

飼糧銅鋅含量對來亨蛋雞產蛋性能及 銅鋅蓄積率之影響⁽¹⁾

施柏齡⁽²⁾⁽³⁾ 李免蓮⁽²⁾

收件日期：102 年 5 月 7 日；接受日期：102 年 10 月 1 日

摘 要

本試驗旨在探討飼糧中不同銅鋅含量對來亨雞產蛋性能與蛋殼品質之影響，採用來亨蛋雞 180 隻，分別於 25 及 37 週齡時，逢機分飼於六個試驗處理組，試驗為 2 (銅含量) × 3 (鋅含量) 之複因子試驗。基礎飼糧不額外添加銅鋅，飼糧的銅含量為 9 ppm 或添加硫酸銅使飼糧中銅含量為 18 ppm；以及添加硫酸鋅，使飼糧中鋅的含量分別為 60、90 和 120 ppm。兩個試驗期分別為 4 週，試驗期間測定產蛋性能及蛋殼品質等。結果顯示，餵飼含鋅 60 ppm 之飼糧的蛋雞有降低產蛋率、產蛋量及飼料換蛋率較差的趨勢，但未達顯著差異。蛋內容物重的百分比以含 18 ppm 銅量組顯著提高 ($P < 0.05$)；蛋殼重百分比及蛋殼厚度則以含 60 ppm 鋅量組顯著較低 ($P < 0.05$)。隨著飼糧中銅鋅含量的增加，均顯著提高糞中銅鋅的含量 ($P < 0.05$)；雞隻體內銅及鋅的蓄積率，有隨著飼糧銅鋅含量提高，而呈顯著線性降低 ($P < 0.05$)。綜上所述，蛋雞產蛋期飼糧含 9 ppm 銅及 90 ppm 鋅飼糧，即可滿足雞隻良好產蛋性能及蛋殼品質所需，且其排泄物可符合國家生產優質堆肥的銅鋅標準。

關鍵詞：來亨蛋雞、飼糧銅鋅含量、產蛋性能、銅鋅蓄積率。

緒 言

銅為禽畜血紅素形成所必需，亦為細胞色素氧化酶 (cytochrome oxidase) 與酪胺酸酶 (tyrosinase) 等酵素之構成成分，為參與體內氧化磷酸化反應及胺基酸代謝之重要營養素 (林及徐，2000)。鋅為參與胰島素 (insulin)、碳酸酐酶 (carbonic anhydrase) 及鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase) 等酵素之構成成分，分別參與體內脂肪之代謝、二氧化碳之輸送及鈣、磷之代謝 (Skrivan *et al.*, 2005)。銅與鋅均為維持動物生命所必需的礦物質，依據 NRC (1994) 之建議，來亨蛋雞飼糧中銅之需要量為 6 ppm，童子雞為 8 ppm；蛋雞飼糧中鋅的需要量在 29 至 44 ppm 之間，童子雞全期均為 40 ppm。因此在一般實用飼糧中，銅鋅並不易缺乏，但如果添加過量之銅及鋅除易導致中毒外，不被雞吸收利用之銅、鋅會排泄於糞便中，造成環境之污染或不利堆肥之產製 (Berg and Martinson, 1972)。臺灣地區為亞熱帶氣候，雞隻採食量會有降低的情形，因此市售蛋雞飼糧常會提高銅鋅含量以彌補銅鋅攝取量，而造成雞糞中銅鋅含量增加 (蘇等，2011)。民國 88 年訂定的堆肥含鋅上限量為 800 ppm，蛋雞飼料含鋅上限量為 140 ppm；99 年農糧署修訂調降堆肥含銅上限量為 100 ppm，含鋅上限量為 500 ppm，如以此標準，則現行蛋雞飼料中鋅限量為 120 ppm，其雞糞堆肥恐有不符新修訂堆肥中鋅含量標準之虞 (農糧署，2008)。因此，本試驗旨在精確測定飼糧中銅鋅含量對產蛋雞體內代謝及蓄積率等影響，以因應法規限訂日漸降低之堆肥中銅鋅限量，並提供將來農政單位對於飼糧中銅鋅限量標準之參考資料。

