢昇⁽²⁾ 李秀蘭⁽³⁾ 黃憲榮⁽³⁾ 王治華⁽⁴⁾ 林正鏞⁽⁵⁾ 許晉賓⁽³⁾⁽⁶⁾

收件日期：109 年 8 月 12 日；接受日期：109 年 12 月 27 日

摘 要

本研究旨在探討飼糧中不同粗蛋白質或代謝能含量對高肉質黑豬雜交肉豬生長期之生長性能與血液生化值影響，試驗分為兩部分進行，每試驗各進行 6 週試驗，每組以體重 30 kg 肉豬 16 頭進行，分為 4 欄，公母各半。試驗一以 30 kg 肉豬 64 頭探討代謝能 (Metabolizable energy, ME) 3,250 kcal/kg 與 3,100 kcal/kg 及粗蛋白質 (Crude protein, CP) 15.5% 與 14% 組成之 2 × 2 複因子試驗對豬隻生長之影響。試驗二以 30 kg 肉豬 48 頭進一步探討代謝能 3,250 kcal/kg 搭配粗蛋白質 18、16.5 及 15% 對豬隻生長之影響。試驗一結果顯示，試驗結束之體重，以粗蛋白質 15.5% 顯著 ($P < 0.05$) 大於粗蛋白質 14%，試驗全期之 ADG 以粗蛋白質 15.5% 極顯著 ($P < 0.01$) 大於粗蛋白質 14%，飼料轉換率 (Gain/Feed, G/F) 亦以粗蛋白質 15.5% 顯著 ($P < 0.05$) 大於粗蛋白質 14%。而第 4 週之血中尿素氮 (Blood urea nitrogen, BUN) 及肌酸酐 (Creatinine) 含量以粗蛋白質 15.5% 極顯著 ($P < 0.01$) 大於粗蛋白質 14%。試驗二結果顯示，提升粗蛋白質含量由 15% 至 18%，不影響試驗全期 ADG、平均每日採食量 (Average daily feed intake, ADFI) 及 G/F，而試驗於第 4 週之 BUN 以粗蛋白質 18% 顯著 ($P < 0.05$) 大於粗蛋白質 16.5%。綜合兩試驗結果，可發現粗蛋白質含量相較於 ME 含量，對生長期高肉質黑豬之生長性能有顯著影響，而於 ME 3,250 kcal/kg 之含量，以粗蛋白質含量 18% 則對生長性能無顯著增進之效果。

關鍵詞：粗蛋白質、代謝能、生長性能、血液生化值。

緒 言

高畜黑豬為使用梅山豬與杜洛克雜交而育成之黑豬品種 (許等, 2011)，自 2009 年正式通過農委會審查命名為高畜黑豬並積極進行推廣，然經由業界之使用意見指出，其屠體品質及生長速率尚有改善空間，但繁殖性能優良及肉質鮮嫩屢獲業界肯定。為改善這些性狀，因此發展以杜洛克與高畜黑豬進行雜交，選育具多產基因 (MM)、抗緊迫基因 (AA) 及高肉質基因之有利基因型 (HH6)，遺傳組成含杜洛克血統 50%、高畜黑豬血統 50% 之高肉質品系 (命名中新品系—高肉質黑豬，英文簡寫 Q)。此一品種含梅山豬遺傳組成，故其在生長與營養利用上可能與一般商業常見之三品種雜交肉豬不盡相同，如同為本土豬種之蘭嶼豬，其離乳後使用粗蛋白質含量 16% 且不額外添加胺基酸之飼糧在生長性能較好，同時代謝能含量 3,100 kcal/kg 與 2,800 kcal/kg 相比則無顯著差異 (Chen *et al.*, 2017)，與 NRC (2012) 在代謝能上推薦之 3,300 kcal/kg 有別。三品種雜交肉豬較高肉質黑豬生長為快，對於營養需求較高；因高肉質黑豬生長較慢，若依目前之營養標準，可能會導致營養過剩問題，過剩之營養素無助於提升生長性能、屠體與肉質品質，甚至可能會降低生長 (Chen *et al.*, 1999)，或在排泄物中造成營養素的損失 (Just, 1982; Noblet *et al.*, 1987; Noblet *et al.*, 1994)。除此之外，近十年來陸續遭遇飼料原料價格波動及降低氮源浪費友善環境之思維，生長期豬隻飼糧中若降低粗蛋白質含量且補充合成胺基酸可顯著減少氮之排放，亦不影響氮或肌肉之蓄積 (Alonso *et al.*, 2010; Figueroa *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2016)。

部分文獻也指出，當必需胺基酸於充足的狀態下，飼糧中的粗蛋白質及非必需胺基酸含量並不影響飼料效率以

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2655 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所臺東種畜繁殖場。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所副所長室退休。

