

饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔生长性能、氮代谢和空肠黏膜酶活性的影响

付朝晖 李福昌* 李冰 张彩霞 李万佳 朱晓强

(山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018)

摘要: 本试验旨在研究饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔生长性能、氮代谢和空肠黏膜酶活性的影响。试验选用断奶獭兔 200 只, 随机分为 5 组(每组 40 个重复, 每个重复 1 只), 分别饲喂谷氨酰胺添加水平为 0、0.3%、0.6%、0.9% 和 1.2% 的试验饲料。预试期 7 d, 正试期 60 d。结果表明: 在初始体重无显著差异($P > 0.05$)的情况下, 饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔的平均日采食量、平均日增重和料重比均无显著影响($P > 0.05$); 随着饲料谷氨酰胺添加水平的升高, 平均日增重先升高后降低, 料重比先降低后升高, 在饲料谷氨酰胺添加水平为 0.9% 时达到最高平均日增重和最低料重比。饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔的尿氮、食入氮无显著影响($P > 0.05$)。饲料谷氨酰胺添加水平极显著影响生长獭兔的粪氮($P = 0.0048$)、可消化氮($P = 0.0060$)、沉积氮($P = 0.0053$)、氮表观消化率($P = 0.0009$)、氮利用率($P = 0.0081$)、氮生物学效价($P = 0.0023$), 其中粪氮在饲料谷氨酰胺添加水平为 0.9% 时达到最小值, 其他指标在此时达到最大值。饲料谷氨酰胺添加水平显著或极显著影响蛋氨酸($P = 0.0001$)、胱氨酸($P = 0.0063$)、谷氨酸($P = 0.0106$)和脯氨酸的表观消化率($P = 0.0001$), 而对其他氨基酸的表观消化率无显著影响($P > 0.05$)。饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔的空肠黏膜蔗糖酶和乳糖酶活性无显著影响($P > 0.05$), 而极显著影响空肠黏膜麦芽糖酶($P = 0.0015$)、鸟氨酸转氨酶($P = 0.0029$)和谷氨酸合成酶活性($P = 0.0076$)。综合本试验测定指标得出, 生长獭兔饲料适宜的谷氨酰胺添加水平为 0.9%。

关键词: 谷氨酰胺; 生长獭兔; 生长性能; 氮代谢; 空肠黏膜酶活性

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2014)02-0397-07

谷氨酰胺 (glutamine, GLN) 是乳中最丰富的游离氨基酸^[1]。Windmueller^[2] 和 Souba^[3] 的研究均表明谷氨酰胺是肠道上皮细胞代谢的主要能源供体, 也是肠上皮间淋巴组织增殖的必要营养物。肠黏膜上皮细胞含有多种酶, 如乳糖酶、氨基肽酶、二肽酶等, 肠腔内蛋白质的消化产物寡肽和糖类被位于肠黏膜上的酶水解。近年来, 非必需氨基酸谷氨酰胺因其具有重要的生物学功能为营养学家所重视。Li 等^[4] 研究表明, 在应激或病理条

件下, 内源性谷氨酰胺往往不能满足动物机体需要, 甚至发生谷氨酰胺枯竭, 因此其提出谷氨酰胺是一种条件性必需氨基酸。关于谷氨酰胺的研究多集中在家禽和猪方面, 在家兔上的研究较少见, 具体到獭兔上就更缺乏。本试验拟通过饲养试验和消化代谢试验研究饲料谷氨酰胺添加水平对獭兔生长性能、氮代谢和空肠黏膜酶活性的影响, 寻求生长獭兔的谷氨酰胺需要量, 旨在为獭兔饲养标准的制订提供一定的理论和数据依据。

收稿日期: 2013-09-22

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-44-B-1); 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (2000903006)

作者简介: 付朝晖 (1988—), 女, 山东滨州人, 硕士研究生, 研究方向为动物营养和家兔生产。E-mail: 869802051@qq.com

* 通讯作者: 李福昌, 教授, 博士生导师, E-mail: chlf@sdau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验饲料

