

饲料锌水平对鹅生长性能、血清生化指标及激素含量的影响

陈苗璐 王宝维* 张名爱 岳 斌 葛文华 王 迪 王 姣 孟苓凤
(青岛农业大学优质水禽研究所, 青岛 266109)

摘 要: 本试验旨在研究饲料锌水平对鹅生长性能、血清生化指标及激素含量的影响, 以确定鹅饲料中锌的适宜水平。试验分别选用 1 和 29 日龄肝用型青农灰鹅各 360 只, 随机分为 6 个组, 每组 6 个重复, 每个重复 10 只鹅。各组饲料锌水平: 1~4 周龄为 31.28、81.28、131.28、181.28、231.28、281.28 mg/kg; 5~15 周龄为 27.46、77.46、127.46、177.46、227.46、277.46 mg/kg。试验期 15 周。结果表明: 1) 根据曲线方程可得, 1~4 周龄, 饲料锌水平为 112.51 mg/kg 时平均日增重最大; 饲料锌水平为 106.05 mg/kg 时料重比最低。5~15 周龄, 饲料锌水平为 108.09 mg/kg 时平均日增重最大; 饲料锌水平为 101.69 mg/kg 时料重比最低。2) 饲料锌水平为 131.28 mg/kg 时能显著提高 4 周龄血清总蛋白 (TP)、锌含量及碱性磷酸酶 (AKP) 活性 ($P < 0.05$)。饲料锌水平为 127.46 mg/kg 时能极显著提高 15 周龄血清 AKP 活性和锌含量 ($P < 0.01$)。3) 根据曲线方程可得, 饲料锌水平为 161.16 mg/kg 时, 鹅 4 周龄血清雌二醇含量最高; 饲料锌水平为 167.92 mg/kg 时, 鹅血清生长激素含量最高。饲料锌水平为 132.41 mg/kg 时, 鹅 15 周龄血清生长激素含量最高。由此可见, 锌对鹅的生长性能以及血清 TP、锌、激素含量和 AKP 活性具有重要影响。建议鹅最佳生长性能饲料锌适宜水平为: 1~4 周龄 106.05 mg/kg, 5~15 周龄 101.69 mg/kg。

关键词: 锌; 鹅; 生长性能; 激素; 适宜水平

中图分类号: S835

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)05-1105-08

锌是动物体内具有重要生理功能的微量元素之一。它不仅对生长发育和营养物质的代谢具有重要作用, 而且对繁殖、免疫、凝血等许多生理功能都有重要的生物学意义^[1-3]。饲料中锌缺乏或过量都会对动物产生不良影响, 严重时甚至发病死亡。黄艳玲等^[4]通过对肉仔鸡饲料锌的适宜水平研究, 推荐肉仔鸡饲料锌的适宜水平约为 80 mg/kg。蒋宗勇等^[5]研究表明, 饲料锌水平 85~99 mg/kg 显著提高了 1~21 日龄黄羽肉鸡采食量及饲料转化率。迄今为止, 家禽锌需要量的研究主要集中在鸡、鸭等禽类, 而对鹅锌需要量的

研究报道国内外较少, NRC(1994) 建议鹅的锌营养需要量为 40 mg/kg, 而澳大利亚 1976 年建议鹅的锌营养需要量为 60 mg/kg, 前苏联畜牧科学研究所 1985 年建议鹅的配合饲料中锌的添加水平为 50 mg/kg^[6]。国内尚未明确给出锌在鹅饲料中的适宜添加水平。为此, 本试验以育雏期(1~4 周龄)和育成期(5~15 周龄)肝用型青农灰鹅为试验对象, 通过研究饲料锌水平对生长性能、血清生化指标和激素含量的影响, 确定鹅的锌需要量, 以丰富我国鹅营养需要量数据库, 为制订我国鹅的饲养标准提供理论依据。

收稿日期: 2012-11-02

基金项目: 国家水禽产业技术体系专项基金 (CARS-43-11)

作者简介: 陈苗璐 (1987-), 女, 山东青岛人, 硕士研究生, 从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: cml876@163.com

* 通讯作者: 王宝维, 教授, 硕士生导师, E-mail: wangbw@qau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验动物

分别选用1和29日龄体重相近、健康的肝用型青农灰鹅(法国米朗德、阿蒂盖品种杂交配套选育而成)。试验鹅由国家水禽产业技术体系育种基地高密银河润雁鹅业有限公司提供。

1.2 试验设计

1~4周龄选择1日龄肝用型青农灰鹅360只,随机分为6个组,每组6个重复,每个重复10只鹅(公母各占1/2)。各组(I~VI组)饲料锌水平分别为31.28、81.28、131.28、181.28、231.28、281.28 mg/kg。

5~15周龄选择29日龄肝用型青农灰鹅360只,随机分为6个组,每组6个重复,每个重复10只鹅(公母各占1/2)。各组(I~VI组)饲料锌水平分别为27.46、77.46、127.46、177.46、227.46、277.46 mg/kg。

