

# 不同蛋白质水平日粮对不同日龄育成期公貂 (*Mstula vision*) 生长性能与消化代谢规律的影响

张铁涛<sup>1,3</sup>, 张志强<sup>1</sup>, 任二军<sup>4</sup>, 高秀华<sup>1\*</sup>, 杨福合<sup>2</sup>, 邢秀梅<sup>2</sup>

(1. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081; 2. 中国农业科学院特产研究所, 吉林 132109;

3. 吉林省经济动物分子生物学省部共建实验室, 吉林 132109; 4. 石家庄市农林科学院, 石家庄 050041)

**摘要:** 旨在研究水貂在断奶分窝后至育成前期结束期间, 对不同蛋白质水平日粮中营养物质的消化代谢规律及不同营养水平对水貂生产性能的影响。选择健康状况、日龄相近的幼龄雄性水貂 60 只, 按照单因素试验设计随机分成 6 组, 6 组饲喂蛋白质水平分别为: 28% (I 组)、30% (II 组)、32% (III 组)、34% (IV 组)、36% (V 组)、38% (VI 组)。在水貂育成期内, 进行饲养与消化代谢试验, 分析不同日龄水貂的蛋白消化率、脂肪消化率、氮沉积、氮生物学价值等指标, 结合饲料转化率及日增体质量, 研究水貂在生长过程中对蛋白质、脂肪等营养物质的消化代谢规律。试验结果表明: 各组水貂在体质量、蛋白质生物学价值和净蛋白质利用率上存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 在饲料转化率、干物质消化率、蛋白质消化率、脂肪消化率、食入氮和尿氮指标上差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 各组水貂尿氮排出量随着饲喂日粮的蛋白质含量的提高而增加; 育成期水貂的日粮蛋白质含量低于 32% 时, 饲料转化率和日增体质量均显著降低 ( $P < 0.05$ )。育成期水貂日粮蛋白质水平低于 32%, 水貂的生长速度显著减慢; 日粮蛋白质含量达到 34% 以上能够提高脂肪和干物质的消化率; 育成期水貂在 50~80 日龄之间, 适宜的蛋白质水平为 36%, 80~110 日龄间, 水貂适宜的蛋白质水平是 34%。

**关键词:** 日粮蛋白质; 育成期; 水貂; 生长性能; 消化代谢

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2011)10-1387-09

## Effect of Dietary Protein on the Growth Performance and the Regularity of Digestibility and Metabolism in Mink at the Period of Development

ZHANG Tie-tao<sup>1,3</sup>, ZHANG Zhi-qiang<sup>1</sup>, REN Er-jun<sup>4</sup>,  
GAO Xiu-hua<sup>1\*</sup>, YANG Fu-he<sup>2</sup>, XING Xiu-mei<sup>2</sup>

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

2. Institute of Special Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agricultural

Sciences, Jilin 132109, China; 3. State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular

Biology, Jilin 132109, China; 4. Shijiazhuang Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050041, China)

**Abstract:** The experiment was designed to investigate the regulatory of digestion and metabolism of different dietary protein levels in mink at the period of the growth and development. Sixty young male minks were randomly divided into six groups according to a single-factor test. The trials of feeding and metabolism were used to analyse the digestibility of protein, digestibility of fat, nitrogen deposition and protein biological value, combining with the ratio of feed conversion rate and the average daily gain to deduce the fluctuation regulation of nutrition in mink during the rearing process of the growth and development. The result showed that: the parameters such as

收稿日期: 2010-12-20

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903014)

作者简介: 张铁涛(1984-), 男, 河北保定人, 博士研究生, 主要从事水貂的生理营养研究, E-mail: pheilty@163.com

\* 通讯作者: 高秀华(1959-), 女, 研究员, Tel: 010-82106074, E-mail: xiuhugao@126.com

body weight, protein biological value and net protein utilization were significantly different among groups ( $P < 0.05$ ); feed conversion rate, digestibility of dry matters, digestibility of protein, digestibility of crude fat, intake nitrogen and urine nitrogen were greatly significantly different among minks ( $P < 0.01$ ); the more urine nitrogen was drained with the more dietary protein ( $P < 0.05$ ); the percentage of dietary protein was less than 32%, the feed conversion rate and average daily gain of minks were significantly reduced ( $P < 0.05$ ). The content of dietary protein was lower than 32%, the growth rate of mink would be obviously declined ( $P < 0.05$ ); the higher dietary protein level that over 34% promoted the digestibility of crude fat and dry matters; the optimum dietary protein level were 36% and 34% at 50-80 day ages and 80-110 day ages, respectively.

**Key words:** dietary protein; development period; mink; growth performance; digestibility metabolism

水貂的毛皮是加工高档皮草的原料,国际服装市场对于水貂毛皮的需求日益增加。我国是水貂的养殖大国,水貂皮每年的出口量占世界貂皮总量的百分之十以上<sup>[1-2]</sup>。幼龄水貂的生长发育较快,在常规营养物质中,蛋白质对水貂的生长发育具有决定性的作用<sup>[3]</sup>。日粮中适宜的蛋白质水平不但能够促进水貂的生长发育,而且能够降低饲料的成本,增加养殖收益,带动我国的毛皮兽养殖业的发展。国内外对于水貂日粮蛋白质的研究主要以海杂鱼鲜饲料为主,而对干粉日粮的研究较少,不同日龄的水貂对日粮中营养物质的消化代谢规律还未见系统报道<sup>[4-6]</sup>,研究育成期水貂对日粮蛋白质及脂肪的消化代谢规律,对合理配制水貂的日粮具有指导意义。水貂是单胃食肉动物,消化道短,易于消化吸收营养价值大,含有大量蛋白质和一定数量动物性蛋白饲料的日粮。蛋白质在水貂生长的早期,对水貂的生长影响显著。我国对水貂育成期的蛋白质需求报道并不一致<sup>[7-8]</sup>。而国外的文献对于水貂的育成期蛋白需求量的报道也不一致<sup>[9]</sup>,可能是饲料原料的差异所造成的。美国短毛黑水貂在国际毛皮市场上享有盛誉,以 50 日龄断奶的标准貂作为试验材料,研究水貂在 65、80、95 和 110 日龄对蛋白质的消化代谢规律及饲料转化率。明确水貂在育成期内对不同蛋白水平的日粮消化代谢规律,确定不同日龄水貂对蛋白质的需求,对于实际生产具有重要指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与饲养管理

