

# 白肉雞銅鋅排泄量之研究<sup>(1)</sup>

蘇天明<sup>(2)(5)</sup> 劉士銘<sup>(2)</sup> 劉曉龍<sup>(3)</sup> 施柏齡<sup>(4)</sup> 郭猛德<sup>(2)</sup>

收件日期：99 年 10 月 6 日；接受日期：99 年 12 月 20 日

## 摘要

本試驗旨在探討飼糧中添加不同化學型式及不同銅、鋅添加量，對糞便中銅、鋅含量的影響。採用 1 日齡的白肉雞 480 隻，公母各半，逢機分置在以玉米—大豆粕為主要原料的基礎飼糧，分別添加 3 種不同量的銅與鋅及 2 種不同銅與鋅型式，使成 6 種不同飼糧處理組。A 組及 B 組在飼糧礦物質預混物中分別添加硫酸銅與硫酸鋅 4 與 20 mg/kg 及 8 與 40 mg/kg，C 組則添加硫酸銅及硫酸鋅，使飼糧中銅與鋅的含量分別為 35 mg/kg 及 140 mg/kg；D、E 和 F 組添加蛋白質螯合型式的銅及鋅，添加量分別與 A、B 和 C 組相同，並於 A 組及 D 組飼糧中添加 500 U/kg 的植酸酶。每處理 4 欄、每欄飼養同性別的白肉雞 20 隻，至 35 日齡結束。雞隻 4 週齡時每處理逢機選取 8 隻進行代謝試驗，餵飼肥育期飼糧。結果顯示，試驗期間各組的生長性能相近，A 組血漿的銅濃度較其他五組為高 ( $P < 0.05$ )，D 組則在生長期結束 (21 日齡) 時鋅的濃度顯著地高於 B 組、E 組和 F 組。C 組和 F 組雞隻糞便乾物質中銅與鋅的含量皆顯著地較其他四組為高，分別達 95 和 99 mg Cu/kg 與 317 和 320 mg Zn/kg。試驗結果顯示，白肉雞飼予以玉米—大豆粕為主要原料的飼糧，在飼糧中添加 8 與 40 mg/kg 的銅與鋅，對白肉雞的生長性能沒有顯著影響，而雞隻糞便中銅、鋅含量則隨著銅與鋅的攝取量增加而提高。

關鍵詞：白肉雞、銅鋅排泄量、生長性能。

## 緒言

銅和鋅都是動物生長所需之必要元素，而植物性飼料原料中含有植酸成分，植酸在中性酸鹼度下可與礦物質離子如銅、鋅、鎂、鈣、鐵等結合，形成穩定且不溶性的植酸鹽 (Oberlaeas and Harland, 1996)，使單胃動物無法有效利用飼糧中的礦物質成分，其中又以銅和鋅的結合力為最強；植酸酶 (phytase) 是一種可以將植酸水解為肌醇 (inositol) 和無機礦物質的酵素，存在於天

---

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1628 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) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

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

然的穀類和豆類的種籽 (Viveros *et al.*, 2000) 中, 或可藉由微生物生產 (Wyss *et al.*, 1999)。研究指出, 飼糧中添加植酸酶可以提高雞隻對植酸鋅 (Mohanna and Nys, 1999; Ravindran *et al.*, 2000; Viveros *et al.*, 2002) 和植酸銅 (Sebastian *et al.*, 1996) 的鋅和銅之生物可利用率, 但 Roberson and Edwards (1994) 則認為, 飼糧中添加植酸酶不影響雞隻對植酸鋅的吸收。

國家標準—配合飼料 (經濟部中央標準局, 2000) 規定, 雞隻飼糧中銅和鋅的最大限量分別為 35 和 140 ppm, NRC (1994) 對白肉雞飼糧中的銅及鋅的建議含量分別為 8 及 40 mg/kg。目前飼糧中所添加的銅、鋅通常係屬無機型式, Veum *et al.* (2004) 指出, 以蛋白質螯合銅 50 ppm 餵飼保育豬, 可較添加硫酸銅型式的銅 250 ppm 組提高銅的吸收及蓄積, 並減少 23% 之銅排泄量, 顯示有機型式的銅其生物可利用性較無機銅為高。研究 (Cromwell, 1991, 1997; Coffey *et al.*, 1994; Apgar *et al.*, 1995) 指出, 飼糧中添加 250 ppm 硫酸銅有類似抗生素的效果, 但此時豬隻對銅之吸收及利用率僅約 10-30%, 而使排泄物中銅含量相對提高, 施肥時影響農作物的生產 (Kornegay and Harper, 1997; Dozier *et al.*, 2003)。動物採食超過營養需要量的銅, 會蓄積於體組織, 而大部分會堆積於肝臟, 難以吸收利用, 而後經由膽汁從糞便中排出, 致增加土壤中重金屬的含量, 造成二次污染 (潘, 2003; Muehlenbein *et al.*, 2001)。

