

饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂繁殖性能、营养物质消化率及氮代谢的影响

吴学壮^{1,2} 张铁涛³ 杨颖^{2,3} 刘志¹ 高秀华^{1*} 杨福合^{2,3} 邢秀梅^{2,3}

(1. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081; 2. 吉林省特种经济动物分子生物学省部共建实验室, 长春 130112; 3. 中国农业科学院特产研究所, 长春 130112)

摘要: 本试验旨在研究饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂繁殖性能、营养物质消化率及氮代谢的影响。选择健康后备种雄性水貂 60 只, 随机分成 5 组, 每组 12 个重复, 每个重复 1 只貂。各组水貂分别饲喂锌添加水平为 0 (I 组)、50 (II 组)、100 (III 组)、200 (IV 组)、400 mg/kg (V 组) 的试验饲料。预试期 7 d, 正试期 120 d。结果表明: 1) I 组精子活力极显著低于 II 组和 III 组 ($P < 0.01$), 显著低于 V 组 ($P < 0.05$); I 组睾丸直径极显著小于 II 组 ($P < 0.01$), 显著小于 III 组 ($P < 0.05$); I 组公貂成功配种次数极显著小于 III 组 ($P < 0.01$), 显著小于 II 组和 IV 组 ($P < 0.05$)。2) 各组干物质采食量、脂肪消化率差异不显著 ($P > 0.05$); III 组干物质排出量显著高于 I 组 ($P < 0.05$); II 组干物质消化率极显著高于 V 组 ($P < 0.01$), 显著高于 IV 组 ($P < 0.05$); II 组和 III 组蛋白质消化率显著高于 V 组 ($P < 0.05$)。3) 各组食入氮、尿氮、氮沉积、净蛋白质利用率、蛋白质生物学价值均差异不显著 ($P > 0.05$)。由此可见, 饲料锌添加水平为 50 ~ 100 mg/kg (总锌水平 140 ~ 190 mg/kg) 时, 水貂的繁殖性能较为理想。饲料锌添加水平为 100 mg/kg (总锌水平 190 mg/kg) 时, 水貂的干物质采食量较高。饲料锌添加水平对水貂的干物质采食量、脂肪消化率、氮沉积、净蛋白质利用率及蛋白质生物学价值影响不显著。

关键词: 锌; 饲料; 水貂; 繁殖性能; 消化率

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)08-1817-08

锌是动物体的必需微量元素, 广泛存在于动物体内。它是体内 200 多种酶的组成成分, 如睾丸中的乳酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶、醇脱氢酶、透明质酸酶, 精子中的甘露糖苷、腺苷酸环化酶、碱性磷酸酶、DNA 聚合酶和 RNA 聚合酶等的活性都与锌直接有关^[1-3]。锌通过直接参与这些酶的催化、激活、合成过程或维持蛋白质结构的完整性来调节精子的生成或维持精子的生理功能。Millar 等^[4]报道, 雄性大鼠长期使用缺锌饲料饲喂, 睾丸的体积比较小, 曲精细管和生殖上皮发现间质细胞的滑面内质网降解。Fuse 等^[5]研究表明, 精液中锌浓度与精子活性呈正相关性, 而与精子形态

无相关性。Mohammad 等^[6]研究表明, 精浆中锌浓度的下降会影响精子数量。Saeed 等^[7]报道, 精浆中锌浓度能影响精子的运动。当锌缺乏时可使雄性性腺发育成熟时间推迟, 成年动物可发生性腺萎缩及纤维化, 第二性征发育不全^[8-9]。锌还能有效抑制精子在体内的酵解和氧化过程, 从而使精子代谢强度减慢, 防止早衰。锌还能提高睾丸的生精速度和精液品质。锌提高精液品质主要是通过抑制降解酶的活性来保护精子中脱氧核糖核酸免遭破坏, 从而提高公畜的精液品质^[10]。锌在雄性动物的繁殖方面发挥重要的作用, 饲料中锌水平不足会严重影响雄性动物的繁殖性能。国内

收稿日期: 2013-02-01

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903014)

作者简介: 吴学壮(1985—), 男, 山东聊城人, 博士研究生, 从事水貂营养研究。E-mail: wuxuezhuan@126.com

* 通讯作者: 高秀华, 研究员, 博士生导师, E-mail: xiuhuagao@126.com

外有关水貂的微量元素锌营养研究几乎没有,特别是繁殖期雄性水貂。本试验主要研究饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂繁殖性能、营养物质消化率及氮代谢的影响,以筛选出适宜的饲料锌水平,为指导实际生产提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验动物

