

复合酶制剂对蓝狐不同生长期蛋白质 消化和代谢的影响

邹兴淮 李新红

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨, 150040)

摘要: 在蓝狐不同生长期日粮中, 分别添加不同剂量的复合酶制剂, 利用饲养试验、消化代谢试验等实验手段, 从营养学角度探讨复合酶制剂对蓝狐蛋白质消化和代谢的影响。研究表明: 复合酶制剂能有效提高蛋白质的消化率和代谢率。育成期, 同对照组相比, III 组粗蛋白 (CP) 消化率和代谢率分别提高了 13.05% ($P < 0.01$) 和 13.28% ($P < 0.05$), 在 6 组中最高; 长冬毛期, II 组粗蛋白的消化率和代谢率最高, 同对照组相比, 分别提高了 10.43% ($P < 0.05$) 和 10.09% ($P < 0.05$); 复合酶制剂对蓝狐消化、代谢的影响与其剂量有关, 适宜剂量的复合酶制剂, 均能有效提高蓝狐对蛋白质的消化、代谢机能, 可在蓝狐养殖业中推广应用。从蓝狐养殖的经济效益分析, 育成期复合酶的适宜添加剂量为 0.6%; 而长冬毛期的适宜剂量为 0.4%。

关键词: 复合酶制剂; 蓝狐; 蛋白质; 消化代谢

中图分类号: Q958.14

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2003)03-0239-06

Effects of Compound Enzymes on Digestion and Metabolism of Protein in Different Growing Phases of *Alopex lagopus*

ZOU Xinghuai LI Xinhong

(College of wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin, 150040)

Abstract: Different doses of compound enzyme preparations were added into diets of *Alopex lagopus* in different growing phases. Based on feeding and digestion metabolism experiments, their effects on digestion, metabolism of protein were investigated from the point view of nutriology. Results showed: compound enzyme could improve digestibility and metabolic rates of protein effectively. In growing phase, contrasted with control group, digestibility and metabolic rates of crude protein increased 13.05% ($P < 0.01$) and 13.28% ($P < 0.05$) respectively in group III which were the highest among six groups. In winter fur phase, maximal digestibility and metabolic rates of crude protein occurred in group II which increased 10.43% ($P < 0.05$) and 10.09% ($P < 0.05$) respectively compared with control group. Effects of compound enzymes on digestion and metabolism were positively correlated with their doses. Feasible doses of compound enzyme preparations could improve digestibility and metabolic rates of crude protein, so should be recommended for breeding *Alopex lagopus*. Analysis from the point view of economical benefit, the feasible doses of compound enzymes additive was 0.6% in growing phase and 0.4% in winter fur phase.

Key words: Compound enzymes; *Alopex lagopus*; Protein; Digestion metabolism

蓝狐 (*Alopex lagopus*) 又名北极狐, 其皮张是国际流行的裘皮原料, 具有较高的经济价值, 目前国内外已经广泛开展了蓝狐的人工养殖。在蓝狐人工养殖过程中, 饲料的配比以及添加剂能否得到合理的利用, 直接影响蓝狐的生产性能和养殖的经济效益。随着人们对抗生素、生长激素等药物添加剂在动物养殖中所带来负面效应的认识, 饲用酶制剂等具有高效、安全、无毒副作用的饲料添加剂研制

开发成为未来发展方向。如何选用高效、安全、无副作用的饲料添加剂, 提高饲料报酬, 最大限度地满足动物的营养需要, 以提高养殖的经济效益, 是当前动物养殖业中亟待解决的问题。从目前的研究报告来看, 饲用酶制剂主要集中在畜禽饲养研究^[1-3], 而野生动物饲养的研究与应用, 除大熊猫等个别种类外, 国内外尚未系统开展^[4]。复合酶制剂对蓝狐营养物质消化、代谢的影响还未见报道。

基金项目: 国家“948”蓝狐优良品种及配套技术引进项目 (98-4-20)