选择健康 50 日龄断奶的水貂 60 只,水貂平均体质量为  $(0.778 \pm 0.119)$  kg,随机分成 6 组,各组

间的体质量差异不显著 ( $P > 0.05$ ),每组设 10 个重复,每个重复 1 只,水貂均为单笼饲养。6 组水貂分别饲喂蛋白质水平为 28% (I 组)、30% (II 组)、32% (III 组)、34% (IV 组)、36% (V 组)、38% (VI 组)。试验正试期开始前,对水貂接种犬瘟热和细小病毒疫苗。每天 08:00 和 16:00 各饲喂水貂 1 次,自由饮水。

### 1.2 试验动物日粮

水貂目前没有统一的营养标准,根据国内外文献报道<sup>[5-6,8]</sup>,设计水貂的日粮蛋白质水平分别为:28%、30%、32%、34%、36%、38%。饲料的原料组成及营养成分见表 1。

### 1.3 试验设计

采用单因子试验设计。水貂每隔 14 d 早晨空腹称重。消化代谢试验共分 4 期进行,每期间隔 14 d。

I 期:2009.07.28-2009.07.31; II 期:2009.08.11-2009.08.14; III 期:2009.08.29-2009.09.02  
IV 期:2009.09.13-2009.09.17。

第 4 期消化代谢结束后,水貂育成期试验结束,开始进入冬毛生长期。

### 1.4 样品采集

水貂在正试期开始后,每隔 14 d 进行一期消化代谢试验,每次 4 d。每组挑选 6 只进行消化代谢,采用全收粪法,代谢试验期间与日常饲养管理相同。每天收集的粪便称重后按鲜质量的 5% 加入 10% 硫酸溶液,并加少量甲苯防腐,保存于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  备用。每天收集的尿液中每 100 mL 加入 2 mL 的 10% 硫酸溶液,加 4 滴甲苯用于防腐,保存于  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  备用。粪样烘干粉碎后过 40 目筛备用。

表1 试验日粮组成及营养水平(风干基础)

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

%

项目 Item	组别 Group					
	I	II	III	IV	V	VI
原料 Ingredient						
膨化玉米 Extrusion corn	38.00	39.00	36.00	34.00	32.00	29.00
豆粕 Soybean meal	4.00	3.00	2.50	0.00	0.00	0.00
玉米蛋白粉 Corn protein meal	10.00	6.00	5.00	9.00	11.00	10.00
玉米胚芽粕 Corn germ meal	4.50	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
鸡肉粉 Chicken meal	5.00	5.00	5.00	4.00	0.00	0.00
肉骨粉 Bone meat meal	11.00	11.50	14.00	12.50	10.00	13.00
乳酪粉 Cheese meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
鱼粉 Fish meal	10.00	16.00	20.00	23.00	29.50	30.50
猪油 Pig oil	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix <sup>1)</sup>	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient level <sup>2)</sup>						
代谢能 ME (MJ/kg)	12.75	12.33	13.22	13.17	13.42	13.47
粗蛋白质 CP	28.18	30.07	31.98	34.12	36.10	38.14
钙 Ca	2.39	2.40	2.42	2.41	2.40	2.38
总磷 TP	1.40	1.38	1.40	1.39	1.41	1.39
赖氨酸 Lys <sup>3)</sup>	1.84	1.98	2.30	2.42	2.62	2.76
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	1.54	1.60	1.68	1.79	1.89	2.05

<sup>1)</sup> 每千克预混料含有:VA 1 000 000 IU; VD<sub>3</sub> 200 000 IU; VE 6 000 IU; VB<sub>1</sub> 600 mg; VB<sub>2</sub> 800 mg; VB<sub>6</sub> 300 mg; VB<sub>12</sub> 10 mg; VK<sub>3</sub> 100 mg; VC 40 000 mg; 烟酸 4 000 mg; 泛酸 1 200 mg; 生物素 20 mg; 叶酸 80 mg; 胆碱 30 000 mg; Fe 8 200 mg; Cu 800 mg; Mn 1 200 mg; Zn 5 200 mg; I 50 mg; Se 20 mg; Co 50 mg。<sup>2)</sup> 粗蛋白质、钙、总磷为测定值,其他为计算值。<sup>3)</sup> 各组日粮中的赖蛋比值相似,赖氨酸与含硫氨基酸占日粮总蛋白质的比例相同

<sup>1)</sup> Contained the following per kg of premix: VA 1 000 000 IU; VD<sub>3</sub> 200 000 IU; VE 6 000 IU; VB<sub>1</sub> 600 mg; VB<sub>2</sub> 800 mg; VB<sub>6</sub> 300 mg; VB<sub>12</sub> 10 mg; VK<sub>3</sub> 100 mg; VC 40 000 mg; niacin acid 4 000 mg; pantothenic acid 1 200 mg; biotin 20 mg; folic acid 80 mg; choline 30 000 mg; Fe 8 200 mg; Cu 800 mg; Mn 1 200 mg; Zn 5 200 mg; I 50 mg; Se 20 mg; Co 50 mg. <sup>2)</sup> Values of CP, Ca and TP are measured values, others are calculated values. <sup>3)</sup> The ratio of lysine to methionine is similar in diets, the lysine and sulfur amino acid have the same percentage in the total protein

