

饲料脂肪源对育成期水貂生长性能和营养物质消化代谢的影响

杨颖¹ 张铁涛¹ 岳志刚¹ 郑培和¹ 曲勃² 邢秀梅^{1*}

(1. 中国农业科学院特产研究所, 吉林省省部共建特种经济动物分子生物学国家重点实验室, 长春 130012;

2. 长春职业技术学院, 长春 130000)

摘要: 本试验旨在研究饲料脂肪源对育成期水貂生长性能和营养物质消化代谢的影响。试验选取 120 只 70 日龄、体重[公貂(1.08±0.08) kg、母貂(0.77±0.04) kg]相近、健康的水貂随机分成 4 组, 每组 30 只(公母各占 1/2), 分别饲喂以豆油(I 组)、鸡油(II 组)、鱼油(III 组)、猪油(IV 组)为脂肪源, 代谢能为 15.5 MJ/kg(粗脂肪含量为 22%)的试验饲料, 试验期 60 d。结果表明: 1) 饲料脂肪源对试验结束时水貂的体重无显著影响($P>0.05$)。2) 公貂 IV 组粗蛋白质消化率显著高于 I 组($P<0.05$); 母貂 II 组粗蛋白质消化率显著高于 I 组($P<0.05$)。3) 公貂 I 组、III 组粗脂肪消化率显著高于 IV 组($P<0.05$); 母貂 IV 组粗脂肪消化率显著低于其他各组($P<0.05$)。4) 公貂 I 组氮沉积显著低于 IV 组($P<0.05$); 母貂 I 组氮沉积显著低于其他各组($P<0.05$); 母貂净蛋白质利用率、蛋白质生物学价值组间差异显著($P<0.05$), 公貂组间没有显著差异($P>0.05$), 但公貂、母貂均以 IV 组最高。5) 公貂 IV 组总能、消化能、代谢能均显著高于 I 组和 III 组($P<0.05$); 母貂 I 组总能、消化能、代谢能均显著低于其他 3 组($P<0.05$)。由以上可以得出, 以鱼油为饲料脂肪源, 育成期公貂具有较高的脂肪消化率; 以鸡油为饲料脂肪源, 母貂的营养物质消化率较高; 育成期水貂鱼油脂肪消化率虽较高, 但猪油可以提高净蛋白质利用率及氮沉积; 综合考虑饲料成本和营养物质消化与利用, 建议在实际生产中应用鱼油和猪油的混合油脂作为育成期水貂饲料的脂肪源。

关键词: 育成期; 水貂; 脂肪源; 脂肪酸; 生长性能; 消化代谢; 代谢能

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2014)02-0380-09

脂肪是构成毛皮动物细胞的必要成分, 生殖细胞中的线粒体和高尔基体的组成成分主要是磷脂, 神经组织中含有卵磷脂和脑磷脂。皮肤和被毛中含有的中性脂肪、磷脂、胆固醇等, 使其具有良好的弹性、光泽和保温性能。此外, 脂肪能促进碳水化合物、蛋白质和脂溶性维生素的吸收。由此可见, 脂肪对于毛皮动物组织的生长和修复具有重要的作用^[1]。毛皮动物饲料中的脂肪大部分是中性脂肪, 是由脂肪酸和甘油构成的。现已发

现的水貂饲料中脂肪酸大约有 20 多种, 根据脂肪酸的化学性质, 可把脂肪酸分为饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸。不同脂肪酸组成的脂肪源有不同的消化率, 消化率的高低主要取决于脂肪源中饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸的比例, 尤其是多于 18 个碳的脂肪酸比例^[2]。

目前, 国内外学者对水貂营养的需要量研究很多, 但结果并不一致。Hoie^[3]研究水貂饲料适宜的脂肪水平, 推荐水貂适宜的脂肪水平为干物

收稿日期: 2013-08-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903014)

作者简介: 杨颖(1983—), 女, 河北保定人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为特种经济动物饲养。E-mail: tcsyangying@163.com

* 通讯作者: 邢秀梅, 研究员, 硕士生导师, E-mail: xingxiumei2004@126.com

质含量的 7% ~ 33%, 碳水化合物为干物质含量的 6% ~ 38%。Clausen 等^[4]设计水貂饲料为蛋白质贡献 18% ~ 30% 代谢能 (ME), 脂肪贡献 40% ~ 58% ME, 碳水化合物贡献 18% ~ 36% ME, 结果显示, 从秋季 (9 月) 到打皮这段时期, 饲料为蛋白质贡献 24% ~ 27% ME, 脂肪贡献 52% ~ 58% ME, 碳水化合物贡献 24% ~ 30% ME 时能获得最大体增重。Ahlström 等^[5]推荐水貂饲料的脂肪水平为 60% ME。李光玉等^[6]设计蛋白质水平为 34% ME, 脂肪水平为 8% ~ 20% ME 的试验饲料饲喂准备配种期水貂, 发现脂肪水平为 8% ME 基本可以满足水貂的生产需要。另外, 饲料不同脂肪源对其他动物生长性能的影响研究很多^[7-10], 但基于水貂的研究较少。本试验以干粉配合饲料为基础, 研究饲料脂肪源对育成期水貂生长性能和营养物质消化代谢的影响, 从而探讨水貂饲料合理的脂肪源, 为其低碳、健康、高效养殖提供理

