

飼糧粗蛋白及植酸酶添加量對白肉雞生長性能與屠體性狀之影響⁽¹⁾

蘇天明⁽²⁾⁽⁴⁾ 翁義翔⁽²⁾ 劉士銘⁽²⁾ 蕭庭訓⁽²⁾ 劉曉龍⁽³⁾

收件日期：101 年 9 月 14 日；接受日期：102 年 3 月 19 日

摘 要

本研究旨在探討飼糧不同粗蛋白及植酸酶添加量，對白肉雞生長性能及屠體性狀之影響，以及雞糞墊料堆肥化前後之成分變化。選取 1 日齡之愛拔益加（Arbor Acres）品系白肉雞 480 隻，公母各半，逢機分置於 2 種粗蛋白質含量 × 3 種植酸酶含量的飼糧處理組。基礎飼糧以玉米—大豆粕為主要原料，含代謝能 3,200 kcal/kg、並添加 8 mg/kg 的銅和 40 mg/kg 的鋅。粗蛋白質（CP）含量方面，高蛋白質處理組（HCP）在雞隻生長期（1-21 日齡）及肥育期（22-35 日齡）分別提供 CP 23% 及 CP 20% 的飼糧，低蛋白質處理組（LCP）則提供 CP 20% 及 CP 17% 並補充胺基酸，使離胺酸、甲硫胺酸及羥丁胺酸含量分別與 CP 23% 和 CP 20% 的飼糧相同。植酸酶（PHT）含量方面，區分為 PHT 250 組、PHT 500 組及 PHT 750 組，分別在雞隻生長期和肥育期飼糧中添加 250 U/kg、500 U/kg 及 750 U/kg 的植酸酶。試驗期間飼糧及飲用水皆採取任飼，測定雞隻生長性能及屠體性狀，並收集試驗期間雞隻墊料進行堆肥化處理，分析堆肥化前、後成分變化及測定堆肥種籽相對發芽率。結果顯示，HCP 組和 LCP 組雞隻在試驗期間的日增重、採食量、飼料效率及飼糧成本皆無顯著差異，對雞隻的屠體性狀亦無顯著的影響。PHT 750 組雞隻的日增重和採食量，顯著地較 PHT 250 組為高，活體重（ $P < 0.01$ ）和胸肉蛋白質含量（ $P < 0.001$ ）皆極顯著地較 PHT 250 組為高。雞糞墊料經堆肥化後，其灰分、銅、鋅、磷和鉀的濃度皆明顯地較堆肥化前提高，而氮的濃度則降低，且銅和鋅的濃度皆符合現行法令之規範。綜合以上結果，降低飼糧粗蛋白質含量並以合成胺基酸補充飼糧胺基酸含量，對白肉雞的生長性能無顯著的影響，飼糧添加 750 U/kg 的植酸酶，有提高雞隻日增重和採食量的效果。

關鍵詞：白肉雞、屠體性狀、合成胺基酸、生長性能、植酸酶。

緒 言

目前國內白肉雞飼糧大多以玉米—大豆粕為主要原料，在氮磷的供應方面，常以飼糧中粗蛋白質和總磷含量估算，導致胺基酸不易配合平衡及植酸磷無法被白肉雞充分利用。業者為確保蛋白質和磷足供動物所需，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。NRC（1994）針對 0-3 週齡白肉雞的飼糧粗蛋白質（crude protein, CP）和非植酸磷（non-phytate phosphorus, nPP）推薦含量分別為 23% 和 0.45%，而 4-6 週齡則為 20% 和 0.35%。植酸鹽是一種不溶解性的混合物，容易和陽離子（Sohail and Roland, 1999）、碳水化合物和胺基酸（Ravindran *et al.*, 1999; Sebastian *et al.*, 1996）及酵素（Sebastian *et al.*, 1998）螯合，必須仰賴植酸酶（phytase, PHT）予以水解利用，但是禽類自體無法產生植酸酶，必須靠外源（exogenous）獲得（Cowieson *et al.*, 2006）。Pillai *et al.*（2006）以五種不同無機磷及植酸酶含量飼糧餵飼白肉雞，結果負對照組（含無機磷 0.31% 及 0.28%）的採食量及活體重皆顯著較正對照組（含無

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1883 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) 通訊作者，E-mail: tmsu@mail.tlri.gov.tw

機磷 0.47% 及 0.46%) 及在負對照組飼糧中添加 1,000 FTU/kg 植酸酶組為低。此外, 研究證實飼糧添加植酸酶可提高胺基酸的消化率和礦物質的吸收率 (Santos *et al.*, 2008; Cowieson *et al.*, 2006; Cowieson *et al.*, 2008)。因此, 本研究依照理想蛋白質 (ideal protein) 概念, 調降白肉雞飼糧的粗蛋白質和非植酸磷含量、並補充合成胺基酸及植酸酶, 探討對白肉雞生長性能與屠體性狀之影響。

材料與方法

I. 試驗動物飼養

- (i) 選取 1 日齡之 Arbor Acres 品系白肉雞 480 隻 (購自臺南市後壁區永光種雞場), 公、母各半。試驗期間飼糧任飼、飲用水 (自來水) 充分供應, 經分析飲用水之銅及鋅含量, 結果皆未檢出 (< 0.001 ppm)。
- (ii) 動物試驗於 2011 年 5–6 月間進行, 雞隻飼養在平飼雞舍中, 每欄 (長 \times 寬 = 1.8×1.3 m) 飼養同性別白肉雞 20 隻, 每隻雞約提供 0.12 m^2 的地面積。每處理 4 欄, 在雞隻 21 日、35 日齡時分別測定體重及飼糧採食量。試驗前每欄平鋪 6 kg (約 2.5 cm 厚) 粗糠為墊料, 粗糠的含水率、銅、鋅、氮和磷含量分別為 8.35%、0.82 mg/kg、1.12 mg/kg、1.08% 和 0.15%。
- (iii) 本試驗動物飼養於畜產試驗所營養組雞場內, 動物之使用、飼養及實驗內容, 經畜產試驗所「動物實驗管理小組」審查通過。

