

# 日粮锌源和锌水平对断奶仔猪血清及组织铜、锌沉积的影响

张彩英, 郭小权, 胡国良\*, 曹华斌, 罗军荣, 李麟, 黄爱民, 陈宝玉

(江西农业大学 动物科学技术学院, 江西 南昌 330045)

**摘要:** 探讨日粮锌源和锌水平对断奶仔猪血清及组织铜、锌沉积的影响。试验选用 21 日龄“杜×长×大”三元杂交的断奶仔猪 40 头, 按体重和性别随机分成 4 组(I~IV 组), 每组 10 头猪。分别饲喂添加氧化锌(以锌量计) I 组(对照组) 100 mg/kg、II 组 3 000 mg/kg 和蛋氨酸锌(以锌量计) III 组 100 mg/kg、IV 组 300 mg/kg 相同的基础日粮, 预试验 7 d, 正式试验 42 d。结果表明: 添加不同锌源和锌水平均能提高断奶仔猪血清锌水平, 降低血清铜水平, 但高锌 3 000 mg/kg 氧化锌使血清锌显著上升 ( $P < 0.05$ ); 高锌会降低脾脏、淋巴结、十二指肠和肾脏铜含量, 提高肝铜含量。这表明高锌日粮能增加断奶应激仔猪体内锌水平, 降低部分组织中铜含量。

**关键词:** 断奶仔猪; 氧化锌; 蛋氨酸锌; 铜; 锌

**中图分类号:** S828.211   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1000-2286(2011)01-0096-04

## Effects of Zinc Resources and Levels in Diet on the Contents of Copper, Zinc in Serum and Tissues of Weanling Piglets

ZHANG Cai-ying, GUO Xiao-quan, HU Guo-liang\*, CAO Hua-bin, LUO Jun-rong, LI Lin, HUANG Ai-min, CHEN Bao-yu

(College of Animal Science and Technology, JAU, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** An experiment was conducted to study the effect of zinc resources and levels in diet on the contents of copper, zinc in serum and tissues of weanling piglets. Forty "Duroc × Landrace × Yorkshire" crossbred weanling piglets (21 d of age) were randomly divided into 4 groups of 10 piglets each by weight and sex, which were fed with a basal diet with 100 or 3 000 mg/kg zinc (from ZnO) and 100 or 300 mg/kg zinc (from Zn-Met) respectively. The trial lasted 49 days, including the preset period of 7 days and the test period of 42 days. The results showed that: high zinc diets increased the contents of zinc in serum significantly, decreased the contents of copper in serum and spleen, mesentery lymph nodes, duodenum and kidney ( $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ ), increased the contents of copper in liver, but had no difference in the serum of zinc in the other groups. It is confirmed that the high level zinc diets enhance the zinc levels in the tissues of weanling stress piglets, and reduce the copper levels in some tissues of piglets.

**Key words:** weanling piglets; zinc oxide; zinc methionine; copper; zinc

锌是维持人和动物正常生理功能和生化代谢所必需的微量元素, 并因在机体内具有广泛的生理功能而被称为“生命元素”<sup>[1]</sup>。研究表明, 在断奶仔猪日粮中添加高剂量的锌, 能明显改善断奶仔猪消化

收稿日期: 2010-09-09   修回日期: 2010-12-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30860212)和江西省教育厅科技项目(GJJ08183)

作者简介: 张彩英(1972—), 女, 副教授, 硕士, 主要从事畜禽营养代谢性疾病及中毒性疾病研究, E-mail: zhang caiying0916@163.com; \* 通讯作者: 胡国良, 教授, 博士。

机能和食欲,提高仔猪的生长性能<sup>[2-4]</sup>,因此,锌作为继铜、砷之后发现的又一高效微量元素促生长添加剂被广泛应用于生产实践<sup>[5-6]</sup>。然而,锌在体内蓄积过多会引起中毒,锌与铜之间亦存在着复杂的拮抗作用,任何一种元素在日粮中含量的改变都可能影响其他元素的吸收以及引起其互作性质的变化,甚至会影响到整个机体生理状况的改变<sup>[7]</sup>。随着日粮中高锌添加的日益普及,高锌带来的问题也随之出现。为了减少高锌在畜产品中的残留和对环境的污染,动物营养学家们正在努力尝试以低剂量的有机锌替代高剂量无机锌,从而取得相同或更好的效果。大量研究表明,氨基酸螯合物的生物学效价高,能明显促进畜禽对矿物元素的消化吸收和转化利用,提高畜禽的生产性能,并有增强抗病、杀菌能力和免疫功能的作用。本试验以21日龄“杜×长×大”三元杂交的断奶仔猪为试验对象,探讨日粮锌源及锌水平对断奶仔猪血清及组织铜、锌沉积的影响,为进一步研究锌的生物学效应及高锌日粮对断奶仔猪促生长的作用机制提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物的选择与分组