### 1.5 测定指标与方法

生产性能指标:分别称量水貂在 50、65、80、95 和 110 日龄的体质量,计算水貂在不同日龄的日增体质量;记录每只水貂每天的给料量和剩余料量,计

算每只水貂的采食量以及每组的采食量,比较各组水貂间的饲料转化率。

样品分析:采用 65 ℃ 烘干法测定日粮风干物质含量;凯式定氮法测定蛋白质含量参考 GB/T 6432-

94<sup>[10]</sup>;索氏浸提法测定粗脂肪的含量参考 GB/T 6433-2006<sup>[11]</sup>。

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-粪中蛋白质含量)/蛋白质摄入量)×100%;

脂肪消化率(%)=((脂肪摄入量-粪中脂肪含量)/脂肪摄入量)×100%;

氮沉积( $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ )=食入氮-粪氮-尿氮;

净蛋白质利用率(Net protein utilization, NPU, %)=(沉积氮/食入氮)×100%;

蛋白质生物学价值(Biological value of protein, BV, %)= $[\text{氮沉积}/(\text{食入氮}-\text{粪氮})] \times 100\%$ ;

日增体质量(Average daily gain, ADG,  $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ )=(末体质量-初始体质量)/饲养天数;

饲料转化率(Feed conversion rate, FCR)=(末体质量-初始体质量)/饲料饲喂量。

## 1.6 数据统计

试验数据应用统计软件 SPSS16.0 进行分析,采用 ONE-WAY ANOVA 进行差异性检验,试验结果以“平均值±标准差”的形式表示,其中  $P < 0.05$  表示差异显著,  $P < 0.01$  表示差异极显著。

## 2 结 果

### 2.1 生产性能

由表 2 可以看出,各组水貂在 50 日龄时,体质量差异不显著( $P > 0.05$ );65 日龄时,Ⅱ组水貂与Ⅵ组相比,体质量存在极显著差异( $P < 0.01$ );80 日龄时,Ⅰ、Ⅱ组水貂与Ⅲ和Ⅳ组相比,体质量存在极显著差异( $P < 0.01$ ),Ⅱ组水貂与Ⅴ和Ⅵ组相比,体质量存在显著差异( $P < 0.05$ );95 日龄时,Ⅰ组水貂与Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组相比,体质量存在极显著差异( $P < 0.01$ ),Ⅱ组与Ⅲ组水貂相比,体质量存在显著差异( $P < 0.05$ ),Ⅱ组水貂与Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组相比,体质量存在显著差异( $P < 0.05$ );水貂在 110 日龄时,Ⅰ组与Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组相比,体质量存在极显著差异( $P < 0.01$ ),Ⅱ组水貂与Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组相比,体质量存在显著差异( $P < 0.05$ )。65 日龄时,各组水貂间的日增体质量差异不显著( $P > 0.05$ );80 日龄时,Ⅰ组水貂与Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组相比,日增体质量存在极显著差异

( $P < 0.01$ );95 日龄时,Ⅲ组水貂日增体质量显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ组( $P < 0.05$ );110 日龄时,各组水貂间的日增体质量差异不显著( $P > 0.05$ )。Ⅰ、Ⅱ组水貂与Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组相比,平均日增体质量差异显著( $P < 0.05$ )。水貂的耗料量指标,65 日龄时,Ⅳ组水貂的耗料量极显著高于Ⅱ组( $P < 0.01$ ),Ⅲ和Ⅵ组水貂显著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ );80 日龄时,Ⅲ和Ⅳ组水貂耗料量极显著高于Ⅰ、Ⅱ与Ⅳ组( $P < 0.01$ );95 日龄时,各组水貂的耗料量差异不显著( $P > 0.05$ );110 日龄时,Ⅳ组水貂耗料量极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ )。水貂的育成期总耗料量,Ⅳ组水貂极显著高于Ⅱ与Ⅴ组( $P < 0.01$ )。饲料转化率指标上,65 日龄各组水貂间差异不显著( $P > 0.05$ );80、95 日龄时,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ );110 日龄时,Ⅵ组水貂显著高于Ⅲ组( $P < 0.05$ )。水貂的饲料平均转化率Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ );Ⅵ组水貂显著高于Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ组( $P < 0.05$ )。

### 2.2 营养物质消化代谢

由表 3 可以看出,水貂在 65 日龄时,Ⅳ组干物质消化率极显著高于Ⅰ与Ⅱ组( $P < 0.01$ );80 日龄时,Ⅴ组水貂极显著高于Ⅰ、Ⅱ与Ⅳ组( $P < 0.01$ ),显著高于Ⅲ和Ⅵ组( $P < 0.05$ );95 日龄时,各组水貂间干物质消化率差异不显著( $P > 0.05$ );110 日龄时,Ⅴ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),显著高于Ⅱ和Ⅲ组( $P < 0.05$ )。蛋白质消化率指标上,65 日龄时Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),显著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ );80 日龄时,Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),Ⅴ和Ⅵ组显著高于Ⅱ与Ⅳ组( $P < 0.05$ );95 日龄时,Ⅴ组水貂极显著高于Ⅰ与Ⅱ组( $P < 0.01$ ),Ⅳ组显著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ );110 日龄时,Ⅳ、Ⅴ与Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),Ⅳ组显著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ )。脂肪消化率指标上,65 日龄时Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),显著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ );80 日龄时,Ⅴ与Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ、Ⅱ组( $P < 0.01$ ),显著高于Ⅲ组( $P < 0.05$ );110 日龄时,Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),Ⅵ组水貂显著高于Ⅱ和Ⅲ组( $P < 0.05$ )。

