

饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡生长性能、血清生化指标以及血清中锌、锰含量的影响

侯爽¹ 刘娇² 王昕陟^{1*}

(1.沈阳农业大学畜牧兽医学院,沈阳 110866;2.沈阳波音饲料有限公司,沈阳 110141)

摘要: 本试验旨在研究饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡生长性能、血清生化指标以及血清中锌、锰含量的影响,探究饲料中添加植酸酶是否能提高锌、锰的吸收利用率,从而降低饲料中锌、锰的添加量。选取 14 日龄体重接近、健康的爱拔益加(AA)肉鸡 696 只,随机分成 6 个组,每组 12 个重复,每个重复 10 只鸡。试验采用 2×3 双因子试验设计,分别在基础饲料中添加 2 个水平的植酸酶(0 和 2 000 FTY/kg)和 3 个水平的锌、锰组合(30 mg/kg 锌+40 mg/kg 锰、60 mg/kg 锌+70 mg/kg 锰、90 mg/kg 锌+100 mg/kg 锰),共组成 6 种饲料。试验期为 28 d。结果表明:1) 饲料中添加植酸酶显著提高了 14~28 日龄肉鸡的平均日增重($P=0.001$),显著提高了 29~42 日龄肉鸡的平均日增重($P=0.038$),显著降低了 14~28 日龄肉鸡的料重比($P=0.022$)。2) 饲料中添加植酸酶显著提高了肉鸡血清中谷丙转氨酶(ALT)和总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性($P=0.027$ 、 $P=0.037$),极显著提高了血清中谷草转氨酶(AST)、磷酸肌酸激酶(CPK)和锰超氧化物歧化酶(Mn-SOD)活性($P=0.003$ 、 $P=0.001$ 、 $P=0.007$)。饲料中添加锌、锰显著降低了肉鸡血清中尿素氮(UN)含量($P=0.041$)。植酸酶和锌、锰的交互作用显著或极显著影响肉鸡血清中 CPK 和 T-SOD 活性($P=0.010$ 、 $P=0.006$)。3) 饲料中添加锌、锰显著提高了肉鸡血清中锌含量($P=0.033$),饲料中添加植酸酶显著提高了肉鸡血清中锌含量($P=0.047$)。综上所述,饲料中添加植酸酶能够提高肉鸡生长性能和血清抗氧化酶活性。饲料中添加锌、锰有利于机体蛋白质的合成。饲料中添加植酸酶并没有达到降低锌、锰添加量的目的。

关键词: 植酸酶;锌;锰;生长性能;血清生化指标

中图分类号:S831

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)05-2397-10

锌、锰都是动物体内的必需微量元素,能够促进动物骨骼发育,参与机体多种酶的合成。动物体内的锌、锰含量都很低,不能满足动物对锌、锰的利用,而肉鸡生长周期短,代谢速度快,相对于其他动物对锌、锰的需求量更高,很容易造成锌、锰的缺乏。植物性饲料中含有的植酸具有很强的螯合能力,与锌、锰结合形成难以解离的络合物,影响肉鸡对锌、锰的吸收。研究发现,植酸酶在肉

鸡的回肠可酶解植酸复合物,释放植酸结合的矿物质元素,改善肉鸡对营养物质的利用率,节约饲料资源^[1]。因此,本试验在不同锌、锰水平饲料中添加植酸酶,通过对肉鸡生长性能、血清生化指标以及血清中锌、锰含量的测定,探究饲料中添加植酸酶是否能提高锌、锰的吸收利用率,从而降低饲料中锌、锰的添加量,以达到节约饲料原料的目的。

收稿日期:2019-11-14

基金项目:沈阳市科技创新“双百工程”项目(Y17-3-008);沈阳市科技计划项目(F16-131-3-00)

作者简介:侯爽(1992—),女,辽宁沈阳人,硕士研究生,研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail:liujiao814441197@163.com

* 通信作者:王昕陟,副教授,硕士生导师,E-mail: xinzwang@163.com

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

植酸酶活性为 10 000 FTY/g; 饲料级一水硫酸锌, 含量为 34.5%; 饲料级一水硫酸锰, 含量为 31.8%。

1.2 试验设计与基础饲料

试验采用 2×3 双因子试验设计, 分别在基础饲料中添加 2 个水平的植酸酶 (0 和 2 000 FTY/kg) 和 3 个水平的锌+锰组合, 具体试验设计见表 1。

表 1 试验设计

Table 1 Experimental design

组别 Groups	植酸酶 Phytase/(FTY/kg)	锌 Zn/(mg/kg)	锰 Mn/(mg/kg)
I	0	30	40
II	0	60	70
III	0	90	100
IV	2 000	30	40
V	2 000	60	70
VI	2 000	90	100