(5) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

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

及生長性能 (Kumar *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2019)，同時在離乳後保育豬，可有效降低粗蛋白質之使用且不影響生長性狀 (Gloaguen *et al.*, 2014) 及免疫指標 (Peng *et al.*, 2016)。Noblet *et al.* (1987) 在藍瑞斯生長期豬隻試驗中證實，若補充足夠之必需胺基酸，體內組織有較高之氮與較低之脂肪蓄積。此外，Noblet *et al.* (1994) 亦指出額外添加脂肪可降低豬隻飼養所產生之熱緊迫。Fraga *et al.* (2019) 發現於 22 – 30°C 循環之環境中使用正常飼糧與高能量低粗蛋白質飼糧，每日交替餵飼於生長期豬隻，可獲得較好的平均日增重。因此在目前須符合高效能、環保及極端氣候之環境中，豬隻飼糧中之胺基酸、粗蛋白質及能量含量間的平衡相當重要。

由於高肉質黑豬帶有梅山豬遺傳組成 25%，故有必要對於其生長期合適營養需求進行探討，以減少不必要之氮源浪費以及能量消耗，同時符合環境友善之概念。國人傳統上喜好食用黑毛豬肉，而現今面臨疾病環伺與極端氣候頻仍之挑戰，黑豬飼養模式需要調整。因此本試驗目的即探討高肉質黑豬於生長期之營養濃度，以提供未來業者進行飼養時之參考。

材料與方法

I. 試驗飼糧配方設計

試驗配方係使用玉米一大豆粕為基礎原料，同時將離胺酸與甲硫胺酸調整至相同含量，試驗一採用不同粗蛋白質 (Crude protein, CP) 與代謝能 (Metabolizable energy, ME) 含量之 2 × 2 複因子試驗 (如表 1，CP 15.5% 係參考 NRC (2012) 於 20 – 50 kg 豬隻飼糧中總氮需求 × 6.25 所得，CP 14% 則由 CP 15.5% 調降 10% 所得)，飼糧分別為 HPHE (CP 15.5%、ME 3,250 kcal/kg)、LPHE (CP 14.0%、ME 3,250 kcal/kg)、HPLE (CP 15.5%、ME 3,100 kcal/kg) 及 LPLE (CP 14.0%、ME 3,100 kcal/kg)；試驗二則以上一試驗所探討生長較佳之代謝能 3,250 kcal/kg 搭配三種粗蛋白質含量 (如表 1)，飼糧分別為 G18 (CP 18.0%、ME 3,250 kcal/kg)、G16 (CP 16.5%、ME 3,250 kcal/kg) 及 G15 (CP 15.0%、ME 3,250 kcal/kg)。

表 1. 試驗飼糧配方及營養組成分

Table 1. The composition and calculated nutrient values of experimental diet

Ingredients	Experiment 1				Experiment 2		
	HPHE	LPHE	HPLE	LPLE	G18	G16	G15
Corn, ground	738.0	777.2	675.7	709.9	672.0	711.9	751.1
Soybean meal, 43.5%	197.7	156.9	193.3	153.1	265.6	224.9	184.1
Wheat bran	0.0	0.0	70.0	70.0	0.0	0.0	0.0
Limestone	9.0	9.2	10.2	10.0	9.2	9.1	9.1
Dicalcium phosphate	11.0	11.5	9.1	9.8	10.0	10.4	11.1
Fish meal, 65%	20.0	20.0	13.5	13.5	20.0	20.0	20.0
Choline chloride, 50%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Molasses	0.0	0.0	16.0	20.0	0.0	0.0	0.0
Salt	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Soybean oil	12.4	11.8	0.0	0.0	13.7	12.8	12.2
Vitamin premix ^a	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral premix ^b	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
L-Lysine·HCl, 78%	3.1	4.4	3.3	4.6	1.0	2.2	3.5
DL-Methionine, 99%	0.3	0.5	0.4	0.6	0.0	0.2	0.4
Total	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0
Calculated composition							
ME, kcal/kg	3,250	3,250	3,100	3,100	3,250	3,250	3,250
Lysine, %	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Methionine, %	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
CP, %	15.5	14.0	15.5	14.0	18.0	16.5	15.0

^a Vitamin supplied the following per kilogram of diet: vitamin A, 6,000 IU; vitamin D₃, 400 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2 mg; vitamin B₁, 2.6 mg; vitamin B₂, 2 mg; Niacin, 30 mg; Pantothenic acid, 30 mg; Pyridoxine, 3 mg; vitamin B₁₂, 0.6 mg; Biotin, 0.2 mg

^b Mineral supplied the following per kilogram of diet: Fe (FeSO₄·7H₂O, 20.09% Fe), 80 mg; Cu (CuSO₄·5H₂O, 25.45% Cu), 5 mg; Mn (MnSO₄·H₂O, 32.49% Mn), 6 mg; Zn (ZnSO₄, 80.35% Zn), 45 mg; I (KI), 0.2 mg; Se (NaSeO₃, 45.56% Se), 0.1 mg; Co (CoSO₄·H₂O, 32% Co), 0.35 mg.