Wedekind *et al.* (1992) 指出, 應用純化或半純化飼糧可能無法正確的評估畜禽的銅、鋅需求量, 因為純化或半純化飼糧中通常未含有植酸和粗纖維, 有別於大多數的商業雞場所採用的以玉米—大豆粕為主要原料之飼糧。Huang *et al.* (2007) 認為, 應用玉米—大豆粕為主要原料之飼糧來評估畜禽的銅、鋅需求量, 較採用純化或半純化飼糧為佳, 其優點包括: 1. 成本較低, 2. 嗜口性較佳, 可正確的評估採食量並充分表現畜禽潛在的遺傳生長特性, 3. 因大多數的商業雞場採用以玉米—大豆粕為主之飼糧, 故評估結果較符合應用。因此本研究採用以玉米—大豆粕為主要原料之飼糧, 評估飼糧中不同的銅與鋅含量對白肉雞的生長性能, 以及糞便中的銅、鋅含量的影響。

## 材料與方法

### I. 試驗動物與分組

- (i) 採用 1 日齡的愛拔益加 (Arbor Acres) 白肉雞 480 隻 (購自台南市後壁區永光種雞場), 公母各半, 逢機分置於基礎飼糧中添加 3 種不同銅與鋅含量及 2 種不同銅與鋅型式, 使成 6 種不同飼糧處理組。A 組及 B 組在飼糧礦物質預混物中分別添加硫酸銅和硫酸鋅型式的銅與鋅 4 與 20 mg/kg (NRC 推薦需要量的 50%) 及 8 與 40 mg/kg (NRC 推薦需要量), C 組則添加硫酸銅和硫酸鋅, 使飼糧中銅與鋅含量達 2000 年國家標準的最高限量, 即分別為 35 mg/kg 及 140 mg/kg; D 組及 E 組分別在飼糧中添加蛋白質螯合型式的銅與鋅 4 與 20 mg/kg 及 8 與 40 mg/kg, F 組則添加蛋白質螯合型式的銅與鋅, 使飼糧中銅與鋅的含量分別為 35 mg/kg 與 140 mg/kg, 並在 A 組及 D 組飼糧中添加 500 U/kg 的植酸酶 (Fuda Biotech Co., Ltd.)。
- (ii) 雞隻飼養在平飼雞舍中, 每欄 (1.8 × 1.3 m) 飼養同性別白肉雞 20 隻, 每隻雞約提供 0.12 m<sup>2</sup> 的地面積。每處理 4 欄, 在雞隻 35 日齡時結束生長性能測定。試驗前在每欄鋪約 5 公分的粗糠 (12 kg, 經測定含水率為 8.35%) 為墊料, 試驗期間飼糧任食, 飲水 (自來水) 充分供應, 經分析飲水之銅及鋅含量均未檢出 (< 0.001 ppm)。
- (iii) 本試驗動物飼養於畜產試驗所營養組開放式平飼雞舍內, 動物之使用、飼養及實驗內容, 通過畜產試驗所「實驗動物審查小組」審查。

## II. 基礎飼糧

基礎飼糧區分生長期（1-21 日齡）及肥育期（22-35 日齡）2 種，其粗蛋白及代謝能含量參照 NRC（1994）調製，組成成分如表 1 所示。

表 1. 基礎飼糧組成

Table 1. The composition of basal diet for broiler

Items	Grower (1-21 day old)	Finisher (22-35 day old)
Ingredients (%)		
Corn meal, CP 7.8%	46.65	57.05
Soybean meal, CP 44%	35.00	28.60
Fish meal, CP 64.2%	6.00	4.00
Soybean oil	9.00	7.00
Limestone, pulverized	1.30	1.30
Dicalcium phosphate	1.00	1.00
Choline chloride, 50%	0.10	0.10
Salt	0.40	0.40
DL-Methionine	0.15	0.15
Vitamin premix <sup>a</sup>	0.20	0.20
Mineral premix <sup>b</sup>	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Calculated value		
Crude protein, %	23.20	20.00
Metabolizable energy, kcal/kg	3,203	3,202
Calcium, %	1.02	0.93
Total phosphorus, %	0.69	0.63
Non-phytate phosphorus, %	0.46	0.41
Copper, mg/kg	9.60	8.40
Zinc, mg/kg	28.6	25.9

<sup>a</sup> Supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 6,000 IU ; Riboflavin, 4 mg ; Pyridoxine, 1mg ; Vitamin B<sub>12</sub>, 0.02 mg ; Vitamin D<sub>3</sub>, 800 IU ; Vitamin E, 20 IU ; Vitamin K<sub>3</sub>, 4 mg ; Biotin, 0.1 mg ; Folic acid, 0.5 mg ; Niacin, 30 mg ; Pantothenic acid, 16 mg.

<sup>b</sup> Supplied per kilogram of diet: Fe (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), 80 mg; Mn (MnSO<sub>4</sub>), 60 mg.

