

飼糧中鋅含量對豬隻排泄銅鋅之影響⁽¹⁾

施柏齡^{(2) (3)} 李免蓮⁽²⁾ 徐阿里⁽²⁾

收件日期：92 年 3 月 14 日；接受日期：92 年 8 月 2 日

摘 要

本試驗目的以代謝試驗來探討生長豬及肥育豬飼糧中鋅含量對豬排泄物銅鋅含量之影響。於生長期及肥育期分別進行二個代謝試驗，每代謝試驗採用 24 頭閹公豬，分二批次進行，每批次 12 頭豬，逢機分配於 4 個處理組。生長期之試驗一及試驗二基礎飼糧含銅量分別為 25 及 50 ppm，添加氧化鋅，使鋅含量分別為 60、120、180 及 250 ppm；肥育期之試驗三及試驗四基礎飼糧含銅量分別為 25 及 50 ppm，鋅含量分別為 50、100、150 及 250 ppm。生長期及肥育期代謝試驗分別選取平均體重 30 及 60 公斤之閹公豬，均飼於代謝架。試驗期間收集糞尿量，測定尿糞銅鋅含量、銅鋅排泄量、蓄積量及消化率。結果顯示，生長豬飼糧含銅量為 25 ppm 或 50 ppm 時，在豬尿銅排泄量、糞銅排泄量、總排泄銅量及銅消化率在各組之間皆無顯著差異。但鋅採食量、糞及尿鋅排泄量、糞中含鋅量及鋅蓄積量皆隨飼糧中鋅含量之提高而提高($P < 0.05$)。當飼糧銅含量為 50 ppm 時，以含鋅量 60 ppm 飼糧處理組之鋅消化率明顯較其他含高鋅量者為高($P < 0.05$)。在肥育豬飼糧含銅量為 25 或 50 ppm 時，則豬尿銅排泄量、糞銅排泄量、銅排泄量、銅消化率及鋅消化率在各組之間皆無顯著差異。而鋅採食量、糞及尿鋅排泄量、糞含鋅量及鋅蓄積量皆隨飼糧中鋅含量之提高而提高($P < 0.05$)。綜合生長期及肥育期之糞中含鋅量對飼糧含鋅量均有顯著性一次及二次線性迴歸，欲降低豬糞堆肥的含鋅量，則豬配合飼料含鋅量宜限量。依豬糞最高含鋅限量 800 ppm 時，依線性迴歸方程式分析，建議生長豬飼糧含鋅量不宜超過 125 ppm，而肥育豬飼糧含鋅量不宜超過 95 ppm。

關鍵詞：豬、鋅、銅、排泄。

緒 言

鋅為多種含金屬元素性酵素 (metallo-enzymes)，為豬隻維持正常生長發育及生理功能所必需礦物元素，對於體內蛋白質、碳水化合物及脂肪代謝利用作用之相關酵素活性之中心元素之一 (Spears, 1999)。NRC (1988) 及台灣地區飼養標準 — 豬 (1990) 推薦生長及肥育豬飼糧鋅最低需要量分別為 50 及 60 ppm。然而近年來研究報告顯示，離乳仔豬飼糧添加高量鋅 2000-4000 ppm，可增加生長速率 (Smith *et al.*, 1997)；且可減少仔豬離乳時所發生之下痢症狀 (Poulsen, 1995; Hahn and Baker, 1993)；添加高量鋅可有效控制腸道中大腸桿菌之發育，因此養豬業者常以提高飼糧中鋅的使

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 1204 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 通訊作者。

用量因應之。調查臺灣地區豬隻飼料銅及鋅含量，超過國家標準規定比例者仍屬偏高 (盧，2001)。導致近年來因飼糧中添加過量飼糧鋅量造成鋅蓄積於畜禽排泄物中，使堆肥鋅含量可高達 144~400 ppm，並超過國家規定的標準 (陳，1993) 及降低有機肥的可利用性 (鄭，1993)。

然而臺灣地小人稠，禽畜排泄物最經濟有效的處理方法就是製成有機堆肥回歸大地，但是銅、鋅皆屬累積性重金屬。豬隻飼料中銅、鋅超量使用，將對土壤、水源及環境造成污染。本試驗目的在探討豬隻飼糧中銅或鋅含量對豬隻排泄物鋅含量之影響，以供農政機關及相關業者之參考，期能引導業者建立經濟且正確的豬隻飼養管理觀念，並提高環保意識。