II. 試驗動物與飼養管理

兩部分試驗皆通過行政院農業委員會畜產試驗所高雄種畜繁殖場實驗動物照護及使用委員會審查通過，試驗一使用平均體重 30 kg 之高肉質黑豬 64 頭，逢機分配於 4 組試驗配方 (如表 1)，每組 16 頭，每 4 頭為一欄，公母各半，飼養於 3.25 m × 2.95 m 之欄舍中，試驗進行 6 週，試驗期間水及飼料採任飼；試驗二則使用平均體重 30 kg 之高肉質黑豬 48 頭，逢機分配於 3 組試驗配方 (如表 2)，每組 16 頭，每 4 頭為一欄，公母各半，飼養於 3.25 m × 2.95 m 之欄舍中，試驗進行 6 週，試驗期間水及飼料採任飼。

III. 生長試驗及血液生化值測定

生長期間，豬隻自試驗開始測定初始重量，之後於每兩週進行秤重以計算試驗期間之平均每日增重 (Average daily gain, ADG)，同時亦記錄採食量以計算試驗期間之平均每日採食量 (Average daily feed intake, ADFI) 及飼料轉換率 (Gain/Feed, G/F)。另於試驗開始、第 4 週及試驗結束時，經人工固定後進行頸靜脈採血，收集血液供測定血液生化值，測定項目包含尿素氮 (Blood urea nitrogen, BUN)、肌酸酐及三酸甘油酯 (Triacylglycerol, TG) 濃度。

IV. 統計分析

試驗收集之生長性能及血液生化值資料，使用 SAS 9.4 統計軟體之一般線性模式 (General linear model procedure, GLM) 進行變方分析，若產生顯著差異後試驗一以最小均方平均值法 (Least-square means, LSMEANS) 進行各處理組平均值差異之顯著性檢定，而試驗二以雪菲 S 法 (Scheffe's S method) 進行各處理組平均值差異之顯著性檢定。

結果與討論

I. 生長性能

試驗一以不同粗蛋白質及代謝能含量對 30 — 60 kg 高肉質黑豬之生長性能結果如表 2 所示，試驗結束之平均體重無顯著差異，但以 HPHE 在數據上的 64.6 kg 較高，試驗期間之 ADG、ADFI 及 G/F 亦無顯著差異，以 HPHE 在數據上有表現較好及較佳之趨勢，分別為 0.82 kg、2.23 kg 及 0.37。然因試驗之主效應無交感作用，故再進行探討主效應之影響，在 CP 主效應部分，試驗結束之平均體重以 CP 15.5% 顯著 ($P < 0.05$) 大於 CP 14%，而試驗期間之 ADG 以 CP 15.5% 極顯著 ($P < 0.01$) 大於 CP 14%，G/F 以 CP 15.5% 顯著 ($P < 0.05$) 大於 CP 14%，ADFI 則無顯著差異。在代謝能主效應部分，試驗結束之平均體重無顯著差異，試驗期間之 ADG、ADFI 及 G/F 則無顯著差異。

表 2. 飼糧粗蛋白質及代謝能含量對體重 30 — 60 kg 之高肉質黑豬生長性能影響[°] (試驗一)

Table 2. Main effects of different crude protein and metabolizable energy levels on the growth performance of 30 ~ 60 kg body weight Duroc x KHAPS black pig growers[°] (Exp. I)

Item	LPLE	HPLE	LPHE	HPHE	SEM	Significance		
						CP	ME	CP × ME
Initial BW, kg	30.2	30.4	30.7	30.2	0.66	NS	NS	NS
6 wk BW, kg	60.0	62.4	60.1	64.6	1.32	*	NS	NS
Total period								
ADG, kg	0.71	0.76	0.70	0.82	0.02	**	NS	NS
ADFI, kg	2.14	2.09	2.02	2.23	0.06	NS	NS	NS
Gain/Feed	0.33	0.36	0.35	0.37	0.01	*	NS	NS

[°] Values are means, n = 16.