1.3 试验饲料

基础饲料营养水平参照NRC(1994)建议鹅的营养需要量和我国饲料成分及营养价值表设计。全期分为1~4周龄、5~15周龄2个饲养阶段,基础饲料组成及营养水平见表1。试验用七水硫酸锌购自浙江新维普添加剂有限公司,其有效成分为98%。

1.4 饲养管理

试验前对鹅舍进行全面消毒,试验鹅自由饮水和采食,全期舍饲,地面平养,饲料少喂勤添,注意观察鹅群的生长状况。试验鹅均采用青岛大牧人机械有限公司生产的塑料水槽和料槽。饮水采用符合国家GB5749—2006《生活饮用水卫生标准》要求的自来水。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 生长性能指标

出壳、4周龄末和15周龄末,分别以重复为单位对试验鹅进行空腹称重,分别计算1~4周龄、5~15周龄的平均日增重(ADG);每日统计饲料消耗量,计算平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。每天记录各组死亡及淘汰情况,计算死亡率。

1.5.2 血清生化指标和激素含量

4、15周龄末称重后,每重复随机抽取2只鹅,翅静脉采血10 mL,3 000 r/min离心制得血清样

品。分别采用葡萄糖氧化酶法、考马斯亮蓝法及比色法测定血清葡萄糖(GLU)、总蛋白(TP)、尿酸(UA)含量及碱性磷酸酶(AKP)活性。上述指标均用试剂盒测定,试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。血清锌含量采用原子吸收分光光度计法测定。雌二醇(E₂)、睾酮(T₂)及生长激素(GH)含量均由北京北方生物技术研究所采用放射免疫分析法测定,胰岛素样生长因子-I(IGF-I)含量采用酶联免疫法测定。

1.6 统计分析

数据分析采用SPSS 17.0软件中单因素方差分析(one-way ANOVA),并采用LSD法进行多重比较。试验数据以“平均值±标准差”表示。用不相关比较法(orthogonal)分析各指标随饲料锌添加水平的线性或曲线反应,采用曲线拟合法,利用断线、二次曲线和渐近线模式对相应的数据进行拟合,以确定肉鹅饲料中的锌的适宜水平。 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 分别为差异显著和极显著水平。

2 结果与分析

2.1 饲料锌水平对鹅生长性能的影响

由表2可见,1~4周龄时,与I组相比,II组ADG显著增加($P < 0.05$),II、III组ADFI显著增加($P < 0.05$);各组之间F/G、死亡率差异均不显著($P > 0.05$)。IV、V、VI组ADG、F/G均无显著差异($P > 0.05$),说明饲料锌水平超过181.28 mg/kg时对鹅的ADG、F/G均无显著影响($P > 0.05$)。以I~VI组ADG(Y_1)和F/G(Y_2)与饲料锌水平(X)进行曲线拟合,得到如下曲线方程: $Y_1 = 75.681 + 0.232X - 0.001X^2$ ($R^2 = 0.938$, $P_Q = 0.032$),由方程可知,饲料锌水平为112.51 mg/kg时ADG最大。 $Y_2 = 3.073 \times 10^{-6}X^2 - 6.518 \times 10^{-4}X + 1.454$ ($R^2 = 0.943$, $P_Q = 0.068$),由方程可知,饲料锌水平为106.05 mg/kg时F/G最低。ADFI与饲料锌水平之间的曲线关系不明显($R^2 < 0.700$)。

5~15周龄时,与I组相比,V组ADFI显著提高($P < 0.05$);II、III组ADG显著高于其他各组($P < 0.05$);II组F/G显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)低于I、V、VI组,说明饲料锌水平超过177.46 mg/kg时,鹅的ADG显著降低($P < 0.05$),F/G显著升高($P < 0.05$),且IV、V、VI组ADG、F/G均无显著差异($P > 0.05$)。以I~VI

组 ADG (Y_3) 和 F/G (Y_4) 与饲料锌水平 (X) 进行曲线拟合, 得到如下曲线方程: $Y_3 = 63.346 + 0.255X - 0.001X^2$ ($R^2 = 0.962, P_0 = 0.027$), 由方程可知, 饲料锌水平为 108.09 mg/kg 时 ADG 最大。 $Y_4 = 7.811 \times 10^{-5}X^2 - 0.016X + 6.835$ ($R^2 = 0.936, P_0 = 0.021$), 由方程可知, 饲料锌水平为

101.69 mg/kg 时 F/G 最低。 ADFI 与饲料锌水平之间的曲线关系不明显 ($R^2 < 0.700$)。

由此可得, 根据生长性能分析, 鹅育雏期饲料锌的适宜水平为 106.05 ~ 112.51 mg/kg, 育成期饲料锌的适宜水平为 101.69 ~ 108.09 mg/kg。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis)

