

# 饲料赖氨酸水平对生长獭兔生长性能、氮代谢及血清免疫和生化指标的影响

崔萌萌 李福昌\* 王雪鹏 王春阳 麻名文

(山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018)

**摘要:** 本文旨在探讨饲料赖氨酸水平对生长獭兔生长性能、氮代谢及血清免疫和生化指标的影响。选用平均体重为 $(665 \pm 123)$  g 的断奶獭兔 200 只, 随机分成 5 组(每组 40 个重复, 每个重复 1 只), 分别饲喂赖氨酸水平为 0.55%、0.70%、0.85%、1.00% 和 1.15% 的试验饲料。预试期 7 d, 正试期 53 d。结果表明: 饲料赖氨酸水平对平均日采食量、平均日增重和料重比无显著影响( $P > 0.05$ )。饲料赖氨酸水平显著或极显著影响食入氮( $P = 0.0065$ )、氮沉积( $P = 0.0459$ )和氮生物学效价( $P = 0.0226$ ), 而对粪氮排出量、尿氮排出量、可消化氮、氮表观消化率和氮利用率无显著影响( $P > 0.05$ )。饲料赖氨酸水平为 1.00% 和 1.15% 的组的食入氮极显著高于饲料赖氨酸水平为 0.55% 和 0.70% 的组( $P < 0.01$ )。饲料赖氨酸水平为 0.70%、0.85%、1.00% 和 1.15% 的组的氮沉积和氮生物学效价显著高于饲料赖氨酸水平为 0.55% 的组( $P < 0.05$ )。饲料赖氨酸水平极显著影响血清免疫球蛋白 A( $P < 0.0001$ )、免疫球蛋白 G( $P < 0.0001$ )和免疫球蛋白 M 含量( $P < 0.0001$ )。饲料赖氨酸水平为 0.70%、0.85%、1.00% 和 1.15% 的组的免疫球蛋白 A、免疫球蛋白 G 和免疫球蛋白 M 含量均极显著低于饲料赖氨酸水平为 0.55% 的组( $P < 0.01$ )。饲料赖氨酸水平除显著影响血清胆固醇浓度( $P = 0.0167$ )外, 对血清总蛋白、球蛋白、尿素氮含量以及谷丙转氨酶活性均无显著影响( $P > 0.05$ )。综合考虑本试验所测指标, 生长獭兔的饲料适宜赖氨酸水平为 0.55% ~ 0.70%。

**关键词:** 赖氨酸; 生长獭兔; 生长性能; 氮代谢; 血清免疫指标; 血清生化指标

中图分类号: S829.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2012)03-0472-07

氨基酸是蛋白质的基本组成单位, 蛋白质营养的本质是氨基酸营养, 并且主要是限制性氨基酸营养。根据缺乏的程度, 限制性氨基酸可分为不同序列的限制性氨基酸。赖氨酸是獭兔玉米-豆粕型饲料的第二限制性氨基酸, 是“理想蛋白质”的参比氨基酸<sup>[1]</sup>。赖氨酸最重要的生理功能是参与体蛋白质的合成, 与动物生长密切相关<sup>[2]</sup>。畜禽饲料中添加合成赖氨酸可平衡氨基酸组成, 降低饲料蛋白质水平, 从而达到节约蛋白质、减少氮排放的效果。目前, 关于赖氨酸的研究多集中在猪、家禽和反刍动物上, 研究已具有一定的深度

和广度; 但在獭兔上的研究很少, 并且目前国内缺少獭兔饲养标准。本试验拟通过饲养试验和消化代谢试验等手段研究饲料赖氨酸水平对生长獭兔生长性能、氮代谢及血清免疫和生化指标的影响, 旨在寻求生长獭兔的饲料适宜赖氨酸水平, 为獭兔饲养标准的制订提供一定的理论和数据依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验饲料

基础饲料参考 NRC(1977)<sup>[3]</sup> 和 De Blas 等<sup>[4]</sup> 的家兔饲养标准配制而成, 其组成及营养水平见

收稿日期: 2011-09-13

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: 崔萌萌(1985—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究方向为动物营养和家兔生产。E-mail: aeyu-007@163.com

