

饲料锌水平对冬毛期水貂血清生化指标 和脏器指数的影响

周宁^{1,2}, 张海华¹, 吕智超³, 张婷¹, 黄健¹, 孙浩然¹, 尹云厚⁴, 李光玉^{1*}, 严昌国^{2*}

(1. 中国农业科学院特产研究所, 长春 130112; 2. 延边大学农学院, 延吉 133002;

3. 吉林农业大学动物科技学院, 长春 130118; 4. 贵州民族大学 550025)

摘要: 本试验旨在研究饲料锌水平对冬毛期水貂血清中生化指标及脏器指数的影响。选取 120 日龄健康雄性水貂 75 只, 随机分为 5 组, 每组 15 个重复, 每个重复 1 只水貂, 分别饲喂基础饲料中添加 0 (I 组)、50 (II)、100 (III)、300 (IV)、600 mg · kg⁻¹ (V 组) 的试验饲料。预饲期为 7 d, 正式期 75 d。通过称量体重和内脏重量计算脏器指数。使用生化试剂盒测定血清中蛋白质指标、氮代谢指标、相关锌酶、矿质元素。结果表明, 饲料锌水平对水貂肾脏指数无显著影响 ($P > 0.05$); III 和 IV 组心脏指数、肝脏指数和脾脏指数显著高于 I 和 V 组 ($P < 0.05$)。IV 组水貂血清中球蛋白 (GLOB) 和总蛋白 (TP) 显著高于 I 组 ($P < 0.05$), 各组之间血清白蛋白 (ALB) 含量差异不显著 ($P > 0.05$); IV 组免疫球蛋白 A (IgA) 含量显著高于 I 和 II 组 ($P < 0.05$), 各组之间免疫球蛋白 G (IgG) 和免疫球蛋白 M (IgM) 差异不显著 ($P > 0.05$); 水貂血清尿素氮 (UN) 各组之间无显著差异 ($P > 0.05$); III 组血清中天门冬氨酸氨基转移酶 (AST) 显著高于其他各组 ($P < 0.05$), IV 组丙氨酸氨基转移酶 (ALT) 活性显著高于 I 和 II 组 ($P < 0.05$); IV 组水貂血清碱性磷酸酶 (ALP) 活性显著高于 I、II 和 III 组 ($P < 0.05$), 而乳酸脱氢酶 (LDH) 各组之间差异不显著 ($P > 0.05$); 水貂血清中锌水平随饲料锌水平的升高显著升高 ($P < 0.05$), 血清中钙水平各组之间无显著差异 ($P > 0.05$), V 组血清中磷水平显著低于其他组 ($P < 0.05$)。由此可见, 饲料中添加 100 和 300 mg · kg⁻¹ 锌时脏器指数最佳, 能够改善水貂肝和脾功能; 饲料中添加 300 mg · kg⁻¹ 的锌能够提高冬毛期水貂血清中总蛋白和免疫球蛋白含量, 以及氮代谢相关酶活性, 有利于水貂蛋白质合成及增强机体免疫力。

关键词: 锌; 冬毛期; 水貂; 脏器指数; 血清生化指标

中图分类号: S829.9; S815.4

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2014)12-1988-07

Effects of Diets with Different Zinc Levels on the Selected Serum Biochemical Indexes and Organ Indexes of Minks during the Winter Hair Period

ZHOU Ning^{1,2}, ZHANG Hai-hua¹, LYU Zhi-chao³, ZHANG Ting¹, HUANG Jian¹,

SUN Hao-ran¹, YIN Yun-hou⁴, LI Guang-yu^{1*}, YAN Chang-guo^{2*}

- (1. Institute of Special Animal and Plant Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China; 2. Agriculture College of Yanbian University, Yanji 133002, China; 3. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 4. Guizhou Minzu University, Guiyang 550025, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of different dietary zinc level on blood serum biochemical indexes and organ indexes during the winter hair period of mink. 75 healthy male minks were randomly divided into 5 groups with 15 replicates per group and 1 mink per replicate. 0 (I), 50 (II), 100 (III), 300 (IV), 600 mg · kg⁻¹ (V) of zinc level were added in basic diet. The trial lasted for 75 d with 7 d of pretrial. Organ indexes were calculated by body