## III. 代謝試驗

- ( i ) 雞隻 4 週齡時每欄逢機選取 2 隻，每處理 8 隻，置於環控雞舍之代謝雞籠，溫度及相對濕度分別設定為  $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$  及  $70 \pm 5\%$ ，給予 7 日之適應期，期間餵飼肥育期飼糧，分上、下午充分供應，飲用水則以自來水供自由採食。

- (ii) 代謝試驗在雞隻上籠第 8-13 日間進行，期間餵飼方式同適應期，並在餵飼前先收集前次餵飼之剩餘料，加以秤量記錄後再餵飼，扣除剩餘料，以計算實際採食量。上籠第 8 日及第 14 日上午餵飼前，秤取個別雞隻體重。
- (iii) 上籠第 8 日及第 14 日上午於飼糧中添加 1% 之  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ，試驗開始後從雞隻排出綠色糞便開始收集，到雞隻再排出綠色糞便時為止，每天上、下午收集並記錄糞便重量，置於熱風循環烘箱（DV 1202, Channel）烘至恆重後，置於防潮箱中備檢。

#### IV. 調查及分析項目

- (i) 生長性能：試驗開始、生長期結束及肥育期結束時，分別秤重一次，記錄飼糧採食量，計算攝食量（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：生長期及肥育期結束時，每欄逢機選取 6 隻、每處理 24 隻，使用含抗凝血劑（EDTA 1.6 mg/mL blood, Sarstedt, Germany）的採血管，從翼下靜脈採集 10 mL 血液，靜置 2 小時後置入離心機（Centronix C1236-V），以 3000 rpm 轉速、離心 30 分鐘後，凍存於  $-20^\circ\text{C}$  冷凍庫。以血液生化分析儀（Hitachi 7150, Japan）分析血漿中總膽固醇（cholesterol, CHOL）、三酸甘油酯（triglyceride, TG）、總蛋白（total protein, TP）及血中尿素氮（blood urea nitrogen, BUN）濃度；以原子吸收光譜儀（Spectrophotometer Z8100, Hitachi）測定血漿中銅及鋅含量。
- (iii) 分析飼糧和糞便的水分、總氮、總磷、鉀及銅、鋅含量。
- (iv) 分析墊料乾物質的灰分、總氮、總磷、鉀、有機碳及銅、鋅含量，並計算碳氮比。

#### 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，其他項目以隻為試驗單位。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），檢定各處理組間的差異顯著性。

## 結果與討論

試驗期間分別調製 2 次生長期飼糧及 3 次肥育期飼糧，經化學成分分析結果，列於表 2。各組飼糧的銅、鋅含量皆隨著添加量的增加而提高，其他成分各組間均相近。

飼糧添加不同銅、鋅型式或不同銅、鋅添加量對白肉雞生長性能之影響，列於表 3。本試驗從入雛（雞隻 1 日齡時）、分組開始以試驗飼糧餵飼，雞隻 1 日齡時 C 組和 E 組體重顯著地（ $P < 0.05$ ）較 B 組為大，主因係購入時依性別裝箱，每箱放置 100 隻雛肉雞，依序秤重後放入巴達利式育雛器，再以逢機方式分配到各飼糧處理組，並未就體重進行調整所致。育雛期 B 組的 ADFI 顯著地較 D 組少，而 G/F 則較 E 組和 F 組為佳（ $P < 0.05$ ）。NRC（1994）指出，白肉雞在 1-2 週齡時的 ADFI 分別約為 20-40 g，G/F 為 1.0-0.77，2 週齡時平均體重約 350 g，本試驗在雞隻 12 日齡移出時，體重已介於 283-318 g 間，顯示在育雛階段雞隻的生長皆屬正常。在生長期階段，除了 D 組的 ADFI 顯著地高於 B 組、E 組和 F 組外，ADG 和 G/F 各組間差異不顯著，此與 Ao *et al.*（2007）指出，飼糧添加植酸酶具有提高 ADFI 之效果的結論相符。就肥育期和整個試驗期而言，不論 ADG、ADFI、G/F 或 35 日齡的平均體重，各組間差異均不顯著，顯示本試驗在飼糧中添加不同型式或添加不同量的銅和鋅，對白肉雞整個飼養期的生長性能沒有顯著的影響。

表 2. 試驗飼糧分析值\*

Table 2. The analyzed value of experimental diets

Item	Group A	Group B	Group C	Group D	Group E	Group F	SE
Grower (n=2)							
Ash, %	6.01	5.96	5.84	5.73	5.95	6.55	0.29
Cu, mg/kg	12.9 <sup>b</sup>	15.7 <sup>b</sup>	30.7 <sup>a</sup>	11.6 <sup>b</sup>	14.2 <sup>b</sup>	34.0 <sup>a</sup>	2.1
Zn, mg/kg	74.9 <sup>b</sup>	79.3 <sup>b</sup>	131.0 <sup>a</sup>	55.6 <sup>b</sup>	72.4 <sup>b</sup>	121.0 <sup>a</sup>	8.6
N, %	3.73	3.68	3.70	3.73	3.68	3.70	0.001
P, %	0.90 <sup>a</sup>	0.75 <sup>c</sup>	0.75 <sup>c</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.76 <sup>b</sup>	0.002
K, %	0.69 <sup>ab</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.59 <sup>ab</sup>	0.58 <sup>ab</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	0.03
Finisher (n=3)							
Ash, %	5.80	5.84	5.76	6.16	5.74	5.71	0.25
Cu, mg/kg	11.1 <sup>b</sup>	15.1 <sup>b</sup>	37.0 <sup>a</sup>	8.3 <sup>b</sup>	11.2 <sup>b</sup>	31.1 <sup>a</sup>	1.8
Zn, mg/kg	72.6 <sup>de</sup>	92.9 <sup>c</sup>	168.0 <sup>a</sup>	59.6 <sup>e</sup>	78.6 <sup>cd</sup>	142.0 <sup>b</sup>	4.2
N, %	3.42	3.38	3.45	3.44	3.47	3.46	0.09
P, %	0.73	0.72	0.78	0.76	0.71	0.70	0.02
K, %	0.61	0.54	0.66	0.62	0.58	0.56	0.04