II. 試驗飼糧及分組

- (i) 試驗飼糧以玉米及大豆粕為主要原料, 添加硫酸鹽型式的銅和鋅 8 mg/kg 和 40 mg/kg (NRC, 1994), 組成如表 1 所示。試驗採取 2 種粗蛋白質含量 (HCP 與 LCP) \times 3 種植酸酶含量 (PHT 250、PHT 500 與 PHT 750 組) 複因子飼糧處理。在粗蛋白質含量方面, HCP 組 (高蛋白質處理組) 於雞隻生長期 (1–21 日齡) 和肥育期 (22–35 日齡) 參照 NRC (1994) 推薦量分別提供 CP 23% 和 CP 20% 飼糧, LCP 組 (低蛋白質處理組) 雞隻則餵飼 CP 20% 及 CP 17%、並補充合成胺基酸, 使離胺酸 (lysine)、甲硫胺酸 (methionine) 及羥丁胺酸 (threonine) 含量分別與 HCP 組相同的含量。植酸酶之添加則於雞隻生長期和肥育期飼糧皆添加 250 U/kg (PHT 250)、500 U/kg (PHT 500) 及 750 U/kg (PHT 750)。
- (ii) 試驗期間調製生長期飼糧 1 次及肥育期飼糧 2 次, 每次先調製 HCP 和 LCP 飼糧各 500 kg, 再各取 150 kg 添加植酸酶, 使雞隻生長期和肥育期飼糧皆包括 HCP + PHT 250、HCP + PHT 500、HCP + PHT 750、LCP + PHT 250、LCP + PHT 500 及 LCP + PHT 750 等 6 種不同飼糧。

III. 堆肥製作及腐熟度判定

- (i) 生長試驗結束後, 收集各組雞糞墊料混合後採集樣品, 參考林 (1998) 調整水分後 (表 2), 進行 86 天 (2011/6/20–2011/9/14) 的堆積式堆肥化處理, 並於堆肥化處理第 20 天、第 45 天及第 68 天進行翻堆及調整水分。
- (ii) 採集各組堆肥化前、後樣品, 秤重後置於 $55 \pm 1^\circ\text{C}$ 的熱風循環烘箱 (CHANNEL DV-1202H) 2–3 天, 紀錄烘乾後重量, 再經粉碎後裝入 #10 封口袋, 於常溫下儲存備檢。

VI. 調查及分析項目

- (i) 生長性能: 雞隻於試驗開始、生長期結束及肥育期結束時, 以欄為單位各秤重 1 次, 記錄期間飼糧採食量, 計算平均採食量 (average daily feed intake, ADFI)、日增重 (average daily gain, ADG) 及飼料效率 (gain/feed, G/F)。
- (ii) 飼糧價格: 參照畜產試驗所 2011 年 5 月飼糧原料價格, 及購買之硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, GR 級, Merck, Germany; 含銅量 25.1%)、硫酸鋅 ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, GR 級, Merck, Germany; 含鋅量 35.6%)、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)、羥丁胺酸 (含 L-Threonine 98.5%; 國光生化科技公司, 中國浙江) 及植酸酶 (5,000 U/g, Fuda Biotech Co., Ltd.) 估算飼糧價格, 計算飼養成本。估算結果, 生長期和肥育期 HCP + PHT 250、HCP + PHT 500、HCP + PHT 750、LCP + PHT 250、LCP +

PHT 500 及 LCP + PHT 750 的飼糧價格分別為 20.88 和 18.91 元 /kg、20.91 和 18.93 元 /kg、20.93 和 18.95 元 /kg、19.57 和 18.44 元 /kg、19.59 和 18.46 元 /kg 及 19.61 和 18.49 元 /kg。

(iii) 屠體性狀：生長試驗結束後，每處理逢機選取 8 隻白肉雞，公、母各 4 隻，測定屠體性狀。

(iv) 相對發芽率 (relative seed germination, RSG) 測定：參考 Tiquia *et al.* (1996) 及 Tiquia (2010) 之方法，以結球甘藍 (Chinese cabbage) 及苜蓿 (alfalfa) 種籽，測定各組堆肥萃取液和對照組的 RSG，測定方法如下：

表 1. 試驗飼糧組成

Table 1. The composition of experimental diets

Items	Price ¹ , kg/NTD	Grower (1 to 21-d-old)		Finisher (22 to 35-d-old)	
		HCP	LCP	HCP	LCP
Ingredients, %					
Yellow corn, CP 7.5%	11.85	42.00	49.32	50.40	59.80
Soybean meal, CP 43.5%	14.34	42.00	36.80	36.60	28.20
Fish meal, CP 60%	70.87	2.00	—	—	—
Soybean oil	47.50	10.40	9.40	9.00	7.40
Limestone, pulverized	2.00	1.90	1.90	2.00	2.00
Dicalcium phosphate	15.80	0.60	0.90	1.00	1.10
Choline chloride (50%)	42.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	3.00	0.40	0.40	0.40	0.40
Vitamin premix ²	113.00	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix ³	27.00	0.20	0.20	0.20	0.20
L-Lysine, 51%	36.00	—	0.28	—	0.30
DL- Methionine, 99%	200.00	0.20	0.36	0.10	0.18
L-Threonine, 98.5%	97.00	—	0.14	—	0.12
Total		100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated value					
Metabolizable energy, kcal/kg		3,206	3,206	3,207	3,209
Crude protein, %		23.04	20.04	20.04	17.07
Ca, %		1.02	1.00	1.05	1.05
Total phosphorus, %		0.55	0.54	0.56	0.55
Non-phytate phosphorus, %		0.31	0.31	0.32	0.32
Cu, mg/kg		18.76	17.73	19.72	18.18
Zn, mg/kg		72.42	72.46	73.58	73.02
Lysine, %		1.35	1.35	1.12	1.12
Methionine, %		0.58	0.58	0.45	0.45
Threonine, %		0.91	0.91	0.78	0.78

¹ Values were estimated in May 2011.