论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验动物

试验于 2012 年 7 月在农业部长白山野外观测实验站选择 120 只 70 日龄体重 [公貂 (1.08 ± 0.08) kg、母貂 (0.77 ± 0.04) kg] 相近、健康短毛黑水貂, 随机分成 4 组, 每组 30 只 (公、母各占 1/2), 单笼饲养, 预试期 10 d, 正试期 60 d。

1.2 试验饲料

4 组水貂分别饲喂以含不饱和脂肪酸的豆油 (I 组)、富含饱和脂肪酸的鸡油 (II 组)、含高不饱和脂肪酸的鱼油 (III 组)、富含高饱和脂肪酸的猪油 (IV 组) 为脂肪源的试验饲料, 代谢能为 15.5 MJ/kg (粗脂肪含量为 22%)。脂肪源的脂肪酸组成见表 1。基础饲料组成及营养水平见表 2。

表 1 脂肪源的脂肪酸组成

Table 1 Fatty acid composition of fat

%

脂肪酸 Fatty acids	豆油 Soybean oil	鸡油 Chicken oil	鱼油 Fish oil	猪油 Lard
月桂酸 C12:0			0.14	0.14
豆蔻酸 C14:0	0.73	1.40	4.57	2.71
软脂酸 C16:0	19.17	39.96	15.03	37.56
十六碳烯酸 C16:1	0.90	9.76	6.17	4.74
硬脂酸 C18:0	9.83	15.19	5.50	25.80
油酸 C18:1	32.13	2.97	17.80	5.11
亚油酸 C18:2	26.65	16.91	3.41	7.67
亚麻酸 C18:3	0.90	0.31	0.13	0.05
花生酸 C20:0	1.03	0.30	1.21	0.79
二十碳烯酸 C20:1	0.63	0.98	1.98	2.73
花生四烯酸 C20:4	0.15	0.45	1.87	0.76
二十碳五烯酸 EPA	1.47	1.74	15.30	2.19
二十二碳六烯酸 DHA	1.53	1.77	16.45	2.43
饱和脂肪酸 SFA	33.47	57.78	28.30	68.35
单不饱和脂肪酸 MUFA	35.83	37.36	34.45	18.30
多不饱和脂肪酸 PUFA	30.70	4.86	37.25	13.35

1.3 仪器与试剂

Foss 8400 凯式定氮仪 (丹麦 Foss 公司)、IKA C2000 basic 能量仪、烘箱、索氏提取器、Agilent 7890A 气相色谱仪和 Agilent 5975C 质谱仪 (美国 Agilent 公司)、振荡器、离心机 (美国 Sigma 公司)。

浓硫酸、乙醚、氢氧化钠、硫酸铜、氢氧化钠、

正庚烷、甲醇均购自北京化工厂; 37 种脂肪酸混标购自美国 NU-CHEX 公司。

1.4 消化代谢试验

消化代谢试验在 2012 年 8 月 21 日至 2012 年 8 月 26 日进行, 选择每组体重接近群体平均值的水貂 8 只, 所用饲料不变, 自由饮水, 采用全收粪尿法, 收集粪、尿 3 d。每天用粪盒、尿壶收集, 并

测定水貂粪、尿量。水貂粪装入保鲜袋中；尿液装入收集瓶中。每日收集的每只水貂粪、尿先冷冻保存，待收集期结束后，将3 d的粪、尿分别混合均匀后取样，其中粪样分成2等份：一份先在80℃下杀菌2 h，然后降到65~70℃烘干至恒重，测干物质含量；粉碎过40目筛，供测粗蛋白质和粗脂肪含量以及能量等；另一份按每100 g鲜粪加20 mL 10%硫酸处理后，再置于100~105℃下烘干，磨碎过40目筛，供测粪氮和粪能。每200 mL的尿样加5 mL 10%硫酸处理，固氮，测定尿氮和尿能。

表2 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 2 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	24.0
豆粕 Soybean meal	5.2
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	8.5
鱼粉 Fish meal	17.0
肉骨粉 Meat bone meal	17.0
乳酪粉 Cheese meal	5.0
水解羽毛粉 Hydrolyzed feather meal	1.5
血粉 Blood meal	1.5
预混料 Premix ¹⁾	1.0
脂肪 Fat	18.5
赖氨酸 Lys	0.3
蛋氨酸 Met	0.3
食盐 NaCl	0.2
总计 Total	100.0
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
粗蛋白质 CP	32.54
粗脂肪 EE	22.55
代谢能 ME/(MJ/kg)	15.57
赖氨酸 Lys	1.64
蛋氨酸 Met	0.90
钙 Ca	3.06

