

不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡生产性能的影响

邓波波 冯宝宝 刘明美 霍永久 赵国琦*

(扬州大学 动物科学与技术学院,江苏 扬州 225009)

摘要 为研究不同复合氨基酸铁、锌络合物的添加量对肉仔鸡生产性能的影响。选取 360 只体重相近的 1 日龄 AA 商品代雏鸡,采用单因子试验设计,随机分成 6 组,每组 3 个重复,每个重复 20 只鸡;对照组(CON 组)饲喂基础饲料,铁、锌来源为七水硫酸亚铁和无水硫酸锌,添加量都为 100 mg/kg;其他 5 组设为试验组,铁、锌来自复合氨基酸络合物,铁和锌的添加量为 25(I 组)、50(II 组)、75(III 组)、100(IV 组)、125(V 组)mg/kg。在 21 和 42 日龄时进行采血和屠宰,测定生产性能、屠宰性能和不同组织中铁、锌的浓度。结果表明:1)21 日龄试验 II 组平均体重显著高于 CON 组($P<0.05$);42 日龄试验 V 组平均体重显著高于 CON 组($P<0.05$)。2)22~42 日龄和 1~42 日龄试验 V 组平均日采食量显著高于 CON 组($P<0.05$);22~42 日龄试验 V 组平均日增重显著高于 CON 组($P<0.05$),各组间料重比无显著差异($P>0.05$)。3)21 日龄试验 II 组胸肌率显著高于对照组($P<0.05$),42 日龄试验 V 组胸肌率显著高于 CON 组($P<0.05$),其他各组屠宰性能指标差异不显著($P>0.05$)。4)试验 III 组和 V 组肝脏中的铁、锌浓度显著高于对照组($P<0.05$)。因此,在基础饲料中添加氨基酸铁、锌络合物可以提高肉仔鸡的生产性能,增加对铁、锌的有效利用,间接减少对环境的污染;并且试验中添加 50 和 125 mg/kg 的 2 组效果较好,但考虑低能减排问题还是以 50 mg/kg 的添加量最佳。

关键词 肉仔鸡; 复合氨基酸; 铁、锌络合物; 生产性能

中图分类号 S831

文章编号 1007-4333(2020)02-0067-10

文献标志码 A

Effects of different complex amino acid iron/zinc chelate additive amount on production performance of broiler chickens

DENG Bobo, FENG Baobao, LIU Mingmei, HUO Yongjiu, ZHAO Guoqi*

(College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract The purpose of this experiment was to study the effects of iron and zinc chelate of different complex amino acid on the production performance of broiler chickens. A total of 360 1-day-old Arbor Acre commercial broiler chickens of similar body weight were selected and randomly assigned to 6 groups with 3 replicates in each group, and 20 chicks of each replicate. The control group was fed with the basic diet with 100 mg/kg of zinc ($ZnSO_4$) and iron ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) content. The other 5 groups were experimental groups and iron and zinc came from complex amino acid chelate. The contents of iron and zinc were 25 (group I), 50 (group II), 75 (group III), 100 (group IV), 125 (group V) mg/kg, respectively. At 21 and 42 days, blood sampling and slaughter were conducted. The production performance, slaughter performance and concentration of iron and zinc in different tissues were measured. The results were as follows: 1) The group II's average body weight was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$) at 21 day; The group V's average body weight was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$) at 42 day. 2) The average daily feed intake of the group V at 22 to 42 days of age and 1 to 42 days of age was

收稿日期: 2019-07-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(31572430);现代农业产业技术体系专项资金资助(CARS-36)

第一作者: 邓波波,博士研究生, E-mail:18168960899@163.com

通讯作者: 赵国琦,教授,博士生导师,主要从事动物营养与饲料研究, E-mail:gqzhao@yzu.edu.cn

significantly higher than that of control group ($P<0.05$); The average daily weight gain of the group V from 22 to 42 days of age was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). There was no significant difference in feed weight-to-body weight ratio between groups ($P>0.05$). 3) The breast muscle rate of the group II from 21 days of age was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$), The breast muscle rate of the group V from 42 days of age was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). Other slaughter performance indicators displayed no significances ($P>0.05$). 4) The zinc and iron of group III and group V in liver were higher than that of control group ($P<0.05$). It was concluded that adding amino acid iron and zinc chelate in basal diet could improve the performance of broiler chickens, increase the effective use of iron and zinc, and indirectly reduce environmental pollution. The effects of adding 50 and 125 mg/kg in the experiment were better, but considering the low energy emission reduction problem, the addition of 50 mg/kg was optimal.