选择 14 日龄体重相近、健康的爱拔益加 (AA) 肉鸡 696 只, 随机分为 6 个组, 每组 12 个重复, 每个重复 10 只鸡 (公母各占 1/2)。基础饲料按 14~28 日龄和 29~42 日龄 2 阶段配制, 基础饲

粮组成及营养水平见表 2。按照试验设计, 分别在基础饲料中添加不同水平的植酸酶和锌、锰组合, 配制 6 种试验饲料, 各组试验饲料中锌、锰含量的实测值见表 3。

表 2 基础饲料组成及营养水平 (风干基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

项目 Items	%	
	14~28 日龄 14 to 28 days of age	29~42 日龄 29 to 42 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	59.95	60.75
豆粕 Soybean meal	27.50	26.00
棉籽粕 Cottonseed meal	1.00	1.00
玉米蛋白粉 Corn protein meal	4.00	3.20
豆油 Soybean oil	3.70	5.60
石粉 Limestone	1.00	0.80
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.00	0.80
食盐 NaCl	0.25	0.25
腐殖酸钠 Sodium humate	0.10	0.10
预混料 Premix ¹⁾	1.50	1.50
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.80	13.30
粗蛋白质 CP	20.38	18.59
粗灰分 Ash	5.66	5.57

续表 2

项目 Items	14~28 日龄 14 to 28 days of age	29~42 日龄 29 to 42 days of age
钙 Ca	0.77	0.76
总磷 TP	0.53	0.53

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 9 750 IU, VB₁ 2.35 mg, VB₂ 7.7 mg, VB₆ 5.13 mg, VB₁₂ 0.01 mg, VD₃ 210 IU, VE 31 mg, VK₃ 2.5 mg, 生物素 biotin 0.09 mg, 叶酸 folic acid 0.5 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 10 mg, 烟酸 nicotinic acid 26 mg, 抗氧化剂 antioxidant 1 mg, Cu (as copper sulfate) 7.9 mg, Fe (as ferrous sulfate) 63 mg, I (as potassium iodide) 0.70 mg, Se (as sodium selenite) 0.30 mg。

2) 代谢能为计算值,其余为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

表 3 各组试验饲料中锌、锰含量的实测值

Table 3 Measured values of Zn and Mn contents in each group

mg/kg

组别 Groups	14~28 日龄 14 to 28 days of age		29~42 日龄 29 to 42 days of age	
	锌 Zn	锰 Mn	锌 Zn	锰 Mn
I	65.776	50.474	54.590	45.875
II	92.377	79.123	91.329	77.600
III	121.038	106.587	107.575	109.113
IV	61.058	55.392	57.886	45.184
V	94.806	76.534	91.929	74.225
VI	122.677	105.944	117.273	111.090

1.3 饲养管理

试验在辽宁省新民市前当堡镇新农丰肉鸡养殖场进行。采用 3 层笼养方式进行饲养,试验期间按照养殖场管理模式进行饲养,自由采食和饮水,常规免疫程序进行免疫。试验期为 28 d。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 生长性能指标

每天观察肉鸡日常生长情况,并记录死亡鸡只数和淘汰鸡只数。分别在 28 和 42 日龄以重复为单位对空腹 12 h 以上肉鸡进行称重,并记录每个重复的饲料消耗量,计算平均日增重 (ADG)、平均日采食量 (ADFI)、料重比 (F/G) 和死淘率。

1.4.2 血清生化指标

试验结束早上空腹称重后,每个重复抓取接近平均体重的 2 只鸡进行颈静脉采血,室温倾斜静置数小时待血清析出,3 000 r/min 离心 10 min,分离血清,置于 -20 °C 冰箱保存待测。血清乳酸脱氢酶 (lactic dehydrogenase, LDH)、磷酸肌酸激酶 (creatine phosphate kinase, CPK)、谷丙转氨酶 (glutamic-pyruvic transaminase, ALT)、谷草转氨酶 (glutamic oxalacetic transaminase, AST)、碱性磷

酸酶 (alkaline phosphatase, AKP) 活性和尿素氮 (urea nitrogen, UN) 含量的测定工作委托试验鸡场测试中心完成。采用黄嘌呤氧化酶法测定血清总超氧化物歧化酶 (total superoxide dismutase, T-SOD) 和锰超氧化物歧化酶 (manganese superoxide dismutase, Mn-SOD) 活性。采用火焰原子吸收光谱法和石墨法测定血清中锌和锰含量。