\*Dry matter basis.

a, b, c, d, e Means within the same row without the same superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

在血液性狀方面，A 組雞隻血漿的銅濃度在生長期結束和肥育期結束時，皆較其他五組為高（ $P < 0.05$ ），鋅的濃度則以 D 組在生長期結束時顯著地高於 B 組、E 組和 F 組（表 4）。A 組血漿總蛋白質（TP）的濃度顯著地較 E 組和 F 組，而血中尿素氮（BUN）濃度則以 D 組顯著地高於 B 組、E 組和 F 組。B 組和 E 組血漿的三酸甘油酯（TG）濃度顯著地較 A、D、F 等三組為低，而血漿的總膽固醇（CHOL）濃度各組間差異不顯著。肥育期結束時，雞隻血漿中銅、TG 和 TP 的濃度仍以 A 組最高，銅的濃度顯著地高於 B、C、D 及 F 等四組，TG 較 C、E 及 F 等三組為高（ $P < 0.05$ ），TP 的濃度顯著地高於 B 組與 C 組，而血漿中鋅、BUN 和 CHOL 的濃度各組間相近。

表 3. 飼糧添加不同化學型式及添加量之銅鋅對白肉雞生長性能之影響\*

Table 3. Effect of adding different chemical forms and levels of copper and zinc to diet on growth performance of broilers

Item	Group A	Group B	Group C	Group D	Group E	Group F	SE
Starter (1-11d)							
BW(1-d-old), g	45 <sup>ab</sup>	42 <sup>b</sup>	49 <sup>a</sup>	46 <sup>ab</sup>	48 <sup>a</sup>	46 <sup>ab</sup>	1
ADG, g	26.30	24.70	25.10	27.20	23.80	23.60	0.90
ADFI, g	26.80 <sup>ab</sup>	23.30 <sup>c</sup>	26.50 <sup>ab</sup>	28.20 <sup>a</sup>	25.8 <sup>abc</sup>	25.40 <sup>bc</sup>	0.60
Gain/feed	0.98 <sup>ab</sup>	1.06 <sup>a</sup>	0.95 <sup>ab</sup>	0.96 <sup>ab</sup>	0.92 <sup>b</sup>	0.93 <sup>b</sup>	0.03
Grower (12-21d)							
BW(12-d-old), g	308	289	300	318	286	283	9
ADG, g	45.60	38.70	45.30	50.70	51.70	43.80	3.70
ADFI, g	82.40 <sup>ab</sup>	72.00 <sup>b</sup>	83.60 <sup>ab</sup>	93.50 <sup>a</sup>	75.90 <sup>b</sup>	78.60 <sup>b</sup>	3.20
Gain/feed	0.55	0.54	0.54	0.55	0.59	0.56	0.05
Finisher (22-35d)							
BW(22-d-old), g	765	676	753	826	803	721	40
ADG, g	76.80	70.40	85.20	89.50	72.70	76.30	8.30
ADFI, g	149.60	133.80	160.20	151.40	143.20	134.20	7.00
Gain/feed	0.51	0.53	0.54	0.59	0.51	0.56	0.06
Overall (1-35d)							
BW(35-d-old), g	1,839	1,662	1,946	2,079	1,821	1,789	122
ADG, g	52.80	47.60	55.80	59.80	52.10	51.3	3.60
ADFI, g	93.70	83.20	98.30	98.20	88.90	85.8	3.70
Gain/feed	0.56	0.57	0.57	0.61	0.59	0.59	0.03

\* Groups A and B were fed the basal diet with two levels of copper and zinc i.e., 4 mg Cu/kg and 20 mg Zn/kg and 8 mg Cu/kg and 40 mg Zn/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>, respectively. Group C was fed the basal diet with copper at 35 mg/kg and Zinc at 140 mg/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>. The groups D, E and F were fed the basal diet with three levels of copper and zinc as the groups A, B and C, by adding Cu-proteinate or Zn-proteinate. Phytase was added to groups A and D at 500 U/kg.

<sup>a, b, c</sup> Means within the same row without the same superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

表 4. 飼糧添加不同化學型式及添加量之銅鋅對白肉雞血液性狀之影響\*

Table 4. Effect of adding different chemical forms and levels of copper and zinc to diet on blood trait of broilers