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

表 1。在基础饲粮中分别添加 0、0.15%、0.30%、0.45% 和 0.60% 的赖氨酸,配制成赖氨酸水平分别为 0.55%、0.70%、0.85%、1.00% 和 1.15% 的 5 种试验饲粮。各种饲料原料粉碎后逐级混匀,用制粒机压制成粒径为 4~6 mm 的颗粒饲料,储存于通风干燥处备用。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)		%
项目 Items	含量 Content	
原料 Ingredients		
玉米 Corn	23.0	
花生秧 Peanut vine	32.0	
豆粕 Soybean meal	18.0	
小麦麸 Wheat bran	19.0	
花生壳 Peanut shell	5.0	
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.5	
食盐 NaCl	0.5	
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.0	
合计 Total	100.0	
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>		
消化能 DE/(MJ/kg)	10.37	
粗蛋白质 CP	16.49	
粗纤维 CF	14.50	
粗脂肪 EE	2.60	
赖氨酸 Lys	0.55	
蛋氨酸 Met	0.23	
钙 Ca	0.61	
磷 P	0.71	

<sup>1)</sup> 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diet: VA 12 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 000 IU, VE 50 mg, VK 2 mg, Cu 40 mg, Zn 50 mg, Mn 30 mg, Fe 100 mg, I 0.5 mg, Se 0.05 mg。

<sup>2)</sup> 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.2 试验动物分组与饲养管理

选取平均体重为(665±123) 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。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 53 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粮,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 的风干粪样混合后粉碎,于 -20℃冷冻保存,待测含氮量。尿样测量后,取一定比例于备好的 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 -20℃冷冻保存,待测含氮量。

在试验开始后的第 53 天饲喂前,每组随机抽取 8 只试验兔,立即心脏采血 10 mL,37℃水浴 40 min 后,3 000 r/min 离心 15 min,分离所得血清分装于 Eppendorf 管中,置于 -20℃冷冻保存,待测免疫和生化指标。

1.4 测定指标和方法

1.4.1 生长性能指标

试验结束后,以重复为单位称量试验兔的体重,并统计全期的喂料量,计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

1.4.2 氮代谢指标

饲粮、粪样和尿样含氮量利用凯氏定氮法<sup>[5]</sup>进行测定,各氮代谢指标计算公式如下:

可消化氮(g/d) = 食入氮 - 粪氮排出量;

氮沉积(g/d) = 食入氮 -

粪氮排出量 - 尿氮排出量;

氮表观消化率(%) = 100 × 可消化氮/食入氮;

氮利用率(%) = 100 × 沉积氮/食入氮;

氮生物学效价(%) = 100 × 沉积氮/可消化氮。

1.4.3 血清免疫指标

血清免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)和免疫球蛋白 M(IgM)含量的测定均采用免疫比浊法。

1.4.4 血清生化指标

血清总蛋白(TP)、球蛋白(GLO)、胆固醇(CHO)和尿素氮(UN)含量以及谷丙转氨酶(ALT)活性均采用日本和光纯药工业株式会社提供的试剂盒测定,按说明书操作,并在日立 7020 型全自动分析仪上进行测定。

1.5 数据处理与分析

数据以平均值和均方根误差表示,采用 SAS

8.02统计软件中的 GLM 进行数据的方差分析,若有显著差异,则采用 Duncan 氏法进行数据的多重比较。

2 结果与分析

2.1 饲粮赖氨酸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,饲粮赖氨酸水平对平均日增重、平均日采食量和料重比均无显著影响 ( $P>0.05$ )。随着饲粮赖氨酸水平的升高,平均日增重先升高后降低,在饲粮赖氨酸水平为 0.70% 时为最高。