¹⁾每千克预混料含有 One kilogram of premix contained the following: VA 200 000 IU, VD₃ 40 000 IU, VE 5 000 IU, VB₁ 125 mg, VB₂ 200 mg, VB₆ 200 mg, VB₁₂ 2.5 mg, VK₃ 40 mg, VC 7,500 mg, 烟酸 niacin acid 500 mg, 泛酸 pantothenic acid 800 mg, 叶酸 folic acid 100 mg, 胆碱 choline 10 000 mg, 生物素 biotin 7.5 mg, Fe 2 000 mg, Cu 500 mg, Mn 400 mg, Zn 1 500 mg, I 15 mg, Se 5 mg, Co 7.5 mg。

²⁾粗蛋白质、粗脂肪、钙、总磷、总能为测定值，其他为计算值。CP, EE, Ca, TP and GE were measured values, while the others were calculated values.

1.5 检测指标与方法

1.5.1 饲料样品脂肪的提取

每组称取饲料样品10 g左右于容量瓶中，加入100 mL乙醚浸泡过夜，振荡器振摇50 min，过滤，50℃旋转蒸发仪蒸发，正庚烷定容至2 mL待用。将已提取好的正庚烷溶液中加入0.5 mL氢氧化钾-甲醇溶液(2 mol/L)，振摇1 min，静置20 min^[11]。等待甘油沉析，离心后取上清液进行气相质谱与色谱联用(GC-MS)分析。

1.5.2 饲料样品脂肪酸含量

GC-MS分析色谱柱为HP-5MS石英毛细管柱(0.32 mm×30 m, 0.25 μm)，初始温度60℃，恒温2 min，以10℃/min升温至140℃，以3℃/min升温至188℃，以1℃/min升温至192℃，以3℃/min升温至203℃，以1℃/min升温至207℃，以3℃/min升温至250℃，以10℃/min升温至280℃，恒温10 min。氦气流速1 mL/min，脉冲不分流。进样口温度280℃。进样体积1 μL。

质谱：电子轰击源(EI)，电子能量70 eV，扫描范围质荷比(*m/z*)30~550，倍增管电压1.059 kV。离子源230℃，四级杆150℃。溶剂延迟3 min。

通过脂肪酸混标定性，面积归一法定量计算脂肪酸含量。

1.5.3 水貂体重

在育成前期正试期开始当天(70日龄)于晨饲前空腹称重，作为育成前期试验始重，之后依次在水貂80、95、110、125日龄时早晨空腹称重，记录育成期试验水貂体重变化。

1.5.4 营养物质消化率

饲粮和粪样营养物质含量：采用65℃烘干法测定饲粮风干物质含量；根据GB/T 6432—94测定粗蛋白质含量；根据GB/T 6433—2006采用索氏提取法测定粗脂肪的含量。

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；
粗蛋白质表观消化率(%) = [(粗蛋白质摄入量 - 粪中粗蛋白质排出量)/粗蛋白质摄入量] × 100；
粗脂肪表观消化率(%) = [(粗脂肪摄入量 - 粪中粗脂肪排出量)/粗脂肪摄入量] × 100。

1.5.5 氮代谢指标

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,

BVP, %) = [氮沉积/(食入氮 - 粪氮)] × 100。

1.5.6 能量代谢指标

消化能[kJ/(kg W^{0.75} · d)] =

总能摄入量 - 粪中能量;

代谢能[kJ/(kg W^{0.75} · d)] = 总能摄入量 -

粪中能量 - 尿中能量;

总能消化率(%) = (消化能/总能摄入量) × 100;

总能代谢率(%) = (代谢能/总能摄入量) × 100。

1.6 数据处理

试验数据用 Excel 软件整理,采用统计软件 SAS 6.12 的 ANOVA 模块进行单因素方差分析和

Duncan 氏法多重比较。试验结果以平均值 ± 标准差($\bar{X} \pm SD$)表示,其中以 $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 饲料脂肪源对育成期水貂体重的影响

由表 2 可知,在育成期,母貂的体重差异并不显著($P > 0.05$),但 IV 组水貂在育成期结束时,体重高于其他各组;育成期公貂的体重仅在 95 d 出现显著差异($P < 0.05$),IV 组显著低于 I 组($P < 0.05$),125 d 时,III 组水貂体重最高,但与其他组差异不显著($P > 0.05$)。