%

项目 Items	1 ~ 4 周龄 1 to 4 weeks of age	5 ~ 15 周龄 5 to 15 weeks of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	57.09	62.10
豆粕 Soybean meal	15.80	16.06
羊草粉 Chinese wildrye powder		9.60
小麦麸 Wheat bran	11.00	
花生粕 Peanut meal	3.00	2.12
棉籽粕 Cottonseed meal	4.00	
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	5.00	6.00
玉米胚芽粕 Corn germ meal		0.78
磷酸氢钙 CaHPO_4	1.60	1.13
食盐 NaCl	0.24	0.34
石粉 Limestone	1.20	1.00
小苏打 NaHCO_3	0.10	
赖氨酸 Lys	0.30	0.26
多维 Multi-vitamin ¹⁾	0.30	0.30
微量元素 Trace elements ¹⁾	0.20	0.20
蛋氨酸 Met	0.17	0.11
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.30	11.50
粗蛋白质 CP	18.00	16.00
粗纤维 CF	3.46	5.00
钙 Ca	0.85	0.70
有效磷 AP	0.42	0.32
食盐 NaCl	0.30	0.38
蛋氨酸 Met	0.42	0.35
苏氨酸 Thr	0.64	0.58
赖氨酸 Lys	1.00	0.80
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	0.70	0.60
锌 Zn/(mg/kg)	31.28	27.46

¹⁾ 多维和微量元素为每千克饲料提供 The multi-vitamin and trace elements provided the following per kg of diets: 1 ~ 4 周龄 1 to 4 weeks of age, VD_3 200 IU, VA 1 500 mg, VE 12.5 mg, VK_3 1.5 mg, VB_1 2.2 mg, VB_2 5.0 mg, 烟酸 nicotinic acid 65 mg, 泛酸 pantothenate 15 mg, VB_6 2 mg, 生物素 biotin 0.2 mg, 叶酸 folic acid 0.5 mg, 胆碱 choline 1 000 mg, Fe 90 mg, Cu 6 mg, Mn 85 mg, I 0.42 mg, Se 0.3 mg, Co 2.5 mg; 5 ~ 15 周龄 5 to 15 weeks of age, VD_3 200 IU, VA 1 500 mg, VE 12.5 mg, VK_3 1.5 mg, VB_1 2.2 mg, VB_2 5.0 mg, 烟酸 nicotinic acid 65 mg, 泛酸 pantothenate 15 mg, VB_6 2 mg, 生物素 biotin 0.2 mg, 叶酸 folic acid 0.5 mg, 胆碱 choline 1 000 mg, Fe 85 mg, Cu 5 mg, Mn 80 mg, I 0.42 mg, Se 0.3 mg, Co 2.5 mg。

²⁾ 锌含量为实测值, 其他营养水平均为计算值。 Zn content was a measured value, while others nutrient levels were calculated values.

表 2 饲粮锌水平对鹅生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary zinc level on growth performance of geese

项目 Items	组别 Groups	平均日增重 ADG/g	平均日采食量 ADFI/g	料重比 F/G	死淘率 Mortality rate/%
1~4 周龄 1 to 4 weeks of age	I	81.65 ± 1.70 ^b	117.36 ± 5.22 ^b	1.44 ± 0.04	3.33
	II	88.52 ± 5.45 ^a	125.51 ± 1.36 ^a	1.42 ± 0.08	0.00
	III	87.55 ± 5.30 ^{ab}	124.76 ± 2.12 ^a	1.43 ± 0.06	3.33
	IV	84.13 ± 2.73 ^{ab}	121.61 ± 3.41 ^{ab}	1.45 ± 0.01	3.33
	V	84.06 ± 1.56 ^{ab}	122.74 ± 3.93 ^{ab}	1.46 ± 0.07	3.33
	VI	83.47 ± 2.74 ^{ab}	120.80 ± 1.54 ^{ab}	1.44 ± 0.03	3.33
5~15 周龄 5 to 15 weeks of age	I	69.25 ± 1.80 ^b	447.61 ± 15.29 ^b	6.46 ± 0.24 ^{ab}	3.16
	II	76.61 ± 1.58 ^a	459.58 ± 10.81 ^{ab}	6.00 ± 0.18 ^c	0.00
	III	76.07 ± 2.94 ^a	461.00 ± 4.83 ^{ab}	6.07 ± 0.26 ^{bc}	0.00
	IV	71.64 ± 2.07 ^b	455.42 ± 5.74 ^{ab}	6.36 ± 0.20 ^{abc}	2.58
	V	71.39 ± 2.16 ^b	467.60 ± 12.65 ^a	6.56 ± 0.37 ^a	0.00
	VI	71.03 ± 3.40 ^b	463.43 ± 9.12 ^{ab}	6.53 ± 0.19 ^a	2.21

同列数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 相邻小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相间小写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下表同。

In the same column, values with the same or no small letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$), while with the adjacent small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), and with alternate small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.01$). The same as below.