试验选用21日龄“杜×长×大”三元杂交断奶仔猪40头,按公母各半,体重相近,同一圈中每头仔猪尽可能来自不同母猪的原则,随机分成4组(I~IV组),每组2个重复,每个重复5头猪。

### 1.2 试验基础日粮

试验基础日粮参照美国NRC(1998)断奶仔猪营养需要配合而成,基础日粮组成及营养水平见表1。

表1 基础日粮配方及营养水平

Tab.1 The composition and nutrition level of basal diet

日粮组成/% Composition of diet	1~14 d		15~42 d		营养水平 Nutrient level	1~14 d		15~42 d	
	1~14 d	15~42 d	1~14 d	15~42 d		1~14 d	15~42 d		
玉米 Corn	59.0	64.0			代谢能/(MJ·kg <sup>-1</sup> ) DE	13.50		12.50	
大豆粕 Soybean meal	21.5	26.0			粗蛋白/% Crude protein	20.00		20.00	
进口鱼粉 Fish meal	5.5	4.0			钙/% Ca	0.80		0.95	
乳清粉 Whey powder	5.0	0.0			总磷/% Total phosphorous	0.65		0.69	
豆油 Bean oil	2.0	2.0			有效磷/% Available phosphorous	0.42		0.40	
大豆浓缩蛋 Soybean protein concentrate	3.0	0.0			锌实测值/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Measured zine value	54.00		63.00	
预混料 Premix	4.0	4.0							

### 1.3 试验设计

在基础日粮上分别饲喂添加氧化锌(以锌量计) I组(对照组) 100 mg/kg、II组 3 000 mg/kg 和蛋氨酸锌(以锌量计) III组 100 mg/kg、IV组 300 mg/kg,日喂4次,猪群自由采食、饮水。预试验7 d,正式试验42 d。

### 1.4 样品的采集与保存

1.4.1 血液样品 试验第14、28、42天清晨,各组随机选取3头仔猪前腔静脉采血,每头采血5 mL,待血液自然凝固后3 000 r/min离心5 min,吸取血清分装于Eppendorf管中,置-20℃冰箱保存,用于血清Zn和Cu的检测。

1.4.2 组织样品 试验第21、42天清晨,各组随机选取2头仔猪(公母各半),称重后屠宰,屠宰前在自由饮水条件下禁食24 h。颈静脉放血,开腔取脾脏、胸腺、肠系膜淋巴结、十二指肠、肾脏和肝脏。各组组织用超纯水洗涤后,分别取同一部位肝脏、肾脏、脾脏、十二指肠和肠系膜淋巴结样品约5 g,烘干后装于洁净的青霉素瓶中,置干燥器中保存,用于组织微量元素Cu的测定。

### 1.5 检测方法

1.5.1 样品前处理 将恒重的组织器官和定量的血清用湿法消化法消化,过滤定容。具体方法如下:准确称取0.5 g样品(血清3 mL)于三角烧瓶中,用少量超纯水润湿后加20 mL硝酸,混匀,盖上表面皿

放置过夜,置于可调电炉上低温消煮至近干,若样品未溶解完全则继续加硝酸消煮直至近干为止。再加入 2 mL 高氯酸加热,待冒白烟溶液未干前停止加热。将溶液无损失地转移到 100 mL 容量瓶中,用超纯水定容至刻度均匀待测,并作空白。

1.5.2 测定 0.000、0.500、1.000、3.000、4.000 mg/kg 标准样检测,绘制标准曲线,每次测得  $R^2 = 0.9999$  时进行样品的测定。其中仪器工作条件为:波长 213.8 nm 灯电流 2.00 mA 狭缝 0.2 nm 乙炔流量 1.8 L/min,负高压 328 V。用日本产的原子吸收光谱仪(HITACHI Z 800)测定样品中 Zn 和 Cu 的含量。