收稿日期: 2014-03-25

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903014); 吉林省特种经济动物营养与生理研究创新团队(20121810)

作者简介: 周宁(1984-), 男, 吉林长春人, 博士, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究, E-mail: 14359082@qq.com

* 通信作者: 李光玉, 研究员, 博士生导师, E-mail: tcslgy@126.com; 严昌国, 博士生导师, E-mail: ycg@ybu.edu.cn

weight and organ weight. Proteins indices, nitrogen metabolism indices, enzymes, mineral elements of Serum were determined by biochemical kit. The results showed as follows, kidney index were not significantly affected by dietary Zn levels ($P>0.05$); liver index, spleen index and heart index of group III and IV were significant higher than that of group I and V ($P<0.05$). The content of serum total protein and globulin of group IV were significantly higher than that of group I ($P<0.05$), serum albumin were similar among all groups ($P>0.05$); The content of IgA in group IV was significantly higher than that in group I and II, IgG and IgM were similar among all groups ($P>0.05$). The content of serum AST in group III were significantly higher than that in other groups ($P<0.05$), the content of serum ALT in group IV were significantly higher than that in group I and II ($P<0.05$); Serum UN were similar among all treatments ($P>0.05$); The contents of Serum ALP in group IV were significantly higher than those in group I, II and III ($P<0.05$), and LDH were similar among other groups ($P>0.05$); Serum Zn increased with dietary zinc level increasing ($P<0.05$), serum Ca were similar among all groups ($P>0.05$), serum P in group V were significantly higher than in other groups ($P<0.05$). In conclusion, supplementation of 100 and 300 mg · kg⁻¹ Zn may enhance the organ index of minks. When the dietary Zn level come up to 300 mg · kg⁻¹, the minks in growing period have the relatively higher immunity, protein synthesis rate and bioavailability of Zn.

Key words: zinc; winter hair period; mink; organ indexes; serum biochemical indexes

锌是动物体内具有重要生理功能的微量元素之一。它不仅对动物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^[1-2]。陈苗璐等^[1]发现锌能够显著影响鹅血清蛋白含量和酶活性。谢正军等^[3]研究表明饲料 100 mg · kg⁻¹ CS-Zn 可以提高仔猪血清碱性磷酸酶和蛋白含量,降低尿素氮。梁鸿雁等^[4]研究表明饲料 80 mg · kg⁻¹ 的锌能够提高獭兔血清 AST 和 ALP 的含量。任二军等^[5]研究表明锌能够显著提高育成期水貂血清中超氧化物歧化酶的活性。

目前国内外尚未明确给出水貂获得最佳生产性能时饲料中锌的添加水平,并且饲料中锌的含量对水貂血液生化指标影响的报道相对较少,因此本试验通过研究饲料不同锌水平对冬毛期水貂血清中蛋白质代谢相关指标、相关锌酶类及其他元素水平的影响,为筛选育成期水貂饲料中锌的最适宜添加水平提供参考,为锌在水貂生产实践中的应用提供科学依据,同时为探究锌在水貂体内的营养作用机制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验设计与试验动物饲养管理

选取 75 只体重相近 120 日龄的健康雄性水貂,随机分为 5 组,每组 15 个重复,每个重复 1 只,单笼

饲养。参考 NRC(1982)^[6] 水貂的相关标准设计饲料,选用硫酸锌作为锌源。饲料中添加锌水平分别为 0(I 组)、50(II 组)、100(III 组)、300(IV 组)、600 mg · kg⁻¹(V 组),补充 ZnSO₄ · H₂O 的量分别为 0(I 组),0.137(II 组),0.275(III 组),0.826(IV 组)和 1.656 mg · kg⁻¹(V 组),预试期 7 d,正式期 75 d,水貂均无不良反应。每日 08:00 和 13:00 各喂食 1 次,自由饮水。饲料组成和营养水平见表 1。