Keywords broiler chicken; complex amino acid; iron/zinc chelate; production performance

微量元素是畜禽营养的重要组成部分,是酶、激素等的组成成分或激活剂,是维持动物正常生命活动不可缺少的物质^[1]。动物机体对微量元素的需要量和耐受量之间有一定差距,且占饲料成本较小,所以为了防止饲料中缺乏,肉鸡生产中一般采用超量添加。然而,饲料中微量元素超量添加会导致动物体内微量元素含量过高或者不平衡,危害了肉鸡健康;并且金属元素随排泄物进入环境,也会造成严重的环境污染。因此在肉仔鸡的生产中有必要研发一种易吸收、污染少的微量元素添加剂来替代常规用的微量元素添加剂。氨基酸微量元素络合物既是机体吸收金属离子的主要形式,又是动物体内蛋白合成过程的重要中间物质,不仅吸收快,而且可以减少许多生化过程,节约体内能量的额外消耗,因而具有较高的生物学效价^[2-4]。无机铁、锌与氨基酸生成稳定的络合物,抑制矿物质之间的相互影响;而且铁离子和锌离子在配位体(氨基酸)的保护下,还可以有效地防止与其他离子生成难溶的无机盐,因此以氨基酸微量元素络合物作为饲料中微量元素添加剂来源可以显著降低饲料中微量元素的添加量^[5]。已有研究着重于氨基酸微量元素络合物的生物学效价以及在生产中对动物生产性能的影响,对于氨基酸微量元素络合物的作用机制以及在不同动物饲料中的适宜添加量的试验研究较少,并且中国饲料添加剂安全使用规范中关于氨基酸微量元素络合物的推荐用量比较宽泛,也没有与复合氨基酸络合物相关的适宜使用量推荐。因此,本研究拟以肉仔鸡为研究对象,通过测试不同添加量的复合氨基酸铁、锌络合物对肉仔鸡生产性能的影响,探究复合氨基酸铁、锌络合物在白羽肉鸡基础饲料中的最适添加量,以期复合氨基酸铁、锌络合物在生产上的合理应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

复合氨基酸铁络合物:深褐色粉状,主要成分为复合氨基酸(62.4%)、铁(32.6%)及其他成分(5%)复合而成。

复合氨基酸锌络合物:白色粉末,主要成分为复合氨基酸(59.58%)、锌(36.31%)及其他成分(4.11%)复合而成。

1.2 试验设计

将360只体重相近的1日龄AA肉仔鸡,采用单因子试验设计,随机分成6组,每组设3个重复,每个重复20只鸡,其中第一组为对照组,饲喂基础饲料,铁和锌的添加量均为100 mg/kg,来源为七水硫酸亚铁和无水硫酸锌;其他5组为试验组,铁和锌均来自于复合氨基酸络合物,铁和锌的添加量分别为25(I组)、50(II组)、75(III组)、100(IV组)、125(V组)mg/kg,具体分组见表1,各组鸡在相同饲养条件下饲养,试验日粮以玉米和大豆粕为主要原料,按照肉仔鸡生长发育阶段配置基础日粮(玉米-豆粕型基础饲料),饲料水平及营养成分表见表2,试验期42 d。

1.3 饲养管理

试验肉仔鸡自由采食、饮水,鸡舍通风良好。按商品代肉仔鸡的饲养要求对温度和湿度进行控制。参照参考文献[6]进行各阶段的管理和免疫程序。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能测定

分别在1、21及42日龄早晨空腹12 h后称重,统计饲料消耗量,记录死淘情况,计算平均体重(ABW)、平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)、料重质量比(F/G)及死淘率。

表 1 试验设计及分组

Table 1 Experimental design and groups

项目 Item	组别 Group					
	对照 CK	I	II	III	IV	V
无机铁+无机锌	100+100	0+0	0+0	0+0	0+0	0+0
络合铁+络合锌	0+0	25+25	50+50	75+75	100+100	125+125

注：数值为每千克日粮添加无机铁和无机锌的含量，mg。

Note: Values are the contents of inorganic iron and inorganic zinc added per kilogram of the diet, mg.

表 2 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

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

项目 Item	含量 Content		项目 Item	含量 Content	
	1~3 周 1-3 weeks	4~6 周 4-6 weeks		1~3 周 1-3 weeks	4~6 周 4-6 weeks
原料 Ingredients			营养水平 Nutrient levels ^②		
玉米/% Corn	58.77	62.55	代谢能 ME(MJ/kg)	11.52	11.53
豆粕/% Soybean meal	35.03	30.28	粗蛋白质/% CP	19.60	18.90
大豆油/% Soybean oil	2.13	3.12	钙/% Ca	0.92	0.97
石粉/% Limestone	1.46	1.25	总磷/% TP	0.53	0.58
磷酸氢钙/% CaHPO4	1.29	1.50	有效磷/% AP	0.37	0.42
食盐/% NaCl	0.32	0.30	赖氨酸/% Lys	1.20	1.07
预混料/% Premix ^①	1.00	1.00	蛋氨酸/% Met	0.35	0.32
合计/% Total	100.00	100.00			