2.2 饲粮锌水平对鹅血清生化指标的影响

由表 3 可见, 4 周龄时, 与 I 组相比, V、VI 组血清 GLU 含量显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 降低, II、III 组血清 TP 含量显著增加 ($P < 0.05$)。血清 AKP 活性与锌含量均呈现先升高后降低趋势, II 组血清 AKP 活性显著高于 I 组 ($P < 0.05$); II、III、IV 组血清锌含量极显著高于 I 组 ($P < 0.01$), V、VI 组显著高于 I 组 ($P < 0.05$)。结果表明, 饲粮锌水平为 81.28 mg/kg 时能显著提高血清 TP 含量和 AKP 活性 ($P < 0.05$)。

15 周龄时, III、IV、V、VI 组血清 GLU 含量显著低于 I 组 ($P < 0.05$); IV、V 组血清 TP 含量显著低于 III 组 ($P < 0.05$); II、V、VI 组血清 UA 含量显著高于 I 组 ($P < 0.05$); 血清 AKP 活性呈现先升高后降低趋势, II、III 组显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于 I 组; II、III、V、VI 组血清锌含量显著高于 I 组 ($P < 0.05$), IV 组极显著高于 I 组 ($P < 0.01$)。

2.3 饲粮锌水平对鹅激素含量的影响

由表 4 可见, 4 周龄时, 各组公鹅血清 E_2 含量差异不显著 ($P > 0.05$), 母鹅血清 E_2 含量呈现先升高后降低趋势, 除 VI 组外其他各组均显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于 I 组; 添加锌能显

著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 提高公鹅血清 T_2 含量, IV 组母鹅血清 T_2 含量显著高于 I 组 ($P < 0.05$); III、IV 组血清 GH 含量显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于其他各组; 添加锌能显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 提高鹅血清 IGF-I 含量。以 I ~ VI 组血清 E_2 (Y_5)、GH (Y_6) 含量与饲粮锌水平 (X) 进行曲线拟合, 得到如下曲线方程: $Y_5 = 5447.355 + 76.505X - 0.237X^2$ ($R^2 = 0.853, P_Q = 0.003$), 由方程可知, 当饲粮锌水平为 161.16 mg/kg 时, 母鹅血清 E_2 含量最高。 $Y_6 = 0.559 + 0.004X - 1.204 \times 10^{-5}X^2$ ($R^2 = 0.762, P_Q = 0.002$), 由方程可知, 当饲粮锌水平为 167.92 mg/kg 时, 血清 GH 含量最高。

15 周龄时, II、III、V 组公母鹅血清 E_2 含量均显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于 I 组; 各组公鹅血清 T_2 含量均显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于 I 组, II、III 组母鹅血清 T_2 含量显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于其他各组; 添加锌能显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 提高血清 GH 含量, IV、V、VI 组血清 GH 含量显著低于 III 组 ($P < 0.05$), 且 IV、V、VI 组间差异不显著 ($P > 0.05$); IV、V 组血清 IGF-I 含量显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 高于 I 组。以 I ~ VI

组血清 GH (Y_7) 含量与饲料锌水平 (X) 进行曲线拟合, 得到如下曲线方程: $Y_8 = 0.297 + 0.006X - 2.180 \times 10^{-5} X^2$ ($R^2 = 0.888, P_0 = 0.187$), 由方程可知, 当饲料锌水平为 132.41 mg/kg 时, 血清 GH 含量最高。其他各指标与饲料锌水平间的曲线关

系不明显 ($R^2 < 0.700$)。

以上结果表明, 育雏期饲料锌水平为 167.92 mg/kg 时, 血清 E_2 和 GH 含量最高; 育成期饲料锌水平为 132.41 mg/kg 时, GH 含量最高。

表 3 饲料锌水平对鹅血清生化指标的影响

Table 3 Effects of dietary zinc level on serum biochemical parameters of geese

项目 Items	组别 Groups	葡萄糖 GLU/(mmol/L)	总蛋白 TP/(g/L)	尿酸 UA/(μ mol/L)	碱性磷酸酶 AKP/(金氏单位/dL)	锌 Zinc/(mg/L)
4 周龄 4 weeks of age	I	4.53 \pm 0.13 ^a	26.17 \pm 1.19 ^b	183.65 \pm 10.30 ^c	13.75 \pm 0.53 ^b	3.90 \pm 0.10 ^c
	II	4.44 \pm 0.16 ^a	29.21 \pm 0.55 ^a	186.59 \pm 6.47 ^c	15.05 \pm 0.64 ^a	4.67 \pm 0.09 ^c
	III	4.34 \pm 0.21 ^a	30.56 \pm 0.95 ^a	205.60 \pm 6.62 ^b	14.61 \pm 0.99 ^{ab}	5.37 \pm 0.09 ^a
	IV	4.32 \pm 0.08 ^{ab}	26.09 \pm 0.57 ^b	199.08 \pm 6.41 ^{bc}	14.25 \pm 0.50 ^{ab}	5.08 \pm 0.17 ^b
	V	4.13 \pm 0.15 ^{bc}	26.06 \pm 0.85 ^b	223.53 \pm 13.17 ^a	14.42 \pm 0.17 ^{ab}	4.40 \pm 0.15 ^d
	VI	4.08 \pm 0.21 ^c	26.04 \pm 1.49 ^b	226.38 \pm 8.98 ^a	13.55 \pm 0.42 ^{bc}	4.20 \pm 0.11 ^d
15 周龄 15 weeks of age	I	5.01 \pm 0.16 ^a	34.97 \pm 1.83 ^{ab}	539.27 \pm 22.13 ^b	2.53 \pm 0.14 ^c	5.88 \pm 0.16 ^c
	II	4.69 \pm 0.36 ^{ab}	35.85 \pm 1.75 ^{ab}	582.86 \pm 19.52 ^a	3.18 \pm 0.24 ^b	7.99 \pm 0.21 ^b
	III	4.56 \pm 0.28 ^b	36.59 \pm 2.26 ^a	539.07 \pm 30.29 ^b	3.75 \pm 0.21 ^a	8.27 \pm 0.17 ^{ab}
	IV	4.44 \pm 0.37 ^b	33.90 \pm 2.29 ^b	540.80 \pm 15.69 ^b	2.68 \pm 0.10 ^c	8.49 \pm 0.17 ^a
	V	4.46 \pm 0.29 ^b	33.86 \pm 2.02 ^b	567.27 \pm 23.63 ^a	2.52 \pm 0.14 ^c	8.23 \pm 0.28 ^{ab}
	VI	4.35 \pm 0.19 ^b	36.18 \pm 2.74 ^{ab}	571.45 \pm 17.11 ^a	2.53 \pm 0.08 ^c	8.29 \pm 0.26 ^{ab}