从农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测试验站的毛皮动物生产基地随机选择健康后备种雄性水貂 60 只。

1.2 试验饲料

水貂目前没有统一的饲养标准,参照 NRC (1982)^[11]水貂营养需要量配制繁殖期水貂基础饲料,其组成及营养水平见表 1。

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) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
膨化玉米 Extruded corn	48.36
黄花鱼 Corvina	16.49
鸡杂 Poultry offal	5.00
鸡蛋 Eggs	7.00
猪碎肉 Jarding pork	16.65
牛肝 OX-liver	5.00
食盐 NaCl	0.50
预混料 Premix ¹⁾	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
代谢能 ME/(MJ/kg)	13.29
粗蛋白质 CP	36.53
粗脂肪 EE	16.67
钙 Ca	2.48
总磷 TP	1.28
锌 Zn/(mg/kg)	90.00

¹⁾每千克预混料含有 Contained the following per kg of premix: VA 1 000 000 IU, VD₃ 200 000 IU, VE 6 000 IU, VB₁ 600 mg, VB₂ 800 mg, VB₆ 300 mg, VB₁₂ 10 mg, VK₃ 100 mg, VC 40 000 mg, 烟酸 niacin acid 4 000 mg, 泛酸 pantothenic acid 1 200 mg, 生物素 biotin 20 mg, 叶酸 folic acid 80 mg, 胆碱 choline 30 000 mg, Fe 8 200 mg, Mn 1 200 mg, Cu 50 mg, I 50 mg, Se 20 mg, Co 50 mg。

²⁾粗蛋白质、钙、总磷为测定值,其他为计算值。CP, Ca and TP were measured values, while others were calculated values.

1.3 试验设计

将 60 只水貂随机分为 5 个组,每组 12 个重复,每个重复 1 只貂,各组间平均体重差异不显著 ($P>0.05$)。试验饲料以一水硫酸锌 ($ZnSO_4 \cdot H_2O$) 为锌源, I 组(对照组)饲喂基础饲料, II ~ V 组分别饲喂在基础饲料中添加 50、100、200、400 mg/kg 锌(以锌元素计)的试验饲料。另选用准备配种期雌性水貂 150 只,随机分成 5 组,分别为 A、B、C、D、E 组,配种时 I 组雄性水貂配 A 组母貂,其他各组相应组别逐一对应。产仔时统计产仔母貂数,计算产仔率。预试期 7 d,正试期 120 d。

1.4 饲养管理

水貂均单笼(40 cm × 40 cm × 60 cm)饲养,每日 07:30 与 15:30 各饲喂 1 次,自由采食,自由饮水,每日记录实际采食量。试验从 2011 年 11 月 26 日至 2012 年 3 月 25 日在农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测试验站进行饲养试验。于 2012 年 3 月 5 日开始对水貂实施人工放对配种,采用“1 + 1 + 8”周期复配(即第 1 天初配、第 2 天连配、第 9 天复配)的配种方式。

1.5 消化代谢试验

正试期开始 86 d 后,每组挑选 8 只体重相近的水貂进行消化代谢试验,水貂消化代谢试验时间为 2012 年 2 月 20 日至 2012 年 2 月 23 日,共计 4 d。采用全收粪法,消化代谢试验期间饲养管理与日常饲养管理完全相同。每天收集的尿液每 100 mL 中加入 2 mL 的 10% 硫酸溶液,加 4 滴甲苯用于防腐,保存于 -20 °C 备用。每天收集的粪便称重后按鲜重的 5% 加入 10% 硫酸溶液,并加少量甲苯防腐,保存于 -20 °C 备用。将 4 d 的尿液和粪便分别混合均匀后取样,其中粪样先在 80 °C 下杀菌 2 h,然后降到 65 °C 烘干至恒重,磨碎过 40 目筛,制成风干样本,以备实验室分析。

1.6 测定指标及方法

样品分析:饲料及排泄物中的干物质含量测定采用 103 °C 烘干法,参考 GB/T 6435—2006^[12];粗脂肪含量测定采用索氏浸提法,参考 GB/T 6433—2006^[13];粗蛋白质含量测定采用凯氏定氮法,参考 GB/T 6432—1994^[14]。