表 2 饲料脂肪源对育成期水貂体重的影响

Table 2 Effects of dietary fat sources on body weight of minks in late growing period

kg

性别 Sex	组别 Groups	时间 Time/d			
		80	95	110	125
♂	I (n=14)	1.08 ± 0.05	1.33 ± 0.07 ^a	1.52 ± 0.13	1.60 ± 0.24
	II (n=14)	1.08 ± 0.10	1.28 ± 0.12 ^{ab}	1.45 ± 0.16	1.55 ± 0.24
	III (n=14)	1.08 ± 0.08	1.31 ± 0.10 ^{ab}	1.50 ± 0.18	1.64 ± 0.25
	IV (n=14)	1.08 ± 0.07	1.24 ± 0.10 ^b	1.42 ± 0.13	1.60 ± 0.24
	P 值 P-value	0.999 9	0.082 5	0.332 3	0.788 4
♀	I (n=13)	0.77 ± 0.05	0.85 ± 0.10	0.90 ± 0.18	0.90 ± 0.22
	II (n=13)	0.77 ± 0.03	0.87 ± 0.04	0.95 ± 0.08	0.96 ± 0.15
	III (n=13)	0.77 ± 0.05	0.84 ± 0.05	0.89 ± 0.11	0.88 ± 0.17
	IV (n=12)	0.77 ± 0.04	0.85 ± 0.06	0.93 ± 0.11	0.98 ± 0.17
	P 值 P-value	0.997 6	0.662 5	0.519 4	0.499 5

同列数据肩标,不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同或无字母肩标表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同。

In the same column, values with different small 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 饲料脂肪源对育成期水貂营养物质消化率的影响

由表 3 可知,饲料脂肪源对水貂的干物质采食量的影响显著或极显著(公貂 $P = 0.029 7$,母貂 $P = 0.007 7$),IV 组公貂、母貂干物质采食量均显著高于 I 组($P < 0.05$);干物质排出量、干物质消化率各组之间没有显著差异($P > 0.05$),但公貂 IV 组最高,母貂 II 组最高;公貂 IV 组粗蛋白质消化率显著高于 I 组($P < 0.05$),母貂 II 组显著高于 I 组($P < 0.05$);饲料脂肪源对水貂的粗脂肪消化率的影响显著或极显著(公貂 $P = 0.038 2$,母貂 $P = 0.001 8$),母貂 IV 组显著低于其他各组($P <$

0.05),公貂 IV 组显著低于 I 组和 III 组($P < 0.05$)。

2.3 饲料脂肪源对育成期水貂氮代谢的影响

由表 4 可知,公貂的氮沉积 IV 组显著高于 I 组($P < 0.05$)。饲料脂肪源对母貂的食入氮($P = 0.005 3$)、氮沉积($P = 0.000 2$)、净蛋白质利用率($P = 0.008 7$)、蛋白质生物学价值($P = 0.028 8$)均有显著影响;I 组母貂氮沉积显著低于其他各组($P < 0.05$);IV 组母貂净蛋白利用率、蛋白质生物学价值均显著高于 I 组($P < 0.05$),与其他 2 组差异不显著($P > 0.05$)。

表3 饲料脂肪源对育成期水貂营养物质消化率的影响

Table 3 Effects of dietary fat sources on nutrient digestibility of minks in late growing period ($n=8$)

性别 Sex	组别 Groups	干物质采食量 DM intake/ [g/(kg W ^{0.75} d)]	干物质排出量 DM output/ [g/(kg W ^{0.75} d)]	干物质消化率 DM digestibility/ %	粗蛋白质消化率 CP digestibility/ %	粗脂肪消化率 EE digestibility/ %
♂	I	60.54 ± 7.13 ^b	19.60 ± 2.36	67.52 ± 2.72	68.58 ± 2.88 ^b	84.25 ± 4.56 ^a
	II	65.54 ± 4.72 ^{ab}	20.65 ± 1.52	68.46 ± 1.55	70.75 ± 1.80 ^{ab}	81.94 ± 2.92 ^{ab}
	III	61.71 ± 7.79 ^{ab}	19.74 ± 2.59	68.31 ± 1.72	69.33 ± 3.82 ^{ab}	86.52 ± 2.28 ^a
	IV	69.35 ± 3.75 ^a	21.64 ± 2.57	68.85 ± 2.57	72.37 ± 3.19 ^a	77.78 ± 9.66 ^b
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.029 7	0.279 8	0.681 9	0.082 8	0.038 2
♀	I	61.25 ± 7.05 ^b	19.70 ± 4.78	68.01 ± 5.20	63.55 ± 7.04 ^b	87.29 ± 4.52 ^a
	II	69.08 ± 5.82 ^a	20.38 ± 3.40	70.65 ± 3.05	70.33 ± 5.00 ^a	86.50 ± 2.75 ^a
	III	66.89 ± 6.00 ^{ab}	20.01 ± 2.78	70.16 ± 2.17	66.45 ± 5.03 ^{ab}	89.61 ± 1.21 ^a
	IV	72.21 ± 4.60 ^a	22.14 ± 2.72	69.42 ± 2.34	69.00 ± 4.60 ^{ab}	82.01 ± 4.54 ^b
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.007 7	0.523 4	0.449 5	0.092 5	0.001 8

