

# 飼糧銅鋅含量對蛋雞生產性能及 銅鋅排泄量之影響<sup>(1)</sup>

蘇天明<sup>(2)(4)</sup> 翁義翔<sup>(2)</sup> 劉士銘<sup>(2)</sup> 蕭庭訓<sup>(2)</sup> 劉曉龍<sup>(3)</sup>

**摘要：**本研究旨在探討蛋雞餵飼不同銅和鋅含量飼糧，對產蛋性能及銅、鋅排泄量的影響。採用在第28週齡產蛋率達90%以上的海蘭W-36品系雞隻288隻，逢機分置於2種銅含量或3種鋅含量的飼糧處理組。基礎飼糧以玉米—大豆粕為主要原料，含粗蛋白17%及代謝能2,900 kcal/kg；試驗飼糧在基礎飼糧中添加0 (Cu-0)或10 mg/kg (Cu-10)硫酸銅型式的銅，及硫酸鋅型式的鋅30 mg/kg (Zn-30)、60 mg/kg (Zn-60)和90 mg/kg (Zn-90)。試驗期間28週 (28–56週齡)，飼糧及飲用水皆任飼。結果顯示，飼糧銅和鋅含量對雞隻的蛋重、產蛋率、採食量及飼料換蛋率皆無顯著影響。餵飼Cu-10飼糧者蛋殼厚度極顯著地 ( $P < 0.01$ )較採食Cu-0飼糧者為厚，產蛋量 ( $P < 0.1$ )、蛋殼強度 ( $P < 0.1$ )和排泄物乾物質銅含量 ( $P < 0.001$ )較高，而試驗結束時血漿的鋅 ( $P < 0.001$ )和鈣 ( $P < 0.01$ )濃度則較採食Cu-0飼糧者為低。餵飼Zn-90飼糧雞隻排泄量極顯著地 ( $P < 0.001$ )較Zn-30組為多，而排泄物乾物質鋅濃度隨著飼糧鋅含量的增加而極顯著地 ( $P < 0.001$ )提高。綜上，蛋雞餵飼以玉米—大豆粕為主要原料，並添加0或10 mg Cu/kg與30、60或90 mg Zn/kg的飼糧，對產蛋性能沒有顯著影響，而排泄物的銅、鋅含量則隨著銅與鋅的攝取量增加而提高，排泄物乾物質銅含量約為飼糧的2.81–3.91倍，鋅含量則約提高4.21–5.32倍。

(關鍵語：銅、排泄量、蛋雞、產蛋性能、鋅)

## 緒 言

銅和鋅都是動物生長所需的微量元素，但植物性飼料原料含有植酸成分，植酸在酸鹼度中性下會與礦物質離子結合，形成穩定且不溶性的植酸鹽 (Oberlaeas and Harland, 1996)，導致雞隻無法充分利用飼糧的礦物質，業者為確保銅和鋅足供雞隻所需而超量提供，直接提高飼養成本和造成營養分的浪費，甚至可能對農地造成危害 (Dozier et al., 2003; Muehlenbein et al., 2001)。NRC (1994)對產蛋期來亨蛋雞 (白殼蛋系)飼糧中鋅含量之推薦依採食量之不同而異，採食量 80 g/d、100 g/d 和

<sup>(1)</sup>行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第1909號。

<sup>(2)</sup>行政院農業委員會畜產試驗所經營組，71246臺南市新化區牧場112號。

<sup>(3)</sup>行政院農業委員會畜產試驗所產業組，71246臺南市新化區牧場112號。

<sup>(4)</sup>通訊作者，E-mail: tmsu@mail.tlri.gov.tw

120 g/d 者，飼糧的鋅含量分別為 44、35 和 29 mg/kg，但對於銅含量則未有具體建議。Baumgartner et al. (1978) 以脫脂乳粉-玉米油為主要原料、含 0.72  $\mu\text{g}$  Cu/g 的基礎飼糧餵飼產蛋期雞隻，發現雞隻有銅缺乏現象，包括蛋重、蛋殼重及蛋殼厚度皆顯著地較餵飼對照組飼糧（添加 25  $\mu\text{g}$  Cu/g）者為小；Skřivan et al. (2006)指出，產蛋期雞隻飼糧銅含量 9.2 mg/kg 即足夠營養所需，Mabe et al. (2003) 證實，飼糧含 10 mg Cu/kg 可提高蛋殼強度。Wedekind et al. (1992)指出，應用純化或半純化飼糧可能無法正確評估畜禽的銅和鋅需求量，因為純化或半純化飼糧中通常未含有植酸和粗纖維，有別於多數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：成本較低、嗜口性較佳、可正確評估採食量並充分表現畜禽潛在的遺傳生長特性，且大多數的商業雞場採用以玉米-大豆粕為主飼糧，故評估結果較符合應用。