干物质消化率(%) = [(干物质采食量 - 干物质排出量)/干物质采食量] × 100;
蛋白质消化率(%) = [(蛋白质摄入量 - 蛋白质排出量)/蛋白质摄入量] × 100;

脂肪消化率(%) = [(脂肪摄入量 - 脂肪排出量)/脂肪摄入量] × 100;
 氮沉积(g/d) = 食入氮 - 粪氮 - 尿氮;
 净蛋白质利用率(net protein utilization, NPU, %) = (氮沉积/食入氮) × 100;
 蛋白质生物学价值(biological value of protein, BV of protein, %) = [氮沉积/(食入氮 - 粪氮)] × 100。

精液采集方法:用于配种的试验水貂在每次配种结束后 0.5 ~ 1.0 h 内,阴道采精 1 次。用滴管吸取少量生理盐水,在刚交配过的母貂阴道内(插入深度 2 ~ 3 cm)轻轻取少量精液^[15-17]。

精子活力:在 37 °C 环境下直线前进运动精子数占总精子数的百分率^[18]。取精液约 25 μL 置于载玻片上并加盖玻片,在 37 °C 条件下,用显微镜(200 ~ 400 倍)观察精子活力。

睾丸直径:卡尺测量 2 个睾丸合在一起的宽度。

产仔率(kidding rate, %) = (产仔母貂数/完成配种母貂数) × 100。

1.7 数据处理

结果以平均值 ± 标准差表示,试验数据采用

SPSS 16.0 软件进行统计分析,母貂产仔率采用 Chi-square 进行显著性检验,其他数据采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行差异显著性检验,其中 $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂繁殖性能的影响

由表 2 可见, I 组水貂精子活力极显著低于 II 组和 III 组 ($P < 0.01$), 显著低于 V 组 ($P < 0.05$), II 组、III 组、IV 组和 V 组水貂精子活力差异不显著 ($P > 0.05$); I 组水貂睾丸直径极显著小于 II 组 ($P < 0.01$), I 组水貂睾丸直径显著小于 III 组 ($P < 0.05$), V 组水貂睾丸直径显著小于 II 组 ($P < 0.05$); I 组公貂成功配种次数极显著小于 III 组 ($P < 0.01$), 显著小于 II 组和 IV 组 ($P < 0.05$), II 组、III 组、IV 组和 V 组公貂成功配种次数差异不显著 ($P > 0.05$)。母貂产仔率 A 组最低, B 组最高, 但是各组间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂繁殖性能的影响

Table 2 Effects of dietary zinc supplemental level on reproductive performance of reproducing male minks

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
精子活力 Sperm motility	0.63 ± 0.08 ^{Bb}	0.81 ± 0.14 ^{Aa}	0.81 ± 0.10 ^{Aa}	0.72 ± 0.12 ^{ABab}	0.76 ± 0.12 ^{ABa}
睾丸直径 Testicular diameter/mm	21.52 ± 2.62 ^{Bc}	28.46 ± 4.01 ^{Aa}	26.40 ± 4.83 ^{ABab}	24.52 ± 4.66 ^{ABabc}	24.00 ± 5.19 ^{ABbc}
成功配种次数 Successful mating time	8.50 ± 1.51 ^{Bb}	10.40 ± 1.90 ^{ABa}	11.38 ± 1.19 ^{Aa}	10.50 ± 1.72 ^{ABa}	10.11 ± 2.62 ^{ABab}
母貂产仔率 Kidding rate of female minks/%	76.67	90.00	86.67	83.33	86.67

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$), 相同或无字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下表同。

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

2.2 饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂干物质采食量、干物质消化率及营养物质消化率的影响

由表 3 可见, 各组之间水貂干物质采食量和

脂肪消化率差异不显著 ($P > 0.05$); III 组水貂干物质排出量显著高于 I 组 ($P < 0.05$), II 组、III 组、IV 组和 V 组水貂干物质排出量差异不显著 ($P >$

0.05); II组水貂干物质消化率极显著高于V组($P < 0.01$),显著高于IV组($P < 0.05$), III组水貂

干物质消化率显著高于V组($P < 0.05$); II组和III组水貂蛋白质消化率显著高于V组($P < 0.05$)。

表3 饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂干物质采食量、干物质消化率及营养物质消化率的影响

Table 3 Effects of dietary zinc supplemental level on DM intake, DM digestibility and nutrient digestibility of reproducing male minks