表2 不同蛋白水平对水貂生产性能的影响

Table 2 Effects of different CP levels on growth performance of minks

项目 Item	日龄/d Day	组别 Group						
		I组	II组	III组	IV组	V组	VI组	
体质量/g Body weight	50	778.6±	778.6±	775.0±	776.4±	780.2±	778.0±	
		118.9	122.7	116.6	118.5	102.7	155.3	
	65	1 038.3±	1 017.5±	1 084.4±	1 109.9±	1 048.4±	1 134.1±	
		126.7 <sup>ab</sup>	53.1 <sup>a</sup>	146.2 <sup>ab</sup>	70.4 <sup>ab</sup>	124.6 <sup>ab</sup>	89.9 <sup>b</sup>	
	80	1 100.4±	1 165.0±	1 334.1±	1 333.0±	1 311.2±	1 293.0±	
		168.6 <sup>Aa</sup>	112.4 <sup>ACa</sup>	174.4 <sup>Bb</sup>	52.4 <sup>Bb</sup>	101.1 <sup>BCb</sup>	89.2 <sup>BCb</sup>	
	95	1 235.8±	1 353.0±	1 568.5±	1 519.3±	1 498.6±	1 515.8±	
		145.8 <sup>Aa</sup>	112.4 <sup>ACa</sup>	190.3 <sup>Bb</sup>	63.3 <sup>BCb</sup>	150.8 <sup>BCb</sup>	80.4 <sup>BCb</sup>	
	110	1 329.9±	1 501.1±	1 664.8±	1 652.6±	1 676.2±	1 714.2±	
		119.5 <sup>Aa</sup>	128.0 <sup>ACb</sup>	191.7 <sup>BCc</sup>	102.2 <sup>BCc</sup>	121.4 <sup>Bc</sup>	74.6 <sup>Bc</sup>	
日增体质量/ (g·d <sup>-1</sup> ) Daily gain	65	15.75±	19.26±	20.43±	23.25±	21.67±	24.10±	
		2.80	6.84	5.18	7.53	7.06	7.24	
	80	6.30±	12.76±	14.49±	14.12±	15.94±	12.12±	
		4.51 <sup>Aa</sup>	3.34 <sup>Bb</sup>	4.30 <sup>Bb</sup>	3.62 <sup>Bb</sup>	4.21 <sup>Bb</sup>	3.70 <sup>Bb</sup>	
	95	9.74±	14.82±	20.87±	15.57±	17.67±	16.94±	
		1.42 <sup>A</sup>	5.61 <sup>Ba</sup>	3.47 <sup>Cb</sup>	1.10 <sup>Ba</sup>	2.97 <sup>BCab</sup>	0.87 <sup>BCac</sup>	
	110	10.39±	10.88±	9.95±	12.69±	9.54±	13.92±	
		5.33	4.92	3.82	4.63	1.51	2.56	
	平均日增体 质量/(g·d <sup>-1</sup> ) Average daily gain		12.29±	16.59±	19.45±	20.02±	19.35±	20.59±
			2.79 <sup>A</sup>	2.71 <sup>Ba</sup>	1.78 <sup>BCbc</sup>	1.54 <sup>Cc</sup>	2.48 <sup>BCbc</sup>	1.18 <sup>Cc</sup>
耗料量/kg Feed consumption	65	1.27±	1.23±	1.31±	1.34±	1.29±	1.30±	
		0.07 <sup>ABab</sup>	0.07 <sup>Aa</sup>	0.06 <sup>ABb</sup>	0.04 <sup>Bb</sup>	0.05 <sup>ABab</sup>	0.07 <sup>ABb</sup>	
	80	1.39±	1.39±	1.58±	1.55±	1.45±	1.47±	
		0.02 <sup>Aa</sup>	0.06 <sup>Aa</sup>	0.06 <sup>Bc</sup>	0.06 <sup>BCc</sup>	0.09 <sup>Aa</sup>	0.05 <sup>ACb</sup>	
	95	1.71±	1.49±	1.49±	1.58±	1.45±	1.47±	
		0.42	0.07	0.02	0.05	0.12	0.05	
	110	1.48±	1.60±	1.58±	1.63±	1.54±	1.54±	
		0.11 <sup>Aa</sup>	0.04 <sup>ABb</sup>	0.11 <sup>ABb</sup>	0.05 <sup>Bb</sup>	0.11 <sup>ABab</sup>	0.06 <sup>ABab</sup>	
	总耗料量/kg Total feed consumption		5.85±	5.72±	5.96±	6.10±	5.73±	5.78±
			0.35 <sup>Abc</sup>	0.08 <sup>Ac</sup>	0.30 <sup>ABa</sup>	0.09 <sup>Ba</sup>	0.17 <sup>Ac</sup>	0.20 <sup>ABbc</sup>
饲料转化率/% Feed conversion rate	65	5.89±	5.50±	4.86±	4.62±	4.69±	4.24±	
		0.95	3.35	1.30	2.01	1.67	1.64	
	80	15.74±	8.31±	8.34±	8.24±	6.97±	9.32±	
		2.41 <sup>A</sup>	2.44 <sup>B</sup>	2.36 <sup>B</sup>	2.01 <sup>B</sup>	2.20 <sup>B</sup>	2.59 <sup>B</sup>	
	95	12.88±	8.02±	5.25±	7.29±	5.98±	6.23±	
		4.21 <sup>A</sup>	2.70 <sup>B</sup>	1.22 <sup>B</sup>	0.72 <sup>B</sup>	0.98 <sup>B</sup>	0.50 <sup>B</sup>	
	110	12.26±	11.97±	13.25±	8.67±	11.76±	8.08±	
		5.16 <sup>ab</sup>	4.14 <sup>ab</sup>	6.26 <sup>a</sup>	1.51 <sup>ab</sup>	2.11 <sup>ab</sup>	1.41 <sup>b</sup>	
	平均转化率/% Average feed conversion rate		8.84±	6.30±	5.52±	5.47±	5.38±	5.02±
			1.82 <sup>A</sup>	1.10 <sup>Ba</sup>	0.66 <sup>Ba</sup>	0.44 <sup>Ba</sup>	0.91 <sup>Ba</sup>	0.32 <sup>Bb</sup>

同行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( $P < 0.01$ )。下表同

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), with different capital superscripts mean extremely significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as below