為了降低畜禽糞堆肥因銅和鋅太高對農地所造成危害 (Dozier et al., 2003; Muehlenbein et al., 2001)，肥料種類品目及規格 (2010)規定，畜禽糞堆肥 (品目 5-09)的銅及鋅含量必須在 100 ppm 及 500 ppm 以下，經濟部 (2010)公告鷄隻飼糧中銅和鋅的最大限量分別為 30 和 120 ppm。蘇等 (2011)以玉米-大豆粕為主要原料，在白肉雞飼糧添加硫酸鹽或蛋白質螯合型式的銅 8 mg/kg 及鋅 40 mg/kg (飼糧銅及鋅含量分別為 15.7 或 14.2 mg Cu/kg 及 79.3 或 72.4 mg Zn/kg)，結果排泄物乾物質的銅及鋅含量分別為 43 或 45 mg Cu/kg 及 228 或 230 mg Zn/kg。沈 (2006)以銅和鋅含量 50 和 574 ppm 的蛋雞糞經過 4 個月堆肥化處理後，銅和鋅的含量為 141 和 1,074 ppm，堆肥化後銅和鋅含量分別較堆肥化前提高約 2.8 和 1.9 倍；蘇等 (2013)以白肉雞墊料經堆肥化後，銅和鋅含量較堆肥化前提高 1.00-1.41 倍和 1.54-1.81 倍，Parkinson et al. (2004)和 Tiquia (2010)皆認為係因畜禽糞便在堆肥化期間有機質和有機碳被分解，以及氮被分解產生  $\text{NH}_3$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NH}_4\text{-N}$  等逸散 (Bernal et al., 2009)、堆肥原料總量因而減少，致礦物質元素的濃度被濃縮而相對提高 (Miaomiao et al., 2009)。銅和鋅是雞隻必需的營養分，如果為符合堆肥規範而影響雞隻經濟性狀，則必須予以適度調整，以達到農、牧雙贏目標。

綜上，本試驗提供蛋雞以玉米-大豆粕為主要原料、銅和鋅含量不同的飼糧，探討對其產蛋性能及排泄物銅和鋅含量的影響。

## 材料與方法

### 一、試驗動物及分組

- (一) 來亨蛋雞海蘭 W-36 品系 (Hy-Line W-36)雞隻在 12 週齡時移入個飼籠，12-27 週齡間，飼糧以玉米-大豆粕為主要原料，粗蛋白、代謝能及鋅含量參照 NRC (1994)營養需要量，並添加 8 mg Cu/kg。
- (二) 記錄個別雞隻第 24-27 週齡期間產蛋率，選取平均產蛋率達 90 %以上的雞隻 288 隻為試驗動物，逢機分置在 2 種銅含量或 3 種鋅含量的飼糧處理組。試驗於雞隻 28-56 週齡間進行，參照 NRC (1994)雞隻粗蛋白及代謝能需要量調製基礎飼糧 (表 1)，而後在基礎飼糧添加硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , GR 級, Merck, Germany; 含銅量 25.1%)型式的銅 0 (Cu-0)或 10 mg/kg (Cu-10)，以及添加硫酸鋅 ( $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , GR 級, Merck, Germany; 含鋅量 35.6%)型式的鋅 30 mg/kg (Zn-30)、60 mg/kg (Zn-60)和 90 mg/kg (Zn-90)。

表1 基礎飼糧組成

Table 1 The composition of basal diet

Ingredients	%
Corn meal, CP 7.8%	54.80
Soybean meal, CP 44%	29.00
Soybean oil	5.00
Salt	0.30
Limestone, pulverized	9.00
Dicalcium phosphate	1.20
Choline chloride, 50%	0.10
DL-Methionine	0.20
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.20
Mineral premix <sup>2</sup>	0.20
Total	100.00
Calculated value	
ME, kcal/kg	2,909
CP, %	17.05
Total phosphorus, %	0.57
Non-phytate phosphorus, %	0.33
Ca, %	3.78
Cu, mg/kg	10.38
Zn, mg/kg	22.88
Analyzed value	
CP <sup>3</sup> , %	17.44
Total phosphorus, %	0.61
Ca, %	3.58
Cu, mg/kg	9.71
Zn, mg/kg	21.24

<sup>1</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>2</sup> Supplied per kilogram of diet: Fe (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), 50 mg; Mn (MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O), 25 mg.

<sup>3</sup> Estimated value, CP = total nitrogen × 6.25.

(三) 雞隻飼養在三層階梯式雞籠 (長 × 寬 × 高 = 365 × 225 × 305 mm)之開放式雞舍，每籠飼養 1 隻。試驗期間飼糧與飲用水皆採任飼，飼糧於每日下午 2 : 00–3 : 00 人工撿蛋後補充，飲用水 (自來水)則以乳頭式飲水器充分供應。每週取足量飼糧置於 86 L 附蓋之塑膠桶中秤

重，隔週先秤取飼糧剩餘料後再予補充，記錄飼糧消耗量。

(四) 本試驗涉及之動物試驗於畜產試驗所執行，動物之使用、飼養及實驗內容，皆依據畜產試驗所動物實驗管理小組審查同意文件及試驗準則進行。

## 二、測定及分析項目

(一) 飼糧：每次調製飼糧後採集各組樣品，供成分分析用。

(二) 產蛋性能：記錄個別雞隻產蛋情形及蛋重，依下列公式計算各組產蛋率 (egg production)、產蛋量 (egg mass) 及飼料換蛋率 (feed to feed ratio)：

1. 產蛋率(%) = 產蛋數/產蛋雞數/產蛋天數 × 100。

2. 產蛋量(g/d) = 產蛋數 × 蛋重/產蛋天數。

3. 飼料換蛋率 = 產蛋量/隻日採食量。

(三) 雞蛋及排泄物採集：試驗開始及試驗期間每 4 週，各組逢機採集 12 隻雞隻之雞蛋，測定蛋殼厚度和蛋殼強度；排泄物每週清除一次，並於採集雞蛋同時採集排泄物樣品。