² Vitamin premix provided per kilogram of diet: Vitamin A, 10,000 IU; Vitamin D3, 2,000 IU; Vitamin B12, 0.03 mg; Vitamin E, 20 IU; Vitamin K₃, 3 mg; Vitamin B₁, 2 mg; Vitamin B₂, 5 mg; Pantothenic acid, 20 mg; Niacin, 30 mg; Pyridoxine, 3mg; Folic acid, 2 mg; Biotin, 0.2 mg.

³ Mineral premix provided per kilogram of diet: Fe (FeSO₄ · H₂O), 80 mg; Cu (CuSO₄ · 5H₂O), 8 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O), 60 mg; Zn (ZnSO₄ · H₂O), 40 mg; I (KI), 0.45 mg.

1. 取烘乾的堆肥樣品磨成粉末狀。每樣品 4 重複，取 5 g 的樣品於小燒杯中，加入 50 mL 的蒸餾水（水溫約 75–80℃），攪拌均勻後，靜置 3 小時。
2. 培養皿平舖 90 nm 孔徑的濾紙，放入 100 顆種子。
3. 取各組過濾後濾液 8 mL 於培養皿中，對照組加入 8 mL 蒸餾水，於 25℃ 恆溫箱中放置 5 天，計算發芽種籽數。計算公式： $\text{RSG}(\%) = \text{處理組平均發芽數} \div \text{對照組平均發芽數} \times 100\%$ 。

(v) 堆肥成分分析

1. 水分、灰分、氮和磷分析：依照 AOAC（1990）所述測定之。
2. 銅、鋅和鉀分析：依照 AOAC（1990）所述，烘乾的堆肥樣品，經灰化（灰化爐，NEYTECH-2-525）秤重後，以原子吸收光譜儀（Atomic absorption spectrophotometer Z8100, Hitachi）測定之。

V. 統計分析

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)，生長性能以欄平均為試驗單位，屠體性狀以隻為試驗單位。以 LSMEANS 統計模式估計各處理組的最小平方平均值及標準機差，再以特奇公正顯著差異法 (Tukey's honest significant difference, HSD) 比較各處理組間差異顯著性。

表 2. 雞糞墊料堆肥化前成分調整

Table 2. The adjustment of broilers litter composition before composting

Items	Crude protein (CP)		Phytase (PHT)		
	HCP ¹	LCP	PHT 250	PHT 500	PHT 750
Before adjustment					
Litter weight, kg	111.27	110.97	104.20	121.95	107.20
Moisture, %	49.66	46.86	44.32	48.11	52.35
Dry matter weight, kg	56.93	58.80	58.45	64.00	51.15
Added water, L	43.83	43.50	51.50	49.80	29.70
After adjustment					
Litter weight, kg	155.13	154.43	155.70	171.80	136.85
Moisture, %	63.50	61.75	62.63	62.75	62.50

¹ The birds of group HCP were fed diets contained CP 23% and CP 20% in grower period and finisher period, respectively. Group LCP were fed diets contained CP 20% plus amino acid and CP 17% plus amino acid in grower period and finisher period, respectively. The birds of groups PHT 250, PHT500 and PHT 750 fed diet contained phytase 250, 500 and 750 U/kg in grower-finisher period, respectively.

結果與討論

I. 飼糧粗蛋白質及植酸酶含量對白肉雞生長性能之影響

(i) 飼糧粗蛋白質含量對白肉雞生長性能之影響

HCP 組雞隻 3 週齡體重和生長期的 ADG 及 ADFI 皆顯著地 ($P < 0.05$) 較 LCP 組為高，肥育期和試驗全期兩組間的 ADG、ADFI 和 G/F 無顯著差異，而 HCP 組雞隻在生長期和整個試驗期的飼糧成本有較 LCP 組為高的趨勢（表 3）。蘇等（2011）以不同銅、鋅型式及添加量之飼糧餵飼白肉雞，結果 3 週齡及 5 週齡時的體重分別為 721–826 g 及 1,662–2,079 g，均較本試驗為大，此與本試驗於 2011 年 5–6 月進行，可能受到氣候影響，致雞隻 ADFI 皆較蘇等（2011）為小使然。本試驗雖然在 LCP 組飼糧中添加合成胺基酸，使離胺酸、甲硫胺酸及羥丁胺酸含量與 HCP 組相同，但 HCP 組雞隻在生長期的 ADG 及 ADFI 皆顯著地 ($P < 0.05$) 較 LCP 組為高，此與 Bregendahl *et al.*（2002）及 Sterling *et al.*（2005）的研究指出，雞隻飼糧 CP 含量減少 3% 其生長效率也會

隨之降低之結果相似，而肥育期 HCP 組和 LCP 組的 ADG、ADFI 及 G/F 皆無顯著差異。Zhao *et al.* (2009) 以高、中和低粗蛋白質含量飼糧餵飼 Arbor Acres 品系白肉雞，結果 1–21 日齡的生長性能較本試驗各組為佳，但 22–35 日齡的 ADG 及 ADFI 則較本試驗各組為低。Fancher and Jensen (1989 a, b) 以參照 NRC (1994) 營養需要量 (CP 18.5%)、降低 CP 含量 (CP 16.7%) 及降低 CP 含量並添加不同組合之必需胺基酸的三種飼糧餵飼 21–42 日齡的白肉雞，結果採食 CP 16.7% 飼糧雞隻的結束體重、增重與飼料效率皆顯著較餵飼 CP 18.5% 飼糧者為低，而採食 CP 16.7% 加必需胺基酸飼糧的雞隻除了 G/F 較餵飼 CP 18.5% 飼糧組為低外，結束體重和增重皆與採食 CP 18.5% 飼糧組無顯著差異，此與本試驗雞隻餵飼 HCP 和 LCP 飼糧，在肥育期結束時的體重和增重皆無顯著差異之結果相似。

