

锰对 5 ~ 16 周龄五龙鹅生长性能、屠宰性能、营养物质利用率及酶活性的影响

张雪君 王宝维* 葛文华 张名爱 岳 斌 史雪萍 徐晨晨 王 鑫

(青岛农业大学优质水禽研究所, 青岛 266109)

摘 要: 本试验旨在研究锰对 5 ~ 16 周龄五龙鹅生长性能、屠宰性能、营养物质利用率及酶活性的影响, 以确定鹅饲料中锰的适宜添加水平。试验选用 5 周龄体重相近的五龙鹅 360 只, 随机分为 6 个组, 每组 6 个重复, 每个重复 10 只(公母各占 1/2)。各组分别在基础饲料(锰含量为 20 mg/kg)中添加 0(I 组)、30(II 组)、60(III 组)、90(IV 组)、120(V 组)、150 mg/kg(VI 组)的锰。试验期为 12 周。结果表明: 1) 采用不相关比较法进行分析, 饲料锰添加水平为 104.90 mg/kg 时平均日增重最大, 饲料锰添加水平为 117.63 mg/kg 时料重比最低。2) IV、V 组屠宰率、半净膛率、全净膛率和腿肌率分别显著和极显著高于 I 组($P < 0.05$ 和 $P < 0.01$), V 组腹脂率显著低于 I 组($P < 0.05$)。3) IV、V 组粗蛋白质、粗脂肪、钙、磷、粗纤维利用率显著或极显著高于 I 组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), V 组中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维利用率及表观代谢能和真代谢能显著高于 I 组($P < 0.05$)。4) V 组含锰超氧化物歧化酶(MnSOD)活性极显著高于 I 组($P < 0.01$), IV、V 组苹果酸脱氢酶(MDH)和脂蛋白脂酶(LPL)活性显著或极显著低于 I 组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。5) MnSOD、MDH 和 LPL 活性与生长性能有极显著相关性($P < 0.01$); MDH 和 LPL 活性与营养物质利用率有极显著相关性($P < 0.01$)。由此可知, 适宜饲料锰添加水平能够提高 5 ~ 16 周龄五龙鹅的生长性能、屠宰性能和营养物质利用率, 降低腹脂率, 建议鹅饲料中锰添加水平为 104.90 ~ 117.63 mg/kg。MDH 和 LPL 活性与生长性能和营养物质利用率极显著相关。

关键词: 锰; 鹅; 生长性能; 屠宰性能; 营养物质利用率; 酶活性; 适宜添加水平

中图分类号: S835

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2014)01-0106-09

锰(manganese, Mn)广泛存在于自然界, 如土壤、矿物质、植物和深海岩床等部位, 也是机体必需的微量元素。锰在家禽体内有重要的生理作用, 它是精氨酸激酶、丙酮酸羧化酶的重要组成部分, 还是部分激酶、水解酶、脱羧酶和转移酶等的激活剂^[1]。锰具有促进生长和免疫作用, 家禽体内氧化还原过程、组织呼吸、骨骼的形成与增长、繁殖、胚胎发育、血液的形成、蛋壳形成及内分泌器官的正常功能均离不开锰^[2]。可见锰在家禽

营养中具有不可替代的重要作用。此外, 锰缺乏易引起骨形成障碍、骨短粗、滑腱症等营养缺乏病, 动物摄入过量锰也会引发疾病^[3]。因此, 研究家禽对锰元素的需求量对养禽业具有重要意义。Hossain 等^[4]试验结果表明, 当鸡的饲料中锰水平高于 NRC(1994)的需要量(20 mg/kg)时, 产蛋率和蛋重会增加; 当饲料锰水平为 50 mg/kg 时, 产蛋率达高峰; 当饲料锰水平为 75 mg/kg 时, 蛋重达最高峰。罗绪刚等^[5]报道, 饲料锰水平对蛋鸡

收稿日期: 2013-07-15

基金项目: 国家水禽产业技术体系专项基金(CARS-43-11); 青岛市公共领域科技支撑计划(12-1-3-17-nsh)

作者简介: 张雪君(1987—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 从事动物营养与保健研究。E-mail: zhangxuejun5192@126.com

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

各项产蛋性能指标均无显著影响。彭秀丽等^[6]报道,在基础饲料中添加 90 mg/kg 锰可保证蛋鸡良好的生长性能及蛋品质。王尚荣^[7]研究表明,锰能显著地提高蛋鸭的产蛋率。王秋梅^[8]报道,种用母鸡缺锰会导致胚胎产生“营养性软骨营养障碍”,降低孵化率。罗绪刚等^[9]通过对肉仔鸡生长发育的研究,建议 1~4 周龄肉仔鸡饲料锰水平为 120 mg/kg。目前,我国蛋鸡的饲养标准(NY/T 33—2004)中锰推荐量 1~4 周龄为 60 mg/kg,5 周龄以上为 40 mg/kg;我国《肉鸭饲养标准》(NY/T 2122—2012)中锰推荐量 1~4 周龄和 5 周龄以上均为 100 mg/kg;NRC(1994)标准中鹅锰营养需要推荐量为 66 mg/kg。然而,由于品种遗传进展和环境的不断改善,家禽生长速度加快,锰的实际需要量与上述标准存在着较大差异。迄今为止,家禽锰添加水平的研究主要集中在鸡、鸭等禽类,而对鹅锰需要量的研究较少。为此,本试验以 5~16 周龄五龙鹅为试验对象,通过探索饲料中不同锰添加水平对生长性能、屠宰性能、营养物质利用率和酶活性的影响,确定鹅饲料中锰适宜添加水平,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。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

