

# 饲料粗蛋白质与外源褪黑激素水平对水貂生长性能、血清生化指标及营养物质消化率的影响

宋兴超 薛海龙 陈秀敏 杨镒峰 魏海军 李光玉\* 杨福合

(中国农业科学院特产研究所, 特种经济动物分子生物学国家重点实验室, 长春 130112)

**摘要:** 本试验旨在研究饲料粗蛋白质(CP)和外源褪黑激素(MT)水平对水貂生长性能、血清生化指标及营养物质消化率的影响。选取90只50日龄体重一致的健康雄性水貂, 随机分为6组, 每组15个重复, 每个重复1只水貂。采用3×2两因子试验设计, 即3个饲料CP水平(32%、36%和40%)和2个皮下埋植的外源MT水平(0、10 mg/只)。试验期64 d。结果表明: 1) 40% CP水平时, 10 mg/只 MT组水貂末重显著高于0 mg/只 MT组( $P < 0.05$ ); 32% CP水平时, 10 mg/只 MT组水貂平均日增重显著高于0 mg/只 MT组( $P < 0.05$ ); 饲料CP和外源MT水平对水貂末重、平均日增重无显著互作效应( $P > 0.05$ )。2) 32%和40% CP水平时, 皮下埋植10 mg/只 MT可极显著降低水貂血清白蛋白(ALB)含量( $P < 0.01$ ); 32% CP水平的血清甘油三酯(TG)含量均显著高于40% CP水平( $P < 0.05$ ); 饲料CP和外源MT水平对水貂血清ALB含量存在极显著互作效应( $P < 0.01$ ), 对血清总蛋白(TP)、尿素氮(UN)、TG含量和碱性磷酸酶(ALP)活性无显著互作效应( $P > 0.05$ )。3) 10 mg/只 MT组中, 32%和36% CP水平的水貂干物质采食量极显著高于40% CP水平( $P < 0.01$ ); 0 mg/只 MT组水貂中, 32% CP水平的干物质采食量和干物质排出量极显著高于40% CP水平( $P < 0.01$ ); 饲料CP和外源MT水平对水貂采食量、干物质采食量、干物质排出量和干物质消化率均无显著互作效应( $P > 0.05$ )。4) 10 mg/只 MT组中, 36% CP水平的水貂粗脂肪消化率显著高于32%和40% CP水平( $P < 0.05$ ), 32% CP水平的水貂钙消化率极显著高于40% CP水平( $P < 0.01$ ), 32% CP水平的水貂磷消化率极显著高于36%和40% CP水平( $P < 0.01$ ); 0 mg/只 MT组中, 36% CP水平钙消化率极显著高于40% CP水平( $P < 0.01$ ), 32% CP水平的水貂磷消化率极显著高于36%和40% CP水平( $P < 0.01$ ); 饲料CP和外源MT水平对水貂CP、粗脂肪、钙和磷的消化率无显著互作效应( $P > 0.05$ )。综合本试验各项测定指标可以得出, 皮下埋植10 mg/只外源MT时, 水貂较适宜的饲料CP水平为32%~36%。

**关键词:** 水貂; 粗蛋白质; 褪黑激素; 生长性能; 血清生化指标; 营养物质消化率

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)01-0107-11

水貂 (*Mustela vison*) 是一种典型的受光照周期调节的季节性换毛动物, 每年春、秋季换毛2次<sup>[1]</sup>。研究表明, 光周期通过影响水貂松果腺体中褪黑激素(melatonin, MT)的合成和分泌节律而

表现季节性换毛的特性<sup>[2]</sup>。MT又称黑色紧张素或降黑素, 化学名称为5-甲氧基-N-乙酰色胺, 是松果腺体细胞在黑暗环境下分泌的一种吲哚类激素。在动物生产中, 通过皮下埋植外源MT

收稿日期: 2012-07-04

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903014)

作者简介: 宋兴超(1982—), 男, 河北保定人, 博士研究生, 研究方向为特种经济动物生物技术与繁育学。E-mail: songxingchao\_888@126.com

\* 通讯作者: 李光玉, 研究员, 硕士生导师, E-mail: tcslgy@126.com

能够提高水貂<sup>[3]</sup>、绒山羊<sup>[4]</sup>和獭兔<sup>[5]</sup>的毛皮质量及生长性能。Rose 等<sup>[6]</sup>研究发现,夏至时,将外源 MT 埋植于水貂两肩胛中间颈背部皮下,可以诱发水貂秋季提前换毛。Connor<sup>[7]</sup>报道,7 月初给幼年银狐埋植 8 或 12 mg 外源 MT,10 月下旬冬毛即可成熟。李鹏飞等<sup>[8]</sup>研究表明,春季埋植外源 MT 能够刺激羊驼绒毛增长,显著提高羊驼的绒毛品质及生长性能。Barabasz 等<sup>[9]</sup>报道,水貂外源 MT 水平与饲料粗蛋白质(CP)、能量需要之间存在一定的关系,然而,目前国内关于外源 MT 对水貂生长性能、血液生化指标及营养物质消化率影响的系统研究较少,并且水貂生长早期对饲料 CP 水平的要求又较高,因此探讨皮下埋植外源 MT 水貂饲料的适宜 CP 水平就极为重要。本试验拟通过研究饲料 CP 和外源 MT 水平及其互作对生长期水貂生长性能、血清生化指标及营养物质消化率的影响,旨在确定埋植外源 MT 水貂饲料的适宜 CP 水平,为外源 MT 在水貂养殖生产中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

MT 颗粒埋植剂(MT 含量 10 mg/粒)及埋植器,中国农业科学院特产研究所经济动物研究室提供。

### 1.2 试验动物与试验设计

由农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测实验站(中国农业科学院特产研究所毛皮动物实验基地)选取 50 日龄左右、体重相近、健康短毛黑雄性水貂 90 只,随机分为 6 组,每组 15 个重复,每个重复 1 只水貂。采用 3×2 两因子随机区组试验设计,3 个饲料 CP 水平(32%、36% 和 40%)和 2 个皮下埋植的外源 MT 水平(0、10 mg/只)。于 2010 年 7 月 15 日早晨饲喂前埋植 0 和 10 mg/只 MT 埋植剂,埋植部位为水貂两肩胛中间颈背部皮下。试验饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