表 4 饲料锌水平对鹅血清激素含量的影响

Table 4 Effects of dietary zinc level on serum hormone content of geese

项目 Items	组别 Groups	雌二醇 E_2 /(pg/mL)		睾酮 T_2 /(ng/mL)		生长激素 GH/ (ng/mL)	胰岛素样 生长因子 - I IGF- I/(ng/mL)
		公 Male	母 Female	公 Male	母 Female		
4 周龄 4 weeks of age	I	743.63 \pm 43.06	7 473.47 \pm 330.67 ^c	15.04 \pm 0.11 ^d	1.72 \pm 0.06 ^c	0.72 \pm 0.02 ^c	64.78 \pm 1.42 ^c
	II	832.53 \pm 28.51	10 260.77 \pm 555.21 ^b	15.65 \pm 0.09 ^c	1.78 \pm 0.06 ^{bc}	0.75 \pm 0.05 ^c	71.58 \pm 2.53 ^b
	III	834.90 \pm 52.32	11 563.73 \pm 953.41 ^a	15.80 \pm 0.12 ^c	1.80 \pm 0.05 ^{bc}	0.89 \pm 0.04 ^{ab}	71.37 \pm 1.27 ^b
	IV	837.67 \pm 63.14	11 657.40 \pm 672.60 ^a	18.14 \pm 0.16 ^b	1.95 \pm 0.10 ^a	0.95 \pm 0.04 ^a	71.73 \pm 1.25 ^b
	V	831.13 \pm 68.55	9 864.57 \pm 406.12 ^b	19.88 \pm 0.13 ^a	1.88 \pm 0.10 ^{ab}	0.85 \pm 0.01 ^b	72.10 \pm 0.87 ^b
	VI	760.47 \pm 54.45	8 490.23 \pm 509.61 ^c	15.83 \pm 0.12 ^c	1.81 \pm 0.08 ^{abc}	0.72 \pm 0.02 ^c	79.33 \pm 3.07 ^a
15 周龄 15 weeks of age	I	208.23 \pm 8.60 ^c	1 989.97 \pm 70.80 ^c	477.33 \pm 10.30 ^d	53.85 \pm 1.50 ^c	0.45 \pm 0.03 ^d	55.91 \pm 2.39 ^c
	II	271.10 \pm 10.90 ^a	2 386.20 \pm 113.10 ^a	607.50 \pm 40.70 ^b	61.10 \pm 3.25 ^b	0.58 \pm 0.01 ^c	57.70 \pm 1.98 ^{bc}
	III	263.63 \pm 13.67 ^a	2 448.27 \pm 176.30 ^a	650.02 \pm 7.29 ^a	66.06 \pm 2.60 ^a	0.71 \pm 0.02 ^a	58.61 \pm 0.64 ^{bc}
	IV	224.87 \pm 12.20 ^{bc}	2 154.63 \pm 162.66 ^{bc}	652.82 \pm 22.60 ^a	55.94 \pm 2.46 ^c	0.63 \pm 0.01 ^{bc}	64.39 \pm 3.12 ^a
	V	238.30 \pm 11.80 ^b	2 323.33 \pm 76.95 ^{ab}	553.03 \pm 17.36 ^c	56.15 \pm 2.26 ^c	0.64 \pm 0.04 ^{ab}	61.54 \pm 2.07 ^{ab}
	VI	226.17 \pm 11.58 ^{bc}	2 027.97 \pm 36.55 ^c	543.54 \pm 16.83 ^c	55.84 \pm 1.67 ^c	0.62 \pm 0.02 ^{bc}	59.28 \pm 2.79 ^{bc}