注：①预混料为每千克饲料提供：维生素 A≥170 000 IU，维生素 D₃≥45 000 IU，维生素 E≥400 IU，维生素 K₃≥30 mg，维生素 B₁≥20 mg，维生素 B₂≥100 mg，维生素 B₆≥60 mg，维生素 B₁₂≥0.2 mg，烟酸≥600 mg，泛酸≥180 mg，叶酸≥10 mg，胆碱≥5 000 mg，锰≥1 600 mg，碘≥10 mg，铜100~400 mg，硒 3~6 mg，钙 12%~20%，磷 ≥3%；22~42 日龄预混料中：维生素 A≥16 0000 IU，维生素 D₃≥40 000 IU，维生素 E≥380 IU，维生素 K₃≥25 mg，维生素 B₁≥15 mg，维生素 B₂≥90 mg，维生素 B₆≥50 mg，维生素 B₁₂≥0.2 mg，烟酸≥400 mg，泛酸≥140 mg，叶酸≥8 mg，胆碱≥4 000 mg，锰≥1 600 mg，硒≥10 mg，铜 100~400 mg，硒 3~6 mg，钙 12%~20%，磷≥3%。②营养水平为计算值。

Note: ① The premix provided the following per kg of diets: VA ≥170 000 IU, VD₃ ≥45 000 IU, VE ≥400 IU, VK₃ ≥30 mg, VB₁ ≥20 mg, VB₂ ≥100 mg, VB₆ ≥60 mg, VB₁₂ ≥0.2 mg, niacin ≥600 mg, pantothenate ≥180 mg, folic acid ≥10 mg, choline ≥5 000 mg, Mn ≥1 600 mg, I ≥10 mg, Cu 100-400 mg, Se 3-6 mg, Ca 12%-20%, P ≥3%; 22-42 day old premix: VA ≥16 0000 IU, VD₃ ≥40 000 IU, VE ≥380 IU, VK₃ ≥25 mg, VB₁ ≥15 mg, VB₂ ≥90 mg, VB₆ ≥50 mg, VB₁₂ ≥0.2 mg, niacin ≥400 mg, pantothenate ≥140 mg, folic acid ≥8 mg, choline ≥4 000 mg, Mn ≥1 600 mg, I ≥10 mg, Cu 100-400 mg, Se 3-6 mg, Ca 12%-20%, P ≥3%. ② Nutrient levels are calculated values.

1.4.2 屠宰性能测定

在 21 日龄和 42 日龄 2 个阶段，每个重复随机抽取 2 只肉仔鸡，进行采血和屠宰，逐个称重，翅静脉采血，然后颈静脉放血，干拔毛之后称取屠体重。

各屠宰指标计算方法如下：

- 屠宰率 = (屠体重/活重) × 100%；
- 半净膛率 = (半净膛重/活重) × 100%；
- 全净膛率 = (全净膛重/活重) × 100%；
- 胸肌率 = (胸肌重/全净膛重) × 100%；

$$\text{腿肌率} = (\text{腿净肌肉重} / \text{全净膛重}) \times 100\%；$$

$$\text{腹脂率} = (\text{腹脂重} / (\text{全净膛重} + \text{腹脂重})) \times 100\%。$$

1.4.3 肝脏、肌肉、血清中铁、锌浓度的测定

称取 2 g 干燥肉样或者 1 g 肝样，加入 6 mL 硝酸和 1.35 mL 高氯酸，放在电炉上消解，待样品完全消解后，溶液呈无色或者澄清浅黄色，移至 50 mL 容量瓶中，用 0.1% 的盐酸稀释到刻度，再用 10 mL 指形管取 8~9 mL 稀释液，送往扬州大学测试中心，利用电感耦合等离子体发射光谱仪(OPTIMA-

7300DV)进行微量元素的测定;血清样送往扬州市苏北医院采用全自动生化仪(OLYMPUS-AU2700)进行测定。

1.5 数据统计

试验数据采用 Excel 2013 进行数据整理,采用统计软件 SPSS 15.0 软件进行统计分析。one-way ANOVA 程序进行方差分析,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性标准,采用 Duncan 氏法进行多重比较。结果以平均数±标准误(mean±SE)表示。

2 结果与分析

2.1 不同复合氨基酸铁、锌络合物的添加量对各阶段肉仔生产性能的影响

本试验分别在 1、21 和 42 日龄时测肉仔鸡的体重,测定结果见表 3。结果表明:各组肉仔鸡初生重均无显著差异($P > 0.05$);21 日龄时,Ⅱ组的平均体重显著高于对照组、Ⅳ组和Ⅴ组($P < 0.05$);42 日龄时,各试验组平均体重均高于对照组,并且Ⅴ组达到显著水平($P < 0.05$),各试验组间差异并不显著($P > 0.05$)。