1.5 数据整理

采用 Excel 2010 软件进行数据整理,采用 SPSS 17.0 统计分析软件中的 GLM 法对数据进行双因子方差分析,主效应包括锌+锰效应、植酸酶效应及二者间的交互效应,并进行组间单因素方差分析 (one-way ANOVA),对差异显著者作 Duncan 氏法多重比较检验。 $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著, $0.05 \leq P < 0.10$ 为有趋势。

2 结果

2.1 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡生长性能的影响

饲料中锌、锰和植酸酶水平对 14~28 日龄肉鸡生长性能的影响见表 4。多重比较显示,VI 组肉

鸡的平均日增重显著高于Ⅱ和Ⅲ组 ($P < 0.05$), Ⅳ组显著高于Ⅲ组 ($P < 0.05$), 其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。Ⅵ组肉鸡的料重比显著低于Ⅱ和Ⅲ组 ($P < 0.05$), 其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。Ⅵ组肉鸡的平均日增重最高且料重比最低。主效应分析显示, 饲料中添加植酸酶极显著提高肉鸡的平均日增重 ($P = 0.001$), 显著降低肉鸡的料重比 ($P = 0.022$)。植酸酶和锌、锰的交互作用具有提高肉鸡的平均日采食量 ($P = 0.068$) 和降低料重比的趋势 ($P = 0.062$), 但对肉鸡其他生长性能指标未产生显著影响 ($P > 0.05$)。

饲料中锌、锰和植酸酶水平对 29~42 日龄肉鸡生长性能的影响见表 5。多重比较显示, Ⅴ和Ⅵ组肉鸡的平均日增重显著高于Ⅱ组 ($P < 0.05$), 其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。Ⅴ组肉鸡的平均日采食量显著高于Ⅱ和Ⅲ组 ($P < 0.05$), Ⅵ组显著高于Ⅱ组 ($P < 0.05$), 其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。主效应分析显示, 饲料中添加植酸酶显著提高了肉鸡的平均日增重 ($P = 0.038$), 极显著提高了肉鸡的平均日采食量 ($P = 0.001$)。植酸酶和锌、锰的交互作用对肉鸡的生长性能指标均未产生显著影响 ($P > 0.05$)。

表 4 饲料中锌、锰和植酸酶水平对 14~28 日龄肉鸡生长性能的影响

Table 4 Effects of dietary zinc, manganese and phytase levels on growth performance of broilers during 14 to 28 days of age

组别 Groups		初重 Initial weight/g	末重 Final weight/g	平均日增重 ADG/g	平均日 采食量 ADFI/g	料重比 F/G	死淘率 Mortality/%
I		4.14±0.26	12.12±0.94	59.97±3.75 ^{abc}	92.53±2.75	1.54±0.08 ^{ab}	0.00±0.00
II		4.41±0.32	12.40±1.07	59.18±4.05 ^{bc}	94.45±2.85	1.60±0.10 ^a	0.83±2.88
III		4.28±0.43	12.14±1.34	58.23±4.32 ^c	93.32±5.87	1.61±0.11 ^a	1.67±3.89
IV		4.32±0.43	12.55±0.92	62.84±4.67 ^{ab}	98.38±3.59	1.57±0.09 ^{ab}	1.67±3.89
V		4.26±0.56	12.49±1.74	62.50±3.40 ^{abc}	93.47±6.41	1.52±0.09 ^{ab}	1.67±3.89
VI		4.04±0.27	12.51±0.90	63.78±3.98 ^a	92.51±4.79	1.47±0.06 ^b	0.83±2.88
植酸酶 Phytase/(FTY/kg)	0	4.28	12.22	59.13	93.43	1.58	0.83
	2 000	4.20	12.52	63.04	94.79	1.52	1.38
	30、40	4.23	12.34	61.41	95.45	1.55	0.83
锌、锰 Zn and Mn/(mg/kg)	60、70	4.33	12.44	60.84	93.96	1.56	1.25
	90、100	4.16	12.33	61.01	92.91	1.54	1.25
	植酸酶 Phytase	0.524	0.395	0.001	0.315	0.022	0.466
P 值 P-value	锌、锰 Zn and Mn	0.448	0.953	0.917	0.303	0.796	0.875
	植酸酶×锌、锰 Phytase×Zn and Mn	0.283	0.916	0.595	0.068	0.062	0.396

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相同或无字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

表 5 饲料中锌、锰和植酸酶水平对 29~42 日龄肉鸡生长性能的影响

Table 5 Effects of dietary zinc, manganese and phytase levels on growth performance of broilers during 29 to 42 days of age