## 1.6 数据处理与分析

数据均以平均值  $\pm$  标准差 ( $M \pm SD$ ) 表示,差异显著性分析采用 DPS 统计软件。

## 2 结果分析

### 2.1 血清 Zn、Cu 含量

由表 2 可知,血清 Zn 含量: II 组显著高于 I、III、IV 组 ( $P < 0.05$ ),第 14、28、42 天,II 组分别是 I 组的 1.68 倍、2.10 倍和 2.37 倍; III、IV 组变化不大,但都高于 I 组; II、IV 组呈上升趋势。血清 Cu 含量: II 组始终处于较低水平,第 14、28、42 天,II 组较 I 组分别降低了 22.16%、13.98% 和 23.30%, III、IV 组与 I 组比较,差异不大,并且各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 2 血清中 Zn、Cu 含量

Tab. 2 The content of zinc and copper in the serum

mg/L

时间 Times	项目 Item	I 组 group I	II 组 group II	III 组 group III	IV 组 group IV
第 14 天	Zn	2.10 $\pm$ 0.45 <sup>a</sup>	3.53 $\pm$ 0.96 <sup>b</sup>	2.14 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	2.26 $\pm$ 0.67 <sup>a</sup>
	Cu	1.85 $\pm$ 0.38	1.44 $\pm$ 0.35	1.84 $\pm$ 0.29	1.82 $\pm$ 0.32
第 28 天	Zn	2.18 $\pm$ 0.86 <sup>a</sup>	4.58 $\pm$ 1.42 <sup>b</sup>	2.22 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	2.30 $\pm$ 0.78 <sup>a</sup>
	Cu	1.86 $\pm$ 0.55	1.60 $\pm$ 0.76	1.83 $\pm$ 0.49	1.88 $\pm$ 0.15
第 42 天	Zn	2.08 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	4.92 $\pm$ 1.36 <sup>b</sup>	2.09 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	2.33 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>
	Cu	1.76 $\pm$ 0.46	1.35 $\pm$ 0.82	1.79 $\pm$ 0.14	1.82 $\pm$ 0.27

同行肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ).

### 2.2 组织中 Cu 含量

由表 3 和表 4 可以看出,肝脏 Cu 含量:第 21 天,II 组显著高于 I、III 组 ( $P < 0.05$ ),IV 组显著高于 I 组 ( $P < 0.05$ ),其他各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ );第 42 天,II、IV 组显著高于 I、III 组 ( $P < 0.05$ ),其他各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ );脾脏、淋巴结、十二指肠、肾脏 Cu 含量:各组间差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 3 第 21 天组织中 Cu 含量

Tab. 3 The content of copper in the tissues on the 21th day

mg/kg

组织 Tissues	I 组 group I	II 组 group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
脾脏 Spleen	8.74 $\pm$ 3.06	7.19 $\pm$ 2.56	8.83 $\pm$ 1.32	8.27 $\pm$ 1.42
淋巴结 Mesentery lymph nodes	8.64 $\pm$ 1.94	6.65 $\pm$ 0.84	7.63 $\pm$ 1.20	6.42 $\pm$ 1.04
十二指肠 Duodenum	18.51 $\pm$ 2.49	17.57 $\pm$ 4.67	18.06 $\pm$ 3.49	18.89 $\pm$ 6.31
肾脏 Kidney	39.34 $\pm$ 6.79	30.63 $\pm$ 4.52	34.96 $\pm$ 3.45	31.80 $\pm$ 4.77
肝脏 Liver	26.50 $\pm$ 4.03 <sup>a</sup>	39.76 $\pm$ 8.07 <sup>b</sup>	29.87 $\pm$ 4.36 <sup>ac</sup>	35.08 $\pm$ 11.40 <sup>bc</sup>

同行肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ).