1.2 血清制备

饲养试验结束后,每组分别选取 8 只水貂,心脏采血,并用盐酸琥珀胆碱心脏注射处死。采血时间为 2013 年 12 月 5 日 07:30—15:40,每只采血 10 mL,置于促凝固管中,静置待血清析出后 3 500 r · min⁻¹、4 °C 离心 10 min,将分离出的血清分装在 1.5 mL 的 Eppendorf 管中,置于 -80 °C 中保存,备用。

1.3 脏器指数测定

上述采血水貂处死后,迅速取出心、肝、脾和肾,用滤纸吸干血液后准确称取重量然后计算脏器指数(器官重量/体重)。

1.4 测定仪器和方法

尿素氮(UN)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、碱性磷酸酶(ALP)、总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、乳酸脱氢酶(HDL)、免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)、免疫球蛋白

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 Item	组别 Group				
	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组
日粮组成/% Composition					
海杂鱼 Sea fish	33	33	33	33	33
鸡肉 Chicken	15	15	15	15	15
腺胃 Proventriculus	12	12	12	12	12
猪肝 Pig liver	9	9	9	9	9
肥肉 Fat meat	3	3	3	3	3
膨化玉米 Extrusion corn	27	27	27	27	27
预混料 Premix ¹⁾	1	1	1	1	1
合计 Total	100	100	100	100	100
营养水平/(g·kg ⁻¹) Nutrient level					
干物质 Dry matter	221.41	224.24	221.24	225.17	220.17
灰分 Ash	119.40	120.85	120.88	119.56	120.01
粗蛋白 CP	409.25	415.00	412.18	413.37	415.93
粗脂肪 Fat	197.80	198.37	197.76	198.63	197.23
碳水化合物 CC	275.94	273.62	276.05	276.98	277.58
锌/(mg·kg ⁻¹) Zn	13.82	61.91	112.39	314.64	615.88
铜/(mg·kg ⁻¹) Cu	15.48	17.36	15.92	16.47	16.96
代谢能/(MJ·kg ⁻¹) ME ²⁾	18.08	18.37	18.39	18.30	17.94

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供:VA 940 IU,VD 250 IU,VE 4 000 mg,VB₁ 0.2 mg,VB₂ 0.5 mg,VB₆ 0.3 mg,叶酸 0.8 mg,D-泛酸 1.0 mg,生物素 1 600 mg,Fe 82 mg,Mn 120 mg,I 0.5 mg,Se 0.5 mg,Cu 9.4 mg。²⁾ 代谢能为计算值,其余为实测值

¹⁾ The premix provided the following per kg of diets:VA 940 IU,VD 250 IU,VE 4 000 mg,VB₁ 0.2 mg,VB₂ 0.5 mg,VB₆ 0.3 mg,folic acid 0.8 mg,D-pantothenic acid 1.0 mg,biotin 1 600 mg,Fe 82 mg,Mn 120 mg,I 0.5 mg,Se 0.5 mg,Cu 9.4 mg。²⁾ ME was a calculated value and others were measured values

M(IgM)、血清钙(Ca)、血清磷(P)测定用试剂盒全部购自中生北控有限公司,血清锌(Zn)测定用试剂盒购自南京建成有限公司,按照试剂盒说明书操作使用 VITALIB-E 全自动生化分析仪测定,球蛋白由总蛋白和白蛋白差值计算获得。粗蛋白(CP)使用 Kjltec8400 Analyzetunit (FOSS 公司)测定,粗脂肪(Fat)使用 Extraction SystemB-811 (BUCHI 公司)测定。