表 3. 不同粗蛋白及植酸酶含量飼糧對白肉雞生長性能和飼糧成本之影響

Table 3. Effect of dietary crude protein and phytase supplementations on growth performance and diet cost of broilers

Items	Crude protein (CP)		Phytase (PHT)			SE	Significance ³		
	HCP ¹	LCP	PHT 250	PHT 500	PHT 750		CP	PHT	CP × PHT
No of pens	12	12	8	8	8				
BW 1 ² , g	38.39	37.80	38.48	38.60	37.21	1.11	NS	NS	NS
Grower period (1 to 21 d-old)									
BW 2 ¹ , g	623	585	532 ^b	626 ^a	654 ^a	18	*	***	NS
ADG, g/d	29.25	27.36	24.68 ^b	29.38 ^a	30.86 ^a	0.61	*	***	NS
ADFI, g/d	50.05	46.87	46.98	48.13	50.28	1.71	*	NS	**
G/F, kg/kg	0.58	0.59	0.53 ^b	0.61 ^a	0.62 ^a	0.02	NS	**	**
Diet cost, NTD/kg gain	35.92	33.94	38.53 ^a	33.19 ^b	33.06 ^b	1.27	†	***	**
Finisher period (22 to 35 d-old)									
BW 35, g	1,629	1,624	1,482 ^b	1,667 ^a	1,730 ^a	79	NS	*	NS
ADG, g/d	71.79	74.19	67.82	74.32	76.84	4.98	NS	NS	NS
ADFI, g/d	126.38	128.20	114.49 ^b	131.33 ^{ab}	136.04 ^a	7.16	NS	*	NS
G/F, kg/kg	0.57	0.58	0.59	0.57	0.57	0.02	NS	NS	NS
Diet cost, NTD/kg gain	33.24	32.19	31.93	33.09	33.12	1.23	NS	NS	NS
Overall (1 to 35 d-old)									
ADG, g/d	46.77	46.64	42.44 ^b	47.89 ^{ab}	49.79 ^a	2.33	NS	*	NS
ADFI, g/d	81.48	80.36	74.78 ^b	82.39 ^{ab}	85.59 ^a	3.51	NS	*	*
G/F, kg/kg	0.58	0.58	0.57	0.58	0.58	0.02	NS	NS	NS
Diet cost, NTD/kg gain	34.22	32.66	34.08	33.14	33.10	1.00	†	NS	NS

¹ As Table 2.

² BW: body weight; ADG: average daily gain; ADFI: average daily feed intake; G/F: gain/feed.

³ NS: not significant; † P < 0.1; * P < 0.05; ** P < 0.01; *** P < 0.001.

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

(ii) 飼糧植酸酶含量對白肉雞生長性能之影響

餵飼 PHT 500 組和 PHT 750 組飼糧，在試驗期間雞隻的生長性能和飼糧成本皆無顯著差異（表 3）。生長期結束時，PHT 500 組和 PHT 750 組雞隻的體重較 PHT 250 組為大（P < 0.001），ADG（P < 0.001）和 G/F（P < 0.01）較佳，飼糧成本較低（P < 0.001），每公斤增重消耗的飼糧成本分別較 PHT 250 組低約 5.5 元及 5.3 元。肥育期結束時，PHT 500 組和 PHT 750 組雞隻體重顯著地（P < 0.05）較 PHT 250 組為大，PHT 750 組雞隻在肥育期的 ADG 較 PHT 250 組為高（P < 0.05）。就

整個試驗期而言，餵飼不同植酸酶含量飼糧對白肉雞的 G/F 和飼糧成本沒有顯著的影響。PHT 750 組雞隻的 ADFI 和 ADG 皆顯著地 ($P < 0.05$) 較 PHT 250 為高，此與 Santos *et al.* (2008) 證實，飼糧添加植酸酶有提高白肉雞採食量及增重效果的結果相似。此外，Pillai *et al.* (2006) 在 Cobb 品系白肉雞的生長期 (3–21 日齡) 和肥育期 (21–42 日齡) 分別餵飼粗蛋白質 (23.2 和 21.0%) 與代謝能 (3,115 和 3,185 kcal/kg) 含量相同的五種不同無機磷與植酸酶含量飼糧，結果負對照組雞隻採食量及結束體重皆顯著地較在負對照組飼糧添加 1,000 U/kg 植酸酶組為低，與本試驗在飼糧中添加 500 U/kg 和 750 U/kg 的植酸酶，具有改善白肉雞生長性能效果的結果相似。

(iii) 飼糧粗蛋白質及植酸酶含量對白肉雞生長性能之交感效應

雞隻生長期餵飼 LCP + PHT 500 組和 LCP + PHT 750 組飼糧，有較佳的飼料效率且消耗的飼糧成本較低 (表 5)。以不同粗蛋白質及植酸酶含量飼糧餵飼白肉雞，在生長期和整個試驗期間的 ADFI 有顯著的交感效應 (表 3)，此主要是由於採食 HCP 飼糧雞隻的 ADFI 以 PHT 750 顯著地較 PHT 250 組為高 (表 5)，但 LCP 三種植酸酶含量飼糧組間雞隻的 ADFI 差異不顯著。在生長期的 G/F 方面，雞隻餵飼 HCP 的三種植酸酶含量飼糧間 G/F 無顯著差異，但 LCP + PHT 500 和 LCP + PHT 750 組雞隻的 G/F 顯著地 ($P < 0.05$) 較 LCP + PHT 250 組為佳，致各組在生長期的 G/F 有顯著的交感效應。此外，採食 HCP 三種植酸酶含量飼糧的雞隻在生長期的飼糧成本差異不顯著，而餵飼 LCP + PHT 250 組的飼糧成本顯著地 ($P < 0.05$) 較 LCP + PHT 500 組和 LCP + PHT 750 組為高，而致使各組在生長期的飼糧成本方面有顯著的交感效應。