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2019 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 通訊作者 E-mail：borling@mail.tlri.gov.tw。

材料與方法

I. 試驗動物與試驗設計處理

採用來亨蛋雞 W-36 品系共 180 隻，於 18 週齡時，移至個別籠飼。分別於 25 (熱季 8 月) 及 37 週齡 (涼季 11 月) 時，逢機分飼於 6 個試驗處理組，試驗期間為期 4 週，三重複，每處理組 30 隻，試驗為 2 (銅含量) × 3 (鋅含量) 之複因子試驗。基礎飼糧玉米—大豆粕為主，不額外添加銅 (礦物質預混物)，其銅含量為 9 ppm，另一處理為添加硫酸銅使飼糧中銅含量為 18 ppm；以及添加硫酸鋅，使飼糧中鋅含量分別為 60、90 和 120 ppm，硫酸銅及硫酸鋅添加量列如表 2 所示。試驗期間飼料與飲水任食。各階段基礎飼糧其他營養成分含量依 NRC (1994) 之小型產蛋雞營養推薦量調配，如表 1。

表 1. 蛋雞生長及產蛋期基礎飼糧組成分

Table 1. The composition of basal diets for growing and laying chickens

Items	Starter 0 – 6 weeks	Grower 7 – 18 weeks	Laying
Feed ingredients	%		
Yellow corn, grd.	69.00	71.85	67.20
Soybean meal, CP 43.5%	26.00	16.50	22.40
Fish meal, CP 65%	2.00	2.00	—
Soybean oil	—	—	0.60
Wheat bran	—	7.00	—
Dicalcium phosphate	1.20	0.90	0.90
Limestone, pulverized	1.15	1.20	8.30
Salt	0.40	0.30	0.30
Choline chloride, 50%	0.10	0.10	—
dl-methionine	0.05	0.05	0.20
Vitamin-mineral Premix ^a	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00
Calculated value			
Crude protein, %	18.16	15.26	17.03
ME, kcal/kg	2,936	2909	2903
Calcium, %	0.93	0.86	3.65
Total phosphorus, %	0.68	0.60	0.52
Nonphyate phosphorus, %	0.40	0.35	0.29
Total sulfur amino acid, %	0.93	0.82	0.61
Analyzed value			
Crude protein, %	19.30	15.40	17.10
Calcium, %	0.98	0.82	3.59
Total phosphorus, %	0.65	0.62	0.55
Total sulfur amino acid, %	1.05	0.78	0.79

^a Supplied per kilogram of diet: Vitamin A, 16,000 IU ;Vitamin D₃, 2,667 IU ;Vitamin E, 13.3 mg; Vitamin K, 2.7 mg; Vitamin B₁, 1.87 mg; Vitamin B₂, 6.4 mg; Vitamin B₆, 2.7 mg; Vitamin B₁₂, 16 μg ; Folic acid, 0.53 mg; Calcium pantothenate, 26.7 mg; Niacin, 40 mg; Choline-Cl (50%), 400 mg; Fe (FeSO₄), 53.3mg; Mn (MnSO₄ · H₂O), 93.3 mg; I (KI), 0.53 mg; Co (CoSO₄), 0.27 mg; Se (Na₂SeO₃), 0.27 mg; no supplement copper and zinc in the premix.

表 2. 試驗飼糧銅鋅來源及添加量

Table 2. The sources of copper and zinc supplementation for layer diet

Cu, ppm	9	9	9	18	18	18
Zn, ppm	60	90	120	60	90	120
Cupric sulfate, g/ton feed	0	0	0	22.76	22.76	22.76
Zinc sulfate, g/ton feed	67	134	201	67	134	201
Analyzed value						
Cu, ppm	8.5	8.2	8.1	17.7	18.5	18.8
Zn, ppm	62.8	91.5	118.9	63.8	89.8	117.5

Basal diet Zn content = 23 ppm.