Item	Group A	Group B	Group C	Group D	Group E	Group F	SE
Grower (21-d-old)							
Cu, µg/dL	2.12 <sup>a</sup>	0.98 <sup>b</sup>	1.03 <sup>b</sup>	1.11 <sup>b</sup>	0.88 <sup>b</sup>	0.92 <sup>b</sup>	0.14
Zn, µg/dL	3.31 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>b</sup>	3.65 <sup>ab</sup>	6.20 <sup>a</sup>	1.77 <sup>b</sup>	1.62 <sup>b</sup>	0.72
CHOL <sup>1</sup> , mg/dL	132	140	138	131	135	126	4
TG, mg/dL	74 <sup>a</sup>	49 <sup>b</sup>	63 <sup>ab</sup>	72 <sup>a</sup>	45 <sup>b</sup>	69 <sup>a</sup>	5
TP, g/dL	3.35 <sup>a</sup>	3.17 <sup>abc</sup>	3.20 <sup>abc</sup>	3.27 <sup>ab</sup>	3.02 <sup>bc</sup>	2.95 <sup>c</sup>	0.06
BUN, mg/dL	1.97 <sup>ab</sup>	1.75 <sup>b</sup>	1.88 <sup>ab</sup>	2.10 <sup>a</sup>	1.39 <sup>c</sup>	1.37 <sup>c</sup>	0.09
Finisher (35-d-old)							
Cu, µg/dL	0.86 <sup>a</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.42 <sup>b</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.60 <sup>ab</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.06
Zn, µg/dL	2.08	1.94	1.43	1.71	1.87	2.16	0.02
CHOL, mg/dL	116	123	118	128	114	120	3
TG, mg/dL	99 <sup>a</sup>	76 <sup>ab</sup>	51 <sup>bc</sup>	46 <sup>c</sup>	83 <sup>a</sup>	36 <sup>c</sup>	7
TP, g/dL	3.86 <sup>a</sup>	3.42 <sup>b</sup>	3.42 <sup>b</sup>	3.49 <sup>ab</sup>	3.57 <sup>ab</sup>	3.70 <sup>ab</sup>	0.10
BUN, mg/dL	1.39	1.12	1.33	1.29	1.23	1.07	0.12

\* Groups A and B were fed the basal diet with two levels of copper and zinc i.e., 4 mg Cu/kg and 20 mg Zn/kg and 8 mg Cu/kg and 40 mg Zn/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>, respectively. Group C was fed the basal diet with copper at 35 mg/kg and Zinc at 140 mg/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>. The groups D, E and F were fed the basal diet with three levels of copper and zinc as the groups A, B and C, by adding Cu-proteinate or Zn-proteinate. Phytase was added to groups A and D at 500 U/kg.

<sup>1</sup> CHOL: total cholesterol; TG: triglyceride; TP: total protein; BUN: blood urea nitrogen.

<sup>a, b, c</sup> Means within the same row without the same superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

血液中銅和鋅的濃度愈高，表示銅、鋅吸收率愈佳。本試驗 A 組和 D 組飼糧中銅、鋅添加量為 NRC (1994) 推薦需要量的 50%，B、C、E 和 F 組雖添加較 A 組與 D 組為高之銅與鋅，惟血漿中的濃度卻較 A 組和 D 組為低。A 組在生長期和肥育期結束時血漿中銅的濃度顯著較其他五組為高（肥育期 E 組除外），D 組在生長期結束時鋅的濃度顯著地高於 B 組、E 組和 F 組，此與研究（Cromwell, 1991, 1997；Coffey *et al.*, 1994；Apgar *et al.*, 1995）指出，飼糧中添加高量（250 ppm）的銅，會致使銅的吸收及利用率降低之結論相似。A 組和 D 組飼糧中添加 500 U/kg 的植酸酶，Sebastian *et al.* (1996) 指出，飼糧添加植酸酶可促進雄性雞隻對銅和鋅的吸收，Banks *et al.* (2004) 也證實，將植酸酶添加於飼糧有提高銅吸收率的效果，與本試驗結果一致。此外，Liu *et al.* (2009) 發現，在高植酸含量（0.44% vs. 0.22%）的飼糧中添加植酸酶，具有改善白肉雞銅和鋅吸收率的效果，本試驗使用的飼糧（表 1）與 Liu *et al.* (2009) 所用的低植酸含量飼糧相近，但仍有提高血漿銅濃度的效果。血液 TP 的濃度愈高，表示蛋白質（胺基酸）的吸收率愈佳。本試驗 A 組和 D

組雞隻飼糧中添加 500 U/kg 的植酸酶，而 A 組雞隻在 21 和 35 日齡時血漿的 TP 濃度分別顯著地較 E 組與 F 組，和 B 組與 C 組為高，此或許同 Rutherford *et al.* (2004) 及 Selle *et al.* (2007) 之研究所顯示者，飼糧添加植酸酶可顯著提高胺基酸的迴腸消化率之結果相符。從本試驗各組雞隻血漿的銅、鋅含量結果，未獲致蛋白質螯合型式的銅與鋅吸收率，有較硫酸鹽型式的銅、鋅為高 (Veum *et al.*, 2004) 之結論。

雞隻 4 週齡時每處理逢機選取 8 隻，置於環控雞舍之代謝雞籠，溫度及相對濕度分別設定為  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  及  $70 \pm 5\%$ ，給予 7 日之適應期後，進行 6 天的代謝試驗，結果示於表 5。代謝試驗期間雖然仍採取任食方式，但除了 A 組和 E 組之 ADG 與同組肥育期的平均增重相近外 (表 3)，B、C、D 和 E 組均明顯較小，各組的 ADFI 僅約肥育期平均採食量的 80% 左右，而飼料效率明顯較肥育期的平均飼料效率為佳。每日糞便排泄量及糞便含水率方面，各組間差異皆不顯著。以糞便乾基進行礦物質含量分析，結果 A 組的灰分和總磷含量顯著地較 C 組為高，而鉀和總氮含量各組間相近。C 組和 F 組雞隻糞便中銅與鋅的含量皆顯著地較其他四組為高，分別達 95 與 99 mg/kg 和 317 與 320 mg/kg。