表 3 不同蛋白质水平对水貂营养物质消化代谢的影响

Table 3 Effects of different CP levels on nutrient metabolism of minks

%

项目 Item	日龄/d Day	组别 Group						
		I 组	II 组	III 组	IV 组	V 组	VI 组	
干物质消化率 Digestibility of dry matter	65	67.49±	69.03±	72.52±	73.89±	73.30±	73.41±	
		2.00 <sup>Aa</sup>	2.97 <sup>ACac</sup>	3.18 <sup>ABCbc</sup>	3.56 <sup>Bb</sup>	1.53 <sup>Bbc</sup>	4.73 <sup>BCbc</sup>	
	80	62.22±	66.14±	70.02±	67.88±	74.57±	72.02±	
		1.24 <sup>Aa</sup>	3.24 <sup>ACab</sup>	3.82 <sup>BCDbc</sup>	5.35 <sup>BCb</sup>	3.39 <sup>Dd</sup>	1.94 <sup>BDc</sup>	
	95	63.77±	63.41±	63.27±	67.52±	70.09±	68.21±	
		9.46	3.61	5.19	5.06	1.67	1.89	
	110	63.63±	67.24±	67.95±	69.45±	71.15±	70.30±	
		3.91 <sup>Aa</sup>	1.52 <sup>ABb</sup>	1.05 <sup>Bb</sup>	4.51 <sup>Bbc</sup>	1.28 <sup>Bc</sup>	1.76 <sup>Bbc</sup>	
	蛋白质消化率 Digestibility of protein	65	65.37±	69.71±	74.81±	76.92±	78.25±	78.18±
			3.34 <sup>Aa</sup>	3.01 <sup>ACb</sup>	3.80 <sup>BCc</sup>	3.56 <sup>Bc</sup>	2.15 <sup>Bc</sup>	4.32 <sup>Bc</sup>
		80	67.98±	72.01±	75.76±	75.50±	79.57±	76.97±
			1.39 <sup>Aa</sup>	3.87 <sup>ACbc</sup>	4.99 <sup>BCcd</sup>	3.29 <sup>BCc</sup>	3.00 <sup>Bd</sup>	2.10 <sup>BCd</sup>
95		70.77±	68.58±	70.17±	74.46±	77.26±	72.78±	
		7.54 <sup>Aac</sup>	3.09 <sup>Aa</sup>	4.64 <sup>ABac</sup>	4.64 <sup>ABbc</sup>	5.30 <sup>Bb</sup>	2.95 <sup>ABabc</sup>	
110		69.84±	71.70±	73.85±	75.96±	76.50±	73.94±	
		2.85 <sup>Aa</sup>	2.54 <sup>ACab</sup>	1.81 <sup>ABbc</sup>	3.71 <sup>Bc</sup>	1.95 <sup>Bc</sup>	2.62 <sup>BCbc</sup>	
脂肪消化率 Degestibility of fat		65	66.29±	74.15±	76.59±	81.92±	83.50±	87.85±
			5.73 <sup>Aa</sup>	8.00 <sup>ACb</sup>	7.87 <sup>BCbc</sup>	2.79 <sup>BCDcd</sup>	2.61 <sup>BDd</sup>	2.27 <sup>Dd</sup>
		80	72.38±	79.15±	81.50±	82.91±	88.15±	88.85±
			3.73 <sup>Aa</sup>	4.79 <sup>ACbc</sup>	10.23 <sup>BCc</sup>	3.52 <sup>BCcd</sup>	1.69 <sup>Bd</sup>	1.33 <sup>Bd</sup>
	95	81.44±	78.32±	73.72±	83.54±	87.11±	89.33±	
		5.31 <sup>ABab</sup>	7.00 <sup>ABa</sup>	9.41 <sup>Aa</sup>	3.8 <sup>ABac</sup>	0.98 <sup>ABac</sup>	1.31 <sup>Bbc</sup>	
	110	79.71±	84.61±	84.36±	85.79±	87.20±	88.33±	
		3.42 <sup>A</sup>	2.52 <sup>BCa</sup>	2.91 <sup>BCa</sup>	2.88 <sup>BCab</sup>	0.67 <sup>BCab</sup>	1.34 <sup>Cb</sup>	

### 2.3 氮平衡试验

由表 4 可以看出,在食入氮指标上,65 日龄时,Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ和Ⅱ组( $P < 0.01$ ),Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于其它 4 组( $P < 0.01$ );80 日龄时,Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组水貂极显著高于Ⅰ和Ⅱ组( $P < 0.01$ ),Ⅵ组水貂极显著高于其它 5 组( $P < 0.01$ );95 日龄时,Ⅳ和Ⅴ组水貂显著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ ),Ⅵ组极显著高于Ⅱ组( $P < 0.01$ );110 日龄时,Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ和Ⅱ组( $P < 0.01$ )。水貂在 65 日龄时,各试验组间的粪氮排泄量差异不显著( $P > 0.05$ );80 日龄时,Ⅰ、Ⅳ和Ⅵ组水貂的粪氮排泄量显著高于Ⅴ组( $P < 0.05$ );95 日龄时,各试验组间的粪氮排泄量差异不显著( $P > 0.05$ );110 日龄时,Ⅵ组水貂显著高于Ⅰ组( $P < 0.05$ )。尿氮指标上,65 日龄时Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组( $P < 0.01$ );80 日龄时,Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),Ⅳ组水貂显

著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ ),与Ⅲ组差异不显著( $P > 0.05$ ),Ⅴ和Ⅵ组水貂显著高于Ⅳ组( $P < 0.05$ );95 日龄时,Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ组( $P < 0.01$ ),Ⅳ组与Ⅲ、Ⅴ和Ⅵ组相比差异不显著( $P > 0.05$ );110 日龄时,Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ、Ⅱ和Ⅳ组( $P < 0.01$ )。氮沉积指标上,65 日龄时Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ和Ⅵ组水貂极显著高于Ⅰ和Ⅱ组( $P < 0.01$ );80 日龄时,Ⅲ组水貂极显著高于Ⅰ、Ⅱ组( $P < 0.01$ ),Ⅳ和Ⅵ组水貂显著高于Ⅰ和Ⅱ组( $P < 0.05$ );95 日龄时,各试验组间的粪氮排泄量差异不显著( $P > 0.05$ );110 日龄时,Ⅳ组极显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅵ组水貂( $P < 0.01$ ),显著高于Ⅴ组( $P < 0.05$ )。在蛋白质生物学价值指标上,65 日龄时,Ⅲ、Ⅳ组水貂显著高于Ⅱ组( $P < 0.05$ );80 与 95 日龄时,各试验组水貂间的蛋白质生物学价值差异不显著( $P > 0.05$ );110 日龄时,Ⅳ组极显著高于其它 5 组水貂( $P < 0.01$ )。净蛋白利用率指标上,65 日龄时Ⅲ