1. 蛋殼厚度：依 Nordskog and Farnsworth (1953) 的方法，在蛋的鈍端、尖端及赤道部各取一片蛋殼，以微測器 (FHK, Japan) 測定，每片蛋殼逢機測定 3 點，以 9 個測定值平均為觀測值。

2. 蛋殼強度：以桌上型電子電動式拉壓力機 (HT-8115D, 弘達) 測定之。

(四) 血液採集與分析

1. 血液採集：試驗開始、雞隻 42 週齡及試驗結束時，每組逢機選取 12 隻採集血液樣品，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 3,000 rpm 轉速、離心 30 分鐘，取血漿凍存於 -20°C 冷凍庫備檢。

2. 血液分析：以血液生化分析儀 (Hitachi 7150, Japan)，配合 Roche 公司之商業套組，分析血漿中鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP; EC 3.1.3.1) 活性、總膽固醇 (cholesterol, CHOL)、三酸甘油酯 (triglyceride, TG) 及血糖 (blood glucose, GLU) 濃度。以原子吸收光譜儀 (Spectrophotometer Z8100, Hitachi) 測定血漿中鈣、銅及鋅含量。

(五) 飼糧及排泄物成分分析

1. 水分、氮及磷含量分析：參照 AOAC (1990) 方法測定水分含量後，分別以比色法及凱氏氮法分析氮及磷含量。

2. 灰分、鉀、鈣、銅及鋅含量分析：經水分測定的飼糧及排泄物樣品精秤後放入灰化爐 (NEYTECH-2-525)，在 550 – 650°C 溫度下灰化約 6 小時。樣品灰化、冷卻、精秤後，加入 3N 的鹽酸 10 mL，以錶玻璃覆蓋置 350°C 電熱板進行酸解。酸解後以 1 號濾紙過濾、定量，以原子吸收光譜儀 (Spectrophotometer Z8100, Hitachi) 測定鉀、鈣、銅及鋅含量。

## 三、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)。產蛋性能以隻為試驗單位，飼糧採食量及排泄量以各處理組的平均值，飼糧成分以每次採集樣品進行 3 重複分析的平均值，排泄物以每次採集進行 2 重複分析的平均值為試驗單位。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 ( $\alpha=0.05$ )，以及飼糧銅含量 × 鋅含量的交感效應。

## 結果與討論

### (一) 飼糧成分分析

基礎飼糧原料組成及成分，如表 1 所示。雞隻如果以本試驗的基礎飼糧餵飼，則採食量必須達 165 g/d，鋅攝取量始達到 NRC (1994) 推薦的 3.5 mg/d 營養需要量。NRC (1994) 未推薦蛋雞產蛋期的銅需要量，而本試驗基礎飼糧銅含量為 9.71 mg/kg；Baumgartner et al. (1978) 指出，產蛋期雞隻飼糧若僅含 0.72  $\mu\text{g}$  Cu/g 則有銅缺乏之虞；Skřivan et al. (2006) 謂，飼糧中含 9.2 mg Cu/kg 即足夠產蛋期雞隻營養所需，Mabe et al. (2003) 證實，產蛋雞飼糧含 10 mg Cu/kg 的銅可提高蛋殼強度。本試驗基礎飼糧皆由植物性原料組成，Oberlaeas and Harland (1996) 指出，植物性原料含植酸成分，植酸與礦物質元素結合會形成結構穩定、不溶性的植酸鹽，此可能導致雞隻無法充分利用飼糧所含的銅和鋅，因此有必要在基礎飼糧中額外添加，以提供蛋雞營養之需。試驗期間共調製 6 次試驗飼糧，經化學成分分析結果，列於表 2。各組飼糧的銅及鋅含量皆隨著銅和鋅添加量的增加而提高，並分別超出 Mabe et al. (2003) 及 NRC (1994) 對產蛋期雞隻飼糧銅及鋅的推薦量，而其他成分各處理組間相近。

表2 試驗飼糧成分分析值

Table 2 The analyzed value of experimental diets

Items	Cu <sup>1</sup> , ppm		Zn, ppm			SE	Significance <sup>3</sup>	
	Cu-0	Cu-10	Zn-30	Zn-60	Zn-90		Cu	Zn
No. of sample	18	18	12	12	12			
DM <sup>2</sup> , %	90.06	89.73	89.92	89.95	89.81	0.84	NS	NS
Ash, %	12.93	13.25	13.05	13.23	12.98	0.37	NS	NS
TN <sup>2</sup> , %	2.84	2.79	2.81	2.78	2.85	0.12	NS	NS
TP <sup>2</sup> , %	0.60	0.64	0.62	0.63	0.60	0.02	NS	NS
K, %	0.71	0.72	0.69	0.72	0.73	0.02	NS	NS
Ca, %	3.31	3.45	3.30	3.46	3.39	0.14	NS	NS
Cu, mg/kg	10.49	16.57	13.30	13.77	13.51	0.47	***	NS
Zn, mg/kg	82.63	78.96	61.67	79.05	101.66	5.08	NS	***

<sup>1</sup> The basal diet with two supplements of Cu and three supplements of Zn, i.e. without (Cu-0) and with 10 mg Cu/kg (Cu-10) and with 30 (Zn-30), 60 (Zn-60) and 90 (Zn-90) mg Zn/kg, by adding Cu SO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>, respectively.

<sup>2</sup> DM: dry matter; TN: total nitrogen; TP: total phosphorus.

<sup>3</sup> NS:  $P > 0.1$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ .

### (二) 飼糧銅和鋅含量對雞隻產蛋性能之影響

飼糧銅和鋅含量對雞隻蛋重、產蛋率、採食量及飼料換蛋率皆無顯著影響 (表 3)，雞隻餵飼 Cu-10 飼糧其蛋殼厚度 ( $P < 0.01$ ) 較 Cu-0 組為厚，蛋殼強度也有較大之趨勢。本試驗 Cu-0 飼糧含 10-11 mg Cu/kg (表 2)，而添加 10 mg Cu/kg 飼糧含 16-17 mg Cu/kg，與 Mabe et al. (2003) 證實，產蛋雞飼糧的銅含量較高，可提高蛋殼強度之結果相似。Southern and Baker (1983) 指出，銅和鋅在小

腸被吸收時具拮抗作用，Oestreicher and Cousins (1985)和 Santon et al. (2002)證實，是由於銅和鋅互相競爭鍵結位置所致。各組間雞隻的蛋重、產蛋量和蛋殼強度有顯著的交感效應 (表 3)。在蛋重方面主要係由於餵飼 Cu-0、Zn-60 飼糧組蛋重顯著地 ( $P < 0.05$ )較餵飼 Cu-0、Zn-90 飼糧者為大 (表 6)，而餵飼 Cu-10、不同鋅含量飼糧者，蛋重無顯著差異。餵飼 Cu-0 飼糧的組別中，Cu-0、Zn-60 飼糧組的產蛋量有較 Cu-0、Zn-30 飼糧組和 Cu-0、Zn-90 飼糧組為大之趨勢，而餵飼 Cu-10、不同鋅含量飼糧者產蛋量相近 ( $P > 0.1$ )，致產蛋量具顯著的交感效應。蛋殼強度在飼糧銅和鋅含量間具顯著交感效應，則係由於採食 Cu-0、不同鋅含量飼糧者間蛋殼強度無顯著差異，但餵飼 Cu-10 飼糧組，以採食 Zn-30 飼糧雞隻蛋殼強度顯著地 ( $P < 0.05$ )較採食 Zn-60 者為大。推測各組間雞隻的蛋重、產蛋量和蛋殼強度，可能皆因飼糧銅和鋅含量的比例不同，致影響銅和鋅之吸收使然。

表3 不同銅鋅含量飼糧對蛋雞產蛋性能之影響

Table 3 Effect of dietary copper and zinc levels on production performance of layer hen

Items	Cu <sup>1</sup> , ppm		Zn, ppm			SE	Significance <sup>3</sup>		
	0	10	30	60	90		Cu	Zn	Cu×Zn
No. of birds	144	144	96	96	96				
Production performance									
Feed intake, g/d	102.5	102.1	102.6	102.4	101.8	2.1	NS	NS	NS
Egg weight, g	61.41	61.68	61.57	61.92	61.14	0.26	NS	NS	*
Egg production <sup>2</sup> , %	92.33	92.59	92.22	92.22	92.95	0.29	NS	NS	NS
Egg mass, g/d	56.67	57.08	56.75	57.07	56.80	0.20	†	NS	**
Egg to feed ratio <sup>2</sup>	0.55	0.56	0.55	0.56	0.56	0.04	NS	NS	NS
Egg trait									
Moisture, %	68.42	68.56	68.52	68.29	68.67	0.13	NS	NS	NS
Eggshell breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	2.05	2.11	2.10	2.06	2.09	0.03	†	NS	**
Shell thickness, mm	0.339	0.346	0.341	0.341	0.345	0.002	**	NS	NS

<sup>1</sup>The basal diet with two supplements of Cu and three supplements of Zn, i.e. without (Cu-0) and with 10 mg Cu/kg (Cu-10) and with 30 (Zn-30), 60 (Zn-60) and 90 (Zn-90) mg Zn/kg, by adding Cu SO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>, respectively.

<sup>2</sup>Egg production = total number of eggs produced ÷ total hen number of days ÷ experimental days × 100; Egg to feed ratio = egg mass ÷ feed intake.

<sup>3</sup>NS:  $P > 0.1$ ; †:  $P < 0.1$ ; \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ .

### (三) 飼糧銅和鋅含量對雞隻血液性狀之影響

餵飼不同銅和鋅含量飼糧對雞隻血漿的銅、鋅和鈣濃度，以及鹼性磷酸酶 ALP 活性皆無顯著的交感效應 (表 4)，各處理組血漿銅濃度相近 ( $P > 0.1$ )。血液中銅和鋅的濃度愈高，表示銅和鋅吸收率愈佳，雞隻餵飼 Cu-0 飼糧者，血漿鋅 ( $P < 0.001$ )和鈣 ( $P < 0.01$ )的濃度皆較餵飼 Cu-10 飼糧的雞隻為高，可能係由於 Cu-0 飼糧銅含量較 Cu-10 飼糧為低，使鋅和鈣在被吸收時有相對較多的鍵結位置 (Southern and Baker, 1983; Santon et al., 2002)使然。飼糧鋅含量對血漿的銅和鈣濃度沒有顯著的影響。鋅離子是 ALP 的組成成分之一 (白等, 1996)，因此常以 ALP 活性作為鋅缺乏指標；當豬隻鋅缺乏 (zinc deficiency)時會抑制飼糧採食量 (Miller et al., 1968; Whitenack et al., 1978)，血液的 ALP 活性也會減弱 (Hoekstra et al., 1967; Prasad et al., 1969; Revy et al., 2006)。本試驗採食 Zn-30、

