

## 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

赵昕红<sup>①</sup> 李德发 田福刚 杨汉春

杨唐斌

(中国农业大学动物科技学院)

(北京航天医学工程研究所)

**摘要** 本试验选用杜洛克×约克夏×长白三元杂交仔猪 8 窝(72 头),随机分为 3 个处理,每个处理 3 个重复,每个重复 8 头。处理 1 饲喂基础日粮+Cu 250 mg·kg<sup>-1</sup>+Zn 100 mg·kg<sup>-1</sup>,处理 2 饲喂基础日粮+Zn 1 500 mg·kg<sup>-1</sup>+Cu 16 mg·kg<sup>-1</sup>,处理 3 饲喂基础日粮+Zn 3 000 mg·kg<sup>-1</sup>+Cu 16 mg·kg<sup>-1</sup>。试验期 21 d。试验结果表明:处理 3 生长性能表现最好,处理 1 次之,处理 2 最差。其中处理 1 与 2 及处理 2 与 3 间增重差异显著,处理 3 与处理 1 增重差异不显著,但处理 3 比处理 1 增重提高 29.2%。从饲料报酬上看,高锌处理 2 和 3 均高于处理 1。高锌处理 2 和处理 3 仔猪腹泻率比处理 1 分别降低 15.3%和 9.0%。对血液白细胞的数量和分类及 IgG 的检测结果表明,高铜和高锌都能使仔猪免疫功能得到加强,高锌比高铜更能促进仔猪的体液免疫反应。对血液中抗氧化酶(SOD,CAT 和 GSH-Px)活性的测定结果表明,高锌处理组仔猪的抗氧化能力大于高铜处理 1 组的仔猪,这可能表明,高锌使机体抗应激能力增强的幅度大于高铜。

**关键词** 仔猪;高锌;高铜;生长性能;免疫功能;抗氧化酶

**分类号** S816.72; S828.41

## Effect of High Level of Zinc and Copper on Piglet Growth Performance, Immune Response and Blood Antioxidative Enzyme Activities in Blood

Zhao Xinhong Li Defa Tian Fu'gang Yang Hanchun

(College of Animal Science and Technology)

Yang Tangbin

(Institute of Space Medico-Engineering, CAU)

**Abstract** Seventy-two crossbred weanling piglets (Duroc × Yorkshire × Landrace) were used in a 21-d growth assay to determine the effects of zinc oxide and copper sulfate on piglet growth performance, immune response and antioxidative enzyme activities in blood. Treatments were; ①control (copper 250 mg·kg<sup>-1</sup>+zinc 100 mg·kg<sup>-1</sup>); ②zinc 1 500 mg·kg<sup>-1</sup>+copper 16 mg·kg<sup>-1</sup> and zinc 3 000 mg·kg<sup>-1</sup>+copper 16 mg·kg<sup>-1</sup>. The pigs were blocked by weight and randomly allocated to each of the three dietary treatment, with 8 piglets in each pen and 3 replicate pens per treatment. Diets were formulated with 1.15% lysine. Pigs fed same mineral level during the entire experimental period. For the entire 21-d trial, piglets fed diets with added zinc improved F/G. High level of zinc and copper stimulate immune response of piglets. IgG concentration increased with increase in zinc level. It seemed that high

收稿日期: 1997-03-05

①赵昕红,北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区),100094

level of zinc had greater improvement on specific immune response than copper. SOD and GSH-Px activities improved by increase in zinc level, on the contrary, CAT activities decreased by increase in zinc level. This changes in antioxidative enzyme activities indicated that high level of zinc enhanced anti-stress ability of piglets.