选择 5 周龄健康种用型五龙鹅(豁眼鹅)360 只,采用随机分配编号法,分为 6 个组,每组 6 个重复,每个重复 10 只(公母各占 1/2)。各组分别在基础饲料(锰含量为 20.00 mg/kg)中添加 0(I 组)、30(Ⅱ组)、60(Ⅲ组)、90(Ⅳ组)、120(Ⅴ组)、150 mg/kg(Ⅵ组)的锰。I 组为对照组,试验期为 12 周。试验鹅由国家水禽产业技术体系示范基地莱阳天森豁眼鹅繁育中心提供。试验用的含 1 个结晶水的硫酸锰购自浙江新维普添加剂有限公司(有效成分为 98.00%)。

1.2 试验饲料

基础饲料的营养水平参照 NRC(1994)家禽营养需要量设计配方。基础饲料组成及营养水平见表 1。无氮饲料配方如下:淀粉 90.53%,粗纤维 5.00%,食盐 0.30%,碳酸钙 2.00%,磷酸氢钙 1.17%,预混料 1.00%(预混料为每千克饲料提供:氯化胆碱 500 mg,维生素 A 12 500 IU,维生素 D₃1 000 IU,维生素 E 60 mg,维生素 B₂ 3 mg,维生素 B₁₂ 15 μg,烟酸 25 mg,叶酸 0.55 mg,生物素 0.15 mg,泛酸 10 mg,Fe 80 mg,Cu 8 mg,Zn 40 mg,Se 0.15 mg)。

表 1 基础饲料组成及营养水平(风干基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels ²⁾	含量 Content
玉米 Corn	61.97	粗蛋白质 CP	16.00
豆粕 Soybean meal	22.00	赖氨酸 Lys	0.82
玉米秸秆 Maize straw	8.00	蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	0.53
次粉 Wheat middling	4.00	钙 Ca	0.70
鱼粉 Fish meal	1.50	有效磷 AP	0.32
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.78	代谢能 ME/(MJ/kg)	11.29
食盐 NaCl	0.30	食盐 NaCl	0.38
石粉 Limestone	0.95	蛋氨酸 Met	0.26
多维 Multivitamin ¹⁾	0.30	苏氨酸 Thr	0.58
微量元素 Trace elements ¹⁾	0.20	粗纤维 CF	4.98
合计 Total	100.00	锰 Mn/(mg/kg)	20.00

¹⁾ 多维和微量元素(不含锰)为每千克饲料提供 The multivitamin and trace elements (without Mn) provided the following per kg of the diet: 烟酸 nicotinic acid 65 mg, 泛酸 pantothenate 15 mg, 叶酸 folic acid 0.5 mg, VD₃ 200 IU, VA 1 500 mg, VB₁ 2.2 mg, VB₂ 5.0 mg, VB₆ 2 mg, VE 12.5 mg, VK₃ 1.5 mg, 生物素 biotin 0.2 mg, 胆碱 choline 1 000 mg, Fe 85 mg, Zn 80 mg, Cu 6 mg, I 0.42 mg, Se 0.3 mg, Co 2.5 mg。

²⁾ 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 饲养管理

试验前对鹅舍进行全面消毒,全期采取舍饲,地面厚垫料分栏饲养;试验鹅自由饮水和采食,少添勤喂,每日观察鹅群的生长状况并进行记录。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生长性能指标

16 周龄末,分别以重复为单位对试验鹅进行空腹称重,计算 5~16 周龄的平均日增重 (ADG);统计每日饲料消耗量,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,计算死淘率。

1.4.2 屠宰性能指标

16 周龄末,翅静脉采血后对试验鹅进行屠宰;宰前禁食 12 h,按照《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》(NY/T 823—2004)测定屠宰性能指标。

1.4.3 营养消化代谢试验

14 周龄时,从每个重复随机抽取 6 只鹅(公母各占 1/2),共计 36 只,同时移入代谢笼(专利号:200720177297)进行饲养,试验阶段预试期 4 d,禁食 1 d,正试期 3 d,自由饮水,定量采食。采用全收粪法连续收集 3 d 的排泄物。每天每只鹅单独收粪,在代谢笼下放置集粪盘,每天定时收集,盐酸固氮,混合后取粪样。

待测饲料粉碎至 40 mm,低温干燥保存。粪样在 65~75 ℃烘箱中烘干,自然状态下回潮 24 h,制成风干粪样,然后用小型万能粉碎机将干粪样粉碎。为了避免粪样中混有皮屑和羽毛对试验结果造成影响,鹅在正试验期前 1 天洗澡并立即用热风吹干;正试期收集排泄物时,将其中混有的皮屑和羽毛用小镊子仔细剔除,以排除其对试验结果的影响。