II. 飼糧粗蛋白質及植酸酶含量對白肉雞屠體性狀之影響

(i) 飼糧粗蛋白質含量對白肉雞屠體性狀之影響

HCP 組雞隻的屠宰率 ($P < 0.05$) 和胸肉灰分含量 ($P < 0.001$) 較 LCP 組高，而胸肉蛋白質含量則顯著地 ($P < 0.05$) 較 LCP 組為低 (表 4)。Zhao *et al.* (2009) 餵飼 Arbor Acres 白肉雞三種不同粗蛋白含量飼糧，在 42 日齡時測定屠體性狀，結果飼糧粗蛋白含量對白肉雞的屠宰率和胸肉蛋白質含量皆無顯著影響。Bregendahl *et al.* (2002) 及 Sterling *et al.* (2005) 指出，飼糧粗蛋白質含量差距 3% 就可能因腹脂的增加，而造成雞隻屠體性狀的差異。本試驗 LCP 組雞隻的飼糧粗蛋白質含量雖然較 HCP 組低 3%，但另補充合成胺基酸使 HCP 組和 LCP 組飼糧的離胺酸、甲硫胺酸及羥丁胺酸等必需胺基酸含量相同，而 LCP 組雞隻胸肉的蛋白質含量顯著地較 HCP 組為高，推測係由於 LCP 組飼糧添加必需胺基酸使得蛋白質利用效率提高，致胸肉蛋白質含量較 HCP 組為高 (Widyaratne and Drew, 2011)。

(ii) 飼糧植酸酶含量對白肉雞屠體性狀之影響

PHT 250 組雞隻的活體重 (LW) 極顯著地較 PHT 750 組為低，脾臟 ($P < 0.01$) 占 LW 的比率較 PHT 750 和 PHT 500 組為高，心臟 ($P < 0.001$) 占 LW 的比率亦較 PHT 750 組為高，胸肉蛋白質含量則極顯著地 ($P < 0.001$) 較 PHT 750 組為低，而屠宰率、胸肉量、腿肉量及胸肉灰分含量各組間相近 (表 4)。本試驗飼糧的粗蛋白質、無機磷和植酸酶含量與 Pillai *et al.* (2006) 之處理結果相近，各組間雞隻的屠宰率及胸肉量差異皆不顯著。PHT 750 組胸肉蛋白質含量較 PHT 500 組及 PHT 250 組為高，由 Boling-Frankenbach *et al.* (2001)、Cowieson *et al.* (2006) 和 Cowieson *et al.* (2008) 皆證實，飼糧添加植酸酶具有提高蛋白質 (胺基酸) 利用效率的效果，及 Widyaratne and Drew (2011) 指出，提供白肉雞高蛋白質利用效率的飼糧可提高肉產量等論述，推測係 PHT 750 組飼糧的植酸酶含量較 PHT 500 組和 PHT 250 組為高，因而提高蛋白質 (胺基酸) 利用效率及蓄積量，並致使胸肉蛋白質含量亦較 PHT 500 組和 PHT 250 組為高。

(iii) 飼糧粗蛋白質及植酸酶含量對白肉雞屠體性狀之交感效應

飼糧粗蛋白質及植酸酶含量對白肉雞肝臟占 LW 的比率有顯著的交感效應 (表 4)。雞隻採食 LCP 飼糧而添加不同植酸酶量的三組中以 PHT 500 組胸肉蛋白質含量顯著地 ($P < 0.05$) 較 PHT 250 組和 PHT 750 組為高，但採食 HCP 添加不同植酸酶量飼糧的三組中卻以 PHT 250 組的胸肉蛋白質含量顯著地 ($P < 0.05$) 較 PHT 500 組和 PHT 750 組為高，導致不同粗蛋白及植酸酶含量飼糧對白肉雞的胸肉蛋白質含量有顯著的交感效應，顯示植酸酶添加之效應在高、低粗蛋白質飼糧之反應互異。

表 4. 不同粗蛋白及植酸酶含量飼糧對白肉雞屠體性狀及胸肉化學組成之影響

Table 4. Effect of dietary crude protein and phytase supplementations on carcass characteristics and chemical composition of breast muscle in broilers

Items	Crude protein (CP)		Phytase (PHT)			SE	Significance ⁴		
	HCP ¹	LCP	PHT 250	PHT 500	PHT 750		CP	PHT	CP × PHT
No. of birds	24	24	16	16	16				
Live weight, g	1,656	1,587	1,499 ^b	1,599 ^{ab}	1,766 ^a	81	NS	**	NS
Carcass characteristics ² , %									
Dressing percentage	74.85	71.90	73.37	73.05	73.70	1.69	*	NS	NS
Breast muscle	20.81	20.18	20.03	21.11	20.35	0.59	NS	NS	NS
Thigh muscle	20.12	19.32	19.35	19.77	20.04	0.54	†	NS	NS
Liver	2.70	3.01	3.04	2.93	2.60	0.20	†	†	*
Spleen	0.19	0.22	0.26 ^a	0.19 ^b	0.16 ^b	0.03	NS	**	NS
Heart	0.63	0.62	0.71 ^a	0.63 ^{ab}	0.54 ^b	0.04	NS	***	NS
Breast muscle ³ , %									
Dry matter	22.52	22.67	21.88 ^b	22.54 ^{ab}	23.36 ^a	0.47	NS	*	NS
Protein	81.70	84.50	81.20 ^b	82.07 ^b	86.03 ^a	1.00	**	***	***
Ash	5.27	4.81	4.93	5.03	5.17	0.11	***	NS	NS

¹ As Table 2.² Based on a percentage of Live weight.³ Based on a percentage of dry matter. Estimated value, protein = nitrogen content × 6.25.⁴ NS: not significant; † P < 0.1; * P < 0.05; ** P < 0.01; *** P < 0.001.^{a, b}: Means within the same row without the same superscript are significantly different (P < 0.05).