1.5 数据统计

试验结果以“平均值±标准差”表示,数据用 Excel 进行整理并用 SAS 9.2 软件中的 GLM 程序进行方差分析,平均数之间的多重比较采用 Duncan

法进行, $P < 0.01$ 为差异极显著, $P < 0.05$ 为差异显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。

2 结果

2.1 饲料锌水平对血清蛋白类指标的影响

由表 2 已知,水貂血清中 ALB 含量各组之间差异不显著($P > 0.05$),其最高值为 IV 组。血清中 GLOB 的含量 IV 组显著高于 I 和 V 组($P < 0.05$)。血清中 TP 的含量随日粮锌水平的提高而增大,IV 组的 TP 含量最高并显著高于 I 组($P < 0.05$)。血清中 IgA 的含量随饲料锌水平增加而增大,在 IV 组处不再增加,同时 III、IV 和 V 组极显著高于 I 和 II 组

($P < 0.01$)。血清中 IgG 和 IgM 的含量并未观察到显著差异, IgM 在趋势上随饲料锌水平增加而增

加,最大值为第 IV 组。

表 2 饲料锌水平对血清蛋白类指标的影响

Table 2 Effect of diet with different Zn levels on proteins indices in serum

$g \cdot L^{-1}$

项目 Item	组别 Group					P 值
	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组	P-value
白蛋白 ALB	30.21±1.27	30.74±2.44	30.98±2.17	33.29±2.67	32.64±1.2	0.138 1
球蛋白 GLOB	48.21±5.08 ^b	50.25±4.9 ^{ab}	50.29±4.63 ^{ab}	56.88±5.81 ^a	47.00±5.74 ^b	0.033 3
总蛋白 TP	78.46±6.73 ^b	80.99±5.25 ^{ab}	81.08±5.79 ^{ab}	90.14±7.12 ^a	79.64±7.2 ^b	0.023 1
免疫球蛋白 A IgA	0.07±0.01 ^b	0.13±0.05 ^b	0.21±0.06 ^a	0.22±0.07 ^a	0.22±0.05 ^a	0.000 2
免疫球蛋白 G IgG	2.64±0.01	2.63±0.02	2.64±0.01	2.65±0.01	2.64±0.01	0.276 3
免疫球蛋白 M IgM	2.67±0.10 ^b	2.65±0.13 ^b	2.70±0.13 ^b	2.72±0.10 ^{ab}	2.68±0.17 ^a	0.857 9

同行数据肩标不同字母表示差异显著($P < 0.05$),相同或无字母肩标表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同

In the same row, values with different 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

2.2 饲料锌水平对血清氮代谢相关指标的影响

由表 3 可见,受饲料锌水平影响血清中 UN 各组之间无显著差异($P > 0.05$)。随饲料锌水平升高

血清 ALT 的含量显著提高($P < 0.05$), IV 组中血清 ALT 含量显著高于 I 和 II 组($P < 0.05$)。III 组水貂血清中 AST 的含量显著高于 I 和 V 组($P < 0.05$)。

表 3 饲料锌水平对血清中氮代谢指标的影响

Table 3 Effect of diets with different Zn levels on nitrogen metabolism indices in serum

项目 Item	组别 Group					P 值
	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组	P-value
尿素氮/($mmol \cdot L^{-1}$) UN	87.68±3.01	86.32±4.01	86.08±4.98	86.64±3.3	86.54±4.27	0.942 2
丙氨酸氨基转移酶/ ($U \cdot L^{-1}$) ALT	112.84±12.72 ^b	116.73±30.23 ^b	133.31±26.86 ^{ab}	164.88±20.59 ^a	156.15±46.10 ^{ab}	0.024 2
天门冬氨酸氨基转移酶/ ($U \cdot L^{-1}$) AST	178.24±57.57 ^b	234.38±64.9 ^{ab}	306.31±65.64 ^a	239.06±21.24 ^{ab}	230.06±57.81 ^b	0.024 7