作者简介: 邹兴淮 (1941-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事经济野生动物饲养繁殖及营养饲料的研究。

收稿日期: 2002-06-28; 修回日期: 2003-03-13

本文研究了复合酶制剂对蓝狐不同生长时期蛋白质消化、代谢的影响,旨在人工养殖蓝狐时降低饲料成本,提高养殖的经济效益,为复合酶制剂在毛皮兽养殖业中的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试动物与试验设计

本研究以芬兰蓝狐与国产蓝狐杂交改良 F1 代为试验动物。个体间亲缘关系较近,体质健壮,日龄和体重基本相似,组间差异不显著 ($P > 0.05$),雌雄比例为 1:1。按照蓝狐的不同生物学时期,分

为育成期和长冬毛期两个试验期。育成期试验用狐日龄为 55 ± 1 d,平均体重为 2.41 ± 0.15 kg;长冬毛期试验用狐日龄为 125 ± 1 d,平均体重为 5.61 ± 0.36 kg。

试验采用单因子方案设计,选取健康蓝狐 144 只(育成期和长冬毛期各 72 只),随机分成 6 组,一组为对照组,饲喂基础日粮,其余 I~V 组为试验组,分别在基础日粮中添加不同剂量(0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%)的复合酶制剂,试验期均为 55 d,其中预试期 5 d,正试期 50 d,详见表 1。

表 1 试验设计

Table 1 Experimental design

试验期 Test period	酶占精料量比 Concentration of enzyme	预试期 (d) Pre-test period	正试期 (d) Test period
对照组 Control	0	5	50
	0.2 %	5	50
	0.4 %	5	50
	0.6 %	5	50
	0.8 %	5	50
	1.0 %	5	50

1.2 复合酶制剂的制备

本研究所用的复合酶(Compound enzyme)制剂,以广东珠海溢多利公司生产的畜用 818A 和 868A 两种型号复合酶为主,这两种复合酶主要含纤维素酶、半纤维素酶、葡聚糖酶、木聚糖酶和少量的蛋白酶、脂酶和淀粉酶,考虑到供试动物为食肉动物蓝狐,日粮中蛋白质、脂肪较高,故再另配合一定量的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶等单一酶,按照一定比例,自行配制而成。

1.3 基础日粮配方及营养水平

蓝狐育成期和长冬毛期基础日粮均以海杂鱼、牛肝、家禽骨架等动物性饲料为主,并掺以一定量的玉米粉、豆粕粉、麦麸粉等。日粮配方因不同生长时期而异,育成期日粮中添加一定量的牛奶,长冬毛期日粮相应减少动物蛋白含量,增加植物性蛋白含量。日粮中各营养成分及维生素、矿物质元素含量符合美国 NRC 制定的狐用饲养标准^[5]。不同生长期日粮成分及营养指标见表 2。

1.4 试验动物的饲养管理

试验用狐采用笼养方式饲养,笼舍(60 cm × 80 cm × 100 cm)用铁丝网制成。饲养试验用狐均

由专人管理,按常规的消毒、防疫措施管理。每天喂食分早、晚两次进行(07:00, 16:00),每只狐投喂充足饲料,自由采食、饮水。随时清扫笼内及四周的粪便,保持笼舍的环境卫生。受试狐防雨淋、风刮及阳光曝晒。出现异常个体时,及时处理。

1.5 试验样品的收集

育成期饲养试验正试期 20 d 过后,用自制收集粪便和尿液装置,采用全粪法单独收集粪尿。每天早、晚采食后 1 h 和午间各收集粪尿 1 次。收集的鲜粪,及时滴加数滴稀 HCL (10%),混合均匀后,称量每只狐日排便量(湿重),称量后放入干燥箱内,70 °C 条件下烘成风干样,称量风干样重量。喂食时,量取一定量食料,70 °C 下烘干成风干样。收集尿液时,加入数滴 1 mol HCL,用量筒测量每天每只狐的尿液总量。量取一定量的粪便风干样(50 g)和一定量的尿液(50 ml),在低温条件下保存以备室内分析。冬毛期饲养试验正试期开始后,第 15 d 进行消化、代谢样品收集,方法同育成期。