组别 Groups		初重 Initial weight/g	末重 Final weight/g	平均日增重 ADG/g	平均日 采食量 ADFI/g	料重比 F/G	死淘率 Mortality/%
I		10.99±0.67	21.03±1.80	83.27±12.04 ^{ab}	140.57±14.72 ^{abc}	1.69±0.11	6.75±7.83
II		11.26±0.29	20.75±1.79	77.48±9.49 ^b	133.21±12.78 ^c	1.72±0.06	5.61±9.37

续表 5

组别 Groups		初重 Initial weight/g	末重 Final weight/g	平均日增重 ADG/g	平均日 采食量 ADFI/g	料重比 F/G	死淘率 Mortality/%
Ⅲ		11.02±0.85	21.58±1.38	86.52±11.31 ^{ab}	137.88±11.26 ^{bc}	1.61±0.15	5.61±9.37
Ⅳ		11.37±0.69	21.21±1.19	87.00±9.26 ^{ab}	146.59±10.90 ^{abc}	1.69±0.10	5.77±7.70
Ⅴ		11.14±1.21	21.69±2.23	90.26±13.08 ^a	152.86±12.44 ^a	1.71±0.22	6.72±8.76
Ⅵ		11.52±0.61	22.67±1.63	91.17±12.58 ^a	149.05±12.16 ^{ab}	1.65±0.13	4.94±7.75
植酸酶	0	11.09	21.12	82.43	137.22	1.67	5.99
Phytase/(FTY/kg)	2 000	11.34	21.86	89.48	149.50	1.68	5.81
锌、锰	30、40	11.18	21.12	85.13	143.58	1.69	6.26
Zn and	60、70	11.20	21.22	83.87	143.03	1.72	6.16
Mn/(mg/kg)	90、100	11.27	22.12	88.85	143.46	1.62	5.27
	植酸酶 Phytase	0.285	0.143	0.038	0.001	0.784	0.930
P 值	锌、锰 Zn and Mn	0.948	0.200	0.446	0.991	0.173	0.906
P-value	植酸酶×锌、锰 Phytase×Zn and Mn	0.522	0.722	0.472	0.304	0.854	0.899

2.2 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清生化指标的影响

饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清生化指标的影响见表 6。多重比较显示,Ⅴ和Ⅵ组肉鸡血清中 T-SOD、Mn-SOD 活性显著高于Ⅲ组 ($P < 0.05$),其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。Ⅵ组肉鸡血清中 ALT 活性显著高于Ⅲ组 ($P < 0.05$),其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。Ⅳ组肉鸡血清中 AST 活性显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ组 ($P < 0.05$),其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。Ⅰ组肉鸡血清中 CPK 活性显著低于其他各组 ($P < 0.05$)。Ⅴ组肉鸡血清中

UN 含量显著低于Ⅳ组 ($P < 0.05$),其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。各组间肉鸡血清中 LDH 和 AKP 活性差异不显著 ($P > 0.05$)。主效应分析显示,饲料中添加植酸酶显著提高了肉鸡血清中 ALT 和 T-SOD 活性 ($P = 0.027$ 、 $P = 0.037$),极显著提高了血清中 AST、CPK 和 Mn-SOD 的活性 ($P = 0.003$ 、 $P = 0.001$ 、 $P = 0.007$);饲料中添加锌、锰显著降低了肉鸡血清中 UN 含量 ($P = 0.041$);植酸酶和锌、锰的交互作用显著影响了肉鸡血清中 CPK 活性 ($P = 0.010$),极显著影响了血清中 T-SOD 活性 ($P = 0.006$)。

表 6 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清生化指标的影响

Table 6 Effects of dietary zinc, manganese and phytase levels on serum biochemical parameters of broilers

组别 Group	总超氧化物歧化酶 T-SOD/ (U/mL)	锰超氧化物歧化酶 Mn-SOD/ (U/mL)	谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	谷草转氨酶 AST/ (U/L)	乳酸脱氢酶 LDH/ (U/L)	磷酸肌酸激酶 CPK/(U/L)	碱性磷酸酶 AKP/ (U/L)	尿素氮 UN/ (mmol/L)
Ⅰ	193.02 ±90.30 ^a	72.84 ±44.65 ^{ab}	0.55 ±0.15 ^{ab}	286.0 ±19.7 ^b	1 940 ±314	4 558 ±2 043 ^b	2 177 ±728	0.38 ±0.09 ^{ab}
Ⅱ	169.49 ±35.31 ^{ab}	79.27 ±26.49 ^{ab}	0.56 ±0.24 ^{ab}	299.0 ±47.7 ^b	1 981 ±605	20 875 ±10 866 ^a	2 259 ±918	0.33 ±0.08 ^{ab}
Ⅲ	122.86 ±48.79 ^b	61.08 ±27.51 ^b	0.46 ±0.34 ^b	285.3 ±31.8 ^b	1 999 ±318	19 618 ±8 859 ^a	2 360 ±1 429	0.31 ±0.04 ^{ab}
Ⅳ	163.55 ±46.14 ^{ab}	90.96 ±47.11 ^{ab}	0.73 ±0.12 ^{ab}	368.8 ±49.6 ^a	1 920 ±349	27 508 ±10 006 ^a	2 233 ±967	0.40 ±0.20 ^a