表 5. 不同粗蛋白及植酸酶含量飼糧對白肉雞生長性能、屠體性狀及胸肉化學組成之交互效應

Table 5. Interactive effect of dietary crude protein and phytase levels on growth performance, carcass characteristics and chemical composition of breast muscle in broilers

Items	HCP ¹			LCP			SE
	PHT 250	PHT 500	PHT 750	PHT 250	PHT 500	PHT 750	
Grower period (1 to 21 d-old)							
ADFI ² , g/d	44.1 ^b	52.3 ^a	53.8 ^a	49.9 ^{ab}	44.0 ^b	46.8 ^{ab}	1.7
G/F, g/g	0.573 ^{ab}	0.584 ^{ab}	0.597 ^a	0.486 ^b	0.642 ^a	0.639 ^a	0.022
Diet cost, NTD/kg gain	36.78 ^a	35.85 ^{ab}	35.13 ^{ab}	40.29 ^a	30.54 ^b	30.98 ^b	1.27
Overall (1 to 35 d-old)							
ADFI	71.1 ^b	85.4 ^{ab}	87.9 ^a	78.4 ^{ab}	79.3 ^{ab}	83.3 ^{ab}	3.5
Carcass characteristics							
Liver ³ , %	3.07 ^{ab}	2.44 ^b	2.59 ^{ab}	3.02 ^{ab}	3.41 ^a	2.62 ^{ab}	0.20
Chemical composition, %							
Protein of breast muscle ⁴	85.63 ^b	81.35 ^c	78.13 ^d	76.78 ^{cd}	90.72 ^a	86.01 ^b	1.00

¹ As Table 2.² ADFI: average daily feed intake; G/F: gain/feed; TP: total protein.³ Based on a percentage of live weight.⁴ Based on a percentage of dry matter; Estimated value, protein = nitrogen content × 6.25.^{a, b, c, d} Means within the same row without the same superscript are significantly different (P < 0.05).

III. 雞糞墊料堆肥腐熟度判定

(i) 堆肥醱酵溫度

雞隻生長試驗結束後，收集各組之雞糞墊料參考林（1998）進行堆肥化前成分調整（表 2）後，採取堆積式醱酵處理。堆肥化期間各組最高醱酵溫度皆達 65℃ 以上，在堆肥化處理第 20 天、第 45 天及第 68 天進行翻堆及調整水分，而在第 75–86 天醱酵溫度皆已降至 35℃ 以下，故在第 86 天結束堆肥化處理。

(ii) 種籽相對發芽率（RSG）測定

選用結球甘藍及苜蓿種籽進行堆肥 RSG 測定，結果如表 6 所示。HCP 組對結球甘藍的 RSG 明顯地較 LCP 組為高（100.65% vs. 76.24%），但對苜蓿的 RSG 則較 LCP 組為低。在飼糧植酸酶含量組間，結球甘藍的 RSG 以 PHT 250 組明顯較 PHT 500 和 PHT 750 組為高，但苜蓿的 RSG 則以 PHT 750 組為最高，PHT 500 組最低。蘇等（2012）提供生長肥育豬不同銅、鋅含量飼糧，並收集糞便進行堆肥化處理後，以結球甘藍和苜蓿測定堆肥的 RSG，結果結球甘藍的 RSG 僅 16–20%，苜蓿則達 98.1–99.5%。Kim *et al.*（2008）選用結球甘藍及大白菜進行堆肥腐熟度評估，結果各組結球甘藍的 RSG 僅 0–40.0%，大白菜卻高達 104.0–164.4%。上述研究測定堆肥對種籽 RSG 之影響，皆因使用的植物種籽種類不同致 RSG 差距甚大，與本試驗各組堆肥對結球甘藍和苜蓿種籽的 RSG 差異甚大之結果相似。

表 6. 飼糧不同粗蛋白及植酸酶添加量對雞糞墊料堆肥化後種籽相對發芽率之影響

Table 6. Effect of different levels of crude protein and phytase supplementation to diets on RSG of litter after composting

Items	Control	Crude protein (CP)		Phytase (PHT)		
		HCP ¹	LCP	PHT 250	PHT 500	PHT 750
Chinese cabbage						
No. of germination, plant	77.5	78.0	59.1	80.1	61.5	64.0
RSG ² , %	100.00	100.65	76.24	103.39	79.36	82.58
Alfalfa						
No. of germination, plant	85.0	87.4	91.6	89.6	87.1	91.8
RSG, %	100.00	102.84	107.75	105.44	102.50	107.94

¹ As Table 2.

² RSG: number of seeds germinated in litter extract/number of seeds germinated in control × 100.