**Key words** weanling piglet; zinc; copper; immune response; antioxidative enzyme

铜和锌是畜禽生长不可缺少的微量元素。畜禽的造血、神经细胞、骨骼、结缔组织和被毛的生长发育都与铜有密切的关系。铜离子亦是多种酶的重要组成成分。高铜用于仔猪日粮的研究始于50年代中期,结果表明,高铜能刺激仔猪的生长,可使仔猪日增重提高5%~10.5%,饲料利用率提高3.9%~8.1%<sup>[1]</sup>,且能增强机体免疫力。锌是多种酶的组成成分,它参与机体蛋白质的合成、脂肪、碳水化合物和维生素等营养物质的代谢;骨骼发育和角质的生成也需要锌的参与;锌还能增强机体免疫力、抗感染能力及促进创伤愈合。近年来,国外学者在断奶仔猪日粮中添加高锌(锌2 500~4 000 mg·kg<sup>-1</sup>,以氧化锌提供)的研究表明,高锌可显著缓解仔猪断奶后腹泻的发生,对日增重有显著促进作用<sup>[2~4]</sup>。可见,高铜、高锌均可刺激仔猪生长,并提高机体的免疫功能。因而有关探讨在仔猪日粮中以高锌代替高铜的可能性的研究报道日渐增多,但日粮中高锌的适宜水平及锌促生长的机理还未确定。

本试验旨在探讨在我国仔猪日粮中氧化锌替代硫酸铜的可能性,并从免疫角度研究高铜、高锌促生长的机理。本试验设置3种日粮,即在基础日粮中分别添加高铜250 mg·kg<sup>-1</sup>、高锌1 500 mg·kg<sup>-1</sup>和高锌3 000 mg·kg<sup>-1</sup>的3个处理组,通过饲养试验和对血液生化指标的测定,来评定高铜和高锌对断奶仔猪生长性能、免疫功能及抗氧化酶活性的影响。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验设计

采用完全随机化区组设计,分3个处理,每个处理3圈,每圈8头。

### 1.2 试验日粮

基础日粮由玉米,豆粕,豆饼,鱼粉等主要原料组成,试粮配方和营养水平见表1(粗蛋白、钙、磷为实测值)。

### 1.3 饲养管理

在北京海淀区四季青畜牧水产公司远大猪场选用杜×约×长三元杂交的35日龄断奶仔猪72头。按体重相近,公母各半,同一圈中每头仔猪尽可能来自不同母猪的原则,随机分为9圈。猪群高床笼养,自由采食,自由饮水。免疫消毒程序按猪场常规方法进行。日常观察仔猪采食和健康状况,记录拉稀和死亡头数,对因故不能参加试验的仔猪要及时退出试验。

表1 基础日粮配方和营养水平

日粮组成	w/%	项目	营养水平 w/%
玉米	66.1	消化能/MJ	13.75
豆粕	5.5	粗蛋白	19.1
豆饼	17.5	钙	0.918
酵母	2.0	总磷	0.620
进口鱼粉	4.5	赖氨酸	1.15
小干鱼	1.0		
磷酸氢钙	1.5		
石粉	0.6		
食盐	0.3		
预混料	1.0		
合计	100.0		

处理1 高铜组预混料中加 Cu 250 mg·kg<sup>-1</sup>+Zn 100 mg·kg<sup>-1</sup>; 处理2 高锌组预混料中加 Zn 1 500 mg·kg<sup>-1</sup>+Cu 16 mg·kg<sup>-1</sup>; 处理3 高锌组预混料中加 Zn 3 000 mg·kg<sup>-1</sup>+Cu 16 mg·kg<sup>-1</sup>。

## 1.4 检测指标

饲料消耗(ADFI):记录每周耗料量及各阶段平均日采食量。

日增重(ADG):在 35,42,和 56 日龄时,清晨空腹称个体重,计算平均日增重。

血液指标:在 42 和 56 日龄时,清晨抽取静脉血 5 mL,其中 1 mL 加 EDTA,用日本产 F-800 全自动血细胞分析仪进行白细胞数量和分类的测定;另外 4 mL 静置、离心,制备血清,用于免疫球蛋白(IgG)含量和抗氧化酶活性的测定。双向单扩散方法用于 IgG 浓度的测定;NBT 光化学法测定超氧化物歧化酶活性<sup>[5]</sup>、用直接分光光度法测定谷胱甘肽过氧化物酶活性<sup>[6]</sup>、KMnO<sub>4</sub> 滴定法测定过氧化氢酶活性<sup>[7]</sup>。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 仔猪的生长性能