续表 6

组别 Group	总超氧化物歧化酶 T-SOD/ (U/mL)	锰超氧化物歧化酶 Mn-SOD/ (U/mL)	谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	谷草转氨酶 AST/ (U/L)	乳酸脱氢酶 LDH/ (U/L)	磷酸肌酸激酶 CPK/(U/L)	碱性磷酸酶 AKP/ (U/L)	尿素氮 UN/ (mmol/L)	
V	205.79 ±55.79 ^a	97.71 ±49.98 ^a	0.60 ±0.26 ^{ab}	305.1 ±58.5 ^b	1 751 ±478	20 443 ±11 236 ^a	2 366 ±1 332	0.25 ±0.05 ^b	
VI	202.19 ±50.35 ^a	104.02 ±37.84 ^a	0.76 ±0.10 ^a	336.0 ±42.2 ^{ab}	1 956 ±411	29 820 ±19 773 ^a	2 668 ±1 866	0.26 ±0.08 ^{ab}	
植酸酶 Phytase/ (FTY/ kg)	0	161.79	71.06	0.52	290.1	1 973	15 017	2 265	0.34
	2 000	190.51	97.56	0.70	336.6	1 876	25 923	2 422	0.31
锌、锰 Zn and Mn/ (mg/kg)	30、40	178.29	81.90	0.64	327.4	1 930	16 033 ^b	2 205	0.39 ^a
	60、70	187.64	88.49	0.58	302.1	1 866	20 659 ^{ab}	2 312	0.29 ^b
	90、100	162.53	82.55	0.61	310.6	1 978	24 719 ^a	2 514	0.29 ^b
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	植酸酶 Phytase	0.037	0.007	0.027	0.003	0.378	0.001	0.600	0.281
	锌、锰 Zn and Mn	0.312	0.821	0.814	0.362	0.709	0.072	0.694	0.041
	植酸酶× 锌、锰 Phytase× Zn and Mn	0.006	0.472	0.352	0.113	0.696	0.010	0.936	0.510

2.3 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清中锌、锰含量的影响

饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清中锌、锰含量的影响见表 7。多重比较显示, VI 组肉鸡血清中锌含量显著高于 I 和 II 组 ($P < 0.05$), 其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。各组间肉鸡血清中锰含

量差异不显著 ($P > 0.05$)。主效应分析显示, 饲料中添加锌、锰显著提高了肉鸡血清中锌含量 ($P = 0.033$), 饲料中添加植酸酶显著提高了肉鸡血清中锌含量 ($P = 0.047$)。植酸酶和锌、锰的交互作用对肉鸡血清中锌、锰含量均未产生显著影响 ($P > 0.05$)。

表 7 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清中锌、锰含量的影响

Table 7 Effects of dietary zinc, manganese and phytase levels on serum zinc and manganese contents of broilers

组别 Groups	锌 Zn	锰 Mn
I	1.64±0.27 ^b	0.30±0.11
II	1.67±0.23 ^b	0.32±0.16
III	1.85±0.27 ^{ab}	0.41±0.14
IV	1.72±0.23 ^{ab}	0.31±0.26
V	1.89±0.37 ^{ab}	0.35±0.31
VI	2.01±0.47 ^a	0.19±0.08
植酸酶 Phytase/(FTY/kg)	0	0.34
	2 000	0.28

续表 7

组别 Groups		锌 Zn	锰 Mn
锌、锰	30、40	1.68 ^b	0.31
Zn and Mn/(mg/kg)	60、70	1.78 ^{ab}	0.34
	90、100	1.93 ^a	0.30
P 值	植酸酶 Phytase	0.047	0.395
P-value	锌、锰 Zn and Mn	0.033	0.872
	植酸酶×锌、锰 Phytase×Zn and Mn	0.759	0.236