组水貂显著高于I组 ( $P < 0.05$ );80与95日龄时,各试验组水貂间的蛋白质生物学价值差异不显著 ( $P > 0.05$ );110日龄时,IV组极显著高于其它5组水貂 ( $P < 0.01$ ),I和V组水貂显著高于VI组 ( $P < 0.05$ )。

表4 不同蛋白质水平对水貂氮平衡的影响

Table 4 Effects of different CP levels on nitrogen

项目 Item	日龄/d Day	组别 Group					
		I组	II组	III组	IV组	V组	VI组
食入氮/ (g · d <sup>-1</sup> ) Intake nitrogen	65	3.64 ± 0.19 <sup>A</sup>	4.09 ± 0.22 <sup>B</sup>	4.71 ± 0.25 <sup>C</sup>	4.97 ± 0.13 <sup>C</sup>	5.41 ± 0.21 <sup>D</sup>	5.43 ± 0.31 <sup>D</sup>
	80	4.55 ± 0.08 <sup>ANa</sup>	4.81 ± 0.22 <sup>AB</sup>	5.83 ± 0.20 <sup>BCc</sup>	6.04 ± 0.21 <sup>BCc</sup>	5.99 ± 0.37 <sup>BCc</sup>	6.40 ± 0.21 <sup>D</sup>
	95	5.56 ± 1.36 <sup>ABbc</sup>	5.15 ± 0.24 <sup>ANa</sup>	5.52 ± 0.83 <sup>ABac</sup>	6.17 ± 0.20 <sup>ABbc</sup>	5.98 ± 0.49 <sup>ABbc</sup>	6.41 ± 0.22 <sup>Bb</sup>
	110	4.82 ± 0.37 <sup>A</sup>	5.52 ± 0.15 <sup>Ba</sup>	5.85 ± 0.41 <sup>BDa</sup>	6.38 ± 0.19 <sup>Cc</sup>	6.34 ± 0.44 <sup>CDbc</sup>	6.41 ± 0.25 <sup>Cc</sup>
粪氮/(g · d <sup>-1</sup> ) Fecal nitrogen	65	1.26 ± 0.14	1.28 ± 0.11	1.19 ± 0.22	1.15 ± 0.16	1.18 ± 0.08	1.17 ± 0.23
	80	1.45 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.21 <sup>ab</sup>	1.41 ± 0.28 <sup>ab</sup>	1.48 ± 0.22 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.47 ± 0.13 <sup>a</sup>
	95	1.54 ± 0.20	1.61 ± 0.12	1.66 ± 0.43	1.57 ± 0.26	1.51 ± 0.09	1.59 ± 0.43
	110	1.45 ± 0.14 <sup>a</sup>	1.56 ± 0.11 <sup>ab</sup>	1.53 ± 0.11 <sup>ab</sup>	1.53 ± 0.23 <sup>ab</sup>	1.58 ± 0.20 <sup>ab</sup>	1.71 ± 0.20 <sup>b</sup>
尿氮/(g · d <sup>-1</sup> ) Urine nitrogen	65	1.66 ± 0.17 <sup>ANa</sup>	2.10 ± 0.31 <sup>ACbc</sup>	2.27 ± 0.28 <sup>BCcd</sup>	2.56 ± 0.32 <sup>BCde</sup>	2.85 ± 0.34 <sup>Def</sup>	2.99 ± 0.49 <sup>Df</sup>
	80	1.65 ± 0.17 <sup>ANa</sup>	2.10 ± 0.31 <sup>ACb</sup>	2.27 ± 0.28 <sup>BCbc</sup>	2.56 ± 0.32 <sup>BCDcd</sup>	2.85 ± 0.34 <sup>Dde</sup>	2.98 ± 0.49 <sup>Dde</sup>
	95	2.05 ± 0.42 <sup>ANa</sup>	2.21 ± 0.36 <sup>ACac</sup>	2.76 ± 0.67 <sup>ACDbcd</sup>	3.00 ± 0.38 <sup>BCDde</sup>	3.32 ± 0.99 <sup>BDde</sup>	3.67 ± 0.45 <sup>BDde</sup>
	110	1.94 ± 0.24 <sup>ANa</sup>	2.55 ± 0.38 <sup>ABbc</sup>	2.74 ± 0.38 <sup>BCbc</sup>	2.08 ± 0.87 <sup>ABac</sup>	3.01 ± 0.23 <sup>Cbd</sup>	3.39 ± 0.61 <sup>Cd</sup>
氮沉积/ (g · d <sup>-1</sup> ) Nitrogen deposition	65	0.72 ± 0.15 <sup>ANa</sup>	0.72 ± 0.30 <sup>ANa</sup>	1.25 ± 0.29 <sup>Bb</sup>	1.26 ± 0.45 <sup>Bb</sup>	1.38 ± 0.27 <sup>Bb</sup>	1.27 ± 0.42 <sup>Bb</sup>
	80	1.42 ± 0.11 <sup>ANa</sup>	1.36 ± 0.33 <sup>ANa</sup>	2.15 ± 0.52 <sup>Bb</sup>	2.00 ± 0.48 <sup>ABb</sup>	1.93 ± 0.37 <sup>ABab</sup>	1.94 ± 0.60 <sup>ABb</sup>
	95	1.31 ± 0.78	1.32 ± 0.16	1.10 ± 0.32	1.60 ± 0.16	1.30 ± 0.87	0.99 ± 0.56
	110	1.43 ± 0.27 <sup>Ab</sup>	1.41 ± 0.29 <sup>Ab</sup>	1.58 ± 0.25 <sup>Ab</sup>	2.77 ± 0.71 <sup>Ba</sup>	1.84 ± 0.12 <sup>ABb</sup>	1.31 ± 0.52 <sup>Ab</sup>
蛋白质生物学 价值/% Protein biological value	65	19.91 ± 4.78 <sup>ac</sup>	17.41 ± 7.00 <sup>c</sup>	26.60 ± 6.21 <sup>a</sup>	25.33 ± 8.47 <sup>a</sup>	25.53 ± 4.96 <sup>a</sup>	23.47 ± 7.61 <sup>ac</sup>
	80	46.26 ± 4.18	39.30 ± 9.17	48.19 ± 9.08	43.62 ± 8.50	40.22 ± 6.29	39.22 ± 10.89
	95	33.65 ± 9.63	34.76 ± 3.90	31.74 ± 10.41	35.67 ± 4.13	33.65 ± 4.89	24.60 ± 8.85
	110	42.26 ± 5.95 <sup>ANa</sup>	35.73 ± 8.03 <sup>ANa</sup>	36.63 ± 5.86 <sup>ANa</sup>	57.50 ± 8.32 <sup>B</sup>	37.99 ± 2.44 <sup>ANa</sup>	28.04 ± 8.72 <sup>Ab</sup>
净蛋白 利用率/% Net protein utilization	65	30.25 ± 5.85 <sup>b</sup>	31.28 ± 9.84 <sup>ab</sup>	35.49 ± 7.48 <sup>a</sup>	32.72 ± 9.81 <sup>ab</sup>	32.66 ± 6.23 <sup>ab</sup>	29.95 ± 9.74 <sup>ab</sup>
	80	31.42 ± 2.47	28.3 ± 6.77	36.78 ± 8.30	33.16 ± 7.92	31.97 ± 4.86	30.26 ± 8.82
	95	24.74 ± 5.96	26.18 ± 3.24	22.55 ± 8.14	26.52 ± 2.45	25.24 ± 6.08	18.14 ± 6.51
	110	29.56 ± 4.74 <sup>ANa</sup>	25.53 ± 5.26 <sup>ABab</sup>	26.99 ± 3.94 <sup>ANab</sup>	43.44 ± 11.52 <sup>B</sup>	29.13 ± 2.07 <sup>ANa</sup>	20.51 ± 8.57 <sup>Ab</sup>