由表 2 可见,试验开始后的第一周,由于受断奶应激的影响,各处理仔猪增重都很缓慢,尽管各处理间增重差异不显著,但高锌处理 3 的日增重要比处理 1 和处理 2 分别高 31.3%和 62.3%。饲料利用率随着锌水平的提高而降低,且各处理间差异显著。其中,高锌处理 3 组饲料转化效率最高,高锌处理 2 次之,高铜处理 1 最差。试验期的后两周,高锌处理组的增重表现要好于高铜组,高锌处理 3、处理 2 分别比处理 1 日增重高 23.2%和 13.1%,但统计上各处理间无显著差异。饲料转化效率的变化趋势与前一周相近。从全期增重上看,高锌处理 3 日增重最大,高铜处理 1 居中,高锌处理 2 最差。处理 3 和处理 2 增重差异显著,处理 1、2 和处理 1、3 之间差异不显著,但处理 3 比处理 1 高 29.2%。可见,高锌(3 000 mg·kg<sup>-1</sup>)比高铜(250 mg·kg<sup>-1</sup>)更能促进仔猪生长,尤其在提高仔猪饲料利用率上明显优于高铜。在对仔猪腹泻的影响上(表 3),高锌处理 3 组仔猪腹泻率最低,高锌处理 2 组居中,高铜处理 1 最高。这说明,在控制仔猪腹泻上,高锌好于高铜。以上研究结果与 Poulsen<sup>[3]</sup>和 Smith<sup>[4]</sup>关于高锌(3 000 mg·kg<sup>-1</sup>)可显著缓解仔猪断奶后腹泻的发生、对日增重有显著促进作用的报道相一致。

表 2 高锌和高铜对仔猪采食量、体增重和饲料利用率的影响

试验阶段及指标	处理项目及处理量/mg·kg <sup>-1</sup>		
	处理 1 (Cu)250+(Zn)100	处理 2 (Zn)1 500+(Cu)16	处理 3 (Zn)3 000+(Cu)16
初始体质量 m/kg <sup>NS</sup>	10.4±1.3	10.3±1.2	10.4±1.2
断奶后 0~2 周平均			
日耗料量 m/g	361.3±37.7b	251.6±58.7a	332.0±39.5b
平均日增重 m/g <sup>NS</sup>	134.8±38.2	111.4±35.3	164.6±55.7
饲料增重比	2.68c	2.25b	2.02a
断奶后 3~4 周平均			
日耗料量 m/g <sup>NS</sup>	412.2±65.7	446.2±84.3	459.3±71.4
平均日增重 m/g <sup>NS</sup>	200.1±66.3	226.4±65.2	246.6±68.9
饲料增重比	2.06b	1.97 ab	1.86a
断奶后 0~4 周平均			
日耗料量 m/g <sup>NS</sup>	395.4±37.6	363.3±52.4	410.8±41.2
平均日增重 m/g	171.2±61.9 ab	161.2±46.8a	221.2±42.4b
饲料增重比	2.31b	2.25b	1.86a

注:NS 代表差异不显著;上标注字母相同者为差异不显著,不同者为差异显著

表3 高锌和高铜对仔猪腹泻影响的结果

处理	头数	腹泻率, %	死亡头数
1	23	22.2	1
2	24	20.2	0
3	24	18.8	0

## 2.2 血液指标

血液白细胞数量和分类、血中 IgG 的浓度含量及抗氧化酶(超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶)活性的测定结果见表 4 和表 5。

表4 高锌和高铜对血液中白细胞数量、分类及 IgG 浓度的影响

试验阶段及指标	处理项目及处理量/mg·kg <sup>-1</sup>		
	处理 1 (Cu)250+(Zn)100	处理 2 (Zn)1 500+(Cu)16	处理 3 (Zn)3 000+(Cu)16
42 日龄血样			
白细胞数量/ $1 \times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$ .NS	18.7±9.0	19.8±5.6	20.8±9.0
单核细胞/%	0	0	0
淋巴细胞/% <sup>NS</sup>	28.7±16.5	44.3±11.1	31.3±14.4
嗜酸性细胞/%	0	0	0
嗜中性细胞/% <sup>NS</sup>	69.3±17.2	55.7±11.1	67.7±13.5
56 日龄血样			
白细胞数量/ $1 \times 10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$ .NS	30.6±6.3	24.9±7.4	20.1±7.4
单核细胞/% <sup>NS</sup>	6.7±1.1	6.7±2.8	9.0±3.4
淋巴细胞/% <sup>NS</sup>	31.0±5.1	31.0±3.6	37.0±4.3
嗜酸性细胞/% <sup>NS</sup>	2.3±1.0	0.7±0.3	0.7±0.3
嗜中性细胞/% <sup>NS</sup>	60.0±5.2	61.7±5.1	53.3±7.3
IgG $\rho$ /mg· $\mu\text{L}^{-1}$	150.8±31.9b	101.1±4.9a	163.0±26.9b