基础饲料参考 NRC(1977)^[5] 和 De Blas 等^[6] 的生长兔饲养标准配制而成,其组成及营养水平

见表 1。在基础饲料中分别添加 0、0.3%、0.6%、0.9%、1.2% 的谷氨酰胺,配成 5 种试验饲料。各种饲料原料粉碎后逐级混匀,用制粒机压制直径为 4~6 mm 的颗粒饲料,储存于通风干燥处备用。

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)

%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels	含量 Content
玉米 Corn	16.0	消化能 DE/(MJ/kg)	10.08
大豆粕 Soybean meal	17.0	粗蛋白质 CP	15.89
小麦麸 Wheat bran	18.0	粗纤维 CF	12.62
花生秧 Peanut vine	46.0	粗脂肪 EE	2.18
碳酸氢钙 CaHPO ₄	1.5	赖氨酸 Lys	0.52
食盐 NaCl	0.5	蛋氨酸 Met	0.17
预混料 Premix	1.0	钙 Ca	1.23
合计 Total	100.0	磷 P	0.60

预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of the diet: VA 13 500 IU, VE 15 mg, VK 1.5 mg, VB₁ 1.8 mg, VB₂ 6 mg, VB₃ 13.5 mg, VB₅ 24 mg, VB₆ 0.3 mg, VB₁₂ 0.024 mg, Cu 10 mg, Fe 60 mg, Zn 70 mg, Mn 16 mg, Se 0.1 mg, 生物素 biotin 0.09 mg, 叶酸 folic acid 0.3 mg, 地克珠利 diclazuril 5 mg。

1.2 试验动物与饲养管理

选取平均体重为 808.24 g 的断奶獭兔 200 只(公母各占 1/2),按性别和体重随机分为 5 组,每组 40 个重复,每个重复 1 只。试验兔单笼饲养,试验期间早、晚各饲喂 1 次。采用常规饲养管理和免疫程序,自然采光和通风,自由采食和饮水。预试期 7 d,正试期 60 d。

1.3 样品采集与制备

饲养试验结束前 6 天,每组随机抽取 8 只试验兔,转移到经消毒处理的代谢笼内,单笼饲养,并饲喂相应的试验饲料,自由采食和饮水。预试期 3 d,预试期后连续 3 d 收集每只试验兔全天的粪样和尿样,4℃密封保存,同时记录每只试验兔每天的采食量、排粪量和排尿量。鲜粪称重后,取其中一部分称重后加 10% 的硫酸固氮,每天取样比例相同,然后在烘箱中于 65℃下烘干 72 h,称重即得粪样的风干重,最后将 3 d 的风干粪样混合粉碎,混匀后 -20℃冷冻保存待测。尿样测量后,取一定比例盛入备好的 250 mL 塑料瓶中,加入 5 mL 浓硫酸固氮,每天取样比例相同,混匀后置于 -20℃冷冻保存,待测含氮量。

在试验开始后的第 60 天清晨空腹称重,每组随机抽取 8 只试验兔进行采样,试验兔屠宰后,取

空肠近端 1/4 处约 10 cm,在 4℃下用磷酸盐缓冲液(PBS)洗净肠道内容物,用滤纸轻轻吸干,玻片小心刮取黏膜分装到 EP 管内, -80℃保存备用。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 生长性能指标

测定试验开始和结束时试验兔的体重,并统计全期的喂料量,计算平均日增重、平均日采食量、料重比。

1.4.2 氮代谢指标

饲料、粪样和尿样含氮量利用凯氏定氮法进行测定,相关指标的计算公式如下:

$$\text{可消化氮(g/d)} = \text{食入氮} - \text{粪氮};$$

$$\text{沉积氮(g/d)} = \text{食入氮} - \text{粪氮} - \text{尿氮};$$

$$\text{氮表观消化率(\%)} = 100 \times \text{可消化氮} / \text{食入氮};$$

$$\text{氮利用率(\%)} = 100 \times \text{沉积氮} / \text{食入氮};$$

$$\text{氮生物学效价(\%)} = 100 \times \text{沉积氮} / \text{可消化氮}.$$

1.4.3 空肠黏膜酶活性指标

空肠黏膜二糖酶(蔗糖酶、乳糖酶、麦芽糖酶)和代谢酶(谷氨酸合成酶、鸟氨酸转氨酶)活性均采用南京建成生物工程研究所相应试剂盒按照操作说明进行测定。二糖酶试剂盒的测定原理是二糖作用于相应的底物产生单糖,该单糖在其氧化酶的作用下产生过氧化氢,过氧化氢同显色剂结