2.2 饲粮赖氨酸水平对生长獭兔氮代谢的影响

由表 3 可以看出,饲粮赖氨酸水平对粪氮排出量、尿氮排出量、可消化氮、氮表观消化率和氮

利用率均无显著影响 ( $P>0.05$ )。饲粮赖氨酸水平极显著影响食入氮 ( $P=0.006\ 5$ ),其中饲粮赖氨酸水平为 1.00% 和 1.15% 的组极显著高于饲粮赖氨酸水平为 0.55% 和 0.70% 的组 ( $P<0.01$ ),其他各组间无显著差异 ( $P>0.05$ )。饲粮赖氨酸水平显著影响氮沉积 ( $P=0.045\ 9$ ),其中饲粮赖氨酸水平为 0.70%、0.85%、1.00% 和 1.15% 的组显著高于饲粮赖氨酸水平为 0.55% 的组 ( $P<0.05$ ),其他各组间无显著差异 ( $P>0.05$ )。饲粮赖氨酸水平显著影响氮生物学效价 ( $P=0.022\ 6$ ),其中饲粮赖氨酸水平为 0.70%、0.85%、1.00% 和 1.15% 的组显著高于饲粮赖氨酸水平为 0.55% 的组 ( $P<0.05$ ),其他各组间无显著差异 ( $P>0.05$ )。

表 2 饲粮赖氨酸水平对生长獭兔生长性能的影响  
Table 2 Effects of dietary lysine level on growth performance of growing Rex rabbits ( $n=40$ )

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					R-MSE	P 值 P-value
	0.55	0.70	0.85	1.00	1.15		
初始体重 IBW/g	664.76	666.47	665.41	664.87	664.59	123.553 4	1.000 0
平均日增重 ADG/(g/d)	14.78	15.24	14.80	14.80	14.67	2.121 5	0.900 0
平均日采食量 ADFI/(g/d)	65.91	65.81	66.30	65.85	65.54	2.278 5	0.861 1
料重比 F/G	4.48	4.28	4.50	4.45	4.47	0.607 8	0.678 8

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 饲粮赖氨酸水平对生长獭兔血清免疫指标的影响

由表 4 可以看出,饲粮赖氨酸水平极显著影响血清 IgA ( $P<0.000\ 1$ )、IgG ( $P<0.000\ 1$ ) 和 IgM 含量 ( $P<0.000\ 1$ )。饲粮赖氨酸水平为 0.70%、0.85%、1.00% 和 1.15% 的组的 IgA 和 IgM 含量均极显著低于饲粮赖氨酸水平为 0.55% 的组 ( $P<0.01$ ),其他各组间无显著差异 ( $P>0.05$ );饲粮赖氨酸水平为 0.55% 的组的 IgG 含量极显著高于其他各组 ( $P<0.01$ ),饲粮赖氨酸水平为 0.70% 和 0.85% 的组的 IgG 含量极显著高于饲粮赖氨酸水平为 1.15% 的组 ( $P<0.01$ )。

2.4 饲粮赖氨酸水平对生长獭兔血清生化指标的影响

由表 5 可以看出,饲粮赖氨酸水平显著影响

血清胆固醇含量 ( $P=0.016\ 7$ ),其中饲粮赖氨酸水平为 1.15% 的组显著低于饲粮赖氨酸水平为 0.55%、0.70% 和 1.00% 的组 ( $P<0.05$ )。饲粮赖氨酸水平对血清总蛋白、球蛋白、尿素氮含量以及谷丙转氨酶活性无显著影响 ( $P>0.05$ )。

3 讨论

3.1 饲粮赖氨酸水平与生长獭兔生长性能

赖氨酸是动物机体的必需氨基酸,适当添加赖氨酸具有促进动物生长的作用。林映才等<sup>[6]</sup>报道,提高饲粮中赖氨酸水平可显著改善仔猪的生长性能。譙仕彦等<sup>[7]</sup>报道,将饲粮赖氨酸水平增加到 1.14%,可显著改善断奶仔猪的日增重、饲料增重比、日氮存留量及净氮利用率,降低血清尿素氮含量,从而提高蛋白质的合成量。席鹏彬等<sup>[8]</sup>