LPLE: CP 14%, ME 3,100 kcal/kg; HPLE: CP 15.5%, ME 3,100 kcal/kg; LPHE: CP 14%, ME 3,250 kcal/kg; HPHE: CP 15.5%, ME 3,250 kcal/kg.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, NS: Not significant ($P > 0.05$).

試驗二以 3,250 kcal/kg 之代謝能配合不同粗蛋白質含量對生長期高肉質黑豬之生長性能結果如表 3 所示，試驗結束之平均體重無顯著差異，但以 G16 在數據上的 61.0 kg 較好，試驗期間之 ADG、ADFI 及 G/F 無顯著

差異，ADG 以 G16 在數據上的 0.73 kg 較高，ADFI 以 G15 在數據上的 1.89 kg 較高，G/F 則以 G16 及 G15 在數據上的 0.38 較佳。

表 3. 飼糧粗蛋白質含量對體重 30 – 60 kg 之高肉質黑豬生長性能影響^c (試驗二)

Table 3. Effects of different crude protein levels on the growth performance of 30 ~ 60 kg body weight Duroc x KHAPS black pig growers^c (Exp. II)

Item	G18	G16	G15	SEM
Initial BW, kg	30.5	30.4	30.2	0.85
6 wk BW, kg	59.6	61.0	60.0	1.31
Total period				
ADG, kg	0.69	0.73	0.71	0.02
ADFI, kg	1.87	1.87	1.89	0.07
Gain/Feed	0.36	0.38	0.38	0.01

^c Values are means, n = 16.

G18: CP 18%, ME 3,250 kcal/kg; G16: CP 16.5%, ME 3,250 kcal/kg; G15: CP 15%, ME 3,250 kcal/kg.

Deng *et al.* (2007) 在 YD 閩公豬試驗發現，當補充離胺酸、羥丁胺酸及甲硫胺酸，同時將粗蛋白質由 18.2% 降低至 13.6% 時，體內之氮排放及氮蓄積皆顯著下降，同時氮表面消化率亦顯著下降；Li *et al.* (2017) 則在 LYD 生長期豬隻中發現，當補充離胺酸、羥丁胺酸、甲硫胺酸及色胺酸，同時將粗蛋白質由 20% 降低至 14% 時，背最長肌之游離胺基酸含量顯著降低，Yue and Qiao (2008) 在 LY 離乳仔豬飼糧中降低粗蛋白質 4% 同時補充色胺酸、異白胺酸、纈胺酸、組胺酸及苯丙胺酸，ADG 及 F/G 顯著降低，Roux *et al.* (2011) 在 20 – 45 kg 之 LY 與 LYD 豬隻飼糧中將粗蛋白質由 18.18% 降低至 13.34%，同時補充離胺酸、羥丁胺酸、甲硫胺酸及色胺酸，其 ADG 及 G/F 顯著降低。在本試驗一中，CP 15.5% 之第 6 週平均體重及 G/F 顯著高於 CP 14%，而 ADG 極顯著高於 CP 14%，與上述文獻結果類似，顯示以 CP 含量 14% 時，補充離胺酸與甲硫胺酸對高肉質黑豬生長期之生長並未獲得與 CP 15.5% 之生長效果，可能需要額外補充其他種類之合成胺基酸或提升粗蛋白質含量，以維持高肉質黑豬生長期之生長性能。

試驗二則以 CP 15% 為基礎，同時固定離胺酸及甲硫胺酸含量與試驗一相同，逐步提升粗蛋白質含量以釐清是否在添加此二種合成胺基酸下與粗蛋白質梯度產生影響，結果發現，提升粗蛋白質含量對生長性能無顯著增進效果。Noblet *et al.* (1987) 指出在 20 kg 約克夏生長豬試驗中，使用 CP 含量 15% 會較 CP 含量 18%，在飼養 7 週後有較低之體重，但使用 CP 含量 15%，同時補充離胺酸至 CP 含量 18%，則不影響體重、肌肉增加量及氮蓄積量，此結果與本試驗二發現類似，當 G15 添加離胺酸與 G18 一致時，其生長性能無顯著差異。Kerr *et al.* (1995) 指出 20 kg 之 LYH 雜交肉豬使用 CP 12%，同時補充離胺酸、羥丁胺酸、色胺酸，結果發現與使用 CP 16% 之組別在生長性狀無顯著差異；而 Kerr and Easter (1995) 則發現在 18 kg 藍瑞斯系雜交肉豬試驗中降低 CP 含量同時補充必需胺基酸可達到增加氮蓄積之作用；Figuroa *et al.* (2012) 在比利華雜交閩公豬生長期中降低 CP 含量 2.5% 並提升離胺酸至 0.93% 時可有效恢復 ADG 及 ADFI，由上述文獻結果可發現，當補充不同種類人工合成胺基酸至一定濃度時，低 CP 含量在生長性狀部分可與高 CP 組產生相似之效果，而試驗二中僅補充離胺酸與甲硫胺酸即可達到與粗蛋白質 18% 相同之生長效果，顯見高肉質黑豬在此營養濃度下，添加兩種胺基酸已可滿足生長需求。然而，也由上述各文獻中顯示對於補充胺基酸同時降低粗蛋白質含量對於豬隻生長或代謝之結果仍不一致，對於不同品種、成長階段、環境、飼糧之不同胺基酸添加種類與含量及降低粗蛋白質之程度皆會影響試驗結果，因此在使用低粗蛋白質飼糧時，對於各項條件均須逐一檢視。