VI. 雞糞墊料堆肥化前後成分變化

採集雞糞墊料堆肥化前後樣品分析其成分變化（表 7），結果堆肥化後灰分、銅、鋅、磷和鉀濃度分別提高為堆肥化前的 1.59–2.41 倍、1.00–1.41 倍、1.54–1.81 倍、157–1.86 倍和 1.11–1.23 倍。蘇等（2012）飼養生長肥育豬不同銅鋅含量飼糧，並收集糞便進行堆肥化處理，結果堆肥化後銅濃度約為堆肥化前的 1.21–1.41 倍，鋅、磷和鉀的濃度也分別提高為 1.04–1.13、1.25–1.47 和 1.10–1.23 倍。Tiquia（2010）的研究，豬糞堆肥化後銅和鋅的濃度約為堆肥化前的 1.20–1.26 倍和 1.23–1.41 倍，此係因堆肥化期間有機質和有機碳（Parkinson *et al.*, 2004; Tiquia, 2010）被分解，致礦物質元素的濃度被濃縮而相對提高（Miaomiao *et al.*, 2009）。本試驗雞糞墊料經堆肥化後，氮濃度較堆肥化前降低 4–9%，蘇等（2012）以豬糞進行堆肥化處理後氮濃度降低 20–37%，Tiquia and Tam（2000）指出，在雞糞墊料堆肥化處理第 63 天及 91 天時，氮濃度約降低 24% 及 38%。相較於上述兩項研究，本試驗堆肥化期間氮的損失相對較低，而 Martins and Dewes（1992）的研究，在 98–114 天堆肥化期間氮濃度約降低 9.6–19.6%，則與本試驗結果較為相近。Bernal *et al.*（2009）證實，氮在堆肥化過程因被分解產生 NH₃、NO₃-N、Org-N 和 NH₄-N 等而逸散，導致堆肥化期間氮的損失。本試驗各組雞糞墊料經堆肥化後，其灰分及礦物質元素濃度較堆肥化前提高，氮濃度則較堆肥化前降低，與 Miaomiao *et al.*（2009）及 Martins and Dewes（1992）的研究結果相似。

表 7. 飼糧不同粗蛋白及植酸酶添加量對雞糞墊料堆肥化前後成分之變化

Table 7. Effect of different levels of crude protein and phytase supplementation to diets on compositions change before and after composting of broilers litter

Items	Crude protein (CP)		Phytase (PHT)		
	HCP ¹	LCP	PHT 250	PHT 500	PHT 750
Before composting ²					
Moisture, %	49.67	46.86	52.35	48.11	44.32
Ash, %	16.82	16.25	16.77	16.16	16.66
Cu, mg/kg	27	19	25	24	21
Zn, mg/kg	126	100	118	117	104
N, %	2.65	2.60	2.74	2.66	2.61
P, %	0.74	0.70	0.76	0.76	0.63
K, %	1.70	1.52	1.68	1.66	1.48
After composting					
Moisture, %	41.94	42.14	43.90	43.87	38.34
Ash, %	36.61	26.34	40.38	27.49	26.56
Cu, mg/kg	38	22	35	33	21
Zn, mg/kg	194	181	201	186	176
N, %	2.43	2.49	2.34	2.44	2.48
P, %	1.31	1.16	1.34	1.19	1.17
K, %	2.03	1.89	2.04	2.00	1.85

¹ As Table 2.² Dry matter basis, except of moisture content.

結 論

本試驗供應白肉雞低粗蛋白質含量並補充必需胺基酸的飼糧，對試驗期間的生長性能沒有顯著影響，且有降低飼糧成本的趨勢。飼糧添加 500 U/kg 和 750 U/kg 的植酸酶，在生長期有提高雞隻日增重和飼料效率之效果，並顯著地節省飼糧成本，且顯著提高雞隻在試驗期間的日增重和採食量。綜合以上結果，建議生長期和肥育期的白肉雞，可分別提供粗蛋白質含量 20% 和 17%、補充必需胺基酸，並添加 500–750 U/kg 植酸酶的飼糧。此外，本試驗各組雞糞墊料經堆肥化後，銅和鋅的濃度皆符合現行「肥料種類品目及規格」規範之畜禽糞堆肥（品目 5-09）銅、鋅限量。

參考文獻

- 林財旺。1998。優良禽畜糞堆肥製作。台灣省畜產試驗所四十週年所慶畜牧經營及廢棄物處理研討會論文集，pp.23–32。台灣省畜產試驗所編印。
- 蘇天明、劉士銘、劉曉龍、施柏齡、郭猛德。2011。白肉雞銅鋅排泄量之研究。畜產研究 44 (2)：163–174。
- 蘇天明、劉士銘、李恒夫、蕭庭訓、廖宗文、郭猛德。2012。不同銅鋅含量飼糧對生長肥育豬糞便及堆肥中銅鋅含量之影響。畜產研究 45 (2)：107–120。
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