本试验测定各试验组肉仔鸡的平均日采食量和平均日增重等指标,结果见表 4。在 1~21 日龄时,各组平均日采食量在 70.00 g 左右,各组间无显著差异($P > 0.05$);22~42 日龄Ⅱ组、Ⅲ组、Ⅳ组、Ⅴ组平均日采食量分别比对照组提高,且Ⅴ组的平均采食量显著高于对照组和Ⅰ组($P < 0.05$);1~42 日龄Ⅴ组平均日采食量显著高于对照组和Ⅰ组($P < 0.05$)。在 22~42 日龄,Ⅴ组平均日增重显著高于对照组;在 1~42 日龄各试验组平均日增重均高于对照组,本试验各阶段料肉比均无显著差异($P > 0.05$),但试验Ⅱ组在 1~21 日龄 F/G 较对照组降低。

2.2 饲料中不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡屠宰性能、免疫器官指数的影响

本试验测定各试验组肉仔鸡屠宰率、半净膛率、全净膛率等 6 项与屠宰性能相关的指标,测定结果见表 5。在 21 日龄时,试验Ⅴ组胸肌率显著高于对照组和试验Ⅰ组($P < 0.05$),与对照组相比提高了 20.73%。42 日龄时,添加复合氨基酸铁、锌络合物的各试验组屠宰率在 93.00% 左右、半净膛率 84.00% 左右、全净膛率 78.00% 左右、腿肌率 25.00% 左右、腹脂率 1.00% 左右,各组间差异不显著($P > 0.05$);试验Ⅴ组胸肌率显著高于对照组($P < 0.05$),各试验组胸肌率差异不显著($P >$

0.05)。本试验在 21 和 42 日龄时,对肉仔鸡的免疫器官指数也进行了测定,但结果没有显著差异。

2.3 饲料中不同复合氨基酸铁、锌络合物的添加量对肉仔鸡不同组织铁、锌残留量的影响

本试验测定各试验组肉仔鸡肝脏、肌肉和血清中铁、锌的残留量,测定结果见表 6。肝脏中,各试验组铁的含量均高于对照组,且试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组铁的含量高于对照组,达到显著水平($P < 0.05$);试验组锌的含量均高于对照组,试验Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组较对照组达到显著水平($P < 0.05$)。肌肉中,各试验组铁的含量均高于对照组,与对照组相比,试验Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组铁的含量均提高。血清中,试验Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组铁和锌的含量均高于对照组,但未达到显著水平($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 饲料中不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡生产性能的影响

关于肉仔鸡铁、锌需要量的研究因研究方法不同、评定指标不同、铁和锌源不同等原因,研究结果往往不一致;黄艳玲等^[7]对肉仔鸡锌的需要量推荐为 40 mg/kg,但这是根据 40 年以前的试验结果来制定的;闫素梅等^[8]报道肉仔鸡的锌需要量推荐值为 165 mg/kg;Salim 等^[9]在研究中发现饲料中添加 25 mg/kg 的有机锌也不会对肉仔鸡生产性能造成影响。关于肉鸡铁营养需要量的研究较多,但专门进行复合氨基酸铁络合物营养需要的研究鲜有报道,Dale^[10]对肉鸡各生长阶段饲料中铁的推荐量为 80 mg/kg;程志斌等^[11]在我国农业部饲料添加剂安全使用规范中提出肉仔鸡饲料中铁的推荐量为 35~120 mg/kg。

本试验结果表明,饲料中添加复合氨基酸铁、锌络合物的试验组与对照组相比肉鸡的体重有一定的增加趋势,低剂量试验组肉鸡的生产性能并未受到影响,这与 Aksu^[12]和 Britanico 等^[13]在低剂量有机微量元素对肉仔鸡生产性能的影响中的结论相似;本试验中添加 50 和 125 mg/kg 的试验组在 21 和 42 日龄的体重均显著高于对照组;22~42 日龄和 1~42 日龄络合物添加量为 125 mg/kg 的试验组平均日采食量比对照组和添加量为 25 mg/kg 的试验组显著提高;22~42 日龄和 1~42 日龄添加络合物各试验组日增重均比对照组有所提高,其中添加量为 50 和 125 mg/kg 的试验组提高较多。由此可见,

表 3 不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡平均体重的影响
Table 3 Effects of different complex amino acid iron/zinc chelate additive amount on the average body weight of broiler chickens

日龄/d Age	试验组 Experimental group					
	对照组 Control	I	II	III	IV	V
1	48.31±1.48	48.41±2.53	48.27±3.93	48.30±0.81	48.62±2.40	48.42±1.52
21	841.32±7.44 b	860.11±1.98 ab	890.10±11.01 a	854.37±4.09 ab	833.57±3.58 b	818.67±3.48 b
42	2393.67±18.02 b	2501.33±3.30 ab	2530.00±9.27 ab	2491.67±8.12 ab	2501.17±14.03 ab	2612.50±20.99 a

注：同行数据后不同字母，表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Note: Within the same row, values with different letters mean significant differences ($P < 0.05$). The same below.