代谢能 (ME) 采用 Parr-1281 能量测定仪测定;粗蛋白质 (CP) 采用瑞典 FOSS TECATOR QUALITY ASSURANCE 设备进行检测;钙 (Ca) 采用乙二胺四乙酸二钠 (EDTA) 络合滴定法测定;磷 (P) 采用 BioSpec-1610 核酸蛋白测定仪以比色法检测;粗纤维 (CF)、中性洗涤纤维 (NDF)、酸性洗涤纤维 (ADF) 采用 ANKOM 公司生产的 ANKOM2000 Fiber Analyzer (NY14450) 设备进行检测;粗脂肪 (EE) 采用石油醚浸提法测定。蛋白质等营养成分利用率计算公式参考罗绪刚等^[5], ME 计算公式如下:

表观代谢能 (AME) = 总能 (GE) - 粪能 (FE);

真代谢能 (TME) = AME + 内源能 (EEf)。

内源能的校正:饥饿 48 h 后强饲无氮饲料,禁食期间自由饮水(试验鹅禁食 12 h 时,补饮 6% 葡萄糖水),每隔 4 h 收集粪尿排泄物,收集 48 h 风干称重作为内源样品,以便测定内源能。

1.4.4 酶活性测定

16 周龄末称重后,翅静脉采血 10 mL,3 000 r/min 离心制得血清样品,采用黄嘌呤氧化酶试剂盒测定血清中含锰超氧化歧化酶 (Mn-SOD) 活性;采用苹果酸脱氢酶 (MDH) 试剂盒测定肝脏中 MDH 活性;采用脂蛋白脂酶 (LPL) 试剂盒测定肝脏中 LPL 活性;所用试剂盒均来自南京建成生物工程研究所。

1.5 统计分析

采用 SPSS 17.0 软件中单因素方差分析 (one-way ANOVA) 中的 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) 分析各指标随饲料中锰添加水平的线性或曲线方程,采用曲线拟合法确定饲料中的锰的适宜添加水平。并进行生长性能、营养物质利用率与酶活性之间的相关性分析。 $P < 0.05$ 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 饲料锰添加水平对鹅生长性能的影响

由表 2 可知,5~16 周龄,V 组体重极显著高于 I 组 ($P < 0.01$),显著高于其他各组 ($P < 0.05$),IV 组体重显著高于 I 组 ($P < 0.05$);IV、V 组平均日增重极显著高于 I 组 ($P < 0.01$);V 组平均日采食量显著低于其他各组 ($P < 0.05$);V 组料重比极显著低于 I 组 ($P < 0.01$),其他各组均显著低于 I 组 ($P < 0.05$);I、II 组平均日增重、平均日采食量均无显著差异 ($P > 0.05$);各组死淘率差异不显著 ($P > 0.05$)。

以上结果表明,饲料锰添加水平为 90~120 mg/kg 时生长性能最佳,添加水平低于 30 mg/kg 时对生长性能作用不明显。因此,以 I~VI 组平均日增重 (Y_1) 和料重比 (Y_2) 分别与饲料锰添加水平 (X) 进行二次曲线拟合,建立回归方程如下:

$$Y_1 = 23.749 + 1.007X - 0.144X^2$$

$$(R^2 = 0.737, P_0 < 0.01);$$

$$Y_2=0.019X^2-0.151X+8.90$$
$$(R^2=0.919,P_Q<0.01)。$$
由上述曲线回归方程得出:饲料锰添加水平为104.90 mg/kg时平均日增重最大,添加水平为

117.63 mg/kg时料重比最低。从综合效益角度分析,建议最佳生长性能饲料锰添加水平为104.90~117.63 mg/kg。

表2 饲料锰添加水平对鹅生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary manganese supplemental level on growth performance of geese

组别 Groups	体重 BW/kg	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/%
I	3.52±0.14 ^a	23.84±0.42 ^a	212.84±0.59 ^b	8.90±0.21 ^c	0.03
II	3.57±0.14 ^{ab}	24.48±0.49 ^{ab}	212.41±0.72 ^b	8.76±0.06 ^b	0.02
III	3.61±0.08 ^{ab}	25.14±0.22 ^{bc}	212.11±0.64 ^b	8.70±0.06 ^{ab}	0.00
IV	3.76±0.07 ^b	25.42±0.35 ^c	211.80±0.56 ^b	8.61±0.08 ^{ab}	0.00
V	4.00±0.17 ^c	25.81±0.23 ^c	209.58±0.59 ^a	8.56±0.05 ^a	0.00
VI	3.63±0.11 ^{ab}	25.08±0.48 ^{bc}	212.13±0.63 ^b	8.62±0.04 ^{ab}	0.01

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($P<0.01$)。表3、表4、表5、表6同。

In the same column, values with the same small or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with 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 Table 3, Table 4, Table 5 and Table 6.