Zn-60 和 Zn-90 飼糧雞隻的血漿 ALP 活性，除了試驗開始時 Zn-90 極顯著地較 Zn-30 為高外，在雞隻 42 週齡及試驗結束時，各組血漿的 ALP 活性皆無顯著差異，而餵飼 Cu-0 飼糧的雞隻在試驗結束時 ALP 活性較採食 Cu-10 飼糧者為高 ( $P < 0.001$ )。雖然各組間血漿 ALP 活性互有不同，但多介於白等 (1996) 指出禽類血漿正常的 ALP 活性 28-269 U/L 之間。本試驗採食 Zn-30 飼糧的雞隻每日約攝取 6 mg 的鋅 (飼糧含 62 mg Zn/kg × 採食量 102.6 g/d)，已超出 NRC (1994) 建議的 3.5 mg/day 營養需要量，其採食量及產蛋性能亦與餵飼 Zn-60 和 Zn-90 飼糧者無顯著差異。GLU、CHOL 及 TG 皆可作為動物能量供應充裕或營養不良之指標 (白等, 1996)，本試驗飼糧雖採任食，但考量蛋雞飼養於開放式雞舍可能影響採食量，故各處理組在試驗開始、雞隻 42 週齡及試驗結束時測定血漿 GLU、CHOL 及 TG 濃度。結果血漿 GLU、CHOL 及 TG 濃度 (未列於表中) 皆相近 ( $P > 0.1$ ) 且無顯著交互效應，其濃度分別介於 204-219 mg/dL、117-159 mg/dL 及 1,544-1,849 mg/dL 之間，與白等 (1996) 所述禽類血液 GLU 及 CHOL 濃度介於 209-308 mg/dL 及 129-298 mg/dL 間相似，但 TG 濃度較白等 (1996) 所述 68-170 mg/dL 為高，而 Peebles et al. (2009) 指出，56 週齡產蛋雞的 TG 濃度 2,698 mg/dL，則較本試驗所得數據為高。本試驗使用含 EDTA 的採血管採集血液，EDTA 會螯著銅、鋅、鐵、錳及鈷等金屬離子，白等 (1996) 指出，以 EDTA 作為血液抗凝劑會影響血漿鈣濃度和 ALP 活性測定值，因此血漿銅、鋅、鈣濃度和 ALP 活性測定值，可能皆較實際值為低。

表 4 不同銅鋅含量飼糧對蛋雞血液性狀之影響

Table 4 Effects of dietary copper and zinc levels on plasma traits of layer hen

Items	Cu <sup>1</sup> , ppm		Zn, ppm			SE	Significance <sup>3</sup>	
	0	10	30	60	90		Cu	Zn
No. of birds	36	36	24	24	24			
28 wks of age								
ALP <sup>2</sup> , U/L	120	156	67 <sup>b</sup>	125 <sup>ab</sup>	226 <sup>a</sup>	47	NS	**
Ca, mg/dL	7.98	7.90	5.89	8.09	9.90	2.12	NS	NS
Cu, µg/dL	0.88	0.69	0.96	0.50	0.92	0.28	NS	NS
Zn, µg/dL	17.45	18.82	11.00	18.71	24.88	6.22	NS	†
42 wks of age								
ALP, U/L	228	226	159	231	293	59	NS	†
Ca, mg/dL	20.84	13.90	12.88	19.23	20.10	4.17	*	NS
Cu, µg/dL	1.53	1.31	1.08	1.21	2.00	0.52	NS	NS
Zn, µg/dL	50.53	30.10	29.69	42.29	49.56	11.80	*	NS
56 wks of age								
ALP, U/L	301	142	228	238	194	41	***	NS
Ca, mg/dL	32.16	16.81	28.53	23.60	20.85	5.22	***	NS
Cu, µg/dL	6.89	3.42	8.17	4.13	3.00	2.80	NS	NS
Zn, µg/dL	91.29	35.69	74.13	56.71	58.26	15.65	***	NS

<sup>1</sup> The basal diet with two supplements of Cu and three supplements of Zn, i.e. without (Cu-0) and with 10 mg Cu/kg (Cu-10) and with 30 (Zn-30), 60 (Zn-60) and 90 (Zn-90) mg Zn/kg, by adding Cu SO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>, respectively.

<sup>2</sup> ALP: alkaline phosphatase; EC 3.1.3.1.

<sup>3</sup> NS:  $P > 0.1$ ; †:  $P < 0.1$ ; \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ .

#### (四) 飼糧銅和鋅含量對雞隻排泄物成分之影響

飼糧添加 0 mg Cu/kg (Cu-0)或 10 mg Cu/kg (Cu-10)對排泄物量沒有顯著影響 (表 5)，但採食 Cu-10 飼糧的雞隻排泄物含水率有較高的趨勢 ( $P < 0.1$ )；飼糧鋅含量對排泄物含水率和乾物質沒有顯著影響，雞隻排泄物量則隨著飼糧鋅含量增加而顯著地 ( $P < 0.05$ )提高。雞隻排泄量 ( $P < 0.05$ )和排泄物含水率 ( $P < 0.05$ )在飼糧銅、鋅含量間具顯著交感效應 (表 5)，主要係由於餵飼 Cu-0 飼糧組，以採食 Zn-90 飼糧者排泄量最多 (表 6)，而餵飼 Cu-10 飼糧組，則以採食 Zn-60 者排泄量最多所致；排泄物含水率由於餵飼 Cu-0 飼糧組，以採食 Zn-90 飼糧者最高，而餵飼 Cu-10 者則以採食 Zn-30 飼糧者排泄物含水率最高，致各組間具顯著交感效應。雖然排泄物量及含水率互有高低，但各組間排泄物乾物量 (excreta dry matter, EDM；約 18–21 g/d)無顯著差異。