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

%

项目 Items	粗蛋白质水平 CP level/%		
	32	36	40
原料 Ingredients			
黄花鱼 Corvina	35.31	43.60	50.14
鸡腺胃 Glandular stomach of chicken	34.92	30.37	29.86
鸡肝 Chicken liver	7.52	5.89	5.91
熟鸡蛋 Cooked egg		3.62	2.67
膨化玉米 Extruded corn	21.76	16.09	11.04
食盐 NaCl	0.10	0.10	0.10
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.39	0.33	0.28
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>			
干物质 DM	25.00	22.73	19.05
总能 GE/(MJ/kg)	31.31	30.37	29.37
粗蛋白质 CP	31.42	35.76	40.99
粗脂肪 EE	20.63	20.72	21.61
粗灰分 Crude ash	5.70	6.34	6.56
钙 Ca	2.31	2.55	2.62
磷 P	0.83	0.98	1.12

<sup>1)</sup> 每千克预混料含有 One kg of premix contained: VA 1 500 IU, VD 1 500 IU, VE 10 mg, VB<sub>1</sub> 10 mg, VC 12.5 mg。

<sup>2)</sup> 总能为计算值,其他营养水平为测定值。GE was a calculated value, and other nutrient levels were measured values.

### 1.3 饲养与消化试验

饲养试验于2010年7月15日至2010年9月16日进行,共计64 d,预试期14 d,正试期50 d。在正试期,每组选取8只采食与排便正常的水貂进行营养物质消化率测定,时间为9月7、8、9日,共计3 d。整个试验期内,由固定人员进行专门饲养并进行常规免疫接种,每只水貂单笼饲养(60 cm×30 cm×40 cm),每天07:00和15:00各饲喂1次,保证饮水充足,同时观察每只水貂的生长及健康状况。

### 1.4 样品采集

采用全收粪法收集粪便。每日早晨饲喂前采用全收粪法收集鲜粪并冷冻保存,收集期为3 d。收集期结束后,将每只水貂3 d的粪样混合均匀后分成2份:一份先在80℃下杀菌2 h,然后于65℃烘干至恒重,测定初水分,烘干后粉碎过40目筛制成样品用于粗脂肪、钙和磷含量的测定;另一份鲜粪样按鲜重的5%以10%硫酸溶液喷雾固氮,再置于105℃烘干,粉碎过40目筛制成样品待测CP含量。

饲养试验结束后,每组选取10只健康水貂,利用75%酒精擦拭过的剪刀剪断右后肢趾尖,取血3 mL装于真空促凝管中,静置30 min待有少量血清析出后于4 500 r/min、4℃离心15 min分离血清,分装于1.5 mL已灭菌的Eppendorf管中,-80℃保存待测生化指标。

### 1.5 测定指标及方法

#### 1.5.1 生长性能指标

在试验第1天和第64天分别称取试验水貂的体重,计算平均日增重;消化试验期间每天记录每只水貂的采食量。

#### 1.5.2 饲料和粪样中营养指标

饲料、粪样营养物质含量的测定均采用标准法。采用微量凯氏定氮法(BUCHI-324型全自动定氮仪)测定CP含量;采用索氏浸提法测定脂肪含量;采用乙二胺四乙酸(EDTA)滴定法测定钙含量;采用钒钼酸铵显色法测定磷含量。具体方法参考《饲料分析与饲料质量检测技术》<sup>[10]</sup>,利用下列公式计算营养物质消化率:

$$\begin{aligned} \text{干物质消化率}(\%) &= [(\text{干物质采食量} - \text{粪中干物质排出量}) / \text{干物质采食量}] \times 100; \\ \text{CP 消化率}(\%) &= [(\text{CP 摄入量} - \text{粪中 CP 含量}) / \text{CP 摄入量}] \times 100; \end{aligned}$$

$$\text{粗脂肪消化率}(\%) = [(\text{脂肪摄入量} - \text{粪中脂肪含量}) / \text{脂肪摄入量}] \times 100;$$

$$\text{钙消化率}(\%) = [(\text{钙摄入量} - \text{粪中钙含量}) / \text{钙摄入量}] \times 100;$$

$$\text{磷消化率}(\%) = [(\text{磷摄入量} - \text{粪中磷含量}) / \text{磷摄入量}] \times 100。$$

#### 1.5.3 血清生化指标

使用AMS-18型全自动生化分析仪对血清样品采用下列方法进行生化指标的测定:总蛋白(TP)含量采用双缩脲法;白蛋白(ALB)含量采用溴甲酚绿法;尿素氮(UN)含量采用尿素酶-谷氨酸脱氢酶偶联法;碱性磷酸酶(ALP)活性采用对-硝基苯磷酸钠法;甘油三酯(TG)含量采用磷酸甘油氧化酶(GPO)比色法。上述各指标测定试剂盒均购于北京中生北控生物科技股份有限公司。

### 1.6 数据处理与统计分析

采用Excel 2003对试验数据进行初步整理,利用SPSS 17.0统计软件的General Linear Model多变量分析方法进行双因素方差检验,结果用平均值±标准差表示,并进行Duncan氏法多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

## 2 结果

### 2.1 饲料CP和外源MT水平对水貂生长性能的影响

#### 2.1.1 末重

由表2可知,在3种饲料CP水平下,10 mg/只MT组与0 mg/只MT组相比,水貂末重均有所提高,以32% CP水平水貂末重最高,其中32%和36% CP水平水貂末重差异不显著( $P > 0.05$ ),40% CP水平时,10 mg/只MT组水貂末重显著高于0 mg/只MT组( $P < 0.05$ )。CP水平对水貂末重无显著影响( $P > 0.05$ ),10 mg/只MT组水貂末重以32% CP水平最高,而0 mg/只MT组水貂末重以36% CP水平最高。