表 5. 飼糧添加不同化學型式及添加量之銅鋅對白肉雞生長及糞便礦物質之影響 (代謝試驗) \*

Table 5. Effect of adding different chemical forms and levels of copper and zinc to diet on growth and fecal minerals of broilers (metabolism trial)

Item	Group A	Group B	Group C	Group D	Group E	Group F	SE
Growth performance							
Gain, g/d	77.00	64.50	74.40	78.60	71.90	80.4	4.5
Intake, g/d	107 <sup>ab</sup>	99 <sup>b</sup>	106 <sup>ab</sup>	116 <sup>a</sup>	95 <sup>b</sup>	102 <sup>b</sup>	3
Gain/feed	0.72	0.65	0.70	0.68	0.75	0.78	0.03
Feces							
Excretion, g/day	113	119	111	125	106	110	7
Moisture, %	57.08	59.10	61.74	58.10	54.90	59.09	2.45
..... dry matter basis .....							
Ash, %	22.20 <sup>a</sup>	20.93 <sup>ab</sup>	19.75 <sup>b</sup>	21.09 <sup>ab</sup>	20.58 <sup>ab</sup>	20.95 <sup>ab</sup>	0.53
Cu, mg/kg	33 <sup>b</sup>	43 <sup>b</sup>	95 <sup>a</sup>	40 <sup>b</sup>	45 <sup>b</sup>	99 <sup>a</sup>	6
Zn, mg/kg	187 <sup>b</sup>	228 <sup>ab</sup>	317 <sup>a</sup>	185 <sup>b</sup>	230 <sup>ab</sup>	320 <sup>a</sup>	24
N, %	3.35	3.60	3.86	3.66	3.99	3.84	0.22
P, %	1.80 <sup>a</sup>	1.52 <sup>c</sup>	1.45 <sup>c</sup>	1.73 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>bc</sup>	0.04
K, %	3.86	3.76	4.08	4.31	4.00	4.21	0.18

\* Groups A and B were fed the basal diet with two levels of copper and zinc i.e., 4 mg Cu/kg and 20 mg Zn/kg and 8 mg Cu/kg and 40 mg Zn/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>, respectively. Group C was fed the basal diet with copper at 35 mg/kg and Zinc at 140 mg/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>. The groups D, E and F were fed the basal diet with three levels of copper and zinc as the groups A, B and C, by adding Cu-proteinates or Zn-proteinates. Phytase was added to groups A and D at 500 U/kg.

<sup>a, b, c</sup> Means within the same row without the same superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).



商業場飼養白肉雞通常採取平飼，並鋪上適量的墊料，本試驗參照於每欄鋪以 12 kg 的粗糠作為墊料，生長試驗結束後採集每欄墊料，集中後秤取總重並測定平均含水率。結果各組所收集的墊料量、墊料含水率及糞便乾物量分別介於 128-151 kg、45-61% 及 54-65 kg 之間（表 6），估計每隻雞在試驗期間的糞便乾物質排泄量約 20-24 g/d。各組墊料中灰分和鉀的含量分別介於 15-18% 和 1.05-1.58% 之間，總氮、總磷和有機碳含量，以及碳氮比均相近。C 組和 F 組雞隻墊料乾物質中銅與鋅的含量皆顯著地較其他四組為高，分別為 54.5 與 57.0 mg/kg 和 197 與 194 mg/kg。Hsu and Lo（2001）指出，豬糞在堆肥化腐熟過程中，隨著豬糞中有機物被分解，腐熟堆肥中鋅銅含量較堆肥化前相對提高了 2.7 倍；沈（2006）也發現，以銅和鋅含量分別為 50 和 574 ppm 的純雞糞製作堆肥，經過四個月堆肥化醱酵後，銅和鋅的含量則為 141 和 1,074 ppm，分別提高約 2.8 和 1.9 倍。本試驗參照商業場飼養方式，墊料中包括雞糞和粗糠，以及少部分雞隻採食時所掉落的飼糧，推測有機物被分解的比率可能比 Hsu and Lo（2001）及沈（2006）為高。

表 6. 飼糧添加不同化學型式及添加量之銅鋅對白肉雞墊料成分之影響\*

Table 6. Effects of adding different chemical forms and levels of copper and zinc to diet on the litter components of broilers