报道,随着饲粮赖氨酸水平的升高,仔猪饲料增重比线性降低,每克赖氨酸增重量也线性降低,血清游离氨基酸浓度线性升高。袁中彪等<sup>[9]</sup>报道,当饲粮中可消化赖氨酸水平为1.20%时,额外添加赖氨酸对仔猪的日采食量、日增重和料重比没有改善作用,反而有降低仔猪生长性能的趋势。本试验中,饲粮赖氨酸水平对生长獭兔的平均日增重、平均日采食量和料重比均没有显著影响,表明在本试验条件下基础饲粮的赖氨酸水平(0.55%)可以满足该阶段獭兔生长发育的需要。

表3 饲粮赖氨酸水平对生长獭兔氮代谢的影响  
Table 3 Effects of dietary lysine level on nitrogen metabolism of growing Rex rabbits (n=8)

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					R-MSE	P 值 P-value
	0.55	0.70	0.85	1.00	1.15		
食入氮 Nitrogen intake/(g/d)	2.21 <sup>Bb</sup>	2.22 <sup>Bb</sup>	2.27 <sup>ABab</sup>	2.31 <sup>Aa</sup>	2.33 <sup>Aa</sup>	0.071 2	0.006 5
粪氮排出量 Fecal nitrogen output/(g/d)	0.47	0.43	0.44	0.53	0.46	0.068 7	0.063 2
尿氮排出量 Urinary nitrogen output/(g/d)	0.48	0.35	0.40	0.34	0.40	0.106 0	0.068 0
可消化氮 Digestible nitrogen/(g/d)	1.74	1.79	1.83	1.78	1.78	0.091 7	0.482 8
氮沉积 Nitrogen retention/(g/d)	1.26 <sup>b</sup>	1.44 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	0.149 4	0.045 9
氮表观消化率 Nitrogen apparent digestibility/%	78.61	80.58	80.54	77.17	80.24	3.000 1	0.116 0
氮利用率 Nitrogen utilization rate/%	56.74	64.82	63.11	62.61	63.24	5.697 9	0.069 7
氮生物学效价 Biological value of nitrogen/%	72.20 <sup>b</sup>	80.37 <sup>a</sup>	80.45 <sup>a</sup>	81.14 <sup>a</sup>	78.74 <sup>a</sup>	5.757 0	0.022 6

表4 饲粮赖氨酸水平对生长獭兔血清免疫指标的影响  
Table 4 Effects of dietary lysine level on serum immune indices of growing Rex rabbits (n=8) g/L

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					R-MSE	P 值 P-value
	0.55	0.70	0.85	1.00	1.15		
免疫球蛋白 A IgA	0.62 <sup>Aa</sup>	0.12 <sup>Bb</sup>	0.12 <sup>Bb</sup>	0.11 <sup>Bb</sup>	0.11 <sup>Bb</sup>	0.038 2	<0.000 1
免疫球蛋白 G IgG	2.50 <sup>Aa</sup>	1.62 <sup>BCbc</sup>	1.70 <sup>Bb</sup>	1.73 <sup>Bb</sup>	1.47 <sup>Cc</sup>	0.185 7	<0.000 1
免疫球蛋白 M IgM	0.94 <sup>Aa</sup>	0.09 <sup>Bb</sup>	0.10 <sup>Bb</sup>	0.07 <sup>Bb</sup>	0.06 <sup>Bb</sup>	0.045 0	<0.000 1

表5 饲粮赖氨酸水平对生长獭兔血清生化指标的影响  
Table 5 Effects of dietary lysine level on serum biochemical indices of growing Rex rabbits (n=8)

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					R-MSE	P 值 P-value
	0.55	0.70	0.85	1.00	1.15		
总蛋白 TP/(g/L)	63.57	63.00	66.38	59.43	58.50	5.100 0	0.065 8
球蛋白 GLO/(g/L)	33.14	32.00	35.13	29.29	30.00	4.093 4	0.084 2
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	117.00	144.75	157.88	142.00	103.88	53.148 1	0.262 5
胆固醇 CHO/(g/L)	1.42 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	1.29 <sup>ab</sup>	1.39 <sup>a</sup>	0.92 <sup>b</sup>	0.367 7	0.016 7
尿素氮 UN/(mmol/L)	7.55	8.05	7.75	8.58	5.95	1.973 6	0.115 8