不考虑MT因素时,CP水平对水貂末重无显著影响( $P > 0.05$ );不考虑CP水平时,10 mg/只MT组水貂末重极显著高于0 mg/只MT组( $P < 0.01$ )。

#### 2.1.2 平均日增重

如表2可知,32% CP水平下,10 mg/只MT组

水貂平均日增重比 0 mg/只 MT 组提高 13.66% ( $P < 0.05$ ), 其他 CP 水平下 10 mg/只 MT 组与 0 mg/只 MT 组间水貂平均日增重差异不显著 ( $P > 0.05$ ), CP 水平对 10 mg/只 MT 组和 0 mg/只 MT 组水貂平均日增重无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, 32% CP 水平水貂平均日

增重比 40% CP 水平提高了 8.47% ( $P < 0.05$ ), 其他水平各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 不考虑 CP 水平时, 10 mg/只 MT 组水貂平均日增重极显著高于 0 mg/只 MT 组 ( $P < 0.01$ )。

### 2.1.3 互作效应

经统计学分析, 饲料 CP 与外源 MT 水平对水貂末重和平均日增重无显著互作效应 ( $P > 0.05$ )。

表 2 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary CP and exogenous MT levels on growth performance of minks

g

项目 Items		初重 Initial weight	末重 Final weight	平均日增重 ADG
粗蛋白质水平 CP level/%	褪黑激素水平 MT level/(mg/只)			
32	10	754.92 ± 83.19	1 888.46 ± 262.57 <sup>Aa</sup>	17.31 ± 3.05 <sup>Aa</sup>
	0	758.08 ± 75.54	1 760.36 ± 164.74 <sup>ABab</sup>	15.23 ± 2.07 <sup>ABbc</sup>
36	10	765.36 ± 57.96	1 836.32 ± 175.80 <sup>ABa</sup>	16.54 ± 2.11 <sup>Aab</sup>
	0	771.07 ± 63.89	1 772.77 ± 76.07 <sup>ABab</sup>	15.50 ± 1.38 <sup>ABbc</sup>
40	10	777.92 ± 51.28	1 804.88 ± 91.57 <sup>ABa</sup>	15.70 ± 1.41 <sup>ABbc</sup>
	0	765.00 ± 75.12	1 665.08 ± 175.14 <sup>Bb</sup>	14.06 ± 1.33 <sup>Bc</sup>
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value		0.985 1	0.028 7	0.003 1
粗蛋白质水平 CP level/%	32	759.97 ± 78.23	1 819.48 ± 220.66	16.14 ± 2.70 <sup>a</sup>
	36	765.37 ± 59.11	1 802.27 ± 133.34	15.96 ± 1.78 <sup>ab</sup>
	40	771.20 ± 102.74	1 734.98 ± 154.37	14.88 ± 1.58 <sup>b</sup>
褪黑激素水平 MT level/(mg/只)	10	763.66 ± 64.20	1 842.03 ± 185.57 <sup>Aa</sup>	16.45 ± 2.25 <sup>Aa</sup>
	0	766.83 ± 93.85	1 735.30 ± 147.82 <sup>Bb</sup>	14.96 ± 1.70 <sup>Bb</sup>
<i>P</i> 值	粗蛋白质 CP		0.157 1	0.045 3
<i>P</i> -value	褪黑激素 MT		0.005 2	0.001 2
	粗蛋白质 × 褪黑激素 CP × MT		0.541 7	0.377 2

同列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 column, 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 CP 和外源 MT 水平对水貂血清生化指标的影响

### 2.2.1 ALB

由表 3 可知, 32% 和 40% CP 水平下, 10 mg/只 MT 组 ALB 含量分别低于 0 mg/只 MT 组 24.96% 和 19.56% ( $P < 0.01$ ), 36% CP 水平下, 10 mg/只 MT 组与 0 mg/只 MT 组间 ALB 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。对 10 mg/只 MT 组而言, 36% CP 水平 ALB 含量极显著高于 32% 和 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ), CP 水平对 0 mg/只 MT 组 ALB 含量影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, 36% CP 水平 ALB 含量比 32% 和 40% CP 水平分别提高了 18.58% 和 14.21% ( $P < 0.01$ ), 而 32% 和 40% CP 水平间差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 不考虑 CP 水平时, 10 mg/只 MT 组 ALB 含量比 0 mg/只 MT 组降低了 13.71% ( $P < 0.01$ )。

### 2.2.2 TG

由表 3 可知, 在 3 组饲料 CP 水平下, 10 mg/只 MT 组与 0 mg/只 MT 组 TG 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ ); 10 mg/只 MT 组和 0 mg/只 MT 组水貂中, 32% CP 水平 TG 含量均显著高于 40%

CP 水平 ( $P < 0.05$ ), 而 32% 与 36% CP 水平之间均无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, 32% CP 水平 TG 含量比 36% 和 40% CP 水平分别提高了 17.83% ( $P < 0.05$ ) 和 36.94% ( $P < 0.01$ ); 不考虑 CP 水平时, 10 mg/只 MT 组与 0 mg/只 MT 组 TG 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.2.3 TP、UN 与 ALP

由表 3 可知, 各组间血清 TP、UN 含量和 ALP 活性差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.2.4 互作效应

经统计学分析, 饲料 CP 与外源 MT 水平对水貂血清 ALB 含量存在极显著互作效应 ( $P < 0.01$ ), 但对血清 TP、UN、TG 含量和 ALP 活性无显著互作效应 ( $P > 0.05$ )。

表 3 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂血清生化指标的影响

Table 3 Effects of dietary CP and exogenous MT levels on blood biochemical indexes of minks