Item	Group A	Group B	Group C	Group D	Group E	Group F
Litter weight, kg	128	150	136	151	131	142
Litter moisture, %	45.67	56.48	50.49	60.68	51.02	59.44
Fecal dry matter <sup>2</sup> , kg	58.54	54.28	57.33	59.37	64.16	57.60
	dry matter basis					
Ash, %	15.47	17.57	16.18	17.61	16.77	17.39
Cu, mg/kg	20.50	23.50	54.5	24.50	36.0	57.0
Zn, mg/kg	98	177	197	132	166	194
N, %	1.77	1.67	1.76	1.84	1.69	1.87
K, %	0.78	0.42	0.79	0.87	0.84	0.86
P, %	0.78	0.42	0.79	0.87	0.84	0.86
Organic carbon, %	35.87	36.02	32.99	33.45	32.27	35.76
C/N ratio <sup>2</sup> , %	20.31	21.57	18.81	18.18	19.08	19.10

\* Groups A and B were fed the basal diet with two levels of copper and zinc i.e., 4 mg Cu/kg and 20 mg Zn/kg and 8 mg Cu/kg and 40 mg Zn/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>, respectively. Group C was fed the basal diet with copper at 35 mg/kg and Zinc at 140 mg/kg by adding CuSO<sub>4</sub> or ZnSO<sub>4</sub>. The groups D, E and F were fed the basal diet with three levels of copper and zinc as the groups A, B and C, by adding Cu-proteinates or Zn-proteinates. Phytase was added to groups A and D at 500 U/kg.

<sup>2</sup> Calculated value : Fecal dry matter = [ litter weight × ( 100 - litter moisture ) / 100 ] - [ used rice hull weight × ( 100 - rice hull moisture ) / 100 ] ; C/N ratio = organic carbon / nitrogen × 100.

## 結論與建議

白肉雞飼糧中銅與鋅含量參照 NRC (1994) 推薦的營養需要量添加，對白肉雞的生長性能無顯著影響。本試驗使用以玉米—大豆粕為主要原料之飼糧，飼糧乾物質中已含約 10 mg/kg 的銅、及 25-30 mg/kg 的鋅，所以在飼糧中添加可提高銅鋅消化率的物質（本試驗在每公斤飼糧中添加 500 單位的植酸酶），銅、鋅含量參照 NRC (1994) 推薦的營養需要量的 50% 添加，對白肉雞的生長性能亦沒有顯著影響。C 組和 F 組雞隻的飼糧中添加銅、鋅，使達到 2000 年國家標準的最高限量，結果雞隻糞便中銅與鋅的含量分別達 95 與 99 mg/kg 和 317 與 320 mg/kg，推測以 C 組和 F 組雞隻墊料製成堆肥，堆肥的銅含量有超出 100 ppm 之虞。建議白肉雞飼糧參照 NRC (1994) 推薦的營養需要量添加銅與鋅，同時給予增進銅鋅消化率的物質，應足以提供其生長所需，並兼顧環保。

## 參考文獻

- 沈韶儀。2006。優質雞糞有機肥之產製。行政院農業委員會畜產試驗所 95 年度科技計畫研究報告，pp. 6-8。
- 經濟部中央標準局。2000。中國國家標準—配合飼料。經濟部中央標準局編印。
- 潘淑芬。2003。醫學生物化學。藝軒圖書出版社。pp.72-75。台北。
- Ao, T., J. L. Pierce, A. J. Pescatore, A. H. Cantor, K. A. Dawson, M. J. Ford and B. L. Shafer. 2007. Effects of organic zinc and phytase supplementation in a maize-soybean meal diet on the performance and tissue zinc content of broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 48: 690-695.
- Apgar, G. A., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann and D. R. Notter. 1995. Evaluation of copper sulfate and a copper lysine complex as growth promoters for weanling swine. *J. Anim. Sci.* 73: 2640-2646.
- Banks, K. M., K. L. Thompson, P. Jaynes and T. J. Applegate. 2004. The effects of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. *Poult. Sci.* 83: 1335-1341.
- Coffey, R. D., G. L. Cromwell and H. J. Monegue. 1994. Efficacy of a copper-lysine complex as a growth promotant for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 2880-2886.
- Cromwell, G. L. 1991. Antimicrobial agents. in: *Swine Nutrition*. eds. E. R. Miller, D. E. Ullrey, and A. J. Lewis. Butterworth-Heinemann, Stoneham, MA. pp. 297-314.
- Cromwell, G. L. 1997. Copper as a nutrient for animals. in: *Handbook of Copper Compounds and Applications*. ed. H. W. Richardson. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 177-202.
- Dozier, W. A. 3rd, A. J. Davis, M. E. Freeman and T. L. Ward. 2003. Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. *Bri. Poult. Sci.* 44: 726-731.
- Hsu, J. H. and S. L. Lo. 2001. Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese, and zinc from swine manure. *Environ. Pollution* 114: 119-127.
- Huang, Y. L., L. Lu, X. G. Luo and B. Liu. 2007. An optimal dietary zinc level of broiler chicks fed a corn-soybean meal diet. *Poult. Sci.* 86: 2582-2589.
- Kornegay, E. T. and A. F. Harper. 1997. Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. *Prof. Anim. Sci.* 13: 99-111.