3 讨论

3.1 饲料锌水平对鹅生长性能的影响

锌是维持家禽生长发育所必需的微量元素, 国内外对于其对家禽生长性能影响的研究较多,

但是对于其在饲料中的最适添加水平因动物种类、生长阶段、生产水平等不同报道各异。金光明等^[7]发现, 锌对皖西白鹅的生长性能具有明显促进作用, 尤其以添加 80 ~ 100 mg/kg 蛋氨酸锌为佳; 董鹏辉等^[8]研究表明, 0 ~ 15 日龄添加

100 mg/kg硫酸锌、16~40日龄添加120 mg/kg硫酸锌能显著提高樱桃肉鸭的生长性能;苏莉娜等^[9]指出,蛋雏鸭采食玉米-豆粕型基础饲料(含锌33.3 mg/kg)时以ADG、F/G为指标估测的锌适宜添加水平分别是50.4和54.7 mg/kg。本研究表明,1~4周龄时鹅饲料锌水平为106.05~112.51 mg/kg时可显著提高ADFI和ADG,但对F/G影响不显著;5~15周龄时锌水平为101.69~108.09 mg/kg时可显著提高ADG,降低F/G。通过统计分析可得,鹅育雏期的最适饲料锌水平为106.05 mg/kg,育成期最适饲料锌水平为101.69 mg/kg。

3.2 饲料锌水平对鹅血清生化指标的影响

血糖的相对恒定对维持机体正常的生理功能具有十分重要的作用,机体的某些病理状态能引起血糖过高或过低,进而引发各种疾病,严重时危及生命^[10]。Taylor等^[11]研究发现,适量的锌可部分地增加葡萄糖内流而激活葡萄糖代谢从而维持体内血糖稳定。本研究表明,1~4周龄,I组血清GLU含量最高,IV组血清GLU含量最低,2组间相比差异极显著;5~15周龄,I组血清GLU含量最高,VI组血清GLU含量最低,2组间相比差异显著,与冯望宝等^[12]的研究一致。

血清TP含量是反映家禽体内蛋白质代谢以及营养状况的重要指标。冯江^[13]指出,在饲料中添加甘氨酸锌或者硫酸锌都能增加肉仔鸡血清TP含量,其中以添加90 mg/kg甘氨酸锌的效果最为明显。本研究表明,1~4周龄鹅饲料锌水平为81.28~131.28 mg/kg时可显著提高血清TP含量;5~15周龄各组间血清TP含量差异不显著。

UA是蛋白质以及核酸的代谢产物,在家禽体内含量较高。UA能清除血浆中约2/3的自由基,故其在体内的抗氧化系统中占有重要地位。家禽体内的UA含量变化较大,在100~900 $\mu\text{mol/L}$ 之间变动,血浆UA含量过高会引发家禽痛风。马芳^[14]研究发现,当饲料锌水平在80~120 mg/kg时肉仔鸡血清UA含量达到最大。本研究表明,1~4周龄,VI组血清UA含量最高,I组血清UA含量最低,2组间相比差异极显著;5~15周龄,饲料锌水平为77.46 mg/kg时,血清UA含量最高。

AKP是一种催化磷酸单酯水解释放无机磷的酶类,可加快机体代谢,当成骨作用增强时,成骨细胞可分泌较高的AKP,促进动物生长。由于锌是合成AKP必需的金属离子,与该酶的活性呈正

相关,AKP作为一种对锌敏感的酶,能较好地反映体内锌状况。彭西等^[15]研究表明,雏鸭缺锌时的血液病理学变化主要是血清AKP活性下降。何霆等^[16]发现,肉仔鸡血清AKP活性随饲料锌水平的提高而提高,当饲料锌水平为70 mg/kg时达到最高,之后又下降。高惠林等^[17]对桃源鸡的研究表明,饲料锌水平为60或90 mg/kg时能显著提高血清AKP活性。本研究表明,随着饲料锌水平的提高,血清AKP活性呈现先升高后降低趋势;1~4周龄,饲料锌水平为81.28 mg/kg时,血清AKP活性最高;5~15周龄,饲料锌水平为127.46 mg/kg时,血清AKP活性最高。另外,本研究中4周龄时的AKP活性明显高于15周龄,甚至达到其活性的5~7倍。说明AKP活性与生长发育可能有着密切的关系,对于其作用机理有待于继续研究。

饲料中的锌被家禽吸收后随血液运送到全身,故锌的营养生理状况最早反映在血液中。因此血清锌在一定程度上可作为监测动物机体锌营养状况的灵敏指标。蒋宗勇等^[5]研究表明,在饲料中添加60~120 mg/kg锌能显著提高黄羽肉鸡的血清锌含量。本次试验表明,1~4周龄,饲料锌水平为131.28 mg/kg时,血清锌含量最高;5~15周龄,饲料锌水平为177.46 mg/kg时,血清锌含量最高;随着饲料锌水平的提高,血清锌含量呈现先升高后减低趋势,与蒋宗勇等^[18]的报道一致。