项目 Items		总蛋白 TP/(g/L)	白蛋白 ALB/(g/L)	尿素氮 UN/(mmol/L)	碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	甘油三酯 TG/(mmol/L)
粗蛋白质水平 CP level/%	褪黑激素水平 MT level/(mg/只)					
	10	89.12 ± 8.70	27.69 ± 2.78 <sup>Bc</sup>	4.62 ± 0.89	221.45 ± 38.78	1.54 ± 0.44 <sup>a</sup>
	0	81.37 ± 9.89	36.90 ± 2.40 <sup>Aa</sup>	4.85 ± 0.91	219.96 ± 38.21	1.50 ± 0.27 <sup>a</sup>
36	10	84.11 ± 7.17	39.42 ± 4.19 <sup>Aa</sup>	5.04 ± 1.03	228.33 ± 41.07	1.32 ± 0.39 <sup>ab</sup>
	0	82.11 ± 8.97	38.54 ± 1.34 <sup>Aa</sup>	5.72 ± 1.36	225.70 ± 30.34	1.26 ± 0.94 <sup>ab</sup>
40	10	85.56 ± 13.54	30.59 ± 3.23 <sup>Bb</sup>	5.00 ± 0.86	247.37 ± 23.55	1.14 ± 0.33 <sup>b</sup>
	0	82.16 ± 12.42	38.03 ± 2.61 <sup>Aa</sup>	5.13 ± 1.39	228.87 ± 31.52	1.09 ± 0.25 <sup>b</sup>
P 值 P-value		0.668 2	<0.000 1	0.413 7	0.625 8	0.025 6
粗蛋白质水平 CP level/%	32	85.02 ± 9.89	32.29 ± 5.37 <sup>Bb</sup>	4.75 ± 0.88	220.92 ± 37.08	1.52 ± 0.36 <sup>Aa</sup>
	36	83.17 ± 7.87	38.98 ± 3.06 <sup>Aa</sup>	5.40 ± 1.23	227.02 ± 35.05	1.29 ± 0.28 <sup>ABb</sup>
	40	83.94 ± 12.81	34.13 ± 4.77 <sup>Bb</sup>	5.07 ± 1.16	237.63 ± 28.87	1.11 ± 0.28 <sup>Bb</sup>
褪黑激素水平 MT level/(mg/只)	10	86.11 ± 10.34	32.66 ± 6.02 <sup>Bb</sup>	4.85 ± 0.91	232.38 ± 35.74	1.33 ± 0.40
	0	81.88 ± 10.26	37.85 ± 2.21 <sup>Aa</sup>	5.26 ± 1.27	225.83 ± 31.22	1.27 ± 0.26
P 值 P-value	粗蛋白质 CP	0.878 1	<0.000 1	0.231 0	0.363 4	0.002 3
	褪黑激素 MT	0.145 5	<0.000 1	0.258 6	0.495 7	0.507 4
	粗蛋白质 × 褪黑激素 CP × MT	0.684 4	<0.000 1	0.674 1	0.621 7	1.000 0

## 2.3 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂干物质采食量及消化率的影响

### 2.3.1 采食量和干物质采食量

由表 4 可知, 与 0 mg/只 MT 组相比, 40% CP 水平下, 10 mg/只 MT 组采食量和干物质采食量分别提高了 9.99% 和 9.99% ( $P < 0.01$ ), 其他各组间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。对于 0 mg/只 MT 组, 36% CP 水平采食量高于 40% CP 水平 7.16% ( $P < 0.05$ ), 32% 和 36% CP 水平干物质采食量极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ); 对于 10 mg/只 MT 组, 32% 和 36% CP 水平干物质采食量极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ )。

不考虑 MT 因素时, 32% CP 水平的采食量显著低于 36% CP 水平 ( $P < 0.05$ ), 而 36% 和 40%

CP 水平间无显著差异 ( $P > 0.05$ ); 32% 和 36% CP 水平的干物质采食量极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ )。不考虑 CP 水平时, 10 mg/只 MT 组采食量极显著高于 0 mg/只 MT 组 ( $P < 0.01$ ), 但干物质采食量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3.2 干物质排出量和干物质消化率

由表 4 可知, 0 mg/只 MT 组水貂中, 32% 和 36% CP 水平的干物质排出量均极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ), 其余各 CP 水平间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, 32% 和 36% CP 水平的干物质排出量均极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ), 而 32% 和 36% CP 水平间未见显著差异 ( $P > 0.05$ ); 不考虑 CP 水平时, MT 对干物质排出

量影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

各组间干物质消化率均差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3.3 互作效应

经统计学分析, 饲料 CP 与外源 MT 水平对水貂干物质排出量有显著互作效应 ( $P < 0.05$ ), 对采食量、干物质采食量和干物质消化率无显著互作效应 ( $P > 0.05$ )。

表 4 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂采食量及干物质消化率的影响

Table 4 Effects of dietary CP and exogenous MT levels on feed intake and DM digestibility of minks