II. 測定項目與方法

- (i) 試驗開始與結束時分別稱重，以測定體重變化；試驗期間每週記錄各組飼料採食量。
- (ii) 每天記錄產蛋數及每週二天測定平均蛋重，並計算隻日產蛋率(hen-day egg production)、產蛋量(egg mass) 及飼料換蛋率。
 隻日產蛋率，% = (總產蛋數／產蛋雞數／產蛋天數) × 100。
 產蛋量，g/d = (產蛋數 × 蛋重)／產蛋天數。
- (iii) 蛋組成及蛋殼品質測定：
 每週每處理組收集 20 顆蛋，利用不同比重之生理食鹽水，測定蛋比重，打蛋後採取蛋白及蛋黃分別秤重，並計算蛋白及蛋黃重佔蛋重的百分比。蛋殼品質測定包括蛋殼強度、蛋殼厚度及蛋殼重／蛋重百分比，蛋殼強度之測定以弘達 (HT-8115D) 桌上型電子電動式拉壓力試驗機，進行蛋殼破裂強度之測定；蛋殼厚度之測定，依 Nordskog and Farnsworth (1953) 之方法，在蛋的鈍端、尖端及赤道部各取一片蛋殼，以日製微測器 (FHK)，測其厚度至小數點 3 位，每個蛋的三個點測量值之平均，即為其蛋殼厚度。
- (iv) 代謝試驗
 參考 Sibbald (1979) 改良雞隻代謝試驗之方法，選取 60 隻蛋雞進行代謝試驗，逢機分成 6 組，每組 10 隻，飼養於個別代謝籠。飼養於代謝籠 5 日後，分別餵飼上述 6 組試驗飼糧，糞便之收集採用標記識別 (marker to marker) 收集法，試驗開始與結束時，分別添加 1% 三氧化二鉻 (Cr₂O₃) 於試驗飼糧中。每日每隻雞餵飼 80 公克，經餵飼 5 日後，試驗開始時第一次餵飼三氧化二鉻後，俟糞便呈現暗綠色開始收集，每天收集的糞便進行秤重及烘乾；試驗結束以第二次餵飼三氧化二鉻後，待糞便再呈現綠色時停止收集。將所收集的試驗飼料及排泄物，分析銅鋅的含量 (AOAC, 1990)，並計算銅鋅排泄量及蓄積率等。

III. 統計分析

試驗所得數值資料，以銅 × 鋅兩因子之複因子試驗設計 (factorial experiment of two factors)，利用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2002)，以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure; GLM) 進行變方分析，再以最小均方值 (Least Squares Mean; LSMeans) 測定法，比較兩因子各別主效應及交感作用的差異顯著性 (Steel and Torrie, 1980)。

結果與討論

I. 產蛋性能

飼糧中銅鋅含量對蛋雞採食量、產蛋性能及體重變化之主效應影響，如表 3 所示。在飼糧中銅含量主效應對於雞隻採食量、產蛋性能、飼料換蛋率及體重變化均無顯著差異。而蛋雞採食較低的飼糧鋅含量 (60 ppm) 對於產蛋率、產蛋量及飼料換蛋率有較差的趨勢，但差異不顯著。蛋雞之採食量、產蛋性能、飼料換蛋率及體重變化等性狀於飼糧銅與鋅含量之間並無明顯交感作用；此與馬 (2008) 指稱，

添加 200 ppm 鋅量並無明顯影響產蛋、隻日蛋重、飼料轉換率及蛋重等性狀的結果相似。試驗中蛋雞的日採食量約為 80 公克時，銅 9 ppm 及鋅 60 ppm 含量以上，提高飼糧中銅鋅含量，產蛋性能不受影響，此與 NRC (1994) 推薦蛋雞日採食 100 公克之飼糧，銅需要量 8 ppm 及鋅需要量 44 ppm 的蛋雞銅鋅需要量相近。但飼糧中銅鋅需求量與採食量、品種、環境氣候、緊迫及產蛋量有關，其中以採食量影響最大，日本蛋雞營養標準雖以銅 5 ppm、鋅 45 ppm，但建議蛋雞日採食量減少時，仍需適度提高飼糧銅鋅含量 (中央畜產會，2004)。上述研究顯示，飼糧中不需額外添加銅及添加少量鋅，即可滿足蛋雞對產蛋性能的需求。Stahl *et al.* (1990) 研究發現飼糧中過量鋅 (200 – 2000 ppm)，對種雞的產蛋性能、受精率及孵化率，無論在 12 週或 24 週的飼養期均無明顯影響，惟飼糧過高的鋅含量會影響銅的吸收。