3.3 饲料锌水平对鹅血清激素含量的影响

T_2 和 E_2 是家禽体内2种重要的生殖激素。李梅清等^[19]发现,在基础饲料中添加30和50 mg/kg蛋氨酸锌可以明显提高皖西白鹅血清 E_2 含量。本试验与上述研究结果存在差异,4周龄,饲料锌水平为161.16 mg/kg时,母鹅血清 E_2 含量最高;15周龄,饲料锌水平为131.28 mg/kg时,母鹅血清 E_2 含量最高。这可能与试验鹅未达到产蛋期有关。李文立等^[20]报道, T_2 的生物合成必须依赖锌,添加锌可明显提高血清 T_2 含量,说明锌能促进 T_2 的合成和分泌。本研究表明,4周龄,饲料锌水平为231.28 mg/kg时,公鹅血清 T_2 含量最高;15周龄,饲料锌水平为177.46 mg/kg时,公鹅血清 T_2 含量最高。15周龄机体内生殖激素的含量远大于4周龄,并随着饲料锌水平的升高而增加。这也充分说明锌对鹅血清中生殖激素含量具有重要影响,从而对机体繁殖起到间接调控作用。

GH 和 IGF- I 是机体生长发育的 2 种重要激素指标, 锌对 GH、IGF- I 都有重要的影响, 锌可通过调节 IGF- I 影响骨干生长^[21]。一般认为, GH 主要通过诱导合成 IGF- I 来降低机体组织的分解代谢, 刺激细胞分裂、骨骼生长、蛋白质合成等。Lefebvre 等^[22]研究表明, 锌缺乏时会降低 GH 含量或损害 GH 与其受体间的结合, 降低 IGF- I 基因表达量, 造成动物生长减缓。虞泽鹏等^[23]指出, 硫酸锌对早期小鼠的 GH 含量无显著影响, 但能显著提高 IGF- I mRNA 表达水平。本研究表明, 随饲料锌水平的增加, GH 含量呈现先升高后降低趋势。4 周龄, 饲料锌水平为 167.92 mg/kg 时, 血清 GH 含量最高; 15 周龄, 饲料锌水平为 132.41 mg/kg 时, 血清 GH 含量最高。4 周龄, 饲料锌水平为 281.28 mg/kg 时, 血清 IGF- I 含量最高; 15 周龄, 饲料锌水平为 177.46 mg/kg 时, 血清 IGF- I 含量最高。这说明锌对鹅生长激素具有重要影响, 从而对机体生长起到间接调控作用。

3.4 肉鹅饲料中锌的适宜水平

营养需要也称营养需要量, 是指动物在最适宜环境条件下, 正常、健康生长或达到理想生产成绩对各种营养物质种类和数量的最低要求。过量添加会对动物生长发育、生理生化指标和生产成本等产生不良影响。通过分析表明, 本试验中有效评定锌营养需要量的敏感指标为 ADG、F/G、E₂ 含量及 GH 含量。实际生产中肉鹅多以 ADG、F/G 等生长性能为主要参考依据, 因此, 本试验以 ADG、F/G 为主要衡量指标, 通过曲线拟合确定最佳生长性能状态下饲料锌水平: 1~4 周龄为 106.05 mg/kg, 5~15 周龄为 101.69 mg/kg。

4 结 论

① 饲料锌水平对鹅的生长性能以及血清 TP、锌、激素含量和 AKP 活性具有重要影响。

② 建议鹅最佳生长性能状态下饲料锌水平: 1~4 周龄为 106.05 mg/kg, 5~15 周龄为 101.69 mg/kg。

参考文献:

[1] LAURA M, LOTHAR R. The essential toxin: impact of zinc on human health[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2010, 7(4): 1342-1365.

[2] KEYVAN K, MOHAMMAD C. Effect of organic zinc, manganese, copper and selenium chelates on colostrum

production and reproductive and lameness indices in adequately supplemented Holstein cows[J]. *Biological Trace Element Research*, 2012, 146(1): 42-46.

[3] HAZIM J, MAHMOOD H M. Effect of dietary zinc on certain blood traits of broiler breeder chickens[J]. *International Journal of Poultry Science*, 2011, 10(10): 807-813.

[4] 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.

[5] 蒋宗勇, 刘小雁, 蒋守群, 等. 1~21 日龄黄羽肉鸡锌需要量的研究[J]. *动物营养学报*, 2010, 22(2): 301-309.

[6] 王宝维. 中国鹅业[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2009: 323-328.

[7] 金光明, 闻爱友, 李升和, 等. 微量元素锌对皖西白鹅生产性能的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2004, 31(6): 18-19.

[8] 董鹏辉, 丁君辉, 赵向红. 微量元素锌对樱桃谷商品肉鸭生长性能的影响[J]. *水禽世界*, 2011(2): 37-40.

[9] 苏莉娜, 王安. 饲料锌水平对笼养蛋雏鸭生长性能、抗氧化功能及免疫器官发育的影响[J]. *动物营养学报*, 2012, 24(5): 815-821.

[10] 裴成江. 动物体内血糖浓度变化研究[J]. *饲料与畜牧*, 2009(8): 51-52.