合产生红色的产物,用分光光度计测定其光密度值,从而测定出二糖酶的活性。兔谷氨酸合成酶试剂盒和兔鸟氨酸转氨酶试剂盒是基于生物素双抗体夹心技术原理进行测定的。

1.5 数据处理与分析

数据以平均值和均方根误差表示,用 SAS 9.1.3 统计软件中的 GLM 进行数据的方差分析,用 Duncan 氏法进行数据的多重比较。

2 结果与分析

2.1 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔生长性能的影响

由表 2 可以看出,在初始体重无显著差异 ($P > 0.05$) 的情况下,饲粮谷氨酰胺添加水平对平均日采食量、平均日增重和料重比均无显著影响 ($P > 0.05$)。随着饲粮谷氨酰胺添加水平的升高,平均日增重先升高后降低,在饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 时最高,料重比在饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 时最低。

2.2 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔氮代谢的影响

由表 3 可以看出,饲粮谷氨酰胺添加水平极

显著影响粪氮 ($P = 0.0048$)、可消化氮 ($P = 0.0060$)、沉积氮 ($P = 0.0053$)、氮表观消化率 ($P = 0.0009$)、氮利用率 ($P = 0.0081$)、氮生物学效价 ($P = 0.0023$),而对食入氮、尿氮无显著影响 ($P > 0.05$)。其中,饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 的组粪氮极显著低于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.6% 的组 ($P < 0.01$),显著低于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0 和 1.2% 的组 ($P < 0.05$);饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 的组可消化氮极显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0、0.3% 和 1.2% 的组 ($P < 0.01$);饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 的组沉积氮极显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0、0.3% 的组 ($P < 0.01$),显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.6% 和 1.2% 的组 ($P < 0.05$);饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 的组氮表观消化率极显著高于其他各组 ($P < 0.01$);饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 的组氮利用率极显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0 和 0.3% 的组 ($P < 0.01$),显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.6% 和 1.2% 的组 ($P < 0.05$);饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 的组氮生物学效价极显著高于其他各组 ($P < 0.01$)。

表 2 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary glutamine supplemental level on growth performance of growing Rex rabbits ($n = 40$)

项目 Items	饲粮谷氨酰胺添加水平 Dietary glutamine supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	0.3	0.6	0.9	1.2		
初始体重 IBW/g	821.45	807.33	801.45	808.95	802.00	141.070 2	0.970 9
平均日增重 ADG/(g/d)	17.32	18.30	18.65	18.99	18.53	2.381 5	0.237 6
平均日采食量 ADFI/(g/d)	71.26	71.23	71.78	72.17	72.12	31.300 7	0.056 4
料重比 F/G	4.21	3.94	3.91	3.84	3.92	0.489 0	0.165 6

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 ($P < 0.01$),相同字母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.

2.3 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔氨基酸表观消化率的影响

由表 4 可以看出,饲粮谷氨酰胺添加水平显著或极显著影响蛋氨酸 ($P = 0.0001$)、胱氨酸 ($P = 0.0063$)、谷氨酸 ($P = 0.0106$) 和脯氨酸 ($P = 0.0001$) 的表观消化率,而对其他氨基酸的表观消化率无显著影响 ($P > 0.05$)。其中,饲粮谷

氨酰胺添加水平为 1.2% 的组蛋氨酸的表观消化率极显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.3% 和 0.9% 的组 ($P < 0.01$),显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.6% 的组 ($P < 0.05$);饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.6% 的组胱氨酸的表观消化率极显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.3%、0.9% 和 1.2% 的组 ($P < 0.01$);饲粮谷氨酰胺添加水平为

1.2% 的组谷氨酸的表观消化率显著高于饲料谷氨酰胺添加水平为 0 和 0.3% 的组 ($P < 0.05$); 饲料谷氨酰胺添加水平为 1.2% 的组脯氨酸的表观