表4 饲料脂肪源对育成期水貂氮代谢的影响

Table 4 Effects of dietary fat sources on N metabolism of minks in late growing period ($n=8$)

性别 Sex	组别 Groups	食入氮 N intake/ (g/d)	粪氮 Fecal N/ (g/d)	尿氮 Urinary N/ (g/d)	氮沉积 Retained N/ (g/d)	净蛋白质 利用率 NPU/%	蛋白质 生物学价值 BVP/%
♂	I	4.53 ± 0.66	1.41 ± 0.16	1.79 ± 0.35	1.33 ± 0.64 ^b	28.42 ± 10.79	41.14 ± 14.53
	II	4.92 ± 0.33	1.44 ± 0.12	2.09 ± 0.48	1.39 ± 0.36 ^{ab}	28.43 ± 7.61	40.30 ± 11.23
	III	4.69 ± 0.79	1.43 ± 0.27	1.52 ± 0.76	1.73 ± 0.74 ^{ab}	37.16 ± 14.40	53.43 ± 19.87
	IV	5.12 ± 0.30	1.42 ± 0.20	1.70 ± 0.58	2.00 ± 0.46 ^a	39.53 ± 10.55	54.61 ± 14.16
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.187 8	0.991 5	0.268 4	0.079 4	0.110 5	0.132 8
♀	I	3.14 ± 0.47 ^b	1.16 ± 0.34	1.18 ± 0.27 ^{ab}	0.81 ± 0.13 ^b	26.29 ± 5.74 ^b	41.25 ± 7.46 ^b
	II	3.76 ± 0.39 ^a	1.13 ± 0.27	1.45 ± 0.27 ^a	1.18 ± 0.19 ^a	31.47 ± 4.27 ^{ab}	45.00 ± 7.26 ^{ab}
	III	3.38 ± 0.40 ^{ab}	1.14 ± 0.24	1.04 ± 0.22 ^b	1.20 ± 0.19 ^a	35.56 ± 4.50 ^a	53.58 ± 7.19 ^a
	IV	3.80 ± 0.26 ^a	1.18 ± 0.21	1.18 ± 0.46 ^{ab}	1.43 ± 0.37 ^a	37.89 ± 10.02 ^a	55.30 ± 16.06 ^a
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.005 3	0.981 0	0.093 8	0.000 2	0.008 7	0.028 8

2.4 饲料脂肪源对育成期水貂能量代谢的影响

由表5可知,公貂IV组总能最高,显著高于I组和III组($P < 0.05$),母貂IV组最高,显著高于I组和III组($P < 0.05$);母貂IV组粪能最高,显著高于I组和III组($P < 0.05$);尿能各组之间没有显著差异($P > 0.05$);公貂IV组消化能显著高于I组和III组($P < 0.05$);母貂以IV组最高,显著高于I组($P < 0.05$);代谢能公貂、母貂均以IV组最高,均显著高于I组($P < 0.05$);水貂的总能消化率、总能代谢率组间无显著差异($P > 0.05$),均以III组最高;消化能代谢率以IV组最高,母貂消化能代谢率IV组最高,显著高于II组($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 饲料脂肪源对育成期水貂体重的影响

通常认为水貂对动物性脂肪的消化高于植物性脂肪,而动物性脂肪中鱼油高于其他动物脂肪^[12-14]。刘佰阳等^[15]用豆油、猪油和脂肪粉饲喂蓝狐发现,公狐豆油组生长性能最佳,母狐猪油组最佳。本研究结果也显示,不同脂肪对水貂的生长性能有影响,但差异不显著,而且公貂、母貂对脂肪的偏好性不同,公貂鱼油组的生长较好,母貂猪油组生长较好。这可能与脂肪酸的种类有关,亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸为水貂的必需脂肪酸

且都为多不饱和脂肪酸,鱼油组含有较高的多不饱和脂肪酸(37.25%),尤其是含有较高的花生四烯酸(1.87%)^[16]。有学者表示,水貂不具有转化

亚油酸成花生四烯酸的能力^[14]。Juokslahti 等^[17]研究芬兰水貂的饲料配方,推荐水貂饲养场的饲料脂肪应含有 17%~18% 必需脂肪酸。

表 5 饲料脂肪源对育成期水貂能量代谢的影响

Table 5 Effects of dietary fat sources on energy metabolism of minks in late growing period ($n=8$)