2.3 饲料锌水平对血清中相关锌酶的影响

如表 4 所示,血清中 ALP 活性随饲料锌水平增大而增大, IV 组血清 ALP 活性最高,并且显著高于

I、II 和 III 组($P < 0.05$)。各组水貂之间血清 LDH 的活性无明显差异($P > 0.05$),其最高值为 III 组。

表 4 饲料锌水平对血清中相关锌酶的影响

Table 4 Effect of diets with different Zn levels on Zinc enzymes in serum

$U \cdot L^{-1}$

项目 Item	组别 Group					P 值
	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组	P-value
碱性磷酸酶 ALP	72.73±4.32 ^b	72.34±2.04 ^b	72.53±7.63 ^b	79.46±3.56 ^a	78.29±5.92 ^{ab}	0.034 7
乳酸脱氢酶 LDH	1 513.16±357.44 1	551.07±397.88 1	587.97±451.52 1	571.95±220.18 1	533.06±438.70	0.998 5

2.4 饲料锌水平对血清中钙、钙和磷的影响

由表 5 可以看出,各组水貂血清中 Ca 的含量差异不显著($P>0.05$),其最高值为 I 组。血清中 P 的含量随饲料锌水平升高显著下降($P<0.05$),I

组显著高于 IV 和 V 组($P<0.05$),最低值为 V 组。IV 和 V 组血清锌显著高于 I 和 II 组($P<0.05$),各组水貂血清锌浓度随饲料锌水平升高而显著升高($P<0.05$)。

表 5 饲料锌水平对血清中钙、磷和锌的影响

Table 5 Effect of diets with different Zn levels on Ca, P and Zn in serum

项目 Item	组别 Group					P 值 P-value
	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组	
钙/(mmol·L ⁻¹) Ca	4.79±1.83	4.63±2.56	4.16±1.46	3.54±1.46	2.50±1.39	0.163 9
磷/(μmol·L ⁻¹) P	9.96±2.18 ^a	9.09±1.18 ^{ab}	8.52±1.27 ^{ab}	7.09±1.05 ^{bc}	5.45±2.42 ^c	0.001 5
锌/(μmol·L ⁻¹) Zn	59.08±16.67 ^b	79.96±7.91 ^b	88.77±14.9 ^{ab}	94.48±27.03 ^a	92.94±17.26 ^a	0.022 7

2.5 饲料锌水平对脏器指数的影响

从表 6 可以看出,饲料不同锌水平对各组水貂肾脏指数影响差异不显著($P>0.05$),III 和 IV 组水貂心脏指数显著高于 I 和 V 组($P<0.05$)。饲料锌

对各组水貂肝脏指数影响极显著($P<0.01$),III 和 IV 组极显著高于 I、II 和 V 组($P<0.01$)。III 和 IV 组水貂脾脏指数显著高于 I 和 V 组($P<0.05$)。

表 6 饲料锌水平对脏器指数的影响

Table 6 Effect of diets with different Zn levels on organ indexes

项目 Item	组别 Group					P 值 P-value
	I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组	
心脏指数 Heart index	6.38±0.80 ^b	7.45±0.74 ^{ab}	7.86±1.29 ^a	7.54±0.96 ^a	6.42±0.79 ^b	0.013 2
肝脏指数 Liver index	43.23±4.27 ^b	45.35±5.32 ^b	49.80±2.52 ^a	48.52±3.71 ^a	41.44±4.29 ^b	0.002 2
脾脏指数 Spleen index	4.32±0.59 ^b	4.83±0.67 ^{ab}	4.94±0.60 ^a	4.94±0.66 ^a	4.02±0.77 ^b	0.037 9
肾脏指数 Kidney index	4.19±0.72	4.66±0.65	4.28±0.47	4.36±0.46	4.88±0.68	0.173 8