2.2 饲料锰添加水平对鹅屠宰性能的影响

由表3可知,16周龄时,各组屠宰率均高于I组,Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组显著高于I组($P<0.05$);Ⅳ、Ⅴ组半净膛率、全净膛率和腿肌率分别显著($P<0.05$)和极显著($P<0.01$)高于I组;Ⅴ组腹脂率显著低于I组($P<0.05$),其他各组间无显著差异($P>0.05$);Ⅴ组胸肌率显著高于其他各组($P<$

0.05)。Ⅰ、Ⅱ组之间屠宰率、半净膛率、全净膛率、腹脂率、胸肌率和腿肌率均差异不显著($P>0.05$)。

以上结果表明,饲料锰添加水平为90~120 mg/kg时,能显著提高屠宰率、半净膛率和腿肌率,降低腹脂率;添加水平低于30 mg/kg对屠宰性能作用不明显。

表3 饲料锰添加水平对鹅屠宰性能的影响

Table 3 Effects of dietary manganese supplemental level on slaughter performance of geese

%

组别 Groups	屠宰率 Dressed percentage	半净膛率 Percentage of half-eviscerated yield	全净膛率 Percentage of eviscerated yield	腹脂率 Percentage of abdominal fat	胸肌率 Percentage of breast muscle	腿肌率 Percentage of leg muscle
I	85.80±2.72 ^a	76.20±1.91 ^a	74.16±2.89 ^a	2.20±0.50 ^b	11.23±0.73 ^a	12.43±0.43 ^a
II	87.36±0.56 ^{ab}	78.07±0.54 ^{ab}	75.94±1.11 ^{ab}	1.97±0.30 ^{ab}	11.94±1.20 ^a	12.89±0.77 ^{ab}
III	88.27±0.80 ^{bc}	78.10±0.84 ^{ab}	75.97±0.49 ^{ab}	1.84±0.33 ^{ab}	12.25±1.19 ^a	13.21±0.62 ^{ab}
IV	89.11±0.60 ^{bc}	78.93±0.85 ^b	77.43±0.73 ^{bc}	1.70±0.59 ^{ab}	12.45±1.21 ^a	13.80±0.80 ^{bc}
V	90.04±1.16 ^c	82.15±1.74 ^c	79.15±0.41 ^c	1.36±0.36 ^a	14.19±0.57 ^b	14.51±0.59 ^c
VI	88.37±0.72 ^{bc}	78.25±1.60 ^{ab}	76.25±2.06 ^{ab}	1.67±0.51 ^{ab}	12.24±0.88 ^a	13.24±0.44 ^{ab}

2.3 饲料锰添加水平对鹅营养物质利用率和ME的影响

由表4可知,CP、EE、Ca、P、CF、ADF利用率

均呈现先升高后降低趋势。Ⅳ组CP利用率显著高于I组($P<0.05$),Ⅴ组极显著高于其他各组($P<0.01$);Ⅳ组EE利用率显著高于I组($P<$

0.05), V 组极显著高于 I、II、III、VI 组 ($P < 0.01$), 但与 IV 组差异不显著 ($P > 0.05$); V 组 Ca、NDF、ADF 利用率显著高于 I 组 ($P < 0.05$); IV 组 P 利用率显著高于 I 组 ($P < 0.05$), V 组极显著高于 I 组 ($P < 0.01$); IV、VI 组 CF 利用率显著高于 I 组 ($P < 0.05$), V 组极显著高于 I 组 ($P < 0.01$)。

表 4 饲料锰添加水平对鹅营养物质利用率的影响							
Table 4 Effects of dietary manganese supplemental level on nutrient availability of geese							
组别	粗蛋白质	粗脂肪	钙	磷	粗纤维	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维
Groups	CP	EE	Ca	P	CF	NDF	ADF
I	57.28 ± 0.82 ^a	68.57 ± 0.58 ^a	39.74 ± 0.58 ^a	29.12 ± 0.35 ^a	26.95 ± 0.22 ^a	62.44 ± 3.83 ^a	36.62 ± 2.19 ^a
II	58.09 ± 0.61 ^{ab}	69.25 ± 0.31 ^{ab}	40.37 ± 0.86 ^a	29.81 ± 0.63 ^{ab}	27.75 ± 0.76 ^{ab}	64.33 ± 2.43 ^{ab}	36.73 ± 1.63 ^a
III	58.54 ± 0.52 ^{ab}	69.64 ± 0.78 ^{ab}	41.27 ± 0.88 ^a	29.84 ± 0.57 ^{ab}	28.03 ± 0.49 ^{ab}	63.71 ± 1.74 ^{ab}	38.91 ± 0.88 ^{ab}
IV	59.10 ± 0.71 ^b	70.22 ± 0.33 ^{bc}	41.31 ± 0.54 ^a	30.69 ± 0.47 ^{bc}	29.25 ± 0.41 ^b	66.53 ± 0.86 ^{ab}	39.09 ± 0.83 ^{ab}
V	62.17 ± 0.63 ^c	71.31 ± 0.63 ^c	43.45 ± 0.58 ^b	31.16 ± 0.57 ^c	30.63 ± 0.90 ^c	68.96 ± 0.81 ^b	41.24 ± 0.76 ^b
VI	58.20 ± 0.80 ^{ab}	69.28 ± 0.90 ^{ab}	40.91 ± 0.65 ^a	29.80 ± 0.37 ^{ab}	28.80 ± 0.84 ^b	63.93 ± 0.77 ^{ab}	38.04 ± 1.02 ^{ab}