- Bernal, M. P., J. A. Alburquerque and R. Moral. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresour. Technol.* 100: 5444–5453.
- Boling-Frankenbach, S. D., C. M. Peter, M. W. Douglas, J. L. Snow, C. M. Parsons and D. H. Baker. 2001. Efficacy of phytase for increasing protein efficiency ratio values of feed ingredients. *Poult. Sci.* 80: 1578–1584.
- Bregendahl, K., J. L. Sell and D. R. Zimmerman. 2002. Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poult. Sci.* 81: 1156–1167.
- Cowieson, A. J., T. Acamovic and M. R. Bedford. 2006. Phytic acid and phytase: Implications for protein utilization by poultry. *Poult. Sci.* 85: 878–885.
- Cowieson, A. J., V. Ravindran and P. H. Selle. 2008. Influence of dietary phytic acid and source of microbial phytase on ileal endogenous amino acid flows in broiler chickens. *Poult. Sci.* 87: 2287–2299.
- Fancher, B. I. and L. S. Jensen. 1989a. Dietary protein level and essential amino acid content: Influence upon female broiler performance during the grower period. *Poult. Sci.* 68: 897–908.
- Fancher, B. I. and L. S. Jensen. 1989b. Male broiler performance during the starting and growing periods as affected by dietary protein, essential amino acids, and potassium levels. *Poult. Sci.* 68: 1385–1395.
- Kim, K. Y., H. W. Kim, S. K. Han, E. J. Hwang, C. Y. Lee and H. S. Shin. 2008. Effect of granular porous media on the composting of swine manure. *Waste Manag.* 28: 2336–2343.
- Martins, O. and T. Dewes. 1992. Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. *Bioresour. Technol.* 42: 103–111. (Abstr.)
- Miaomiao, H., L., Wenhong, L., Xinqiang, W., Donglei and T. Guangming. 2009. Effect of composting process on phytotoxicity and speciation of copper, zinc and lead in sewage sludge and swine manure. *Waste Manag.* 29: 590–597.
- NRC. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. (9th rev. ed.) National Academy Press, Washington, DC.
- Parkinson, R., P. Gibbs, S. Burchett and T. Misselbrook. 2004. Effect of turning regime and seasonal weather conditions on nitrogen and phosphorus losses during aerobic composting of cattle manure. *Bioresour. Technol.* 91: 171–178.
- Pillai, P. B., T. O'Connor-Dennie, C. M. Owens and J. L. Emmert. 2006. Efficacy of an *Escherichia coli* phytase in broilers fed adequate or reduced phosphorus diets and its effect on carcass characteristics. *Poult. Sci.* 85: 1737–1745.
- Ravindran, V., S. Cabahug, G. Ravindran and W. L. Bryden. 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poult. Sci.* 78: 699–706.
- Santos, F. R., M. Hruby, E. E. M. Pierson, J. C. Remus and N. K. Sakomura. 2008. Effect of phytase supplementation in diets on nutrient digestibility and performance in broiler chicks. *J. Appl. Poult. Res.* 17: 191–201.
- SAS. 2002. *SAS procedure guide for personal computers*. Version 6th Ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. U. S. A.
- Sebastian, S., S. P. Touchburn and E. R. Chavez. 1998. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: A review. *Worlds Poult. Sci. J.* 54: 27–47.
- Sebastian, S., S. P. Touchburn, E. R. Chavez and P. C. Lague. 1996. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. *Poult. Sci.* 75: 729–736.
- Sohail, S. S. and D. A. Roland. 1999. Influence of supplemental phytase on performance of broilers from four to six weeks of age. *Poult. Sci.* 78: 550–558.
- Sterling, K. G., D. V. Vedenov, G. M. Pesti and R. I. Bakalli. 2005. Economically optimal dietary crude protein and lysine levels for starting broiler chicks. *Poult. Sci.* 84: 29–36.
- Tiquia, S. M. 2010. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. *Chemosphere.* 79: 506–512.
- Tiquia, S. M., N. F. Y. Tam and I. J. Hodgkiss. 1996. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. *Environ. Pollut.* 93: 249–256.

- Tiquia, S. M. and N. F. Y. Tam. 2000. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. *Environ. Pollut.* 110: 535–541.
- Widyaratne, G. P. and M. D. Drew. 2011. Effects of protein level and digestibility on the growth and carcass characteristics of broiler chickens. *Poult. Sci.* 90: 595–603.
- Zhao, J. P., J. L. Chen, G. P. Zhao, M. Q. Zheng, R. R. Jiang and J. Wen. 2009. Live performance, carcass composition, and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. *Poult. Sci.* 88: 2575–2584.

Effects of levels of dietary crude protein and phytase supplementation on growth performance and carcass characteristics in broiler chickens⁽¹⁾

Tein-Ming Su⁽²⁾⁽⁴⁾ Yi-Hsiang Weng⁽²⁾ Shine-Ming Liou⁽²⁾
Ting-Hsun Hsiao⁽²⁾ and Hsiao-Lung Liu⁽³⁾

Received: Sep. 14, 2012; Accepted: Mar. 19, 2013

Abstract

The purpose of this study was to investigate the dietary crude protein (CP) and phytase (PHT) supplementation on growth performance and carcass characteristics in broilers, and the compositions change before and after composting of broilers litter. A total of 480 1-d-old Arbor Acres commercial broilers, half male and half female, were allotted into a 2 × 3 factorial arrangement of treatments. Broilers were fed the basal corn-soybean meal diet which contained ME 3,200 kcal/kg and 8 mg Cu/kg and 40 mg Zn/kg. The experimental diet with two levels of CP were groups of high crude protein (HCP) and low crude protein (LCP) and three supplements of phytase levels were groups of PHT 250, PHT 500 and PHT 750. The birds in group HCP were fed diet containing CP 23% and CP 20% in grower period (1 to 21 d-old) and finisher period (22 to 35 d-old), respectively, and birds in group LCP were fed diet with CP 20% plus amino acid (CP 20 + AA) and CP 17% plus amino acid (CP 17 + AA) in grower period and finisher period, respectively. The amino acid content in group LCP diet was adjusted by adding lysine, methionine and threonine to the level of group HCP diet. The birds of groups PHT 250, PHT 500 and PHT 750 were fed diets containing phytase 250, 500 and 750 U/kg in grower-finisher period, respectively. Feed and tap water were provided *ad libitum* during the experimental period. The growth performance and carcass characteristics of birds were measured. The litters collected were used for compost processing subsequently at the end of feeding trial. Before and after composting, the Cu, Zn, nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) concentration of compost were analyzed. After composting, the relative seed germination of compost was measured. The results showed that the average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI), feed efficiency (gain/feed, G/F) and diet cost were similar for groups HCP and LCP. The birds of group PHT 750 had higher ($P < 0.05$) ADG and ADFI than the group PHT 250. The dietary CP levels did not affect the carcass characteristics. The group of PHT 750 had significantly larger body weight ($P < 0.01$) and protein content of breast muscle ($P < 0.001$) when compared to the group of PHT 250. In the final compost, the ash, Cu, Zn, P and K concentrations were increased and the N concentration decreased when compared to the broiler litter before composting. In conclusion, the dietary supplementation of crystalline amino acids and reduced the content of crude protein in diet did not affect the growth performance for broiler. The birds of group PHT 750 had larger ($P < 0.05$) ADG and ADFI when compared to the group PHT 250.

Key words: Broiler, Carcass characteristics, Crystalline amino acid, Growth performance, Phytase.

(1) Contribution No. 1883 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) Corresponding author, E-mail: tmsu@mail.tlri.gov.tw