3 讨论

3.1 饲料锌水平对血清蛋白类指标的影响

血清中蛋白(ALB、GLOB 和 TP)是反映动物机体蛋白合成代谢和营养状况的重要指标,冯江^[7]研究表明,添加甘氨酸锌 90 mg·kg⁻¹能够有效改善仔鹅血清 TP 含量。梁鸿雁等^[4]通过对獭兔的研究发现饲料锌水平升高能够提高血清 ALB 含量,但未发现显著差异。单安山等^[8]研究锌对禽类的影响中发现,锌能够有效提高血清中 TP 的含量。本试验中血清 TP 和 GLOB 均随锌水平升高显著而增大,ALB 虽没有显著变化,但可以观察到有和 TP 相同的趋势。冬毛期水貂生长相对缓慢,可能是造成 ALB 变化较小的原因之一。比较各组,饲喂 300 mg·kg⁻¹ 锌有利于冬毛期水貂蛋白质合成。

免疫球蛋白是具有抗体活性的动物蛋白,其相关指标能够直接反映机体免疫系统的情况。F. Qadri 等^[9]在鸟类缺锌的研究表明,锌能够显著提高血清中 IgA 的含量,同时对机体的免疫系统具有积极作用。陈善昌等^[10]在儿童缺锌的研究中表明,儿童缺锌不影响血清中 IgM 的含量,但 IgA 和 IgG 含量显著下降。IgA 是机体黏膜局部抗感染免疫的主要抗体。而饲料能够有效减少动物腹泻率增加机体免疫力^[11-12],这可能与锌对 IgA 的正向作用有密切关系,其机制还有待于进一步研究。本试验中 IgM 和 IgG 并未受到饲料锌水平的影响,而 IgA 的含量随饲料锌水平极显著升高。因此饲料中添加 300 mg·kg⁻¹ 锌对提高水貂机体免疫力更加有利。

3.2 饲料锌水平对血清氮代谢相关指标的影响

血清尿素氮是衡量动物体内蛋白质代谢和氨基

酸平衡的一个重要指标^[13]。血清尿素氮过高会导致尿氮的曾加,从而降低了机体对氮的利用率,所以血清尿素氮也是衡量氮沉积的重要指标。本试验中不同锌水平没有影响水貂血清中尿素氮的含量,这与谢正军等^[3]在仔猪上的研究不同,其原因一方面可能是不同物种之间存在的差异,另一方面与仔猪生长发育时期不同,冬毛期水貂生长趋于稳定,这可能是出现差异的主要原因。天门冬氨酸转移酶和丙氨酸氨基转移酶是蛋白质代谢过程中两种重要的酶,在蛋白质合成和分解中发挥作用,其活性能够直接反映机体蛋白质合成代谢的状况。F. Pino 等^[14]和 B. Zdl 等^[15]曾经报道锌的摄入能够影响机体代谢功能,从而提高血清 ALT 的活性。本试验中血清 AST 和 ALT 的活性随饲料锌水平的升高而升高,在Ⅳ组后趋于下降。证明了蒋与刚等和张越等的研究成果^[16-17]。因此,从血清中氮代谢指标分析,饲料中添加 300 mg · kg⁻¹的锌有利于提高水貂氨基酸合成过程,可能增加水貂的氮沉积。

3.3 饲料锌水平对相关锌酶的影响

锌是 LDH 和 ALP 的活性中心,所以血清中 LDH 和 ALP 的活性是直接反映机体锌的利用率及营养代谢的重要指标。何小佳等^[18]研究表明,饲料中添加 3 000 mg · kg⁻¹能够极显著提高仔猪血清中 ALP 的含量。许梓荣等^[19]发现饲料中添加 3 000 mg · kg⁻¹的锌元素能够提高猪血清 ALP 的活性。宋念艺等^[20]在大鼠补锌试验中未发现显著性差异。以上结论与本试验结果相似,笔者发现随饲料锌水平升高水貂血清中 ALP 含量也随之增加,但 LDH 含量未受到影响。所以饲料中添加 300 mg · kg⁻¹的锌能够提高水貂机体锌的利用率,并且有利于提高水貂生产性能。