项目 Items		采食量 Feed intake/ (g/d)	干物质采食量 DM intake/ (g/d)	干物质排出量 DM output/ (g/d)	干物质消化率 DM digestibility/ %
粗蛋白质水平 CP level/%	褪黑激素水平 MT level/(mg/只)				
32	10	438.48 ± 22.52 <sup>ABabc</sup>	109.62 ± 5.63 <sup>Aa</sup>	20.26 ± 1.82 <sup>Aa</sup>	81.44 ± 2.36
	0	423.43 ± 19.64 <sup>Bbc</sup>	105.86 ± 4.91 <sup>ABab</sup>	20.25 ± 1.92 <sup>Aa</sup>	80.24 ± 1.35
36	10	459.35 ± 12.04 <sup>Aa</sup>	104.41 ± 2.74 <sup>ABab</sup>	18.56 ± 2.16 <sup>Aa</sup>	81.90 ± 2.29
	0	446.33 ± 16.17 <sup>ABab</sup>	101.45 ± 3.68 <sup>Bb</sup>	19.81 ± 2.36 <sup>Aa</sup>	80.50 ± 1.87
40	10	458.11 ± 19.95 <sup>Aa</sup>	87.27 ± 3.80 <sup>Cc</sup>	18.25 ± 2.72 <sup>ABa</sup>	80.18 ± 1.64
	0	416.51 ± 39.54 <sup>Bc</sup>	79.34 ± 7.53 <sup>Dd</sup>	15.09 ± 2.98 <sup>Bb</sup>	81.18 ± 2.41
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value		0.002 1	<0.000 1	0.000 9	0.534 4
粗蛋白质水平 CP level/%	32	430.96 ± 21.84 <sup>b</sup>	107.74 ± 5.46 <sup>Aa</sup>	20.25 ± 1.81 <sup>Aa</sup>	80.93 ± 2.02
	36	452.41 ± 15.43 <sup>a</sup>	102.83 ± 3.51 <sup>Ab</sup>	19.19 ± 2.28 <sup>Aa</sup>	81.16 ± 2.13
	40	438.53 ± 36.62 <sup>ab</sup>	83.54 ± 6.98 <sup>Bc</sup>	16.77 ± 3.19 <sup>Bb</sup>	80.68 ± 2.05
褪黑激素水平 MT level/(mg/只)	10	451.93 ± 20.62 <sup>Bb</sup>	99.72 ± 10.87	19.02 ± 2.34	81.19 ± 2.16
	0	428.76 ± 29.02 <sup>Aa</sup>	95.55 ± 13.01	18.52 ± 3.29	80.65 ± 1.89
<i>P</i> 值	粗蛋白质 CP	0.045 8	<0.000 1	0.000 6	0.822 0
<i>P</i> -value	褪黑激素 MT	0.001 4	0.005 9	0.470 9	0.397 9
	粗蛋白质 × 褪黑激素 CP × MT	0.122 7	0.062 8	0.033 6	0.231 9

## 2.4 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂营养物质消化率的影响

### 2.4.1 CP 消化率

由表 5 可知, CP 水平对 10 mg/只 MT 组水貂 CP 消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ ), 但 36% CP 水平下, 10 mg/只 MT 组水貂 CP 消化率较高。随着饲料 CP 水平的不断提高, 0 mg/只 MT 组水貂 CP 消化率存在逐渐上升的趋势, 但各组间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, CP 水平对水貂 CP 消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ ); 不考虑 CP 水平时, MT 对水貂 CP 消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4.2 粗脂肪消化率

由表 5 可知, CP 水平一致时, MT 对水貂的粗脂肪消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ )。10 mg/只 MT 组, 36% CP 水平的水貂粗脂肪消化率显著高于 32% 和 40% CP 水平 ( $P < 0.05$ ), CP 水平对

0 mg/只 MT 组水貂粗脂肪消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, 32% 和 36% CP 水平的水貂脂肪消化率显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.05$ ); 不考虑 CP 水平时, MT 对水貂脂肪消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4.3 钙消化率

由表 5 可知, 在 CP 水平一致时, MT 对水貂钙消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ )。10 mg/只 MT 组与 0 mg/只 MT 组水貂中, 32% 和 36% CP 水平的钙消化率极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ), 而 32% 与 36% CP 水平间无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, 32% 和 36% CP 水平的钙消化率极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ); 不考虑 CP 水平时, MT 对水貂钙消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4.4 磷消化率

由表 5 可知, 在 CP 水平一致时, 40% CP 水平下, 10 mg/只 MT 组水貂的磷消化率极显著低于 0 mg/只 MT 组 ( $P < 0.01$ )。10 mg/只 MT 组水貂中, 32% CP 水平的磷消化率极显著高于 36% 和 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ), 36% CP 水平的磷消化率极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ )。0 mg/只 MT 组水貂中, 32% CP 水平的磷消化率极显著高于 36% 和 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ), 36% CP 水平磷消化率显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.05$ )。

不考虑 MT 因素时, 32% CP 水平的水貂磷消化率极显著高于 36% 和 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ), 36% CP 水平磷消化率极显著高于 40% CP 水平 ( $P < 0.01$ ); 不考虑 CP 水平时, MT 对水貂磷消化率影响不显著 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4.5 互作效应

经统计学分析, 饲料 CP 与外源 MT 水平对水貂 CP、粗脂肪、钙和磷的消化率无显著互作效应 ( $P > 0.05$ )。

表 5 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂营养物质消化率的影响

Table 5 Effects of dietary CP and exogenous MT levels on nutrient digestibility of minks

项目 Items		粗蛋白质消化率 CP digestibility	粗脂肪消化率 EE digestibility	钙消化率 Ca digestibility	磷消化率 P digestibility
粗蛋白质水平 CP level/%	褪黑激素水平 MT level/(mg/只)				
32	10	83.03 ± 1.35 <sup>b</sup>	93.14 ± 1.95 <sup>b</sup>	47.74 ± 1.42 <sup>Aa</sup>	56.11 ± 4.23 <sup>Aa</sup>
	0	84.87 ± 1.40 <sup>ab</sup>	92.71 ± 1.97 <sup>b</sup>	46.16 ± 3.78 <sup>Aa</sup>	60.41 ± 1.66 <sup>Aa</sup>
36	10	85.20 ± 1.44 <sup>ab</sup>	94.99 ± 0.79 <sup>a</sup>	44.28 ± 5.91 <sup>Aa</sup>	45.60 ± 6.46 <sup>Bbc</sup>
	0	85.15 ± 2.58 <sup>ab</sup>	93.51 ± 1.13 <sup>ab</sup>	47.56 ± 2.40 <sup>Aa</sup>	48.57 ± 3.18 <sup>Bb</sup>
40	10	84.14 ± 2.43 <sup>ab</sup>	92.49 ± 1.43 <sup>b</sup>	27.36 ± 2.09 <sup>Bb</sup>	34.06 ± 6.47 <sup>Cd</sup>
	0	86.04 ± 1.55 <sup>a</sup>	93.17 ± 1.98 <sup>b</sup>	28.61 ± 2.19 <sup>Bb</sup>	41.91 ± 5.60 <sup>Bc</sup>
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value		0.112 1	0.051 9	<0.000 1	<0.000 1
粗蛋白质水平 CP level/%	32	84.02 ± 1.63	92.91 ± 1.91 <sup>a</sup>	46.95 ± 2.87 <sup>Aa</sup>	58.41 ± 3.74 <sup>Aa</sup>
	36	85.17 ± 2.05	94.25 ± 1.21 <sup>a</sup>	45.92 ± 4.59 <sup>Aa</sup>	47.09 ± 5.13 <sup>Bb</sup>
	40	85.15 ± 2.15	92.49 ± 1.43 <sup>b</sup>	28.07 ± 2.16 <sup>Bb</sup>	37.98 ± 7.08 <sup>Cc</sup>
褪黑激素水平 MT level/(mg/只)	10	84.12 ± 1.93	93.61 ± 1.76	39.37 ± 9.57	45.82 ± 10.61
	0	85.35 ± 1.89	93.13 ± 1.67	40.04 ± 9.77	51.18 ± 8.61
<i>P</i> 值	粗蛋白质 CP	0.209 7	0.028 3	<0.000 1	<0.000 1
	褪黑激素 MT	0.048 2	0.321 8	0.515 0	0.001 0
<i>P</i> -value	粗蛋白质 × 褪黑激素 CP × MT	0.332 9	0.202 3	0.172 1	1.000 0