材料與方法

I. 代謝試驗與飼糧處理

(i) 生長期代謝試驗：

分為二個代謝試驗進行，每試驗選取平均體重約 30 公斤閹公豬 24 頭，分二批次分別進行，每批次 12 頭。試驗一：將表 1 基礎飼糧銅含量調整為 25 ppm，依序添加氧化鋅，使飼糧鋅含量分別為 60、120、180 及 250 ppm；試驗二：將表 1 基礎飼糧銅含量調整為 50 ppm，依序添加氧化鋅，使其飼糧鋅含量分別為 60、120、180 及 250 ppm。

(ii) 肥育期代謝試驗：

分為二個代謝試驗進行，每試驗選取平均體重約 60 公斤閹公豬 24 頭，分二批次分別進行代謝試驗，每批次 12 頭。試驗三：將表 1 基礎飼糧銅含量調整為 25 ppm，依序添加氧化鋅，使飼糧鋅含量分別為 50、100、150 及 250 ppm；試驗四：將表 1 基礎飼糧銅含量調整為 50 ppm，依序添加氧化鋅，使其飼糧鋅含量分別為 50、100、150 及 250 ppm。上述生長期及肥育期試驗飼糧之自配礦物質預混物均無添加含銅鋅礦物質原料，其營養成份均依 NRC (1988) 豬隻營養需要量標準調配。

II. 測定項目

生長期及肥育期豬隻經餵飼上述試驗飼糧，經適應於代謝架 5 天後，分別收集糞尿 5 天，供測定銅及鋅含量 (AOAC, 1990)，計算銅、鋅排泄量、蓄積率及消化率。試驗飼糧均添加 0.5% 三氧化二鉻 (Cr_2O_3) 為糞便收集之標識物，以 $90 \times W^{0.75}$ kcal ME (W：體重) 算飼料量，每日分別餵飼、收集糞尿二次及秤重。採取 10% 尿液冷凍保存，分析尿中銅、鋅含量；糞便經乾燥粉碎後，分析糞中銅、鋅含量。代謝試驗結束時，豬隻均於頸靜脈叢處採血 10 ml，採血後之血液經遠心分離 ($1700 \times g$, 15 分鐘)，所得之血清供分析血清中銅、鋅、鐵及鎂含量。上述銅、鋅含量的分析依 AOAC (1990) 所述，精確取飼料或豬糞於坩堝中以 480°C 灰化 8 小時，冷卻後再以 6 N HCl 溶解灰分，稀釋至適當倍數後，再以原子吸收光譜儀 (Polarized Zeeman Atomic Absorption Spectrophotometer, Model Z-8100) 定量。

III. 統計分析：

試驗所得之資料，利用統計分析系統 (Statistic Analysis System; SAS, 1990)，以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure; GLM) 進行變方分析，並以鄧肯氏新多次變域測定法 (Duncan's New Multiple Range Test, Steel and Torrie, 1980)，比較處理間差異的顯著性。其中銅及

鋅消化率之分析變數因其百分率低於 30%，採以開方根轉換資料 (沈，1999)，比較處理間差異的顯著性。

表 1. 豬隻基礎飼糧之組成

Table 1. The composition of basal diets for pigs

	Grower	Finisher
Ingredients, %		
Yellow corn, grd.	75.00	82.00
Soybean meal, 43.5% CP	22.00	16.00
Dicalcium phosphate	1.20	1.00
Limestone, pulverized	0.80	0.80
Salt	0.40	0.40
Vitamin premix ^a	0.10	0.10
Mineral premix ^b	0.15	0.15
L-Lysine-HCl, 78%	0.1	0.05
Choline chloride, 50%	0.1	0.1
Calculated value		
Crude protein, %	15.50	13.50
Digestible energy, kcal/kg	3400	3400
Calcium, %	0.72	0.61
Available phosphorus, %	0.35	0.32
Copper, ppm	10.50	6.50
Zinc, ppm	13.70	23.80
Analyzed value		
Crude protein, %	15.20	13.90
Calcium, %	0.78	0.65
Total phosphorus, %	0.65	0.61
Copper, ppm	9.80	5.80
Zinc, ppm	11.50	22.50

^a Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 6000 IU ; vitamin D₃, 800 IU ; vitamin E, 20 IU; vitamin K, 4 mg; vitamin B₂, 4 mg; vitamin B₆, 1 mg; vitamin B₁₂, 20 µg; Niacin, 30 mg; Pantothenate, 16 mg; Biotin, 0.1 mg; Folic acid, 0.5 mg.