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
干物质采食量 DM intake/g	78.78 ± 25.64	91.76 ± 17.92	108.99 ± 22.92	96.92 ± 28.84	94.45 ± 31.69
干物质排出量 DM output/g	20.46 ± 6.22 ^b	22.81 ± 3.37 ^{ab}	30.76 ± 6.15 ^a	27.52 ± 6.93 ^{ab}	25.66 ± 6.92 ^{ab}
干物质消化率 DM digestibility/%	71.01 ± 4.15 ^{ABabc}	74.79 ± 3.27 ^{Aa}	73.32 ± 2.44 ^{ABab}	69.22 ± 3.45 ^{ABbc}	67.91 ± 4.46 ^{Bc}
蛋白质消化率 Protein digestibility/%	81.10 ± 4.51 ^{ab}	82.96 ± 3.12 ^a	82.70 ± 4.17 ^a	79.66 ± 4.52 ^{ab}	77.56 ± 3.85 ^b
脂肪消化率 Fat digestibility/%	82.08 ± 3.64	84.30 ± 3.46	84.07 ± 1.78	85.09 ± 1.80	82.77 ± 3.53

2.3 饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂氮代谢的影响

由表4可见,各组之间食入氮、尿氮、氮沉积、净蛋白质利用率、蛋白质生物学价值均差异不显

著($P > 0.05$); I组水貂粪氮显著低于III组、IV组($P < 0.05$), II组、III组、IV组和V组水貂粪氮差异不显著($P > 0.05$)。

表4 饲料锌添加水平对繁殖期雄性水貂氮代谢的影响

Table 4 Effects of dietary zinc supplemental level on nitrogen metabolism of reproducing male minks

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
食入氮 Nitrogen intake/(g/d)	6.18 ± 2.02	6.61 ± 1.93	7.91 ± 2.67	7.61 ± 2.26	6.44 ± 3.26
粪氮 Fecal nitrogen/(g/d)	0.85 ± 0.29 ^b	1.00 ± 0.16 ^{ab}	1.19 ± 0.25 ^a	1.19 ± 0.28 ^a	0.89 ± 0.25 ^{ab}
尿氮 Urine nitrogen/(g/d)	4.15 ± 1.15	5.02 ± 1.76	5.44 ± 0.55	5.31 ± 2.00	4.18 ± 1.89
氮沉积 Nitrogen deposition/(g/d)	1.18 ± 1.77	0.59 ± 0.73	1.27 ± 1.75	1.11 ± 0.56	1.38 ± 1.47
净蛋白质利用率 NPU/%	23.11 ± 23.79	8.65 ± 10.00	10.82 ± 24.63	15.09 ± 9.45	9.95 ± 8.99
蛋白质生物学价值 BV of protein/%	21.77 ± 27.76	10.50 ± 11.34	17.90 ± 25.52	19.07 ± 14.11	21.97 ± 14.85

3 讨论

3.1 饲料锌添加水平对繁殖期水貂繁殖性能的影响

锌是精子形成所必需的一种微量元素。刘惠芳^[19]报道,锌直接参与精子的生成、成熟、激活和获能过程,并能够延缓精子膜的脂质氧化、维持细胞膜结构的渗透性和稳定性,从而使精子保持良好的活力。Dissanayake等^[20]研究表明,锌与精液品质有关,精浆中锌的浓度显著影响精子密度、精子活力。Bjorndahl等^[21]研究表明,锌能通过抑制

降解酶的活性来保护精子中脱氧核糖核酸免遭破坏,从而提高精液品质的稳定性。Yamaguchi等^[22]报道,锌是一种维护生殖细胞、促进精子形成、提高精子活力必需的微量元素。雄性动物缺锌时,生殖道内各种酶的活性降低,性激素分泌不足,引起生殖器官发育受阻、睾丸变小、支持细胞和间质细胞萎缩、性成熟时间延迟、第二性征不明显等^[23-25]。本试验结果表明,种公貂的饲料中添加50和100 mg/kg锌精子活力与对照组相比有显著提高,当饲料中添加200和400 mg/kg锌时对水貂精子活力没有显著的影响。王宏辉等^[26]研