性别 Sex	组别 Groups	能量 Energy/[(kJ/(kg W ^{0.75} · d)]					比率 Rate/%		
		总能 GE	粪能 FE	尿能 UE	消化能 DE	代谢能 ME	总能 消化率 DE digestibility	总能 代谢率 ME metabolic rate	消化能 代谢率 ME metabolic rate
♂	I	1 179.71 ±132.83 ^b	281.40 ±29.82 ^b	40.81 ±8.87	898.30 ±119.50 ^b	857.49 ±118.67 ^b	76.01 ±2.49	72.54 ±3.08	95.40 ±1.10
	II	1 280.07 ±100.00 ^{ab}	303.46 ±26.06 ^{ab}	46.40 ±9.76	976.61 ±81.30 ^{ab}	930.20 ±76.20 ^{ab}	76.28 ±1.28	72.66 ±1.10	95.26 ±0.83
	III	1 213.63 ±154.10 ^b	277.19 ±43.49 ^b	40.57 ±11.04	936.44 ±124.21 ^b	895.87 ±116.49 ^b	77.15 ±2.28	73.82 ±1.85	95.71 ±0.90
	IV	1 407.44 ±88.47 ^a	339.04 ±67.10 ^a	41.56 ±11.75	1 068.40 ±61.57 ^a	1 026.84 ±59.32 ^a	76.01 ±3.71	73.06 ±3.74	96.11 ±1.02
P 值 P-value		0.007 3	0.047 9	0.651 7	0.020 5	0.016 0	0.812 5	0.782 9	0.352 8
♀	I	1 354.09 ±146.93 ^b	301.96 ±76.39 ^b	40.07 ±12.84	1 052.13 ±117.60 ^b	1 012.06 ±111.42 ^b	77.78 ±4.14	74.83 ±3.85	96.21 ±0.98 ^{ab}
	II	1 501.15 ±118.87 ^a	313.48 ±56.76 ^{ab}	51.30 ±7.59	1 187.67 ±72.23 ^a	1 136.36 ±73.25 ^a	79.25 ±2.45	75.80 ±2.01	95.66 ±0.72 ^b
	III	1 504.54 ±131.09 ^a	302.29 ±36.36 ^b	44.36 ±14.01	1 202.25 ±102.71 ^a	1 157.89 ±100.72 ^a	79.93 ±1.34	76.97 ±1.39	96.30 ±1.16 ^{ab}
	IV	1 636.28 ±111.91 ^a	366.40 ±53.01 ^a	38.14 ±12.12	1 269.88 ±74.20 ^a	1 231.74 ±74.85 ^a	77.68 ±2.18	75.34 ±2.25	96.99 ±0.97 ^a
P 值 P-value		0.001 8	0.100 1	0.148 2	0.000 7	0.000 5	0.287 9	0.392 7	0.080 2

3.2 饲料脂肪源对育成期水貂营养物质消化率的影响

饲料组成成分通过改变食物经过肠胃的时间而改变营养物质的消化率^[18]。本研究结果显示,水貂饲喂不同脂肪源后脂肪消化率、蛋白质消化率不同,采用鸡油、猪油和鱼油蛋白质消化率高于采用豆油,其中采用猪油、鸡油时较高;脂肪消化率鱼油组高于其他组。脂肪的消化率依赖于脂肪酸的含量,鱼油不仅含有较高的多不饱和脂肪酸,而且还有较高的二十二碳六烯酸(DHA)和二十碳五烯酸(EPA),DHA 又是构成细胞及细胞膜的主要成份之一,EPA 能促进体内饱和脂肪酸代谢,脂肪酸消化率较高。猪油组的蛋白质消化率高,可能与水貂体内脂肪中脂肪酸组成有关,猪油不仅能为水貂提供高的消化率和吸收率,而且能提供

水貂的必需脂肪酸——花生四烯酸。有研究表明,毛皮动物体内的脂肪含量与品质受食入饲料脂肪的性质和含量影响很大。赵淑琳等^[19]进行了人工饲养毛皮动物的脂肪利用研究,结果表明,蓝狐体脂肪中 63.64% 是不饱和脂肪酸,36.36% 是饱和脂肪酸。Burlikowska 等^[20]研究显示,在北极狐小肠中牛肉的消化率高于其他动物饲料。Pölönen 等^[14]和 Käkälä 等^[21]研究显示,水貂在野生状态下食物中含有 EPA 和 DHA,故机体不具有合成 n-3 脂肪酸的生物合成机制。Rietveld^[22] 研究显示,水貂的生长状态与饲料中猪肉有很大关系。

3.3 饲料脂肪源对育成期水貂氮代谢及能量代谢的影响

蛋白质与脂肪是动物消耗最多的营养原料。

蛋白质是构成毛皮动物的肌肉、神经、结缔组织、皮肤、血液等的基本成分,蛋白质的代谢紊乱直接影响毛皮动物的生长状态。饲料中的蛋白质经过消化后以氨基酸的形式经血液运送到各组织中,水貂动物性脂肪蛋白质消化率高于植物性脂肪,Rouvinen等^[23]在试验饲料中分别添加20%的牛油、豆油和两者(50:50)混合物,3组脂肪消化率分别为93%、96%、95%,结果显示,脂肪类型影响了脂肪的消化率和总能利用率,可以看到牛油组的蛋白质和碳水化合物消化率高于豆油组。本研究结果显示,饲料中添加豆油的蛋白质消化率及氮沉显著低于鸡油、鱼油和猪油,其中猪油的最高。