^b Supplied per kilogram of diet : Fe (FeSO₄), 140 mg ; Mn (MnSO₄ · H₂O), 20 mg ; I (KI), 0.45 mg ; Co (CoSO₄), 0.27 mg ; Se (Na₂SeO₃), 0.27 mg.

結果與討論

I. 生長期代謝試驗

當生長期飼糧銅含量為 25 ppm時，添加不同鋅量對於豬隻尿中銅排泄量、糞中銅排泄量、總銅排泄量及銅消化率皆無顯著差異 (表 2； $P > 0.05$)。但生長豬採食含低鋅量飼糧於銅消化率有較高之趨勢，但未達顯著水準。然而糞中銅含量則以含高量鋅 (250 ppm) 處理飼糧顯著比較低含量鋅 (60 ppm) 者為高 ($P < 0.05$)。生長豬飼料含銅量 50 ppm及高含鋅量 (250 ppm) 飼糧處理組之糞銅含量顯著較其他處理組為高 (表 3； $P < 0.05$)；但豬隻之銅採食量、糞尿銅排泄量、銅排泄量、蓄積量及消化率於不同鋅含量飼糧之間均無差異 ($P > 0.05$)，但生長豬之糞銅含量以採食高鋅含量處理組顯著較高 ($P < 0.05$)。依Richards (1999) 報告以Cu⁶⁴及鋅元素直接注入仔豬小腸內，發現高量鋅會抑制Cu⁶⁴之吸收；且 Miller *et al.* (1981)指出體內銅與鋅為競爭吸收之拮抗作用，故飼糧鋅含量偏高下，會降低腸道銅之吸收，導致糞銅含量增加。此結論與本試驗結果頗為類似，當飼糧銅含量為 25 或 50 ppm時，採食過高鋅含量可能會抑制銅之吸收，導致增加糞銅含量。

生長豬飼糧銅含量 25 或 50 ppm 時，其鋅採食量、糞中鋅含量、豬糞及尿鋅排泄量及鋅蓄

積量皆隨著飼糧鋅含量之增加而提高 ($P < 0.05$)。但豬隻採食飼糧銅含量 25 ppm 時，於不同鋅含量處理組之間並無顯著影響豬隻鋅消化率；而飼糧中銅含量提高至 50 ppm 時，生長豬之鋅消化率隨著鋅採食量之增加而下降 ($P < 0.05$)，顯示飼糧中含過高銅量可能會干擾鋅元素之利用。另結果顯示豬隻尿液中鋅排泄量相當低，各組之間差異很小，由此可見豬隻鋅排泄量主要來自糞便鋅排泄量。試驗飼糧中最高鋅含量比較最低鋅含量提高約為 4 倍，但含高鋅量飼糧之豬隻糞中鋅含量及總鋅排泄量相較低鋅飼糧處理組增加約為 3 倍以上，此試驗結果與 Poulsen and Larsen (1995) 以不同鋅含量飼糧進行豬隻試驗結果頗為類似。另方面，本試驗豬隻飼養過程中，所有豬隻均未出現鋅缺乏相關症狀。

表 2. 飼糧含銅 25 ppm 及不同含鋅量對生長豬銅與鋅排泄蓄積之影響 (試驗 1)^X

Table 2. Effects of dietary copper 25 ppm and zinc levels on the copper and zinc excretion and retention for growing pigs (Trial 1)^X