1.6 样品分析及数据处理

粗蛋白 (Crude protein, CP): 采用半微量凯氏定氮法测定粪、尿及饲料样品中含氮量, 推算出粗

蛋白含量。所有试验数据采用单因子方差分析, 差异显著性的确定采用 Q 检验, 显著水平为 0.05。

表 2 育成期及长冬毛期试验基础日粮组成及营养水平

Table 2 Composition and nutrient levels of experimented diets in growth and winter fur phase

日粮组成 Diet group	育 成 期 Growth phase			冬 毛 期 Winter fur phase		
	配比 Diets (%)	营养指标 Nutrient index	营养水平 Nutrient levels	配比 Diets (%)	营养指标 Nutrient index	营养水平 Nutrient levels
杂鱼 Fish	30.0	总能量 GE (MJ·kg ⁻¹)	21.15	25.0	总能量 GE (MJ·kg ⁻¹)	19.84
牛肝 Cattle liver	12.0	干物质 DM (%)	13.57	10.0	干物质 DM (%)	12.50
家禽骨架 Poultry bone	5.0	粗蛋白 CP (%)	32.85	5.0	粗蛋白 CP (%)	29.36
玉米粉 Corn meal	15.0	粗脂肪 EF (%)	12.51	23.0	粗脂肪 EF (%)	11.05
豆粕粉 Soybean meal	5.0	粗纤维 CF (%)	3.02	8.0	粗纤维 CF (%)	3.29
麦麸粉 Bran meal	2.0	无氮浸出物 NFE (%)	8.25	5.0	无氮浸出物 NFE (%)	9.34
牛奶 Milk	3.0	粗灰分 CASH (%)	2.14	0	粗灰分 CASH (%)	2.18
蔬菜 Vegetables	3.0	Ca (%)	2.32	2.0	Ca (%)	2.07
食盐 Salt (g/只) *	0.3	P (%)	1.28	0.5	P (%)	1.65
预混制剂 ** Premix	1.0	赖氨酸 Lys (%)	1.57	1.5	赖氨酸 Lys (%)	1.63
水 Water	24.0	蛋氨酸 Met (%)	1.27	24.0	蛋氨酸 Met (%)	1.20

GE: Gross energy; DM: Dry matter; CP: Crude protein; EF: Extensive fat; CF: Crude fiber; NFE: Nitrogen free extractives; CASH: Crude ash

* 两天饲喂一次 Filled every other day ** 为多种微量元素和维生素的混合物 Mixture of many kinds of microelements and vitamin

2 结果

2.1 复合酶制剂对蓝狐育成期、长冬毛期蛋白质消化、代谢的影响

复合酶制剂对蓝狐育成期蛋白质消化、代谢的影响结果见表 3。从表 3 中可以看出: 各试验组与对照组的日采食 N 量无显著差异 ($P > 0.05$); 各试验组的日粪 N 量均低于对照组, 其中 II 组、IV 组与对照组差异显著 ($P < 0.05$), III 组与对照组差异极显著 ($P < 0.01$); 各试验组日尿中含 N 量均低于对照组, 但与对照组无显著差异 ($P > 0.05$); II 组、III 组、IV 组的日沉积 N 量极显著高于对照组 ($P < 0.01$), V 组的日沉积 N 量显著高于对照组 ($P < 0.05$); CP 表观消化率、代谢率以及净蛋白的利用率, 各试验组均高于对照组; III 组 CP 的表观消化率、代谢率最大, 极显著地高于对照值 ($P < 0.05$); 同样, 净蛋白利用率为 III 组最高, 同对照组相比, III 组净蛋白的利用率提高了 25.17% ($P < 0.01$)。从对照组到 V 组, N 的沉积量、CP 消化率、CP 代谢率、净蛋白利用率, 均是先逐渐增大, III 组达到最大值后逐渐减小, 说明外源酶的促消化作用与剂量有关。