表 3. 飼糧銅鋅含量對蛋雞採食量、產蛋性能及體重變化之主效應

Table 3. Main effects of dietary copper and zinc levels on the feed intake, laying performances and body weight gain change of laying hens

Item	Cu, ppm		SEM	Zn, ppm			SEM	Cu × Zn
	9	18		60	90	120		
Daily feed intake, g/d	78.74	77.33	0.761	77.42	77.84	78.84	0.932	NS
Egg production, %	85.83	84.80	3.010	81.39	86.52	86.52	3.685	NS
Broken egg (soft-shell), %	2.814	3.928	1.006	2.972	3.274	3.868	1.477	NS
Egg mass, g/d	49.70	48.80	1.832	47.42	50.13	50.21	2.243	NS
Feed intake / egg mass	2.281	1.991	0.390	2.119	2.179	1.860	0.789	NS
Body weight change, g/hen	2.815	6.389	20.13	31.31	25.50	22.56	24.66	NS

^{a, b} Means with different letters within the same row are significantly different at 5% level.

NS = no significant ($P > 0.1$).

II. 蛋殼品質及礦物質成分含量

飼糧中銅及鋅含量主效應對雞隻的平均蛋重、蛋比重及蛋殼強度的變化趨勢，呈現相似的趨勢 (表 4)，蛋內容物重百分比以含銅量 18 ppm 飼糧顯著較高 ($P < 0.05$)，但 90 ppm 與 120 ppm 鋅含量組顯著增加殼重百分比 ($P < 0.05$)，飼糧銅鋅含量之間無明顯交感作用 $P = 0.104 - 0.105$ 。平均蛋殼厚度均以鋅含量 60 ppm 飼糧組明顯較低 ($P < 0.05$)，但銅鋅之間亦無明顯交感的趨勢，顯示飼糧銅鋅含量對蛋殼品質並無交互作用。李及施 (2009) 研究調查國內蛋雞飼養戶並收集雞蛋，檢測蛋殼及蛋內容物之銅鋅含量，結果發現其銅鋅含量極低，故本試驗分析蛋殼之主要成分，包括鈣、磷及鎂等之含量；飼糧中銅含量並未明顯影響蛋殼的品質，包括蛋殼厚度、強度及礦物質含量。蛋殼中鈣及磷含量皆受飼糧中鋅含量的影響，以 60 ppm 含鋅量飼糧有顯著降低蛋殼鈣、磷含量的趨勢 ($P < 0.05$)，並有顯著的飼糧銅鋅交感作用，顯示飼糧銅鋅有共同影響蛋殼鈣磷含量的趨勢，提高飼糧銅與鋅採食量似有助於增加蛋殼中鈣及磷含量的蓄積；但蛋殼中鎂含量並不受飼糧中銅與鋅含量之影響。

Mabe *et al.* (2003) 研究指稱，蛋雞飼糧添加無機銅及鋅，使飼糧中銅含量為 5 及 15 ppm 及鋅含量為 30 及 90 ppm，結果發現並未有明顯影響蛋殼重及蛋殼重百分比；但隨著雞齡的增加，有改進蛋殼強度及蛋殼礦物質含量的趨勢，此與本試驗飼糧添加無機銅 10 ppm 及鋅 90 ppm 有相似之結果。