能量是动物体内一切代谢活动和生产活动的基础。能量平衡的调节主要包含2个部分:能量摄入和能量消耗,二者相互作用的结果决定了体内能量储备。根据能量守恒定律,每日摄入的能量除粪便排出外,由身体吸收。吸收的小量能量作为蛋白质代谢产物从尿中排出,其余的或进入代谢,或储存于组织,成为蛋白质、脂肪或糖元。吸收的能量在体内用于许多化学过程,维持肌肉张力与身体的基础需要,以及各种身体活动。本研究显示,猪油组的代谢能及消化能代谢率略高于其他组。耿业业^[24]用分别以猪油、鱼油、牛油为脂肪源的饲料饲喂蓝狐,结果显示,猪油组粗脂肪消化率和总能显著高于其他组。

4 结 论

① 以鱼油为饲料脂肪源,育成期公貂具有较高的脂肪消化率。

② 以鸡油为饲料脂肪源,育成期母貂的营养物质消化率较高。

③ 育成期水貂对鱼油脂肪消化率虽较高,但猪油可以提高净蛋白质利用率及氮沉积。

④ 综合考虑饲料成本和营养物质消化与利用,建议在实际生产中应用鱼油和猪油的混合油脂作为饲料脂肪源。

参考文献:

- [1] 佟煜人,钱国成. 中国毛皮兽饲养技术大全[M]. 北京:中国农业科技出版社,1990:41-43.
- [2] JOERGENSEN G. Mink production [M]. Danish: Danish Fur Breeders Association and Scientifur,1985: 201.
- [3] HOIE J. Experiments with different amounts of fat and carbohydrates in the food of mink kits[J]. Norsk Pelsyrbld,1954,28:175-183.
- [4] CLAUSEN T N, SANDBOL P, HEJLESEN C. Protein to mink in the furring period. Importance of fat and carbohydrate [R]. Holstebro: Danish Fur Breeders Research Center,2005:89-98.
- [5] AHLSTRØM Ø. Feed with divergent fat: carbohydrate ratios for blue foxes (*Alopex lagopus*) and mink (*Mustela vison*) in the growing-furring period [J]. Norway Journal of Agricultural Science, 1995, 9: 115-126.
- [6] 李光玉,张海华,蒋清奎,等. 雌性水貂准备配种期饲料适宜脂肪水平的研究[J]. 经济动物学报,2012(4):187-191.
- [7] 李玉梅. 不同脂肪来源的日粮对育成猪的生产性能和猪肉脂肪酸组成的影响[J]. 饲料广角,2012(11):36-39.
- [8] 刘忠臣,陈代文,余冰,等. 不同脂肪来源对断奶仔猪生长性能和脂类代谢的影响[J]. 动物营养学报,2011,23(9):1466-1474.
- [9] 黄爱珍,舒鼎铭,杨纯芬,等. 不同脂肪来源对不同品种肉鸡生产性能的影响[J]. 广东畜牧兽医科技,2004,29(4):37-38.
- [10] 云春风,耿业业,张铁涛,等. 饲料蛋白质和脂肪来源对育成前期蓝狐营养物质消化率和氮代谢的影响[J]. 动物营养学报,2012,24(9):1721-1730.
- [11] 徐静,陆建平. 气相色谱法测定茶叶中的脂肪酸组成[J]. 化工技术与开发,2009(4):39-41.
- [12] BÖRSTING C F, ENGBERG R M, JENSEN S K, et al. Effects of high amounts of dietary fish oil of different oxidative quality on performance and health of growing-furring male mink (*Mustela vison*) and of female mink during rearing, reproduction and nursing [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 1998, 79(1/2/3/4/5):210-223.
- [13] BRANDT A, WOLSTRUP C, KROGH-NIELSEN T. The effect of dietary alpha-tocopherol acetate, sodium selenite and polyunsaturated fatty acids in mink (*Mustela vison*) [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 1990, 64(1/2/3/4/5):280-288.
- [14] PÖLÖNEN I, KÄKELÄ R, MIETTINEN M, et al. Effects of different fat supplements on liver lipids and fatty acids and growth of mink [J]. Scientifur, 2000, 24(4):92-94.
- [15] 刘佰阳,李光玉,张海华,等. 不同脂肪对育成期蓝狐生产性能及消化代谢的影响[J]. 经济动物学报,