消化率极显著高于饲料谷氨酰胺添加水平为 0 和 0.3% 的组 ($P < 0.01$), 显著高于饲料谷氨酰胺添加水平为 0.6% 的组 ($P < 0.05$)。

表 3 饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔氮代谢的影响

Table 3 Effects of dietary glutamine supplemental level on nitrogen metabolism of growing Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	饲料谷氨酰胺添加水平 Dietary glutamine supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	0.3	0.6	0.9	1.2		
食入氮 Nitrogen intake/(g/d)	2.00	2.05	2.12	2.15	2.06	0.102 0	0.050 9
粪氮 Fecal nitrogen/(g/d)	0.37 ^{Bb}	0.33 ^{Bc}	0.38 ^{Aa}	0.33 ^{Bc}	0.37 ^{Bb}	0.033 9	0.004 8
尿氮 Urinary nitrogen/(g/d)	0.36	0.36	0.35	0.33	0.32	0.035 7	0.154 2
可消化氮 Digestible nitrogen/(g/d)	1.63 ^{Bc}	1.65 ^{Bb}	1.74 ^{ABab}	1.82 ^{Aa}	1.70 ^{Bb}	0.104 0	0.006 0
沉积氮 Nitrogen retention/(g/d)	1.27 ^{Bc}	1.29 ^{Bc}	1.39 ^{ABb}	1.49 ^{Aa}	1.38 ^{ABb}	0.116 4	0.005 3
氮表观消化率 Nitrogen apparent digestibility/%	81.52 ^{Bbc}	80.44 ^{Bc}	82.06 ^{Bb}	84.67 ^{Aa}	82.17 ^{Bb}	1.803 2	0.000 9
氮利用率 Nitrogen utilization rate/%	63.54 ^{Bc}	62.89 ^{Bc}	65.77 ^{ABb}	69.22 ^{Aa}	66.60 ^{ABb}	3.546 5	0.008 1
氮生物学效价 Nitrogen biological value/%	77.48 ^{Bc}	76.22 ^{Bc}	78.54 ^{Bb}	81.84 ^{Aa}	78.82 ^{Bb}	2.607 5	0.002 3

表 4 饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔氨基酸表观消化率的影响

Table 4 Effects of dietary glutamine supplemental level on amino acid apparent digestibility of growing Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	饲料谷氨酰胺添加水平 Dietary glutamine supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	0.3	0.6	0.9	1.2		
必需氨基酸 EAA							
精氨酸 Arg	90.61	90.52	89.33	88.92	89.06	1.821 0	0.235 1
组氨酸 His	84.72	86.62	85.43	85.58	85.62	2.144 0	0.091 2
亮氨酸 Leu	79.44	81.72	79.18	78.73	79.84	3.306 5	0.435 2
赖氨酸 Lys	82.04	82.69	81.10	81.73	80.29	3.276 2	0.675 1
蛋氨酸 Met	81.39 ^{ABbc}	79.42 ^{Bc}	86.73 ^{Aab}	79.89 ^{Bc}	90.81 ^{Aa}	4.438 6	0.000 1
苯丙氨酸 Phe	83.02	86.06	84.53	83.58	83.10	3.242 5	0.292 4
苏氨酸 Thr	80.48	81.33	80.62	80.20	80.32	3.212 7	0.967 3
缬氨酸 Val	80.50	81.32	81.03	79.33	81.78	3.141 5	0.592 1
非必需氨基酸 NEAA							
丙氨酸 Ala	72.40	75.03	71.64	70.48	73.92	4.689 2	0.332 2
天冬氨酸 Asp	82.13	83.36	81.37	81.47	81.39	3.025 1	0.639 5
胱氨酸 Cys	97.43 ^{ABab}	97.02 ^{BCbc}	97.92 ^{Aa}	96.53 ^{Cc}	97.12 ^{BCbc}	7.722 3	0.006 3
谷氨酸 Glu	84.71 ^c	86.10 ^{bc}	86.48 ^{abc}	87.33 ^{ab}	88.81 ^a	2.115 6	0.010 6
甘氨酸 Gly	74.58	76.01	72.89	72.43	74.30	3.959 8	0.386 7
脯氨酸 Pro	84.10 ^{Bc}	84.51 ^{Bc}	88.56 ^{Ab}	89.26 ^{Aab}	90.55 ^{Aa}	2.839 7	0.000 1
丝氨酸 Ser	80.81	82.23	81.19	81.40	80.89	3.025 2	0.897 0
酪氨酸 Tyr	96.94	93.89	93.73	91.30	93.29	3.602 3	0.064 9