III. 代謝試驗

飼糧中銅鋅含量對蛋雞排泄物 (乾物重) 無明顯的影響 (表 5)，但以含最高量鋅 120 ppm 的飼糧組有提高排泄物量的趨勢。雞隻排泄物中銅的濃度以 18 ppm 含銅量組明顯較 9 ppm 組顯著較高 ($P < 0.05$)；較高飼糧銅與鋅含量組皆可明顯提高糞中鋅的濃度，且提高飼糧中銅含量有增加糞中鋅排出的效果。雞糞中銅含量與糞銅濃度的趨勢一致，以採食較高的飼糧銅含量組呈顯著提高 ($P < 0.05$)；隨著飼糧中鋅含量的增加，顯著提高糞中鋅排出量 ($P < 0.05$)。雞隻銅及鋅的蓄積率均呈隨著飼糧中銅與鋅含量的

提高而有明降低的趨勢 ($P < 0.05$)，但飼糧銅鋅之間未有顯著的交感作用。

李及施 (2009) 調查報告指出，國內蛋雞飼料中銅含量 15.55 ± 9.87 ppm，均低於飼料管理法規定的銅限量 35 ppm；雞糞中銅的平均濃度為 64.84 ppm，並符合 99 年新修訂的有機質肥料標準—銅上限為 100 ppm。蛋雞飼料中鋅含量為 138.88 ± 45.54 ppm，則超過 99 年 4 月新修訂的飼料鋅標準限量 (畜牧處，2009)。雞糞中鋅的濃度為 537.27 ppm，業已超過 99 年新修訂有機質肥料標準—鋅上限為 500 ppm 之限量標準 (農糧署，2010)。以試驗飼料中銅鋅的含量，若採行符合新修訂的飼料管理法之蛋雞料中銅限量 30 ppm 及鋅限量 120 ppm；試驗結果之雞糞中銅濃度尚在新修訂的有機質肥料標準銅限量範圍內，但以飼料 120 ppm 鋅含量之糞中鋅的濃度為 498.7 ppm，極接近有機質肥料標準的鋅限量，恐有超過標準之疑慮。此結果與盧 (1997) 調查豬糞中鋅含量，約為飼料中鋅含量的 4–6 倍之試驗結果相符。

Jackson *et al.* (2003) 研究指出，雞糞中鋅含量在堆肥製造的過程，其分解遠較其他元素為低，約在 6%，明顯較銅分解量 49% 為低；在土壤及青貯料中的微量元素均以鋅最穩定，並具蓄積性 (Skrivan *et al.*, 2005)。試驗估算值若以乾基計算時，以蛋雞糞作為動物性有機堆肥，其銅鋅濃度仍需考量含水率的因素，並配合其他農業資材稀釋，降低銅鋅的濃度。但近年來，因副產物開發作為飼料或國外農產品競爭，導致國內農產物的種植面積減少 (休耕政策)，以致如粗糠、蔗渣及花生蔓等農業資材的價格不斷攀升，堆肥業者也一直被要求須逐漸降低雞糞中鋅含量。然而雞糞發酵過程中，由於有機質的分解，相對使堆肥中銅鋅的濃度，反而比雞糞中升高。堆肥處理並無法解決雞糞中銅鋅超量的問題，只有在飼料端管制銅鋅之使用量，才能有效地降低土壤中銅鋅含量 (程，2011)。我國畜禽糞有機堆肥中的鋅限量為 500 ppm，相較於日本不論雞糞處理的過程與設施，其雞糞堆肥的鋅含量上限為 900 ppm，相對嚴格，且未來仍有可能再進行調降，為了抒解對生產面的衝擊，應加強研發提升飼糧中銅鋅利用率，或建立精確的銅鋅營養需求量，以降低飼料中的銅鋅使用量，進而減少糞中銅鋅的濃度及排泄量 (馬，2008)，以達到提高生產性能及提供生產優質堆肥之原料來源的雙贏目標。

表 4. 飼糧銅鋅含量對蛋組成分、比重及蛋殼品質之主效應

Table 4. Main effects of dietary copper and zinc levels on egg component, specific gravity and shell quality on laying hens