3.4 饲料锌水平对血清中锌、钙和磷的影响

饲料锌水平能够影响机体对钙和磷的吸收,同时钙和磷的摄入量反过来能够影响机体对锌的吸收^[21]。汤继顺等^[22]研究表明,饲料锌能够降低仔猪血清中钙和磷的浓度。余晓丹^[23]报道了儿童补锌后血清中钙含量呈下降趋势。本试验证明了以上研究成果,随水貂饲料中锌水平的升高,血清中 Zn 含量显著升高,P 含量显著下降,虽然对 Ca 影响不显著,但可以观察到具有下降的趋势。Ⅴ组中血清钙磷均最低,因此高锌饲料不利于钙磷的吸收和利用。

3.5 饲料锌水平对脏器指数的影响

脏器指数是试验动物的重要生物学指标之一,

其大小在一定程度上能够反映动物器官的功能强弱及受损情况。而肝和脾是动物体内重要的代谢和免疫中心,其功能的完整性与血液中的代谢酶和免疫细胞具有密切关系。在其他动物中已经报道了锌对提高动物脏器系数的作用^[24-26],这与本试验的结果相近。本研究结果发现,除了肾脏指数无明显影响外,饲料锌能够显著提高心脏指数、肝脏指数和脾脏指数。这可能与锌对细胞增殖和分化促进作用相关^[27],值得注意的是不适合的锌添加量也会降低脏器指数,这也是一个重要的影响因素^[28]。考虑到轻度的肝和脾中毒及受损导致的肝水肿或充血也会提高脏器指数^[29],笔者结合血清氮代谢指标、相关酶和免疫指标分析,并未发现异常。在本试验中Ⅲ和Ⅳ组的脏器指数较高,且血清酶活和蛋白含量相对最佳,说明饲料中添加 100 和 300 mg · kg⁻¹的锌有利于增强水貂肝、脾等器官的功能。

4 结 论

综合血清中含氮物质、氮代谢相关指标、锌酶和脏器指数的结果,饲料中添加 300 mg · kg⁻¹的锌能够增强肝和脾的功能,并提高了血清蛋白和相关酶活性,有利于水貂蛋白质合成及增强机体免疫力。

参考文献:

- [1] 陈苗璐,王宝维,张名爱,等. 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[J]. 动物营养学报,2013,25(5):1105-1112.
- [2] KARKOODI K, CHAMANI M, BEHESHTI M, et al. Effect of organic zinc, manganese, copper, and selenium chelates on colostrum production and reproductive and lameness indices in adequately supplemented Holstein cows [J]. *Biol Trace Element Res*, 2012, 146 (1): 42-46.
- [3] 谢正军,朱叶萌,杜美丹,等. 壳聚糖锌对断奶仔猪生长性能,血清激素和生化指标的影响[J]. 动物营养学报,2010,22(5):1355-1360.
- [4] 梁鸿雁,陈 华,高宏伟,等. 日粮不同锌水平对獭兔组织器官锌浓度的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2003,(2):65-67.
- [5] 任二军,蒋清奎,杨福合,等. 日粮不同锌添加水平对育成期雄性水貂消化代谢,生长性能和血清生化指标的影响[J]. 中国畜牧兽医,2012,39(6):104-108.
- [6] NRC. Nutrient Requirements of Minks and Foxes. Second revised edition by the National Research Council, Subcommittee on Furbearer Nutrition. Na-