由表 5 可知, IV、V 组 AME 比 I 组分别提高了 2.66% ($P > 0.05$)、3.90% ($P < 0.05$); IV、V 组 TME 比 I 组分别提高了 2.28% ($P > 0.05$)、3.35% ($P < 0.05$), 说明 IV、V 组能量利用率要高于对照组。

以上结果表明, 饲料中锰添加水平为 90 ~ 120 mg/kg 能显著提高 AME、CP、EE、Ca、P、CF、NDF、ADF 利用率, 添加水平低于 60 mg/kg 对营养物质利用率作用不明显。

表 5 饲料锰添加水平对鹅代谢能的影响					
Table 5 Effects of dietary manganese supplemental level on metabolizable energy of geese					
组别	总能	粪能	内源能	表观代谢能	真代谢能
Groups	GE/(J/g)	FE/(J/g)	EEf/(kJ/kg)	AME/(MJ/kg)	TME/(MJ/kg)
I	17 828.84	16 701.84	187.2	11.27 ± 0.27 ^a	13.14 ± 0.05 ^a
II	17 656.90	16 397.49	187.1	11.37 ± 0.30 ^a	13.24 ± 0.05 ^a
III	17 760.98	16 357.22	187.2	11.39 ± 0.09 ^a	13.26 ± 0.06 ^a
IV	17 547.88	15 991.36	187.2	11.57 ± 0.05 ^{ab}	13.44 ± 0.03 ^{ab}
V	17 740.86	16 569.86	187.1	11.71 ± 0.10 ^b	13.58 ± 0.03 ^b
VI	17 608.22	16 465.22	187.3	11.43 ± 0.06 ^{ab}	13.30 ± 0.04 ^{ab}

2.4 饲料锰添加水平对鹅血清和肝脏酶活性的影响

由表 6 可知, 16 周龄时, V 组血清 MnSOD 活性极显著高于 I 组 ($P < 0.01$), IV 组显著高于 I 组 ($P < 0.05$), 其他各组与对照组差异不显著 ($P > 0.05$); 各组肝脏 MDH 活性显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 低于 I 组; III、IV、V、VI 组肝脏 LPL 活性显著 ($P < 0.05$) 或极显著 ($P < 0.01$) 低于 I 组; V 组 MDH 和 LPL 活性极显著低于 I 组 ($P < 0.01$)。

以上结果表明, 饲料锰添加水平为 120 mg/kg 能显著提高血清 MnSOD 活性, 降低肝脏 MDH 和

LPL 活性。添加水平低于 30 mg/kg 对 MnSOD 和 LPL 活性无显著影响。

2.5 血清和肝脏酶活性与生长性能和营养物质利用率相关性分析

2.5.1 血清和肝脏酶活性与生长性能的相关性分析

由表 7 可知, 5 ~ 16 周龄时, 血清 MnSOD 活性与平均日增重呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 与平均日采食量和料重比呈极显著负相关 ($P < 0.01$), 相关系数分别为 0.546、-0.693、-0.640; 肝脏 MDH 活性与平均日增重呈极显著负相关 ($P < 0.01$), 与平均日采食量和料重比呈极显著正相关

($P < 0.01$), 相关系数分别为 -0.722 、 0.567 、 0.663 、 0.729 。
 0.572 ; 肝脏 LPL 活性与平均日增重呈极显著负相关($P < 0.01$), 与日平均采食量和料重比呈极显著正相关($P < 0.01$), 相关系数分别为 -0.628 、 0.663 、 0.729 。

以上结果表明, MnSOD、MDH 和 LPL 活性与生长性能密切相关。

表6 饲料锰添加水平对鹅血清和肝脏酶活性的影响
Table 6 Effects of dietary manganese supplemental level on enzyme activity in serum and liver of geese

组别 Groups	含锰超氧化物歧化酶 MnSOD/(U/L)	苹果酸脱氢酶 MDH/(U/mg prot)	脂蛋白脂酶 LPL/(U/mg prot)
I	2.50 ± 0.35 ^a	4.21 ± 0.11 ^d	3.59 ± 0.05 ^d
II	2.76 ± 0.20 ^{ab}	3.94 ± 0.18 ^c	3.58 ± 0.04 ^{cd}
III	2.83 ± 0.35 ^{ab}	3.60 ± 0.09 ^b	3.54 ± 0.02 ^c
IV	3.18 ± 0.33 ^b	3.46 ± 0.04 ^{ab}	3.49 ± 0.03 ^b
V	3.54 ± 0.17 ^c	3.42 ± 0.04 ^a	3.43 ± 0.02 ^a
VI	2.80 ± 0.38 ^{ab}	3.56 ± 0.15 ^{ab}	3.54 ± 0.02 ^{cd}