Item	Cu, ppm			Zn, ppm			SEM	Cu × Zn
	9	18	SEM	60	90	120		
Egg weight, g		58.84	0.345	58.86	58.05	58.70	0.422	NS
Egg specific gravity	1.087	1.080	0.005	1.087	1.079	1.083	0.006	NS
Content wt./egg wt., %	87.89 ^b	88.31 ^a	0.136	88.23	88.01	88.08	0.176	P = 0.105
Shell wt./egg wt., %	12.18	11.79	0.135	11.76 ^b	11.99 ^a	11.92 ^a	0.165	P = 0.104
Shell breaking strength, kg	2.073	1.866	0.143	2.063	1.915	1.946	0.162	NS
Shell thickness 1, μm	32.48	32.27	0.206	32.19 ^b	32.25 ^{ab}	33.05 ^a	0.052	NS
Shell thickness 2, μm	32.26	32.23	0.230	31.54 ^b	31.96 ^{ab}	33.21 ^a	0.282	NS
Shell thickness 3, μm	32.27	32.25	0.202	31.84 ^b	31.95 ^b	33.13 ^a	0.248	NS
Avg. shell thickness, μm	32.37	32.25	0.203	31.84 ^b	32.25 ^{ab}	33.12 ^a	0.254	P = 0.118
Ca in shell, %	34.07	33.85	0.112	33.68 ^b	34.57 ^a	33.98 ^{ab}	0.137	P < 0.05
P in shell, %	0.182	0.193	0.008	0.165 ^b	0.188 ^a	0.198 ^a	0.010	P < 0.05
Mg in shell, %	0.534	0.512	0.011	0.498	0.540	0.512	0.014	NS

^{a, b} Means with different letters within the same row are significantly different at 5% level.

NS = no significant ($P > 0.1$).

表 5. 飼糧銅鋅含量對銅鋅排泄及蓄積率之主效應

Table 5. Main effects of dietary copper and zinc levels on copper and zinc excreta and retention of laying hens

Item	Cu, ppm			Zn, ppm			SEM	Cu × Zn
	9	18	SEM	60	90	120		
Weight of excreta (DM), g/hen/d	21.96	20.93	1.371	19.90	20.75	23.68	1.679	NS
Cu in excreta, ppm	23.81 ^b	54.03 ^a	1.515	41.14	38.11	37.52	1.856	NS
Zn in excreta, ppm	429.4 ^b	470.4 ^a	7.889	373.4 ^c	468.3 ^b	498.7 ^a	9.662	P = 0.06
Cu content in excreta, mg/hen/d	0.083 ^b	0.184 ^a	0.008	0.137	0.130	0.134	0.011	NS
Zn content in excreta, mg/hen/d	1.490	1.575	0.094	1.175 ^c	1.534 ^b	1.888 ^a	0.116	P = 0.118
Cu retention, % ^A	24.85 ^a	15.13 ^b	2.022	22.09	19.14	18.74	2.476	NS
Zn retention, %	28.85	28.33	1.735	32.87 ^a	28.50 ^{ab}	23.56 ^b	2.125	NS

^{a, b, c} Means with different letters within the same row are significantly different at 5% level.

NS = no significant (P > 0.1).

A Cu (Zn) retention, % = Cu (Zn) intake - Cu (Zn) content in excreta / Cu (Zn) intake × 100.

結 論

由上述試驗結果顯示，蛋雞產蛋期飼餵含 9 ppm 銅含量及 90 ppm 鋅含量之飼糧，應可滿足雞隻正常產蛋性能及維持蛋殼品質所需，並可降低糞中銅鋅的排出量。為因應未來國內堆肥的鋅限量有日益嚴格的趨勢，禽畜生產及飼料業者應及早加強改善飼糧中鋅利用率，以為因應之道。