## 3 讨论

### 3.1 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂生长性能的影响

蛋白质是一切生命活动的物质基础, 是构成水貂体细胞、组织和器官的基本成分, 是水貂生产中不可缺少的重要营养物质<sup>[11]</sup>。前人关于饲料 CP 水平对水貂生长性能的影响已有报道, 但结果不尽相同。Glem-Hansen<sup>[12]</sup>研究发现, 生长期水貂饲料中可消化蛋白质的含量达到代谢能的 30% 时, 其体增重和生长性能最佳; 张铁涛等<sup>[13]</sup>研究表

明, 育成期雄水貂饲喂 CP 水平为 34% 的配合干粉饲料时, 能获得最佳的生长性能。本研究中, 0 mg/只 MT 组饲料 CP 水平为 36% 时, 水貂末重和平均日增重最高, 与刘伟等<sup>[14]</sup>的报道一致。大量研究表明, 饲料中添加 MT 能够促进仔猪生长<sup>[15]</sup>, 提高肉仔鸡<sup>[16]</sup>、火鸡<sup>[17]</sup>的体重, 皮下埋植外源 MT 可以提高獭兔平均日增重<sup>[18]</sup>和水貂体重<sup>[19-21]</sup>。本试验中, 试验结束时, 在相同饲料 CP 水平下, 10 mg MT 组水貂的体重和平均日增重均高于 0 mg/只 MT 组, 特别是饲料 CP 水平为 32% 时, 这 2 项指标较为理想。张少忱等<sup>[22]</sup>研究发现,

幼龄水貂皮下埋植 10 mg MT 30 d 后,采食量增大,体重增长加快,与本试验结果一致。外源 MT 对幼龄水貂体重的影响可能是由 MT 作用于垂体调控生长激素和胰岛素样生长因子的分泌而造成的。本试验还发现,饲料 CP 和外源 MT 水平的交互未对幼龄水貂体重及平均日增重产生显著影响。

### 3.2 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂血清生化指标的影响

血清生化指标的变化反映了机体新陈代谢与组织细胞通透性的改变。研究表明,血清 TP 含量在一定程度上代表饲料中 CP 的营养水平及动物对蛋白质的消化吸收程度,当体内蛋白质的合成作用增强、氮的沉积增强时,血清中 TP 含量提高<sup>[23]</sup>。血清 ALB 作为营养物质的载体,具有维持血浆渗透压、修补组织和为机体提供能量等功能,蛋白质摄入不足或吸收障碍会引起肝脏 ALB 合成数量下降<sup>[24]</sup>。本研究中,各组间水貂血清 TP 含量无显著差异,但 10 mg/只 MT 组血清 TP 含量均高于 0 mg/只 MT 组,这可能由于 MT 能够促进机体蛋白质的合成,进而提高水貂对蛋白质的消化吸收能力。随着饲料 CP 水平的提高,ALB 含量有先升高后降低的趋势。当饲料 CP 水平为 36% 时,10 mg/只 MT 组水貂 ALB 含量较为理想,这与张铁涛等<sup>[25]</sup>研究结果基本一致。血清 UN 可以反映饲料氨基酸平衡程度及动物体内蛋白质代谢状态,Stanley 等<sup>[26]</sup>研究表明,血清 UN 含量较低,表明动物氨基酸平衡较好,机体蛋白质合成率较高。本试验中,随着饲料 CP 水平的升高,血清 UN 含量呈先升高后降低的趋势,且外源 MT 降低了各组水貂血清 UN 含量,与杜海燕等<sup>[27]</sup>的结论相符。Pond 等<sup>[28]</sup>研究发现,动物血清中 ALP 主要来自骨骼,由成骨细胞产生,它能促进磷酸钙贮存于骨骼内而参与骨骼钙化过程。本研究中,在不同饲料 CP 水平下,外源 MT 有提高水貂血清 ALP 活性的趋势,且随 CP 水平的提高而上升,表明外源 MT 可以促进水貂骨骼钙化,加速生长发育,进而提高体重。而 Nieminen 等<sup>[18]</sup>研究发现,外源 MT 显著降低雄性水貂肝脏中 ALP 活性和 TG 含量,这与本研究中 MT 有提高水貂血清 ALP 活性和 TG 含量的趋势不一致,分析其原因可能为外源 MT 对