表 4 不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡生长性能的影响
Table 4 Effects of different complex amino acid iron/zinc chelate additive amount on the growth performance of broiler chickens

项目 Item	日龄/d Age	试验组 Experimental group					
		对照组 Control	I	II	III	IV	V
平均日采食量/ (g/d)	1~21	69.74±4.84	66.15±2.86	70.04±1.45	68.21±4.56	70.01±2.07	72.01±17.14
	22~42	148.04±5.81 b	153.61±14.18 b	159.97±11.82 ab	160.29±9.00 ab	161.79±27.33 ab	172.13±12.56 a
ADFI	1~42	107.11±1.36 b	107.71±8.4 b	113.85±7.34 ab	118.22±4.78 ab	113.79±11.93 ab	123.53±4.93 a
平均日增重/ (g/d)	1~21	37.76±2.69	38.65±2.25	40.09±2.42	38.38±2.20	37.39±1.38	38.06±0.76
	22~42	73.92±4.15 b	78.15±0.55 ab	78.09±3.84 ab	77.97±1.82 ab	79.41±5.77 ab	84.03±3.69 a
ADG	1~42	55.84±4.35	58.39±0.78	59.01±2.45	58.18±1.84	58.39±3.23	61.05±4.78
料重质量比 F/G	1~21	1.85±0.16	1.71±0.20	1.75±0.20	1.78±0.08	1.87±0.11	1.82±0.40
	22~42	2.00±0.24	1.97±0.07	2.05±0.07	2.06±0.16	2.04±0.28	2.05±0.10
	1~42	1.91±0.11	1.84±0.06	1.92±0.06	2.03±0.12	1.95±0.03	2.02±0.18

表5 不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡屠宰性能的影响

Table 5 Effects of different complex amino acid iron/zinc chelate additive amount on slaughter performance of broiler chickens

%

日龄/d Age	项目 Item	试验组 Experimental group					
		对照组 Control	I	II	III	IV	V
21	屠宰率 Slaughter rate	92.53±3.15	91.26±1.89	94.70±0.30	93.87±1.89	93.70±1.04	94.90±0.30
	半净膛率 Semi-eviscerated rate	80.13±4.69	81.17±4.14	83.33±0.85	79.03±5.98	79.03±1.67	19.30±2.48
	全净膛率 All eviscerated rate	72.60±4.76	74.23±2.96	72.13±1.98	71.87±3.26	71.72±0.64	72.43±2.06
	胸肌率 Breast muscle rate	16.40±1.04 b	15.73±1.33 b	17.6±2.27 ab	17.80±0.92 ab	17.13±1.55 ab	19.80±3.29 a
	腿肌率 Leg muscle rate	21.93±2.60	21.00±0.20	21.40±0.80	20.93±3.18	21.47±1.86	22.40±0.87
	腹脂率 Abdominal fat percentage	0.72±0.19	0.83±0.11	0.68±0.12	0.79±0.10	0.64±0.14	0.72±0.13
	屠宰率 Slaughter rate	93.43±1.98	89.33±5.25	93.03±0.60	92.70±1.83	93.27±0.90	94.37±4.86
	半净膛率 Semi-eviscerated rate	84.57±1.63	83.10±2.70	84.70±4.59	83.87±2.01	84.03±1.10	82.97±3.56
	全净膛率 All eviscerated rate	78.43±2.18	76.93±2.46	78.03±4.07	78.13±3.04	78.00±1.31	76.63±2.90
	胸肌率 Breast muscle rate	16.53±1.53 b	17.67±1.31 ab	18.17±2.75 ab	18.20±1.95 ab	17.23±1.15 ab	20.17±1.49 a
42	腿肌率 Leg muscle rate	25.50±3.21	25.73±4.14	24.57±1.88	25.17±3.75	22.47±3.95	25.83±2.23
	腹脂率 Abdominal fat percentage	0.92±0.25	1.01±0.21	1.08±0.27	1.50±0.19	1.00±0.23	1.21±0.17

表 6 不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡组织中铁、锌残留量的影响
Table 6 Effects of different complex amino acid iron/zinc chelate additive amount on Fe and Zn residues in the broiler chickens tissues