2.4 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔空肠黏膜酶活性的影响

2.4.1 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔空肠黏膜二糖酶活性的影响

由表 5 可以看出, 饲粮谷氨酰胺添加水平对

空肠黏膜蔗糖酶和乳糖酶的活性无显著影响 ($P > 0.05$)。饲粮谷氨酰胺添加水平对空肠黏膜麦芽糖酶的活性有极显著影响 ($P = 0.0015$), 其中谷氨酰胺添加水平为 0.3% 的组极显著高于其他各组 ($P < 0.05$)。

表 5 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔空肠黏膜二糖酶活性的影响

Table 5 Effects of dietary glutamine supplemental level on jejunal mucosal disaccharidase activities of growing Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	饲粮谷氨酰胺添加水平 Dietary glutamine supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	0.3	0.6	0.9	1.2		
蔗糖酶 Sucrase	170.97	158.84	140.33	151.33	162.39	62.119 2	0.331 6
麦芽糖酶 Maltase	73.05 ^{Bb}	102.73 ^{Aa}	53.93 ^{Bc}	59.01 ^{Bc}	51.12 ^{Bc}	21.076 3	0.001 5
乳糖酶 Lactase	11.15	12.88	15.22	8.76	10.69	4.766 5	0.214 3

2.4.2 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔空肠黏膜代谢酶活性的影响

由表 6 可以看出, 饲粮谷氨酰胺添加水平极显著影响空肠黏膜鸟氨酸转氨酶 ($P = 0.0029$)、谷氨酸合成酶的活性 ($P = 0.0076$)。其中, 谷氨酰胺添加水平为 0.9% 的组空肠黏膜鸟氨酸转氨

酶活性极显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0 和 0.6% 的组 ($P < 0.01$); 谷氨酰胺添加水平为 0.3% 的组空肠黏膜谷氨酸合成酶的活性极显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0 的组 ($P < 0.01$), 显著高于饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.6% 的组 ($P < 0.05$)。

表 6 饲粮谷氨酰胺添加水平对生长獭兔空肠黏膜代谢酶活性的影响

Table 6 Effects of dietary glutamine supplemental level on jejunal mucosal metabolic enzyme activities of growing Rex rabbits ($n=8$)

项目 Items	饲粮谷氨酰胺添加水平 Dietary glutamine supplemental level/%					均方根误差 R-MSE	P 值 P-value
	0	0.3	0.6	0.9	1.2		
鸟氨酸转氨酶 OAT	10.71 ^{Cc}	17.25 ^{ABab}	14.77 ^{BCb}	19.77 ^{Aa}	17.44 ^{ABab}	3.641 1	0.002 9
谷氨酸合成酶 GOGAT	90.46 ^{Bc}	119.91 ^{Aa}	105.12 ^{ABb}	112.31 ^{Aab}	111.93 ^{Aab}	12.904 6	0.007 6

3 讨论

3.1 饲粮谷氨酰胺添加水平与生长性能

谷氨酰胺对畜禽的生长性能可产生一定的影响, 其中报道最多的是其对肉鸡、仔猪的促生长作用。黄冠庆等^[7]研究表明, 在 21 日龄断奶仔猪饲粮中添加 0.1% 的谷氨酰胺可显著提高 21~31 日龄仔猪的平均日增重和饲料转化率。席鹏彬等^[8]的研究表明, 添加合适剂量的谷氨酰胺二肽可改善断奶仔猪的生长性能。曾翠平等^[9]认为, 谷氨酰胺可改善断奶仔猪的生长性能, 显著提高肝脏相对重和降低肾脏相对重, 但对断奶仔猪腹泻率的影响不明显。肖英平等^[10]的试验表明, 饲粮中添加谷氨酰胺显著改善断奶仔猪的平均日增重和