雞隻餵飼不同銅、鋅含量飼糧，對其 EDM 的灰分、氮、磷、鉀、銅、鋅、鐵、錳、鈣和鎂含量，皆無顯著的交感效應，且對各組 EDM 的灰分、氮、磷、鉀、鐵、錳、鈣和鎂含量，也沒有顯著影響 (表 5)。雞隻 EDM 的銅含量隨著飼糧鋅含量的提高而顯著地 ( $P < 0.05$ )降低，而 EDM 的銅和鋅含量皆隨著飼糧含量的增加極顯著地 ( $P < 0.001$ )提高。本試驗 EDM 銅含量隨著鋅含量提高而顯著降低，與先前的研究 (Van Campen and Scaife, 1967; Southern and Baker, 1983)指出，銅和鋅在小腸的吸收具拮抗作用，高量的鋅會抑制銅在小腸的吸收和肝臟的蓄積 (Fischer et al., 1981; Gonzalez et al., 2005)，高量的銅也會抑制鋅的吸收 (Van Campen, 1969; Evans et al., 1974)。推測 EDM 銅含量隨著鋅含量提高而顯著降低，可能係因銅和鋅發生拮抗所致。

表5 不同銅鋅含量飼糧對雞隻排泄物成分之影響

Table 5 Effects of dietary copper and zinc levels on excretion compositions of layer hen

Items	Cu <sup>1</sup> , ppm		Zn, ppm			SE	Significance <sup>2</sup>		
	0	10	30	60	90		Cu	Zn	Cu×Zn
No. of birds	24	24	16	16	16				
Excreta, g/day	62.80	61.16	58.14 <sup>b</sup>	62.01 <sup>ab</sup>	65.79 <sup>a</sup>	2.05	NS	*	*
Moisture, %	67.24	69.64	66.98	68.17	70.18	1.22	†	NS	*
..... Dry matter basis .....									
Ash, %	32.52	31.69	30.44	32.91	32.96	1.31	NS	NS	NS
N, %	3.95	3.71	3.86	3.82	3.81	0.16	NS	NS	NS
P, %	2.43	2.33	2.42	2.37	2.36	0.10	NS	NS	NS
K, %	2.30	2.27	2.28	2.26	2.32	0.07	NS	NS	NS
Cu, mg/kg	30	59	52 <sup>a</sup>	43 <sup>ab</sup>	38 <sup>b</sup>	4	***	*	NS
Zn, mg/kg	381	377	328 <sup>c</sup>	381 <sup>b</sup>	428 <sup>a</sup>	13	NS	***	NS
Ca, %	6.18	6.22	5.92	6.47	6.20	0.31	NS	NS	NS

<sup>1</sup> The basal diet with two supplements of Cu and three supplements of Zn, i.e. without (Cu-0) and with 10 mg Cu/kg (Cu-10) and with 30 (Zn-30), 60 (Zn-60) and 90 (Zn-90) mg Zn/kg, by adding Cu SO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>, respectively.

<sup>2</sup> NS:  $P > 0.1$ ; †:  $P < 0.1$ ; \*  $P < 0.05$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ .



本試驗以玉米—大豆粕為主要原料的飼糧，在未另添加銅下對蛋雞的產蛋性能沒有顯著影響 ( $P > 0.05$ )，但添加 10 mg Cu/kg 有提高蛋殼厚度 ( $P < 0.01$ )、蛋殼強度 ( $P < 0.1$ )及產蛋量 ( $P < 0.1$ ) 的效果，而飼糧添加 30、60 或 90 mg Zn/kg 對蛋雞的產蛋性能也沒有顯著的不同。排泄物的銅和鋅隨著飼糧的含量增加而顯著提高，EDM 的銅含量較飼糧提高 2.81–3.91 倍，鋅含量則提高 4.21–5.32 倍。蘇等 (2011)在白肉雞飼糧中添加硫酸鹽或蛋白質螯合型式的銅及鋅，結果 EDM 的銅及鋅含量分別為飼糧的 2.74 或 3.17 倍及 2.88 或 3.18 倍。Skřivanet al. (2005)在蛋雞基礎飼糧中添加 3 mg Cu/kg 和 30 mg Zn/kg (飼糧含 9.0 mg Cu/kg 和 63.4 mg Zn/kg)，結果 EDM 的銅和鋅含量為 27 mg Cu/kg 和 160 mg Zn/kg，排泄物的銅和鋅分別較飼糧含量提高 3 倍和 2.52 倍。沈(2006)與蘇等(2013)分別以全蛋雞糞 (未添加調整材)或白肉雞墊料製作堆肥，經堆肥化後銅含量較堆肥化前濃縮約 2.8 或 1.00–1.41 倍，鋅含量則濃縮約 1.9 倍或 1.54–1.81 倍。本試驗 EDM 的銅和鋅含量分別介於 30–59 mg Cu/kg 和 328–428 mg Zn/kg 之間 (表 5)，若參考沈(2006)與蘇等(2013)堆肥化前、後銅和鋅之濃縮倍數計算，各處理組以全雞糞製作堆肥，皆有超出畜禽糞堆肥 (肥料種類品目及規格，2010)銅及鋅含量必須在 100 ppm 及 500 ppm 以下之虞。綜合以上結果，建議降低蛋雞飼糧的銅和鋅總含量為 10–20 ppm 和 60–80 ppm，並添加低銅和低鋅含量、高碳氮比的調整材 (例如：稻殼、稻蒿、木屑等)，以期符合畜禽糞堆肥 (品目 5-09)銅和鋅限量之規範。