注:1. NS 代表处理间差异不显著;上标注字母相同者表示处理间差异不显著,不同则差异显著。

2. 血样品数:每个处理选 6 头猪采血(每圈 2 头)。

**2.2.1 白细胞数量和分类** 由表 4 可知,白细胞数量在试验开始的第一周末和试验期末均无显著差异。嗜中性细胞处理 1 最高,处理 3 次之,处理 2 最低,各处理间也无显著差异;单核细胞、嗜酸性细胞在试验开始的第一周末还未分化出来,试验期末这两者在血液中的含量各处理基本相近,只是高锌处理 3 的单核细胞百分数要比处理 1,2 高 34.3%;淋巴细胞的含量,在试验开始的第一周末,处理 1,3 接近,处理 2 高于这两组,但统计上差异不显著;在试验期末,淋巴细胞数以处理 3 最高,处理 1,2 相近,统计结果仍不显著。从血液白细胞数量和分类上看,各处理间均无显著性差异,但各处理组的嗜中性细胞和单核细胞比率均高于仔猪正常水平,且高锌处理 3(3 000 mg·kg<sup>-1</sup>)的这两个指标的水平又高于其他两个处理组。这可能说明,高锌和高铜都能刺激仔猪的非特异性免疫反应。且在这方面高锌(3 000 mg·kg<sup>-1</sup>)优于高铜(250 mg·kg<sup>-1</sup>)。

**2.2.2 血液中 IgG 浓度** 血液中 IgG 含量,处理 3 最高,处理 2 最低。统计分析结果表明,处理 1、3 差异不显著。处理 3、2 和处理 1、2 间差异显著(表 4)。这表明,在促进仔猪体液免疫功能上,高锌( $3\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )好于高铜( $250\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。

**2.2.3 血液中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性** 由表 5 可知,SOD 活性,高锌处理 2、3 组高于处理 1,且差异显著,处理 2、3 间无显著差异;CAT 活性,高铜处理 1 最高,处理 3 最低。处理 1、3 和处理 1、2 间差异显著,处理 2、3 无显著差异;GSH-Px 活性,各处理变化规律与 CAT 活性变化正好相反,高锌处理 3 组仔猪血液中 GSH-Px 活性最高,处理 2 居中,处理 1 最低。这表明,高锌提高 SOD 和 GSH-Px 活性的幅度大于高铜。

从高锌和高铜对仔猪血液免疫指标(白细胞数量、分类和 IgG)和抗氧化酶活性影响的结果似乎表明,高锌比高铜更能增强仔猪的免疫功能。同时,高锌组仔猪血液中 SOD 和 GSH-Px 活性高于高铜组。推测,高锌可比高铜更大幅度地提高保护机体免受自由基损伤的潜力。因为高锌的上述可能作用致使高锌( $3\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )组仔猪的生长性能表现最好,腹泻率最低。

表 5 高锌和高铜对血液中抗氧化酶活性的影响

指 标	处理项目及处理量/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$		
	处理 1 (Cu)250+(Zn)100	处理 2 (Zn)1 500+(Cu)16	处理 3 (Zn)3 000+(Cu)16
SOD	$116.08\pm 2.15\text{a}$	$125.56\pm 3.64\text{b}$	$121.82\pm 8.6\text{b}$
CAT	$11.31\pm 1.29\text{b}$	$6.71\pm 1.72\text{a}$	$6.37\pm 1.74\text{a}$
GSH-Px	$19.25\pm 0.69\text{a}$	$19.74\pm 2.05\ \text{ab}$	$23.52\pm 1.97\text{b}$