而在有關豬隻能量部分，Nieto *et al.* (2002) 在伊比利黑豬生長期試驗中發現降低飼糧中之 CP 至 129 g/kg DM 可獲得最佳之蛋白質與能量蓄積。Smith *et al.* (1999) 發現使用精選白脂 (Choice white grease) 在 44.5 – 73 kg 之生長期豬隻中提升能量含量至 3.56 Mcal/kg 不影響 ADG 表現，但 ADFI 顯著下降、飼料效率顯著改善；在 29.5 – 72.6 kg 間提升能量含量至 3.57 Mcal/kg 亦顯著降低 ADFI 且顯著改善飼料效率。在試驗一可發現在代謝能主效應部分，ADFI 及 G/F 未有與文獻一致之發現。此外，由表 2 中可發現在試驗期間 ADG 及 ADFI 皆以 LPHE 低於 HPHE，Kuan *et al.* (1986) 指出在平均體重 20 – 50 kg 之生長期 LYD 雜交肉豬使用不同之蛋白能量比，ADG 隨著比值提升而顯著增加，以本試驗而言，HPHE 之蛋白能量比較 LPHE 高，兩者間 ADG 呈現如文獻所稱之趨勢；Bowland and Berg (1959) 則是發現生長期豬隻於高能量高粗蛋白質飼糧下有最大之每日採食量，

此一發現也與本試驗於試驗期間 ADFI 所發現之結果相似。由試驗一及試驗二之生長性能發現，對於生長期之高肉質黑豬而言，在固定離胺酸含量於 1.05% 情況下，提升粗蛋白質含量至 18% 對生長性能無顯著增進之效果。

II. 血液生化值

試驗一以不同粗蛋白質及代謝能含量對 30 – 60 kg 高肉質黑豬之血液生化值結果如表 4 所示，第 4 週與試驗結束之尿素氮 (BUN)、肌酸酐及三酸甘油酯 (TG) 無顯著差異。然因試驗之主效應無交互作用，故再進行探討主效應之影響，在 CP 主效應部分，第 4 週之 BUN 及肌酸酐以 CP 15.5% 極顯著 ($P < 0.01$) 大於 CP 14%，TG 則無顯著差異，而試驗結束之 BUN、肌酸酐及 TG 無顯著差異。在代謝能主效應部分，第 4 週與試驗結束之 BUN、肌酸酐及 TG 無顯著差異。試驗二以 3,250 kcal/kg 之代謝能配合不同粗蛋白質含量對生長期高肉質黑豬之血液生化值結果如表 5 所示，第 4 週之 BUN 以 G18 的 12.98 mg/dL 顯著 ($P < 0.05$) 大於 G16 的 7.10 mg/dL，肌酸酐及 TG 無顯著差異；而試驗結束之 BUN、肌酸酐及 TG 無顯著差異。

表 4. 飼糧粗蛋白質及代謝能含量對體重 30 – 60 kg 之高肉質黑豬血液生化值之效應^c (試驗一)

Table 4. Main effects of different crude protein and metabolizable energy levels on the blood parameters of 30 ~ 60 kg body weight Duroc x KHAPS black pig growers^c (Exp. I)

Item		LPLE	HPLE	LPHE	HPHE	SEM	Significance		
							CP	ME	CP × ME
	Initial	10.19	10.75	8.95	8.81	0.72	NS	NS	NS
BUN, mg/dL		0.95	0.98	0.93	0.98	0.04	NS	NS	NS
Creatinine, mg/dL		35.00	26.88	30.00	32.25	3.54	NS	NS	NS
Triacylglycerol, mg/dL									
	4th wk	6.86	12.15	6.80	8.59	0.90	**	NS	NS
BUN, mg/dL		1.03	1.21	1.04	1.10	0.03	**	NS	NS
Creatinine, mg/dL		36.00	44.00	31.25	30.75	5.36	NS	NS	NS
Triacylglycerol, mg/dL									
	6th wk	7.31	9.70	7.31	8.60	0.90	NS	NS	NS
BUN, mg/dL		1.14	1.14	1.15	1.10	0.04	NS	NS	NS
Creatinine, mg/dL		31.00	26.88	29.00	32.63	2.42	NS	NS	NS
Triacylglycerol, mg/dL		0.33	0.36	0.35	0.37	0.01	*	NS	NS

^c Values are means, n = 32.