究表明,后备公猪的饲料中添加 120 mg/kg 的锌,睾丸的长和宽与对照组相比可分别增加 4 和 2 cm。Venge^[27]报道,水貂刚出生时睾丸的重量平均为 0.004 g,到 11 月份增加至 0.335 g。Onstad^[16]报道,从出生到 11 月份,睾丸的绝对重量增加相当缓慢,然后重量迅速增加,2 月中旬时达到 5 g 以上。Heron 等^[28]研究结果表明,繁殖期“小睾丸组”(两睾丸合在一起宽度平均为 24.4 mm)和“大睾丸组”(32.4 mm)雄性水貂所配的母亲繁殖结果相比较,“小睾丸组”所配母貂不孕率(12.9%)明显高于“大睾丸组”(3.3%)。另据李忠宽等^[29]报道,在公貂 2 睾丸的重量低于 2.0 g 不能产生精子,精液品质好的公貂其睾丸较重,其范围在 2.07~6.50 g。按 Heron 等^[28]提供的测量睾丸的方法,给每只公貂注射 0.2 mL 氯胺酮麻醉剂进行保定,但不使其完全麻醉,用卡尺测量 2 个睾丸合在一起的宽度。本试验结果显示,种公貂的饲料中添加 50 和 100 mg/kg 的锌,睾丸的宽度与对照组相比可分别增加 6.94 和 4.88 mm,表明饲料中添加锌可以显著增加睾丸体积,进而降低所配种母貂的不受孕率。锌是促性腺激素和睾丸酮分泌不可缺少的物质,锌不足可影响促性腺激素的合成。锌是黄体生成素(LH)与睾丸内受体结合的辅助因子,缺锌时受体的亲和力降低^[30]。Martin 等^[31]的研究发现,缺锌动物的睾丸对 LH 的反应性较低,睾丸的锌浓度及睾酮水平均低于其他组。动物长时间锌缺乏可使血清睾酮及 LH 水平均明显降低。绪广林等^[32]的研究发现,缺锌组大鼠的血清睾酮水平明显低于锌含量正常组,对缺锌大鼠补锌后发现血清睾酮水平明显上升。锌还可升高血浆睾酮和二氢睾酮水平,低剂量锌摄入组前列腺组织中锌的水平降低,血清睾酮水平下降^[33]。谭中荣等^[34]的研究发现,血清睾酮水平与精液锌水平之间有密切相关,睾酮水平低下组的精液锌水平明显低于正常组。李忠宽等^[29]用性欲检测法评价公貂的繁殖性能,这种方法是根据整个配种期每只公貂成功交配的次数来估测公貂的性欲,其交配次数在 10 次或 10 次以上的为性欲强,在 10 次以下的为性欲弱。这些性欲弱的公貂是使很多母貂在繁殖期只得到 1 次交配的原因之一,因此直接影响母貂的胎产仔数。本试验中,饲料锌添加水平为 50~100 mg/kg 时,公貂的精子活力、睾丸直径、成功配种次数较好。母貂产仔率

没有受公貂饲料锌添加水平的显著影响,但呈现出随着公貂饲料锌添加水平的升高而先增加后降低的趋势。

3.2 饲料锌添加水平对繁殖期水貂干物质采食量、干物质消化率及营养物质消化率的影响

NRC(1982)^[11]的营养标准中指出,水貂的采食量主要由食物的适口性和饲料能量水平决定,并推荐锌的添加量为 60 mg/kg。本试验饲料能量水平基本一致,消除了由于能量水平对采食量的影响。本研究结果表明,饲料锌添加水平对水貂采食量影响不显著,说明试验中各组试验饲料适口性较好,消除了饲料适口性造成的差异。Rossil 等^[35]研究表明,饲料锌水平对肉鸡采食量,饲料转化率影响不显著。蒋宗勇等^[36]在研究 1~21 日龄黄羽肉鸡锌需要量的研究中发现,添加 80~120 mg/kg 锌显著提高了平均日采食量。马七军等^[37]研究表明,补锌可以显著改善奶山羊对饲料干物质的消化率。任二军等^[38]在研究不同锌水平对育成期水貂的采食量和干物质消化率的影响中发现,饲料锌水平对水貂采食量影响不显著,与本试验结果一致。饲料锌水平对采食量的影响是否受试验动物的影响尚待进一步研究。任二军等^[38]报道,饲料有机锌(蛋氨酸螯合锌)水平为 75 mg/kg 时育成期水貂的干物质消化率显著低于饲料无机锌($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)水平为 60 mg/kg 时。本试验所用锌源为无机锌,饲料锌添加水平为 50~100 mg/kg 时干物质消化率显著高于其他组,当饲料锌添加水平超过 100 mg/kg 时,干物质消化率显著降低。本试验与任二军等^[38]的试验结果不同,是否是由不同锌源的生物学效价不同导致,更高锌添加水平对干物质消化率效果如何等问题尚待进一步研究证实。