Items	Dietary zinc levels, ppm				SEM
	60 (58) [*]	120 (120)	180 (176)	250 (247)	
Copper intake, mg/day	35.4	37.1	33.5	36.1	1.12
Fecal copper concentration, ppm	176.2 ^b	192.0 ^{ab}	180.3 ^{ab}	198.8 ^a	5.68
Copper in urine, mg/day	0.60	0.66	0.82	0.77	0.12
Copper in feces, mg/day	26.10	27.70	28.10	30.70	3.56
Copper excretion, mg/day	26.70	28.40	29.72	31.47	3.56
Copper retention, mg/day	8.70	8.70	4.60	4.63	4.26
Apparent copper dig. ^Y , %	24.67	23.29	16.12	14.95	5.90
Zinc intake, mg/day	119.4 ^d	211.8 ^c	280.7 ^b	355.4 ^a	14.12
Fecal zinc concentration, ppm	636.0 ^d	1133 ^c	1350 ^b	1783 ^a	54.17
Zinc in urine, mg/day	0.76 ^b	2.98 ^b	4.91 ^{ab}	11.93 ^a	0.13
Zinc in feces, mg/day	94.58 ^d	163.8 ^c	209.7 ^b	276.7 ^a	15.15
Zinc excretion, mg/day	95.34 ^d	166.8 ^c	214.6 ^b	288.7 ^a	15.15
Zinc retention, mg/day	24.06 ^c	44.93 ^b	66.04 ^a	66.66 ^a	21.15
Apparent zinc dig., %	19.93	21.20	23.58	18.68	7.80

^{a,b,c,d} Means without the same superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

^X Based on dry matter.

^{*}Numbers in parentheses are analyzed value.

^Y Apparent digestibility = intake (amount \times concentration) - excretion in feces (amount \times concentration).

表 3. 飼糧含銅 50 ppm 及不同鋅含量對生長豬銅與鋅排泄蓄積之影響 (試驗 2)^XTable 3. Effects of dietary copper 50 ppm and zinc levels in corn-soybean meal diets on copper and zinc excretion and retention for growing pigs (Trial 2)^X

Items	Dietary zinc levels , ppm				SEM
	60 (54) [*]	120 (113)	180 (167)	250 (241)	
Copper intake, mg/day	64.17	62.59	69.79	65.19	1.05
Fecal copper concentration, ppm	363.3 ^{ab}	350.6 ^b	367.3 ^{ab}	391.5 ^a	12.1
Copper in urine, mg/day	0.54	0.81	0.51	0.33	0.018
Copper in feces, mg/day	50.24	54.26	55.65	62.67	3.94
Copper excretion, mg/day	50.78	55.07	56.16	63.00	3.94
Copper retention, mg/day	13.33	7.52	13.62	7.16	4.16
Apparent copper dig., % ^Y	20.7	12.03	18.99	11.37	6.30
Zinc intake, mg/day	75.97 ^d	144.6 ^c	220.6 ^b	336.6 ^a	12.13
Fecal zinc concentration, ppm	459 ^d	832 ^c	1233 ^b	1833 ^a	71.33
Zinc in urine, mg/day	0.33 ^c	0.68 ^b	0.60 ^b	0.71 ^a	0.014
Zinc in feces, mg/day	52.79 ^d	127.6 ^c	187.5 ^b	293.5 ^a	12.55
Zinc excretion, mg/day	63.36 ^d	128.3 ^c	188.1 ^b	294.2 ^a	12.55
Zinc retention, mg/day	12.28 ^d	16.26 ^c	32.52 ^b	42.36 ^a	14.73
Apparent zinc dig., %	16.17 ^a	11.30 ^b	14.71 ^{ab}	11.05 ^b	2.30

^{a,b,c,d} Means without the same superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

^X Based on dry matter.

^{*}Numbers in parentheses are analyzed value.

^Y Apparent digestibility = intake (amount \times concentration) - excretion in feces (amount \times concentration).