LPLE: CP 14%, ME 3,100 kcal/kg; HPLE: CP 15.5%, ME 3,100 kcal/kg; LPHE: CP 14%, ME 3,250 kcal/kg; HPHE: CP 15.5%, ME 3,250 kcal/kg.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, NS: Not significant ($P > 0.05$).

本試驗無論在試驗一或試驗二，各組之 BUN、肌酸酐及 TG 皆在正常範圍內 (Klem *et al.*, 2010)。在試驗一結果可發現在第 4 週時 BUN 受 CP 主效應影響，且以 CP 15.5% 顯著高於 CP 14%，試驗二亦發現在第 4 週時 BUN 以 G18 顯著高於 G16，此結果與 Powell *et al.* (2011) 在約克夏雜交肉豬及 Fernández-Figarez *et al.* (2007) 在藍瑞斯與伊比利黑豬生長期進行高低粗蛋白質含量試驗中所得結果一致，高 CP 會造成豬隻有較高之 BUN 產生，但於試驗結束時雖亦呈現此一趨勢但未達顯著差異。Cai *et al.* (1995) 則指出豬隻攝取較多能量時其血漿中尿素氮會顯著降低，主要因在低能量攝取會使豬隻利用氧化胺基酸產生能量，如此會使得尿素氮上升，此一發現也與本試驗一在第 4 週與試驗結束時高代謝能處理較低代謝能處理之尿素氮低相符，由於血液中之尿素氮為飼糧中粗蛋白質之代謝產物，若血液中尿素氮降低則可視為減少氮源之排放 (Wang *et al.*, 2018)，因此以低粗蛋白質飼糧或提供粗蛋白質 16.5% 之飼糧對於減低氮源排放較有幫助；另外在第 4 週時同樣可發現肌酸酐受 CP 主效應影響，且以 CP 15.5% 顯著高於 CP 14%。根據 Baxmann *et al.* (2008) 指出，血清肌酸酐含量隨體重增加、脂肪含量下降、瘦肉率增加及活動量增加而上升，由於 CP 15.5% 於試驗期間平均每日增重確實有較高之趨勢，使得同一時間點下其平均重量較高，因此也導致肌酸酐顯著提升，此部分與文獻發現一致。

綜觀試驗一結果，可發現 CP 含量相較於 ME 含量，對高肉質黑豬生長期性能有顯著影響，而在試驗二則發現，在補充離胺酸至 1.05% 情況下，使用 ME 3,250 kcal/kg 搭配 CP 18% 並無法顯著增進生長表現。

表 5. 飼糧粗蛋白質含量對體重 30 – 60 kg 之高肉質黑豬血液生化值之效應^c (試驗二)Table 5. Effects of different crude protein levels on the blood parameters of 30 ~ 60 kg body weight Duroc × KHAPS black pig growers^c (Exp. II)

Item	G18	G16	G15	SEM
Initial				
BUN, mg/dL	9.31	9.25	8.50	1.05
Creatinine, mg/dL	0.94	0.95	0.98	0.04
TG, mg/dL	40.00	32.00	47.38	6.45
4th wk				
BUN, mg/dL	12.98a	7.1b	8.24ab	1.34
Creatinine, mg/dL	1.08	1.06	1.14	0.05
TG, mg/dL	37.25	35.25	30.50	3.21
6th wk				
BUN, mg/dL	13.61	10.38	12.65	1.65
Creatinine, mg/dL	1.23	1.24	1.20	0.05
TG, mg/dL	33.50	36.50	32.50	3.34

^{a, b} Means with the different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).^c Values are means, $n=16$.

G18: CP 18%, ME 3,250 kcal/kg; G16: CP 16.5%, ME 3,250 kcal/kg; G15: CP 15%, ME 3,250 kcal/kg.