料重比。由此可见, 谷氨酰胺可提高动物的生长性能, 其机理可能与谷氨酰胺能阻止蛋白质分解, 缓解免疫应激, 提高肠道吸收等功能相关。本试验在初始体重无显著差异的情况下, 随着饲粮谷氨酰胺添加水平的升高, 生长獭兔的平均日增重先升高后降低, 在饲粮谷氨酰胺添加水平为 0.9% 时为最高。

3.2 饲粮谷氨酰胺添加水平与氮代谢

肖英平等^[10]研究表明, 饲粮中添加 1.0% 的谷氨酰胺能够显著影响大部分氨基酸的表观消化率。本试验条件下, 基础饲粮中添加 0.9% 的谷氨酰胺即可显著提高生长獭兔的氮的利用率和生物学效价以及部分氨基酸的表观消化率, 添加量再增加则无显著效果, 但同时料重比没有显著影

响,只是在添加量为0.9%时达到最低料重比。

3.3 饲料谷氨酰胺添加水平与空肠黏膜酶活性

乳糖酶、麦芽糖酶和蔗糖酶等二糖酶作为新生动物肠道中重要的消化酶,是肠道功能发育成熟的指示剂。蒋宗勇^[11]研究表明,饲料添加1.0%的谷氨酰胺时仔猪在14日龄时的空肠蔗糖酶、乳糖酶和麦芽糖酶活性与对照组相比显著升高。肠道中谷氨酰胺的代谢是经各种酶的作用完成的^[12-14]。蒋宗勇等^[15]研究表明,饲料添加1.0%的谷氨酰胺时会降低仔猪肠道鸟氨酸转氨酶、谷氨酸合成酶活性。而在本试验中,饲料谷氨酰胺添加水平对生长獭兔空肠黏膜麦芽糖酶活性有极显著影响,其中饲料谷氨酰胺添加水平为0.3%的组显著高于其他各组。而在饲料谷氨酰胺添加水平增加到1.2%时则会降低生长獭兔空肠黏膜鸟氨酸转氨酶和谷氨酸合成酶的活性,这与蒋宗勇等^[15]的试验结果相吻合。

4 结论

综合本试验测定指标得出,生长獭兔饲料适宜的谷氨酰胺添加水平为0.9%。

参考文献:

- [1] WU G Y, KNABLE D A. Free and protein-bound amino acids in sow's colostrum and milk [J]. *The Journal of Nutrition*, 1994, 124(3): 415-424.
- [2] WINDMUELLER H G. Glutamine utilization by the small intestine [J]. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, 1982, 53: 201-237.
- [3] SOUBA W W. Intestinal glutamine metabolism and nutrition [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 1993, 4: 2-9.
- [4] LI P, YIN Y L, LI D F, et al. Amino acids and immune function [J]. *British Journal of Nutrition*, 2007, 98(2): 237-252.
- [5] NRC. *Nutrient requirements of rabbits* [S]. Washington, D. C.: National Academy Press, 1997.
- [6] DE BLAS C, MATEOS G G. Feed formulation [M]//DE BLAS C, WISEMAN J J. *The nutrition of the rabbit*. New York: CABI Publishing, 1998: 241-253.
- [7] 黄冠庆, 傅伟龙, 高萍, 等. 谷氨酰胺、甘氨酸谷氨酰胺对断奶仔猪生长及内分泌的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2004, 40(7): 11-13, 17.
- [8] 席鹏彬, 林映才, 蒋宗勇, 等. 谷氨酰胺二肽对断奶仔猪生长、免疫、抗氧化力和小肠黏膜形态的影响 [J]. *动物营养学报*, 2007, 19(2): 135-141.
- [9] 曾翠平, 傅伟龙, 高萍, 等. 谷氨酰胺和甘氨酸谷氨酰胺对早期断奶仔猪生长性能的影响 [C]//第四届全国猪营养学术研讨会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003: 205-209.
- [10] 肖英平, 洪启华, 刘秀婷, 等. 谷氨酰胺对断奶仔猪生长性能、营养物质表观消化率、空肠碱性磷酸酶活性及与肠道健康相关因子基因表达的影响 [J]. *动物营养学报*, 2012, 24(8): 1438-1449.
- [11] 蒋宗勇. 仔猪断奶综合症的研究进展 [G]//*动物营养研究进展*. 北京: 中国农业科技出版社, 1994: 101-110.
- [12] DARMAUN D. Role of the small intestine in glutamine metabolism [J]. *Clinical Nutrition*, 1993, 12(1): 50-51.
- [13] SOUBA W W, KLIMBERG V S, PLUMLEG D A, et al. The role of glutamine in maintaining a health gut and supporting the metabolic response to injury and infection [J]. *Journal of Surgical Research*, 1990, 48(4): 383-391.
- [14] WU G Y. Intestinal mucosal amino acid catabolism [J]. *The Journal of Nutrition*, 1998, 128(8): 1249-1252.
- [15] 蒋宗勇, 郑卫川, 林映才, 等. 谷氨酰胺对新生仔猪生长性能、血清激素水平及小肠黏膜酶活性的影响 [J]. *动物营养学报*, 2010, 22(1): 125-131.