3 讨 论

3.1 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡生长性能的影响

生长性能可以反映动物生长发育的好坏。植物性饲料中含有的植酸进入动物的胃肠道后,与锌、锰等微量元素络合成植酸盐复合物,影响动物的吸收利用。饲料中添加植酸酶,可将植酸盐复合物水解为肌醇和磷酸单酯酶,使络合的锌、锰等微量元素以无机离子态的形式游离出来,提高微量元素的生物利用率,促进动物生长发育,提高生长性能。马芳^[2]研究发现,饲料不同锌水平对公、母 AA 肉鸡的生长性能无显著影响;对于 3~6 周龄的肉鸡,饲料中额外添加 80 mg/kg 锌,肉鸡生长速度更快。陈仲建等^[3]研究发现,饲料中锰水平对 4~6 周龄肉鸡的料重比有显著影响,额外加 100 mg/kg 锰的试验组料重比最低。而本试验结果表明,饲料中添加锌、锰对各阶段肉鸡生长性能没有影响显著。Ao 等^[4]、黄艳玲等^[5]、赵润梅等^[6]以及冯江^[7]研究结果均显示,随着饲料锌添加水平的增加,肉鸡的体增重和饲料转化率得到改善,只是获得最佳生长性能时的饲料锌添加水平差异较大。因此,饲料中添加适宜水平的锌、锰有助于提高动物的生长性能。Attia 等^[8]研究发现,在雏鸡饲料中添加 500 U/kg 微生物来源植酸酶极显著提高了雏鸡的生长性能。王明发^[9]在不同锌源及锌水平的肉鸡饲料中添加微生物植酸酶,结果显示植酸酶极显著提高了肉鸡各阶段体增重,植酸酶和锌水平对 2~3 周龄肉鸡的体增重和料重比存在显著交互效应。在本试验中,饲料中添加植酸酶显著提高了 14~28 日龄和 29~42 日龄肉鸡的平均日增重,显著降低了 14~28 日龄肉鸡的料重比。植酸酶和锌、锰的交互作用具有降低 14~28 日龄肉鸡料重比的趋势。与上述报道

结果基本一致。本试验中,饲料中锌、锰添加水平分别为 90、100 mg/kg 组的肉鸡平均日增重最高、料重比最低。而王明发^[9]研究发现饲料添加 60 mg/kg 锌时 2~3 周龄肉鸡体增重最高,而对于 4~6 周龄、2~6 周龄的肉鸡,饲料添加 120 mg/kg 锌时体增重最高。这与本试验的研究结果有一定区别,可能是由于鸡的品种和锌源不同对肉鸡的生长性能的影响不同,也可能和饲养周期有关。

3.2 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清中 T-SOD 和 Mn-SOD 活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)是一种含有金属元素的活性蛋白酶,广泛分布于各种生物体内,是生物体内清除自由基的首要物质。按其所含金属辅基不同可分为铜锌超氧化物歧化酶(Cu/Zn-SOD)、Mn-SOD 和铁超氧化物歧化酶(Fe-SOD)。在动物营养研究中,Mn-SOD 活性是反映锰营养状况的敏感指标。陈寒青等^[10]研究表明,不同锰源及锰水平对产蛋母鸡血清中 Mn-SOD 活性无显著影响。王夕国^[11]研究发现,饲料中锰水平对水貂血清中 T-SOD 和 Mn-SOD 活性影响不显著。本试验结果表明,随着饲料中锌、锰水平的升高,血清中 T-SOD 和 Mn-SOD 活性有升高的趋势。添加植酸酶组的血清中 T-SOD 和 Mn-SOD 活性都高于未加植酸酶组,说明饲料中添加植酸酶提高了肉鸡血清中抗氧化酶活性,减缓动物机体细胞的老化。

3.3 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清 ALT、AST、LDH、CPK、AKP 活性和 UN 的影响

ALT 和 AST 是维持机体正常代谢的 2 种重要的转氨酶,不仅可以反映肝脏和心脏功能的状况,而且可在一定程度上反映体内蛋白质的代谢情况。CPK 参与体内的能量代谢,血清中 CPK 活性升高,说明组织中有细胞坏死,是临床上反映心血管疾病的重要指标。刘泽辉^[12]研究发现,不同锌源和锌水平对肉鸡血清中 ALT、AST 和 CPK 活