任二军等^[38]和王淑明等^[39]在研究不同锌添加水平对水貂的营养物质消化率的影响中,发现饲料锌的添加并没有对蛋白质和脂肪的消化率产生显著影响,这均与本试验结果基本一致。试验动物所处的时期及饲料原料在一定程度上都会影响蛋白质的表观消化率。此外,内源性氮(包括脱落的肠道细胞、肠道及胰腺消化酶)是粪氮的组成部分,在一定程度上也会影响蛋白质的表观消化率。饲料锌添加水平是否对水貂的营养物质消化率有影响尚待进一步研究。

3.3 饲料锌添加水平对繁殖期水貂氮代谢的影响

本试验结果表明,各组之间水貂的食入氮、尿氮、氮沉积、净蛋白质利用率、蛋白质生物学效价并无显著差异。通过氮平衡试验法所获得的净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值指标比较客观地反映了饲料蛋白质转化为畜产品蛋白质的利用情况。索宝^[40]在内蒙古白绒山羊羯羊锌需要量的研究中,发现不同锌水平对绒山羊氮代谢没有影响,与本试验结果一致。Kerr 等^[41]研究指出,随着摄入蛋白质的提高,尿氮也增加。本试验各组间繁殖期公貂的饲料蛋白水平一致,摄入蛋白质随着饲料锌添加水平的提高呈先增加后降低的趋势,食入氮的变化主要是由于采食量的不同所致。尿氮也随着饲料锌添加水平的提高呈先增加后降低的趋势,但是各组尿氮差异不显著,这与 Kerr 等^[41]的研究结果相符合。Newell^[42]在研究水貂营养时指出,水貂约有 80% 的氮是通过尿液排出的。吴学壮等^[43]在研究铜对水貂生产性能和氮代谢的影响时指出,水貂尿氮排出量接近食入氮量的 43%,水貂的净蛋白质利用率为 25%,蛋白质生物学价值为 40%。本试验中,各组水貂的尿氮排出量接近食入氮量的 67%~75%,水貂的净蛋白质利用率为 15%,蛋白质生物学价值为 20%。这可能与水貂的饲料组成有很大关系,吴学壮等^[43]在研究中采用的是干粉料,本试验中采用的是新鲜饲料,但是膨化玉米含量较多。动物维持自身需要一般只有当糖类代谢发生障碍时才由脂肪和蛋白质来供能,当糖类和脂肪摄入量都不足时,蛋白质的分解才会增加,尿氮排出量随蛋白质的分解增加而增加,净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值相应降低;当糖类和脂肪摄入量充足时,净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值相应提高。

4 结 论

① 对于繁殖期雄性水貂,随着饲料锌添加水平的提高,公貂的精子活力、睾丸直径、成功配种次数先升高后降低。饲料锌添加水平为 50~100 mg/kg(总锌水平 140~190 mg/kg)时,公貂的繁殖性能较为理想。

② 饲料锌添加水平为 100 mg/kg(总锌水平 190 mg/kg)时,殖期雄性水貂的干物质采食量较高。

③ 饲料锌添加水平对水貂的干物质采食量、脂肪消化率、氮沉积、净蛋白质利用率及蛋白质生物学价值影响不显著。

参考文献:

- [1] SCOTT M L. Nutrition of the chicken[M]. 3rd ed. New York: Ithaca, 1982.
- [2] BRANDAO N J, STEFAN V, MENDOCA B B, et al. The essential role of zinc in growth[J]. Nutrition Reviews, 1995, 15(3): 335-358.
- [3] MARIA J S, MARCELA B S, ZUBILLAGA B. The role of zinc in the growth and development of children[J]. Nutrition, 2002, 18: 510-519.
- [4] MILLAR M J, FISCHER M I, ELCOATE P V, et al. The effects of dietary zinc deficiency on the reproductive system of male rats[J]. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 1958, 36(6): 557-569.
- [5] FUSE H, KAZAMA T, OHTA S, et al. Relationship between zinc concentrations in seminal plasma and various sperm parameters[J]. International Urology and Nephrology, 1999, 31(3): 401-408.
- [6] MOHAMMAD S K, SAFEER Z, MOHAMMAD S, et al. Assessment of the level of trace element zinc in seminal plasma of males and evaluation of its role in male infertility[J]. Original Article, 2011, 1(2): 93-96.
- [7] SAEED S, KHAN F A, REHMAN S B, et al. Biochemical parameters in evaluation of oligospermia[J]. Journal of the Pakistan Medical Association, 1994, 44: 137-140.
- [8] 张拴林, 黄应祥, 岳文斌. 锌对雄性动物生殖的影响[J]. 黄牛杂志, 2001, 27(1): 38-40.
- [9] PITTS W J, MILLERS W J, FOSGATE O T. Effect of zinc deficiencies and restricted feeding from two to five months of age on reproduction in Holstein bulls[J]. Journal of Dairy Science, 1966, 49: 995-1000.
- [10] 王宗元. 动物矿物质营养代谢与疾病[M]. 上海: 上海科技文献出版社, 1995.
- [11] NRC. Nutrient requirements of mink and foxes[S]. Washington, D. C.: National Academy Press, 1982.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 6435—2006 饲料中水分和其他挥发性物质含量的测定[S]北京: 中国标准出版社, 2006.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 6433—2006 饲料中粗脂肪测定方法[S]北京: 中国标准出版社, 2006.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 6432—1994 饲