复合酶制剂对蓝狐长冬毛期蛋白质消化、代谢

的影响结果见表 4。从表 4 中可以看出, 各试验组的日采食 N 量与对照组无显著差异 ($P > 0.05$); 各试验组的日粪便中含 N 量均低于对照组, 其中 II 组、III 组与对照组差异显著 ($P < 0.05$); 各试验组日尿中含 N 量均低于对照组, 但与对照组无显著差异 ($P > 0.05$); II 组的日沉积 N 量极显著高于对照组 ($P < 0.01$), III 组 CP 的日沉积 N 量显著高于对照组 ($P < 0.05$); 长冬毛期添加复合酶后, CP 的表观消化率、代谢率以及净蛋白利用率, 各试验组均高于对照组, 与育成期具有相似性; II 组 CP 表观消化率、代谢率最大, 同对照组相比, 分别提高 10.43% ($P < 0.05$) 和 10.09% ($P < 0.05$); CP 的沉积量和净蛋白利用率均是 II 组最高, 同对照组相比, II 组净蛋白利用率提高 20.58% ($P < 0.01$)。

2.2 复合酶制剂对芬兰蓝狐粗蛋白消化率和代谢率影响

不同生长时期各试验组粗蛋白的消化率、代谢率同对照组相比的增加量见图 1 和图 2。图 1 示 CP 表观消化率的增加量: 添加相同剂量的复合酶制剂, 育成期和长冬毛期 CP 消化率的增加量有一定的差别, I 组、II 组中长冬毛期 CP 消化率的增加量大于育成期的增加量, III 组中育成期 CP 消化率

的增加量大于长冬毛期的增加量, IV组育成期和长冬毛期 CP 消化率的增加量相近; 育成期 III组 CP 消化率的增加量最大, 长冬毛期 II组 CP 消化率的增加量最大。说明在蓝狐育成期添加 0.6% 的复合酶更有利于 CP 的消化, 而长冬毛期添加 0.4% 的复合酶更有利于 CP 的消化。图 2 示 CP 代谢率的增加量: 同 CP 的消化率相似, 添加相同剂量的复合酶制剂, 育成期同长冬毛期 CP 代谢率的增加量

有一定的差异, II组、III组、IV组、V组中育成期 CP 代谢率的增加量大于长冬毛期的增加量, 而且增加量差别较大。I组中长冬毛期 CP 代谢率的增加量大于育成期的增加量; 育成期 III组 CP 代谢率的增加量最大, 长冬毛期 II组 CP 代谢率的增加量最大。说明在蓝狐育成期添加 0.6% 的复合酶更有利于 CP 的代谢, 而长毛期添加 0.4% 的复合酶更有利于 CP 的代谢。

表 3 育成期复合酶制剂对粗蛋白消化、代谢的影响

Table 3 Effects of compound enzyme on crude protein apparent digestibility and metabolism in growth phase