## 3 讨论

### 3.1 生产性能

水貂断奶后,65日龄前,日增体质量差异不显著,这段时期内水貂处于快速生长期,65日龄后饲喂不同蛋白质水平的日粮,水貂的体质量、日增体质量、育成前期的耗料量和饲料转化率差异显著。水貂在110日龄时,个体的发育开始减缓,基本达到了成年貂体质量水平,此时已至秋分后,长日照变成短日照,水貂开始进入冬毛期,水貂体质量的增加由骨骼肌肉的增长逐渐转变为体脂肪的沉积,前期生长速度快的水貂开始准备换毛,而发育较慢的水貂在这段时间调整生理状态与前者一致,水貂此期间内的个体差异较大,水貂的平均日增体质量差异不显著。NRC(1982)的饲养标准中提到,日粮的适口性以及日粮中的能量水平对水貂的采食量具有影响<sup>[6]</sup>。34%的试验组日粮能蛋比及适口性相对较好,该试验组水貂的采食量大于其它试验组。李辉等的报道中指出,过低的蛋白质水平影响动物的生长速度和日粮的利用率<sup>[12]</sup>。水貂的日粮蛋白质水平低于30%时,显著影响了水貂的生长发育,并且水貂在育成前期的耗料量明显增加,饲料转化率降低。在前人的研究报道中,指出水貂对动物性来源的饲料相对植物性来源的饲料的消化利用率高<sup>[13]</sup>。38%蛋白水平日粮的饲料转化率优于其它试验组。

### 3.2 消化代谢

水貂的干物质消化率随着日粮蛋白质水平的提高而提高,但当蛋白质含量超过36%时,干物质消化率呈下降趋势。水貂对蛋白质的消化率与日粮中的蛋白质含量密切相关,蛋白质的消化率呈先升后降的趋势。水貂80日龄前,日粮中干物质消化率以及蛋白质消化率,34%蛋白质日粮组与36%蛋白质日粮组存在显著差异;80日龄后,2组水貂在干物质及蛋白质消化率2项指标上差异不显著。本试验中38%的蛋白质试验组,脂肪消化率在水貂育成期不同日龄显著高于其它试验组,较高的蛋白质水平能够提高脂肪的消化率<sup>[14]</sup>。David等的研究指出,水貂能够根据日粮中的能量调节采食量<sup>[15]</sup>。代谢性粪氮与饲料中的干物质呈现一定的比值,饲料中蛋白质含量越多,则通过粪氮排出量就相对较少,消化的相对较多,从而提高了蛋白质的表观消化率<sup>[16]</sup>。但Overland等在研究鱼粉与菌体蛋白时发现,提高蛋白质水平没有对常量营养物质的消化率产生影

响<sup>[17]</sup>。本试验中的试验动物为刚断奶的幼龄水貂,处于快速的生长发育期,较高的营养素水平能够刺激水貂的生长发育,提高营养物质的消化利用率。实验室中以褐鼠作为试验动物模型,白色的脂肪组织释放的脂肪酸比较有限,脂肪酸的代谢受到碳链和不饱和度的影响<sup>[18]</sup>。本试验中脂肪来源相同,脂肪消化率的提高有可能是蛋白质的促进作用造成的。