參考文獻

- 許晉賓、張仲彰、詹熾熔、黃憲榮、王治華、涂海南、陳佳萱、吳明哲、張秀鑾、王政騰。2011。多產種豬之選育：I. 高畜黑豬之性能。畜產研究 44：139-152。
- Alonso, V., M. del Mar Campo, L. Provincial, P. Roncalés and J. A. Beltrán. 2010. Effect of protein level in commercial diets on pork meat quality. *Meat Sci.* 85: 7-14.
- Baxmann, A. C., M. S. Ahmed, N. C. Marques, V. B. Menon, A. B. Pereira, G. M. Kirsztajn and I. P. Heilberg. 2008. Influence of muscle mass and physical activity on serum and urinary creatinine and serum cystatin C. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 3: 348-354.
- Bowland, J. P. and R. T. Berg. 1959. Influence of strain and sex on the relationship of protein to energy in the rations of growing and finishing bacon pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 39: 102-116.
- Cai, Y., D. R. Zimmerman and R. C. Ewan. 1995. Blood urea and amino acid concentrations in pigs of two breed combinations as affected by energy intakes. *J. Anim. Sci.* 73: 145-150.
- Chen, H. Y., A. J. Lewis, P. S. Miller and J. T. Yen. 1999. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 77: 3328-3247.
- Chen, L. C., L. W. Yang, M. H. Huang, H. P. Chu and C. W. Liao. 2017. Effect of dietary crude protein and metabolizable energy on growth performance and backfat thickness of Lanyu miniature pigs during cool and hot seasons. *J. Taiwan Livest. Res.* 50:45-51.
- Deng, D., R. L. Huang, T. J. Li, G. Y. Wu, M. Y. Xie, Z. R. Tang and Y. L. Yin. 2007. Nitrogen balance in barrows fed low protein diets supplemented with essential amino acids. *Livest. Sci.* 109: 220-223.
- Fernández-Figares, I., M. Lachica, R. Nieto, M. G. Rivera-Ferre and J. F. Aguilera. 2007. Serum profile of metabolites and hormones in obese (Iberian) and lean (Landrace) growing gilts fed balanced or lysine deficient diets. *Livest. Sci.* 110: 73-81.
- Figuerola, J. L., J. Estrada, V. Zamora, J. L. Cordero, M. T. Sánchez-Torres, R. Nieto and J. M. F. Copado. 2012. Digestible lysine levels in low-protein diets supplemented with synthetic amino acids for nursery, growing, and finishing barrows. *Ir. J. Agric. Food Res.* 51: 33-44.
- Fraga, A. Z., P. H. R. F. Campos, W. C. Da Silva, R. P. Caetano, A. M. Veira, L. S. Dos Santos and L. Hauschild. 2019.

- Sequential feeding with high-fat/low-crude protein diets for two lines of growing-finishing pigs under daily cyclic high ambient temperature conditions. *J. Anim. Sci.* 97: 2493-2504.
- Gloaguen, M., N. Le Floch, E. Corrent, Y. Primot and J. van Milgen. 2014. The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets. *J. Anim. Sci.* 92: 637-644.
- Just, A. 1982. The net energy value of balanced diets for growing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 8: 541-555.
- Kerr, B. J. and R. A. Easter. 1995. Effect of feeding reduced protein amino acid-supplemented diet on nitrogen and energy balance in grower pigs. *J. Anim. Sci.* 73: 3000-3008.
- Kerr, B. J., F. K. McKeith and R. A. Easter. 1995. Effect on performance and characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440.
- Klem, T. B., E. Bleken, H. Morberg, S. I. Thoresen and T. Framstad. 2010. Hematologic and biochemical reference intervals for Norwegian crossbreed grower pigs. *Vet. Clin. Pathol.* 39: 221-226.
- Kuan, K. K., T. K. Mak and D. J. Farrell. 1986. Effect of dietary energy concentration, protein:energy and lysine:energy ratios on growth of pigs in the humid tropics. *Aust. J. Exp. Agr.* 26: 285-289.
- Kumar, A., R. Bhar, A. B. Mandal and S. K. Mendiratta. 2012. Effect of low protein diets and lysine supplementation on growth performance and carcass characteristics of growing pigs. *Afr. J. Biotechnol.* 11: 12128-12134.
- Li, Y. H., F. N. Li, L. Wu, Y. Y. Liu, H. K. Wei, T. J. Li, B. E. Tan, X. F. Kong, F. Wu, Y. H. Duan, O. A. Oladele and Y. L. Yin. 2017. Reduced dietary protein level influences the free amino acid and gene expression profiles of selected amino acid transceptors in skeletal muscle of growing pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101: 96-104.
- Liu, H., L. Wu, H. Han, Y. Li, L. Wang, J. Yin, W. Fan, M. Bai, J. Yao, X. Huang and T. Li. 2019. Reduced dietary nitrogen with a high Lys: CP ratio restricted dietary N excretion without negatively affecting weaned piglets. *Anim. Nutr.* 5: 115-123.
- Nieto, R., A. Miranda, M. A. Garcia and J. F. Aguilera. 2002. The effect of dietary protein content and feeding level on the rate of protein deposition and energy utilization in growing Iberian pigs from 15 to 50 kg body weight. *Br. J. Nutr.* 88: 39-49.
- Noblet, J., Y. Henry and S. Dubois. 1987. Effect of protein and lysine levels in the diet and body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 65: 717-726.
- Noblet, J., X. S. Shi and S. Dubois. 1994. Effect of body weight on net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 648-657.
- NRC. 2012. Nutrient Requirements of Swine. 11th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Peng, X., L. Hu, Y. Liu, C. Yan, Z. F. Fang, Y. Lin, S. Y. Xu, J. Li, C. M. Wu, D. W. Chen, H. Sun, D. Wu and L. Q. Che. 2016. Effects of low-protein diets supplemented with indispensable amino acids on growth performance, intestinal morphology and immunological parameters in 13 to 35 kg pigs. *Animal* 10: 1812-1820.
- Powell, S., T. D. Bidner, R. L. Payne and L. L. Southern. 2011. Growth performance of 20- to 50-kilogram pigs fed low-crude-protein diets supplemented with histidine, cystine, glycine, glutamic acid, or arginine. *J. Anim. Sci.* 89: 3643-3650.
- Roux, M. L., A. L. Donsbough, A. L. Waguespack, S. Powell, T. D. Bidner, R. L. Payne and L. L. Southern. 2011. Maximizing the use of supplemental amino acids in corn-soybean meal diets for 20- to 45-kilograms pig. *J. Anim. Sci.* 89: 2415-2424.
- Smith, J. W., M. D. Tokach, P. R. O'Quinn, J. L. Nelssen and R. D. Goodband. 1999. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77: 3007-3015.
- Wang, Y., J. Zhou, G. Wang, S. Cai, X. Zeng and S. Qiao. 2018. Advances in low-protein diets for swine. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 9: 60-75.
- Yue, L. Y. and S. Y. Qiao. 2008. Effects of low-protein diets supplemented with crystalline amino acids on performance and intestinal development in piglets over the first 2 weeks after weaning. *Livest. Sci.* 115: 144-152.
- Zhang, S., L. Chu, S. Qiao, X. Mao and X. Zeng. 2016. Effects of dietary leucine supplementation in low crude protein diets on performance, nitrogen balance, whole-body protein turnover, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. *Anim. Sci. J.* 87: 911-920.