表7 血清和肝脏酶活性与生长性能的相关性
Table 7 Correlation between enzyme activity in serum and liver and growth performance

项目 Items	含锰超氧化物歧化酶 MnSOD	苹果酸脱氢酶 MDH	脂蛋白脂酶 LPL
平均日增重 ADG	0.546 ^{**}	-0.722 ^{**}	-0.628 ^{**}
平均日采食量 ADFI	-0.693 ^{**}	0.567 ^{**}	0.663 ^{**}
料重比 F/G	-0.640 ^{**}	0.572 ^{**}	0.729 ^{**}

* 表示显著相关($P < 0.05$), ** 表示极显著相关($P < 0.01$)。下表同。
* means significant correlation ($P < 0.05$), ** means extremely significant correlation ($P < 0.01$). The same as below.

2.5.2 肝脏酶活性与营养物质利用率的相关性分析
($P < 0.01$)。

由表8可知, ME、CP、EE、Ca、P、CF、NDF 和 ADF 利用率与 MDH 和 LPL 活性呈极显著负相关

以上结果表明, MDH 和 LPL 活性对 ME、CP、EE、Ca、P、CF、NDF 和 ADF 利用率的调控均有着直接关系。

表8 肝脏酶活性与营养物质利用率的相关性
Table 8 Correlation between liver enzyme activity and nutrient availability

项目 Items	代谢能 ME	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	钙 Ca	磷 P	粗纤维 CF	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF
苹果酸脱氢酶 MDH	-0.697 ^{**}	-0.667 ^{**}	-0.706 ^{**}	-0.740 ^{**}	-0.756 ^{**}	-0.828 ^{**}	-0.531 ^{**}	-0.641 ^{**}
脂蛋白脂酶 LPL	-0.734 ^{**}	-0.849 ^{**}	-0.876 ^{**}	-0.856 ^{**}	-0.836 ^{**}	-0.869 ^{**}	-0.736 ^{**}	-0.713 ^{**}

3 讨论

3.1 饲料锰添加水平对鹅生长性能的影响

锰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。锰促生长作用的另一个机理是提高采食量^[10]。有研究认为, 饲料中添加锰可以显著增加育成家禽的采食

量^[11]。本试验结果表明, 锰对鹅采食量没有显著影响, 但却显著降低了料重比, 说明锰对鹅促生长作用不是通过提高采食量增加, 而是通过提高饲料利用率而产生影响。朱玉琴等^[12]研究表明, 饲料添加 120 mg/kg 锰的处理料重比最低。本试验结果表明, 5~16 周龄时, 饲料添加 90~120 mg/kg 锰可显著提高平均日增重, 降低料重比。

3.2 饲料锰添加水平对鹅屠宰性能和腹脂沉积的影响

屠宰性能是评价家禽品种优劣、饲养管理水平及屠宰加工效益的重要依据,它直观地反映出动物体组成及可食部分的比例。屠宰率和全净膛率是衡量畜禽产肉性能的主要指标。Lu等^[13]报道,饲料添加100 mg/kg 锰可降低肉鸡 MDH 和 LPL 活性,增加激素敏感酯酶活性,饲料中添加锰可以通过调整这些酶活性从而降低脂肪的合成和增加脂肪的分解作用,进而影响腹脂沉积。陈仲建等^[14]研究报道,添加100 mg/kg 锰有提高肉鸡腿肌率,降低腹脂率的趋势。本试验结果表明,饲料添加锰有提高腿肌率和降低腹脂率的趋势,可能原因是锰可以影响机体的营养物质代谢,具体机制还有待于进一步研究。

3.3 饲料锰添加水平对鹅营养物质利用率的影响

营养物质利用率能直接反映动物机体代谢水平,从而影响机体生长发育^[15]。本试验结果表明,饲料锰添加水平为120 mg/kg 能显著提高 ME、CP、EE、Ca、P、CF、NDF、ADF 利用率,说明适量添加锰提高了五龙鹅的营养物质利用率,进而促进五龙鹅生长。其机理还有待进一步研究。

3.4 饲料锰添加水平对鹅血清和肝脏酶活性的影响

MnSOD 是超氧化物歧化酶(SOD, EC1. 15. 1. 1)中的一种,是动物体内最重要的含锰关键酶,主要存在于真核生物和原核生物的线粒体中。它催化超氧阴离子自由基($O_2^- \cdot$)发生歧化反应,从而清除 $O_2^- \cdot$,在维持生物体内 $O_2^- \cdot$ 产生与消除的动态平衡中起重要作用。近年来,MnSOD 已成为肿瘤医学、自由基医学、锰营养学等众多课题的研究对象。本研究表明,随着饲料锰的添加水平提高,MnSOD 活性呈先升高后降低趋势,当饲料锰添加水平为120 mg/kg 时,MnSOD 活性最高,由此表明,锰对鹅 MnSOD 活性具有重要的影响。