表6 不同銅鋅含量飼糧對蛋雞產蛋性能及排泄物成分影響之主效應

Table 6 Main effects of production performance and excretion composition of layer hen

Items	Cu-0 <sup>1</sup>			Cu-10			SE
	Zn-30	Zn-60	Zn-90	Zn-30	Zn-60	Zn-90	
Production performance (n=48)							
Egg weight, g	61.08 <sup>ab</sup>	62.40 <sup>a</sup>	60.75 <sup>b</sup>	62.07 <sup>ab</sup>	61.44 <sup>ab</sup>	61.53 <sup>ab</sup>	0.37
Egg mass, g/d	56.31	57.39	56.30	57.19	56.75	57.30	0.20
Eggshell breaking strength, kg/cm <sup>2</sup>	1.98 <sup>b</sup>	2.09 <sup>ab</sup>	2.08 <sup>ab</sup>	2.21 <sup>a</sup>	2.02 <sup>b</sup>	2.11 <sup>ab</sup>	0.04
Excretion composition (n=8)							
Excreta, g/d	57.67 <sup>b</sup>	61.36 <sup>b</sup>	72.33 <sup>a</sup>	59.91 <sup>b</sup>	63.97 <sup>b</sup>	60.93 <sup>b</sup>	1.98
Moisture, %	63.34 <sup>b</sup>	66.95 <sup>ab</sup>	71.44 <sup>a</sup>	70.63 <sup>a</sup>	69.38 <sup>ab</sup>	68.91 <sup>ab</sup>	1.73

<sup>1</sup> The basal diet with two supplements of Cu and three supplements of Zn, i.e. without (Cu-0) and with 10 mg Cu/kg (Cu-10) and with 30 (Zn-30), 60 (Zn-60) and 90 (Zn-90) mg Zn/kg, by adding Cu SO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>, respectively.

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

## 參考文獻

- 白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學，第33-117頁。立宇出版社，台南市。
- 沈詔儀。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。
- 肥料種類品目及規格。2010。行政院農業委員會農糧署，

- [http://www.afa.gov.tw/laws\\_index.asp?CatID=228](http://www.afa.gov.tw/laws_index.asp?CatID=228)，中華民國99年7月29日修正，102年8月12日下載。
- 經濟部。2010。CNS國家標準配合飼料(家畜、家禽用)，經濟部99年5月18日經授標字第09920050420號公告。
- 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 44:163-174。
- 蘇天明、翁義翔、劉士銘、蕭庭訓、劉曉龍。2013。飼糧粗蛋白及植酸酶含量對白肉雞生長性能與屠體性狀之影響。畜產研究 46:97-108。
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Baumgartner S., D. J. Brown, E. Jr Salevsky, and R. M. Jr Leach. 1978. Copper deficiency in the laying hen. J Nutr. 108:804-11.
- Bernal, M. P., J. A. Alburgue, and R. Moral. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresour. Technol. 100:5444-5453.
- 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. Br. Poult. Sci. 44:726-731.
- Evans, G. W., C. I. Grace, and C. Hahn. 1974. The effect of copper and cadmium on 65zinc absorption in zinc-deficient and zinc-supplemented rats. Bioinorg. Chem. 3:115-123.
- Fischer, P. W. F., A. Giroux, and M. R. L'Abbe. 1981. The effect of dietary zinc on intestinal copper absorption. Am. J. Clin. Nutr. 34:1670-1675.
- Gonzalez, B. P., R. Nino Fong, C. J. Gibson, I. C. Fuentealba, and M. G. Cherian. 2005. Zinc supplementation decreases hepatic copper accumulation in LEC rat: A model of Wilson's disease. Biol. Trace Elem. Res. 105:117-134 (Abstr.).
- Hoekstra, W. G., E. C. Faltin, C. W. Lin, H. F. Roberts, and R. H. Grummer. 1967. Zinc deficiency in reproducing gilts fed a diet high in calcium and its effect on tissue zinc and blood serum alkaline phosphatase. J. Anim Sci. 27:1348-1357 (Abstr.).
- Mabe, I, C. Rapp, M. M. Bain, and Y. Nys. 2003. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. Poult. Sci. 82:1903-1913.
- 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.
- Miller, E. R., R. W. Luecke, D. E. Ullrey, B. V. Baltzer, B. L. Bradley, and J. A. Hoefler. 1968. Biochemical, skeletal and allometric changes due to zinc deficiency in the baby pig. J. Nutr. 95:278-286.
- 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.
- Nordskog, A. W., and G. Fransworth, Jr. 1953. The problem of sampling for egg quality in breeding flock. Poult. Sci. 32:918-921.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. National Academy Press, Washington, DC.