### 3.3 氮平衡试验

各试验组水貂饲喂不同蛋白质水平的日粮,食入氮随着日粮蛋白质水平的提高呈现升高的趋势。水貂65日龄时,蛋白质的生物学价值以及氮沉积等指标低于其它日龄时的相应指标,可能是由于水貂刚断奶分窝,对机体产生一定的应激;水貂断奶后,直接饲喂干粉饲料,其消化道的酶系统以及微生物区系尚未完全建立,故而产生这一现象。95日龄时,各组水貂的氮沉积差异不显著,水貂在经历一段快速生长之后,生长速度相对减缓,符合动物的一般生长发育规律。水貂80日龄前,36%的蛋白质日粮组,氮沉积较高;80日龄后,水貂的氮沉积最佳日粮蛋白质水平为34%。水貂的粪氮排出量并没有随着日粮中蛋白质的增加而升高。尿氮排出量与日粮中蛋白质含量显著相关,日粮中蛋白质含量升高,尿氮的排出量明显增加。Pfeiffer等报道,机体摄入的蛋白质与尿氮具有很强的相关关系<sup>[19]</sup>,Kerr等也指出随着日粮蛋白质水平的提高,尿能也随之增加<sup>[20]</sup>。Newell在研究水貂的营养时指出,水貂在生长期约有80%的氮是通过尿液排出的<sup>[21]</sup>。蛋白质供应过量及氨基酸不平衡是导致大量尿氮排出和氮利用效率变化的主要原因<sup>[16]</sup>。日粮中的蛋白质与碳水化合物比值较高时,水貂的糖异生能力加强<sup>[22]</sup>。氨基酸是碳、氮和能量的重要载体,在肝脏尿素合成,肾脏尿氨合成以及肝肾葡萄糖异生中具有重要作用<sup>[23]</sup>。氨基酸为一些细胞提供呼吸能,氨基酸的酰胺用于氨基酸、嘌呤、嘧啶核苷酸和氨基糖的生物合成<sup>[24]</sup>。水貂能够对蛋白质和能量进行调节,过多的蛋白质分解供能,以尿液的形式排出体外<sup>[21]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 刘伟. 水貂胰蛋白酶消化模型的建立及外源酶对水貂消化和生产性能的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2006: 17-18.

- [2] 刘伟,杨福合,刑秀梅. 幼龄水貂适宜营养水平的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2006, 8: 101-102.
- [3] KERMINEN-HAKKIO M, DAHLMAN T, NIEMELA P. Effect of dietary protein level and quality on growth rate and fur parameters in mink[J]. *Scientifur*, 2000, 24(4): 7-12.
- [4] BRSTING C F. Influence of nutrition on fur quality[J]. *Scientifur*, 1999, 23(2): 106.
- [5] DAMGAARD B M, BRSTING C F, FINK R. Effect of dietary protein and carbohydrate supply on feed consumption, growth performance and blood parameters in mink dams during the nursing period [J]. *Scientifur*, 2000, 24(4): 17-21.
- [6] NRC. Nutrient Requirements of Mink and Foxes [R]. Washington, D. C. : National Academy Press, 1982.
- [7] 李昌锐. 我国高寒地区水貂日粮蛋白质和能量水平的初步研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2009.
- [8] 李光玉, 杨福合, 王凯英, 等. 水貂蛋白质及氨基酸营养研究进展[J]. 经济动物学报, 2004, 8(4): 237-242.
- [9] BRSTING C F. Influence of nutrition on fur quality[J]. *Scientifur*, 1999, 23(2): 106.
- [10] 中华人民共和国国家标准. GB/T 6432-94 饲料中粗蛋白测定方法.
- [11] 中华人民共和国国家标准. GB/T 6433-2006 饲料中粗脂肪测定方法.
- [12] 李辉, 刁其玉, 张乃峰, 等. 不同蛋白水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(4): 1219-1226.
- [13] ZHAROVA G K, NAUMOVA E I. Structural and functional adaptations of the sable digestive tract to plant food[J]. *Doklady Bio Sci*, 2002, 382: 31-33.
- [14] 张铁涛, 张志强, 任二军, 等. 不同日粮蛋白质水平对育成期水貂营养物质消化及生产性能的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22(4): 1101-1106.
- [15] DAVID M, VIVI H N, ALLAN S. Balancing of protein and lipid intake by amammalian carnivore[J]. *Anim Behaviour*, 2009, 77: 349-355.
- [16] 杨春花, 邹兴淮, 张贵权. 精料的蛋白质水平及能量浓度对成体大熊猫日粮消化率的影响[J]. 林业科学, 2005, 41(6): 119-125.
- [17] OVERLAND M, ROMARHEIM O H, HOVIN M. Apparent total tract digestibility of unprocessed and extruded diets containing basic and autolyzed bacterial protein meal grown on natural gas in mink and rainbow trout[J]. *Anim Feed Sci Technol*, 2006, 129: 237-251.
- [18] RACLOT T. Selective mobilization of fatty acids from adipose tissue triacylglycerols[J]. *Prog Lipid Res*, 2003, 42: 257-288.
- [19] PFEIFFER A, HENKEL H, VERSTEGEN M A. The influence of protein intake on water balance, flow rate and apparent digestibility of nutrition at the distal ileum in growing pigs[J]. *Livestock Prod Sci*, 1995, 44: 179-187.
- [20] 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]. *J Anim Sci*, 1995, 73: 433-440.
- [21] NEWELL C W. Nutrient Floe and Manure Management in the Mink Industry[D]. Ph. D. Thesis, Halifax, N S: Scotia Agricultural College, Truro and Dalhousie University, 1999.
- [22] SORENSEN P G, PETERSEN I M, SAND O. Activities of carbohydrate and amino acid metabolizing enzymes from liver of mink (*Mustela vison*) and preliminary observations on steady state kinetics of the enzymes[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1995, 112B: 59-64.
- [23] CURTHOYS N P, WATFORD M. Regulation of glutaminase activity and glutamine metabolism[J]. *Annu Rev Nutr*, 1995, 15: 133-159.
- [24] MUSTONEN A M, MATTIP P, TEIJA P N, et al. Adaptations to fasting in the American mink (*Mustela vison*): nitrogen metabolism[J]. *J Comp Physiol B*, 2000, 175: 357-363.