Effects of dietary crude protein and metabolizable energy levels on the growth performance of Duroc x KHAPS black pig in growing period ⁽¹⁾

Han-Sheng Wang ⁽²⁾ Hsiu-Lan Lee ⁽³⁾ Hsien-Juang Huang ⁽³⁾ Chih-Hua Wang ⁽⁴⁾
Cheng-Yung Lin ⁽⁵⁾ and Chin-Bin Hsu ⁽³⁾⁽⁶⁾

Received: Aug. 12, 2020; Accepted: Dec. 17, 2020

Abstract

Two trials were conducted to investigate the effects of dietary different crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) levels on the growth performance and blood parameters of Duroc x Kaohsiung Animal Propagation Station black pig (DK black pigs) during growing period. In each trial, sixteen pigs (eight males and eight females) were randomly allotted to different diets and were fed for six weeks. In experiment 1, sixty-four pigs (30 kg BW) were assigned to one of the dietary treatments in a 2 × 2 factorial arrangement with two CP levels (14% and 15.5%) and two ME levels (3,100 kcal/kg and 3,250 kcal/kg). In experiment 2, forty-eight pigs (30 kg BW) were assigned to one of the three dietary CP treatments (18%, 16.5% and 15%) to assess the effect of higher CP levels under 3,250 kcal/kg ME. In experiment 1, the results showed that the average body weight in CP 15.5% was higher ($P < 0.05$) than CP 14%. The average daily gain (ADG) of CP 15.5% was higher ($P < 0.01$) than CP 14% and the Gain/Feed (G/F) of CP 15.5% was higher ($P < 0.05$) than CP 14%. The blood urea nitrogen (BUN) and creatinine in CP 15.5% at the 4th week were higher ($P < 0.01$) than CP 14%. In experiment 2, the results showed that the increase of CP levels did not influence the ADG, Average daily feed intake and G/F during the whole experimental period. The BUN in CP 18% at the 4th week was higher ($P < 0.05$) than CP 16.5%. In conclusion, the CP level was more important than ME level on the growth performance while the diet with CP 18% did not improve the growth performance of DK black pig growers.

Key words: Crude protein, Metabolizable energy, Growth performance, Blood parameters.

(1) Contribution No. 2655 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Taitung Animal Propagation Station, COA-LRI, Taitung 95444, Taiwan, R. O. C.

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

(4) Retired from Deputy Director General Office, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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

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