器官 Organ	项目 Item	试验组 Experimental group					
		对照组 Control	I	II	III	IV	V
肝脏 Liver	铁/(mg/kg) Fe	128.02±8.92 b	153.09±7.93 a	157.79±4.71 a	160.81±1.78 a	175.51±6.68 a	129.19±2.5 b
	锌/(mg/kg) Zinc	35.05±0.63 b	43.84±1.33 ab	48.31±0.50 ab	50.06±2.19 a	52.04±6.47 a	51.04±3.62 a
肌肉 Muscle	铁/(mg/kg) Fe	10.84±3.35	11.22±1.74	12.86±2.71	12.30±1.88	12.72±3.46	12.11±1.40
	锌/(mg/kg) Zinc	0.36±0.04	0.38±0.02	0.39±0.01	0.34±0.04	0.32±0.07	0.35±0.02
血清 Serum	铁/(μg/kg) Fe	30.36±2.55	30.11±1.36	33.31±2.03	32.84±1.09	33.49±1.15	31.30±2.06
	锌/(μg/kg) Zinc	22.85±4.65	23.76±0.33	25.43±2.42	25.88±1.41	26.72±0.98	22.08±4.46

饲料中以复合氨基酸铁、锌络合物代替无机铁、锌,对白羽肉鸡的生产性能可能具有一定的提高作用,并且添加量过低会明显影响肉仔鸡的生产性能,这从络合物添加量为 25 mg/kg 的试验 I 组采食量明显下降得以证实,在本试验中以 50 和 125 mg/kg 的试验组对肉鸡生产性能的作用效果较好;这与卢昊等^[14]的研究结果基本一致,但推荐用量存在差异,主要原因可能由于在本试验中使用了复合氨基酸铁、锌络合物,并且铁、锌 2 种微量元素同时被替代所造成的。但郭荣富等^[15]研究发现在肉仔鸡饲料中分别添加 200、400、600 mg/kg 硫酸亚铁或蛋氨酸铁,铁源及铁添加水平对肉仔鸡的体重和采食量不产生影响,主要原因可能是肉仔鸡对铁的耐受上限较大。因此,添加量只要不超过耐受上限就不会对动物生产性能造成影响。

3.2 不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡屠宰性能及免疫器官指数的影响

饲料中微量元素过低时,会影响动物发挥最大生产潜能,因此不能达到最佳的饲养效益;而当饲料中微量元素过高时,虽然在某些测试指标有所提高,但提高的幅度不大,并且中、超剂量的添加微量元素,得不到充分吸收利用,则通过动物的排泄物排泄到外界环境中,会带来严重的环境污染问题,因此研究饲料微量元素的适宜添加量具有重要意义。

本试验结果表明:在玉米—豆粕型的基础饲料中,添加低剂量的复合氨基酸铁、锌络合物的试验组与添加高剂量无机铁、锌的对照组肉鸡的屠宰性能并无显著差异;而且在添加 50 mg/kg 的条件下,不同日龄的胸肌率均高于对照组,与添加高剂量络合物的试验组间差异不显著。上述结果与已有研究结果相似。Pimentel 等^[16]合并饲喂蛋氨酸锌络合物和蛋氨酸锰络合物,肉鸡的生长和饲料利用率改善了 2%~3%,使腿肌产量提高了 3%~5%,其结果表明复合氨基酸铁锌络合物的适宜添加量为 50 mg/kg。产生添加络合物之后,能适当增加肉鸡生产性能原因如下:首先是氨基酸微量元素络合物是动物机体吸收金属离子的主要形式,不仅被吸收快,而且可减少许多生化过程,节约体能消耗,因而具有较强的生物学效价;其次,络合物具有不同于无机盐的特殊的吸收机制。Ashmead 等^[17]表明氨基酸微量元素络合盐和蛋白质的吸收是采用复合氨基酸的吸收机制,并非小肠中普通金属的机制,通过氨基酸和肽的转运系统,微量元素氨基酸

络合盐可直接通过小肠绒毛刷状缘,在肠道被吸收,因而可以大大提高元素的利用率,从而提高了生产性能。

本试验还发现,在饲料中添加复合氨基酸络合物有效的促进了 21 日龄肉鸡胸腺的发育,而对脾脏和法氏囊发育的影响不大,这与李荣芳等^[18]在肉鸡基础饲料中添加 200 mg 纳米氧化锌能很好地促进脾脏的生长发育的试验结果基本一致,Bun 等^[19]在研究中也发现饲料中添加有机锌可以显著提高肉仔鸡的免疫性能。锌是细胞增殖分化的必需物质,通常认为缺锌抑制淋巴细胞增殖是导致免疫器官萎缩、绝对重量和生长指数降低的直接原因。本试验证明,由于络合物高效价的作用,低剂量的络合物添加即可满足动物免疫器官的正常发育要求。