- 料中粗蛋白测定方法[S]北京:中国标准出版社,1994.
- [15] SUNDQVIST C. Recent male mink reproduction studies and some prospects for the future[J]. *Scientifur*, 1986,10:261-264.
- [16] ONSTAD O. Studies on postnatal testicular changes, semen quality and anomalies of reproductive organs in the mink[J]. *Acta Endocrinol (Copenh)*,1967(Suppl.):1-117.
- [17] POMYTKO V N, BERNATSKII V G, KRUGLOVA N M, et al. Semen collection, dilution and storage and artificial insemination in mink[J]. *Nauchno-Issledovatel'skii Institut Pushnogo Zverovodstva i Krolikovodstva*,1972,11:165-170.
- [18] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 23238—2009 种猪常温精液[S]北京:中国标准出版社,2009.
- [19] 刘惠芳. 微量元素锌影响动物繁殖性能的机理[J]. *畜禽业*,2003(7):31-32.
- [20] DISSANAYAKE D, WIJESINGHE P, RATNASORIYA W, et al. Relationship between seminal plasma zinc and semen quality in a subfertile population[J]. *Journal of Human Reproductive Sciences*, 2010, 3(3):124-128.
- [21] BJORND AHL L, KVIST U. Human sperm chromatin stabilization: a proposed model including zinc bridges[J]. *Molecular Human Reproduction*, 2010, 16:3-29.
- [22] YAMAGUCHI S, MIURA C, KIKUCHI K, et al. Zinc is an essential trace element for spermatogenesis[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009,106(26):10859-10864.
- [23] EDER K, KIRCHGES S M. Zinc deficiency and concentrations of lipids in plasma and lipoproteins of rats force fed a diet with linseed oil[J]. *Trace Elements Electrolytes*,1994(11):92.
- [24] MARTIN G B, WHITE C L, MARKEY C M, et al. Effects of dietary zinc deficiency on the reproductive system of young male sheep: testicular growth and the secretion of inhibin and testosterone[J]. *Journal of Reproduction and Fertility*,101(3):87-96.
- [25] 马群山,高玉海. 微量元素对种公畜性机能的影响[J]. *动物科学与动物医学*,2001,16(5):19-20.
- [26] 王宏辉,李愉鑫,王昆山,等. 高海拔条件下锌硒对猪繁殖性能的影响[J]. *当代畜牧*,2001(5):36-37.
- [27] VENGE O. Cyclical changes in testis and influence of additional light exposure on fertility in mink[C]//International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination, Paris: [s. n.], 1968:341-344.
- [28] HERON L, RIETVELD A A. Is there a correlation between testicle size and reproductive performance? [J]. *Scientifur*,1985,9(4):296.
- [29] 李忠宽,李红. 雄性水貂繁殖力的估测方法及提高水貂繁殖力的措施[J]. *经济动物学报*,1993(4):41-43.
- [30] SUNDERMAN F W. Regulation of gene expression by metal ions: zinc finger loop domains in hormone receptors, transcription factors, and proteins encoded on cogenes[J]. *Trace Elements in Medicine*,1990,7(1):47-55.
- [31] MARTIN G B, WHITE C L, MARKEY C M, et al. Effects of dietary zinc deficiency on the reproductive system of young male sheep: testicular growth and the secretion of inhibin and testosterone[J]. *Journal of Reproduction and Fertility*,1994,101(1):87-96.
- [32] 绪广林,钱之玉. 缺锌对雄性大鼠生殖系统影响的试验研究[J]. *微量元素与健康研究*,2000,17(4):5-7.
- [33] HUNT C D, JOHNSON P E, HERBEL J, et al. Effects of dietary zinc depletion on seminal volume and zinc loss, serum testosterone concentrations, and sperm morphology in young men[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*,1992,56(1):148-157.
- [34] 谭中荣,卢光进,郭小芳,等. 349例男性不育症患者精液Zn含量与临床分析[J]. *微量元素与健康研究*,1998,15(2):23-24.
- [35] ROSSIL P, RUTZ F, ANCIUTI M A, et al. Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers[J]. *The Journal of Applied Poultry Research*,2007,16(2):219-225.
- [36] 蒋宗勇,刘小雁,蒋守群,等. 1~2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.
- [37] 马七军,赵志恭,王守清. 饲草饲料中锌含量的测定及补锌对奶山羊生产性能和消化代谢的影响[J]. *动物营养学报*,1990,2(1):63.
- [38] 任二军,蒋清奎,刘进军,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):22-25.
- [39] 王淑明,张敏,封洋,等. 不同锌水平对水貂生产性能及营养物质消化率的影响[J]. *经济动物学报*,2009,13(4):207-210.
- [40] 索宝. 内蒙古白绒山羊生长羯羊锌需要量的研究