项目 Items	对照组 Control	试验组别 Experimental groups				
		V	I	II	III	IV
日采食 N (g) Intake nitrogen from daily diet	13.04 ±0.52	13.26 ±0.43	13.70 ±0.58	13.95 ±0.41	13.66 ±0.50	13.39 ±0.47
日粪中 N (g) Nitrogen in daily fecal	3.73 ±0.25 **	3.32 ±0.23	3.06 ±0.34 *	2.73 ±0.23 **	3.14 ±0.27 *	3.29 ±0.19
日尿中 N (g) Nitrogen in daily urine	3.85 ±0.24	3.77 ±0.23	3.56 ±0.27	3.64 ±0.23	3.73 ±0.29	3.80 ±0.22
日沉积 N (g) Daily deposit nitrogen	5.31 ±0.35 **	5.85 ±0.46	7.07 ±0.31 **	7.60 ±0.45 **	6.76 ±0.39 **	6.18 ±0.34 *
CP 消化率 (%) Digestibility of crude protein	71.3 ±2.8 **	74.4 ±3.2 *	77.6 ±2.1 **	80.6 ±2.7 **	76.9 ±2.8 *	75.4 ±3.1
CP 代谢率 (%) Metabolism rate of crude protein	57.2 ±2.4 **	60.5 ±2.6 *	63.4 ±2.5 *	64.8 ±3.2 *	64.5 ±2.4 *	62.2 ±3.0
净 CP 利用率 (%) Net crude protein utilization rate	41.7 ±2.1 **	45.1 ±2.3	49.2 ±2.2 *	52.2 ±1.6 **	49.6 ±1.8 *	46.8 ±2.4 *

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

表 4 长冬毛期复合酶制剂对粗蛋白消化、代谢的影响

Table 4 Effects of compound enzyme on crude protein apparent digestibility and metabolism in winter fur phase

项目 Items	对照组 Control	试验组别 Experimental groups				
		V	I	II	III	IV
日采食 N (g) Intake nitrogen from daily diet	15.48 ±0.67	15.80 ±0.52	16.71 ±0.59	16.42 ±0.48	15.98 ±0.62	15.89 ±0.57
日粪中 N (g) Nitrogen in daily fecal	4.53 ±0.35 *	3.88 ±0.24	3.54 ±0.29 *	3.76 ±0.33 *	3.93 ±0.38	4.21 ±0.25
日尿中 N (g) Nitrogen in daily urine	5.27 ±0.20	5.23 ±0.35	5.30 ±0.27	5.38 ±0.39	5.32 ±0.9	5.33 ±0.23
日沉积 N (g) Daily deposit nitrogen	5.79 ±0.46 **	6.74 ±0.38	7.86 ±0.35 **	7.25 ±0.37 *	6.26 ±0.25	6.37 ±0.34
粗蛋白消化率 (%) Digestibility of crude protein	70.7 ±2.9 *	75.9 ±3.0	78.1 ±2.8 *	76.5 ±2.5 *	75.8 ±3.1	73.4 ±3.3
粗蛋白代谢率 (%) Metabolism rate of crude protein	52.5 ±2.8 *	56.3 ±2.7	57.8 ±3.2 *	57.5 ±3.0 *	55.7 ±2.8 *	54.4 ±3.1
净粗蛋白利用率 (%) Net crude protein utilization rate	37.4 ±2.4 **	42.7 ±2.2	45.1 ±2.5 **	43.5 ±2.6 **	41.8 ±2.8 *	39.3 ±2.1

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

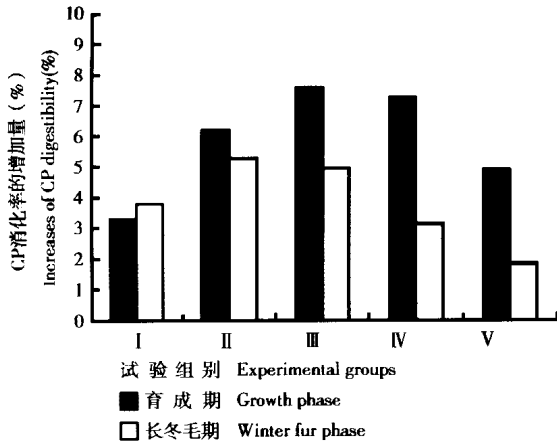


图1 不同生长期不同组别粗蛋白消化率的增加量

Fig. 1 Increases of crude protein apparent digestibility in different growth phases and experimental groups