3.2 饲粮赖氨酸水平与生长獭兔氮代谢

关于氮代谢与饲粮氨基酸水平的关系,已有的研究结果存在较大差异。De Silva 等<sup>[10]</sup>报道,随着饲粮氨基酸水平的升高,动物对氨基酸的消化率呈先上升后下降的趋势。鄢华等<sup>[11]</sup>报道,在一定量范围内添加赖氨酸可以通过增加动物的采食量、提高饲料蛋白质的品质、提高动物的消化吸收能力影响机体的氮代谢。Cheng 等<sup>[12]</sup>报道,饲

粮中添加包被赖氨酸后,绵羊的干物质进食量、干物质消化率、食入氮、粪氮排出量各组间均差异不显著,但降低了尿氮排出量,提高了氮沉积率。张海华等<sup>[13]</sup>报道,饲粮蛋白质水平降到27.4%并加入相应量的赖氨酸和蛋氨酸,生长前期蓝狐的终体重、日增重、氮沉积显著升高,饲料转化率、氮沉积率和氮生物学效价显著升高。欧阳靖等<sup>[14]</sup>研究显示,给150日龄以下羔羊添喂一定水平的赖

氨酸可影响羔羊的采食量和消化率,提高有机物的消化量,增加氮沉积,提高日增重。本试验条件下,基础饲粮中添加 0.15% 的赖氨酸(饲粮赖氨酸水平为 0.70%)即可显著提高生长獭兔的氮沉积和氮生物学效价,添加量再增加则无显著效果。这说明适当提高饲粮赖氨酸水平有利于氮利用效率的提高。此外,本试验中,饲粮赖氨酸水平对粪氮和尿氮的排出量无显著影响,说明单纯添加赖氨酸可能导致了氨基酸的不平衡,甚至可能造成了氨基酸的拮抗,影响了氨基酸的吸收利用。

### 3.3 饲粮赖氨酸水平与生长獭兔血清免疫指标

具有免疫和防御功能的细胞因子和抗体大多数是以蛋白质为主体构成的,因而蛋白质和氨基酸营养对维持机体正常免疫功能起着重要的作用<sup>[15-16]</sup>。研究表明,饲粮中蛋白质和赖氨酸水平影响动物的免疫机能。Williams 等<sup>[17]</sup>研究表明,赖氨酸的需要量与仔猪体内免疫系统的活性有关,要想提高仔猪的生长性能,就必须降低仔猪体内免疫系统的活性,同时还要相应地提高仔猪饲粮中赖氨酸的水平。本试验条件下,在基础饲粮中添加不同水平的赖氨酸后血清 IgA、IgG 和 IgM 含量均极显著降低,说明提高饲粮赖氨酸水平降低了生长獭兔体内免疫系统的活性。

### 3.4 饲粮赖氨酸水平与生长獭兔血清生化指标

血清总蛋白和球蛋白可以反映机体营养状况以及蛋白质代谢水平。一般来说,机体的营养状况好,蛋白质合成增加,血清总蛋白和球蛋白含量升高<sup>[18]</sup>。本试验条件下,血清总蛋白、球蛋白含量未受饲粮赖氨酸水平的显著影响。

谷丙转氨酶是广泛存在于动物线粒体中的重要氨基酸转氨酶,不仅是反映肝细胞生长状况的灵敏指标,而且是机体中间代谢的关键酶,在机体蛋白质代谢中起重要作用。在正常情况下,谷丙转氨酶的活性是相对稳定的,其活性升高或降低均可反映出肝脏和心脏可能有所损伤。本试验条件下,各组间谷丙转氨酶活性差异不显著,说明提高饲粮赖氨酸水平没有对生长獭兔的肝脏和心脏造成损伤。

血清尿素氮通过鸟氨酸循环合成,是蛋白质、氨基酸代谢的终产物,其含量受饲粮中蛋白质、氨基酸量与质的影响,并与体内氮沉积率、蛋白质或氨基酸利用率有显著负相关<sup>[19]</sup>。血清尿素氮含量可以准确地反映动物体内蛋白质代谢和氨基酸之