- [D]. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [41] KERR B J, MCKEITH F K, EASTER R A. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino acid supplemented diet[J]. *Journal of Animal Science*, 1995, 73: 433-440.
- [42] NEWWLL C W. Nutrient floe and manure management in the mink industry[D]. Ph. D. Thesis. Halifax, N. S.: Dalhousie University, 1999.
- [43] 吴学壮, 张铁涛, 崔虎, 等. 饲料添加铜水平对育成期水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[J]. *动物营养学报*, 2012, 24(6): 1078-1084.

Effects of Dietary Zinc Supplemental Level on Reproductive Performance, Nutrient Digestibility and Nitrogen Metabolism of Reproducing Male Minks

WU Xuezhuan^{1,2} ZHANG Tietao³ YANG Ying^{2,3} LIU Zhi¹

GAO Xiuhua^{1*} YANG Fuhe^{2,3} XING Xiumei^{2,3}

(1. Institute of Feed Research, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing, 100081, China;

2. State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Changchun 130112, China; 3. Institute of Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agricultural Science, Changchun 130112, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary zinc supplemental level on reproductive performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of reproducing male minks. Sixty healthy male minks were randomly divided into 5 groups with 12 replicates per group and 1 mink per replicate. The minks in the 5 groups were fed experimental diets with zinc supplemental levels of 0 (group I), 50 (group II), 100 (group III), 200 (group IV) and 400 mg/kg (group V), respectively. The pre-test period lasted for 7 days and the trial period lasted for 120 days. The results showed as follows: 1) the sperm motility in group I was significantly lower than that in groups II and III ($P < 0.01$), and was significantly lower than that in group V ($P < 0.05$). The testicular diameter in group I was significantly smaller than that in groups II ($P < 0.01$) and III ($P < 0.05$). The successful mating times on male mink in group I was significantly lower than that in group III ($P < 0.01$), and was significantly lower than that in groups II and IV ($P < 0.05$). 2) There were no significant differences in the dry matter (DM) intake and fat digestibility among all groups ($P > 0.05$). The DM output in group III was significantly higher than that in group I ($P < 0.05$); the DM digestibility in group II was significantly higher than that in group V ($P < 0.01$), and was significantly higher than that in group IV ($P < 0.05$); the protein digestibility in groups II and III was significantly higher than that in group V ($P < 0.05$). 3) There were no significant differences in the nitrogen intake, urine nitrogen, nitrogen deposition, net protein utilization and biological value of protein among all groups ($P > 0.05$). In conclusion, when the zinc supplemental level arrives at 50 to 100 mg/kg (total zinc level is 140 to 190 mg/kg), the reproductive performance of minks is more ideal. When the zinc supplemental level arrives at 100 mg/kg (total zinc level is 190 mg/kg), the DM intake of minks is higher. Dietary zinc supplemental level has no effect on DM intake, fat digestibility, nitrogen deposition, net protein utilization and biological value of protein in minks. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(8): 1817-1824]

Key words: zinc; diet; mink; reproductive performance; digestibility