Effects of Dietary Glutamine Supplemental Level on Growth Performance, Nitrogen Metabolism and Jejunum Mucosal Enzyme Activities of Growing Rex Rabbits

FU Zhaohui LI Fuchang* LI Bing ZHANG Caixia LI Wanjia ZHU Xiaoqiang
(College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary glutamine supplemental level on growth performance, nitrogen metabolism and jejunum mucosal enzyme activities of growing Rex rabbits. Two hundred weaned Rex rabbits were randomly assigned to 5 groups with 40 replicates in each group and each replicate contained 1 rabbit. Rabbits in 5 groups were fed experimental diets supplemented with 0, 0.3%, 0.6%, 0.9% and 1.2% glutamine, respectively. The experiment lasted for 7 days for adaptation and 60 days for test. The results showed as follows: under the condition of no significant difference in initial body weight ($P > 0.05$), dietary glutamine supplemental level did not significantly affect average daily intake (ADI), average daily gain (ADG) and feed/gain (F/G) of growing Rex rabbits ($P > 0.05$). With the increase of dietary glutamine supplemental level, the average daily gain (ADG) tended to be increased firstly and then decreased, while the feed/gain (F/G) showed the opposite trend, and the highest ADG and the lowest F/G both appeared in 0.9% glutamine group. Dietary glutamine supplemental level had significant effects on fecal nitrogen ($P = 0.0048$), digestible nitrogen ($P = 0.0081$), retention nitrogen ($P = 0.0053$), nitrogen apparent digestibility ($P = 0.0009$), nitrogen utilization rate ($P = 0.0081$) and nitrogen biological value ($P = 0.0023$), but had no significant effects on urine nitrogen and nitrogen intake of growing Rex rabbits ($P > 0.05$). The values of the lowest fecal nitrogen and the highest digestible nitrogen, retention nitrogen, nitrogen apparent digestibility, nitrogen utilization rate and nitrogen biological value appeared in 0.9% glutamine group. Dietary glutamine supplemental level had a significant effect on the apparent digestibility of methionine ($P = 0.0010$), cystine ($P = 0.0063$), glutamic acid ($P = 0.0106$) and proline ($P = 0.0001$), but had no significant effect on the apparent digestibility of other amino acids of growing Rex rabbits ($P > 0.05$). Dietary glutamine supplemental level had significant effects on the activities of maltase ($P = 0.0108$), ornithine transaminase ($P = 0.0029$) and glutamate synthase ($P = 0.0076$) in jejunal mucosa, but had no significant effects on the activities of sucrase and lactase in jejunal mucosa of growing Rex rabbits ($P > 0.05$). Considering all indices of this experiment, the appropriate glutamine supplemental level in the diet of growing Rex rabbits is 0.9%. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(2):397-403]

Key words: glutamine; growing Rex rabbit; growth performance; nitrogen metabolism; jejunal mucosal enzyme activities