性均没有显著影响,也没有出现规律性的变化。王淑梅等^[13]研究发现,饲料中添加锰不影响育成期蛋鸭血清 AST 和 ALT 活性,血清 AST 和 ALT 活性在饲料中添加 30 mg/kg 锰时最高。本试验结果与上述研究结果一致,饲料中添加锌、锰对肉鸡血清中 ALT、AST 和 CPK 活性无显著影响,说明饲料中添加锌、锰不会对肉鸡肝脏及心脏功能造成损害。添加植酸酶可使络合的锌、锰等微量元素以无机离子态的形式游离出来,提高了肉鸡对微量元素的生物利用率,肉鸡血清中 ALT 和 AST 活性显著增加,这 2 种酶活性的提高有利于蛋白质代谢率的提高,然而这 2 种酶活性过高就意味着肝脏和心脏可能有损害,还需要进一步的试验进行验证。本试验中,饲料中添加植酸酶极显著提高了肉鸡血清中 CPK 活性,促进肉鸡体内的能量代谢,动物血清中 CPK 活性的变化代表肌组织可能发生变化或者受损,需要进一步的试验验证。

锌是 LDH 的激活因子,血清中的 LDH 活性会随着饲料中锌水平的变化而变化。在本试验中,饲料中添加植酸酶和锌、锰对肉鸡血清中 LDH 活性均无显著影响,并且不存在交互作用,与马芳^[2]报道的饲料中锌水平对肉鸡血清中 LDH 活性无显著影响的结果基本一致。本试验中,肉鸡血清中 LDH 活性在锌、锰添加水平分别为 90、100 mg/kg 时最高。

血清中 UN 含量是衡量氨基酸平衡和蛋白质利用率的敏感指标。本试验结果表明,饲料中添加锌锰显著降低了肉鸡血清中 UN 含量。血清中 UN 含量越低,表明蛋白质的合成率越高,机体对氮的利用率越好。因此,饲料中锌、锰水平的增加促进了机体蛋白质的合成,提高了肉鸡的生长性能。

AKP 是反映骨骼生长好坏的典型指标。研究发现,AKP 是典型的含锌酶,除了锌以外,锰也是 AKP 的激活因子^[1]。Yang 等^[14]研究发现,饲料中添加不同水平锌对蛋鸭血清中 AKP 活性无显著影响。王淑梅等^[13]研究发现,饲料中添加不同水平锰对蛋鸭血清中 AKP 活性无显著影响,血清中 AKP 活性随饲料锰添加水平的升高有升高的趋势,饲料中添加 90 mg/kg 锰组血清中 AKP 活性最高。本试验结果与上述报道基本一致,饲料中添加植酸酶和锌、锰对肉鸡血清中 AKP 活性没有显

著影响,肉鸡血清中 AKP 活性随着饲料中锌、锰水平的升高而升高,且血清中 AKP 活性在锌、锰添加水平分别为 90、100 mg/kg 时最高。

3.4 饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡血清中锌、锰含量的影响

周宁等^[15]研究发现,随着饲料中锌水平增加,水貂血清中锌含量增加。冯玉兰等^[16]研究表明,饲料中添加 500 U/kg 的植酸酶可显著提高肉鸡血清中锌含量。上述研究与本试验结果相一致,饲料中添加植酸酶和锌、锰均能显著提高肉鸡血清中锌含量,血清中锌含量随着锌、锰添加水平的升高而升高,但对血清中锰含量没有显著影响。马元山等^[17]研究发现,饲料中锰添加水平为 0~120 mg/kg 时,肉鸡血清中锰含量逐渐升高。研究结果出现差异的原因可能与锰的来源及添加水平不同有关。

4 结论

① 饲料中添加植酸酶显著提高了 14~28 日龄和 29~42 日龄肉鸡的平均日增重,显著降低 14~28 日龄肉鸡的料重比。

② 饲料中添加植酸酶提高肉鸡血清中抗氧化酶活性,饲料中添加锌、锰可提高粗蛋白质的利用率。

③ 饲料中添加植酸酶并没有达到降低锌、锰添加量的目的。

参考文献:

- [1] 侯爽.饲料中锌、锰和植酸酶水平对肉鸡生长性能、血液生化指标及养分代谢率的影响[D].硕士学位论文.沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [2] 马芳.饲料锌水平对肉仔鸡免疫力、生长性能和血清生化指标的影响[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2008.
- [3] 陈仲建,吕林,罗绪刚,等.不同锰源对肉仔鸡生长性能、胴体性能和血清生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(13):35-38,71.
- [4] AO T, PIERCE J L, POWER R, et al. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks[J]. Poultry Science, 2009, 88(10): 2171-2175.
- [5] 黄艳玲,吕林,李素芬,等.0~21 日龄肉仔鸡饲料中锌适宜水平研究[J].畜牧兽医学报,2008,39(7): 900-906.