II. 肥育期代謝試驗

在肥育期飼糧含銅量為 25 ppm (表 4) 或 50 ppm (表 5) 時，在豬尿銅排泄量、糞銅排泄量、銅排泄量及消化率於不同鋅含量飼糧處理組之間並無顯著差異。當肥育豬糞中銅含量以採食銅含量 50 ppm 及最高鋅含量 250 ppm 飼糧顯著較其他處理組為高 ($P < 0.05$)，此結果與生長期試驗結果頗為類似。豬隻鋅採食量與豬糞尿鋅排泄量、糞含鋅量及鋅蓄積量皆隨著飼糧鋅含量之提高呈增加 ($P < 0.05$)，但在鋅消化率在不同鋅含量飼糧之間並無顯著差異。由上述試驗結果顯示，豬隻飼飼銅含量 25 或 50 ppm 時，飼糧鋅含量 60 ppm 提高至 250 ppm 之間飼糧鋅含量提高 5 倍，則豬隻糞鋅含量及鋅排泄量約提高 5~6 倍，顯示飼糧中鋅含量使豬隻鋅排泄量呈等級倍數之增加，此與 Poulsen and Larsen (1995) 試驗結果頗為一致。此外，鋅的吸收與蓄積隨著年齡及其他金屬離子的增加，導致鋅的消化率會隨之下降 (Weigand and Kirchgessner, 1980)。依 Poulsen and Larsen (1995) 研究以添加氧化鋅使鋅含量為 42~255 ppm 進行生長豬代謝試驗，結果發現豬隻鋅蓄積率以高鋅含量飼糧顯著較低，但在含較低或適量鋅含量飼糧則差異不顯著，顯示過量的鋅含量並不能促進其吸收增加，反而會降低其吸收率，且隨著日齡增加，糞鋅排泄量越明顯。此與本試驗結果類似。

依 Smith *et al.* (1997) 及 Schell and Kornegay (1996) 研究顯示，飼糧添加硫酸銅使含銅 250 ppm 對於離乳仔豬在生長性能並無顯著改善，但在添加氧化鋅使鋅含量高達 3000 ppm 可顯著改善離乳仔豬之生長性能；盧 (1997) 研究顯示，飼糧含鋅量 1000 ppm 對離乳仔豬並無任何不利影響，提高鋅含量至 3000 ppm 則有促進生長性能之效果，但持續提高鋅含量至 5000 ppm 時，則豬隻呈現

不一致之生長效果；而豬隻肝臟及腎臟中鋅含量隨著飼糧鋅含量增加而提高，且糞鋅含量為飼料中鋅含量的 3 倍以上，顯示飼糧中鋅之吸收效率很低。飼料中鋅含量會影響鋅之利用，體內會依對鋅生理需求之狀況加以調整對鋅的吸收，即當飼料鋅含量增加時，鋅的吸收率即下降，同時提高糞尿中鋅之排泄（Weigand and Kirchgessner, 1980）。

但近年來，豬隻飼糧鋅含量添加常高於需要量標準甚多，如長期增加豬隻鋅排泄量所製成的堆肥恐會超過國家鋅最高限量（800 ppm）規定（行政院農業委員會，1997），對土壤及水源形成污染，進而降低堆肥利用性。綜合上述試驗結果，糞含鋅量對飼糧含鋅量一次及二次迴歸方程式之分析在生長期（試驗一及試驗二）分別為 $Y = 118.0 + 5.61X$, $R^2 = 0.90$ ($P < 0.01$)； $Y = 63.27 + 7.32X - 0.003X^2$, $R^2 = 0.91$ ($P < 0.01$)，而肥育期（試驗三及試驗四）分別為 $Y = -77.22 + 9.32X$, $R^2 = 0.93$ ($P < 0.01$)； $Y = 110.0 + 6.24X - 0.01X^2$, $R^2 = 0.93$ ($P < 0.01$)。其中 Y =糞含鋅量，ppm； X =飼糧含鋅量，ppm。綜合生長期及肥育期之豬糞含鋅量對飼糧含鋅量皆有顯著性一次線性迴歸，欲降低豬糞堆肥的含鋅量，則豬配合飼料含鋅量宜限量。若豬糞最高含鋅限量 800 ppm 時，依上述生長豬及肥育豬之糞中含鋅量線性迴歸方程式分析，建議生長豬飼糧含鋅量不宜超過 125 ppm，而肥育豬飼糧含鋅量不宜超過 95 ppm。

表 4. 飼糧含銅 25 ppm 且不同鋅含量對肥育豬銅與鋅排泄蓄積之影響（試驗 3）^X

Table 4. Effects of dietary copper 25 ppm and zinc levels on the copper and zinc excretion and retention for finishing pigs (Trial 3)^X