- Liu, N., Y. J. Ru and F. D. Li. 2009. Effect of dietary phytate and phytase on metabolic change of blood and intestinal mucosa in chickens. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. (Abstr.)
- Mohanna, C. and Y. Nys. 1999. Changes in zinc and manganese availability in broiler chicks induced by vegetal and microbial phytases. *Anim. Feed Sci. Technol.* 77: 241-253.
- Muehlenbein, E. L., D. R. Brink, G. H. Deutscher, M. P. Carlson and A. B. Johnson. 2001. Effects of inorganic and organic copper supplemented to first-calf cows on cow reproduction and calf health and performance. *J. Anim. Sci.* 79: 1650-1659.
- NRC. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. (9th rev. ed.) National Academy Press, Washington, DC.
- Oberlaeas, D. and B. F. Harland. 1996. Impact of phytic acid on nutrient availability. in: *Phytase in animal nutrition and waste management*. eds. B. C. Michael and E. T. Kornegay. BASF Corporation. New Jersey. pp. 77-84.
- Ravindran, V., S. Cabahug, G. Ravindran, P. H. Selle and W. L. Bryden. 2000. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. *Br. Poult. Sci.* 41:193-200.
- Roberson, K. D. and H. M. Edwards. 1994. Effects of 1, 25-Dihydroxi-cholecalciferol and phytase on zinc utilization in broiler chicks. *Poult. Sci.* 73: 1312-1326.
- Rutherford, S. M., T. K. Chung, P. C. Morel and P. J. Moughan. 2004. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. *Poult. Sci.* 83: 61-68.
- SAS. 2002. *SAS procedure guide for personal computers*. Version 6th ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. U.S.A.
- 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.
- Selle, P. H., V. Ravindran, G. Ravindran and W. L. Bryden. 2007. Effects of dietary lysine and microbial phytase on growth performance and nutrient utilization of broiler chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 220: 1100-1107.
- Veum, T. L., M. S. Carlson, C. W. Wu, D. W. Bollinger and M. R. Ellersieck. 2004. Copper proteinate in weanling pig diets for enhancing growth performance and reducing fecal copper excretion compared with copper sulfate. *J. Anim. Sci.* 82: 1062-1070.
- Viveros, A., C. Centeno, A. Brenes, R. Canales and A. Lozano. 2000. Phytase and acid phosphatase activities in plant feedstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 48: 4009-4013.
- Viveros, A., A. Brenes, I. Arija and C. Centeno. 2002. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. *Poult. Sci.* 81:1172-1183.
- Wedekind, K. J., A. E. Hortin and D. H. Baker. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. *J. Anim. Sci.* 70: 178-187.
- Wyss, M., R. Brugger, A. Kronenberger, R. Remy, R. Fimbeld, G. Oesterheld, M. Lehmann and A. P. Van Loon. 1999. Biochemical characterization of fungal phytases (myo-inositol hexakisphosphate phosphohydrolases): Catalytic properties. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 367-373.

## Study on the excretion of copper and zinc in broilers <sup>(1)</sup>

Tein-Ming Su<sup>(2)(5)</sup> Shine-Ming Liou<sup>(2)</sup> Hsiao-Lung Liu<sup>(3)</sup>

Bor-Ling Shih<sup>(4)</sup> and Meeng-Ter Koh<sup>(2)</sup>

Received: Oct. 6, 2010; Accepted: Dec. 20, 2010

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of dietary supplementation with different chemical forms and levels of copper and zinc on the growth performance and copper and zinc excretion in broilers. A total of 480 1-d-old Arbor Acres commercial broilers were assigned to six dietary treatments with four replicates so that 20 birds, half male and half female were in each replicate of a treatment. The groups, A and B were fed the basal corn-soybean meal diet with two levels of copper and zinc i.e., 4 mg Cu/kg and 20 mg Zn/kg and 8 mg Cu/kg and 40 mg Zn/kg by adding CuSO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>, respectively. Group C was fed the basal diet with copper at 35 mg/kg and Zinc at 140 mg/kg by adding CuSO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>. The groups D, E and F were fed the basal diet with three levels of copper and zinc as the groups A, B and C, by adding Cu-proteinate and Zn-proteinate. Phytase was added to groups A and D at 500 U/kg. The broilers were fed *ad libitum* of diet and water during experimental period. At 4 week of age, each group with eight birds was fed *ad libitum* in individual metabolic case for sample collection. After adaptation for 7 days, feces were collected and recorded twice a day from day 8 to 13. The growth performance, Cu and Zn concentration of diet, feces, and plasma were measured. The results showed that the different sources of copper and zinc compounds did not affect the growth performance. The birds of group A had significantly higher ( $P < 0.05$ ) Cu concentration in plasma than other groups at 21 and 35 days of age. Group D had higher ( $P < 0.05$ ) concentration of Zn in plasma than the groups of B, E and F at 21 days of age. Besides, the groups C and F had higher ( $P < 0.05$ ) fecal Cu and Zn concentration than other groups, where the fecal Cu was 95 and 99 mg/kg in groups C and F, respectively and the fecal Zn was 317 and 320 mg/kg in groups C and F, respectively. In conclusion, broilers fed corn-soybean meal-based diets added 8 mg Cu/kg and 40 mg Zn/kg did not affect the growth performance. However, the Cu and Zn concentrations in feces were increased along with Cu and Zn intake increased.

**Key words:** Broiler, Copper and zinc excretion, Growth performance

---

(1) Contribution No. 1628 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Livestock Management Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.

(3) Animal Industry Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.

(4) Animal Nutrition Division, COA-LRI, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.

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