- Oberlaeas D., and B. F. Harland. 1996. Impact of phytic acid on nutrient availability. In: B. C. Michael and E. T. Kornegay. (ed.) Phytase in animal nutrition and waste management. pp. 77-84. BASF Corporation. New Jersey.
- Oestreicher, P., and R. J. Cousins. 1985. Copper and zinc absorption in the rat: Mechanism of mutual antagonism. *J. Nutr.* 115:159-166.
- 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.
- Peebles, E. D., A. M. Vance, S. L. Branton, S. D. Collier, and P. D. Gerard. 2009. Effects of time-specific F-strain *Mycoplasma gallisepticum* inoculation overlays on prelay ts-11-strain *M. gallisepticum* vaccination on blood characteristics of commercial laying hens. *Poult. Sci.* 88:911-916
- Prasad, A. S., D. Oberleas, P. Wolf, J. P. Horwitz, E. R. Miller, and R. W. Luecke. 1969. Changes in trace elements and enzyme activities in tissues of zinc-deficient pigs. *Am. J. Clin. Nutr.* 22:628-637 (Abstr.).
- Revy, P. S., C. Jondreville, J. Y. Dourmad, and Y. Nys. 2006. Assessment of dietary zinc requirement of weaned piglets fed diets with or without microbial phytase. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 90:50-59.
- Santon, A., S. Giannetto, G. C. Sturniolo, V. Medici, R. D’Inca, P. Irato, and V. Albergoni. 2002. Interactions between Zn and Cu in LEC rats, an animal model of Wilson’s disease. *Histochem. Cell Biol.* 117:275-281 (Abstr.).
- SAS. 2002. SAS procedure guide for personal computers. Version 6th Ed. SAS Institute Inc. Cary. NC. U.S.A.
- Skřivan, M., V. Skřivanová, and M. Marounek. 2005. Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. *Poult. Sci.* 84:1570-1575.
- Skřivan, M., V. Skřivanová, and M. Marounek. 2006. Effect of various copper supplements to feed of laying hens on Cu content in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 50:280-283.
- Southern, L. L., and D. H. Baker. 1983. Zinc toxicity, zinc deficiency and zinc-copper interrelationship in *Eimeria acervulina*-infected chicks. *J. Nutr.* 113:688-696.
- Tiquia, S. M. 2010. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. *Chemosphere* 79:506-512.
- Van Campen, D. R. 1969. Copper interference with the intestinal absorption of Zn-65 by rat. *J. Nutr.* 97:104-108.
- Van Campen, D. R., and P. V. Scaife. 1967. Zinc interference with copper absorption in rats. *J. Nutr.* 91:473-476.
- 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.
- Whitenack, D. L., C. K. Whitehair, and E. R. Miller. 1978. Influence of enteric infection on zinc utilization and clinical signs and lesions of zinc deficiency in young swine. *Am. J. Vet. Res.* 39:1447-1454.

## **Effect of dietary copper and zinc levels on production performance and excretion compositions of layer hen <sup>(1)</sup>**

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

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of dietary supplementation of different levels of copper and zinc on the production performance and excretion of copper and zinc in layer hens. A total of 288 Hy-Line W-36 birds were used once the production rate was above 90% at 28 weeks of age. A corn-soybean meal diet without copper (Cu) and zinc (Zn) supplementation, containing 17% of CP and 2,900 kcal/kg of ME was used as the basal diet. A 2 × 3 factorial arrangement of treatments consisting of feeding the basal diet with two supplements of Cu and three supplements of Zn, i.e. without Cu (Cu-0) or with 10 mg Cu/kg (Cu-10) and with 30 (Zn-30), 60 (Zn-60) or 90 mg Zn/kg (Zn-90) by adding CuSO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub>, respectively. Feed and tap-water were fed *ad libitum* during the experimental period from 28 to 56 weeks old of birds. The results showed that the different Cu and Zn levels of diet did not affect the egg weight, hen-day production, feed intake or feed conversion ratio. Layer hens fed with Cu-10 diet had significantly thicker ( $P < 0.01$ ) eggshell thickness and higher egg mass ( $P < 0.1$ ), eggshell breaking strength ( $P < 0.1$ ) and Cu level of excreta dry matter (EDM;  $P < 0.001$ ) than those of birds fed Cu-0 diet. At the end of the experiment, the birds fed with Cu-10 diet had lower Zn ( $P < 0.001$ ) and Ca ( $P < 0.01$ ) concentrations in plasma when compared with the birds fed with Cu-0 diet. Birds fed with Zn-90 diet had significantly higher ( $P < 0.001$ ) excreta than birds fed with Zn-30 diet. However, the Cu and Zn concentration in excreta was increased ( $P < 0.001$ ) when Cu and Zn intake was increased. In conclusion, the birds fed corn-soybean meal basal diets added 0 or 10 mg Cu/kg and 30, 60 or 90 mg Zn/kg did not affect the production performance. However, the Cu and Zn concentrations in feces were increased when Cu and Zn intake was increased. In conclusion, the layer hens fed a corn-soybean meal basal diet with 0 or 10 mg Cu/kg and 30, 60 or 90 mg Zn/kg did not significantly affect the egg production. The fecal Cu and Zn concentrations based on dry matter basis increased approximately 2.81 to 3.91-fold and 4.21 to 5.32-fold, than the dietary Cu and Zn levels, respectively.

(Key words: copper, excretion, layer hen, production performance, zinc)

---

<sup>(1)</sup>Contribution No. 1909 from Livestock Research Institute (LRI), Council of Agriculture (COA), Executive Yuan.

<sup>(2)</sup>Livestock Management Division, LRI, COA, 112 Farm Road, Hsinhua, Tainan, 71246, Taiwan, R.O.C.

<sup>(3)</sup>Animal Industry Division, LRI, COA, 112 Farm Road, Hsinhua, Tainan, 71246, Taiwan, R.O.C.

<sup>(4)</sup>Corresponding author, E-mail: tmsu@mail.tlri.gov.tw