Items	Dietary zinc levels, ppm				SEM
	50 (54) [*]	100 (107)	150 (149)	250 (260)	
Copper intake, mg/day	50.81	56.72	53.29	54.40	1.97
Fecal copper concentration, ppm	324.8	343.6	329.0	352.9	15.18
Copper in urine, mg/day	0.227	0.451	0.293	0.325	0.14
Copper in feces, mg/day	43.32	49.25	46.25	44.01	2.30
Copper excretion, mg/day	43.54	50.11	46.54	44.34	2.35
Copper retention, mg/day	7.26	6.61	6.74	10.05	0.05
Apparent copper dig., % ^Y	14.29	11.11	12.72	17.12	2.88
Zinc intake, mg/day	109.8 ^d	213.7 ^c	299.2 ^b	521.0 ^a	1.36
Fecal zinc concentration, ppm	368 ^d	1021 ^c	1185 ^b	2244 ^a	47.09
Zinc in urine, mg/day	0.892 ^b	1.444 ^b	1.597 ^b	3.063 ^a	0.32
Zinc in feces, mg/day	95.93 ^d	187.1 ^c	266.0 ^b	456.2 ^a	19.08
Zinc excretion, mg/day	96.83 ^d	188.7 ^c	267.4 ^b	459.3 ^a	19.14
Zinc retention, mg/day	13.02 ^d	25.06 ^c	31.83 ^b	61.71 ^a	19.23
Apparent zinc dig., %	11.71	11.73	10.75	11.79	5.6

^{a,b,c,d} Means without the same superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

^X Based on dry matter.

^{*} Numbers in parentheses are analyzed value.

^Y Apparent digestibility = intake (amount × concentration) - excretion in feces (amount × concentration).

表 5. 飼糧含銅 50 ppm 且不同鋅含量對肥育豬銅與鋅排泄蓄積之影響 (試驗 4) ^XTable 5. Effects of dietary copper 50 ppm zinc levels on copper and zinc excretion and retention for finishing pigs (Trial 4) ^X

Items	Dietary zinc levels, ppm				SEM
	50 (51) [*]	100 (117)	150 (165)	250 (254)	
Copper intake, mg/day	81.22	77.96	78.62	75.45	2.30
Fecal copper concentration, ppm	221.67 ^b	242.8 ^b	232.9 ^b	267.7 ^a	6.29
Copper in urine, mg/day	0.126	0.126	0.113	0.09	0.02
Copper in feces, mg/day	67.101	63.37	67.46	62.21	5.01
Copper excretion, mg/day	67.22	63.50	70.57	62.3	5.01
Copper retention, mg/day	14.00	14.46	11.04	13.15	5.35
Apparent copper dig., % ^Y	16.90	18.56	14.04	17.43	6.6
Zinc intake, mg/day	87.46 ^d	206.0 ^c	288.9 ^b	447.2 ^a	2.95
Fecal zinc concentration, ppm	492 ^d	1016 ^c	1333 ^b	2516 ^a	74.50
Zinc in urine, mg/day	0.68 ^b	1.047 ^{ab}	1.44 ^{ab}	3.92 ^a	0.98
Zinc in feces, mg/day	76.49 ^c	189.6 ^b	254.3 ^b	397.8 ^a	25.55
Zinc excretion, mg/day	77.17 ^c	190.6 ^b	255.8 ^b	401.7 ^a	26.20
Zinc retention, mg/day	10.29 ^c	15.33 ^b	33.09 ^b	45.54 ^a	25.52
Apparent zinc dig., %	12.10	7.30	11.5	12.1	7.5

^{a,b,c,d} Means without the same superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

^X Based on dry matter.

^{*}Numbers in parentheses are analyzed value.

^Y Apparent digestibility = intake (amount \times concentration) – excretion in feces (amount \times concentration).

III. 血液性狀

飼糧中不同鋅含量對生長豬血清中礦物元素含量之影響 (表 6)，血清中鋅與鎂含量皆呈二次曲線之趨勢，以飼糧中含鋅量 120 ppm 處理組顯示較高 ($P < 0.05$)，而後隨著飼糧中鋅含量提高而下降。但在血清中銅與鐵含量則於飼糧不同鋅含量各處理組之間皆無顯著差異；飼糧中不同鋅含量對肥育豬血清礦物元素含量之影響 (表 7)，顯示飼糧含鋅量 50 ppm 較其他各組為低 ($P < 0.05$)，豬隻血清中鎂、銅及鋅含量均以飼糧鋅含量 100 ppm 處理組較高 ($P < 0.05$)，飼糧不同鋅含量對血清中鐵含量並無差異。本試驗結果顯示，無論在生長期或肥育期皆以較低含鋅量 50 或 60 ppm 處理飼糧，其血清鋅含量顯著較低，隨著飼糧鋅含量提高至 100~120 ppm 達到高峰，而且血中鎂含量亦達到最高，可能因飼糧鋅與鎂等二價陽離子含量與血中結合蛋白結合呈一定飽和數量，同時飼糧中之鋅及鎂元素均可進入骨骼形成動態型式貯存 (Spears, 1999)，此可能為血清中鎂及鋅含量變化趨勢類似之原因。依 Wedekind *et al.* (1994) 指出，在豬隻採食高鋅含量飼糧時則可能造成血中鋅含量會產生低估現象，在額外添加外源性鋅 80 ppm 之飼糧對生長肥育豬生長性能並無改進效果，顯示高量鋅含量之添加並不能促進生長性能及血清鋅含量。