3.3 不同复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡各组织微量元素沉积的影响

在动物体中,肝脏是铁、锌快速代谢和贮存的器官,肌肉是铁、锌慢速代谢和贮存器官,血液则是主要的转运通路,所以可通过以上组织器官中铁、锌的浓度测定结果,来评价不同铁源、锌源的吸收、转运及利用情况。试验结果显示:饲料中不同的复合氨基酸铁、锌络合物添加量对肉仔鸡各组织中微量元素沉积的影响主要表现在肝脏中,对肌肉和血清中铁锌的浓度并无显著影响。这与虞泽鹏等^[20]在肉仔鸡基础饲料中添加 50 和 100 mg/kg 蛋氨酸锌,肌肉锌浓度没有变化的结果相一致;本试验中添加低剂量络合物的试验组肝脏中微量元素的沉积也高于对照组,也与 Ma 等^[21]的研究发现了在饲料中添加有机微量元素组可以提高微量元素在机体组织中的沉积的结果一致;本试验中还发现随着氨基酸微量元素络合物添加量的增加,肝脏中的铁、锌浓度呈现先上升后下降的趋势,但都是高于对照组的,并且铁、锌浓度同时升高的现象也足以说明氨基酸微量元素络合物有降低铁、锌拮抗作用的效果,这与张军霞等^[22]在以 18 周龄商品代伊莎褐育成母鸡为试验对象研究不同锌添加水平对蛋鸡组织器官锌含量的影响研究中发现随锌添加水平增加肝脏中锌含量极显著提高相一致。

因氨基酸微量元素络合物有较高的生物学效价可减少微量元素间的拮抗作用,因此肉鸡摄入的微量元素被消化吸收并转运到作用部位且具有生理活性形式的那部分占总食入量的比例增加,从而降低了动物粪尿中微量元素的排泄量,增强了小肠对微

量元素的吸收效率,所以虽是低剂量的络合物组肝脏中铁、锌含量也是高于对照组的,这样既减少微量元素添加量,又降低了排泄,减少了对环境的污染,从而起到低能减排和环保的效果。

4 小 结

1) 饲料中,添加复合氨基酸铁、锌络合物提高了42日龄肉仔鸡的体重及4~6周龄肉仔鸡的平均日增重和采食量;

2) 添加复合氨基酸铁、锌络合物可显著提高21和42日龄肉鸡的胸肌率;

3) 添加复合氨基酸铁、锌络合物显著提高了铁、锌在肉仔鸡肝脏中的沉积,对肌肉和血液中铁、锌的浓度无显著影响;

4) 在既不影响白羽肉鸡的正常生产性能又可减少污染的基础上,试验Ⅱ组(50 mg/kg)的添加量为复合氨基酸铁、锌络合物的最适宜添加水平。

参考文献 References

[1] 刘雪兰,井庆川,魏祥法,张燕,石天虹,阎佩佩,董以雷,刘瑞亭. 肉鸡饲料铜、铁、锌、锰添加水平对生产性能及免疫功能的影响[J]. 家禽科学, 2017(6): 3-7
Liu X L, Jing Q C, Wei X F, Zhang Y, Shi T H, Yan P P, Dong Y L, Liu R T. Effects of dietary copper, iron, zinc and manganese addition levels on production performance and immune function in broiler chickens[J]. *Poultry Science*, 2017 (6): 3-7 (in Chinese)

[2] Cao J, Henry P R, Guo R, Holwerda R A, Toth J P, Littell R C, Miles R D, Ammerman C B. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants[J]. *Journal of Animal Science*, 2000, 78(8): 2039

[3] Das T K, Mondal M K, Biswas P, Bairagi B, Samanta C C. Influence of level of dietary inorganic and organic copper and energy level on the performance and nutrient utilization of broiler chickens[J]. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 2010, 23(1): 82-89

[4] Jegede A V, Oduguwa O O, Oso A O, Fafiolu A O, Idowu O M O, Nollet L. Growth performance, blood characteristics and plasma lipids of growing pullet fed dietary concentrations of organic and inorganic copper sources[J]. *Livestock Science*, 2012, 145(1-3): 298-302

[5] 赵景鹏,董辉. 氨基酸螯合铁和锌在畜禽生产中的研究与应用概述[J]. 饲料与畜牧, 2008(3): 25-27
Zhao J P, Dong H. Research and application of amino acid chelated iron and zinc in livestock and poultry production[J]. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2008(3): 25-27 (in Chinese)

[6] 杨宁. 现代养鸡生产[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994
Yang N. *Modern Chicken Production* [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1994 (in Chinese)

[7] 黄艳玲. 肉仔鸡锌营养需要量的研究进展[J]. 中国饲料, 2008(11): 28-30
Huang Y L. Advances in research on zinc nutrient requirements of broilers[J]. *China Feed*, 2008(11): 28-30 (in Chinese)