- 2007,11(3):125-129.
- [16] LEOSCHKE W L. Nutrition and nutritional physiology of the mink; a historical perspective [M]. [S. l.]: Trafford Publishing,2011:151.
- [17] JUOKSLAHTI T. TANHUANPAA F. Fatty acid composition of mink feed[C]//Proceedings of the III international scientific congress in fur animal production. Versailles:[s. n.],1984:25-27.
- [18] HELLWING A L F,TAUSON A H,AHLSTRØM Ø, et al. Nitrogen and energy balance in growing mink (*Mustela vison*) fed different levels of bacterial protein meal produced with natural gas[J]. Archives of Animal Nutrition,2005,59(5):335-352.
- [19] 赵淑琳,吴晓民,刘晓农,等. 人工饲养毛皮动物的脂肪利用研究[J]. 经济动物学报,2000(3):57-61.
- [20] BURLIKOWSKA K,SZYMECZKO R. Ileal digestibility of fat and fatty acids in polar foxes (*Alopex lagopus* L.) fed diets used during the reproductive period[J]. Acta Agriculturae Scand Section A,2007,57(3):136-141.
- [21] KÄKELÄ R,PÖLÖNEN I,MIETTINEN M, et al. Effects of different fat supplements on growth and hepatic lipids and fatty acids of mink[J]. Acta Agriculturae Scandinavica,2001,51(4):217-223.
- [22] RIETVELD A A. Applied science in mink ranch [C]//Proceedings of the I international scientific congress in fur animal production. Helsinki:[s. n.], 1976:79.
- [23] ROUVINEN K I,KIISKINEN T. Influence of dietary fat source on the body fat composition of mink (*Mustela vison*) and blue fox (*Alopex lagopus*) [J]. Acta Agriculturae Scandinavica,1989,39(3):279-288.
- [24] 耿业业. 育成期蓝狐脂肪消化代谢规律的研究 [D]. 博士学位论文. 北京:中国农业科学院 2011.

Effects of Dietary Fat Sources on Growth Performance and Nutrient Digestion and Metabolism of Minks (*Mustelidae vison*) in Late Growing Period

YANG Ying¹ ZHANG Tietao¹ YUE Zhigang¹ ZHENG Peihe¹ QU Bo² XING Xiumei^{1*}

(1. State Key Laboratory for Molecular Biology of Special Economical Animals, Institute of Special Wild Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy Agricultural Sciences, Changchun 130012, China; 2. Changchun Vocational Institute of Technology, Changchun 130000, China)

Abstract: This study was conducted to study the effects of dietary fat sources on growth performance, nutrient digestion and metabolism of minks (*Mustelidae vison*) in late growing period. One hundred and twenty healthy minks aged 70 days with similar body weight [♂ (1.08 ± 0.08) kg, ♀ (0.77 ± 0.04) kg] were selected and randomly assigned to four groups with 30 minks (half male and half female) in each group. Minks were fed experimental diets with fat sources of soybean oil (group I), chicken oil (group II), fish oil (group III) and lard (group IV), respectively, and the metabolizable energy was 15.5 MJ/kg [the ether extract (EE) content was 22%]. The experiment lasted for 60 days. The results showed as follows: 1) dietary fat sources had no significant effects on body weight of minks at the end of the experiment ($P > 0.05$). 2) Crude protein (CP) digestibility of male minks in group IV was significantly higher than that in group I ($P < 0.05$); CP digestibility of female minks in group II was significantly higher than that in group I ($P < 0.05$). 3) EE digestibility of male minks in groups I and III was significantly higher than that in group IV ($P < 0.05$); EE digestibility of female minks in group IV was significantly higher than that in the other groups ($P < 0.05$). 4) Retained nitrogen of male minks in group I was significantly lower than that in group IV ($P < 0.05$); retained nitrogen of female minks in group I was significantly lower than that in the other groups ($P < 0.05$); there were significant differences in net protein utilization and biological value of protein of female minks among different groups ($P < 0.05$), but no significant differences were observed in those of male minks ($P > 0.05$), and the highest values all presented in group IV. 5) Gross energy, digestible energy and metabolizable energy of male minks in group IV were significantly higher than those in groups I and III ($P < 0.05$); gross energy, digestible energy and metabolizable energy of female minks in group I were significantly lower than those in the other groups ($P < 0.05$). In conclusion, male minks in late growing period have higher fat digestibility when using fish oil as their dietary fat source; female minks in late growing period have higher nutrient digestibility when using chicken oil as their dietary fat source; although minks has higher fat digestibility of fish oil, lard can increase net protein utilization rate and retained nitrogen; considering feed cost and nutrient digestion and utilization, it is suggested to use a mixture of fish oil and lard as dietary fat source in husbandry. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(2):380-388]

Key words: late growing period; minks; fat source; fatty acid; growth performance; digestion and metabolism; metabolizable energy

* Corresponding author, professor, E-mail: xingxiumei2004@126.com