表 6. 飼糧中不同鋅含量對生長豬血清中銅、鋅、鐵及鎂元素含量之影響

Table 6. Effects of dietary zinc levels on serum copper, zinc, iron, magnesium contents for growing pigs (Trial 1 and Trial 2)

Items	Dietary zinc levels, ppm				SEM
	60 (54) [*]	120 (113)	180 (167)	250 (241)	
Copper, mg/L	0.90	1.00	0.89	0.91	0.043
Zinc, mg/L	2.29 ^b	2.66 ^a	2.38 ^{ab}	2.43 ^{ab}	0.194
Iron, mg/L	0.91	1.10	0.81	0.83	0.102
Magnesium, mg/L	13.65 ^b	14.55 ^a	13.28 ^b	13.20 ^b	0.283

^{a,b} Means without the same superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

^{*}Numbers in parentheses are analyzed value.

表 7. 飼糧中不同鋅含量對肥育豬血清銅、鋅、鐵及鎂元素含量之影響

Table 7. Effects of dietary zinc levels on serum copper, zinc, iron, magnesium contents for finishing pigs (Trial 3 and Trial 4)

Items	Dietary zinc levels, ppm				SEM
	50 (51) [*]	100 (117)	150 (165)	250 (254)	
Copper, mg/L	0.81 ^b	1.00 ^a	0.88 ^{ab}	0.91 ^{ab}	0.042
Zinc, mg/L	1.50 ^b	3.00 ^a	2.39 ^{ab}	2.58 ^{ab}	0.304
Iron, mg/L	0.69	0.70	0.82	0.97	0.056
Magnesium, mg/L	13.25 ^a	13.50 ^a	13.05 ^{ab}	12.15 ^b	0.342

^{a,b} Means without the same superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$).

^{*}Numbers in parentheses are analyzed value.

結 論

綜合生長期及肥育期之豬糞中含鋅量對飼糧含鋅量皆有顯著性一次及二次線性迴歸，欲降低豬糞堆肥的含鋅量，則豬配合飼料含鋅量宜限量。若豬糞最高含鋅限量 800 ppm 時，依生長豬及肥育豬之糞中含鋅量線性迴歸方程式分析，建議生長豬飼糧含鋅量不宜超過 125 ppm，而肥育豬飼糧含鋅量不宜超過 95 ppm。

誌 謝

本研究計畫經費承行政院農業委員會補助（86 科技-1.9-牧-19(3)-1）及高雄縣家畜疾病防治所李世郎先生、本所產業組林小評先生與本組化驗中心同仁等協助試驗及分析等事宜，始能完成謹以誌謝。

參考文獻

- 行政院農業委員會。1997。肥料管理規則「肥料器目及規格表」。
- 沈明來。1999。試驗設計學。九州圖書文物有限公司出版。台北，pp. 73~77。
- 陳尊賢。1993。評估長期施用禽畜糞有機堆肥對農業土壤品質之影響。畜禽飼料銅、鋅之添加對環保之影響研討會論文集。台南，pp. 116~133。
- 盧金鎮。2001。台灣地區豬隻養豬料中鋅、鐵、錳及砷含量調查分析。畜產研究 34(2)：133~139。