誌 謝

本試驗承蒙營養組飼料化驗中心同仁協助分析工作，使本試驗得以順利完成，謹此誌謝。

參考文獻

- 中央畜產會。2004。日本飼養標準—家禽。農業及食品產業技術綜合研究機構編著，日本。
- 李免蓮、施柏齡。2009。礦物質補助飼料之重金屬含量及對雞蛋品質之影響。畜產試驗所期末報告評議會。臺南市。
- 林義福、徐阿里。2000。飼糧中銅鋅含量對童子雞蓄積與排泄銅鋅之影響。中畜會誌 29(2)：117–124。
- 程梅萍。2011。日本雞糞應用與管理。行政院及所屬各機關出國報告，pp.11–15。
- 馬莎妮。2008。飼糧添加有機及無機鋅對白肉雞和產蛋雞生產性能、鋅的蓄積和排泄之影響。碩士論文。國立中興大學，台中。
- 畜牧處。2009。飼料管理法施行細則（民國 89 年 08 月 16 日修正）。
- 農糧署。2008。國產有機質肥料品牌推薦作業規範。農糧資字第 0971037031 號函修正。
- 農糧署。2010。國產有機質肥料品牌推薦名單。禽畜糞堆肥手冊（5–09）。
- 盧金鎮。1997。豬隻飼糧中鋅含量對生長性能、礦物質利用及排泄物中鋅含量的影響。飼料鋅、銅含量對禽畜生長性能、排泄物處理及堆肥之影響研討會專輯，臺南市，pp.1–6。
- 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。
- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. AOAC, Washington, DC.
- Berg, L. R. and R. D. Martinson. 1972. Effect of diet composition on the toxicity of zinc for the chick. Poultry Sci. 51: 1690–1694.

- Jackson, B. P., P. M. Bertsch, P. M. Cabrera, J. J. Camberato, J. C. Seaman and C. W. Wood. 2003. Trace element speciation in poultry litter. *J. Environ. Qual.* 32: 535–540.
- 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. *Poultry Sci.* 82: 1903–1913.
- Nordskog, A. W. and G. Fransworth, Jr. 1953. The problem of sampling for egg quality in breeding flock. *Poultry Sci.* 32: 918–921.
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. National Academic Press, Washington, D. C.
- SAS. 2002. SAS/STAT User's Guide, Release 8.2 Ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Sibbald, I. R. 1979. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. *Poultry Sci.* 58: 668–673.
- Skrivan, M., V. Skrivanova' 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. *Poultry Sci.* 84: I570–I575.
- Stahl, J. L., J. L. Greger and M. E. Cook. 1990. Breeding-hen and progeny performance when hens are fed excessive dietary zinc. *Poultry Sci.* 69: 259–263.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach 2nd Ed. McGraw-Hill Book Co., New York.

Effects of dietary levels of copper and zinc on the laying performance, copper and zinc retention in Leghorn layers⁽¹⁾

Bor-Ling Shih ⁽²⁾⁽³⁾ and Main-Ling Lee ⁽²⁾

Received: May 7, 2013; Accepted: Oct. 1, 2013

Abstract

This experiment was conducted to study the effects of dietary levels of copper and zinc on the laying performances, copper and zinc retention of Leghorn layers. A total of one hundred and eighty Leghorn layers were allocated into six groups at 25 and 37 weeks of age, respectively. The experiment was 2 × 3 factorial which included two dietary Cu levels of 9 and 18 ppm, and three zinc levels of 60, 90 and 120 ppm. Each trials last for 4 weeks, respectively. The laying performance and egg shell quality were measured during the experimental period. This result indicated that providing the dietary 60 ppm Zn had a tendency to reduce egg production, egg mass and feed conversion rate, but those no differences was observed between dietary Cu and Zn levels. Hens fed with 60 ppm Zn diet significantly ($P < 0.05$) reduced shell/egg weight percentage and shell thickness. The contents of copper and zinc in excreta were increased ($P < 0.05$) when dietary copper and zinc levels increased. There were linear significantly ($P < 0.05$) lower retention of copper and zinc when dietary copper and zinc were gradates increased. These results indicated that the concentration of copper and zinc in excreta can meet the national copper, zinc standard and provision of 9 ppm Cu and 90 ppm Zn can have good laying performance and egg shell quality.

Key words: Leghorn layers, Dietary copper and zinc levels, Laying performance, Retention of copper and zinc.

(1) Contribution No.2019 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Nutrition Division, COA-LRI, No. 112, Farm Rd, Hsinhua, 712, Tainan, Taiwan, R.O.C.

(3) Corresponding author, E-mail: borling@mail.tlri.gov.tw