[8] 闫素梅,郝永清,史彬林,侯先志,骆丽芝. 日粮锌水平对肉仔鸡组织锌浓度及其生产性能与免疫功能的影响[J]. 饲料工业, 2002(12): 24-27
Yan S M, Hao Y Q, Shi B L, Hou X Z, Luo L Z. Effect of dietary zinc level on tissue zinc concentration, production performance and immune function in broilers[J]. *Feed Industry*, 2002(12): 24-27 (in Chinese)

[9] Salim H M, Lee H R, Jo C, Lee S K, Lee B D. Effect of sex and dietary organic zinc on growth performance, carcass traits, tissue mineral content and blood parameters of broiler chickens [J]. *Biological Trace Element Research*, 2012, 147(1-3): 120-129

[10] Dale N. National research council nutrient requirements of poultry-ninth revised edition (1994) [J]. *The Journal of Applied Poultry Research*, 1994, 3(1): 101

[11] 程志斌,张红兵,李晓珍. 解读农业部公告(第1224号)《饲料添加剂安全使用规范》[J]. 当代畜禽养殖业, 2011(9): 44-48
Cheng Z B, Zhang H B, Li X Z. Interpretation of the agriculture announcement by the Ministry of Agriculture (No. 1224) "Safety Guidelines for Feed Additives" [J]. *Modern Animal Husbandry*, 2011(9): 44-48 (in Chinese)

[12] Aksu D S. The effects of lower levels of organically complexed zinc, copper and manganese in broiler diets on performance, mineral concentration of tibia and mineral excretion [J]. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2011, 17(1): 141-146

[13] Britanico E B, Merca, F E, Angeles A A, Acda S P, Luis E S. Effects of supplementing diets with amino acid chelates of copper, zinc, manganese and iron on the performance of

- broilers[J]. *Philippine Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2012, 38(1): 1-10
- [14] 卢昊, 王春维, 周海, 王兆军. 谷氨酸锌对肉仔鸡生长性能、血清含锌酶活性及免疫器官指数的影响[J]. *中国饲料*, 2010(1): 24-26
- Lu H, Wang C W, Zhou H, Wang Z J. Effects of zinc glutamate on growth performance, serum zinc-containing enzyme activity and immune organ index in broilers[J]. *China Feed*, 2010(1): 24-26 (in Chinese)
- [15] 郭荣富. 动物微量元素锌代谢动力学分域模型的应用研究[J]. *昆明医学院学报*, 2004(S1): 94-98
- Guo F R. Compartmental modeling of zinc metabolic kinetics in animals[J]. *Journal of Kunming Medical University*, 2004(S1): 94-98 (in Chinese)
- [16] Pimentel J L, Cook M E, Greger J L. Research note: Bioavailability of zinc-methionine for chicks [J]. *Poultry Science*, 1991, 70(7): 1637-1639
- [17] Ashmead H D. The absorption and metabolism of iron amino acid chelate [J]. *Archivos Latinoamericanos De Nutricion*, 2001, 51(1 Suppl 1): 13
- [18] 李荣芳, 吴诚, 鄢静, 文利新. 纳米氧化锌对 AA 肉鸡免疫调节作用的影响[J]. *中国饲料*, 2008(16): 20-22
- Li R F, Wu C, Wu J, Wen L X. Effects of nano-zinc oxide on immunomodulatory activity in AA broilers[J]. *China Feed*, 2008(16): 20-22 (in Chinese)
- [19] Bun S D, Guo Y M, Guo F C, Ji F J, Cao H. Influence of organic zinc supplementation on the antioxidant status and immune responses of broilers challenged with *Eimeria tenella* [J]. *Poultry Science*, 2011, 90(6): 1220-1226
- [20] 虞泽鹏, 吴晋强. 不同锌源对肉用仔鸡生产性能及部分生理生化指标的影响[J]. *饲料研究*, 2002(12): 1-3
- Yu Z P, Wu J Q. Effects of different zinc sources on performance and some physiological and biochemical indexes of broilers[J]. *Feed Research*, 2002(12): 1-3 (in Chinese)
- [21] Ma W Q, Sun H, Zhou Y, Wu J, Feng J. Effects of iron glycine chelate on growth, tissue mineral concentrations, fecal mineral excretion, and liver antioxidant enzyme activities in broilers[J]. *Biological Trace Element Research*, 2012, 149(2): 204-211
- [22] 张军霞, 李发弟, 郝正里, 郎侠, 刘建斌. 饲料锌添加水平对蛋鸡生产性能及组织锌含量的影响[J]. *饲料工业*, 2005(12): 25-28
- Zhang J X, Li F D, Hao Z L, Lang X, Liu J B. Effect of diet supplemented with different zinc levels on production performance and tissue zinc content in various tissues in laying hen[J]. *Feed Industry*, 2005(12): 25-28 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东