表 4 第 42 天组织中 Cu 含量

Tab. 4 The content of copper in the tissues on the 42th day

mg/kg

组织 Tissues	I 组 group I	II 组 group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
脾脏 Spleen	8.48 ± 2.94	7.14 ± 1.69	7.48 ± 0.99	6.54 ± 0.45
淋巴结 Mesentery lymph nodes	8.37 ± 2.07	7.73 ± 1.02	6.86 ± 1.33	8.10 ± 2.11
十二指肠 Duodenum	18.28 ± 2.36	15.19 ± 3.41	19.77 ± 4.12	17.80 ± 3.22
肾脏 Kidney	39.33 ± 3.07	30.40 ± 7.91	38.35 ± 6.91	38.94 ± 3.62
肝脏 Liver	23.22 ± 2.65 <sup>a</sup>	32.59 ± 4.13 <sup>b</sup>	24.92 ± 3.12 <sup>a</sup>	33.07 ± 5.48 <sup>b</sup>

同行肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ) 不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), and with different capital letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.01$ ).

### 3 讨 论

血清锌水平能较好反映机体锌营养水平, Hahn 等<sup>[8]</sup>认为, 动物机体对锌的稳定性调控有一定的阈值, 只有当日粮锌超过 1 000 mg/kg 时, 血清锌含量才出现上升。Hill 等<sup>[9]</sup>发现在日粮中添加 500 mg/kg 氧化锌时, 血清锌含量未发生明显变化。试验结果表明, 在断奶仔猪日粮中添加 3 000 mg/kg 氧化锌和 100、300 mg/kg 蛋氨酸锌, 均能提高仔猪血清锌水平, 但高锌 3 000 mg/kg 氧化锌使血清锌浓度显著上升, 添加低水平锌 100、300 mg/kg 蛋氨酸锌时, 对血清锌的含量影响不大, 与冷静等<sup>[4]</sup>、郭小权等<sup>[10]</sup>的报道一致, 但与丁小玲等<sup>[11]</sup>的报道不一致。

王希春等<sup>[12]</sup>研究了高锌日粮对断奶仔猪血清及组织铜、锌水平的影响, 结果表明, 高锌组仔猪心、脾脏、胸腺铜含量显著或极显著降低, 肝、肾铜含量无明显变化。本试验表明, 在日粮中添加氧化锌 (3 000 mg/kg), 血清、脾脏、淋巴结、十二指肠和肾脏中铜含量均低于对照组, 但差异不显著, 肝脏 Cu 含量 II、IV 组显著高于 I、III 组。试验结果的差异, 可能与断奶仔猪的试验条件和试验阶段有关。日粮中添加高水平的锌, 对组织中的铜、锌吸收存在一定影响。一般认为, 锌和铜在肠粘膜竞争相同键位和共同的代谢渠道, 过量的锌可以降低铜的吸收<sup>[2]</sup>。这一点在本实验中得到了证实。赵昕红等<sup>[13]</sup>认为, 各种微量元素之间存在一定的相关性, 添加水平接近平衡时才可起到明显的效果。

Carlson 等<sup>[14]</sup>和 Smith 等<sup>[15]</sup>研究表明, 仔猪断奶后, 由于应激导致体内铜、锌浓度的降低, 而单纯的添加高锌或高铜只能增加体内相应元素的含量, 对其他微量元素的代谢产生影响。大量研究表明, 锌和铜元素均存在一定的拮抗作用, 日粮高锌会影响动物机体对铜的吸收。因此, 在断奶仔猪的日粮中添加高锌时, 应适当增加其他元素的含量, 使体内各种元素发挥其最佳的作用效果。

#### 参考文献:

- [1] 柴映青, 安自朝, 王康宁. 高锌对断奶仔猪促生长作用的研究 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2004 (4): 23 - 24.
- [2] 胡向东, 洪作鹏, 王敏奇. 高剂量锌促进猪生长的研究进展 [J]. 中国饲料, 2004 (7): 8 - 9.
- [3] Carlson M S, Boren C A, Wu C, et al. Evaluation of various inclusion rates of organic zinc either as polysaccharide or protinate complex on the growth performance, plasma and excretion of nursery pigs [J]. Journal of Animal Science, 2004, 82 (5): 1359 - 1366.
- [4] 冷静, 戴志明, 杨国明, 等. 日粮锌水平对断奶仔猪生产性能、免疫器官及组织锌的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2004, 19 (2): 211 - 214.
- [5] 雷宁利, 宋代军. 仔猪高锌研究进展 [J]. 中国饲料, 2005 (6): 19 - 21.
- [6] 许梓荣, 王敏. 高剂量锌促进猪生长的机理探讨 [J]. 畜牧兽医学报, 2001, 32 (1): 11 - 17.
- [7] 张苏江, 刘国文, 王哲. 饲料铜水平对生长猪血清铜、血清锌和血清铁的影响 [J]. 畜牧兽医杂志, 2003, 22 (1): 1 - 3.
- [8] Hahn J D, Baker D H. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc [J]. Journal of Animal Science, 1993, 71 (11): 3020 - 3024.
- [9] Hill G M, Miller E R, Whetter P A, et al. Concentration of minerals in tissues pigs from dams fed different levels of dietary zinc [J]. Journal of Animal Science, 1983, 57 (1): 130 - 138.