- tional Academy Press, Washington, USA, 1982.
- [7] 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]. 杭州: 浙江大学, 2009.
- [8] 单安山, 王安, 许振英. 饲料锌和钙水平对产蛋鸡生产性能, 血液生化指标和组织中锌含量的影响[J]. 畜牧兽医学报, 1990, 21(4): 295-301.
- [9] QADRI F, AHMED T, WAHED M A, et al. Suppressive effect of zinc on antibody response to cholera toxin in children given the killed, B subunit-whole cell, oral cholera vaccine[J]. *Vaccine*, 2004, 22(3): 416-421.
- [10] 陈善昌, 汤兴萍. 锌缺乏与儿童感染性疾病关系探讨[J]. 中国社区医师: 医学专业, 2007, 9(17): 141.
- [11] HU C, SONG J, YOU Z, et al. Zinc oxide-montmorillonite hybrid influences diarrhea, intestinal mucosal integrity, and digestive enzyme activity in weaned pigs[J]. *Biol Trace Element Res*, 2012, 149(2): 190-196.
- [12] KEHL-FIE T E, SKAAR E P. Nutritional immunity beyond iron; a role for manganese and zinc[J]. *Current Opin Chem Biol*, 2010, 14(2): 218-224.
- [13] 张铁涛, 张志强, 刘汇涛, 等. 饲料蛋白质水平对冬毛期水貂部分血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2011, 23(6): 1052-1057.
- [14] PINO F, YOKOYAMA K, MA N, et al. Subacute toxic effects of zinc on various tissues and organs of rats[J]. *Toxicol Letters*, 2003, 145(1): 28-35.
- [15] ZDL B, ZEINER M, SARGAZI M, et al. Toxic and biochemical effects of zinc in Caco-2 cells[J]. *J Inorgan Biochem*, 2003, 97(4): 324-330.
- [16] 蒋与刚, 王先远, 郭长江, 等. 锌对肝缺血再灌注损伤的对抗作用及其机制研究[J]. 中国病理生理杂志, 2002, 18(2): 192-195.
- [17] 张越, 唐小云, 杨丽群, 等. 锌对天冬氨酸转氨酶和线粒体酶功能的影响[J]. 工业卫生与职业病, 2004, 30(2): 95-96.
- [18] 何小佳, 陈亮, 李莹, 等. 高锌日粮长期暴露对断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(9): 17-20.
- [19] 许梓荣, 王敏奇. 高剂量锌促进猪生长的机理探讨[J]. 畜牧兽医学报, 2001, 32(1): 11-17.
- [20] 宋念艺, 刘连生, 高秋华. 补锌对白内障大鼠血液及晶状体中 LDH 和 CuZn-SOD 的影响[J]. 眼科研究, 2005, 23(1): 40-42.
- [21] 叶维法. 消化病学进展[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1982.
- [22] 汤继顺, 吴金节, 王希春, 等. 锌源和锌水平对断奶应激仔猪血清生化指标的影响[J]. 中国兽医学报, 2008, 27(6): 927-930.
- [23] 余晓丹. 抗维生素 D 佝偻病[J]. 临床儿科杂志, 2009, 27(10): 997-1000.
- [24] 周丽华. 蛋白螯合铜, 锌对生长肥育猪免疫性能的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [25] 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.
- [26] 卢昊. 微波固相合成谷氨酸锌及其对肉仔鸡饲喂效果的研究[D]. 武汉: 武汉工业学院, 2009.
- [27] 吕阳, 吕昭, 吕经海, 等. 锌对细胞增殖, 分化的影响[J]. 国际生物医学工程杂志, 2012, 34(5): 318-320.
- [28] 徐迪雄, 魏文. 锌对大鼠胸腺, 脾脏淋巴细胞增殖功能影响的研究[J]. 第三军医大学学报, 1995, 17(4): 322-325.
- [29] 张红梅. TGA 对蟾蜍免疫器官指数及肥大细胞数量的影响[J]. 动物医学进展, 2009, 30(9): 37-40.

(编辑 郭云雁)