注:字母相同者为差异不显著,不同者为差异显著血样品数:每个处理选 6 猪采血(每圈 2 头)。

### 3 小结

#### 3.1 生长性能

仔猪采食高锌( $3\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )日粮与高铜日粮相比,提高日增重 29.2%、饲料利用率提高 13.9%。从仔猪生长性能看,日粮中添加锌  $3\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  要好于铜  $250\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  的日粮。但对于断奶仔猪发挥最大生长性能及综合考虑经济效益所需的高锌最适添加量,还有待进一步的研究。

#### 3.2 腹泻情况

断奶仔猪采食高锌日粮腹泻率低于高铜日粮,在仔猪日粮中添加高锌可作为预防仔猪断奶后腹泻的措施之一。

#### 3.3 免疫性能

采食高锌、高铜日粮后,血液中所测各项指标均有变化,嗜中性白细胞和单核细胞比率增加,说明高锌、高铜都能刺激机体的非特异性免疫反应;从血浆 IgG 含量看,高锌比高铜更能促进仔猪的体液免疫反应。

#### 3.4 抗应激能力

高锌提高抗氧化酶活性(SOD 和 GSH-Px)的幅度大于高铜,这样采食高锌日粮的仔猪机体清除自由基的能力增强,有助于提高仔猪的抗应激能力。

## 参 考 文 献

- 1 Edmons M S, Izquierde D A, Baker D H. Feed additives studies with newly weaned pigs: Efficacy of supplemented copper, antibiotics and organic acids. J Anim Sci, 1985,60:462
- 2 Joseph D H, et al. Growth and plasma Zinc Responses of Young feed Pharmacologic levels of Zinc. J Anim Sci, 1993,3020~3024
- 3 Poulsen H D. Zinc oxide for poigs during weaning(English summary). In: Statens Husdrybrugsforsoeq (Denmark), 1989. 746
- 4 Smith J W, Tokach M D, Goodband R D, Nelssen J L, Richert B T, Driz S S. Effects of interzction between zinc oxide and copper sulfate on starter pig performance. Kansas State University Swine Day, 1994
- 5 扬唐斌,梅伤筠. SOD 正负染色方法的比较. 生物物理进展,1991,186:460
- 6 Friedrich B, Isolde R. Measuring the enzyme activity of glutathione peroxidase. Chem Abstr, 1985,101(25):2095
- 7 Cohn G, Dembiec D, Marrcus J. Measurment of catalase activity in tissue extracts. Anal Biochem, 1970, 34:30

(上接第 82 页)

x-2 菌 初步鉴定为 *Phomopsis* sp. 分生孢子器单生,扁球形至三角形,壁厚,(110~280)  $\mu\text{m} \times (130 \sim 190) \mu\text{m}$ 。

x-3 菌 鉴定为 *Pestalotia* sp. 分生孢子盘近球形,大小 80~120  $\mu\text{m}$ ,培养基上分生孢子近梭形,有 4 个隔,孢子中央暗褐色,两端无色,顶部有 3 根 10~18  $\mu\text{m}$  长的纤毛,大小为(13~20)  $\mu\text{m} \times (4 \sim 7) \mu\text{m}$ 。

2) 抑菌试验 将分离纯化的病原菌于 PDA 培养基上进行抑菌试验。所用杀菌剂为扑海因、抑霉唑、旋保功,以及混合杀菌剂 1(抑霉唑+特克多)和杀菌剂 2(施保功+特克多)。结果对 x-1 菌、x-2 菌抑制效果最好的是施保功;对 x-3 菌抑制效果最好的是抑霉唑。采用 2 种复合杀菌剂对 3 种病原菌的抑制效果显著高于 3 种单一杀菌剂( $P < 0.05$ )。

3) 产地常温贮藏试验 1995 年,1996 年在田阳当地进行了产地常温试验,以‘紫花’芒果为材料,分 5 个处理:①复合杀菌剂 1;②复合杀菌剂 1, +0.06 mm 薄膜;③复合杀菌剂 2;④复合杀菌剂 2, +乙烯吸收剂;⑤洗涤剂。药剂浸果 2 min。每个处理 4 个重复,每个重复 15 个果,温度 27~32℃。每隔 3 d 检查一次果皮转黄和发病情况。结果 5 个处理中最好的是处理①,常温贮藏 17 d,转黄率为 46.7%,发病率为 10.0%,商品率为 95.0%;而对照的转黄率和发病率分别为 100%和 85.4%。