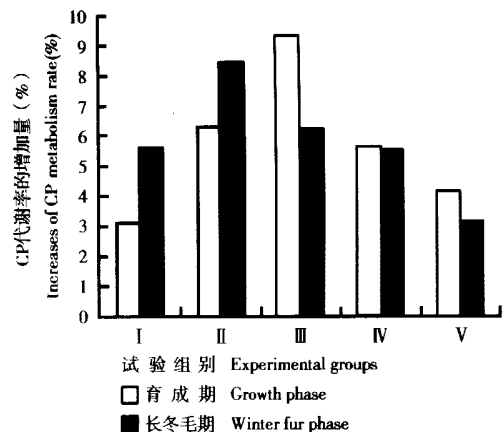


图2 不同生长期不同组别粗蛋白代谢率的增加量

Fig. 2 Increases of crude protein metabolism rate in different growth phases and experimental groups

3 讨论

动物性蛋白质是毛皮兽食物的重要组成成分,与碳水化合物、脂肪相比,动物性蛋白是较重要的营养素^[6]。在蓝狐育成期,脂肪的沉积量较少,主要沉积蛋白质和矿物质,所以此时期蛋白质需要量大、利用率高。如果蛋白质等营养素不足,则会抑制幼狐的生长发育^[7]。长冬毛期,蓝狐需要采食大量脂肪和碳水化合物,同样需要采食大量蛋白质,用以供给被毛生长所需^[8]。从结果来看,对照组中日沉积氮量均高于于秀芳等的研究结果^[9]。其原因是,经过杂交改良后的蓝狐采食量与国产狐相比有所增加,而粪便、尿液中含氮比例无差别,因而日沉积氮量增大。育成期与长冬毛期的对照组之间相比较,育成期粗蛋白的沉积量、粗蛋白消化率、代谢率及净蛋白利用率高于长冬毛期,说明蓝狐育成期对粗蛋白消化、代谢能力强于长冬毛期。这与蓝狐不同生长期的生理机能有关。

添加复合酶制剂后,无论是育成期还是长冬毛期,各试验组与对照组相比,粗蛋白消化率、代谢率及净蛋白利用率均有所提高。在不同生长期,不同剂量复合酶对粗蛋白消化、代谢作用效果有一定差别。育成期,III组粗蛋白消化率、代谢率及净蛋白利用率最高,说明育成期0.6%的复合酶制剂有利于粗蛋白的吸收利用;长冬毛期,II组粗蛋白消化率、代谢率及净蛋白利用率最高,说明长冬毛期0.4%的复合酶制剂有利于粗蛋白的吸收利用。

不同生长期,粗蛋白消化率、代谢率及净蛋白利用率提高的最大幅度也存在差别:育成期提高的最大幅度分别为13.05%、13.28%和25.17%;而长冬毛期提高的最大幅度分别为10.43%、10.09%和20.58%,即育成期提高的最大幅度大于长冬毛期。其原因是,蓝狐育成期的消化吸收机能较强,对蛋白质的需求量大,尤其是断乳后一段时期内,胰蛋白酶等内源性消化酶分泌受到抑制,分泌量有所降低,添加外源复合酶后,可以弥补内源酶分泌的不足,同时,在外源复合酶的作用下也可能为消化道提供更多可分解的有机质,从而刺激内源性消化酶的分泌。因此,在育成期日粮中添加复合酶制剂,更能进一步强化酶解功能,促进饲料中粗蛋白的吸收利用。不同剂量的复合酶制剂在蓝狐不同生长期,对各种营养物质的消化吸收效果,主要体现在以下两方面:一是酶促作用与复合酶剂量有关;二是酶促剂量受生长时期影响。