间的平衡状况,较低的血清尿素氮含量表明氨基酸平衡好,机体蛋白质合成效率较高<sup>[20]</sup>。有研究认为,随着饲粮赖氨酸水平的升高,饲粮中氨基酸的平衡状况得到改善,当赖氨酸达到某一水平时,饲粮的氨基酸平衡达到最佳,之后再增加赖氨酸,氨基酸的平衡又被打破,血清尿素氮含量则随着氨基酸平衡状况的变化呈现先下降后上升的变化规律,而不是线性增加<sup>[21]</sup>。本试验条件下,饲粮赖氨酸水平对生长獭兔的血清尿素氮含量无显著影响,说明基础饲粮中添加赖氨酸后对体内氨基酸平衡无显著影响,基础饲粮的赖氨酸水平(0.55%)可以满足该阶段獭兔的代谢需要。

血清总胆固醇含量可作为机体脂类代谢的指标。薛丰等<sup>[22]</sup>报道,添加过瘤胃赖氨酸后肉牛血清总胆固醇含量有不同程度的提高,说明过瘤胃赖氨酸的添加对脂类代谢有一定的改善作用。本试验结果表明,饲粮赖氨酸水平显著影响血清胆固醇含量,适量添加赖氨酸对生长獭兔脂类代谢有一定的积极影响。

## 4 结 论

综合本试验测定指标可以得出,生长獭兔的饲粮适宜赖氨酸水平为 0.55%~0.70%。

### 参考文献:

- [1] 周俊,宋代军. 赖氨酸营养研究进展[J]. 饲料工业, 2006, 27(8): 48-50.
- [2] 罗钧秋,陈代文. 赖氨酸对蛋白质代谢的影响及其可能调控机制[J]. 饲料工业, 2006, 27(16): 40-41.
- [3] NRC. Nutrient requirements of rabbits[S]. 2th ed. Washington, D. C.: National Academy Press, 1977.
- [4] 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.
- [5] 张丽英. 饲料分析及质量检测技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 49-53.
- [6] 林映才,蒋宗勇,吴维辉,等. 断奶仔猪赖氨酸需求参数的研究[J]. 养猪, 1995(4): 2-4.
- [7] 譙仕彦,徐景阳. 增加日粮赖氨酸对断奶仔猪生长、氮存留和血浆游离氨基酸含量的影响[J]. 中国畜牧杂志, 1996, 32(3): 3-6.
- [8] 席鹏彬,郑春田. 赖氨酸水平对仔猪生长表现、血清尿素氮及游离氨基酸浓度的影响[J]. 养猪, 2003

- (5):1-3.
- [9] 袁中彪,李俊波,杨飞来,等. 不同赖氨酸水平饲料对断奶仔猪生长性能和营养物质消化率的影响[J]. 养猪,2008(6):2-3.
- [10] DE SLIVA S S, PERERA M K. Digestibility in *Sarotherodon niloticus* fry: effect of dietary protein level and salinity with further observations on variability in daily digestibility [J]. Aquaculture, 1984, 3 (4): 293-306.
- [11] 鄢华,周小秋. 赖氨酸与水生动物氮代谢的关系[J]. 水利渔业,2007,27(1):105-107.
- [12] CHENG S L, LI J S, FENG R L, et al. Effect of RPLys on digestive metabolism of nitrogen in sheep[J]. Agricultural Science & Technology, 2010, 11(3):186-188.
- [13] 张海华,李光玉,杨福合,等. 低蛋白质日粮中添加赖氨酸和蛋氨酸对生长前期蓝狐消化代谢及生产性能的影响[J]. 动物营养学报,2008,20(6):23-29.
- [14] 欧阳靖,雒秋江,付清茂,等. 饲料添喂赖氨酸对羔羊消化代谢的影响[J]. 动物营养学报,2010,22(4):943-950.
- [15] SUSANNA C R, DEBORAH H L. Nutrition and the immune system of the gut [J]. Nutrition, 1998, 14: 573-579.
- [16] CALDER P C, PHILIP C. Nutrition and immunity function [J]. Nutrition Clinique et Métabolisme, 2001, 15(4):286-297.
- [17] WILLIAMS N H, STAHLY T S, ZIMMERMAN D R. Effect of level chronic immune system activation on the growth and lysine needs of pigs fed from 6 to 112 kg [J]. Journal of Animal Science, 1997, 75(9): 2481-2496.
- [18] 伍喜林,杨忠源. 日粮不同苏氨酸水平对仔猪生产性能和血液生化指标的影响[J]. 中国畜牧杂志, 1994,30(5):10-12.
- [19] 赵国先,张正珊. 低蛋白饲料加蛋氨酸对肉兔生产性能及血液生化指标的影响[J]. 饲料与畜牧, 1997(2):9-11.
- [20] COMA J, ZIMMERMAN D R, CARRION D. Relationship of rate of lean tissue growth and other factors to concentration of urea in plasma of pigs [J]. Journal of Animal Science, 1995, 73(12):3649-3656.
- [21] HAHN J D, ROBERT R B, BAKER D H. Ideal digestible lysine level for early- and late-finishing swine [J]. Journal of Animal Science, 1995, 73:773-784.
- [22] 薛丰,杜晋平,解祥学,等. 玉米和玉米青贮日粮添加赖氨酸对肉牛生长性能及血液生化指标的影响[J]. 中国畜牧杂志,2010,46(19):38-41.