- [6] 赵润梅,史兆国.不同锌源和水平对肉鸡生长性能和屠宰性能的影响[J].贵州农业科学,2010,38(1):119-121.
- [7] 冯江.甘氨酸锌对肉仔鸡生长性能、免疫功能的影响及其生物利用率研究[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2009.
- [8] ATTIA Y A, BOVERA F, ABD EL-HAMID A E, et al. Effect of zinc bacitracin and phytase on growth performance, nutrient digestibility, carcass and meat traits of broilers[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2016, 100(3):485-491.
- [9] 王明发.日粮中添加锌制剂对固始鸡和 AA 肉鸡锌生物学利用率影响的研究[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2011:73-96.
- [10] 陈寒青,吴晋强.锰源及锰水平对产蛋母鸡生理生化指标的影响[J].安徽农业科学,2001,29(5):669-671,674.
- [11] 王夕国.雌性水貂繁殖期饲料中锰适宜需要量的研究[D].硕士学位论文.镇江:江苏科技大学,2012.
- [12] 刘泽辉.饲料添加不同锌源和锌水平对肉鸡肉品质的影响及其机理研究[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.
- [13] 王淑梅,王安.饲料中锰水平对育成期蛋鸭血液生化指标和血清 MnSOD 活性的影响[J].饲料工业,2006,27(14):38-41.
- [14] YANG X J, ZHONG L L, AN X F, et al. Effects of diets supplemented with zinc and manganese on performance and related parameters in laying hens[J]. Animal Science Journal, 2012, 83(6):474-481.
- [15] 周宁,张海华,吕智超,等.饲料锌水平对育成期水貂生长性能及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(11):3341-3348.
- [16] 冯玉兰,谢新东,董志岩,等.植酸酶对肉仔鸡生长性能和血清、胫骨灰分中钙、磷、锌浓度的影响[J].动物营养学报,2000,12(2):25.
- [17] 马元山,周明.缺锰及饲料锰水平对鸡组织生化参数与生长性能的影响[J].安徽农业大学学报,2004,31(2):232-235.

Effects of Dietary Zinc, Manganese and Phytase Levels on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters and Serum Zinc and Manganese Contents of Broilers

HOU Shuang¹ LIU Jiao² WANG Xinzhi^{1*}

(1. Animal Husbandry and Veterinary College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Shenyang Boin Feed Co., Ltd., Shenyang 110141, China)

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of dietary zinc, manganese and phytase levels on growth performance, serum biochemical parameters and serum zinc and manganese contents of broilers, to explore whether dietary phytase can improve the absorption and utilization of zinc and manganese, so as to reduce the supplemental levels of zinc and manganese in diet. A total of 696 fourteen-day-old healthy Arbor Acres (AA) broilers with similar body weight were randomly divided into 6 groups with 12 replicates per group and 10 broilers per replicate. The experiment was based on a 2×3 two factors design, 2 levels of phytase (0 and 2 000 FTY/kg) and 3 levels of zinc and manganese combination (30 mg/kg zinc+40 mg/kg manganese, 60 mg/kg zinc+70 mg/kg manganese, 90 mg/kg zinc+100 mg/kg, respectively), composed 6 kinds of diets. The experiment lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) dietary addition of phytase significantly increased the average daily gain of broilers during 14 to 28 days of age ($P=0.001$), significantly increased the average daily gain of broilers during 29 to 42 days of age ($P=0.038$), and significantly decreased the feed to gain ratio of broilers during 14 to 28 days of age ($P=0.022$). 2) Dietary addition of phytase significantly increased the activities of glutamic-pyruvic transaminase (ALT) and total superoxide dismutase (T-SOD) in serum of broilers ($P=0.027$ and $P=0.037$), and significantly increased the activities of glutamic oxalacetic transaminase (AST), creatine phosphate kinase (CPK) and manganese superoxide dismutase (Mn-SOD) in serum ($P=0.003$, $P=0.001$ and $P=0.007$). Dietary addition of zinc and manganese significantly decreased the serum urea nitrogen (UN) content in serum of broilers ($P=0.041$). The interaction of phytase with zinc and manganese significantly affected the activities of CPK and T-SOD in serum of broilers ($P=0.010$ and $P=0.006$). 3) Dietary addition of zinc and manganese significantly increased the serum zinc content in serum of broilers ($P=0.033$), and dietary addition of phytase significantly increased the serum zinc content in serum of broilers ($P=0.047$). To sum up, dietary addition of phytase can improve the growth performance and serum antioxidant enzyme activities of broilers. Dietary addition of zinc and manganese promote the protein synthesis. Dietary addition of phytase do not reduce the additive amount of zinc and manganese. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(5):2397-2406]

Key words: phytase; zinc; manganese; growth performance; serum biochemical parameters