[11] TAYLOR C G, BRAY T M. Effect of hyperoxia on oxygen free radical defense enzymes in the lung of zinc-deficient rats[J]. *The Journal of Nutrition*, 1991, 121: 460-466.

[12] 冯望宝, 王安, 艾涛. 不同锌水平对笼养育成蛋鸭生长性能及总抗氧化能力的影响[J]. *东北农业大学学报*, 2007, 38(5): 654-659.

[13] 冯江. 甘氨酸锌对肉仔鸡生长性能、免疫功能和影响极其生物利用率研究[D]. 硕士学位论文. 杭州: 浙江大学, 2009.

[14] 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.

[15] 彭西, 崔恒敏, 方静. 试验性天府肉雏鸭锌缺乏症的病理学观察[J]. *畜牧兽医学报*, 2003, 34(6): 581-587.

[16] 何霆, 刘汉林, 梁琳, 等. 肉仔鸡饲料中锌需要量的研究[J]. *营养学报*, 1995, 7(7): 2-9.

[17] 高惠林, 王前光, 倪必林, 等. 不同锌源和锌水平日粮对桃源鸡生产性能和血液生化指标的影响研究[J]. *饲料与畜牧*, 2008(9): 24-27.

[18] 蒋宗勇, 刘小雁, 蒋守群, 等. 43~63 日龄黄羽肉鸡锌需要量的研究[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(20): 4295-4302.

[19] 李梅清, 李福宝, 方富贵, 等. 蛋氨酸锌对皖西白鹅

- 血清雌二醇 (E_2) 的影响[J]. 现代农业科学, 2007 (11): 136 - 143.
- [20] 李文立, 任慧英, 陆治年. 锌对黑白花种公牛精液品质及某些生化指标的影响[J]. 饲料研究, 1997(7): 3 - 6.
- [21] DEVINE A, ROSEN C. Effects of zinc and other nutritional factors on insulin-like growth factor I and insulin-like growth factor binding proteins in postmenopausal women[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1998, 68(1): 200 - 206.
- [22] LEFEBVRE D, BECKERS F, KETELSLEGERS J M, et al. Zinc regulation of insulin-like growth factor- I (IGF- I), growth hormone receptor (GHR) and binding protein (GHBP) gene expression in rat cultured hepatocytes[J]. Molecular and Cellular Endocrinology, 1998, 138: 127 - 136.
- [23] 虞泽鹏, 施用晖, 乐国伟. 硫酸锌和蛋氨酸锌对小鼠早期生长的影响研究[J]. 营养学报, 2005, 27(6): 471 - 474.

Effects of Dietary Zinc Level on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters and Hormone Contents of Geese

CHEN Miaolu WANG Baowei* ZHANG Ming'ai YUE Bin GE Wenhua
WANG Di WANG Jiao MENG Lingfeng

(Institute of High Quality Waterfowl, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary zinc level on growth performance, serum biochemical parameters and hormone contents of geese, and to estimate the dietary zinc optimal level of geese. Three hundred and sixty 1-day-old and three hundred and sixty 29-day-old *Qingnonghui* geese were randomly selected and divided into 6 groups with 6 replicates per group and 10 geese per replicate. Dietary zinc levels in each group were 31.28, 81.28, 131.28, 181.28, 231.28 and 281.28 mg/kg at the age of 1 to 4 weeks and 27.46, 77.46, 127.46, 177.46, 227.46 and 277.46 mg/kg at the age of 5 to 15 weeks, respectively. The experiment lasted for 15 weeks. The results showed as follows: 1) according to the curve equation, at the age of 1 to 4 weeks, when the dietary zinc level was 112.51 mg/kg, the average daily gain (ADG) reached the highest, when the dietary zinc level was 106.05 mg/kg, the feed to gain (F/G) reached lowest. At the age of 5 to 15 weeks, when the dietary zinc level was 108.09 mg/kg, the ADG reached the highest, when the dietary zinc level was 101.69 mg/kg, the F/G reached lowest. 2) At 4 weeks of age, dietary zinc level of 131.28 mg/kg significantly increased the serum total protein and zinc contents and serum alkaline phosphatase (AKP) activity ($P < 0.05$). At 15 weeks of age, dietary zinc levels of 127.46 mg/kg significantly increased serum AKP activity and zinc content ($P < 0.01$). 3) According to the curve equation, at the age of 4 weeks, when the dietary level of zinc was 161.16 mg/kg, the serum estradiol (E_2) content of geese reached the highest; when the dietary level of zinc was 167.92 mg/kg, the serum growth hormone content of geese reached the highest. At the age of 15 weeks, when the dietary level of zinc was 132.41 mg/kg, the serum growth hormone content of geese reached the highest. In conclusion, zinc has important influence on the growth performance, serum total protein content, serum AKP activity and serum hormonal contents of geese. The dietary zinc optimal level of geese is 106.05 mg/kg at the age of 1 to 4 weeks and 101.69 mg/kg at the age of 5 to 15 weeks. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(5): 1105-1112]

Key words: zinc; geese; growth performance; hormone; optimal level