MDH 产生的还原型辅酶 II (NADPH) 是脂肪合成的重要因素^[16]。Whitehead 等^[17]报道,生长期家禽的 MDH 和异柠檬酸脱氢酶(ICDH)活性与体脂沉积呈正相关。吕林等^[18]报道,饲料添加锰有降低肉仔鸡 MDH 活性的趋势。此外,LPL 在家禽脂肪合成过程中也具有重要作用。LPL 主要在脂肪组织和骨骼肌中合成,分泌出来到达毛细血

管壁具有生理活性,可将血液中的乳糜微粒和极低密度脂蛋白所携带的甘油三酯水解成甘油和脂肪酸,分离出的游离脂肪酸进入脂肪组织,则重新酯化以甘油三酯形式保存起来。动物试验研究发现,在脂肪细胞的大小及重量增加之前 LPL 活性不增加,因此脂肪组织 LPL 活性的提高是保持肥胖的关键因素^[19]。Baziz 等^[20]认为,家禽主要通过调控 LPL 活性调整其体内脂肪的合成。关于饲料无机锰添加水平对肝脏中 MDH 和 LPL 活性的影响研究,在国内外报道较少。本试验研究发现,饲料添加锰可显著降低腹脂率,并能显著降低肝脏中 LPL 活性,且随着锰添加水平的提高,二者的变化有相似的趋势。这说明锰可能通过降低肝脏中 LPL 活性来减少甘油三酯的合成,进而减少腹脂沉积。但关于锰抑制 LPL 活性的具体作用机制目前尚不清楚,有待进一步研究。

3.5 鹅血清和肝脏酶活性与生长性能和营养物质利用率的相关性

本试验结果表明,饲料锰添加水平可影响酶活性,进而影响平均日增重与料重比。MDH 和 LPL 活性与 ME、CP、EE、Ca、P、CF、NDF 和 ADF 利用率等均呈极显著负相关,说明锰可以通过对酶活性的影响调节营养物质利用率。

3.6 五龙鹅对锰的营养需要量

国内外畜禽饲养标准中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。NRC(1994)标准中鹅锰营养需要推荐量为66 mg/kg,此推荐量只是一个最低维持需要量,而不是发挥最佳生长性能状态的需要量。本试验结果表明,饲料锰添加水平为60、90、120 mg/kg 时,生长性能和屠宰性能比对照组和锰添加水平为30 mg/kg 时,均有促进作用,尤其是锰添加水平为90、120 mg/kg 时最佳。通过二次曲线拟合得出:5~16 周龄五龙鹅达到最佳生长性能所需的锰添加水平为104.90~117.63 mg/kg,此需要量要高于 NRC(1994)的饲养标准,但是接近《我国肉鸭饲养标准》(NY/T 2122—2012)中锰的推荐量(100 mg/kg);分析其原因有2方面:一是与饲养品种类型有关;二是与试验期间夏季高温季节有关(平均温度33℃)。上述结果可作为鹅育肥期饲料配制的参考。关于1~4 周龄鹅饲料中锰的适宜添加水平有待于继续研究。

4 结 论

① 适宜锰添加水平能够提高鹅的生长性能、屠宰率、半净膛率、腿肌率和营养物质利用率,降低腹脂率;建议 5~16 周龄鹅饲料中锰添加水平为 104.90~117.63 mg/kg。饲料中锰添加水平为 30 mg/kg 时对生长性能、屠宰性能和营养物质利用率影响不显著。

② 饲料锰添加水平对 MnSOD、MDH 和 LPL 活性有显著影响,并与生长性能密切相关。

参考文献:

- [1] OFFIONG S A, ABED S M. Fertility, hatchability and malformations in guinea fowl embryos as affected by dietary manganese[J]. *British Poultry Science*, 1980, 21(5):371-375.
- [2] 井明艳,孙建义,许梓荣. 锰的生物学功能及有机态锰的应用研究[J]. *饲料博览*, 2004(1):7-9.
- [3] MALECKI E A, HUTTNER D L, GREGER J L. Manganese status, gut endogenous losses of manganese, and antioxidant enzyme activity in rats fed varying levels of manganese and fat[J]. *Biological Trace Element Research*, 1994, 42(1):17-29.
- [4] HOSSAIN S M, BERTECBINI A G, et al. Effect of varying manganese and available phosphorous levels in the diet on egg production and egg shell quality of layers[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1998, 71(3/4):303-308.
- [5] 罗绪刚,郭修泉,刘彬,等. 中型褐壳产蛋鸡实用饲料中锰适宜水平的研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2003, 34(2):105-111.
- [6] 彭秀丽,邓干臻,赵辉. 日粮钙、锰水平对蛋鸡生产性能及蛋品质的影响[J]. *中国兽医学报*, 2002, 22(3):311-314.
- [7] 王尚荣. 日粮中添加不同水平锰对蛋鸡生产性能的影响[J]. *当代畜牧*, 2007(3):27.
- [8] 王秋梅. 微量元素锰在家禽生产中的应用[J]. *畜禽业*, 2007(12):59-61.
- [9] 罗绪刚,苏琪,黄俊纯,等. 饲料不同锰水平对肉仔鸡生长腿病发生率和某些血液生化指标和免疫参数的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 1991(27):11-14.
- [10] BERTA E, ANDRÁSOF SZKY E, BERSÉNYI A, et al. Effect of inorganic and organic manganese supplementation on the performance and tissue manganese content of broiler chicks [J]. *Acta Veterinaria Hungarica*, 2004, 52(2):199-209.
- [11] 左建军,叶慧,王修启. 家禽营养需要[J]. *养禽与禽病防治*, 2007(7):5-10.
- [12] 朱玉琴,索爱萍. 0~4 周龄肉仔鸡不同锰源锰需要量的研究[J]. *畜牧兽医学报*, 1998, 29(2):121-127.
- [13] LU L, LUO X G, JI C, et al. Effect of manganese supplementation and source on carcass traits, meat quality, and lipid oxidation in broilers[J]. *Journal Animal Science*, 2006, 85(3):812-822.
- [14] 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]. *营养饲料*, 2010, 46(13):35-38.
- [15] 李勇超,高凤仙,李伟,等. 微量元素锰在动物营养中的应用研究[J]. *广东畜牧兽医科技*, 2009, 34(1):6-8.
- [16] 沈同,王镜岩,赵邦梯. 生物化学[M]. 北京:高等教育出版社,1991:151-167.
- [17] WHITEHEAD C C, HOOD R L, HEARD G S, et al. Comparison of plasma very low density lipoproteins and lipogenic enzymes as predictors of fat content and food conversion efficiency in selected lines of broiler chickens[J]. *Poultry Sciences*, 1984, 25:277-286.
- [18] 吕林,王美玲,罗绪刚,等. 不同锰水平对肉仔鸡肝细胞脂肪合成关键酶的影响[C]//安全优质的家禽生产——第十五次全国禽学术讨论会论文集. 北京:中国畜牧兽医学会,2011.
- [19] DUGAIL I, QUIGNARD-BOULANGE A, BRIGANT L, et al. Increased lipoprotein lipase content in the adipose tissue of suckling and weaning obese Zucker rats [J]. *Biochemistry Journal*, 1988, 249(1):45-49.
- [20] BAZIZ H A, GERAERT P A, PADILHA J C F, et al. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses [J]. *Poultry Science*, 1996, 75(4):505-513.

Effects of Manganese on Growth Performance, Slaughter Performance, Nutrient Availability and Enzyme Activity of *Wulong* Geese Aged from 5 to 16 Weeks

ZHANG Xuejun WANG Baowei* GE Wenhua ZHANG Ming'ai YUE Bin
SHI Xueping XU Chenchen WANG Xin

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

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of manganese on growth performance, slaughter performance, nutrient availability and enzyme activity of *Wulong* geese aged from 5 to 16 weeks, and to find the appropriate supplemental level of manganese. A total of 360 *Wulong* geese with similar average body weight were randomly divided into 6 groups with 6 replicates per group and 10 geese (half male and half female) per replicate. Geese in the groups were fed the basal diet (manganese content 20 mg/kg) supplemented with 0 (group I), 30 (group II), 60 (group III), 90 (group IV), 120 (group V) and 150 mg/kg (group VI) manganese, respectively. The experiment lasted for 12 weeks. The results showed as follows: 1) using unrelated comparative analysis method, when the dietary manganese level was 104.90 mg/kg, the average daily gain reached the highest; when the dietary manganese level was 117.63 mg/kg, the feed to gain reached the lowest. 2) The dressed percentage, percentage of half-eviscerated yield, percentage of eviscerated yield and percentage of leg muscle in groups IV and V were significantly higher than those in group I ($P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively), the percentage of abdominal fat in group V was significantly lower than that in group I ($P < 0.05$). 3) The availability of crude protein, ether extract, calcium, phosphorus, crude fiber in groups IV and V was significantly higher than that in group I ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), the availability of neutral detergent fiber and acid detergent fiber, apparent metabolizable energy and true metabolizable energy in group V were significantly higher than those in group I ($P < 0.05$). 4) The manganese superoxide dismutase (MnSOD) activity in group V was significantly higher than that in group I ($P < 0.01$), and the malic dehydrogenase (MDH) and lipoproteinesterase (LPL) activities in groups IV and V were significantly lower than those in group I ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). 5) MnSOD, MDH and LPL activities had significant correlation with the growth performance ($P < 0.01$), MDH and LPL activities had significant correlation with the nutrient availability ($P < 0.01$). In conclusion, dietary manganese at appropriate supplemental level can promote growth performance, slaughter performance and nutrient availability of *Wulong* geese aged from 5 to 16 weeks, but decrease the percentage of abdominal fat, and the optimal supplemental level of manganese is 104.90 to 117.63 mg/kg. MDH and LPL activities have significant correlation with the growth performance and nutrient availability. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(1):106-114]

Key words: manganese; geese; growth performance; slaughter performance; nutrient availability; enzyme activity; appropriate supplemental level