清蛋白却不同,因为提取液中只有水,不含有 NaCl、乙醇、碱等溶剂,所以清蛋白提取样品中含有球蛋白或其他醇溶蛋白、谷蛋白的可能性很小。由此笔者认为在作物种子几种蛋白质中,将清蛋白作为分析对象更可靠一些。由于本研究中采用的提取方法提取的蛋白质样品进行 SDS - PAGE 电泳谱带清晰,可进一步研究青海不同基因型蚕豆蛋白质亚基成分及其相异性。

#### 参考文献:

- [1]吴凯星,李宗菊,施丽萍,等.蚕豆蛋白质抽提液的初步评估与选择[J].食品科学,1999(11):34-37.
- [2]杨海涛,刘军海.蚕豆蛋白质提取工艺的研究[J].食品工艺,2008(2):76-78.
- [3]蒋建基,杨秀科.食品营养与卫生[M].北京:高等教育出版社,1995:248-249.
- [4]陈景堂,祝丽英,宋占权,等.玉米种子清蛋白和球蛋白 PAGE 比较分析[J].玉米科学,2002,10(2):27-29.
- [5]Laemmli U K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of the bacteriophage[J]. Nature. 1970(227):680-685.
- [6]Derbyshire E, Wright D J, Boulter D. Legumin and vicilin: Storage proteins of legume seeds[J]. Phytochemistry, 1976(15):3-24.
- [7]Hudson B J F. New and developing source of food proteins[M]. 1994.
- [8]李雪琴,苗笑亮,裘爱泳,等.几种豆类蛋白质组成和结构比较[J].粮食与油脂,2003(6):19-20.
- [9]李雪琴,苗笑亮,裘爱泳,等.蚕豆蛋白的提取分离及相对分子质量的测定[J].无锡轻工大学学报,2003(22):71-74.
- [10]中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.5—2010 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [11]郭尧君.蛋白质电泳实验技术[M].北京:科学出版社,1999:123-131.
- [12]陈景堂,祝丽英,宋占权,等.玉米种子清蛋白和球蛋白 PAGE 比较分析[J].玉米科学,2002,10(2):27-29.
- [13]Hudson B J F. Developments in food proteins[M]. London and New Jersey: Applied Science Publishers, 1991.

---

#### (上接第99页)

- [10]郭小权,胡国良,曹华斌,等.高锌日粮对断奶仔猪血清锌和粪便排泄锌含量的影响[J].江西农业大学学报,2009,31(5):789-792.
- [11]丁小玲,汤继顺,王希春,等.日粮锌源和锌水平对断奶仔猪血清及组织铜、铁、锌沉积的影响[J].中国兽医学报,2010,30(2):262-265.
- [12]王希春,吴金节,汤继顺,等.高锌日粮对断奶仔猪血清、组织及粪便中铜、铁、锌水平的影响[J].南京农业大学学报,2009,32(4):127-132.
- [13]赵昕红,李德发,田福刚,等.高锌和高铜对仔猪生长性能、免疫功能和抗氧化酶活性的影响[J].中国农业大学学报,1999,17(1):91-96.
- [14]Carlson M S, Hill G M, Link J E. Early and traditionally weaned nursery pigs benefit from phase - feeding pharmacological concentrations of zinc oxide: Effect on metallothionein and mineral concentration[J]. Journal of Animal Science, 1999, 77(5):1199-1207.
- [15]Smith J W, Tokach M D, Goodband R D, et al. Effects of the interrelationship between zinc oxide and copper sulfate on growth performance of early - weaned pigs[J]. Journal of Animal Science, 1997, 75(7):1861-1866.