水貂肝脏和血液中酶活性的调节方式不同。

### 3.3 饲料 CP 和外源 MT 水平对水貂营养物质消化率的影响

干物质的采食量受饲料的适口性、动物的健康状况等多种因素的影响。本试验结果表明,在不同饲料 CP 水平下,外源 MT 均能提高生长期水貂的采食量及干物质采食量,外源 MT 对水貂的干物质消化率无显著影响。埋植外源 MT 后,饲料 CP 水平为 32% 时,水貂干物质采食量最高。张铁涛等<sup>[13]</sup>研究表明,育成期水貂干粉料饲料 CP 水平达到 34.18% 时,干物质采食量和消化率较为适宜,本试验主要饲喂鲜料,适口性可能好于干粉料。Lee 等<sup>[29]</sup>和 Bubenik 等<sup>[30]</sup>均报道,动物胃肠道存在大量 MT 受体,通过调节胃肠道的神经、免疫及内分泌系统来增加胃肠黏膜的血流,影响胃肠功能,由此可推测外源 MT 的介入能够影响水貂的采食量及消化率。然而,40% CP 水平的 0 mg/只 MT 组采食量明显低于其他各组,可能由于该组饲料干物质含量较低,水貂适口性下降所致。本试验还发现,随着饲料 CP 水平的不断提高,水貂 CP 消化率呈逐渐上升趋势,32% 和 40% CP 水平下,10 mg/只 MT 组 CP 消化率低于 0 mg/只 MT 组;36% CP 水平下,10 mg/只 MT 组 CP 消化率则稍高于 0 mg/只 MT 组,但差异不显著,表明埋植 MT 后,从 CP 消化率来看,36% CP 水平的饲料较为适宜。当饲料 CP 水平达到 36% 时,埋植 MT 水貂的粗脂肪消化率显著高于其他各组,这与赵国先等<sup>[18]</sup>报道外源 MT 可以提高獭兔 CP 和粗脂肪消化率的结果一致。唐春祥<sup>[31]</sup>研究表明,通过在猪饲料中添加 MT 能够保护机体胃肠黏膜,加速该部位血液循环、抑制消化道运动,这些功能暗示 MT 可能具有促进营养物质在胃肠道的消化作用。本试验通过埋植外源 MT,当饲喂 36% CP 水平的饲料时,提高了水貂 CP 和粗脂肪的消化率,进而促进水貂生长,提高日增重。本研究中,当 CP 水平提高到 40% 时,10 mg/只 MT 组与 0 mg/只 MT 组水貂钙、磷消化率均极显著低于其他 2 组 CP 水平,可能是 40% CP 水平水貂饲料钙、磷水平不适宜,进而导致水貂骨组织成骨细胞增生且功能增强,使成骨细胞的 ALP 大量释放进入血液,从而使血清 ALP 活性升高,这与王

凤来等<sup>[32]</sup> 研究结果相符。

## 4 结 论

综合本试验各项测定指标可以得出, 7 月中旬埋植 MT(10 mg/只) 幼龄雄性水貂的饲料适宜 CP 水平为 32% ~ 36%。

### 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: 105 - 120.
- [2] MAUREL D L, SAAD M M B, ROCH G, et al. Testicular activity is restored by melatonin replacement after suprachiasmatic nucleus lesion or superior cervical ganglionectomy in mink[J]. Pineal Research, 2002, 32(1): 15 - 20.
- [3] ROSE J, STERNER M. The role of the adrenal glands in regulating onset of winter fur growth in mink (*Mustela vison*) [J]. Journal of Experimental Zoology, 1992, 262(4): 469 - 473.
- [4] 王林枫, 杨改青, 张世军, 等. 光照和埋植褪黑激素对绒山羊相关激素分泌的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2009, 45(21): 36 - 40.
- [5] 傅祥伟, 秦应和, 奇升. 皮下埋植褪黑激素对獭兔免疫器官、性腺发育和生长性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2006, 42(11): 22 - 24.
- [6] ROSE J, STORMSHAK F, OLDFIELD J, et al. Induction of winter fur growth in mink (*Mustela vison*) with melatonin [J]. Journal of Animal Science, 1984, 58(1): 57 - 61.
- [7] CONNOR M L. Melatonin as a furring enhancer: effect on growth rate, feed consumption and reproduction in silver fox[J]. Biology, Pathology and Genetics of Fur Bearing Animals, 1988, 437 - 443.
- [8] 李鹏飞, 董常生, 杜海燕. 外源褪黑激素对羊驼春季绒毛生产性能的影响[J]. 山西农业大学学报, 2005, 25(4): 311 - 312.
- [9] BARABASZ B, BAGDONAS I I. Studies on the nutrition of young mink after melatonin implantation [J]. Annals of Animal Science, 2000, 27(2): 117 - 128.
- [10] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [11] 刘晓颖, 程世鹏. 水貂养殖新技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [12] GLEM-HANSEN N. Review of protein and amino acid requirements for mink [J]. Scientifur, 1992, 16(2): 122 - 142.
- [13] 张铁涛, 张志强, 任二军, 等. 饲料蛋白质水平对育成期水貂营养物质消化率及生长性能的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22(4): 1101 - 1106.
- [14] 刘伟, 杨福合, 邢秀梅, 等. 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.
- [15] 彭焕伟, 张克英, 陈代文. 饲喂褪黑激素 (MT) 对生长猪生产性能及饲料养分消化率的影响[J]. 四川农业大学学报, 2005, 23(3): 340 - 343.
- [16] OSEI P, ROBBINS K R, SHIRLEY H V. Effects of exogenous melatonin on growth and energy metabolism of chickens [J]. Nutrition Research, 1989, 9(1): 69 - 81.
- [17] MOORE C B, SIOPE S T D. Effect of melatonin supplement on the ontogeny of immunity in the large white turkey poult [J]. Poultry Science, 2002, 81(12): 1898 - 1903.
- [18] 赵国先, 刘彦慈, 李娜, 等. 不同光照和褪黑激素对獭兔生产性能和营养物质利用率的影响[J]. 饲料工业, 2011, 32(3): 39 - 44.
- [19] NIEMINEN P, KÄKELÄ R, MUSTONEN A M, et al. Exogenous melatonin affects lipids and enzyme activities in mink (*Mustela vison*) liver [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 2001, 128(2): 203 - 211.
- [20] DIGREGORIO G B, MURPHY B D. Furring in mink, the role of melatonin implants [J]. Fur Rancher, 1987, 67: 4 - 12.
- [21] VALTONEN M, VAKKURI O, BLOMSTEDT L. Autumnal timing of photoperiodic manipulation critical via melatonin to winter pelage development in mink [J]. Animal Science, 1995, 61(3): 589 - 596.
- [22] 张少忱, 金爱莲, 王明桢. 埋植褪黑激素对貂、貉促进毛皮生长效应的试验研究[J]. 动物学杂志, 1997, 32(2): 35 - 35.
- [23] 岳双明, 周安国, 王之盛, 等. 日粮锌与蛋白质互作对断奶仔猪生产性能以及部分血液生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2009, 21(3): 279 - 287.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] STANLEY C C, WILLIAMS C C, JENNY B F, et al.

- Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves[J]. *Journal of Dairy Science*, 2002, 85(9): 2335-2343.
- [27] 杜海燕,董宽虎,李鹏飞. 外源褪黑激素对羊驼部分血液生化指标的影响[J]. *饲料工业*, 2006, 27(11): 29-31.
- [28] POND W G, SNOOK J T, MCNEILL D, et al. Pancreatic enzyme activities of pigs up to three weeks of age[J]. *Journal of Animal Science*, 1971, 33(6): 1270-1273.
- [29] LEE P P N, PANG S F. Melatonin and its receptors in the gastrointestinal tract[J]. *Biological Signals*, 1993, 2(4): 181-193.
- [30] BUBENIK G A, PANG S F, HACKER R R, et al. Melatonin concentration in serum and tissues of porcine gastrointestinal tract and their relationship to the intake and passage of food[J]. *Journal of Pineal Research*, 1996, 21(4): 251-256.
- [31] 唐春祥. 褪黑激素主动免疫对生长猪生产性能和胴体品质的影响[D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2005.
- [32] 王凤来, 张曼夫, 陈清明, 等. 日粮磷和钙磷比例对小型猪(香猪)血清、肠、骨碱性磷酸酶及血清钙磷的影响[J]. *动物营养学报*, 2001, 13(1): 36-42.

## Effects of Dietary Protein and Exogenous Melatonin Levels on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters and Nutrient Digestibility of Minks (*Mustela vison*)

SONG Xingchao XUE Hailong CHEN Xiumin YANG Yifeng WEI Haijun LI Guangyu\* YANG Fuhe  
(State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology, Institute of Special Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of dietary crude protein (CP) and exogenous melatonin (MT) levels on growth performance, serum biochemical parameters and nutrient digestibility of minks. Ninety healthy fifty-day-old male minks with a similar body weight were randomly divided into 6 groups with 15 replicates per group and 1 mink per replicate. The trial was carried out using three dietary CP levels (32%, 36% and 40%) and two subcutaneous implant exogenous MT levels (0 and 10 mg per mink) in a 3 × 2 factorial design. The trial lasted for 64 days. The results showed as follows: 1) the final weight of minks fed diets with 40% CP level in 10 mg MT group was significantly higher than that in 0 mg MT group ( $P < 0.05$ ), and the average daily gain (ADG) of minks fed diets with 40% CP level in 10 mg MT group was significantly higher than that in 0 mg MT group ( $P < 0.05$ ). There was no significant interaction between dietary CP and exogenous MT levels in the final weight and ADG ( $P > 0.05$ ). 2) The serum albumin (ALB) content of minks fed diets with 32% and 40% CP levels in 10 mg MT group was significantly lower than that in 0 mg MT groups ( $P < 0.01$ ); the serum triglyceride (TG) content of minks fed diets with 32% and 36% CP levels was significantly higher than those minks fed diets with of 40% CP level ( $P < 0.05$ ). There was significant interaction between dietary CP and exogenous MT levels in the serum ALB content ( $P < 0.01$ ), but there was no significant interaction between dietary CP and exogenous MT levels in the serum total protein (TP), urea nitrogen (UN), TG content and alkaline phosphatase (ALP) activity ( $P > 0.05$ ). 3) For 10 mg MT groups, the dry matter (DM) intake of minks fed diets with 32% and 36% CP levels was significantly higher than that of minks fed diets with 40% CP level ( $P < 0.01$ ). For 0 mg MT groups, the DM intake and excretion of minks fed diets with 32% CP level were significantly higher than that of minks fed diets with 40% CP level ( $P < 0.01$ ). There was no significant interaction between dietary CP and exogenous MT levels in the feed intake, DM intake, DM output and DM digestibility ( $P > 0.05$ ). 4) For 10 mg MT groups, the ether extract (EE) digestibility of minks fed diets with 36% CP level was significantly higher than that of minks fed diets with 32% and 40% CP levels ( $P < 0.05$ ), the calcium (Ca) digestibility of minks fed diets with 32% CP level was significantly higher than that of minks fed diets with 40% CP level ( $P < 0.01$ ), and the phosphonium (P) digestibility of minks fed diets with 32% CP level was significantly higher than that of minks fed diets with 36% and 40% CP levels ( $P < 0.01$ ). For 0 mg MT groups, the Ca digestibility of minks fed diets with 36% CP level was significantly higher than that of minks fed diets with 40% CP level ( $P < 0.01$ ), and the P digestibility of minks fed diets with 32% CP level was significantly higher than that of minks fed diets with 36% and 40% CP levels ( $P < 0.01$ ). There was no significant interaction between dietary CP and exogenous MT levels in the digestibility of CP, EE, Ca and P ( $P > 0.05$ ). Considering all factors, dietary 32% to 36% CP level is considered to be optimal for minks with 10 mg exogenous MT implantation. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(1):107-117]

**Key words:** mink; crude protein; melatonin; growth performance; serum biochemical parameters; nutrient digestibility