## Effects of Dietary Lysine Level on Growth Performance, Nitrogen Metabolism, Serum Immune and Biochemical Indices of Growing Rex Rabbits

CUI Mengmeng LI Fuchang\* WANG Xuepeng WANG Chunyang MA Mingwen  
(College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

**Abstract:** This experiment was conducted to study the effects of dietary lysine level on growth performance, nitrogen metabolism, serum immune and biochemical indices of growing Rex rabbits. Two hundred weanling Rex rabbits with an average body weight of  $(665 \pm 123)$  g were randomly assigned to 5 groups with 40 replicates in each group and each replicate contained 1 rabbit. Rabbits in the 5 groups were fed experimental diets containing 0.55%, 0.70%, 0.85%, 1.00% and 1.15% lysine, respectively. There was a pretrial period of 7 days followed by an experimental period of 53 days. The results showed as follows: dietary lysine level did not significantly affect average daily intake (ADI), average daily gain (ADG) and feed/gain (F/G) ( $P > 0.05$ ). Dietary lysine level had significant influence on nitrogen intake ( $P = 0.0065$ ), nitrogen retention ( $P = 0.0459$ ) and biological value of nitrogen ( $P = 0.0226$ ), but had no significant influence on fecal nitrogen output, urine nitrogen output, digestible nitrogen, nitrogen apparent digestibility and nitrogen utilization rate ( $P > 0.05$ ). The nitrogen intake in the groups with the diets containing 1.00% and 1.15% lysine was significantly higher than that in the groups with the diets containing 0.55% and 0.70% lysine ( $P < 0.01$ ). Compared with the group with the diet containing 0.55% lysine, the nitrogen retention and biological value of nitrogen in the groups with the diets containing 0.70%, 0.85%, 1.00% and 1.15% lysine were significantly increased ( $P < 0.05$ ). The contents of immunoglobulin A ( $P < 0.0001$ ), immunoglobulin G ( $P < 0.0001$ ) and immunoglobulin M ( $P < 0.0001$ ) in serum were significantly affected by dietary lysine level. The contents of immunoglobulin A, immunoglobulin G and immunoglobulin M in serum in the groups with the diets containing 0.70%, 0.85%, 1.00% and 1.15% lysine were significantly lower than those in the group with the diet containing 0.55% lysine ( $P < 0.01$ ). The dietary lysine level had significant influence on serum cholesterol content ( $P = 0.0167$ ), but had no significant influence on contents of total protein, globulin and urea nitrogen, and alanine aminotransferase activity in serum ( $P > 0.05$ ). Considering all indices of this experiment, the appropriate lysine levels in the diet of growing Rex rabbits are 0.55% to 0.70%. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(3):472-478]

**Key words:** lysine; growing Rex rabbit; growth performance; nitrogen metabolism; serum immune indices; serum biochemical indices