- 盧金鎮。1997。豬隻飼糧鋅含量對生產性能、礦物質利用及排泄物中鋅含量的影響。飼糧鋅、銅含量對禽畜生長性能、排泄物處理及堆肥之影響研討會論文集。台南，pp. 1~6。
- 鄭正勇。1993。重金屬元素銅與鋅對於白菜幼苗生長之影響。畜禽飼料銅鋅之添加對環保之影響研討會論文集。台南，pp. 84~97。
- 臺灣地區飼養標準—豬。1990。台灣地區養豬飼養標準編輯委員會。行政院農業委員會發行。
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Hahn, J. D. and D. H. Baker. 1993. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. J. Anim. Sci. 71 : 3020~3028.
- Miller, E. R. Ku, P. K. Hitchcock, J. P. and Magee, W. T. 1981. Availability of zinc from metallic zinc dust for young swine. J. Anim. Sci. 52(2) : 312~315.
- NRC. 1988. Nutrient Requirements of Swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Poulsen H. D. and T. Larsen. 1995. Zinc excretion and retention in growing pigs fed increasing levels of zinc oxide. Livestock Prod. Sci. 43 : 235~242.
- Richards, M. P. 1999. Zinc, copper, and iron metabolism during porcine fetal development. Biological Trace Element Res. 69(1): 27~44.
- SAS. 1990. SAS/STAT User's Guide (Release 6.04 Ed.). SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schell, T. C. and E. T. Kornegay. 1996. Zinc concentration in tissues and performance of weanling pigs fed pharmacological levels of zinc from ZnO, Zn-methionine, Zn-lysine or ZnSO₄. J. Anim. Sci. 74 : 1584~1593.
- Smith, J. W. M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen and B. T. Richert .1997. Effect of the Interrelationship between zinc oxide and copper sulfate on growth performance of early- weaned pigs. J. Anim. Sci. 75 : 1861~1866.
- Spears, J. W. 1999. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals-review. AJAS 12(6) : 1002~1008.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics, pp. 187~188, 192.
- Wedekind, K. J., A. J. Lewis, M. A. Gieseman and P. S. Miller. 1994. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. J. Anim. Sci. 72:2681~2688.
- Weigand, E. and M. Kirchgesner. 1980. Total true efficiency of zinc utilization: Determination and homeostatic dependence upon the zinc supply status in young rats. J. Nutr. 110 : 469~480.

Dietary zinc levels effect on copper and zinc excretion in pigs⁽¹⁾

Bor-Ling Shih⁽²⁾⁽³⁾, Main-Nan Lee⁽²⁾ and A-Li Hsu⁽²⁾

Received : Mar. 14, 2003 ; Accepted : Aug. 2, 2003

Abstract

The purpose of these trials were to determine dietary zinc level effect on copper and zinc retention and excretion in pigs. This experiment included four trials, each included 24 crossbred barrows with 12 pigs in each replicate. The basal diets for growers contained 25 ppm Cu in Trial 1 and 50 ppm Cu in Trial 2. The grower basal diets were supplemented with ZnO, 60, 120, 180 and 250 ppm Zn, respectively. The finisher basal diet contained 25 ppm Cu in Trial 3 and 50 ppm Cu in Trial 4. The finisher diets contained 50、100、150 and 250 ppm Zn, respectively. The pigs were adapted to metabolic cages during the pretest period. Feces and urine samples were taken for 5 days with excretion, retention and Cu and Zn digestibility measured. The results indicated that dietary Cu levels did not affect the urinary and fecal Cu concentrations, Cu excretion, and apparent digestibility in growing pigs. The increase in dietary Zn levels significantly ($P < 0.05$) increased the urinary and fecal Zn content, Zn fecal concentration and Zn retention, but did not affect Zn digestibility during the growing period. The dietary Cu levels for finishing pigs showed no effect on urinary and fecal Cu, Cu and Zn excretion. The increase in dietary Zn elevated the urinary and fecal Zn concentration, excretion and retention of Zn ($P < 0.05$). It was concluded that increased Zn in the diet significantly increased ($P < 0.05$) Zn excretion, shown in the linear and quadratic regression responses. The maximal level for Zn in manure for the China National standard is 800 ppm, it is suggested that Zn in growing and finishing diets be under 125 and 95 ppm, respectively.

Key words : Pig, Zinc, Copper, Excretion.

(1) Contribution No 1204 from Livestock Research Institute (LRI), Council of Agriculture (COA), Executive Yuan.
(2) Nutrition Division, COA-LRI, Hsinhua 712, Tainan, Taiwan, R.O.C.
(3) Corresponding author.