目前饲用酶制剂已在畜禽养殖业中广泛应用,有关饲用酶促消化机理也已达成共识,但外源酶和内源酶之间存在协同作用还是拮抗作用,仍有不同的看法。例如王泉林认为,在日粮中添加酶制剂,可为日粮提供更多的基质而刺激内源酶的分泌,从而提高日粮的消化率^[10];Baidoo认为,过量添加复合酶制剂,会干扰内源性消化酶的分泌,从而使饲料养分利用率及生产性能下降^[11]。而Inborr认为,外源酶制剂多来自于细菌和真菌,其自身结构及对环境的要求均与内源酶不同,因此,不会反馈性抑

制内源酶的分泌。相反,由于需分解的养分数量增加,会反馈性刺激内源酶的分泌^[12]。奚刚等^[13]研究表明,日粮中添加外源性酶制剂,可提高丝毛乌骨鸡内源性胃蛋白酶、胰蛋白酶和淀粉酶的活性。从本研究结果来看,添加外源酶后各营养物质的消化率均有不同程度的提高,而且复合酶作用效果与其剂量之间存在效应关系。所以,笔者认为在蓝狐日粮中添加适宜剂量的外源性饲用酶并不影响各种营养物质的消化吸收,外源性饲用酶可在毛皮动物养殖业中推广应用。

参考文献:

- [1] Thacker P A. Effect of enzyme supplementation on the performance of growing-finishing pigs fed barley-based diets supplemented with soybean meal or canola meal [J]. *J Anim Sci*, 2001, **14** (7): 1008 - 1013.
- [2] Jensen M S, Bach K E, Inbarr J. Effect of α -glucanase supplementation on pancreatic activity and nutrient digestibility in piglets fed diets based on hulled and hullless barley varieties [J]. *Anim Feed Sci Technol*, 1998, **72**: 329 - 345.
- [3] Rotter B A, Nesar M, Guenter W. Effect of enzyme supplementation on the nutritive value of hullless barley in chicken diets [J]. *Anim Feed Sci Technol*, 1989, **24**: 233.
- [4] 邹兴淮, 张贵权, 洪美玲, 梁明山, 王力军, 杨春花, 许尔新, 孙梅, 黄淦. 外源复合酶对大熊猫日粮营养物质消化率影响的研究 [J]. *四川大学学报*, 2001, **38** (2): 259 - 262
- [5] NRC (USA). Nutrient requirement of mink and fox [M]. National Academy Press, 1982.
- [6] 邹兴淮主编. 野生动物营养学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1999. 23 - 68.
- [7] Rouvinen K. Dietary effect of omega - 3 polyunsaturated fatty acids on body composition and health status of farmed blue and silver fox [J]. *Acta Agri Scan*, 1991, **44**: 401 - 414.
- [8] 靳世厚, 杨嘉实, 马西艺. 狐的能量、蛋白质需要量及其饲料配制技术的综合研究报告 [J]. *经济动物学报*, 1998, **2** (2): 10 - 13.
- [9] 于秀芳, 生群, 靳世厚, 马西艺. 生长期蓝狐氮代谢的研究 [J]. *经济动物学报*, 1999, **3** (1): 14 - 17.
- [10] 王泉林. 酶制剂的应用及机理研究 [A]. 第三届全国饲料毒物与抗营养因子及酶制剂学术研讨会论文集 [C]. 西安: 西北大学出版社, 1997. 160 - 162.
- [11] Baidoo S K, Liu Y G, Yungblut D. Effect of microbial enzyme supplementation on energy, amino acid digestibility and performance of pigs hullless barley based diets [J]. *J Anim Sci*, 1998, **78**: 625 - 631.
- [12] Inbarr J, Schmitz M, Abrens F. Effect of adding fiber and starch degrading enzymes to a barley-wheat based diet on performance and nutrient digestibility in different segments of the small intestine of early weaning pigs [J]. *Anim Feed Sci and Technol*, 1993, **44**: 113 - 127.
- [13] 奚刚, 许梓荣. 外源性酶制剂对丝毛乌骨鸡蛋白质、氨基酸表观消化率及内源性消化酶活性的影响 [J]. *动物营养学报*, 1999, **11** (2): 64.